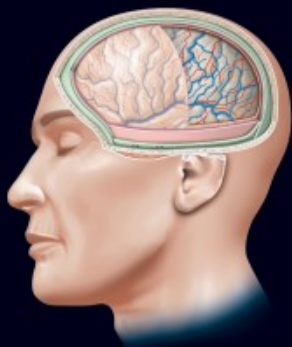


KAMINA

ANATOMIE CLINIQUE



TOME 5
NEUROANATOMIE

MALOINE

Sommaire

| | |
|--------------------|------|
| Avant-propos | XI |
| Préface | XIII |

SECTION I

| | |
|--|----|
| SYSTÈME NERVEUX EN GÉNÉRAL | 1 |
| 1 Organisation du système nerveux | 3 |
| Système nerveux central | 4 |
| Système nerveux périphérique | 5 |
| Imagerie médicale du système nerveux | 6 |
| 2 Neurogénèse | 9 |
| Disque embryonnaire | 9 |
| Neurulation | 10 |
| Histogénèse du système nerveux | 12 |
| Phylogénèse du système nerveux | 15 |
| 3 Éléments de neurobiologie | 17 |
| Neurone | 18 |
| Synapse | 25 |
| Neuroglie | 31 |
| Terminaisons nerveuses | 40 |
| Nerfs et ganglions | 46 |

SECTION II

| | |
|--------------------------------|----|
| NERFS SPINAUX | 51 |
| 4 Nerfs spinaux | 53 |
| Développement | 53 |
| Morphologie | 55 |
| Fonction | 60 |

SECTION III

| | |
|--|----|
| NERFS CRÂNIENS | 63 |
| 5 Nerfs crâniens en général | 65 |
| Nomenclature – Classification | 65 |

| | |
|---|------------|
| Anatomie descriptive..... | 66 |
| Systématisation..... | 69 |
| Organogénèse..... | 71 |
| 6 Nerfs olfactifs (I) – Voies olfactives | 75 |
| Anatomie descriptive..... | 76 |
| Voies olfactives..... | 78 |
| Fonction..... | 80 |
| 7 Nerf optique (II) – Voies optiques | 83 |
| Anatomie descriptive..... | 83 |
| Systématisation..... | 86 |
| Fonction..... | 92 |
| 8 Nerf oculomoteur (III) | 97 |
| Anatomie descriptive..... | 97 |
| Systématisation..... | 99 |
| Fonction..... | 101 |
| 9 Nerf trochléaire (IV) | 103 |
| Anatomie descriptive..... | 103 |
| Systématisation..... | 105 |
| Fonction..... | 105 |
| 10 Nerf trijumeau (V) | 107 |
| Anatomie descriptive..... | 108 |
| Systématisation..... | 116 |
| Fonction..... | 119 |
| 11 Nerf abducens (VI) | 121 |
| Anatomie descriptive..... | 121 |
| Systématisation..... | 122 |
| Fonction..... | 123 |
| 12 Nerf facial (VII) | 125 |
| Anatomie descriptive..... | 125 |
| Systématisation..... | 131 |
| Fonction..... | 133 |
| 13 Nerf vestibulo-cochléaire (VIII) | |
| Voies vestibulaires et cochléaires..... | 135 |
| Anatomie descriptive..... | 136 |
| Systématisation..... | 138 |
| Fonction..... | 144 |
| 14 Nerf glosso-pharyngien (IX) | 145 |
| Anatomie descriptive..... | 145 |
| Systématisation..... | 148 |
| Fonction..... | 150 |

| | |
|-----------------------------------|-----|
| 15 Nerf vague (X) | 151 |
| Anatomie descriptive | 151 |
| Systématisation | 157 |
| Fonction | 158 |
| 16 Nerf accessoire (XI) | 161 |
| Anatomie descriptive | 161 |
| Systématisation | 163 |
| Fonction | 163 |
| 17 Nerf hypoglosse (XII) | 165 |
| Anatomie descriptive | 165 |
| Systématisation | 168 |
| Fonction | 169 |

SECTION IV

SYSTÈME NERVEUX AUTONOME 171

| | |
|--|-----|
| 18 Système nerveux autonome | 173 |
| Généralités | 173 |
| Partie sympathique | 175 |
| Partie parasympathique | 176 |
| Nerfs et plexus viscéraux | 178 |
| Neurotransmetteurs du système autonome | 179 |
| Contrôle central | 180 |

SECTION V

MOELLE SPINALE 183

| | |
|--|-----|
| 19 Moelle spinale – Morphologie | 185 |
| Développement de la moelle spinale | 185 |
| Généralités | 188 |
| Organisation fonctionnelle | 191 |
| Vascularisation | 197 |
| 20 Moelle spinale et voies ascendantes | 203 |
| Organisation générale | 203 |
| Voies sensibles conscientes | 204 |
| Voies somato-sensitives inconscientes | 207 |
| Autres voies sensibles | 209 |
| 21 Moelle spinale et voies descendantes | 211 |
| Organisation générale | 211 |

| | |
|--|------------|
| Voies motrices directes..... | 212 |
| Voies motrices indirectes..... | 215 |
| 22 Moelle spinale et voies associatives..... | 219 |
| Voies associatives de la substance grise..... | 219 |
| Voies associatives de la substance blanche..... | 220 |
| Arc réflexe spinal..... | 221 |
| Interruptions des voies ascendantes et descendantes..... | 223 |

SECTION VI

| | |
|---|------------|
| ENCÉPHALE..... | 225 |
| 23 Développement de l'encéphale..... | 227 |
| Organogénèse..... | 227 |
| Malformations..... | 240 |
| 24 Tronc encéphalique..... | 241 |
| Configuration externe – Rapports..... | 241 |
| Structure interne..... | 246 |
| Formation réticulaire..... | 256 |
| Locus coeruleus..... | 260 |
| 25 Cervelet..... | 263 |
| Configuration externe..... | 263 |
| Structure..... | 268 |
| Systématisation..... | 272 |
| Fonction..... | 277 |
| 26 Diencephale..... | 279 |
| Thalamus..... | 280 |
| Métathalamus..... | 287 |
| Épithalamus..... | 289 |
| Subthalamus..... | 291 |
| Hypothalamus..... | 293 |
| 27 Hypophyse..... | 301 |
| Morphologie..... | 301 |
| Adénohypophyse..... | 305 |
| Neurohypophyse..... | 307 |
| 28 Cerveau..... | 309 |
| Généralités..... | 310 |
| Hémisphères cérébraux..... | 312 |
| Noyaux basaux du cerveau..... | 321 |
| Structures pertinentes du cerveau..... | 327 |

| | |
|--|------------|
| Cortex cérébral..... | 335 |
| Système limbique..... | 345 |
| Rhinencéphale..... | 349 |
| Coupes transversales de l'encéphale..... | 350 |
| 29 Ventricules encéphaliques..... | 361 |
| Quatrième ventricule..... | 362 |
| Aqueduc du mésencéphale..... | 365 |
| Troisième ventricule..... | 366 |
| Ventricules latéraux..... | 367 |
| Organes circumventriculaires..... | 369 |
| 30 Vascularisation de l'encéphale..... | 371 |
| Artères de l'encéphale..... | 371 |
| Veines de l'encéphale..... | 391 |
| 31 Méninges – Liquide cérébro-spinal..... | 401 |
| Méninges..... | 401 |
| Liquide cérébro-spinal..... | 414 |
| Annexes..... | 417 |
| Références..... | 419 |
| Index..... | 423 |

Avant-propos

« Par fréquentes anatomies,
acquiers-toi la parfaite connaissance
de l'autre monde qui est l'Homme »

RABELAIS

« Pour bien savoir les choses, il faut en savoir le détail »

LA ROCHEFOUCAULD

Ce nouveau précis d'anatomie clinique est le reflet d'un enseignement d'anatomie de plus de quarante années, associé à une pratique clinique.

Il est courant de dire que l'anatomie humaine ne change pas, puisque le corps semble immuable depuis des millénaires. Cependant, comme pour toute science, la connaissance d'un objet d'apparence invariable dépend non seulement du regard qu'on lui prête, de l'instrument dont on se sert pour l'étudier, mais encore de l'usage que l'on en fait.

Toute activité clinique met en exergue trois aspects fondamentaux de l'anatomie, à savoir l'anatomie outil de diagnostic, de réflexion et de communication.

Souligner l'importance de l'anatomie, **outil de diagnostic** pour le clinicien, est un truisme. Le corps humain est, en effet, sa préoccupation principale et sa raison d'être. Ainsi, en pratique quotidienne, sans une pensée imprégnée d'images anatomiques, le corps du patient examiné, exploré, soigné ou réparé serait un « non-lieu » pour le médecin.

L'anatomie, **outil de réflexion**, est un stimulus de l'éveil psychologique de l'étudiant en formation initiale. En effet, en transcendant le corps scientifique, admirable dans sa complexité, l'étudiant peut découvrir non seulement *le corps miroir du monde*, puisque commun à tous les êtres humains, mais aussi *le corps messager des émotions*, tant psychologiques et spirituelles, qu'artistiques.

L'anatomie, **outil de communication**, est fondamentale dans les relations entre patient et médecin, mais aussi entre médecins de toutes nationalités. Rappelons que la première information échangée concerne l'état de la structure anatomique atteinte ou supposée telle. L'efficacité de cet échange d'informations repose donc sur l'utilisation d'un même langage anatomique simple et intelligible pour tous. Aussi cet ouvrage n'utilise que la Terminologie Anatomique Internationale (*Terminologia Anatomica*) francisée.

La finalité pédagogique de ce livre repose sur la concision d'un texte limité à l'essentiel et au choix d'une iconographie riche, moderne et plaisante.

Les photos de dissection ont été exclues en raison de leur aspect trop figé pour une première approche de l'anatomie par le jeune étudiant. Par contre des clichés d'imagerie médicale ont été retenus pour répondre à cette quête constante de tout médecin : connaître l'intérieur de notre corps afin de mieux le soigner.

Pour accroître le plaisir de connaissance, j'ai associé à l'exactitude scientifique un grand nombre de figures, toutes en couleurs. La valeur émotionnelle, cognitive et mémorielle de l'image est en effet irremplaçable.

Mon objectif sera atteint si ce précis, non seulement dépeint fidèlement le corps humain, mais aussi le rend plus vivant.

Pierre KAMINA

Poitiers – Hiver 2006

Préface

L'étude de l'anatomie a sans doute été un pensum pour de nombreux étudiants en médecine rebutés par la complexité et l'obscurité du langage anatomique, par l'austérité de la plupart des manuels et l'absence d'ouverture sur la fonction et sur la clinique, rebutés donc, en fait, par le seul effort de mémorisation que l'anatomie leur demandait.

Toutes ces données ont été prises en compte par Pierre Kamina dans la conception de ce très beau *Précis d'anatomie clinique* destiné à l'étudiant du premier cycle des études médicales et à l'étudiant des écoles paramédicales.

Le langage anatomique utilisé, exclusivement moderne, est la nomenclature anatomique issue de la *Terminologia Anatomica* francisée que tous les médecins, quels qu'ils soient, doivent maintenant accepter.

Le texte est court, précis, aéré et présenté dans un souci didactique, sans détail inutile pour l'étudiant et donc facile à mémoriser.

L'iconographie, très riche et en quadrichromie, ajoute un attrait supplémentaire. Certains schémas sont stylisés dans un but de mémorisation, mais toujours sans nuire à la réalité anatomique.

Enfin, les données essentielles de la fonction et de nombreuses applications pratiques, médicales et chirurgicales, viennent souligner dans le texte la raison d'être des structures anatomiques. Pierre Kamina offre ainsi aujourd'hui, aux jeunes étudiants, un outil de travail précieux qui, sur un autre registre et par sa qualité, est de la veine de sa remarquable *Anatomie opératoire en gynécologie-obstétrique* et de son magnifique *Dictionnaire atlas d'anatomie*.

André GOUAZÉ
Ancien secrétaire
du Collège médical français
des professeurs d'anatomie

ABRÉVIATIONS UTILISÉES

a. = artère
aa. = artères
ant. = antérieur
art. = articulation
artt. = articulations

inf. = inférieur
lig. = ligament
ligg. = ligaments
m. = muscle
mm. = muscles

n. = nerf
nn. = nerfs
r. = rameau
rr. = rameaux
v. = veine

vv. = veines
post. = postérieur
sup. = supérieur

SECTION I

SYSTÈME NERVEUX EN GÉNÉRAL

1

Organisation du système nerveux

Le système nerveux est l'ensemble des structures qui assurent la réception, l'intégration, la transformation et la transmission des informations provenant de l'organisme et de son environnement.

Le système nerveux assure ainsi la régulation des principales fonctions de l'organisme et assume le rôle primordial de la vie.

La mort encéphalique, ou coma dépassé, correspond à la perte totale des activités majeures de l'encéphale (la conscience, la réactivité des nerfs crâniens, les réflexes périphériques, la respiration spontanée et la nullité de l'électro-encéphalogramme), malgré la persistance de certaines fonctions végétatives.

Le système nerveux comprend deux parties (fig. 1.1) :

- une partie intégratrice, le *système nerveux central*;
- une partie réceptrice et effectrice, le *système nerveux périphérique*.

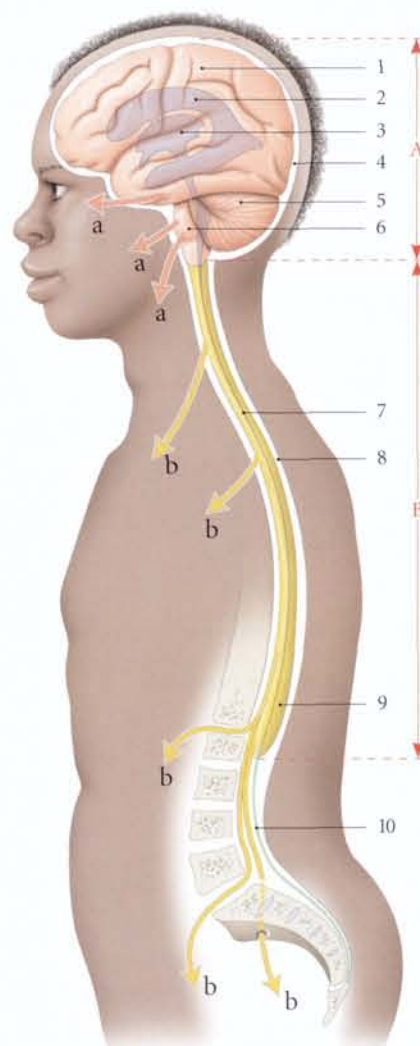


FIG. 1.1. Système nerveux central
(vue générale)

- A. encéphale
- B. moelle spinale
- a. nn. crâniens
- b. nn. spinaux
- 1. cerveau
- 2. ventricule latéral gauche
- 3. 3^e ventricule
- 4. cavité crânienne
- 5. cervelet
- 6. tronc encéphalique
- 7. canal central
- 8. canal vertébral
- 9. intumescence lombaire
- 10. filum terminal

1.1 SYSTÈME NERVEUX CENTRAL

Le système nerveux central représente le centre où s'élaborent, s'intègrent et se coordonnent les influx nerveux. Il est entouré par les méninges et le liquide cébro-spinal qui l'isolent des parois osseuses. Il comprend l'*encéphale* et la *moelle spinale*.

A | ENCÉPHALE

Situé dans la cavité crânienne, l'encéphale est isolé des parois osseuses par les méninges. Il comprend quatre parties, le *cerveau*, le *diencephale*, le *tronc cérébral* et le *cervelet*.

1 | Le cerveau

Partie la plus volumineuse de l'encéphale, le cerveau est un organe d'une complexité structurale et fonctionnelle jamais égalée.

Le cerveau présente une fente sagittale médiane, la *fissure longitudinale*, qui le partage en deux hémisphères, droit et gauche.

Les *hémisphères cérébraux* sont unis au niveau de leur face médiale par une commissure, le *corps calleux*.

La surface du cerveau est irrégulière, creusée par des sillons délimitant des *gyrus*.

Chaque hémisphère cérébral est subdivisé en lobes et présente :

a) une couche périphérique, constituée de substance grise, le *pallium* ou *cortex cérébral*;

b) une substance blanche centrale, traversée par les voies nerveuses et comprenant les capsules interne, externe et extrême;

c) une substance grise centrale, formée d'amas de péricaryon, les noyaux basaux : le corps strié, le noyau caudé, le noyau lenticulaire, le claustrum et le corps amygdaloïde;

d) une cavité centrale, le ventricule latéral.

2 | Le diencephale

Le diencephale prolonge en avant le mésencéphale et unit les hémisphères cérébraux.

Il est creusé d'une cavité aplatie et sagittale, le *troisième ventricule*.

Chaque paroi latérale est constituée de cinq régions :

- le *thalamus*, masse cellulaire constituant les quatre cinquièmes de cette paroi;
- l'*épiphalus*, situé au-dessus du thalamus et constitué de l'*habenula* et de l'*épiphyse*;
- l'*hypothalamus*, localisé au-dessous du thalamus. L'*hypophyse* le prolonge en bas;
- le *subthalamus*, latéral à l'*hypothalamus* et inférieur au thalamus;
- le *métathalamus*, appendice postérieur du thalamus, constitué des corps géniculés.

Le diencephale représente un centre sécrétoire hormonal et un carrefour des voies végétatives.

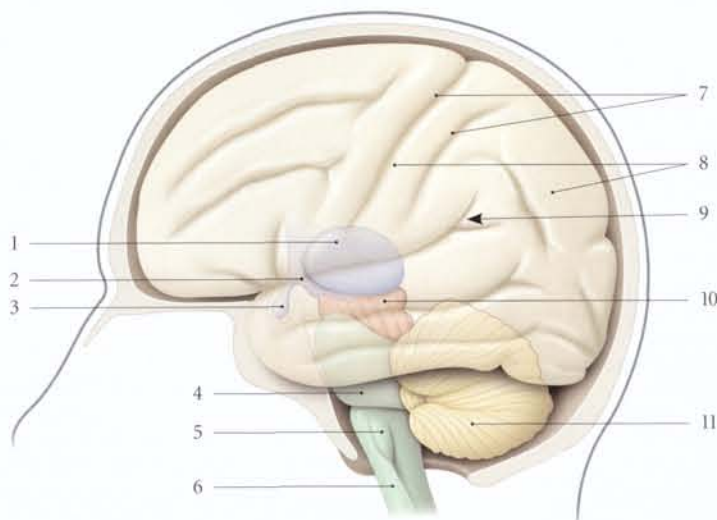
3 | Le tronc cérébral (fig. 1.2)

Voie de passage des tractus et faisceaux nerveux, le tronc cérébral contient tous les noyaux des nerfs crâniens et une *formation réticulaire* importante. Il comprend de bas en haut trois parties : le *mésencéphale*, le *pont* et le *bulbe* (ou *moelle allongée*).

FIG. 1.2. Parties de l'encéphale
(vue latérale)

En bleu : diencephale
En vert : tronc cérébral

1. thalamus
2. hypothalamus
3. hypophyse
4. pont
5. moelle allongée (bulbe)
6. moelle spinale
7. sillons cérébraux
8. gyrus
9. cerveau
10. mésencéphale (en rose)
11. cervelet (en jaune)



La face dorsale du pont et de la moelle allongée délimite avec le cervelet une cavité, le 4^e ventricule.

a) Le mésencéphale

Portion rétrécie de l'encéphale, le mésencéphale marque la limite entre ses deux parties, l'une ventrale, épaisse, les *pédoncules cérébraux*, l'autre dorsale, le *tegmentum mésencéphalique*, qui se prolonge dorsalement par les pédoncules cérébelleux supérieurs.

b) Le pont

Le pont forme une éminence transversale qui réunit ventralement les deux hémisphères cérébelleux, à la manière d'un pont, par les pédoncules cérébelleux moyens. Il est composé de deux parties :

- la partie ventrale ou *basilaire*, constituée de faisceaux dissociés et de noyaux ;
- et la partie dorsale ou *tegmentum pontique*, riche de formation réticulaire.

c) Le bulbe ou moelle allongée

Prolongement de la moelle spinale, la moelle allongée est unie au cervelet par les pédoncules cérébelleux inférieurs.

4 | Le cervelet

Le cervelet est situé au-dessous du cerveau et en arrière du tronc encéphalique, auquel il est uni par les pédoncules cérébelleux.

Il est divisé en deux hémisphères cérébelleux, droit et gauche, réunis par une structure médiane, le *vermis*. Il est divisé en trois lobes et sa surface est parcourue par des fissures.

Sa face antérieure délimite avec le tronc cérébral le quatrième ventricule.

Il est constitué de deux parties :

- le *cortex*, couche périphérique de substance grise ;
- une partie centrale formée de substance blanche, le *corps médullaire cérébelleux*, et d'amas de substance grise disséminés, les *noyaux du cervelet*.

B | MOELLE SPINALE

La moelle spinale est la partie du système nerveux central située dans le canal vertébral. Elle est entourée des

méninges spinales. C'est une longue tige cylindrique, blanchâtre, molle, qui présente deux renflements, l'*intumescence cervicale* et l'*intumescence lombaire*. Son extrémité crâniale fait suite au bulbe. Son extrémité caudale, conique, ou *cône médullaire*, se prolonge par le *filum terminal*.

Elle présente 31 paires de nerfs spinaux correspondant à 31 segments médullaires spinaux¹ : 8 segments cervicaux, 12 segments thoraciques, 5 segments lombaires, 5 segments sacraux et 1 segment coccygien.

La moelle spinale est constituée :

- d'une *substance blanche*, périphérique, correspondant aux tractus et faisceaux nerveux véhiculant les influx moteurs et sensitifs ;
- d'une *substance grise*, centrale, contenant des centres nerveux autonomes et des sites des synapses.

C | CAVITÉS DU SYSTÈME NERVEUX CENTRAL

Le système nerveux central est creusé de cavités communiquant entre elles et remplies de liquide cérebrospinal.

1 | Les ventricules encéphaliques

a) Les *ventricules latéraux droit et gauche* sont localisés dans chaque hémisphère cérébral.

b) Le *troisième ventricule* est situé dans le diencéphale.

c) Le *quatrième ventricule* s'interpose entre le tronc cérébral et le cervelet.

Le troisième et le quatrième ventricules communiquent par l'aqueduc cérébral ; le quatrième ventricule communique également avec les espaces subarachnoïdiens.

2 | Le canal central

Le canal central est situé dans l'axe médian de la moelle spinale et prolonge le quatrième ventricule.

1. Ancien. : myélomère.

1.2 SYSTÈME NERVEUX PÉRIPHÉRIQUE

Le système nerveux périphérique est le lien qui unit le système nerveux central aux organes. Il est constitué des nerfs et de leurs ganglions.

Les nerfs crâniens et leurs ganglions dépendent directement de l'encéphale ; les nerfs spinaux et leurs ganglions, de la moelle spinale.

1.3 IMAGERIE MÉDICALE DU SYSTÈME NERVEUX

Les moyens d'étude de la morphologie du système nerveux du sujet vivant se sont enrichi ces dernières années d'une imagerie fonctionnelle et moléculaire. Cette dernière, en pleine évolution, se propose de voir les émotions dans le cerveau en s'appuyant en particulier sur les marqueurs consommés par les neurones en activité. Quelles que soient les techniques utilisées, la connaissance de la morphologie du système nerveux central est indispensable pour avoir un jugement critique des images fournies par les machines.

A | RADIOGRAPHIE

Les techniques radiographiques standard classiques et la *tomodensitométrie* (TDM), tomographie radiologique assistée par ordinateur, sont des investigations de choix pour l'étude de l'environnement morphologique du système nerveux.

Elles permettent l'étude des tissus opaques aux rayons X : dépistage des déplacements et des aspects osseux, discaux, musculaires...

L'analyse des coupes sériées TDM et leur reconstruction en trois dimensions permettent l'analyse des subs-

tances blanche et grise, mais aussi des ventricules encéphaliques (fig. 1.3).

B | ÉCHOGRAPHIE ENCÉPHALIQUE

Basée sur les ultrasons, l'échographie du fœtus *in utero*, ou par voie transfontanelle chez le nouveau-né, permet le dépistage de certaines malformations et pathologies de l'encéphale (fig. 1.4).

C | ANGIOGRAPHIE

Cette étude de la morphologie et des flux artériels ou veineux du système nerveux central peut être associée à toutes les techniques d'imagerie (angio-TDM, angio-IRM...).

L'angiographie permet ainsi de compléter et d'étendre les informations cliniques.

D | IMAGERIE PAR RÉSONANCE MAGNÉTIQUE (IRM)

Cette technique, dont le signal d'imagerie est l'atome d'hydrogène soumis à un champ magnétique intense,

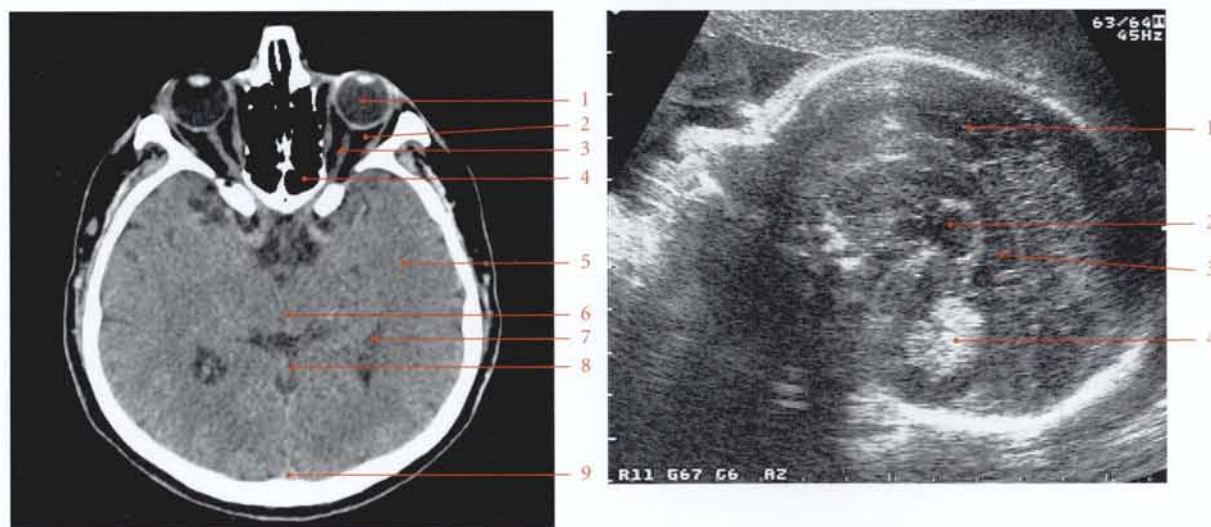


FIG. 1.3. Tomodensitométrie (TDM) de la tête (coupe axiale transversale) (cliché Dr Th. Diesce)

- | | |
|------------------------------|----------------------------|
| 1. bulbe de l'œil | 6. tronc encéphalique |
| 2. m. droit latéral | 7. ventricule latéral |
| 3. n. optique | 8. vermis cérébelleux |
| 4. fosse nasale droite | 9. sinus longitudinal sup. |
| 5. hémisphère cérébral droit | |

FIG. 1.4. Échographie obstétricale (coupe sagittale) (fœtus de 33 semaines) (cliché Dr de Boysson)

1. hémisphère cérébral
2. thalamus
3. corps calleux
4. cervelet

donne des images remarquables et saisissantes, la résolution de l'image étant de l'ordre du millimètre. Elle constitue le moyen d'investigation privilégié pour identifier les structures internes du système nerveux central : substances blanche et grise, émergence des nerfs du système nerveux...

E | IMAGERIE FONCTIONNELLE ENCÉPHALIQUE

L'étude du fonctionnement de l'encéphale repose sur la détection des zones actives liées à la surconsommation par le cerveau du glucose véhiculé par le sang. La localisation du changement du débit sanguin et du métabolisme encéphalique permet l'étude d'une cartographie fonctionnelle du cerveau, qui repose sur trois techniques différentes par leur principe (fig. 1.5).

1 | La tomographie par émission monophotonique (TEMP) (ou tomographie par émission gamma, ou tomoscintigraphie)²

Après injection ou inhalation d'un composé radioactif classique, on mesure le débit sanguin cérébral en utilisant une caméra gamma. Le signal recueilli est traduit en coupes par un ordinateur.

2 | L'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf)

Elle associe l'IRM et l'utilisation d'un traceur.

2. Anglais : SPECT (Single Photon Emission Computed Tomography).



FIG. 1.5. Imagerie par résonance magnétique (IRM) de la tête (coupe sagittale paramédiane) (cliché Dr Th. Diesce)

- | | |
|----------------------------|-------------------------------|
| 1. sinus longitudinal sup. | 11. fornix |
| 2. septum pellucidum | 12. thalamus |
| 3. lobe frontal | 13. colliculus sup. et inf. |
| 4. chiasma optique | 14. lobe occipital |
| 5. hypophyse | 15. hémisphère cérébelleux |
| 6. cornet nasal inf. | 16. pont |
| 7. langue | 17. 4 ^e ventricule |
| 8. calvaria | 18. moelle allongée |
| 9. lobe pariétal | 19. tonsille cérébelleuse |
| 10. corps calleux | 20. moelle spinale |

3 | La tomographie par émission de positons (TEP)³

Cette technique mesure la distribution tridimensionnelle d'une molécule marquée par un émetteur de positons (cyclotron). Associée à la tomodensitométrie, elle constitue le TEP-SCAN (fig. 1.6).

3. Anglais : PET (Positron Emission Tomography).

En pratique, la superposition des techniques d'imagerie médicale offre des informations morphologiques et fonctionnelles permettant de localiser les structures lésionnelles et d'optimiser les procédures thérapeutiques.

Les principales indications de ces explorations sont : les démences, l'épilepsie, les pathologies vasculaires et tumorales.

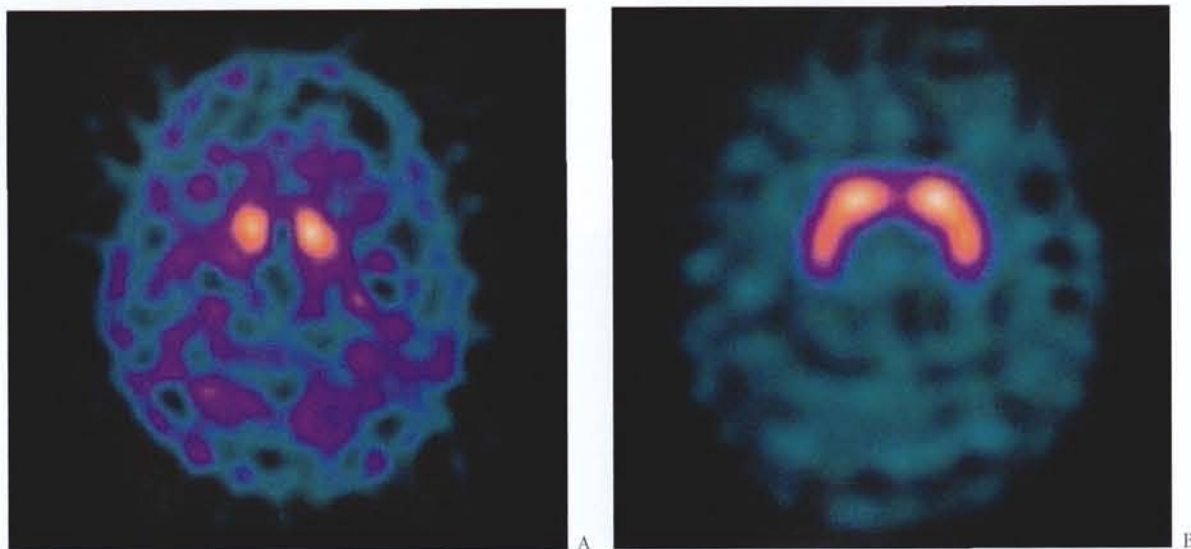


FIG. 1.6. Tomographie par émission de positons (TEP) montrant le flux sanguin cérébral (cliché Pr. R. Perdrisot)

A. image normale (volontaire sain ou tremblement essentiel)

B. image anormale (syndrome parkinsonien)

2

Neurogénèse

La neurogénèse débute, au 8^e jour du développement, par la transformation de l'*embryoblaste* du blastocyste en embryon didermique. Cette structure ovoïde, le disque embryonnaire, est formée de deux couches cellulaires distinctes superposées, l'*hypoblaste*, ventral, et l'*épiblaste*, dorsal.

2.1 DISQUE EMBRYONNAIRE

A | AU 15^e JOUR DU DÉVELOPPEMENT

(fig. 2.1)

Il apparaît sur la moitié caudale de la ligne médiane de l'épiblaste un épaississement, la *ligne primitive*.

Son extrémité crâniale, renflée, constitue le *nœud primitif*.

La ligne primitive se creuse à partir du sillon primitif et le nœud primitif, de la *fossette primitive*.

Des cellules épiblastiques de la ligne primitive prolifèrent et migrent pour remplacer les cellules de l'hypoblaste et former l'endoblaste.

1. Ancien : nœud de Hensen.

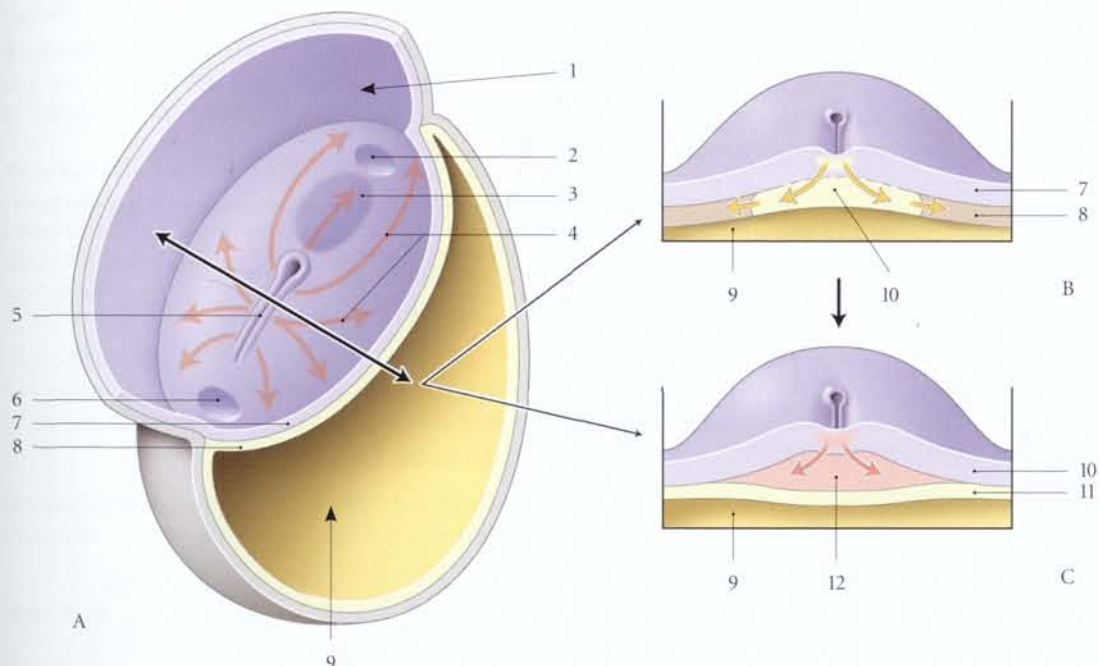


FIG. 2.1. Développement du disque embryonnaire

A. coupe chanfreinée - vue crâniale du disque embryonnaire

B. coupe transversale à 15 jours

C. coupe transversale à 16 jours

1. cavité amniotique
2. membrane oro-pharyngienne
3. plaque préchordale
4. migration cellulaire
5. sillon primitif
6. membrane cloacale

7. épiblaste
8. hypoblaste
9. cavité vitelline
10. endoderme
11. ectoderme
12. mésoderme

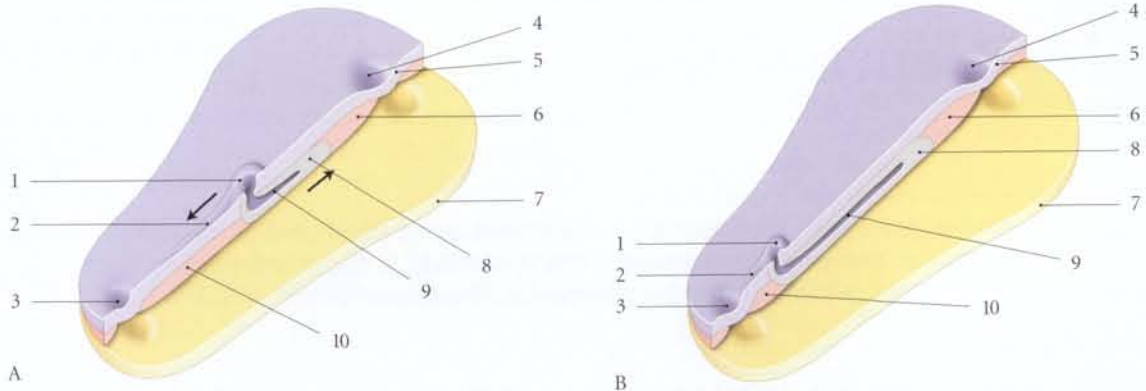


FIG. 2.2. Évolution de la ligne primitive (vue crâniale – embryon de 17 jours)

A. début d'extension du canal notochordal

B. fin d'extension du canal notochordal

1. fossette primitive

2. ligne primitive

3. membrane cloacale

4. membrane bucco-pharyngienne

5. ectoderme

6. plaque préchordale

7. endoderme

8. processus notochordal

9. canal notochordal

10. mésoderme

B | AU 16^e JOUR DU DÉVELOPPEMENT

(fig. 2.2)

Une nouvelle prolifération cellulaire de la ligne primitive migre entre l'épiblaste et l'endoblaste pour constituer le mésoblaste intra-embryonnaire. Les cellules épiblastiques résiduelles donnent les structures épidermiques.

L'embryon, piriforme, devient tridermique. Ses trois lames prennent alors les noms d'*ectoderme*, *mésoderme* et *endoderme*.

La fossette primitive s'invagine sur la ligne médiane dans le sens crânial pour former le *canal notochordal*².

Celui-ci perd sa lumière et devient la *notochorde*³ qui sert d'axe du développement du squelette axial.

C | AU 20^e JOUR DU DÉVELOPPEMENT

La ligne primitive qui continue sa régression en direction caudale est très réduite (10 à 20 % de la longueur de l'embryon).

Elle produit une masse mésoblastique médiane, l'*éminence caudale*.

2. Le canal neurentérique relie temporairement la cavité amniotique et le sac vitellin à travers le nœud primitif. Il s'oblitére lorsque la notochorde a terminé sa formation.

3. Syn. : chorde dorsale.

2.2 NEURULATION

A | NEURULATION PRIMAIRE

La neurulation primaire débute vers le 16^e jour par la formation de la lame neurale⁴, qui donnera le tube neural et la crête neurale (fig. 2.3).

1 | La lame neurale

Elle dérive du *neuro-ectoderme*, épaissement de l'ectoderme recouvrant la notochorde et le mésoderme para-axial.

La plaque neurale s'élargit et s'invagine sur sa face dorsale, selon son axe, pour constituer le sillon neural bordé par les *plis neuraux*.

4. Ancien. : plaque neurale.

2 | Le tube neural

Vers la fin de la 3^e semaine, les plis neuraux fusionnent sur la ligne médiane pour former le tube neural, dont la lumière forme le *canal neural*.

Cette fusion, qui débute dans la région du 4^e somite, progresse crânialement et caudalement.

Les extrémités du canal neural, ou *neuropores*, sont ouvertes dans la cavité amniotique. La fermeture du neuropore crânial se fait au 25^e jour, et celle du neuropore caudal, deux jours plus tard.

Les parois du tube neural, constituées d'un neuro-épithélium, s'épaississent et se différencient en trois couches.

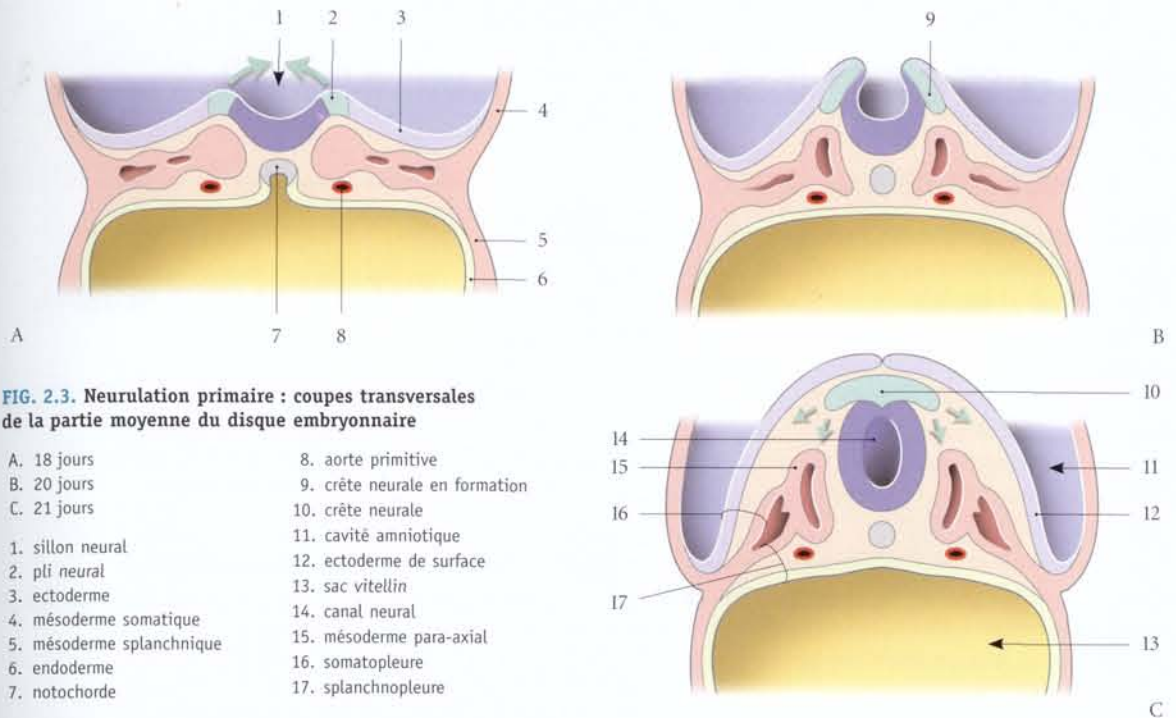


FIG. 2.3. Neurulation primaire : coupes transversales de la partie moyenne du disque embryonnaire

- | | |
|---------------------------|-------------------------------|
| A. 18 jours | 8. aorte primitive |
| B. 20 jours | 9. crête neurale en formation |
| C. 21 jours | 10. crête neurale |
| 1. sillon neural | 11. cavité amniotique |
| 2. pli neural | 12. ectoderme de surface |
| 3. ectoderme | 13. sac vitellin |
| 4. mésoderme somatique | 14. canal neural |
| 5. mésoderme splanchnique | 15. mésoderme para-axial |
| 6. endoderme | 16. somatopleure |
| 7. notochorde | 17. splanchnopleure |

a) La couche marginale, périphérique, qui donne la substance blanche.

b) La couche palliale, constituée de neuroblastes, qui forme la substance grise. Cette couche se différencie en lames dorsales, ventrales et latérales.

c) La couche épendymaire, qui devient l'épendyme et l'épithélium des plexus choroïdes.

d) Le canal neural donne les cavités du système nerveux central.

3 | La crête neurale

Des cellules neuro-ectodermiques des plis neuraux migrent ventralement et s'incorporent au mésoderme

pour former l'*ectomésenchyme*, tissu de la crête neurale. La crête neurale s'interpose entre le tube neural et l'épiblaste.

Son développement est étroitement lié au mésoderme sous-jacent qui se différencie en somites.

B | NEURULATION SECONDAIRE (fig. 2.4)

Dans l'éminence caudale, après la fermeture du neuropore caudal, situé à la hauteur du somite 31, se développe un cordon neural. Ce cordon, qui prolonge le tube neural, se creuse d'un canal, qui s'unit au canal neural au cours de la 6^e semaine.

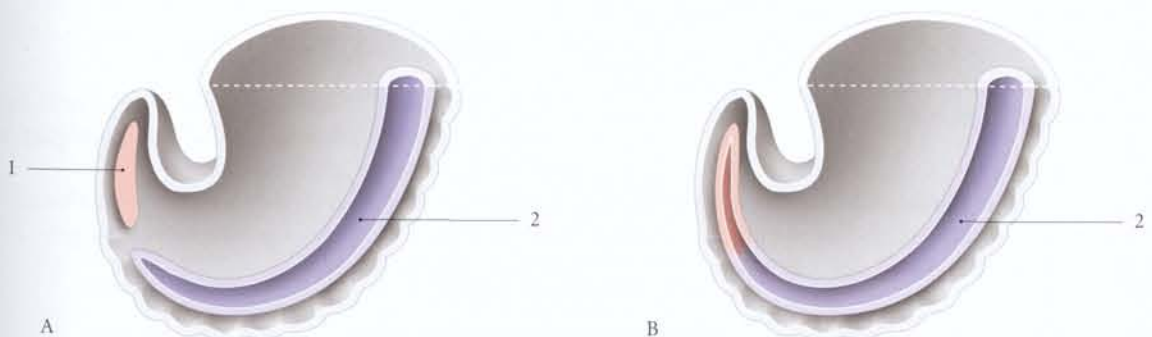


FIG. 2.4. Évolution de l'éminence caudale (coupe sagittale médiane)

- | | | | |
|-------------|-------------|---------------------|----------------|
| A. 20 jours | B. 40 jours | 1. éminence caudale | 2. tube neural |
|-------------|-------------|---------------------|----------------|

2.3 HISTOGÉNÈSE DU SYSTÈME NERVEUX

A | HISTOGÉNÈSE DU TUBE NEURAL

La différenciation cellulaire du tube neural commence au niveau du rhombencéphale et s'étend dans les directions crâniale et caudale.

L'épithélium du tube neural est un épithélium pseudostratifié dont les cellules neuro-ectodermiques ont des noyaux situés à des niveaux variables.

Les cellules aux noyaux jouxtant le canal neural présentent une mitose intense et donnent deux types de cellules, les neuroblastes centraux et les spongioblastes centraux.

Après la période foetale, les cellules neuro-ectodermiques perdent leur capacité de différenciation en neuroblastes et spongioblastes. Mais quelques cellules gliales, probablement les astrocytes, gardent cette capacité.

1 | Les neuroblastes centraux⁵ (fig. 2.5)

Les neuroblastes centraux, de grande taille, arrondis ou fusiformes, sont les futurs neurones.

Ils forment pendant leur maturation un ou des processus cytoplasmiques, les *cônes de croissance*. Ces cônes contiennent des neurofilaments et de nombreuses organelles. L'un des cônes de croissance, qui se dirige vers l'organe cible, devient l'axone. La croissance axonale est d'environ 1 mm par jour.

Les autres cônes de croissance forment les dendrites. Quand le cône de croissance entre en contact avec sa cible, il s'aplatit et forme la synapse.

2 | Les spongioblastes centraux⁶

Les spongioblastes centraux se transformeront en glioblastes, épendymoblastes et pinéoblastes.

a) Les glioblastes se différencient en astrocytes, oligodendrocytes et microglie.

Les *glioblastes radiaires* serviraient de support aux neuroblastes en migration au cours de leur développement (fig. 2.6).

b) Les épendymoblastes se différencient sur place en épendymocytes, cellules ciliées qui tapissent le canal central et les ventricules encéphaliques.

c) Les pinéoblastes donnent les cellules du parenchyme de la glande pinéale.

B | HISTOGÉNÈSE DE LA CRÊTE NEURALE

(fig. 2.7)

Chaque crête neurale se divise en segments crêtaux, ganglions crâniens et spinaux présomptifs. Elle est formée de cellules neuro-ectodermiques noyées dans du mésenchyme (ou ectomésenchyme).

1 | Cellules neuro-ectodermiques

Elles se différencient en cellules diverses, qui migrent dans plusieurs directions.

a) Les neuroblastes périphériques donnent les neurones des ganglions spinaux, crâniens et autonomes.

b) Les glioblastes périphériques se différencient en neurolemmocytes (ou cellules de Schwann), gliocytes ganglionnaires et gliocytes terminaux.

c) Les chromaffinoblastes deviennent les cellules chromaffines médulo-surrénales, les paraganglions, les cellules C de la glande thyroïde (pour certains auteurs).

d) Les mélanoblastes donnent les mélanocytes.

2 | Mésenchyme céphalique

Il est à l'origine d'un tissu hétérogène : les odontoblastes, le septum aortico-pulmaire, l'arachnoïde et la pie-mère, le derme céphalique, le cartilage des arcs branchiaux, les muscles pupillaires et ciliaires.

C | MYÉLINISATION

La myélinisation consiste en un enveloppement des axones par un manchon de lamelles concentriques de myéline, substance lipoprotéinique.

Elle est assurée par les oligodendrocytes, pour les axones centraux, et par les neurolemmocytes, pour les axones périphériques.

5. Ou cellules à protéine négative (Rakic, 1982).

6. Ou cellules à protéine positive (Rakic, 1982).

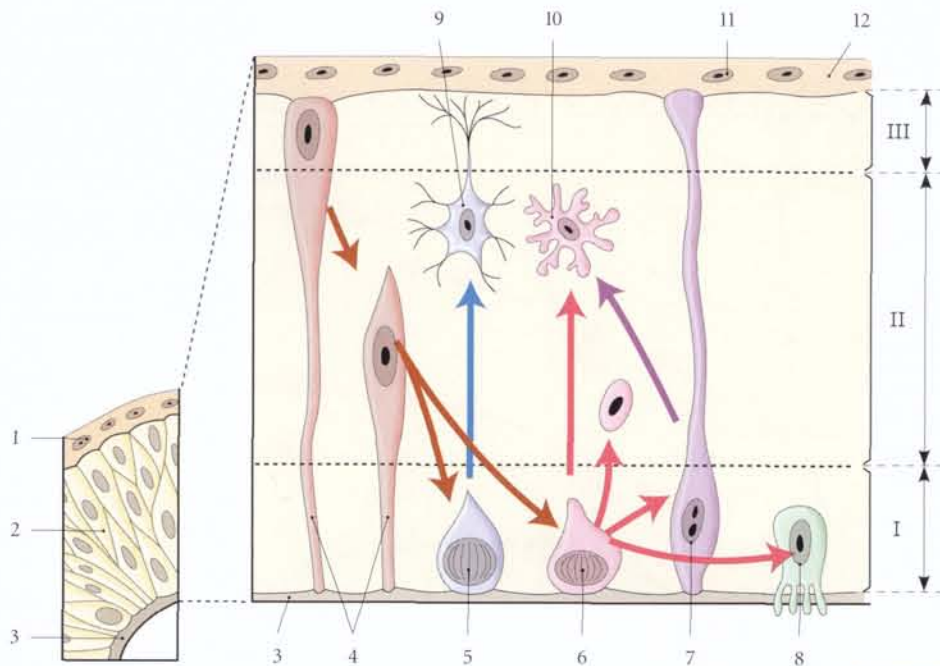


FIG. 2.5. Différenciation cellulaire de l'encéphale

I. couche épendymaire
 II. couche palliale (→ substance grise)
 III. couche marginale (→ substance blanche)

1. cellules piales et arachnoïdiennes
2. neuro-ectoderme
3. membrane épendymaire
4. cellule neuro-ectodermique
5. neuroblaste central (mitose)
6. spongioblaste central
7. glioblaste radiaire
8. épendymoblaste
9. neuroblaste central
10. glioblaste
11. cellule piale
12. pie-mère

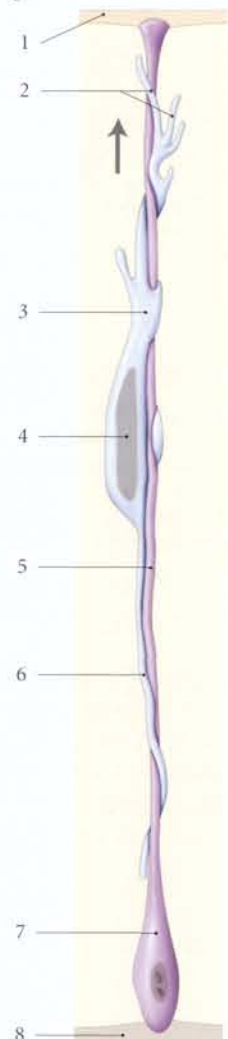


FIG. 2.6. Neuroblaste en migration
 (représentation schématique)

1. pie-mère
2. prolongement conducteur du neuroblaste
3. neuroblaste en migration
4. noyau du neuroblaste
5. prolongement radial du glioblaste
6. trainée de cytoplasme du neuroblaste
7. glioblaste radiaire
8. membrane épendymaire

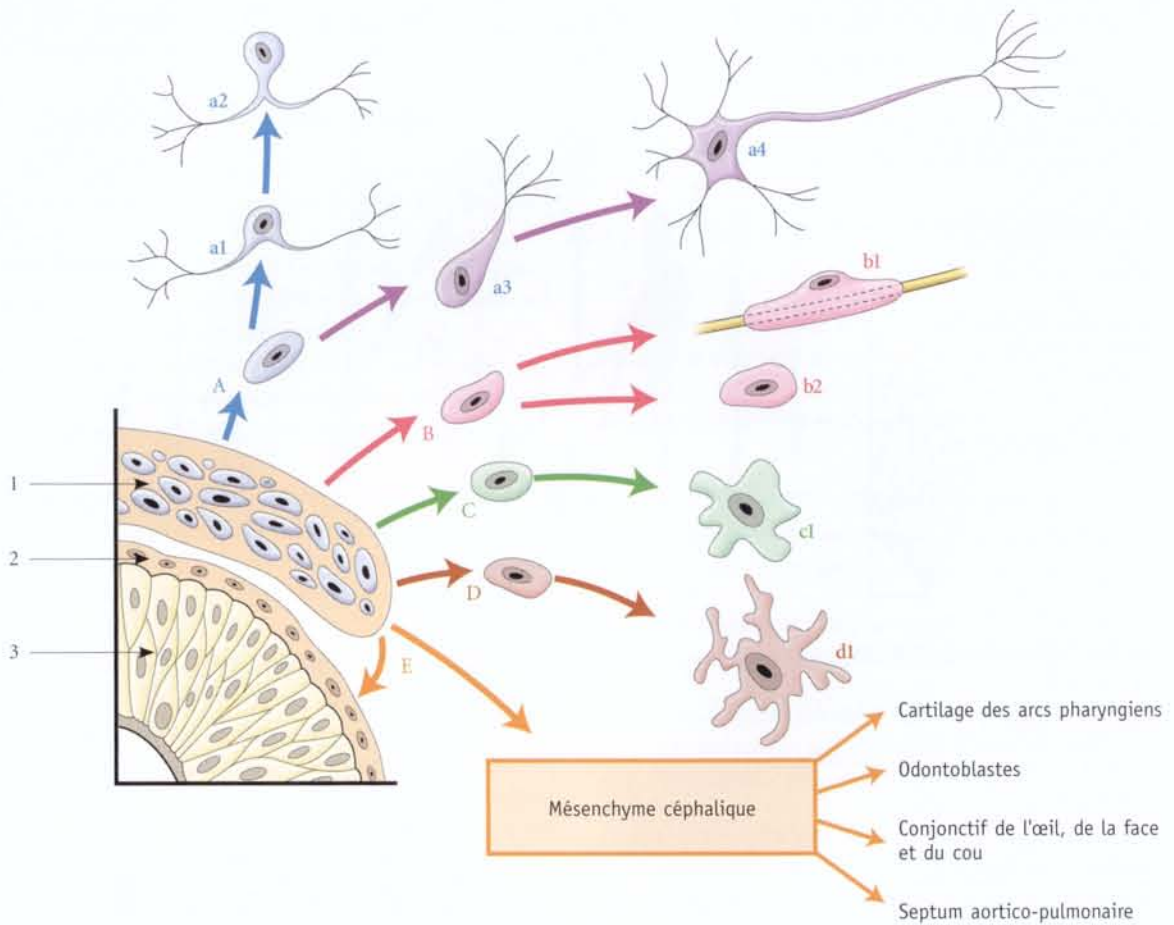


FIG. 2.7. Différenciation cellulaire de la crête neurale

A. neuroblaste périphérique
B. glioblaste périphérique
C. chromaffinoblastes
D. mélanoblastes
E. mésenchyme
a1. cellule bipolaire

a2. cellule ganglionnaire
a3 et a4. cellules unipolaires
b1. neurolemmocytes
b2. gliocytes ganglionnaires et terminaux
c1. cellule chromaffine
d1. mélanocytes

1. crête neurale
2. cellules piales et arachnoïdiennes
3. neuro-ectoderme

La myélinisation fait suite à l'histogénèse et commence dès le 4^e mois *in utero* dans la moelle spinale, puis s'étend vers l'encéphale. Elle se poursuit au cours de la 1^{re} année postnatale, jusqu'à l'adolescence. Certaines fibres motrices ne se myéliniseront qu'au cours des deux premières années postnatales.

La durée de la myélinisation expliquerait en partie la longueur du développement psychomoteur de l'enfant.
Les affections démyélinisantes, telle la sclérose en plaques, sont très invalidantes.

2.4 PHYLOGÉNÈSE DU SYSTÈME NERVEUX (fig. 2.8)

L'anatomie comparée montre une évolution topographique, morphologique et fonctionnelle du système

nerveux central dont l'expression la plus élaborée s'observe chez l'homme.

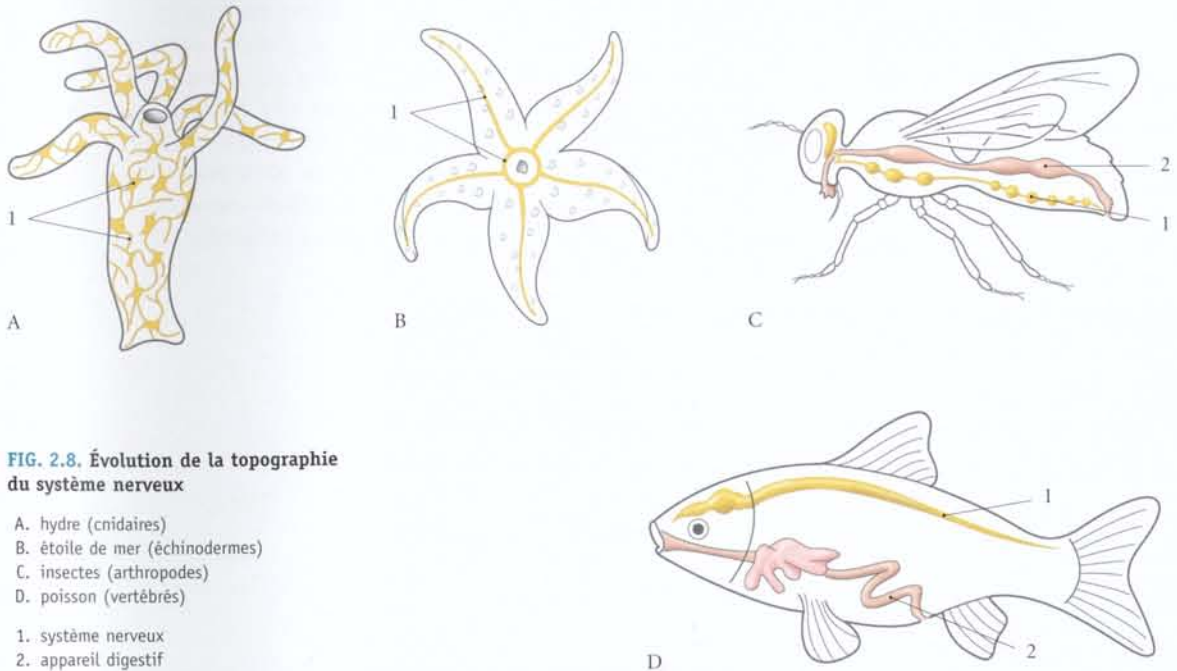


FIG. 2.8. Évolution de la topographie du système nerveux

- A. hydre (cnidaires)
 - B. étoile de mer (échinodermes)
 - C. insectes (arthropodes)
 - D. poisson (vertébrés)
1. système nerveux
2. appareil digestif

A | MÉTAZOAIRE PRIMITIFS

Certains métazoaires ont un système nerveux diffus avec des neurones éparpillés sur toute la surface du corps, telle l'hydre d'eau douce; d'autres, telle l'étoile de mer, ont un réseau nerveux constitué d'un anneau d'où rayonnent des neurofibres.

B | MÉTAZOAIRE HYPONEURIENS

Ces métazoaires, tels les insectes, ont un système nerveux central situé au-dessous du tube digestif. Ils com-

portent des ganglions cérébroïdes et une paire de chaînes ganglionnaires formant le système nerveux.

C | MÉTAZOAIRE ÉPINEURIENS

Ces métazoaires, tels les poissons, ont un système nerveux central situé au-dessus du tube digestif. Ils comportent un encéphale et une moelle spinale.

Le caractère épineurien est l'un des trois caractères spécifiques des chordés.

Les modifications les plus importantes s'observent au niveau de l'encéphale (voir Chapitre 23).

3

Éléments de neurobiologie

Le système nerveux central, dépourvu de tissu conjonctif, présente sur une coupe deux régions, l'une grisâtre, la substance grise, l'autre blanchâtre, la substance blanche.

La *substance grise*, riche en capillaires sanguins, est formée des péricaryons des neurones, des dendrites, des colliculus axonaux amyélinisés et des cellules gliales (fig. 3.1).

Dans la substance grise sont regroupées toutes les synapses.

La *substance blanche*, pauvre en capillaires sanguins, est constituée essentiellement de faisceaux d'axones myélinisés et d'oligodendrocytes.

La substance blanche est le lieu de conduction de l'influx nerveux (fig. 3.2).

FIG. 3.1. Substance grise – Réaction PAS – Objectif 20
(microphotographie Pr. P. Levillain)

1. capillaire sanguin
2. glyocyte
3. neurone

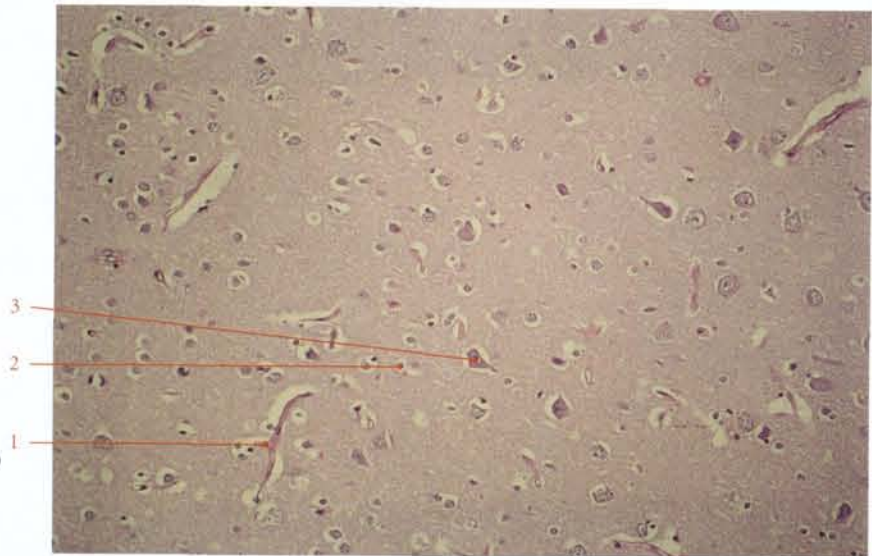
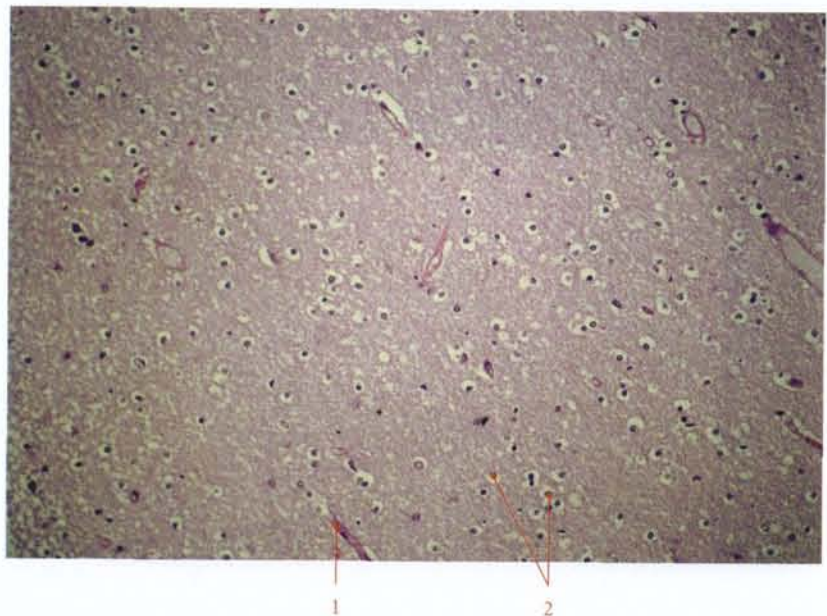


FIG. 3.2. Substance blanche – Réaction PAS – Objectif initial 20
(microphotographie Pr. P. Levillain)

1. vaisseau sanguin
2. axones myélinisés par un oligodendrocyte



3.1 NEURONE

Le neurone ou *neurocyte* est la cellule fonctionnelle du système nerveux. Elle est conductrice de l'influx nerveux.

Le concept de neurone, unité morphologique et fonctionnelle, a été émis par C. Ramon y Cajal (prix Nobel 1906).

A | CONSTITUTION

Le neurone est constitué d'un corps, ou péricaryon, et de prolongements cytoplasmiques, les fibres nerveuses ou *neurofibres* (fig. 3.3).

1 | Le péricaryon ou corps du neurone¹ (fig. 3.4)
De forme variée, il mesure de 4 à 130 µm.

a) Le noyau

Il est souvent unique, parfois double dans les neurones ganglionnaires.

- Sa chromatine est finement dispersée. Elle contient l'ADN, qui renferme les informations déterminant la structure et les fonctions des protéines neurales.
- Son nucléole et sa matrice nucléaire sont nettement visibles.

b) Le cytoplasme

Dans sa matrice ou *cytosol* baignent :

- des organelles très développées (réticulum endoplasmique et ses ribosomes, complexe golgien et mitochondries) ;
- un cytosquelette (microtubules, microfilaments et microfibrilles), qui donne au neurone sa forme ;

- des inclusions cytoplasmiques comprenant des accumulations de protéines, des graisses, des granules de substance chromatophile², des granules sécrétoires, des cristaux...

2 | Les neurofibres

Les neurofibres sont de deux types, du point de vue morphologique et fonctionnel : les dendrites et les axones.

a) La dendrite³

La dendrite véhicule l'influx nerveux vers le péricaryon qui intègre l'information.

Elle est multiple et constitue un prolongement du cytoplasme. Elle contient des organelles cellulaires, excepté le complexe golgien, des neurotubules et des neurofilaments.

Chaque dendrite forme une courte neurofibre ramescente. Ces ramescences dendritiques permettent de nombreuses synapses dont le nombre peut atteindre 200 000.

Sa surface présente de nombreux appendices, les gemules dendritiques, de forme arrondie, et les *spinules dendritiques*, de forme pointue.

b) L'axone ou neurite⁴

L'axone est unique et conduit l'influx du péricaryon vers d'autres neurones ou vers des cellules effectrices, pour constituer une synapse.

1. Ancien. : soma.

2. Ancien. : substance de Nissl.

3. Du grec *dendritès*, de *dendron* : arbre.

4. Ancien. : cylindre.

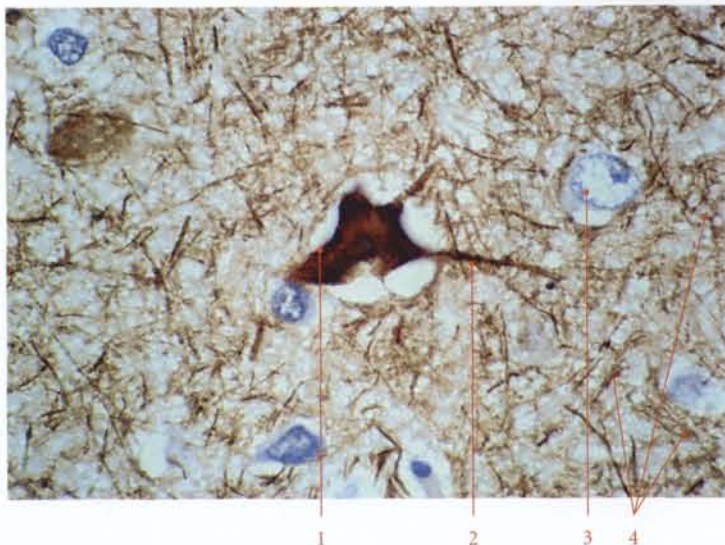


FIG. 3.3. Neurones et neurofilaments
(immuno-histochimie – objectif 40)
(microphotographie Pr. P. Levillain)

1. péricaryon et son noyau
2. axone
3. glyocytes
4. neurofilaments du neuropile

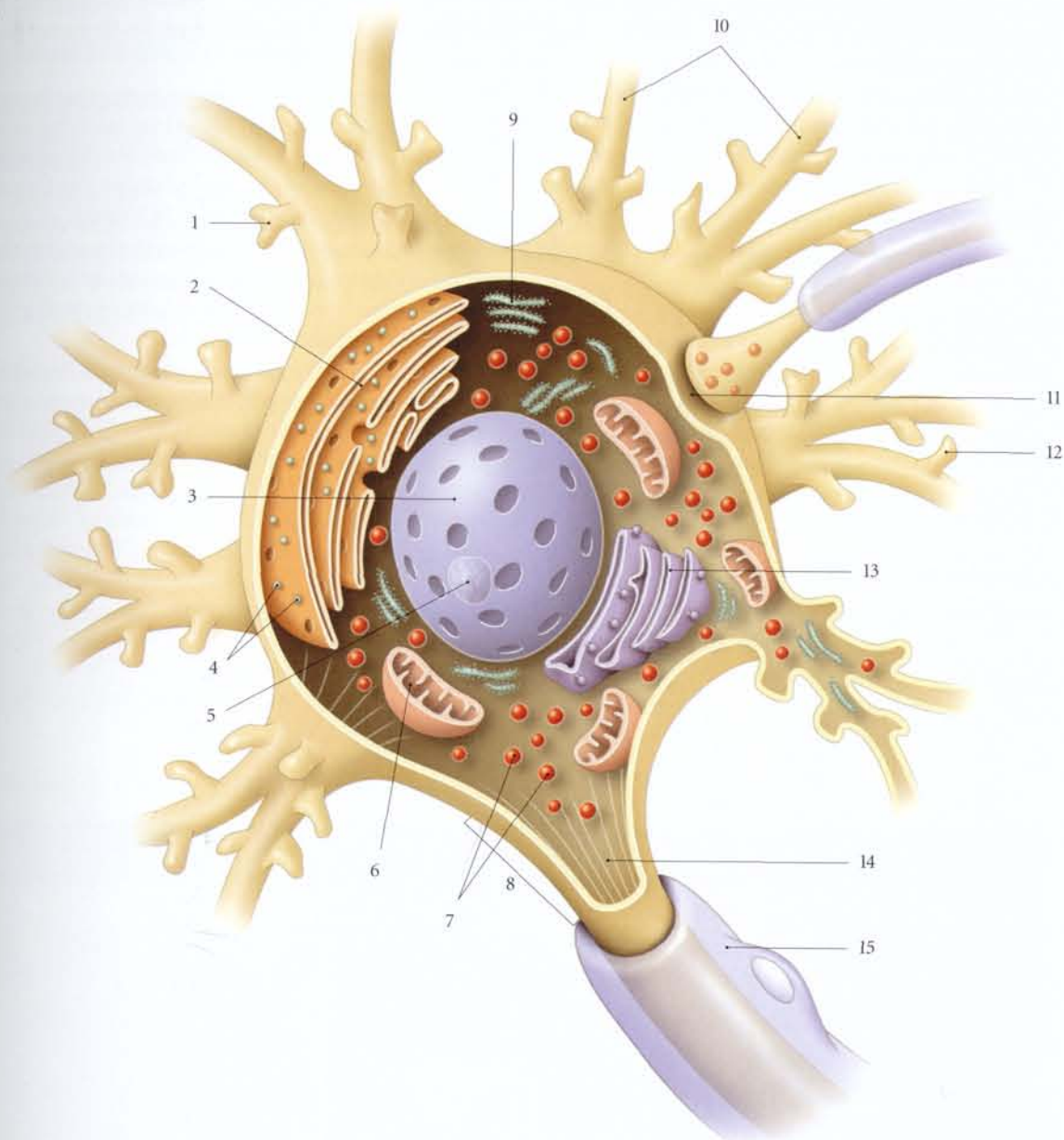


FIG. 3.4 Péricaryon (corps du neurone)

1. gémule dendritique
2. réticulum endoplasmique
3. noyau
4. ribosomes
5. nucléus
6. mitochondrie
7. granules sécrétoires
8. colliculus axonal

9. substance chromatophile du neurone (corps de Nissl)
10. dendrites
11. synapse
12. spicule dendritique
13. complexe golgien
14. microtubules
15. neurolemmocyte

Sa longueur variable peut dépasser plusieurs mètres (neurones de girafe). Son diamètre, assez constant, varie de 1 à 20 μm .

- Le segment initial, prolongement du péricaryon, forme le *colliculus axonal*⁵. Il est dépourvu de substance chromatophile, mais il contient quelques ribosomes, des neurofilaments et des neurotubules. Ces derniers sont les supports du transport axonal.
- L'axone peut donner des branches, les *collatérales axonales*.
- Il se termine par de fines ramifications, les *télodendrons*, dont chaque extrémité forme un *bulbe terminal*⁶, qui contient les *vésicules synaptiques*.
- La gaine de myéline ou *neurolemme* est le revêtement de certains axones. Cette enveloppe est une

structure lipoprotéique, lamellaire. Sa présence ou son absence permet de distinguer les fibres myélinisées et amyélinisées :

- pour les *neurofibres myélinisées*, cette gaine de myéline est constituée, sur les axones encéphaliques, par les processus myélopoïétiques des oligodendrocytes, et sur les axones périphériques, par les neurolemmocytes (ou cellules de Schwann).
- Les processus myélopoïétiques et les neurolemmocytes s'enroulent plusieurs fois autour de l'axone, constituant des couches multiples de myéline, ou gaine de myéline (voir plus loin) ;
- pour les *neurofibres amyélinisées*, chaque neurolemmocyte enveloppe plusieurs axones et ne contient pas de myéline.

5. Ancien : cône d'implantation.

6. Ancien : bouton terminal.

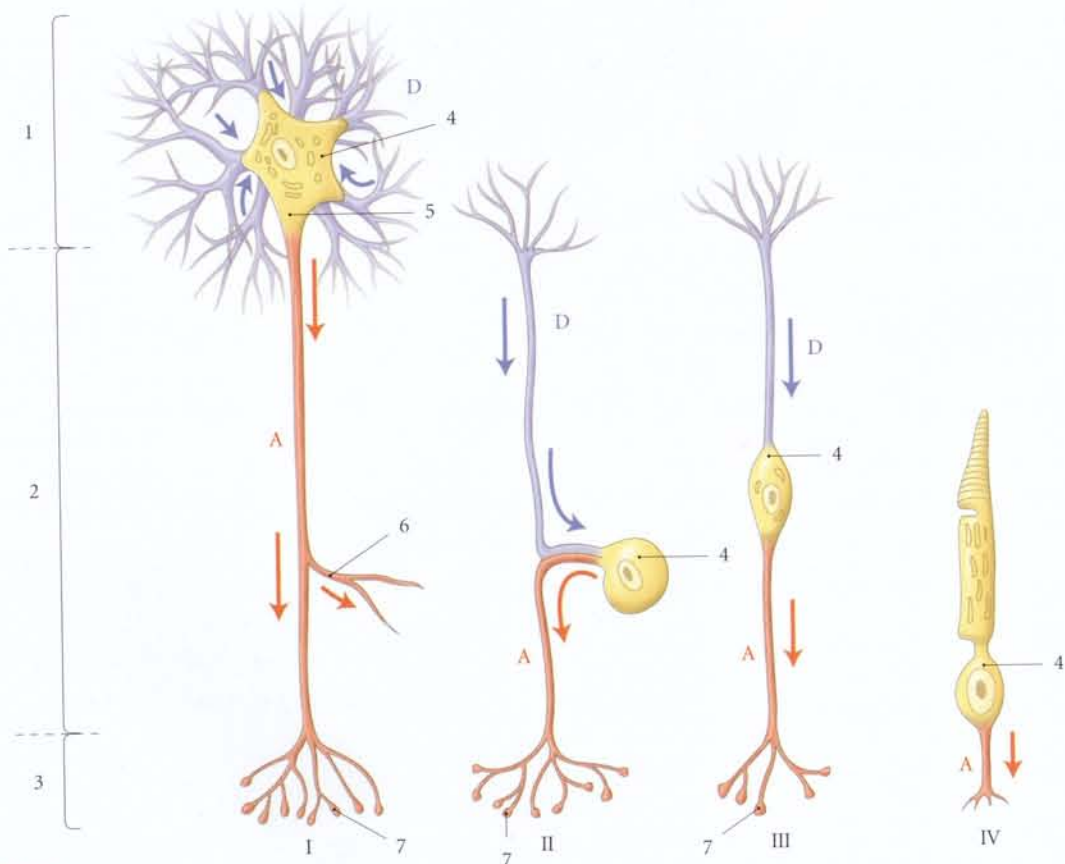


FIG. 3.5. Neurones : parties et classification

- I. multipolaire
- II. pseudo-unipolaire
- III. bipolaire
- IV. unipolaire
- A. axone
- D. dendrite

- 1. partie réceptrice
- 2. partie conductrice
- 3. partie effectrice
- 4. péricaryon

- 5. colliculus axonal
- 6. collatérale axonale
- 7. bulbe terminal

B | CLASSIFICATION

1 | Classification des neurones (fig. 3.5)

a) Classification morphologique

- Selon la forme, on dénomme les neurones pyramidal, étoilé...
- Selon le nombre de neurofibres, on distingue le neurone unipolaire, qui n'a qu'un axone, le neurone bipolaire, qui possède un axone et une dendrite, le neurone multipolaire, qui présente un axone et plusieurs dendrites...

b) Classification fonctionnelle

- Le neurone moteur (ou efférent) emporte l'influx nerveux du centre nerveux vers le récepteur.
- Le neurone sensitif (ou afférent) apporte l'influx nerveux de l'effecteur vers le centre nerveux.
- Le neurone d'association transmet l'influx nerveux d'un neurone à un autre. Il peut être intrasegmentaire ou intersegmentaire.
- Le neurone sécrétoire répond à un stimulus par la production de neurosécrétion.
- Le neurone pigmentaire ou neuromélanocyte contient des grains de pigment mélanique.

2 | Classification des neurofibres

La classification anatomique, qui repose sur le diamètre des axones et la présence ou non de myéline, distingue trois groupes de neurofibres, A, B et C.

La classification physiologique, qui repose sur la vitesse de conduction, en distingue quatre types, I, II, III et IV (tableau 3.1).

a) Les neurofibres A

Elles sont grosses et myélinisées.

- Le groupe somato-sensitif comprend :
 - les neurofibres A α (type I), les plus grosses et les plus rapides;
 - les neurofibres A β (type II);
 - les neurofibres A δ (type III).
- Le groupe somato-moteur comprend :
 - les neurofibres alpha (A α , type I);
 - les neurofibres gamma (A γ , type II).

b) Les neurofibres B

Elles sont myélinisées et forment les fibres autonomes préganglionnaires.

c) Les neurofibres C (type IV)

Elles sont amyélinisées et forment les fibres autonomes postganglionnaires et les fibres de la sensibilité viscérale et somatique nociceptive et thermique.

TABLEAU 3.1. CLASSIFICATION DES NEUROFIBRES

| Types anatomiques | Types physiologiques | Diamètre (μm) ⁷ | Conduction Vitesse (m/sec) | Fonctions et récepteurs |
|---------------------|----------------------|---|----------------------------|--|
| A α | Ia | 12-20 | 70-120 | Proprioception, fuseaux neuro-musculaires |
| A α | Ib | 12-20 | 70-120 | Proprioception, récepteurs neuro-tendineux |
| A β | II | 5-12 | 30-70 | Tact, pression et vibration épicritique |
| A δ | III | 2-5 | 12-30 | Pression, douleur rapide et température |
| C | IV | 0,5-1 | 0,5-2 | Douleur lente et température |
| Alpha (A α) | Ia | 15-120 | 15-120 | Myofibres extrafuséales |
| Gamma (A γ) | II | 2-10 | 10-45 | Myofibres intrafuséales |
| B | | < 3 | 3-15 | Fibres autonomes préganglionnaires |
| C | IV | 0,2-1 | 0,5-2 | Fibres autonomes postganglionnaires |

C | ANATOMIE FONCTIONNELLE

Le neurone est une unité morphologique et fonctionnelle, caractérisée par son excitabilité, sa conductibilité et sa trophicité. Stimulé, il traite les informations, conduit et transmet l'influx nerveux.

Chaque neurone possède une fonction spécifique et participe à un circuit nerveux formé de chaînes de neurones. Un neurone peut avoir 1 000 à 10 000 synap-

ses, et peut ainsi recevoir des informations de 1 000 à 10 000 autres neurones.

1 | Le transport axonal⁸ (fig. 3.6)

Pour assurer ses besoins, le neurone synthétise des enzymes et des molécules complexes près du noyau. Le

7. Gaine de myéline incluse si elle est présente.

8. Découvert par le neurobiologiste Paul Weiss en 1940.

renouvellement de ces composants impose un transport axonal permanent. Les vecteurs de ces transports sont des protéines motrices qui se déplacent grâce aux neurofibrilles et aux neurotubules.

Les molécules transportées sont contenues dans des vésicules.

Ce transport, lent ou rapide, se fait dans les deux sens : antérograde, du péricaryon vers les terminaisons axo-

niques, et rétrograde, des terminaisons axoniques vers le péricaryon.

a) Le transport lent (0,1 à 0,4 mm par jour)

Il est antérograde et concerne le flux en masse du cytoplasme, le mouvement des mitochondries et celui des composants utiles à la croissance et à la régénération de l'axone.

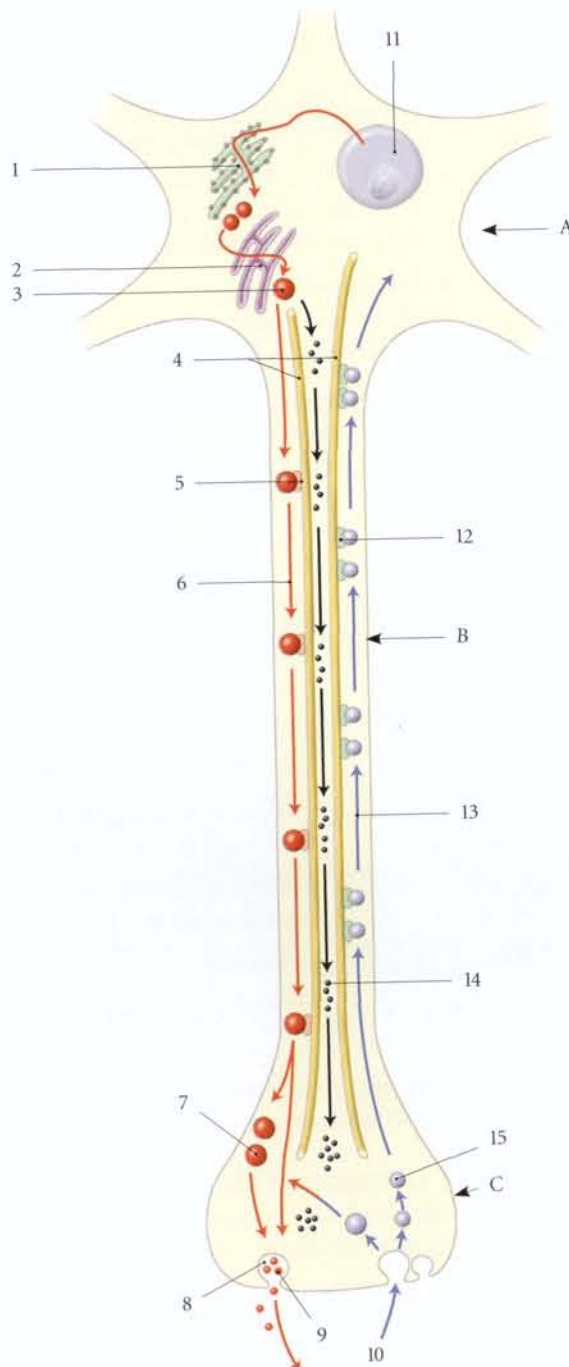


FIG. 3.6. Transport axonal

- A. péricaryon
- B. axone
- C. bulbe terminal
- 1. réticulum endoplasmique
- 2. complexe golgien
- 3. vésicule de transport
- 4. microtubule
- 5. kinésine
- 6. transport axonal antérograde
- 7. vésicule synaptique (stockage)
- 8. calice terminal
- 9. libération (exocytose)
- 10. absorption (endocytose)
- 11. noyau
- 12. dynésine
- 13. transport axonal rétrograde
- 14. enzymes
- 15. vésicule recyclée

b) Le transport rapide (20 à 400 mm par jour)

- Il est antérograde pour certaines organelles, les enzymes et les vésicules, dont le transport est assuré par une protéine motrice, la *kinésine*.
- Il est aussi rétrograde pour les vésicules périphériques recyclées, dont la protéine motrice est la *dynéine*.

Le transport rétrograde est aussi celui des virus et des toxines neurotropes.

2 | L'influx nerveux (fig. 3.7)

Les informations captées par le neurone sont transmises par l'influx nerveux sous forme d'un signal électrique ou potentiel d'action.

Ce potentiel d'action, qui se propage dans l'axone, du péricaryon vers la synapse, est la traduction du mouvement des ions à travers la membrane de l'axone. Au repos, les ions Na^+ sont plus concentrés à l'extérieur de l'axone, sur la membrane axonique, et les ions K^+ sont plus concentrés à l'intérieur de l'axone.

a) L'axone amyélinisé

Le stimulus déclenche un potentiel d'action constitué schématiquement d'une phase de dépolarisation suivie d'une phase de repolarisation de la membrane axonique :

- la phase de dépolarisation de la membrane de l'axone se traduit par l'ouverture des canaux ioniques Na^+ et l'afflux d'ions Na^+ à travers la membrane. Au niveau de ce segment A, le courant produit se propage passivement ;
- la phase de repolarisation débute lorsque la dépolarisation atteint un certain seuil par l'ouverture des canaux ioniques K^+ et la sortie des ions K^+ . Le segment A devenu réfractaire, le potentiel d'action se propage donc en aval, dans le segment B, où se déclenchent les deux phases précédentes.

Habituellement, la vitesse de propagation du potentiel d'action augmente avec le diamètre de l'axone.

Les axones de petit calibre nécessitent une dépolarisation plus forte pour atteindre le seuil du potentiel d'action. Ils sont donc plus sensibles à l'anesthésie locale, d'autant plus qu'ils véhiculent les influx nociceptifs.

b) L'axone myélinisé

La myéline assure l'isolement de l'axone comme un isolant électrique. Au niveau des nœuds neuro-fibril-

laires (de Ranvier) se localisent les canaux ioniques. C'est dans ces lieux d'interruption de la myéline que naît un potentiel d'action. Celui-ci se propage en sautant à grands pas, de nœud en nœud. C'est la *propagation saltatoire*.

La myéline augmente donc la vitesse de conduction du potentiel d'action. Ainsi, pour une même efficacité fonctionnelle, la gaine de myéline réduit le calibre des axones.

Ceci explique l'extraordinaire fonction de l'encéphale humain qui associe à un volume relativement réduit des myriades d'axones.

3 | La vie du neurone (fig. 3.8)

Chaque neurone est unique. Mature, il ne se divise pas et le patrimoine neuronal est déterminé très tôt dans la vie d'un individu. Le processus de sénescence caractérisé par la mort des neurones débute dès la 30^e année.

Chez les mammifères, le neurone ne peut se régénérer. La mort d'un neurone n'entraîne pas celle du neurone qui lui est fonctionnellement connecté, sauf si cette connexion est une synapse unique.

Par contre, les cellules gliales peuvent se diviser et permettre la régénération axonique.

Lors de la section ou l'écrasement d'un axone, la partie proximale se régénère habituellement. La partie distale présente une dégénérescence de sa gaine myélinique. C'est la *dégénérescence wallérienne*. Elle se traduit par la présence d'un noyau décentré et la disparition de la substance chromatophile (chromatolyse).

a) Dans le système nerveux périphérique, la régénération est vigoureuse et plus complète. Les macrophages qui envahissent la lésion éliminent les débris axoniques. Cette toilette achevée, les macrophages stimulent les neurolemmocytes, qui produisent les éléments indispensables à la croissance des axones.

La croissance de l'axone s'effectue à une vitesse de 0,5 à 3 mm par jour.

Lorsque le champ lésionnel est trop vaste, ou lorsque l'extrémité distale est trop éloignée ou absente (amputation), l'extrémité proximale se cicatrise en formant un nodule ou névrome.

b) Dans le système nerveux central, la capacité de régénérescence axonale est limitée et incomplète.

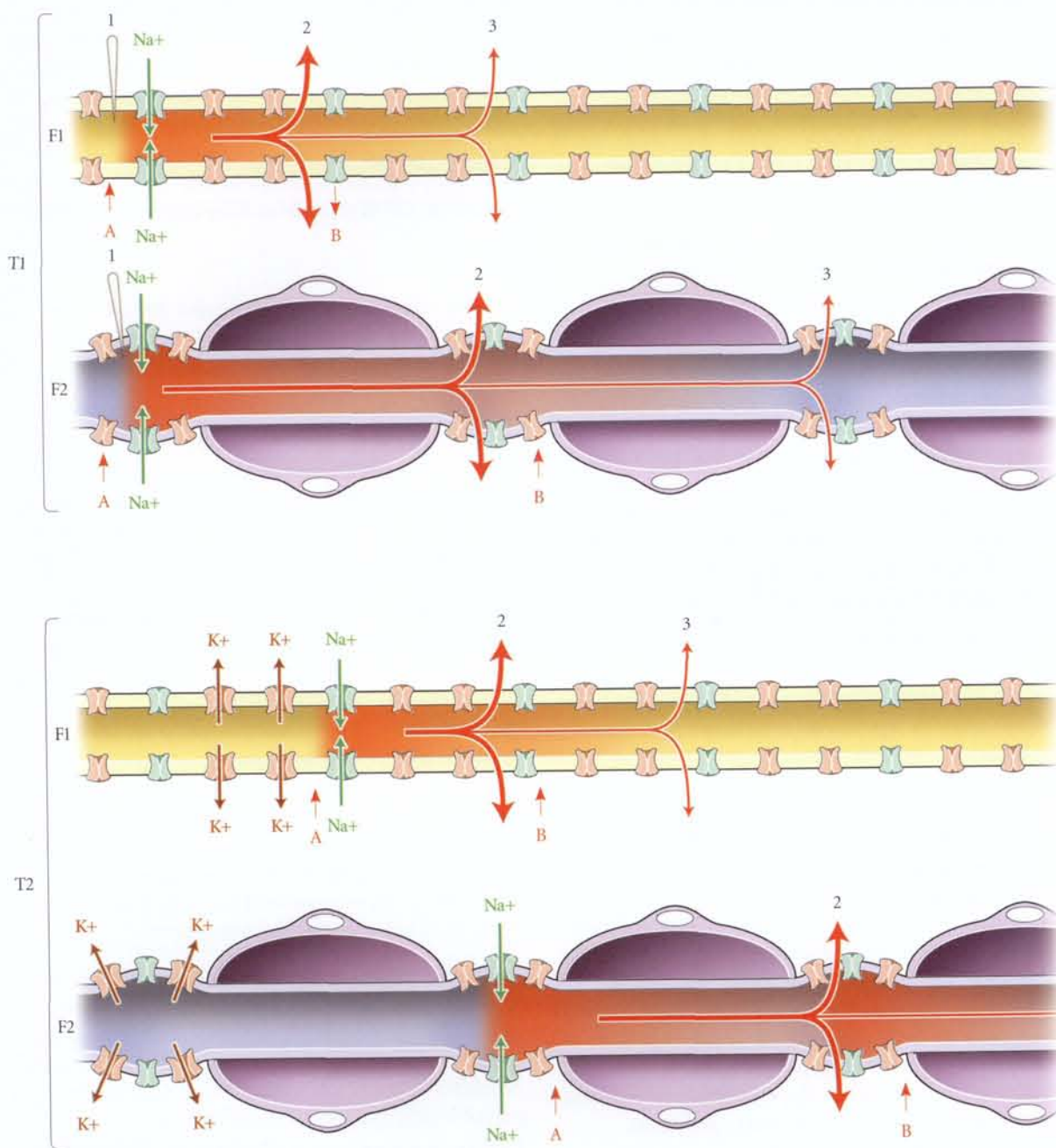


FIG. 3.7. Transmission de l'influx nerveux – Comparaison de la vitesse de conduction du potentiel d'action

A. siège de la 1^{re} production de courant
B. siège de la 2^e production de courant

F1 = axone amyélinisé
F2 = axone myélinisé
T1 = instant 1
T2 = instant 2

1. stimulation
2. courant de dépolarisation
3. extension passive du courant

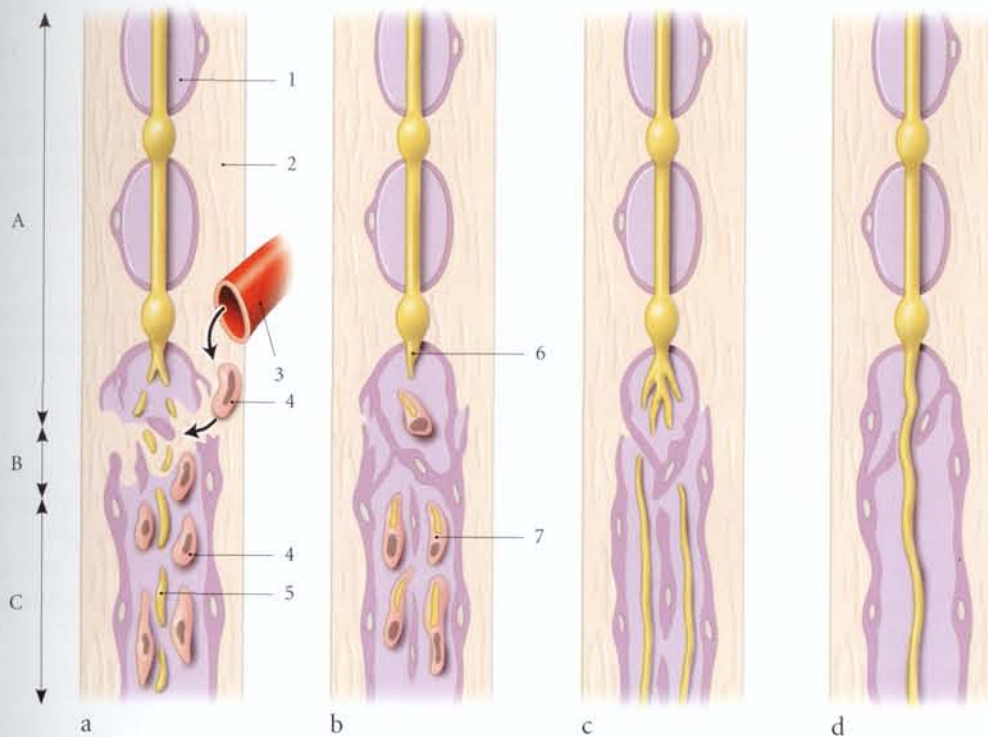


FIG. 3.8. Dégénérescence et reconstruction axonales

A. segment proximal
B. site de la lésion
C. segment distal

a. dégénérescence axonale
b. toilette (débris phagocytés)
c et d. reconstruction

1. neurolemmocyte
2. endonèvre
3. capillaire
4. macrophage

5. débris axonal
6. bourgeon axonal mitogène
7. débris axonal phagocyté par un macrophage

3.2 SYNAPSE

La synapse est une structure membraneuse de contact entre deux neurones (synapse interneuronale), ou un neurone avec un effecteur (synapse neuromusculaire, neuroglandulaire), ou un neurone avec un récepteur sensoriel (synapse neurosensorielle). La synapse est le siège de la diffusion des influx nerveux.

A | CLASSIFICATION

1 | Classification morphologique (fig. 3.9)

a) Les **synapses interneuronales**, les plus nombreuses, sont très variées. Selon leur site, on distingue les synapses

axo-dendritique, axo-somatique, axo-axonale, somato-dendritique, somato-somatique et dendro-dendritique.

b) La **synapse neuromusculaire** est localisée au niveau de la terminaison neuromusculaire.

c) La **synapse neuroglandulaire** est située au niveau des terminaisons neurosécrétoires.

d) La **synapse neurosensorielle** est localisée au niveau des terminaisons neuroépithéliales.

2 | Classification fonctionnelle

On distingue, selon le mode de transmission de l'excitation, trois types de synapses, chimique (ou vésiculaire), électrique (ou non vésiculaire) et mixte.

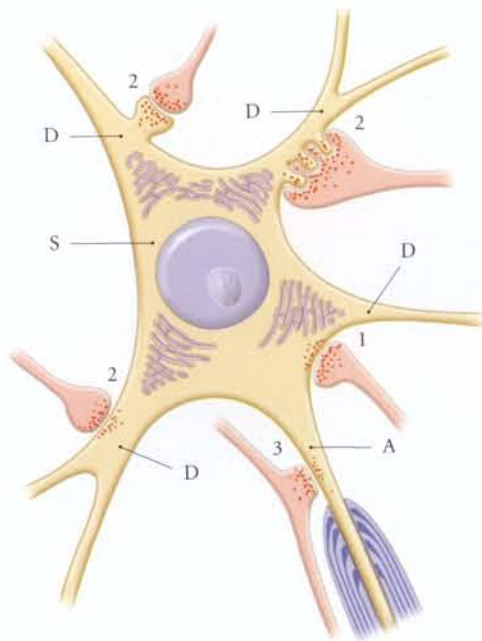


FIG. 3.9. Principales synapses

En rose : terminaisons axonales

- | | |
|---------------|----------------------------|
| A. axone | 1. synapse axo-somatique |
| D. dendrite | 2. synapse axo-dendritique |
| S. péricaryon | 3. synapse axo-axonale |

B | SYNAPSE CHIMIQUE (OU VÉSICULAIRE) (fig. 3.10)

La synapse chimique, la plus fréquente des synapses, transmet les influx nerveux par l'intermédiaire de neurotransmetteurs⁹ qui sont des messagers chimiques formés dans le péricaryon (fig. 3.11).

1 | Morphologie

La synapse chimique est constituée de deux parties, les parties présynaptique et postsynaptique, séparées par la fissure synaptique.

a) La partie présynaptique

Elle est située sur le *bulbe terminal*¹⁰ d'un axone. Sa surface de contact constitue la membrane présynaptique, qui est plane ou concave (synapse invaginée). Elle contient des mitochondries, un réticulum endoplasmique lisse, des neurofilaments, des neurotubules et des vésicules synaptiques denses et claires.

9. Syn. : neuromédiateurs.
10. Ancien. : bouton terminal.

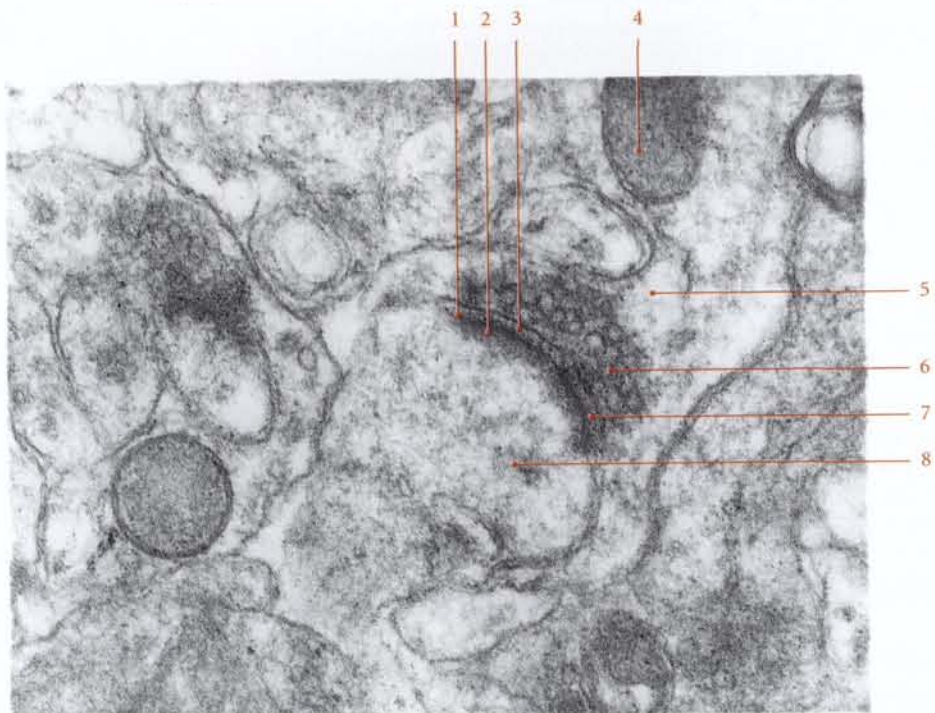


FIG. 3.10. Synapse chimique (ou vésiculaire) – Grossissement initial 33 000 (microphotographie électronique Pr. P. Levillain)

- | | |
|----------------------------|--|
| 1. membrane postsynaptique | 5. bulbe terminal de l'axone |
| 2. densité postsynaptique | 6. partie présynaptique et vésicules synaptiques |
| 3. membrane présynaptique | 7. fissure synaptique |
| 4. mitochondrie | 8. partie postsynaptique |

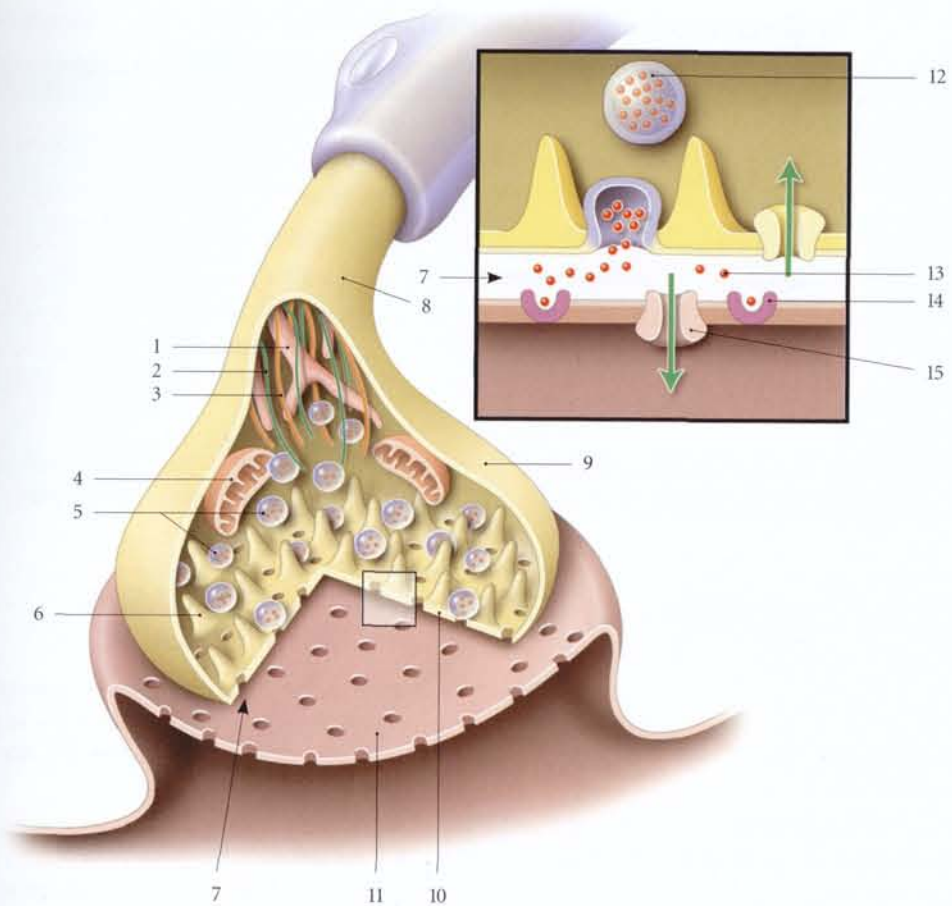


FIG. 3.11. Synapse chimique ou vésiculaire

1. réticulum endoplasmatique
2. microtubule
3. microfilament
4. mitochondrie
5. vésicule synaptique
6. densité présynaptique
7. fessure synaptique
8. axone

9. bulbe terminal
10. membrane présynaptique
11. membrane postsynaptique
12. calice terminal
13. neurotransmetteur
14. récepteurs
15. canaux ioniques

Les *vésicules synaptiques claires*, les plus abondantes, contiennent les neuromédiateurs non peptidiques. Les *vésicules synaptiques denses*, plus grosses, contiennent les neuropeptides.

L'accumulation des protéines du cytosol de la membrane présynaptique forme la *densité présynaptique*. Celle-ci présente des projections coniques qui délimitent des logettes pour les vésicules présynaptiques.

b) La partie postsynaptique

C'est un élément d'une dendrite, d'un axone ou d'un organe.

Elle est constituée d'une membrane *postsynaptique* doublée sur sa face profonde par une accumulation protéinique, la *densité postsynaptique*.

Elle contient les récepteurs des neuromédiateurs et les canaux ioniques.

c) La fessure synaptique

Cet espace est limité par les membranes présynaptique et postsynaptique à une épaisseur de 15 à 30 nm. L'adhérence des membranes est assurée par la glycoprotéine.

Selon l'épaisseur de la fessure synaptique, on distingue avec Gray deux types de synapses chimiques, le type I et le type II.

La synapse de type I a une fessure plus épaisse (30 nm) et une *densité postsynaptique* plus prononcée.

TABLEAU 3.2. PRINCIPAUX NEUROTRANSMETTEURS¹¹

| Acides aminés | Amînes | Peptides |
|---------------------------------------|---------------------|--|
| Acide γ -aminobutyrique (GABA) | Acétylcholine (ACh) | Endomorphine |
| Glutamate (Glu) | Dopamine (DA) | Dynorphine |
| Glycine (Gly) | Adrénaline | Enképhaline (Enk) |
| Aspartate (asp) | Histamine | Cholécystokinine (CCK) |
| Oxyde nitrique | Noradrénaline (NA) | N-acétylaspartyl-glutamate (NAAG) |
| | Sérotinine (5-HT) | Neuropeptide γ |
| | | Somatostatine |
| | | Substance P |
| | | Neurokinine |
| | | Hormone thyroïdienne |
| | | Polypeptide intestinal vasoactif (VIP) |

2 | Anatomie fonctionnelle

a) Les neurotransmetteurs (tableau 3.2)

Les précurseurs des neurotransmetteurs (propeptides), synthétisés par le noyau du péricaryon, subissent diverses adaptations dans le réticulum endoplasmique, puis dans le complexe golgien.

Les vésicules remplies de neurotransmetteurs, par transport axonique rapide, sont stockées dans le bulbe terminal.

b) L'exocytose

Les vésicules synaptiques, stockées et en fin de migration, fusionnent avec la membrane présynaptique. Lorsqu'un potentiel d'action axonal arrive au bulbe terminal, la dépolarisation de la membrane présynaptique provoque l'exocytose.

Cette étape consiste en l'ouverture d'une vésicule formant un *calice terminal* qui libère son contenu.

Ses neurotransmetteurs se fixent sur les récepteurs spécifiques enchâssés dans la densité postsynaptique. Cela provoque presque immédiatement l'ouverture des canaux ioniques qui génèrent des potentiels d'action excitateurs ou inhibiteurs.

L'exocytose est rapide.

c) L'endocytose

Lorsque le neurotransmetteur est dans l'espace synaptique, la vésicule synaptique est de nouveau incorporée au bulbe terminal, en insérant d'autres neurotransmetteurs. C'est l'endocytose.

Cette vésicule recyclée est de nouveau disponible.

C | SYNAPSE ÉLECTRIQUE (OU NON VÉSICULAIRE)

Elle est plus commune chez les invertébrés. Chez les vertébrés, elle est fréquente dans le tissu nerveux embryonnaire, au niveau du cœur, des muscles lisses et de la rétine (fig. 3.12).

1 | Morphologie

La synapse électrique est caractérisée par l'absence de vésicule et de fissure synaptique. Elle constitue un contact direct des membranes pré- et postsynaptiques.

Les synapses électriques sont situées particulièrement au niveau des *jonctions communicantes* ou *nexus*¹².

2 | Anatomie fonctionnelle

La résistance électrique entre les membranes synaptiques permet le passage rapide des impulsions électriques. Leur transmission peut se faire dans les deux sens.

Le potentiel d'action d'une cellule influence donc directement le potentiel d'une autre cellule sans l'intervention d'un neurotransmetteur.

Les ions passent par des canaux intercellulaires.

D | SYNAPSE MIXTE

La synapse mixte associe sur le même site des synapses chimiques et électriques. Elle est observée au niveau du

11. Durant ces dernières années, de nombreuses molécules présentant des critères de neurotransmetteurs ont été découvertes.

12. Anglais : *gap junction*.

vestibule membraneux et des noyaux mésencéphaliques.

E | PLASTICITÉ SYNAPTIQUE

Le cerveau possède un complexe de synapse excitatrices ou inhibitrices découvert par J.-C. Eccles et ses collaborateurs (prix Nobel 1963).

À la base de l'origine de cette plasticité se trouvent des réactions moléculaires complexes.

L'établissement des synapses n'est pas figé chez l'adulte. Chaque individu possède un réseau synaptique propre qui dépend de son « vécu ».

Cette organisation peut se modifier sous l'effet des influx sensoriels.

La plasticité synaptique est le substrat de la mémoire.

En présence de lésions locales, une synaptogénèse réactionnelle peut pallier le déficit lésionnel.

Il existe schématiquement trois formes de plasticité synaptiques, la sensibilisation synaptique, la potentiation à long terme (LTP¹³) et la dépression à long terme (LTD¹⁴).

13. Anglais : long term potentiation.

14. Anglais : long term depression.

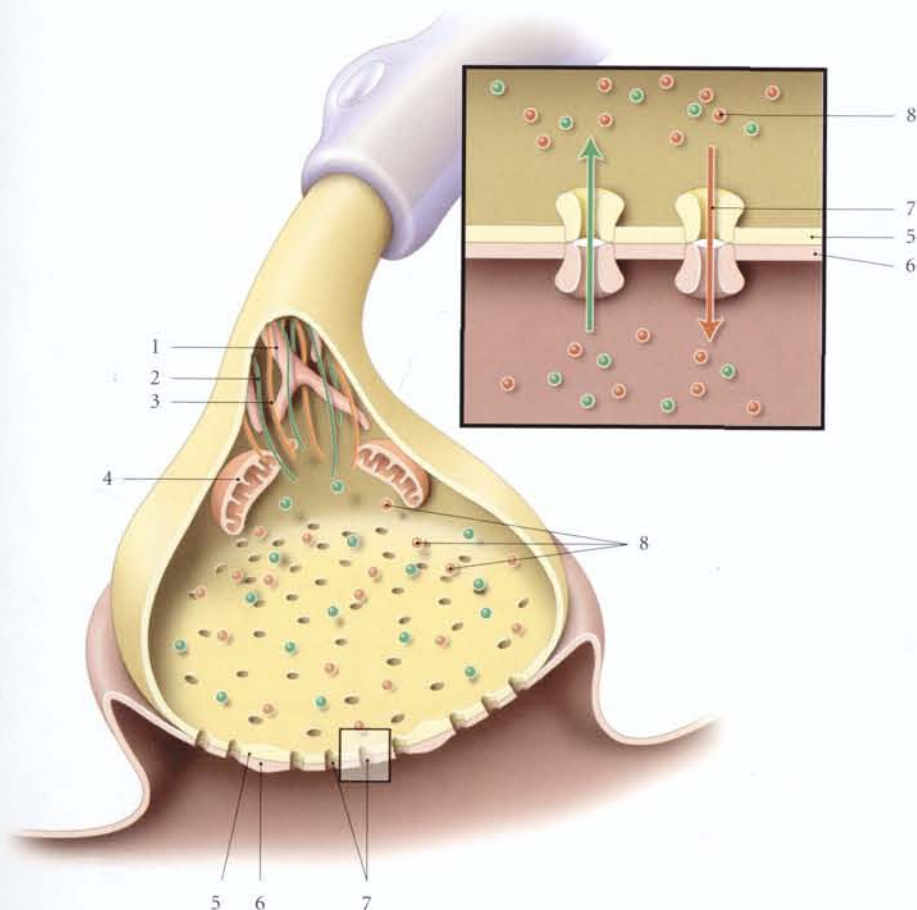


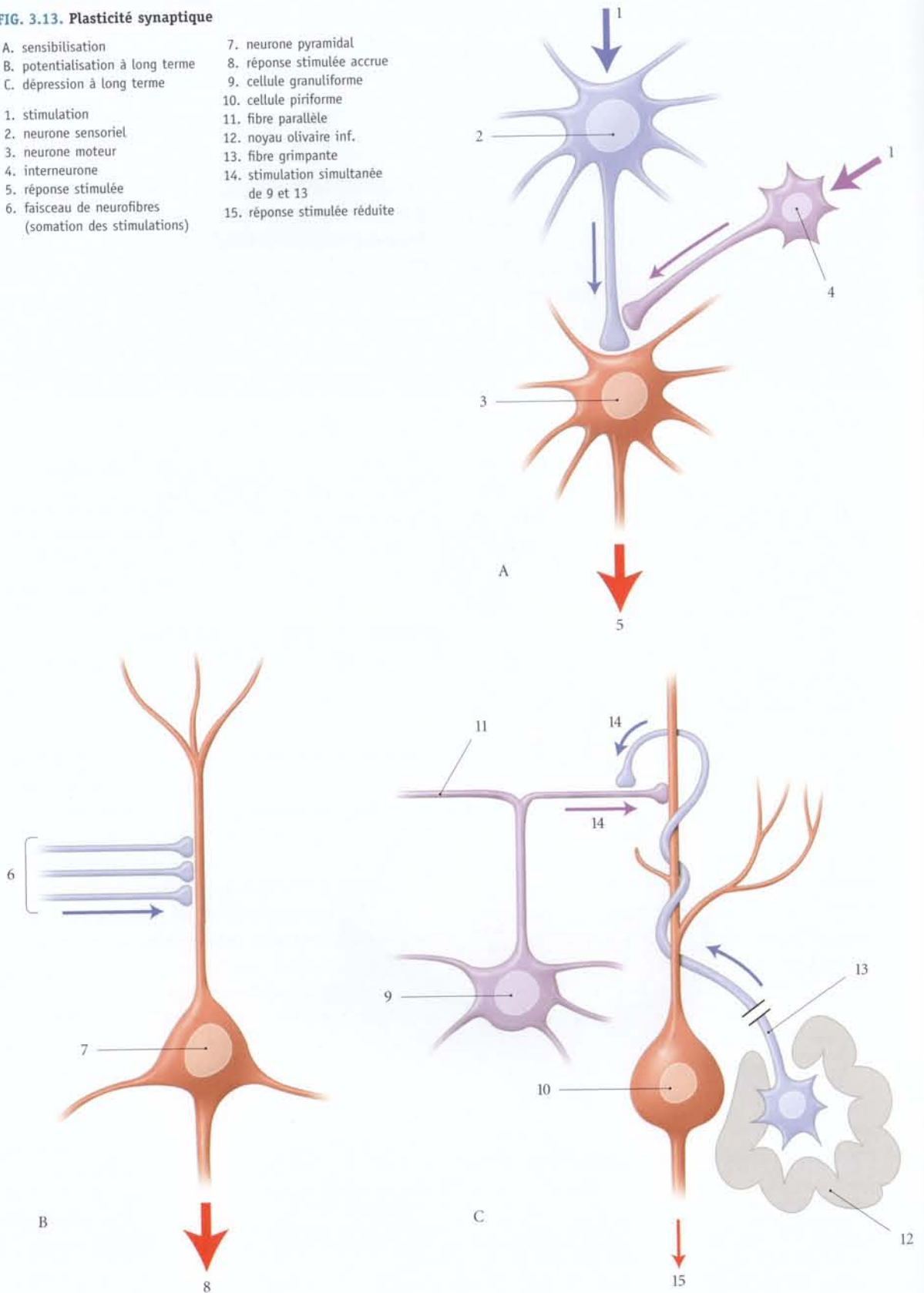
FIG. 3.12. Synapse électrique (ou non vésiculaire)

1. réticulum endoplasmique
2. microtubule
3. microfilament
4. mitochondrie

5. membrane présynaptique
6. membrane postsynaptique
7. canaux ioniques intercellulaires
8. ions

FIG. 3.13. Plasticité synaptique

- | | |
|---|---------------------------------------|
| A. sensibilisation | 7. neurone pyramidal |
| B. potentialisation à long terme | 8. réponse stimulée accrue |
| C. dépression à long terme | 9. cellule granulaire |
| 1. stimulation | 10. cellule piriforme |
| 2. neurone sensoriel | 11. fibre parallèle |
| 3. neurone moteur | 12. noyau olivaire inf. |
| 4. interneurone | 13. fibre grimpante |
| 5. réponse stimulée | 14. stimulation simultanée de 9 et 13 |
| 6. faisceau de neurofibres (sommation des stimulations) | 15. réponse stimulée réduite |



1 | La sensibilisation synaptique (fig. 3.13)

Découverte chez un mollusque marin, l'aplysie, elle met en jeu trois neurones :

- un neurone sensoriel activé ;
- un interneurone qui stimule le neurone sensoriel activé. Son neuromédiateur est la sérotonine ou un peptide ;
- un neurone moteur qui répond à l'effet conjugué de la stimulation sensorielle et de celle de l'interneurone. L'efficacité de la synapse entre le neurone sensoriel et le neurone moteur est augmentée de façon durable. La réponse de ce réflexe stimulé permet l'adaptation du sujet aux conditions de l'environnement.

2 | La potentialisation à long terme

Découverte dans l'hippocampe, elle met en jeu deux types de neurones :

- un neurone pyramidal du cortex cérébral qui fait synapse avec un faisceau de neurofibres dont le neuromédiateur est le glutamate ;
- un faisceau de neurofibres provenant de plusieurs neurones identiques qui stimulent le neurone pyramidal.

La réponse de ce réflexe est une hausse durable de l'efficacité de la cellule pyramidale.

La potentialisation à long terme paraît jouer un rôle dans les processus mnémoniques et de mémorisation spatiale.

3 | La dépression à long terme

Découverte dans le cervelet, elle met en jeu trois types de neurones :

- une cellule piriforme (de Purkinje) ;
- une cellule granuliforme dont les fibres parallèles ont pour neuromédiateur le glutamate ;
- une neurofibre grimpante provenant du neurone du noyau olivaire inférieur, qui libère un neurone médiateur inconnu.

La cellule piriforme fait synapse avec une cellule granuliforme et une neurofibre grimpante. Lorsque ces deux types de neurofibres sont stimulés simultanément, l'efficacité entre la fibre parallèle et la cellule piriforme diminue.

La dépression à long terme jouerait un rôle clé dans l'apprentissage moteur (mémoire procédurale).

3.3 NEUROGLIE

La neuroglie est le tissu interstitiel liant et entourant les neurones. Elle est constituée essentiellement de cellules, les *gliocytes* (fig. 3.14).

Le réseau plexiforme constitué par les axones, les dendrites et les processus des gliocytes forme la charpente de la substance grise ou *neuropile*¹⁵.

Les gliocytes ou cellules gliales sont dix fois plus nombreuses que les neurones. Leur rôle est indispensable au maintien de l'environnement biochimique des neurones. Leur rôle est fondamental dans le fonctionnement de l'encéphale.

Le déclic des recherches concernant les gliocytes repose sur l'examen du cerveau d'Albert Einstein par Marian Diamond. Cette scientifique de l'université de Berkeley ne constata rien d'anormal concernant la taille ou le nombre des neurones. Par contre, dans le cerveau associatif, responsable du traitement cognitif le plus élaboré, elle découvrit une concentration étonnante de cellules gliales.

A | LES GLIOCYTES CENTRAUX

Propres au système nerveux central, ils comprennent les épendymocytes, les astrocytes¹⁶, les oligodendrocytes et la microglie.

Les gliocytes centraux et les neurones forment une structure dense, compacte, en raison de la ténuité des espaces extracellulaires, dont l'épaisseur ne dépasse pas 20 nm. Ces espaces représentent moins de 5 % du tissu nerveux et contiennent les vaisseaux.

Les espaces extracellulaires de l'encéphale peuvent être le siège d'un œdème cérébral local ou généralisé, qui se développe à la suite d'un obstacle à la circulation sanguine. Outre le trouble métabolique cérébral, l'augmentation de l'œdème cérébral peut entraîner un engagement du mésencéphale dans l'incisure tentorielle.

Les gliocytes se divisent en deux groupes, les gliocytes centraux et les gliocytes périphériques.

15. Ou neuropileme.

16. Les astrocytes et les oligodendrocytes forment la macroglie.

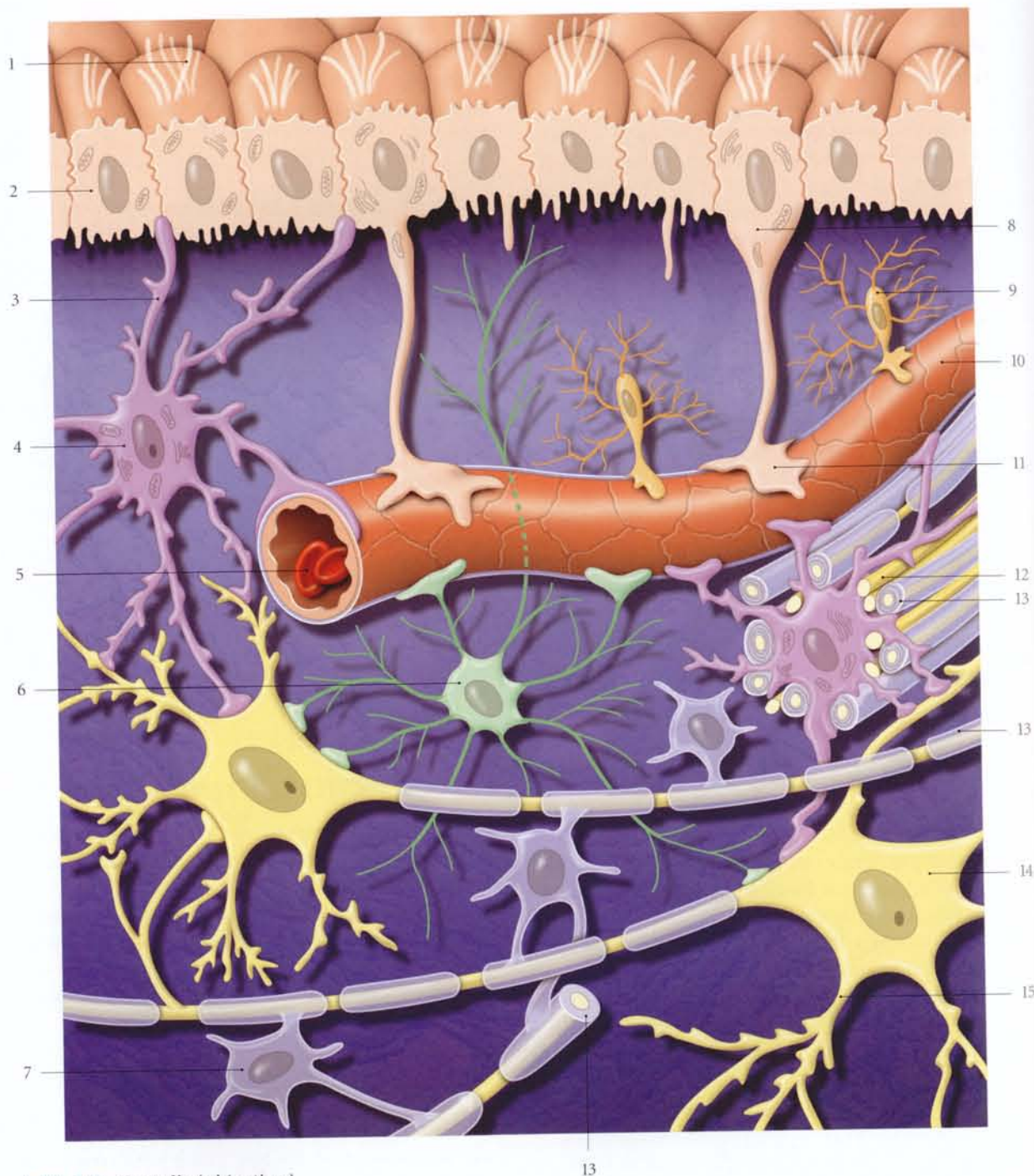


FIG. 3.14. Neuroglie (schématique)

1. microvillosités
2. épendymocytes cubiques ou cylindriques
3. processus pial
4. astrocyte protoplasmique
5. globule rouge

6. astrocyte fibreux
7. oligodendrocyte
8. épendymocytes enrubannés (tanocytes)
9. microglie
10. capillaire

11. processus vasculaire
12. neurofibres
13. gaine de myéline
14. neurocyte
15. dendrite

1 | Les cellules de l'épendyme

a) Les épendymocytes (fig. 3.15)

Ils revêtent les ventricules encéphaliques, les plexus choroïdes et le canal central de la moelle spinale.

Ce sont des cellules pavimenteuses formant une couche monocellulaire sans basale.

Leur surface libre est recouverte de cils et de microvillosités qui baignent dans le liquide cérébro-spinal.

Les épendymocytes sont pourvus de gros noyaux riches en organelles. On distingue trois types qui varient selon les régions : les épendymocytes cylindriques, cubiques et enrubannés.

- Les *épendymocytes cylindriques* sont nombreux, situés dans les ventricules encéphaliques et le canal central.
- Les *épendymocytes cubiques* sont fréquents dans les plexus choroïdes.
- Les *épendymocytes enrubannés* ou *tanocytes* sont pourvus de processus vasculaires qui se fixent sur les vaisseaux. Ils sont nombreux au niveau du 3^e ventricule.

b) Les cellules supra-épendymaires

Ce terme englobe l'ensemble des cellules recouvrant l'épendyme. Elles comprennent :

- les macrophages supra-épendymaires¹⁷ ;
- les cellules neurogliales épendymaires. Leur axone et dendrites supra-épendymaires assurent des synapses vésiculaires avec les épendymocytes. Leur rôle n'est pas encore éclairci.

c) Les gliocytes subépendymaires

Ils forment une couche mince subépendymaire dans certaines régions tels les *organes circumventriculaires*. Ce sont de petites cellules étoilées dont les fibres myélinisées ou amyélinisées, pourvues de bulbes terminaux, passent entre les épendymocytes pour atteindre le liquide cérébro-spinal. Elles assurent probablement la transmission des informations physico-chimiques du liquide cérébro-spinal.

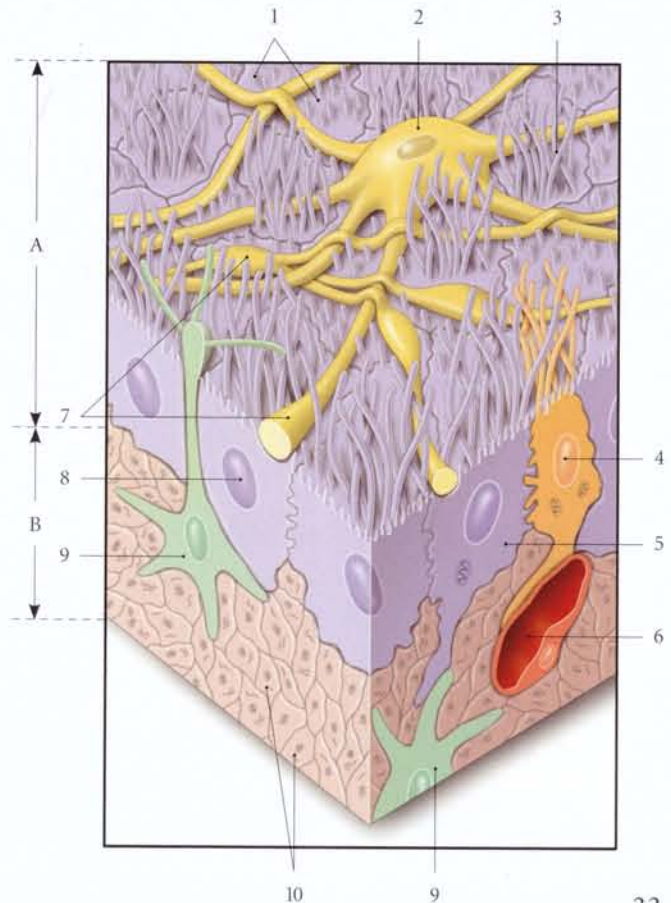
2 | Les astrocytes (fig. 3.16)

Ce sont de grandes cellules stellaires pourvues de nombreux prolongements ou processus : les processus vasculaires adhèrent aux vaisseaux et les processus piaux, à la pie-mère.

17. Ancien : cellules de Kolmer.

FIG. 3.15. Cellules de l'épendyme : vue endocavitaire et coupe perpendiculaire de l'épendyme (d'après Krstić)

- A. cavité encéphalique et liquide cérébro-spinal
B. tissu nerveux
1. microvillosités
 2. cellule supra-épendymaire (ou neurogliale épendymaire)
 3. cils
 4. épendymocyte enrubanné (ou tanocyte)
 5. épendymocyte cylindrique
 6. vaisseau
 7. prolongement des cellules supra-épendymaires
 8. épendymocyte cubique
 9. gliocyte subépendymaire
 10. processus gliaux



Les astrocytes transportent les substances nutritives des capillaires sanguins jusqu'aux cellules nerveuses. Ils maintiennent autour du neurone les conditions ioniques optimales nécessaires à l'émission des potentiels d'action.

Ils contrôlent la composition du liquide extracellulaire. Les astrocytes ont la faculté de proliférer dans le cerveau adulte.

Ils sont de deux types, protoplasmique et fibreux.

a) L'astrocyte protoplasmique présente des processus épais, qui prolongent le cytoplasme. Ils sont situés principalement dans la substance grise autour des corps des neurones.

b) L'astrocyte fibreux a des processus moins nombreux, plus fins et longs. Ces processus servent aussi de sup-

port aux tractus de neurofibres. Les astrocytes fibreux sont situés principalement dans la substance blanche.

3 | Les oligodendrocytes (fig. 3.17)

Ce sont des cellules soit isolées et périvasculaires, soit situées dans la substance blanche et satellites des neurones.

Les oligodendrocytes sont des cellules à cytoplasme réduit, pourvues de processus myélinopoiétiques qui peuvent déposer de la myéline sur trois douzaines d'axones environ. Ce processus, large et aplati, présente des épaississements cytoplasmiques, l'un, périphérique, les autres, linéaires, parallèles à l'axone. Ces derniers donnent, après enroulement du processus myélinopoiétique autour de l'axone, des saillies oblongues, les *processus linguiformes*.

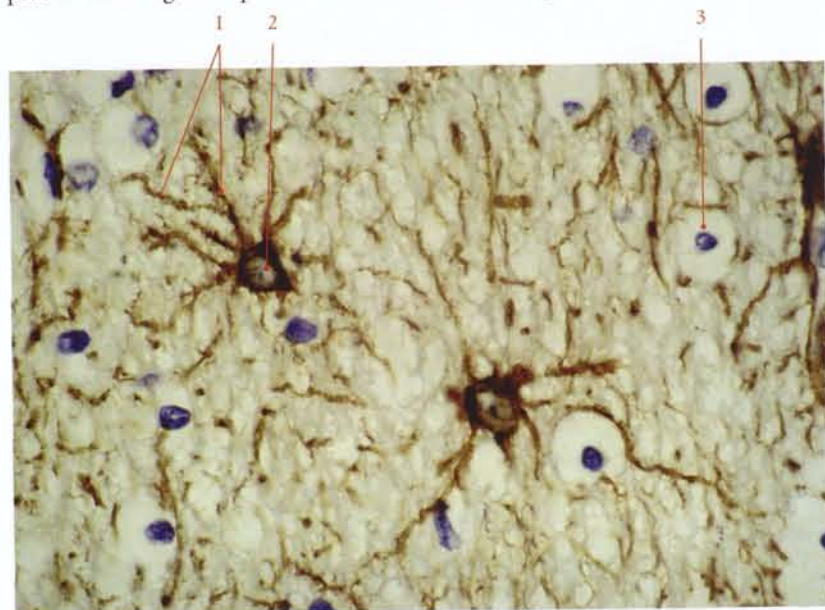


FIG. 3.16. Substance blanche – Immuno-histochimie : protéine glio-fibrillaire acide – Grossissement initial 100
(microphotographie Pr. P. Levillain)

1. processus astrocytaires
2. astrocytes fibreux
3. microglie

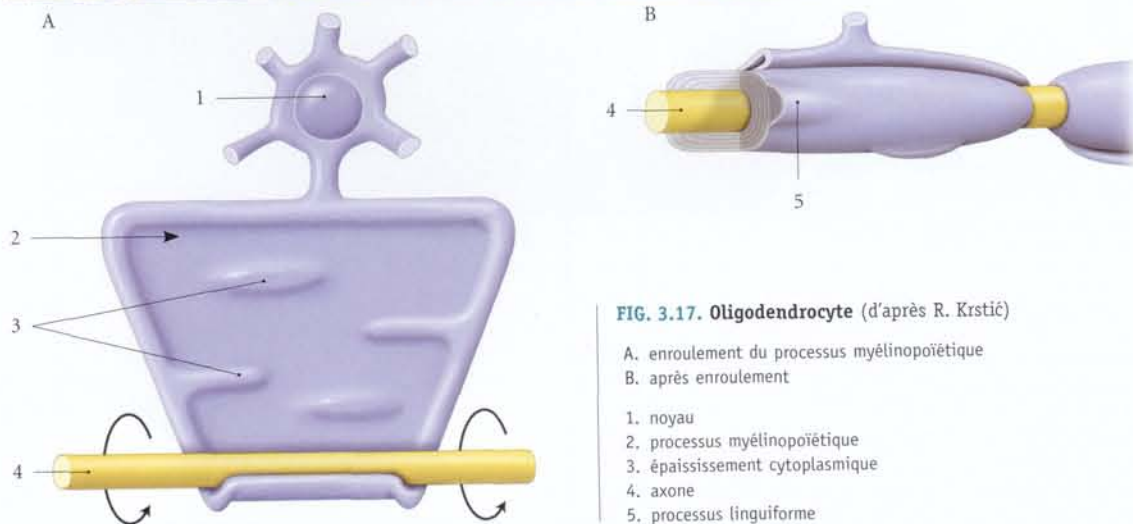


FIG. 3.17. Oligodendrocyte (d'après R. Krstić)

- A. enroulement du processus myélinopoiétique
- B. après enroulement
1. noyau
2. processus myélinopoiétique
3. épaississement cytoplasmique
4. axone
5. processus linguiforme

4 | Les microgliocytes (fig. 3.18)

Ils sont éparpillés dans la substance blanche et représentent environ 1 % des cellules du système nerveux central.

Ils sont concentrés autour des vaisseaux.

Ce sont de petites cellules mobiles à processus moyens. Ils fonctionnent comme les macrophages et phagocytent le tissu nerveux endommagé ou détruit.

Si un tiers des tumeurs cérébrales sont des métastases, les autres tumeurs sont soit d'origine gliale (glioblastomes multiformes), soit d'origine épendymaire (épendymomes), soit d'origine méningée (méningiomes).

B | LES GLIOCYTES PÉRIPHÉRIQUES

Propres au système nerveux périphérique, ils comprennent les gliocytes ganglionnaires, les neurolemmocytes et les gliocytes terminaux.

1 | Les gliocytes ganglionnaires¹⁸

Ces cellules plates, riches en organelles, entourent le corps des neurones ganglionnaires. Elles sont recouvertes par une lame basale et quelques fibrocytes.

2 | Les neurolemmocytes (ou cellules de Schwann)

Ils forment la gaine cellulaire des axones des nerfs périphériques.

a) Les neurofibres amyélinisées (fig. 3.19 et 3.20)

Les axones (2 à 20) sont en périphérie et les neurolemmocytes sont situés au centre.

b) Les neurofibres myélinisées (fig. 3.21 et 3.22)

Chaque axone est entouré de neurolemmocytes.

Chaque neurolemmocyte est une cellule plate, avec un noyau périphérique. Il présente des *épaississements cytoplasmiques*, l'un, périphérique et les autres centro-linéaires et perpendiculaires à l'axone.

L'enroulement d'un neurolemmocyte autour de l'axone forme des couches concentriques. Le neurone reste lié à la *lame basale* du neurolemmocyte par le *mésaxone*. Après l'enroulement de cette cellule (fig. 3.23 et 3.24) :

- les épaississements cytoplasmiques des bords cellulaires forment les digitations sacculaires du *gant lamellaire terminal* ;
- les épaississements centro-linéaires constituent dans la gaine de myéline les *incisures myéliniques*¹⁹.

Entre deux neurolemmocytes, l'axone présente une dilatation, le *nœud neurofibrillaire* (nœud de Ranvier), qui est protégé par les gants lamellaires terminaux.

3 | Les gliocytes terminaux²⁰ (fig. 3.25)

Ils recouvrent les terminaisons nerveuses au niveau des récepteurs et des synapses.

Les atteintes tumorales des gliocytes périphériques sont dénommées schwannomes ou neurinomes.

18. Ancien. : cellules satellites.

19. Ancien. : incisure de Schmidt-Lanterman.

20. Ancien. : cellules télogiales.

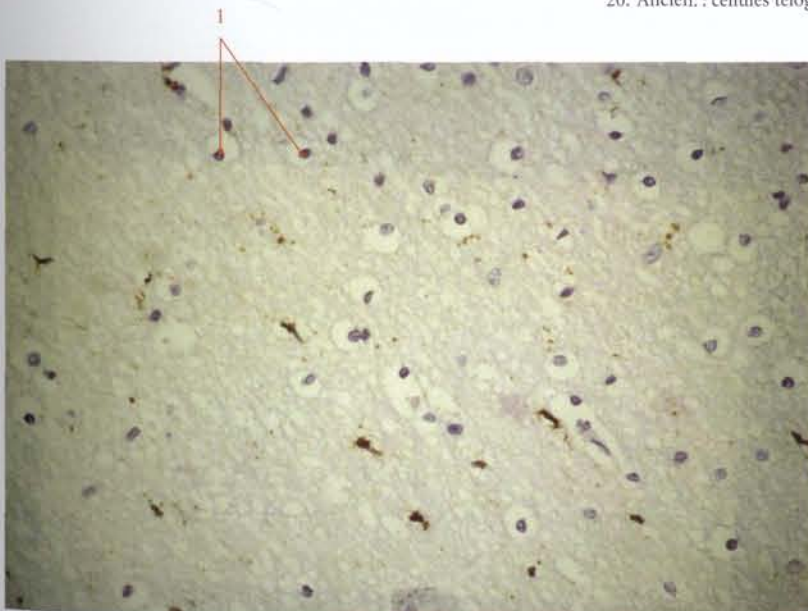


FIG. 3.18. Substance blanche – Réaction PAS – Objectif 20
(microphotographie Pr. P. Levillain)

1. microgliocytes

FIG. 3.19. Nerf périphérique – Axone amyélinisé –
Grossissement initial 12 000
 (microphotographie Pr. P. Levillain)

1. noyau du neurolemmocyte (cellule de Schwann)
2. gaine de myéline
3. axone

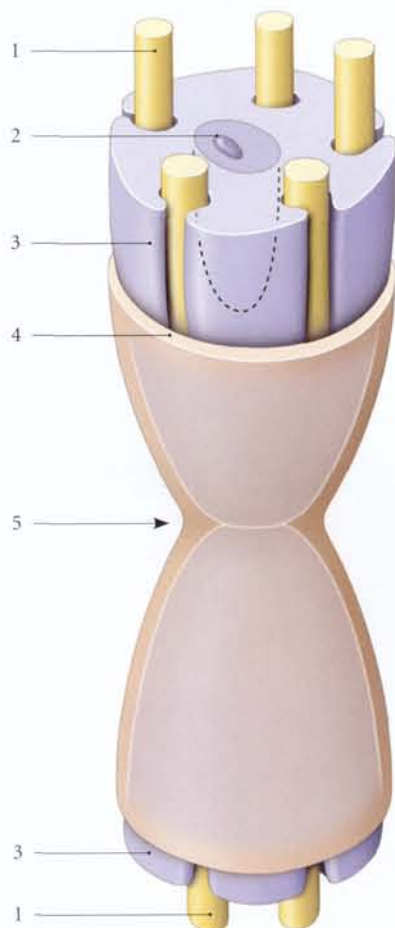
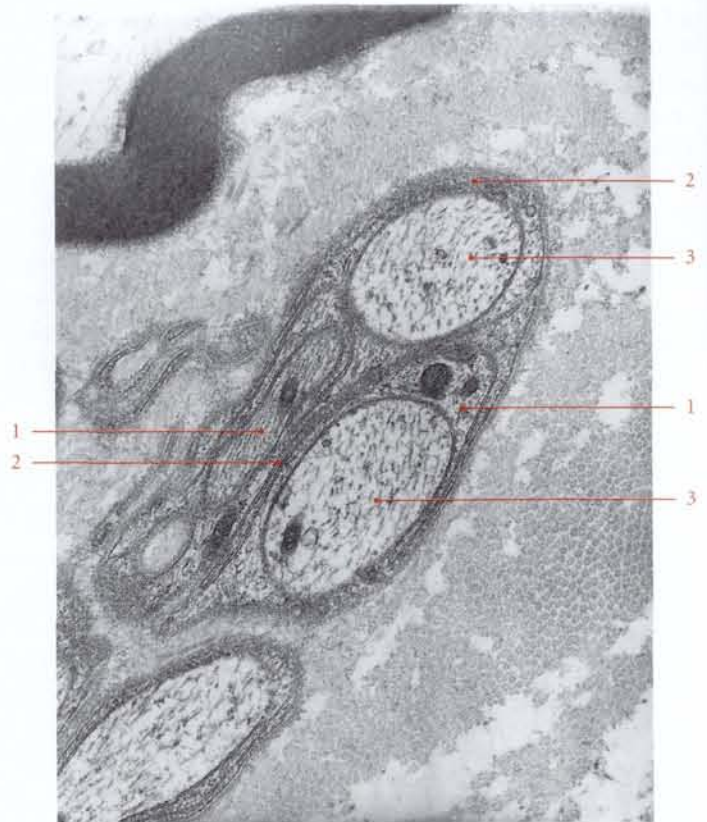


FIG. 3.20. Neurofibre amyélinisée

1. axone
2. noyau
3. neurolemmocyte
4. lame basale
5. nœud neurofibrillaire

FIG. 3.21. Nerf périphérique – Axone myélinisé –
Grossissement initial 12 000
 (microphotographie Pr. P. Levillain)

1. axone
2. gaine de myéline
3. noyau du neurolemmocyte (cellule de Schwann)
4. processus myélopoïétiques

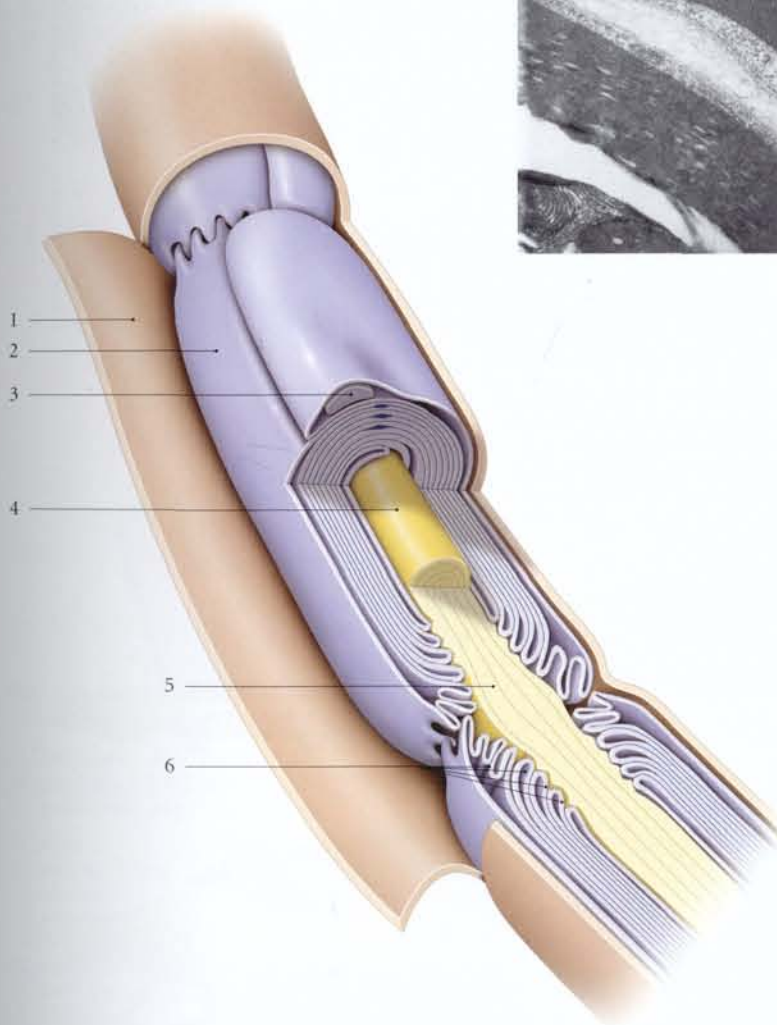


FIG. 3.22. Neurofibre myélinisée

1. lame basale
2. neurolemmocyte
3. noyau
4. axone
5. nœud neurofibrillaire (de Ranvier)
6. gant lamellaire terminal

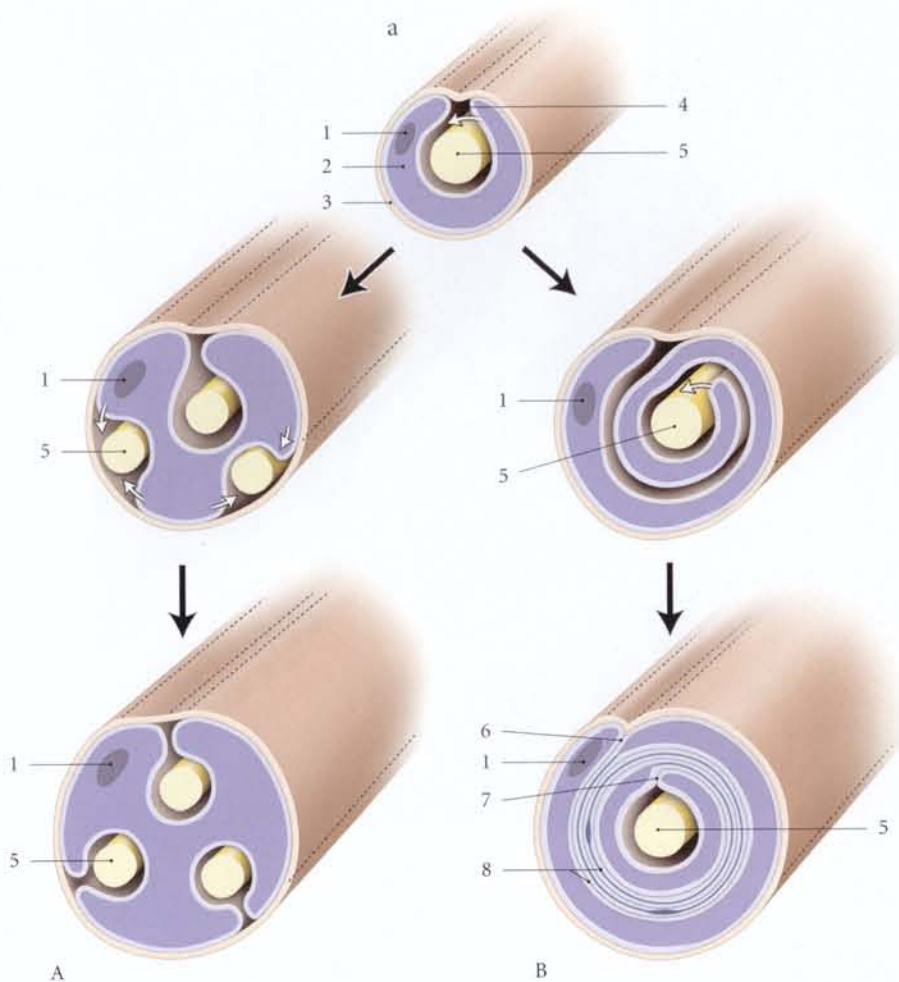


FIG. 3.23. Développement d'un neurolemmocyte (myélinisation)

Les flèches indiquent le sens de l'enroulement cytoplasmique

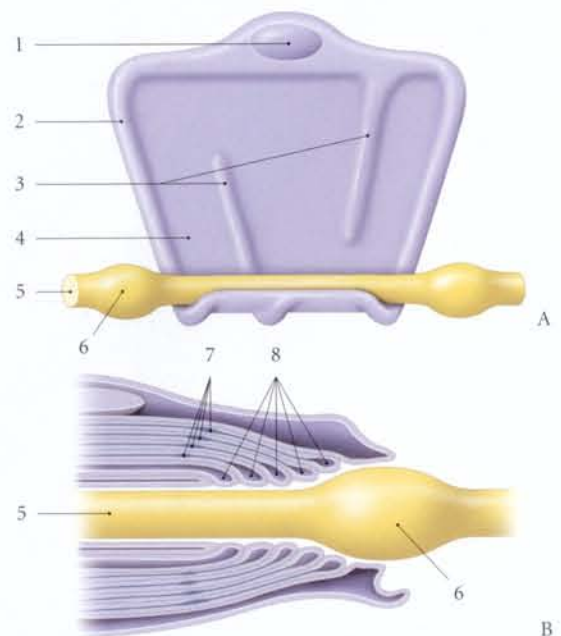
A. axones non myélinisés
B. axone myélinisé
a. stade initial

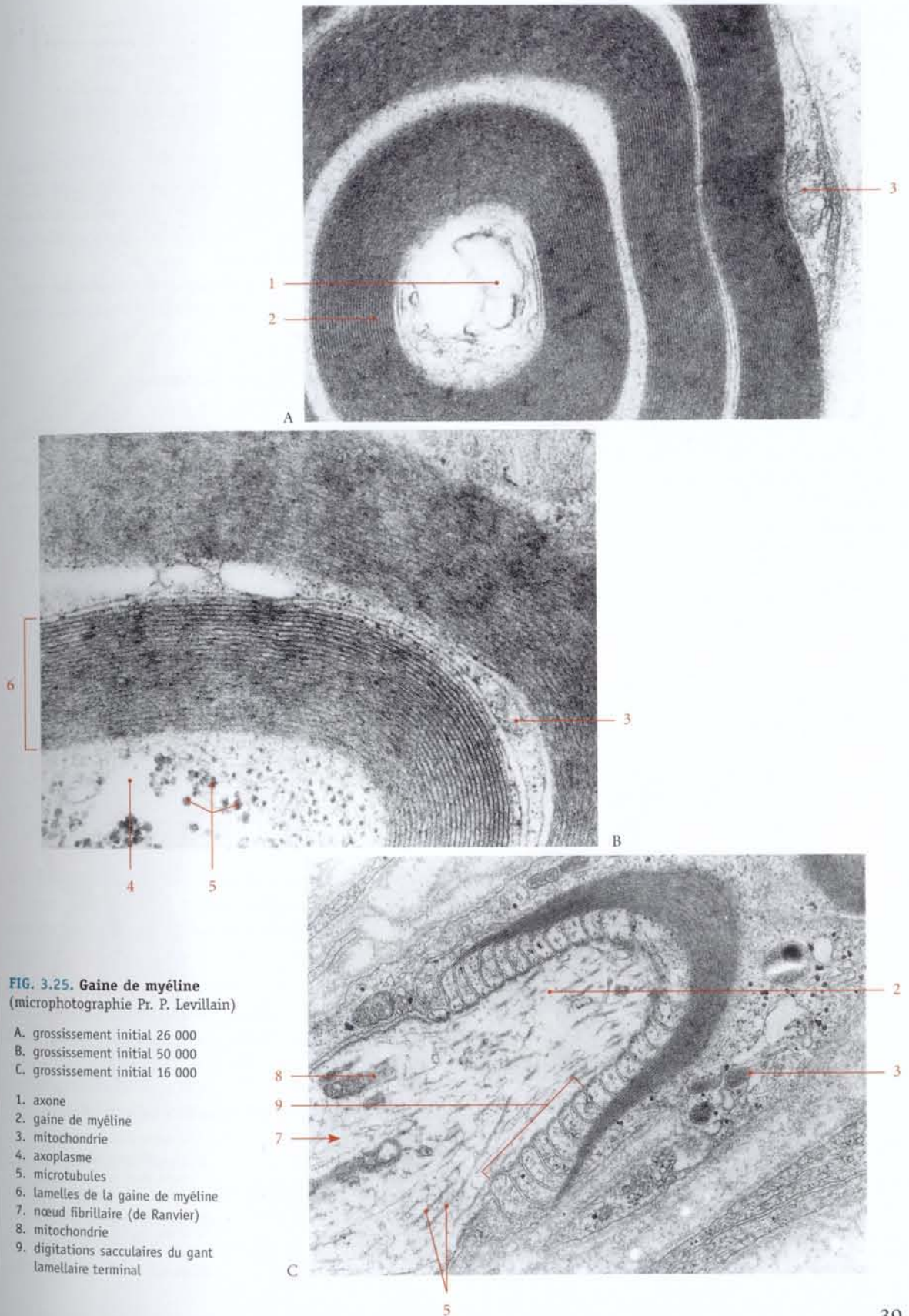
1. noyau
2. cytoplasme
3. lame basale
4. mésaxone
5. axone
6. mésaxone externe
7. mésaxone interne
8. lignes denses majeures et mineures

FIG. 3.24. Neurolemmocyte

A. enroulement
B. après enroulement : extrémité de l'enroulement (coupe longitudinale)

1. noyau
2. épaissement cytoplasmique périphérique
3. épaissements cytoplasmiques centro-linéaires
4. neurolemmocyte
5. axone
6. nœud neurofibrillaire
7. incisure myélinique
8. gant lamellaire terminal





3.4 TERMINAISONS NERVEUSES

Les terminaisons nerveuses sont des structures situées à l'extrémité d'un axone.

On distingue les récepteurs et les effecteurs.

A | RÉCEPTEURS

Les récepteurs sont activés par des stimulations périphériques qu'ils transforment en messages véhiculés par des neurofibres afférentes du système nerveux central. On distingue :

- les extérocepteurs, situés à la surface du corps ;
- les intérocepteurs, situés à l'intérieur du corps (barorécepteurs, chémorécepteurs, mécanorécepteurs, thermorécepteurs...) ;
- les propriocepteurs, localisés dans les organes de posture et du mouvement ;
- les télorécepteurs, stimulés à distance (œil, oreille, olfaction).

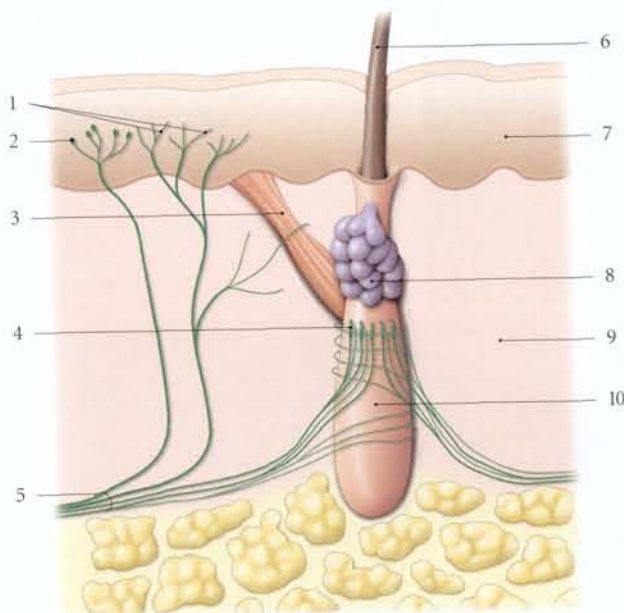


FIG. 3.26. Quelques terminaisons nerveuses cutanées *in situ*

- | | |
|---|-----------------------|
| 1. terminaisons libres | 6. tige du poil |
| 2. épithéliocyte tactile | 7. épiderme |
| 3. m. arrecteur du poil | 8. glande sébacée |
| 4. terminaison nerveuse du follicule pileux | 9. derme |
| 5. plexus dermique | 10. follicule du poil |

1 | Les terminaisons nerveuses libres (fig. 3.26)

Ce sont des ramifications sensorielles amyélinisées sans structure spécialisée. Elles sont situées dans la peau, les tissus conjonctif et musculaire, dans de nombreux organes (intestin, cornée...) et dans la gaine épithéliale externe de la racine du poil.

Elles sont entourées d'épithéliocytes. Ce sont des nocicepteurs qui réagissent à différentes stimulations douloureuses.

2 | Les terminaisons nerveuses des follicules pileux (fig. 3.27)

Ce sont des structures myélinisées de forme lancéolée. Chacune est constituée du bulbe terminal de l'axone, pris en sandwich entre deux gliocytes terminaux. Elles sont situées longitudinalement dans la gaine conjonctive de certains poils (génitaux, moustaches, vibrisses...).

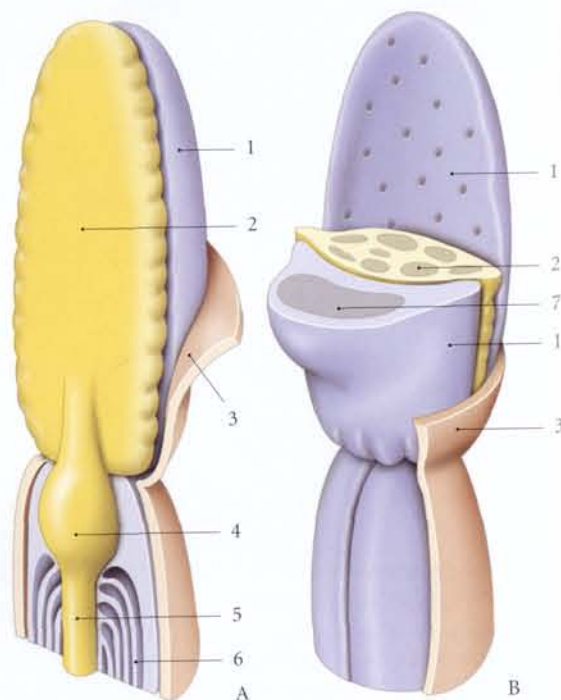


FIG. 3.27. Terminaisons nerveuses d'un follicule pileux (d'après R. Krstić)

- | | |
|---|--------------------------|
| A. ablation d'un gliocyte terminal et coupe du neurolemmocyte | 1. gliocyte terminal |
| B. coupe transversale du bulbe terminal et d'un gliocyte terminal | 2. bulbe terminal |
| | 3. membrane basale |
| | 4. nœud neurofibrillaire |
| | 5. axone |
| | 6. neurolemmocyte |
| | 7. noyau |

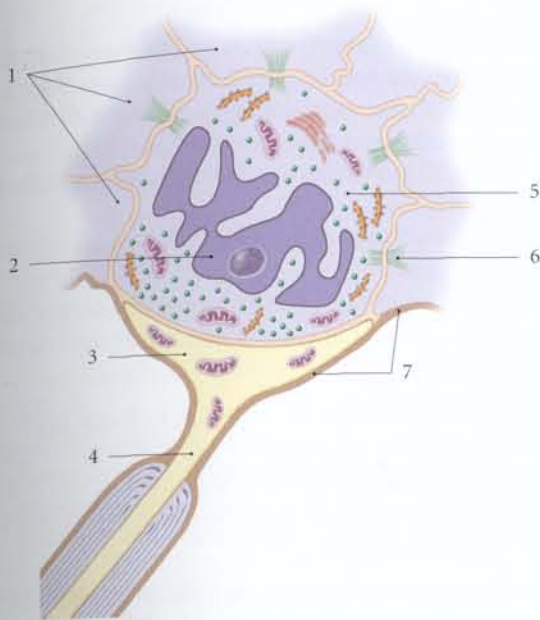


FIG. 3.28. Épithéliocyte tactile

- | | |
|--------------------------|------------------------------------|
| 1. cellules épidermiques | 5. épithéliocyte tactile |
| 2. noyau | 6. macula adhérente (ou dermosome) |
| 3. bulbe terminal | 7. membrane basale |
| 4. axone | |

3 | L'épithéliocyte tactile²¹ (fig. 3.28)

Il est situé dans la couche basale de l'épiderme de la peau glabre. Il est solidaire d'une neurofibre myélinisée. C'est une cellule arrondie ou elliptique à noyau lobulé pourvu de petits processus cytoplasmiques et des maculas adhérentes ou desmosomes, qui la solidarissent aux cellules adjacentes.

Il serait un récepteur potentiel.

4 | Les corpuscules nerveux encapsulés

Ce sont des renflements terminaux d'un axone. Ils sont entourés d'une capsule conjonctive, prolongement de la périnèvre.

a) **Le corpuscule tactile ovoïde²²** est situé dans les papilles dermiques, surtout au niveau des coussinets tactiles, des lèvres, des paupières et de la peau génitale. Il est constitué de cellules tactiles séparées par des processus lamellaires issus de la capsule. Cette capsule est unie à l'épiderme par des fibrilles collagènes (fig. 3.29). C'est un mécanorécepteur associé à une neurofibre myélinisée.

b) **Le corpuscule tactile aplati²³** est situé dans le derme des doigts et de la plante des pieds, la capsule articulaire, le corps ciliaire, la dure-mère et les vaisseaux. Son diamètre est de 0,5 à 1,5 mm.

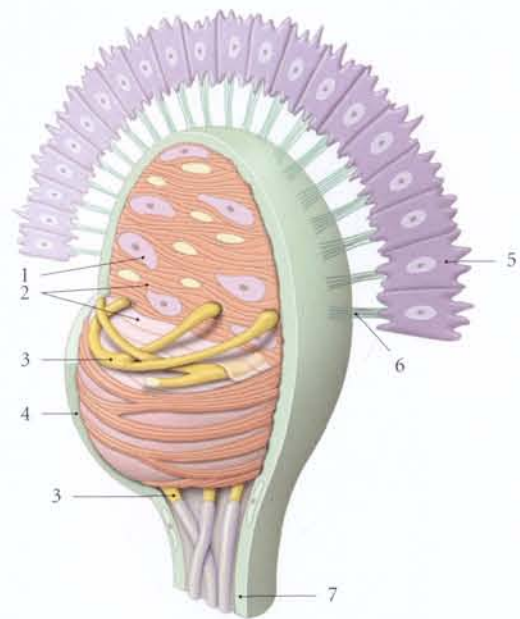


FIG. 3.29. Corpuscule tactile ovoïde dans une papille dermique (coupe chanfreinée)

- | | |
|--------------------|--------------------------------|
| 1. cellule tactile | 5. couche basale de l'épiderme |
| 2. lamelles | 6. fibres conjonctives |
| 3. axone | 7. périnèvre |
| 4. capsule | |

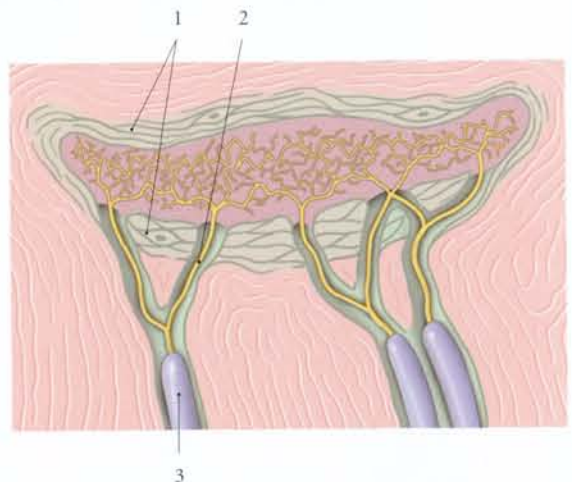


FIG. 3.30. Corpuscule tactile aplati

- | | | |
|------------|----------|-------------------|
| 1. capsule | 2. axone | 3. neurolemmocyte |
|------------|----------|-------------------|

Il est constitué d'une ramescence dense de plusieurs neurofibres et d'une capsule conjonctive (fig. 3.30). C'est un mécanorécepteur et un thermorécepteur (chaleur).

21. Ancien : cellule, disque ou ménisque de Merkel.

22. Ancien : corpuscule de Meissner, de Wagner.

23. Ancien : corpuscule de Ruffini.

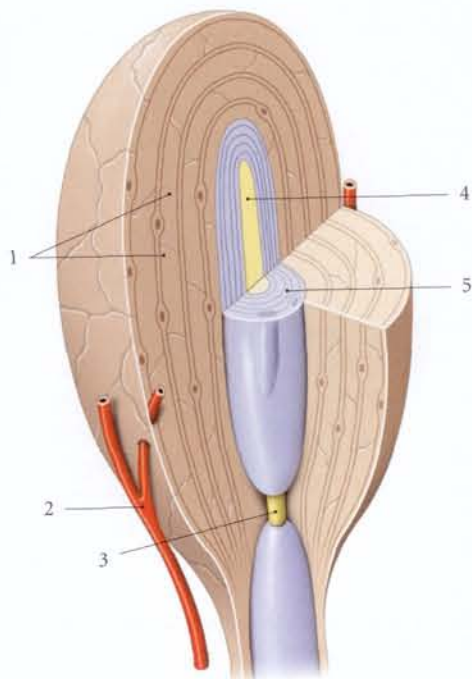


FIG. 3.31. Corpuscule lamelleux (coupe chanfreinée)

- | | |
|------------------|--------------------------------------|
| 1. bulbe externe | 4. bulbe terminal |
| 2. capillaire | 5. bulbe interne (gliocyte terminal) |
| 3. axone | |

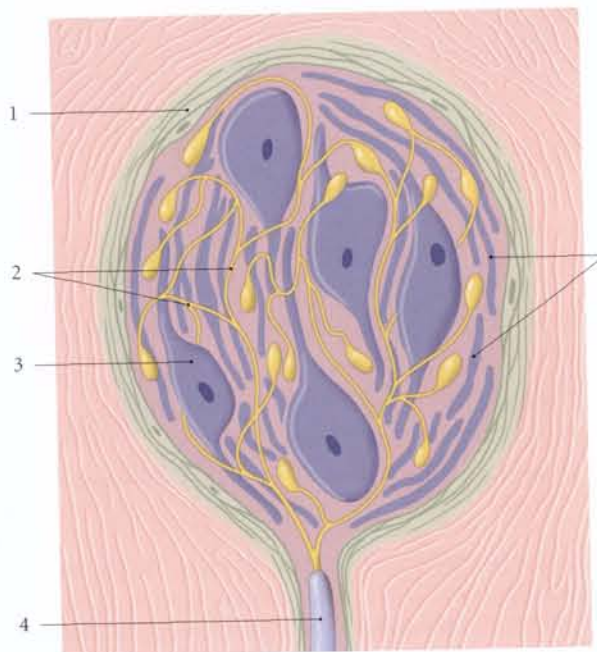


FIG. 3.32. Corpuscule bulboïde

- | | |
|-----------------------|-------------------------------------|
| 1. capsule | 4. fibres myélinisées |
| 2. axones amyélinisés | 5. lamelles des gliocytes terminaux |
| 3. gliocyte terminal | |

c) **Le corpuscule lamelleux**²⁴ est localisé dans le derme, la cornée et sous les muqueuses, dans le cœur, le pancréas, le péritoine et près des gros vaisseaux. C'est un mécanorécepteur sensible aux pressions.

Il est ovale et formé de deux couches, les bulbes externe et interne :

- le bulbe externe est formé de lamelles concentriques de fibroblastes ;
- le bulbe interne est constitué des enveloppes du neurolemmocyte entourant l'extrémité de l'axone (fig. 3.31).

d) **Le corpuscule bulboïde**²⁵, ovale, est formé de divisions de l'extrémité d'un axone qui sont situées entre les lamelles des gliocytes terminaux. Il est localisé sous l'épiderme, dans les conjonctives, l'épiglotte, la cavité orale (fig. 3.32).

e) **Le corpuscule lingual** est un petit corpuscule bulboïde localisé dans la muqueuse linguale. C'est un récepteur du froid (fig. 3.33).

24. Ancien. : corpuscule de Vater-Pacini.

25. Ancien. : corpuscule de Krause, Golgi-Mazzoni.

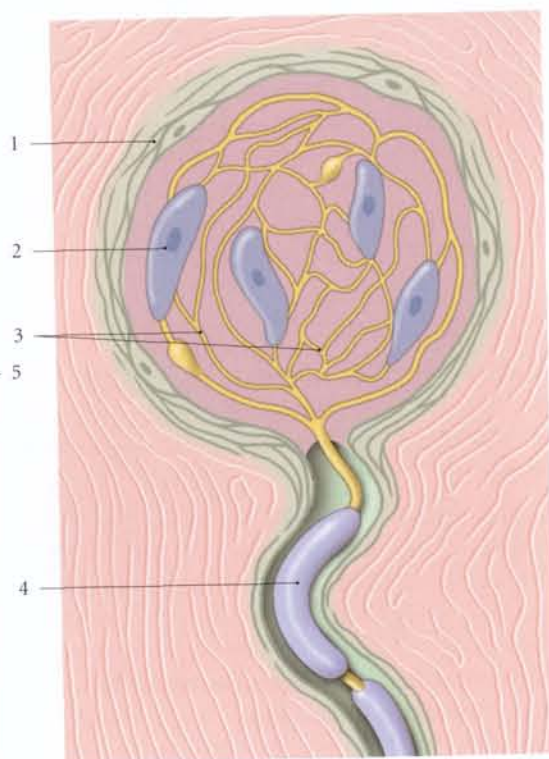


FIG. 3.33. Corpuscule lingual

- | | |
|----------------------|------------------------|
| 1. capsule | 3. fibres amyélinisées |
| 2. gliocyte terminal | 4. axone |

f) Le **corpuscule génital**²⁶ est un petit corpuscule arrondi semblable au corpuscule bulboïde. Il est localisé dans les organes génitaux externes, la papille et l'aréole du sein. C'est un récepteur sensible à la stimulation tactile (pression légère) (fig. 3.34).

5 | Le fuseau neurotendineux²⁷

C'est une structure fusiforme située à la jonction des fibres musculaires et tendineuses d'un muscle squelettique. Il est constitué :

- d'une capsule conjonctive, prolongement de la périnèvre ;
- de fibrilles tendineuses ;
- d'une ou plusieurs neurofibres myélinisées sensibles qui perforent la capsule. Leurs ramifications amyélinisées se terminent en vésicules sur les fibrilles.

Les lésions diverses affectant les récepteurs neuromusculaires et neurotendineux, les myofibrilles et le tissu conjonctif environnant, sont regroupées sous le terme de myopathies. Elles sont caractérisées par des troubles moteurs et sensitifs progressifs entraînant une fonte musculaire.

B | EFFECTEURS

Les effecteurs sont des cellules ou des organes déclencheurs d'une action spécifique sous l'effet d'une stimulation nerveuse véhiculée par des neurofibres efférentes du système nerveux central. La réponse de l'effecteur est soit une contraction (muscle), soit une sécrétion (glande), soit une décharge électrique.

Les structures destinées aux effecteurs sont situées au niveau des terminaisons nerveuses.

1 | La terminaison neurosensorielle

C'est une synapse chimique mettant en contact un bulbe terminal et une cellule neurosensorielle.

2 | La terminaison neurosécrétoire (fig. 3.35)

C'est une synapse chimique mettant en contact un bulbe terminal et une cellule endocrine, ou une cellule exocrine, ou un adipocyte.

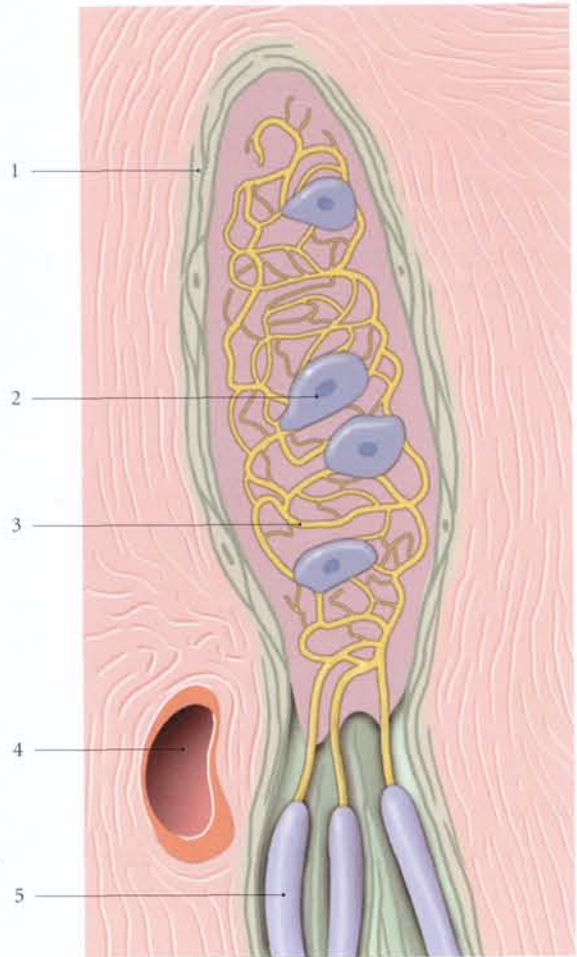


FIG. 3.34. Corpuscule génital

1. capsule
2. gliocyte terminal
3. fibres amyélinisées
4. capillaire
5. fibres myélinisées

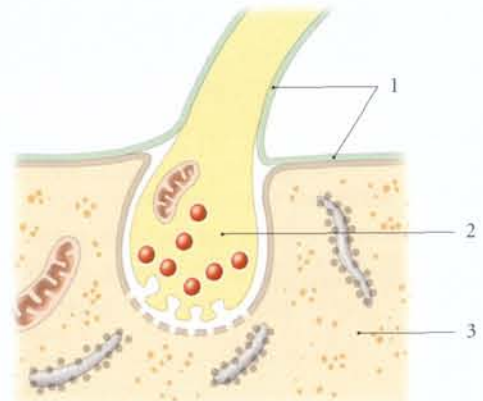


FIG. 3.35. Terminaison neurosécrétoire

1. lame basale
2. bulbe terminal
3. tissu glandulaire

26. Ancien. : corpuscule de Dogiel.

27. Ancien. : organe tendineux de Golgi.

3 | La terminaison neuromusculaire²⁸

(fig. 3.36)

Terminaison des neurofibres motrices alpha, elle est extrafuséale et au contact d'une myofibre squelettique. La neurofibre perd sa gaine de myéline et donne une structure ovale de 40 à 50 µm recouverte de gliocytes terminaux.

Les branches terminales de l'axone reposent sur des plis de la membrane postsynaptique.

La membrane basale de l'axone qui recouvre les gliocytes terminaux se continue avec celle de la myofibre.

C | FUSEAU NEUROMUSCULAIRE (fig. 3.37)

C'est un *récepteur* proprioceptif, mais aussi un *effecteur* par ses neurofibres motrices.

Il est situé entre les fibres musculaires striées.

28. Ancien : plaque motrice.

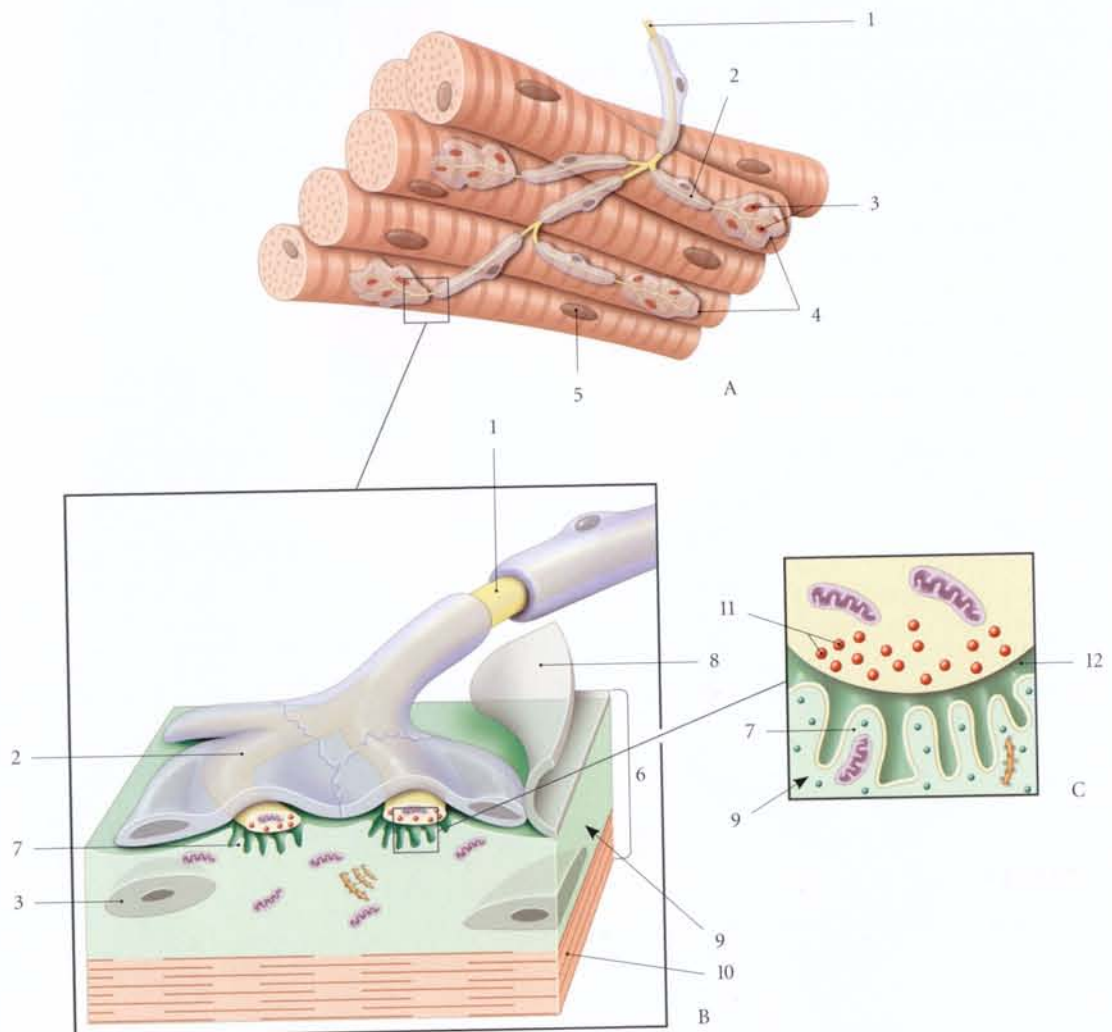


FIG. 3.36. Terminaison neuromusculaire

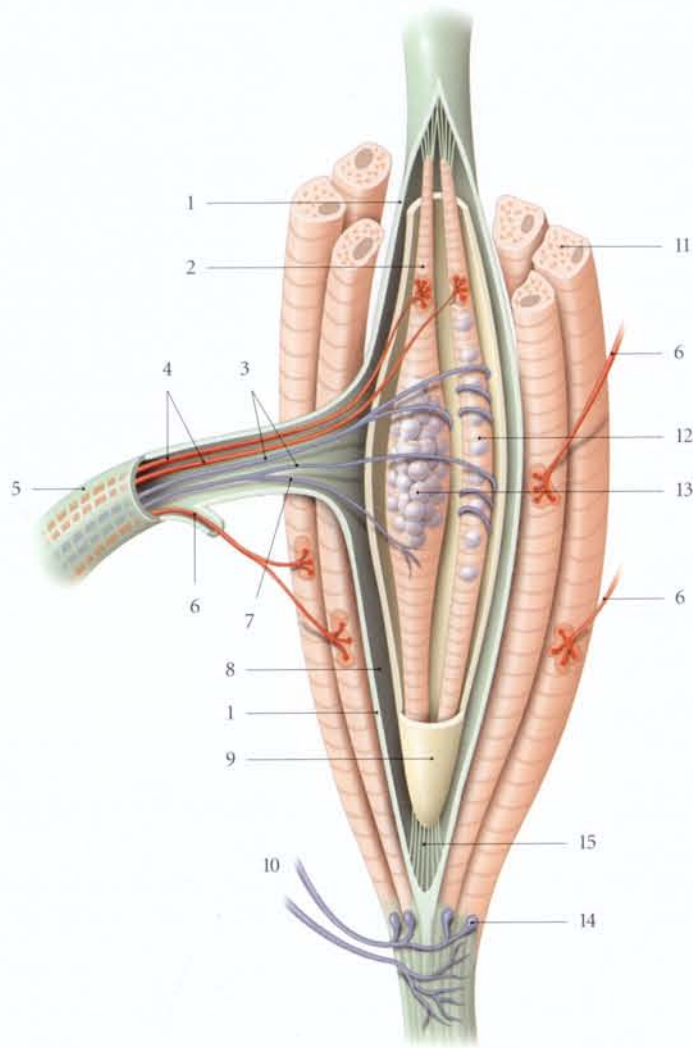
A. terminaison d'une neurofibre motrice
B. terminaison neuromusculaire (détail)
C. synapse neuromusculaire

1. axone moteur
2. neurolemmocyte terminal
3. noyau de la terminaison neuromusculaire
4. terminaison neuromusculaire
5. noyau de la myofibre
6. myofibre

7. pli de la membrane postsynaptique
8. lame basale
9. sarcolemme
10. sarcomère
11. vésicules synaptiques
12. espace synaptique

FIG. 3.37. Fuseaux neuromusculaire et neurotendineux

1. capsule externe
2. myocyte intrafuséale
3. neurofibres à terminaison annulo-spirale
4. neurofibres motrices γ
5. périnèvre
6. neurofibre motrice α
7. neurofibre à terminaison rameuse
8. espace intracapsulaire
9. capsule interne
10. neurofibres tendineuses
11. myofibre extrasfuséale
12. myocyte à chaîne nucléaire
13. myocyte à bourse nucléaire
14. fuseau neurotendineux
15. vinculum des myocytes nucléaires



Il est formé de myocytes entourés d'une capsule et innervés par des neurofibres intrafuséales sensibles et motrices.

1 | La capsule du fuseau neuromusculaire

Elle est formée de deux lames, externe et interne, séparées par l'espace intracapsulaire.

a) **La lame externe** est une couche conjonctive extensible, prolongement de la périnèvre. Elle est fixée au périnévium des myofibres adjacentes.

b) **La lame interne** est une couche de fibrocytes aplatis.

2 | Les myocytes intrafuséaux

Ils sont unis à la lame interne de la capsule par les *vincula* des myocytes nucléaires.

Ils sont de deux types selon la disposition des noyaux.

a) **Les myocytes à bourse nucléaire**, les plus nombreux, ont des noyaux tassés dans la région équatoriale.

b) **Les myocytes à chaîne nucléaire** ont les noyaux alignés.

3 | Les neurofibres sensibles

Elles sont épaisses, de type Ia et sensibles à l'étirement. Elles présentent deux modes de terminaison, annulo-spiralée et rameuse.

a) **La terminaison annulo-spiralée**²⁹ s'enroule autour de la partie équatoriale, nucléaire, des myocytes.

b) **La terminaison rameuse**³⁰ se termine en se divisant sur la partie juxtannucléaire des myocytes.

4 | Les neurofibres motrices

Elles sont fines, de type gamma. Elles se terminent sur la partie non nucléaire des myocytes à chaîne nucléaire.

29. Ou terminaison primaire.

30. Ou terminaison secondaire.

3.5 NERFS ET GANGLIONS

A | NERF

Le nerf est un cordon ou un filament de neurofibres. Il est habituellement cylindrique et d'aspect blanchâtre, en raison de la présence de fibres myélinisées (fig. 3.38).

La connaissance d'un nerf permet le diagnostic topographique d'une lésion neurologique. Le nerf peut en effet être atteint par des lésions traumatiques, tumorales, vasculaires et toxi-infectieuses.

1 | Classification

a) Selon leur origine et leur distribution, on distingue :

- les nerfs crâniens, qui émergent de l'encéphale ;

- les nerfs spinaux, qui naissent de la moelle spinale ;
- les nerfs autonomes (ou viscéraux), destinés aux viscères. Ils sont constitués de neurofibres autonomes et de neurofibres de la sensibilité intéroceptive.

b) Selon leur fonction, on différencie :

- les nerfs moteurs, qui véhiculent uniquement l'influx moteur, centrifuge ;
- les nerfs sensitifs, qui transmettent uniquement les influx sensitifs et sensoriels, centripètes ;
- les nerfs mixtes, qui sont à la fois moteurs et sensitifs.

Les lésions d'un nerf se traduiront donc par des troubles moteurs (paralysie ou parésie), des troubles sensitifs (douleurs, paresthésie, anesthésie...) et des troubles trophiques.

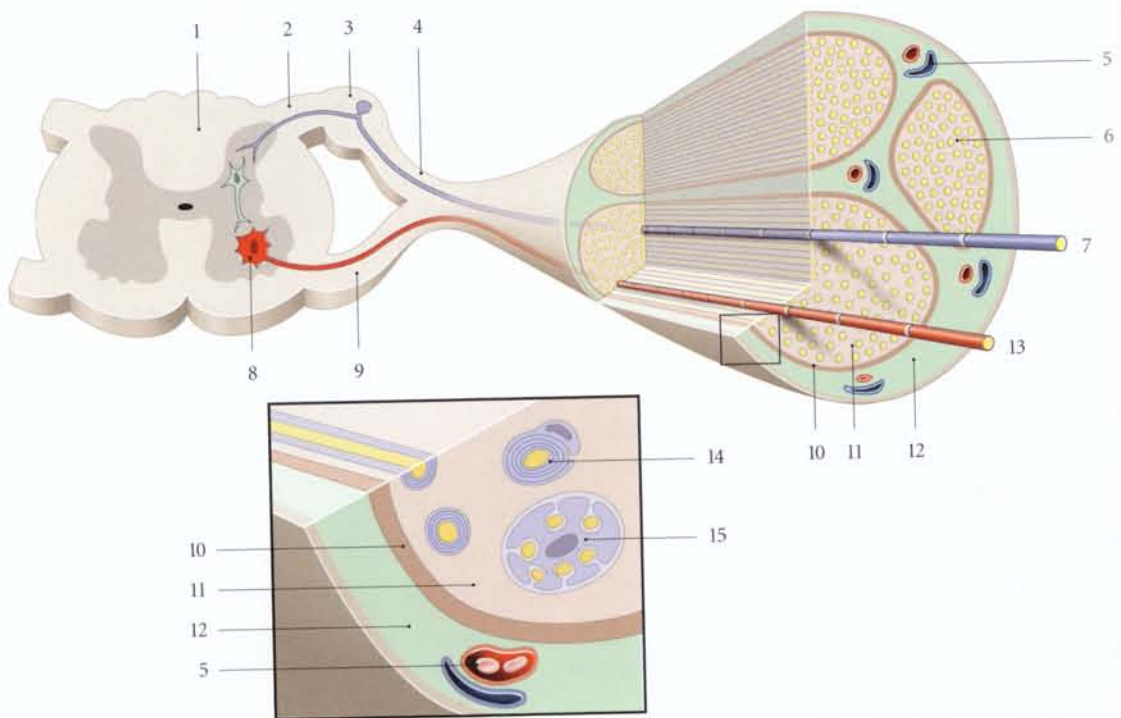


FIG. 3.38. Structure d'un nerf spinal (schématique)

1. moelle spinale
2. racine post.
3. ganglion spinal
4. n. spinal
5. vaisseaux du n. spinal

6. faisceau nerveux
7. axone sensitif
8. corps cellulaire
9. racine ant.
10. périnèvre

11. endonèvre
12. épinèvre
13. axone moteur
14. axone myélinisé
15. axone amyélinisé

2 | Distribution

a) Les branches nerveuses

Au cours de son trajet, le nerf diminue progressivement de volume en abandonnant des branches collatérales, qui elles-mêmes se ramifient.

Le nerf se termine en deux ou plusieurs branches terminales.

Des anastomoses peuvent l'unir à un nerf voisin. Il s'agit en fait de neurofibres qui changent de trajet.

b) Les plexus nerveux

Ce sont des entrelacements de branches nerveuses anastomotiques.

3 | Caractéristiques

Le nerf présente un certain degré d'allongement élastique. Cette réserve d'allongement correspond environ au dixième de sa longueur. Ainsi est-elle de 15 mm environ pour le tronc du nerf médian.

La résistance à la rupture du nerf est moins importante que celle du tendon mais cependant plus grande que celle du muscle. La rupture d'un nerf de 1 mm² de section se produit sous une contrainte d'environ 1 450 g.

4 | Structure

a) La jonction nerf-système nerveux central (fig. 3.39)

La transition entre l'origine du nerf périphérique et du système nerveux central est progressive. Le segment

transitionnel, convexe, contient des neurofibres et du tissu glial encéphalique ou spinal. Le tissu glial forme autour des faisceaux nerveux les franges gliales, qui se projettent dans l'endonèvre.

Le tissu glial s'étend plus en périphérie sur les racines sensibles que sur les racines motrices.

b) Le nerf

Il est formé de fibres nerveuses ou neurofibres et de tissu conjonctif.

• Les neurofibres

Les neurofibres d'un nerf peuvent être identiques ou différentes de fonction. Elles ont une disposition parallèle et se groupent en faisceaux ou *funicules*, qui échangent des neurofibres entre elles, les anastomoses nerveuses.

Les neurofibres ne sont pas rectilignes, ce qui explique qu'une traction modérée du nerf ne provoque pas de lésion.

Toute lésion d'une neurofibre entraîne la dégénérescence du segment distal (voir Chapitre 3.1).

• Le tissu conjonctif

Il est abondant (30 à 75 % du nerf), et riche en fibres collagènes et élastiques, qui lui confèrent une résistance à l'élongation. Il forme l'endonèvre, la périnèvre et l'épinèvre.

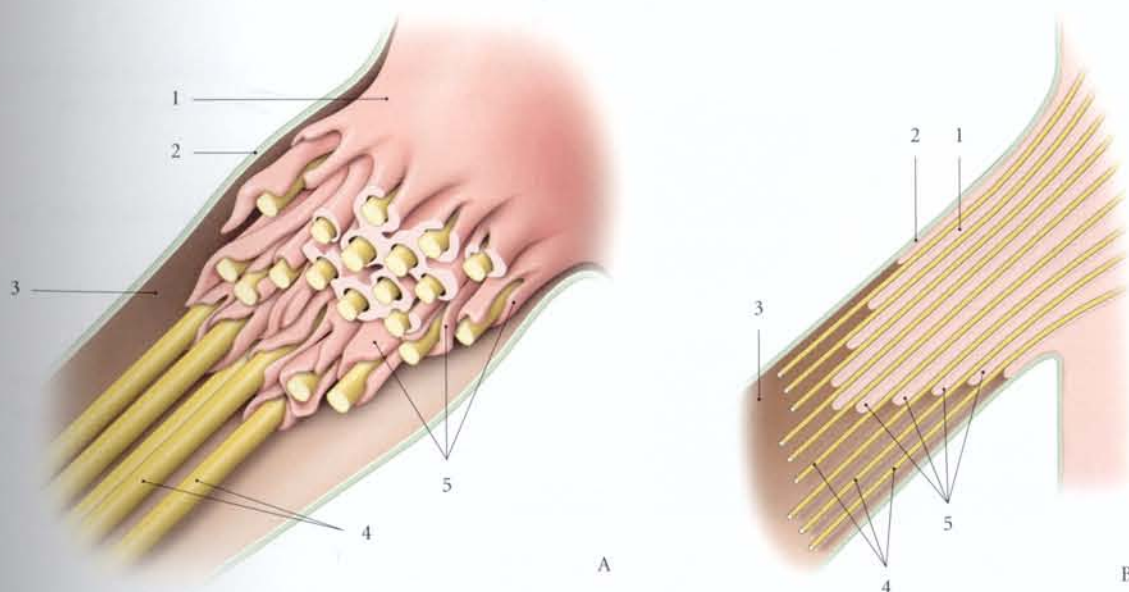


FIG. 3.39. Jonction nerf-système nerveux central (d'après T. Carlstedt)

A. coupes transversales de quelques axones
B. coupe longitudinale

1. segment jonctionnel
2. épinèvre
3. périnèvre

4. faisceau de neurofibres
5. franges gliales

- *L'endonèvre*, mince tissu conjonctif, sépare les neurofibres entre elles. Il peut être le siège de réactions inflammatoires.
- *La périnèvre* entoure chaque fascicule. Elle est constituée de plusieurs couches de cellules aplaties. Elle assure la diffusion des substances exofuniculaire et endofuniculaire.

Sa destruction entraîne des troubles graves de conduction axonale. Elle est une barrière contre les agressions, en particulier l'infection.

- *L'épinèvre* entoure superficiellement le nerf. Elle présente une grande résistance à la rupture.

Les points de la suture chirurgicale d'un nerf sectionné prennent appui sur l'épinèvre et l'endonèvre, en veillant à l'affrontement des faisceaux nerveux identiques, sous microscope opératoire (fig. 3.40).

B | GANGLIONS

Le ganglion est le site du corps des neurones et le lieu des articulations synaptiques des neurones connecteurs et efférents.

Ce sont des formations nodulaires situées sur le trajet des nerfs sensitifs et autonomes.

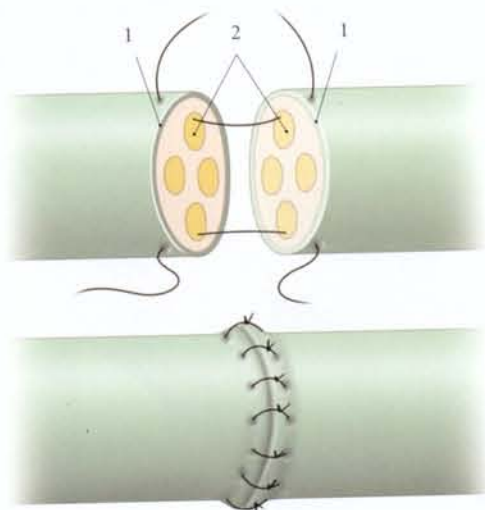


FIG. 3.40. Suture d'un nerf

1. épinèvre
2. faisceau nerveux

On distingue :

- les ganglions sensitifs crâniens ;
- les ganglions sensitifs spinaux ;
- les ganglions autonomes.

Chaque ganglion est constitué d'une capsule en continuité avec l'épinèvre et d'un stroma contenant des corps de neurones et des gliocytes ganglionnaires. Il est traversé par des neurofibres.

C | VASCULARISATION (fig. 3.41)

Elle est importante car la diminution de l'apport sanguin (par thrombose, artérite, spasmes...) détermine des troubles de la conductibilité nerveuse.

1 | Les artères

Les artères nerveuses sont des branches des artères voisines. La distance maximale entre deux artères nerveuses est de 6 à 8 cm.

Chaque artère nerveuse pénètre l'épinèvre et se divise en T, en artérioles ascendantes et descendantes, qui donnent un réseau anastomotique longitudinal dans la périnèvre. Ce réseau peut constituer une voie de suppléance en cas de circulation défectueuse.

Ainsi un nerf peut être dénudé sur près de 15 cm sans être dévitalisé.

2 | Les veines

Les veinules nerveuses se drainent dans les veines voisines, et plus souvent dans les veines musculaires.

3 | Les lymphatiques

Deux réseaux lymphatiques sont présents dans les troncs nerveux.

a) *Le réseau superficiel*, épineural, se draine dans les lymphatiques associés aux artères.

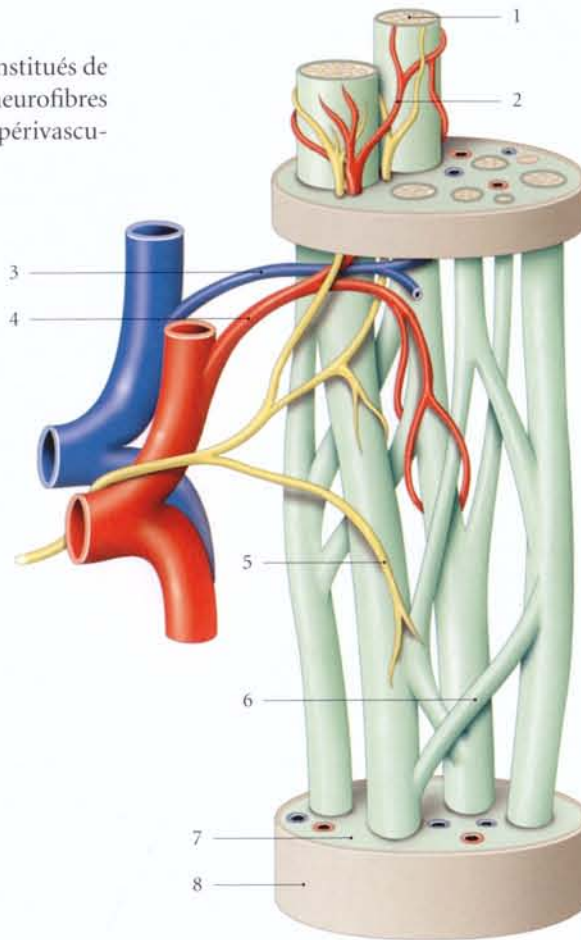
b) *Le réseau profond*, endoneural, est formé de lacunes lymphatiques qui communiquent avec les espaces subarachnoïdiens.

D | INNERVATION

Elle est assurée par des nervi nervorum, constitués de neurofibres sensibles et sympathiques. Ces neurofibres sont issues du nerf lui-même ou des plexus périvasculaires.

FIG. 3.41. Constitution, vascularisation et innervation d'un nerf

1. faisceau de neurofibres (funicule)
2. capillaire artériel
3. veinule
4. artériole nerveuse
5. nervi nervorum
6. connexion interfasciculaire
7. périnèvre
8. épinèvre



SECTION II

NERFS SPINAUX

4 Nerfs spinaux

Les nerfs spinaux sont des nerfs mixtes qui émergent de la moelle spinale. Ils sont destinés au corps, à l'exception de la tête.

Chaque nerf spinal est constitué de deux racines, ventrale et dorsale, qui s'unissent pour former le tronc du nerf spinal.

4.1 DÉVELOPPEMENT

A | LES NEURONES PÉRIPHÉRIQUES SPINAUX

Ils proviennent des neuroblastes centraux ou périphériques. Ces cellules apolaires deviennent bipolaires en développant des prolongements central et périphérique.

Le prolongement périphérique, destiné à l'organe cible, présente à son extrémité une formation, le *cône de croissance*, dont les marqueurs moléculaires dirigent la neurofibre vers sa cible spécifique. La cible atteinte, il forme la synapse (fig. 4.1).

1 | Le neurone sensitif

Il dérive d'un neuroblaste périphérique des crêtes neurales. Son prolongement périphérique, pourvu d'un cône de croissance, s'étend vers l'organe cible et forme l'axone primitif.

Son prolongement central rejoint la lame dorso-latérale du tube neural et forme les dendrites primitives.

2 | Le neurone moteur somatique

Il est issu d'un neuroblaste central d'une lame ventro-latérale du tube neural. Pendant la formation des crêtes

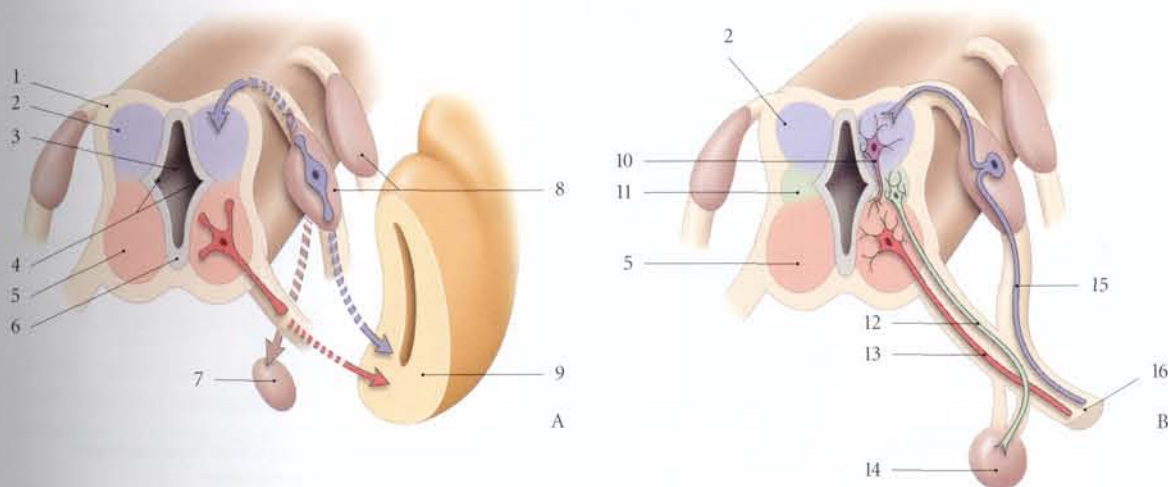


FIG. 4.1. Formation des racines spinales (coupes transversales et vues latérales)

A. croissance des neurones
B. organisation des neurones au niveau d'un segment spinal

1. couche marginale
2. lame dorsale
3. canal neural

4. sillons limitants
5. lame ventrale
6. couche épendymaire
7. ganglion sympathique présomptif
8. crête neurale
9. organe cible (somite)
10. interneurone

11. lame latérale
12. neurone sympathique
13. neurone moteur
14. ganglion sympathique
15. neurone sensitif
16. n. spinal

neurales, son prolongement périphérique, pourvu d'un cône de croissance, se dirige vers la structure cible pour former l'axone primitif. Celui-ci rejoint les fibres périphériques du neurone sensitif.

Le prolongement central, unique ou multiple, rejoint un neurone d'association, pour faire synapse.

La formation de la racine ventrale commence dans la région cervicale.

3 | Le neurone autonome

Il est issu d'un neuroblaste central de la lame latérale de la région thoracique. Il envoie son prolongement périphérique dans la racine ventrale primitive.

4 | La myélinisation

Elle est assurée par les neurolemmocytes qui dérivent des neurolemmoblastes périphériques issus des spongioblastes des crêtes neurales (voir Chapitre 2).

B | TISSU CONJONCTIF DU NERF SPINAL

Il dérive du mésenchyme des crêtes neurales.

C | DÉVELOPPEMENT TOPOGRAPHIQUE

Les nerfs spinaux se développent au niveau des somites correspondants, auxquels ils sont destinés (fig. 4.2 et 4.3).

Au cours de la formation de la vertèbre par les cellules sclérotomiques, chaque nerf spinal se situe en regard d'une fissure sclérotomique, futur disque intervertébral (voir Tome 2).

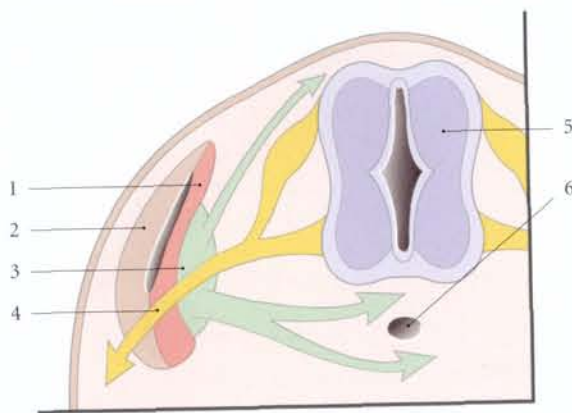


FIG. 4.2. Diagramme de la formation des vertèbres - Migration du sclérotome

- | | |
|---------------|----------------|
| 1. myotome | 4. n. spinal |
| 2. dermatome | 5. tube neural |
| 3. sclérotome | 6. notochorde |

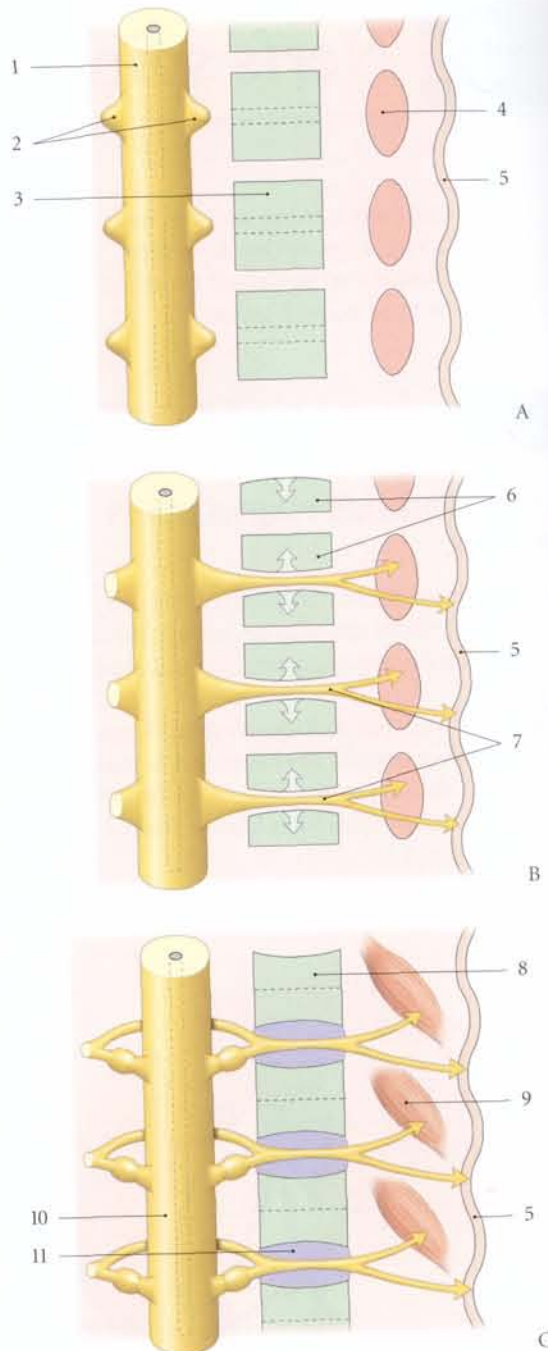


FIG. 4.3. Diagramme du développement topographique des nerfs spinaux et dérivés somitiques (coupes frontales schématisées)

- | | |
|----------------------------------|---------------------------|
| A. apparition du bourgeon spinal | 5. plan cutané |
| B. scission du sclérotome | 6. hémivertèbre |
| C. fusion des hémivertèbres | 7. nn. spinaux |
| 1. tube neural | 8. vertèbre |
| 2. bourgeon spinal | 9. muscle |
| 3. sclérotome | 10. moelle spinale |
| 4. myotome | 11. disque intervertébral |

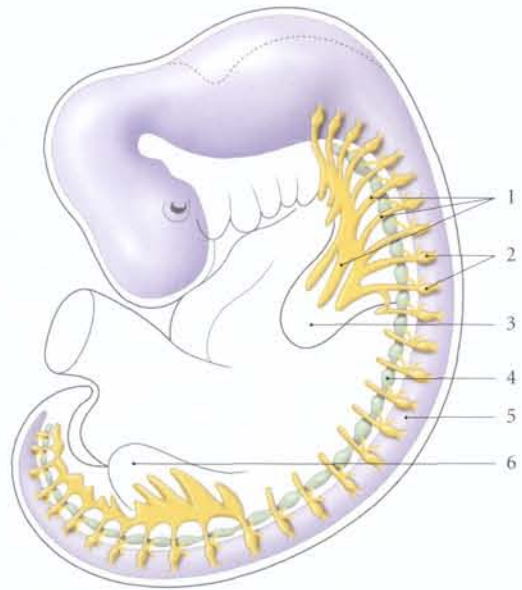
Chaque nerf spinal émergera au niveau d'un disque intervertébral, d'où leur distribution segmentaire.

Les racines spinales horizontales au début, acquièrent leur obliquité à partir de la 15^e semaine.

Au niveau des membres, la croissance des axones réalise un trajet complexe, ou plexus nerveux, à la base des membres, pour atteindre les muscles cibles. Ce trajet est dû à la répartition topographique des muscles cibles (fig. 4.4).

FIG. 4.4. Développement des nerfs spinaux et des plexus des membres (embryon de 35 jours environ)

1. nn. spinaux
2. ganglions spinaux
3. bourgeon du membre sup.
4. tronc sympathique
5. moelle spinale
6. bourgeon du membre inf.



4.2 MORPHOLOGIE

A | NOMBRE ET NOMENCLATURE (fig. 4.5)

Il existe 31 paires de nerfs spinaux, 8 nerfs cervicaux (C), 12 nerfs thoraciques (T), 5 nerfs lombaires (L), 5 nerfs sacraux (S) et 1 nerf coccygien (Co).

- Jusqu'à la vertèbre cervicale C7, les nerfs spinaux portent le nom et le numéro de la vertèbre sous-jacente. Le nerf spinal C8 naît entre les vertèbres C7 et T1.
- À partir de la vertèbre T1, ils portent le nom et le numéro de la vertèbre sus-jacente.

Variations : la présence de vertèbres surnuméraires augmente le nombre des nerfs spinaux.

B | RACINES DES NERFS SPINAUX

Chaque racine antérieure (ou ventrale) et postérieure (ou dorsale) est triangulaire et formée de filets radiculaires plus ou moins accolés.

1 | Direction

Les premières racines cervicales sont presque horizontales. Les suivantes sont de plus en plus obliques dans

le sens crânio-caudal. Les racines sacrales et coccygiennes sont verticales.

2 | Longueur des racines

Elle croît de haut en bas. Elle est de 7 mm pour la racine C1, 15 mm pour T1, 60 mm pour L1, 140 mm pour L5 et 170 mm pour S2.

3 | Rapports

La racine antérieure ou motrice émerge du sillon antéro-latéral de la moelle spinale, en regard de la corne antérieure (fig. 4.6).

La racine postérieure ou sensitive pénètre le sillon postéro-latéral de la moelle spinale, en regard de la corne postérieure. Elle présente sur son trajet le ganglion spinal.

La fusion des racines a lieu dans le canal intervertébral au niveau des régions cervicale et thoracique, et dans le canal vertébral au niveau des régions lombaire et sacrale.

Les racines antérieure et postérieure sont recouvertes de la pie-mère et elles sont séparées par le ligament dentelé.

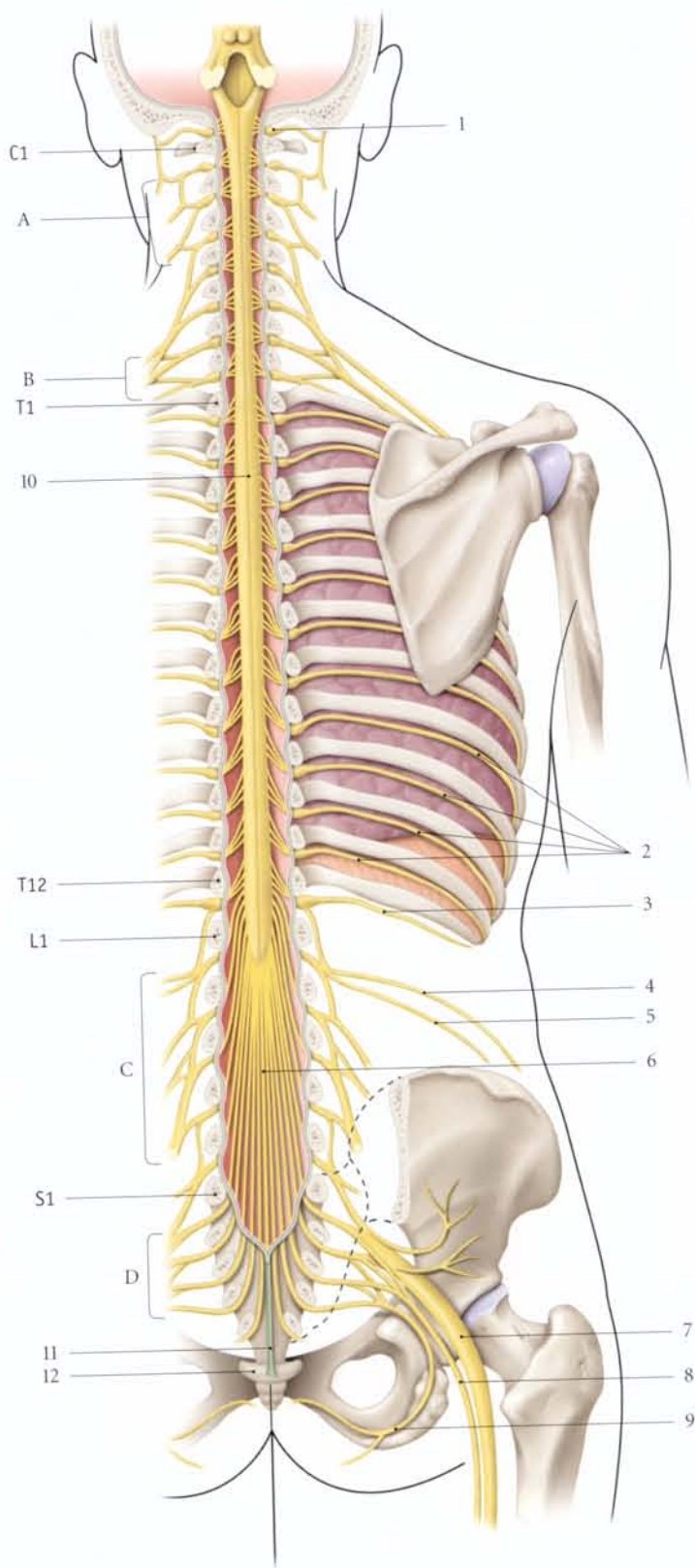


FIG. 4.5. Nerfs spinaux (vue dorsale)

- A. plexus cervical
- B. plexus brachial
- C. plexus lombaire
- D. plexus sacral

- 1. n. spinal C1
- 2. nn. intercostaux
- 3. n. subcostal
- 4. n. ilio-hypogastrique
- 5. n. ilio-inguinal
- 6. queue de cheval
- 7. n. sciatique (ischiatique)
- 8. n. cutané post. de la cuisse
- 9. n. pudendal
- 10. moelle spinale
- 11. filum terminal
- 12. coccyx

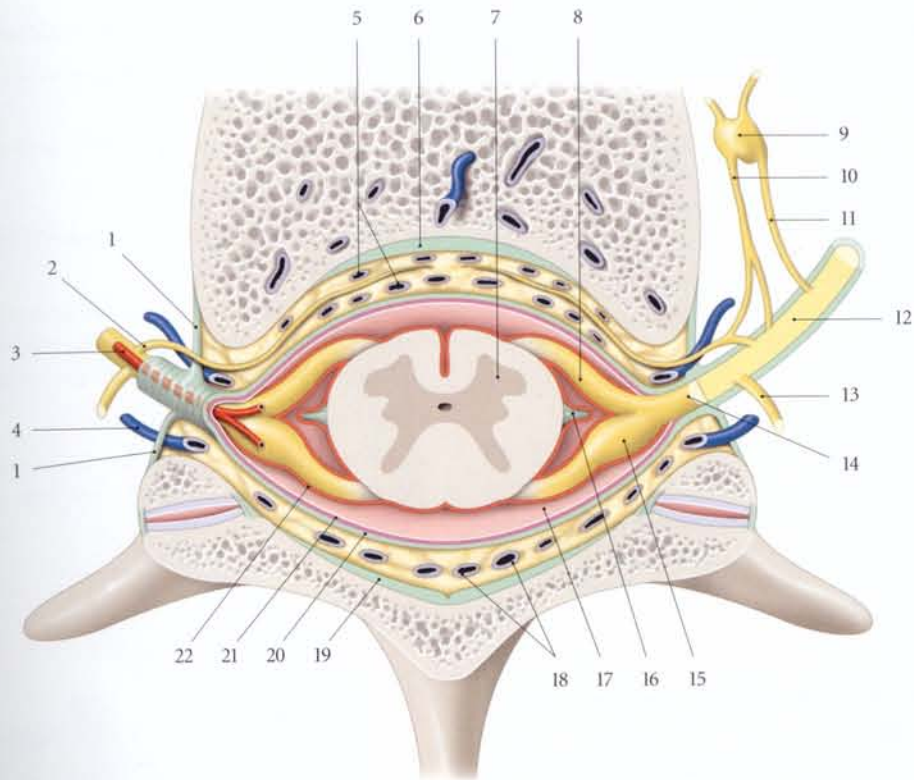


FIG. 4.6. Nerf spinal (coupe transversale de la moelle spinale au niveau thoracique)

- | | | |
|---|---------------------------|------------------------------------|
| 1. opercule fibreux du canal intervertébral | 9. ganglions sympathiques | 17. espace subarachnoïdien |
| 2. rameau méningé | 10. r. communicant gris | 18. plexus veineux vertébral post. |
| 3. a. radiculaire | 11. r. communicant blanc | 19. lig. jaune |
| 4. v. radiculaire | 12. branche ant. | 20. dure-mère |
| 5. plexus veineux vertébral interne ant. | 13. branche post. | 21. arachnoïde |
| 6. lig. longitudinal post. | 14. tronc spinal | 22. pie-mère |
| 7. moelle spinale | 15. ganglion spinal | |
| 8. racine ant. | 16. lig. dentelé | |

C | TRONC DES NERFS SPINAUX

1 | Dimensions

a) Le volume

Il croît des nerfs cervicaux C1 à C6, puis il devient plus petit au niveau des nerfs thoraciques.

Il croît de nouveau des nerfs lombaires L1 à L5.

S1 est le plus petit des nerfs spinaux.

b) La longueur

Elle croît dans le sens crânio-caudal. Elle est de 7 mm dans la région cervicale et atteint 14 mm dans la région lombaire.

2 | Trajet – Rapports

Chaque tronc du nerf spinal est horizontal et situé dans le canal intervertébral. Il est entouré de la dure-mère

spinale, qui se prolonge avec l'épinèvre et l'opercule fibreux qui ferme le foramen intervertébral externe. La pie-mère et l'arachnoïde s'arrêtent à la jonction des racines spinales.

Il est accompagné par l'artère radiculaire, le plexus veineux intervertébral et le rameau méningé spinal¹ (ou récurrent).

Le nerf spinal, dans son trajet intervertébral, peut être irrité par des pathologies du corps vertébral ou comprimé par le disque intervertébral, entraînant des algies et des hypoesthésies cutanées de topographie radiculaire.

1. Ancien : nerf sinu-vertébral de Luschka.

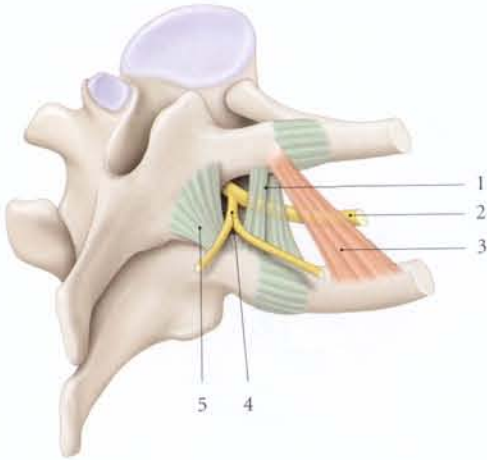


FIG. 4.7. Branches d'un nerf thoracique (vue postéro-latérale)

- | | |
|----------------------------------|--------------------------|
| 1. lig. costo-transversaire sup. | 4. branche post. |
| 2. branche ant. | 5. lig. costo-lamellaire |
| 3. m. élévateur des côtes | |

3 | Branche collatérale : le rameau ménégingé spinal

Il naît en dehors du canal intervertébral, puis effectue un trajet récurrent dans ce canal, pour parcourir l'espace préméningé spinal au milieu du plexus veineux vertébral interne antérieur.

Il reçoit une anastomose du rameau communicant gris voisin.

4 | Terminaisons

Chaque nerf spinal se divise en deux branches, postérieure et antérieure.

- Les branches postérieures des nerfs spinaux sont grêles et se distribuent aux muscles et à la peau de la paroi dorsale du cou et du tronc.
- Les branches antérieures des nerfs spinaux sont volumineuses et destinées à la paroi ventrale du tronc et aux membres.

a) Les branches postérieures des nerfs cervicaux (voir Tome 2)

b) Les branches postérieures des nerfs thoraciques (fig. 4.7)

Chaque branche postérieure traverse le foramen costo-transversaire, limité :

- en haut, par le col de la côte sus-jacente ;

- en bas, par le processus transverse sous-jacent ;
- médialement, par le processus articulaire supérieur et le ligament costo-lamellaire ;
- latéralement, par le ligament costo-transversaire supérieur.

c) Les branches postérieures des nerfs lombaires (ou lombaux) (fig. 4.8)

Chaque rameau dorsal contourne latéralement le processus articulaire supérieur de la vertèbre sous-jacente. Il donne des rameaux articulaires et se divise en :

- une branche médiale, musculaire ;
- une branche latérale, cutanée. Les branches latérales donnent les *nerfs cluniaux supérieurs* destinés à la région glutéale supérieure.

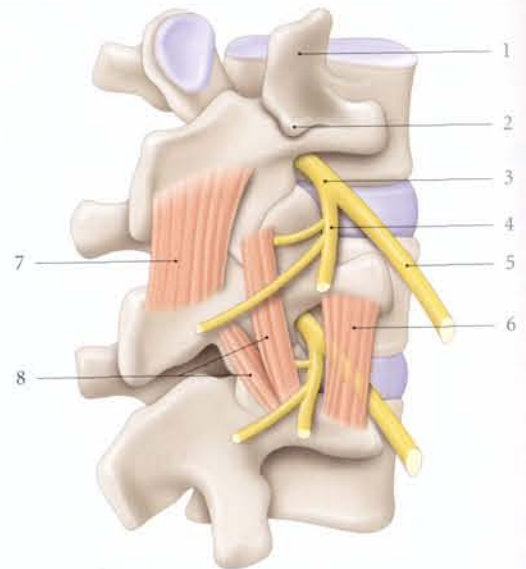


FIG. 4.8. Nerfs lombaires (vue latérale)

- | | |
|-------------------------|-------------------------------------|
| 1. tubercule mamillaire | 5. branche ant. |
| 2. tubercule accessoire | 6. lig. intertransversaire lombaire |
| 3. n. lombaire | 7. m. interépineux |
| 4. branche post. | 8. mm. rotateurs court et long |

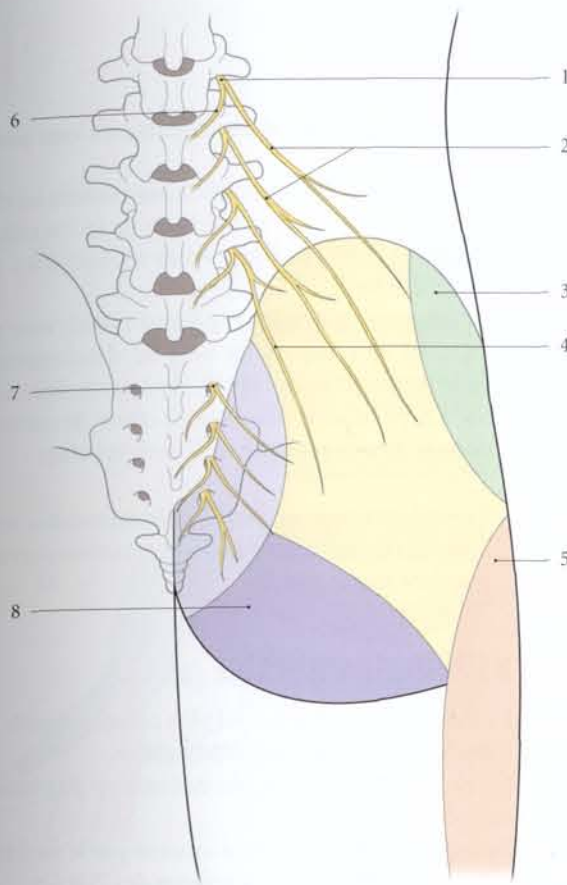


FIG. 4.9. Territoires cutanés des branches latérales des nerfs lombaires et sacrés (vue postérieure)

1. n. lombaire
2. branches latérales
3. m. ilio-hypogastrique
4. nn. cluniaux sup.
5. n. cutané post. de la cuisse
6. branches médiales
7. n. spinal S1
8. nn. cluniaux inf.

d) Les branches postérieures des nerfs sacrés
(fig. 4.9)

Elles émergent des foramens sacrés postérieurs. Chaque rameau se divise en une branche médiale, musculaire, et une branche latérale, cutanée. Les branches latérales donnent les *nerfs cluniaux moyens* destinés à la région glutéale médiale.

e) La branche postérieure du nerf coccygien

Elle est très grêle et s'anastomose avec le nerf sacré S5.

f) Les branches antérieures des nerfs cervicaux

Elles forment les plexus cervical et brachial (voir Tomes 1 et 2).

g) Les branches antérieures des nerfs thoraciques

Les 11 premiers nerfs spinaux thoraciques se prolongent en nerfs intercostaux et le 12^e nerf, en nerf subcostal (voir Tome 3).

h) Les branches antérieures des nerfs lombaires et sacrés

Ils forment les plexus lombaire, sacré, pudendal et coccygien (voir Tome 1).

D | CONNEXIONS

1 | Les rameaux communicants

a) Les rameaux communicants gris

Chaque rameau communicant gris unit un ganglion sympathique à l'origine d'une branche antérieure de chaque nerf spinal. Les rameaux communicants gris concernent tous les nerfs spinaux. Ils sont constitués de neurofibres postganglionnaires amyélinisées.

b) Les rameaux communicants blancs

Chaque rameau communicant blanc part d'une branche antérieure des nerfs spinaux thoraciques du 1^{er} et du 2^e nerf spinal lombaire, pour rejoindre le ganglion sympathique correspondant. Il est constitué de neurofibres préganglionnaires myélinisées.

2 | Les anastomoses nerveuses

Elles unissent deux nerfs au cours de leur trajet. Il s'agit en fait d'une dérivation du trajet de quelques neurofibres d'un nerf, qui empruntent le trajet d'un autre nerf.

4.3 FONCTION

Les nerfs spinaux sont des nerfs mixtes qui assurent une innervation somatique mais aussi une innervation végétative grâce aux rameaux communicants.

A | FONCTION SENSITIVE

1 | L'aire sensitive cutanée (fig. 4.10)

Elle correspond à une région cutanée innervée par un nerf périphérique. Elle peut donc recevoir des neurofibres de plusieurs racines dorsales de nerfs spinaux (voir chaque nerf périphérique).

Lors de la section d'un nerf, l'étendue de la zone d'anesthésie diminue avec le temps, soit par régénération du nerf sectionné, soit par la progression des nerfs voisins, soit par la mise en fonction de rameaux présents dans la région.

2 | Le territoire radiculaire ou dermatome (fig. 4.11 et 4.12)

Il correspond à une région cutanée innervée par une seule racine dorsale d'un nerf spinal. Les dermatomes se chevauchent à leur frontière.

Deux types de schémas de dermatomes sont proposés :

- les schémas de Foerster (1933) sont utilisés en clinique. Ils reposent sur la méthode de la « sensibilité restante » chez l'homme, après section d'un nerf périphérique;
- les schémas de Keegan et Garrett (1948) sont plus logiques et compatibles avec le développement embryonnaire. Ils ont été établis à partir de territoires d'hypoesthésie observés au cours de compressions isolées de racines ou de nerfs spinaux.

Le zona qui frappe un ganglion spinal entraîne une éruption de vésicules dans le dermatome correspondant au ganglion.

B | FONCTION MOTRICE (fig. 4.13)

L'innervation radiculaire est plus complexe car la distribution est souvent multiradiculaire.

Un muscle peut recevoir des neurofibres de plusieurs racines antérieures.

Exemple : le biceps brachial innervé par le nerf musculocutané reçoit des neurofibres de C5 et C6.

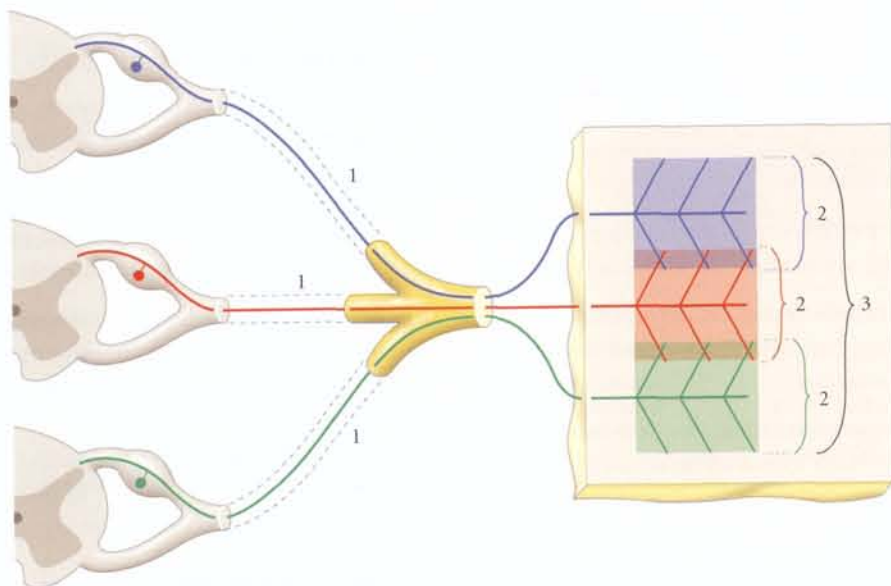


FIG. 4.10. Innervation cutanée – Distribution des neurofibres sensibles

1. nn. spinaux

2. dermatomes

3. aire sensitive cutanée

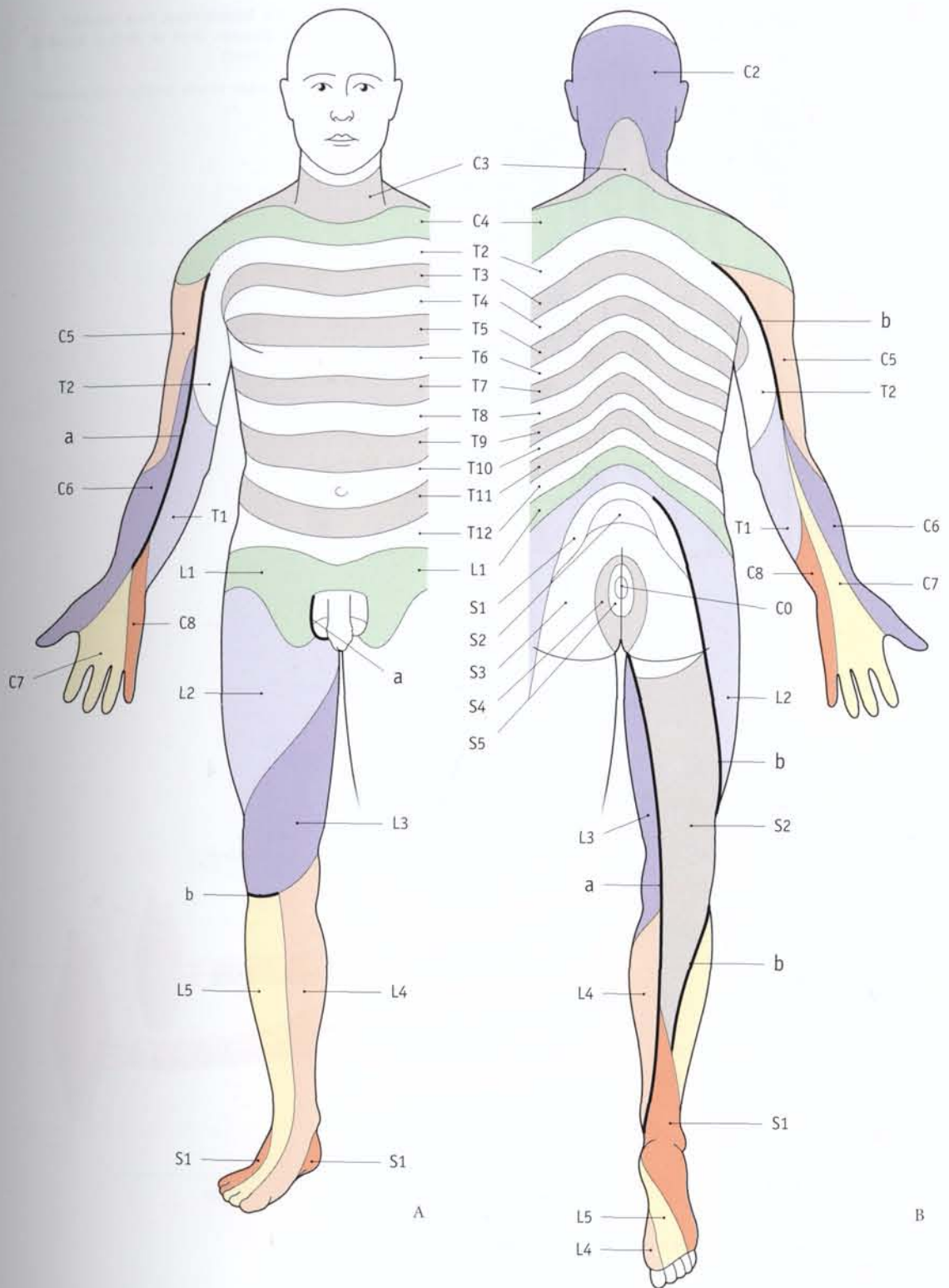


FIG. 4.11. Dermatomes (d'après Foerster, 1933, et Medical Research Council's, 1942)

A. vue antérieure
B. vue postérieure

a. ligne axiale ventrale (vestige embryonnaire)
b. ligne axiale dorsale (vestige embryonnaire)

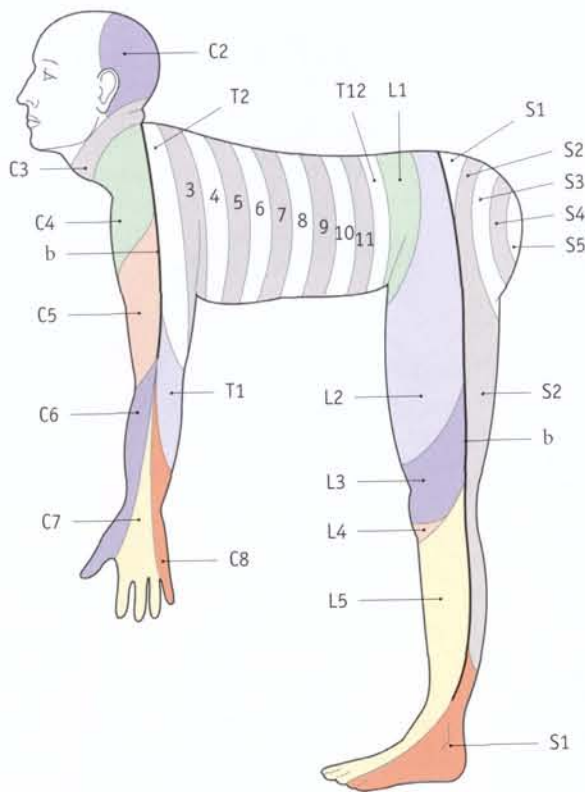


FIG. 4.12. Dermatomes (vue latérale)
(d'après Foerster, 1933, et Medical Research Council's, 1942)

b. ligne axiale dorsale (vestige embryonnaire)

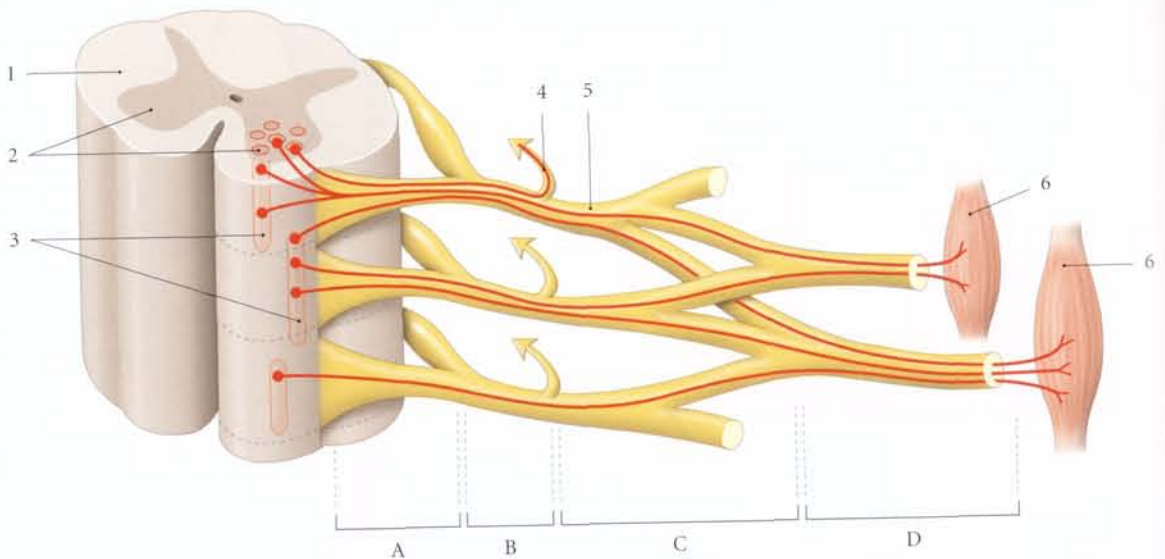


FIG. 4.13. Innervation motrice - Distribution des neurofibres motrices

- A. racine
- B. trons
- C. plexus nerveux
- D. n. périphérique

- 1. moelle spinale
- 2. corne ant.
- 3. noyaux moteurs
- 4. branche post.
- 5. branche ant.
- 6. muscle

NERFS CRÂNIENS

5

Nerfs crâniens en général

Les nerfs crâniens représentent les 12 paires de nerfs qui émergent de l'encéphale. Ils sortent du crâne par les foramens et fissures de la base du crâne.

Leur atteinte traumatique, infectieuse ou dégénérative entraîne des troubles variés sensitifs, sensoriels et moteurs, pouvant compromettre non seulement le pronostic fonctionnel du patient, mais aussi le pronostic vital.

5.1 NOMENCLATURE – CLASSIFICATION

Les nerfs crâniens sont numérotés de I à XII selon leur origine embryonnaire et dans le sens crânio-caudal (fig. 5.1).

Selon leur fonction, ils se répartissent en trois groupes, sensoriel, moteur et mixte.

Certains nerfs renferment des neurofibres autonomes qui modifient leur fonction initiale.

A | NERFS CRÂNIENS

1 | Les nerfs crâniens sensoriels

Ces nerfs crâniens sensitifs sont destinés aux organes des sens autres que le toucher.

- a) *Les nerfs olfactifs (I)* véhiculent l'influx olfactif.
- b) *Le nerf optique (II)* transmet l'influx visuel.
- c) *Le nerf vestibulo-cochléaire (VIII)* est constitué de deux nerfs :
 - le *nerf vestibulaire*, qui véhicule les messages contribuant au maintien de la statique et de l'équilibre;
 - le *nerf cochléaire*, qui transmet les sensations auditives.

2 | Les nerfs crâniens moteurs

- a) *Le nerf oculomoteur (III)* innerve tous les muscles de l'orbite, à l'exception des muscles droit latéral et oblique supérieur.
- b) *Le nerf trochléaire (IV)* innerve le muscle oblique supérieur de l'œil.
- c) *Le nerf abducens (VI)* innerve le muscle droit latéral de l'œil.
- d) *Le nerf accessoire (XI)* innerve le pharynx, le larynx et les muscles sterno-cléido-mastoïdien et trapèze.
- e) *Le nerf hypoglosse (XII)* innerve tous les muscles de la langue (excepté le muscle palato-glosse).

3 | Les nerfs crâniens mixtes

- a) *Le nerf trijumeau (V)* est sensitif pour la face et moteur pour les muscles masticateurs.
- b) *Le nerf facial (VII)* innerve les muscles de la face (muscles de la mimique), et il est sensitif pour la langue et le méat acoustique externe.
- c) *Le nerf glosso-pharyngien (IX)* innerve la langue, la glande parotide et le pharynx.
- d) *Le nerf vague (X)* innerve le pharynx, le larynx, les organes respiratoires, le cœur, les organes digestifs (excepté le côlon gauche et le rectum), les testicules et les ovaires.

B | GANGLIONS CRÂNIENS

1 | Les ganglions sensitifs et sensoriels

Ils accompagnent :

- le nerf trijumeau (ganglion trigéminal);
- le nerf facial (ganglion géniculé);
- le nerf auditif (ganglions spinal et vestibulaire);
- le nerf glosso-pharyngien (ganglions supérieur et inférieur);
- le nerf pneumogastrique (ganglions supérieur et inférieur).

2 | Les ganglions autonomes parasympathiques

Ils sont annexés :

- au nerf oculomoteur (ganglion ciliaire);
- au nerf facial (ganglions ptérygo-palatin, submandibulaire, sublingual);
- au nerf glosso-pharyngien (ganglion otique).

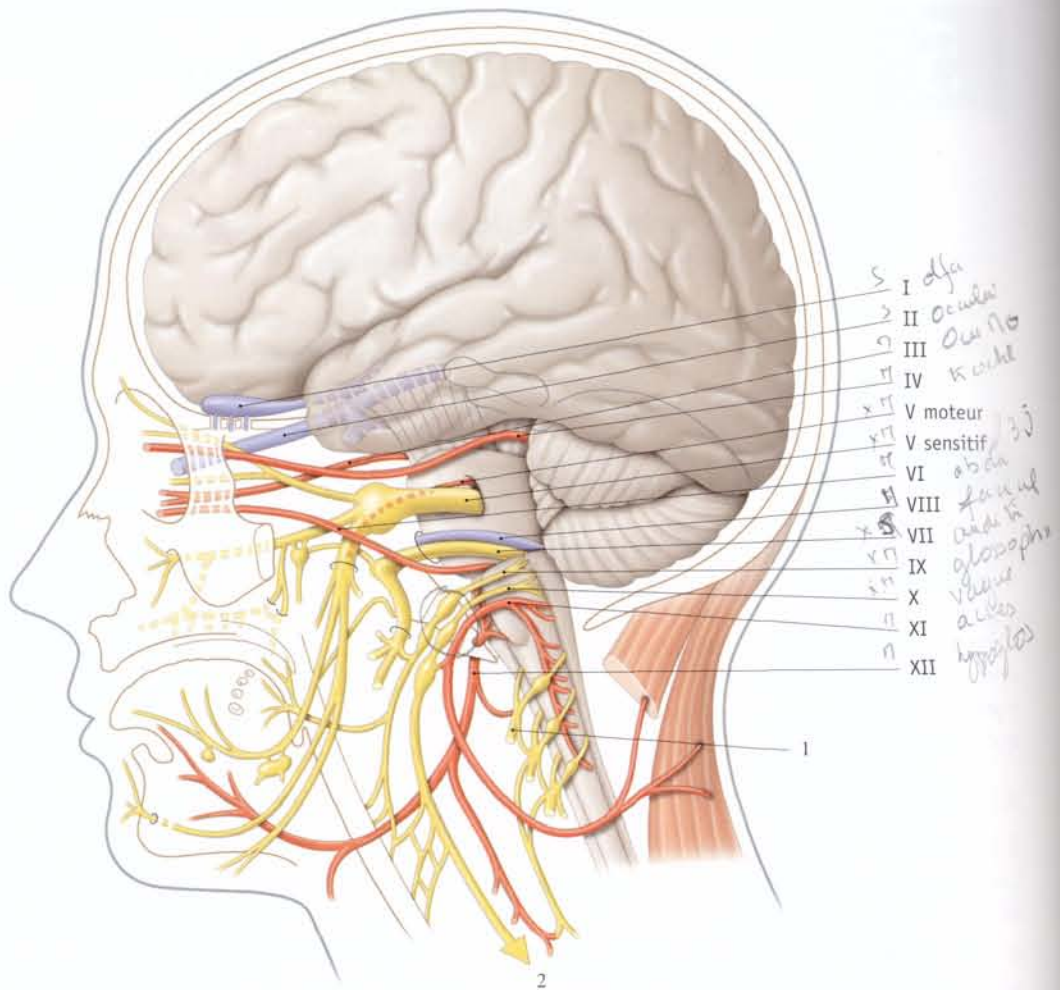


FIG. 5.1. Diagramme général des nerfs crâniens

En bleu : nerfs sensoriels et sensitifs
En rouge : nerfs moteurs
En jaune : nerfs mixtes

1. n. spinal
2. vers le thorax, l'abdomen et le pelvis

5.2 ANATOMIE DESCRIPTIVE

Comme tout nerf périphérique, chaque nerf crânien présente à étudier une origine, un trajet et des branches.

L'étude morphologique ne tient donc pas compte du sens de l'influx nerveux, qui sera envisagé dans la systématisation de chaque nerf crânien.

La jonction de la racine du nerf crânien et de l'encéphale est un segment transitionnel qui contient du tissu glial cérébral (voir Chapitre 3).

Tous les nerfs crâniens se détachent de la face antérolatérale de l'encéphale, à l'exception du nerf trochléaire, qui est dorsal d'émergence.

A | ORIGINE D'UN NERF CRÂNIEN (fig. 5.2)

L'origine correspond à son point d'émergence de l'encéphale.

B | TRAJET D'UN NERF CRÂNIEN

Le nerf crânien est d'abord situé dans la cavité crânienne (trajet intracrânien), puis il traverse le crâne

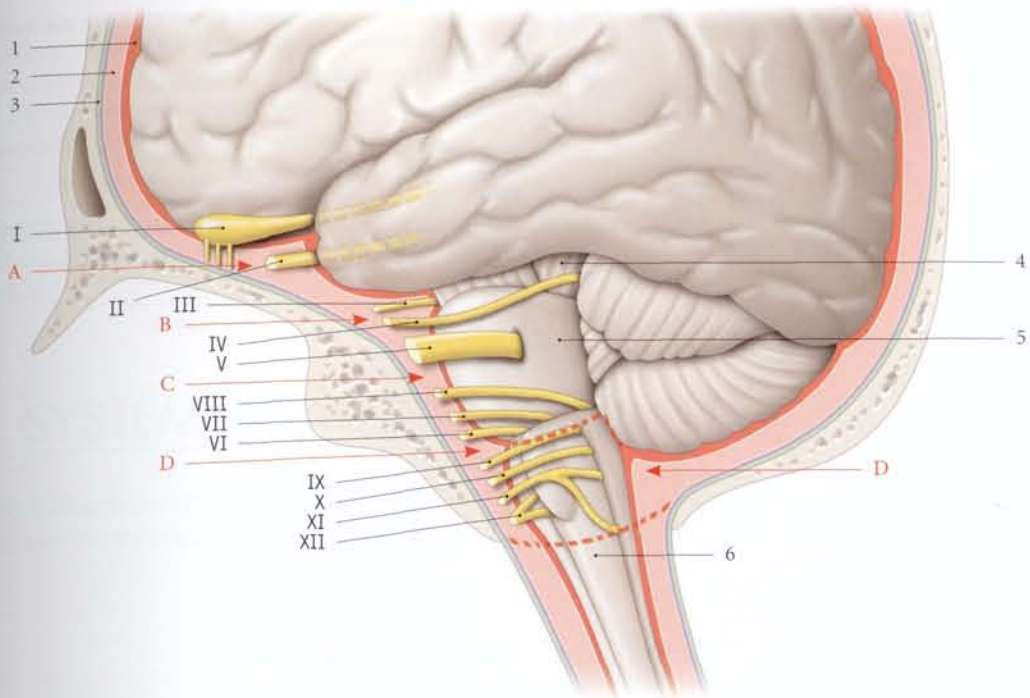


FIG. 5.2. Trajet subarachnoïdien des nerfs crâniens

- | | | |
|---------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| A. citerne chiasmatisque | 1. pie-mère | 4. mésencéphale |
| B. citerne interpédunculaire | 2. espace subarachnoïdien | 5. pont |
| C. citerne ponto-cérébelleuse | 3. arachnoïde et dure-mère | 6. bulbe (moelle allongée) |
| D. citerne cérébello-médullaire | | |

(trajet crânien), pour se diriger vers ses organes cibles (trajet extracrânien).

1 | Le trajet intracrânien

Au cours de ce trajet, chaque nerf, entouré de la pie-mère encéphalique, traverse une citerne de l'espace subarachnoïdien et certains nerfs, le sinus caverneux.

a) La citerne chiasmatisque est traversée par le nerf crânien II.

b) La citerne interpédunculaire, par les nerfs crâniens III et IV.

c) La citerne ponto-cérébelleuse, par les nerfs crâniens V, VI, VII et VIII.

d) La citerne cérébello-médullaire, par les nerfs crâniens IX, X, XI et XII.

e) Le sinus caverneux est traversé par les nerfs crâniens III, IV, VI et V1 (nerf ophtalmique, branche du nerf crânien V) (fig. 5.3).

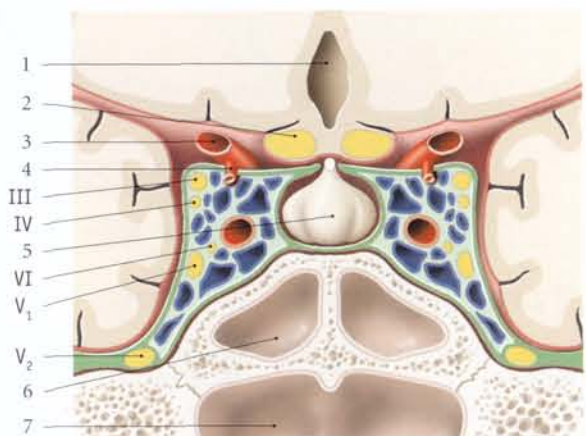


FIG. 5.3. Coupe frontale des sinus caverneux (vue postérieure)

1. 3^e ventricule
2. chiasma optique
3. a. carotide interne
4. a. communicante post.
5. hypophyse
6. sinus sphénoïdal
7. nasopharynx

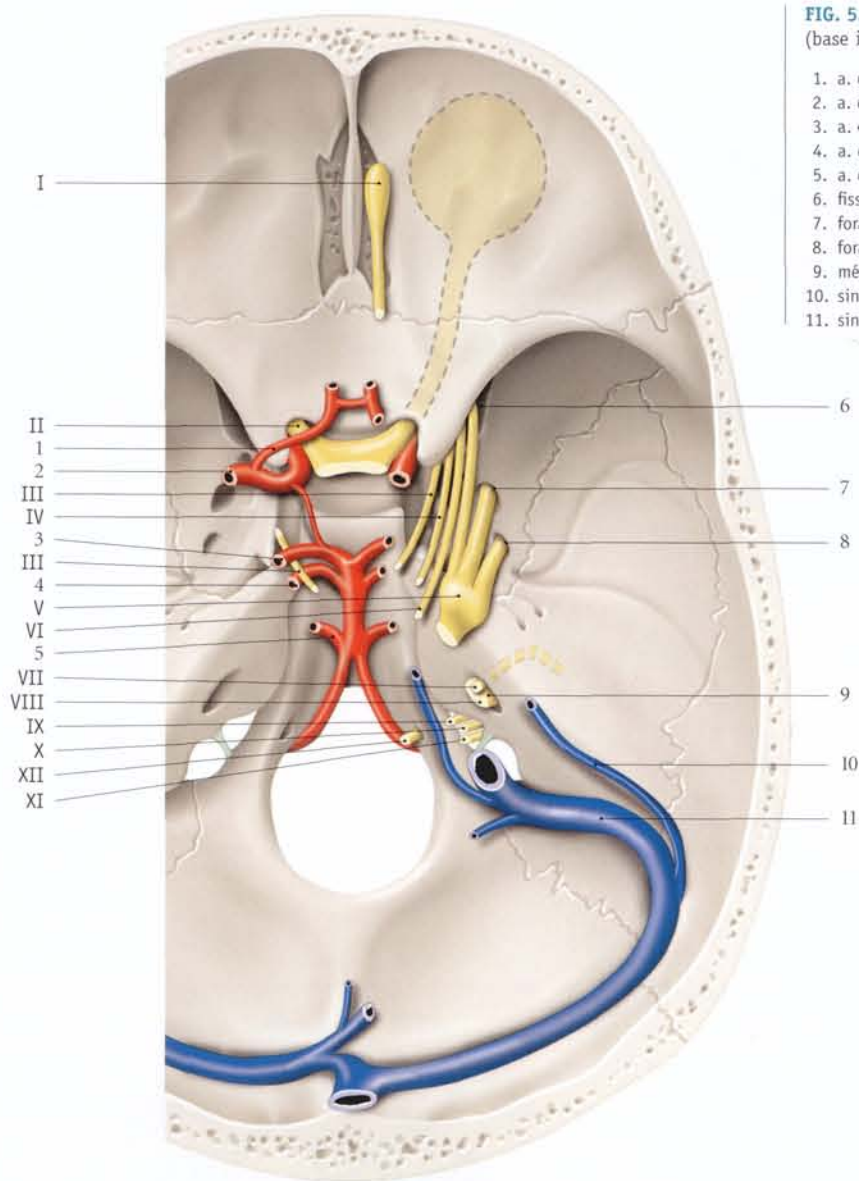


FIG. 5.4. Trajet crânien des nerfs crâniens
(base interne du crâne)

1. a. cérébrale ant.
2. a. cérébrale moyenne
3. a. cérébrale post.
4. a. cérébelleuse sup.
5. a. cérébelleuse antéro-inf.
6. fissure orbitaire sup.
7. foramen rond
8. foramen ovale
9. méat acoustique interne
10. sinus pétreux sup.
11. sinus sigmoïde

2 | Le trajet crânien

Il s'effectue à travers les orifices de la base du crâne (fig. 5.4).

a) Les foramens olfactifs sont traversés par les nerfs crâniens I.

b) Le canal optique, par le nerf crânien II.

c) La fissure orbitaire supérieure, par les nerfs crâniens III, IV, VI et V1 (nerf ophtalmique, branche du nerf crânien V).

d) Le foramen rond, par le nerf crânien V2 (nerf maxillaire, branche du nerf crânien V).

e) Le foramen ovale, par le nerf crânien V3 (nerf mandibulaire, branche du nerf crânien V).

f) Le méat acoustique interne, par les nerfs crâniens VII et VIII.

g) Le foramen jugulaire, par les nerfs crâniens IX, X et XI.

h) Le foramen du nerf hypoglosse, par le nerf crânien XII.

Les passages communs à plusieurs nerfs crâniens expliquent la compression simultanée de ces nerfs par des tumeurs ou des anévrismes, ce qui se traduit par des syndromes basilaires complexes.

3 | Le trajet extracrânien

Ce trajet est soit facial, soit cervical, voire thoracique et abdominal.

5.3 SYSTÉMATISATION

Chaque nerf présente un centre encéphalique constitué d'un ou plusieurs noyaux crâniens qui représentent

C | BRANCHES D'UN NERF CRÂNIEN

Les branches terminales et collatérales sont destinées aux différentes parties osseuses et molles de la tête et du cou, ainsi qu'aux viscères thoraciques et digestifs.

Les connexions périphériques sont nombreuses et expliquent les fonctions multiples d'un seul nerf.

l'origine des neurofibres motrices ou la terminaison des neurofibres sensitives ou sensorielles (fig. 5.5).

FIG. 5.5. Noyau des nerfs crâniens : coupe sagittale médiane du tronc cérébral (d'après Braus et Elze)

En rouge : noyaux somatiques
En bleu : noyaux sensitifs
En jaune : noyaux parasymphiques

1. noyau rouge
2. noyau du n. oculo-moteur accessoire
3. noyau du n. oculo-moteur (III)
4. noyau mésencéphalique du n. V
5. noyau du n. trochléaire (IV)
6. noyau pontique du n. V
7. noyau moteur du n. V
8. noyau du n. abducens (VI)
9. noyau du n. facial (VII)
10. tractus solitaire
11. noyau salivaire sup.
12. noyau salivaire inf.
13. noyau ambigu
14. noyau olivaire inf.
15. noyau dorsal du n. X
16. noyau du n. hypoglosse (XII)
17. noyau spinal du n. V
18. noyau spinal du n. XI
19. canal central de la moelle spinale
20. racine sensitive du V
21. racine motrice du V

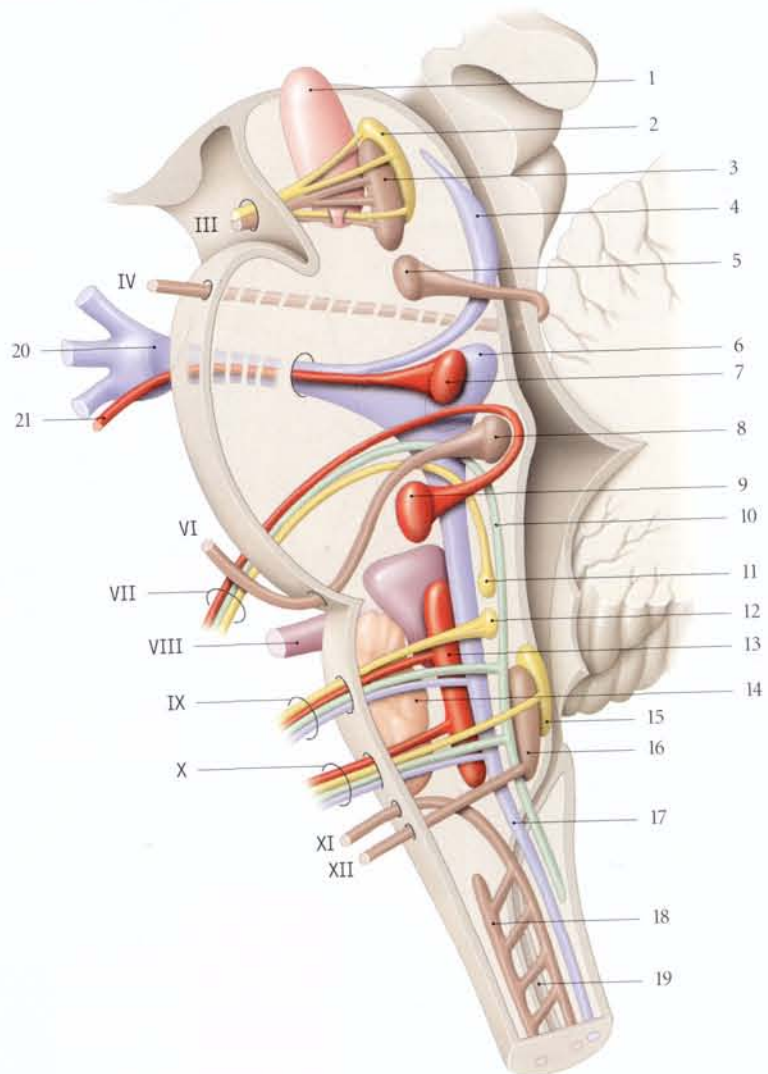
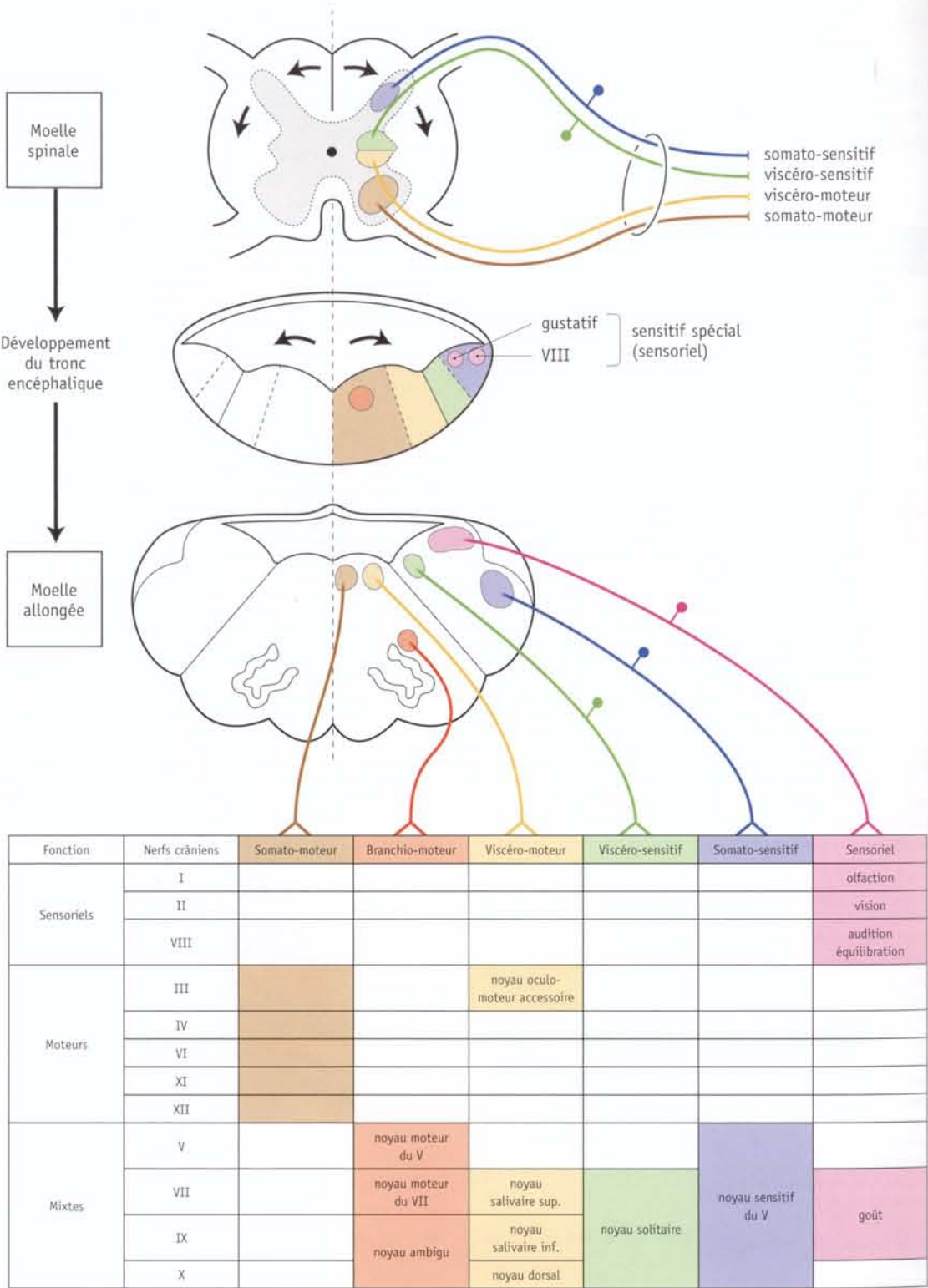


FIG. 5.6. Correspondances topographiques fonctionnelles des noyaux des nerfs crâniens



Les noyaux des nerfs crâniens sont en connexion entre eux, établissant ainsi des circuits réflexes et une synergie fonctionnelle. Ces noyaux se disposent dans le tronc cérébral en colonnes qui sont, en partant du plan sagittal médian vers l'extérieur :

- la *colonne somato-motrice somitique*, formée des noyaux des nerfs crâniens III, IV, VI, XII;
- la *colonne somato-motrice branchiale*, formée des noyaux des nerfs crâniens V, VII, IX, X et XI;

- la *colonne viscéro-motrice*, formée des noyaux des nerfs crâniens III, VII, IX et X;
- la *colonne viscéro-sensible*, formée des noyaux des nerfs crâniens IX et X;
- la *colonne viscéro-sensorielle*, formée des noyaux affectés au goût (nerfs crâniens VII, IX et X), à l'équilibre et à l'audition (nerf crânien VIII);
- la *colonne somato-sensible*, formée du noyau du nerf crânien V (sensibilité extéroceptive) (fig. 5.6).

5.4 ORGANOGÉNÈSE ¹

Au cours de la 4^e semaine du développement, s'identifient sur l'encéphale primitif des sillons peu marqués qui limitent des segments métamériques, les *neuromères*. On compte :

- pour le prosencéphale, 2 neuromères;
- pour le mésencéphale, 2 neuromères;
- pour le rhombencéphale, 8 neuromères ou rhombomères (fig. 5.7).

Simultanément se développent les noyaux des nerfs crâniens à partir des lames dorsales et ventrales du

rhombencéphale, excepté les nerfs olfactifs (I) et le nerf optique (II).

- Dans le mésencéphale naît le nerf oculomoteur (III).
- Dans le métencéphale naissent :
 - le nerf trochléaire (IV), dont l'origine sera déplacée dans le mésencéphale;
 - le nerf trijumeau (V);
 - le nerf abducens (VI);

1. Voir Tome 2 et Chapitre 23.

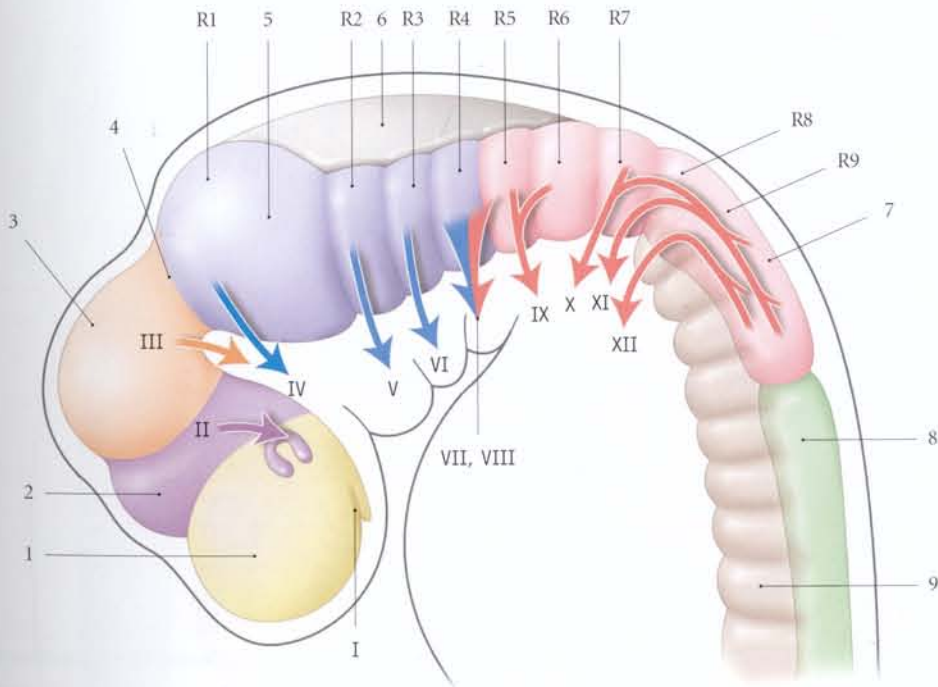


FIG. 5.7. Rhombomères et origine des nerfs crâniens (embryon de 4 semaines – schématique)

R1 à R9. rhombomères

1. prosencéphale
2. diencéphale

3. mésencéphale
4. isthme de l'encéphale
5. métencéphale
6. toit du 4^e ventricule

7. myélencéphale
8. moelle spinale
9. somites

- le nerf facial (VII);
- le nerf vestibulo-cochléaire (VIII).
- Dans le myélencéphale naissent :
 - le nerf glosso-pharyngien (IX);
 - le nerf vague (X);
 - le nerf accessoire (XI);
 - le nerf hypoglosse (XII).

A | NEUROFIBRES SENSORIELLES

1 | Les neurones olfactifs (I)

Ils naissent de l'épithélium des placodes olfactives et émettent leurs axones vers le bulbe olfactif, d'origine prosencéphalique (voir Tome 2).

2 | Les neurones optiques (II)

Ils naissent de la cupule optique, d'origine diencéphalique. Ils envoient leurs axones dans le pédoncule optique (voir Tome 2).

3 | Les neurones vestibulo-cochléaires (VIII)

Ils procèdent des cellules de la crête neurale proche de la vésicule otique², d'origine épiblastique. Ils émettent

des neurofibres vers la vésicule otique et vers la jonction métencéphalo-myéncéphalique (voir Tome 2).

B | NEUROFIBRES MOTRICES

Elles se développent en direction des myotomes des somites crâniens (fig. 5.8).

1 | Les myotomes des somites préchordaux

Ils sont destinés à l'œil.

Le somite préchordal 1 est innervé par le nerf oculomoteur (III), le somite préchordal 2 par le nerf trochléaire (IV), et le somite préchordal 3, par le nerf abducens (VI).

2 | Les myotomes des somites occipitaux

Ils sont destinés à la langue. Ils sont innervés par les nerfs branchiaux correspondants :

- le nerf trijumeau (V) innerve les muscles du 1^{er} arc branchial;
- le nerf facial (VI), les muscles du 2^e arc branchial;

2. Syn. : otocyste.

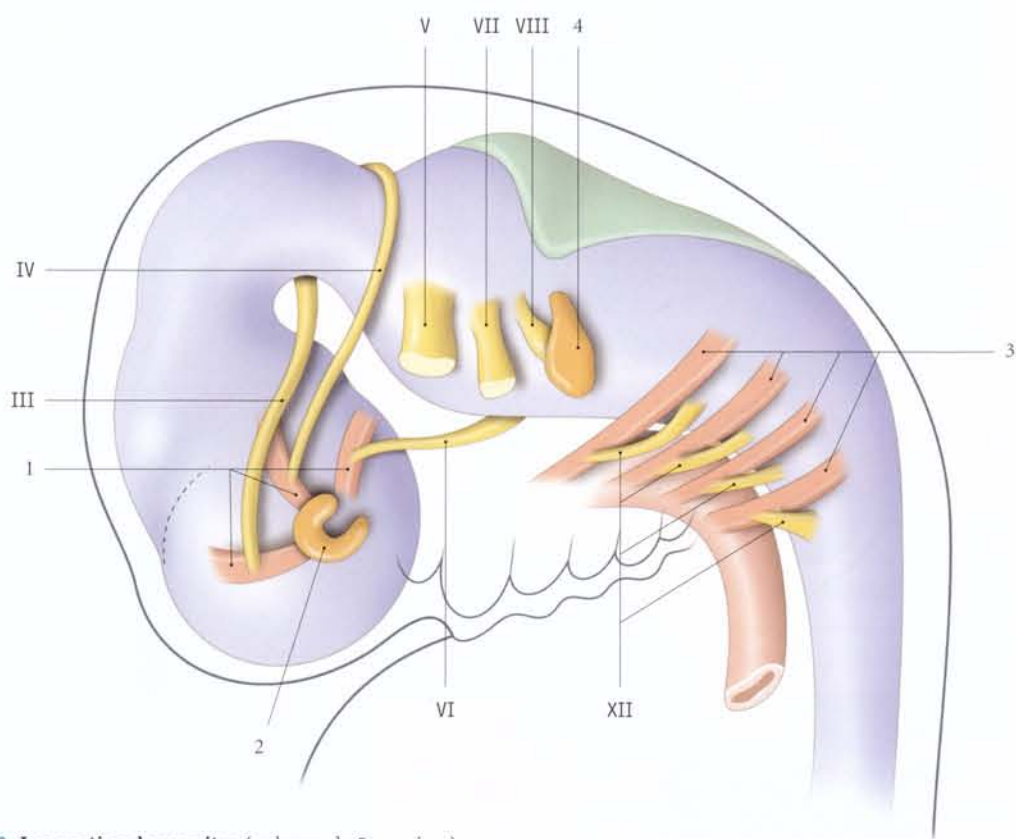


FIG. 5.8. Innervation des somites (embryon de 5 semaines)

1. somites pré-optiques

2. cupule optique

3. somites occipitaux

4. vésicule otique

- le nerf glosso-pharyngien (IX), les muscles du 3^e arc branchial;
- le nerf vague (X), les muscles du 4^e arc branchial;
- le nerf accessoire (XI), les muscles du 6^e arc branchial.

C | NEUROFIBRES SENSITIVES (fig. 5.9)

Elles dérivent de la partie encéphalique de la crête neurale qui se divise en quatre ébauches ganglionnaires, trigéminal, acoustico-faciale, glosso-pharyngienne et vagale.

À ces ébauches s'intègrent des cellules ectodermiques des placodes pour former les ganglions définitifs, sièges des péricaryons.

Les prolongements centraux des neuroblastes rejoignent l'encéphale primitif, et les prolongements périphériques l'organe cible.

1 | L'ébauche trigéminal

Elle se divise en trois digitations : le nerf ophtalmique (V_1), pour l'œil, le nerf maxillaire (V_2), pour la proéminence maxillaire, et le nerf mandibulaire (V_3), pour la proéminence mandibulaire³.

2 | L'ébauche acoustico-faciale

Elle est à l'origine des ganglions spiral, vestibulaire et géniculé.

3 | L'ébauche glosso-pharyngienne

Elle donne les ganglions du nerf glosso-pharyngien (IX).

4 | L'ébauche vagale

Elle donne les ganglions du nerf vague (X).

3. Ces proéminences dérivent du 1^{er} arc branchial.

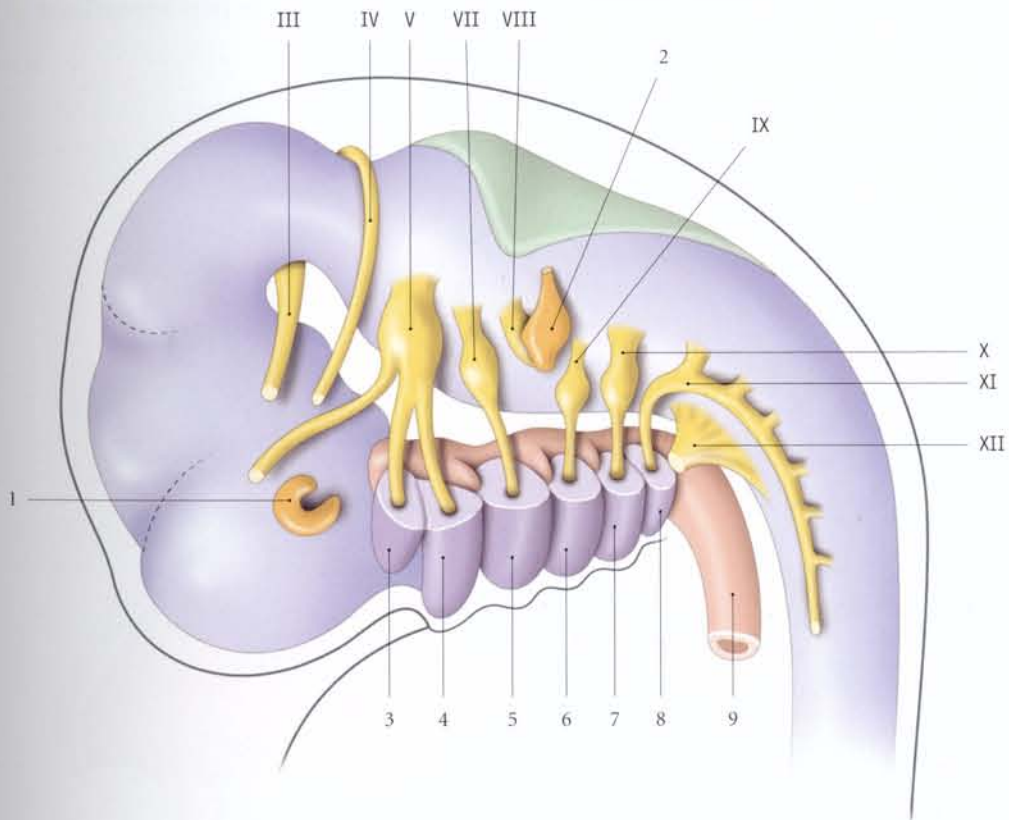


FIG. 5.9. Innervation des arcs branchiaux (embryon de 4 semaines)

- | | | |
|---------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| 1. cupule optique | 4. proéminence mandibulaire | 7. 4 ^e arc branchial |
| 2. vésicule otique | 5. 2 ^e arc branchial | 8. 6 ^e arc branchial |
| 3. proéminence maxillaire | 6. 3 ^e arc branchial | 9. préentéron |

6

Nerfs olfactifs (I) Voies olfactives

Les nerfs olfactifs sont des nerfs sensoriels véhiculant l'influx olfactif.
Les voies olfactives sont solidaires du système limbique (fig. 6.1).

Leur atteinte se manifeste soit par la perte de l'odorat (anosmie), soit par sa diminution (hyposmie), soit encore par son altération (cacosmie). Les atteintes de l'odorat altèrent le goût.

Du point de vue phylogénétique, l'olfaction est morphologiquement un organe archaïque. Cependant, malgré la supériorité de certaines espèces animales, cette fonction n'est pas en régression, contrairement aux conceptions de Freud. Ce dernier avait en effet conclu que l'homme était devenu un être social en refoulant son odorat.

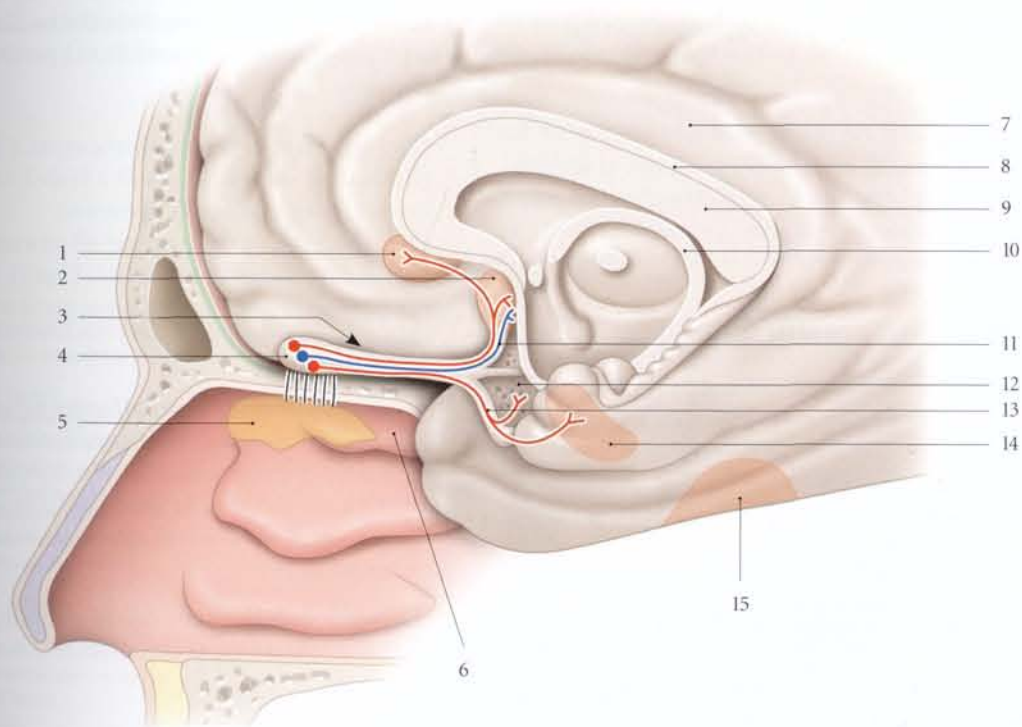


FIG. 6.1. Région et voies olfactives

En bleu : nerfs terminaux
En rouge : axone des cellules
mitrales

1. aire subcallosale

2. septum précommissural

3. tractus olfactif

4. bulbe olfactif

5. région olfactive

6. cornet nasal sup.

7. gyrus du cingulum

8. indusium griséum

9. corps calleux

10. fornix

11. strie olfactive médiale

12. substance perforée ant.

13. strie olfactive latérale

14. région prépiriforme

15. aire entorhinal

6.1 ANATOMIE DESCRIPTIVE

Chaque nerf olfactif est constitué d'un faisceau d'axones myélinisés correspondant chacun au prolongement central d'une cellule neurosensorielle olfactive ou neurone olfactif.

A | ORIGINE

Chaque nerf olfactif naît de la face inférieure du bulbe olfactif disposé dans la gouttière olfactive.

B | TRAJET – RAPPORTS

Les nerfs olfactifs cheminent dans le cavum subarachnoïdien.

Entourés de la pie-mère, ils traversent les foramens de la lame criblée (fig. 6.2).

L'atteinte des nerfs olfactifs à ce niveau est le plus souvent due à une fracture de l'étage antérieur de la base du crâne ou au développement d'un méningiome olfactif.

Le bulbe olfactif est cotoyé médialement par un fin plexus nerveux, les *nerfs terminaux*. Ceux-ci se distribuent en périphérie avec les nerfs olfactifs et traversent la substance perforée antérieure. Ces nerfs auraient une fonction autonome.

C | BRANCHES TERMINALES

Les nerfs olfactifs se terminent dans la *muqueuse olfactive*¹ qui occupe une petite surface du toit des fosses nasales. Ils se répartissent en deux groupes.

1 | Les nerfs olfactifs latéraux (12 à 20) se disposent sur le cornet nasal supérieur.

2 | Les nerfs olfactifs médiaux (12 à 16) descendent sur le septum nasal.

Chez l'embryon, un de ces nerfs médiaux, le *nerf voméro-nasal*, descend obliquement en avant dans le canal incisif, sur l'*organe voméro-nasal*². Cette structure est transitoire chez l'homme.

D | MUQUEUSE OLFACTIVE

La surface de l'épithélium olfactif est d'environ 10 cm² pour un homme de 70 kg.

La supériorité de l'olfaction de certaines espèces animales sur l'homme tient en partie à l'importance de cette surface (par exemple, elle est de 20 cm² pour un chat de 3 kg).

La muqueuse olfactive est constituée de l'épithélium olfactif et d'une lamina propria.

1 | Épithélium olfactif

C'est un épithélium prismatique pseudo-stratifié composé de cellules neurosensorielles olfactives, sustentaculaires et basales (fig. 6.3).

a) La cellule neurosensorielle olfactive est un neurone bipolaire, à noyau sphérique basal. Sa dendrite se termine à la surface de l'épithélium par une dilatation, le bulbe dendritique, recouvert de 6 à 8 cils olfactifs qui contiennent des récepteurs odorifères. L'axone se dirige en profondeur pour se terminer dans le bulbe olfactif.

Leur nombre est d'environ 10 millions. Ces cellules réceptrices olfactives se renouvellent à partir des cellules basales.

Chez la souris, ce renouvellement est d'environ 80 000 neurones par jour, soit 1 % de l'ensemble des neurones olfactifs (G. Raisman).

Chez l'homme, on constate par ailleurs une diminution des cellules olfactives avec l'âge (1 % environ par an). Elles sont remplacées par des cellules ciliées de type respiratoire.

b) La cellule sustentaculaire olfactive est une étroite cellule prismatique avec des microvillosités sur sa face libre. Celles-ci sont connectées avec les cils olfactifs. Elle est en contact avec la lame basale et assure des échanges métaboliques. Son cytoplasme contient un pigment jaunâtre.

c) La cellule basale est une cellule arrondie ou pyramidale non spécialisée, sans contact avec la surface de l'épithélium.

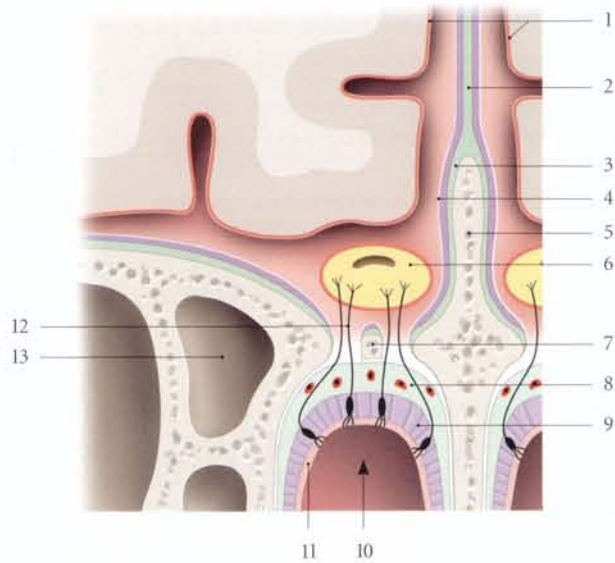
1. Celle-ci contient des pigments jaunâtres, d'où le nom de « tâche jaune » qu'on lui donne parfois (voir Tome 2).

2. Ancien. : **organe de Jacobson**. Chez les mammifères, excepté les cétacés, l'organe voméro-nasal, situé de chaque côté de la partie antérieure du septum nasal, contient des récepteurs de phéromones (ou phéromones). Les phéromones sont des sécrétions odorifères qui jouent un rôle sexuel essentiel en vue de l'accouplement et qui tiennent une place importante dans la délimitation des territoires chez certaines espèces.

Cota N. 37218

FIG. 6.2. Situation du bulbe olfactif droit
(coupe frontale schématique)

1. pie-mère
2. faux cérébrale
3. dure-mère
4. arachnoïde
5. crista galli
6. bulbe olfactif
7. lame criblée de l'ethmoïde
8. lamina propria
9. muqueuse olfactive
10. fosse nasale
11. mucus
12. nn. olfactifs
13. sinus ethmoïdal



2 | Lamina propria

C'est un tissu conjonctif lâche en continuité avec le périoste et qui contient un plexus veineux, des capillaires artériels et lymphatiques, les neurofibres olfactives, des cellules pigmentées, des lymphocytes et les glandes olfactives.

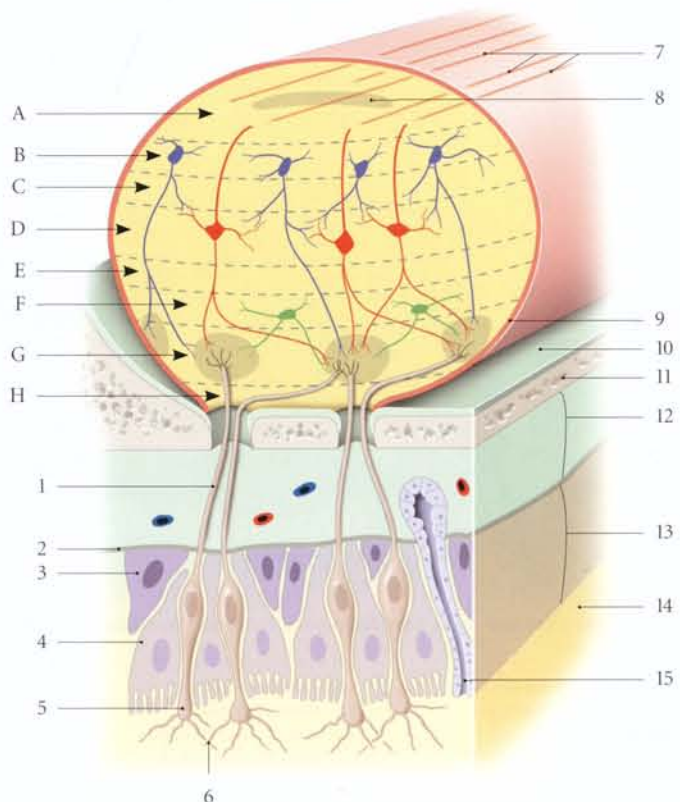
Les *glandes olfactives* sont des glandes tubulo-alvéolaires dont la sécrétion, riche en enzymes, dissout les substances odorifères, à la surface de la muqueuse.

Les *glandes olfactives* sont des glandes tubulo-alvéolaires dont la sécrétion, riche en enzymes, dissout les substances odorifères, à la surface de la muqueuse.

FIG. 6.3. Principales structures du bulbe olfactif et de la muqueuse olfactive

- A. substance blanche
- B. couche granulaire interne
- C. couche plexiforme interne
- D. couche des cellules mitrales
- E. couche plexiforme externe
- F. couche granulaire externe
- G. couche glomérulaire olfactive
- H. couche fibreuse externe

1. neurofibre olfactive
2. lame basale
3. cellule basale
4. cellule sustentaculaire olfactive
5. vésicule olfactive
6. cils olfactifs
7. neurofibres du tractus olfactif
8. lame névrogliale
9. pie-mère
10. arachnoïde et dure-mère
11. lame criblée de l'ethmoïde
12. lamina propria
13. épithélium olfactif
14. mucus
15. glande olfactive



E | BULBE OLFACTIF

Le bulbe olfactif présente un aspect stratifié.

- La couche fibreuse est au contact de la lame criblée.
- La couche glomérulaire olfactive contient les glomérules olfactifs.
- Les couches glomérulaires externe et interne contiennent les péricryons des cellules granulaires externe et interne.
- Les couches plexiformes externe et interne sont traversées par les axones.

- La couche des cellules mitrales contient le péricaryon des cellules mitrales.
- La substance interstitielle renferme les axones myélinisés des cellules mitrales et un tissu neuroglial particulièrement riche en cellules souches.

Des recherches s'appuyant sur ces cellules étudient les possibilités thérapeutiques de ces cellules souches neurogliales contre les affections neuro-dégénératives, telle la maladie de Parkinson.

6.2 VOIES OLFACTIVES

La voie olfactive est constituée :

- d'un premier neurone représenté par les cellules neurosensorielles olfactives;
- d'un deuxième neurone central constitué par une cellule mitrale, dont la neurofibre chemine dans le tractus olfactif avant d'atteindre les aires olfactives.

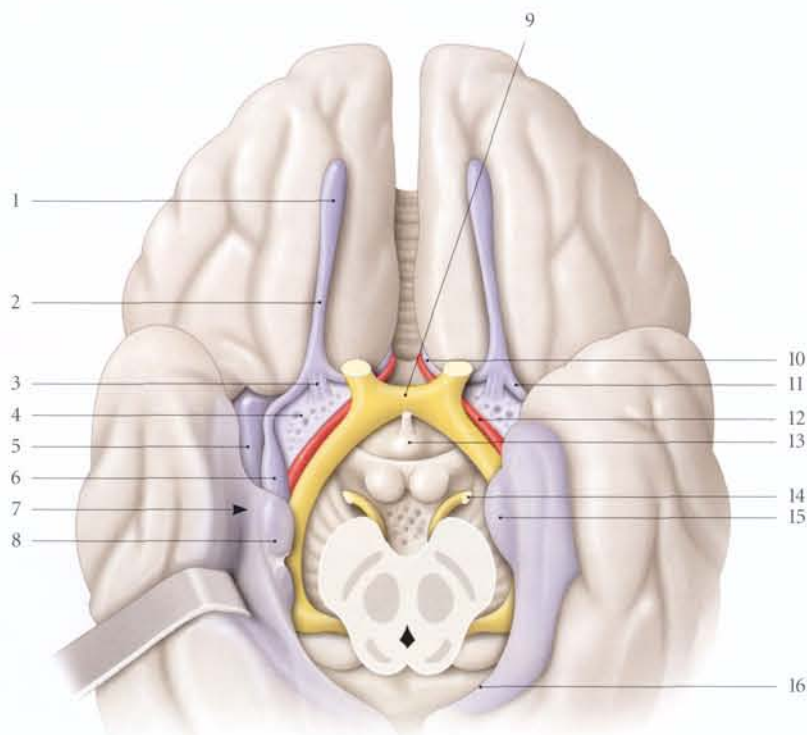


FIG. 6.4. Structures olfactives de la base du cerveau entourant le chiasma optique

- | | | |
|----------------------------|----------------------------------|----------------------------|
| 1. bulbe olfactif | 7. aire entorhinale | 13. tuber cinéreum |
| 2. tractus olfactif | 8. uncus | 14. n. oculomoteur |
| 3. trigone olfactif | 9. chiasma optique | 15. gyrus parahippocampal |
| 4. substance perforée ant. | 10. strie olfactive médiale | 16. sillon de l'hippocampe |
| 5. gyrus ambiens | 11. strie olfactive latérale | |
| 6. gyrus semi-lunaire | 12. bandelette diagonale (Broca) | |

A | TRACTUS OLFACTIF³ (fig. 6.4)

Le tractus olfactif est une étroite bande de 35 mm de longueur, située dans le sillon olfactif à la face inférieure du lobe frontal. Il est constitué d'un axe névroglial vestigial entouré des neurofibres des cellules mitrales. Un petit agrégat de neurones intermédiaires, situé entre les neurofibres, forme le *noyau olfactif antérieur*. En avant de la substance perforée antérieure, le tractus olfactif s'élargit en formant le *trigone olfactif*, qui se divise en stries olfactives médiale, latérale et intermédiaire.

B | CENTRE ENCÉPHALIQUE

Il correspond à la partie olfactive du cerveau ou rhinencéphale (fig. 6.5).

3. Ancien. : bandelette olfactive.

4. Ancien. : aire paraolfactive de Broca.

5. La strie diagonale (de Broca) unit le septum précommissural et l'incus.

1 | La strie olfactive latérale

Ces neurofibres rejoignent l'aire olfactive latérale formée de l'*aire prépiriforme* (aire 51), de l'*aire entorhinale* (aire 28 du cortex du gyrus parahippocampal) et du *corps amygdaloïde*.

Les lésions de l'uncus peuvent être à l'origine d'hallucinations olfactives.

Les tumeurs de la base du lobe frontal peuvent induire des troubles de l'odorat.

2 | La strie olfactive intermédiaire

Elle est inconstante et pénètre la substance perforée antérieure pour rejoindre l'aire olfactive intermédiaire située entre le trigone olfactif et le tractus optique.

3 | La strie olfactive médiale⁴

Ces neurofibres rejoignent l'aire olfactive médiale comprenant : le septum précommissural⁵, l'aire subcallose et le gyrus paraterminal.

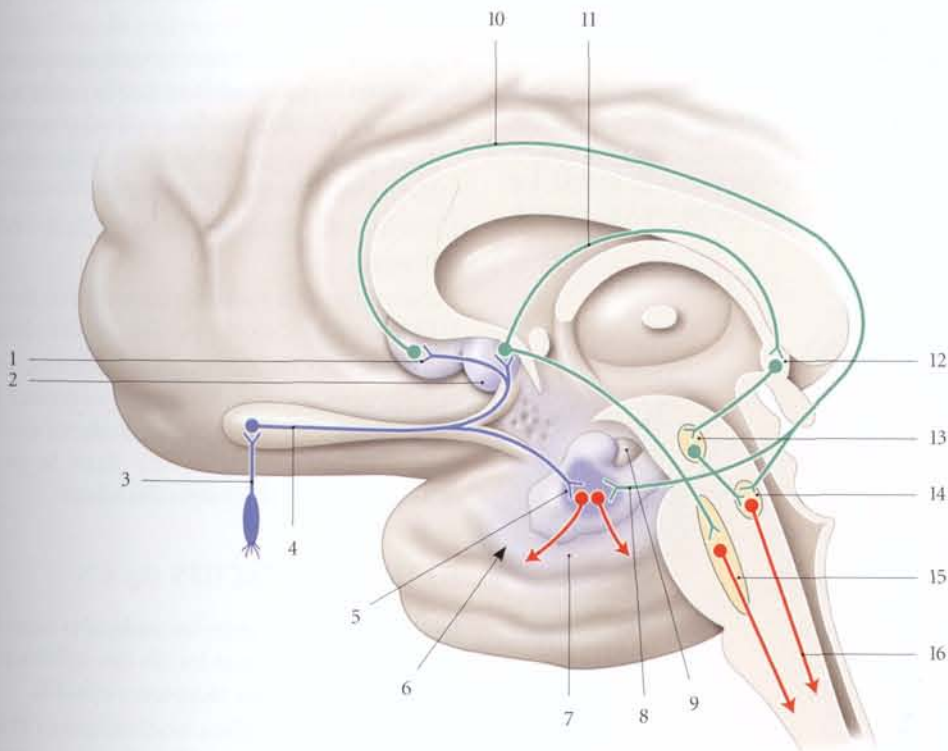


FIG. 6.5. Aires et voies olfactives

1. aire subcallose
2. septum précommissural (noyau septal)
3. neurone olfactif
4. cellule mitrale

5. aire prépiriforme
6. aire entorhinale
7. gyrus parahippocampal
8. hippocampe
9. corps amygdaloïde

10. strie longitudinale
11. strie médullaire thalamique
12. noyau de l'habénula
13. noyau interpédonculaire
14. noyau du tegmentum

15. formation réticulaire
16. faisceau longitudinal dorsal

Les tumeurs basales de la région antérieure du lobe temporal (siège des aires olfactives latérales) provoquent des hallucinations olfactives. Les crises temporales débutent parfois par des auras olfactives.

C | CONNEXIONS ENCÉPHALIQUES

Elles sont complexes et incertaines.

6.3 FONCTION

La connaissance de la fonction olfactive a fait un grand pas grâce aux travaux de Linda B. Buck et Richard Axel (prix Nobel 2004).

Ces chercheurs ont en effet montré les différentes étapes de la détection des odeurs décryptées à l'échelon génétique et moléculaire.

Les réactions comportementales et émotionnelles originellement associées au diencephale sont relayées par le système limbique.

A | STIMULUS OLFACTIFS (fig. 6.6)

Chez l'homme, l'olfaction se fait en milieu gazeux. Les molécules odorantes sont véhiculées par l'air respira-

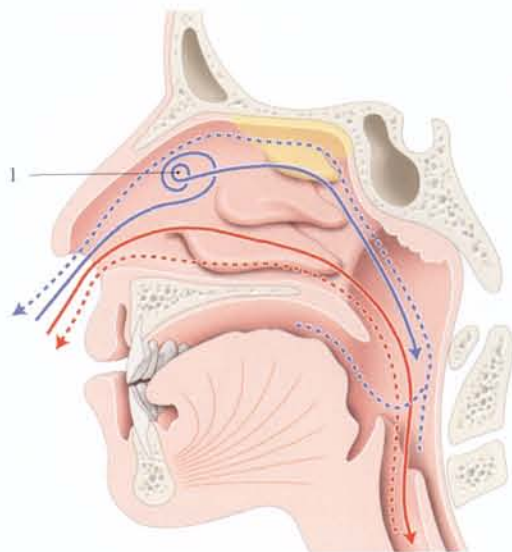


FIG. 6.6. Courants d'air respiratoire (en rouge) et olfactif (en bleu)

1. turbulence de l'aire

toire. En raison de la station érigée, seul l'homme possède une voie olfactive rétronasale, qui majore sa capacité olfactive.

Ainsi s'explique l'association de l'anosmie et de l'aménorrhée de la dysplasie olfacto-génitale ou syndrome de De Morsier-Kallmann.

- *Au cours de l'inspiration*, la partie supérieure du courant d'air est ralentie par une turbulence provoquée par la saillie du cornet nasal moyen. Ce ralentissement favorise l'absorption des molécules odorantes.

- *Au cours de l'expiration*, la majeure partie de l'air parcourt la partie inférieure de la cavité nasale.

- *Au cours de la déglutition*, un peu de l'air expiré passe par la région olfactive et transmet ainsi des particules odorantes alimentaires.

L'homme peut distinguer entre 2 000 et 4 000 odeurs différentes.

L'absorption de la molécule odorante est favorisée par le film muqueux, sécrété par les glandes olfactives.

Le contact des molécules odorantes avec les cils des cellules neurosensorielles donne naissance à l'influx nerveux qui transmet le message olfactif aux aires corticales olfactives impliquées dans la perception consciente et discriminative des odeurs.

B | INFLUX OLFACTIFS (fig. 6.7)

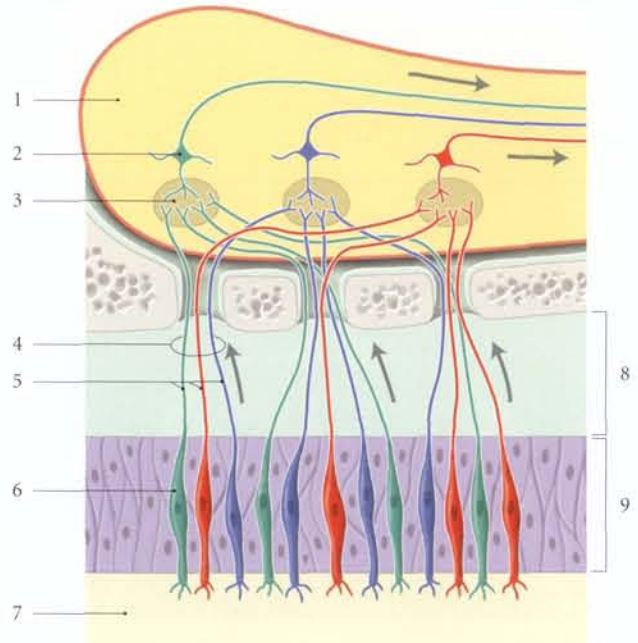
Le contact s'établit entre les molécules odorantes dissoutes dans le mucus et les cils des cellules neurosensorielles, porteurs des récepteurs olfactifs.

Une cascade de réactions biochimiques s'établit entre la molécule odorante et les récepteurs, provoquant l'ouverture d'un canal ionique. Les récepteurs sensibles aux molécules odorantes ont la propriété d'amplifier le phénomène.

La cellule olfactive peut alors se dépolariser et émettre une information électrique. Cet influx se projette vers

FIG. 6.7. Distribution fonctionnelle des cellules olfactives et des influx sensoriels

1. bulbe olfactif
2. cellule mitrale
3. glomérule olfactif
4. n. olfactif
5. axones olfactifs
6. cellule neurosensorielle olfactive
7. mucus et molécules odorantes
8. lamina propria
9. muqueuse olfactive



les aires olfactives du paléocortex, impliquées dans la perception consciente et discriminative des odeurs. Chez l'homme, l'olfaction dépend de 300 gènes, soit 1 % du génome humain. Chaque gène répond à une molécule odorante spécifique.

La perception des odeurs correspond à l'association de plusieurs molécules (200 pour la rose, par exemple).

Il n'existe pas de véritable regroupement topographique des informations olfactives au niveau de l'épithélium. En effet, la distribution des cellules olfactives de fonction identique est aléatoire.

Cependant, les neurones sensibles aux mêmes molécules odorantes convergent dans le même relais synaptique sensoriel, où ils forment une entité fonctionnelle.

7

Nerf optique (II) Voies optiques

Le nerf optique est le nerf sensoriel destiné à la vision. Il véhicule les voies visuelles qui s'étendent de la rétine au cortex des lobes occipitaux. Il est constitué des axones des neurones ganglionnaires situés dans la rétine (fig. 7.1).

L'atteinte du nerf optique provoque la perte totale ou partielle de la vision au niveau de l'œil correspondant. Les neuropathies optiques nombreuses et polymorphes sont soit ischémiques, par atteinte artériolaire (artériosclérose, embols...), soit inflammatoires et infectieuses, soit toxiques (alcool, tabac, botulisme...), soit traumatiques, soit démyélinisantes (scléroses en plaques)...



FIG. 7.1. Tomodensitométrie (TDM) de la tête (coupe axiale transversale) (cliché Dr Th. Diesce)

1. bulbe de l'œil
2. n. optique
3. canal optique
4. chiasma optique

7.1 ANATOMIE DESCRIPTIVE

Le nerf optique est long de 40 mm avec un diamètre de 4 mm. Il est formé de 1 200 000 axones myélinisés. La gaine de myéline apparaît quand les axones quittent la lame criblée de la sclère. Cette myélinisation est assurée par des oligodendrocytes (fig. 7.2).

Les axones du nerf optique n'étant pas accompagnés de neurolemmocytes comme les nerfs périphériques, le nerf optique n'est donc pas capable de se régénérer.

A | ORIGINE (fig. 7.3)

Le nerf optique se détache de l'angle antéro-latéral du *chiasma optique*. Celui-ci forme une lame quadrilatère allongée transversalement, située en avant du pédoncule hypophysaire sur la partie antérieure du diaphragme de la selle turcique. De ses angles postéro-latéraux partent les tractus optiques.

B | TRAJET – RAPPORTS

1 | Dans la fosse crânienne moyenne

Le nerf optique chemine en avant et latéralement dans la citerne chiasmatique, et répond :

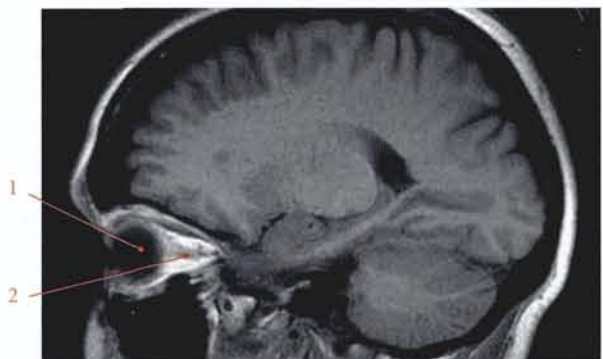


FIG. 7.2. Imagerie par résonance magnétique (IRM) de la tête (coupe parasagittale) (cliché Dr Th. Diesce)

1. bulbe de l'œil
2. n. optique

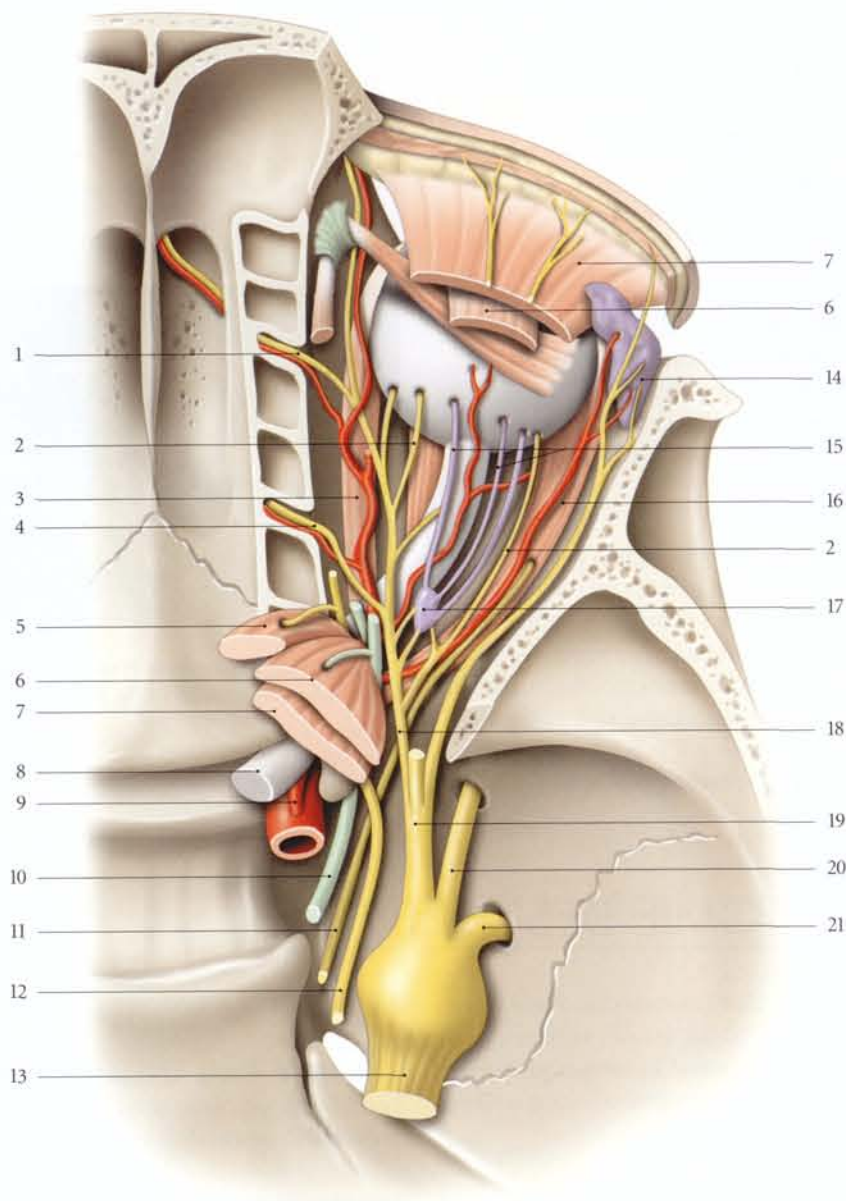


FIG. 7.3. Nerfs de l'orbite (vue supérieure)

- | | | | |
|-----------------------|------------------------------------|--------------------------|-------------------------------|
| 1. n. ethmoïdal ant. | 7. m. releveur de la paupière sup. | 13. n. trijumeau | 19. n. ophtalmique (V_1) |
| 2. n. ciliaire long | 8. n. optique | 14. glande lacrymale | 20. n. maxillaire (V_2) |
| 3. m. droit médial | 9. a. ophtalmique | 15. nn. ciliaires courts | 21. n. mandibulaire (V_3) |
| 4. n. ethmoïdal post. | 10. n. oculomoteur | 16. m. droit latéral | |
| 5. m. oblique sup. | 11. n. abducens | 17. ganglion ciliaire | |
| 6. m. droit sup. | 12. n. trochléaire | 18. n. naso-ciliaire | |

a) En bas, à la partie antérieure du diaphragme de la selle, puis à la gouttière optique. L'artère ophtalmique lui est sous-jacente.

b) En haut, à l'artère cérébrale antérieure et sa veine, à la substance perforée antérieure et aux stries olfactives.

c) Latéralement, à l'artère carotide interne, qui le sépare du processus clinéoïde antérieur.

2 | Dans le canal optique

Le nerf optique entouré des méninges est accompagné de l'artère ophtalmique qui est inféro-latérale.

Les fractures de l'étage antérieur de la base du crâne peuvent atteindre le nerf optique et provoquer une amaurose unilatérale.

3 | Dans l'orbite

Le nerf optique est légèrement convexe latéralement et occupe l'axe du cône musculo-facial du bulbe, au milieu du corps adipeux de l'orbite. Il est enveloppé par trois gaines, prolongement des méninges.

a) *L'artère ophtalmique* contourne sa face latérale pour devenir supérieure; les artères ciliaires postérieures l'entourent.

b) *Les veines ophtalmiques* supérieure et inférieure côtoient ses faces homonymes.

c) *Les nerfs ciliaires longs* longent ses faces médiale et latérale.

d) *Le ganglion ciliaire* est situé sur sa face latérale.

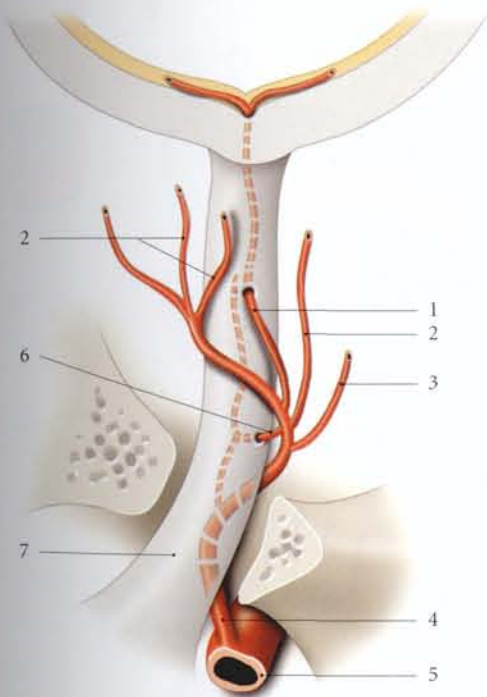


FIG. 7.4. Artère centrale de la rétine

1. a. centrale de la rétine
2. aa. ciliaires courtes post.
3. a. lacrymale
4. a. ophtalmique
5. a. carotide interne
6. a. postcentrale
7. n. optique

4 | Partie oculaire

Le nerf optique pénètre le bulbe de l'œil en dedans (3 mm) et en dessous (1 mm) du pôle postérieur de l'œil.

Les neurofibres se dépouillent de leur gaine de myéline dans la partie intralaminaire, située dans la lame criblée de la sclère.

C | VASCULARISATION (fig. 7.4 et 7.5)

1 | Les artères

La vascularisation artérielle est assurée par un réseau superficiel pial dérivant des artères ciliaires courtes postérieures et par un réseau axial formé de l'artère centrale de la rétine.

2 | Les veines

Elles se drainent dans la veine centrale de la rétine qui rejoint le sinus caverneux.

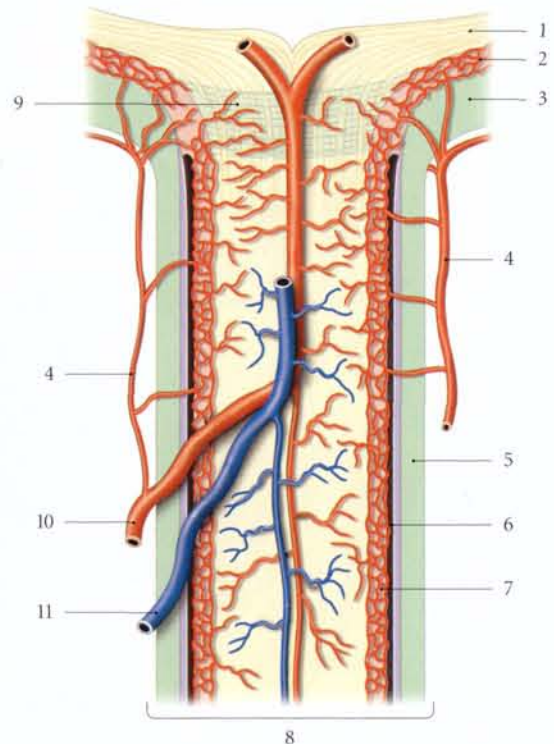


FIG. 7.5. Vascularisation du nerf optique (coupe longitudinale)

- | | |
|-----------------------------|------------------------------|
| 1. rétine | 7. plexus pial |
| 2. choroïde | 8. n. optique |
| 3. sclère | 9. lame criblée de la sclère |
| 4. a. ciliaire courte post. | 10. a. centrale de la rétine |
| 5. dure-mère | 11. v. ophtalmique |
| 6. arachnoïde | |

7.2 SYSTÉMATISATION

A | RÉCEPTEUR OPTIQUE (fig. 7.6)

Le récepteur optique est constitué par la *partie optique de la rétine*, sensible à la lumière. Celle-ci contient les premiers neurones de la voie optique représentés par les épithéliocytes coniformes (cônes) et bacilliformes (bâtonnets).

Ces cellules photoréceptrices, au nombre de 126 millions environ, enregistrent l'impact des photons grâce à leurs pigments ou *opsine*¹.

1. Ou pourpre rétinien.

Les *épithéliocytes coniformes* sont spécialisés dans la vision précise des formes.

Les *épithéliocytes bacilliformes* réagissent à une lumière faible (vision crépusculaire).

La conversion de la lumière en sensation colorée implique au minimum trois récepteurs photochimiques. L'œil normal perçoit trois couleurs primaires (rouge, bleu et vert), correspondantes aux ondes longues, courtes et moyennes. Leurs mélanges appropriés reconstituent le blanc et les autres couleurs.

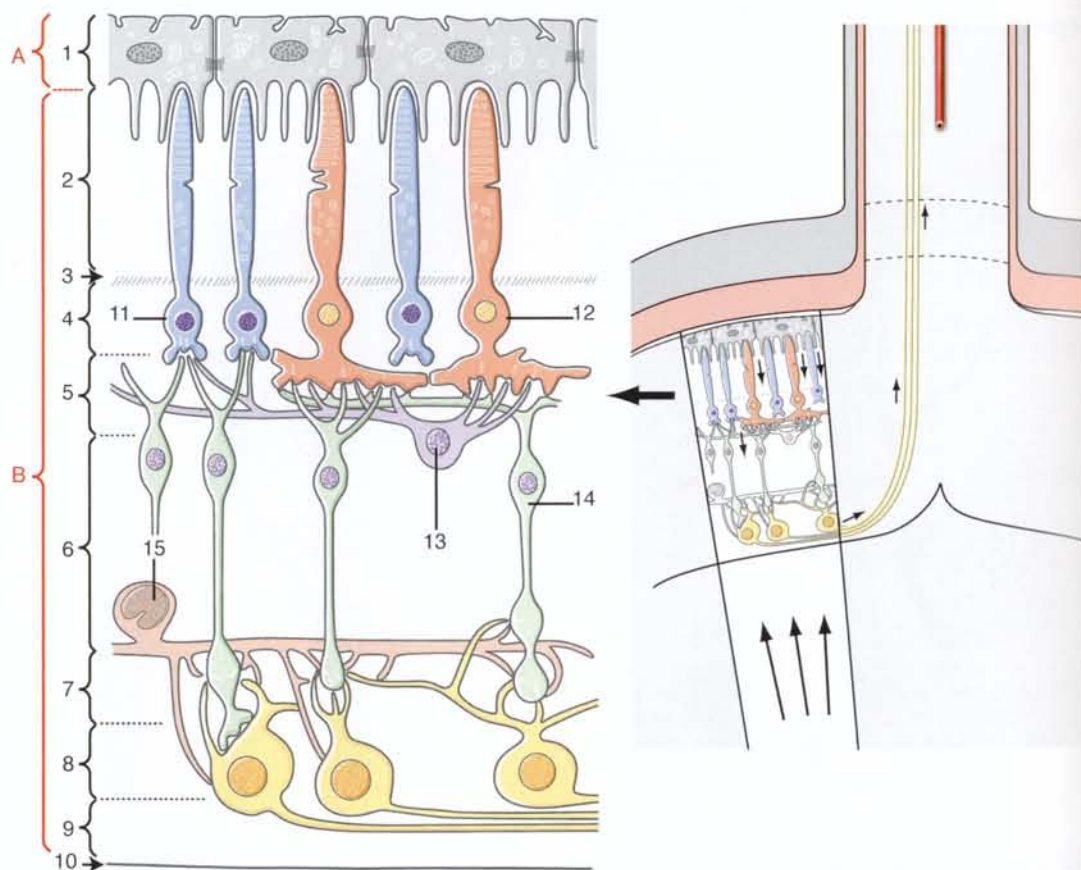


FIG. 7.6. Récepteurs optiques – Organisation schématique de la rétine

Cartouche : trajet de l'influx sensoriel

A. couche pigmentaire
B. couche nerveuse

1. cellules pigmentaires
2. couche photosensorielle
3. couche limitante externe
4. couche nucléaire externe
5. couche plexiforme externe
6. couche nucléaire interne
7. couche plexiforme interne
8. couche ganglionnaire
9. couche des neurofibres
10. couche limitante interne

11. épithéliocyte bacilliforme
12. épithéliocyte coniforme
13. neurone horizontal
14. neurone bipolaire
15. neurone amacrine

Le daltonisme est une anomalie héréditaire de la vision des couleurs ; il s'agit souvent de la confusion du rouge et du vert.

B | CENTRES ENCÉPHALIQUES

Le cerveau décrypte ce que les yeux voient, mais ne distinguent pas. Il établit une vision tridimensionnelle en fusionnant les informations visuelles des deux yeux (fig. 7.7).

1 | Les noyaux visuels

Ils sont situés dans le colliculus supérieur et dans le corps géniculé latéral.

2 | L'aire visuelle

L'étendue du cortex cérébral, impliquée dans la fonction visuelle, est importante.

Les aires visuelles² sont situées de chaque côté du sillon calcarin.

a) L'aire visuelle primaire (V1 ou aire 17)

(fig. 7.8)

Elle recueille les afférences des noyaux visuels.

La macula correspond au cortex entourant le fond du sillon calcarin.

2. Ancien : aire striée en raison de la présence de petits faisceaux de neurofibres blanchâtres parallèles à la surface (ou lignes de Gennari).

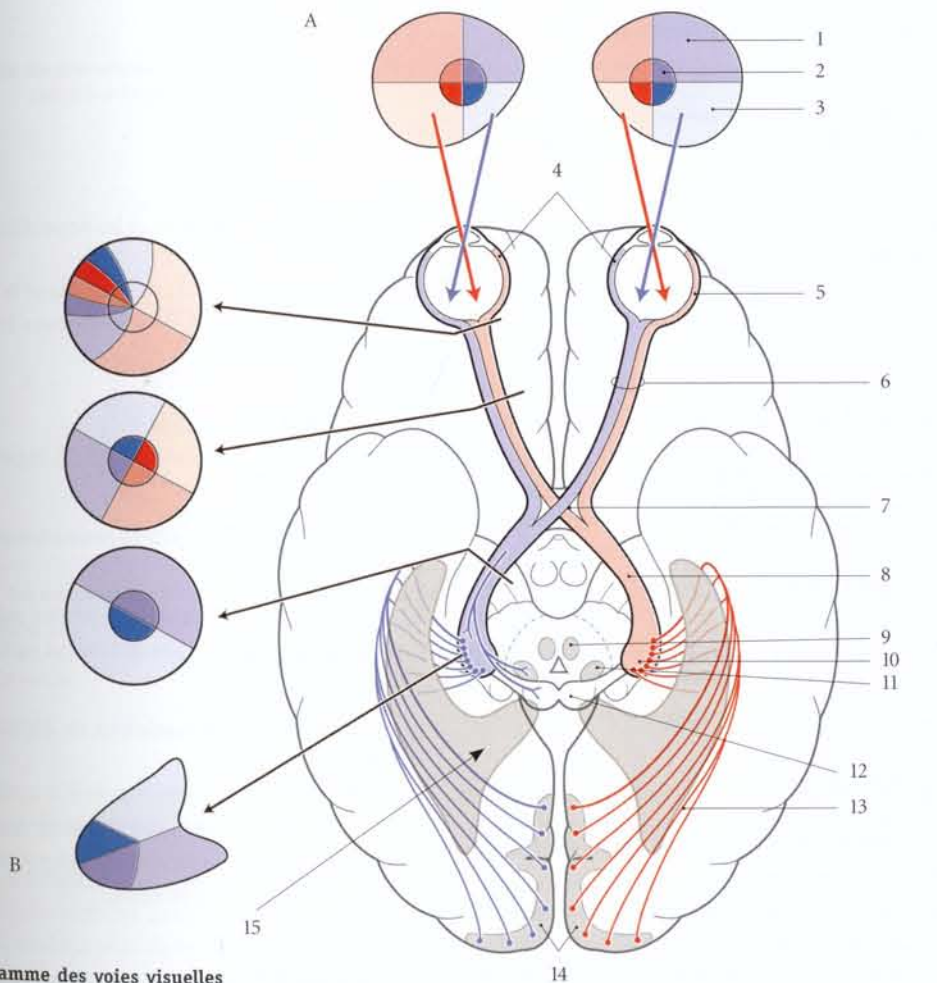


FIG. 7.7. Diagramme des voies visuelles

A. champs visuels monoculaires
B. situation des neurofibres
(coupe transversale axiale)

1. quadrant sup.
2. aire maculaire
3. quadrant inf.
4. rétine nasale
5. rétine temporale

6. n. optique
7. chiasma optique
8. tractus optique
9. noyau oculomoteur accessoire
10. corps géniculé latéral
11. noyau prétectal
12. colliculus sup.
13. radiations optiques
14. cortex visuel
15. ventricule latéral

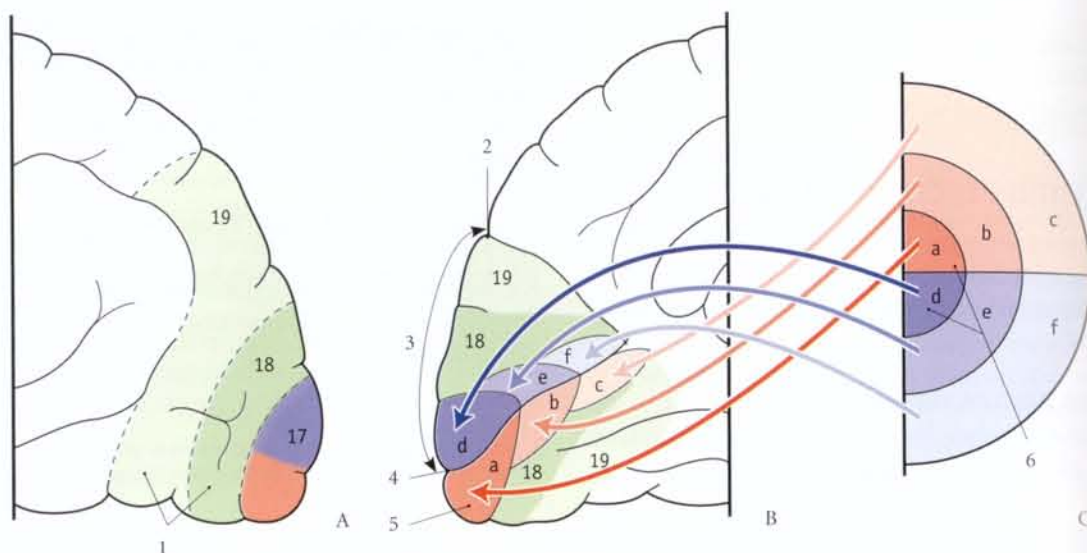


FIG. 7.8. Aires visuelles de l'hémisphère cérébral gauche

- A. vue latérale
B. vue médiale
C. champ visuel droit et sa projection dans les aires visuelles principales gauches
1. aire visuelle secondaire (en violet)
2. sillon pariéto-occipital
3. cunéus
4. sillon calcarin
5. gyrus occipito-temporal médial (aire visuelle infracalcarine)
6. macula

La moitié supérieure de la rétine correspond à l'aire supracalcarine.

La moitié inférieure de la rétine correspond à l'aire infracalcarine.

b) Les aires visuelles secondaires ou associatives (V2)

Elles cernent les aires visuelles primaires et correspondent aux aires corticales 18 et 19.

Elles reçoivent des afférences de l'aire visuelle primaire.

Les aires visuelles secondaires se projettent vers de nombreux centres corticaux impliqués dans la fonction visuelle tels le cortex temporal inférieur (perception des formes et des couleurs), le cortex temporal médial (mouvements spécifiques), le cortex pariétal (mouvements généraux) et le cortex frontal (aire 8 : interprétation et discrimination optiques).

C | VOIES OPTIQUES

Les neurones ganglionnaires de la rétine constituent le 2^e neurone de la voie optique.

Ses neurofibres traversent la papille du nerf optique et la lame criblée, puis parcourent le chiasma optique et le tractus optique, avant d'atteindre les noyaux visuels.

1 | La papille du nerf optique

Les neurofibres maculaires occupent la partie latérale de la papille du nerf optique, les neurofibres tempora-

les, la partie intermédiaire, et les neurofibres nasales, la partie médiale.

Les neurofibres supérieures occupent la partie supérieure de la papille et les neurofibres inférieures, la partie inférieure.

2 | Le chiasma optique

Dans le chiasma optique, environ 60 % des neurofibres décussent.

a) Les neurofibres issues de la rétine temporale restent homolatérales.

b) Les neurofibres issues de la rétine nasale s'entrecroisent pour passer dans le tractus optique controlatéral.

c) Les **neurofibres maculaires** se divisent en fibres directes et croisées.

Les tumeurs hypophysaires sont responsables d'une compression du chiasma et provoquent des hémianopsies bitemporales.

3 | Le tractus optique³ (fig. 7.9)

Chaque tractus, droit et gauche, forme une bande qui se dirige en arrière, croisant le bord latéral du tuber ciné-

3. Ancien. : bandelette optique.

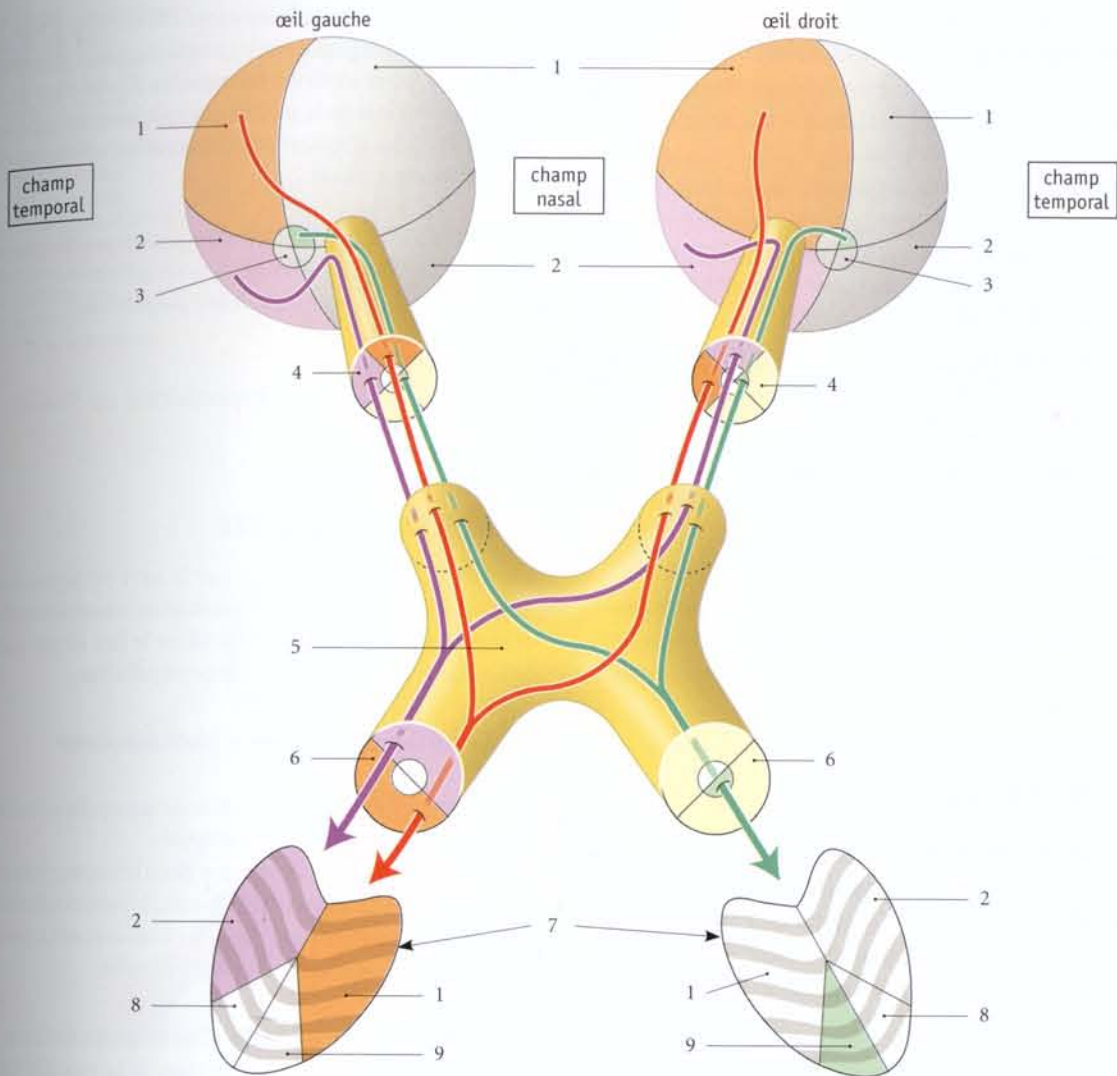


FIG. 7.9. Trajet des neurofibres optiques et leur impact dans les corps géniculés (d'après G. Lazorthes et M. B. Carpenter)

- 1. quadrants rétiniens sup.
- 2. quadrants rétiniens inf.
- 3. quadrants de la macula

- 4. n. optique
- 5. chiasma optique
- 6. tractus optique

- 7. corps géniculé latéral
- 8. quadrants maculaires inf.
- 9. quadrants maculaires sup.

réum, puis la face inférieure des pédoncules cérébraux. Il se bifurque en deux racines, latérale et médiale.

a) La racine latérale, constituée de la majeure partie des neurofibres, se termine dans le corps géniculé latéral (80 %), accessoirement dans le *pulvinar*. La rétinitopie du corps géniculé latéral est la suivante :

- son apex correspond aux neurofibres maculaires ;

- la moitié gauche du corps géniculé correspond à la moitié inférieure et la moitié droite, à la moitié supérieure.

b) La racine médiale⁴ se dirige médialement puis s'incurve sous le pulvinar pour gagner le *colliculus supérieur* et le *noyau prétectal*.

Chaque tractus est formé par la totalité des neurofibres rétiniennes temporales homolatérales, nasales contralatérales, et de la moitié des neurofibres maculaires homolatérales et contro-latérales adjacentes.

4. Ancien. : commissure de Gudden.

4 | La radiation optique (ou tractus géniculocalcarin)⁵

La radiation optique est un faisceau de neurofibres naissant du noyau géniculé latéral et irradiant vers l'aire visuelle du cortex occipital.

Au nombre de 4 à 5 millions, ces fibres décrivent une grande courbe à convexité antérieure et latérale. Elles parcourent les parties rétrolenticulaire et sublenticulaire de la capsule interne, pour contourner latéralement le ventricule latéral.

a) Les fibres les plus hautes croisent la face supérieure de la corne postérieure du ventricule latéral, puis rejoignent les aires supracalcarines.

b) Les fibres les plus basses croisent la face latérale de la corne postérieure, avant d'atteindre l'aire visuelle infracalcarine.

Les tumeurs situées au carrefour des lobes temporal et occipital peuvent léser les fibres optiques et provoquer une hémianopsie latérale homonyme, contro-latérale à la lésion.

D | CONNEXIONS (fig. 7.10)

1 | Le noyau prétectal

Il émet des neurofibres vers le noyau accessoire du III. Des fibres parasympathiques partent aussi du noyau accessoire du III et atteignent, à travers le nerf oculomoteur (III) et le ganglion ciliaire, le muscle sphincter de la pupille.

2 | Les colliculus supérieurs

Ils émettent les tractus tecto-bulbaire et tecto-spinal, et des neurofibres vers la formation réticulaire, la substantia nigra, la zona incerta, le pulvinar et les noyaux du pont.

Du pulvinar partent des neurofibres qui rejoignent les radiations optiques.

3 | Le ganglion ciliaire

Il constitue un relais important dans la compréhension des réflexes pupillaires.

Il est en effet en connexion avec le nerf crânien III et le centre cilio-spinal.

Le centre cilio-spinal est situé dans la corne latérale de la moelle spinale, à hauteur des segments C8 à T1.

a) Les fibres préganglionnaires issues de ce centre atteignent le ganglion cervical supérieur.

b) Les fibres postganglionnaires cheminent dans le plexus carotidien puis dans le ganglion ciliaire et le nerf crânien III, pour innervier les muscles dilatateurs de la pupille, élévateur de la paupière supérieure et orbiculaire de l'œil, les glandes sudorifères et les vaisseaux de l'hémiface concernée.

La lésion du ganglion ciliaire provoque le syndrome de Claude Bernard caractérisé par :

- un rétrécissement de la fente palpébrale ;
- un myosis ;
- une énophtalmie ;
- une sudation et une hyperthermie de l'hémiface correspondante.

E | RÉFLEXE PUPILLAIRE

L'influx lumineux, transmis par le nerf optique, suit des voies différentes selon les multiples connexions des centres visuels. Le noyau prétectal est le lieu de passage obligé de nombreux arcs réflexes pupillaires.

1 | Le réflexe pupillaire photomoteur (fig. 7.11)

Il est caractérisé par la contraction de la pupille à l'éclairement, et sa dilatation à l'obscurité.

L'influx passe du tractus optique dans le noyau prétectal, le noyau oculomoteur accessoire, le nerf oculomoteur, le ganglion ciliaire et les nerfs ciliaires courts, pour atteindre le muscle sphincter de la pupille.

2 | Le réflexe pupillaire d'accommodation

Il est caractérisé par la contraction de la pupille lors d'une vision de près, pour assurer l'accommodation et la convergence.

Il s'agit en fait plus d'une contraction musculaire involontaire (syncinésie) que d'un réflexe réel.

3 | Le réflexe pupillaire consensuel

Il est caractérisé par la contraction de la pupille lorsque la pupille contro-latérale est éclairée.

4 | Le réflexe cortico-visuel⁶ (fig. 7.12)

Il est caractérisé par un myosis réflexe survenant en présence d'une faible source lumineuse éloignée ou lorsque le sujet pense à la lumière.

Ce réflexe s'explique grâce aux connexions entre le cortex visuel et les différents noyaux visuels.

5. Ancien : radiations optiques de Gratiolet.

6. Ou réflexe de Haab.

FIG. 7.10. Connexions des neurofibres du tractus optique

1. tractus optique
2. noyau oculomoteur accessoire
3. racine latérale
4. racine médiale
5. corps géniculé latéral
6. vers les aires visuelles
7. noyau prétectal
8. colliculus sup.
9. pulvinar
10. noyau oculomoteur

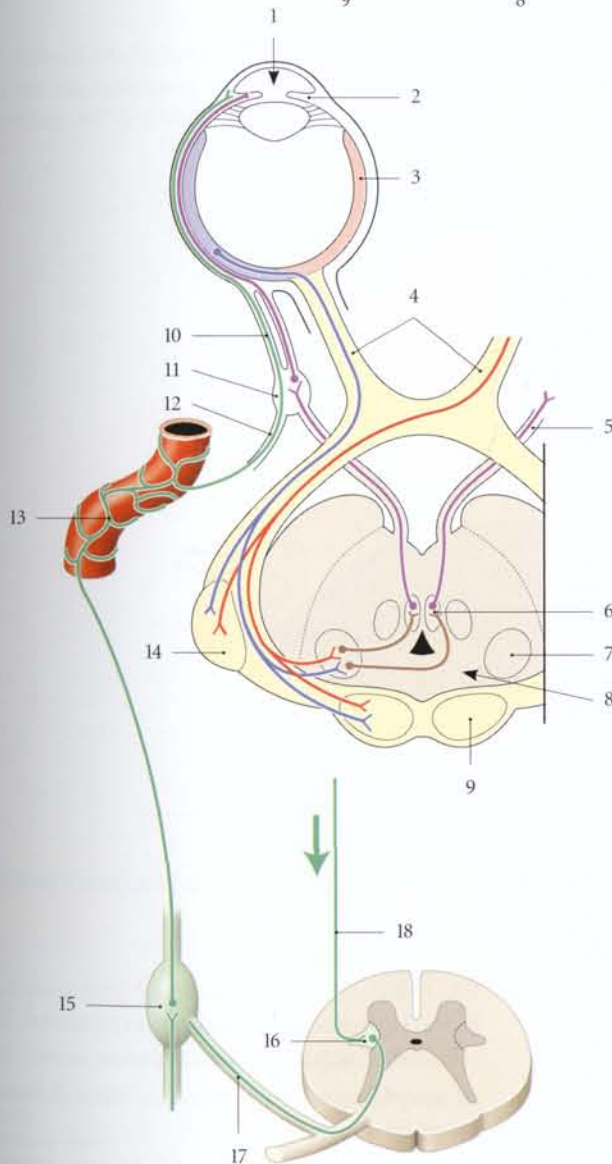
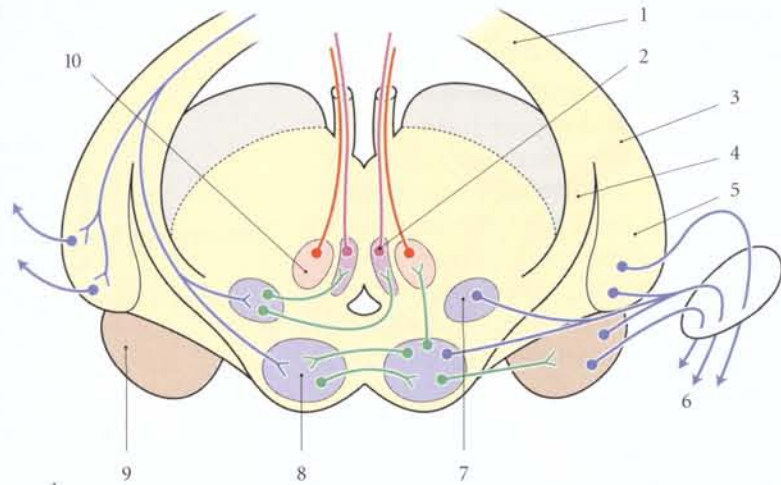


FIG. 7.11. Réflexe pupillaire photomoteur (d'après Nieuwenhuys)

1. pupille
2. iris
3. rétine
4. n. optique
5. n. oculomoteur
6. noyau oculomoteur accessoire
7. noyau prétectal
8. commissure post.
9. colliculus sup.
10. nn. ciliaires courts
11. ganglion ciliaire
12. r. sympathique
13. a. carotide interne et plexus carotidien
14. corps géniculé latéral
15. ganglion cervical sup.
16. centre cilio-spinal
17. r. communicant gris
18. voie sympathique centrale

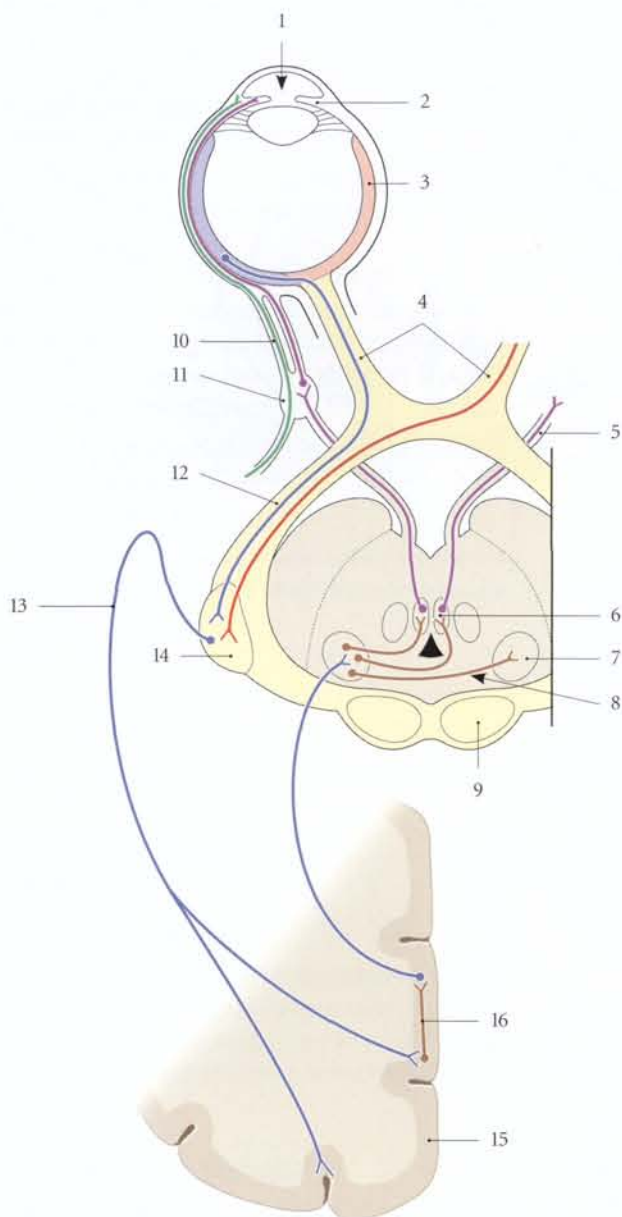


FIG. 7.12. Réflexe cortico-visuel
(d'après Nieuwenhuys)

1. pupille
2. iris
3. rétine
4. n. optique
5. n. oculomoteur
6. noyau oculomoteur accessoire
7. noyau prétectal
8. commissure post.
9. colliculus sup.
10. nn. ciliaires courts
11. ganglion ciliaire
12. r. sympathique
13. radiation optique
14. corps géniculé latéral
15. aire visuelle
16. interneurone

7.3 FONCTION

A | VISION NORMALE⁷

1 | L'acuité visuelle

Le pouvoir discriminatoire de la rétine est évalué par les échelles d'acuité visuelle.

L'acuité visuelle normale est égale à 10/10.

En s'éloignant de la fovéa centralis, la qualité du signal lumineux diminue : ainsi, il est de 5/10 à 1°, 2/10 à 4°, etc.

7. Voir aussi Tome 2.

La cécité est la perte de la perception lumineuse congénitale ou acquise.

Chez l'enfant, le cortex visuel est immature à la naissance. Le processus de maturation postnatal, fragile et vulnérable, se fait en deux temps :

a) une phase précoce, rapide, qui s'étend de la naissance à 6 ou 10 mois ;

b) une phase plus lente, allant de 10 mois à 9 ou 10 ans.

On estime que l'acuité visuelle est :

- à 3 mois, de 1/10;
- à 6 mois, de 2,5/10;
- à 3 ans, de 5/10 à 10/10;
- à 6 ans, de 10/10.

2 | Le champ visuel

Il correspond à l'étendue de l'espace que l'œil immobile peut embrasser.

Tout point du champ visuel correspond à un point défini de la rétine.

L'étude du champ visuel permet donc d'explorer la rétine et les voies visuelles. D'où l'intérêt de son exploration en clinique.

Il varie en fonction des conditions de couleurs, d'éclairage. Il est normalement de : 90° latéralement, 55° médialement, 60° en haut et 70° en bas.

L'information traitée dans l'aire visuelle du cortex occipital est complexe et procède par étapes.

a) La vision monoculaire

L'information rétinienne de l'œil droit et de l'œil gauche regardant dans la même direction est d'abord traitée séparément et juxtaposée.

Le sujet normal voit d'abord le monde en double (diplopie physiologique). Seule, une zone ponctuelle de l'espace est vue simple. Elle correspond aux points de croisement des axes visuels. L'ensemble de ces points de l'espace ou toutes les images qui, à une distance donnée, tombent sur la rétine, forme l'*horoptère*.

- Si le point de fixation est à 2 m, l'horoptère est une ligne droite, parallèle au front.
- Si le point de fixation est à moins de 2 m, l'horoptère est une courbe concave pour l'observateur.
- Si le point de fixation est à plus de 2 m, l'horoptère est une courbe convexe pour l'observateur.

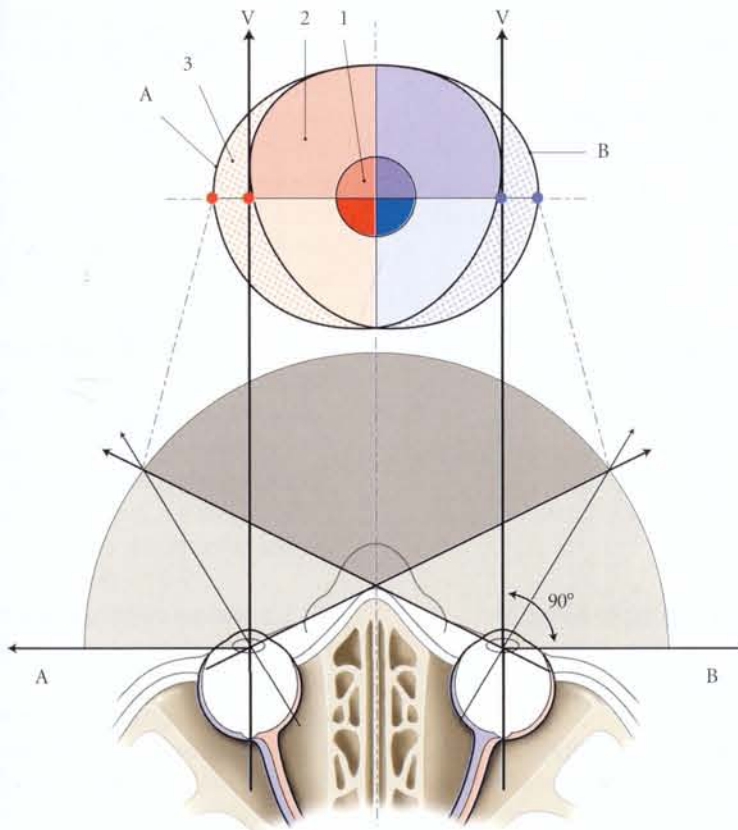


FIG. 7.13. Champs visuels en vision binoculaire

- A. œil gauche
- B. œil droit
- A + B = espace visuel
- V. axe optique

- 1. partie maculaire de la vision
- 2. partie binoculaire (chevauchement des champs visuels)
- 3. partie monoculaire

b) La vision binoculaire (fig. 7.13)

L'image perçue par chaque œil n'est pas semblable, en raison de l'écart des structures traversées par l'information visuelle.

Cette disparité est ensuite traitée par le cortex, qui donne une vision binoculaire.

c) La vision stéréoscopique

Elle nécessite un traitement des différences, tout en assurant la fusion sensorielle et motrice (axe oculaire); le traitement cortical transforme les deux images planes en une image à trois dimensions.

Chez l'enfant, la vision stéréoscopique apparaît brutalement et de façon quasi mature, entre le 3^e et le 5^e mois.

B | VISION PATHOLOGIQUE (fig. 7.14)

Les lésions du nerf optique sont nombreuses (traumatiques, tumorales, dégénératives...). Elles entraînent une interruption des voies optiques. Leur siège est en corrélation avec les principales altérations des champs visuels.

1 | La lésion du nerf optique

Elle interrompt les voies visuelles et la voie motrice destinée au muscle sphincter de la pupille.

Elle provoque une cécité homolatérale et une perte du réflexe pupillaire photomoteur.

Exemple : lésion gauche = cécité gauche.

2 | La lésion latérale du chiasma optique

Les neurofibres temporales homolatérales sont atteintes.

Elle entraîne une hémianopsie nasale homonyme.

Exemple : lésion gauche = hémianopsie nasale gauche.

3 | La lésion sagittale et médiane du chiasma optique

Elle interrompt les neurofibres nasales droites et gauches.

On note une hémianopsie bitemporale.

Exemple : lésion gauche = hémianopsies temporales droite et gauche.

4 | La lésion du tractus optique

Elle interrompt les neurofibres nasales homolatérales et temporales contro-latérales.

Elle entraîne deux hémianopsies, temporale homolatérale et nasale contro-latérale.

Exemple : lésion gauche = hémianopsie temporale droite et hémianopsie nasale gauche.

5 | La lésion de la partie supérieure des radiations optiques

Elle interrompt les neurofibres liées aux quadrants inférieurs nasal contro-latéral et temporal homolatéral.

Elle entraîne deux quadrantanopsies supérieures, nasale homolatérale et temporale contro-latérale.

Exemple : lésion gauche = quadrantanopsies supérieures, nasale gauche et temporale droite.

6 | La lésion de la partie inférieure des radiations optiques

Elle interrompt les neurofibres liées aux quadrants supérieurs nasal contro-latéral et temporal homolatéral.

Elle entraîne deux quadrantanopsies inférieures, nasale homolatérale et temporale contro-latérale.

Exemple : lésion gauche = quadrantanopsies inférieures, nasale gauche et temporale droite.

7 | La lésion des radiations optiques

Elle interrompt les neurofibres temporales homolatérales et nasales contro-latérales.

Elle entraîne deux hémianopsies, sans atteinte maculaire, temporale et nasale.

Exemple : lésion gauche = hémianopsies nasale gauche et temporale droite.

8 | La lésion centrale du nerf optique

Elle interrompt les neurofibres maculaires qui sont centrales.

Elle entraîne l'apparition d'un scotome central et d'une baisse de l'acuité visuelle.

Exemple : lésion droite (névrite axiale...) = scotome droit.

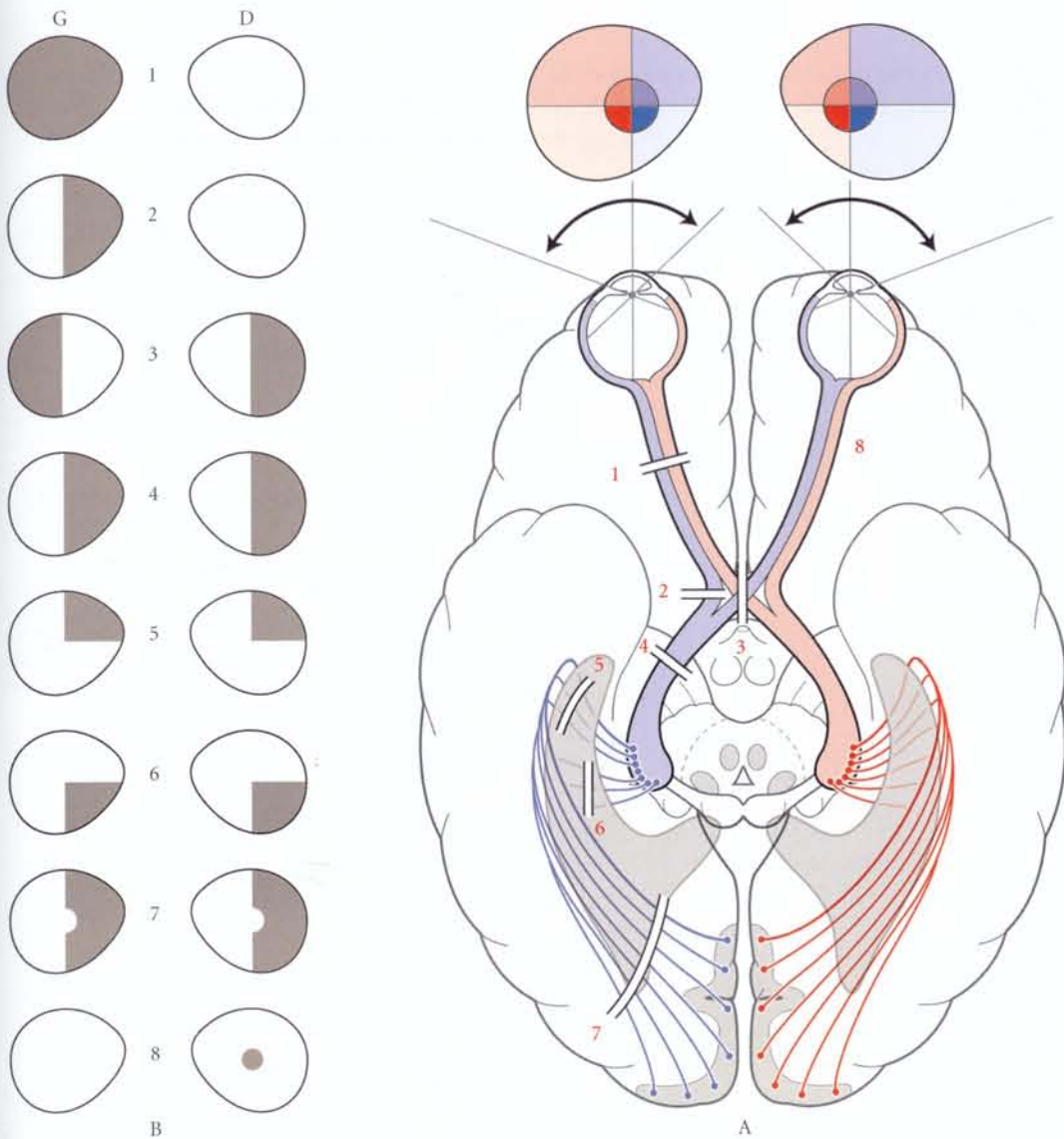


FIG. 7.14. Principales lésions des voies optiques et leurs sites

A. sites des lésions à gauche

B. déficits correspondants des champs visuels

1. cécité complète gauche

2. hémianopsie nasale gauche

3. hémianopsie bitemporale

4. hémianopsies nasale gauche et temporale droite

5. quadrantanopsies sup. nasale gauche et temporale droite

6. quadrantanopsies inf. nasale gauche et temporale droite

7. hémianopsies nasale gauche et temporale droite avec atteinte maculaire

8. scotome central droit

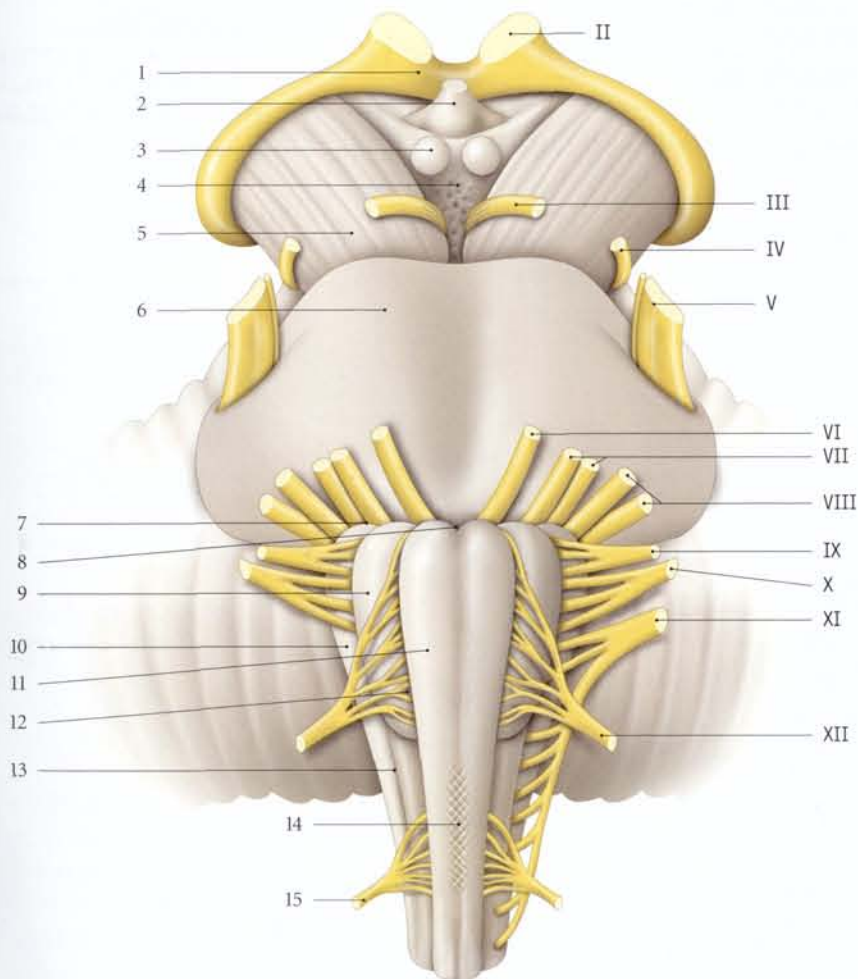
8

Nerf oculomoteur (III)

Le nerf oculomoteur est le nerf moteur des muscles de l'orbite, à l'exception des muscles droit latéral et oblique supérieur. Il véhicule aussi des neurofibres parasympathiques destinées au muscle sphincter pupillaire et au muscle ciliaire (fig. 8.1).

FIG. 8.1. Tronc cérébral – Origine des nerfs crâniens (vue antérieure)

1. chiasma optique
2. infundibulum de l'hypophyse
3. corps mammillaire
4. fosse interpédonculaire (espace perforé post.)
5. pédoncule cérébral
6. pont
7. sillon bulbo-protubéranciel
8. foramen cæcum
9. olive bulbaire
10. aire rétro-olivaire
11. pyramide
12. sillon antéro-latéral
13. sillon rétro-olivaire
14. décussation des pyramides
15. n. cervical C1



8.1 ANATOMIE DESCRIPTIVE

A | ORIGINE

Le nerf émerge de chaque côté de la substance perforée interpédonculaire, entre les artères cérébelleuse supérieure et cérébrale postérieure.

B | TRAJET – RAPPORTS

1 | Dans la fosse crânienne postérieure

Il chemine dans la citerne interpédonculaire, en direction du processus clinoïde postérieur, puis il répond :

- en haut, à l'uncus du lobe temporal;
- médialement, à la base du pédoncule cérébral et au clivus;
- latéralement, au nerf trochléaire et à la tente du cervelet;
- en bas, aux nerfs trijumeau et abducens.

2 | Dans le sinus caverneux

Il traverse la partie moyenne du toit du sinus caverneux, puis descend dans la paroi latérale, au-dessus des nerfs trochléaire et ophtalmique. Il croise latéralement le nerf abducens et la carotide interne.

3 | Dans la fissure orbitaire supérieure

(fig. 8.2)

Il traverse l'anneau tendineux commun.

C | BRANCHES TERMINALES

Il se termine dans l'orbite ou avant la fissure orbitaire en deux branches, supérieure et inférieure.

1 | La branche supérieure innerve les muscles droit supérieur et releveur de la paupière supérieure.

2 | La branche inférieure innerve les muscles droit médial, inférieur et oblique inférieur. Elle donne la racine parasymphatique du ganglion ciliaire.

D | CONNEXIONS

1 | Le tronc du III échange des connexions avec le nerf ophtalmique et le plexus carotidien (racine sympathique).

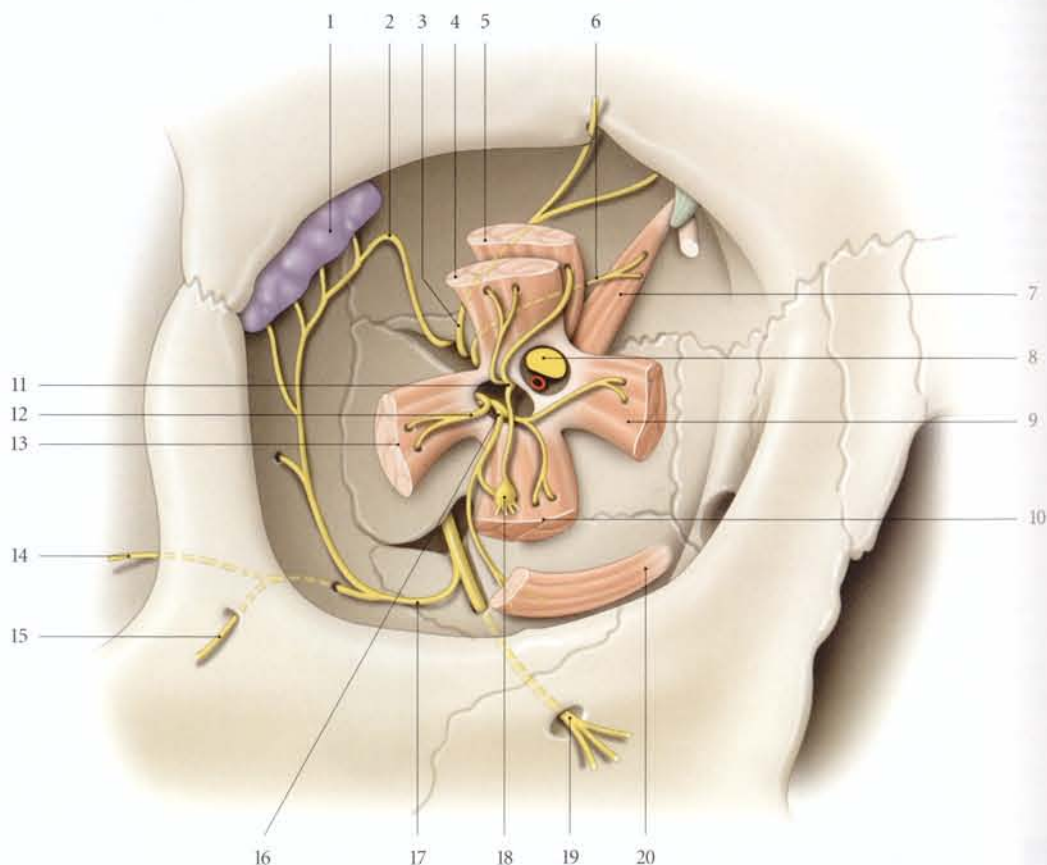


FIG. 8.2. Nerfs de l'orbite (vue antérieure de l'orbite)

- | | | |
|------------------------------------|---------------------------------|--------------------------|
| 1. glande lacrymale | 8. n. optique et a. ophtalmique | 15. r. zygomatico-facial |
| 2. n. lacrymal | 9. m. droit médial | 16. r. inf. du n. III |
| 3. n. frontal | 10. m. droit inf. | 17. n. zygomatique |
| 4. m. droit sup. | 11. r. sup. du n. III | 18. ganglion ciliaire |
| 5. m. releveur de la paupière sup. | 12. n. abducens | 19. n. infra-orbitaire |
| 6. n. trochléaire | 13. m. droit latéral | 20. m. oblique inf. |
| 7. m. oblique sup. | 14. r. zygomatico-temporal | |

2 | La branche inférieure du III présente des connexions avec le ganglion ciliaire (racine parasympathique).

3 | Le ganglion ciliaire

Situé contre la face latérale du nerf optique, ce ganglion reçoit, du plexus carotidien, des neurofibres sympathi-

ques, du nerf naso-ciliaire (branche du V), des neurofibres sensitives, et du nerf oculomoteur (III), des neurofibres parasympathiques (issues du noyau oculomoteur accessoire).

Le ganglion ciliaire donne les nerfs ciliaires courts (voir Chapitre 7).

8.2 SYSTÉMATISATION

A | NOYAU OCULOMOTEUR

Il est somatomoteur et est situé au niveau du *colliculus supérieur*, de chaque côté de l'aqueduc cérébral (fig. 8.3 et 8.4).

1 | Constitution

Chaque noyau oculomoteur est complexe et subdivisé en 5 noyaux :

- un **noyau dorsal**, pour le muscle droit inférieur ;
- un **noyau intermédiaire**, pour le muscle droit oblique inférieur ;
- un **noyau ventral**, pour le muscle droit médial ;
- un **noyau caudal central**, pour le muscle droit élévateur de la paupière ;
- un **noyau médial**, pour le muscle droit supérieur.

Le syndrome de Weber, dû à une atteinte pédonculaire, est caractérisé par une atteinte du nerf oculomoteur homolatéral, qui se traduit par une hémiparésie contro-latérale.

2 | Les neurofibres efférentes

Elles se dirigent en avant, en décrivant une courbe à concavité médiale. Elles traversent le faisceau longitudinal médial, croisent la face médiale du noyau rouge et convergent vers la fosse interpédonculaire.

3 | Les neurofibres afférentes

Le noyau oculomoteur reçoit :

- des fibres croisées du tractus cortico-nucléaire ;
- des fibres du faisceau longitudinal médial qui l'unissent aux noyaux des nerfs crâniens IV, VI et VIII ;
- des fibres du tractus tecto-bulbaire qui l'unissent au cortex visuel par l'intermédiaire du colliculus supérieur ;
- des fibres du noyau prétectal.

B | NOYAU OCULOMOTEUR ACCESSOIRE

Il est parasympathique et situé médialement, au-dessus du noyau oculomoteur.

1 | Constitution

- Sa partie médiane¹, représentant 96 % des cellules, est destinée au muscle ciliaire. Elle assure l'accommo-

1. Ancien : noyau de Perlia, de Spitzka.

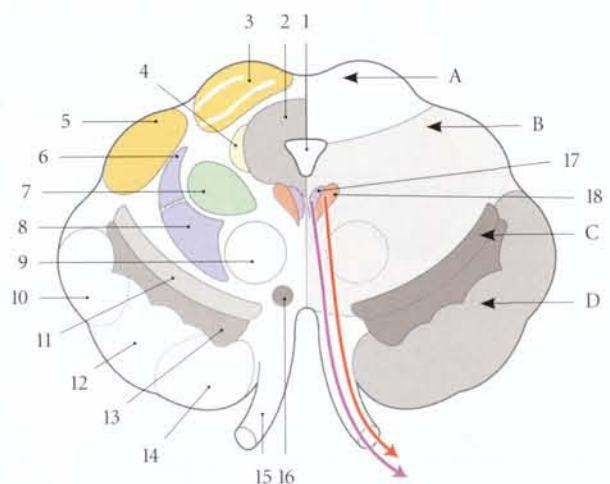


FIG. 8.3. Mésencéphale – Origine du nerf oculomoteur (III)
(coupe transversale au niveau des colliculus supérieurs)

- | | |
|---|---|
| A. tectum | 8. lemnisque médial |
| B. tegmentum | 9. noyau rouge |
| C. substance noire | 10. fibres temporo-pontiques |
| D. pédoncule cérébral | 11. partie compacte de la substance noire |
| 1. aqueduc cérébral | 12. fibres cortico-spinales et cortico-nucléaires |
| 2. substance grise centrale | 13. partie réticulaire de la substance noire |
| 3. stratum gris et blanc du colliculus sup. | 14. fibres cortico-pontiques |
| 4. lemnisque trigéminale | 15. n. oculomoteur |
| 5. corps géniculé médial | 16. noyau interpédonculaire |
| 6. tractus spino-thalamique latéral | 17. noyau oculomoteur accessoire |
| 7. tractus tegmental central | 18. noyau du n. oculomoteur |

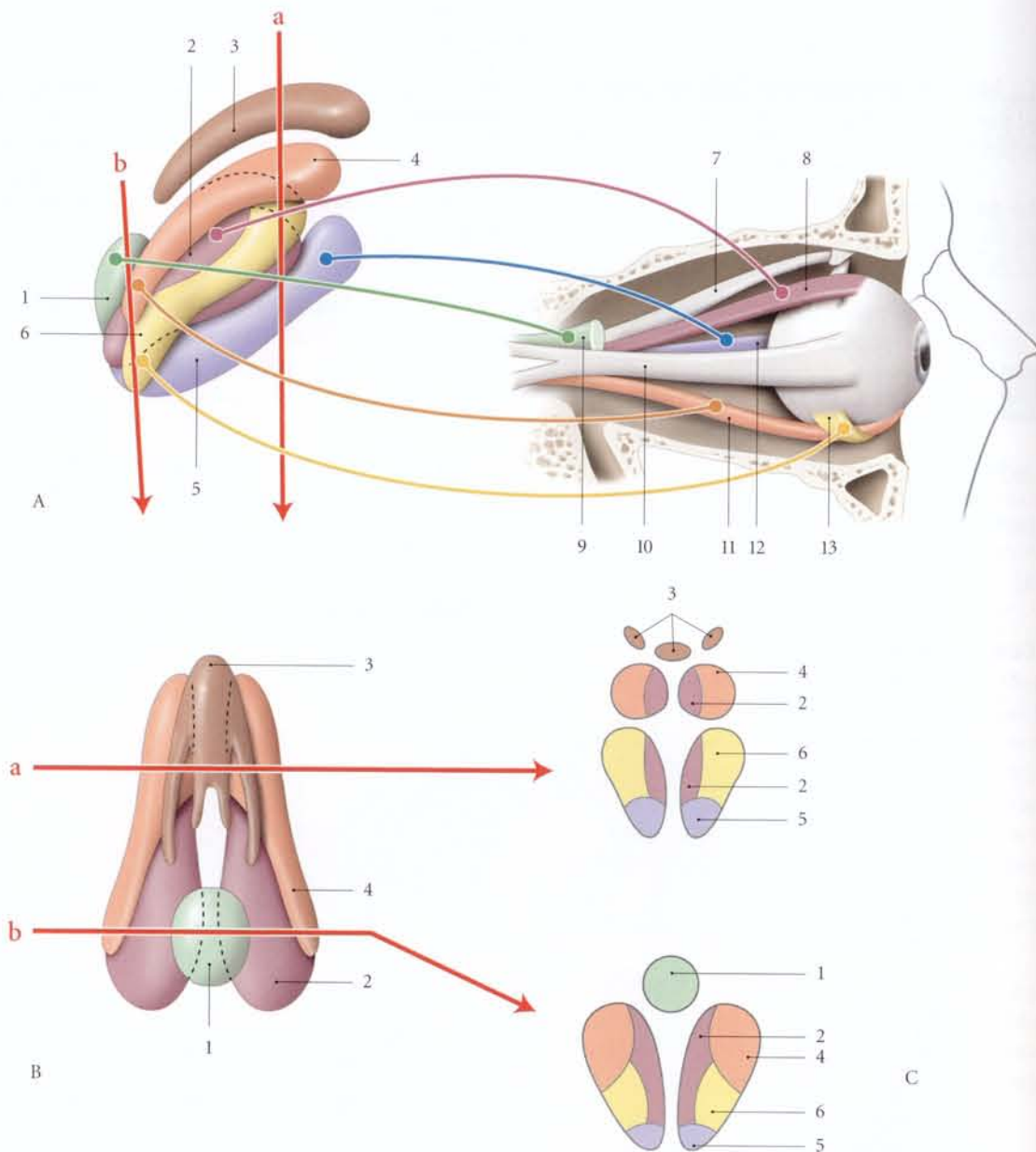


FIG. 8.4. Noyau du nerf oculomoteur chez le singe (d'après R. Warwick)

A. vue latérale

B. vue supérieure

C. coupe transversale

a. coupe tiers antérieur

b. coupe tiers postérieur

1. noyau post. central
(m. élévateur de la paupière)

2. noyau médial

3. noyau oculomoteur accessoire

4. noyau post. (m. droit inf.)

5. noyau ant. (m. droit médial)

6. noyau intermédiaire
(m. oblique inf.)

7. m. oblique sup.

8. m. droit sup.

9. m. élévateur de la paupière

10. m. droit latéral

11. m. droit inf.

12. m. droit médial

13. m. oblique inf.

dation. Elle contrôle aussi la coordination des muscles droits médiaux, donc la convergence visuelle.

- Ses parties latérales², destinées au muscle sphincter pupillaire, contrôlent sa contraction, donc le myosis (le sympathique contrôlant la mydriase).

2 | Les neurofibres efférentes

Les neurofibres préganglionnaires cheminent dans le nerf oculomoteur jusque dans l'orbite, où elles se détachent pour atteindre le ganglion ciliaire.

Les neurofibres postganglionnaires cheminent dans les nerfs ciliaires courts, pour atteindre les muscles intrinsèques de l'œil.

2. Ancien : noyau d'Edinger-Westphall.

8.3 FONCTION

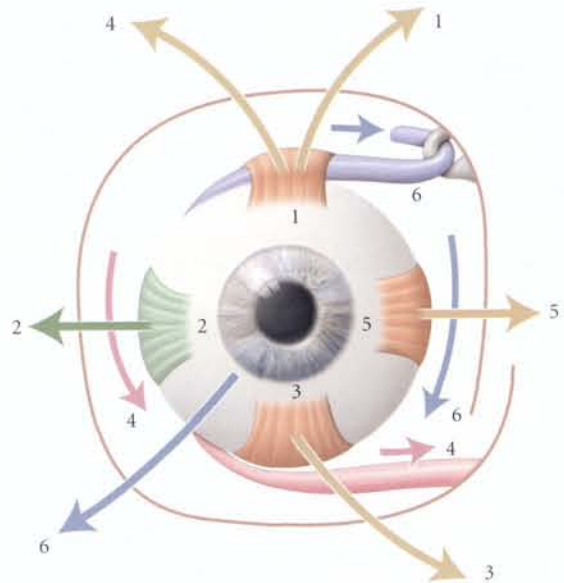
A | FONCTION MOTRICE OCULAIRE

Le nerf oculomoteur contrôle l'adduction (muscle droit médial), l'abaissement (muscle droit inférieur), l'élévation (muscle droit supérieur) et la rotation latérale (muscle oblique inférieur) de l'œil (fig. 8.5 et 8.6).

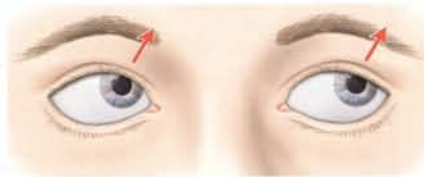
FIG. 8.5. Fonction motrice et nerfs de l'œil droit

En marron : III, en bleu : IV, en vert : VI

1. m. droit sup. (élévation + adduction)
2. m. droit latéral (abduction)
3. m. droit inf. (abaissement + adduction)
4. m. oblique inf. (élévation + abduction + rotation médiale)
5. m. droit médial (adduction)
6. m. oblique sup. (abaissement + abduction + rotation latérale)

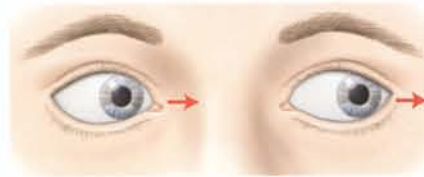


m. droit supérieur



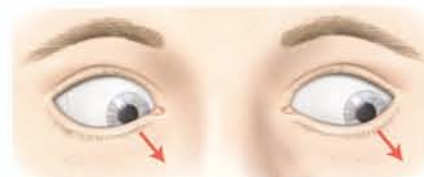
m. oblique inférieur

m. droit médial



m. droit latéral

m. droit inférieur



m. oblique supérieur

FIG. 8.6. Regards au cours des mouvements des muscles moteurs de l'œil (représentation schématique)

B | FONCTION MOTRICE PALPÉBRALE

Le nerf oculomoteur assure l'élévation de la paupière supérieure.

C | RÉFLEXES PUPILLAIRES

(voir Chapitre 7)

L'influx lumineux est transmis par le nerf optique au noyau prétectal, qui projette le signal au noyau oculo-

moteur accessoire. Cela provoque dans l'œil stimulé la contraction du muscle sphincter de la pupille et se traduit par un myosis (réflexe pupillaire photomoteur).

Cette stimulation peut provoquer simultanément du côté opposé un myosis (réflexe consensuel) ou la contraction du muscle ciliaire, qui fait bomber le cristallin pour l'adapter à la vision (réflexe d'accommodation). Il s'agit en fait d'une contraction involontaire de ce muscle ou syncinésie.

La paralysie totale du nerf III provoque l'immobilité de l'œil, un ptosis, une mydriase et l'accommodation à distance (fig. 8.7).

La lésion unilatérale entraîne une diplopie.

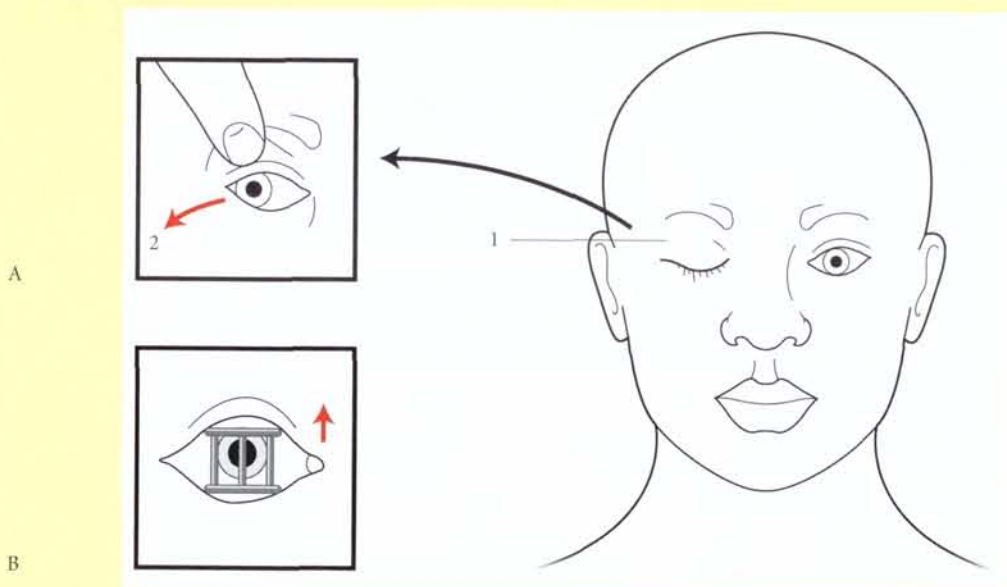


FIG. 8.7. Paralysie du nerf oculomoteur (III) droit

A. mydriase

B. le III « nerf pilier » de l'œil

1. ptose de la paupière sup.

2. abaissement + abduction

9

Nerf trochléaire (IV)

Le nerf trochléaire est un nerf moteur destiné au muscle oblique supérieur de l'œil.

Ce nerf, le plus fin des nerfs crâniens, est particulièrement vulnérable lors des traumatismes de la tête.

9.1 ANATOMIE DESCRIPTIVE

A | ORIGINE (fig. 9.1)

Le nerf trochléaire émerge dorsalement de chaque côté du frein du voile médullaire supérieur, en arrière des colliculus inférieurs.

B | TRAJET – RAPPORTS

1 | Dans la fosse crânienne postérieure

Le nerf trochléaire décrit une courbe à concavité médiale, qui contourne le pédoncule cérébelleux supérieur, puis le pédoncule cérébral moyen, pour se diriger en avant. Il est au-dessus du pont, entre les artères cérébrale postérieure et cérébelleuse supérieure.

Il chemine dans la citerne interpédonculaire et traverse l'angle postéro-latéral de la paroi supérieure du sinus caverneux.

2 | Dans la paroi latérale du sinus caverneux (fig. 9.2)

Il est en arrière, situé au-dessous du nerf oculomoteur (III). Puis il ascensionne et croise latéralement le nerf oculomoteur pour se placer au-dessus du nerf ophtalmique. Médialement se situent l'artère carotide et le nerf abducens (VI).

3 | Dans la fissure orbitaire supérieure

Il traverse latéralement la fissure orbitaire supérieure, en dehors de l'anneau tendineux commun.

4 | Dans l'orbite (fig. 9.3)

Il se dirige médialement, passe au-dessus du muscle élévateur de la paupière supérieure, puis il longe le nerf supra-orbitaire pour atteindre le muscle oblique supérieur.

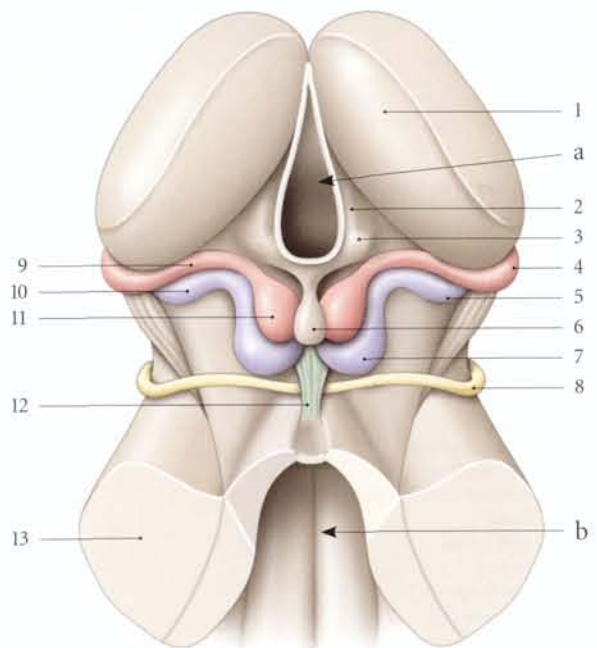
C | BRANCHES TERMINALES

Il se divise en 3 ou 4 branches qui pénètrent la face oculaire du muscle oblique supérieur.

FIG. 9.1. Mésencéphale : origine du nerf trochléaire IV (vue postérieure)

- a. 3^e ventricule
- b. 4^e ventricule
- 1. thalamus
- 2. trigone de l'habénula
- 3. noyau habénulaire
- 4. corps géniculé latéral
- 5. corps géniculé médial

- 6. glande pinéale
- 7. colliculus inf.
- 8. n. trochléaire
- 9. bras du colliculus sup.
- 10. bras du colliculus inf.
- 11. colliculus sup.
- 12. frein du voile médullaire sup.
- 13. pédoncule cérébelleux moyen



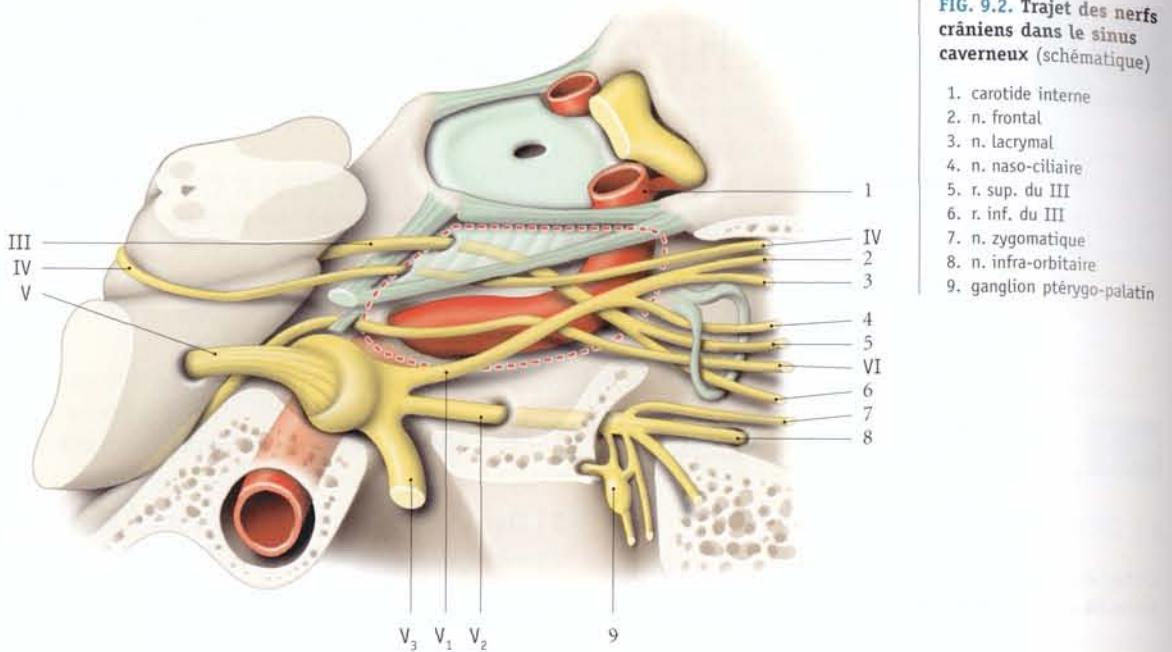
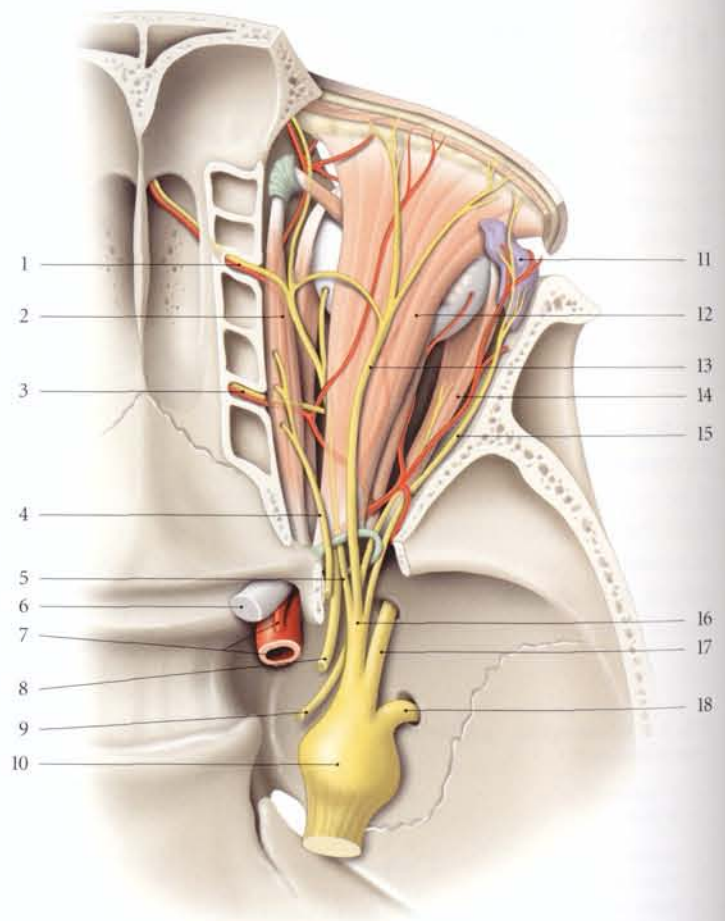


FIG. 9.3. Nerfs de l'orbite (vue supérieure)

1. a. et n. ethmoïdaux ant.
2. m. oblique sup.
3. a. et n. ethmoïdaux post.
4. n. trochléaire
5. n. naso-ciliaire
6. n. optique
7. a. carotide interne et a. ophtalmique
8. n. oculomoteur
9. n. abducens
10. ganglion trigéminal
11. glande lacrymale
12. m. élévateur de la paupière sup.
13. n. frontal
14. m. droit latéral
15. n. lacrymal
16. n. ophtalmique (V₁)
17. n. maxillaire (V₂)
18. n. mandibulaire (V₃)



9.2 SYSTÉMATISATION

A | NOYAU DU NERF TROCHLAIRE (IV)

Il est situé de chaque côté et en avant de l'aqueduc cérébral, au niveau du *colliculus inférieur*.

B | NEUROFIBRES EFFÉRENTES

Elles se dirigent latéralement à travers le tegmentum du mésencéphale, où elles contournent la substance grise centrale, pour se diriger dorsalement. Les fibres décussent entièrement en arrière de l'aqueduc cérébral.

C | NEUROFIBRES AFFÉRENTES

Le noyau du nerf trochléaire reçoit :

- des fibres croisées du tractus cortico-nucléaire ;
- des fibres du faisceau longitudinal médial, qui l'unissent au noyau des nerfs crâniens III, VI, XI, et aux noyaux vestibulaires ;
- des fibres du tractus tecto-bulbaire, qui l'unissent au cortex visuel par l'intermédiaire du colliculus supérieur.

9.3 FONCTION

Le nerf trochléaire est abaisseur, abducteur et rotateur latéral du bulbe oculaire (*fig. 9.4*).

Sa paralysie entraîne une déviation du globe oculaire vers le haut et médialement (regard pathétique), une limitation des mouvements en bas, et une diplopie homonyme (*fig. 9.5*).

Pour compenser cette diplopie, le patient incline la tête du côté opposé sain.

L'atteinte du IV est souvent combinée avec celle du III et du VI au cours de leur trajet dans la paroi latérale du sinus caverneux (syndrome de Foix), soit dans la fissure orbitaire supérieure, soit au niveau de l'apex orbitaire (syndrome de l'apex de Rollet).

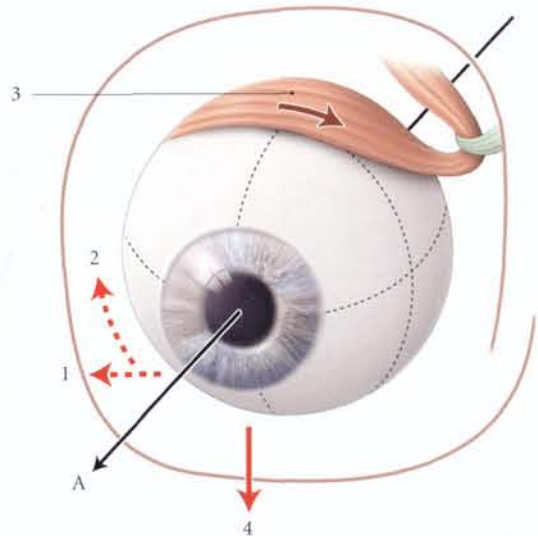


FIG. 9.4. Fonction du nerf trochléaire

A. axe des mouvements du bulbe de l'œil droit

1. abduction
2. rotation latérale
3. m. oblique et direction de son action
4. abaissement

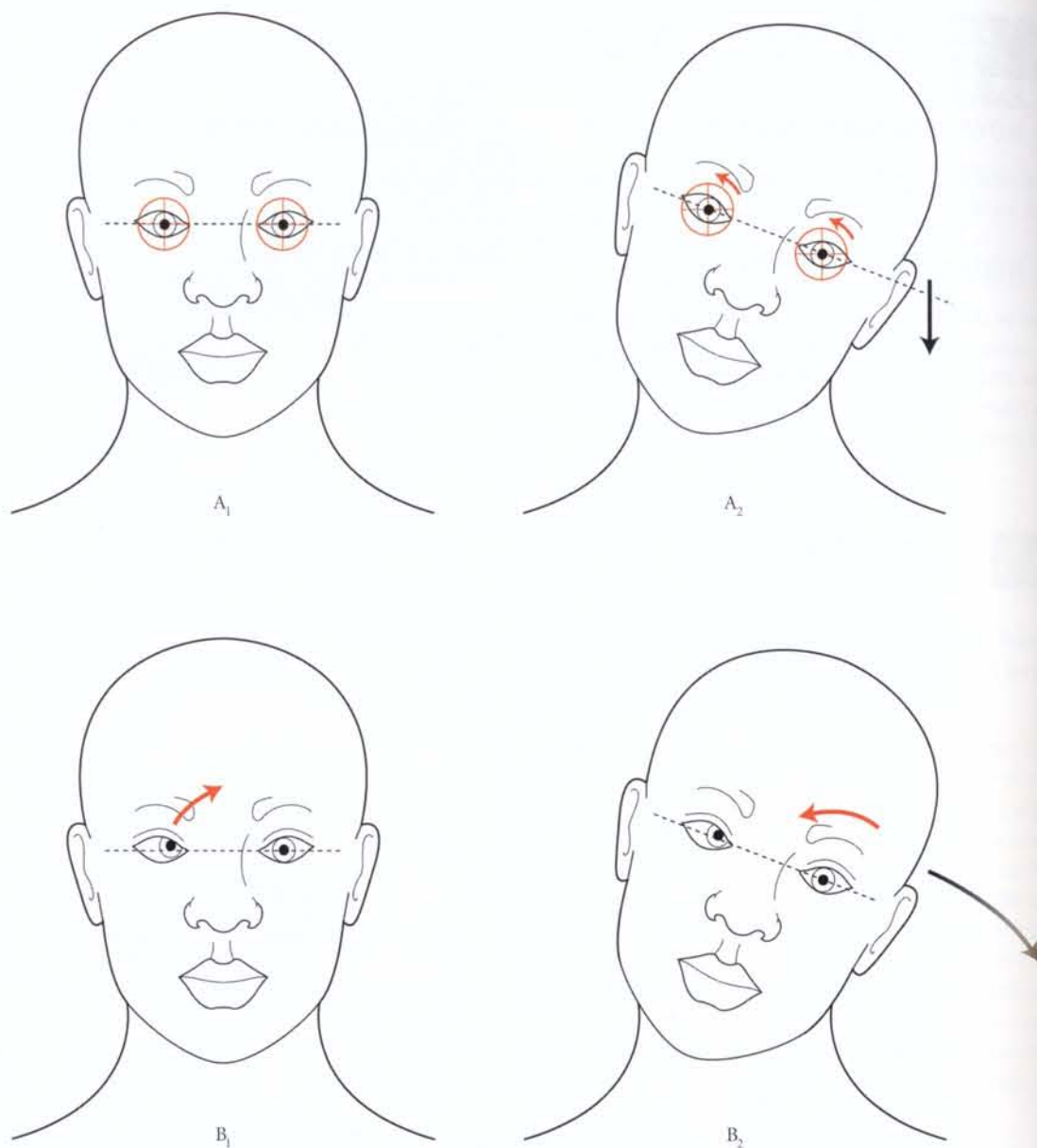


FIG. 9.5. Mouvements des yeux

Flèches rouges : sens de la rotation

Yeux normaux : A₁ et A₂

A₁, tête droite : regard normal

A₂, inclinaison de la tête : rotation des yeux

Paralysie du n. trochléaire droit : B₁ et B₂

B₁, tête droite – déplacement de la pupille droite

B₂, inclinaison de la tête du côté sain (à gauche) pour compenser la paralysie contre-latérale

10

Nerf trijumeau (V)

Le nerf trijumeau est un nerf mixte, sensitif pour les régions de la face et moteur pour les muscles masticateurs. Par ses connexions, il possède des neurofibres sensorielles et sécrétoires. Il se compose d'une racine sensitive volumineuse et d'une racine motrice grêle. Sur le trajet de la racine sensitive se trouve le *ganglion trigéminal* (fig. 10.1).

Le nerf trijumeau, qui entretient des rapports privilégiés avec les vaisseaux de l'encéphale, serait impliqué dans le déclenchement des crises de migraines.

La stimulation de ce nerf entraînerait la sécrétion de neuropeptides, tel le VIP (*Vaso Intestinal Peptide*), qui provoque une vaso-dilatation. Celle-ci favorise :

- le passage dans les vaisseaux de molécules algogènes responsables de la douleur ;
- une dégradation des mastocytes qui entraîne une inflammation méningée. Cette inflammation stimule les neurofibres nociceptives.

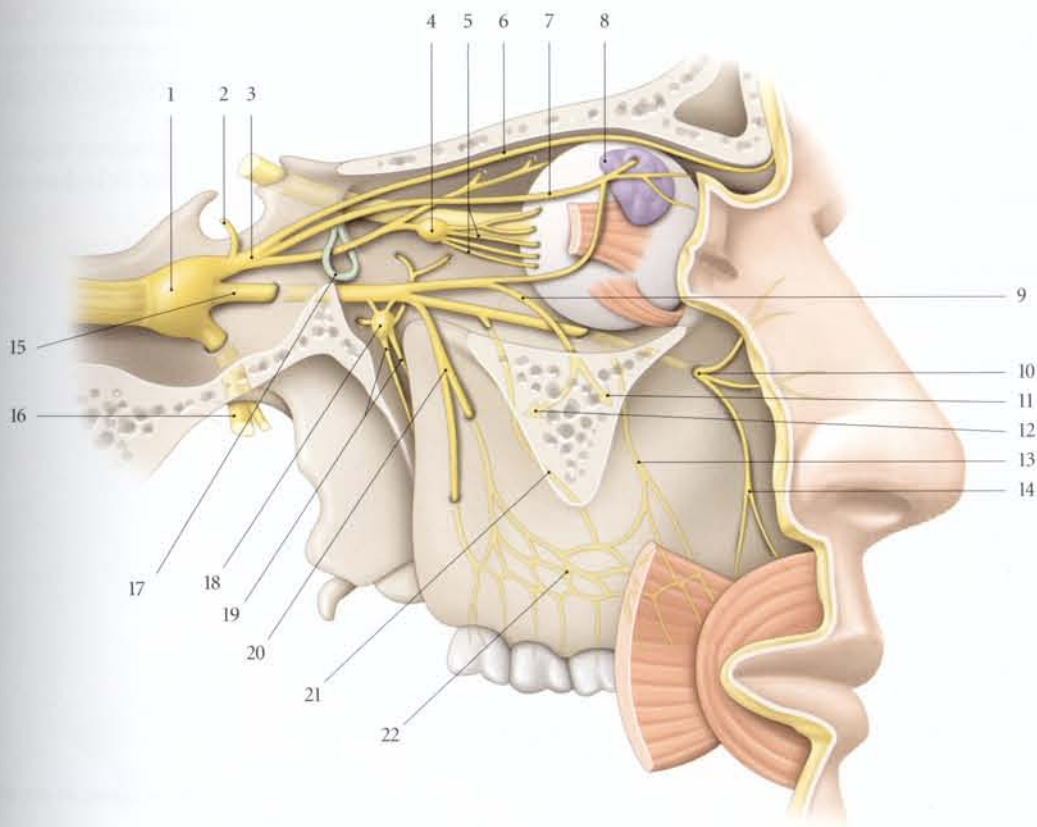


FIG. 10.1. Nerf ophtalmique et nerf maxillaire (vue latérale)

1. ganglion trigéminal
2. r. méningé
3. n. ophtalmique
4. ganglion ciliaire
5. nn. ciliaires courts
6. n. frontal

7. n. lacrymal
8. glande lacrymale
9. n. zygomatique
10. n. infra-orbitaire
11. n. zygomatiko-facial
12. n. zygomatiko-temporal

13. n. alvéolaire supéro-ant.
14. rr. labiaux sup.
15. n. maxillaire
16. n. mandibulaire
17. anneau tendineux commun
18. ganglion ptérygo-palatin

19. nn. grand et petit palatins
20. n. alvéolaire supéro-post.
21. n. alvéolaire supéro-moyen
22. plexus dentaire

10.1 ANATOMIE DESCRIPTIVE

A | ORIGINE

Le nerf trijumeau émerge de la face latérale du pont, à la jonction du pont et du pédoncule cérébelleux moyen. La racine sensitive, plus latérale, mesure environ 5 mm de diamètre, et la racine motrice 1 mm.

B | TRAJET – RAPPORTS

1 | Dans la fosse crânienne postérieure

Les racines du nerf trijumeau traversent la citerne ponto-cérébelleuse, entourées chacune de la pie-mère. Elles se dirigent en avant et en haut vers la *fosse trigéminale* de la partie pétreuse de l'os temporal. La racine motrice, de médiale devient inférieure au ganglion trigéminal¹.

Le nerf répond :

a) en bas, au sinus pétreux inférieur, aux artères labyrinthique et cérébelleuse moyenne;

b) en haut, à la tente du cervelet, à l'artère cérébelleuse supérieure et au nerf trochléaire (IV);

c) médialement, à l'artère basilaire et au nerf abducens (VI);

d) latéralement, aux nerfs facial (VII) et vestibulo-cochléaire (VIII).

2 | Dans la fosse crânienne moyenne

Le nerf trijumeau présente le ganglion trigéminal situé dans le *cavum trigéminal*.

a) Le ganglion trigéminal est semi-lunaire, à concavité postérieure. Il mesure environ 1,5 mm de largeur, 0,5 mm de longueur et 3 mm d'épaisseur. De son bord convexe naissent les trois branches du nerf trijumeau (fig. 10.2).

Il est vascularisé par les rameaux de l'artère carotide interne, de l'artère méningée moyenne et de l'artère méningée accessoire.

Le syndrome paratrigéminal (de Raeder), dû à des compressions tumorales, débute par une névralgie faciale.

b) Le *cavum trigéminal*² est un diverticule de la dure-mère qui engaine le ganglion trigéminal et ses branches jusqu'aux foramens crâniens (fig. 10.3).

Il est en rapport avec les nerfs grand et petit pétreux, en bas, le sinus caverneux, médialement, et le lobe temporal, en haut.

La racine motrice est contre le ganglion trigéminal; parfois il traverse la lame inférieure de la dure-mère.

Son abord chirurgical est souvent latéral.

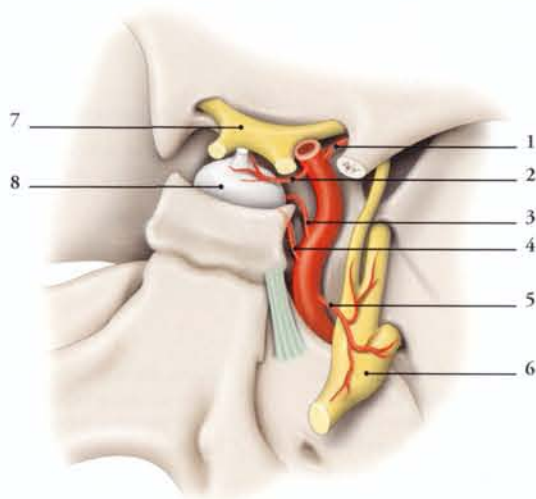


FIG. 10.2. Branches du nerf trijumeau et ses artères (vue supérieure intracrânienne)

1. a. ophtalmique
2. a. hypophysaire sup.
3. a. hypophysaire moyenne
4. a. hypophysaire inf.
5. a. du ganglion trigéminal
6. ganglion trigéminal
7. chiasma optique
8. hypophyse

C | BRANCHES TERMINALES

Le nerf trijumeau se divise en 3 branches, les nerfs ophtalmique (V_1), maxillaire (V_2) et mandibulaire (V_3). Le nerf mandibulaire est un nerf mixte ; les autres nerfs sont sensitifs.

1 | Le nerf ophtalmique³

Il se détache de l'angle médial du ganglion trigéminal. Il parcourt la paroi latérale du sinus caverneux au-dessous du nerf abducens (VI) et se divise en 3 branches terminales, les nerfs lacrymal, frontal et naso-ciliaire.

a) Les branches collatérales

- Le **nerf tentoriel**⁴ naît près de l'origine du nerf ophtalmique. Il s'infléchit en arrière et croise le nerf trochléaire (IV) pour se ramifier sur la tente du cervelet et la partie postérieure de la faux du cerveau (fig. 10.4).
- Les **rameaux méningés** sont destinés au cavum trigéminal et au sinus caverneux.

3. Ancien : nerf ophtalmique de Willis.
4. Ancien : nerf récurrent d'Arnold.

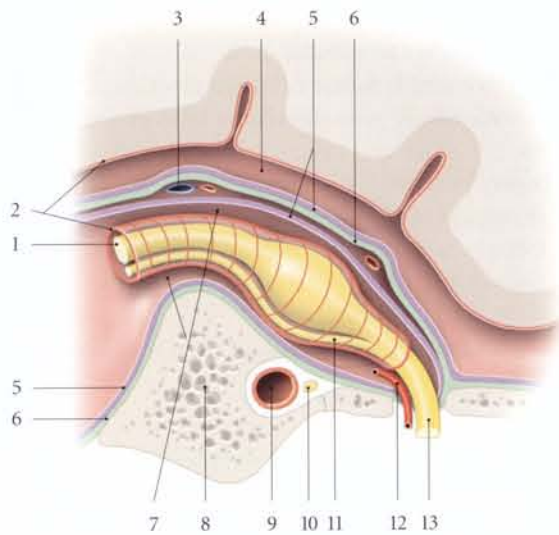


FIG. 10.3. Cavum trigéminal (coupe sagittale schématique)

- | | |
|---------------------------|--------------------------------|
| 1. racine sensitive du V | 8. partie pétreuse du temporal |
| 2. pie-mère | 9. a. carotide interne |
| 3. sinus pétreux sup. | 10. n. grand pétreux |
| 4. espace subarachnoïdien | 11. racine motrice du V |
| 5. arachnoïde | 12. a. méningée accessoire |
| 6. dure-mère | 13. n. mandibulaire |
| 7. cavum trigéminal | |

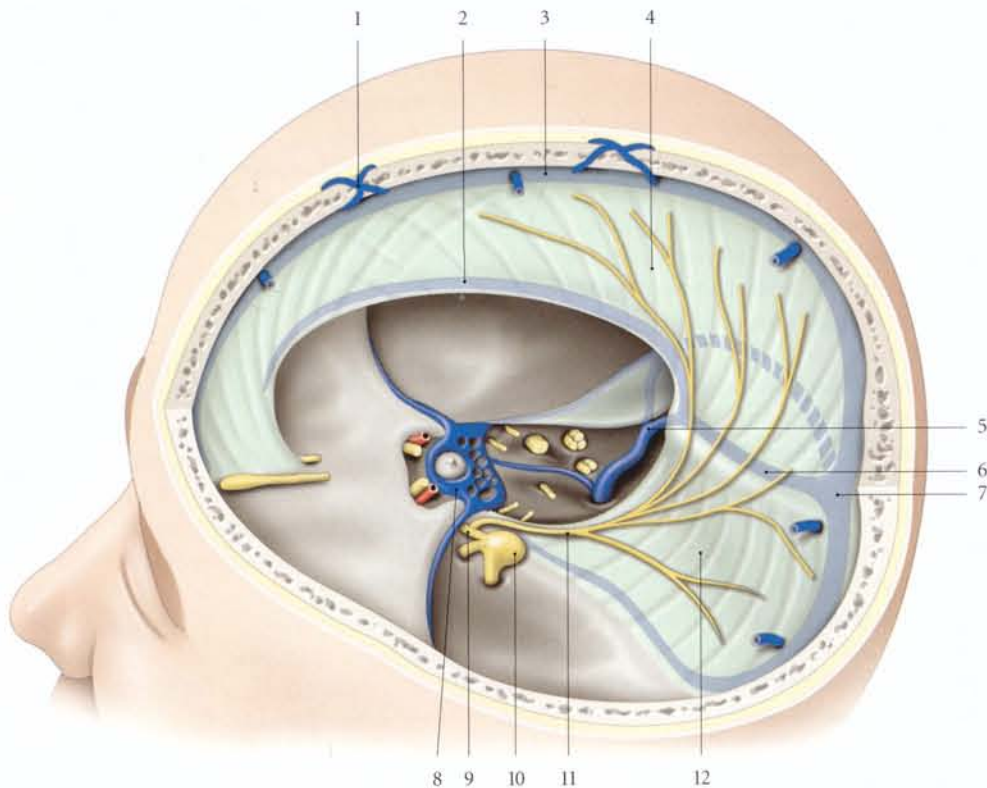


FIG. 10.4. Nerf tentoriel (vue supéro-latérale gauche de la cavité crânienne, sans l'encéphale)

- | | | |
|------------------------|------------------------|-----------------------------|
| 1. v. diploïque | 5. sinus sigmoïde | 9. n. ophtalmique (V_1) |
| 2. sinus sagittal inf. | 6. sinus droit | 10. ganglion trigéminal |
| 3. sinus sagittal sup. | 7. confluent des sinus | 11. n. tentoriel |
| 4. faux du cerveau | 8. sinus caverneux | 12. tente du cervelet |

b) Les branches terminales

Elles traversent la fissure orbitaire supérieure. Seul le nerf naso-ciliaire passe dans l'anneau tendineux commun.

- **Le nerf lacrymal**

Il longe le bord supérieur du muscle droit latéral, traverse la glande lacrymale qu'il innerve et se termine dans la partie latérale de la paupière supérieure.

Il donne un rameau communicant avec le nerf zygomatique.

Le zona du trijumeau frappe souvent le nerf ophtalmique, et plus particulièrement le nerf lacrymal. Ceci explique l'éruption sur la partie latérale de la paupière supérieure.

- **Le nerf frontal**

Il chemine au-dessus du muscle releveur de la paupière. Il se termine en 2 branches :

- le nerf supra-orbitaire, qui donne deux rameaux, latéral et médial ;
- le nerf supratrochléaire.

Il innerve les téguments de la région frontale.

- **Le nerf naso-ciliaire**

– Il surcroise le nerf optique et l'artère ophtalmique pour atteindre la paroi médiale de la cavité de l'orbite.

– Il donne un rameau communicant avec le ganglion ciliaire, les nerfs ciliaires longs et le nerf ethmoïdal postérieur, traverse le canal homonyme et innerve le sinus ethmoïdal, le sinus sphénoïdal et les méninges antérieures.

– Il se termine en deux branches, le nerf ethmoïdal antérieur et le nerf infratrochléaire.

- **Le nerf ethmoïdal antérieur**

Il traverse le canal ethmoïdal antérieur, puis la lame criblée de l'ethmoïde, latéral à la crista galli, et pénètre dans la cavité nasale. Il se divise en deux rameaux nasaux internes, latéral et médial.

Le rameau nasal interne latéral, destiné à la paroi latérale de la cavité nasale, donne le rameau nasal externe pour la peau des ailes et de l'apex du nez.

Le rameau nasal interne médial est destiné au septum nasal (fig. 10.5 et 10.6).

- **Le nerf infratrochléaire**

Il passe sous la trochlée du muscle oblique supérieur pour se terminer dans son angle médial en rameaux palpébraux pour les paupières. Il innerve aussi le sac lacrymal et la caroncule lacrymale.

c) Les connexions périphériques

Le nerf ophtalmique reçoit des fibres du plexus carotidien.

2 | Le nerf maxillaire (V₂)

Il parcourt la partie inférieure de la paroi latérale du sinus caverneux. Puis il traverse successivement le foramen rond, la partie supérieure de la fosse ptérygo-palatine, la fissure orbitaire inférieure et le sillon infra-orbitaire. Il se termine dans le canal infra-orbitaire, en *nerf infra-orbitaire*.

a) Les branches collatérales

- *Le rameau méningé moyen* est destiné à la dure-mère de la fosse crânienne moyenne.

- *Deux rameaux* sont destinés aux ganglions ptérygo-palatins.

- *Les rameaux orbitaires* traversent la fissure orbitaire inférieure pour entrer dans l'orbite. Ils innervent les cellules ethmoïdales postérieures et le sinus sphénoïdal.

- *Le nerf zygomatique* se divise en nerfs zygomatoc-temporal et zygomatoc-facial qui parcourent les canaux homonymes.

- *Les nerfs alvéolaires supérieurs* se terminent en formant le plexus dentaire supérieur (voir « Rameaux dentaires »).

- Le nerf alvéolaire supéro-antérieur innerve les incisives et canines supérieures.

- Le nerf alvéolaire supéro-moyen, les molaires.

- Le nerf alvéolaire supéro-postérieur, les molaires supérieures.

b) Le ganglion ptérygo-palatin (fig. 10.7)

Il est situé dans la fosse ptérygo-palatine, près du canal palatin, en avant du canal ptérygoïdien et du foramen rond. Placé sous le nerf maxillaire, il est en connexion avec le nerf facial par le nerf du canal ptérygoïdien qui prolonge le nerf grand pétreux. Il donne de nombreuses branches, orbitaires, palatines, nasales et pharyngiennes.

- *Les rameaux orbitaires* (2 ou 3) traversent la fissure orbitaire inférieure pour apporter des fibres sensibles et autonomes à l'orbite, au sinus sphénoïdal et au sinus ethmoïdal.

- *Le nerf grand palatin* traverse le canal grand palatin pour innerver la muqueuse du palais dur et les gencives situées en arrière de la 2^e prémolaire supérieure.

- *Les nerfs petits palatins* (au nombre de 2) descendent dans les canaux petits palatins pour innerver le palais mou et la tonsille palatine.

FIG. 10.5. Nerfs de la paroi latérale d'une fosse nasale (muqueuse nasale partiellement réséquée)

1. n. ethmoïdal ant.
2. r. nasal interne médial coupé
3. r. nasal interne latéral
4. r. nasal externe
5. r. nasal du n. infra-orbitaire (V_2)
6. n. naso-palatin coupé (canal incisif)
7. bulbe olfactif
8. nn. olfactifs
9. rr. nasaux latéraux postéro-supérieurs
10. r. orbitaire
11. connexions avec le n. maxillaire (V_2)
12. ganglion ptérygo-palatin
13. n. du canal ptérygoïdien
14. n. pharyngien
15. r. nasal latéral postéro-inf.
16. n. grand palatin
17. n. petit palatin
18. aires d'innervation

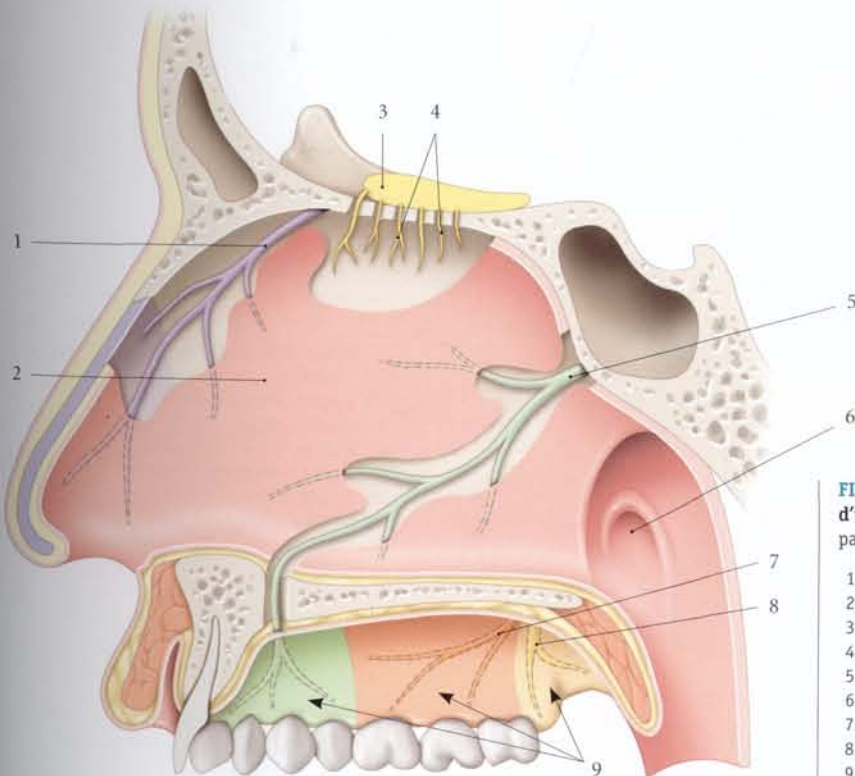
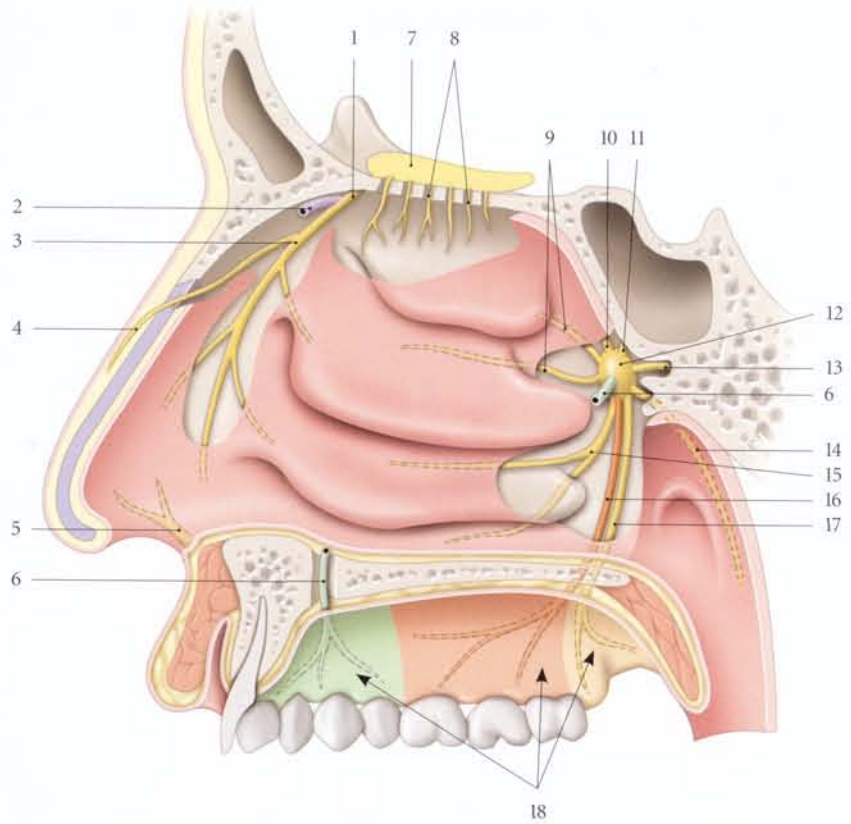


FIG. 10.6. Nerfs de la paroi médiale d'une fosse nasale (muqueuse nasale partiellement réséquée)

1. r. nasal interne médial
2. septum nasal
3. bulbe olfactif
4. nn. olfactifs
5. n. naso-palatin
6. ostium pharyngien de la trompe auditive
7. n. grand palatin
8. n. petit palatin
9. aires d'innervation

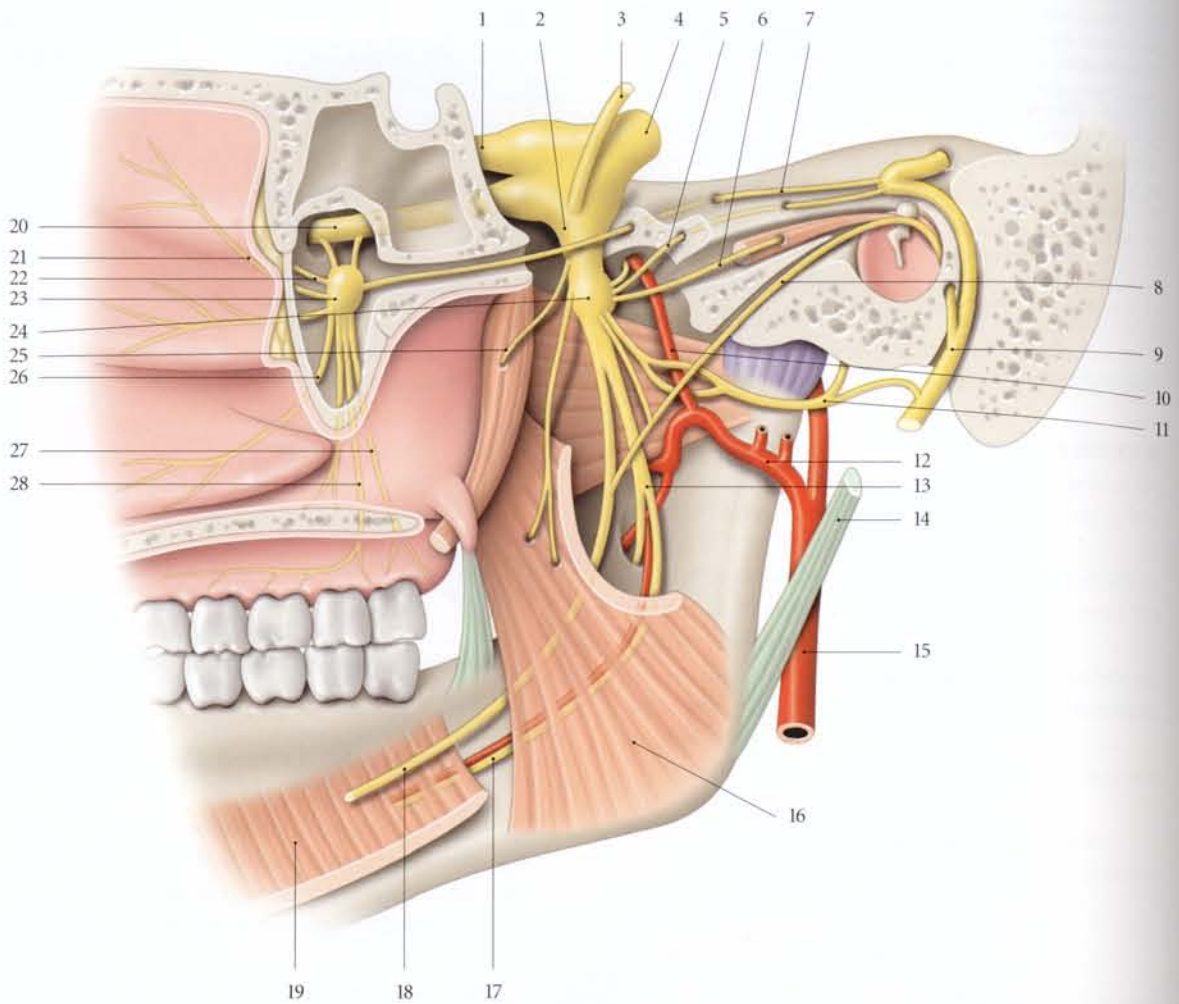


FIG. 10.7. Ganglions otique et ptérygo-palatin (vue médiale)

- | | | |
|-------------------------------|-----------------------------|---|
| 1. n. ophtalmique | 11. n. auriculo-temporal | 21. r. nasal postéro-sup. latéral |
| 2. n. mandibulaire | 12. a. maxillaire | 22. r. orbitaire |
| 3. racine motrice du V | 13. n. alvéolaire inf. | 23. ganglion ptérygo-palatin |
| 4. racine sensitive du V | 14. lig. stylo-mandibulaire | 24. ganglion otique |
| 5. n. petit pétreux | 15. a. carotide externe | 25. n. du m. tenseur du voile du palais |
| 6. n. du m. tenseur du tympan | 16. m. ptérygoïdien médial | 26. r. nasal postéro-inf. latéral |
| 7. n. grand pétreux | 17. n. mylo-hyoïdien | 27. n. petit palatin |
| 8. corde du tympan | 18. n. lingual | 28. n. grand palatin |
| 9. n. facial | 19. m. mylo-hyoïdien | |
| 10. a. méningée moyenne | 20. n. maxillaire | |

- Les nerfs nasaux latéraux postéro-supérieurs (6 environ) se destinent aux cornets nasaux supérieur et moyen, et aux cellules ethmoïdales postérieures.
- Le rameau nasal latéral postéro-inférieur innerve le cornet nasal inférieur. Il peut naître du nerf grand palatin.
- Le nerf naso-palatin (ou incisif) descend sur le septum nasal obliquement et en avant. Il traverse le canal incisif pour innerver la partie antérieure du palais dur et le septum nasal.
- Le nerf pharyngien se dirige en arrière, traverse le canal palatino-vaginal pour innerver la muqueuse du nasopharynx située en arrière de l'ostium pharyngien de la trompe auditive.

c) La branche terminale ou nerf infra-orbitaire

Le nerf infra-orbitaire se divise en rameaux palpébraux inférieurs, nasaux externes, nasaux internes et labiaux supérieurs.

3 | Le nerf mandibulaire (V₃)

Branche latérale du nerf trijumeau, son tronc court se dirige en bas pour traverser le foramen ovale, accompagné de l'artère petite méningée. Il se termine dans la fosse infratemporale entre les muscles tenseur du voile du palais et ptérygoïdien latéral en deux branches : les nerfs lingual et alvéolaire inférieur (fig. 10.8 et 10.9).

a) Les branches collatérales

- Le rameau méningé (ou nerf épineux) traverse le foramen épineux avec l'artère méningée moyenne pour innover la dure-mère de la fosse crânienne moyenne.
- Les rameaux ganglionnaires otiques.
- Le nerf massétérique se dirige latéralement au-dessus du muscle ptérygoïdien latéral et traverse l'incisure mandibulaire pour innover le muscle masséter et l'articulation temporo-mandibulaire.

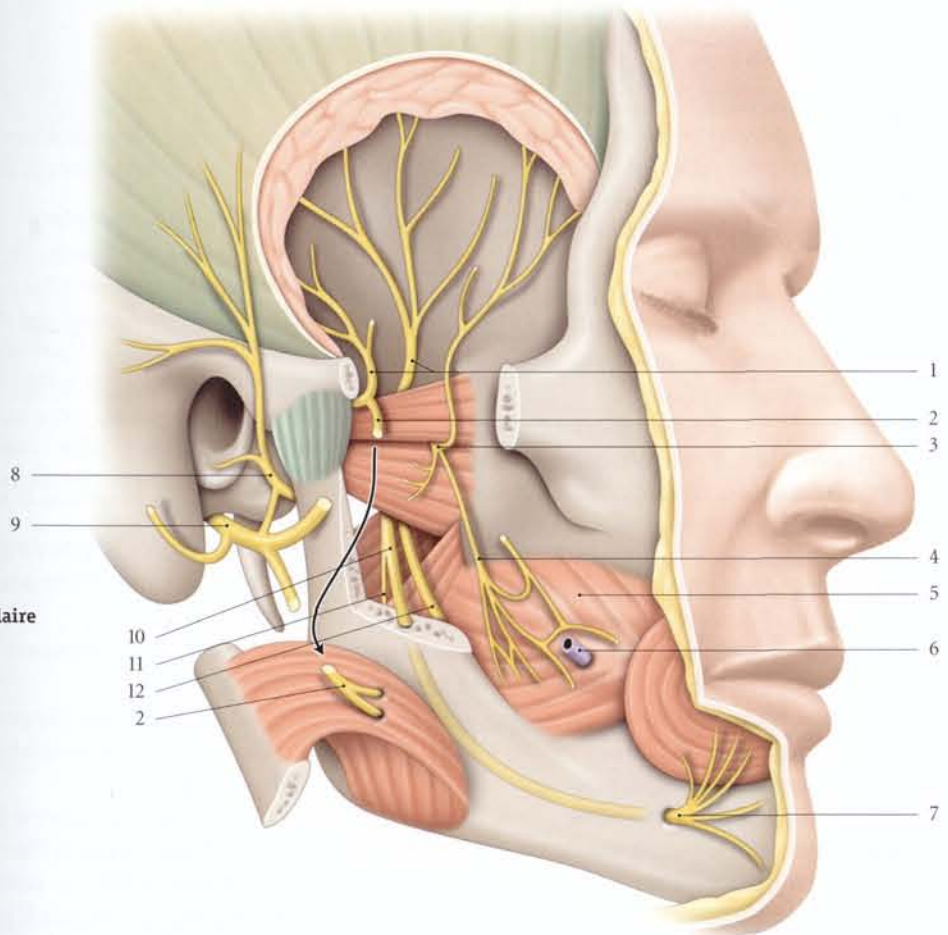


FIG. 10.8. Nerf mandibulaire
(vue latérale)

1. nn. temporaux profonds
2. n. massétérique
3. n. ptérygoïdien latéral
4. n. buccal
5. m. buccinateur
6. conduit parotidien
7. n. mentonnier
8. n. auriculo-temporal
9. n. facial
10. n. alvéolaire inf.
11. n. mylo-hyoïdien
12. n. lingual

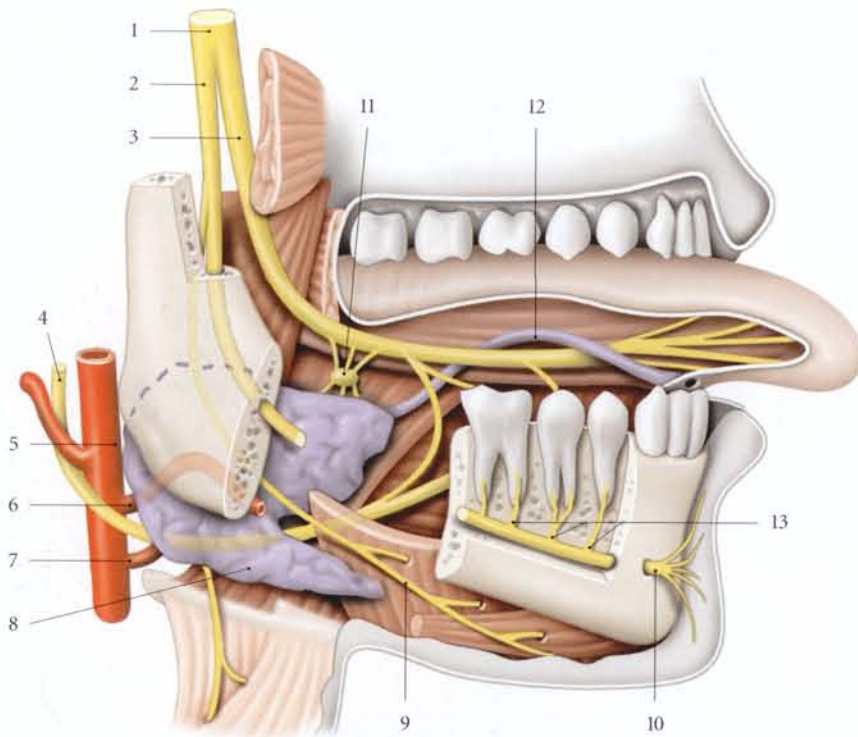


FIG. 10.9. Branches du nerf mandibulaire (vue latérale)

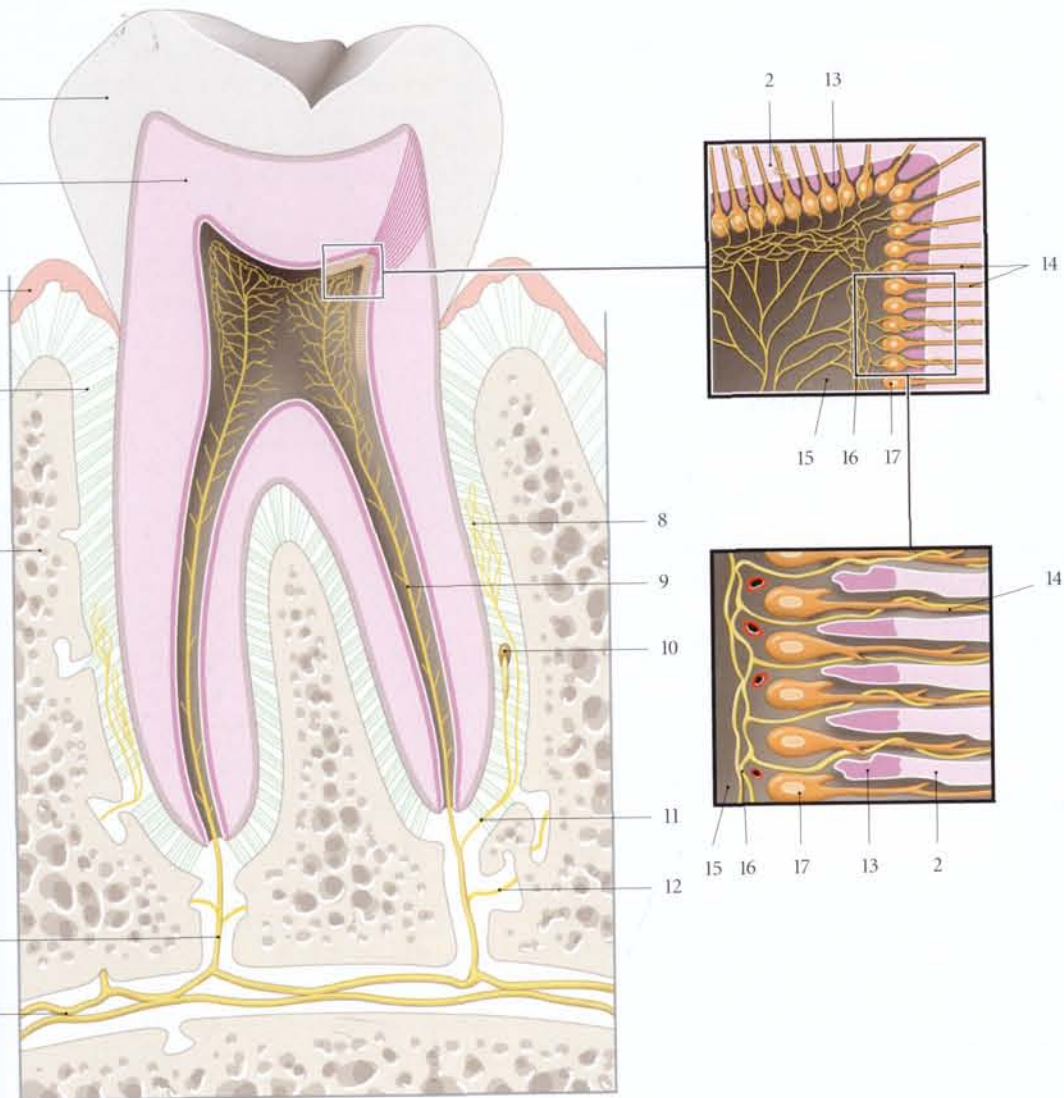
1. n. mandibulaire (V_3)
2. n. alvéolaire inf.
3. n. lingual
4. n. hypoglosse
5. a. carotide externe
6. a. faciale
7. a. linguale
8. glande submandibulaire
9. n. mylo-hyoïdien
10. n. mentonnier
11. ganglion submandibulaire
12. conduit submandibulaire
13. rr. dentaires

- *Les nerfs temporaux profonds* : au nombre de deux, ils montent pour atteindre la face profonde du muscle temporal.
- *Le nerf ptérygoïdien latéral* innerve le muscle homonyme.
- *Le nerf ptérygoïdien médial* innerve les muscles ptérygoïdien médial, tenseur du voile du palais et tenseur du tympan par une branche postérieure qui traverse le ganglion otique.
- *Le nerf buccal* passe entre les deux chefs du muscle ptérygoïdien latéral pour atteindre le muscle buccinateur. Il donne des rameaux cutanés et des rameaux muqueux pour la muqueuse buccale et les gencives adjacentes aux 2^e et 3^e molaires inférieures.
- *Le nerf auriculo-temporal* naît par deux racines qui encerclent l'artère méningée moyenne. Il passe entre le ligament sphéno-mandibulaire et le col de la mandibule, puis entre le tragus et les vaisseaux temporaux. Dans ce trajet, il est accompagné des vaisseaux maxillaires. Il donne :
 - le nerf du méat acoustique externe ;
 - les nerfs auriculaires antérieurs ;
 - un rameau pour la membrane du tympan ;
 - des rameaux parotidiens ;
 - un rameau communicant avec le nerf facial (93,3 % des cas).

Il se termine en branches temporales superficielles, qui innervent les téguments de la région temporale.

b) Les branches terminales

- *Le nerf lingual* : volumineux, il se dirige entre les muscles ptérygoïdiens médial et latéral, puis entre le muscle ptérygoïdien médial et la face médiale de la branche de la mandibule, où il est rejoint par la corde du tympan. Il longe le bord antérieur du muscle stylo-glosse, passe au-dessus de la glande submandibulaire puis contourne le conduit submandibulaire par ses faces latérale et inférieure. Il donne :
 - les rameaux de l'isthme du gosier ;
 - les rameaux communicants avec le nerf hypoglosse ;
 - les rameaux ganglionnaires submandibulaires et sublinguaux.
 Il se termine en rameaux linguaux pour la muqueuse du plancher buccal et de la langue située en avant du sillon terminal.
- *Le nerf alvéolaire inférieur* : volumineux, il naît dans la fosse infratemporale et chemine entre les muscles ptérygoïdiens médial et latéral, longeant le bord postérieur du nerf lingual. Il passe entre le ligament sphéno-mandibulaire et la mandibule, pour attein-



10. Innervation de la dent (coupe verticale)

niveau de la couronne
niveau de la racine

l
fine
ine
ive
odonte
lveolaire
ntaire
us dentaire
minaison libre périodontale

- 9. n. pulpaire
- 10. corpuscules nerveux terminaux
- 11. n. périodontal
- 12. r. osseux
- 13. prédentine
- 14. tubules dentaires
- 15. zone acellulaire
- 16. plexus pulpaire
- 17. couche de dentinoblastes

dre le foramen mandibulaire. Il parcourt le canal mandibulaire jusqu'au foramen mentonnier où il se termine en *nerf mentonnier*. Il donne :

- le nerf mylo-hyoïdien, qui innerve le muscle mylo-hyoïdien et le ventre antérieur du muscle digastrique ;
- le plexus dentaire inférieur qui donne les rameaux dentaires et gingivaux inférieurs (fig. 10.10).

Le nerf mentonnier se divise en rameaux mentonniers pour les téguments du menton et en rameaux labiaux inférieurs pour la lèvre inférieure.

4 | Les rameaux dentaires

Ils naissent des plexus dentaires supérieur et inférieur.

Chaque rameau dentaire donne un nerf pulpaire et des rameaux périodontaux et osseux.

- *Le nerf pulpaire* chemine dans le canal pulpaire. Ses branches forment un plexus pulpaire⁵ d'où partent des neurofibres qui parcourent les tubules dentaires de la dentine, le long des prolongements des dentinoblastes⁶.
- *Les rameaux périodontaux* présentent des terminaisons libres (nocicepteurs) et des corpuscules nerveux terminaux (propriocepteurs).

5. Ancien. : plexus de Raschkow.

6. Ancien. : fibres de Tomes.

10.2 SYSTÉMATISATION

A | NOYAUX SENSITIFS DU TRIJUMEAU (V)

Ils sont au nombre de trois et forment le plus long noyau crânien (fig. 10.11).

1 | Le noyau mésencéphalique du nerf trijumeau

C'est une mince colonne située de chaque côté de l'aqueduc du mésencéphale.

Ses fibres afférentes, qui forment le *tractus mésencéphalique du V*, longent latéralement le noyau mésencéphalique du V.

Elles véhiculent la sensibilité proprioceptive des muscles masticateurs, de l'articulation temporo-mandibulaire, des dents et des muscles faciaux et extrinsèques de l'œil.

2 | Le noyau principal du nerf trijumeau⁷

Il est situé au niveau de l'angle latéral du 4^e ventricule, sous le tubercule trigéminal.

Il est formé d'un noyau postéro-médial et d'un noyau antéro-latéral.

Ses fibres afférentes véhiculent la sensibilité tactile discriminative de la face.

3 | Le noyau spinal du nerf trijumeau

Il prolonge le noyau pontique jusqu'au 2^e segment médullaire cervical, où il se continue avec la corne dorsale de la moelle spinale.

Il est longé latéralement par le tractus spinal du V.

4 | Les fibres sensibles afférentes

Elles véhiculent les sensibilités nociceptive et thermique de la face.

Du point de vue topographique, les neurofibres d'origine mandibulaire (V_3) sont les plus crânielles, les neurofibres ophtalmiques (V_1) sont plus caudales et les neurofibres maxillaires (V_2) occupent la position intermédiaire.

Le tractus spinal du V contient aussi des afférences des nerfs crâniens IX et X, qui véhiculent la sensibilité somatique de l'oreille, de la langue, du pharynx et du larynx.

5 | Les fibres sensibles efférentes

Elles forment le lemnisque trigéminal (ou tractus trigémino-thalamique)⁸, croisé pour la majorité des fibres. Ces fibres gagnent le noyau ventral postéro-médial du thalamus.

B | NOYAU MOTEUR TRIGÉMINAL⁹

Il est médial au noyau pontique du V et est situé au-dessus du noyau du VII.

1 | Les neurofibres efférentes

Elles sont destinées aux muscles masticateurs et cheminent dans le nerf mandibulaire.

2 | Les neurofibres afférentes

Elles appartiennent à la voie motrice directe (tractus cortico-nucléaire), mais aussi aux voies motrices indirectes.

7. Ancien. : noyau pontique du V.

8. Ce tractus forme une éminence allongée dénommée parfois tubercule cendré (tuberculum cinereum) ou tubercule de Rolando.

9. Ancien. : noyau masticateur.

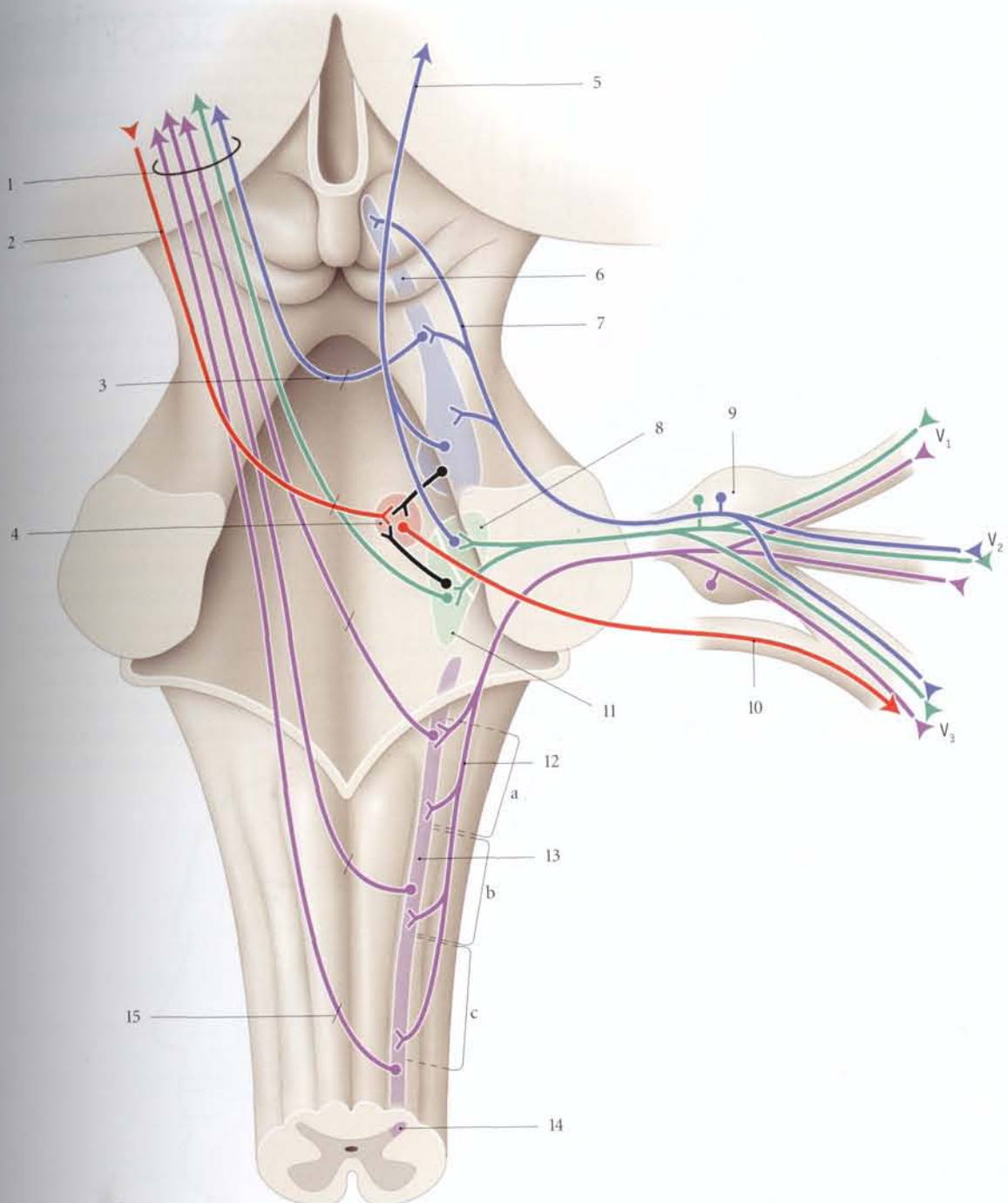


FIG. 10.11. Systématisation du nerf trijumeau

En bleu : sensibilité proprioceptive

En vert : sensibilité tactile discriminative

En violet : sensibilité nociceptive (douleur, température)

1. lemnisque trigéminal croisé

2. tractus cortico-nucléaire

3. décussation

4. noyau moteur du V

5. lemnisque trigéminal direct

6. noyau mésencéphalique du V

7. tractus mésencéphalique du V

8. noyau antéro-latéral du V

9. ganglion trigéminal

10. racine motrice du V

11. noyau postéro-médial du V

12. tractus spinal du V

13. noyau spinal : aires mandibulaire (a), maxillaire (b), ophtalmique (c)

14. corne post. de la moelle spinale

15. décussation

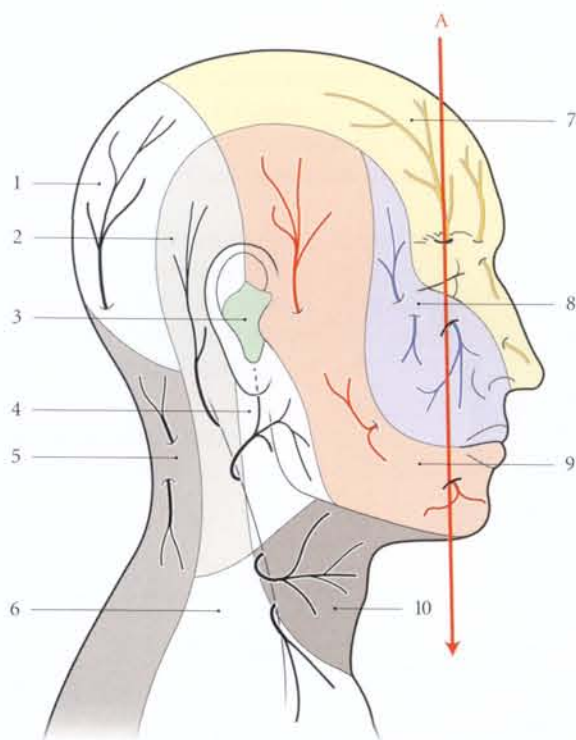


FIG. 10.12. Innervation sensitive de la face

A. ligne et points de Valleix

1. n. grand occipital (C2-C3)
2. n. petit occipital (C2)
3. n. facial
4. n. grand auriculaire (C2-C3)
5. rr. dorsaux des nn. C3, C4 et C5
6. nn. supraclaviculaires
7. n. ophtalmique
8. n. maxillaire
9. n. mandibulaire
10. n. transverse du cou (C2-C3)

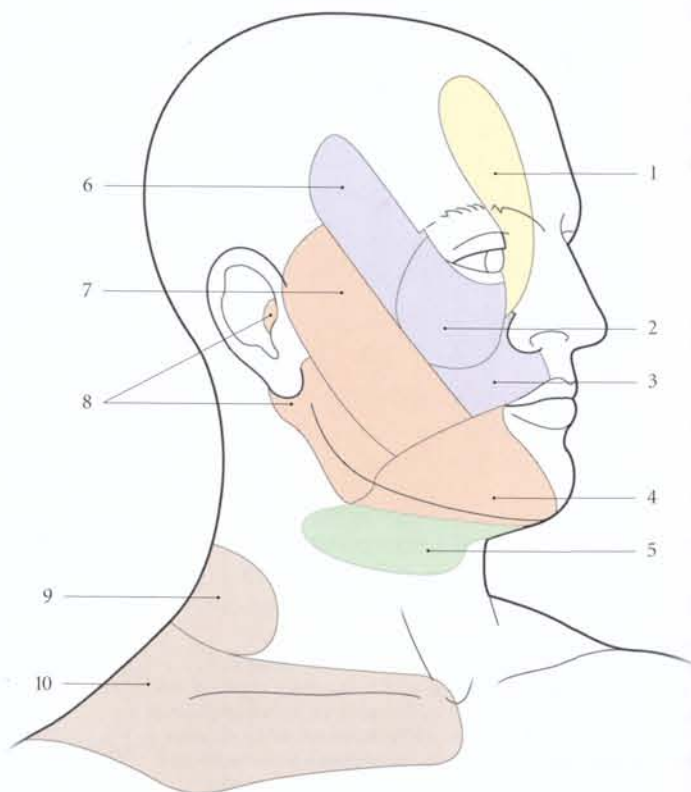


FIG. 10.13. Topographie cutanée des douleurs dentaires projetées

1. incisives sup.
2. 2^e prémoilaire et 1^{re} molaire
3. canine et 1^{re} prémoilaire
4. incisives inf. et 1^{re} prémoilaire
5. 3^e molaire inf.
6. 2^e prémoilaire
7. 2^e et 3^e molaires
8. 2^e prémoilaire, 1^{re} et 2^e molaires inf.
9. partie post. du diaphragme
10. partie ant. du diaphragme

10.3 FONCTION

A | FONCTION SENSITIVE

1 | Le territoire sensitif du V (fig. 10.12)

Il concerne la face et est limité par la ligne coronale passant par le vertex, le tragus et le bord inférieur de la mandibule.

- La zone supra-oculaire est innervée par le nerf ophtalmique.
- La zone interoculo-buccale, par le nerf maxillaire.
- La zone infrabuccale, par le nerf mandibulaire.

La névralgie trigéminal ou faciale est induite ou aggravée par la palpation des points d'émergence des nerfs V_1 , V_2 et V_3 (points de Valleix). Ces points sont aussi les lieux des infiltrations tronculaires. L'anesthésie tronculaire donne une anesthésie ou une hypoesthésie topographique; l'atteinte nucléaire correspond à des plages concentriques aux lèvres.

L'abolition du réflexe cornéen est un signe fidèle de l'atteinte du trijumeau, la cornée étant innervée par le nerf ophtalmique (V_1). C'est le dernier réflexe à disparaître au cours de l'anesthésie générale et du coma.

2 | Les douleurs projetées dentaires

Le territoire superficiel de la face est le siège privilégié des projections des algies dentaires. Les aires dentaires simulent grossièrement une main dont la paume est appliquée sur la face, le pouce étant placé en dessous de la mandibule (fig. 10.13).

B | FONCTION MOTRICE

Le trijumeau assure la fonction masticatrice.

1 | La paralysie unilatérale

Elle entraîne :

- une déviation de la bouche du côté atteint;
- une hypo-acousie en raison de la paralysie du muscle tenseur du tympan.

Cependant ces troubles fonctionnels sont souvent compensés par les muscles contro-latéraux.

Le réflexe massétérique, contraction du muscle après sa percussion, est aboli en cas de paralysie.

2 | La paralysie bilatérale

Elle entraîne l'impossibilité d'ouvrir la bouche.

11

Nerf abducens (VI)

Le nerf abducens est le nerf moteur du muscle droit latéral de l'œil.

11.1 ANATOMIE DESCRIPTIVE

A | ORIGINE (fig. 11.1)

Il émerge du sillon ponto-bulbaire¹, au-dessus de la pyramide de la moelle allongée et en dedans du nerf facial (VII).

B | TRAJET – RAPPORTS

1 | Dans la fosse crânienne postérieure

Il se dirige en avant, à travers la citerne ponto-cérébelleuse, au-dessous de l'artère cérébelleuse antéro-inférieure.

Il traverse la dure-mère près du bord latéral du clivus et chemine dans son épaisseur. Il se dirige en haut et latéralement, et croise le bord supérieur de l'apex de la partie pétreuse du temporal, sous le ligament pétro-sphénoïdal.

2 | Dans le sinus caverneux

Il croise la face latérale de l'artère carotide interne.

1. Syn. : sillon ponto-spinal.

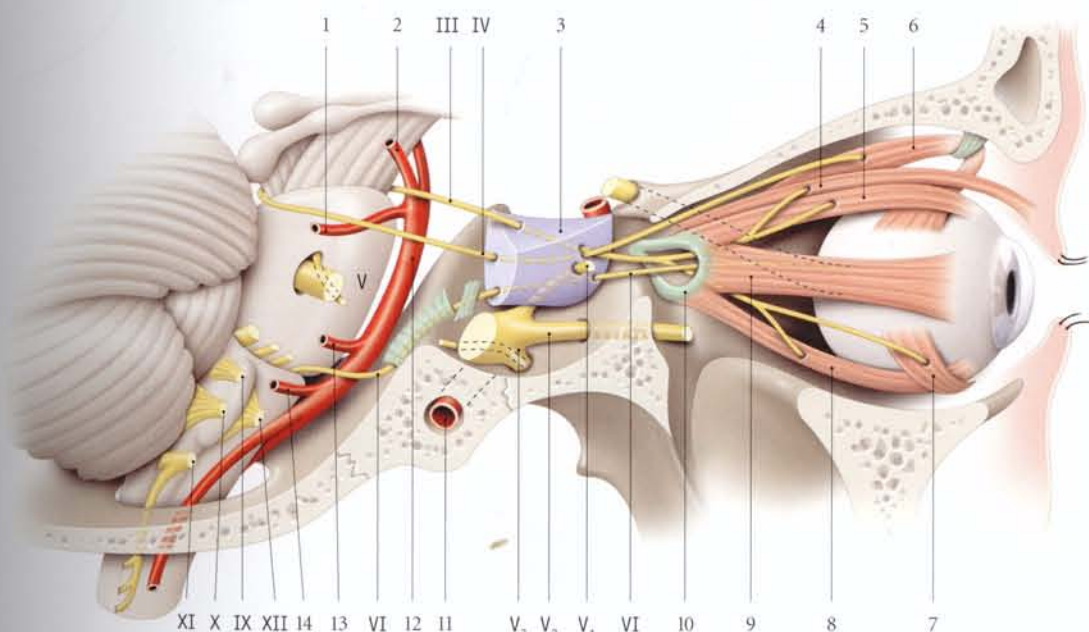


FIG. 11.1. Trajet des nerfs moteurs de l'œil

1. a. cérébelleuse sup.
2. a. cérébelleuse post.
3. sinus caverneux
4. m. releveur de la paupière sup.
5. m. droit sup.

6. m. oblique sup.
7. m. oblique inf.
8. m. droit inf.
9. m. droit latéral
10. anneau tendineux commun

11. a. carotide interne
12. a. basilaire
13. a. cérébelleuse antéro-inf.
14. a. cérébelleuse postéro-inf.

3 | Dans la fissure orbitaire supérieure

Il traverse l'anneau tendineux commun et s'applique sur la face bulbaire du muscle droit latéral.

C | TERMINAISON

Le nerf abducens s'épanouit en 4 à 5 branches qui pénètrent le muscle près de son origine.

D | CONNEXIONS

Le tronc du nerf abducens reçoit des neurofibres du plexus carotidien interne et parfois du nerf ophtalmique.

11.2 SYSTÉMATISATION**A | NOYAU DU NERF ABDUCENS** (fig. 11.2)

Il est situé dans le tegmentum du pont sous le colliculus facial². Il est contourné en arrière par le nerf facial (VII).

B | FIBRES EFFÉRENTES

Elles se dirigent en avant et traversent la formation réticulaire, le corps trapézoïde, le lemnisque médial et le tractus pyramidal.

C | FIBRES AFFÉRENTES

Elles sont nombreuses et comprennent :

1 | Les fibres cortico-nucléaires directes et croisées.**2 | Les fibres du faisceau longitudinal médial**, qui l'unissent au noyau des nerfs crâniens III, IV et XI, et aux noyaux vestibulaires.

Elles assurent la coordination des mouvements des yeux, de la tête et du cou, aux stimulations auditives.

3 | Les fibres du tractus tecto-bulbaire qui l'unissent au cortex visuel par l'intermédiaire du colliculus supérieur.

Ces fibres d'association sont à l'origine de réflexes oculo-céphalogyres.

2. Ancien. : eminentia teres.

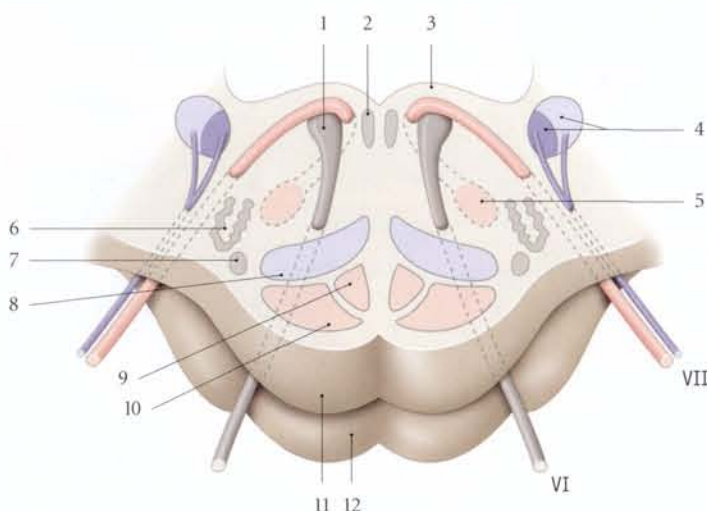


FIG. 11.2. Noyaux du nerf abducens (VI) et du nerf facial (VII) (coupe transversale du pont)

- | | | |
|---------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|
| 1. noyau du n. abducens | 5. noyau moteur du n. facial | 9. tractus cortico-nucléaire |
| 2. faisceau longitudinal médial | 6. noyau dorsal du corps trapézoïde | 10. faisceau cortico-spinal |
| 3. colliculus facial | 7. noyau ventral du corps trapézoïde | 11. pont |
| 4. noyau et tractus spinal du V | 8. lemnisque médial | 12. pyramide de la moelle allongée |

11.3 FONCTION

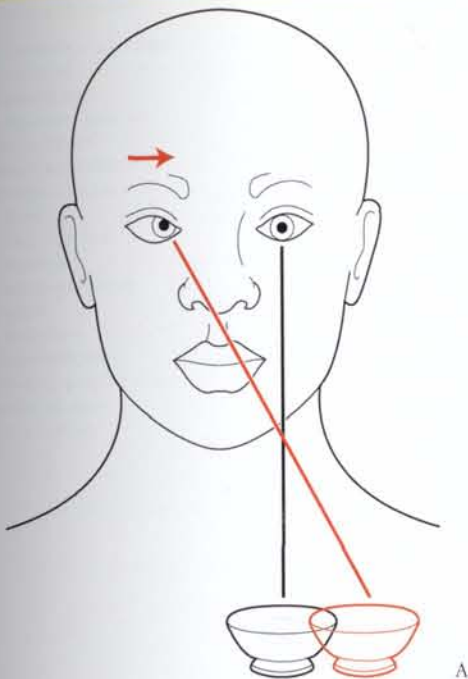
Le nerf abducens est abducteur du globe oculaire (voir Chapitre 8.3).

Sa paralysie est la plus fréquente des paralysies oculaires (traumatisme, méningite, hémorragie...).

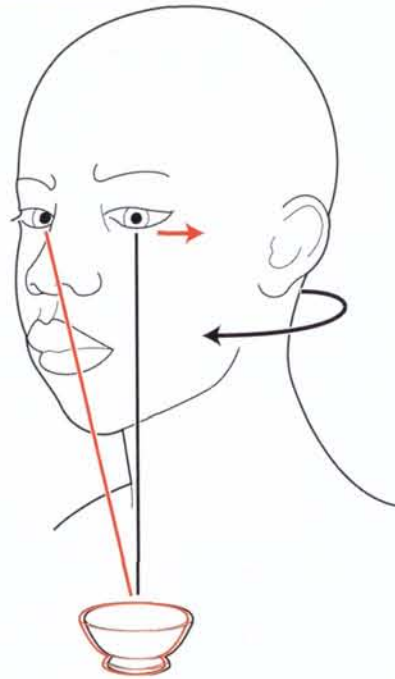
Elle se traduit par :

- une perte de l'abduction de l'œil;

- un strabisme interne sous l'action du muscle droit médial;
 - une diplopie homonyme.
- Pour réduire cette diplopie, le sujet effectue une rotation du côté de la lésion (fig. 11.3).



A



B

FIG. 11.3. Paralysie du nerf abducens (VI) droit

A. regard de face et son strabisme convergent

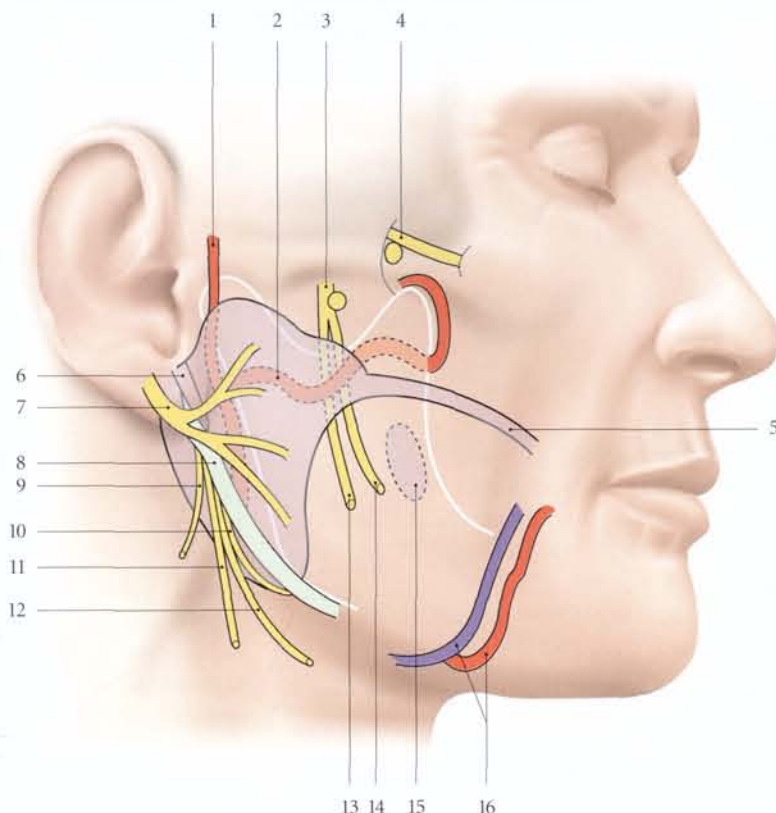
B. rotation de la tête du côté de la lésion pour supprimer la diplopie

12 Nerf facial (VII)

Le nerf facial est un nerf mixte comprenant le VII moteur, plus volumineux, et le VII sensitif ou *nerf intermédiaire*¹, qui présente sur son trajet le *ganglion géniculé* (fig. 12.1).

FIG. 12.1. Région parotido-massétérique droite : anatomie de surface (structures principales)

1. a. temporale superficielle
2. a. maxillaire
3. n. mandibulaire
4. n. maxillaire, ganglion ptérygo-palatin
5. conduit parotidien
6. processus styloïde
7. n. facial
8. m. stylo-hyoïdien
9. n. accessoire
10. n. glosso-pharyngien
11. n. vague
12. n. hypoglosse
13. m. alvéolaire inf.
14. n. lingual, ganglion otique
15. tonsille palatine
16. a. et v. faciales



12.1 ANATOMIE DESCRIPTIVE

A | ORIGINE

Il naît par sept racines environ, émergeant du sillon ponto-bulbaire (ou ponto-spinal) au-dessus de l'olive bulbaire. Le nerf intermédiaire est situé entre le VII moteur et le nerf VIII².

B | TRAJET – RAPPORTS

1 | Dans la fosse crânienne postérieure

Le nerf facial, solidaire du nerf vestibulo-cochléaire, chemine dans la citerne ponto-cérébelleuse. Il se dirige

obliquement en avant, en haut et latéralement, vers le méat acoustique interne.

À son origine, il est surcroisé par l'artère cérébelleuse supérieure, puis il surcroise le sinus pétreux inférieur.

2 | Dans le méat acoustique interne

Le nerf facial repose sur le nerf vestibulo-cochléaire, le nerf intermédiaire étant situé entre les deux nerfs. Il est accompagné des vaisseaux labyrinthiques.

3 | Dans le canal facial (fig. 12.2)

Le canal facial, creusé dans la partie pétreuse de l'os temporal, présente un trajet en zig-zag. Le nerf qui le parcourt présente trois parties.

1. Ancien : VII bis ou nerf intermédiaire de Wrisberg.
2. D'où le nom de nerf intermédiaire.

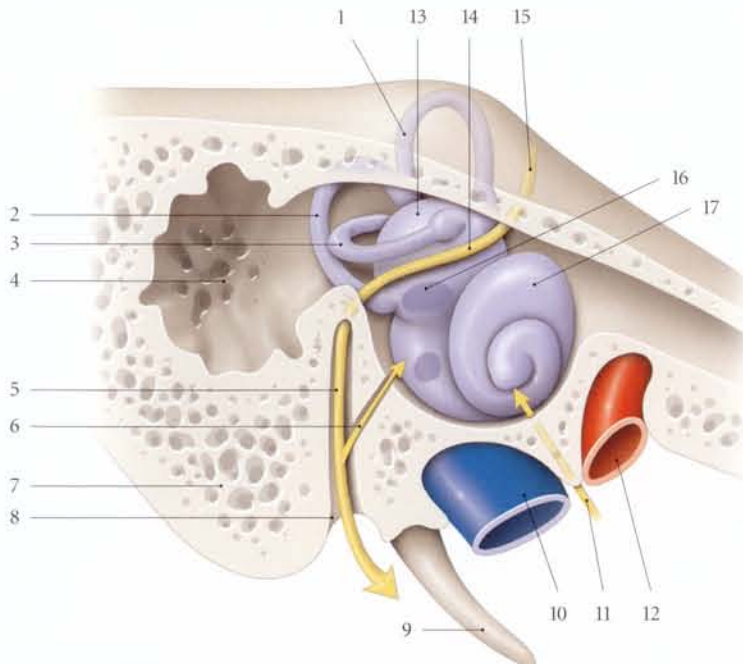


FIG. 12.2. Nerf facial dans le canal facial (coupe longitudinale de l'oreille moyenne avec ablation de sa paroi vestibulaire pour mettre en évidence le vestibule osseux)

1. canal semi-circulaire ant.
2. canal semi-circulaire post.
3. canal semi-circulaire latéral
4. antre mastoïdien
5. partie mastoïdienne du VII
6. n. du m. stapès
7. processus mastoïde
8. foramen stylo-mastoïdien
9. processus styloïde
10. v. jugulaire interne
11. n. tympanique
12. a. carotide interne
13. vestibule osseux
14. partie tympanique
15. partie labyrinthique
16. fenêtre du vestibule
17. cochlée osseuse

a) La partie labyrinthique

Elle est horizontale et longue de 4 mm. Elle passe entre la cochlée en avant et le vestibule en arrière. Puis elle se coude en arrière suivant un angle de 60 à 70° pour former le *genou du nerf facial*.

À ce niveau se trouve le *ganglion géniculé*, qui est triangulaire et grisâtre.

b) La partie tympanique

Elle est longue de 10 mm et se dirige obliquement, en arrière et latéralement, parallèlement à l'axe de la partie pétreuse du temporal. Puis elle s'infléchit en bas et passe entre le conduit semi-circulaire latéral, en haut, et la fenêtre du vestibule, en bas. Ce canal détermine sur la paroi labyrinthique de la caisse tympanique la proéminence du canal facial.

Sa paroi souvent déhiscente dans la cavité tympanique explique la paralysie faciale des otites moyennes.

c) La partie mastoïdienne

Elle est verticale, longue de 18 mm, et se termine dans le foramen stylo-mastoïdien. Elle est accompagnée de l'artère stylo-mastoïdienne et est entourée de cellules mastoïdiennes.

Elle répond en dedans, à la fosse jugulaire, en arrière, au sinus transverse, et en avant, aux parois postérieures de la caisse du tympan et du méat acoustique externe.

4 | Dans la région parotidienne (fig. 12.3)

Le nerf facial descend en avant, croise la face externe du processus styloïde, et passe entre les muscles digastrique et stylo-hyoïdien pour pénétrer dans la parotide.

Dans la parotide, il croise la face externe de la veine jugulaire externe et se divise habituellement en deux branches, temporo-faciale et cervico-faciale, qui partagent la parotide en deux parties, superficielle et profonde.

Ces branches sont souvent unies par des anastomoses qui forment le *plexus intraparotidien*.

C | BRANCHES COLLATÉRALES

1 | Branches intrapétreuses (fig. 12.4)

a) Le nerf grand pétreux

Il naît du genou du nerf facial, traverse le ganglion géniculé et chemine dans le canal du nerf grand pétreux, puis sur la face antérieure de la partie pétreuse de l'os temporal. Il croise la face inférieure du ganglion trigéminal pour traverser le foramen déchiré.

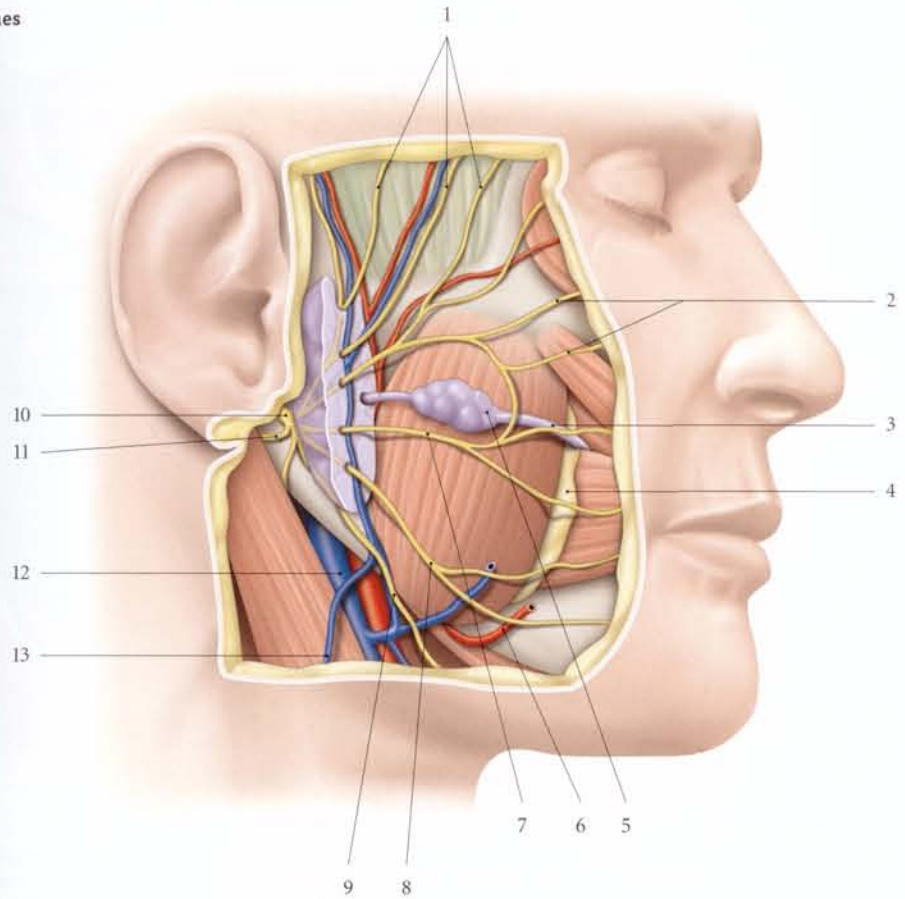
À ce niveau, il reçoit le nerf pétreux profond, rameau du plexus carotidien, formant ainsi le *nerf du canal ptérygoïdien*, qui aboutit au ganglion ptérygo-palatin.

b) Le rameau communicant avec le plexus tympanique

Il est parallèle au nerf grand pétreux.

FIG. 12.3. Nerf facial : branches terminales multiples

1. rr. temporaux
2. rr. zygomatiques
3. conduit parotidien
4. corps adipeux de la bouche
5. glandes parotides accessoires
6. a. faciale
7. r. buccal
8. r. mentonnier
9. r. cervical
10. n. facial
11. n. auriculaire post.
12. v. jugulaire interne
13. v. jugulaire externe



c) Le nerf stapédien

Il naît de la partie mastoïdienne du nerf facial et monte dans l'éminence pyramidale, pour atteindre le muscle stapédien.

d) La corde du tympan (voir fig. 10.7)

Elle naît au-dessus du foramen stylo-mastoïdien et remonte dans le canal facial, puis dans le canal de la corde du tympan creusé dans la paroi postérieure de la cavité tympanique.

Elle traverse la cavité tympanique en décrivant une courbe à concavité inférieure. Elle est située dans l'épaisseur des plis malléaires antérieur et postérieur. Elle traverse la fissure pétro-tympanique pour descendre contre la face médiale de l'épine de l'os sphénoïde et s'incorporer au nerf lingual.

Elle donne un rameau à la trompe auditive.

e) Le rameau méatique

Il naît au-dessus du foramen stylo-mastoïdien et traverse la paroi cartilagineuse du méat acoustique externe pour innervier les téguments du méat acoustique externe, de l'auricule et de la face externe du tympan.

2 | Branches extrapétreuses

a) Le nerf auriculaire postérieur

Il naît près du foramen stylo-mastoïdien, croise l'artère auriculaire postérieure puis monte sur la face externe du processus mastoïdien pour donner :

- un rameau auriculaire pour les muscles auriculaires postérieur et supérieur ;
- un rameau occipital pour le muscle occipital.

b) Le rameau digastrique

Il est destiné au ventre postérieur du muscle digastrique.

c) Le rameau stylo-hyoïdien

Il innervé le muscle stylo-hyoïdien.

Variations : il peut naître du rameau digastrique. Il peut donner un rameau lingual inconstant, qui s'insinue sous la tonsille palatine.

d) Les rameaux communicants avec les nerfs crâniens IX et X

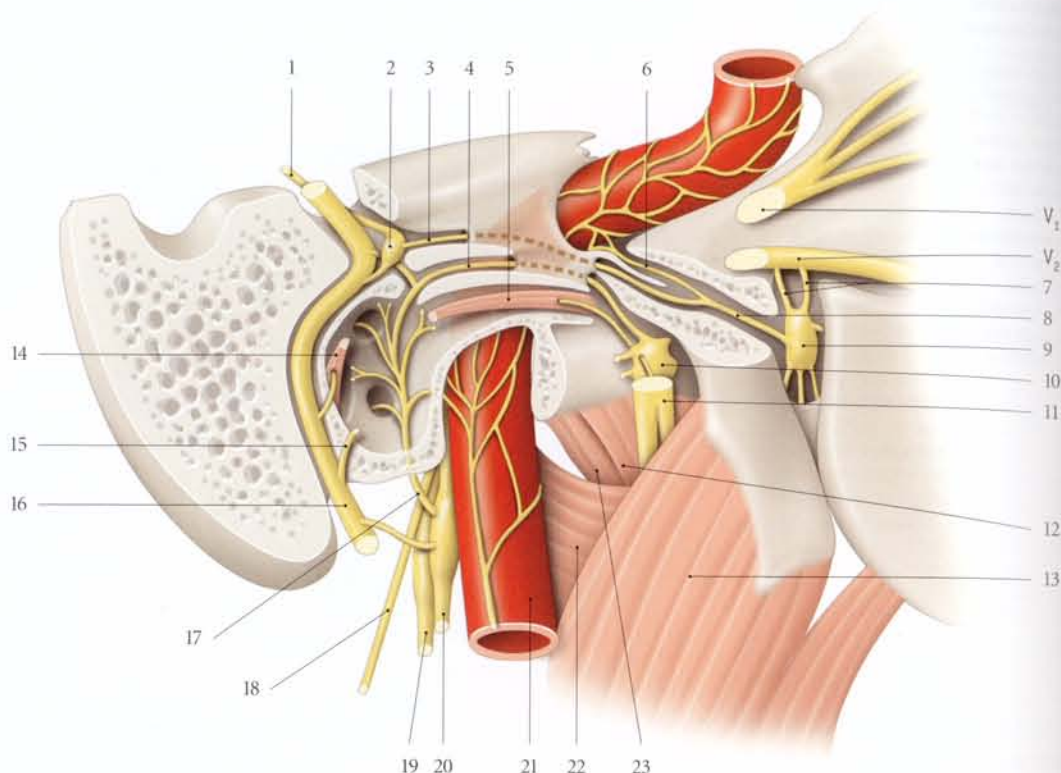


FIG. 12.4. Nerf facial intrapétreux (vue latérale)

- | | | |
|------------------------------------|-----------------------------------|---|
| 1. n. intermédiaire (VII sensitif) | 9. ganglion ptérygo-palatin | 17. n. tympanique |
| 2. ganglion géniculé | 10. ganglion otique | 18. n. accessoire (branche spinale) |
| 3. n. grand pétueux | 11. n. mandibulaire | 19. ganglion inf. du n. vague |
| 4. n. petit pétueux | 12. m. tenseur du voile du palais | 20. ganglion inf. du n. glosso-pharyngien |
| 5. m. tenseur du tympan | 13. m. ptérygoïdien médial | 21. a. carotide interne |
| 6. n. pétueux profond | 14. n. du m. stapès | 22. m. constricteur sup. du pharynx |
| 7. nn. ptérygo-palatins | 15. corde du tympan | 23. m. élévateur du voile du palais |
| 8. n. du canal ptérygoïdien | 16. n. facial | |

D | BRANCHES TERMINALES

Elles naissent dans la parotide.

1 | Branche temporo-faciale (fig. 12.5 et 12.6)

Elle se divise au niveau du col de la mandibule en trois branches.

a) La branche temporale

Elle donne des rameaux pour le muscle auriculaire antérieur et les muscles de la mimique, situés au-dessus de la fente palpébrale. Ces rameaux temporaux croisent la face externe de l'arcade zygomatique à 1 cm environ, en avant du tragus.

Ces rameaux sont menacés lors de l'intervention pour déridage ou lissage de la face (en anglais *lifting*).

b) La branche zygomatique

Elle donne des rameaux pour les muscles de la face, situés entre la fente palpébrale et la bouche.

c) La branche buccale

Elle donne des rameaux pour les muscles buccinateur et orbiculaire de la bouche.

2 | Branche cervico-faciale

Elle descend derrière la branche de la mandibule et se divise en deux branches, marginale et cervicale.

a) La **branche marginale de la mandibule** côtoie le bord inférieur de la mandibule et gagne le menton. Elle innerve les muscles de la face situés sous la bouche et le platysma.

b) La **branche cervicale** innerve le muscle platysma.

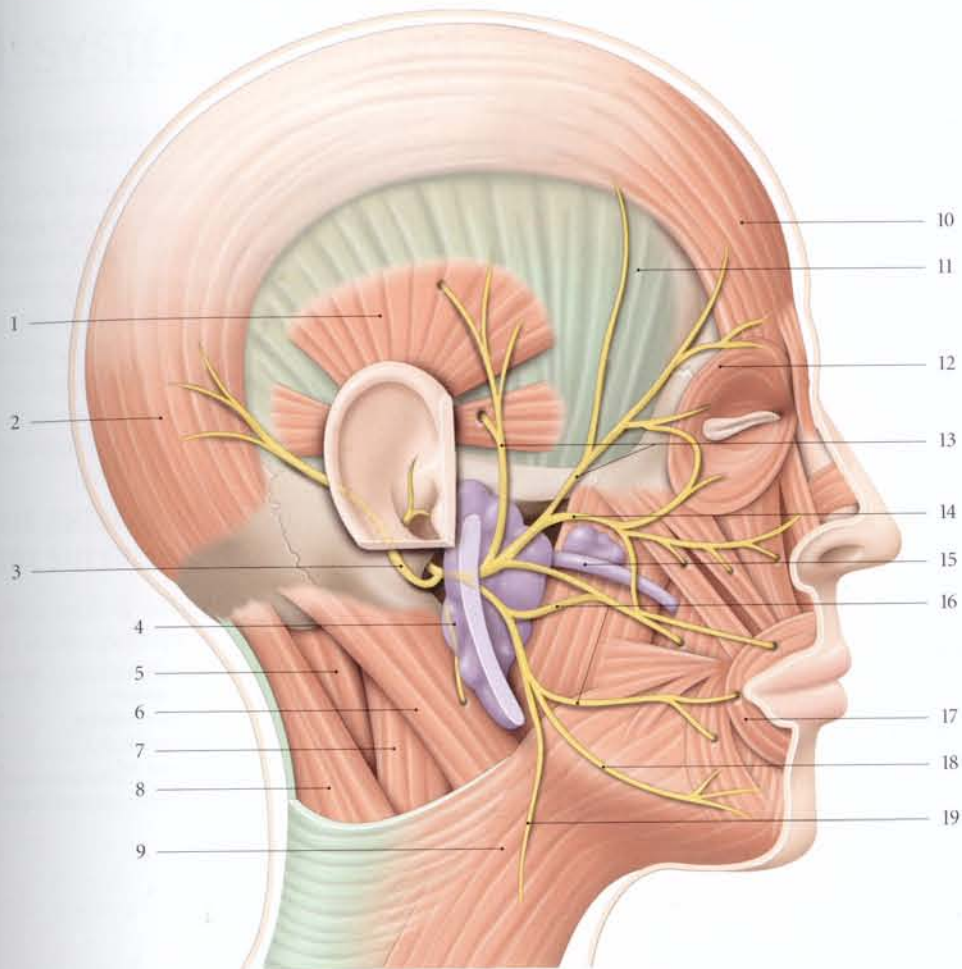


FIG. 12.5. Branches du nerf facial

1. m. auriculaire sup.
2. m. occipital
3. n. auriculaire post.
4. glande parotide
5. m. semi-épineux de la tête
6. m. sterno-cléido-mastoïdien
7. m. splénus de la tête

8. m. trapèze
9. platysma
10. m. frontal
11. fascia temporal
12. m. orbiculaire de l'œil
13. branches temporales
14. branches zygomatiques

15. conduit parotidien et glande parotide accessoire
16. branche buccale
17. n. orbiculaire de la bouche
18. branche marginale de la mandibule
19. branche cervicale

3 | Variations (fig. 12.7)

La division du nerf facial est très variable.

Toutes les branches terminales peuvent naître d'un plexus infraparotidien ou d'une subdivision du tronc du nerf facial. Ce plexus peut entourer la veine jugulaire externe (25 % des cas) ou être latéral à la veine (10 %).

E | CONNEXIONS

Le nerf facial présente des anastomoses avec :

1 | Le nerf maxillaire (V₃) via le nerf grand pétreux et le ganglion ptérygo-palatin.

2 | Le nerf glosso-pharyngien (IX) via le rameau communicant avec le nerf IX près du foramen stylo-mastoïdien et le plexus tympanique.

3 | Le nerf pneumo-gastrique (X) via le rameau communicant avec le nerf X.

4 | Le sympathique via des rameaux du plexus carotidien.

5 | Le plexus cervical via le rameau auriculaire et la branche cervico-faciale.

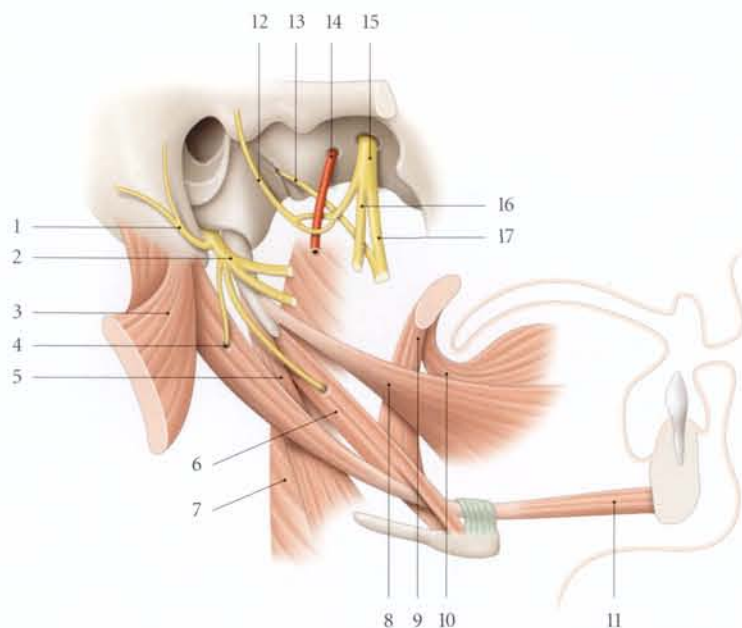


FIG. 12.6. Nerf facial : branches collatérales (vue latérale)

- | | | |
|-----------------------------------|---|---------------------------------------|
| 1. n. auriculaire post. | 7. m. constricteur sup. du pharynx | 13. corde du tympan |
| 2. n. facial | 8. m. styloglosse (← XII) | 14. a. méningée moyenne |
| 3. m. sterno-cléido-mastoïdien | 9. m. palato-pharyngien (← X) | 15. n. mandibulaire (V ₃) |
| 4. ventre post. du m. digastrique | 10. m. palatoglosse (← X) | 16. n. alvéolaire inf. |
| 5. m. stylo-pharyngien (← IX) | 11. ventre ant. du m. digastrique (← V) | 17. n. lingual |
| 6. m. stylo-hyoïdien | 12. m. auriculo-temporal | |

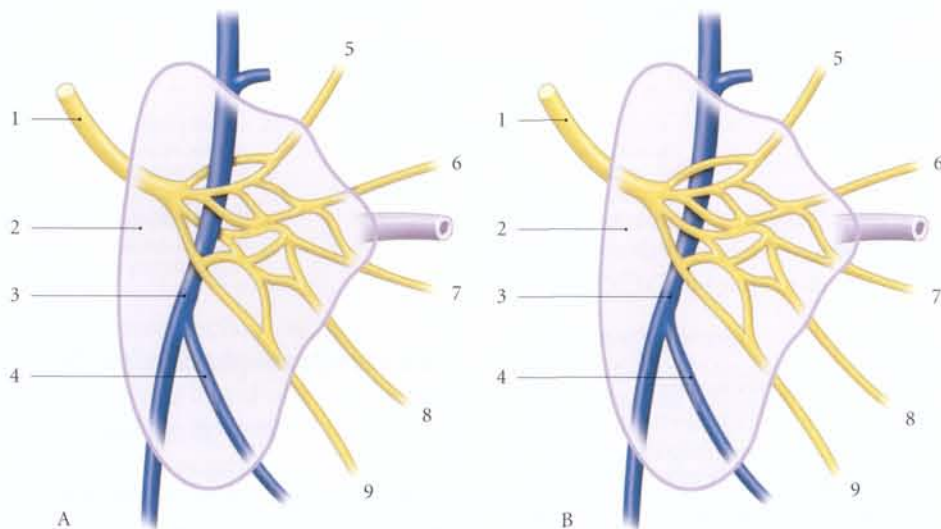


FIG. 12.7. Variation plexiforme de la division du nerf facial

- | | |
|---|--------------------------------------|
| A. plexus entourant la v. jugulaire externe | 4. v. rétromandibulaire |
| B. plexus latéral à la v. jugulaire externe | 5. branche temporale |
| 1. n. facial | 6. branche zygomatique |
| 2. parotide | 7. branche buccale |
| 3. v. jugulaire externe | 8. branche marginale de la mandibule |
| | 9. branche cervicale |

12.2 SYSTÉMATISATION

A | NOYAU MOTEUR DU VII

Il est situé dans le tegmentum du pont, au-dessus du noyau ambigu et en dedans du noyau spinal du V.

- Ses neurofibres efférentes se dirigent médialement, puis contournent le noyau du VI, produisant une saillie, le *colliculus facialis*³.
- Ses neurofibres afférentes proviennent du tractus cortico-nucléaire, des voies motrices indirectes, du faisceau tectospinal, du noyau solitaire et du tractus spinal du trijumeau (fig. 12.8).

B | PARTIE ANTÉRIEURE DU NOYAU SALIVAIRE SUPÉRIEUR⁴ (fig. 12.9)

Elle est inféro-médiale au noyau moteur.

Ce noyau parasympathique viscéro-moteur contrôle les glandes lacrymales, nasales et salivaires, excepté la parotide.

3. Ancien : eminentia teres.

4. Ancien : noyau lacrymo-nasal.

1 | Ses fibres efférentes, préganglionnaires, empruntent le nerf intermédiaire, puis deux voies, supérieure et inférieure.

a) La voie supérieure est constituée du nerf grand pétreux et du nerf du canal ptérygoïdien.

Après synapse dans le ganglion ptérygo-palatin, les neurones postganglionnaires cheminent :

- soit dans le nerf zygomatique vers la glande lacrymale;
- soit dans les rameaux nasaux pour la muqueuse nasale;
- soit dans le nerf grand palatin pour le palais.

b) La voie inférieure est constituée de la corde du tympan et du nerf lingual. Après synapse dans les ganglions submandibulaire et sublingual, les neurofibres postganglionnaires se rendent aux glandes salivaires homonymes.

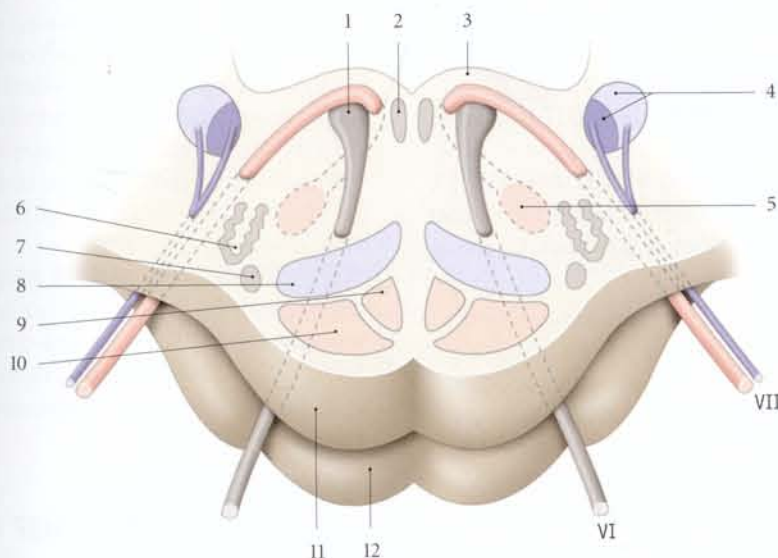


FIG. 12.8. Noyaux du nerf abducens (VI) et du nerf facial (VII) (coupe transversale du pont)

1. noyau du n. abducens
2. faisceau longitudinal médial
3. colliculus facialis
4. noyau et tractus spinal du V
5. noyau moteur du n. facial
6. noyau dorsal du corps trapézoïde

7. noyau ventral du corps trapézoïde
8. lemnisque médial
9. tractus cortico-nucléaire
10. faisceau cortico-spinal
11. pont
12. pyramide de la moelle allongée

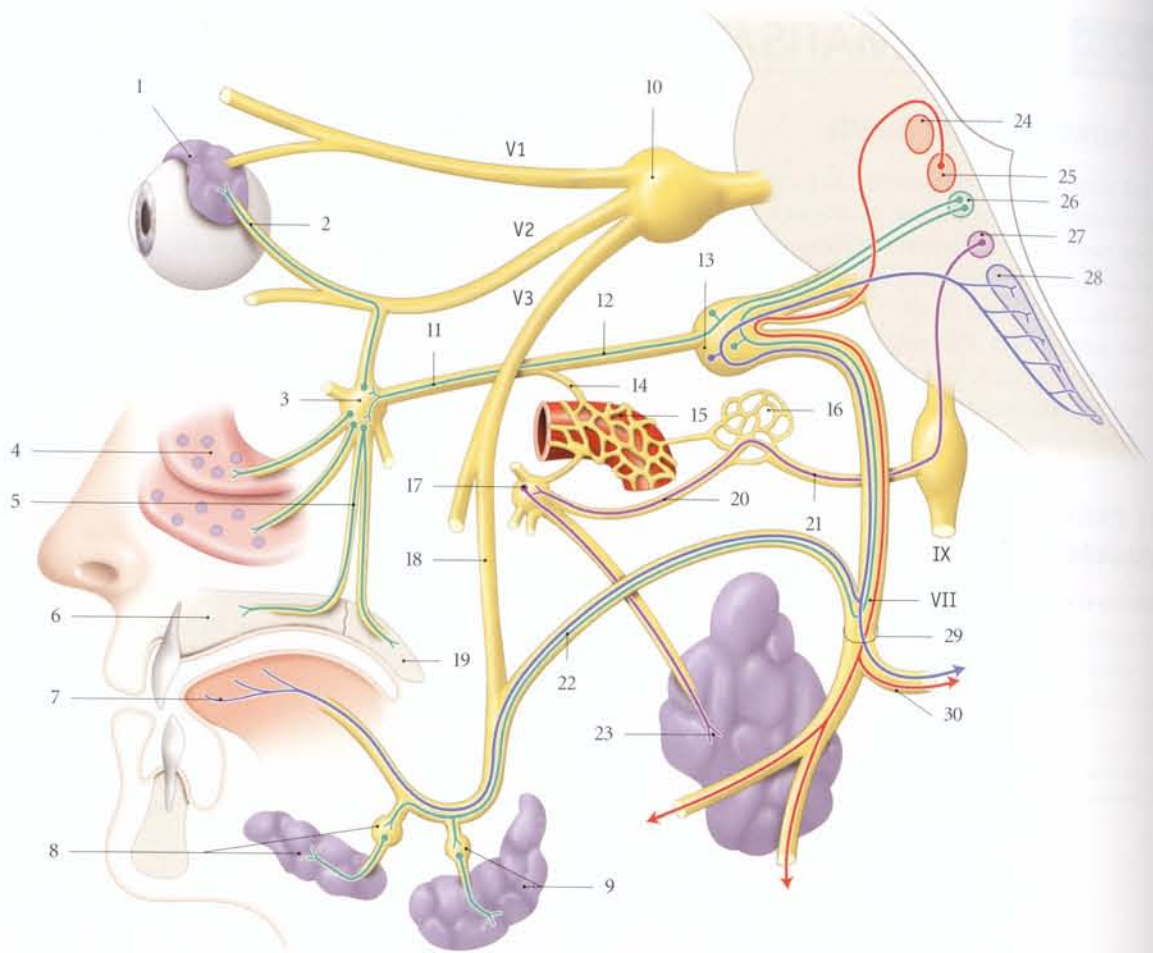


FIG. 12.9. Systématisation du nerf facial

1. glande lacrymale
2. n. zygomatico-temporal
3. ganglion ptérygo-palatin
4. glandes nasales
5. n. grand palatin
6. palais dur
7. langue
8. ganglion et glande sublinguale
9. ganglion et glande submandibulaire
10. ganglion trigéminal
11. n. du canal ptérygoidien
12. n. grand pétreux
13. ganglion géniculé
14. n. pétreux profond
15. plexus carotidien interne

16. plexus tympanique
17. ganglion otique
18. n. lingual
19. palais mou
20. n. petit pétreux
21. n. tympanique
22. corde du tympan
23. glande parotide
24. noyau du n. abducens
25. noyau moteur du n. facial
26. noyau salivaire sup.
27. noyau salivaire inf.
28. noyau du tractus solitaire
29. foramen stylo-mastoïdien
30. n. auriculaire post.

2 | Ses fibres afférentes viennent du faisceau longitudinal dorsal provenant de l'hypothalamus et du noyau solitaire.

C | PARTIE SUPÉRIEURE DU NOYAU SOLITAIRE⁵

Elle est située sous le trigone du X de la fosse rhomboïde et contrôle la sensibilité gustative des deux tiers antérieurs de la langue.

Ses fibres afférentes empruntent le nerf lingual, la corde du tympan, le ganglion géniculé et le nerf intermédiaire.

Elle émet des fibres vers le thalamus contro-latéral, qui les projettent vers l'aire gustative (gyrus postcentral, insula).

D | NOYAU SPINAL DU NERF TRIJUMEAU (V)

Il reçoit des fibres somato-sensitives issues du méat acoustique externe et de la face médiale de l'auricule. Ses fibres afférentes empruntent la branche auriculaire du X, puis le VII.

5. Ancien : noyau gustatif de Nageotte.

12.3 FONCTION

A | FONCTION MOTRICE

Il innerve tous les muscles peauciers de la face et contrôle ainsi la mimique.

1 | La paralysie faciale périphérique de Bell, due à une lésion nucléaire ou tronculaire, se traduit par la paralysie flasque des muscles de la mimique de l'hémiface homolatérale. La paupière inférieure est relâchée, mais pas la paupière supérieure innervée par le nerf oculomoteur (III). La commissure de la lèvre est affaissée avec écoulement de la salive (fig. 12.10).

2 | La paralysie faciale centrale, due à une lésion supranucléaire, entraîne une paralysie de l'hémiface contro-latérale avec une asymétrie du quadrant inférieur; l'innervation du quadrant supérieur est assurée par des fibres cortico-nucléaires directes.

B | FONCTION SENSITIVE

Il assure l'innervation sensitive du méat acoustique externe, du tympan et de la conque⁶.

C'est dans la conque qu'apparaît l'éruption du zona géniculé (ou facial).

C | FONCTION SENSORIELLE

Grâce au nerf intermédiaire, il assure la sensibilité gustative des deux tiers antérieurs de l'hémilangue.

La paralysie du facial entraîne une perte du goût et une hypocousie (paralysie du muscle du stapès).

D | FONCTION AUTONOME

1 | Par ses fibres parasympathiques, le nerf facial contrôle la sécrétion des glandes lacrymales, nasales, mandibulaires et sublinguales.

Parfois, dans les suites d'une paralysie faciale périphérique, apparaissent des syncinésies de l'hémiface (ou mouvements involontaires), qui s'accompagnent de larmoiement en mangeant (syndrome des larmes de crocodile).

Ce syndrome s'expliquerait grâce à la remyélinisation, par des neurolemmocytes des neurofibres salivaires, des neurofibres lacrymales endommagées.

2 | Par les fibres sympathiques de la corde du tympan, le nerf facial contrôle la vasomotricité de la langue et des glandes salivaires.

6. Ancien : zone de Ramsay-Hunt.

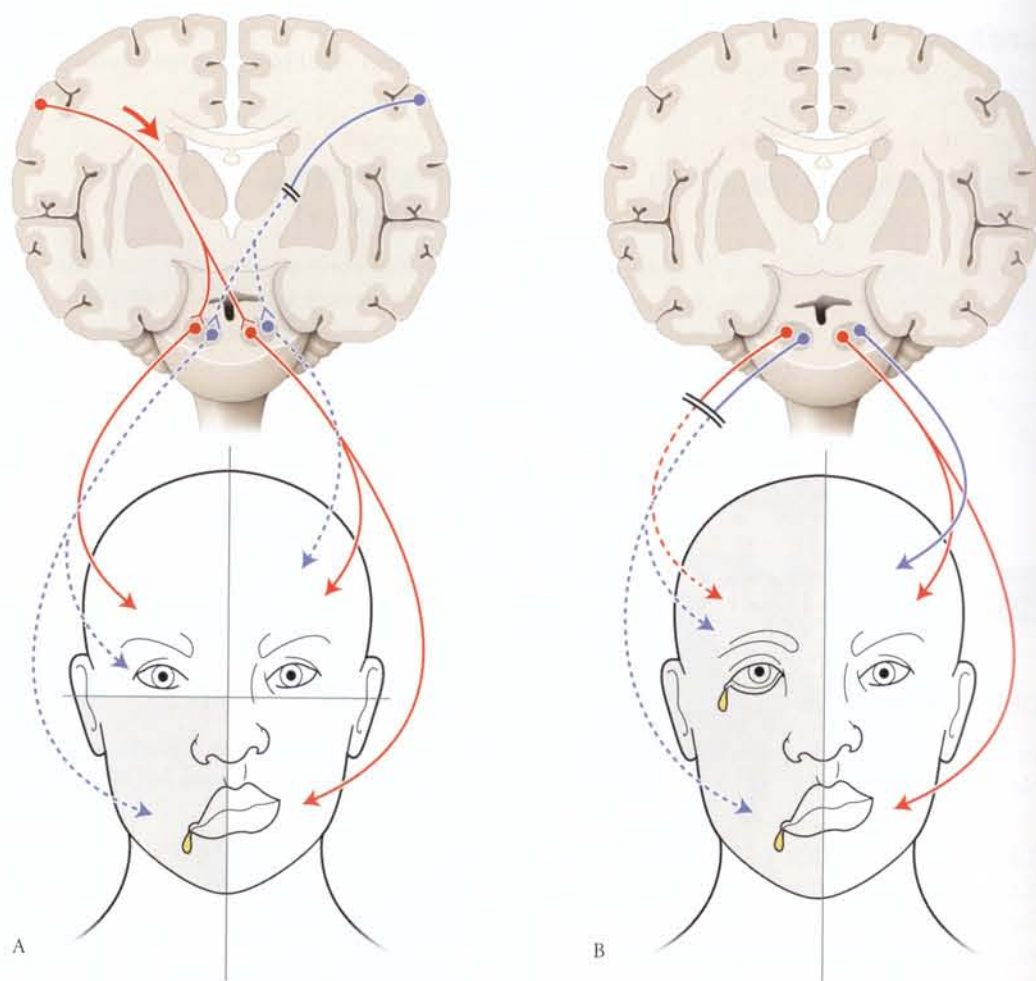


FIG. 12.10. Paralyse du VII

A. paralysie centrale : asymétrie du cadran inférieur contro-latéral de la face

B. paralysie périphérique de Charles Bell : asymétrie de l'hémiface homolatérale

13

Nerf vestibulo-cochléaire (VIII) Voies vestibulaires et cochléaires

Le nerf vestibulo-cochléaire est un nerf sensoriel constitué de deux nerfs, le *nerf vestibulaire*, qui véhicule les messages contribuant au maintien de la statique et de l'équilibre, et le *nerf cochléaire*, qui recueille les sensations auditives.

Ces deux nerfs sont accolés dans leur trajet.

Le nerf vestibulaire est deux fois plus volumineux que le nerf cochléaire (fig. 13.1).

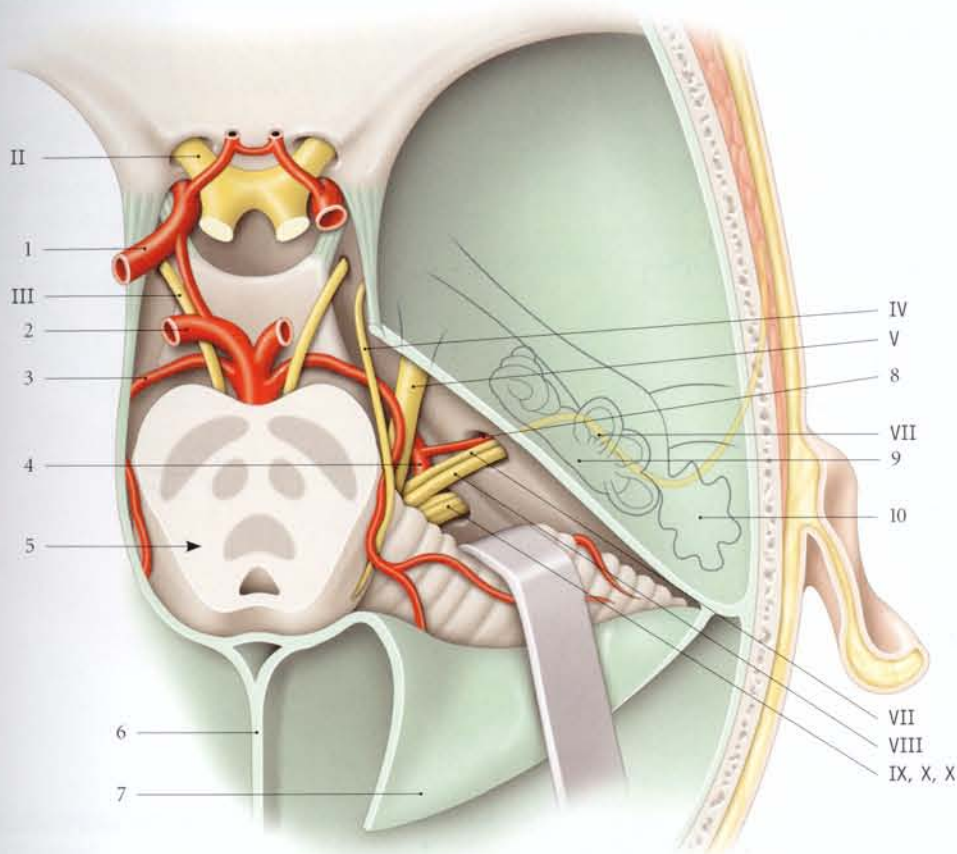


FIG. 13.1. Nerfs facial et vestibulo-cochléaire (vue supérieure de la fosse crânienne postérieure avec le cervelet récliné)

1. a. carotide interne
2. a. cérébrale post.
3. a. cérébelleuse sup.
4. a. cérébelleuse antéro-inf.
5. mésencéphale

6. faux du cerveau
7. tente du cervelet
8. a. labyrinthique
9. vestibule (en transparence)
10. antre mastoïdien (en transparence)

13.1 ANATOMIE DESCRIPTIVE

A | ORIGINE

Il naît par deux racines, vestibulaire et cochléaire, qui émergent du bulbe au niveau du sillon bulbo-pontique, au-dessus de l'aire rétro-olivaire et latéralement au nerf facial (VII).

B | TRAJET – RAPPORTS

1 | Dans la fosse crânienne postérieure

Le nerf vestibulo-cochléaire, solidaire du nerf facial (VII), chemine dans la citerne ponto-cérébelleuse. Il se dirige latéralement et surcroise le sinus pétreux inférieur pour atteindre le méat acoustique interne.

2 | Dans le méat acoustique interne

(fig. 13.2)

Le nerf cochléaire est antéro-médial et forme une gouttière à concavité supérieure dans laquelle repose le nerf facial (VII). Il est accompagné des vaisseaux labyrinthiques.

Le nerf vestibulaire est postéro-latéral et présente dans le fundus du méat acoustique interne le *ganglion vestibulaire*¹.

C | TERMINAISON (fig. 13.3)

1 | Le nerf vestibulaire

Il se divise après le ganglion vestibulaire en deux branches, supérieure et inférieure.

a) *La branche supérieure du nerf vestibulaire* traverse l'aire vestibulaire supérieure et se subdivise en deux nerfs :

- le *nerf utriculo-ampullaire*, qui donne le nerf utriculaire pour la macule de l'utricule et les nerfs ampullaires antérieur et latéral pour les crêtes ampullaires correspondantes ;
- le *nerf sacculaire supérieur*, inconstant, destiné à la macule du saccule.

b) *La branche inférieure du nerf vestibulaire* donne :

- le *nerf sacculaire*, pour la macule du saccule. Il traverse l'aire vestibulaire inférieure ;
- le *nerf ampullaire postérieur*, pour la crête ampullaire postérieure. Il traverse le foramen singulare.

2 | Le nerf cochléaire

Il se dirige vers l'aire cochléaire en s'enroulant sur lui-même. Ses fibres pénètrent les forams du tractus spiral criblé, pour traverser les canaux longitudinaux du modiolus et aboutir au ganglion cochléaire².

Du ganglion cochléaire partent des neurofibres destinées aux cellules ciliées sensorielles de l'organe spiral (de Corti).

1. Ancien. : ganglion de Scarpa.

2. Syn. : ganglion spiral de la cochlée.

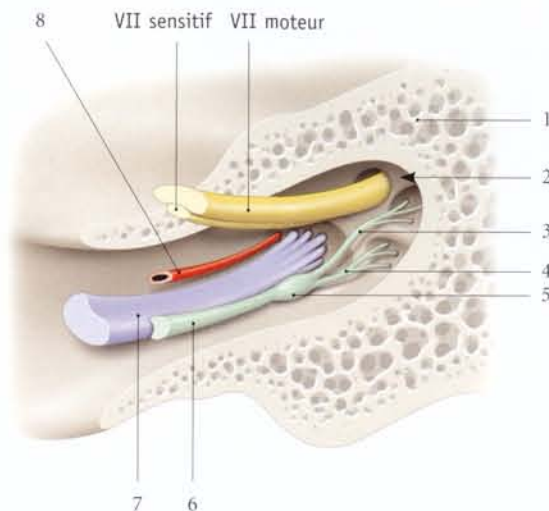


FIG. 13.2. Contenu du méat acoustique interne

1. partiet ptreuse de l'os temporal
2. fundus du méat acoustique interne
3. branche sup. du n. vestibulaire
4. branche inf. du n. vestibulaire
5. ganglion vestibulaire
6. n. vestibulaire
7. n. cochléaire
8. a. labyrinthique

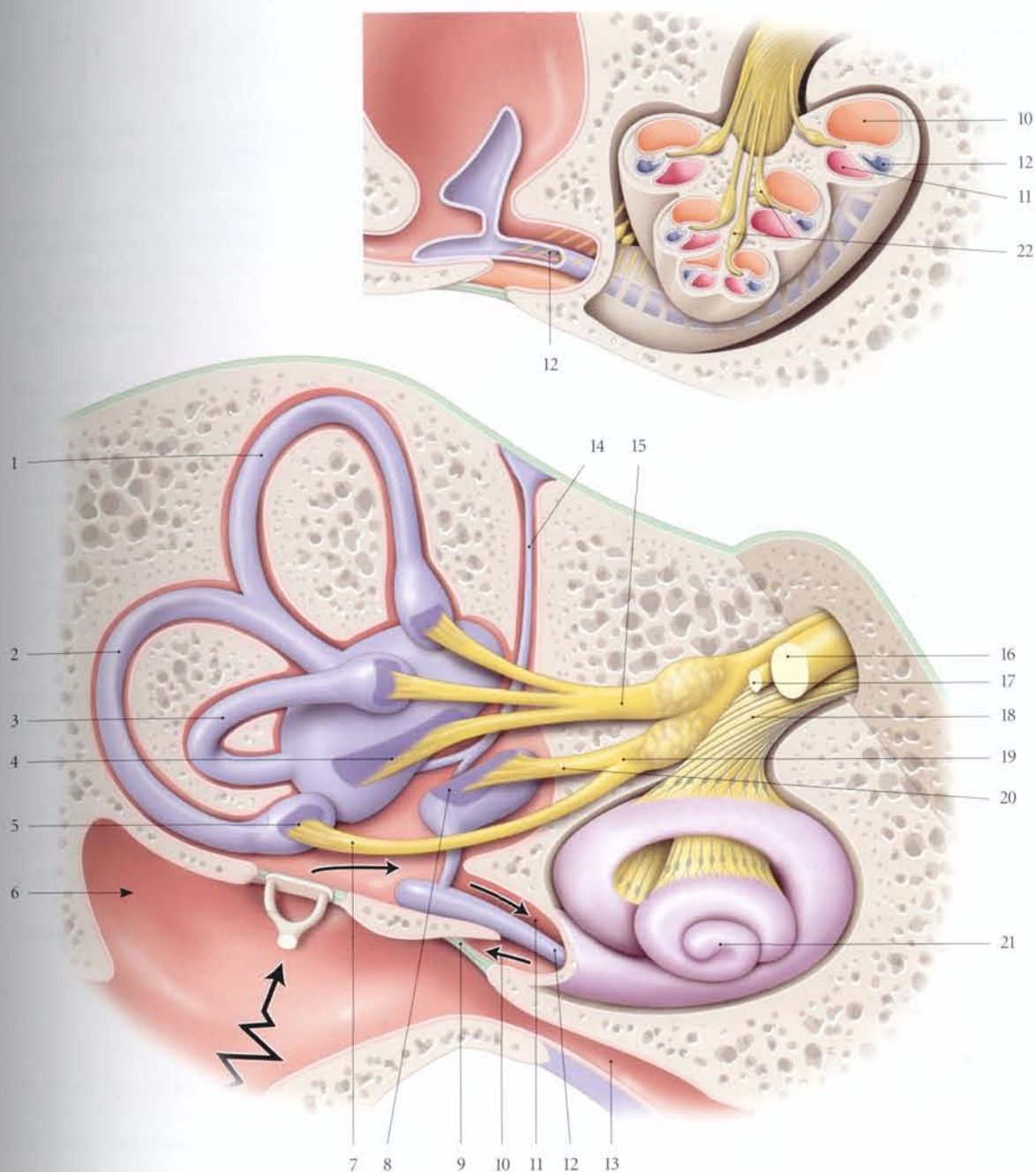


FIG. 13.3. Nerf et organe vestibulo-cochléaire dans le labyrinthe osseux

- | | | | |
|-----------------------------------|---------------------------------|---------------------------|---------------------|
| 1. canal semi-circulaire ant. | 7. n. ampullaire | 13. trompe auditive | 18. n. cochléaire |
| 2. canal semi-circulaire post. | 8. saccule et macule sacculaire | 14. conduit lymphatique | 19. n. vestibulaire |
| 3. canal semi-circulaire latéral | 9. fenêtre tympanique | 15. n. vestibulaire sup. | 20. n. sacculaire |
| 4. utricule et macule utriculaire | 10. rampe tympanique | 16. n. facial (VII) | 21. cochlée |
| 5. ampoule et crête ampullaire | 11. rampe vestibulaire | 17. n. intermédiaire | 22. ganglion spiral |
| 6. cavité tympanique | 12. conduit cochléaire | (racine sensitive du VII) | |

13.2 SYSTÉMATISATION

A | VOIES VESTIBULAIRES

1 | Les récepteurs vestibulaires (fig. 13.4)

Les récepteurs de la voie vestibulaire sont constitués par le neuro-épithélium vestibulaire des macules acoustiques et des crêtes ampullaires.

a) Les macules acoustiques³

Elles correspondent aux aires d'origine des nerfs sacculaires et utriculaires. Ce sont des plages ovoïdes d'environ 2 mm, situées sur la paroi latérale de l'utricule et sur la paroi médiale du saccule.

Le neuro-épithélium est recouvert de la membrane des statoconies.

La *membrane des statoconies*⁴ est une couche épaisse de substance gélatineuse et de statoconies. Les statoconies sont des cristaux de carbonate de calcium et de protéine. Chaque statoconie mesure environ 3 à 5 µm de longueur et 2 µm d'épaisseur.

b) Les crêtes ampullaires⁵

Elles sont l'origine des neurofibres ampullaires.

Chaque crête ampullaire est située sur la paroi antérieure d'une ampoule membrane d'un conduit semi-circulaire. En regard des crêtes, sur la surface, se trouvent les sillons ampullaires.

Leur neuro-épithélium est recouvert d'une cupule gélatineuse.

La *cupule gélatineuse* est constituée à 90 % de protéines, sans statoconies. En position de repos, les cupules obstruent la lumière du conduit semi-circulaire comme une valve.

c) Le neuro-épithélium vestibulaire (fig. 13.5)

Il comporte une membrane basale sur laquelle s'appuient les cellules vestibulaires et les cellules de soutien, disposées en une seule couche.

Il contient les terminaisons des neurofibres afférentes et efférentes.

- Les *cellules vestibulaires* sont des cellules ciliées de deux types, piriformes et cylindriques.

- La cellule vestibulaire piriforme (type 1) présente un noyau basal. De son pôle apical partent quarante à quatre-vingts cils dont un flagelle.
- La cellule vestibulaire cylindrique (type 2), plus petite, présente un noyau apical. De son pôle apical partent environ cinquante cils et un flagelle.
- Chaque flagelle est un cil plus long qui part d'un centriole. Il se termine par une dilatation. Il peut atteindre 100 µ de hauteur.
- Les cils et les flagelles du neuro-épithélium sont inclus dans la couche gélatineuse de la membrane des statoconies et dans la cupule gélatineuse des crêtes ampullaires. La mobilité provoquée par le déplacement du liquide endolymphatique entraîne celle des cils et des flagelles.
- Les *neurofibres afférentes* présentent des terminaisons qui entourent les cellules vestibulaires piriformes et quelques synapses avec les cellules vestibulaires cylindriques.
- Les *neurofibres efférentes* présentent de nombreuses vésicules synaptiques en contact avec les neurofibres afférentes, les cellules vestibulaires piriformes et les cellules vestibulaires cylindriques.

2 | Les noyaux vestibulaires (fig. 13.6)

Ils sont au nombre de quatre, médial, latéral, supérieur et inférieur. Ils sont situés sous l'aire vestibulaire de la fosse rhomboïde.

Des connexions unissent entre eux les noyaux homolatéraux et contro-latéraux.

3 | La voie afférente (fig. 13.7)

Les neurofibres afférentes sont :

- les neurofibres afférentes sacculaires, qui se terminent dans le noyau inférieur ;
- les neurofibres afférentes utriculaires, dans les noyaux médial et inférieur ;
- les neurofibres ampullaires, dans les quatre noyaux.

4 | La voie efférente

a) Les *neurofibres efférentes du noyau latéral* forment le tractus vestibulo-spinal latéral homolatéral, qui innerve les muscles extenseurs (antigravitationnels).

3. Ancien. : taches acoustiques.

4. Ancien. : otolithes.

5. Ancien. : crête acoustique.

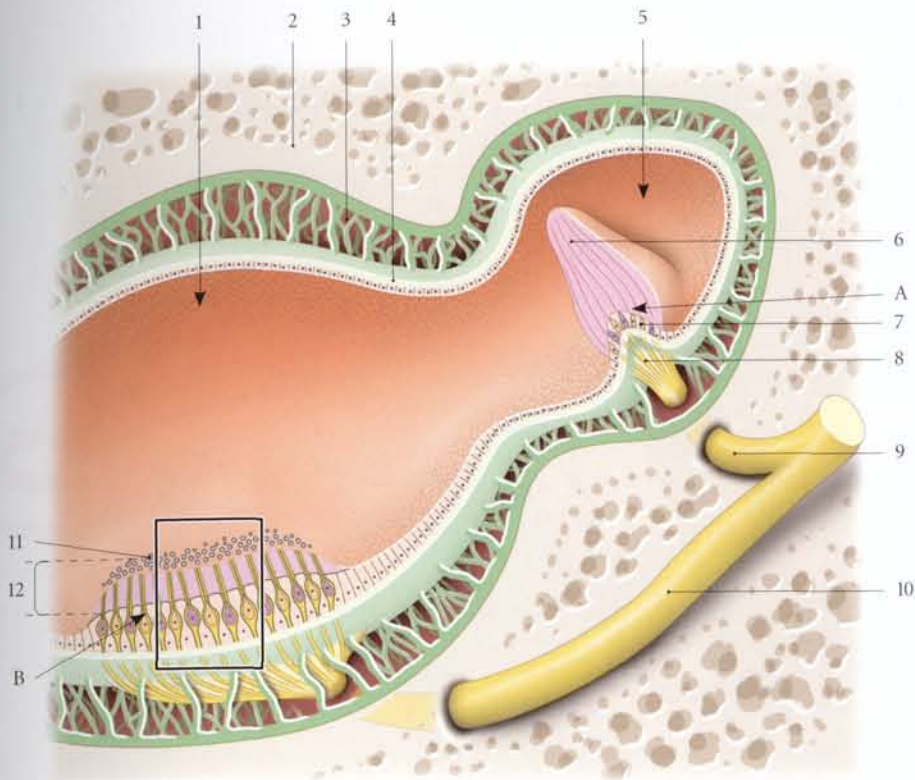


FIG. 13.4. Récepteurs vestibulaires (d'après Küss)

- | | | |
|---------------------------|------------------------------------|-------------------------------|
| A. crête ampullaire | 4. membrane basale | 9. n. ampullaire |
| B. macule utriculaire | 5. cavité de l'ampoule membraneuse | 10. n. utriculaire |
| 1. cavité utriculaire | 6. cupule | 11. statoconies |
| 2. labyrinthe osseux | 7. neuro-épithélium | 12. membranes des statoconies |
| 3. espace périlymphatique | 8. sillon ampullaire | |

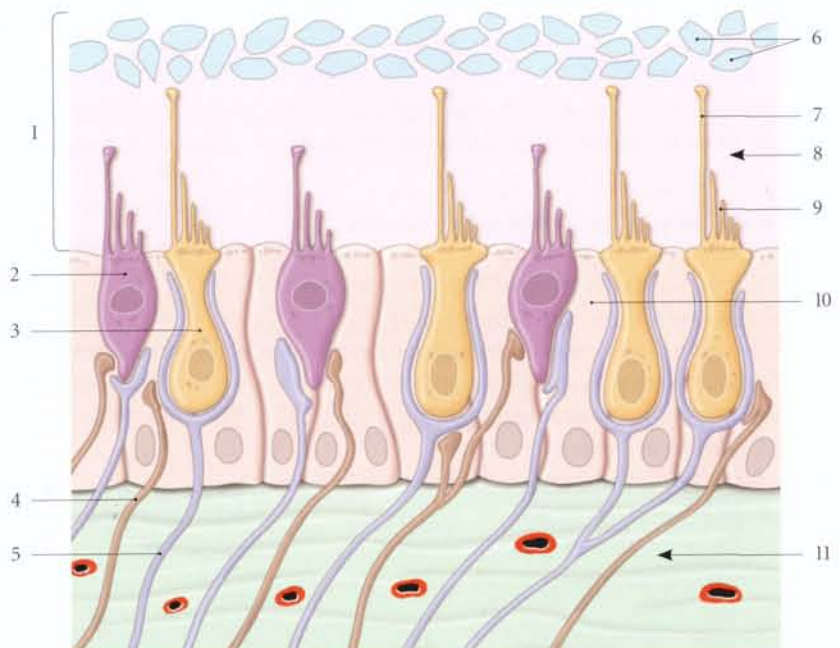


FIG. 13.5. Neuro-épithélium vestibulaire

1. membrane des statoconies
2. cellule vestibulaire cylindrique
3. cellule vestibulaire piriforme
4. fibre efférente
5. fibre afférente
6. statoconies
7. flagelle
8. couche de gélatine
9. cils
10. cellules de soutien
11. membrane basale

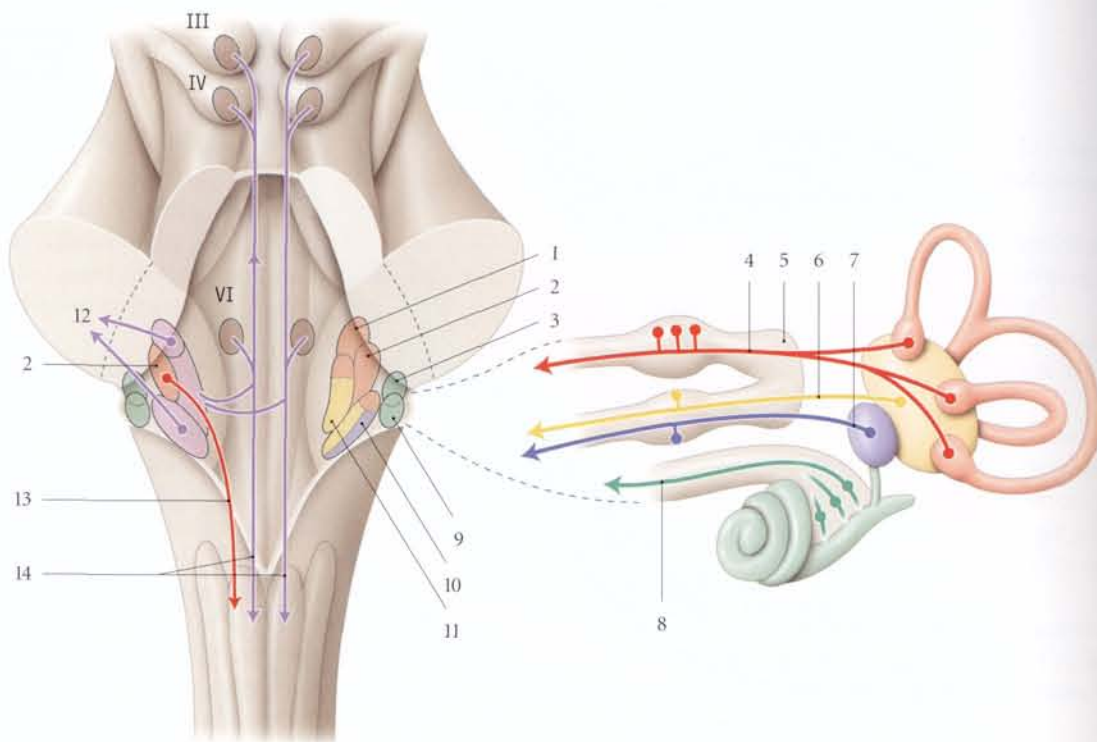


FIG. 13.6. Noyaux vestibulaires et cochléaires – Principales voies afférentes et efférentes

1. noyau vestibulaire sup.
2. noyau vestibulaire latéral
3. noyau cochléaire ant.
4. n. ampullaire
5. n. vestibulaire
6. n. utriculaire
7. n. sacculaire

8. n. cochléaire
9. noyau cochléaire post.
10. noyau vestibulaire inf.
11. noyau vestibulaire médial
12. tractus vestibulo-cérébelleux
13. tractus vestibulo-spinal latéral
14. faisceau longitudinal médial

Ce tractus est associé au noyau du nerf vague, qui est impliqué dans le réflexe de nausée et de vomissement.

b) Les neurofibres efférentes des autres noyaux empruntent :

- soit le tractus vestibulo-cérébelleux, qui coordonne les oscillations durant les mouvements. L'influx chemine dans le pédoncule cérébelleux inférieur vers l'archicervelet, puis dans le noyau fastigial pour revenir dans le noyau vestibulaire pour assurer une régulation surtout inhibitrice;
- soit le tractus réticulo-spinal, qui influence le tonus musculaire;

- soit le faisceau longitudinal médial, qui les connecte aux noyaux des nerfs oculomoteur (III), trochléaire (IV) et abducens (VI), pour assurer ainsi la coordination des mouvements de la tête et des yeux;
- soit le tractus vestibulo-spinal médial, associé au noyau du nerf accessoire (XI), qui est impliqué dans l'équilibre et les mouvements de la tête.

c) Tous les noyaux vestibulaires sont connectés, à travers le lemnisque médial, au noyau interstitiel⁶, au thalamus et au cortex cérébral (aires 5, 6 et 21).

6. Ou noyau de Cajal.



1. thalamus
2. noyau interstitiel
3. pédoncule cérébelleux sup.
4. noyau fastigial
5. archicervelet
6. pédoncule cérébelleux inf.
7. noyaux vestibulaires

8. tractus vestibulo-spinal
9. faisceau longitudinal médial
10. ganglion et n. vestibulaires
11. macule de l'utricule
12. macule du saccule
13. ampoule membraneuse
14. lemnisque médial

B | VOIES COCHLÉAIRES

1 | Les récepteurs cochléaires (fig. 13.8)

Les récepteurs de la voie cochléaire sont constitués par le neuro-épithélium de l'organe spiral (de Corti). Cet organe est situé sur la paroi tympanique du conduit cochléaire, près de la crête spirale. Il dessine une longue crête spirale sur toute la longueur de la cochlée. Il est constitué d'un neuro-épithélium et de la membrana tectoria.

a) Le neuro-épithélium

Il est constitué d'une série de cellules épithéliales fixées sur la lame basale.

En allant de la paroi externe vers le limbe de la lame spirale, on trouve successivement :

- les cellules sustentaculaires surmontées des cellules limitantes externes ;
- les cellules sensorielles ciliées externes, qui constituent une bande de trois à quatre cellules superficielles reposant sur les cellules phalangiennes externes ;

- deux rampes de cellules en piliers externes et internes ;
- une rangée de cellules sensorielles ciliées internes soutenues par des cellules phalangiennes internes ;
- les cellules limitantes internes. Entre les cellules se logent les tunnels spirales externe, moyen et interne.

b) La membrana tectoria

Elle est constituée d'une lame de substance gélatineuse striée de microfibrilles qui recouvre l'organe spiral. Elle est sécrétée par les *dents acoustiques*⁷, cellules recouvrant la lèvre vestibulaire du limbe de la lame spirale. Elle est en contact avec les cils cellulaires.

2 | Les noyaux cochléaires (fig. 13.9)

Au nombre de deux, antérieur et postérieur, ils sont situés sous le récessus latéral de la fosse rhomboïde et le noyau postérieur détermine le tubercule acoustique.

7. Ancien : dents auditives de Huschke.

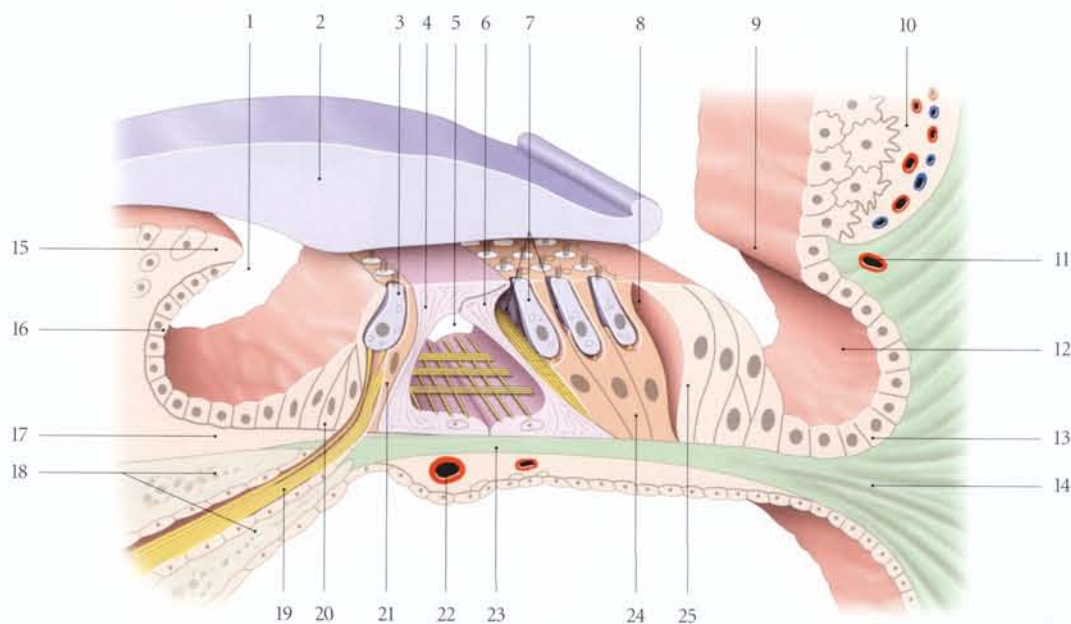


FIG. 13.8. Récepteur cochléaire : organe spiral (d'après Williams et Warwick)

- | | | |
|---|--|----------------------------------|
| 1. sillon spiral interne | 9. proéminence spirale | 18. lame spirale osseuse |
| 2. membrana tectoria | 10. strie vasculaire | 19. fibres du n. cochléaire |
| 3. cellules ciliées sensorielles internes | 11. vaisseau proéminent | 20. cellules limitantes internes |
| 4. cellules du pilier interne | 12. sillon spiral externe | 21. cellule phalangienne interne |
| 5. tunnel interne | 13. cellules sustentaculaires externes | 22. vaisseau spiral |
| 6. cellules du pilier externe | 14. crête spirale (lig. spiral) | 23. membrane basilaire |
| 7. cellules ciliées sensorielles externes et tunnels moyens | 15. lèvre vestibulaire du limbe | 24. cellule phalangienne externe |
| 8. tunnel externe | 16. cellules sustentaculaires internes | 25. cellules limitantes externes |
| | 17. lèvre tympanique du limbe | |

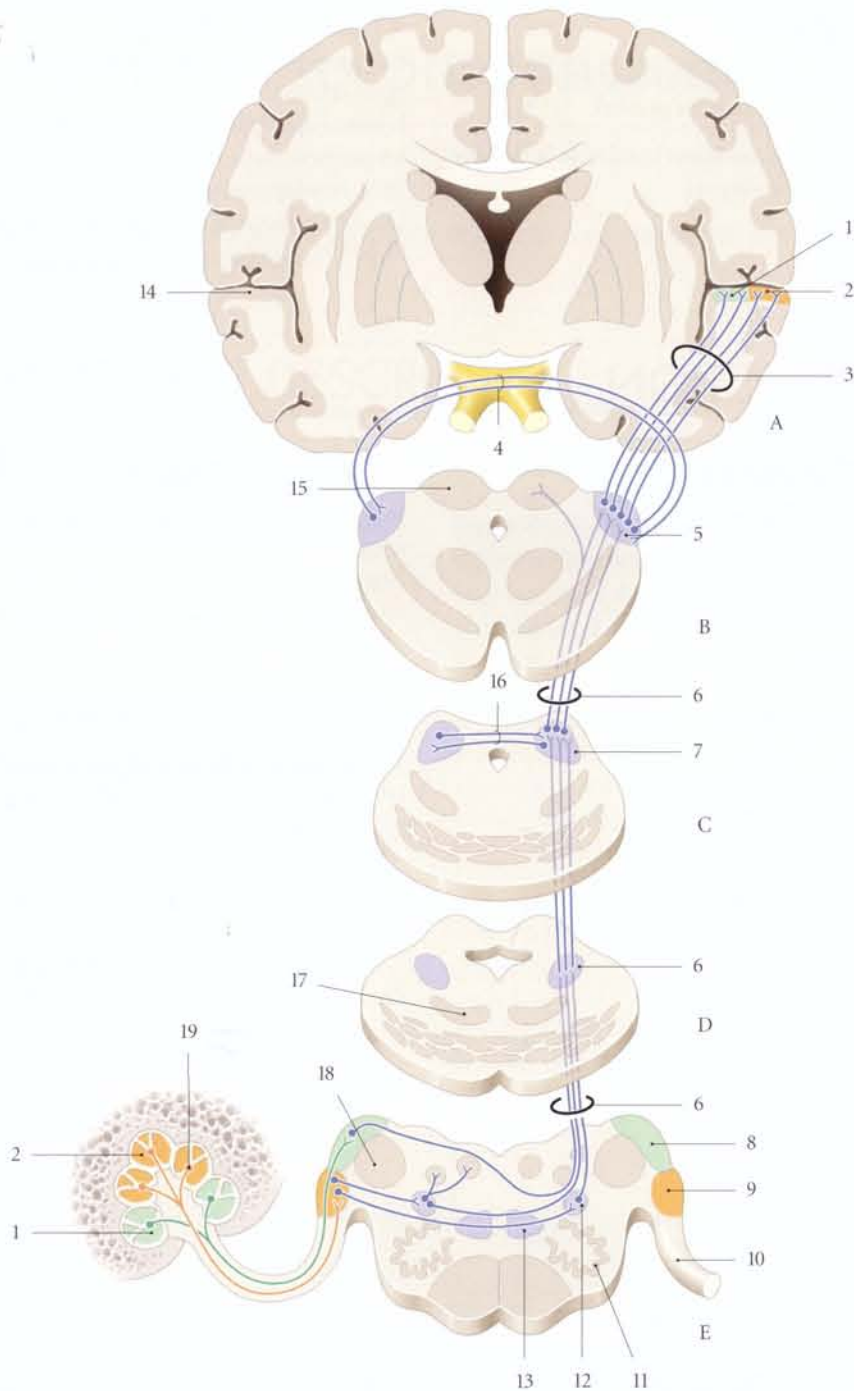


FIG. 13.9. Voie cochléaire (coupes au niveau du cerveau (A), du colliculus supérieur (B), du colliculus inférieur (C), du pont (D) et de la moelle allongée (E))

- | | | |
|--------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| 1. sons aigus | 8. noyau cochléaire post. | 15. colliculus sup. |
| 2. sons graves | 9. noyau cochléaire ant. | 16. commissure du colliculus inf. |
| 3. radiations auditives | 10. n. cochléaire | 17. lemnisque médial |
| 4. commissure supra-optique ventrale | 11. noyau olivaire inf. | 18. noyau et tractus trigéminaux |
| 5. corps géniculé médial | 12. noyau olivaire accessoire sup. | 19. ganglion spinal |
| 6. lemnisque latéral | 13. corps trapézoïde | |
| 7. colliculus inf. | 14. gyrus temporal transverse | |

3 | Les voies afférentes

a) **Le noyau antérieur** reçoit les fibres apicales de la cochlée (fréquences basses, sons graves).

b) **Le noyau postérieur**, les fibres basales de la cochlée (fréquences hautes, sons aigus).

4 | Les voies efférentes

Les fibres efférentes décussent dans le corps trapézoïde pour atteindre le noyau olivaire supérieur et parcourir le lemnisque latéral jusqu'au colliculus inférieur. Puis les projections se font vers le corps géniculé médial et, de là, vers le gyrus temporal transverse (cortex auditif). Des connexions se font avec les noyaux moteurs du V et du VII, et la formation réticulaire.

13.3 FONCTION

A | NERF VESTIBULAIRE

Il joue un rôle capital dans l'équilibration, en informant les centres supérieurs sur la position spatiale de la tête.

Son atteinte est responsable de vertiges, de troubles de l'équilibre ou de nystagmus, déviation rythmique des bulbes oculaires.

B | NERF COCHLÉAIRE

Il assure l'audition en transmettant les influx sonores.

Son atteinte se traduit par de la surdité, de l'hypocousie ou des signes subjectifs, tels les bourdonnements et les acouphènes.

Le très jeune enfant peut entendre des sons légèrement supérieurs à 20 kHz. Durant la croissance, il perd une partie de sa sensibilité aux hautes fréquences.

14 Nerf glosso-pharyngien (IX)

Le nerf glosso-pharyngien est un nerf mixte destiné à l'oreille moyenne, à la langue, à la parotide et au pharynx.

14.1 ANATOMIE DESCRIPTIVE

A | ORIGINE

Il émerge par cinq ou six racines du sillon postéro-latéral de la moelle allongée au-dessus du nerf vague. Ces racines forment deux troncs accolés, un tronc supérieur, sensitif, et un tronc inférieur, plus petit, moteur (fig. 8.1).

B | TRAJET – RAPPORTS

1 | Dans la fosse crânienne postérieure

Il présente son ganglion supérieur¹, inconstant. Il se dirige en avant et latéralement dans la partie inférieure de la citerne cérébello-médullaire. Il répond :

- en haut, aux nerfs vestibulo-cochléaire et facial;
- en avant, au nerf hypoglosse et à l'artère cérébelleuse inféro-antérieure;
- en arrière, au flocculus du cervelet et aux plexus choroïdes;
- en bas, aux nerfs vague (X) et accessoire (XI).

2 | Dans le foramen jugulaire (fig. 14.1)

Il traverse la partie antérieure du foramen jugulaire avec le sinus pétreux inférieur. Le ligament jugulaire le sépare en arrière du bulbe supérieur de la veine jugulaire interne et des nerfs vague et accessoire.

Il s'infléchit et devient vertical. Il présente à la sortie du foramen jugulaire son ganglion inférieur².

3 | Dans la région rétrostylienne (fig. 14.2)

Il descend en avant contre le muscle constricteur supérieur du pharynx, en côtoyant le bord postérieur du muscle stylo-pharyngien. Il s'incurve et gagne la face profonde du muscle stylo-glosse. Il répond :

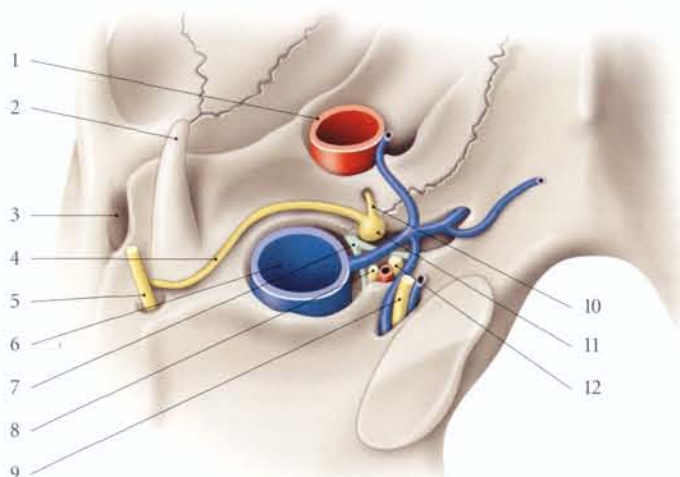
a) en arrière et latéralement, à la veine jugulaire interne, plus postérieurement, au ganglion inférieur

1. Ancien. : ganglion d'Ehrenritter.

2. Ancien. : ganglion d'Andersch.

FIG. 14.1. Foramen jugulaire (vue externe)

1. a. carotide interne
2. processus styloïde
3. méat acoustique externe
4. anastomose
5. foramen stylo-mastoidien et n. facial
6. bulbe de la v. jugulaire interne
7. lig. jugulaire
8. branche externe du XI (dans 25 % des cas, en arrière de la v. jugulaire)
9. n. hypoglosse (XII)
10. n. tympanique
11. ganglion sup. du n. glosso-pharyngien (IX)
12. ganglion sup. du n. vague (X)



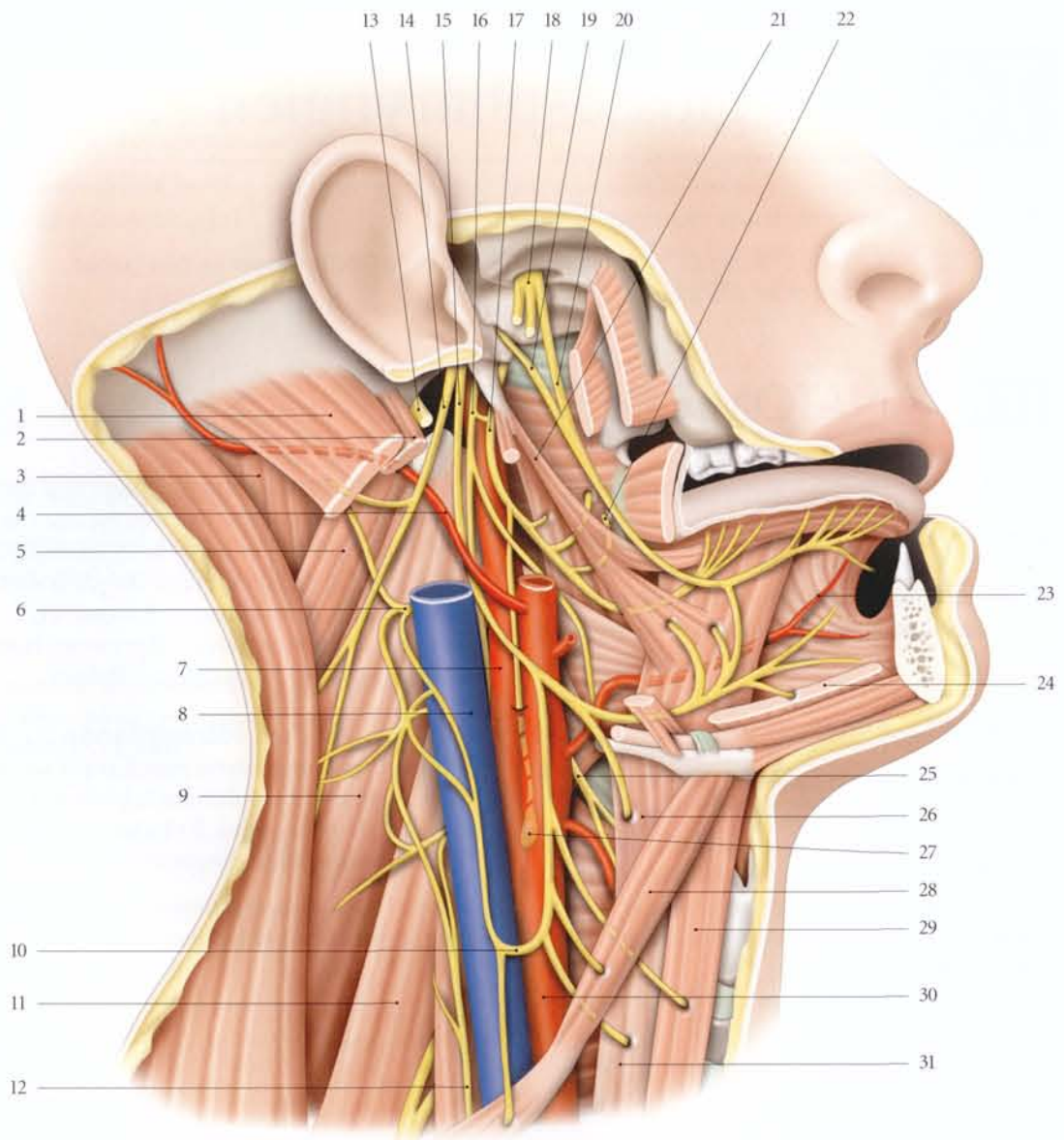


FIG. 14.2. Nerfs crâniens dans la région cervicale (vue latérale)

- | | | |
|---|--------------------------|-----------------------------------|
| 1. m. sterno-cléido-mastoïdien | 12. n. phrénique | 23. a. profonde de la langue |
| 2. m. digastrique | 13. n. facial | 24. m. mylo-hyoïdien |
| 3. m. semi-épineux de la tête | 14. n. accessoire | 25. n. laryngé sup. |
| 4. a. occipitale | 15. n. hypoglosse | 26. m. thyro-hyoïdien |
| 5. m. splénius du cou | 16. n. vague | 27. n. et glomus carotidiens |
| 6. r. ventral du 2 ^e n. cervical | 17. n. glosso-pharyngien | 28. m. omo-hyoïdien (ventre ant.) |
| 7. a. carotide externe | 18. n. mandibulaire | 29. m. sterno-hyoïdien |
| 8. v. jugulaire interne | 19. corde du tympan | 30. a. carotide commune |
| 9. m. élévateur de la scapula | 20. n. lingual | 31. m. sterno-thyroïdien |
| 10. anse cervicale | 21. m. stylo-glosse | |
| 11. m. scalène moyen | 22. r. tonsillaire | |

du nerf vague (X) et aux nerfs accessoire (XI) et hypoglosse (XII) ;

b) médialement, à l'artère carotide interne et au ganglion cervical supérieur ;

c) en avant et latéralement, à la région préstylienne contenant l'artère carotide externe, la parotide et le nerf crânien VII.

4 | Dans la région paratonsillaire

a) Latéralement, il répond au muscle stylo-glosse, qui le sépare du nerf lingual.

b) Médialement, il répond au muscle stylo-pharyngien, puis au muscle constricteur supérieur du pharynx, qui le sépare de la tonsille palatine. L'artère palatine ascendante le croise médialement.

Il passe entre les muscles constricteur supérieur et moyen du pharynx pour atteindre la langue. Il se divise sous la muqueuse de la base de la langue.

C | BRANCHES COLLATÉRALES

1 | Le nerf tympanique³

Il naît du ganglion inférieur et monte à travers le canalicule tympanique accompagné de l'artère tympanique inférieure dans la cavité tympanique. Sous la muqueuse du promontoire, il se divise pour former le *plexus tympanique* (fig. 14.3).

Il présente le long de son trajet l'*intumescence tympanique*⁴ (ou ganglion tympanique), agrégats cellulaires irréguliers.

3. Ancien : nerf de Jacobson.

4. Ancien : paraganglion tympanique de Zuckerkandl.

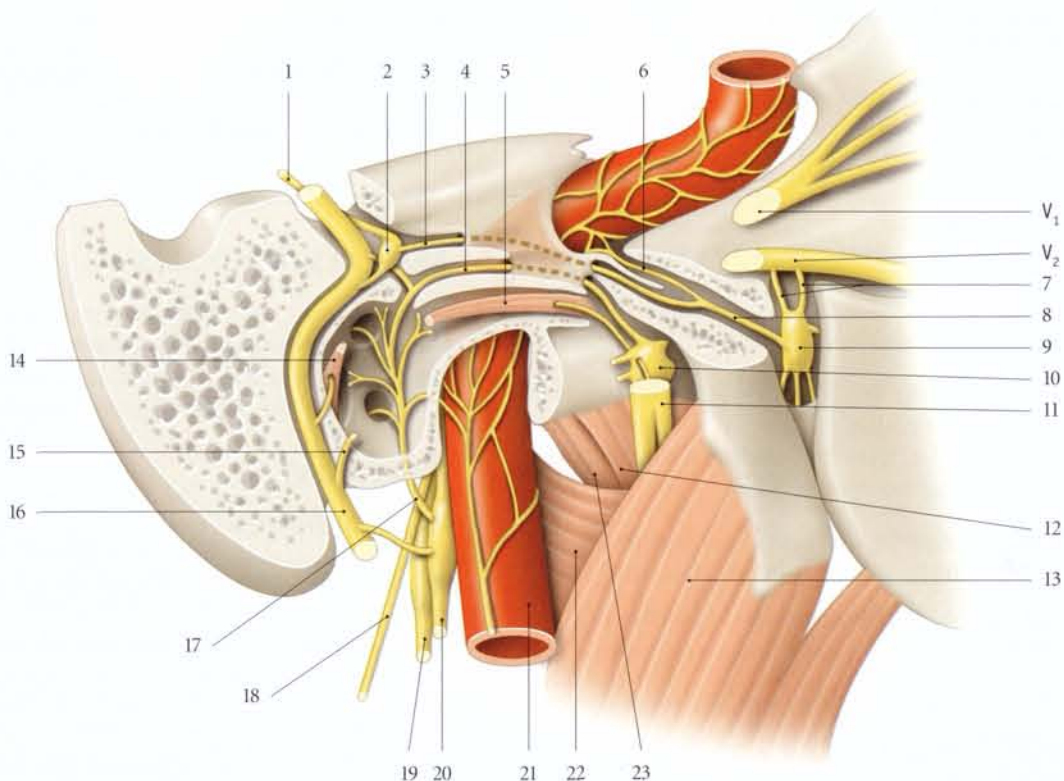


FIG. 14.3. Nerf facial intrapétreux (vue latérale)

- | | | | |
|-------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|---|
| 1. n. intermédiaire | 7. nn. ptérygo-palatins | 13. m. ptérygoïdien médial | 19. ganglion inf. du n. vague |
| 2. ganglion géniculé | 8. n. du canal ptérygoïdien | 14. n. du m. stapès | 20. ganglion inf. du n. glosso-pharyngien |
| 3. n. grand pétreux | 9. ganglion ptérygo-palatin | 15. corde du tympan | 21. a. carotide interne |
| 4. n. petit pétreux | 10. ganglion otique | 16. n. facial | 22. m. constricteur sup. du pharynx |
| 5. m. tenseur du tympan | 11. n. mandibulaire | 17. n. tympanique | 23. m. élévateur du voile du palais |
| 6. n. pétreux profond | 12. m. tenseur du voile du palais | 18. n. accessoire (branche spinale) | |

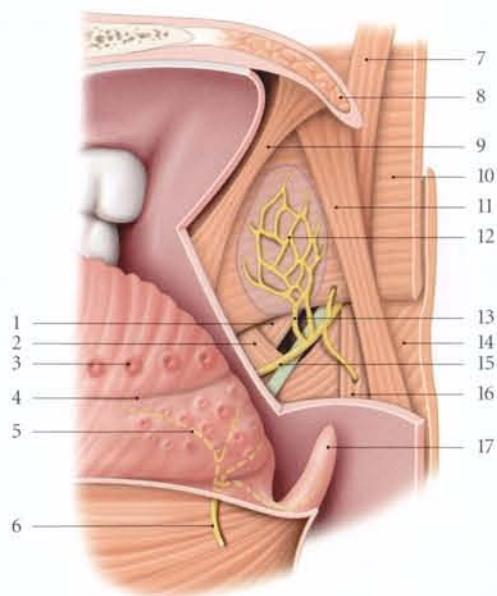


FIG. 14.4. Nerfs de la loge de la tonsille palatine droite et du dos de la langue (vue interne)

- | | |
|---------------------------|--------------------------------------|
| 1. m. stylo-glosse | 10. m. constricteur sup. du pharynx |
| 2. m. hyo-glosse | 11. m. palato-pharyngien |
| 3. papilles circumvallées | 12. plexus tonsillaire |
| 4. sillon terminal | 13. rr. tonsillaires |
| 5. dos de la langue | 14. m. constricteur moyen du pharynx |
| 6. r. lingual du IX | 15. n. glosso-pharyngien (IX) |
| 7. m. salpingo-pharyngien | 16. m. stylo-pharyngien |
| 8. palais mou | 17. épiglosse |
| 9. m. palato-glosse | |

Du plexus tympanique naissent :

a) le nerf petit pétreux, qui traverse la paroi antérieure de la cavité tympanique, puis la fosse crânienne moyenne, avant de traverser le foramen pétreux pour atteindre le ganglion otique ;

b) le rameau tubaire, destiné à la muqueuse de la trompe auditive ;

c) le rameau pour la muqueuse de la fenêtre cochléaire ;

d) le rameau pour la muqueuse de la fenêtre vestibulaire ;

e) les nerfs carotico-tympaniques, qui traversent la paroi carotidienne de la cavité tympanique pour rejoindre le plexus carotidien.

2 | Le rameau communicant avec le rameau auriculaire du nerf vague

Il naît du ganglion inférieur.

3 | Le nerf du sinus carotidien⁵

Il naît en regard de l'artère carotide interne et la côtoie jusqu'au sinus carotidien et au glomus carotidien.

4 | Les rameaux pharyngiens

Ils sont destinés au muscle constricteur supérieur du pharynx, à la muqueuse pharyngienne et au plexus pharyngien. Celui-ci est formé par des branches des nerfs glosso-pharyngien (IX), vague (X) et du ganglion cervical supérieur.

5 | Le nerf du muscle stylo-pharyngien

6 | Les rameaux tonsillaires

Destinés à la tonsille palatine, ils forment un plexus sur la face latérale de la tonsille (fig. 14.4).

D | BRANCHES TERMINALES

Le nerf glosso-pharyngien se termine en rameaux linguaux destinés à la muqueuse du dos de la langue, postérieure au sillon terminal, aux papilles circumvallées, à l'épiglotte et aux plis glosso-épiglottiques latéraux.

E | CONNEXIONS

Le nerf glosso-pharyngien s'anastomose avec le nerf trijumeau (V) dans la langue, le nerf facial (VII), par le nerf petit pétreux, le nerf vague (X) et le sympathique.

5. Ancien : nerf déprimeur de Hering.

14.2 SYSTÉMATISATION

A | NOYAUX MOTEURS

1 | La partie supérieure du noyau ambigu (fig. 14.5)

Elle émet des neurofibres motrices destinées aux muscles stylo-pharyngien et stylo-glosse.

Ses neurofibres afférentes proviennent du tractus cortico-nucléaire.

2 | Le noyau salivaire inférieur

Il est parasympathique et localisé entre le noyau salivaire supérieur et le noyau ambigu.

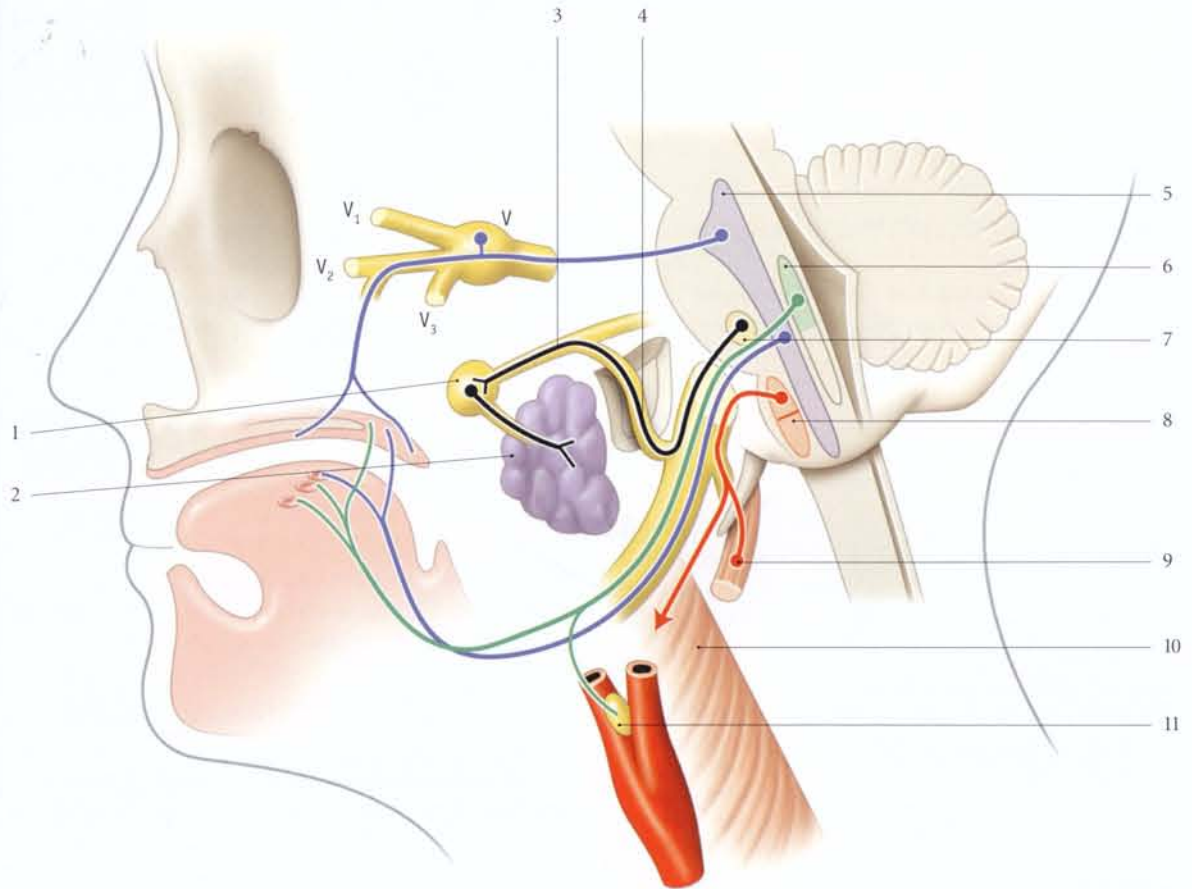


FIG. 14.5. Systématisation du nerf glosso-pharyngien (IX)

- | | | |
|---------------------|-------------------------|-------------------------------------|
| 1. ganglion otique | 5. noyau du V | 9. m. stylo-pharyngien |
| 2. glande parotide | 6. noyau solitaire | 10. m. constricteur sup. du pharynx |
| 3. n. petit pétreux | 7. noyau salivaire inf. | 11. glomus carotidien |
| 4. n. tympanique | 8. noyau ambigu | |

a) Les neurofibres efférentes

- Les neurofibres préganglionnaires empruntent le nerf tympanique, puis le nerf petit pétreux, pour faire synapse dans le ganglion otique.
- Les neurofibres postganglionnaires sont destinées à la glande parotide.

b) Les neurofibres afférentes proviennent du faisceau longitudinal dorsal, issu de l'hypothalamus.

B | NOYAUX SENSITIFS (fig. 14.6)

1 | Les noyaux du V, somatosensitifs, contrôlent le tiers postérieur de la langue, l'oro-pharynx, le méat acoustique externe et la face interne du tympan.

a) Les neurofibres afférentes du noyau spinal du V véhiculent la sensibilité nociceptive et thermique.

b) Les neurofibres afférentes du noyau pontique du V véhiculent la sensibilité tactile.

2 | La partie supérieure du noyau solitaire reçoit les neurofibres sensorielles gustatives du tiers postérieur de la langue et de l'isthme du gosier, mais aussi des neurofibres sensibles provenant du sinus et du glomus carotidiens.

3 | Les neurofibres efférentes sont destinées au noyau ventro-postérieur du thalamus, qui les projette vers le gyrus postcentral. Les fibres efférentes provenant des baro- et chémorécepteurs atteignent la formation réticulaire et l'hypothalamus.

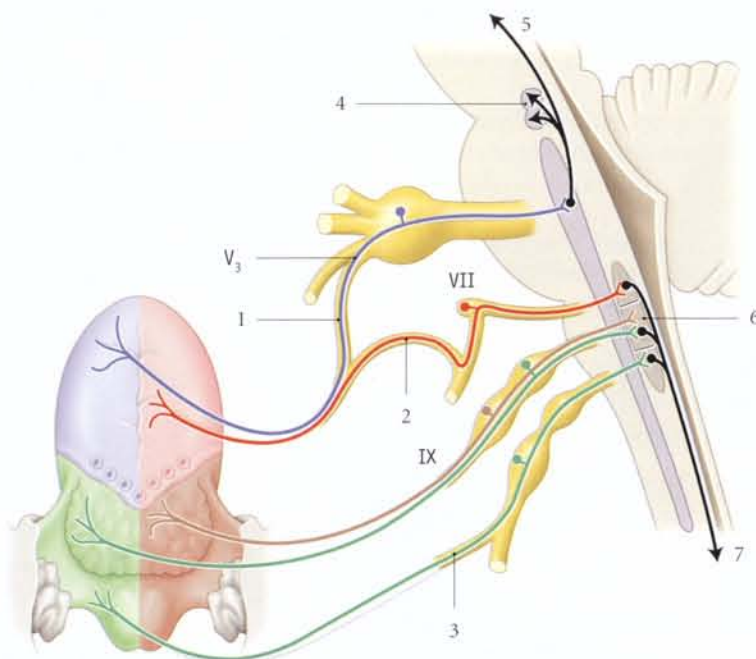


FIG. 14.6. Systématisation de l'innervation de la langue

En bleu et vert : innervation sensitive

En rouge et marron : innervation sensorielle

1. n. lingual
2. corde du tympan
3. r. laryngé
4. noyaux salivaires sup. et inf.

5. vers la voie gustative centrale
6. noyau du tractus solitaire
7. vers les muscles de la mimique, de la déglutition et de la mastication

14.3 FONCTION

A | FONCTION MOTRICE

Elle concerne le temps pharyngien de la déglutition.

Sa paralysie isolée entraîne généralement la perte du réflexe de bâillement (réflexe pharyngien) et des troubles temporaires de la déglutition. Seule l'atteinte commune des nerfs glosso-pharyngien (IX) et vague (X) entraîne des troubles durables.

B | FONCTION SENSITIVE

Elle concerne la muqueuse du naso-pharynx, de la trompe auditive, de la caisse du tympan, de l'oropharynx, de l'isthme du gosier et du tiers postérieur de la langue.

Son excitation au niveau de la muqueuse tympanique au cours d'un examen otoscopique provoque une toux réflexe et au niveau de la muqueuse pharyngienne, une nausée réflexe.

C | FONCTION SENSORIELLE

Il contrôle la sensibilité gustative du tiers postérieur de la langue et de l'isthme du gosier.

L'hypoguesie ou aguesie du nerf glosso-pharyngien (IX) est ignorée du sujet.

D | FONCTION AUTONOME

Il est responsable de la sécrétion parotidienne et participe à la régulation de la tension artérielle grâce au nerf du sinus carotidien.

Le réflexe carotidien est caractérisé par une hypotension et un ralentissement cardiaque provoqués par la pression du sinus carotidien.

15 Nerf vague (X)

Le nerf vague est un nerf mixte, somatique et autonome, dont le territoire s'étend de la tête au pelvis. Il est riche en neurofibres parasympathiques.

Après la naissance du nerf laryngé récurrent, le nerf vague devient un nerf autonome dont les branches se mêlent à celles des nerfs sympathiques pour constituer des nerfs viscéraux.

15.1 ANATOMIE DESCRIPTIVE

A | ORIGINE

Le nerf vague émerge par huit ou dix racines du sillon postéro-latéral du bulbe entre le nerf glosso-pharyngien (IX), en haut, et le nerf accessoire (XI), en bas.

B | TRAJET – RAPPORTS (fig. 15.1)

1 | Dans la fosse crânienne postérieure

Le nerf se dirige latéralement et horizontalement vers le foramen jugulaire.

2 | Dans le foramen jugulaire

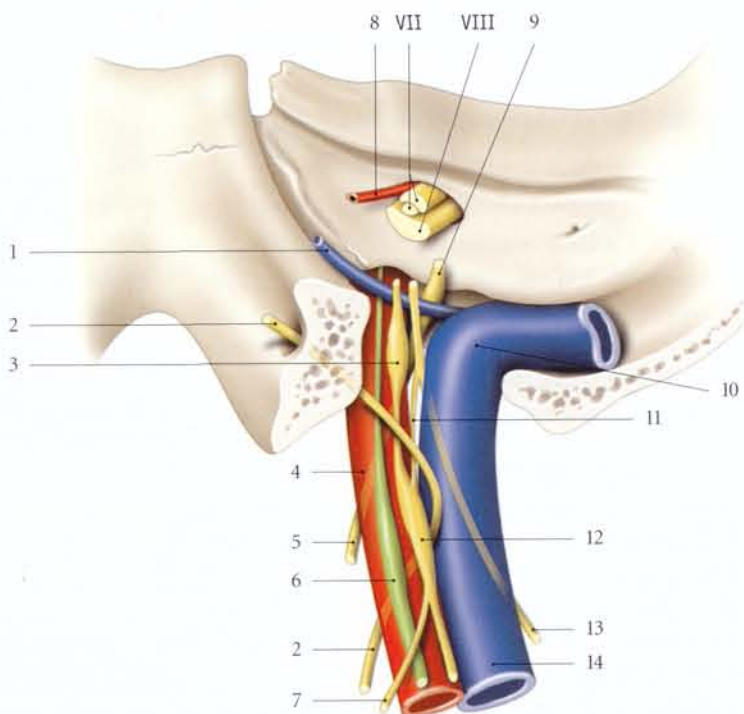
Il présente son ganglion supérieur¹ et il traverse sa partie moyenne accompagné du nerf spinal (XI) et de l'artère méningée postérieure. Il est séparé du nerf glosso-pharyngien (IX) par le ligament jugulaire. À sa sortie du foramen jugulaire, il présente son ganglion inférieur². Ce dernier est contourné en arrière par le nerf hypoglosse (XII) qui se place en avant.

1. Ancien. : ganglion jugulaire.

2. Ancien. : ganglion plexiforme.

FIG. 15.1. Foramen jugulaire – Coupe frontale (vue postérieure)

1. sinus pétreux inf.
2. n. hypoglosse (XII)
3. ganglion sup. du n. vague (X)
4. a. carotide interne
5. n. glosso-pharyngien (IX)
6. ganglion cervical sup. (sympathique)
7. n. laryngé sup.
8. a. labyrinthique
9. ganglion sup. du n. glosso-pharyngien
10. bulbe de la v. jugulaire
11. branche interne du n. accessoire (XI)
12. ganglion inf. du n. vague
13. branche externe du n. accessoire (dans 25 % des cas, elle est située derrière la v. jugulaire)
14. v. jugulaire interne



3 | Dans la région rétrostylienne

Le nerf vague, représenté par son ganglion inférieur, descend dans la gaine carotidienne, le long de l'angle postérieur d'accolement de l'artère carotide interne et de la veine jugulaire interne. Il répond :

- a) **latéralement**, au processus styloïde et à ses muscles;
- b) **médialement**, au ganglion cervical supérieur sympathique;
- c) **en avant**, au nerf accessoire (XI), qui se dirige latéralement;
- d) **en arrière**, au nerf hypoglosse, qui se dirige en avant en s'insinuant entre l'artère carotide interne et la veine jugulaire.

4 | Dans le trigone carotidien

Situé dans la gaine carotidienne, le nerf vague répond :

- a) **latéralement et à distance**, aux muscles superficiels du cou contenus dans la lame superficielle du fascia cervical;
- b) **médialement**, à l'œsophage et au pharynx;
- c) **en arrière**, aux nerfs cardiaques et au tronc sympathique cervical situé sur la lame prévertébrale du fascia cervical;
- d) **en avant**, au lobe latéral de la glande thyroïde.

5 | Dans l'ouverture supérieure du thorax (fig. 15.2)

- a) **Le nerf vague droit** répond :
 - en avant, à la veine brachio-céphalique droite;
 - latéralement, à la coupole pleurale et au nerf phrénique droit;
 - en arrière, à l'artère subclavière droite, entourée de l'anse sympathique subclavière;
 - médialement, à l'artère carotide commune droite.
- b) **Le nerf vague gauche** répond :
 - en avant, à la veine brachio-céphalique gauche;
 - latéralement, à la coupole pleurale et au nerf phrénique gauche;
 - en arrière, à la veine subclavière gauche et à la crosse du conduit thoracique, qui se termine dans le confluent jugulo-subclavier gauche;
 - médialement, à l'artère carotide commune gauche.

6 | Dans le thorax

a) Dans le médiastin supérieur

- Le nerf vague droit répond successivement :
 - en avant, à la bronche principale droite, et plus loin à la veine cave supérieure et au nerf phrénique droit;
 - en arrière, à l'œsophage;
 - latéralement, à la crosse de la veine azygos;
 - médialement, à la face latérale de la trachée.
- Le nerf vague gauche répond :
 - en arrière, à la face latérale de la portion horizontale de l'arc aortique;
 - en avant, à la veine pulmonaire gauche et à la bronche principale gauche, et plus loin, au nerf phrénique;
 - latéralement, à la plèvre médiastinale gauche;
 - médialement, à la carotide commune gauche.

b) Dans le médiastin postérieur

Les nerfs vagues s'étalent sur les faces de l'œsophage pour former le *plexus œsophagien*.

7 | Dans le hiatus œsophagien du diaphragme

Redevenus tronculaires, ils forment deux troncs vagues.

a) **Le tronc vagal antérieur** se place sur la face antérieure de l'œsophage.

b) **Le tronc vagal postérieur** parcourt la face postérieure de l'œsophage.

C | BRANCHES COLLATÉRALES

1 | Le rameau méningé

Il naît dans la fosse jugulaire, au-dessus du ganglion supérieur du nerf vague (X). Il est destiné à la dure-mère de la fosse postérieure. Il contient des neurofibres spinales de C1 et C2.

La stimulation de la dure-mère de la fosse crânienne postérieure provoque des douleurs projetées dans le territoire du nerf cervical C1.

2 | Le rameau auriculaire

Il naît du ganglion supérieur du nerf vague (X). Il reçoit le rameau communicant du nerf glosso-pharyngien

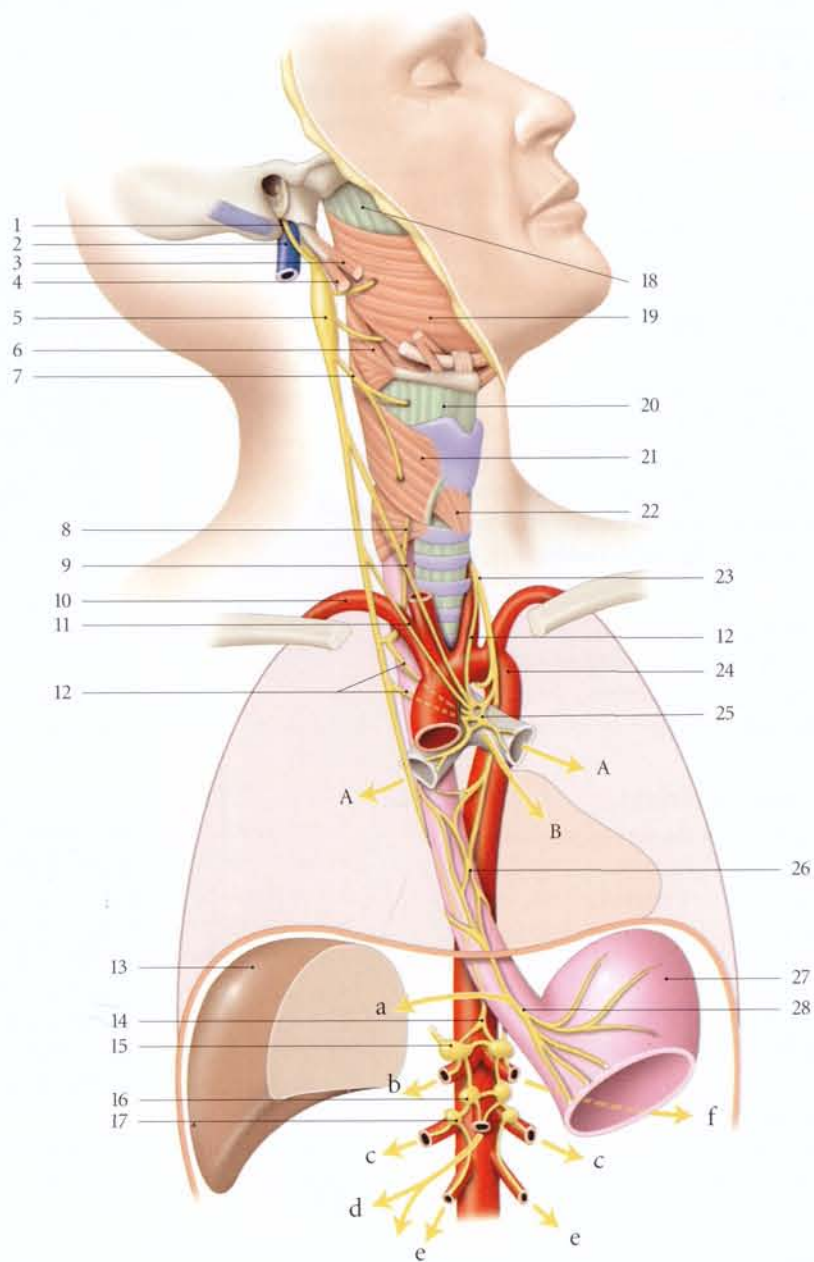


FIG. 15.2. Nerf vague droit (vue générale)

- A. vers les poumons
- B. vers le cœur
- a. vers le foie
- b. plexus gastro-duodénal
- c. plexus rénal
- d. plexus mésentérique sup.
- e. plexus ovarique ou testiculaire
- f. plexus splénique (liénal)

- 1. r. auriculaire
- 2. v. jugulaire interne
- 3. m. stylo-pharyngien
- 4. m. stylo-hyoïdien

- 5. ganglion inf. du n. vague
- 6. m. constricteur moyen du pharynx
- 7. n. laryngé sup.
- 8. n. laryngé récurrent droit
- 9. n. cardiaque cervical sup.
- 10. a. subclavière droite
- 11. n. cardiaque cervical inf.
- 12. nn. cardiaques thoraciques
- 13. foie
- 14. tronc vagal gauche
- 15. plexus coélique
- 16. ganglion mésentérique sup.
- 17. ganglion aortico-rénal

- 18. fascia pharyngo-basilaire
- 19. m. constricteur sup. du pharynx
- 20. membrane thyro-hyoïdienne
- 21. m. constricteur inf. du pharynx
- 22. m. crico-thyroïdien
- 23. n. vague gauche
- 24. arc aortique
- 25. plexus et ganglions coéliaques sup.
- 26. plexus œsophagien
- 27. estomac
- 28. tronc vagal droit

(IX), puis traverse le canalicule mastoïdien de la fosse jugulaire. Il traverse la fissure tympano-mastoïdienne pour innervier la paroi inférieure du méat acoustique externe et la partie adjacente du tympan.

3 | Les rameaux pharyngiens (fig. 15.3)

Ils naissent de la partie supérieure du ganglion inférieur du nerf vague (X). Ils représentent des neurofibres de la racine crâniale du nerf accessoire. Ils passent entre les artères carotides interne et externe pour s'unir aux branches du tronc sympathique cervical et du nerf glosso-pharyngien et former le *plexus pharyngien*. Ce plexus est situé sur le muscle constricteur moyen.

La partie vagale du plexus pharyngien innervie les muscles du pharynx (excepté le muscle stylo-pharyngien, innervé par le nerf glosso-pharyngien, IX) et les muscles du voile du palais (excepté le muscle tenseur du voile du palais, innervé par le nerf mandibulaire, V₃).

4 | Le nerf du sinus carotidien³

Il naît du ganglion inférieur et forme avec des rameaux du nerf glosso-pharyngien et du tronc sympathique cervical, un plexus destiné au *glomus carotidien*⁴.

5 | Le nerf laryngé supérieur

Il naît du ganglion inférieur du nerf vague. Il descend contre la paroi latérale du pharynx, le long des faces postérieure, puis médiale de l'artère carotide interne. Il se divise en deux rameaux, interne et externe.

a) Le rameau interne

Il est sensitif et volumineux. Il descend et traverse la membrane thyro-hyoïdienne au-dessus de l'artère laryngée supérieure.

Il innervie la muqueuse du larynx, du dos de la langue, de l'épiglotte et des cordes vocales.

Il donne le rameau communicant avec le nerf laryngé inférieur.

b) Le rameau externe

C'est un nerf mixte. Il descend avec l'artère thyroïdienne supérieure.

Il innervie le muscle crico-thyroïdien, le muscle constricteur inférieur du pharynx et la muqueuse laryngée voisine.

6 | Les nerfs cardiaques cervicaux

Ils sont destinés au plexus cardiaque.

a) Les nerfs cardiaques cervicaux supérieurs (1 à 3)
Ils naissent au-dessous du ganglion inférieur du nerf vague.

Ils cheminent le long et en avant des artères carotides interne et commune.

b) Les nerfs cardiaques cervicaux inférieurs

Ils naissent de l'arc des nerfs laryngés récurrents et des nerfs vagues.

- À droite, les nerfs cardiaques passent en arrière du tronc brachio-céphalique.
- À gauche, en avant de l'arc aortique.

7 | Le nerf laryngé récurrent (fig. 15.4)

a) Origine – Trajet

- *Le nerf laryngé récurrent droit*

Il est cervical et naît en avant de la partie rétroscalénique de l'artère subclavière qu'il contourne en bas pour monter.

– Sa partie ansiforme répond à la coupole pulmonaire gauche.

Ce rapport explique la possibilité de troubles laryngés au cours des pachypleurites du poumon gauche.

– Sa partie ascendante, cervicale, se dirige obliquement et médialement vers le lobe droit de la thyroïde. Elle répond, en avant, au tronc brachio-céphalique et à la trachée, médialement, à l'œsophage, et latéralement, aux artères carotides commune et interne, à la veine jugulaire interne et au nerf vague droit. Près du pôle inférieur du lobe de la glande thyroïde, le nerf laryngé récurrent droit croise en avant ou en arrière l'artère thyroïdienne inférieure.

Le nerf laryngé récurrent risque d'être lésé lors de la ligature de cette artère au cours d'une thyroïdectomie. Ces lésions entraînent une aphonie et une détresse respiratoire.

- *Le nerf laryngé récurrent gauche*

Il est thoracique puis cervical.

Il naît à gauche de l'arc aortique, qu'il contourne en bas, immédiatement en arrière du ligament artériel.

– Sa partie ansiforme répond à l'artère pulmonaire et à la bronche gauches.

Les anévrysmes de l'aorte ou les adénopathies trachéo-bronchiques peuvent être à l'origine de troubles laryngés.

3. Ancien. : nerf déprimeur de Hering.

4. Ancien. : glomus rétrocarotidien.

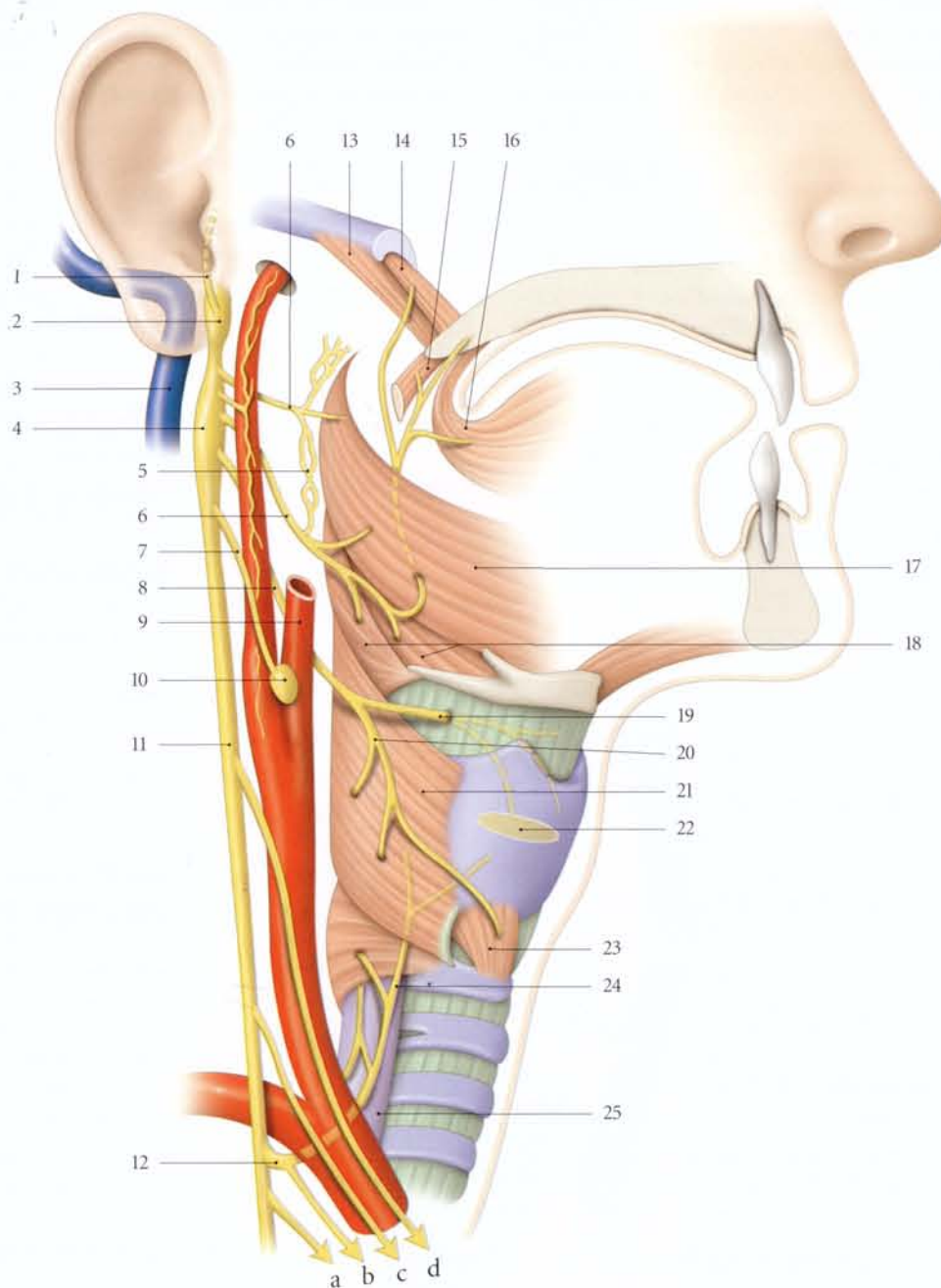


FIG. 15.3. Branches cervicales du nerf vague

a et b. nn. cardiaques thoraciques
c. n. cardiaque cervical inf.
d. n. cardiaque cervical sup.

1. r. auriculaire
2. ganglion sup. du X
3. v. jugulaire interne
4. ganglion inf. du X
5. plexus pharyngien
6. rr. pharyngiens

7. n. du sinus carotidien
8. n. laryngé sup.
9. a. carotidienne externe
10. glomus carotidien
11. n. vague (X)
12. n. laryngé récurrent
13. m. tenseur du voile du palais ($\leftarrow V_3$)
14. m. élévateur du voile du palais
15. m. palato-pharyngien
16. m. palato-glosse

17. m. constricteur sup. du pharynx
18. m. constricteur moyen du pharynx
19. branche interne du n. laryngé sup.
20. branche externe du n. laryngé sup.
21. m. constricteur inf.
22. cordes vocales schématisées
23. m. crico-thyroïdien
24. n. laryngé inf.
25. œsophage

- Sa partie ascendante thoracique répond en avant, à l'artère carotide commune et à la veine brachio-céphalique gauches, latéralement, à la coupole pleurale et à l'artère subclavière, médialement, à la trachée, et en arrière, à l'œsophage, qui le sépare du conduit thoracique.
- Sa partie ascendante cervicale a les mêmes rapports qu'à droite.

b) Terminaison : le nerf laryngé inférieur

Le nerf laryngé récurrent, en passant sous le bord inférieur du muscle constricteur inférieur du pharynx, se termine en nerf laryngé inférieur.

Le nerf laryngé inférieur pénètre dans le larynx, en arrière de l'articulation crico-thyroïdienne. Il s'anastomose avec le rameau interne du nerf laryngé supérieur et innerve la muqueuse laryngée sous-jacente aux cordes vocales.

c) Les branches collatérales

Chaque nerf laryngé récurrent donne :

- des rameaux trachéaux ;
- les nerfs cardiaques cervicaux inférieurs ;
- des rameaux pulmonaires ;
- des rameaux œsophagiens.

D | BRANCHES TERMINALES

1 | Le tronc vagal antérieur (nerf vague gauche)

Il descend sur la face antérieure de la partie abdominale de l'œsophage, puis le long du bord droit du cardia. Il donne :

- les rameaux gastriques antérieurs, dont le nerf antérieur de la petite courbure de l'estomac ;
- les rameaux hépatiques, qui rejoignent la porte du foie.

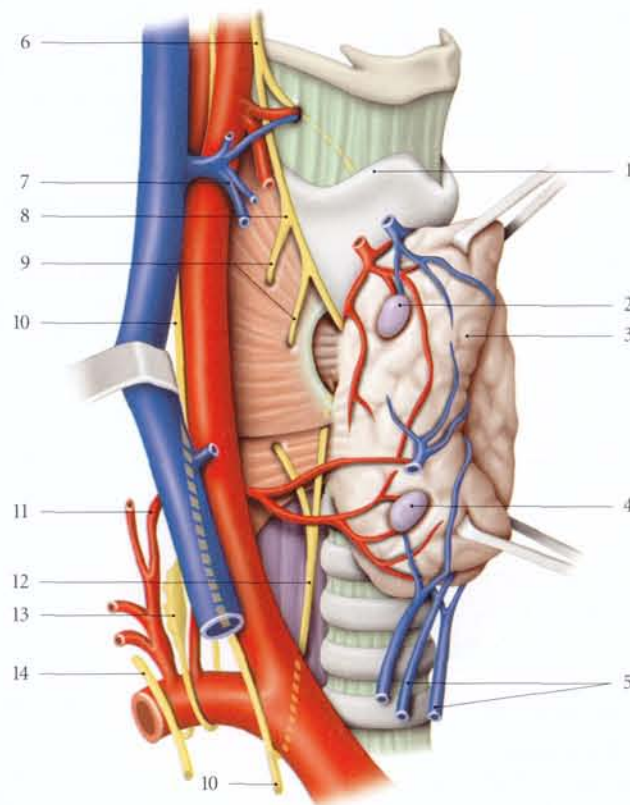


FIG. 15.4. Nerfs laryngés et glandes parathyroïdes droites

1. cartilage thyroïde
2. glande parathyroïde sup.
3. lobe thyroïdien droit récliné en avant
4. glande parathyroïde inf.
5. vv. thyroïdiennes inf.
6. n. laryngé sup.
7. vv. thyroïdiennes sup.

8. r. externe du n. laryngé sup.
9. rr. pharyngiens
10. n. vague
11. a. thyroïdienne inf.
12. n. laryngé récurrent droit
13. ganglion cervical inf.
14. n. phrénique

2 | Le tronc vagal postérieur

(nerf vague droit)

Il chemine sur la face postérieure du cardia pour se terminer dans le plexus solaire. Il donne :

- les rameaux gastriques postérieurs et le nerf postérieur de la petite courbure de l'estomac ;
- les rameaux coeliaques. Leurs neurofibres traversent le plexus coeliaque pour former les plexus artériels et se rendre aux viscères irrigués par cette artère. Les

viscères concernés sont le foie, les voies biliaires, le pancréas, la rate, l'intestin grêle, le côlon ascendant, les deux tiers droits du côlon transverse, les reins et probablement les gonades.

E | CONNEXIONS

Le nerf vague s'anastomose avec les nerfs facial, glosso-pharyngien, spinal et hypoglosse.

15.2 SYSTÉMATISATION

A | NOYAUX MOTEURS (fig. 15.5)

1 | Le noyau ambigu

Il est commun aux nerfs glosso-pharyngien (IX), vague (X) et accessoire (XI).

a) *Ses neurofibres efférentes* se destinent aux muscles striés du pharynx, du larynx et du voile du palais.

b) *Ses neurofibres afférentes* proviennent du tractus cortico-nucléaire.

2 | Le noyau dorsal du nerf vague (parasymphathique)

Il est situé en arrière du noyau du tractus solitaire.

Il se projette sur la fossette inférieure de la fosse rhomboïde.

a) *Ses neurofibres efférentes*

- Les neurofibres préganglionnaires cheminent dans le nerf vague et dans les nerfs viscéraux thoraciques ou abdominaux. Elles font synapse dans les ganglions cardiaques pour le cœur et dans les ganglions juxta-muraux ou intramuraux des viscères pulmonaires et gastro-intestinaux (ganglions du plexus myentérique).
- Les neurofibres postganglionnaires sont très courtes et intraviscérales. Elles sont destinées aux muscles lisses des viscères thoraciques et abdominaux, excepté le côlon gauche.

b) *Ses neurofibres afférentes* proviennent du thalamus, de la formation réticulaire du rhinencéphale et du noyau solitaire.

B | NOYAUX SENSITIFS

1 | Le noyau solitaire

Médial par rapport au noyau trigéminal, il se projette sur le trigone du nerf hypoglosse.

a) *Ses neurofibres afférentes* véhiculent la sensibilité sensorielle de l'isthme du gosier et la sensibilité végétative de l'isthme du gosier, du larynx, des viscères thoraciques et abdominaux, voire des gonades, mais aussi du sinus et du glomus carotidien.

b) *Ses neurofibres efférentes* sont destinées à la formation réticulaire et à l'hypothalamus.

2 | Le noyau spinal du trijumeau

Ses neurofibres afférentes véhiculent la sensibilité générale provenant du larynx, du pharynx, du méat acoustique externe, du tympan et des méninges.

C | TRAJET INTRABULBAIRE

À partir de ces quatre noyaux, les fibres motrices efférentes et sensitives afférentes s'unissent et présentent un trajet antéro-latéral. Elles passent entre le pédoncule cérébelleux inférieur et le noyau olivaire inférieur.

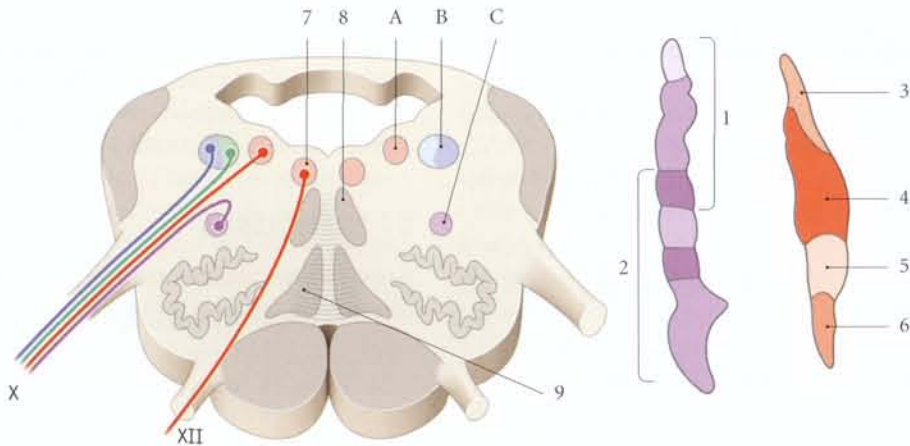


FIG. 15.5. Noyaux du nerf vague (coupe transversale au niveau de l'olive bulbaire)

- | | | |
|---|--|--|
| A. somatotopie du noyau dorsal du n. vague (d'après Getz et Sienes) | 1. aire du n. laryngé sup. et du n. du m. crico-thyroïdien | 5. aire du cœur |
| B. noyau et tractus solitaires | 2. aire du n. laryngé inf. | 6. aire de la trachée et de l'œsophage |
| C. somatotopie du noyau ambigu (d'après Crosby) | 3. aire des poumons | 7. noyau du XII |
| | 4. aire de l'abdomen | 8. tractus réticulo-spinal |
| | | 9. lemniisque médial |

15.3 FONCTION

A | FONCTION MOTRICE

Elle est très variée et concerne :

1 | La phonation, au niveau des cordes vocales.

2 | Le temps pharyngien de la déglutition, en élevant le voile du palais (avec les nerfs crâniens IX, XI et XII).

3 | Des fonctions viscérales

- Le ralentissement de la fréquence cardiaque.
- La constriction des bronches et la sécrétion bronchique.
- Les mouvements péristaltiques gastriques et la sécrétion gastrique.
- La sécrétion d'insuline et d'enzymes digestives, au niveau du pancréas.
- Le péristaltisme et la sécrétion du grêle et du côlon droit.
- Probablement la contraction des myofibres lisses des gonades.

4 | La paralysie du nerf vague (fig. 15.6)

a) La paralysie bilatérale et centrale est rapidement mortelle.

b) La paralysie périphérique tronculaire et unilatérale provoque :

- une dysphagie;
- une dysphonie (enrouement);
- un abaissement et une déviation du voile du palais et de l'uvule du même côté de la lésion (ou signe du rideau de Vernet);
- une dyspnée;
- une perte du réflexe du bâillement.

c) La paralysie centrale par atteinte des neurofibres cortico-nucléaires entraîne les mêmes syndromes que celle de la paralysie périphérique tronculaire unilatérale, mais du côté contro-latéral.

5 | Les paralysies du nerf laryngé récurrent

a) La paralysie unilatérale du nerf laryngé récurrent se caractérise essentiellement par une voix bitonale, aiguë, avec la corde vocale en position intermédiaire.

b) La paralysie bilatérale du nerf laryngé récurrent donne une voix étouffée voilée ou rauque, avec des cordes vocales rapprochées.

B | FONCTION SENSITIVE

Son territoire sensitif comprend :

- une zone cutanée rétro-auriculaire et le méat acoustique externe ;
- la muqueuse du pharynx et du larynx. C'est le point de départ du réflexe tussigène protecteur des voies aérifères.

L'impact de l'anesthésie sur les noyaux du nerf X entraîne des troubles de la déglutition, pouvant

aboutir à un reflux du liquide gastrique dans le conduit trachéo-bronchique (syndrome de Mendelson). D'où l'intérêt de l'intubation trachéale.

C | FONCTION AUTONOME

Le vague assure la motricité des muscles lisses des organes thoraciques et abdominaux, ainsi que leur sécrétion glandulaire (à l'exception du côlon gauche et du rectum).

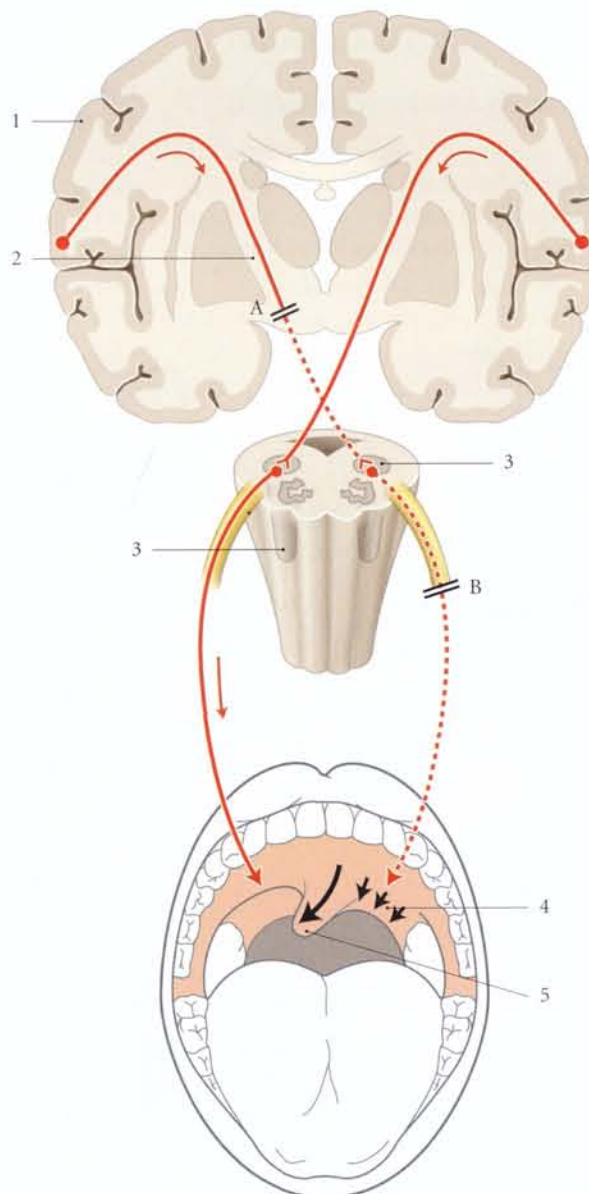


FIG. 15.6. Paralysies du nerf vague

- A. lésion centrale droite
B. lésion périphérique gauche

1. cortex moteur
2. capsule interne
3. noyau ambigu
4. chute du palais mou
5. uvule déviée

16 Nerf accessoire (XI)

Le nerf accessoire est un nerf moteur constitué de deux racines, crâniale et spinale. La racine crâniale est destinée à la motricité pharyngée et laryngée, et la racine spinale, aux muscles sterno-cléido-mastoïdien et trapèze.

16.1 ANATOMIE DESCRIPTIVE (fig. 16.1)

A | ORIGINE

La *racine crâniale*, ou partie vagale, émerge du sillon rétro-olivaire au-dessous du nerf vague, par quatre à cinq radicules.

La *racine spinale*, ou partie spinale, émerge du cordon latéral, en avant du sillon postéro-latéral, par cinq à six radicules.

B | TRAJET – RAPPORTS

1 | Trajets intracrâniens et intrarachidiens

a) La racine crâniale

Elle est grêle et se dirige latéralement vers le foramen jugulaire, où elle s'unit à la racine spinale pour former le tronc du nerf accessoire (XI).

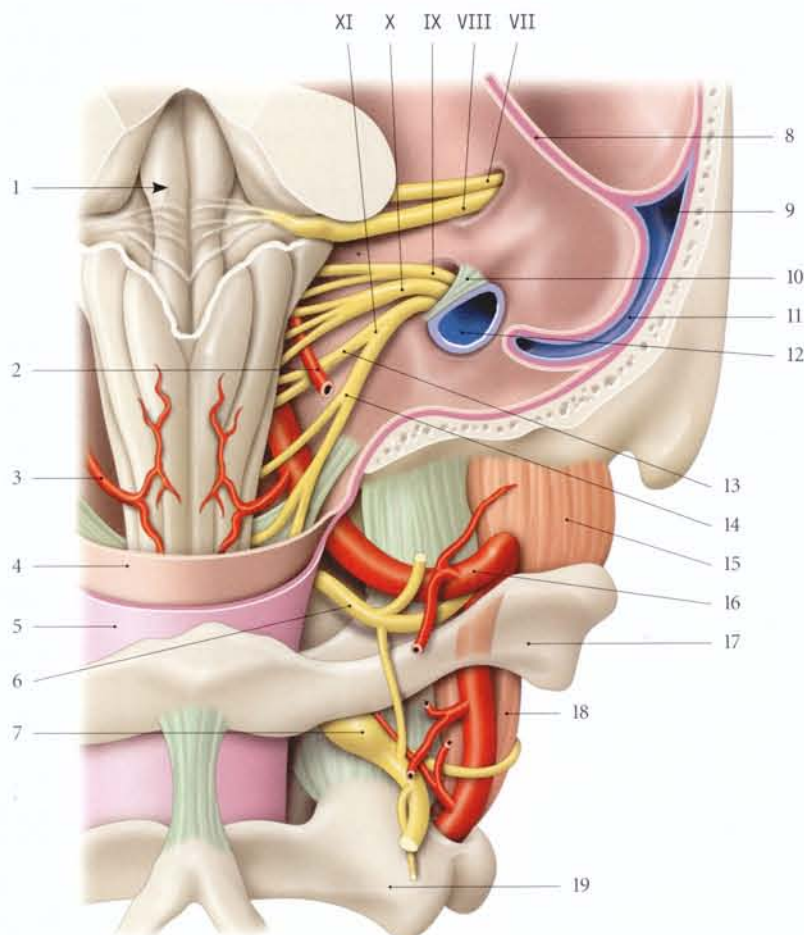


FIG. 16.1. Rapports du nerf accessoire (vue postérieure)

1. fosse rhomboïde
2. a. cérébelleuse postéro-inf.
3. a. spinale post.
4. arachnoïde spinale
5. dure-mère spinale
6. n. spinal C1
7. ganglion spinal C2
8. tente du cervelet
9. sinus transverse
10. lig. jugulaire
11. sinus sigmoïde
12. bulbe de la v. jugulaire interne
13. racine bulbaire du XI
14. racine spinale du XI
15. m. droit latéral de la tête
16. a. vertébrale
17. atlas
18. m. intertransversaire
19. axis

b) La racine spinale

Elle est ascendante et elle passe entre le ligament dentelé et les racines postérieures des nerfs spinaux. Elle croise en arrière l'artère vertébrale, puis entre dans le crâne à travers le foramen magnum et se dirige latéralement vers le foramen jugulaire.

2 | Dans le foramen jugulaire

Le tronc du nerf accessoire XI est situé dans la partie moyenne. Il est séparé du bulbe de la veine jugulaire interne par le ligament jugulaire.

C | BRANCHES TERMINALES

À sa sortie du foramen jugulaire, il se divise dans l'espace latéro-pharyngien en deux branches, interne et externe.

1 | La branche interne

Elle est courte et s'incorpore à l'extrémité supérieure du ganglion inférieur du nerf vague (X). Elle est consti-

tuée de neurofibres qui cheminent dans le nerf vague et s'en détache ensuite, pour former le nerf récurrent inférieur, destiné aux muscles du larynx.

2 | La branche externe (fig. 16.2)

Plus volumineuse, elle est formée des neurofibres de la racine spinale.

a) Le trajet

Elle descend dans l'espace rétrostylien obliquement et latéralement. Elle passe devant la veine jugulaire interne, et parfois en arrière.

- La carotide interne et le nerf vague (X) sont médiaux.
- Le nerf glosso-pharyngien (IX) est antérieur.
- Le nerf hypoglosse (XII) et le tronc sympathique sont postérieurs.

Puis elle s'insinue entre le ventre postérieur du muscle digastrique et le processus transverse de l'atlas.

Elle aborde la face profonde du muscle sterno-cléido-mastoïdien qu'elle traverse à hauteur de l'angle de la mandibule.

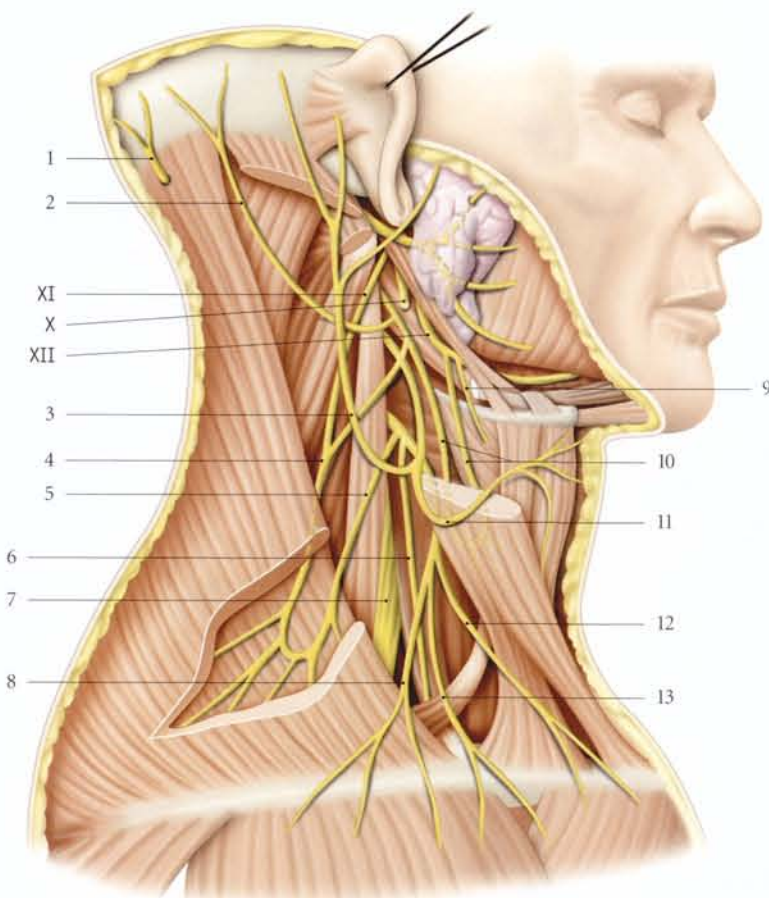


FIG. 16.2. Plexus cervical et nerf accessoire (XI) : branches principales

1. n. grand occipital
2. n. petit occipital
3. n. grand auriculaire
4. r. externe du XI
5. r. interne du XI
6. n. phrénique
7. plexus brachial
8. n. supraclaviculaire latéral
9. n. du m. thyro-hyoïdien
10. anse cervicale
11. n. transverse du cou
12. n. supraclaviculaire médial
13. n. supraclaviculaire intermédiaire

Elle descend obliquement sur les muscles splénus du cou et élévateur de la scapula. Elle est longée par les nœuds lymphatiques cervicaux latéraux profonds. Enfin, elle longe la face profonde du muscle trapèze, le long du bord spinal de la scapula, avant de se terminer dans le creux supraclaviculaire.

b) Ses branches terminales

Elles sont destinées aux muscles sterno-cléido-mastoïdien et trapèze et pénètrent la face profonde de ces muscles. Le muscle sterno-cléido-mastoïdien est aussi innervé par le nerf cervical C2, et le muscle trapèze, par les nerfs cervicaux C3 et C4.

D | CONNEXIONS

La branche externe du nerf accessoire s'anastomose avant d'aborder le muscle sterno-cléido-mastoïdien, avec la racine postérieure de C2¹, et d'aborder le muscle trapèze, avec C3 ou C4.

La branche interne du nerf accessoire s'anastomose avec le ganglion inférieur du nerf vague.

1. Ancien : anse de Maubrac.

16.2 SYSTÉMATISATION (fig. 16.3)

A | NOYAUX DU NERF ACCESSOIRE (XI)

1 | Le noyau bulbaire du XI

Il est constitué par la partie inférieure du noyau ambigu. Ses fibres efférentes traversent le bulbe (ou moelle allongée) en avant et latéralement, en passant entre le noyau olivaire inférieur et le tractus spino-thalamique latéral pour rejoindre les neurofibres du nerf vague.

Pour certains, les neurofibres bulbaires du nerf accessoire naissent du noyau dorsal du nerf vague.

2 | Le noyau spinal du XI

Il est situé dans la partie latérale de la corne ventrale des segments médullaires C1 à C5.

Ses fibres traversent le cordon latéral de la moelle spinale.

B | CONNEXIONS CENTRALES

1 | Les neurofibres afférentes du noyau bulbaire du XI proviennent du tractus cortico-nucléaire, et celles du noyau spinal, du tractus cortico-spinal.

2 | Les neurofibres efférentes parcourent le faisceau longitudinal médial pour rejoindre les colliculus supérieurs et les noyaux vestibulaires.

Ces connexions interviennent dans l'induction du réflexe oculo-céphalogyre.

16.3 FONCTION

A | RÔLE DU NOYAU BULBAIRE DU XI

Sa fonction se confond avec celle du nerf vague (X) au niveau du pharynx et du larynx.

Son atteinte provoque des troubles de la déglutition et de la phonation.

B | RÔLE DU NOYAU SPINAL DU XI

Il assure la rotation de la tête.

Son atteinte provoque une paralysie des muscles sterno-cléido-mastoïdien et trapèze.

- La paralysie du sterno-cléido-mastoïdien se caractérise par l'absence de la saillie de ce muscle du côté paralysé et l'impossibilité de tourner la tête du côté sain.
- La paralysie du trapèze entraîne un abaissement du moignon de l'épaule, un écartement du bord spinal de la scapula et une projection de la clavicule en avant.

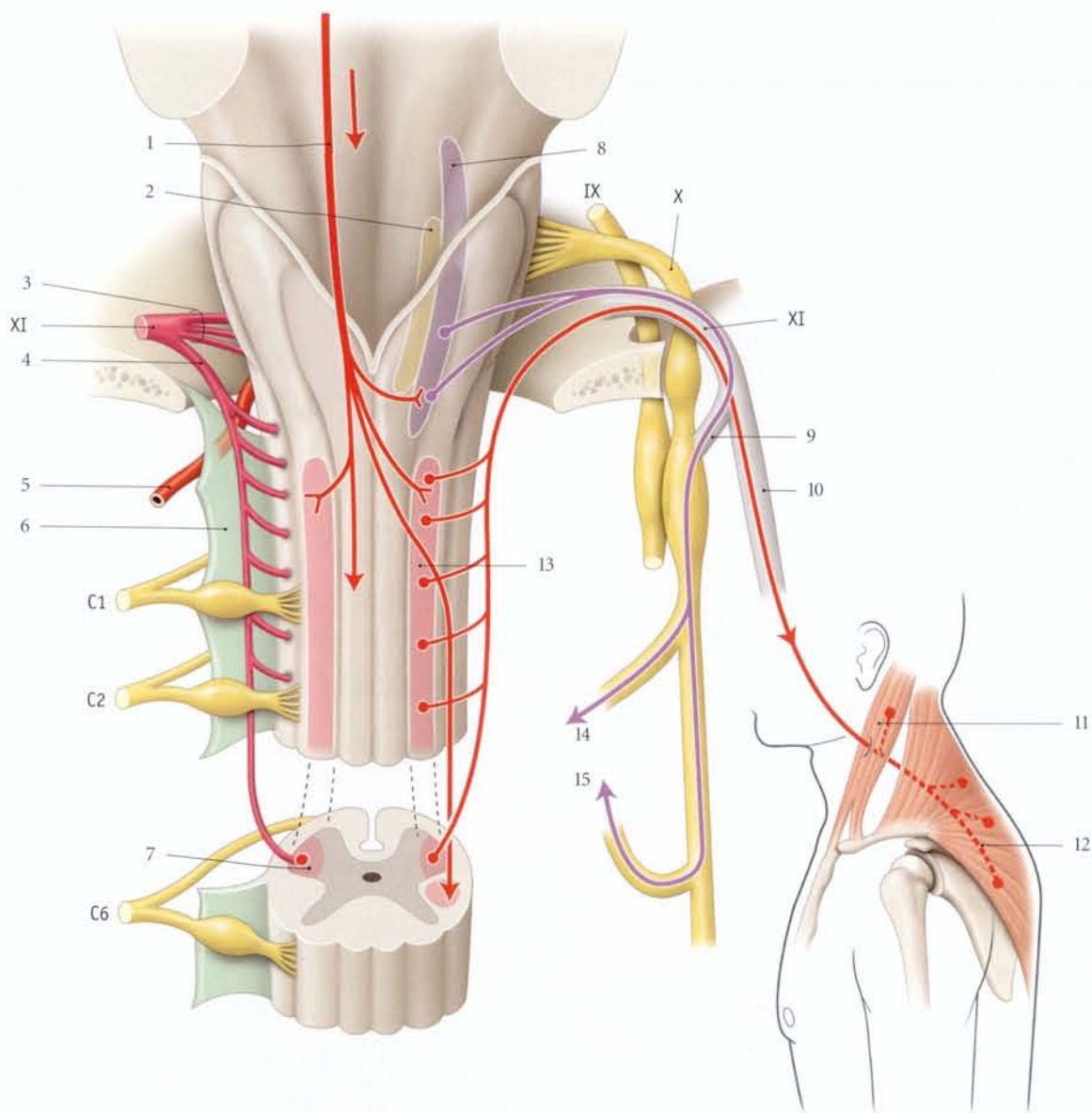


FIG. 16.3. Systématisation du nerf accessoire (vues postérieure du tronc encéphalique et postéro-supérieure de la moelle spinale)

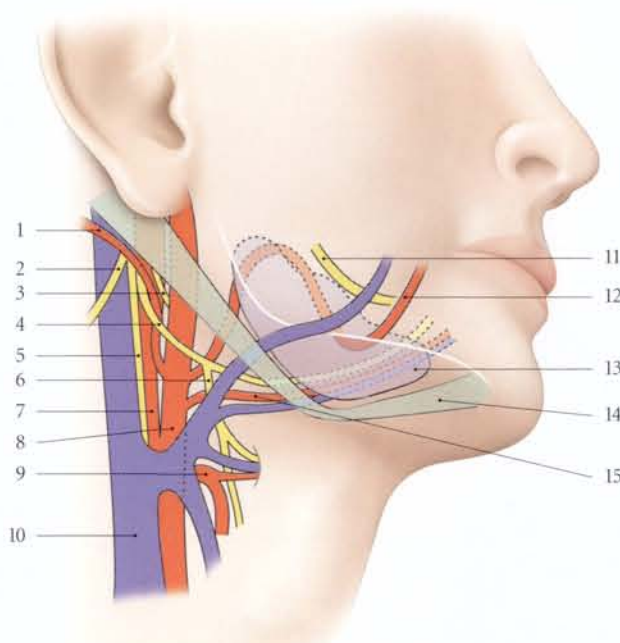
- | | | |
|--|----------------------------|---------------------------------|
| 1. tractus cortico-nucléaire et cortico-spinal | 6. lig. dentelé | 11. m. sterno-cléido-mastoïdien |
| 2. noyau dorsal du X | 7. corne ant. | 12. m. trapèze |
| 3. racine crâniale du XI | 8. noyau ambigu | 13. noyau du n. accessoire |
| 4. racine spinale du XI | 9. branche médiale du XI | 14. r. pharyngé |
| 5. a. vertébrale | 10. branche latérale du XI | 15. n. laryngé récurrent |

17 Nerf hypoglosse (XII)

Le nerf hypoglosse est un nerf moteur innervant les muscles de la langue, à l'exception du muscle palato-glosse. Il joue donc un rôle important dans la mastication, la succion, la déglutition et la parole¹ (fig. 17.1).

FIG. 17.1. Nerf hypoglosse
(anatomie de surface)

1. a. occipitale
2. n. accessoire
3. n. glosso-pharyngien
4. n. hypoglosse
5. n. vague
6. n. du m. thyro-hyoïdien
7. a. carotide interne
8. a. carotide externe
9. a. thyroïdienne sup.
10. v. jugulaire interne
11. n. lingual
12. a. faciale
13. glande submandibulaire
14. m. digastrique
15. a. et v. linguales



1. Au cours de l'organogénèse, le nerf hypoglosse présente les caractéristiques d'un nerf spinal, avec deux racines, ventrale et dorsale. La racine dorsale et son ganglion disparaissent rapidement. L'aspect spinal est observé chez certains mammifères adultes (chien, chat, bœuf).

17.1 ANATOMIE DESCRIPTIVE

A | ORIGINE

Le nerf hypoglosse émerge du sillon antéro-latéral, entre la pyramide et l'olive du bulbe, par dix à douze racicules. La racicule la plus inférieure est proche de la racine ventrale de C1.

B | TRAJET – RAPPORTS (fig. 17.2)

1 | Dans la fosse crânienne postérieure

Situées dans l'espace subarachnoïdien, les racicules se dirigent latéralement derrière l'artère vertébrale, puis elles fusionnent en un tronc, qui traverse la dure-mère.

2 | Dans le canal du nerf hypoglosse

Il est accompagné de son rameau méningé et d'un rameau méningé de l'artère pharyngienne ascendante.

3 | Dans l'espace latéro-pharyngien

Il se dirige en bas et latéralement dans la région rétro-stylienne, puis traverse le trigone carotidien en s'incurvant en avant.

a) Dans la région rétrostylienne, le nerf hypoglosse est profond et postérieur. Il répond :

- médialement, à l'espace rétropharyngien ;

- en arrière, aux trois premiers nerfs cervicaux et au nerf accessoire (XI) ;
- en avant, au ganglion cervical supérieur, à l'artère carotide interne, au nerf glosso-pharyngien (IX) et au ganglion inférieur du nerf vague (X) ;
- latéralement, à la veine jugulaire interne.

b) Dans le trigone carotidien, il longe le ventre postérieur du muscle digastrique. Il croise latéralement le nerf vague. Il s'insinue entre la veine jugulaire interne et l'artère carotide interne. Il se courbe au-dessous de l'origine de l'artère occipitale et croise la face latérale des artères carotide externe, faciale et linguale.

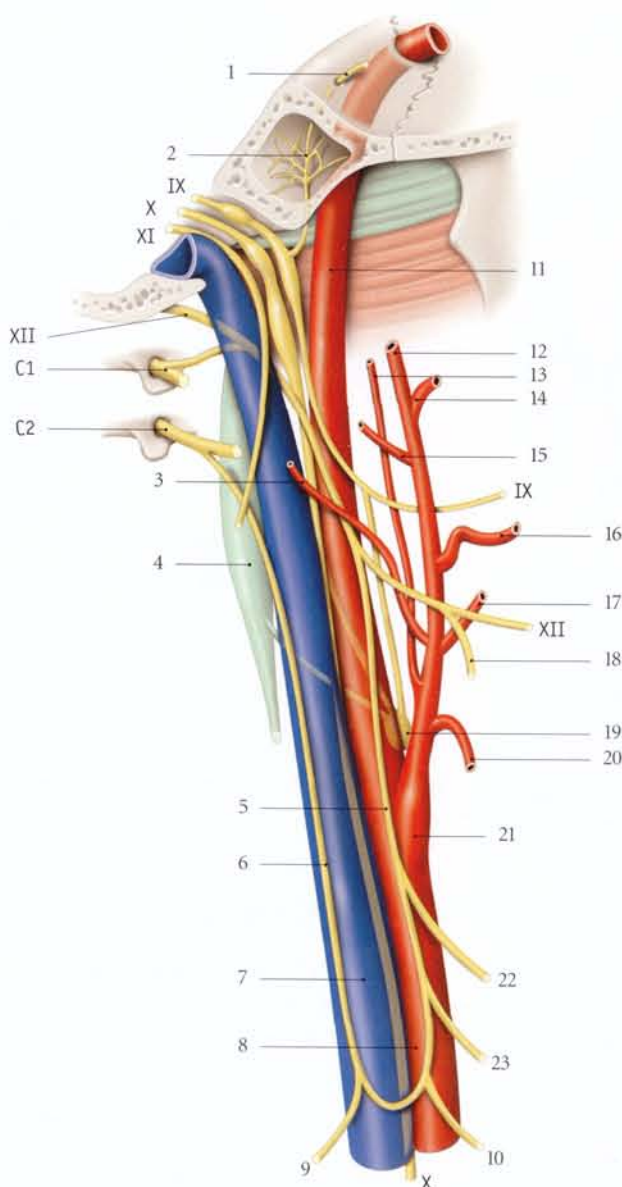
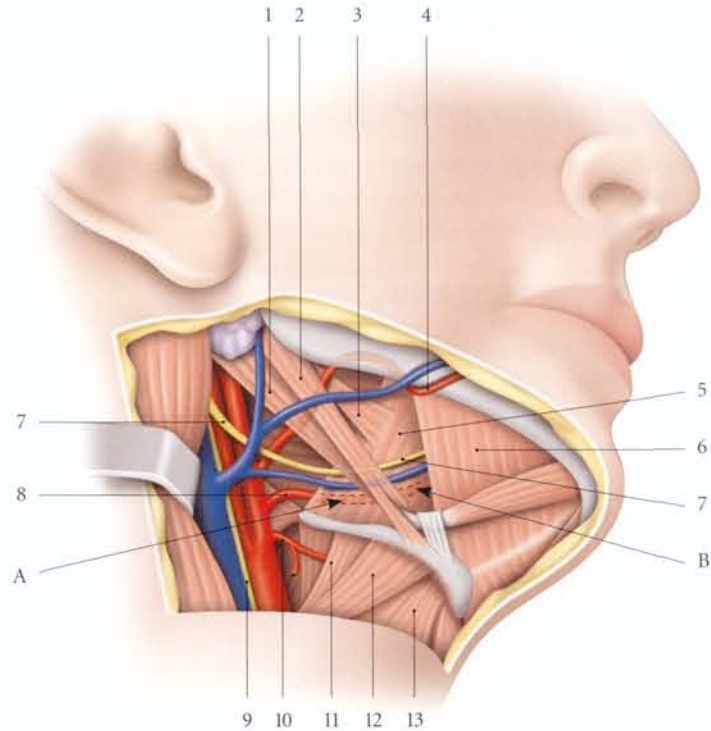


FIG. 17.2. Diagramme général des nerfs crâniens au cou (vue latérale)

1. n. petit pétreux
2. plexus tympanique
3. a. occipitale
4. ganglion cervical sup.
5. racine sup. de l'anse cervicale
6. racine inf. de l'anse cervicale
7. v. jugulaire interne
8. a. carotide commune
9. n. du m. omo-hyoïdien (ventre post.)
10. n. du m. sterno-thyroïdien
11. a. carotide interne
12. a. temporale superficielle
13. a. pharyngienne ascendante
14. a. maxillaire
15. a. auriculaire post.
16. a. faciale
17. a. linguale
18. n. du m. thyro-hyoïdien
19. glomus carotidien
20. a. thyroïdienne sup.
21. sinus carotidien
22. n. du m. sterno-hyoïdien
23. n. du m. omo-hyoïdien (ventre ant.)

FIG. 17.3. Triangles infradigastrique (A) et supradigastrique (B)

1. m. digastrique
2. m. stylo-hyoïdien
3. m. stylo-glosse
4. a. et v. faciales
5. m. hyo-glosse
6. m. mylo-hyoïdien
7. n. hypoglosse
8. a. linguale
9. n. vague, a. carotide commune, v. jugulaire interne
10. a. thyroïdienne sup.
11. m. thyro-hyoïdien
12. m. omo-hyoïdien
13. m. sterno-hyoïdien



4 | Dans le trigone submandibulaire (fig. 17.3)

Il s'applique sur la face latérale du muscle hyo-glosse qui le sépare de l'artère linguale. Puis il chemine entre les muscles mylo-hyoïdien et hyo-glosse avant de se terminer.

C | BRANCHES COLLATÉRALES

1 | Le rameau méningé (fig. 17.4)

Il naît dans la région latéro-pharyngienne. Il effectue un trajet récurrent dans le canal de l'hypoglosse et innerve la dure-mère de la fosse postérieure.

2 | La racine supérieure de l'anse cervicale

Elle naît avant son croisement avec l'artère carotide interne et descend verticalement. Elle est constituée de neurofibres du premier nerf cervical qui s'accroche au nerf hypoglosse sur une grande partie de son trajet.

Elle donne des rameaux thyroïdiens et des rameaux pour les muscles sterno-hyoïdien, omo-hyoïdien (ventres antérieur et postérieur) et sterno-thyroïdien.

3 | Les nerfs du muscle thyro-hyoïdien

Ils croisent la face externe de la grande corne de l'os hyoïde pour atteindre le muscle.

Il s'agit de neurofibres appartenant au nerf cervical C1, accolées au nerf hypoglosse.

D | BRANCHES TERMINALES

Elles rayonnent vers le muscle génio-hyoïdien et tous les muscles de la langue, excepté le muscle palato-glosse, innervé par le nerf vague (X).

E | CONNEXIONS

Le nerf hypoglosse s'anastomose avec son homologue dans la langue, le tronc sympathique cervical, le nerf vague, le nerf lingual, le nerf cervical C1 et le nerf phrénique.

17.2 SYSTÉMATISATION

A | NOYAU DU NERF HYPOGLOSSE

Il est sous-jacent au *trigone du nerf hypoglosse* de la fosse rhomboïde. Long d'environ 2 cm, il est médial au noyau dorsal du nerf vague (X).

B | NEUROFIBRES EFFÉRENTES

Elles se dirigent en avant, à travers la formation réticulaire, entre le lemnisque médial et le noyau ambigu,

puis entre le tractus cortico-spinal et le noyau olivaire inférieur.

C | NEUROFIBRES AFFÉRENTES

Elles proviennent du tractus cortico-nucléaire croisé, de la formation réticulaire bulbaire, du noyau spinal, du nerf trijumeau et du noyau solitaire.

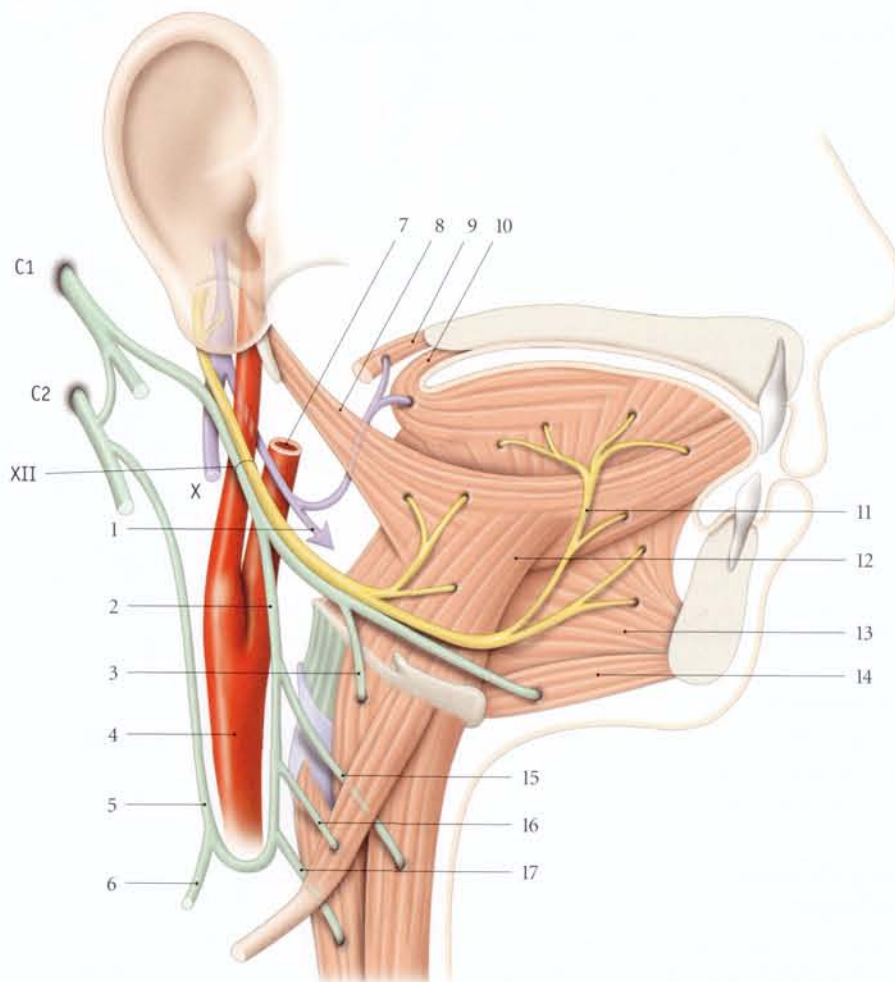


FIG. 17.4. Branches du nerf hypoglosse (XII) (systématisation)

- | | | |
|---|---|---|
| 1. r. pharyngien du X | 7. a. carotide externe | 13. m. génio-glosse |
| 2. racine sup. de l'anse cervicale | 8. m. stylo-glosse | 14. m. génio-hyoïdien |
| 3. n. du m. thyro-hyoïdien | 9. m. palato-pharyngien | 15. n. du m. sterno-hyoïdien |
| 4. a. carotide commune | 10. m. palato-glosse | 16. n. du m. omo-hyoïdien (ventre ant.) |
| 5. racine inf. de l'anse cervicale | 11. n. pour les autres mm. de la langue | 17. n. du m. sterno-thyroïdien |
| 6. n. du m. omo-hyoïdien (ventre post.) | 12. m. hyo-glosse | |

17.3 FONCTION

Le nerf hypoglosse assure la mobilité de la langue (fig. 17.5).

L'atteinte du XII entraîne une paralysie de la langue avec une amyotrophie, surtout dans les lésions périphériques :

- La lésion centrale supranucléaire entraîne une paralysie linguale du côté opposé à la lésion. Au

cours de la protraction de la langue, celle-ci dévie du côté opposé à la lésion.

- Les lésions nucléaire ou périphérique entraînent une paralysie linguale du côté de la lésion.

Au cours de la protraction de la langue, celle-ci dévie du côté de la lésion.

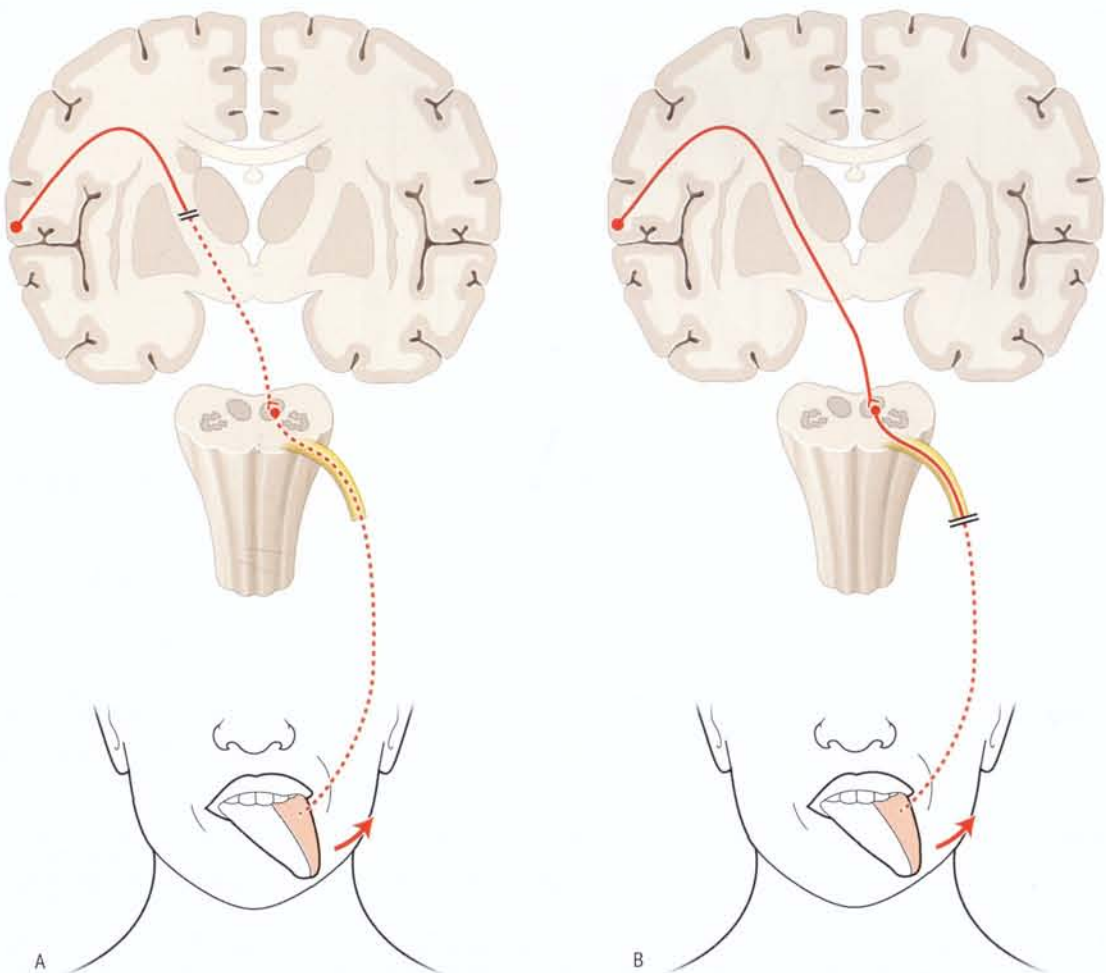


FIG. 17.5. Paralysie du nerf hypoglosse (XII) – Déviation de la langue au cours de la protrusion

A. paralysie centrale : déviation du côté opposé à la lésion

B. paralysie périphérique : déviation du même côté que la lésion

SYSTÈME NERVEUX AUTONOME

18 Système nerveux autonome

Le système nerveux autonome¹ est un système moteur efférent qui échappe au contrôle de la conscience. Il est réparti dans l'ensemble du corps et assure une action coordonnée entre les différentes parties innervées. Il contrôle la fonction des muscles lisses, du myocarde et les sécrétions glandulaires.

Il respecte l'autonomie des viscères.

Ainsi, lors de l'interruption de l'innervation d'un viscère, celui-ci peut continuer à fonctionner, mais cette activité sera désorganisée.

Le rôle du système nerveux autonome est capital dans le maintien de l'homéostasie, c'est-à-dire « le maintien de la constance du milieu intérieur » (Claude Bernard).

Ce système comprend deux parties distinctes par leur organisation anatomique et la nature de leurs neurotransmetteurs synaptiques : la partie sympathique et la partie parasympathique.

18.1 GÉNÉRALITÉS

A | ORGANOGÈNESE (voir Chapitres 2.3 et 4.1)

1 | Les neurones préganglionnaires sympathiques

Ils sont issus des neuroblastes centraux de la lame latérale de la région thoracique présomptive.

2 | Les neurones postganglionnaires sympathiques

Ils sont issus des neuroblastes périphériques des crêtes neurales. Ces neurones migrent médialement pour constituer une série de condensations, les troncs sympathiques présomptifs.

3 | Les neurones préganglionnaires parasympathiques

Ils dérivent des neuroblastes centraux de la lame ventrale.

4 | Les neurones postganglionnaires parasympathiques

Ils dérivent des neuroblastes périphériques des crêtes neurales occipito-cervicales pour le parasympathique crânien et des crêtes neurales sacrales pour le parasympathique sacral. Ces neuroblastes migrent dans les parois des viscères en développement.

L'absence de migration des neuroblastes dans la paroi du côlon est responsable du mégacôlon (ou

maladie de Hirschsprung ou mégacôlon congénital aganglionnaire). Il est caractérisé par l'absence de cellules ganglionnaires dans le plexus myentérique.

B | ORGANISATION (fig. 18.1)

Le système autonome est constitué de ganglions autonomes et viscéraux, de nerfs viscéraux, de plexus viscéraux² et vasculaires.

Contrairement au système moteur somatique, qui est constitué d'un seul neurone périphérique, il est caractérisé par une chaîne de deux neurones qui font synapse dans un ganglion autonome.

1 | Le neurone préganglionnaire

Son corps est situé dans le système nerveux central. La neurofibre préganglionnaire fait synapse dans un ganglion autonome.

2 | Le neurone postganglionnaire

Son corps est situé dans le ganglion autonome. La neurofibre postganglionnaire gagne l'effecteur, cellule ou organe déclencheur de l'action spécifique.

1. Ancien : système nerveux végétatif.

2. Les nerfs et plexus viscéraux sympathiques contiennent aussi des neurofibres afférentes véhiculant la sensibilité intéroceptive.

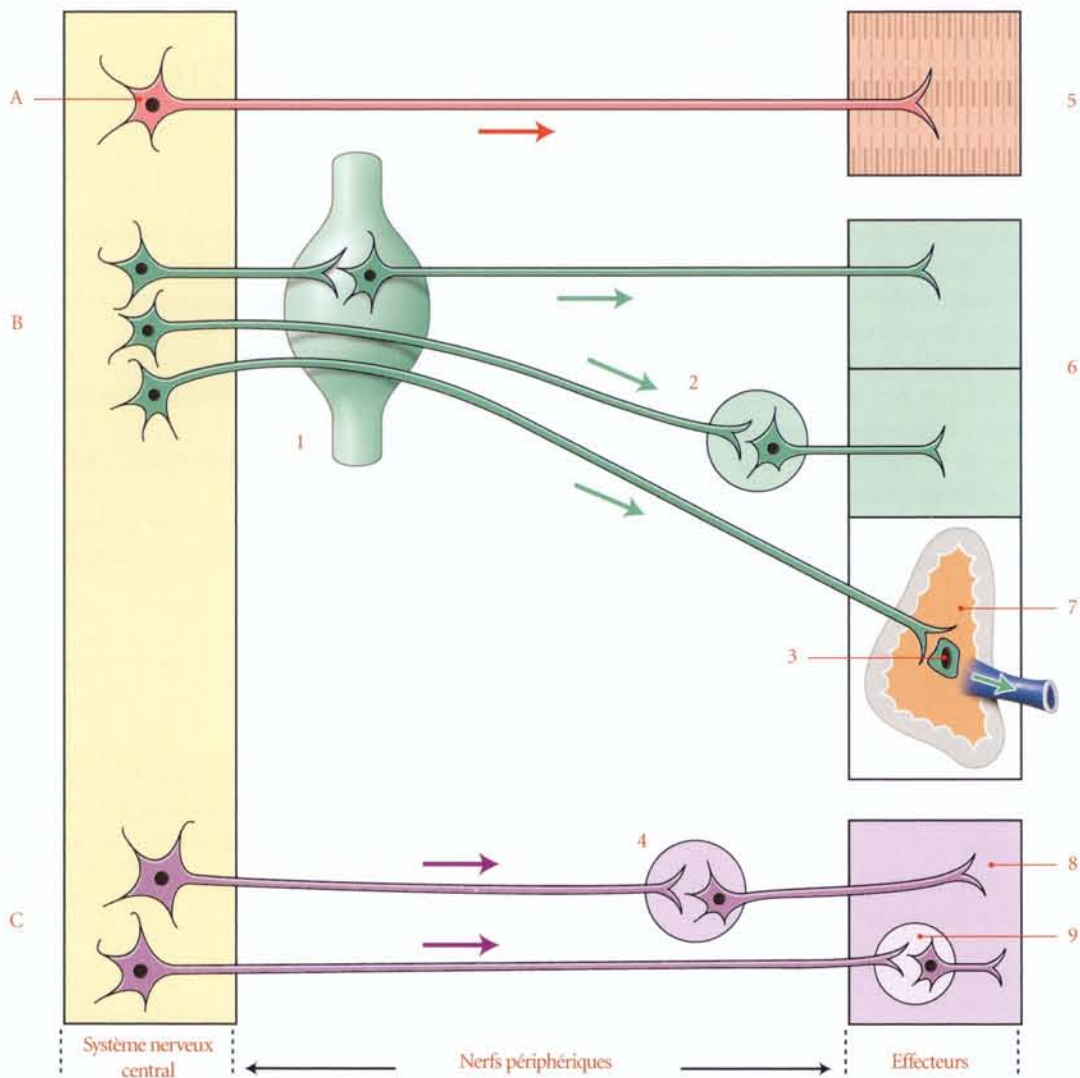


FIG. 18.1. Organisation générale du système nerveux autonome

- | | | | |
|-----------------------------|-----------------------------|---|------------------------|
| A. système moteur somatique | 1. ganglion sympathique | 5. m. strié | 8. viscère |
| B. système sympathique | 2. ganglion viscéral | 6. territoire sympathique | 9. ganglion intramural |
| C. système parasympathique | 3. cellule chromophile | 7. glande surrénale (partie médullaire) | |
| | 4. ganglion parasympathique | | |

Les neurones postganglionnaires sont environ trente-deux fois plus nombreux que les neurones pré-ganglionnaires. Le territoire effecteur est donc relativement étendu et contrôlé par un petit nombre de neurones centraux.

3 | Les interneurons ganglionnaires sympathiques

Ces cellules associatives s'interposent entre deux ou plusieurs neurones sympathiques pré- et postganglionnaires. Ce sont de petites cellules intensément fluorescentes après traitement à la formaldéhyde.

4 | Les terminaisons des neurofibres autonomes

Chaque neurofibre postganglionnaire se ramifie en petites branches, qui se terminent chacune par un bulbe terminal.

Au niveau d'un muscle lisse, toutes les myofibres ne sont pas innervées par une terminaison nerveuse. L'influx nerveux est transmis aux autres myofibres lisses du faisceau de proche en proche à travers les *nexus*³ (ou macula communicans).

3. Anglais : gap junction.

18.2 PARTIE SYMPATHIQUE (fig. 18.2)

Elle est constituée de deux chaînes ganglionnaires, les troncs sympathiques.

A | LES TRONCS SYMPATHIQUES

Les troncs sympathiques s'étendent de la base du crâne au coccyx où ils fusionnent en un ganglion, le ganglion impair. Ils sont subdivisés en quatre parties, cervicale, thoracique, lombaire et sacrée.

Chaque tronc est constitué de ganglions de taille variable, unis par des rameaux interganglionnaires :

a) Les ganglions sympathiques

Ils sont unis aux nerfs spinaux par des rameaux communicants :

- les *rameaux communicants gris*, amyélinisés, concernent tous les ganglions ;
- les *rameaux communicants blancs*, myélinisés, ne concernent que les ganglions thoraciques, et les 1^{er} et 2^e ganglions lombaires.

b) Les nerfs viscéraux

Ils partent des ganglions sympathiques et sont à l'origine des plexus nerveux viscéraux.

1 | La partie sympathique cervicale

(voir Tome 2 Chapitre 18)

2 | La partie sympathique thoracique

(voir Tome 3 Chapitre 13)

3 | La partie sympathique lombaire

(voir Tome 3 Chapitre 13)

4 | La partie sympathique sacrée

(voir Tome 4 Chapitre 10)

B | LES CENTRES SYMPATHIQUES

Ils sont localisés dans la colonne intermédio-latérale des segments de la moelle spinale, de C8 à L2.

C | LES VOIES SYMPATHIQUES

Elles ont une organisation métamérique correspondant à un segment de la moelle spinale. Chaque voie est formée de deux neurones pré- et postganglionnaire.

1 | Le neurone préganglionnaire sympathique

Son corps est situé dans le centre sympathique. La neurofibre préganglionnaire emprunte la racine antérieure du nerf spinal, puis le rameau communicant blanc. Elle fait synapse dans un ganglion sympathique ou le traverse pour s'articuler dans un ganglion viscéral.

Dans le ganglion du tronc sympathique, elle s'articule avec une ou plusieurs neurofibres postganglionnaires (dix à trente), soit dans le ganglion du segment médullaire correspondant, soit dans le ganglion sus- et sous-jacent.

Seule la *glande médullo-surrénale* ne reçoit que des neurofibres préganglionnaires. Cette glande est en effet l'équivalent des neurones postganglionnaires, puisqu'elle sécrète de la noradrénaline.

2 | Le neurone postganglionnaire sympathique

Il s'articule avec le neurone préganglionnaire dans le tronc sympathique et suit deux voies :

- soit le rameau communicant gris pour atteindre le nerf spinal ;
- soit le nerf viscéral, pour innerver un organe.

3 | Fonction (voir tableau 18.1)

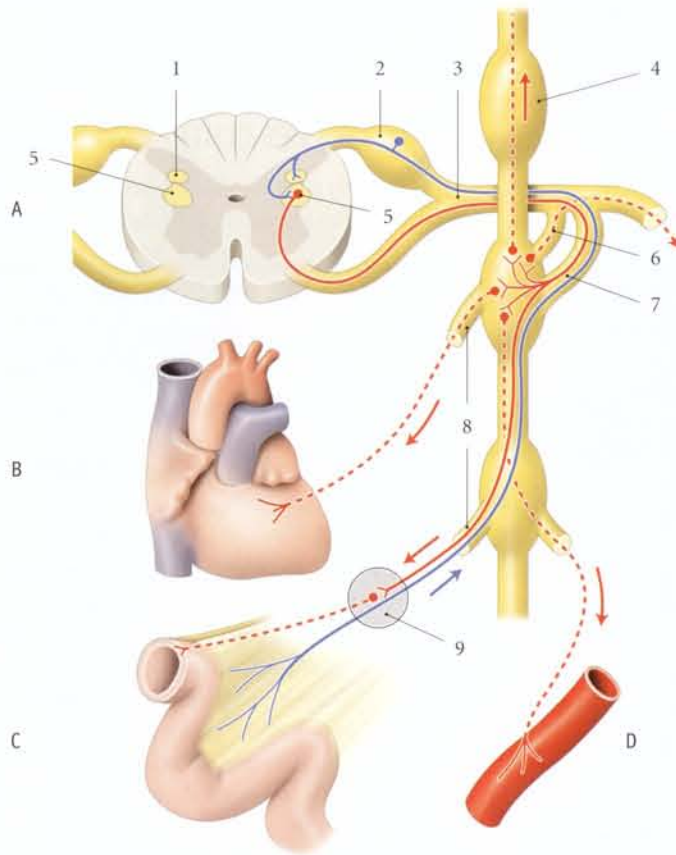


FIG. 18.2. Systématisation d'un nerf spinal

En bleu : fibres sensibles

En vert : innervation sympathique

Trait continu : fibres préganglionnaires

Pointillés : fibres postganglionnaires

A. moelle spinale

B. cœur

C. intestin

D. vaisseau

1. substance viscérale secondaire

2. ganglion spinal

3. n. spinal

4. ganglion du tronc sympathique

5. colonne intermédiaire-latérale

6. r. communicant gris

7. r. communicant blanc

8. n. sympathique

9. ganglion viscéral

18.3 PARTIE PARASYMPATHIQUE (fig. 18.3)

Elle est constituée de deux parties, crânienne et pelvienne.

A | PARTIE PARASYMPATHIQUE CRÂNIENNE

Elle est associée aux nerfs crâniens oculo-moteur (III), facial (VII), glosso-pharyngien (IX) et vague (X) (voir Chapitres 8, 12, 14 et 15).

B | PARTIE PARASYMPATHIQUE SACRALE

Le noyau parasympathique sacral est situé dans les segments médullaires sacraux S2, S3 et S4, au niveau de la

base de la corne antérieure, entre la colonne intermédiaire-latérale et le noyau rétro-postéro-latéral.

Ses neurofibres préganglionnaires empruntent les racines antérieures du nerf pudendal, les nerfs érecteurs (ou splanchniques pelviens), le plexus hypogastrique inférieur et les nerfs viscéraux.

Ses neurones postganglionnaires, courts, sont situés dans la paroi du côlon gauche et des viscères pelviens (voir Tome 4).

C | FONCTION (voir tableau 18.2)

FIG. 18.3. Système nerveux autonome – Systématisation générale

En bleu : parasympathique crânien

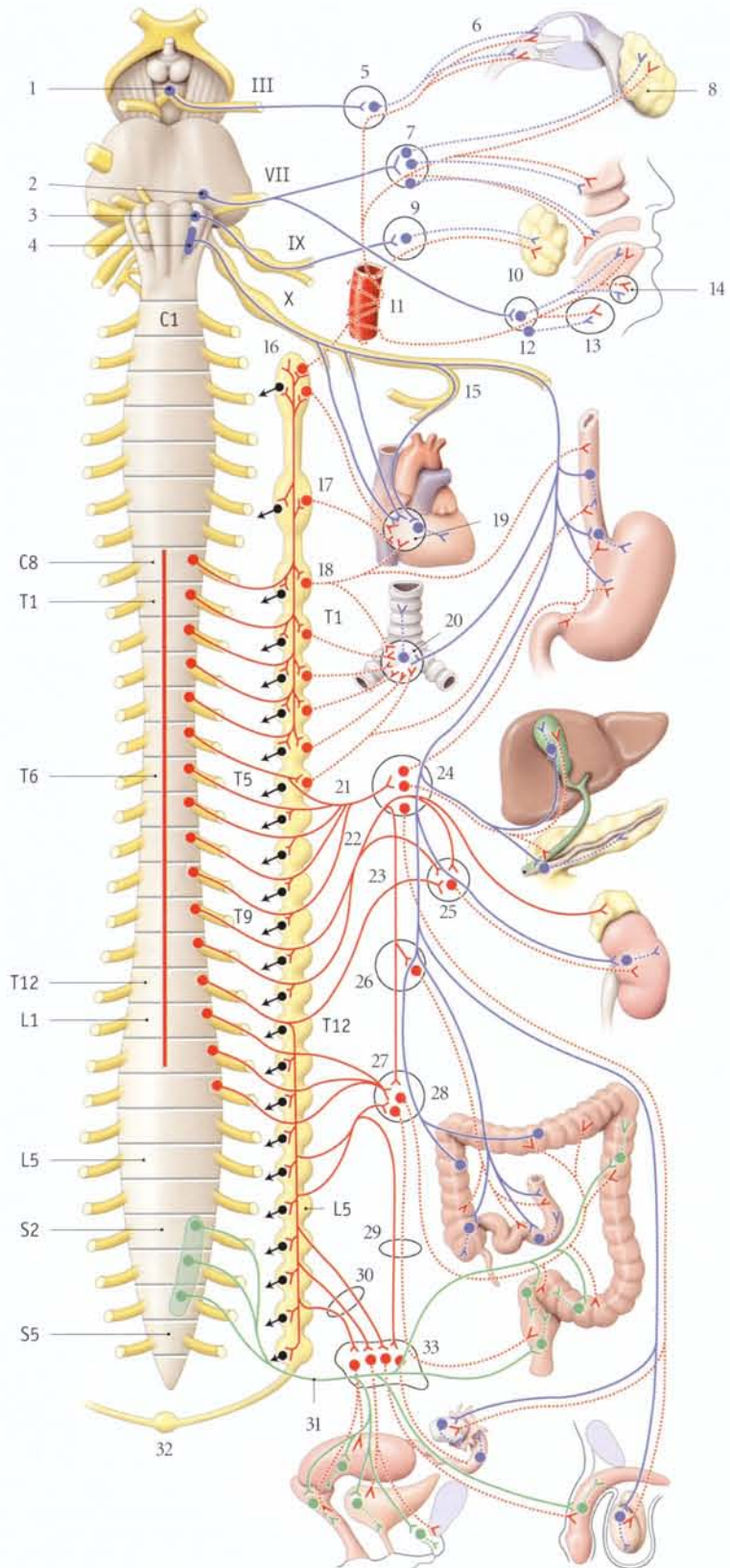
En rouge : sympathique

En vert : parasympathique pelvien

Trait continu : fibres préganglionnaires

Pointillés : fibres postganglionnaires

1. noyau oculomoteur accessoire
2. noyau salivaire sup.
3. noyau salivaire inf.
4. noyau dorsal du n. vague (X)
5. ganglion ciliaire
6. nn. ciliaires courts
7. ganglion ptérygo-palatin
8. glande lacrymale
9. ganglion otique
10. glande parotide
11. a. carotide interne
12. ganglion submandibulaire
13. glande submandibulaire
14. glande sublinguale
15. n. laryngé récurrent
16. ganglion cervical sup.
17. ganglion cervical moyen
18. ganglion cervical inf.
19. plexus cardiaque
20. plexus pulmonaire
21. n. grand splanchnique
22. n. petit splanchnique
23. n. splanchnique imus
24. plexus coeliaque
25. ganglion aortico-rénal
26. ganglion mésentérique sup.
27. nn. splanchnique lombaires
28. ganglion mésentérique inf.
29. plexus hypogastrique sup.
30. nn. splanchniques sacraux
31. nn. splanchniques pelviens
32. ganglion impair
33. plexus hypogastrique inf.



18.4 NERFS ET PLEXUS VISCÉRAUX

Ils sont constitués de neurofibres sympathiques et parasympathiques, mais aussi de neurofibres de la sensibilité viscérale (fig. 18.4).

Les neurofibres afférentes de la sensibilité viscérale font synapse dans la colonne intermédio-médiale ou dans la substance grise secondaire.

Des neurofibres d'association segmentaires les connectent à la colonne intermédio-latérale.

Ces connexions sont à la base d'un réflexe viscéro-cutané expliquant la douleur viscérale projetée. La topographie métamérique de la douleur viscérale est identique à celle du dermatome sympathique correspondant (zone de Head).

L'apparition de cette douleur projetée n'a pas encore d'explication définitive.

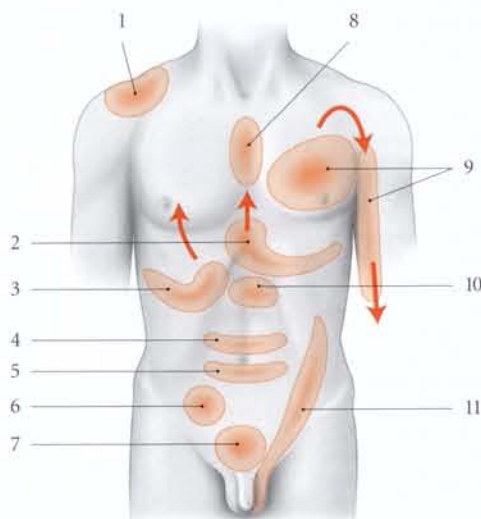


FIG. 18.4. Topographie cutanée des douleurs viscérales projetées (dermatomes cutanés)

Flèches : directions des douleurs

1. diaphragme (C4)
2. estomac, duodénum
3. vésicule biliaire
4. intestin grêle
5. côlon

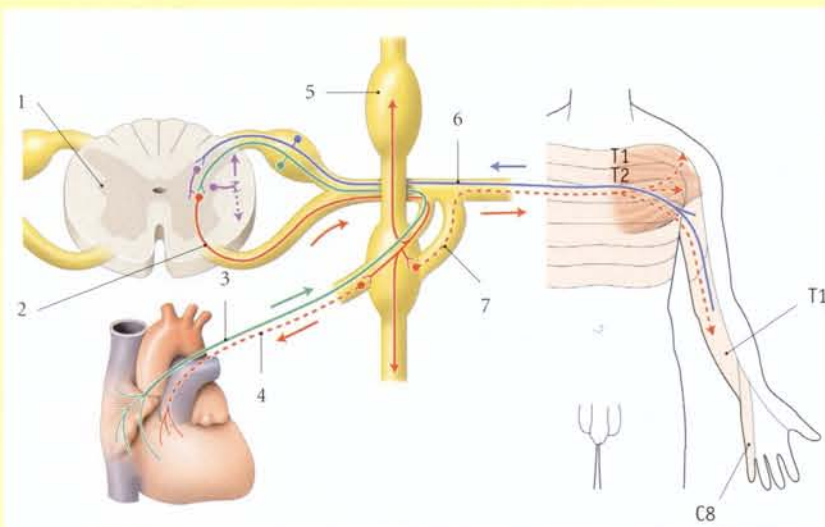
6. appendice vermiforme
7. vessie
8. œsophage (T4-T5)
9. cœur (T3-T4)
10. pancréas
11. urètre

Exemple : l'angine de poitrine s'accompagne d'une contracture des muscles pectoraux et d'une douleur irradiée le long de la face médiale du membre supé-

rieur gauche. Ces muscles et la région dépendent des mêmes segments médullaires C5 à T1 (fig. 18.5).

FIG. 18.5. Systématisation d'une douleur irradiée d'origine cardiaque

1. colonne intermédio-latérale
2. neurofibre préganglionnaire sympathique
3. neurofibre viscéro-sensitive
4. neurofibre postganglionnaire sympathique viscérale
5. ganglion sympathique
6. neurofibre somato-sensitive
7. neurofibre postganglionnaire sympathique somatique



18.5 NEUROTRANSMETTEURS DU SYSTÈME AUTONOME

Ils sont contenus dans les vésicules synaptiques des bulbes terminaux de chaque neurofibre (voir Chapitre 3) (fig. 18.6).

1 | L'acétylcholine

C'est le neurotransmetteur des *synapses cholinergiques*, synapses des neurones préganglionnaires au niveau des ganglions sympathiques ou parasympathiques. L'acétylcholine est aussi le neurotransmetteur des neurones postganglionnaires parasympathiques et de certaines synapses neuro-neuronales du système nerveux central.

Au niveau des ganglions sympathiques et parasympathiques le récepteur est nicotinique.

Au niveau de l'organe-cible, le récepteur est muscarinique.

Dans le botulisme, l'inhibition de la libération de l'acétylcholine par la toxine du *clostridium botulinum* provoque la paralysie des muscles lisses, d'où l'apparition d'un iléus paralytique et l'absence de sécrétions glandulaires salivaires et lacrymales.

L'effet muscarinique des neurofibres postganglionnaires parasympathiques se traduit par une contraction des fibres musculaires lisses. Cet effet est bloqué par l'atropine.

2 | La noradrénaline

C'est le neurotransmetteur produit dans les neurones adrénergiques par oxydation de la dopamine. Elle est convertie en adrénaline. C'est le principal neurotransmetteur des neurones postganglionnaires sympathiques.

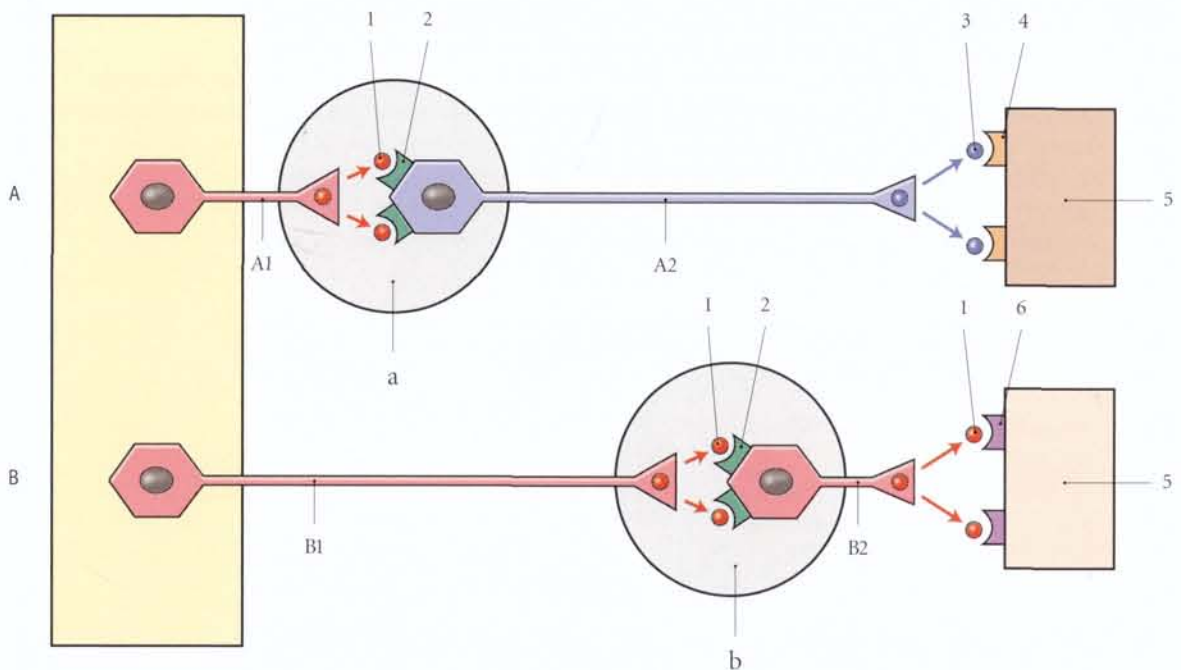


FIG. 18.6. Neurotransmetteurs et récepteurs autonomes

A. système sympathique

A1. neurofibre préganglionnaire sympathique

A2. neurofibre postganglionnaire sympathique

a. ganglion sympathique

B. système parasympathique

B1. neurofibre préganglionnaire

parasympathique

B2. neurofibre postganglionnaire

parasympathique

b. ganglion parasympathique

1. acétylcholine

2. récepteur nicotinique

3. noradrénaline

4. récepteurs α et β

5. tissu cible

6. récepteur muscarinique

ques. Au niveau des effecteurs adrénocéphes, on distingue deux types de récepteurs, α et β .

a) Les récepteurs α sont surtout présents dans les vaisseaux, le système nerveux central et divers organes. Leur stimulation entraîne une vasoconstriction, leur blocage, une vasodilatation.

b) Les récepteurs β sont présents dans de nombreux vaisseaux, dans le système nerveux central et dans divers organes dans le cœur.

Leur stimulation provoque des effets variés, telle la stimulation cardiaque, la relaxation des bronches et de l'intestin...

3 | La dopamine est un neurorécepteur des interneurons des ganglions sympathiques.

4 | Le polypeptide intestinal vaso-actif (VIP) est présent dans certaines neurofibres postganglionnaires parasympathiques.

5 | La sérotonine (SHT), neurotransmetteur du système nerveux central, est aussi présente dans les cellules chromaffines de la muqueuse digestive, dans les plexus entériques et dans certains muscles lisses (utérus, artérioles).

18.6 CONTRÔLE CENTRAL

L'hypothalamus est le centre régulateur essentiel des neurones préganglionnaires du système nerveux autonome. Il coordonne les influx neuronaux et les ordres hormonaux.

- *La stimulation de la partie antérieure de l'hypothalamus* provoque une hyperactivité parasympathique (diminution de la pression artérielle, du volume respiratoire, du métabolisme basal...), préparant l'organisme au repos et à la récupération.
- *La stimulation de la partie postérieure de l'hypothalamus* entraîne une augmentation de l'activité du sympathique (augmentation de la pression sanguine, du volume respiratoire, de la glycémie...), préparant le corps à l'effort.

L'hypothalamus est en connexion avec les aires corticales et les structures cérébrales impliquées dans l'expression émotionnelle et affective (aire olfactive, hippocampe, amygdale, cortex cingulaire...).

L'hypothalamus est aussi en connexion avec le noyau du faisceau solitaire, autre centre de contrôle du système nerveux autonome situé dans le tronc cérébral.

Ce noyau intègre les informations sensorielles.

L'hypothalamus est aussi en relation avec la substance réticulaire dont le locus coeruleus, amas de neurones noradrénergiques, est comparable à un ganglion sympathique. Il exerce des effets d'activation ou d'inhibition sur les fonctions autonomes.

TABLEAU 18.1. SYSTÈME SYMPATHIQUE

| Organes cibles | | Site des neurones préganglionnaires | Site des neurones postganglionnaires | Trajet des neurofibres postganglionnaires | Actions |
|---|------------------|-------------------------------------|--|--|---|
| Œil | | C8 à T2 | G. cervical sup. | Plexus carotidien interne, g. ciliaire, n. ciliaire long | Mydriase |
| Glandes lacrymale et nasale | | T1 à T2 | G. cervical sup. | Plexus carotidien interne, g. ptérygo-palatin | • Sécrétion réduite |
| Glandes submandibulaire et sublinguale | | | | Plexus carotidien externe, g. submandibulaire | • Sécrétion visqueuse |
| Glande parotide | | | | Plexus carotide externe, g. otique | • Sécrétion visqueuse |
| Cœur | | T1 à T5 | • Gg. cervicaux • Gg. thoraciques sup. | Nn. cardiaques cervicaux et thoraciques | • Tachycardie • Dilatation des artères coronaires |
| • Bronches • Poumons | | T2 à T7 | Gg. thoraciques sup. | Rr. bronchiques du tronc sympathique thoracique | • Dilatateur des bronches |
| Œsophage | | T2 à T7 | • G. cervical inf. • Gg. thoraciques sup. | Rr. œsophagiens du tronc sympathique | • Inhibiteur de la motricité |
| Estomac | | T6 à T9 | G. coeliaque | Plexus gastrique | • Inhibition du péristaltisme et de la sécrétion gastrique • Moteur du sphincter pylorique |
| • Foie • Vésicule biliaire • Pancréas | | T4 à T9 | G. coeliaque | Plexus hépatique | • Gluconéogénèse • Sécrétion d'insuline |
| Intestin grêle | | T6 à T11 | • G. coeliaque • G. mésentérique sup. | Plexus entérique | • Inhibition de la sécrétion et du péristaltisme • Contraction des sphincters |
| • Cæcum • Appendice vermiforme | | T10 à T12 | Gg. coeliaque et mésentérique sup. | | |
| Côlons ascendant et transverse | | T11 à L1 | Gg. mésentérique sup. et inf. | | |
| Côlons descendant et sigmoïde | | L1-L2 | G. mésentérique inf. | | |
| • Reins • Urètre lombaire • Testicules et ovaires | | T11-L1 | G. aortico-rénal | • Plexus rénal • Plexus testiculaire ou ovarique | • Libération de rénine • Inhibition de la motricité |
| Rectum | | L2-L4 | Plexus hypogastrique inf. | Plexus rectaux | • Inhibition de la motricité du rectum • Contraction du sphincter interne |
| Urètre pelvien | | T11-L2 | | Plexus urétérique | Inhibition de la motricité |
| Vessie | | T11-L2 | | Plexus vésical | Contraction du sphincter interne lors de l'éjaculation |
| Organes génitaux | | T12-L2 | | • Plexus utéro-vaginal • Plexus prostatique et déférentiel • Nn. caverneux | • Éjaculation (orgasme) • Contraction du corps utérin |
| Glande médullo-surrénale | | T10-L1 | Cellules chromaffines | | Sécrétion de catécholamines |
| Peau, muscles, vaisseaux | Tête cou | T1-T3 | Gg. cervicaux sup. et moyen | Plexus carotidiens et de l'artère vertébrale | • Vasoconstriction (exceptée : artères coronaires) • Sudation • Pilo-érection |
| | Membre supérieur | T2-T8 | G. cervical inf. et gg. thoraciques sup. | • Plexus brachial • Nn. moteurs somatiques | |
| | Membre inférieur | T11 à L2 | Gg. lombaires et gg. sacraux | • Plexus lombaire et sacraux • Nn. moteurs somatiques | |

TABLEAU 18.2. SYSTÈME PARASYMPATHIQUE

| Organes cibles | Site des neurones préganglionnaires | Trajet des neurofibres préganglionnaires | Site et trajet des neurones postganglionnaires | Action |
|--|--------------------------------------|---|---|--|
| Œil | Noyau oculo-moteur accessoire | N. oculo-moteur (III) | G. ciliaire, nn. ciliaires courts | <ul style="list-style-type: none"> • Myosis • Accommodation |
| Glandes lacrymales et nasales | Noyau salivaire sup. | Grand n. pétreux | G. ptérygo-palatin, rr. zygomatiques du n. maxillaire, rr. nasaux | Sécrétion larmes et glandes nasales |
| Glandes submandibulaires et sublinguales | | <ul style="list-style-type: none"> • Corde du tympan • N. lingual | Gg. submandibulaire et sublingual, rr. glandulaires | <ul style="list-style-type: none"> • Sécrétion salivaire • Vasodilatation |
| Glande parotide | Noyau salivaire inf. | <ul style="list-style-type: none"> • N. glosso-pharyngien (IX) • N. auriculo-temporal • N. petit pétreux | G. otique, rr. glandulaires | <ul style="list-style-type: none"> • Sécrétion salivaire aqueuse • Vasodilatation |
| Cœur | Noyau dorsal du vague (X) | N. vague (X) et nn. cardiaques cervicaux et thoraciques | Plexus cardiaque, gg. cardiaques intrinsèques | Bradycardie constrictor des aa. coronaires |
| <ul style="list-style-type: none"> • Bronches • Poumons | | | Plexus pulmonaire | <ul style="list-style-type: none"> • Constriction bronchique • Sécrétion bronchique |
| <ul style="list-style-type: none"> • Œsophage • Estomac | | N. vague (X) | Gg. juxtamuraux et intramuraux, plexus entérique | <ul style="list-style-type: none"> • Stimulation du péristaltisme • Sécrétion glandulaire • Inhibition des sphincters • Vasodilatation |
| <ul style="list-style-type: none"> • Foie • Vésicule biliaire • Pancréas | | N. vague (X), plexus coeliaque | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Intestin grêle • Cæcum • Appendice vermiforme • Côlon ascendant • Côlon transverse | | N. vague (X), plexus mésentérique sup. | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Reins • Urètre lombaire • Testicules • Ovaires | | N. vague (X), plexus rénal, plexus testiculaire ou ovarique | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Côlon descendant • Côlon sigmoïde | Noyau parasympathique sacral (S2-S4) | <ul style="list-style-type: none"> • Nn. splanchniques pelviens (nn. érecteurs) • Plexus hypogastrique inf. | <ul style="list-style-type: none"> • Plexus hypogastrique sup. • Plexus mésentérique inf. | Stimulation du péristaltisme |
| Rectum | | | Plexus rectal | <ul style="list-style-type: none"> • Contraction pariétale • Inhibition du sphincter interne (évacuation) |
| Urètre pelvien | | | Plexus urétérique | Contraction urétérique |
| Vessie | | | Plexus vésical | <ul style="list-style-type: none"> • Contraction du détrusor vésical • Inhibition du sphincter interne |
| Organes génitaux (sauf testicules et ovaires) | | | Plexus prostatique ou utéro-vaginal | <ul style="list-style-type: none"> • Vasodilatation (érection) • Sécrétions glandulaires • Contraction du col utérin |

SECTION V

MOELLE SPINALE

19 Moelle spinale – Morphologie

La moelle spinale¹ est la partie du système nerveux central située dans le canal vertébral. Elle est le lieu de transit des voies nerveuses ascendantes et descendantes qui unissent les récepteurs périphériques à l'encéphale par l'intermédiaire des nerfs spinaux.

1. Ancien. : moelle épinière.

19.1 DÉVELOPPEMENT DE LA MOELLE SPINALE

La moelle spinale dérive des deux tiers caudaux du tube neural (voir Chapitres 2.2 et 2.3).

A | ORGANOGÉNÈSE

À la fin de la 4^e semaine, les neuroblastes du tube neural se différencient en trois couches, marginale, palliale et épendymaire (fig. 19.1).

1 | La couche marginale

Elle est périphérique et ne contient que les neurofibres. Elle donne la substance blanche spinale.

2 | La couche palliale

Elle est intermédiaire et constituée des corps neuroblastiques.

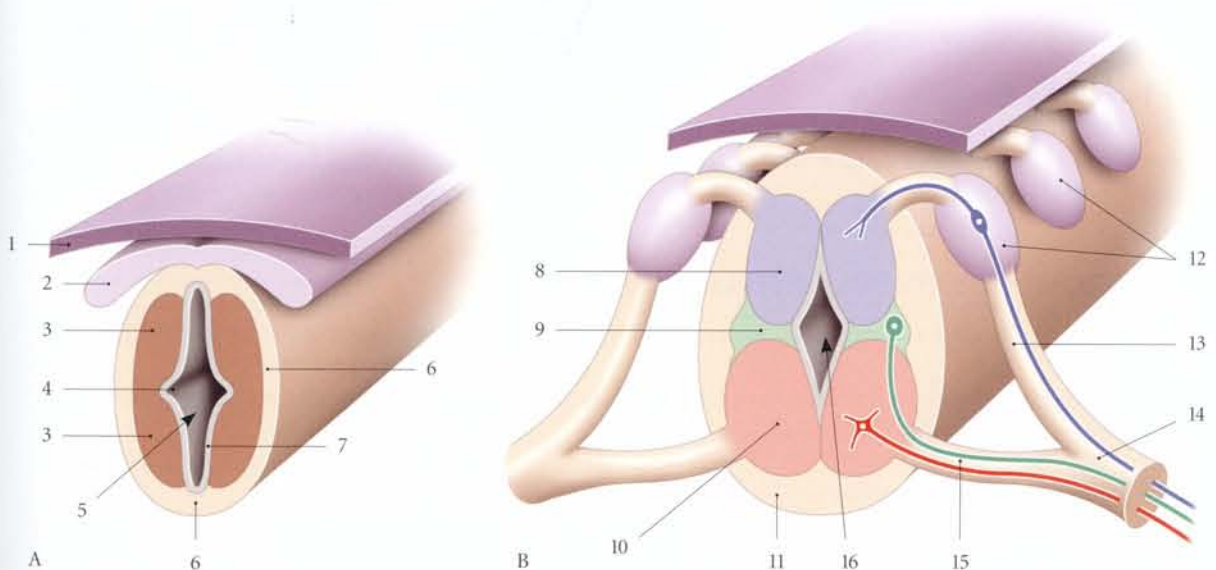


FIG. 19.1. Différenciation des parois du tube neural

- | | |
|------------------|-----------------------|
| A. 23 jours | 3. couche palliale |
| B. 25 jours | 4. sillon limitant |
| | 5. canal neural |
| 1. épiblaste | 6. couche marginale |
| 2. crête neurale | 7. couche épendymaire |

- | | |
|-----------------------|-----------------------------|
| 8. lame dorsale | 13. racine post. ou dorsale |
| 9. lame latérale | 14. n. spinal |
| 10. lame ventrale | 15. racine ant. ou ventrale |
| 11. substance blanche | 16. canal central |
| 12. ganglions spinaux | |

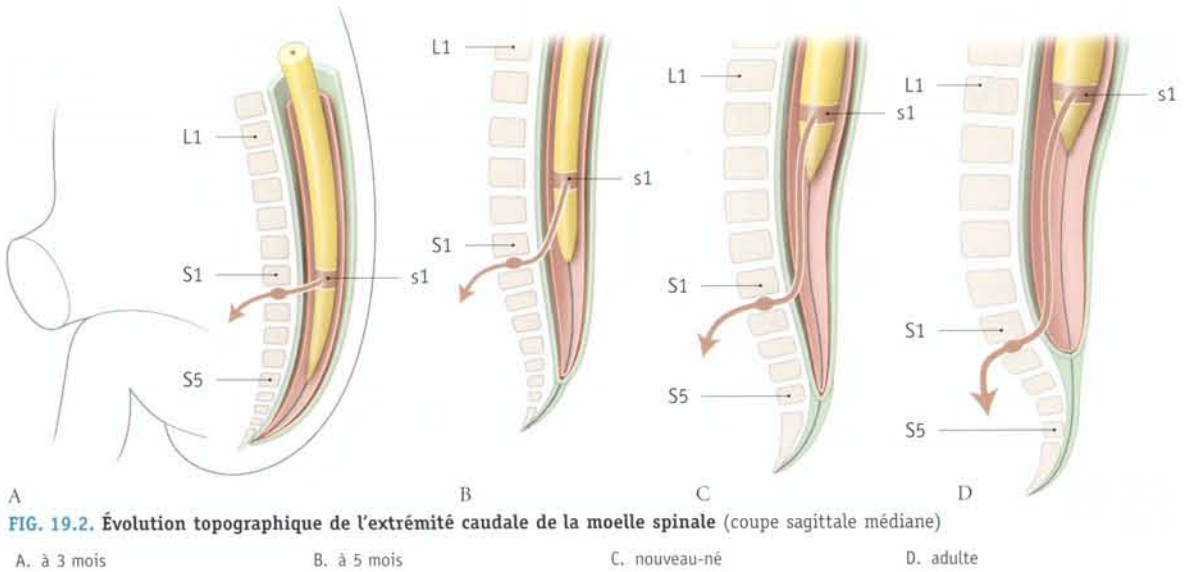


FIG. 19.2. Évolution topographique de l'extrémité caudale de la moelle spinale (coupe sagittale médiane)

A. à 3 mois

B. à 5 mois

C. nouveau-né

D. adulte

Elle s'organise de chaque côté en deux épaississements, les lames ventrale et dorsale. Elles sont séparées par un sillon longitudinal, le *sillon limitant* (sulcus limitans).

- La *lame ventrale*² devient la corne antérieure (ou ventrale) de la moelle spinale.
- La *lame dorsale*³ devient la corne postérieure (ou dorsale) de la moelle spinale.
- La *lame dorso-latérale*, future corne latérale, se forme au contact du *sillon limitant* de la future région thoraco-lombaire (C8 à L3).

3 | La couche épendymaire

Elle est interne et limite le canal neural. Elle donne l'épendyme. La lumière du canal neural se réduit et donne le canal central.

B | ÉVOLUTION TOPOGRAPHIQUE

Chez le fœtus de 3 mois, la moelle spinale occupe tout le canal vertébral et l'origine de chaque nerf spinal est en regard du foramen vertébral correspondant (fig. 19.2).

La croissance plus rapide de la colonne vertébrale entraîne l'ascension apparente de l'extrémité caudale de la moelle spinale qui se trouve :

- à 6 mois, au niveau de la vertèbre sacrale S1 ;
- à la naissance, au niveau de la vertèbre lombaire L3 ;
- chez l'adulte, au niveau du disque L1-L2.

Le filum terminal est le vestige de cette régression médullaire « apparente ». Les nerfs spinaux, lombaires et sacraux auront donc chez l'adulte un trajet oblique.

C | MALFORMATIONS DE LA MOELLE SPINALE

Elles peuvent s'étendre aux méninges, aux vertèbres, aux muscles paravertébraux et aux teguments (fig. 19.3 et 19.4).

Le spina bifida est l'absence de fusion des arcs vertébraux qui peut comporter une atteinte des tissus nerveux. Sa fréquence est de 1 pour 1 000 naissances environ.

1 | Le spina bifida occulta

Il n'intéresse que l'arc vertébral postérieur. Les téguments et la moelle spinale sont indemnes. L'anomalie siège habituellement dans la région lombaire et son niveau est souvent marqué par une touffe de poils. Elle est asymptomatique (10 %).

2. Ancien. : lame basale ou fondamentale.

3. Ancien. : lame alaire.

2 | Le spina bifida avec tumeur

Cette tumeur peut être soit une poche arachnoïdienne contenant du liquide cérébro-spinal (méningocèle), soit du tissu nerveux (myéломéningocèle). La peau peut être présente ou absente.

Son diagnostic anténatal se fait par l'échographie et le dosage de l'alphafœtoprotéine dans le sang maternel et dans le liquide amniotique.

Dans 90 % des cas, les myéломéningocèles s'accompagnent de paralysie des membres inférieurs et d'un retard mental.

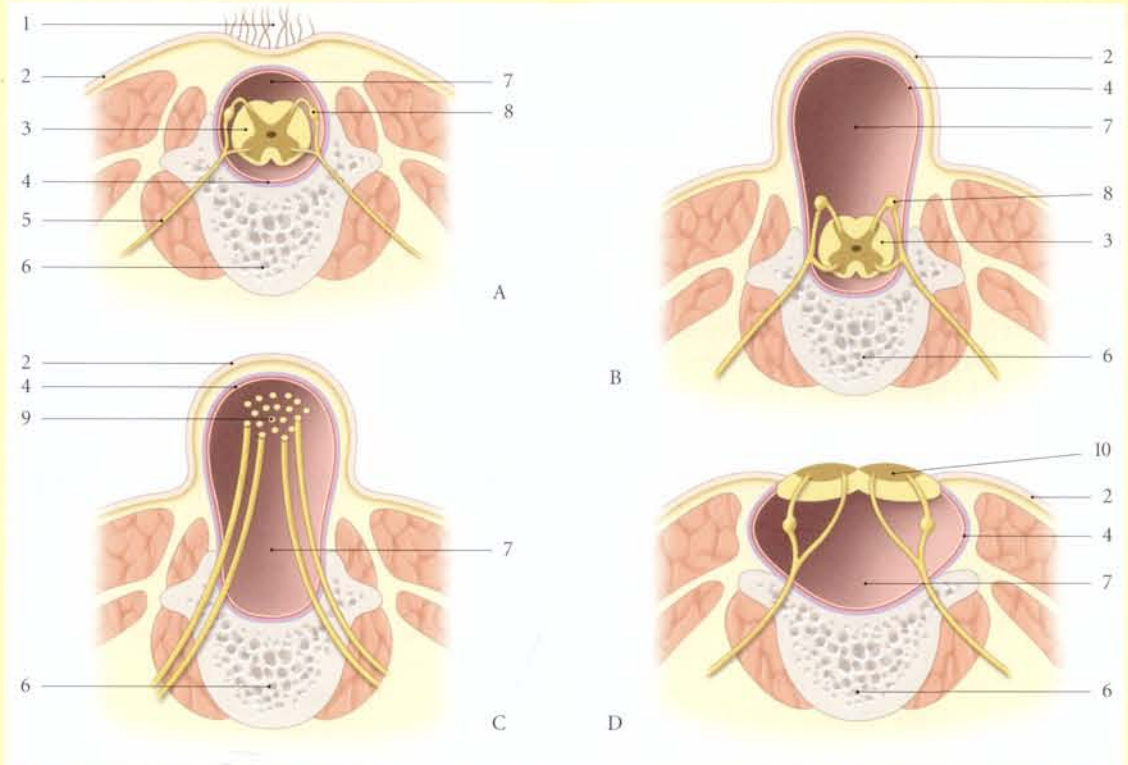


FIG. 19.3. Malformations de la moelle spinale

- | | | |
|--|----------------------------|-----------------------------|
| A. spina bifida occulta | 1. touffe de poils | 6. vertèbre |
| B. spina bifida avec méningocèle | 2. peau | 7. espace subarachnoïdien |
| C. spina bifida avec myélo-méningocèle | 3. moelle spinale | 8. ganglion spinal |
| D. spina bifida avec myéloschisis | 4. dure-mère et arachnoïde | 9. queue de cheval |
| | 5. n. spinal | 10. moelle spinale restante |



FIG. 19.4. Spina bifida lombaire (avec myéломéningocèle) chez un nouveau-né (1)

19.2 GÉNÉRALITÉS

La moelle spinale est une longue tige cylindrique blanchâtre, de consistance molle, légèrement aplatie dans le sens antéro-postérieur.

Elle présente deux renflements, l'*intumescence cervicale*, qui s'étend des segments spinaux C4 à T1, et l'*intumescence lombaire*, des segments spinaux T10 à L1.

A | SITUATION

Entourée de ses méninges, elle est située au centre du canal vertébral dont elle suit les courbures.

La fracture ou la luxation d'une vertèbre expose la moelle spinale à des lésions, principalement en raison de l'exiguïté du canal vertébral (fig. 19.5).

Son extrémité crâniale fait suite à la moelle allongée au niveau du bord supérieur de l'atlas. Son extrémité caudale conique, ou *cône médullaire*, se prolonge par un filament conjonctif, le filum terminal.

Le *filum terminal* est long de 20 à 25 cm, avec un diamètre de 1 à 2 mm. Il présente deux parties :

- la partie pie⁴ recouverte de la pie-mère, qui descend dans la citerne lombaire, cul-de-sac de l'espace subarachnoïdien spinal. Elle est située entre les nerfs de la queue de cheval;
- la partie durale⁵, recouverte de la dure-mère spinale. Elle est fixée sur la base du coccyx.

L'apex du cône médullaire est situé en regard du disque L1-L2 (75 % des cas), du corps de L1 (12 %) ou de L2 (13 %).

La moelle spinale est maintenue en place au centre du canal vertébral, par le filum terminal et les ligaments dentelés.

La résistance du filum terminal provoque, au cours de l'hyperflexion rachidienne, un étirement neuro-méningé d'environ 30 %, avec un déplacement causal de l'apex du cône médullaire d'environ 10 mm, qui se situe à la hauteur de la vertèbre lombaire L4 (R. Louis).

Ce phénomène explique la possibilité de paraplégie par élongation sans fracture dont la topographie est supérieure à L4.

B | DIMENSIONS

Sa longueur est de 42 à 45 cm.

Son diamètre transversal est de 10 mm et de 14 mm au niveau des intumescences.

Son poids est d'environ 30 g.

C | CONFIGURATION EXTERNE

Ses faces sont parcourues par des sillons et des fissures longitudinales.

1 | La face antérieure ou ventrale

Elle présente, sur la ligne médiane, la *fissure médiane antérieure*, profonde. De chaque côté de celle-ci se trouvent les *sillons antéro-latéraux*, d'où émergent les racines antérieures de la moelle spinale.

2 | La face postérieure ou dorsale

Elle est marquée, sur la ligne médiane, par le *sillon médian postérieur*, et de chaque côté de celui-ci, par les *sillons postéro-latéraux*, où aboutissent les racines postérieures.

Dans la région cervicale, un *sillon intermédiaire postérieur* se trouve entre le sillon médian postérieur et un sillon postéro-latéral.

D | SEGMENTATION DE LA MOELLE SPINALE

Elle présente trente et un segments correspondant chacun à une paire de nerfs spinaux : huit segments⁶ cervicaux, douze segments thoraciques, cinq segments lombaires, cinq segments sacraux et un (ou trois) segment coccygien.

L'*intumescence cervicale* s'étend du 3^e segment cervical au 2^e segment thoracique.

L'*intumescence lombaire* s'étend du 1^{er} segment lombaire au 3^e segment sacral (fig. 19.6).

E | STRUCTURE (fig. 19.7)

La moelle spinale est constituée d'un canal, le canal central entouré de la substance grise, elle-même cernée par la substance blanche, qui forme la couche périphérique.

1 | Le canal central⁷

Ce canal, habituellement virtuel, peut se remplir de liquide dans des conditions pathologiques.

Il est entouré de la *substance gélatineuse centrale*, formée de péricaryons et de neurofibres myélinisées.

4. Ancien. : filum terminal interne.

5. Ancien. : filum terminal externe, lig. coccygien.

6. Ancien. : myélomères.

7. Ancien. : canal de l'épendyme.

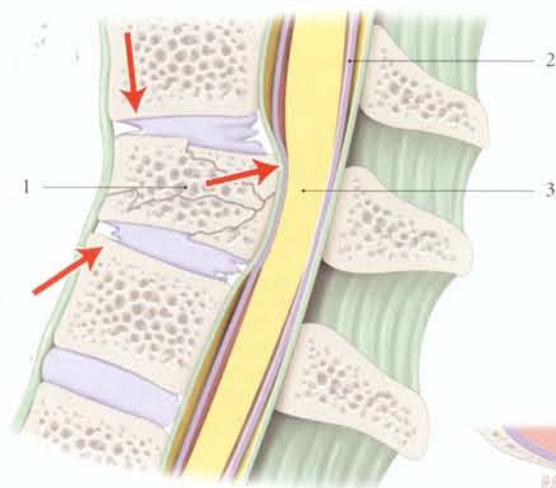


FIG. 19.5. Compression de la moelle spinale au cours d'une fracture de la colonne vertébrale

1. fracture
2. dure-mère spinale
3. moelle spinale comprimée

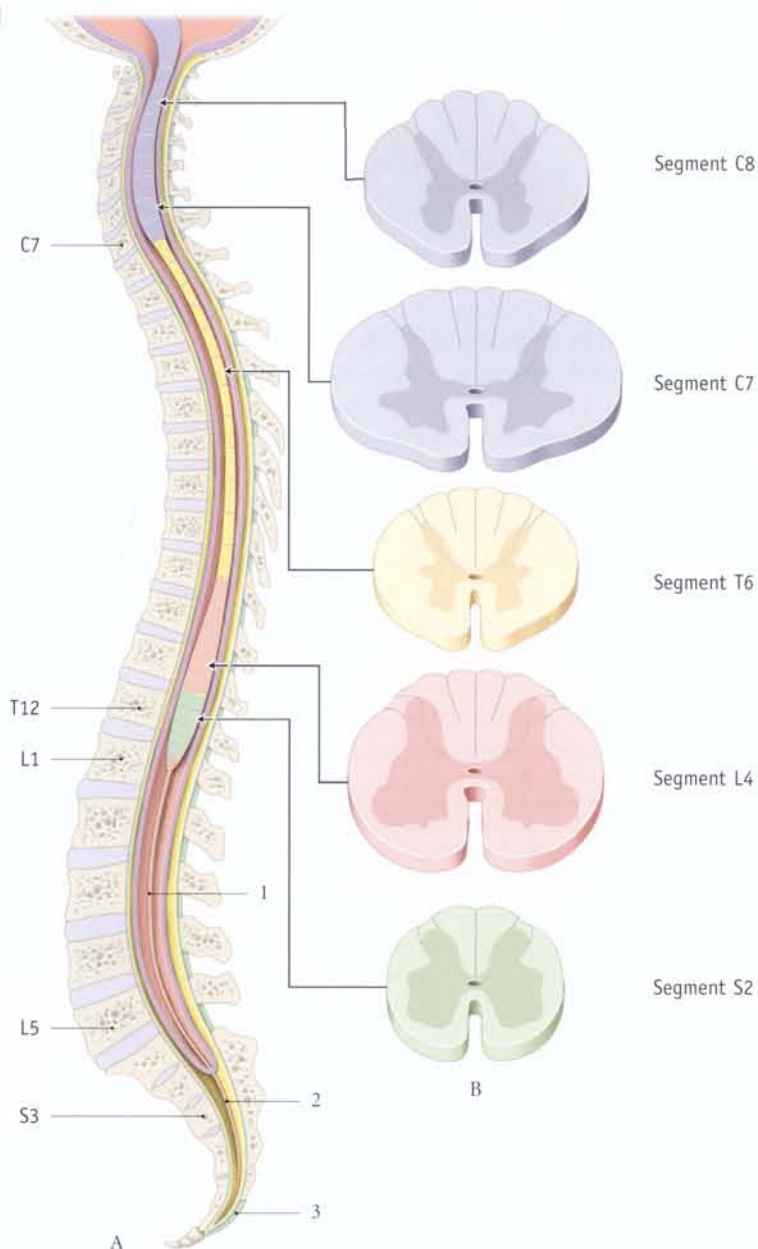


FIG. 19.6. Moelle spinale

- A. topographie des segments spinaux
 B. coupes transversales montrant les variations morphologiques des substances blanche et grise

1. filum terminal (partie pia)
2. filum terminal (partie dura)
3. lig. sacro-coccygien

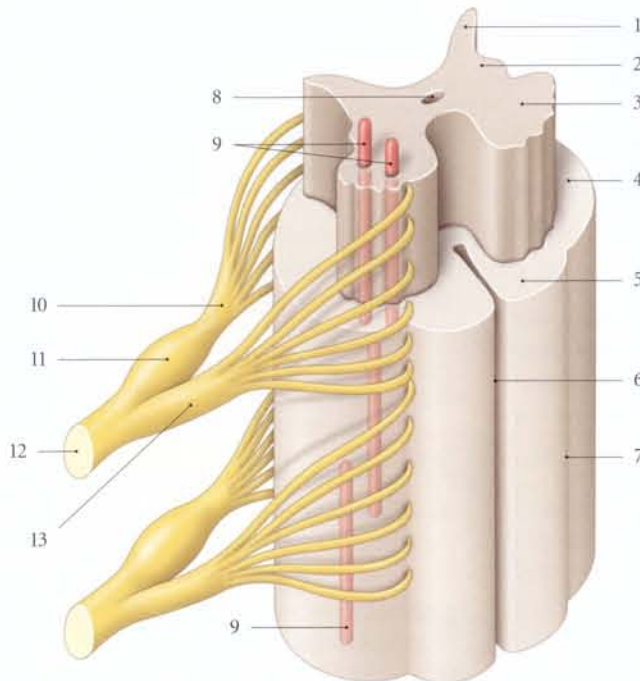


FIG. 19.7. Colonnes et cordons de la moelle spinale

1. colonne post.
2. colonne intermédio-latérale
3. colonne ant.
4. cordon latéral
5. cordon ant.
6. fissure médiane
7. sillon antéro-latéral
8. canal central
9. noyaux spinaux
10. racine post.
11. ganglion spinal
12. n. spinal
13. racine ant.

2 | La substance grise (fig. 19.8)

Elle est formée de péricaryons et de neurofibres amyélinisées.

Sur une coupe transversale, la substance grise prend la forme d'un H, avec deux *colonnes antérieures* et deux *postérieures*, unies par une *colonne intermédiaire*.

Au niveau de chaque segment spinal, les colonnes forment les cornes antérieures, postérieures et latérales.

a) Les cornes antérieures

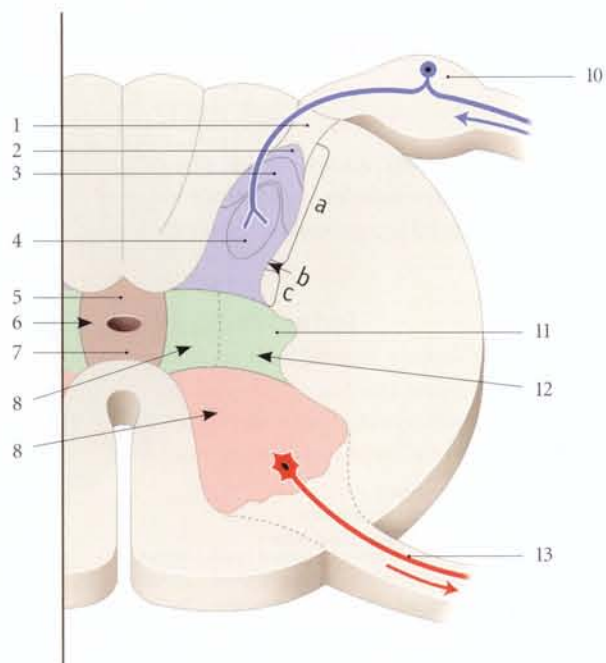
Elles sont plus massives avec un bord crénelé, correspondant à l'émergence des neurofibres.

b) Les cornes postérieures

Elles sont plus étroites et piriformes, avec quatre parties : l'apex, la tête, le col et la base.

FIG. 19.8. Morphologie de la substance grise (coupe transversale de la moelle thoracique)

- a. tête de la corne post.
- b. col de la corne post.
- c. base de la corne post.
1. zone marginale (Lissauer)
2. apex (noyau marginal)
3. substance gélatineuse
4. noyau propre
5. commissure grise post.
6. substance intermédiaire centrale
7. commissure grise ant.
8. colonne intermédio-médiale
9. corne ant.
10. ganglion spinal
11. colonne intermédio-latérale
12. corne latérale
13. neurone moteur (racine ant.)



c) *Les cornes latérales*

Elles prolongent les colonnes latérales au niveau des segments spinaux T1 à L3.

3 | La substance blanche

Elle est formée de neurofibres myélinisées. Elle est divisée en cordons antérieurs, latéraux et postérieurs.

a) *Les cordons antérieurs*

Chaque cordon antérieur est compris entre une corne antérieure et la fissure médiane antérieure.

b) *Les cordons latéraux*

Chaque cordon latéral, compris entre une corne antérieure et une corne postérieure, est limité par les sillons antéro-latéral et postéro-latéral.

c) *Les cordons postérieurs*

Chaque cordon postérieur est compris entre une corne postérieure et le septum médian.

d) *Les commissures blanches antérieure et postérieure*

Elles unissent respectivement entre elles les cordons antérieurs et les cordons postérieurs.

4 | Les variations régionales

La substance blanche est plus importante dans la partie supérieure de la moelle en raison de l'augmentation du nombre des neurofibres motrices et sensitives provenant des membres.

Au niveau des intumescences qui sont en rapport avec les membres, les cornes antérieures sont plus volumineuses.

19.3 ORGANISATION FONCTIONNELLE

A | SUBSTANCE GRISE

Les amas des péricaryons sont organisés en noyaux spinaux⁸, ou en lames spinales.

1 | Les noyaux spinaux

Ils regroupent des péricaryons de morphologie et de fonction semblables.

Ils s'étendent longitudinalement dans plusieurs segments spinaux.

a) *La corne antérieure* (fig. 19.9)

Ces noyaux forment trois groupes de neurones multipolaires, qui innervent les muscles striés squelettiques.

- Le groupe latéral, destiné aux membres, comprend :
 - le noyau antéro-latéral. Dans les segments sacraux S1-S2, existe le noyau périnéal (d'Onuf⁹), qui innerve les muscles striés du périnée;
 - le noyau postéro-latéral;
 - le noyau rétro-postéro-latéral.
- Le groupe médial, destiné au tronc, à la tête et au cou, comprend :
 - le noyau antéro-médial;
 - le noyau postéro-médial. Il est absent dans les segments médullaires sacraux.
- Le groupe central comprend :
 - le noyau phrénique, destiné au diaphragme et situé dans les segments cervicaux C3 à C7;
 - le noyau lombo-sacral, de distribution inconnue, situé dans les segments L2 à S1.

Les cornes antérieures sont le siège spécifique des atteintes virale (poliomyélite), dégénérative (syringomyélie) ou ischémique (obstruction de l'artère spinale antérieure).

b) *La corne postérieure* (fig. 19.10)

Elle est plus étroite et piriforme, avec quatre parties :

- L'apex, formé du *noyau marginal*¹⁰.
- La tête, effilée, est formée de la *substance gélatineuse*¹¹. La présence d'îlots de myéline lui donne cet aspect gélatineux.
- Le col, siège du *noyau propre*.
- La base, qui contient deux noyaux :
 - l'un, latéral, la *substance viscérale secondaire*, localisée au niveau des segments T1 à L3;
 - l'autre médial, le *noyau dorsal*¹² (ou thoracique), plus net dans les segments L1 à L2.

Les cornes postérieures peuvent être atteintes au cours de l'extension des lésions des cordons postérieurs (tabès dorsal).

8. Certains noyaux, décrits chez l'animal, n'ont pas trouvé encore de concordance avec des noyaux humains, tels les noyaux cervicaux.

9. Noyau décrit par Onufrowicz chez le chat (1899).

10. Ancien : couche de Waldeyer.

11. Ancien : substance de Rolando.

12. Ancien : colonne de Stilling-Clarke dans les segments thoraciques, colonne de Bechterew dans les autres segments.

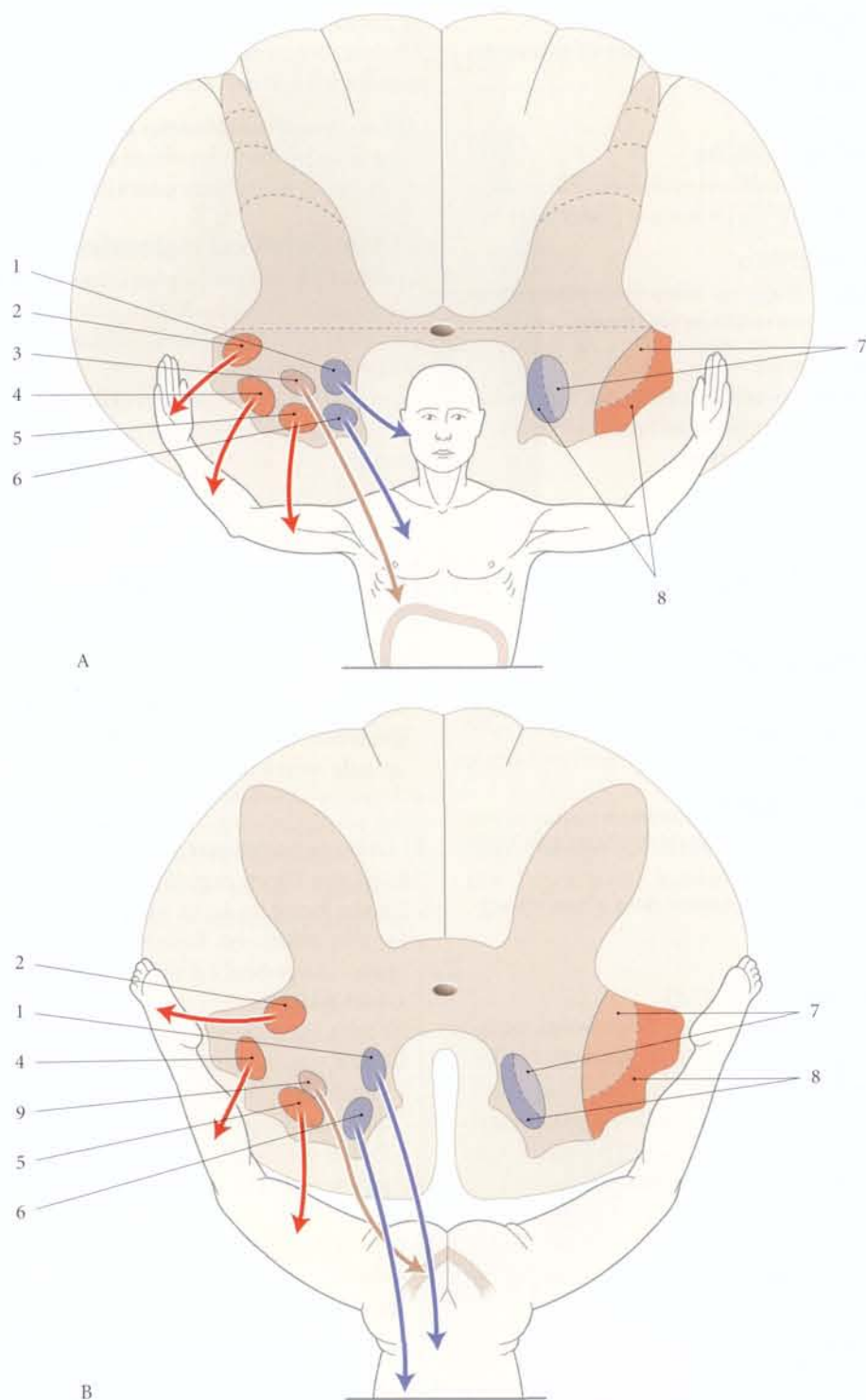


FIG. 19.9. Noyaux de la corne antérieure de la moelle spinale

A. au niveau de C7

B. au niveau de S1

1. noyau postéro-médial

2. noyau rétro-postéro-latéral

3. noyau phrénique

4. noyau postéro-latéral

5. noyau antéro-latéral

6. noyau antéro-médial

7. mm. fléchisseurs

8. mm. extenseurs

9. noyau périnéal (d'Onuf)

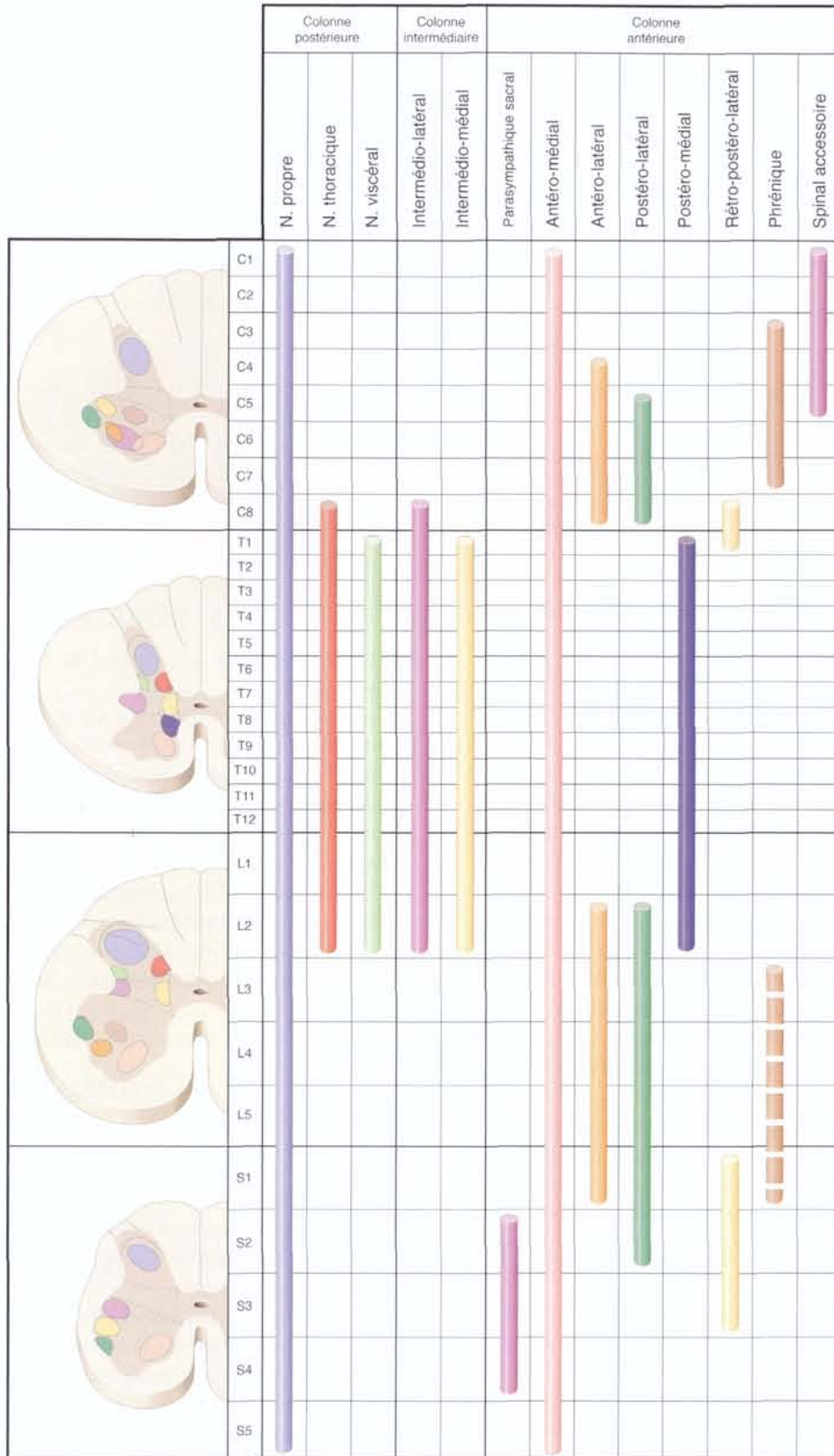
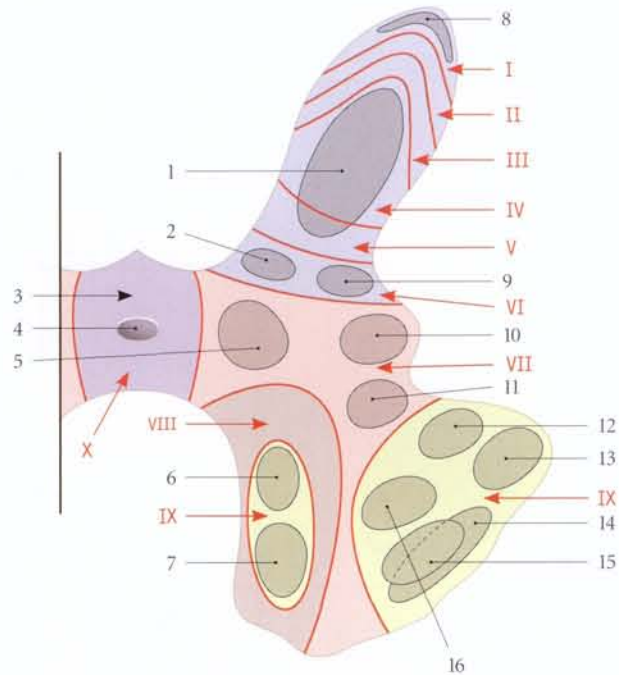


FIG. 19.10. Principaux noyaux de la moelle spinale (tableau synoptique)

FIG. 19.11. Cyto-architecture synthétique de la substance grise de la moelle spinale

1. noyau propre
2. noyau dorsal
3. substance gélatineuse centrale
4. canal central
5. noyau intermedio-médial
6. noyau postéro-médial
7. noyau antéro-médial
8. noyau marginal
9. substance viscérale secondaire (noyau viscéral)
10. noyau intermedio-latéral
11. noyau parasympathique
12. noyau rétro-postéro-latéral
13. noyau postéro-latéral
14. noyau accessoire
15. noyau antéro-latéral
16. noyau phrénique (lombo-sacral)



c) La colonne intermédiaire

- Le noyau intermedio-médial est présent sur toute la hauteur de la moelle.
- Au niveau de T1 à L3 se situe le noyau intermedio-latéral (sympathique).
- Au-dessus de T1, et au-dessous de L3, la formation réticulaire spinale remplace la corne latérale.

2 | Cyto-architecture laminaire (fig. 19.11)

La substance grise est divisée sur toute la hauteur de la moelle spinale en lames spinales, qui correspondent assez étroitement aux noyaux spinaux.

Le concept de lamination de la moelle spinale repose sur les travaux de Rexed (1954), chez le rat, confirmés chez l'homme par Schoenen (1973) et Faull (1990). Le concept de lamination, plus précis pour l'étude de l'activité de la moelle spinale, permet de corréler les diverses études scientifiques. Ce concept tend à remplacer aujourd'hui celui de noyaux qui reste cependant plus adapté aux descriptions les plus récentes.

a) La correspondance entre les lames spinales et les noyaux spinaux

- Les lames spinales I à IV correspondent à la tête :
 - la lame spinale I, mince, correspond au noyau marginal;
 - les lames spinales II et III forment la substance gélatineuse;
- Les lames spinales IV et V contiennent le noyau propre.

- La lame spinale V correspond au col de la corne postérieure.
- La lame spinale VI correspond à la base de la corne postérieure. Elle contient le noyau dorsal (ou thoracique) et la substance viscérale secondaire.
- La lame spinale VII contient les noyaux intermedio-latéral, intermedio-médial et parasympathique sacral.
- La lame spinale VIII contient les noyaux antéro-médial et postéro-médial.
- La lame spinale IX contient les noyaux postéro-latéral, antéro-latéral, rétro-postéro-latéral, spinal et phrénique.
- La lame spinale X correspond à la substance gélatineuse centrale.

b) La correspondance fonctionnelle des lames spinales (fig. 19.12)

- Les lames spinales I à VII reçoivent les fibres afférentes nociceptives Aδ et C (température, douleur, pression viscérale).
- Les lames spinales V à VII reçoivent les fibres afférentes proprioceptives.
- La lame spinale VII contient des interneurons propriospinaux connectés aux neurones des lames adjacentes et aux voies ascendantes et descendantes associées au tronc cérébral et au cervelet.
- Les lames spinales VIII et IX contiennent des neurones moteurs destinés aux muscles striés, et des interneurons.

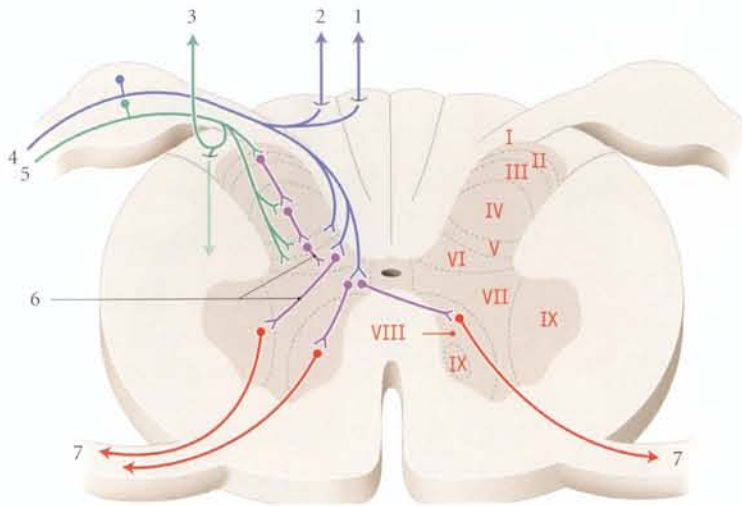


FIG. 19.12. Systématisation des lames spinales

1. faisceau cunéiforme
2. faisceau gracile
3. tractus postéro-latéral
4. fibres sensibles Aα et Aβ

5. fibres sensibles Aδ et C
6. interneurons
7. fibres motrices

B | SUBSTANCE BLANCHE (fig. 19.13)

Elle est formée de neurofibres myélinisées regroupées en faisceaux et tractus ascendants et descendants. Elle est divisée en cordons pairs antérieurs, postérieurs et latéraux.

La substance blanche peut être atteinte de lésions uni- ou bilatérales :

- soit ischémiques, telle l'obstruction complète de l'artère spinale antérieure;
- soit dégénératives, telles la sclérose en plaques, la sclérose latérale amyotrophique, le tabès;
- soit traumatiques, telle l'hémisection de la moelle spinale latérale

1 | Le cordon antérieur (ou ventral)

a) Les voies ascendantes

Elles sont formées du tractus spino-thalamique antérieur associé à des fibres spino-réticulaires antérieures.

b) Les voies descendantes comprennent :

- le tractus cortico-spinal antérieur et le raphé spinal antérieur;
- les tractus vestibulo-spinaux latéral et médial;
- le tractus réticulo-spinal antérieur;
- le tractus ponto-réticulo-spinal¹³;
- le tractus tecto-spinal;
- les fibres olivo-spinales;
- le faisceau longitudinal médial (contenant les fibres des tractus interstitio-spinal et interposito-spinal).

c) Les voies ascendantes et descendantes comprennent :

- le faisceau propre antérieur;
- le faisceau sulco-marginal.

d) Le syndrome spinal antérieur se traduit par une atteinte sévère de la motricité et de la sensibilité thermo-algique, avec conservation des sensibilités profonde et épicrotique.

2 | Le cordon latéral

a) Les voies ascendantes comprennent :

- le tractus spino-tectal;
- le tractus spino-thalamique latéral associé à des fibres spino-réticulaires latérales;
- les tractus spino-cérébelleux antérieur et postérieur;
- le tractus spino-olivaire;
- le tractus spino-cervical.

b) Les voies descendantes comprennent :

- le tractus cortico-spinal latéral (et le tractus raphé-spinal latéral);
- le tractus rubro-spinal;
- le tractus bulbo-réticulo-spinal¹⁴;
- le tractus coeruleo-spinal;
- les fibres hypothalamo-spinales;
- le tractus solitario-spinal.

13. Ancien. : réticulo-spinal médial.

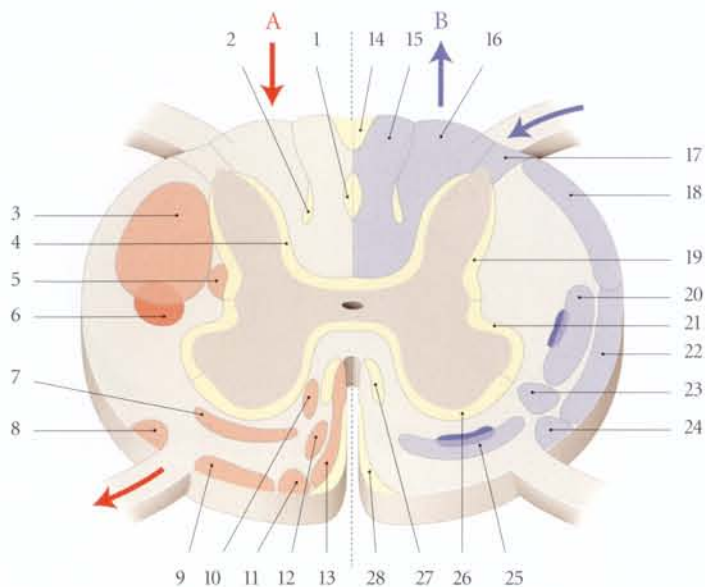


FIG. 19.13. Principales voies de la substance blanche

A. voies motrices (en rouge)

B. voies sensitives (en bleu)

En jaune : voies associatives

- | | |
|--|---|
| 1. faisceau septo-marginal (segments lobulaires et sacraux) | 6. tractus rubro-spinal |
| 2. faisceau interfasciculaire | 8. tractus réticulo-spinal ant. |
| 4. tractus cortico-spinal latéral | 7. tractus olivo-spinal |
| 3. faisceau propre post. | 9. tractus vestibulo-spinal latéral |
| 5. tractus bulbo-réticulo-spinal | 10. tractus ponto-réticulo-spinal |
| | 11. tractus tecto-spinal |
| | 12. tractus vestibulo-spinal médial |
| | 13. tractus cortico-spinal ant. |
| | 14. faisceau septo-marginal (segments thoraciques) |

- | | |
|--|------------------------------------|
| 15. faisceau gracile | 22. tractus spino-cérébelleux ant. |
| 16. faisceau cunéiforme | 23. tractus spino-tectal |
| 17. tractus postéro-latéral (de Lissauer) | 24. tractus spino-olivaire |
| 18. tractus spino-cérébelleux post. | 25. tractus spino-thalamique ant. |
| 19. faisceau propre latéral | 26. faisceau propre ant. |
| 20. tractus spino-thalamique latéral et tractus spino- réticulaire latéral | 27. faisceau longitudinal médial |
| 21. tractus viscéral secondaire | 28. faisceau sulco-marginal |

c) **Les voies ascendantes et descendantes** comprennent :

- le faisceau propre latéral ;
- le tractus viscéral secondaire.

d) Une lésion spinale latérale, telle l'hémisection de la moelle, se traduit par le syndrome de Brown-Sequard. Ce syndrome associe au déficit moteur une atteinte de la sensibilité profonde et tactile épicritique du côté de la lésion, et une atteinte de la sensibilité thermo-algique de côté opposé.

3 | Le cordon postérieur

a) **Les voies ascendantes** comprennent :

- le faisceau gracile ;
- le faisceau cunéiforme.

b) **Les voies ascendantes et descendantes** comprennent :

- le tractus postéro-latéral¹⁵ ;
- le faisceau propre postérieur ;
- le faisceau septo-marginal ;
- le faisceau interfasciculaire (ou semi-lunaire).

c) Le syndrome spinal postérieur se traduit essentiellement par l'atteinte de la sensibilité profonde.

4 | La commissure blanche antérieure

Elle contient le faisceau propre antérieur et des décussations de fibres ascendantes et descendantes.

5 | La commissure blanche postérieure

Elle contient le faisceau propre postérieur.

14. Ancien. : réticulo-spinal latéral.

15. Ancien. : tractus de Lissauer.

19.4 VASCULARISATION

A | LES ARTÈRES (fig. 19.14)

La moelle spinale est irriguée par deux systèmes artériels :

- un système longitudinal, formé des deux artères spinales antérieures et de l'artère spinale postérieure. Ce système peut assurer seul l'irrigation de la partie cervicale de la moelle spinale ;
- un système transversal constitué des artères radiculaires et des artères segmentaires.

1 | L'artère spinale antérieure

a) Origine

Elle naît de l'artère vertébrale, de sa partie intracrânienne en regard de la face antérieure du bulbe, peu avant la jonction des artères vertébrales en artère basilaire.

b) Trajet

Les deux artères spinales antérieures s'anastomosent dès le début de la moelle spinale pour former une seule artère spinale antérieure, qui chemine dans la fissure médiane antérieure.

Variations : parfois elle descend le long du bord latéral du sillon antéro-latéral de la moelle spinale jusqu'à la partie inférieure de l'intumescence cervicale, où elle devient grêle.

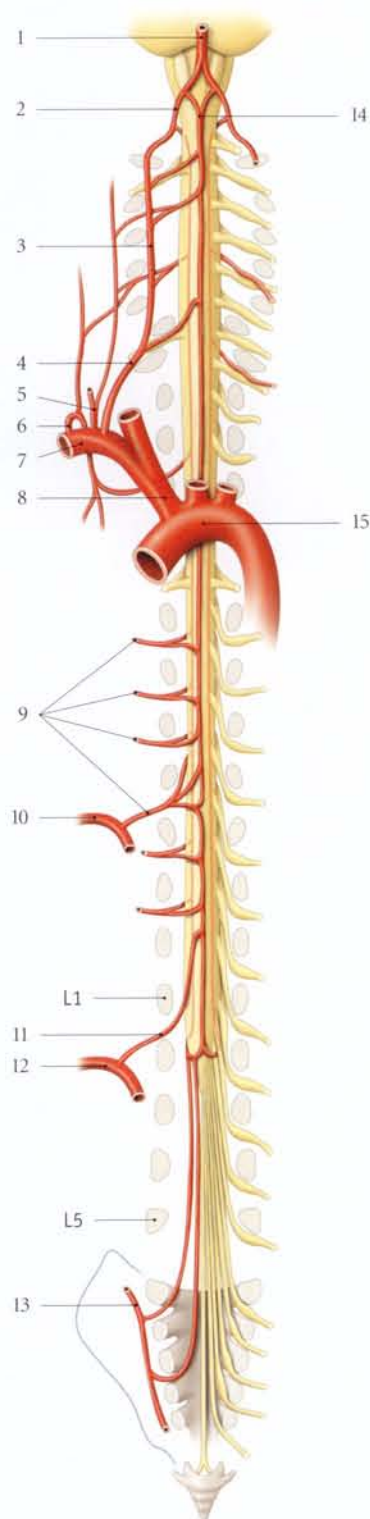


FIG. 19.14. Artères de la moelle spinale – Distribution générale (vue antérieure)

- | | |
|--|-----------------------------------|
| 1. a. basilaire | 7. a. subclavière droite |
| 2. a. vertébrale (partie intracrânienne) | 8. tronc brachio-céphalique |
| 3. a. vertébrale (partie transversaire) | 9. rr. dorsaux |
| 4. a. vertébrale (partie prévertébrale) | 10. a. intercostale post. |
| 5. tronc thyro-cervical | 11. a. de l'intumescence lombaire |
| 6. tronc costo-cervical | 12. a. lombaire |
| | 13. a. sacrale latérale |
| | 14. a. spinale ant. |
| | 15. arc aortique |

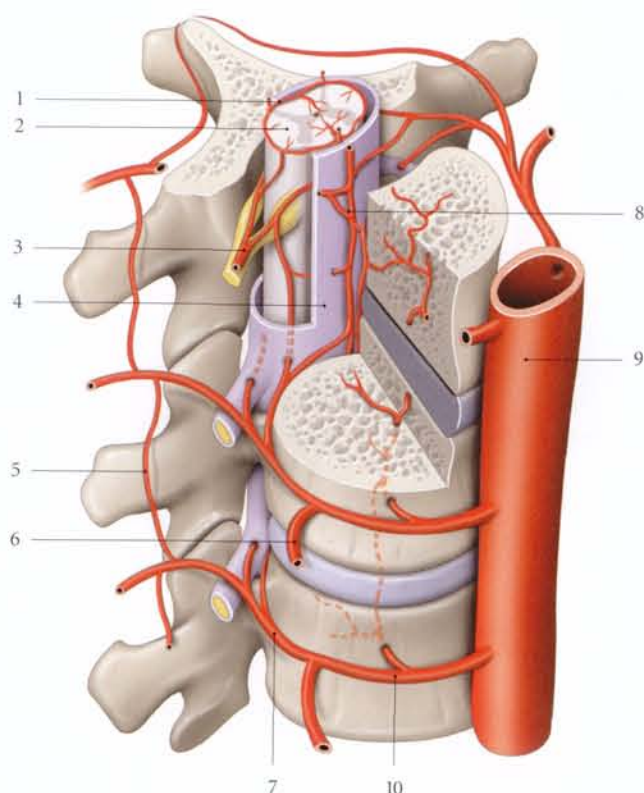


FIG. 19.15. Artères intercostales
(vue antéro-latérale et coupe chanfreinée de deux vertèbres thoraciques)

1. a. spinale post.
2. moelle spinale
3. a. et n. spinaux
4. dure-mère
5. anastomose intervertébrale
6. branche ant.
7. branche post.
8. aa. durales et osseuses
9. aorte thoracique
10. a. intercostale

c) Branches collatérales

- **Les artères sulcales** (ou centrales)
Elles sont au nombre de cinq à huit par centimètre. Elles pénètrent dans la fissure médiane antérieure et traversent la commissure blanche antérieure en s'incurvant latéralement pour irriguer la colonne grise antérieure, la base de la colonne grise postérieure incluant le noyau dorsal et la substance blanche adjacente.
- **Les branches latérales** participent au réseau artériel piemérien.

2 | Les artères spinales postérieures

(fig. 19.15)

Elles sont courtes et moins volumineuses.

a) Origine

Elles naissent de la face postérieure de l'artère vertébrale ou de l'artère cérébelleuse inféro-postérieure.

b) Trajet

Elle se dirige en arrière sur la face postérieure du bulbe puis le long du sillon postéro-latéral avec des interruptions en s'anastomosant au réseau piemérien.

c) Terminaison

Au niveau du cône médullaire, en formant une boucle anastomotique avec l'artère spinale antérieure.

3 | Les artères radiculaires antérieure et postérieure (fig. 19.16)

Ce sont des branches des artères spinales provenant des artères vertébrales, des artères intercostales postérieures et des artères lombaires.

Les artères radiculaires antérieures sont habituellement plus volumineuses et ont un calibre d'environ 8 mm. Chaque artère radiculaire suit la face antérieure de la racine spinale correspondante, qu'elle irrigue ainsi que son ganglion.

Elles atteignent rarement les artères spinales. Elles sont alors irrégulièrement remplacées par des artères segmentaires.

4 | Les artères médullaires segmentaires

Elles irriguent la plus grande partie de la moelle spinale. Elles sont plus développées au niveau des intumescences cervicales et lombo-sacrales.

Ce sont en fait de volumineuses branches des artères spinales.

FIG. 19.16. Artères de la moelle spinale
(vue antéro-latérale et coupe transversale chanfreinée)

1. a. spinale
2. n. spinal
3. branches médullaires médianes
4. aa. médullaires segmentaires
5. a. spinale ant.
6. plexus pial
7. a. spinale postéro-latérale
8. canal central
9. a. radiculaire post.
10. a. radiculaire ant.
11. branche post. d'une a. intercostale

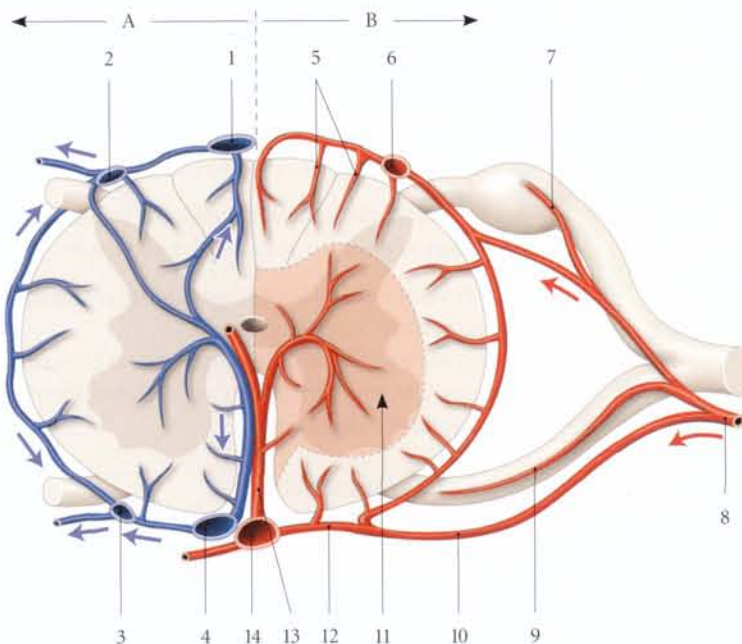
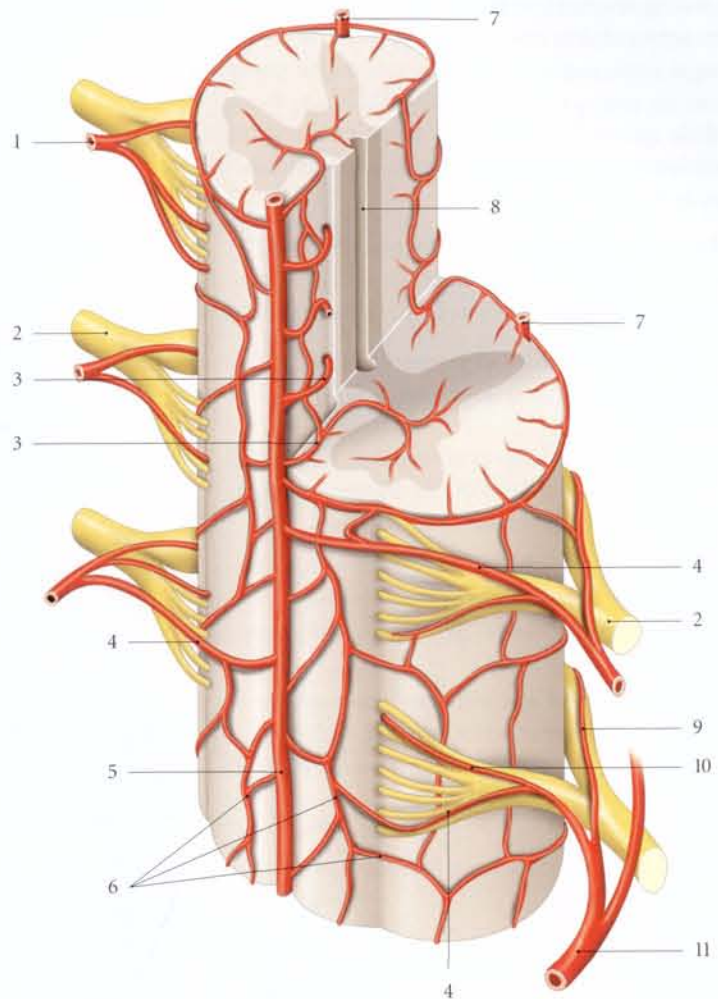


FIG. 19.17. Territoires artériels (B) et veineux (A) de la moelle spinale (coupe transversale)

1. v. spinale post.
2. v. spinale postéro-latérale
3. v. spinale antéro-latérale
4. v. spinale ant.
5. branches transversales du plexus pial
6. a. spinale post.
7. a. radiculaire post.
8. a. spinale
9. a. radiculaire ant.
10. a. médullaire segmentaire
11. territoire central
12. branche médullaire transversale
13. branche médullaire médiane
14. a. spinale ant.

On distingue selon leur terminaison les artères médullaires segmentaires antérieures et postérieures.

Chaque artère segmentaire longe une racine spinale et donne au contact de la moelle spinale une branche médiale qui rejoint une artère spinale antérieure ou postérieure, et une branche latérale, pour les faces latérales de la moelle.

a) Les artères médullaires segmentaires C1 à T2

Elles sont issues des artères vertébrales, cervicales ascendantes, cervicales profondes et intercostales suprêmes.

b) Les artères médullaires segmentaires T2 à T9

Elles proviennent des artères intercostales.

Ce territoire thoracique présente une vascularisation artérielle pauvre, d'où les risques de nécrose ischémique de ces segments médullaires.

c) L'artère de l'intumescence lombaire¹⁶

Elle dérive habituellement de l'artère médullaire segmentaire T9.

Cette artère, issue d'une artère radiculo-spinale lombaire gauche, présente un calibre de 1 à 1,3 mm.

Elle longe l'un des nerfs spinaux compris entre T9 et L2 dans 85 % des cas.

Variations

- L'artère de l'intumescence lombaire peut naître à droite (20 %).
- Son origine peut être haute (15 %), elle suit alors l'un des nerfs spinaux T5 à T8.
- Elle peut être double, la seconde artère sous-jacente étant de calibre réduit.

Les lésions de l'artère de l'intumescence lombaire au cours des traumatismes de la moelle lombaire sont graves car elles entraînent un ramollissement de toute la moelle lombo-sacrée sous-jacente, se traduisant par une paraplégie.

5 | Territoires artériels d'un segment médullaire (fig. 19.17)

a) La partie centrale de la moelle spinale comprenant la substance grise est irriguée essentiellement par l'artère spinale antérieure.

b) La partie périphérique, correspondant à la substance blanche, est irriguée essentiellement par des artérioles médullaires issues des artères spinales postérieures et du réseau artériel piemérien.

Aucune anastomose n'a été signalée entre les deux parties. Cependant, il existe un chevauchement entre les deux.

B | LES VEINES (fig. 19.18)

Le drainage veineux de la moelle spinale est assuré d'abord par les veines spinales et le plexus veineux péri-médullaire.

Le drainage périphérique des veines spinales est assuré par les veines radiculaires.

1 | Les veines spinales

Ces veines longitudinales comprennent deux veines impaires, les veines spinales antérieure et postérieure, et deux veines paires, les veines spinales antéro-latérales et postéro-latérales.

Les territoires d'origine de ces veines ne sont pas aussi nets que ceux des artères.

a) La veine spinale antérieure est située dans la fissure médiane antérieure. Ses veines affluentes, les *veines sulcales* (ou centrales), drainent la région centrale de la moelle spinale.

b) La veine spinale postérieure longe le sillon médian postérieur. Ses veines affluentes, les veines médianes postérieures, drainent les colonnes postérieures de la moelle.

c) Les veines spinales antéro-latérales longent les sillons antéro-latéraux et les veines spinales postéro-latérales, les sillons postéro-latéraux. Ces veines drainent essentiellement la partie périphérique de la moelle spinale.

2 | Les veines radiculaires

Au nombre de deux ou trois au niveau des racines, elles forment un tronc le long d'une racine spinale, indépendamment de l'artère radulaire.

a) Les veines radiculaires cervicales se drainent dans les veines vertébrales et cervicales profondes.

b) Les veines radiculaires thoraciques et lombaires se drainent dans le système azygos.

Une grande veine radulaire lombaire existe dans 80 % des cas. Elle peut être postérieure (Adamkiewicz) ou antérieure (G. Guiraudon).

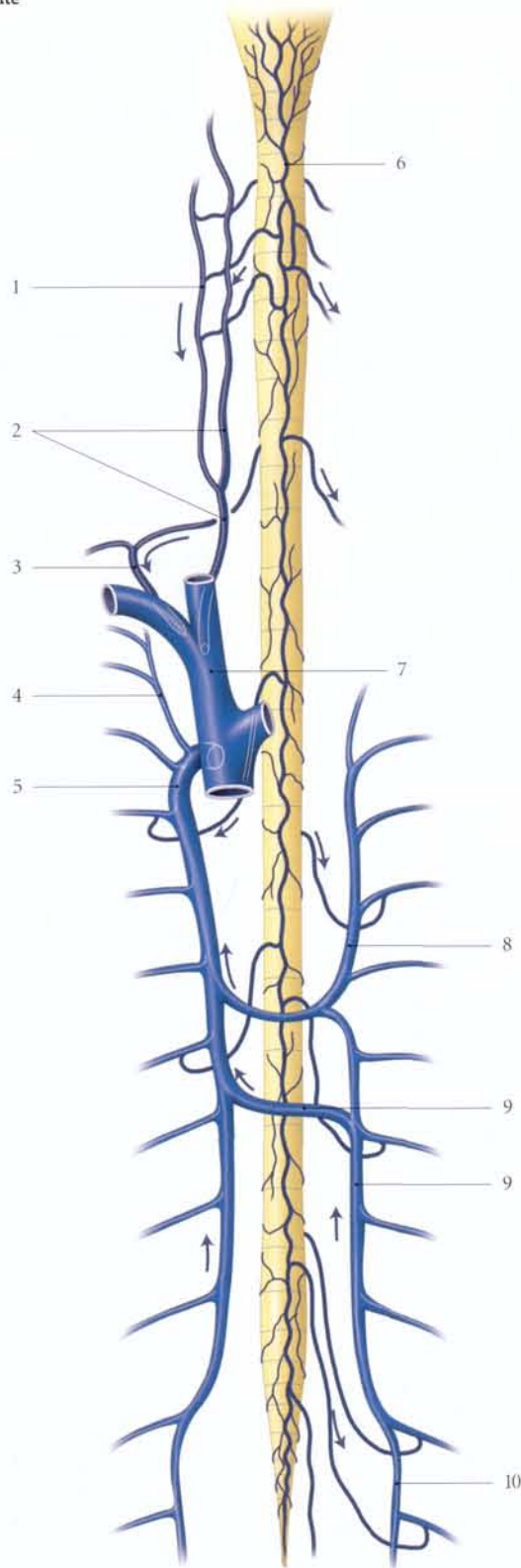
3 | Les anastomoses

Des anastomoses existent entre les veines spinales, les veines radiculaires, les plexus vertébraux internes, les veines cérébelleuses et les sinus veineux crâniens.

16. Ancien. : a. d'Adamkiewicz, grande a. radulaire ant.

FIG. 19.18. Veines de la moelle spinale
(d'après R. Nieuwenhuys)

1. v. cervicale profonde
2. v. vertébrale
3. v. intercostale suprême
4. v. intercostale sup. droite
5. v. azygos
6. v. spinale ant.
7. v. brachio-céphalique droite
8. v. héli-azygos accessoire
9. v. héli-azygos
10. v. lombaire ascendante



20

Moelle spinale et voies ascendantes

Les voies ascendantes ou sensitives, paires et symétriques, véhiculent à travers la moelle spinale les sensations conscientes au cortex cérébral, et les sensations inconscientes aux structures sous-corticales et au cervelet. Ces messages afférents partent de récepteurs extéroceptifs, proprioceptifs et interoceptifs (viscéraux) (voir Chapitre 3).

20.1 ORGANISATION GÉNÉRALE

Chaque voie sensitive est formée d'une chaîne de trois groupes de neurones sensitifs, un périphérique et deux centraux (fig. 20.1).

A | PREMIER NEURONE SENSITIF

Il est périphérique, en relation avec le récepteur sensitif.

- Son pericaryon est situé dans un ganglion spinal.
- Son axone ou neurofibre fait synapse :
 - soit dans la corne postérieure homolatérale de la moelle spinale ;
 - soit dans un noyau homolatéral du bulbe ou moelle allongée.

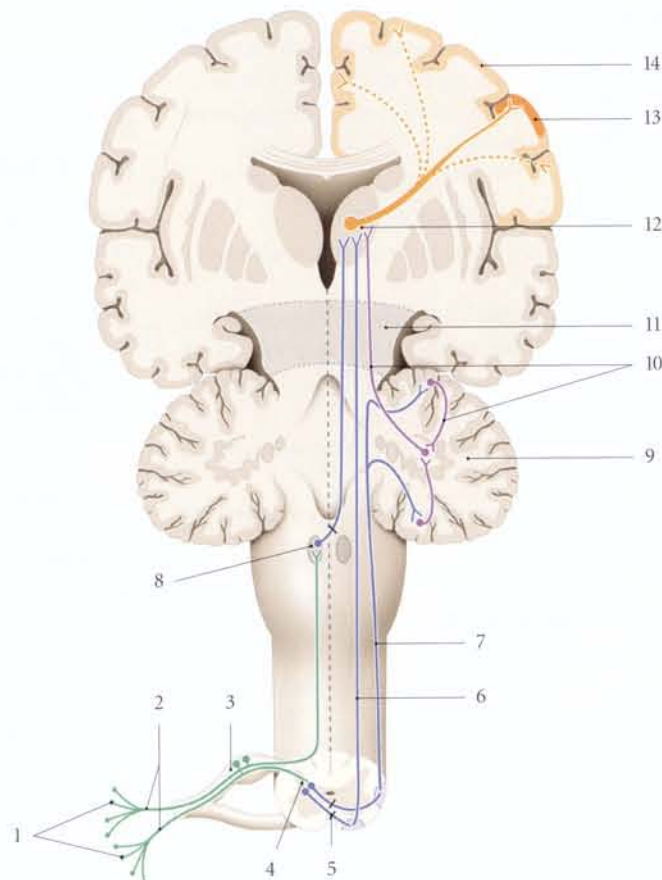


FIG. 20.1. Diagramme schématique des voies sensitives

1. récepteurs
2. 1^{er} neurone (périphérique)
3. ganglion spinal
4. corne post.
5. décussation
6. tractus spino-thalamique ant.
7. 2^e neurone (spino-cérébelleux)
8. noyau bulbaire
9. cervelet
10. neurones de 3^e et 4^e ordres
11. mésentéphale
12. thalamus
13. aire corticale spécifique
14. aire corticale non spécifique

B | DEUXIÈME NEURONE SENSITIF

Il est central. Son péricaryon est situé dans la corne postérieure de la moelle spinale ou dans un noyau du bulbe (moelle allongée).

Sa neurofibre présente une décussation pour monter du côté contro-latéral, pour faire synapse dans le cer-

velet ou le thalamus (en passant parfois par les noyaux réticulaires).

C | TROISIÈME NEURONE SENSITIF

Il se projette du thalamus vers le cortex cérébral, soit dans une aire spécifique, soit dans des aires non spécifiques.

20.2 VOIES SENSITIVES CONSCIENTES (fig. 20.2)**A | TRACTUS SPINO-THALAMIQUE LATÉRAL¹**

Cette voie nerveuse véhicule les *influx nociceptifs thermiques et douloureux*.

Les influx douloureux sont transmis d'abord par des fibres Aδ de conduction rapide, qui alertent l'individu, puis par des fibres C, de conduction lente, qui prolongent la sensation douloureuse.

1 | Le premier neurone sensitif

Son péricaryon est situé dans le ganglion spinal. En pénétrant la moelle spinale, son axone donne deux branches, ascendante et descendante, pour un segment plus éloigné. Ces branches forment le *tractus postéro-latéral*². La neurofibre et ses branches font synapse dans la corne postérieure homolatérale.

2 | Le deuxième neurone sensitif

Son péricaryon est situé principalement dans les lames I et IV.

Sa neurofibre traverse la commissure blanche antérieure en croisant la ligne médiane (décussation) pour monter et constituer le tractus spino-thalamique latéral du cordon latéral opposé.

Dans le tronc cérébral, elle rejoint le lemnisque spinal, puis le lemnisque médial.

Elle se termine dans le noyau ventral postéro-latéral du thalamus.

3 | Le troisième neurone sensitif

Il est thalamo-cortical.

Sa neurofibre traverse le bras postérieur de la capsule interne et la corona radiata.

Elle se termine dans l'aire somato-sensitive et le gyrus postcentral.

Ses connexions avec le gyrus cingulaire permettent l'interprétation émotionnelle de la douleur.

4 | Somatotopie des neurofibres dans la moelle spinale

Les neurofibres les plus latérales et postérieures correspondent à la partie inférieure du corps, les fibres médiales et antérieures, aux régions supérieures.

Les neurofibres véhiculant la sensibilité thermique sont postérieures tandis que celles affectées à la douleur sont antérieures.

L'interruption du tractus spino-thalamique latéral entraîne une perte temporaire des sensations douloureuses et thermiques du côté contro-latéral du corps.

B | TRACTUS SPINO-THALAMIQUE ANTÉRIEUR³

Cette voie nerveuse transmet aux centres nerveux les excitations tactiles⁴ grossières et *non discriminatives* (ou protopathiques), et les *sensations prurigineuses et libidineuses*.

1 | Le premier neurone sensitif

Sa neurofibre se comporte comme celle du tractus spino-thalamique latéral.

2 | Le deuxième neurone sensitif

Sa neurofibre traverse la commissure blanche antérieure en croisant la ligne médiane (décussation) pour monter et former le tractus spino-thalamique antérieur dans le cordon antérieur contro-latéral.

1. Ancien : segment latéral du faisceau en croissant de Déjerine.

2. Voir plus loin.

3. Ancien : segment antérieur du faisceau en croissant de Déjerine.

4. La classification de Head distingue :

- le tact épicrotique, permettant la perception du toucher léger et la discrimination sensorielle entre deux points ;
- le tact protopathique, correspondant à la perception grossière non discriminative associée à la sensibilité douloureuse et thermique.

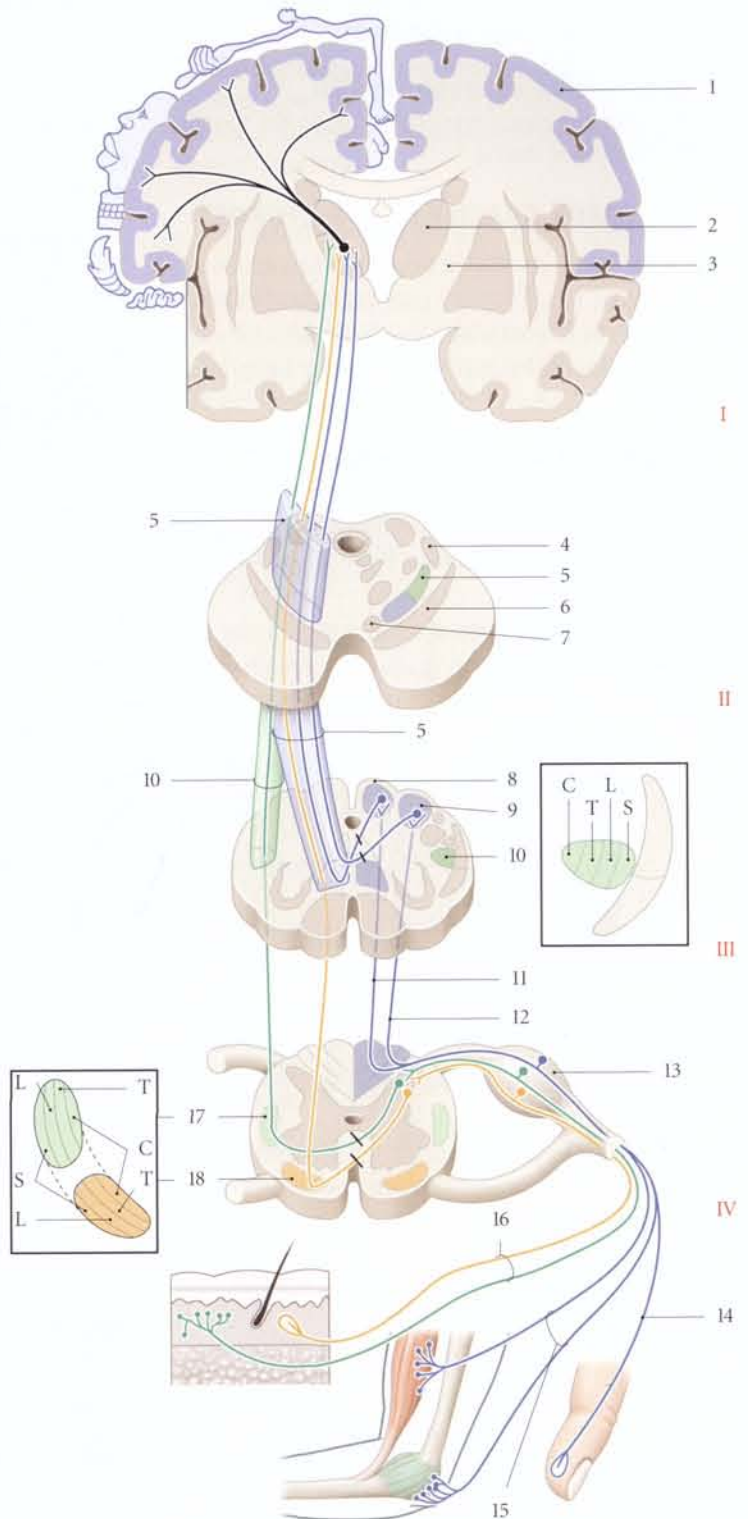
FIG. 20.2. Voies sensitives conscientes

En vert : voie des sensibilités thermo-algésique et tactile protopathique

En bleu : voie des sensibilités épicrotique et proprioceptive

- I. cerveau
- II. mésencéphale
- III. moelle allongée
- IV. moelle spinale
- C. fibres cervicales
- T. fibres thoraciques
- L. fibres lombaires
- S. fibres sacrales

- 1. gyrus postcentral
- 2. thalamus
- 3. capsule interne
- 4. lemnieque latéral
- 5. lemnieque médial
- 6. substance noire
- 7. noyau rouge
- 8. noyau gracile
- 9. noyau cunéiforme
- 10. lemnieque spinal
- 11. faisceau gracile
- 12. faisceau cunéiforme
- 13. ganglion spinal
- 14. fibre de la sensibilité tactile épicrotique
- 15. fibres de la sensibilité proprioceptive
- 16. fibres des sensibilités thermo-algésique et tactile protopathique
- 17. tractus spino-thalamique latéral
- 18. tractus spino-thalamique ant.



Dans la moelle allongée (ou bulbe), elle se confond avec celles de la sensibilité tactile épicrotique et parcourt le lemniisque médial jusqu'au thalamus.

3 | Le troisième neurone sensitif

Sa neurofibre se comporte comme celle du tractus spino-thalamique latéral.

C | FAISCEAUX GRACILE ET CUNÉIFORME

(fig. 20.3)

Ils véhiculent la *sensibilité tactile discriminative* (ou épicrotique) et la *sensibilité proprioceptive consciente* impliquées dans la localisation spatiale et temporelle du corps.

1 | Le premier neurone sensitif

Son péricaryon est situé dans le ganglion spinal. Sa neurofibre longue emprunte les faisceaux gracile et

cunéiforme. Au cours du trajet, quelques neurofibres présentent des branches qui font synapse dans le noyau dorsal (ou thoracique) de la corne postérieure.

a) Le faisceau gracile⁵

Il est constitué de neurofibres provenant des nerfs spinaux sacraux et lombaires (membre inférieur), et des six derniers nerfs thoraciques.

b) Le faisceau cunéiforme⁶

Il est constitué de neurofibres provenant des nerfs spinaux cervicaux (membre supérieur) et des six premiers nerfs thoraciques.

c) Chaque neurofibre de ces faisceaux donne deux branches, longue et courte.

5. Ancien. : faisceau de Goll.

6. Ancien. : faisceau de Burdach.

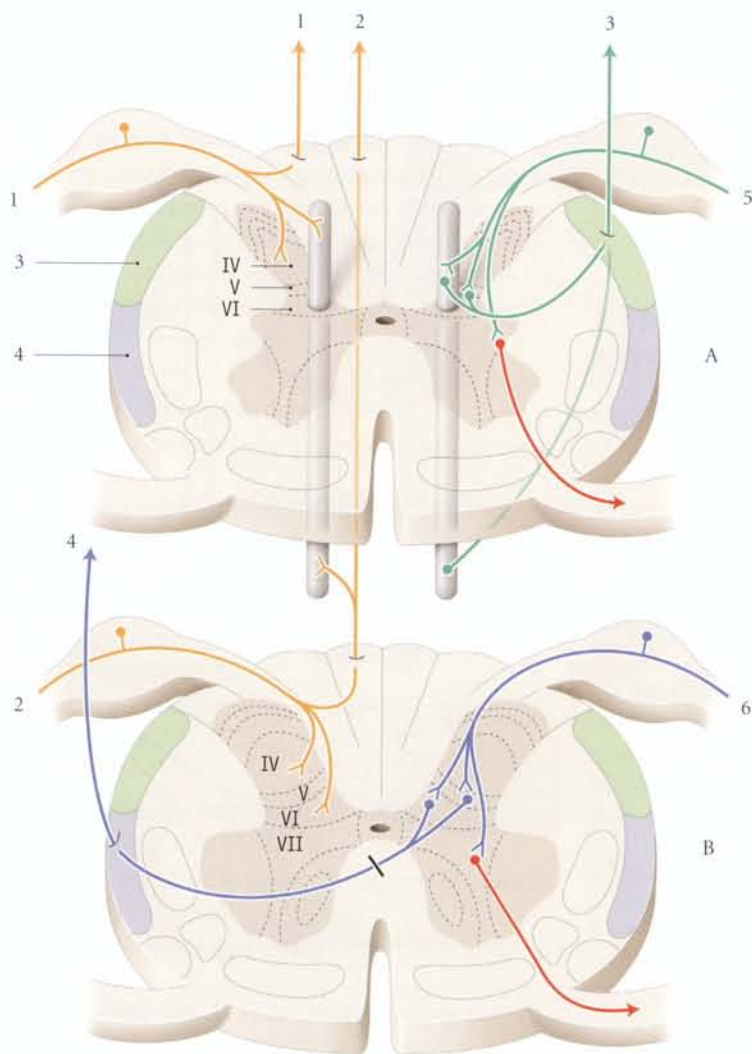


FIG. 20.3. Voies sensitives conscientes (en orange) et inconscientes (en vert) au niveau de la moelle spinale

A. segment thoracique

B. segment lombaire

1. 1^{er} neurone du faisceau cunéiforme
2. 1^{er} neurone du faisceau gracile
3. tractus spino-cérébelleux post.
4. tractus spino-cérébelleux ant.
5. 1^{er} neurone du tractus spino-cérébelleux post.
6. 1^{er} neurone du tractus spino-cérébelleux ant.

- *La branche longue*, ascendante, emprunte le cordon postérieur du même côté. Elle se termine dans le noyau gracile ou cunéiforme homolatéral de la moelle allongée (bulbe).
- *La branche courte* fait synapse dans le noyau dorsal et dans les lames spinales IV et VI du même côté.

2 | Le deuxième neurone sensitif

a) *La majorité des neurofibres issues des noyaux gracile et cunéiforme* sont croisées, participent à la formation du lemnisque médial contro-latéral et se terminent dans le noyau ventral postéro-latéral du thalamus.

b) *Quelques neurofibres partent du noyau cunéiforme* et parcourent le pédoncule cérébelleux inférieur homo-

latéral pour rejoindre le cortex cérébelleux. Elles forment le *tractus cunéo-cérébelleux*.

3 | Le troisième neurone sensitif

Sa neurofibre traverse le bras postérieur de la capsule interne et la corona radiata pour rejoindre le cortex du gyrus postcentral.

L'ataxie sensitive est due à des atteintes du cordon postérieur, par exemple dans la sclérose en plaques, par démyélinisation.

La station debout et la marche ne sont possibles que si le sujet élargit son polygone de sustentation et regarde ses pieds. À chaque pas, il talonne le sol.

20.3 VOIES SOMATO-SENSITIVES INCONSCIENTES

Elles forment les tractus spino-cérébelleux⁷, qui transmettent au cortex cérébelleux la sensibilité proprioceptive inconsciente (muscle, articulations, périostes). Ces tractus sont affectés plus spécialement au sens statocinétique et à la coordination des mouvements (fig. 20.4).

A | TRACTUS SPINO-CÉRÉBELLEUX ANTÉRIEUR⁸

Il concerne les membres supérieurs.

1 | Le premier neurone sensitif

Son péricaryon est situé dans le ganglion spinal. Sa neurofibre fait synapse dans un noyau dorsal et dans les lames spinales V à VII de la corne postérieure des segments cervicaux et thoraciques.

2 | Le deuxième neurone sensitif

Sa neurofibre croise la ligne médiane et traverse la commissure blanche.

Dans le cordon latéral du côté opposé, elle se coude et monte le long du bord latéral du tractus spino-thalamique latéral.

Dans le pont, elle s'infléchit brusquement et se dirige en arrière le long du bord supérieur du noyau moteur de nerf trijumeau.

Elle parcourt le pédoncule cérébelleux supérieur et se termine dans la couche granuleuse du cortex paravermien (voir Chapitre 25).

B | TRACTUS SPINO-CÉRÉBELLEUX POSTÉRIEUR⁹

Il concerne le tronc et les membres inférieurs.

1 | Le premier neurone sensitif

Son péricaryon est situé dans le ganglion spinal. Sa neurofibre fait synapse dans le noyau dorsal (ou thoracique) et les lames spinales V à VII de la corne postérieure des segments C7 à L4.

2 | Le deuxième neurone sensitif

Sa neurofibre se porte vers le cordon latéral du même côté, où elle se coude pour monter vers le tronc cérébral.

Elle parcourt le pédoncule cérébelleux inférieur pour atteindre le cervelet. Elle se termine dans la couche granuleuse du cortex du paravermien.

7. Ancien. : voie sensitive cérébelleuse.

8. Ancien. : faisceau de Gowers; faisceau spino-cérébelleux croisé.

9. Ancien. : faisceau de Flechsig; faisceau spino-cérébelleux direct.

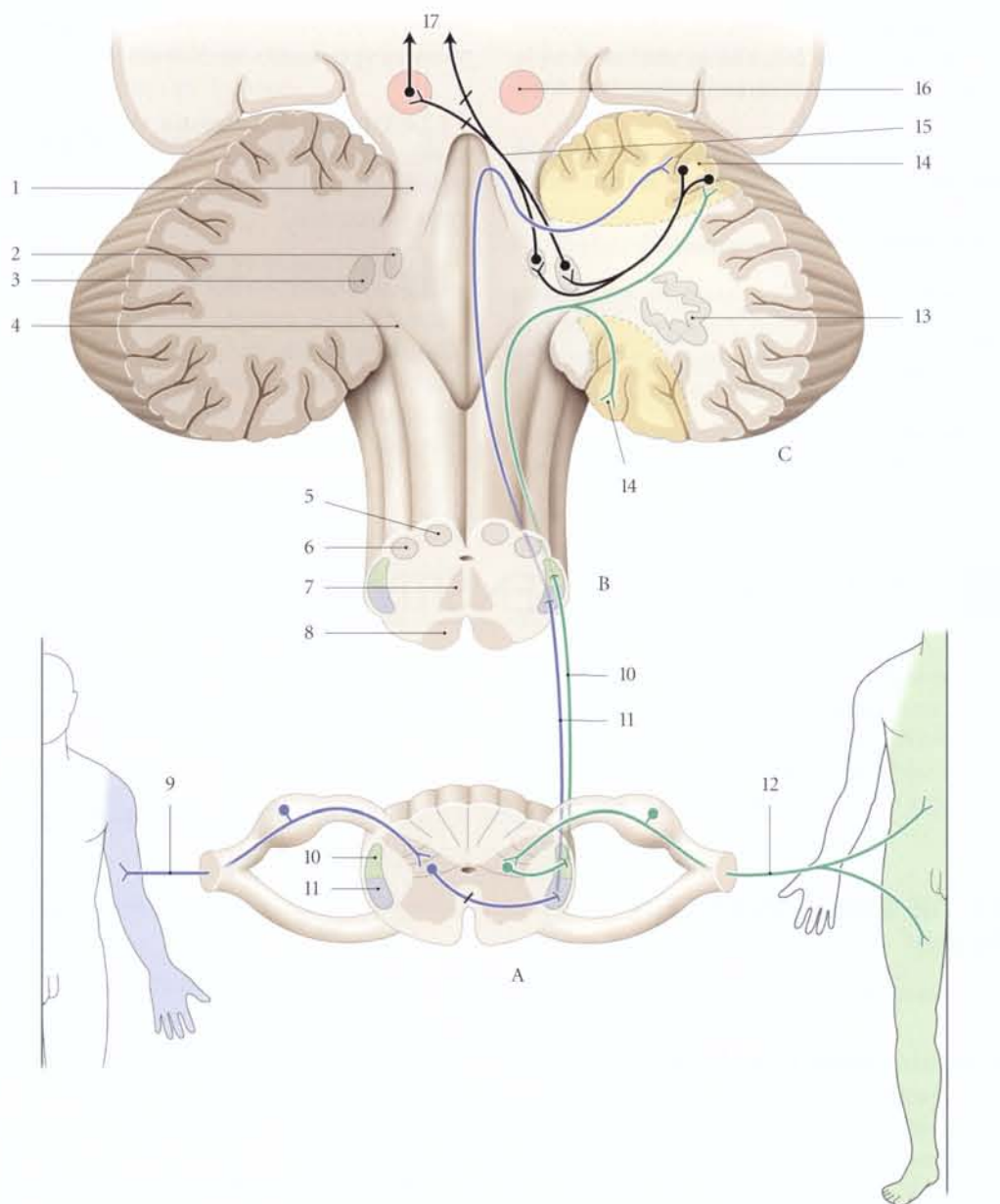


FIG. 20.4. Sensibilité profonde inconsciente

A. moelle spinale

B. moelle allongée (bulbe)

C. cervelet

1. pédoncule cérébelleux sup.

2. noyau emboliforme

3. noyau globuleux

4. pédoncule cérébelleux inf.

5. noyau gracile

6. noyau cunéiforme

7. lemnisque médial

8. faisceau pyramidal

9. 1^{er} neurone du tractus

spino-thalamique ant.

10. tractus spino-thalamique post.

11. tractus spino-thalamique ant.

12. 1^{er} neurone du tractus
spino-thalamique post.

13. noyau dentelé

14. cortex paléo-cérébelleux (en jaune)

15. tractus cérébello-rubrique

et cérébello-thalamique

16. noyau rouge

17. vers le thalamus

20.4 AUTRES VOIES SENSITIVES

A | TRACTUS POSTÉRO-LATÉRAL¹⁰ (fig. 20.5)

Ce tractus du cordon latéral véhicule une part des influx thermiques et douloureux somatiques et viscéraux. Il est composé de neurofibres ascendantes et descendantes qui se détachent des premiers neurones sensitifs pour atteindre la corne postérieure d'un segment éloigné sus-jacent ou sous-jacent.

B | TRACTUS SPINO-CERVICAL

Réduit chez l'homme, il correspond à une voie somato-sensible (nociceptive, thermique, mouvement des cheveux), qui passe en dehors de la voie spino-cérébelleuse postérieure.

Il fait synapse dans le noyau cervical latéral, situé dans la corne postérieure des 1^{er} et 2^e segments cervicaux. Il parcourt le lemnisque médial pour atteindre le noyau antérieur postéro-latéral du thalamus.

C | TRACTUS SPINO-TECTAL

Il véhiculerait les influx nociceptifs impliqués dans le réflexe des mouvements oculo-céphalogyres en direction de la source de la douleur.

La neurofibre du 1^{er} neurone fait synapse essentiellement dans les lames I et V.

La neurofibre du 2^e neurone croise la ligne médiane en traversant la commissure blanche. Arrivée dans le cordon antérieur du côté opposé, elle se coude et monte avec le tractus spino-thalamique antérieur.

Elle se termine dans les colliculus supérieurs et inférieurs. En traversant le tronc cérébral, elle recueille des informations sensibles somatiques et sensorielles des nerfs crâniens.

D | TRACTUS SPINO-OLIVAIRE

Il véhicule la sensibilité cutanée, et probablement celle provenant des tendons vers le cervelet.

Ses neurofibres naissent sur toute la hauteur de la moelle spinale dans les lames V et VI.

La majorité d'entre elles, après avoir subi une décussation dans la moelle, monte dans le cordon antérieur contro-latéral pour se terminer dans les noyaux olivaires accessoires médial et postérieur.

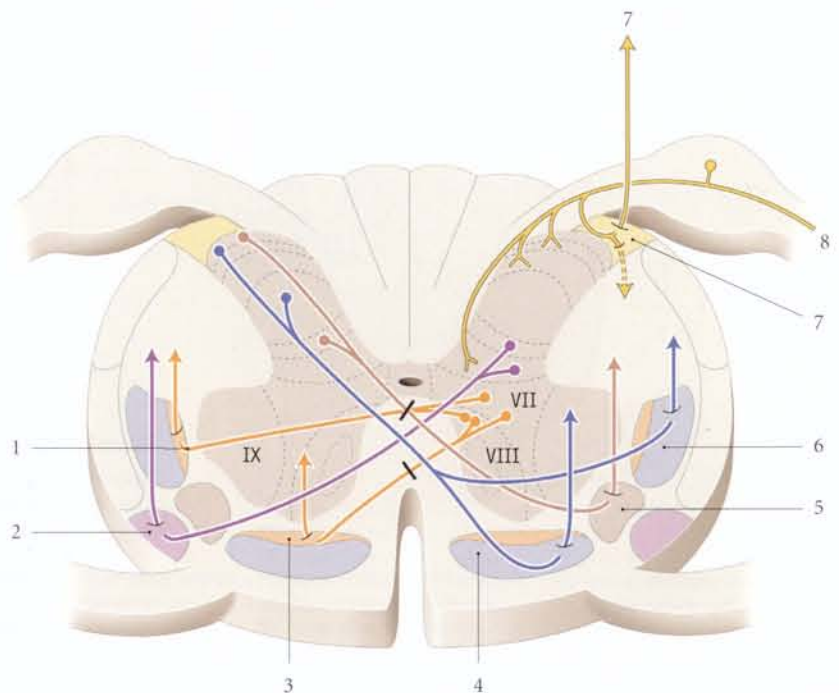
E | TRACTUS SPINO-RÉTICULAIRE

Il informe le tronc cérébral des réflexes somatiques et viscéraux.

10. Ancien : zone marginale ou tractus de Lissauer.

FIG. 20.5. Principales voies ascendantes de la moelle spinale

1. tractus spino-réticulaire latéral
2. tractus spino-olivaire
3. tractus spino-réticulaire ant.
4. tractus spino-thalamique ant.
5. tractus spino-TECTAL
6. tractus spino-thalamique latéral
7. tractus postéro-latéral
8. 1^{er} neurone de la sensibilité thermique et algique



1 | Le premier neurone sensitif

Sa neurofibre fait synapse dans les lames VII et VIII.

2 | Le deuxième neurone sensitif

Sa neurofibre se mêle aux tractus spino-thalamiques antérieur ou latéral, d'où l'existence de *deux tractus spino-réticulaires, antérieur et latéral*.

La majorité de ses fibres sont non-croisées.

F | VOIES DE LA SENSIBILITÉ VISCÉRALE

(fig. 20.6)

Elles véhiculent les influx viscéraux provenant des nocicepteurs (douleurs), des barorécepteurs, mécanorécepteurs, et chémorécepteurs (élongation, torsion...).

1 | Le premier neurone sensitif

Son corps siège dans le ganglion spinal.

Sa neurofibre, en entrant dans la moelle spinale, donne deux branches, ascendante ou descendante, qui forment le tractus postéro-latéral. La neurofibre et les

branches font synapse dans la colonne intermédio-médiale ou dans la substance viscérale secondaire.

Des neurones connecteurs segmentaires unissent ces centres aux colonnes intermédio-latérale et intermédio-ventrale, et à la substance intermédiaire centrale.

Des interneurons connecteurs unissent les noyaux sus et sous-jacents.

2 | Le deuxième neurone sensitif

Il emprunte des voies multiples, qui peuvent être les suivantes :

a) Les tractus spino-thalamiques. Le 3^e neurone thalamo-cortical, en atteignant le cortex du gyrus central, déclenche des signaux d'alerte des influx viscéraux.

b) La substance intermédiaire centrale constituée de fibres spino-péri-aqueductales pour atteindre le diencéphale.

c) Le tractus spino-réticulaire

d) Le tractus viscéral secondaire ascendant

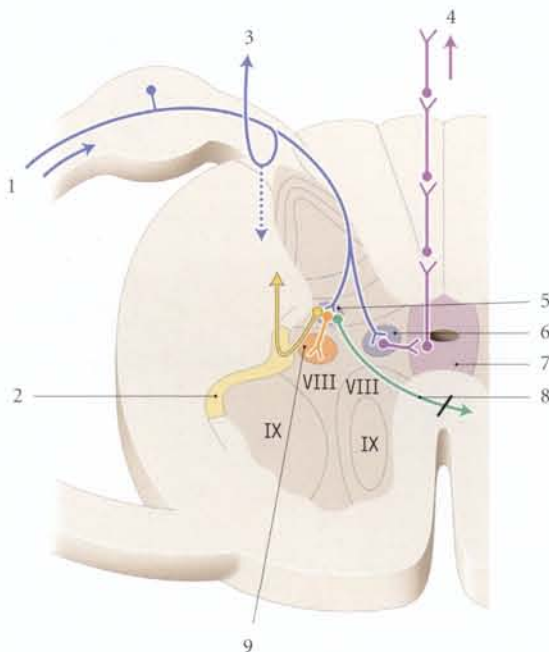


FIG. 20.6. Voies de la sensibilité viscérale

1. neurone spinal viscéral
2. tractus viscéral secondaire ascendant
3. tractus postéro-latéral
4. fibres spino-péri-aqueductales
5. substance viscérale secondaire
6. colonne intermédio-médiale
7. substance intermédiaire centrale
8. tractus spino-thalamique
9. colonne intermédio-latérale

21

Moelle spinale et voies descendantes

Les voies descendantes, paires et symétriques, véhiculent les influx induits par l'encéphale et impliqués dans la fonction motrice volontaire et involontaire (ou automatique).

21.1 ORGANISATION GÉNÉRALE (fig. 21.1)

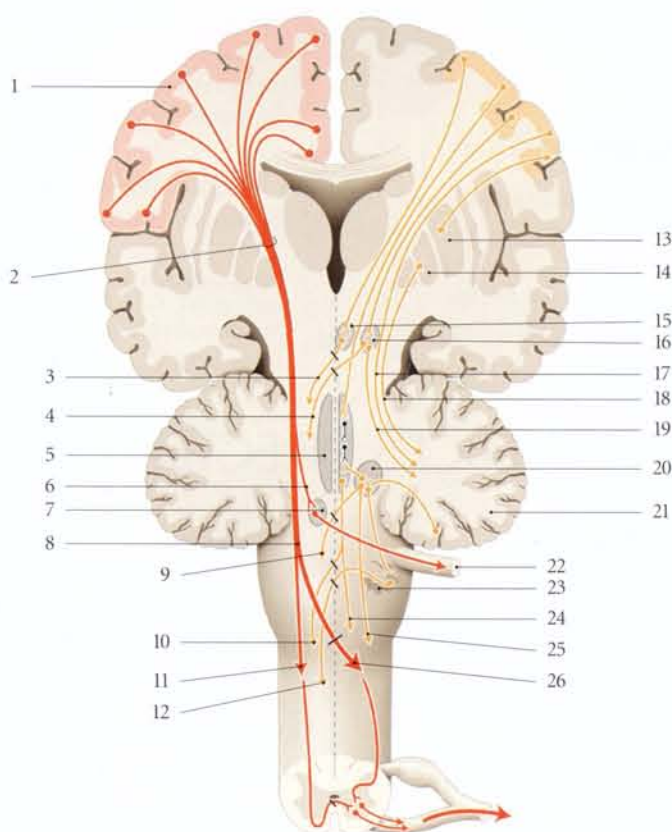


FIG. 21.1. Diagramme schématique des voies motrices

En rouge : voies motrices directes

En orange : voies motrices indirectes

1. cortex cérébral
2. capsule interne
3. tractus tecto-spinal
4. tractus rubro-spinal

5. formation réticulaire
6. faisceau cortico-nucléaire
7. noyau moteur d'un n. crânien
8. tractus pyramidal
9. tractus vestibulo-spinal médial
10. tractus réticulo-spinal croisé
11. tractus cortico-spinal direct
12. tractus olivo-spinal croisé

13. putamen
14. globus pallidus
15. colliculus sup.
16. noyau rouge
17. fibres cortico-cérébelleuses
18. fibres striato-cérébelleuses
19. fibres rubro-cérébelleuses
20. noyau vestibulaire

21. cervelet
22. n. crânien
23. olive
24. tractus réticulo-spinal direct
25. tractus vestibulo-spinal latéral
26. tractus cortico-spinal croisé

On distingue la voie motrice directe et la voie motrice indirecte.

A | VOIE MOTRICE DIRECTE

Elle transmet l'influx moteur volontaire et elle est formée de deux neurones, central et périphérique.

1 | Le premier neurone moteur

Il est central et son axone ou neurofibre traverse la capsule interne et fait synapse dans la corne antérieure de la moelle spinale (fibre cortico-spinale) ou dans certains noyaux des nerfs crâniens (fibre cortico-nucléaire).

2 | Le deuxième neurone moteur

Il est périphérique et spino-musculaire, pour les nerfs spinaux, ou nucléo-musculaire, pour les nerfs crâniens.

B | VOIE MOTRICE INDIRECTE¹

Elle transmet l'influx moteur automatique ou semi-volontaire, et participe à la régulation du tonus musculaire.

Cette voie est dite indirecte car elle fait relais dans l'encéphale avant d'atteindre la moelle spinale. Elle est

donc formée de plusieurs types de neurones centraux et d'un neurone périphérique.

1 | Le premier neurone central

Il fait synapse, soit dans un noyau basal du cerveau, soit dans un noyau du tronc cérébral autre que les noyaux des nerfs crâniens moteurs. Aussi la neurofibre de ce premier neurone est cortico-striée, cortico-réticulaire, cortico-rubrale, cortico-pontique ou cortico-nigrale.

2 | Le deuxième neurone central²

Sa neurofibre part d'un noyau basal du cerveau et fait relais soit dans le cervelet, soit dans un noyau du tronc cérébral.

3 | Le troisième neurone central

Il unit un noyau du tronc cérébral ou du cervelet à la moelle spinale.

Il est soit rubro-spinal, soit réticulo-spinal, soit vestibulo-spinal, soit tecto-spinal, soit olivo-spinal.

4 | Le quatrième neurone

Il est périphérique et spino-musculaire.

1. Ou voie motrice secondaire.

2. La chaîne des 2^e et 3^e neurones centraux est parfois dénommée voie extrapyramidale.

21.2 VOIES MOTRICES DIRECTES (fig. 21.2 et 21.3)

A | TRACTUS PYRAMIDAL

Il est constitué de *neurofibres cortico-spinales et cortico-nucléaires du bulbe*. Ces neurofibres sont regroupées en tractus homonymes.

Il véhicule l'influx moteur volontaire du corps.

Toutes ses fibres naissent d'une large surface du cortex cérébral, puis traversent le cerveau en se concentrant, telle une pyramide inversée, d'où son nom de tractus pyramidal.

1 | Constitution

Chaque tractus pyramidal est constitué de plus d'un million de neurofibres dont 700 000 sont myélinisées ; 90 % des fibres myélinisées ont un calibre compris entre 1 et 4 μ ; 30 000 à 40 000 sont de grosses fibres d'un calibre de 10 à 22 μ , et les autres varient entre 5 et 10 μ .

2 | Origine

Les neurofibres du tractus pyramidal naissent des grandes cellules pyramidales du cortex cérébral, essentiellement (60 à 80 %) de l'*aire motrice principale* située dans les gyrus précentral (aire 4) et de l'*aire motrice secondaire* (aire 6) localisée en avant du gyrus précentral.

Il existe des aires motrices supplémentaires telles les aires préfrontale, visuelle, motrice de la parole (de Broca), etc. (voir Chapitre 28).

3 | Trajet

Les neurofibres, étalées en éventail à leur origine, convergent en bas et médialement vers la capsule interne en formant la *corona radiata*.

a) Dans la capsule interne

- Dans le genou de la capsule interne passent les neurofibres correspondant à la tête et au cou.

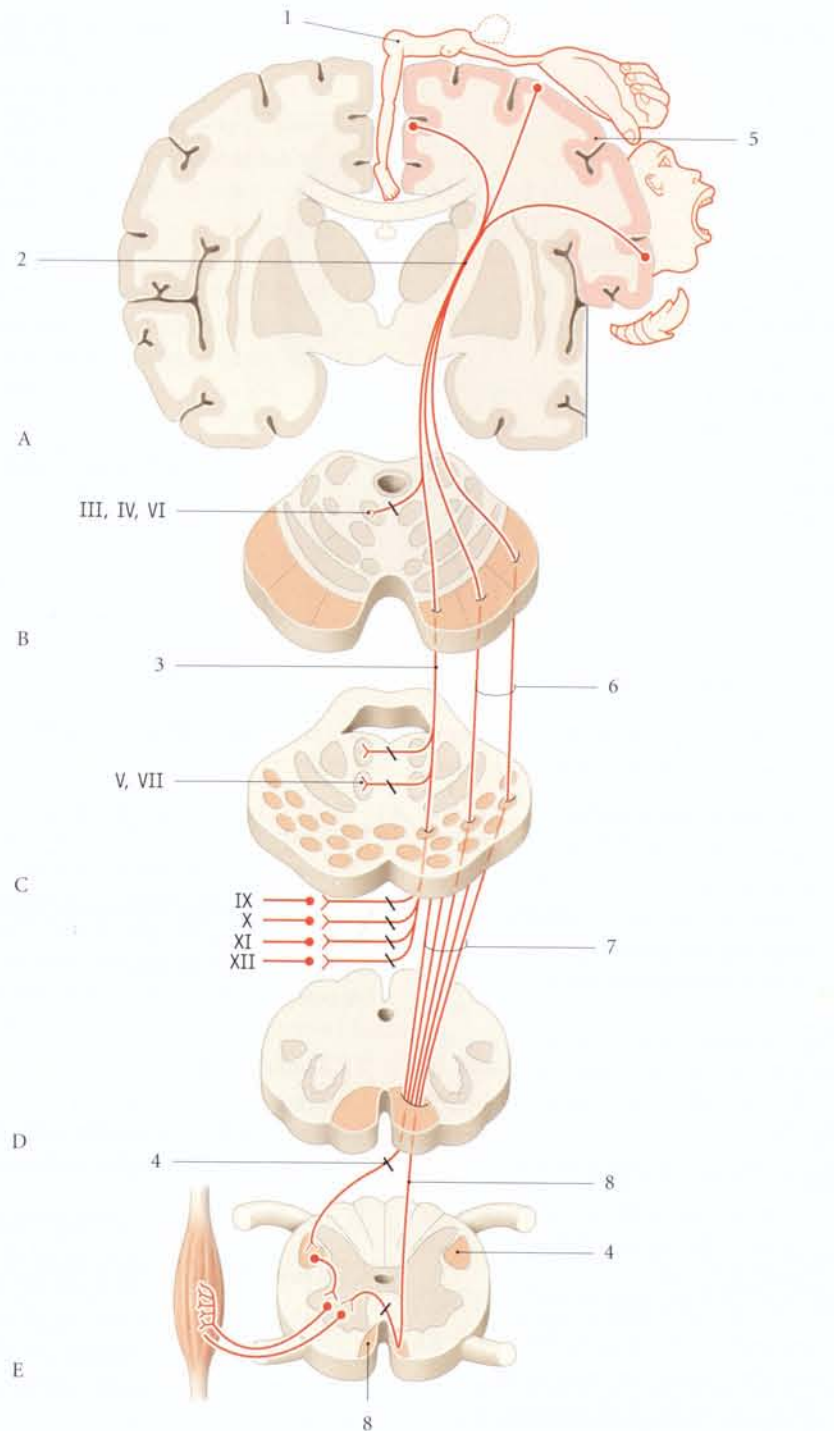


FIG. 21.2. Voie motrice volontaire (schématique)

A. cerveau
B. pédoncule cérébral
C. pont
D. moelle allongée
E. moelle spinale

1. homuncule
2. capsule interne
3. fibres cortico-nucléaires
4. décussation des pyramides et tractus cortico-spinal latéral

5. cortex cérébral moteur
6. fibres cortico-spinales
7. faisceau pyramidal
8. tractus cortico-spinal ant.

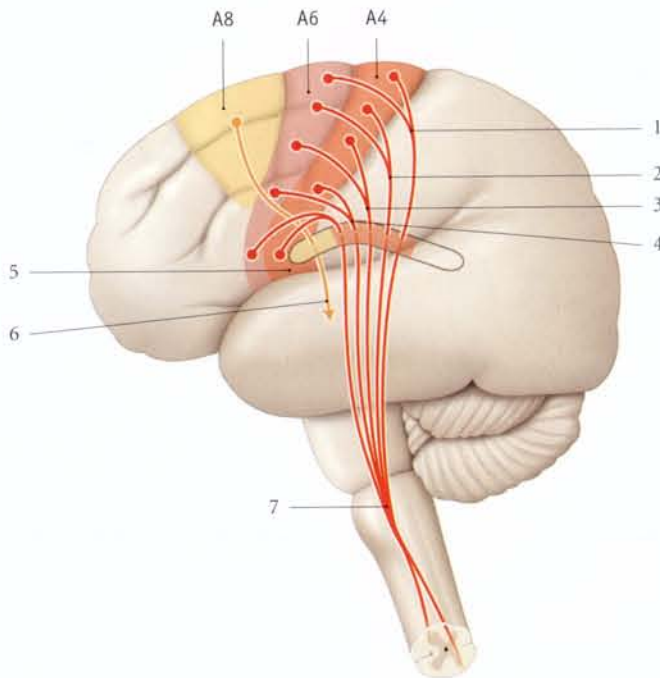


FIG. 21.3. Aires corticales des voies motrices

1. hanche
2. tronc
3. bras
4. main
5. face
6. tractus fronto-pontique
7. faisceau pyramidal

- Dans le bras antérieur de la capsule interne passent les neurofibres concernant les membres et le tronc.

b) Dans la base du pédoncule cérébral

- Le tractus cortico-nucléaire du bulbe est médial.
- Le tractus cortico-spinal destiné à la région lombosacrée et aux membres inférieurs est latéral.
- Le tractus cortico-spinal destiné au tronc et aux membres supérieurs est intermédiaire.

c) Dans le pont

Les fibres convergent et occupent la partie basale du pont. À ce niveau elles sont dissociées par les fibres ponto-cérébelleuses.

d) Dans le bulbe

- *Au niveau de sa partie supérieure*, les fibres cortico-spinales constituent à nouveau deux faisceaux épais, correspondant aux pyramides. Les fibres ventrales correspondent à la région lombosacrée, les fibres dorsales, à la région cervicale, et les fibres intermédiaires, à la région thoracique.
- *À sa partie inférieure*, les fibres se divisent en deux tractus, cortico-spinal antérieur et cortico-spinal latéral.

B | TRACTUS CORTICO-SPINAL ANTÉRIEUR³

Ce tractus propre aux primates est situé dans le cordon antérieur de la moelle spinale près de la fissure médiane.

Il est peu épais et forme le cinquième du tractus cortico-spinal.

1 | Trajet

Dans la moelle spinale, il parcourt le cordon antérieur. Son épaisseur diminue en descendant. Il se termine dans la corne antérieure contro-latérale, après avoir croisé la ligne médiane au travers de la commissure blanche antérieure.

2 | Somatotopie

Les neurofibres destinées aux membres inférieurs sont latérales, celles intéressant les membres supérieurs sont médiales, celles destinées au tronc s'interposent entre les deux précédentes.

C | TRACTUS CORTICO-SPINAL LATÉRAL⁴

Il est situé dans le cordon latéral de la moelle spinale près de la corne postérieure.

Épais, il forme les quatre cinquièmes du tractus cortico-spinal.

1 | Trajet

Dans la moelle allongée, il s'éloigne du tractus cortico-spinal antérieur, se dirige en arrière et latéralement,

3. Ancien. : faisceau pyramidal direct; faisceau pyramidal de Türk.

4. Ancien. : faisceau pyramidal croisé.

croise la ligne médiane en constituant la *décussation des pyramides*, puis il s'infléchit pour descendre dans le cordon latéral de la moelle spinale.

Il diminue de volume en descendant, car il abandonne des neurofibres qui gagnent la corne antérieure du même côté, où elles font synapse.

2 | Somatotopie

Les neurofibres destinées aux membres inférieurs sont latérales, celles destinées aux membres supérieurs sont médiales, celles destinées aux troncs s'interposent entre les deux précédentes.

D | TRACTUS CORTICO-NUCLÉAIRE DU BULBE

Il est destiné à la motricité volontaire des nerfs crâniens V, VII, IX, X, XI et XII.

Les fibres se rendant au noyau du nerf oculomoteur (III) sont dénommées *fibres cortico-nucléaires mésencéphaliques*.

1 | Le premier neurone moteur

Il naît de la partie inférieure du gyrus précentral du cortex moteur, traverse le genou de la capsule interne, puis le cinquième médial de la base du pédoncule cérébral.

Sa neurofibre se termine dans les noyaux moteurs des nerfs crâniens contro-latéraux et accessoirement dans les noyaux homolatéraux.

2 | Le deuxième neurone moteur

Il unit divers noyaux crâniens et spinaux de la moelle cervicale. Il forme le *faisceau longitudinal médial*⁵, qui s'étend du mésencéphale au cordon antérieur de la partie supérieure de la moelle cervicale.

Le faisceau longitudinal médial assure la coordination des mouvements volontaires ou involontaires oculo-céphalogyres, c'est-à-dire les mouvements simultanés de l'œil et du cou.

5. Ancien. : bandelette longitudinale post., tractus de Collier.

21.3 VOIES MOTRICES INDIRECTES

A | TRACTUS VESTIBULO-SPINAL⁶

Les noyaux vestibulaires situés dans la fosse rhomboïde reçoivent des neurofibres afférentes provenant du nerf vestibulaire et du cortex cérébelleux (voir Chapitre 13).

1 | Trajet

Ce tractus se divise dès son origine en deux : le tractus vestibulo-spinal latéral et le tractus vestibulo-médial.

a) Le tractus vestibulo-spinal latéral

Il est volumineux et formé de neurofibres directes.

Il naît du noyau vestibulaire latéral.

Il descend dans le cordon antérieur homolatéral le long de la face antérieure jusqu'aux segments sacraux.

Il se termine dans la corne antérieure homolatérale.

b) Le tractus vestibulo-spinal médial

Il est grêle et formé de neurofibres croisées.

Il naît du noyau vestibulaire médial.

Il descend, à travers le faisceau longitudinal médial, dans le cordon antérieur, près de la fissure médiane.

Il se termine dans la corne antérieure contro-latérale jusqu'aux segments thoraciques supérieurs.

2 | Fonction

Le tractus vestibulo-spinal participe au contrôle de l'équilibre en facilitant l'action des muscles extenseurs et en inhibant celle des muscles fléchisseurs. Le tractus latéral intervient plus spécifiquement dans l'équilibre de tout le corps, et le tractus médial, dans les mouvements des membres supérieurs pour compenser l'équilibre.

B | NEUROFIBRES RÉTICULO-SPINALES

(fig. 21.4)

Elles naissent de la formation réticulaire du pont et de la moelle allongée pour former trois tractus formés de neurofibres directes et croisées.

1 | Le tractus pontoréticulo-spinal⁷

Il naît des noyaux réticulaires du pont et descend dans le tronc cérébral en compagnie du faisceau longitudinal médial.

Dans la moelle spinale, il parcourt la colonne antérieure près de la corne antérieure.

6. Ancien. : faisceau de Deiters.

7. Ancien. : réticulo-spinal médial.

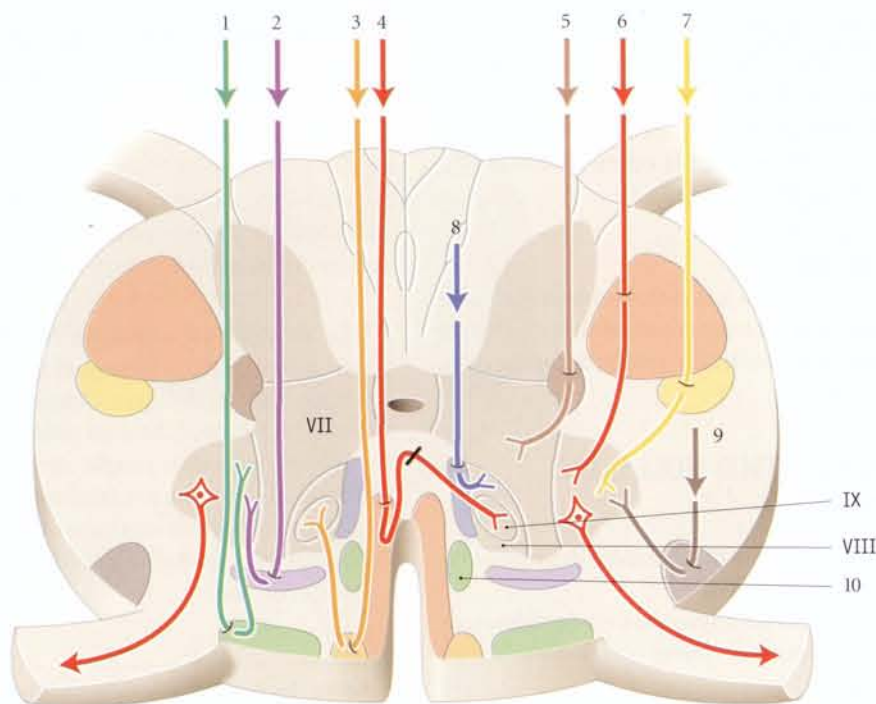


FIG. 21.4. Principales voies descendantes de la moelle spinale

1. tractus vestibulo-spinal latéral
2. tractus réticulo-spinal ant.
3. tractus tecto-spinal
4. tractus cortico-spinal ant.
5. tractus bulboréticulo-spinal

6. tractus cortico-spinal latéral
7. tractus rubro-spinal
8. tractus pontoréticulo-spinal
9. tractus olivo-spinal
10. tractus vestibulo-spinal médial

2 | Le tractus réticulo-spinal antérieur⁸

Il naît principalement de la formation réticulaire du pont et du bulbe. Ses neurofibres croisées et non croisées descendent dans le cordon antérieur. Elles se terminent dans les lames spinales VII et VIII, du même côté pour les neurofibres non croisées, et du côté opposé pour les neurofibres croisées.

3 | Le tractus bulboréticulo-spinal⁹

Il naît de la formation réticulaire du bulbe et parcourt le cordon latéral de la moelle spinale.

4 | Fonction

Les neurofibres réticulo-spinales exercent une action facilitante ou inhibitrice sur les noyaux de la corne antérieure.

Cette voie véhicule aussi l'influx moteur automatique ou semi-volontaire impliqué dans l'activité réflexe.

Elles représentent aussi la voie descendante autonome par laquelle l'hypothalamus contrôle le sympathique et le parasymphatique sacral.

C | TRACTUS OLIVO-SPINAL¹⁰

Il véhicule l'influx moteur semi-volontaire ou automatique.

Il naît des noyaux olivaires inférieurs.

Ses neurofibres descendent dans le cordon latéral des segments supérieurs de la moelle spinale. Elles se terminent dans la corne ventrale homolatérale.

Son existence serait mise en doute chez l'homme.

D | TRACTUS TECTO-SPINAL¹¹

Il est impliqué dans les mouvements réflexes oculo-céphalogyres.

Il naît des colliculus supérieurs.

Ses neurofibres, après croisement au niveau de la *décussation dorsale du tegmentum*, descendent entre le faisceau longitudinal médial en arrière, et le lemnieque

8. Ancien. : tractus tegmento-spinal.

9. Ancien. : tractus réticulo-spinal latéral.

10. Ancien. : faisceau olivo-spinal de Helweg.

11. Ancien. : tractus de Loewenthal, de Marchi.

médial en avant, puis dans le cordon antérieur de la moelle spinale contre la fissure médiane antérieure. Elles se terminent dans la corne ventrale du même côté.

La majorité des fibres s'arrête aux premiers segments médullaires cervicaux.

E | TRACTUS RUBRO-SPINAL ¹²

1 | Trajet

Les corps des neurones siègent dans le noyau rouge. Les neurofibres croisent immédiatement le raphé médian au niveau de la décussation tegmentale du mésencéphale.

Dans le tronc cérébral, elles sont latérales et situées en arrière du lemnie médial, puis de l'olive.

Dans la moelle, elles parcourent le cordon latéral et se terminent dans la corne antérieure.

2 | Fonction

Il constitue une voie indirecte importante de contrôle du cortex cérébral et du cortex cérébelleux sur l'activité motrice.

Ce tractus assurerait une action facilitatrice sur les muscles fléchisseurs et une action inhibitrice sur les muscles extenseurs et antigravitaires.

F | AUTRES TRACTUS DESCENDANTS

1 | Le tractus interstitio-spinal

Il naît du *noyau interstitiel*¹³ situé dans la paroi latérale du 3^e ventricule au-dessus de l'aqueduc cérébral.

Il descend dans la partie centrale du tronc cérébral *via* le faisceau longitudinal médial, puis le cordon antérieur de la moelle.

La majorité de ses neurofibres sont directes et se terminent dans la corne antérieure homolatérale.

Il se connecte aux neurones moteurs des muscles de la nuque et des membres.

2 | Le tractus solitario-spinal ¹⁴

C'est un tractus étroit des premiers segments cervicaux de la moelle spinale.

Il naît de la partie ventro-latérale du noyau solitaire et descend dans le cordon antérieur et surtout dans le cordon latéral.

Il se termine dans le noyau thoracique.

Il est constitué de neurofibres afférentes sensitives provenant des nerfs facial, glosso-pharyngien et vague.

Il est impliqué dans la transmission des influx sensitifs de l'activité des muscles inspireurs.

La cordotomie antéro-latérale bilatérale au niveau des segments cervicaux supérieurs abolit le rythme respiratoire.

3 | Le tractus cœruléo-spinal (ou caeruleo-spinal)

Cette voie adrénergique naît dans le locus cœruléus situé dans la fosse rhomboïde, près de l'extrémité supérieure du sillon limitant.

Les neurofibres descendent dans le cordon latéral de la moelle spinale pour se terminer dans les colonnes inter-médio-latérales.

4 | Le tractus raphé-spinal

Partie du système sérotonique, ses fibres sont issues des noyaux du raphé de la base du cerveau. Elles se divisent dans le tronc cérébral en deux faisceaux, latéral et antérieur, qui accompagnent respectivement les tractus cortico-spinaux latéral et antérieur.

Il se termine dans la corne antérieure de la moelle spinale.

C'est un facilitateur de la flexion et de l'extension musculaire.

5 | Le tractus hypothalamo-spinal

Chez l'homme, des fibres naissent des noyaux paraventriculaires et hypothalamiques, descendent dans le tronc cérébral et le cordon latéral homolatéral de la moelle spinale pour se terminer dans les noyaux sympathiques et parasymphatiques.

Le syndrome de Horner peut résulter d'une lésion de l'hypothalamus, du tronc cérébral ou du cordon latéral de la moelle spinale.

12. Ancien. : faisceau rubro-spinal de von Monakow.

13. Ancien. : noyau de Cajal.

14. Ancien. : faisceau respiratoire de Gierke; faisceau respiratoire de Krause; faisceau solitaire.

22

Moelle spinale et voies associatives

Les voies associatives sont constituées d'interneurones limités à la moelle spinale. Ces connexions neuronales sont intrasegmentaires ou intersegmentaires. Ces connexions synaptiques constituent des voies ascendantes et descendantes en relation avec la formation réticulaire (fig. 22.1).

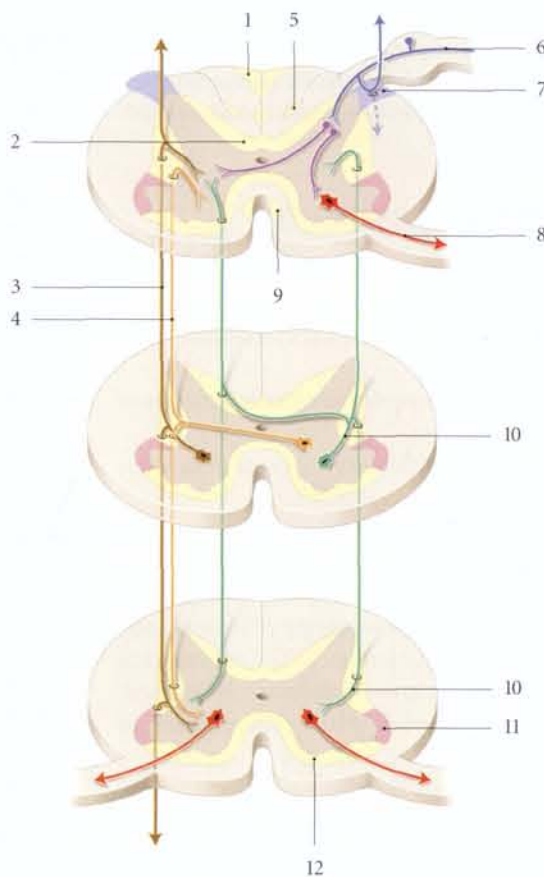


FIG. 22.1. Fibres des tractus proprio-spinaux

1. faisceau septo-marginal
2. faisceau propre post.
3. fibre homolatérale
4. fibre hétérolatérale
5. faisceau interfasciculaire
6. neurofibre sensitive
7. tractus postéro-latéral
8. neurofibre motrice
9. faisceau sulco-marginal
10. faisceau propre latéral
11. substance viscérale secondaire
12. faisceau propre ant.

22.1

VOIES ASSOCIATIVES DE LA SUBSTANCE GRISE

De nombreux interneurones à axones courts et ramifiés unissent les neurones entre eux sans sortir de la substance grise.

Les interneurones du noyau antéro-médial de la corne antérieure¹ s'interposent entre une branche du neu-

rone moteur et la synapse de ce dernier avec le neurone efférent sensitif. Ils assurent le rétrocontrôle inhibiteur de la neurofibre motrice.

1. Ancien : cellules de Renshaw.

22.2 VOIES ASSOCIATIVES DE LA SUBSTANCE BLANCHE

Les corps des interneurons sont situés dans la substance grise et les neurofibres se regroupent en faisceaux et tractus.

A | TRACTUS POSTÉRO-LATÉRAL²

Situé dans le cordon latéral, il est constitué des branches collatérales des neurofibres sensitives, qui pénètrent la corne postérieure de la moelle spinale.

Ces branches ascendantes et descendantes sont myélinisées ou amyélinisées. Après un trajet dans un ou deux segments médullaires, elles pénètrent la corne postérieure de la moelle.

B | TRACTUS PROPRIOSPINAUX³

Ces tractus sont groupés essentiellement contre le bord de la substance grise.

Ils sont constitués de faisceaux d'association limités de la moelle spinale.

Ils contiendraient des neurofibres réticulo-spinales et descendantes autonomes.

Ils relient entre eux les différents segments de la substance grise.

Les corps de ces neurones sont toujours situés dans la substance grise.

Les neurofibres se divisent dans la substance blanche, souvent en deux branches, ascendante et descendante, plus courte. Celles-ci, après un court trajet ne dépassant pas quatre ou cinq segments médullaires, retournent dans la substance grise pour y faire synapse, surtout dans les lames VII et VIII.

Les neurofibres peuvent rester du même côté de la moelle spinale (fibres homolatérales) ou passer du côté opposé (fibres hétérolatérales), ou desservir les deux côtés à la fois (fibres bilatérales).

1 | Le faisceau propre antérieur

Il est situé dans le cordon antérieur et est présent sur toute la longueur de la moelle spinale. Il est adjacent

aux cornes antérieures et à la substance grise intermédiaire.

2 | Le faisceau sulco-marginal

Il est adjacent à la fissure médiane. Il ne semble pas atteindre les segments médullaires lombaux.

3 | Le faisceau propre latéral

Il est présent sur toute la longueur de la moelle spinale. Il est situé contre le bord latéral des cornes antérieures et postérieures.

4 | Le faisceau propre postérieur⁴

Il est situé dans les cordons postérieurs contre les cornes postérieures et la substance grise intermédiaire.

Il est bien développé dans les segments médullaires lombaires.

5 | Le faisceau septo-marginal

a) *Dans les segments spinaux thoraciques⁵*, il est situé contre le milieu du septum médian postérieur.

b) *Dans les segments spinaux lombaires et sacraux⁶*, il est situé à la périphérie de l'angle postéro-médian du cordon postérieur.

6 | Le faisceau interfasciculaire⁷ (ou semi-lunaire)

Il siège au milieu du cordon postérieur, surtout dans les segments médullaires cervicaux et thoraciques.

2. Ancien. : tractus de Lissauer.

3. Ancien. : faisceaux propres; faisceaux fondamentaux.

4. Ancien. : faisceau cornu-commissural de Pierre Marie.

5. Ancien. : faisceau ovale de Flechsig, tractus de Muir.

6. Ancien. : faisceau triangulaire médian, faisceau de Gombault et Philippe.

7. Ancien. : faisceau en virgule de Schultze; tractus d'Hoche.

22.3 ARC RÉFLEXE SPINAL

Le réflexe, réponse involontaire à un stimulus, dépend d'un circuit nerveux réactif, l'*arc réflexe*.

L'arc réflexe comprend un organe effecteur, un neurone afférent, un neurone efférent et un organe récepteur.

L'arc réflexe peut être simple, monosynaptique, ou complexe, polysynaptique.

A | ARC RÉFLEXE MONOSYNTACTIQUE⁸

(fig. 22.2)

Cet arc, important dans le maintien du tonus musculaire, est le plus simple.

Il est illustré par le *réflexe patellaire*, qui consiste à appliquer sur le tendon patellaire un coup bref, provoquant l'extension de la jambe.

- L'organe effecteur est le fuseau neuro-musculaire, activé pour l'étirement du tendon par le choc du marteau.

- Le neurone afférent sensitif, issu du faisceau neuro-musculaire, est de gros calibre, de type Ia. Il permet un réflexe rapide.

Il fait synapse dans la corne antérieure avec le neurone efférent moteur α .

- Le neurone efférent se projette sur les myofibres extrafuséales du muscle excité, et provoque sa contraction.

Parallèlement, l'activité des muscles antagonistes est contrôlée grâce au rétrocontrôle de l'interneurone inhibiteur⁹.

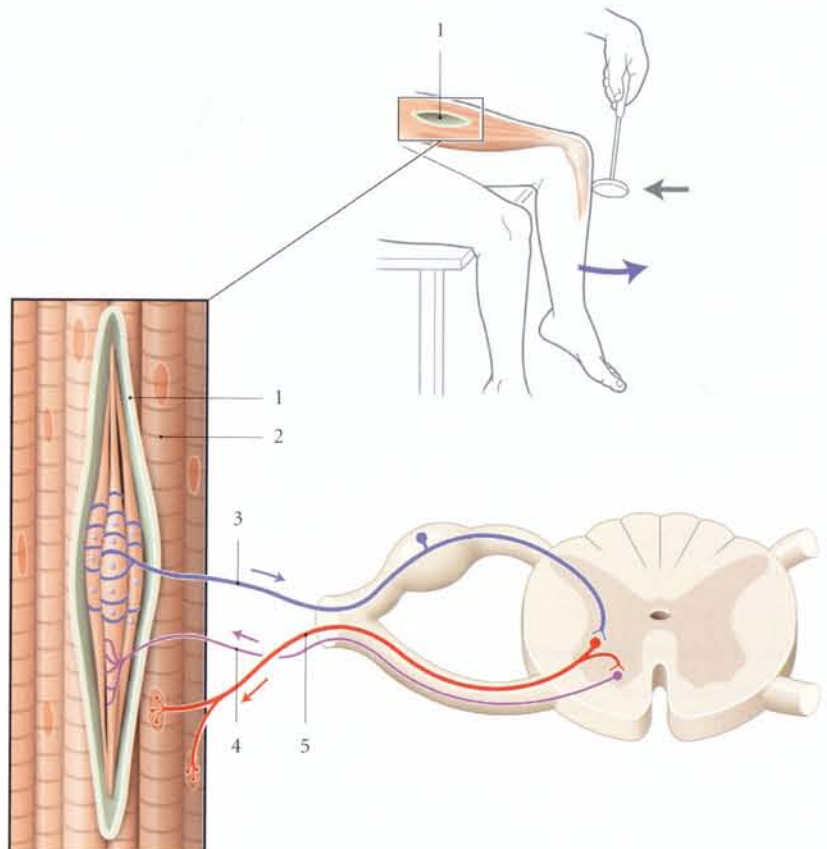
Les petits neurones γ modulent l'activité des myofibres intrafuséales, donc le fuseau neuromusculaire.

8. Syn. : réflexe d'étirement, tendineux, myotatique.

9. Ancien. : cellule de Renshaw.

FIG. 22.2. Arc réflexe monosynaptique

1. fuseau neuro-musculaire
2. myofibre extrafuséale
3. neurofibre afférente sensitive 5 (Ia)
4. neurofibre efférente γ
5. neurofibre efférente α



B | ARC RÉFLEXE POLYSYNAPTIQUE (fig. 22.3)

Il est complexe et met en jeu de nombreux circuits synaptiques.

Cet arc permet le contrôle de la fonction musculaire. Ainsi intervient le fuseau neuro-tendineux dans la régulation du tonus musculaire.

- Le neurone afférent sensitif Ib, qui part du fuseau neuro-tendineux, présente dans la moelle spinale des branches qui font synapse avec de nombreux interneurones. Ces branches sont responsables de la diffusion du stimulus dans les segments spinaux voisins.
- Les interneurones font synapse avec les neurones efférents moteurs des neurones des voies ascendantes ou descendantes.

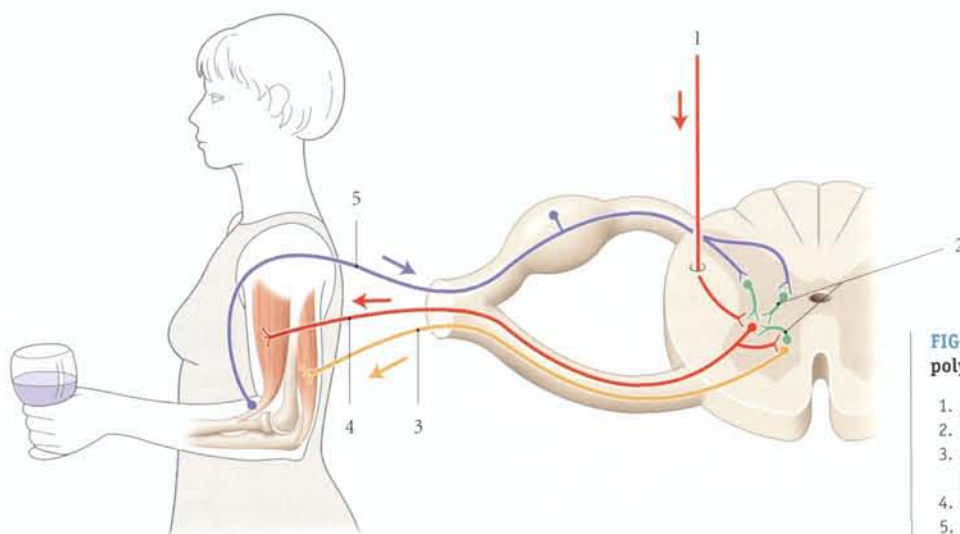


FIG. 22.3. Arc réflexe polysynaptique

1. tractus cortico-spinal
2. interneurone
3. neurofibre motrice antagoniste
4. neurofibre motrice agoniste
5. neurofibre sensitive

La présence de ces connexions permet de comprendre en particulier le *réflexe d'extension croisé* (fig. 22.4). Les récepteurs sensoriels du pied droit stimulés entraînent l'activation du motoneurone fléchisseur du membre inférieur droit. Simultanément, les interneurones stimulent du côté contro-latéral le motoneurone des extenseurs et l'inhibition du motoneurone fléchisseur, ce qui permet la stabilité de la station érigée.

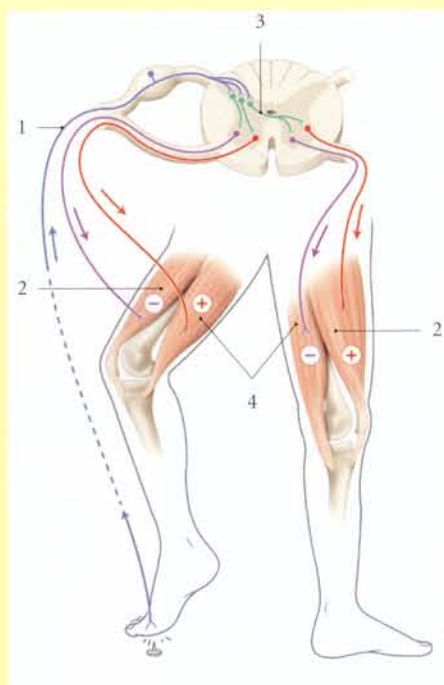


FIG. 22.4. Arc réflexe d'extension croisée

– : action antagoniste
+ : action agoniste

1. neurofibre sensitive
2. mm. extenseurs
3. interneurones
4. mm. fléchisseurs

22.4 INTERRUPTIONS DES VOIES ASCENDANTES ET DESCENDANTES

Elles sont fréquentes et relèvent souvent de traumatismes de la colonne vertébrale engendrés par les accidents de la circulation motorisée.

A | HÉMISECTION DE LA MOELLE SPINALE (syndrome de BrownSequard)

Elle est très rare. Elle se traduit par l'interruption des voies motrices du côté de la lésion, et des voies sensitives du côté opposé à la lésion.

On observe schématiquement après le choc spinal :

- du côté lésionnel, une parésie spastique, une hyperréflexie et des troubles vasomoteurs ;
- du côté opposé sain, une anesthésie thermique et douloureuse.

B | SECTION COMPLÈTE DE LA MOELLE SPINALE (fig. 22.5)

Cette interruption anatomique des neurofibres afférentes et efférentes se traduit par des troubles sensitifs et moteurs des membres et des viscères selon l'atteinte des centres nerveux autonomes.

1 | La section au-dessus du segment de la vertèbre cervicale C3

Elle est mortelle. Elle entraîne en effet un arrêt respiratoire par l'atteinte des nerfs phréniques et intercostaux.

2 | La section au niveau de la vertèbre cervicale C8

Elle provoque une tétraplégie (paralysie des membres supérieurs et inférieurs) et une parésie.

3 | La section au niveau de la vertèbre lombaire L1

Elle est associée à la lésion de l'artère de l'intumescence lombaire et entraîne :

- une paraplégie ;
- des troubles respiratoires et intestinaux (iléus paralytique) ;
- des troubles sensitifs cutanés en rapport avec le niveau de la section médullaire.

4 | La section de l'épicône (segments spinaux L4 à S2)

Elle entraîne :

- une parésie et une paralysie flasque des membres inférieurs ;
- une parésie statique de la vessie et du côlon gauche. La vidange vésicale n'est plus possible. À un certain degré de réplétion, la vessie se vide spontanément grâce à un arc réflexe spinal (vessie automatique) ;
- une impuissance, malgré un priapisme inconstant.

5 | La section du cône terminal

Elle entraîne une lésion du centre parasymphatique pelvien (S2-S4) et se traduit par :

- une incontinence vésicale et anale ;
- une impuissance ;
- une anesthésie en selle ;
- l'absence d'atteinte motrice des membres inférieurs (les réflexes patellaire et achilléen sont normaux).

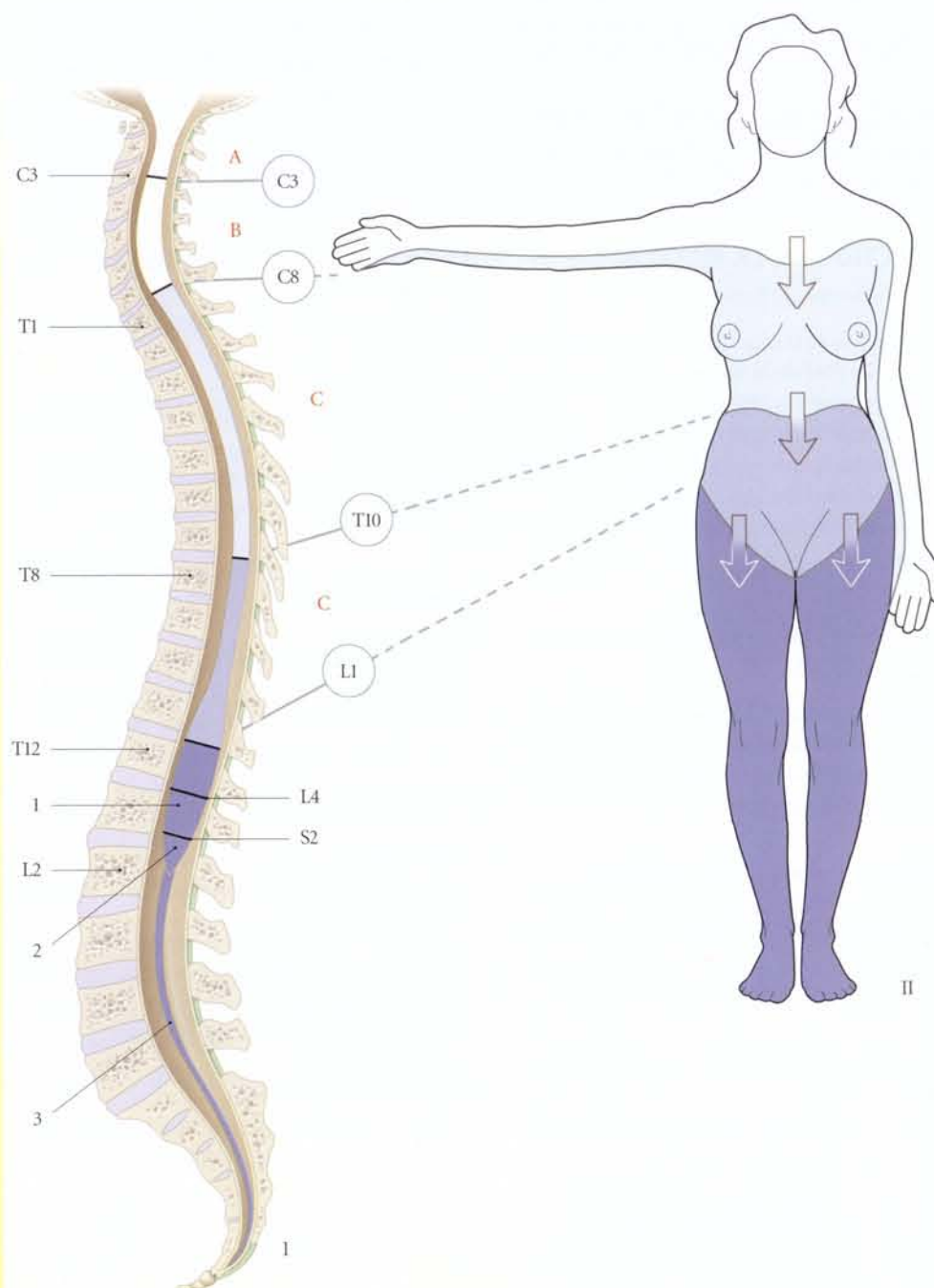


FIG. 22.5. Niveaux des lésions de la moelle spinale et leurs principales conséquences

A. zone mortelle

B. zone de tétraplégie

C. zone de paraplégie

I. niveau des lésions

II. surfaces sensibles concernées dans la paraplégie et dans la tétraplégie

1. épïcône

2. cône terminal

3. filum terminal

ENCÉPHALE

23 Développement de l'encéphale

Le développement de l'encéphale est précoce et solidaire de la ligne primitive de l'embryon. Sa formation morphologique dépend des gènes Hox, gènes architectes présents dans le génome de chaque individu. D'où l'existence d'une anatomie encéphalique commune. Son développement fonctionnel est contrôlé par d'autres gènes qui déterminent la spécialisation de chaque région encéphalique. Le développement postnatal, important chez l'homme, est modelé par les conditions de la vie qui donnent au cerveau, en particulier, un caractère individuel.

23.1 ORGANOGENÈSE

L'encéphale dérive du tiers crânial du tube neural.

A | VÉSICULES ENCÉPHALIQUES

L'encéphale procède par la formation successive de dilatations du tube neural, les vésicules encéphaliques.

1 | Les vésicules encéphaliques primaires (fig. 23.1)

À la fin de la 3^e semaine, le tube neural présente trois vésicules encéphaliques primaires, le prosencéphale, le mésencéphale, et le rhombencéphale.

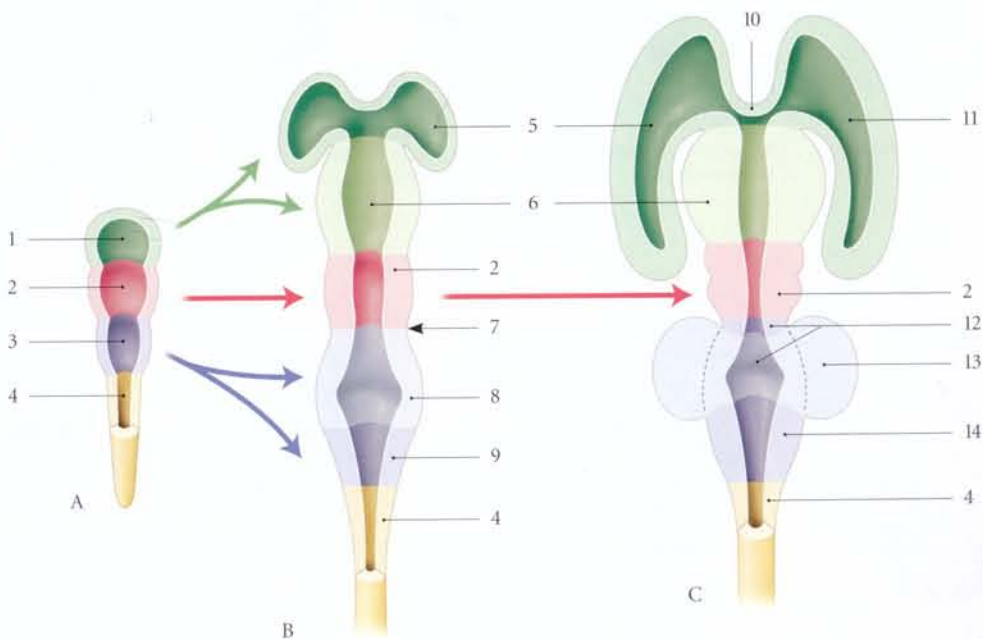


FIG. 23.1. Devenir des vésicules encéphaliques

- | | |
|------------------|--------------------------|
| A. 3 semaines | 3. rhombencéphale |
| B. 4 semaines | 4. moelle spinale |
| C. 6 semaines | 5. télencéphale |
| 1. prosencéphale | 6. diencéphale |
| 2. mésencéphale | 7. isthme de l'encéphale |
| | 8. métencéphale |

- | |
|------------------------|
| 9. myélocéphale |
| 10. lame terminale |
| 11. ventricule latéral |
| 12. pont |
| 13. cervelet |
| 14. bulbe |

Simultanément, le tube neural s'infléchit ventralement, créant deux courbures à concavité antérieure :

- la courbure mésencéphalique entre le prosencéphale et le mésencéphale ;
- la courbure cervicale entre le rhombencéphale et la moelle spinale.

2 | Les vésicules encéphaliques secondaires (fig. 23.2 et 23.3)

Elles se différencient au cours de la 4^e semaine. Le prosencéphale se divise en télencéphale et diencéphale, et le rhombencéphale en métencéphale et myélencéphale. Entre le métencéphale et le myélencéphale se produit une courbure à concavité postérieure, la courbure pontique.

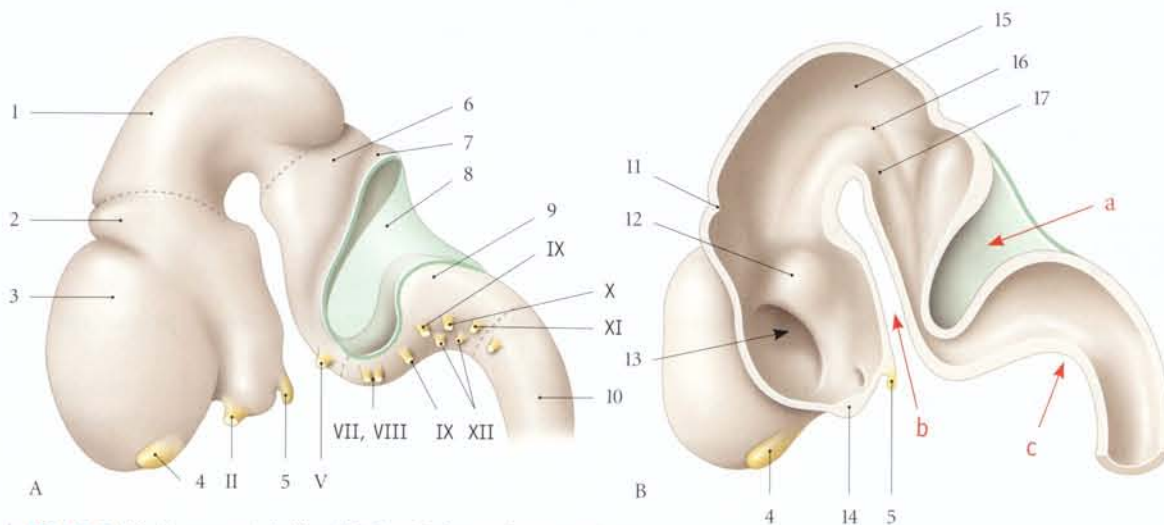


FIG. 23.2. Développement de l'encéphale - Embryon de 5 semaines

- | | | | |
|--------------------------------------|--------------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| A. vue externe | 1. mésencéphale | 7. ébauches cérébelleuses | 13. foramen interventriculaire |
| B. coupe longitudinale (vue interne) | 2. diencéphale | 8. 4 ^e ventricule | 14. chiasma optique |
| a. courbure pontique | 3. télencéphale | 9. myélencéphale | 15. lame dorsale |
| b. courbure mésencéphalique | 4. bulbe olfactif | 10. moelle spinale | 16. sillon limitant |
| c. courbure cervicale | 5. bourgeon neuro-hypophysaire | 11. ébauche pinéale | 17. lame ventrale |
| | 6. métencéphale | 12. thalamus | |

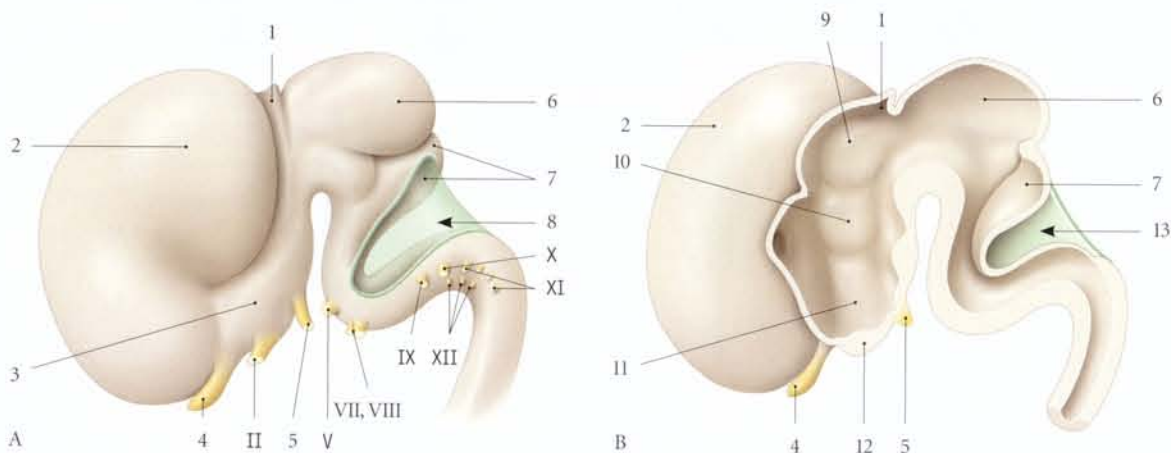


FIG. 23.3. Développement de l'encéphale - Embryon de 7 semaines

- | | | |
|--------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| A. vue externe | 4. bulbe olfactif | 9. épithalamus |
| B. coupe longitudinale (vue interne) | 5. ébauche de la neurohypophyse | 10. thalamus |
| 1. bourgeon pinéal | 6. mésencéphale | 11. hypothalamus |
| 2. télencéphale | 7. ébauches cérébelleuses | 12. chiasma optique |
| 3. diencéphale | 8. courbure pontique | 13. 4 ^e ventricule |

B | DÉVELOPPEMENT DU RHOMBENCÉPHALE

Le pli de la courbure pontique apparaît à la 5^e semaine et divise le rhombencéphale en myélencéphale et métencéphale.

La majeure partie du rhombencéphale s'étale latéralement comme un livre qu'on ouvre.

1 | Le quatrième ventricule

Le canal neural du rhombencéphale se dilate pour former le 4^e ventricule.

a) La paroi antérieure ou plancher du 4^e ventricule

Elle est épaisse et correspond aux lames ventrales et dorsales disposées dans le même plan. Les lames ventrales sont disposées latéralement, les lames dorsales, médialement.

b) La paroi postérieure ou toit du 4^e ventricule

- Au niveau du myélencéphale, elle est mince, formée de l'épendyme et de la pie-mère, qui constituent la toile choroïdienne. Celle-ci s'invagine dans le 4^e ventricule et se plisse.
- Au niveau du métencéphale, elle est limitée par deux épaississements, les *lèvres rhombencéphaliques*, qui sont à l'origine du cervelet.

2 | Le myélencéphale (fig. 23.4)

Il donne la moelle allongée ou bulbe.

a) La partie caudale du myélencéphale présente un élément latéral limité et ressemble à la moelle spinale.

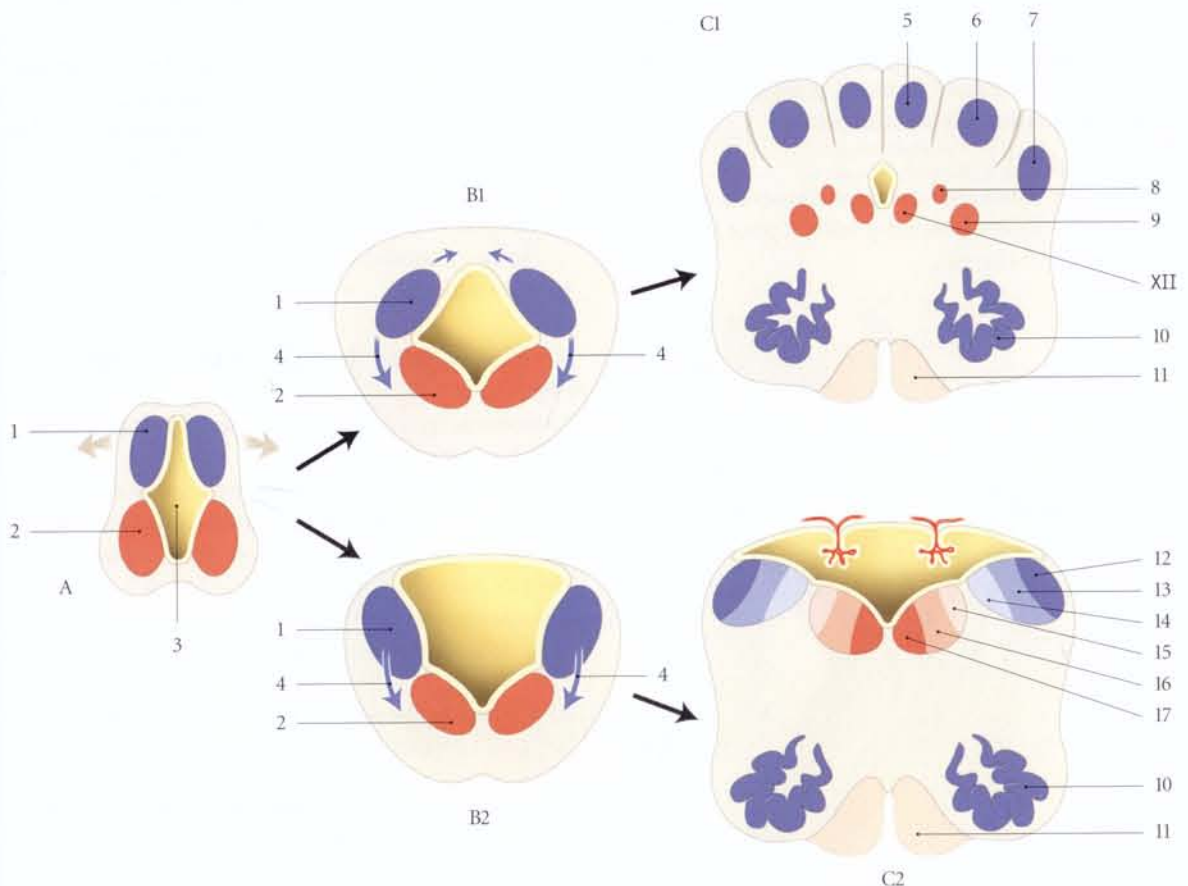


FIG. 23.4. Différenciation du myélencéphale (coupes transversales)

A. tube neural
B1 et B2. évolution
C1. partie caudale chez l'adulte
C2. partie crânienne chez l'adulte

1. lame dorsale
2. lame ventrale
3. canal neural

4. coulée cellulaire
5. noyau gracile
6. noyau cunéiforme
7. noyau spinal du V
8. noyau dorsal du X
9. noyau ambigu
10. noyau olivaire inf.

11. pyramide (partie caudale)
12. colonne somato-sensitive
13. colonne viscéro-sensitive spéciale
14. colonne viscéro-sensitive générale
15. colonne viscéro-motrice générale
16. colonne branchio-motrice
17. colonne somato-motrice

- Chaque lame dorsale forme deux masses, l'une médiale, le noyau gracile¹, et l'autre latérale, le noyau cunéiforme².
- Chaque lame ventrale forme une pyramide du bulbe.

b) La partie crâniale du myélocéphale est plus étalée et ouverte dorsalement.

Les lames ventrales et dorsales participent à la formation des noyaux des nerfs crâniens du tronc cérébral (voir plus loin).

D'autres cellules des lames dorsales migrent latéralement et ventralement, pour former les noyaux olivaires.

3 | Le métencéphale (fig. 23.5)

Il donne le pont et le cervelet.

a) Le pont³

Il dérive de la partie antérieure étalée et épaisse du métencéphale. Il contient les lames ventrales et dorsales du tube neural qui s'étalent et se fractionnent pour former les noyaux des nerfs crâniens.

b) Le cervelet

Il dérive des lèvres rhombencéphaliques du 4^e ventricule. Celles-ci s'épaississent et saillent pour former les ébauches cérébelleuses.

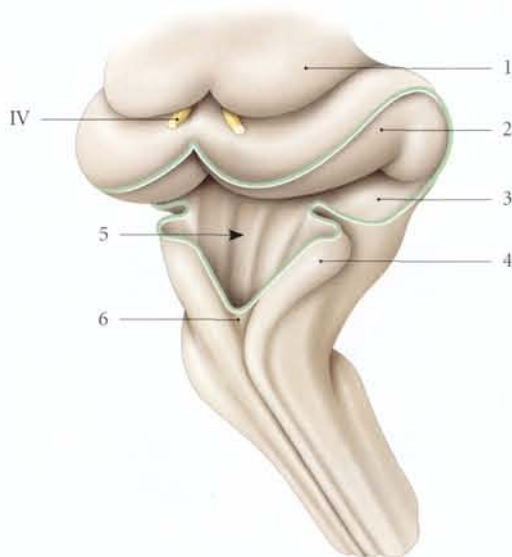


FIG. 23.5. Tronc cérébral – Fœtus de 3 mois
(vue dorso-latérale)

1. tectum du mésencéphale (+ colliculus inf.)
2. ébauche cérébelleuse
3. récessus latéral du 4^e ventricule
4. lèvre rhombencéphalique
5. plancher du 4^e ventricule
6. obex

- À la fin de la 6^e semaine, les parties antérieures des ébauches cérébelleuses croissent dorsalement et fusionnent au-dessus du 4^e ventricule pour former le corps du cervelet primordial (hémisphères cérébelleux et vermis).

Les parties postérieures des ébauches cérébelleuses forment les lobes flocculo-nodulaires. Ces parties sont séparées par la fissure postéro-latérale.

- À la 12^e semaine, le corps du cervelet primordial présente deux parties, les lobes antérieur et postérieur, séparés par la fissure primaire. Durant cette période apparaissent les fissures secondaires délimitant dans chaque hémisphère des lobules. La croissance du cervelet se poursuit après la naissance.

- Du point de vue phylogénétique, on distingue dans le cervelet trois parties, qui correspondent chacune à un stade de son évolution :

- l'archicervelet⁴, prépondérant chez les poissons, correspondant au lobe flocculo-nodulaire ;
- le paléocervelet, marqué chez les amphibiens, les reptiles et les oiseaux, formé essentiellement du lobe antérieur ;
- le néocervelet, très développé chez les mammifères, formé essentiellement du lobe postérieur (voir Chapitre 25).

4 | Histogénèse du tronc encéphalique

(fig. 23.6 et 23.7)

Le tronc encéphalique est constitué du rhombencéphale sans le cervelet.

Les neuroblastes de chaque lame dorsale et ventrale migrent pour former respectivement les colonnes fonctionnelles sensibles et motrices qui s'organisent en noyaux des nerfs crâniens.

Les colonnes sensibles sont disposées latéralement par rapport aux colonnes motrices.

a) La colonne somato-sensible, latérale, est formée du noyau du nerf trijumeau (V).

b) La colonne viscéro-sensible, médiale, est constituée du noyau du nerf vague.

c) Les noyaux viscéro-sensoriels comportent :

- les noyaux vestibulaires et cochléaires situés latéralement ;

1. Ancien. : noyau de Goll.
2. Ancien. : noyau de Burdach.
3. Ancien. : pont de Varole, protubérance annulaire.
4. Ancien. : archéocérébellum.

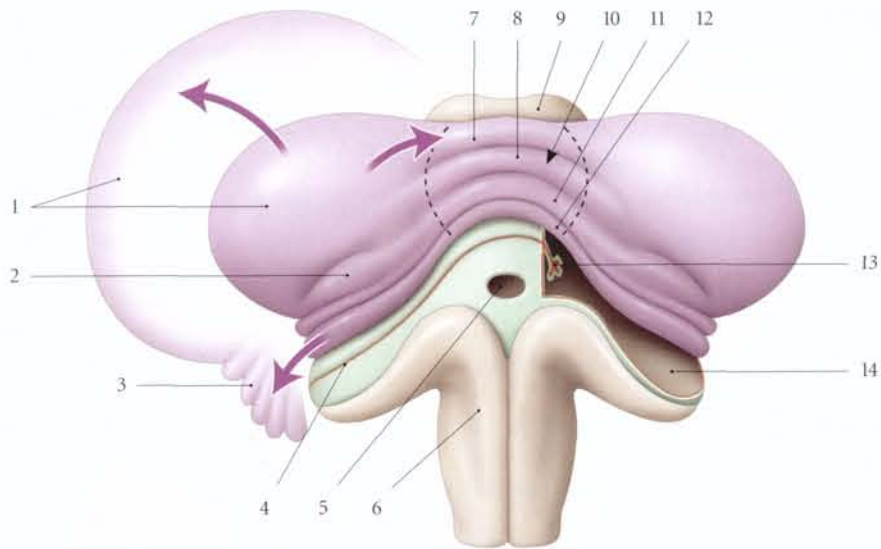


FIG. 23.6. Développement du cervelet - Fœtus de 4 mois (vue dorsale du 4^e ventricule et du cervelet)

- | | | |
|--|----------------------|---|
| 1. hémisphère cérébelleux | 6. tubercule gracile | 11. uvule |
| 2. tonsille cérébelleuse | 7. culmen | 12. nodule |
| 3. lobe flocculo-nodulaire | 8. pyramide | 13. plexus choroïde |
| 4. toit du 4 ^e ventricule et fissure choroïdienne | 9. mésencéphale | 14. récessus latéral du 4 ^e ventricule |
| 5. ouverture médiane | 10. vermis | |

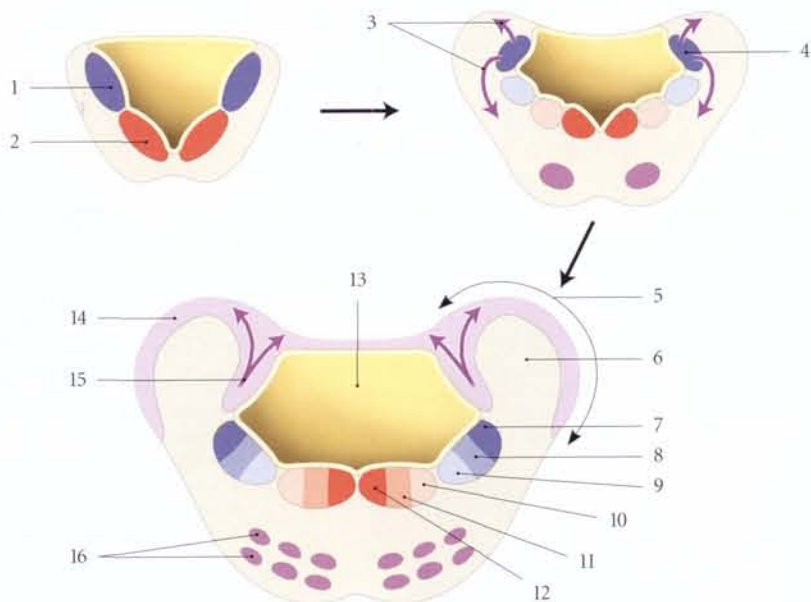


FIG. 23.7. Développement du métencéphale (coupes transversales)

- | | | |
|------------------------------------|--|--------------------------------|
| 1. lame dorsale | 7. colonne somato-sensitive | 12. colonne somato-moteur |
| 2. lame ventrale | 8. colonne viscéro-sensitive spéciale | 13. 4 ^e ventricule |
| 3. extension bulbo-pontique | 9. colonne viscéro-sensitive générale | 14. cortex cérébelleux présumé |
| 4. partie post. de la lame dorsale | 10. colonne viscéro-motrice générale | 15. noyaux cérébelleux |
| 5. lèvre rhombencéphalique | 11. colonne viscéro-motrice spéciale (brachio-motrice) | 16. noyaux du pont |
| 6. couche palliale | | |

- le noyau solitaire (VII, IX et X), concerné par les influx gustatifs. Il est situé entre les colonnes viscéro-sensitives et somato-sensitives.

d) La colonne viscéro-motrice, latérale, est formée des noyaux salivaires supérieur (VII) et inférieur (IX) et du noyau dorsal du nerf vague (X).

e) La colonne somato-motrice, médiale, est formée des noyaux des nerfs hypoglosse (XII), accessoire (XI) et abducens (VI).

f) La colonne branchio-motrice, intermédiaire, est destinée aux muscles des arcs pharyngiens. Elle est formée du noyau moteur du nerf trijumeau (V), du noyau moteur du nerf facial (VII) et du noyau ambigu (IX et X).

5 | Histogénèse du cervelet (fig. 23.8)

Les lèvres rhombencéphaliques sont envahies par des neuroblastes des lames dorsales⁵.

5. Le cervelet serait aussi envahi de neuroblastes des lames ventrales du métencéphale (Baxter).

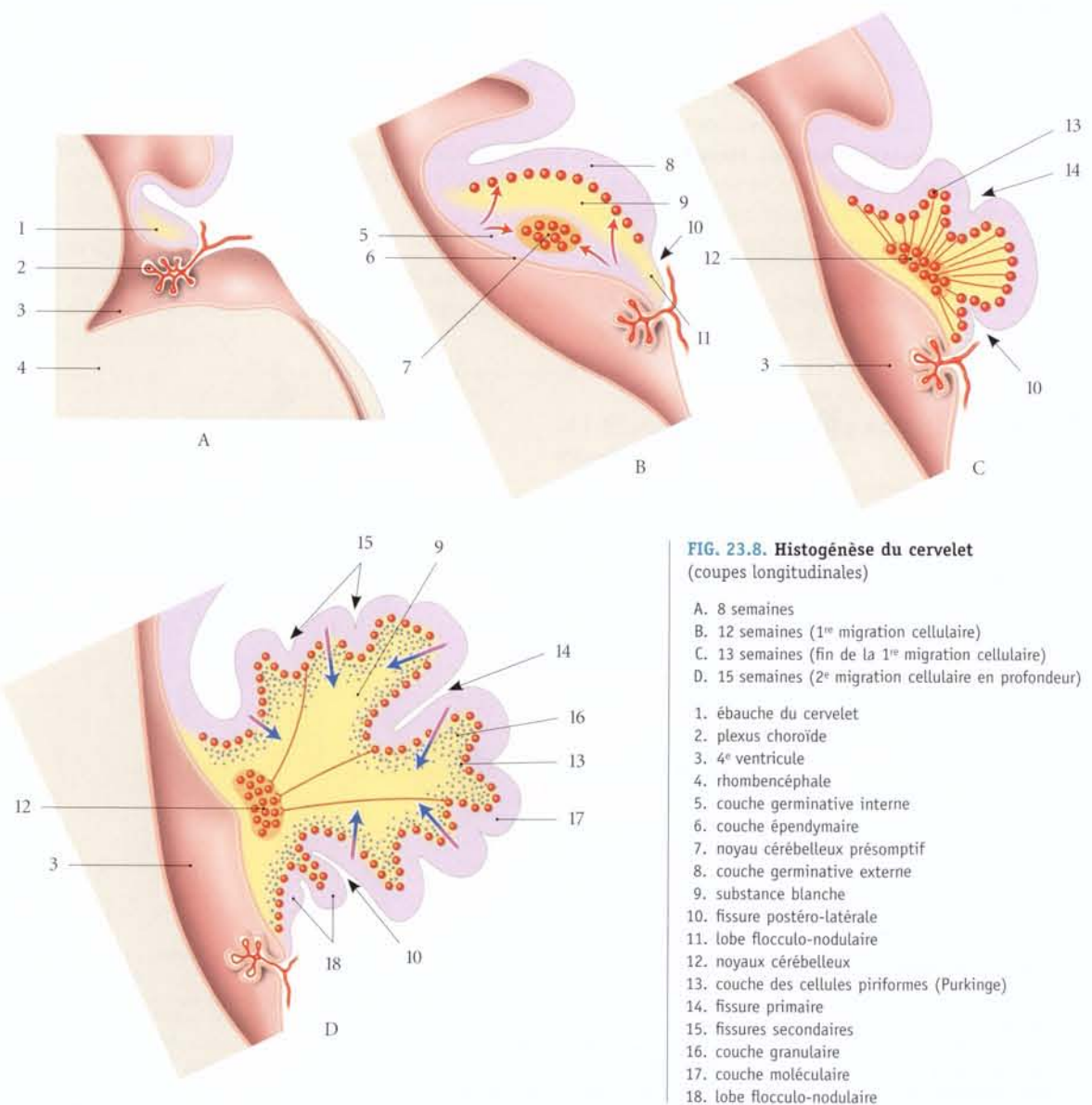


FIG. 23.8. Histogénèse du cervelet
(coupes longitudinales)

- A. 8 semaines
- B. 12 semaines (1^{re} migration cellulaire)
- C. 13 semaines (fin de la 1^{re} migration cellulaire)
- D. 15 semaines (2^e migration cellulaire en profondeur)

- 1. ébauche du cervelet
- 2. plexus choroïde
- 3. 4^e ventricule
- 4. rhombencéphale
- 5. couche germinative interne
- 6. couche épendymaire
- 7. noyau cérébelleux présomptif
- 8. couche germinative externe
- 9. substance blanche
- 10. fissure postéro-latérale
- 11. lobe flocculo-nodulaire
- 12. noyaux cérébelleux
- 13. couche des cellules piriformes (Purkinge)
- 14. fissure primaire
- 15. fissures secondaires
- 16. couche granulaire
- 17. couche moléculaire
- 18. lobe flocculo-nodulaire

Le cervelet primaire présente une couche palliale séparant les couches germinatives interne et externe.

a) La première migration neuroblastique

Au cours de la 4^e semaine, des neuroblastes de la couche germinative interne se différencient.

Certaines se différencient sur place en neurones pour les noyaux du cervelet.

D'autres se différencient en neuroblastes gliaux radiaires et piriformes (de Purkinje), qui migrent dans la couche palliale vers la surface pour former la couche des cellules piriformes.

Les cellules piriformes maintiennent leur contact synaptique avec les neurones des noyaux cérébelleux en formation.

b) La deuxième migration neuroblastique

Au cours du 6^e mois, des neuroblastes de la couche germinative externe se différencient en neurones en corbeille, en petits et grands neurones stellaires⁶, et en neurones granuleux qui migrent en profondeur. Cette migration s'effectue à travers la couche des neurones piriformes pour former la couche granulaire.

Cette migration se poursuit en période postnatale pendant 1,5 mois environ.

La couche germinative externe résiduelle forme la couche moléculaire avec des petits neurones stellaires et des neurofibres.

C | DÉVELOPPEMENT DU MÉSENCÉPHALE

(fig. 23.9)

Le mésencéphale ne subit que peu de transformations, excepté un épaississement de ses parois, qui réduit la lumière du canal neural et qui devient l'aqueduc mésencéphalique⁷.

1 | Évolution de la partie dorsale

Elle est constituée des lames dorsales qui forment quatre masses de neuroblastes, les noyaux des colliculus supérieurs (rostraux) et inférieurs (caudaux).

2 | Évolution de la partie ventrale

Elle est formée de noyaux cellulaires d'origines différentes.

a) **Les lames ventrales** donnent les noyaux des nerfs crâniens oculo-moteurs (III) et abducens (IV), et le noyau rouge.

Le noyau rouge, qui présente deux couches cellulaires différentes, pourrait avoir une double origine.

b) **Les lames dorsales** migrent ventralement et forment les locus nigers.

6. Ancien. : neurones de Golgi.

7. Syn. : aqueduc du cerveau. Ancien. : aqueduc de Sylvius.

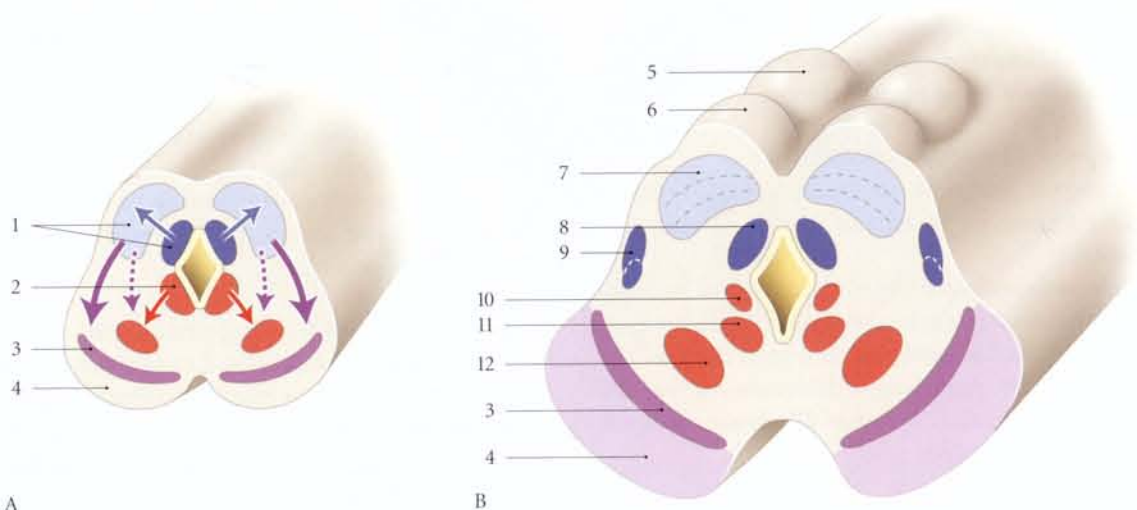


FIG. 23.9. Développement du mésencéphale (coupes transversales)

A. 3 mois

B. 4 mois

- 1. lame dorsale
- 2. lame ventrale

- 3. substance noire
- 4. pédoncule cérébral
- 5. colliculus sup.
- 6. colliculus inf.
- 7. corps géniculé latéral

- 8. noyau mésencéphalique du V
- 9. lemnisques médial et latéral
- 10. noyau oculomoteur accessoire
- 11. noyau moteur du III et du IV
- 12. noyau rouge

c) *La couche marginale épaissie* forme les pédoncules cérébraux.

D | DÉVELOPPEMENT DU PROSENCÉPHALE

Le prosencéphale, qui donne le cerveau, se dédouble d'abord en télencéphale et diencéphale. Le télencéphale s'hypertrophie ensuite et recouvre le diencéphale et le mésencéphale.

Du télencéphale dérivent les hémisphères cérébraux. Du diencéphale, se forment les voies optiques, l'hypothalamus, l'hypophyse et l'épiphysse (fig. 23.10).

1 | Différenciation du diencéphale

La cavité diencéphalique forme une fente sagittale médiane, le 3^e ventricule.

Ces parois dérivent des lames dorsales. Selon certains, l'hypothalamus pourrait dériver des lames ventrales.

a) Les parois latérales du diencéphale

- *Au cours de la 5^e semaine*, ses parois latérales s'épaississent et forment trois renflements qui correspondent à l'épithalamus, au thalamus et à l'hypothalamus.

Le sillon épithalamique sépare le thalamus de l'épithalamus et le sillon hypothalamique, le thalamus de l'hypothalamus.

- *Au cours de la 7^e semaine*, les thalamus, qui présentent une forte croissance, bombent dans la cavité diencéphalique et s'unissent par une lame de substance grise, l'*adhésion interthalamique*.
- *L'hypothalamus* se différencie en de nombreux noyaux, dont les *corps mamillaires*.

b) La paroi dorsale du diencéphale

- *L'extrémité postérieure de l'épithalamus*⁸ s'invagine pour former un diverticule médian, le *bourgeon pinéal*.
- *De la partie latérale de l'épithalamus* dérivent les structures habénulaires et la commissure épithalamique.
- *La partie médiane, amincie*, est formée de la couche épendymaire recouverte extérieurement par du mésenchyme, future méninge. Elle donne naissance aux plexus choroïdes.

c) La paroi ventrale du diencéphale (fig. 23.11)

De chaque côté se forment deux évaginations latérales, les vésicules optiques.

Sa partie médiane forme un diverticule en forme d'entonnoir dont le fundus constitue le *bourgeon neurohypophysaire*.

L'adénohypophyse dérive d'un diverticule du stomatodéum, le *bourgeon adénohypophysaire*⁹.

La jonction de ces deux bourgeons forme l'hypophyse (ou glande pituitaire).

2 | Différenciation du télencéphale

a) *Au cours de la 5^e semaine*, le télencéphale se dilate en formant deux renflements latéraux, les vésicules cérébrales, unies par une partie médiane, la lame terminale du cerveau. Celle-ci forme le toit du 3^e ventricule.

Les vésicules cérébrales croissent rapidement dans tous les sens et deviennent les hémisphères cérébraux. La voûte de chaque hémisphère forme le *pallium*, futur cortex.

Les faces médiales aplaties des hémisphères cérébraux sont séparées par la fissure interhémisphérique qui contient un tissu mésenchymateux, ébauche de la *faux du cerveau*. Le pallium de cette face médiale correspond à l'*archipallium* ou *archicortex*.

Le pallium de la face supéro-latérale correspond au *néopallium* ou *néocortex* et celui de la face inférieure, au *paléopallium* ou *paléocortex*.

b) *À la 6^e semaine*, chaque cavité d'une vésicule cérébrale devient un ventricule latéral et reste en communication avec le 3^e ventricule par le foramen interventriculaire. La paroi de chaque hémisphère cérébral s'épaissit.

- *La paroi latérale* présente deux parties, une base, la partie striée, et une voûte, la partie suprastrée.
 - La *partie striée* de l'hémisphère s'épaissit. Elle est formée d'un volumineux noyau, le *corps strié pré-somptif*, et du paléocortex.
 - La *partie suprastrée* correspond au néocortex.
- *La paroi médiale* formée de l'archicortex forme l'hippocampe primitif.

c) *Après la 9^e semaine*, le cortex prend dans son ensemble une forme en C. L'extension du néocortex refoule médialement l'archicortex et le paléocortex qui recouvre progressivement le diencéphale (fig. 23.12).

- La forme du ventricule latéral suit les transformations morphologiques de l'hémisphère, d'où la formation des cornes latérale, antérieure et occipitale.

8. L'épithalamus, chez les vertébrés inférieurs, donne une volumineuse glande pinéale, organe glandulaire et neurosensorielle. Chez les reptiles, l'épithalamus engendre même un organe sensoriel, l'œil pinéal.

9. Ancien. : poche de Rathke.

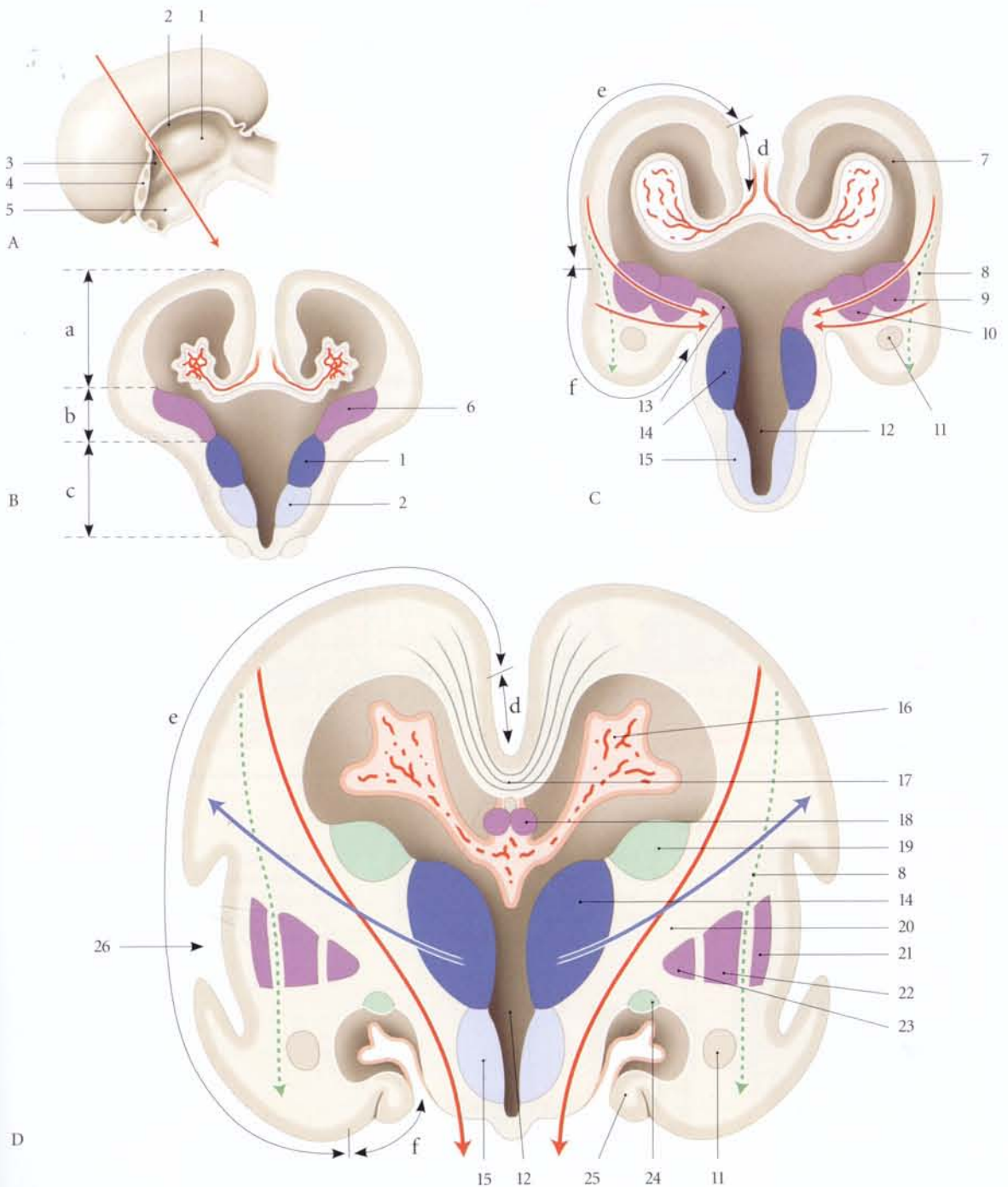


FIG. 23.10. Différenciation des principales structures cérébrales

- | | | | |
|--|--|-------------------------------|--------------------------|
| A. niveau des coupes (x plan des coupes) | e. néocortex | 7. ventricule latéral | 17. corps calleux |
| B. embryon de 8 semaines | f. paléocortex | 8. fibres associatives | 18. fornix |
| C. 9 semaines | | 9. corps strié latéral | 19. noyau caudé |
| D. 11 semaines | | 10. corps strié médial | 20. capsule interne |
| a. partie suprastrée | 1. thalamus | 11. noyau amygdaloïde | 21. claustrum |
| b. partie striée | 2. épithalamus | 12. 3 ^e ventricule | 22. putamen |
| c. partie infrastrée | 3. foramen interventriculaire (de Monro) | 13. épithalamus | 23. globus pallidus |
| d. archicortex | 4. lame terminale | 14. thalamus | 24. queue du noyau caudé |
| | 5. hypothalamus | 15. hypothalamus | 25. hippocampe |
| | 6. corps strié présomptif | 16. plexus choroïde | 26. sillon latéral |

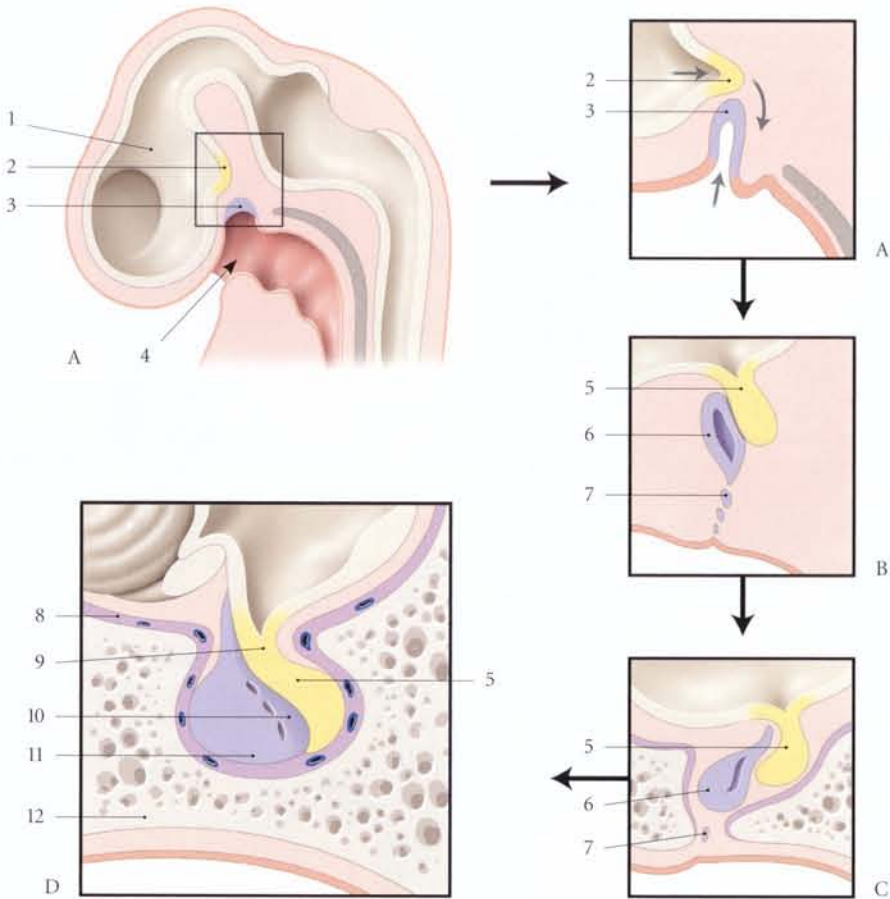


FIG. 23.11. Développement de l'hypophyse

A. extrémité crâniale d'un embryon de 4 semaines (coupe sagittale)
B, C et D. stades évolutifs successifs

1. diencéphale
2. bourgeon neurohypophysaire

3. bourgeon adénohypophysaire
4. stomatodéum
5. neurohypophyse
6. adénohypophyse
7. vestiges adénohypophysaires

8. dure-mère
9. partie tubérale
10. partie intermédiaire
11. partie distale
12. os sphénoïde

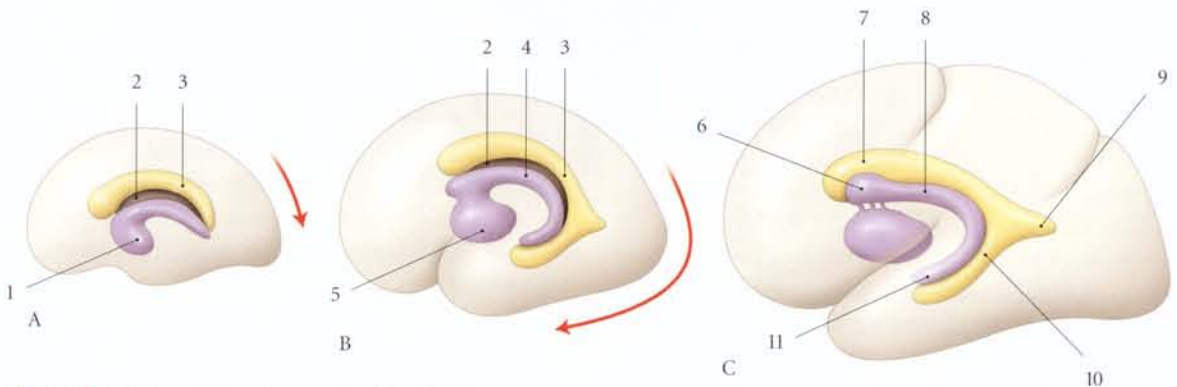


FIG. 23.12. Développement du corps strié (vue latérale)

A. 3 mois
B. 5 mois
C. 8 mois

1. corps strié présomptif
2. fissure choroïdienne

3. ventricule latéral
4. noyau caudé
5. noyau lentiforme
6. tête du noyau caudé
7. corne frontale du ventricule latéral

8. corps du noyau caudé
9. corne occipitale du ventricule latéral
10. corne temporale du ventricule latéral
11. queue du noyau caudé

Simultanément, le corps strié présomptif et la fissure choroïdienne deviennent aussi arciformes.

Au cours de l'inflexion du néocortex, la fissure choroïdienne qui était située au-dessus de la lame terminale se trouve sur la paroi médiale de l'hémisphère cérébral.

- Pendant la différenciation du cortex cérébral, on note :
 - la division du corps strié présomptif en noyaux caudé et lenticulaire, par les neurofibres afférentes et efférentes du cortex ;
 - la formation des commissures cérébrales par des neurofibres qui unissent les deux hémisphères. La commissure antérieure et la commissure de l'hippocampe unissent l'archéocortex, le corps calleux unit le néocortex.
- Au cours du 4^e mois se dessine une invagination latérale du néocortex correspondant au sillon latéral. À 6 mois le sillon central est apparent et à 7 mois, la fosse latérale du cerveau est largement ouverte.

d) Histogénèse du cortex cérébral (fig. 23.13)

- Avant le 2^e mois, semblable au tube neural, la couche palliale du télencéphale comporte la pie-mère, une couche germinative, la zone ventriculaire, et l'épendyme tapissant le ventricule latéral présomptif.

- Entre le 3^e et le 6^e mois, se produisent des migrations successives des neuroblastes vers la surface pour constituer les couches sériées du cortex cérébral. Le nombre de couches varie selon les régions.

Au début, les premiers neuroblastes de la zone ventriculaire présentent une croissance périphérique de leurs neurofibres qui constitue sous la pie-mère la zone marginale.

La 1^{re} migration des neuroblastes forme sous la zone marginale la zone intermédiaire, future substance blanche.

Au cours de la 2^e migration, des neuroblastes des zones ventriculaire et intermédiaire forment, sous la zone marginale, la plaque corticale.

À ce stade, la zone ventriculaire cesse son activité au profit d'une zone sus-jacente, la zone subventriculaire, qui devient la nouvelle zone neurogène. De la zone subventriculaire migrent des neuroblastes pour former sous la plaque corticale une sous-plaque corticale. Le nombre des couches du cortex varie de trois (archicortex et paléocortex) à six (néocortex).

3 | Phylogénèse du prosencéphale (fig. 23.14)

Le développement du télencéphale est d'autant plus complexe que l'on s'élève dans la série des vertébrés.

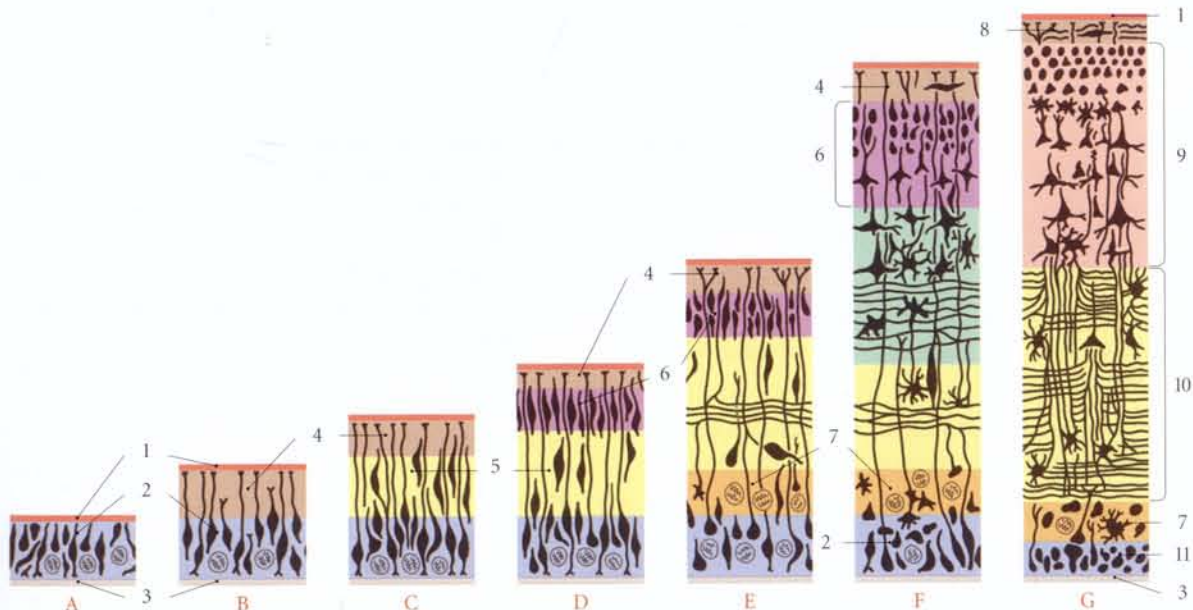


FIG. 23.13. Différenciation cellulaire du cortex cérébral

A. ventricule latéral
B et C. archicortex
D et E. paléocortex
F et G. néocortex

1. pie-mère
2. zone ventriculaire
3. épendyme
4. zone marginale

5. zone intermédiaire
6. plaque corticale
7. zone subventriculaire
8. couche moléculaire

9. néocortex
10. substance blanche
11. couche épendymaire

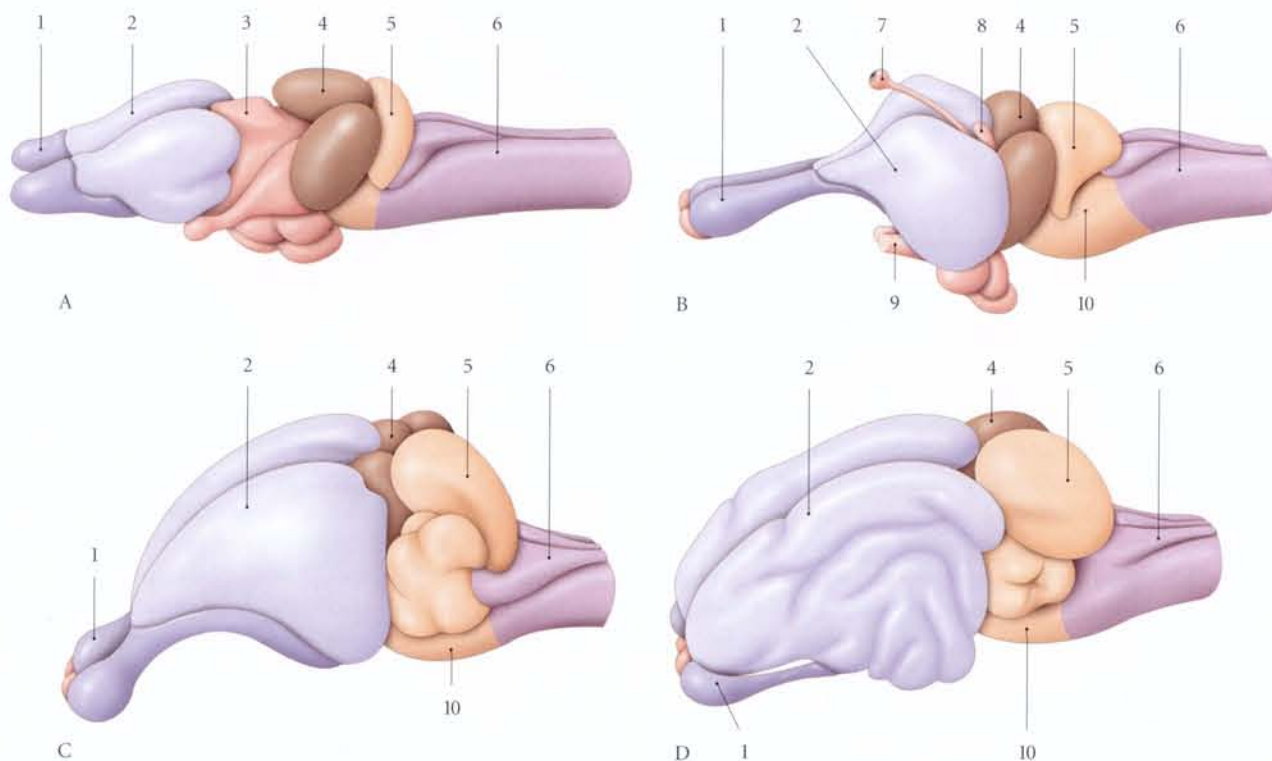


FIG. 23.14. Évolution de l'encéphale

- A. amphibien
 B. reptile
 C. mammifère à encéphale sans gyrus (lapin)
 D. mammifère à encéphale avec des gyrus (chat)
1. bulbe olfactif
 2. hémisphère cérébraux
 3. mésencéphale
 4. métencéphale
 5. cervelet
 6. moelle allongée (bulbe)

7. œil pinéal
 8. glande pinéale
 9. tractus optique
 10. pont

Parallèlement, le diencéphale subit une régression proportionnelle.

L'indice d'encéphalisation (rapport du poids du cerveau et du poids du corps) est de 3,5 fois plus élevé chez l'homme que chez les anthropoïdes.

a) Chez les poissons, le télencéphale unique ne présente qu'une cavité. Les bulbes olfactifs sont individualisés et bien développés.

b) Chez les amphibiens, les hémisphères cérébraux apparaissent avec chacun un ventricule latéral.

c) Chez les reptiles, le développement du diencéphale peut engendrer une différenciation sensorielle, l'œil pinéal.

d) Chez les mammifères, le télencéphale s'accroît et enveloppe progressivement le diencéphale; on note une régression du bulbe olfactif. La surface cérébrale initialement lisse se plisse pour former les gyrus, qui atteignent un nombre maximum chez l'homme.

e) La plasticité cérébrale

La formation du cerveau humain est remarquable par sa plasticité. Il est en perpétuel remaniement (voir Chapitre 3).

La multiplication des neurones se continue après la naissance chez l'homme, contrairement aux autres primates.

En période postnatale, le capital neuronal augmente de 250 000 unités par minute (Purves et Lichtman).

Cependant, comme l'a montré T. Wiesel, il existe une période critique pendant laquelle les connexions neuronales peuvent être modifiées, voire supprimées.

Ainsi un enfant opéré d'une cataracte congénitale ne récupère pas sa vision si l'intervention est tardive (3 à 5 ans) alors qu'un adulte récupère sa vision.

4 | Développement postnatal (fig. 23.15)

Le cerveau du nouveau-né à terme pèse 350 ± 50 g, le poids étant proportionnel au volume crânien.

a) À la naissance, la tête correspond à un quart de la longueur totale du corps, et son contenu, le cerveau, constitue 10 % du poids du corps (2 % chez l'adulte).

b) À 6 mois, l'encéphale double son volume de naissance. Le cerveau atteint 90 % de sa taille adulte vers la 5^e année, et 95 % à 10 ans.

Les sillons et gyrus cérébraux apparaissent dès le 4^e mois de gestation.

c) À terme, l'arrangement général des sillons et des gyrus est effectif, mais l'insula n'est pas complètement recouverte.

Le sillon central est situé plus loin antérieurement et le sillon latéral est plus oblique que celui de l'adulte.

Le tronc encéphalique est plus oblique avec un pont relativement petit.

La jonction encéphale-moelle spinale au niveau du foramen magnum présente une courbure plus marquée.

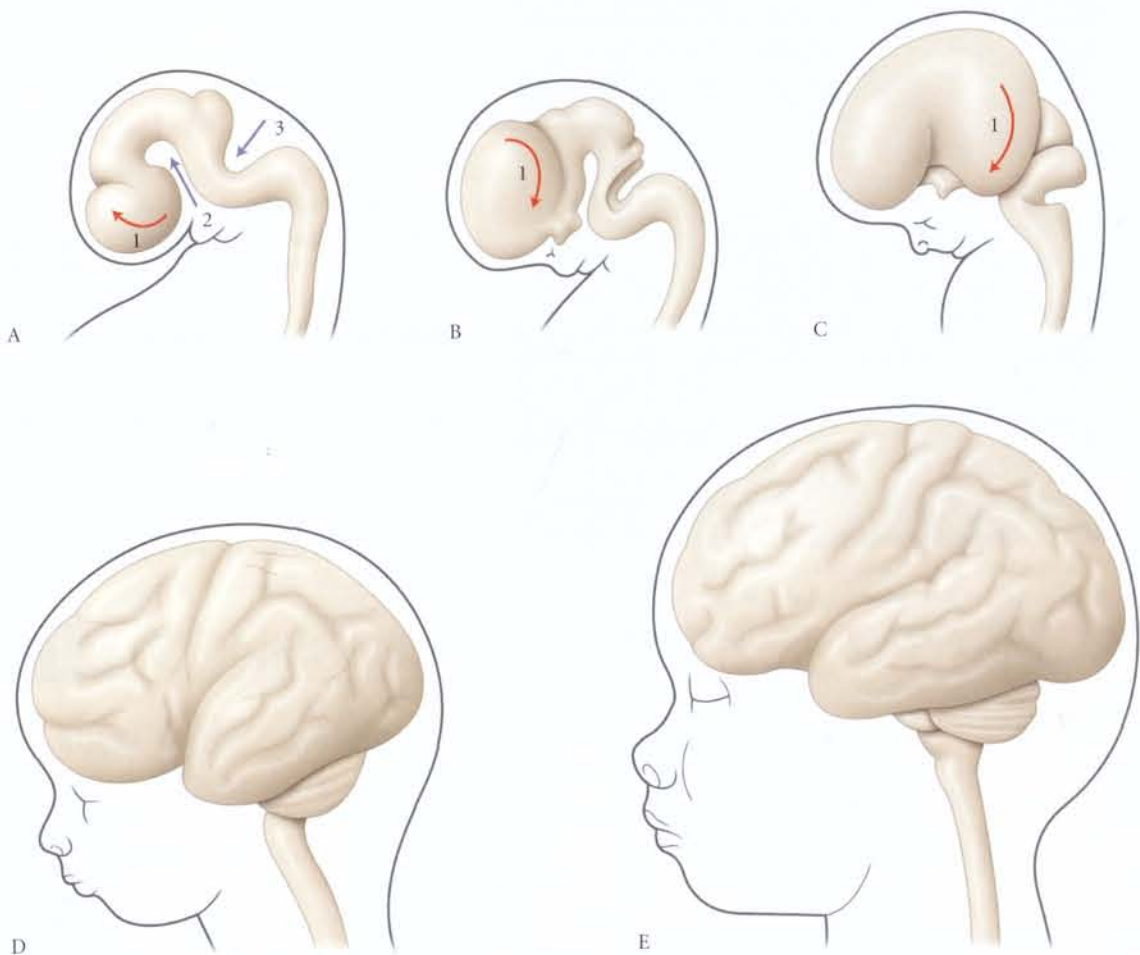


FIG. 23.15. Développement de l'encéphale – Aspect morphologique

- A. 40 jours
- B. 8 semaines
- C. 13 semaines
- D. 35 semaines
- E. nouveau-né

- 1. développement du télencéphale
- 2. courbure mésentencéphalique
- 3. courbure pontique

23.2 MALFORMATIONS (fig. 23.16)

Les malformations de l'encéphale représentent environ 0,5 pour 1 000 naissances et 3 % des morts-nés.

Leur diagnostic anténatal peut se faire grâce à des marqueurs biologiques sanguins ou amniotiques (dosage des alfafoetoprotéines ou explorations échographiques).

A | ANENCÉPHALIE

Cette malformation létale résulte d'un défaut de fermeture du neuropore antérieur au cours de la 4^e semaine. Elle s'accompagne d'absence de calvaria (ou acrànie). Il s'agit soit de morts-nés, soit de nouveaux-nés qui survivent quelques jours après la naissance et meurent de l'infection du fragment de tissu nerveux exposé à l'air libre.

B | MICROCÉPHALIE

Elle est rare et caractérisée par la présence d'un petit crâne et d'une face normale.

Elle s'accompagne d'un retard mental profond.

Elle peut résulter soit d'une exposition à de fortes irradiations, soit aux effets d'agents infectieux (virus de l'herpès simplex, cytomegalovirus, *toxoplasma gondii*...).

C | HYDROCÉPHALIE

Elle résulte soit de l'excès de production du liquide cérébro-spinal, soit d'un défaut d'absorption, soit d'une obstruction à sa circulation.

Elle est caractérisée par l'accumulation de liquide cérébro-spinal soit dans les ventricules cérébraux, soit dans l'espace subarachnoïdien. Sans traitement, la compres-

sion progressive de l'encéphale par le liquide cérébro-spinal entraîne une atrophie du cortex cérébral.

L'hydrocéphalie occlusive (ou interne) résulte :

- soit de la sténose de l'aqueduc du mésencéphale¹⁰ entraînant une dilatation des ventricules latéraux ;
- soit de l'obstruction de l'ouverture médiane du 4^e ventricule¹¹ entraînant la dilatation de ce ventricule.

D | HYDRANENCÉPHALIE

Cette forme d'hydrocéphalie est caractérisée par l'absence des hémisphères cérébraux et la persistance des noyaux de la base du cerveau.

E | AGÉNÉSIE DES CORPS CALLEUX

L'absence complète ou partielle du corps calleux est rare ; les signes cliniques (débilité mentale, crises comitiales...) sont fonction de l'importance de la malformation.

F | SYNDROME D'ARNOLD-CHIARI

Cette malformation rare de l'encéphale associe, à des degrés divers, des anomalies du tronc cérébral, du cer-velet et un spina bifida avec myéломéningocèle.

Ce syndrome s'accompagne souvent d'hydrocéphalie, ce qui peut entraîner la descente partielle du bulbe et de la tonsille cérébelleuse à travers le foramen magnum.

10. Ancien. : aqueduc de Sylvius.

11. Ancien. : trou de Magendie.

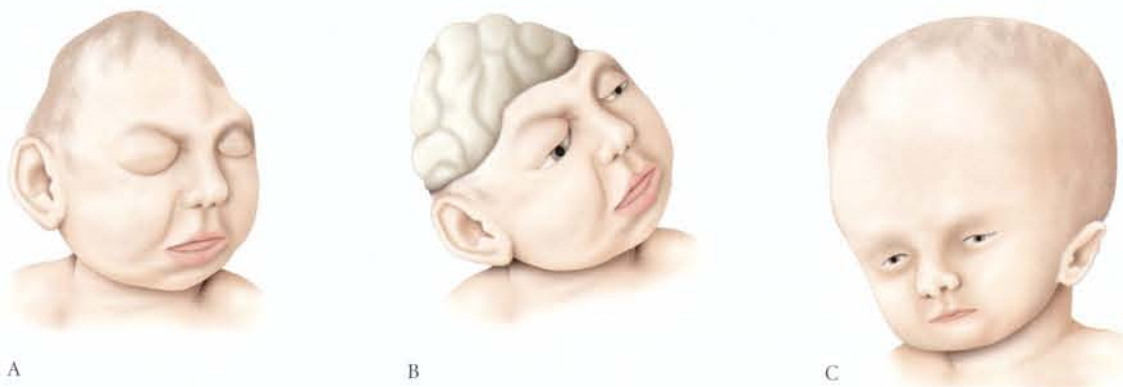


FIG. 23.16. Malformations encéphaliques

A. microcéphalie

B. anencéphalie

C. hydrocéphalie

24 Tronc encéphalique

Le tronc encéphalique, partie inféro-antérieure de l'encéphale, unit la moelle spinale au cerveau. Il est situé en avant du cervelet et comprend trois parties : le bulbe ou moelle allongée, le pont et le mésencéphale.

Le tronc encéphalique présente des centres vitaux importants, tous les noyaux des nerfs crâniens à l'exception des nerfs olfactifs et la formation réticulaire.

C'est le lieu de passage des principales voies motrices et sensitives (fig. 24.1).

FIG. 24.1. Coupe IRM sagittale médiane de l'encéphale (cliché Dr Th. Diesce)

1. gyrus du cingulum
2. corps calleux
3. corps mamillaire
4. chiasma optique
5. pont
6. moelle allongée (bulbe)
7. moelle spinale
8. thalamus
9. tectum mésencéphalique
10. cervelet



24.1 CONFIGURATION EXTERNE – RAPPORTS

A | BULBE OU MOELLE ALLONGÉE (fig. 24.2)

Il unit la moelle spinale au pont.

Sa limite supérieure, très nette en avant, est marquée par le sillon bulbo-pontique.

Sa limite inférieure correspond au plan passant par l'interstice articulaire occipito-atloïdien.

Le bulbe est infléchi légèrement en avant. C'est un tronc de cône à grande base supérieure aplati d'avant en arrière, mesurant environ 30 mm de haut, 20 mm de large et 12 mm d'épaisseur. Il présente quatre faces, antérieure, dorsale et latérales.

1 | La face antérieure

Elle repose sur la partie inférieure du clivus. Elle répond au foramen magnum et aux artères vertébrales qui convergent vers l'extrémité de la fissure médiane antérieure, pour s'unir entre elles et former l'artère basilaire.

a) La fissure médiane antérieure du bulbe, prolongement de la fissure médiane antérieure de la moelle spinale, se termine à sa partie supérieure par le foramen cæcum¹.

Elle est interrompue dans sa partie inférieure par la décussation des pyramides.

Elle sépare deux reliefs oblongs, les pyramides bulbaires.

1. Ancien : trou borgne de Vicq d'Azyr.

b) Les pyramides bulbaires sont limitées latéralement par le sillon antéro-latéral, d'où émergent les racines du nerf hypoglosse.

Au-dessus de chaque pyramide, dans le sillon bulbo-pontique, sort le nerf abducens.

2 | Les faces latérales

Chaque face latérale répond à la face postérieure de la partie pétreuse de l'os temporal et au foramen magnum. Elle est parcourue par les artères vertébrales et cérébelleuses inférieures.

Elle correspond au cordon latéral de la moelle spinale et elle est limitée par les sillons antéro-latéral et postéro-latéral.

a) L'olive bulbaire, relief ovoïde situé en arrière de la pyramide, est séparée de celle-ci par le sillon antéro-latéral. Le sillon rétro-olivaire, limite postérieure de l'olive, se prolonge légèrement en bas.

- Au-dessus de l'olive, dans le *sillon bulbo-pontique*, naissent les nerfs facial et vestibulo-cochléaire.
- Du *sillon rétro-olivaire* émergent de haut en bas les nerfs glosso-pharyngien, vague et accessoire (racine bulbaire).

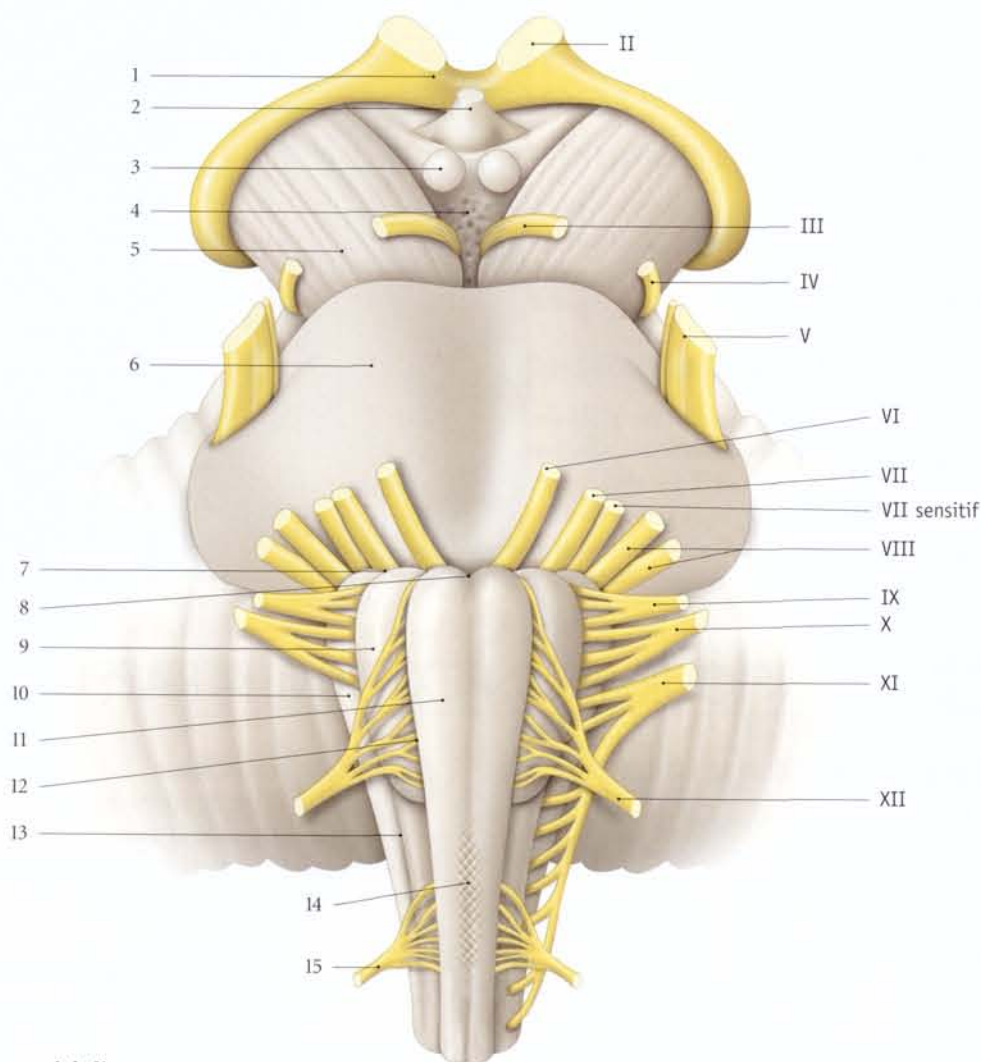


FIG. 24.2. Tronc encéphalique

1. chiasma optique
2. infundibulum de l'hypophyse
3. corps mamillaire
4. fosse interpédonculaire (espace perforé post.)
5. pédoncule cérébral

6. pont
7. sillon bulbo-protubéranciel
8. foramen cæcum
9. olive bulbaire
10. aire rétro-olivaire

11. pyramide
12. sillon antéro-latéral
13. sillon rétro-olivaire
14. décussation des pyramides
15. n. cervical C1

b) Le sillon postéro-latéral, qui prolonge le sillon homonyme de la moelle spinale, rejoint le sillon rétro-olivaire et le récessus latéral du 4^e ventricule.

c) Le tubercule trigéminale² limité par les sillons rétro-olivaire et postéro-latéral du bulbe, est induit par le tractus spinal du nerf trijumeau sous-jacent.

3 | La face postérieure (fig. 24.3)

Elle répond au cervelet.

a) Son tiers inférieur présente le sillon médian postérieur qui sépare les cordons postérieurs. Chaque cordon postérieur porte à son extrémité supérieure deux renflements, les tubercules gracile et cunéiforme.

b) Ses deux tiers supérieurs sont constitués par les pédoncules cérébelleux inférieurs et la partie inférieure de la fosse rhomboïde. Celle-ci est partagée en deux par

2. Ancien : tubercule cendré de Rolando.

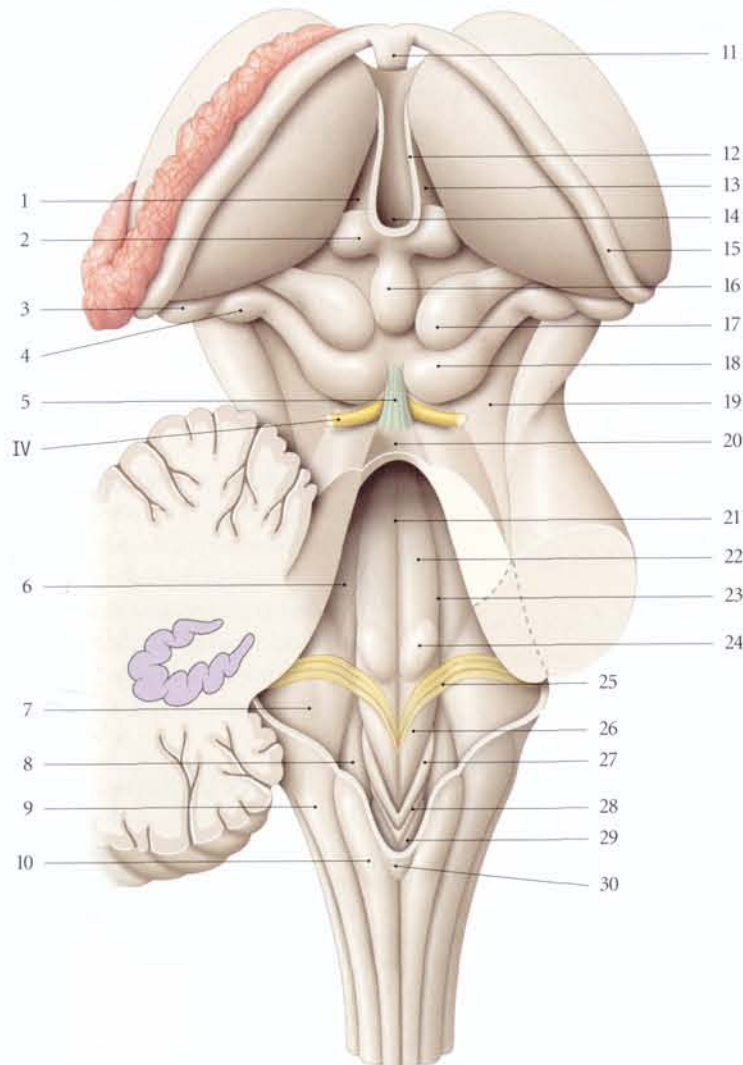


FIG. 24.3. Tronc encéphalique (vue postérieure avec ablation de l'hémisphère cérébelleux droit)

- | | | | |
|---|----------------------------------|---------------------------|---|
| 1. trigone habénulaire | 9. tubercule cunéiforme | 17. colliculus sup. | 25. strie médullaire du 4 ^e ventricule |
| 2. habénula | 10. tubercule gracile | 18. colliculus inf. | 26. trigone de l'hypoglosse |
| 3. corps géniculé latéral | 11. corps du fornix | 19. trigone du lemnisque | 27. trigone du nerf vague |
| 4. corps géniculé médial | 12. strie médullaire du thalamus | 20. voile médullaire sup. | 28. cordon séparant |
| 5. frein médullaire sup. | 13. sillon habénulaire | 21. sillon médian | 29. aréa postrema |
| 6. fossette sup. du 4 ^e ventricule | 14. 3 ^e ventricule | 22. éminence médiale | 30. obex |
| 7. aire vestibulaire | 15. pilier du fornix | 23. sillon limitant | |
| 8. fossette inf. du 4 ^e ventricule | 16. glande pinéale | 24. colliculus facial | |

le sillon médian bordé par une série de structures saillantes limitées latéralement par le sillon limitant. On distingue de haut en bas :

- *les stries médullaires du 4^e ventricule*. Ce sont trois ou quatre cordons nerveux transversaux et arciformes qui partent du sillon médian pour converger vers le récessus latéral du 4^e ventricule ;
- *le trigone du nerf hypoglosse*. Cette petite éminence triangulaire est séparée du colliculus facial par les stries médullaires du 4^e ventricule ;
- *le trigone du nerf vague* ou trigone vagal. Il est déterminé par le noyau dorsal du nerf vague ;
- *le cordon séparant*. Cette bande épéndymaire transparente sépare le trigone vagal de l'aréa postrema ;
- *l'aréa postrema*. Cette région triangulaire est très vascularisée et riche en tissu glial ;
- *l'obex*. Extrémité inférieure de la fosse rhomboïde, il est formé d'une substance grise ;
- *la fossette inférieure*. C'est une dépression séparant le trigone du nerf vague de l'aire vestibulaire ;
- *l'aire vestibulaire*. Partie latérale de la fosse rhomboïde, elle est limitée médialement par le sillon limitant et la fossette inférieure. Son extrémité latérale constitue le récessus latéral du 4^e ventricule.

B | PONT³

Il est compris entre le bulbe et le mésencéphale. Il est situé en avant du cervelet, dont il relie les deux hémisphères à la manière d'un pont.

C'est une éminence blanchâtre, de forme quadrilatère, qui mesure 27 mm d'épaisseur, 38 mm de largeur et 25 mm de longueur.

Le pont est constitué d'une partie antérieure, la *partie basilaire*, et d'une partie postérieure, le *tegmentum pontique*.

1 | La face antérieure

Elle est convexe et repose sur la partie supérieure du clivus.

Elle est séparée de la moelle allongée par le sillon bulbo-pontique, et du mésencéphale par le sillon ponto-mésencéphalique.

Elle présente sur la ligne médiane le sillon basilaire, parcouru par l'artère basilaire.

De chaque côté de la ligne médiane se trouvent des saillies transversales parallèles correspondant à des faisceaux nerveux et aux noyaux du pont. Plus latéralement émerge le nerf trijumeau.

2 | La face postérieure

Cachée par le cervelet, elle forme la partie supérieure de la fosse rhomboïde, bordée latéralement par les

péduncles cérébelleux supérieurs. Elle est divisée en deux parties par le sillon médian, qui est bordé :

- en haut, par l'*éminence médiale*, relief allongé ;
- en bas, par le *colliculus facial*, bosse produite par le genou du nerf facial contournant le noyau du nerf abducens.

La *fossette supérieure* est séparée de l'éminence médiale et du colliculus facial par le sillon limitant.

3 | Les faces latérales

Elles se confondent avec les péduncles cérébelleux moyens.

C | MÉSENCÉPHALE⁴ (fig. 24.4 et 24.5)

Courte portion rétrécie de l'encéphale, il est compris entre le pont et le cerveau. Il est situé au niveau de l'incisure de la tente du cervelet, à cheval sur les fosses cérébelleuse et cérébrale.

Le mésencéphale est constitué d'une partie antérieure, la *partie basilaire*, d'une partie intermédiaire, le *tegmentum mésencéphalique*, et d'une partie postérieure, le *tectum mésencéphalique*⁵.

1 | La face antérieure

Elle répond au dos de la selle du sphénoïde.

Elle est constituée des *péduncles cérébraux* séparés par la fosse interpédunculaire.

La fosse interpédunculaire, limitée en avant par les *tubercules mamillaires*, est occupée par la *substance perforée postérieure*. Les nerfs oculomoteurs émergent de ses bords latéraux, ou sillon du nerf oculomoteur.

2 | La face postérieure

Elle est constituée par les *colliculus supérieurs et inférieurs* prolongés par les bras des colliculus et les *corps géniculés médial et latéral*.

Elle répond au corps pinéal et au splénium du corps calleux.

3 | Les faces latérales

Chaque face latérale est formée par le *trigone du lem-nisque*⁶ et l'extrémité supérieure d'un péduncle cérébelleux supérieur, contourné par le nerf trochléaire. Elles répondent à l'incisure de la tente du cervelet.

3. Ancien. : protubérance annulaire, pont de Varole.

4. Ancien. : cerveau moyen, isthme de l'encéphale.

5. Ancien. : lame tectale ou quadrigéminal.

6. Ancien. : triangle de Reil.

FIG. 24.4. Tronc cérébral (vue postéro-latérale)

1. corps pinéal
2. colliculus sup.
3. colliculus inf.
4. pédoncule cérébelleux moyen
5. fosse rhomboïde
6. tubercule cunéiforme
7. tubercule gracile
8. sillon postéro-latéral
9. sillon rétro-olivaire
10. sillon médian post.
11. racine post. du n. cervical I
12. sillon postéro-latéral
13. thalamus
14. mésencéphale
15. pont
16. sillon antéro-latéral
17. racine ant. du n. cervical I

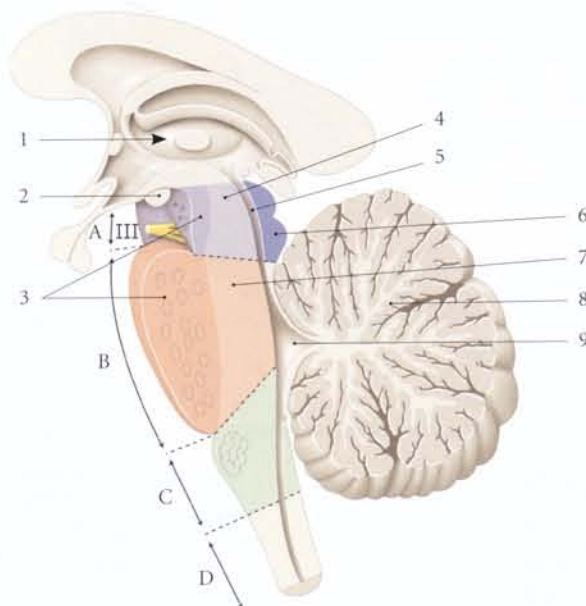
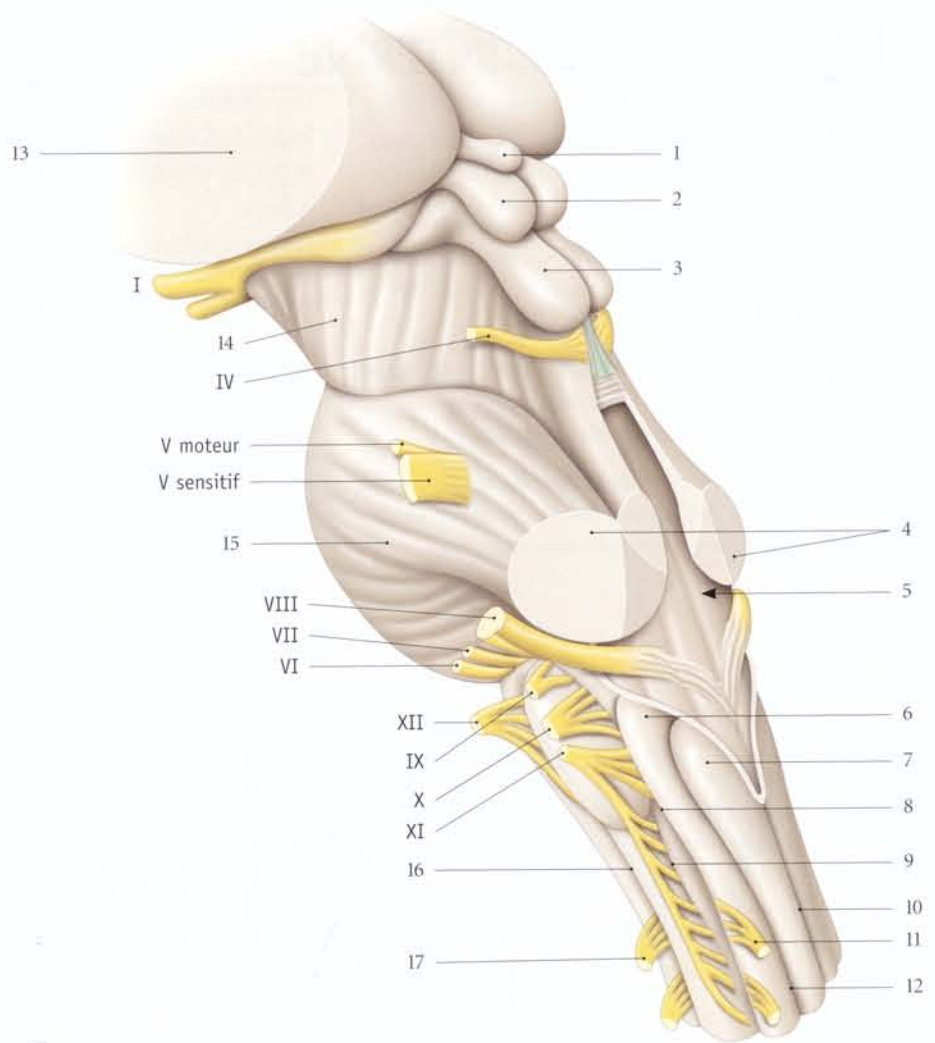


FIG. 24.5. Parties du tronc cérébral

- A. mésencéphale
B. pont
C. moelle allongée (bulbe)
D. moelle spinale
1. diencéphale
 2. corps mamillaire
 3. parties basiliaires
 4. tegmentum mésencéphalique
 5. aqueduc mésencéphalique
 6. tectum mésencéphalique
 7. tegmentum pontique
 8. cervelet
 9. 4° ventricule

24.2 STRUCTURE INTERNE

La structure interne du tronc encéphalique est continue, sans délimitation marquée. Les principales caractéristiques régionales peuvent être observées sur neuf coupes transversales étagées.

A | COUPES DU BULBE (fig. 24.6)

1 | Coupe à la jonction bulbe-moelle spinale

Elle passe au niveau de la *décussation des pyramides* formée des fibres cortico-spinales latérales.

a) Les cornes antérieures de la moelle spinale sont schématiquement décapitées par la *décussation des pyramides*, qui sépare deux colonnes motrices.

Chacune contient le noyau spinal du nerf accessoire et le noyau ventro-médial pour les muscles cervicaux axiaux.

b) La substance gélatineuse de la corne postérieure se continue avec le noyau spinal du nerf trijumeau.

c) Les noyaux graciles et cunéiformes font leur apparition en avant des faisceaux homonymes.

d) La substance grise centrale et le canal central sont repoussés en arrière.

e) La substance blanche est peu modifiée.

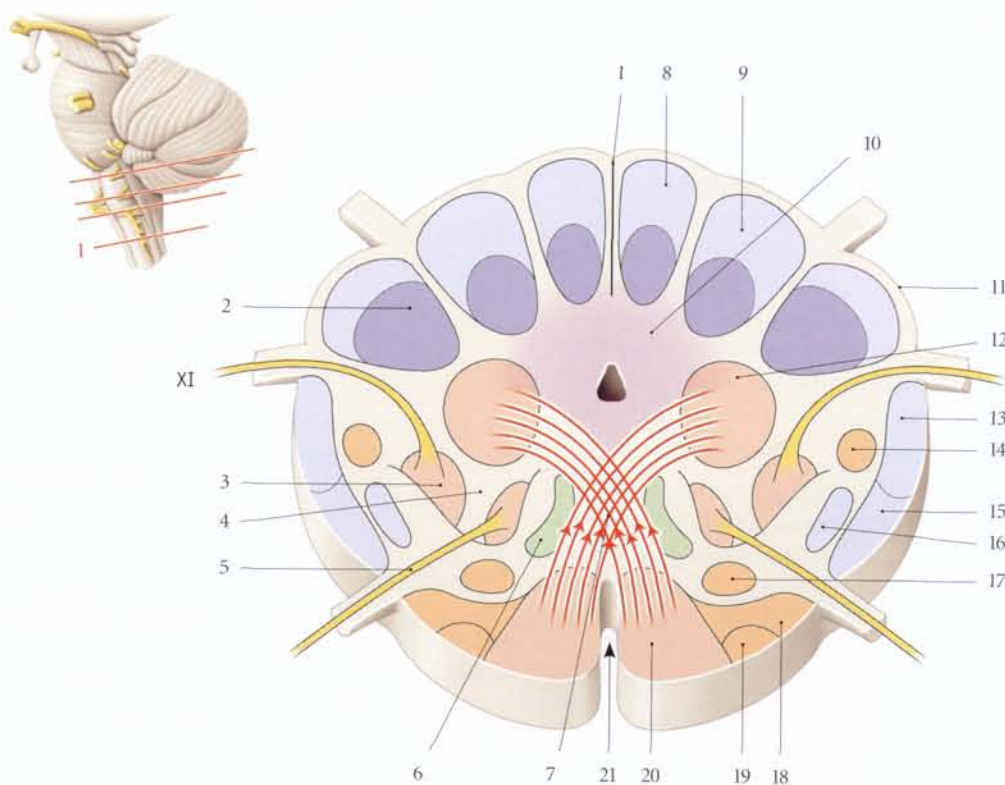


FIG. 24.6. Coupe transversale 1 : niveau de la *décussation pyramidale* (principales voies). Transition bulbe-moelle spinale

- | | | |
|---------------------------------|-------------------------------------|---|
| 1. sillon médian post. | 8. noyau et faisceau graciles | 15. tractus spino-cérébelleux ant. |
| 2. noyau et tractus spinal du V | 9. noyau et faisceau cunéiformes | 16. tractus spino-thalamique et spino-réticulaire |
| 3. noyau du XI | 10. substance grise centrale | 17. tractus tecto-spinal |
| 4. corne ant. | 11. tubercule trigéminal | 18. tractus vestibulo-spinal |
| 5. racine ant. de C1 | 12. tractus cortico-spinal latéral | 19. tractus olivo-spinal |
| 6. faisceau longitudinal médial | 13. tractus spino-cérébelleux post. | 20. tractus cortico-spinal ant. |
| 7. décussation des pyramides | 14. tractus rubro-spinal | 21. fissure médiane ant. |

2 | Coupe au niveau de la partie inférieure de l'olive (fig. 24.7)

Elle passe au niveau de la décussation lemniscale qui décapite les cornes postérieures. Chaque lemnisque médial qui émerge des noyaux gracile et cunéiforme se place en arrière d'une pyramide.

a) La région latérale au lemnisque médial contient d'avant en arrière :

- le noyau olivaire principal et le noyau olivaire accessoire médial ;

- la formation réticulaire et le noyau ambigu ;
- les tractus spino-cérébelleux, vestibulo-spinal et rubro-spinal, qui restent en périphérie ;
- le tractus spinal du nerf trijumeau et son noyau, qui sont médiaux.

b) La région médiale au lemnisque médial contient le noyau solitaire, le noyau dorsal du nerf vague et le noyau du nerf hypoglosse.

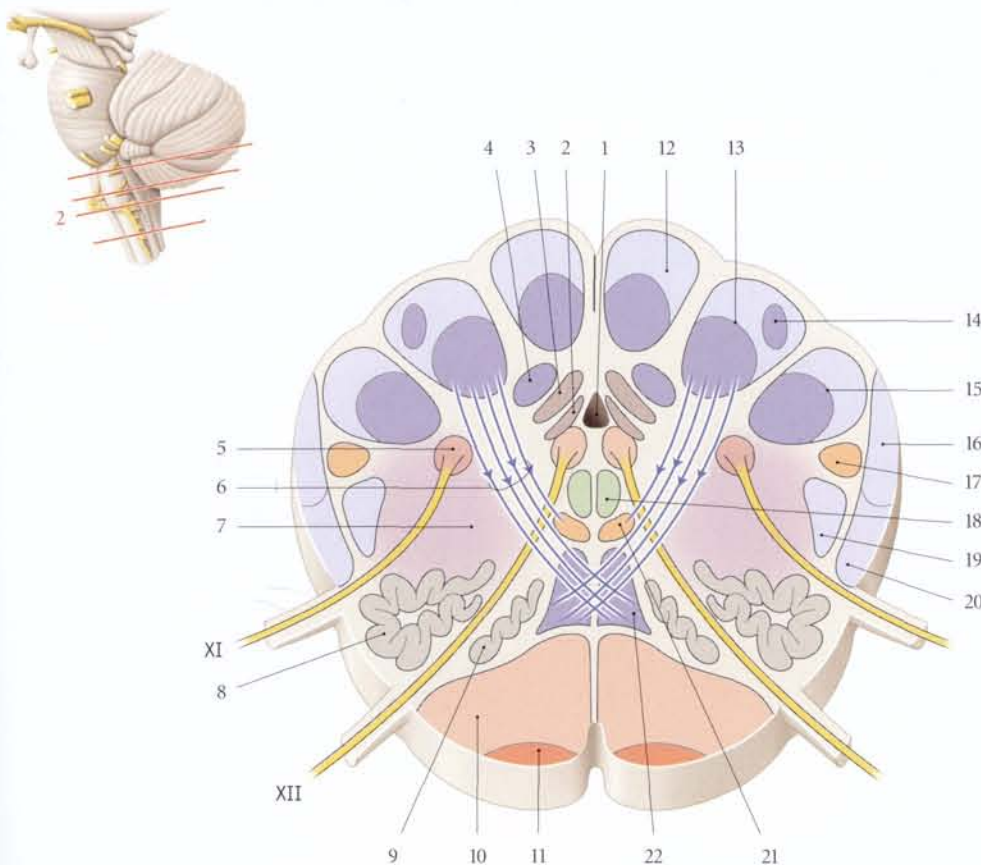


FIG. 24.7. Coupe transversale 2 : niveau de la décussation sensitive (obex) (partie inférieure de l'olive)

- | | |
|----------------------------|--------------------------------------|
| 1. canal central | 12. noyau et faisceau graciles |
| 2. noyau intercalé | 13. noyau et faisceau cunéiformes |
| 3. noyau dorsal du X | 14. noyau cunéiforme accessoire |
| 4. noyau solitaire | 15. noyau (et tractus) spinal du V |
| 5. noyau ambigu | 16. tractus spino-cérébelleux post. |
| 6. fibres arquées internes | 17. tractus rubro-spinal |
| 7. formation réticulaire | 18. faisceau longitudinal médial |
| 8. olive inf. | 19. tractus spino-thalamique latéral |
| 9. olive médiale | 20. tractus spino-cérébelleux ant. |
| 10. pyramide | 21. tractus tecto-spinal |
| 11. noyaux arqués | 22. lemnisque médial |

3 | Coupe au milieu de l'olive bulbaire

(fig. 24.8)

Elle passe au niveau de la partie supérieure de l'olive.

a) Les pyramides occupent la partie antérieure de chaque côté de la fissure médiane antérieure.

b) Contre la ligne médiane, en arrière des pyramides, se situe le lemnisque médial. En arrière de chaque lemnisque médial se trouvent le tractus tecto-spinal, puis le faisceau longitudinal médial.

c) Le complexe olivaire inférieur (ou noyau olivaire inférieur)

Chaque complexe, situé sous l'olive, est latéral au lemnisque médial. Il est formé de plusieurs noyaux.

- **Le noyau olivaire principal** : ce volumineux noyau a la forme d'une bourse plissée entourée d'un feutrage de fibres, l'*amiculum olivaire*.

Il est formé de trois lames, antérieure, postérieure et latérale.

Son ouverture postéro-médiale constitue le *hile du noyau olivaire inférieur*. Il livre passage aux neurofi-

bres spino-olivaires et olivo-cérébelleux qui croisent la ligne médiane pour pénétrer le pédoncule cérébelleux inférieur et atteindre le néocérébellum.

- **Le noyau olivaire accessoire médial** est situé entre le noyau olivaire principal et le lemnisque médial.
- **Le noyau olivaire accessoire postérieur**, petit et aplati, est situé en arrière du noyau olivaire principal.
- Les noyaux olivaires accessoires⁷ sont phylogénétiquement plus anciens. Ils projettent leurs fibres vers le vermis.

d) La formation réticulaire, située en arrière du complexe olivaire, contient le noyau ambigu.

e) La substance grise centrale, regroupée sous le 4^e ventricule, contient de nombreuses structures : noyaux du nerf hypoglosse, noyaux dorsaux du nerf vague et tractus solitaires ; plus latéralement, les noyaux vestibulaires médial et inférieur, et le noyau cochléaire postérieur.

7. Ancien. : noyaux juxta-olivaires ou para-olivaires.

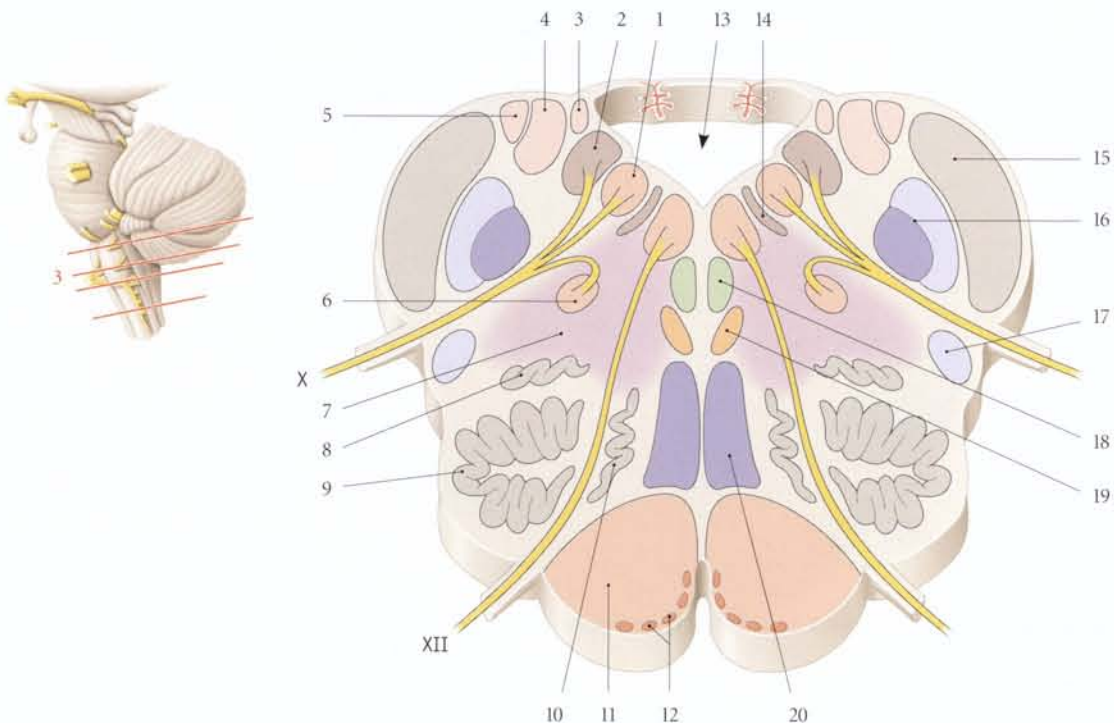


FIG. 24.8. Coupe transversale 3 : au milieu de l'olive (bulbaire)

- | | | | |
|------------------------------|--------------------------------------|---|----------------------------------|
| 1. noyau dorsal du X | 7. formation réticulaire | 13. 4 ^e ventricule | 18. faisceau longitudinal médial |
| 2. noyau solitaire | 8. noyau olivaire accessoire post. | 14. noyau intercalé | 19. tractus tecto-spinal |
| 3. noyau vestibulaire médial | 9. noyau olivaire principal | 15. pédoncule cérébelleux inf. | 20. lemnisque médial |
| 4. noyau vestibulaire inf. | 10. noyau olivaire accessoire médial | 16. tractus spinal du V | |
| 5. noyau cochléaire post. | 11. pyramide | 17. tractus spino-thalamique et spino-réticulaire | |
| 6. noyau ambigu | 12. noyaux arqués | | |

4 | Coupe au niveau de la partie supérieure du bulbe (fig. 24.9)

Elle passe par les noyaux vestibulo-cochléaires.

a) *En avant* se situent les pyramides et en arrière de celles-ci, le complexe olivaire inférieur et le lemnisque médial.

b) *La ligne médiane* est occupée par les noyaux du raphé pâles et sombres.

c) *Sous le plancher du 4^e ventricule*, plus étalé, se situent dans le sens médio-latéral :

- le faisceau longitudinal médial situé au-dessus du tractus tecto-spinal ;
- le noyau dorsal du nerf vague ;

- le noyau salivaire inférieur ;
- les noyaux vestibulaires médial et latéral.

d) *Médialement au pédoncule cérébelleux inférieur*, se trouvent :

- le tractus spinal du nerf trijumeau et son noyau ;
- les noyaux solitaire et ambigu.

e) *Latéralement au pédoncule cérébelleux inférieur* se localisent les noyaux cochléaires antérieur et postérieur.

f) *La formation réticulaire* occupe de chaque côté l'espace central entre les noyaux avec latéralement les tractus tegmental central, spino-thalamique et spino-réticulaire.

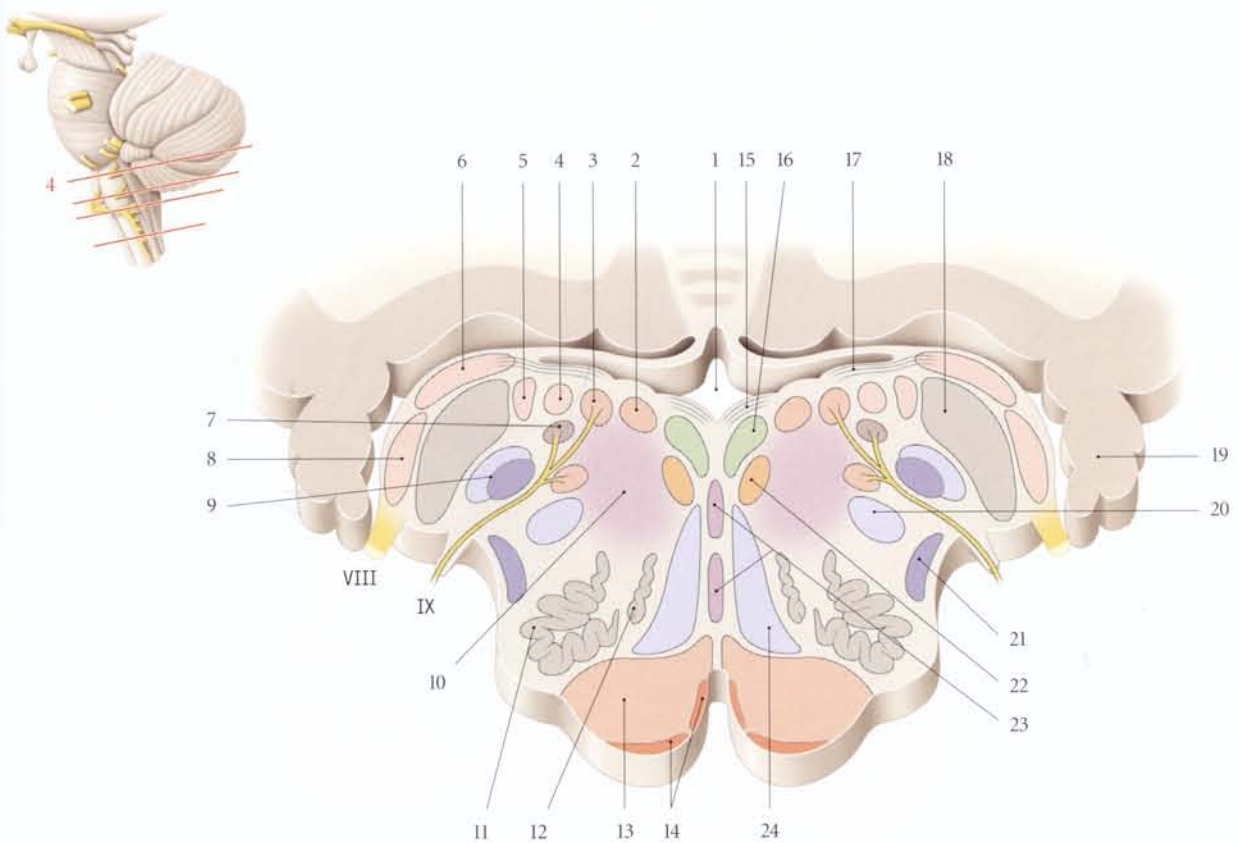


FIG. 24.9. Coupe transversale 4 : au niveau de la partie supérieure de l'olive (passant par les noyaux vestibulo-cochléaires)

- | | | |
|-------------------------------|---|---|
| 1. 4 ^e ventricule | 9. noyau (et tractus) spinal du V | 17. stries acoustiques |
| 2. noyau dorsal du X | 10. formation réticulaire | 18. pédoncule cérébelleux inf. |
| 3. noyau salivaire inf. | 11. noyau olivaire inf. | 19. flocculus |
| 4. noyau vestibulaire médial | 12. noyau olivaire accessoire médial | 20. tractus tegmental central |
| 5. noyau vestibulaire latéral | 13. pyramide | 21. tractus spino-thalamique et spino-réticulaire |
| 6. noyau cochléaire dorsal | 14. noyaux arqués | 22. tractus tecto-spinal |
| 7. noyau solitaire | 15. strie médullaire du 4 ^e ventricule | 23. noyaux du raphé (pâle et sombre) |
| 8. noyau cochléaire ventral | 16. faisceau longitudinal médial | 24. lemnisque médial |

B | COUPES DU PONT

Le pont est constitué de deux parties de structure différente, la partie antérieure ou basilaire, et la partie postérieure ou tegmentum pontique.

1 | Coupe de la partie inférieure du pont

Elle passe par le genou du nerf facial qui détermine le colliculus facial (fig. 24.10).

La partie basilaire est séparée du tegmentum pontique par le corps trapézoïde.

a) Le corps trapézoïde

Il est constitué des noyaux du corps trapézoïde et de neurofibres transversales et ascendantes provenant des noyaux cochléaires, qui décussent à ce niveau.

b) La partie basilaire contient :

- des noyaux pontiques disséminés, représentant le site des synapses des fibres cortico-pontiques ;
- des neurofibres transversales qui ont leur péricaryon dans les noyaux pontiques. Elles dissocient les

tractus cortico-spinaux et cortico-nucléaires en petits faisceaux.

Les neurofibres transversales rejoignent les pédoncules cérébelleux moyens.

c) Le tegmentum pontique

C'est le prolongement de la moelle spinale avec des tractus et des noyaux similaires.

- Les lemnisques médial et latéral sont situés dans la partie antérieure et médiale du tegmentum, en arrière du corps trapézoïde.
- Le noyau du nerf facial est postérieur au lemnisque médial.
- Sous le 4^e ventricule se trouvent, dans le sens médio-latéral :
 - le faisceau longitudinal médial, contre la ligne médiane ;
 - le noyau du nerf abducens ;
 - les noyaux vestibulaires.
- Le tractus spinal du nerf trijumeau et son noyau sont latéraux et inférieurs au pédoncule cérébelleux inférieur.

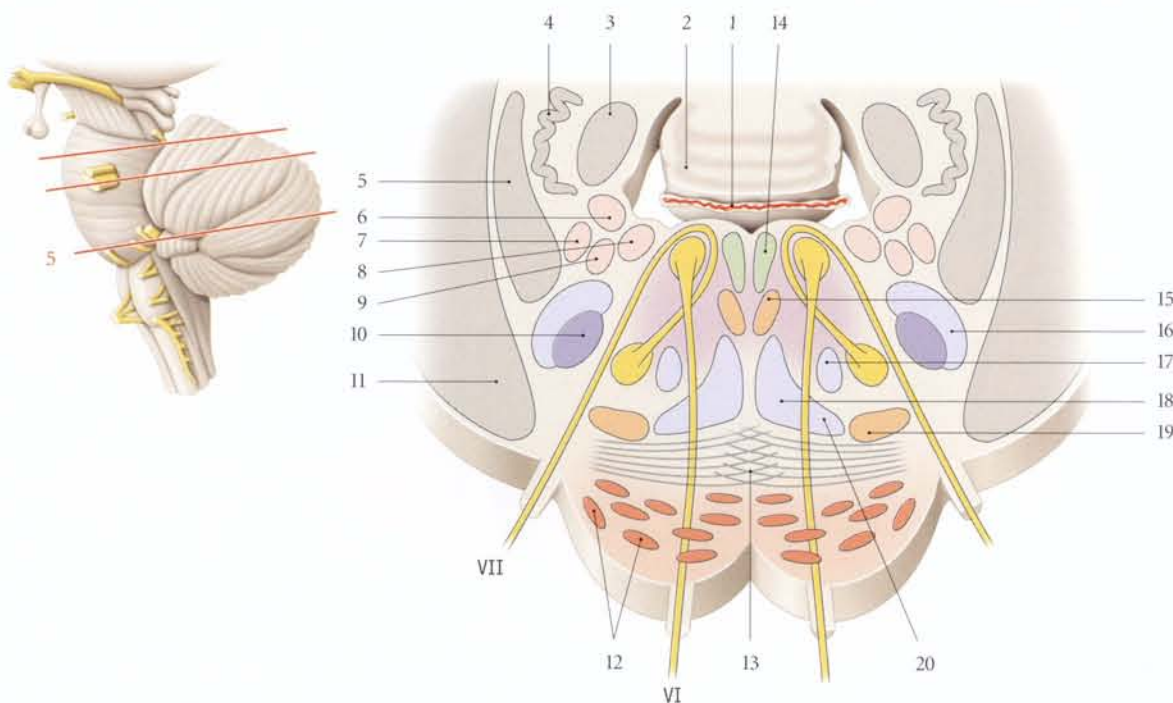


FIG. 24.10. Coupe transversale 5 : au niveau de la partie inférieure du pont (genou du VII)

- | | | | |
|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|
| 1. plexus choroïde | 6. noyau vestibulaire sup. | 11. pédoncule cérébelleux moyen | 16. tractus spinal du V |
| 2. nodule du cervelet | 7. noyau vestibulaire latéral | 12. noyau du pont | 17. tractus tegmental central |
| 3. pédoncule cérébelleux sup. | 8. noyau vestibulaire médial | 13. corps trapézoïde | 18. lemnisque médial |
| 4. noyau dentelé | 9. noyau vestibulaire inf. | 14. faisceau longitudinal médial | 19. tractus réticulo-spinal |
| 5. pédoncule cérébelleux inf. | 10. noyau principal du V | 15. tractus tecto-spinal | 20. lemnisque latéral |

2 | Coupe de la partie supérieure du pont

(fig. 24.11)

Elle passe au niveau des noyaux principal, moteur et mésencéphalique du nerf trijumeau.

a) La partie basilaire

Elle ressemble à celle de la coupe inférieure du pont.

b) Le tegmentum pontique

- En avant se situent :
 - le lemnisque médial, de chaque côté du raphé du pont;
 - les tractus spino-thalamique et spino-réticulaire, latéralement.
- Sous le 4^e ventricule siègent le faisceau longitudinal médial et le locus coeruleus.
- Le tractus tecto-spinal est situé entre le faisceau longitudinal médial et le noyau du raphé du pont.
- Latéralement, près du pédoncule cérébelleux moyen, se situent :
 - le noyau du nerf trijumeau, constitué des noyaux principal, mésencéphalique et moteur du trijumeau;

– le tractus tegmental central.

- La région centrale est occupée par la substance réticulaire.

C | COUPE À LA JONCTION PONT-MÉSENCÉPHALE (fig. 24.12)

Elle passe au niveau de l'émergence du nerf trochléaire.

1 | La partie basilaire

Elle est constituée de chaque côté dans le cinquième médial du faisceau cortico-nucléaire, dans les trois cinquièmes intermédiaires du faisceau cortico-spinal et dans le cinquième latéral du faisceau cortico-pontique.

2 | Le tegmentum mésencéphalique

a) En avant se situent :

- la décussation tegmentale, sur la ligne médiane;
- les fibres cortico-tegmentales;
- le lemnisque médial, latéralement.

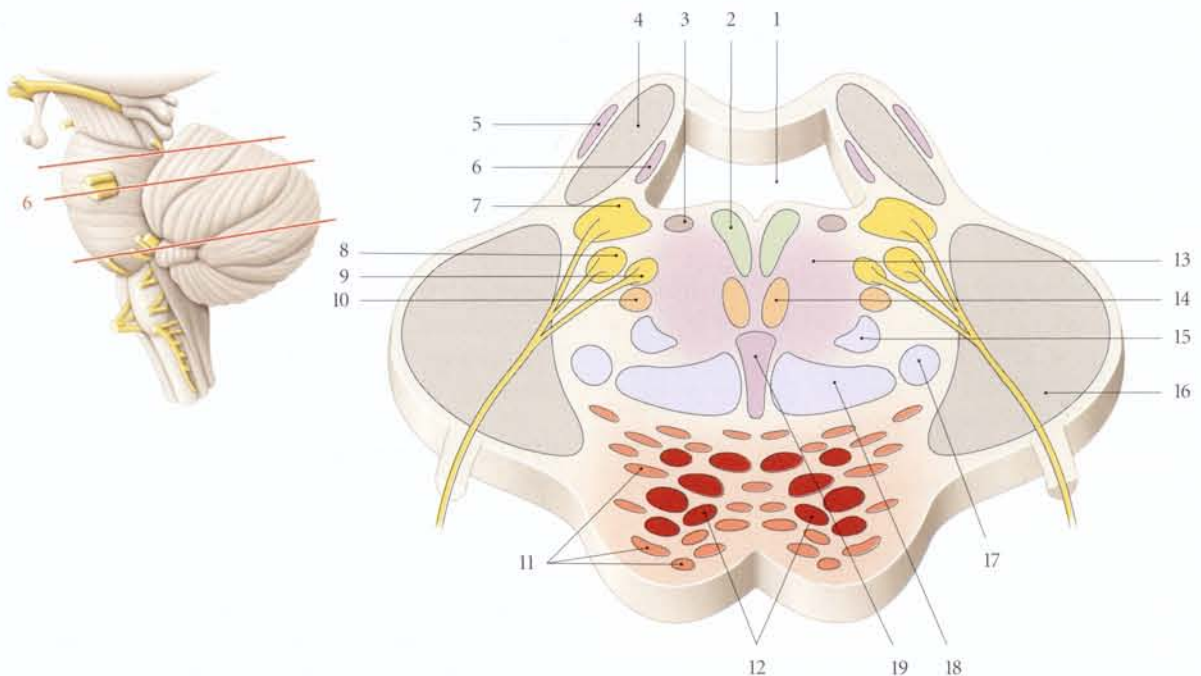


FIG. 24.11. Coupe transversale 6 : au niveau de la partie supérieure du pont et du nerf trijumeau

- | | | | |
|---------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---|
| 1. 4 ^e ventricule | 6. noyau parabrachial médial | 11. noyaux du pont | 16. pédoncule cérébelleux moyen |
| 2. faisceau longitudinal médial | 7. noyau mésencéphalique du V | 12. tractus cortico-spinal | 17. tractus spino-thalamique et spino-réticulaire |
| 3. locus coeruleus | 8. noyau spinal du V | 13. formation réticulaire | 18. lemnisque médial |
| 4. pédoncule cérébelleux sup. | 9. noyau moteur du V | 14. tractus tecto-spinal | 19. noyau du raphé du pont |
| 5. noyau parabrachial latéral | 10. tractus rubro-spinal | 15. tractus tegmental central | |

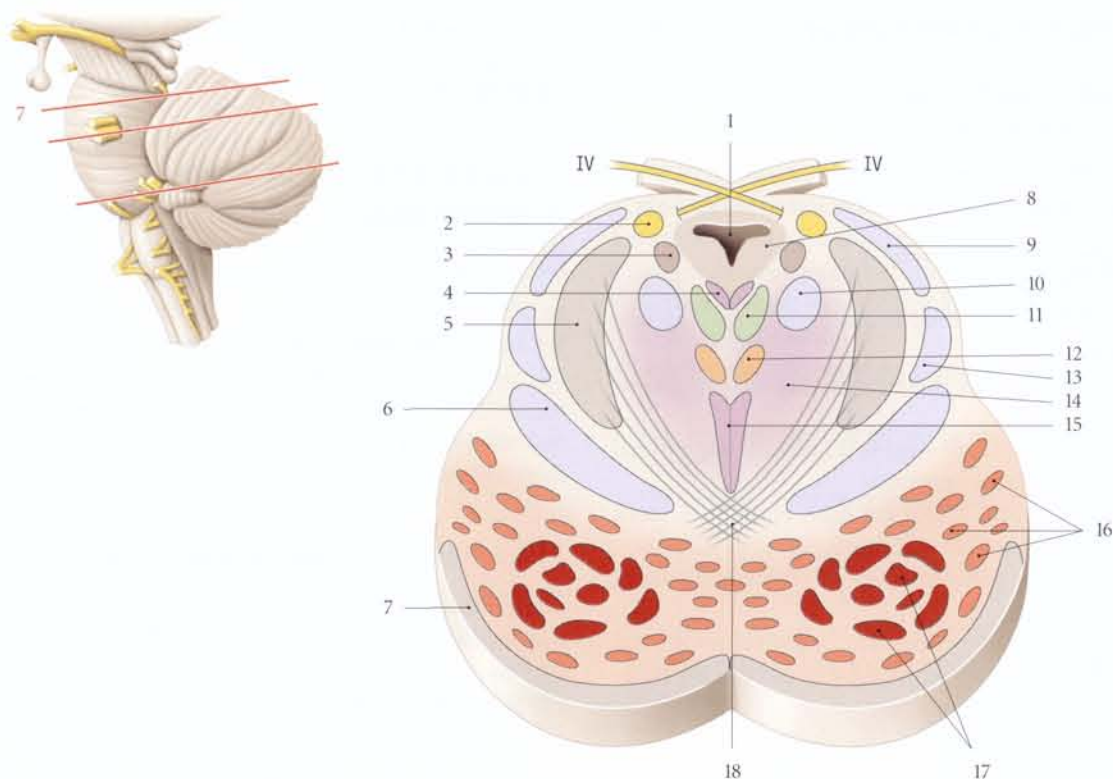


FIG. 24.12. Coupe transversale 7 : au niveau de la jonction pont-mésencéphale et de la décussation du nerf trochléaire

- | | | | |
|-------------------------------|-----------------------------------|---|-----------------------------|
| 1. aqueduc cérébral | 6. lemnisque médial | 11. faisceau longitudinal médial | 15. noyau linéaire du raphé |
| 2. noyau mésencéphalique du V | 7. pédoncule cérébelleux moyen | 12. tractus tecto-spinal | 16. noyaux du pont |
| 3. locus coeruleus | 8. substance grise périaquadrucal | 13. tractus spino-thalamique et spino-réticulaire | 17. tractus cortico-spinal |
| 4. noyau du raphé post. | 9. lemnisque latéral | 14. formation réticulaire | 18. décussation tegmentale |
| 5. pédoncule cérébelleux sup. | 10. tractus tegmental central | | |

b) De chaque côté de la ligne médiane et d'avant en arrière, on note : le noyau linéaire du raphé, le tractus tecto-spinal, le faisceau longitudinal médial, le noyau du raphé postérieur et la substance grise périaquadrucal entourant l'aqueduc cérébral.

c) Latéralement, le pédoncule cérébelleux supérieur répond :

- médialement, au noyau mésencéphalique du trijumeau, au locus coeruleus et au tractus tegmental central ;
- latéralement, au lemnisque latéral et aux tractus spino-thalamique et spino-réticulaire.

D | COUPES DU MÉSENCÉPHALE (fig. 24.13)

Le mésencéphale est constitué de trois parties, une partie antérieure, les pédoncules cérébraux, une partie

moyenne, le tectum mésencéphalique, et une partie postérieure, le tectum mésencéphalique⁸.

L'aqueduc cérébral entouré de la substance grise périaquadrucal, occupe le milieu postérieur du tectum.

1 | Les pédoncules cérébraux

Chaque pédoncule est constitué d'une partie antérieure, le *pied du cerveau*, et d'une partie postérieure, la *substance noire*.

a) Le pied du cerveau est occupé par :

- les neurofibres cortico-spinales et cortico-nucléaires, dans ses trois cinquièmes moyens ;
- les neurofibres fronto-pontiques, dans son cinquième médial ;
- les neurofibres temporo-pontiques, dans son cinquième latéral.

8. Syn. : lame tectale, lame quadrigémale.

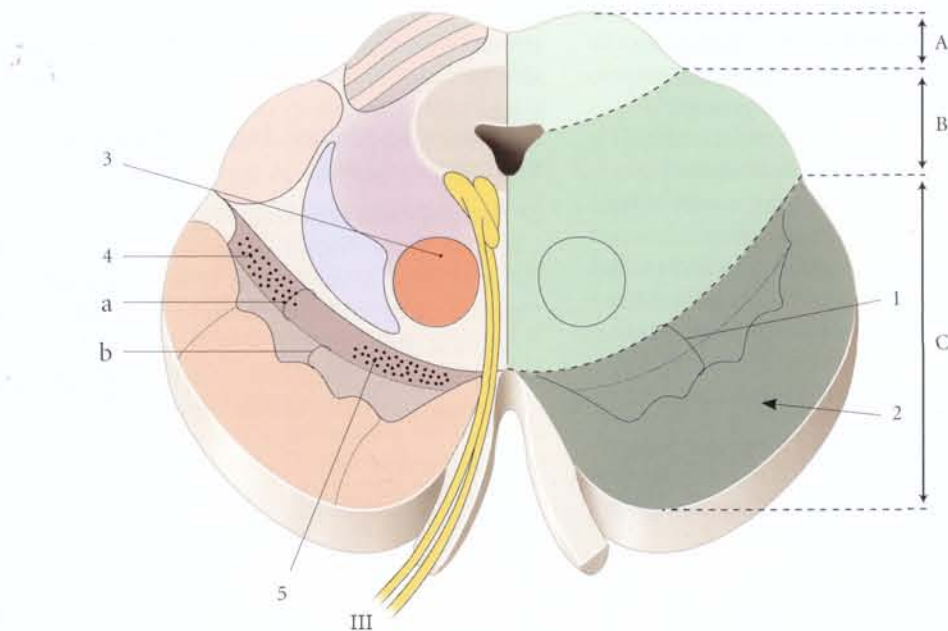


FIG. 24.13. Parties du mésencéphale

- A. tectum mésencéphalique
 B. tegmentum mésencéphalique
 C. pédoncule cérébral
 a. partie compacte de la substance noire
 b. partie réticulaire de la substance noire

1. substance noire
 2. pied du cerveau
 3. substance rouge
 4. partie latérale de la substance noire
 5. partie rétro-rubrale de la substance noire

b) La substance noire⁹

Ce large noyau sépare le tegmentum mésencéphalique du pied du cerveau. Il contient de grandes cellules multipolaires riches en granules de mélanine.

Cette pigmentation augmente avec l'âge. Elle est particulièrement marquée chez l'homme, même chez les albinos.

- Sur une coupe transversale, elle présente un aspect semi-lunaire à concavité postérieure. Sa partie médiale est traversée par les fibres du nerf oculomoteur. La substance noire est divisée en deux parties :
 - la partie compacte, postérieure, est riche en cellules de taille moyenne, concentrées dans ses parties latérale et rétro-rubrale. Ces neurones contiennent de la dopamine ;
 - la partie réticulaire, antérieure, pauvre en cellules, s'étend jusque dans la région subthalamique.
- Ses fibres afférentes viennent du cortex cérébral des gyrus précentral et postcentral, qui se terminent surtout dans la partie réticulaire. Dans la partie compacte se terminent des neurofibres provenant du noyau caudé et du putamen.

- Ses fibres efférentes se destinent au striatum, au thalamus et à la formation réticulaire.
- La substance noire participe à la régulation des mouvements automatiques associés aux mouvements volontaires.

La maladie de Parkinson est une atteinte dégénérative de la substance noire et de ses connexions avec le putamen.

Elle s'accompagne de la disparition de la dopamine et se traduit par :

- une rigidité avec une inclinaison antérieure du corps ;
- un visage figé ;
- une lenteur des mouvements volontaires (bradycinésie) ; la démarche est traînante ;
- des tremblements évoquant un émiettement de pain.

2 | Coupe au niveau du colliculus inférieur (fig. 24.14)

a) Le tegmentum mésencéphalique

- En avant se situent les pédoncules cérébelleux supérieurs et la décussation de leurs neurofibres.

9. Ancien. : locus niger de Soemmering.

Le noyau interpédunculaire est antérieur à cette décussation et le faisceau tegmental central est postérieur au pédoncule cérébelleux supérieur.

- *Latéralement* se situent le lemnisque latéral, le lemnisque médial et la formation réticulaire.
- *Le noyau du nerf trochléaire* est situé contre la ligne médiane, sous la substance périaquaducale. En avant de ce noyau se trouve le faisceau longitudinal médial.
- *Le tractus mésencéphalique du V* et le *tractus tecto-spinal* sont latéraux à la substance grise périaquaducale.

b) Le tectum mésencéphalique

Le colliculus inférieur est formé d'un gros noyau participant à la voie auditive centrale. Il reçoit des neurofibres afférentes du lemnisque latéral, qu'il projette à

travers le bras du colliculus inférieur vers le corps géniculé médial.

3 | Coupe au niveau du colliculus supérieur (fig. 24.15)

a) Le tegmentum mésencéphalique

- *Le noyau rouge*¹⁰ est un gros noyau ovoïde d'environ 7 mm, situé en arrière de la substance noire. Il s'étend de la limite inférieure du colliculus supérieur à la région subthalamique.

Cette masse de substance grise est rougeâtre en raison de sa vascularisation et de sa pigmentation.

10. Ancien : noyau de Stilling.

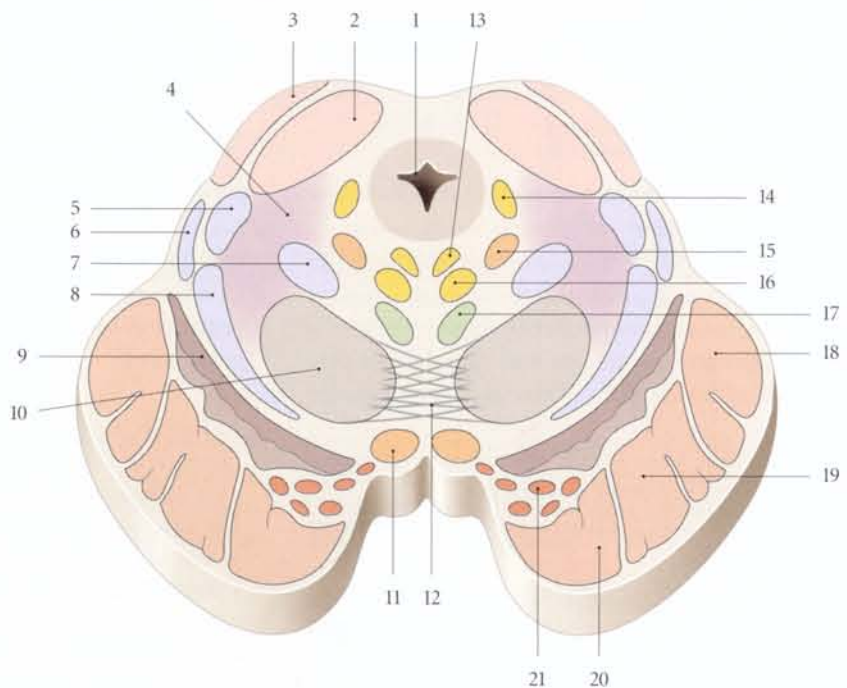


FIG. 24.14. Coupe transversale 8 : au niveau des colliculus inférieurs et de la décussation du pédoncule cérébelleux supérieur

- | | |
|--|---|
| 1. aqueduc cérébral | 12. décussation du pédoncule cérébelleux sup. |
| 2. noyau du colliculus inf. | 13. noyau supratrochléaire |
| 3. bras du colliculus inf. | 14. tractus mésencéphalique du V |
| 4. formation réticulaire | 15. tractus tecto-spinal |
| 5. lemnisque latéral | 16. noyau du IV |
| 6. tractus spino-thalamique et spino-réticulaire | 17. faisceau longitudinal médial |
| 7. faisceau tegmental central | 18. faisceau temporo-pontique |
| 8. lemnisque médial | 19. faisceaux cortico-spinal et cortico-nucléaire |
| 9. substance noire (partie compacte) | 20. faisceau fronto-pontique |
| 10. pédoncule cérébelleux sup. | 21. noyaux du pont |
| 11. noyau interpédunculaire | |

- Le tractus habénulo-interpédonculaire, qui croise sa face médiale, le divise en deux parties : la partie parvocellulaire, supéro-postérieure, et la partie magnocellulaire, inféro-antérieure, plus réduite, et plus ancienne du point de vue phylogénétique.
- Ses neurofibres afférentes proviennent du cortex cérébral du cervelet contro-latéral, du noyau lenticulaire, de l'hypothalamus, du subthalamus, de la substance noire et de la moelle spinale.
- Ses neurofibres efférentes sont rubro-spinales et rubro-réticulaires. Il émet aussi des fibres vers le noyau antéro-latéral du thalamus.
- Le noyau rouge, centre-relais situé sur les voies motrices automatiques et semi-volontaire, joue un rôle important dans la synergie des mouve-

ments du corps, des réflexes labyrinthiques et des postures.

Dans le *syndrome de Bénédikt*, la lésion intéresse le noyau rouge et les neurofibres voisines du pédoncule cérébelleux supérieur (lemnisque médial, faisceau spino-thalamique, nerf oculomoteur commun...). Ce syndrome est caractérisé par une hyperkinésie contro-latérale, des tremblements et une ataxie. Selon l'atteinte des fibres de voisinage, le patient peut présenter une perte de la sensibilité épicrotique ou une paralysie du nerf oculomoteur commun.

- La formation réticulaire est postérieure au noyau rouge.

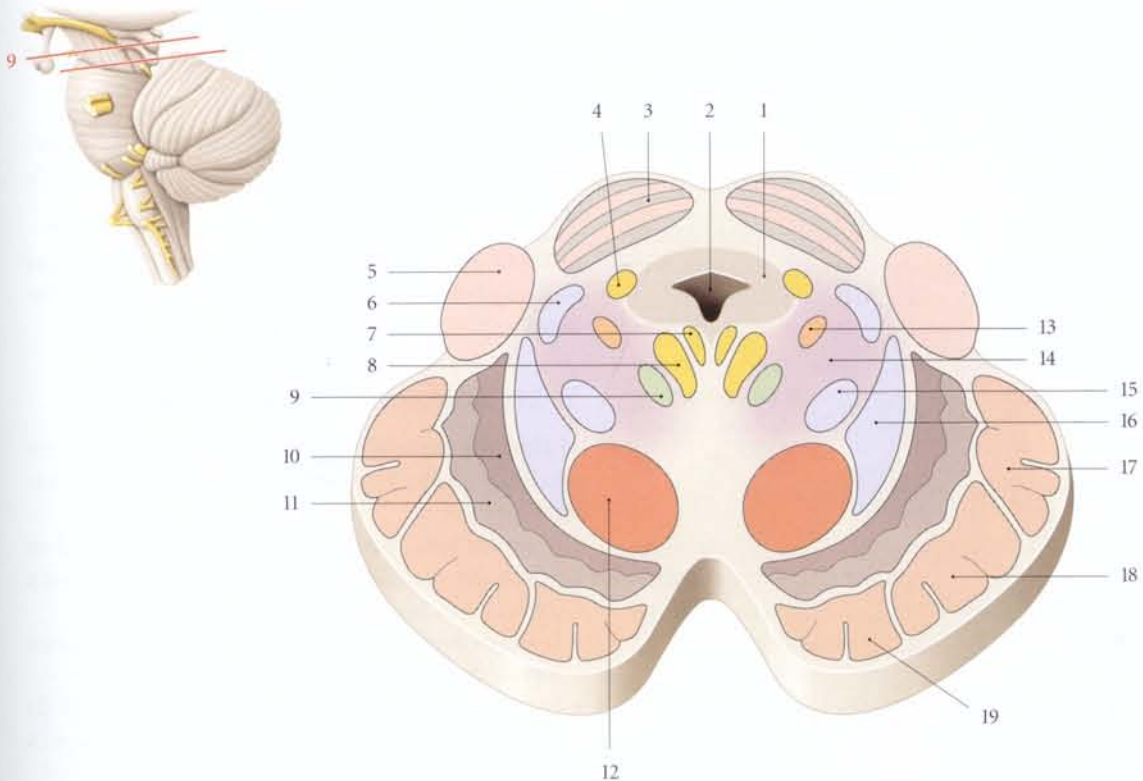


FIG. 24.15. Coupe transversale 9 au niveau du colliculus supérieur et du noyau rouge

- | | |
|--|---|
| 1. substance grise périaqueducule | 11. partie réticulée de la substance noire |
| 2. aqueduc du mésencéphale | 12. noyau rouge |
| 3. colliculus sup. | 13. tractus tecto-spinal |
| 4. noyau mésencéphalique du V | 14. formation réticulaire |
| 5. corps géniculé médial | 15. tractus tegmental central |
| 6. tractus spino-thalamique et spino-réticulaire | 16. lemnisque médial |
| 7. noyau oculomoteur accessoire | 17. faisceaux pariéto-temporo-pontiques |
| 8. noyau oculomoteur | 18. faisceaux cortico-spinal et cortico-nucléaire |
| 9. faisceau longitudinal médial | 19. faisceaux pontiques |
| 10. partie compacte de la substance noire | |

- Le lemnisque médial est latéral au noyau rouge.
 - Le noyau oculomoteur est sous la substance grise centrale de chaque côté de la ligne médiane.
- Le faisceau longitudinal médial est antéro-latéral au noyau oculomoteur.

24.3 FORMATION RÉTICULAIRE

La formation réticulaire¹¹ est un tissu nerveux constitué d'un mélange de substance grise et de substance blanche. C'est un modulateur diffus du système nerveux. Elle est formée de neurones dont les axones, longitudinaux et transversaux, forment un réseau qui enserre des amas de péricaryon.

La formation réticulaire est associée aux neurotransmetteurs, la noradrénaline (NA), la sérotonine (5-HT), la dopamine (DA) ou l'acétylcholine (Ach). C'est une formation ancienne du point de vue phylogénétique.

A | SITUATION

La formation réticulaire est un prolongement, dans le tronc encéphalique, de la lame spinale VII des segments cervicaux. Elle s'étend jusqu'au diencéphale (noyaux réticulaires du thalamus) (fig. 24.16).

Elle est mal délimitée et occupe les espaces compris entre les noyaux et les différentes voies ascendantes et descendantes du tronc encéphalique.

B | RÉPARTITION TOPOGRAPHIQUE

Les neurones de la formation réticulaire s'organisent en noyaux formant trois colonnes : les noyaux réticulaires médians ou noyaux du raphé, les noyaux réticulaires médiaux et les noyaux réticulaires latéraux.

1 | Les noyaux du raphé (fig. 24.17)

Ils occupent la ligne médiane du tronc encéphalique. Ils représentent le principal site de neurones contenant la sérotonine. Ils comprennent :

a) Dans la moelle allongée (ou bulbe), les noyaux pâles et sombres du raphé et le grand noyau du raphé. Leurs neurones se projettent dans la moelle spinale.

b) Dans le pont, le noyau du raphé du pont et le noyau médian du raphé¹².

b) Le tectum mésencéphalique

Le colliculus supérieur est formé d'un gros noyau participant aux voies optiques. Il est connecté au corps géniculé latéral *via* les bras du colliculus supérieur.

c) Dans le mésencéphale, le noyau postérieur du raphé et les noyaux linéaires supérieur, inférieur et intermédiaire.

2 | Les noyaux réticulaires médiaux

De chaque côté des noyaux du raphé se situent :

a) Dans la moelle allongée (ou bulbe), le noyau gigantocellulaire formé de gros neurones. C'est un site de production de sérotonine.

b) Dans le pont, le noyau réticulaire caudal¹³ du pont, le noyau réticulaire tegmental du pont et le noyau réticulaire rostral¹⁴ du pont.

c) Dans le mésencéphale, le noyau cunéiforme mésencéphalique et le noyau subcunéiforme mésencéphalique.

3 | Les noyaux réticulaires latéraux

a) Dans la moelle allongée (ou bulbe), ces noyaux sont un site de production de noradrénaline et d'adrénaline.

- Le noyau paragigantocellulaire latéral est latéral au noyau gigantocellulaire et est situé au niveau du colliculus facial.
- Le noyau paragigantocellulaire postérieur est situé au niveau du noyau ambigu.
- Le noyau réticulaire parvocellulaire, constitué de petits neurones, est situé latéralement au noyau gigantocellulaire.
- Le noyau réticulaire central du bulbe¹⁵.

b) Dans le pont

C'est un site de production de noradrénaline.

11. Ancien. : formation réticulée, substance réticulée, fibres de Stilling, fibres de Lenhossek, fibres de Schröder.

12. Ancien. : noyau central sup.

13. Ancien. : noyau réticulaire intermédiaire inf. du pont.

14. Ancien. : noyau réticulaire oral du pont; noyau intermédiaire sup. du pont.

15. Ancien. : noyau réticulaire latéral du bulbe

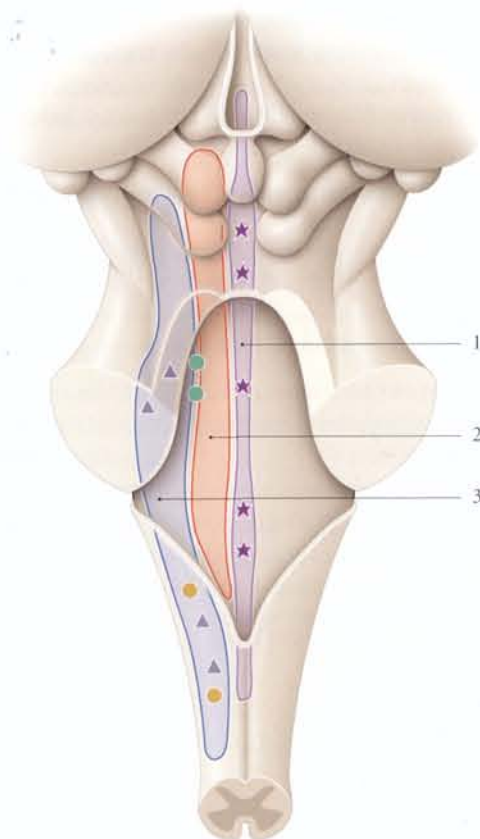


FIG. 24.16. Colonnes des noyaux réticulaires

neuromédiateurs

sérotonine ★

noradrénaline ▲

épinéphrine ●

acétylcholine ●

1. noyaux du raphé

2. noyaux réticulaires médiaux

3. noyaux réticulaires latéraux

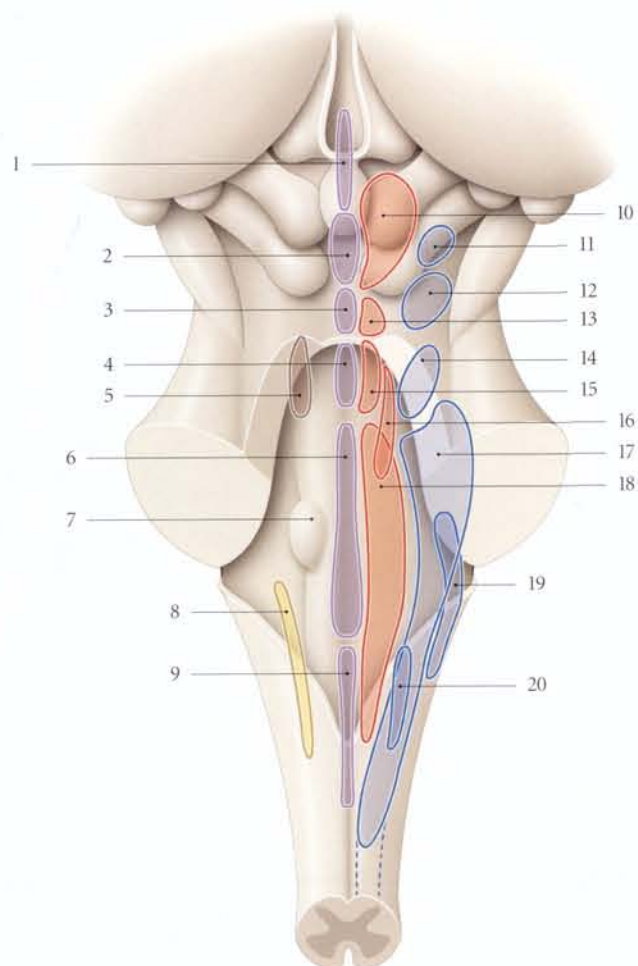


FIG. 24.17. Principaux noyaux réticulaires

1. noyaux linéaires inf., sup. et intermédiaire
2. noyau post. du raphé
3. noyau médian du raphé
4. noyau du raphé du pont
5. locus cœrulœus
6. grand noyau du raphé
7. colliculus facial
8. noyau ambigu
9. noyaux pâle et sombre du raphé
10. noyaux cunéiforme et subcunéiforme mœsencœphaliques
11. noyau tegmental pédonculo-pontique
12. noyau parapœdonculaire
13. noyau réticulaire sup. du pont
14. noyau paralemniscal
15. noyau réticulaire tegmental du pont
16. noyau réticulaire inf. du pont
17. noyau réticulaire parvocellulaire
18. noyau gigantocellulaire ant.
19. noyau paragigantocellulaire latéral
20. noyau paragigantocellulaire post.

Le *noyau paralemniscal*¹⁶ est situé entre le pont et le mésencéphale, près de son bord latéral.

c) Dans le mésencéphale

- Le *noyau parapédonculaire*¹⁷ est situé près du colliculus inférieur.
- Le *noyau tegmental pédonculo-pontique* est latéral au noyau subcunéiforme du mésencéphale.

C | SYSTÉMATISATION

1 | Les fibres afférentes (fig. 24.18)

Elles proviennent :

a) *De la moelle spinale* : les tractus spinoréticulaires et les collatérales des tractus spinothalamiques.

b) *Du tronc encéphalique* : les neurofibres sensorielles des nerfs crâniens, du noyau solitaire, et du tractus tectoréticulaire, issu des colliculus supérieur et inférieur.

c) *Du cervelet*, en particulier du noyau fastigial.

d) Du système limbique :

- des corps mamillaires, *via* le tractus mamillo- tegmental ;
- des noyaux habénulaires, *via* le tractus habénulo- interpédonculaire.

e) *De l'hypothalamus*, *via* les fibres hypothalamo-réticulaires.

f) *Du cortex cérébral*, *via* les voies cortico-réticulaires.

2 | Les fibres efférentes (fig. 24.19)

a) *Les noyaux pontiques et mésencéphaliques* se projettent comme le locus coeruleus vers :

- le cortex cérébral ;
- le système limbique ;
- le thalamus, *via* le tractus réticulo-thalamique ;
- le cervelet.

16. Ancien. : noyau parabrachial médial.

17. Ancien. : noyau parabrachial latéral.

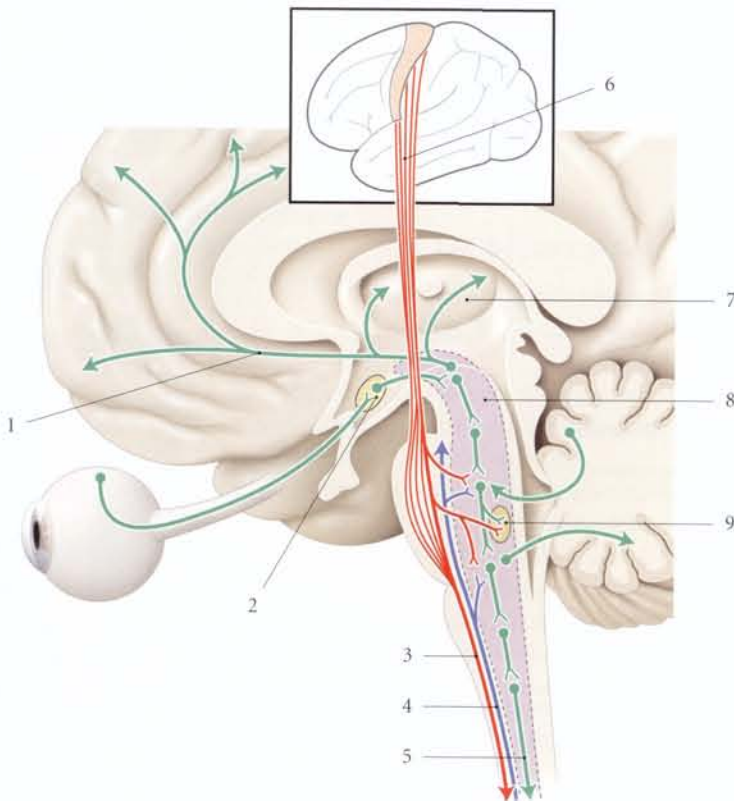


FIG. 24.18. Systématisation de la formation réticulaire

1. afférences limbiques
2. noyau supra-optique
3. tractus cortico-spinal

4. tractus spino-réticulaire
5. tractus réticulo-spinal
6. tractus pyramidal

7. thalamus
8. formation réticulaire
9. noyau d'un n. crânien

b) *Les noyaux bulbaire*s se projettent vers :

- la moëlle spinale (*via* le tractus réticulo-spinal) ;
- les noyaux des nerfs crâniens, *via* le tractus réticulo-bulbaire.

D | FONCTIONS

Elles sont multiples en raison de ses connexions avec la moelle spinale, le cervelet et l'encéphale. La formation réticulaire assure la coordination et le contrôle de nombreuses fonctions essentielles à la vie.

1 | Le contrôle de l'activité mentale et émotionnelle

La formation réticulaire exerce sur le cortex cérébral une stimulation le tenant en état de vigilance et de veille. Elle exerce sur les noyaux de la base un contrôle inhibiteur ou facilitateur, provoquant un état de sommeil.

2 | Le contrôle des muscles squelettiques

La formation réticulaire module le tonus musculaire et l'activité réflexe. Elle assure ainsi le maintien du tonus des muscles antigravitaires.

En contrôlant les muscles de la mimique, elle permet l'expression de l'émotion.

Elle participe au contrôle des muscles respiratoires.

3 | Le contrôle de la sensibilité viscérale et somatique

Il est assuré par ses connexions ascendantes et descendantes qui s'unissent avec toutes les voies sensibles.

4 | Le contrôle des systèmes veineux autonome et endocrinien

La formation réticulaire assure la coordination de nombreuses fonctions végétatives : respiration, déglutition, pression sanguine, thermorégulation...

5 | Le contrôle du cycle circadien veille-sommeil (voir Chapitre 20.5)

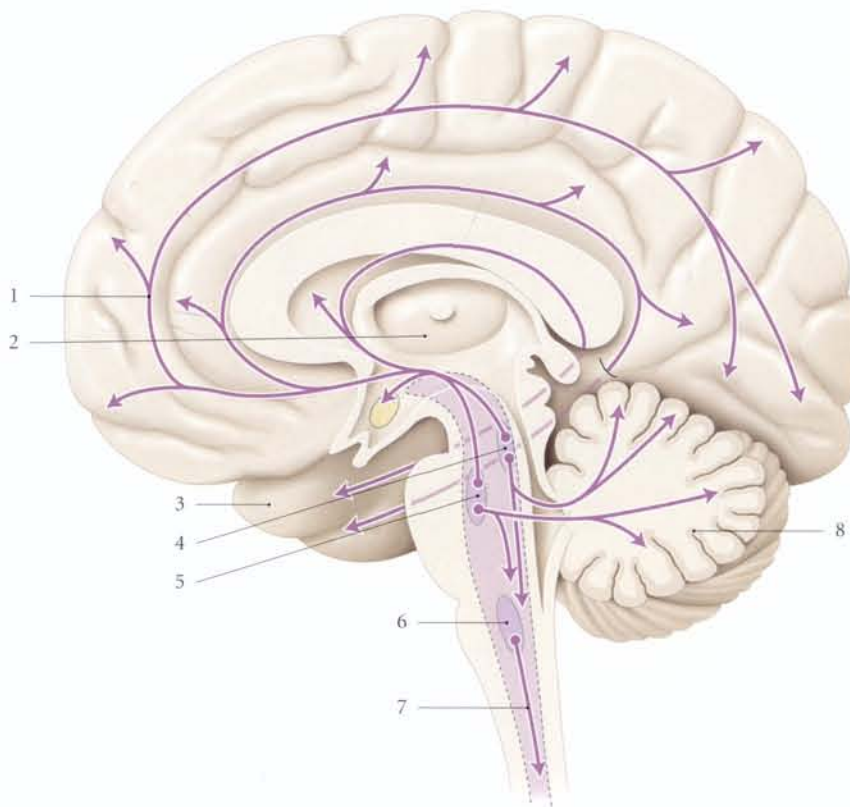


FIG. 24.19. Noyaux du raphé. Systématisation (neurones sérotoninergiques)

- | | | |
|----------------------------|--------------------------------------|----------------------------|
| 1. vers le cortex cérébral | 4. noyau réticulaire mésencéphalique | 7. tractus réticulo-spinal |
| 2. thalamus | 5. noyau réticulaire pontique | 8. cervelet |
| 3. lobe temporal | 6. noyau réticulaire bulbaire | |

24.4 LOCUS CŒRULÉUS¹⁸ (fig. 24.20)

Ce noyau du tegmentum ponto-mésencéphalique est parfois considéré comme l'un des noyaux réticulaires médiaux.

D'aspect bleuté, sur une coupe fraîche, il est situé dans la partie antéro-latérale de la substance grise périaquale.

Chez l'homme, c'est un agrégat compact d'environ 12 000 neurones. Ces neurones sont riches en mélanine. Chaque neurone peut présenter jusqu'à 250 000 synapses. La diffusion du locus cœruléus dans le système nerveux central est donc particulièrement étendue.

A | SYSTÉMATISATION

1 | Les neurofibres afférentes

Elles proviennent :

- des cortex cérébral et cérébelleux ;
- de l'hypothalamus ;
- des formations réticulaires, en particulier du noyau dorsal du raphé.

2 | Les neurofibres éfférentes

- Certaines s'associent aux fibres ascendantes et descendantes.
- Certaines fibres ascendantes vers l'hypothalamus contribuent à former le faisceau médial du telen-

18. Ancien. : substantia ferruginea.

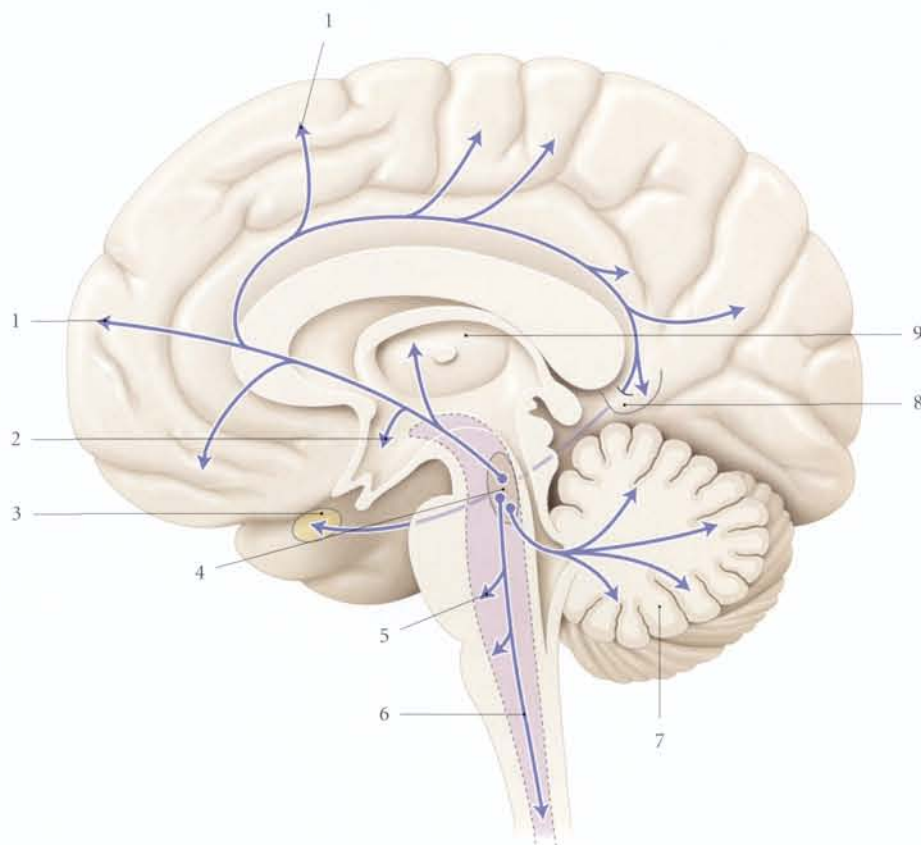


FIG. 24.20. Systématisation du locus cœruléus (projection des neurones noradrénergiques)

1. vers le cortex cérébral
2. hypothalamus
3. corps amygdaloïde

4. locus cœruléus
5. tronc cérébral
6. moelle spinale

7. cervelet
8. formation hippocampale
9. thalamus

céphale. Elles assurent la connexion du tegmentum mésencéphalique avec le système limbique.

- Certaines fibres divergent et se distribuent largement au diencéphale ou au cortex cérébral.
- Certaines fibres se projettent dans le cervelet, le tronc cérébral et la moelle spinale.

B | FONCTION

Le neurotransmetteur des neurones du locus cœruléus est la noradrénaline, comme celui des neurones postganglionnaires sympathiques. La similitude de la diffusion de ces neurones noradrénergiques et celle des

neurones sérotoninergiques des noyaux du raphé, plaide en faveur d'une complémentarité fonctionnelle.

Le locus cœruléus, placé en dérivation des voies informatives spécifiques, est impliqué dans la modulation de l'attention et l'éveil en général.

Il est aussi impliqué dans l'apprentissage, la mémoire, l'anxiété, la douleur et le métabolisme du cerveau. Son rôle semble donc déterminant dans le fonctionnement du cerveau, en augmentant sa sensibilité face aux stimuli de l'environnement du sujet. Il accélère donc le traitement par le cerveau des informations motrices, sensibles et sensorielles.

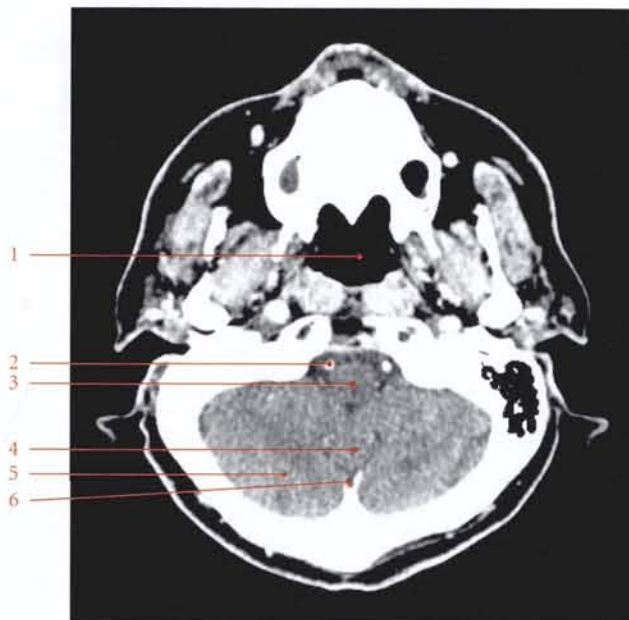
25 Cervelet

Le cervelet est la partie la plus volumineuse du métencéphale. Logé dans la fosse crânienne postérieure, il est situé en arrière du tronc encéphalique et au-dessous du cerveau. Il assure la régulation du tonus musculaire, de l'équilibre et de la coordination des mouvements (fig. 25.1).

La pathologie cérébelleuse, riche et polymorphe, se traduit par le *syndrome cérébelleux* (voir paragraphe 25.4). Elle peut être d'origine tumorale (métastase, médulloblastome, neurinome du nerf acoustique...), infectieuse (abcès...), toxique (alcoolisme...), dégénérative (atrophie corticale...), vasculaire (thrombose...).

FIG. 25.1. Coupe transversale de la tête – TDM avec injection vasculaire (cliché Dr Th. Diesce)

1. nasopharynx
2. a. vertébrale
3. moelle allongée (bulbe)
4. tonsille cérébelleuse
5. hémisphère cérébelleux
6. citerne cérébello-médullaire



25.1 CONFIGURATION EXTERNE

Le cervelet mesure transversalement 8 à 10 cm, d'avant en arrière, 5 à 6 cm, et verticalement, 5 cm. Son poids est d'environ 140 g.

Le cervelet se projette au-dessous d'une ligne unissant l'arcade zygomatique et la tubérosité occipitale externe.

La surface du cervelet est marquée par des sillons, les *fissures cérébelleuses*. Celles-ci délimitent des bourrelets, les *lamelles cérébelleuses*¹.

1. Ancien. : gyrus cérébelleux.

A | FACES DU CERVELET (fig. 25.2)

Le cervelet présente trois faces, supérieure, inférieure et antérieure.

La *fissure horizontale* sépare les faces supérieure et inférieure, qui sont recouvertes de méninges.

1 | La face supérieure

Elle répond à l'encéphale dont elle est séparée par la tente du cervelet.

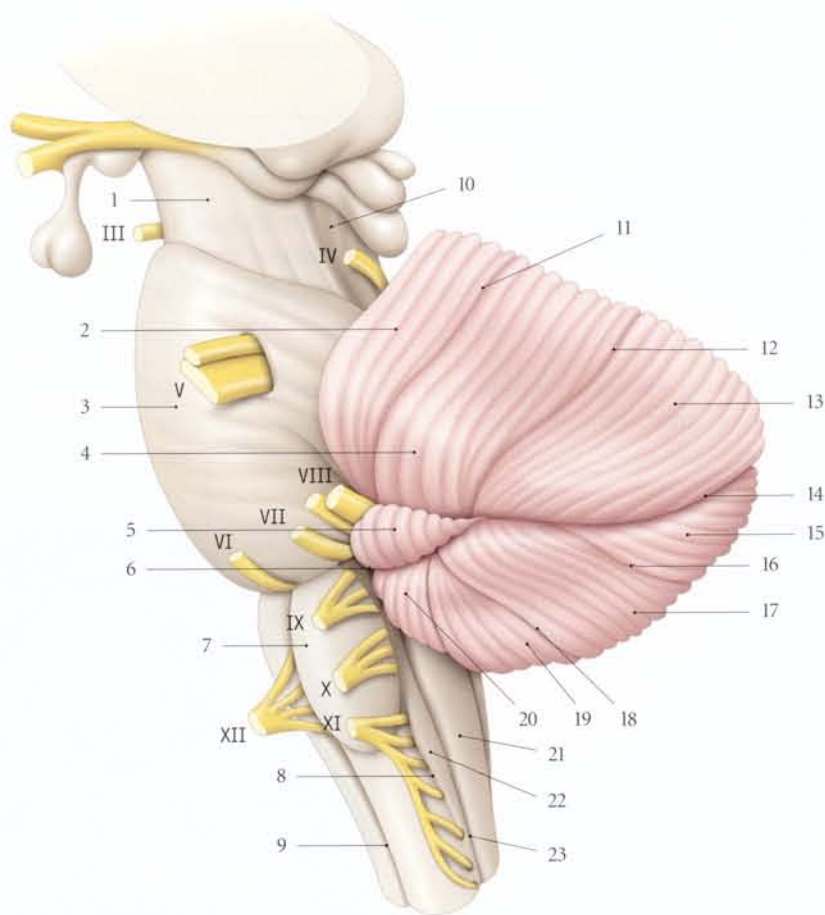


FIG. 25.2. Tronc cérébral (vue latérale)

- | | | |
|--------------------------------|------------------------------|----------------------------|
| 1. pédoncule cérébral | 9. sillon antéro-latéral | 17. lobule gracile |
| 2. lobule quadrangulaire ant. | 10. trigone lemniscal | 18. fissure prédigestrique |
| 3. pont | 11. fissure primaire | 19. lobule digastrique |
| 4. lobule quadrangulaire post. | 12. fissure supéro-post. | 20. tonsille cérébelleuse |
| 5. flocculus | 13. lobule semi-lunaire sup. | 21. tubercule cunéiforme |
| 6. trigone ponto-cérébelleux | 14. fissure horizontale | 22. tubercule trigéminale |
| 7. olive | 15. lobule semi-lunaire inf. | 23. sillon postéro-latéral |
| 8. sillon rétro-olivaire | 16. lobule lunato-gracile | |

2 | La face inférieure

Elle présente dans sa partie médiane et antérieure une dépression profonde séparant les hémisphères, dans laquelle s'encastre le tronc encéphalique. C'est la *valécule du cervelet*. Ses parties latérales et postérieure répondent à l'os occipital.

3 | La face antérieure

Elle est appliquée contre le tronc encéphalique et forme le *toit du 4^e ventricule*. De ses parties latérales partent les pédoncules cérébelleux supérieurs, moyens et inférieurs.

B | DIVISION ANATOMIQUE

Le cervelet est formé d'une masse fissurée, le *corps du cervelet*, unie au tronc encéphalique par les *pédoncules cérébelleux*.

1 | Le corps du cervelet

Il est formé d'une partie médiane étroite, le *vermis*, et de deux parties latérales volumineuses, les *hémisphères cérébelleux*.

Le vermis est séparé des hémisphères cérébraux par les *sillons paramédians*. L'ensemble du cervelet (vermis et

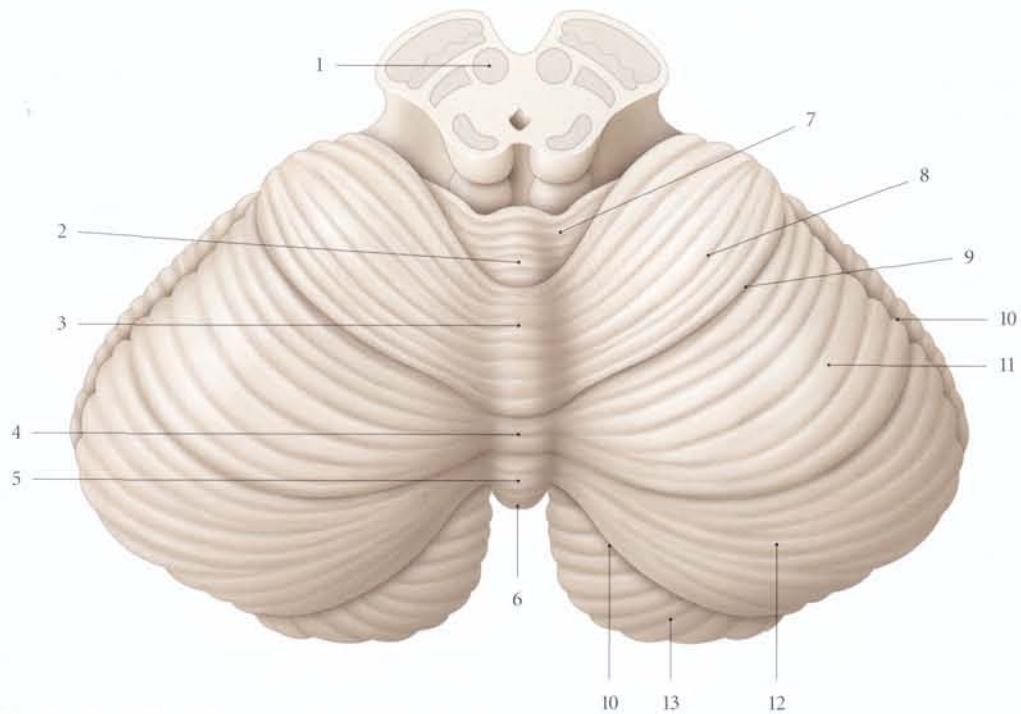


FIG. 25.3. Cervelet (vue supérieure)

- | | | | |
|--------------------|-------------------------------|---------------------------|------------------------------|
| 1. mésentencéphale | 5. folium | 9. fissure primaire | 12. lobule semi-lunaire sup. |
| 2. lobule central | 6. tuber | 10. fissure horizontale | 13. lobule semi-lunaire inf. |
| 3. culmen | 7. aile du lobule central | 11. lobule quadrangulaire | |
| 4. déclive | 8. lobule quadrangulaire ant. | | |

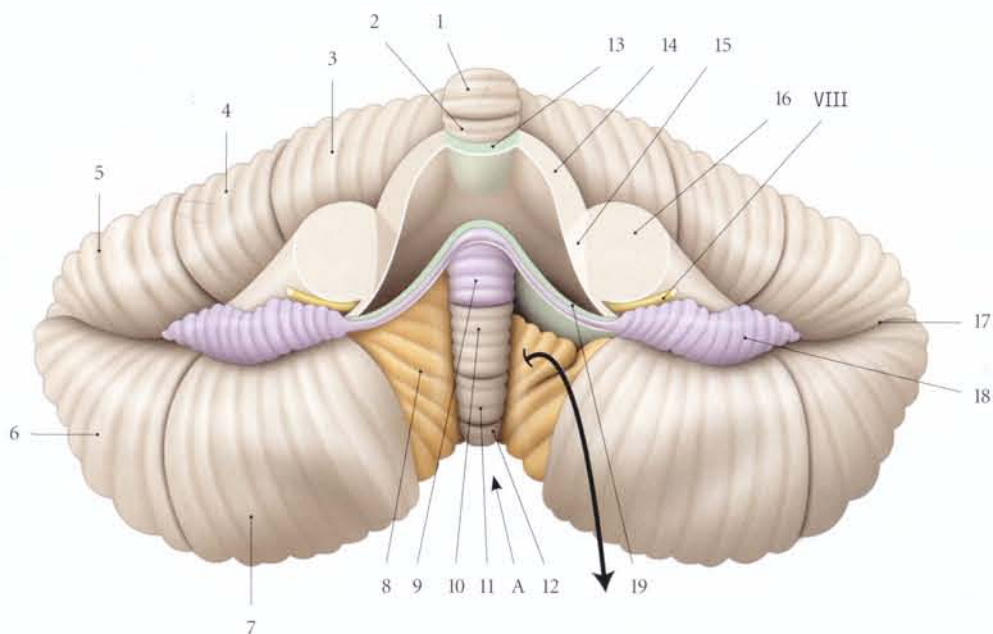


FIG. 25.4. Cervelet (vue inférieure - toit du 4^e ventricule)

- | | | | |
|--------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| A. vallécule du cervelet | 5. lobule semi-lunaire sup. | 10. uvule | 15. pédoncule cérébelleux moyen |
| 1. lobule central | 6. lobule semi-lunaire inf. | 11. pyramide | 16. pédoncule cérébelleux inf. |
| 2. lingula | 7. lobule digastrique | 12. tuber | 17. fissure horizontale |
| 3. lobule quadrangulaire ant. | 8. tonsille cérébelleuse | 13. voile médullaire sup. | 18. flocculus |
| 4. lobule quadrangulaire post. | 9. nodule | 14. pédoncule cérébelleux sup. | 19. voile médullaire inf. |

hémisphères cérébelleux) est divisé en trois lobes, antérieur, postérieur et flocculo-nodulaire.

La *fissure primaire* (ou préclivale) sépare les lobes antérieur et postérieur.

La *fissure postéro-latérale* sépare les lobes postérieur et flocculo-nodulaire.

Chaque lobe cérébelleux est subdivisé en lobules qui sont numérotés de I à X selon Larsell. Cette terminologie est essentiellement morphologique.

a) Les lobules du vermis (fig. 25.3 et 25.4)

- Dans le lobe antérieur du cervelet sont situés :
 - la lingula cérébelleuse (I) ;
 - le lobule central avec deux parties, ventrale (II) et dorsale (III) ;
 - le culmen avec deux parties, ventrale (IV) et dorsale (V).
- Dans le lobe postérieur du cervelet sont situés :
 - le déclive (VI) ;
 - le folium (VIIA) ;
 - le tuber (VIIB) ;
 - la pyramide (VIII) ;
 - l'uvule (IX).
- Dans le lobe flocculo-nodulaire se situe le nodule.

b) Les lobules des hémisphères cérébelleux (fig. 25.5)

- Dans le lobe antérieur du cervelet sont situés :
 - la lingula cérébelleuse ;
 - l'aile du lobule central, prolongeant le lobule central. Elle est formée de deux parties, antérieure (HII) et postérieure (HIII) ;
 - le lobule quadrangulaire antérieur, prolongement du culmen. Il est formé de deux parties, antérieure (HIV) et postérieure (HV).
- Dans le lobe postérieur sont situés :
 - le lobule quadrangulaire postérieur (HVI)², prolongeant le déclive, l'ensemble constituant le lobule simple ;
 - le lobule semi-lunaire supérieur (ou ansiforme supérieur) (HVIIA), qui prolonge le folium ;
 - le lobule semi-lunaire inférieur (ou ansiforme inférieur) (HVIIA), qui prolonge le tuber ;
 - le lobule gracile³ (HVIIIB) ;
 - le lobule digastrique (HVIII) avec deux parties, latérale (HVIIIA) et médiale (HVIIIB). Il prolonge la pyramide ;

2. Ancien. : lobule simplex.

3. Ancien. : lobule paramédian.

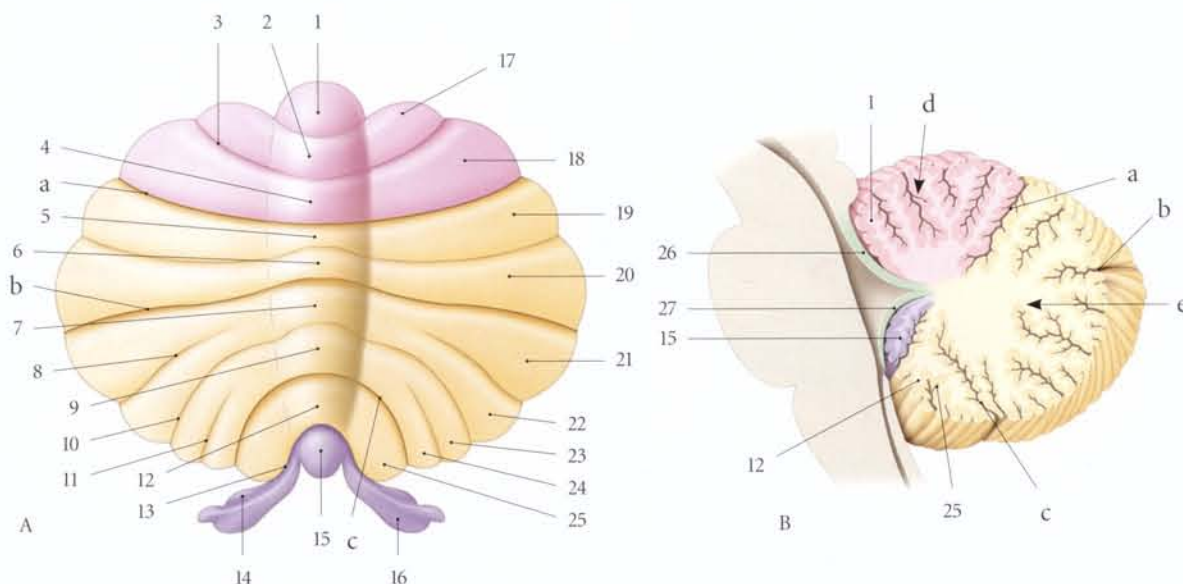


FIG. 25.5. Divisions du cervelet

A. cervelet étalé - vue supérieure

B. lobes du cervelet - coupe sagittale

a. fissure primaire

b. fissure horizontale

c. fissure secondaire

d. lobe antérieur

e. lobe postérieur

1. lingula

2. lobule central

3. fissure précentrale

4. culmen

5. déclive

6. folium

7. tuber

8. fissure lunato-gracile

9. pyramide

10. fissure prédigastrique

11. fissure intradigastrique

12. uvule

13. fissure postéro-latérale

14. paraflorculus

15. nodule

16. flocculus

17. aile du lobule central

18. lobule quadrangulaire ant.

19. lobule quadrangulaire post.

20. lobule semi-lunaire sup.

21. lobule semi-lunaire inf.

22. lobule gracile

23. lobule digastrique latéral

24. lobule digastrique médial

25. tonsille cérébelleuse

26. voile médullaire sup.

27. voile médullaire inf.

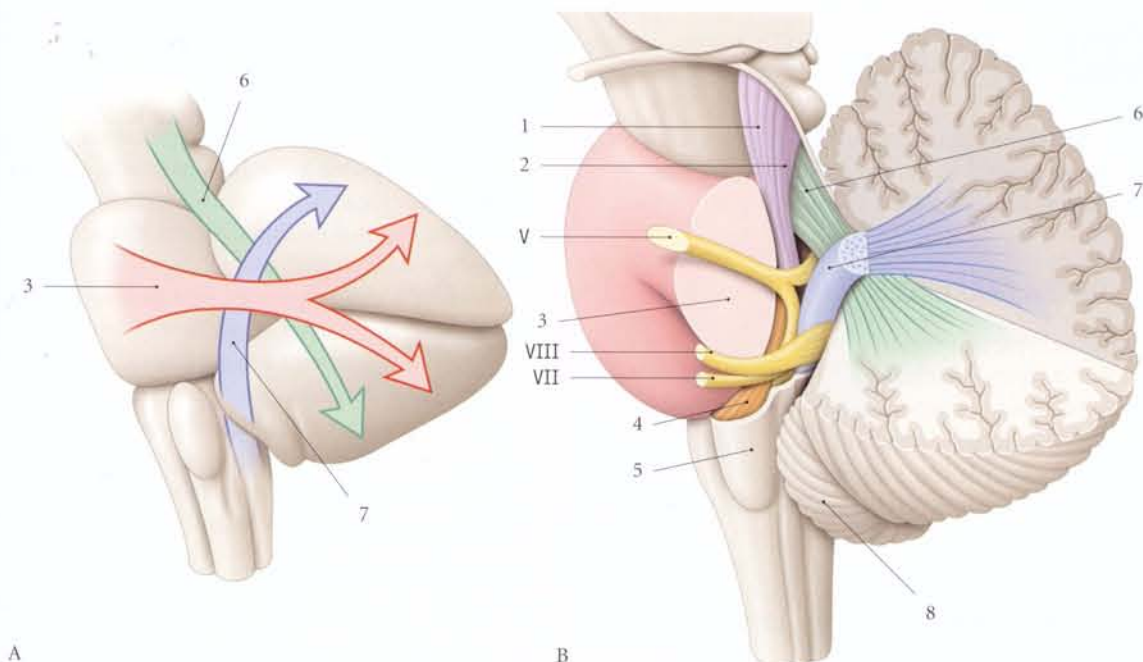


FIG. 25.6. Pédoncules cérébelleux

- | | | |
|--------------------------------|----------------------------------|--|
| 1. lemnisque médial | 4. faisceau central du tegmentum | 7. pédoncule cérébelleux inf. (corps restiforme) |
| 2. lemnisque latéral | 5. olive | 8. tonsille cérébelleuse |
| 3. pédoncule cérébelleux moyen | 6. pédoncule cérébelleux sup. | |

- la tonsille cérébelleuse (HIX), qui prolonge l'uvule.
- Dans le lobe flocculo-nodulaire se trouve le flocculus (HX), dans le prolongement du nodule.

2 | Les pédoncules cérébelleux (fig. 25.6)

Ce sont des formations paires unissant le cervelet à la face postérieure du tronc cérébral. Ils limitent latéralement le versant supérieur du toit du 4^e ventricule.

a) Les pédoncules cérébelleux supérieurs rejoignent les parties postéro-latérales du mésencéphale et limitent latéralement le versant supérieur du toit du 4^e ventricule.

Leurs bords médiaux convergent et s'unissent en haut. Le voile médullaire supérieur du 4^e ventricule⁴ les unit.

b) Les pédoncules cérébelleux moyens sont les plus volumineux. Ils prolongent les parties dorso-latérales

du pont. Ils s'incurvent en formant une convexité postérieure et se terminent dans les hémisphères cérébelleux en s'épanouissant.

c) Les pédoncules cérébelleux inférieurs sont très courts et minces. Ils prolongent la partie postéro-latérale du bulbe (ou moelle allongée).

Chaque pédoncule cérébelleux inférieur borde à son origine un récessus latéral du 4^e ventricule. À ce niveau, il est croisé en arrière par les stries médullaires et il répond au lobe flocculo-nodulaire et à la toile médullaire inférieure du 4^e ventricule.

Puis il se dirige latéralement en passant entre les pédoncules cérébelleux supérieur et moyen. Il s'incurve en formant une convexité supérieure pour rejoindre l'hémisphère cérébelleux correspondant. Cette partie intermédiaire constitue le *corps restiforme*.

4. Ancien. : valvule de Vieussens.

25.2 STRUCTURE

Le cervelet est constitué d'une substance grise, le cortex et les noyaux cérébelleux, et d'une substance blanche cérébelleuse, le corps médullaire du cervelet.

A | CORTEX CÉRÉBELLEUX

Il constitue la partie périphérique du cervelet; 85 % de la surface du cortex cérébelleux est situé en profondeur autour des fissures cérébelleuses.

Il est constitué de trois couches qui sont, de la superficie vers la profondeur, la couche moléculaire, la couche des neurones piriformes⁵ et la couche granulaire. Ces couches sont traversées par les neurofibres de ces neurones.

1 | La couche moléculaire du cervelet⁶

(fig. 25.7)

Elle contient peu de péricaryons et davantage de dendrites et d'axones.

a) Les neurones sont des neurones multipolaires de deux types : les petits neurones stellaires et les neurones à corbeille.

• *Les petits neurones stellaires* possèdent deux à cinq dendrites et un axone grêle. Ils sont plus nombreux près de la superficie.

Ce sont des neurones inhibiteurs, dont le neurotransmetteur serait la taurine.

• *Les neurones à corbeille*, situés plus profondément, ont des dendrites courtes et ramifiées. Leurs axones cheminent parallèlement à la surface du cervelet et donnent des collatérales qui se terminent en fines arborisations autour du corps des neurones piriformes et des dendrites des neurones granulaires. Ces neurones, dont le neurotransmetteur est la GABA, ont une action inhibitrice.

b) Les dendrites appartiennent aux neurones à corbeille, stellaires et piriformes.

2 | La couche des neurones piriformes (ou de Purkinje) (fig. 25.8)

Elle contient le péricaryon des neurones piriformes. Chaque péricaryon est entouré des arborisations des

5. Ancien. : couche de Purkinje.

6. Ancien. : couche plexiforme.

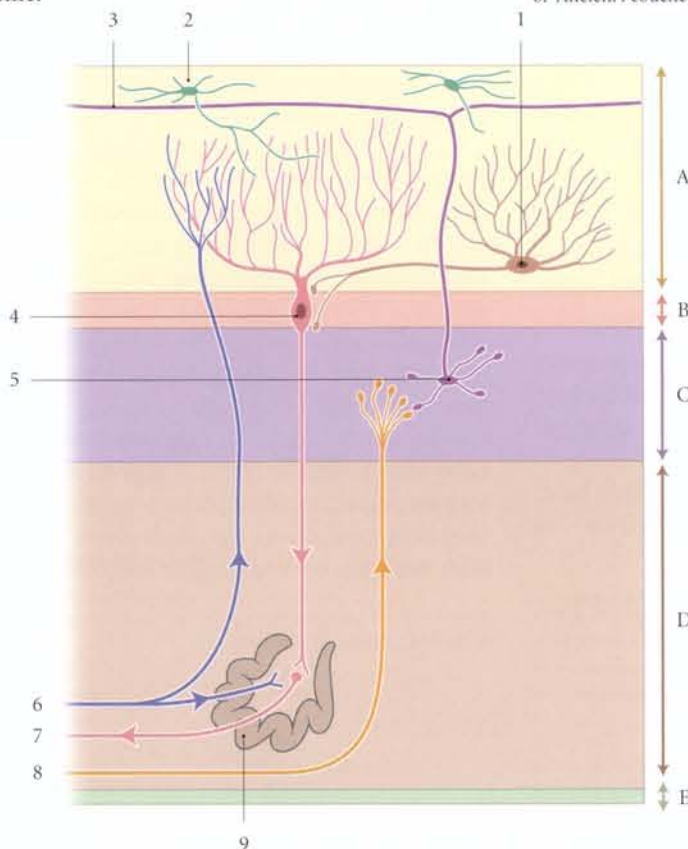


FIG. 25.7. Éléments structuraux du cervelet

- A. couche moléculaire
- B. couche des cellules piriformes
- C. couche granulaire
- D. substance blanche
- E. épendyme

- 1. neurone à corbeille
- 2. neurone stellaire
- 3. fibre parallèle
- 4. neurone piriforme (Purkinje)
- 5. neurone granulaire
- 6. fibre grimpante
- 7. fibres efférentes
- 8. fibre moussue
- 9. noyau dentelé

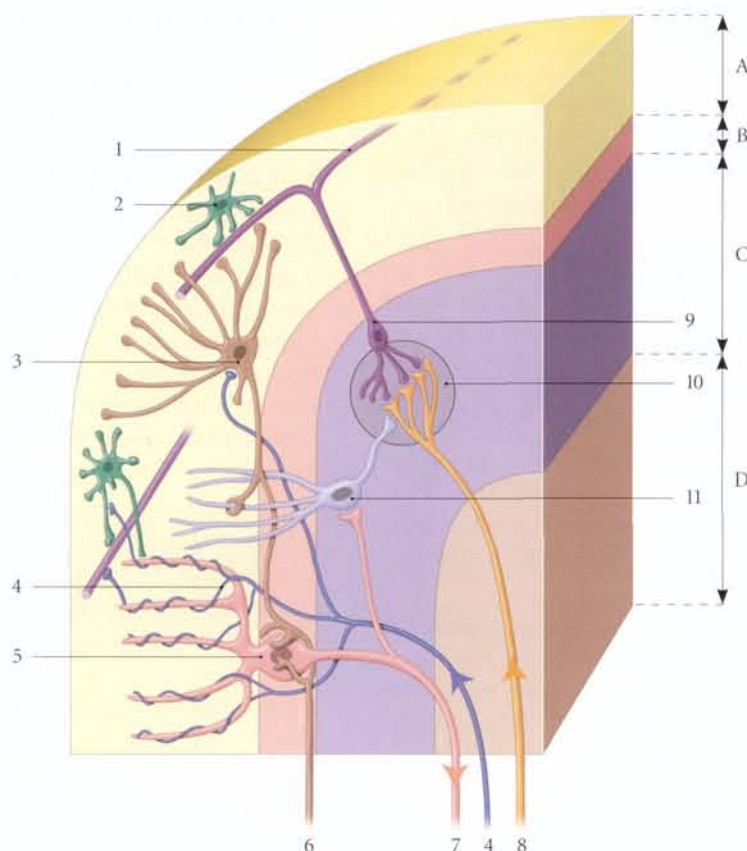


FIG. 25.8. Structure cérébelleuse

- A. couche moléculaire
- B. couche piriforme
- C. couche granulaire
- D. corps médullaire du cervelet

- 1. fibres parallèles
- 2. neurone stellaire (inhibiteur)
- 3. neurone à corbeille (inhibiteur)
- 4. fibres grimpantes (excitatrices)
- 5. neurone piriforme (inhibiteur)
- 6. axone des cellules à corbeille

- 7. axone des neurones piriformes
- 8. fibre moussue
- 9. neurone granuleux
- 10. glomérule cérébelleux
- 11. grand neurone stellaire (Golgi II)

neurones à corbeille du stratum moléculaire. Leur axone est la seule neurofibre efférente du cortex cérébelleux. Il fait synapse dans le noyau dentelé.

Le neurone piriforme, dont le neurotransmetteur est la GABA, a une action inhibitrice.

3 | La couche granulaire du cervelet

Elle est constituée principalement de neurones granuleux (3 à 7 millions par mm^3) et de grands neurones stellaires⁷.

a) Les neurones granuleux sont de petites cellules arrondies ou ovales possédant quatre à cinq dendrites courts. Ceux-ci se terminent par des renflements en forme de pinces au contact de la terminaison des fibres moussues.

Leurs axones tendus se dirigent vers le stratum moléculaire, où ils se divisent en deux branches, en forme de T, les *fibres parallèles*. Celles-ci cheminent parallèlement à la surface du cervelet, selon l'axe des lamelles.

Ces neurones, dont le neurotransmetteur est le glutamate, ont une action excitatrice.

b) Les grands neurones stellaires

Ils sont moins nombreux. Leurs dendrites, multiples, se dirigent dans le stratum moléculaire. Leurs axones, courts, font synapse avec la terminaison des fibres moussues.

Ces neurones, dont le neurotransmetteur est la GABA, sont inhibiteurs.

7. Ancien : cellules de Golgi de type II.

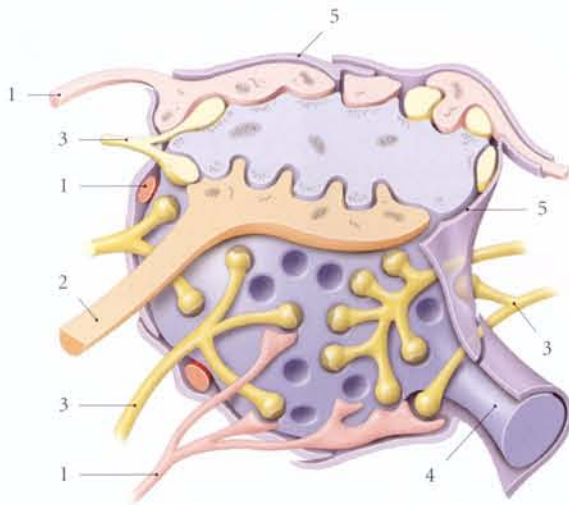


FIG. 25.9. Glomérule cérébelleux

1. dendrite d'une grande cellule graniforme
2. axone d'un grand neurone stellaire (Golgi)
3. dendrite d'une petite cellule graniforme
4. fibre moussue
5. astrocyte

4 | Les neurofibres moussues

Ces neurofibres afférentes sont épaisses et leurs terminaisons sont recouvertes, comme de la mousse, par les synapses avec les neurones graniformes, les grands neurones stellaires et les astrocytes.

Ces complexes synaptiques constituent les *glomérules cérébelleux* (fig. 25.9).

Ces fibres afférentes sont issues des tractus spino-cérébelleux, ponto-cérébelleux et vestibulo-cérébelleux. Avant d'atteindre le cortex, elles donnent des collatérales aux noyaux cérébelleux.

Elles excitent les neurones graniformes et, par leurs fibres parallèles, les neurones stellaires à corbeille.

5 | Les neurofibres grimpantes

Ces neurofibres afférentes proviennent essentiellement du noyau olivaire inférieur contro-latéral et se terminent dans le cortex paravermien sur les dendrites des neurones piriformes. Elles donnent des branches collatérales aux noyaux cérébelleux.

Les neurofibres issues des olives inférieures accessoires se projettent sur le cortex vermien.

Elles sont excitatrices grâce à leur neurotransmetteur, l'aspartame.

B | LES NOYAUX CÉRÉBELLEUX

Ce sont des amas de substance grise disséminés dans la substance blanche cérébelleuse (fig. 25.10).

1 | Le noyau dentelé⁸

C'est un gros noyau situé dans le corps médullaire du cervelet.

Il est en forme de bourse plissée dont l'ouverture est antérieure et médiale, le hile du noyau dentelé. Il est constitué essentiellement de grandes cellules multipolaires et de petites cellules stellaires.

Il reçoit des fibres du cortex vermien homolatéral.

Il émet des fibres cérébello-rubriques et cérébello-thalamiques.

2 | Le noyau fastigial⁹ (ou médial du cervelet)

Il reçoit des fibres du cortex vermien et émet des fibres cérébello-vestibulaires.

3 | Les noyaux interposés

Ils sont situés entre les noyaux dentelé et fastigial, d'où leur nom.

a) Le noyau emboliforme (ou interposé antérieur)

Il est situé près du hile du noyau dentelé et est souvent confondu avec ce dernier.

Il reçoit des fibres du cortex paravermien et émet des fibres cérébello-rubriques.

b) Le noyau globuleux (ou interposé postérieur)

Il est constitué d'un ou de plusieurs petits noyaux arrondis, situés entre les noyaux emboliformes et fastigial. Il reçoit des fibres du cortex paravermien et émet des fibres cérébello-rubriques.

C | LE CORPS MÉDULLAIRE DU CERVELET

Il correspond à la substance blanche du cervelet.

Il se prolonge dans les pédoncules cérébelleux et sous le cortex cérébelleux où il forme une arborisation de substance blanche dénommée arbre de vie cérébelleux.

8. Ancien. : olive cérébelleuse, noyau latéral du cervelet.

9. Ancien. : noyau du toit, noyau du faite.

D | LES PÉDONCULES CÉRÉBELLEUX

Ce sont des formations paires unissant le cervelet à la face postérieure du tronc cérébral.

1 | Le pédoncule cérébelleux supérieur

Il est constitué de neurofibres efférentes, cérébello-rubriques et cérébello-thalamiques, et de neurofibres afférentes, les tractus spino-cérébelleux antérieurs.

Les lésions du pédoncule cérébelleux supérieur entraînent des tremblements intentionnels homolatéraux si la lésion est située avant la décussation. Elle est contro-latérale si la lésion est en aval.

2 | Le pédoncule cérébelleux moyen

Il est formé exclusivement des neurofibres afférentes ponto-cérébelleuses qui atteignent tout le cortex du néocérébellum contro-latéral, en décussant dans la partie basilaire du pont.

Dans les lésions du pédoncule cérébelleux moyen, les troubles du mouvement sont dominants ; en

particulier, l'incoordination des mouvements volontaires.

3 | Le pédoncule cérébelleux inférieur

Il est constitué de nombreuses fibres afférentes et efférentes.

- Les neurofibres afférentes sont olivo-cérébelleuses, vestibulo-cérébelleuses, spino-cérébelleuse postérieure, cunéo-cérébelleuses, trigémino-cérébelleuses et réticulo-cérébelleuses.

Les neurofibres vestibulo-cérébelleuses, médiales et souvent isolées du corps restiforme, constituent le *corps juxtarestiforme*.

- Les neurofibres efférentes sont cérébello-olivaires, cérébello-vestibulaires, cérébello-réticulaires et cérébello-nucléaires.

Les lésions du pédoncule cérébelleux inférieur se traduisent par des troubles statiques, une anesthésie du nerf trijumeau (V), une paralysie du voile du palais, une hémi-anesthésie et un syndrome de Claude Bernard-Horner du côté homolatéral.

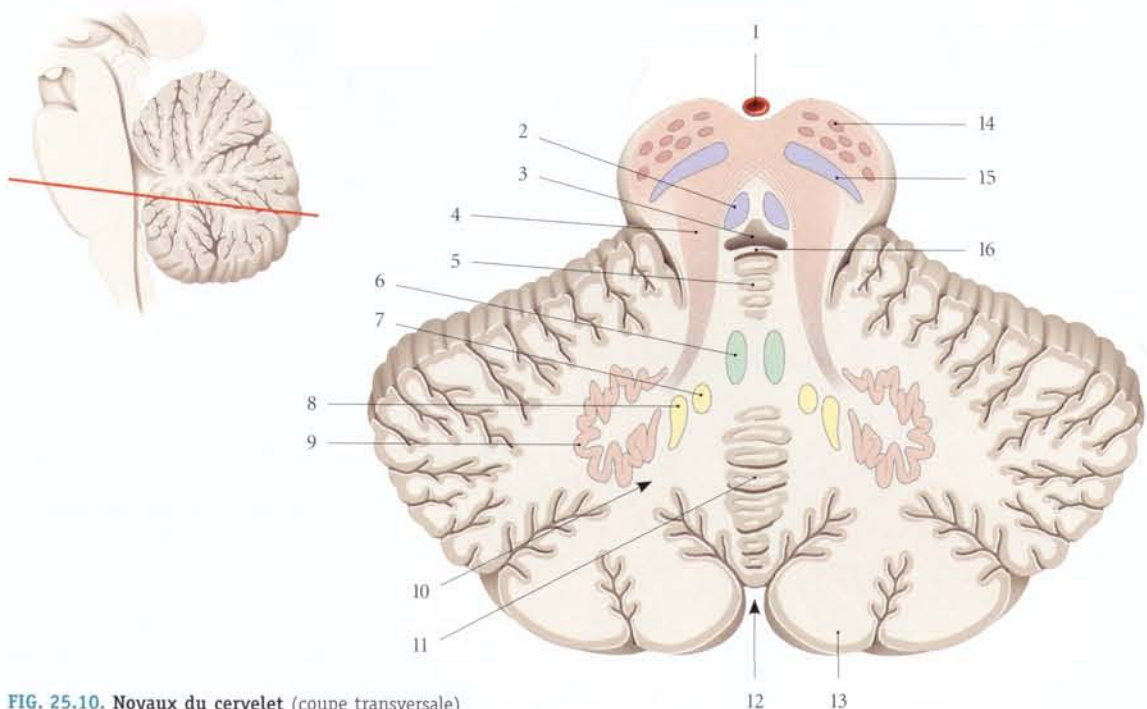


FIG. 25.10. Noyaux du cervelet (coupe transversale)

- | | | | |
|---------------------------------|----------------------|----------------------------------|---------------------------|
| 1. a. basilaire | 5. lingula | 9. noyau dentelé | 13. tonsille cérébelleuse |
| 2. faisceau longitudinal médial | 6. noyau fastigial | 10. corps médullaire cérébelleux | 14. noyau du pont |
| 3. 4 ^e ventricule | 7. noyau emboliforme | 11. vermis | 15. lemnieuse médial |
| 4. pédoncule cérébelleux sup. | 8. noyau globuleux | 12. vallécule du cervelet | 16. voile médullaire sup. |

25.3 SYSTÉMATISATION (fig. 25.11)

A | DIVISION PHYLOGÉNÉTIQUE

Le cervelet peut être divisé en trois parties d'apparition successive dans le temps.

1 | L'archicervelet

Il est propre aux vertébrés inférieurs (poissons) et correspond au lobe flocculo-nodulaire.

2 | Le paléocervelet

Il est présent chez les reptiles et les oiseaux. Il est constitué de la lingula, du lobe central et de son aile, du culmen, du lobule quadrilatère antérieur, de l'uvule, de la pyramide et de la tonsille.

3 | Le néocervelet

Il est propre aux mammifères et constitue la majeure partie du lobe postérieur.

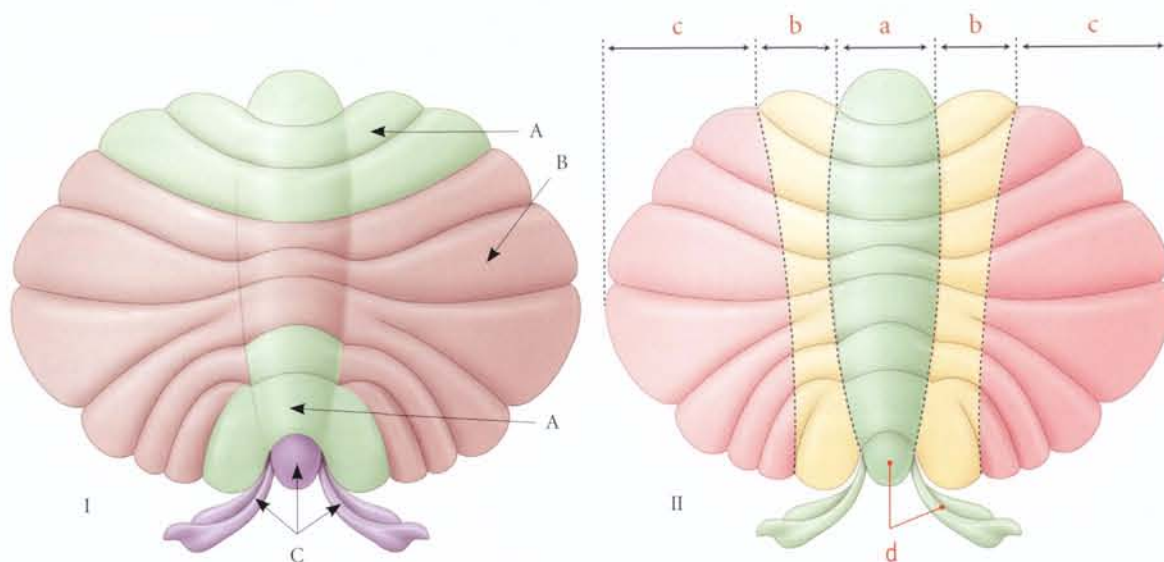


FIG. 25.11. Division du cervelet (vues supérieures)

I. division phylogénétique
II. division fonctionnelle
A. paléocervelet

B. néocervelet
C. archicervelet
a. vermis

b. cortex paravermien
c. cortex hémisphérique latéral
d. lobe flocculo-nodulaire

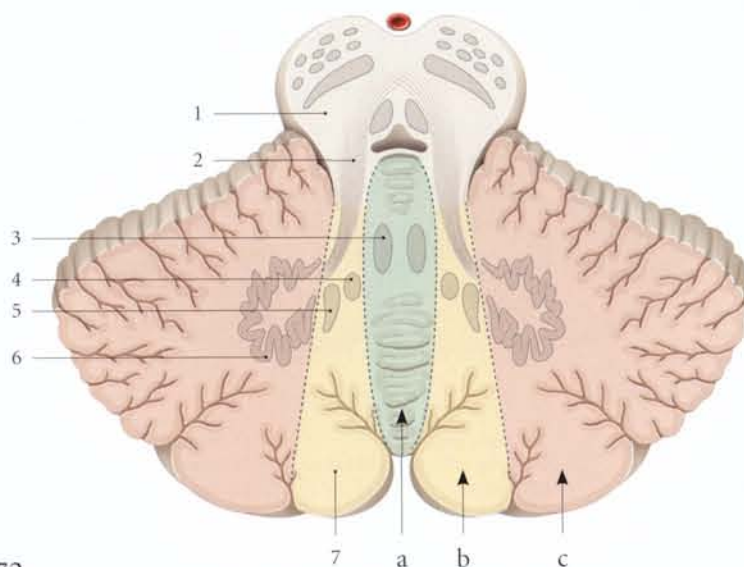


FIG. 25.12. Division fonctionnelle du cervelet (coupe transversale)

a. vermis
b. cortex paravermien
c. cortex hémisphérique latéral
1. pont
2. pédoncule cérébelleux moyen
3. noyau fastigial
4. noyau emboliforme
5. noyau globuleux
6. noyau dentelé
7. tonsille

B | DIVISION FONCTIONNELLE (fig. 25.12)

Elle repose sur la distribution fonctionnelle et l'impact neuronal sur les noyaux cérébelleux.

Cette division fonctionnelle se superpose approximativement à la division phylogénétique.

Elle distingue trois régions, le *cortex vermien*, le *cortex paravermien* et le *cortex hémisphérique latéral*.

1 | Le cortex vermien (fig. 25.13)

Il est constitué du vermis et du lobe flocculo-nodulaire.

Il est en rapport avec l'appareil vestibulaire et se projette sur le noyau fastigial.

Il représente un centre de contrôle de l'orientation et, partant, de l'équilibre.

a) Les fibres afférentes

Les fibres vestibulo-cérébelleuses homolatérales, qui passent par le pédoncule cérébelleux inférieur, proviennent soit directement du nerf vestibulaire, soit après relais dans les noyaux vestibulaires.

b) Les fibres efférentes

- Du cortex vermien partent des voies qui font synapse dans le noyau fastigial, d'où naissent les faisceaux cérébello-thalamique, cérébello-réticulaire et fastigio-spinal, et qui passent par le corps restiforme homolatéral et le *faisceau unciné du cervelet*¹⁰, puis qui décussent pour se terminer dans le noyau vestibulaire médial contro-latéral.
- Du noyau vestibulaire partent :
 - le faisceau longitudinal médial, qui rejoint les noyaux oculo-moteurs (III), trochléaires (IV) et préinterstitiels¹¹;
 - les tractus vestibulo-spinaux latéral et médial.

Le syndrome vermien est caractérisé par une hypotonie, surtout axiale.

Il entraîne une dysmétrie des membres inférieurs et du tronc durant la marche, une légère dysarthrie et un nystagmus.

10. Ancien. : faisceau en crochet de Russel.

11. Ancien. : noyau de Darkschevich.

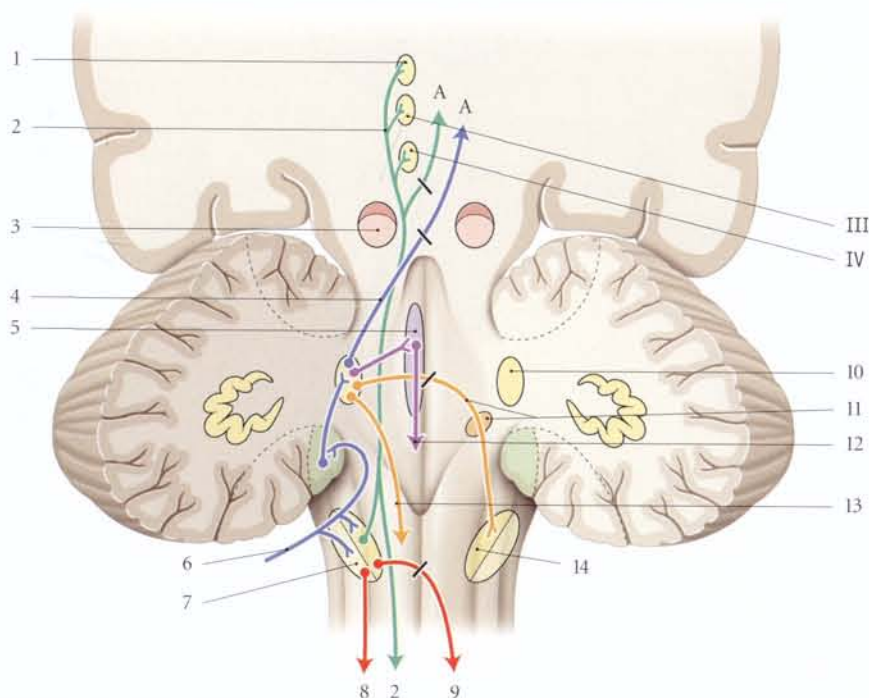


FIG. 25.13. Systématisation du cortex vermien

A. vers le thalamus

1. noyau préinterstitiel (de Darkschevich)

2. faisceau longitudinal médial

3. noyau rouge

4. faisceau cérébello-thalamique

5. formation réticulaire

6. nerf vestibulaire

7. noyau vestibulaire latéral

8. tractus vestibulo-spinal latéral

9. tractus vestibulo-spinal médial

10. noyau fastigial

11. corps restiforme et faisceau unciné

12. tractus réticulo-spinal

13. tractus fastigio-spinal

14. noyau vestibulaire médial

2 | Le cortex paravermien (fig. 25.14)

Il correspond à deux bandes corticales adjacentes au vermis et englobant la tonsille cérébelleuse.

Le cortex paravermien est en rapport avec la moelle spinale et le bulbe. Il se projette sur les noyaux globuleux et emboliformes.

Il représente le centre de régulation du tonus postural des muscles qui s'opposent aux effets de la pesanteur.

a) Les fibres afférentes

- Le tractus spino-cérébelleux postérieur (membres inférieurs et partie inférieure du tronc) passe par le pédoncule cérébelleux inférieur homolatéral pour atteindre le cortex paravermien postérieur.
- Le tractus spino-cérébelleux antérieur (membres supérieurs et partie supérieure du tronc) passe par le pédoncule cérébelleux supérieur pour atteindre le cortex paravermien antérieur.
- Passent aussi dans le pédoncule cérébelleux inférieur :

– le tractus cunéo-cérébelleux, qui part du noyau cunéiforme ;

– les neurofibres qui partent des noyaux du nerf trijumeau, de la formation réticulaire et du noyau olivaire inférieur (tractus olivo-cérébelleux).

b) Les fibres efférentes

Ces fibres passent par le pédoncule cérébelleux supérieur, puis décussent pour atteindre leur site.

Le tractus cérébello-rubrique rejoint la partie magnocellulaire du noyau rouge contro-latéral.

Le tractus cérébello-thalamique rejoint les noyaux thalamiques ventro-latéral et intralaminaires.

Le faisceau cérébello-mésencéphalique rejoint le noyau préinterstitiel.

Le syndrome paravermien est caractérisé par une difficulté à maintenir une posture érigée. La démarche est chancelante.

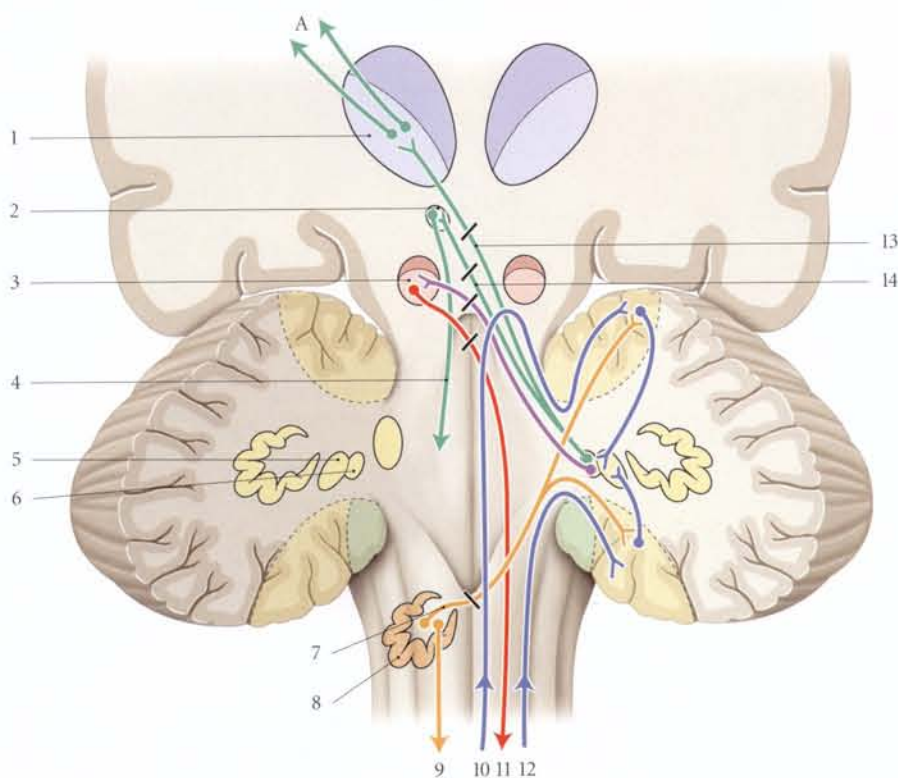


FIG. 25.14. Systématisation du cortex paravermien

A. vers le cortex cérébral

- | | |
|--|------------------------------|
| 1. noyau ventro-latéral du thalamus | 5. noyau emboliforme |
| 2. noyau préinterstitiel (de Darkschevich) | 6. noyau globuleux |
| 3. noyau rouge (partie magnocellulaire) | 7. tractus olivo-cérébelleux |
| 4. faisceau longitudinal médial | 8. complexe olivaire inf. |
| | 9. tractus olivo-spinal |

- | |
|--|
| 10. tractus spino-thalamique |
| 11. tractus rubro-spinal |
| 12. tractus spino-thalamique post. |
| 13. tractus cérébello-thalamique |
| 14. faisceau cérébello-mésencéphalique |

3 | Le cortex hémisphérique latéral

(fig. 25.15)

Il correspond au cortex de la partie latérale des hémisphères cérébelleux.

Il est en rapport avec le pont et il se projette sur le noyau dentelé.

Il contrôle la mobilité volontaire.

a) Les fibres afférentes

Les fibres ponto-cérébelleuses proviennent des noyaux contro-latéraux du pont, où elles font synapse avec les fibres cortico-pontiques. Elles cheminent dans le péduncule cérébelleux moyen.

b) Les fibres éfférentes

Elles naissent du cortex hémisphérique latéral et font synapse dans le noyau dentelé. De celui-ci partent des neurofibres qui empruntent le péduncule cérébelleux supérieur. Elles décussent pour atteindre le thalamus et la partie parvocellulaire du noyau rouge.

Les neurofibres thalamiques se projettent vers le cortex moteur primaire (aires 4 et 6).

Du noyau rouge partent les tractus rubro-spinal et tegmental central.

c) Le syndrome de l'hémisphère cérébelleux

Il se traduit par une dysmétrie et une hypotonie du côté contro-latéral.

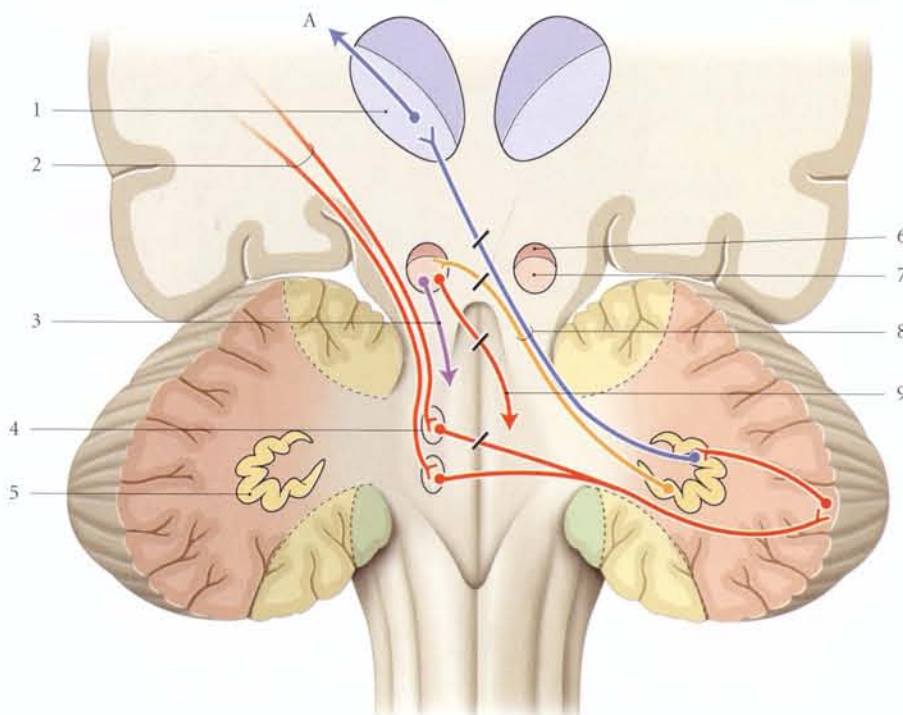


FIG. 25.15. Systématisation du cortex hémisphérique latéral

A. vers le cortex cérébral (aires 6-4)

1. noyau ventro-latéral
2. tractus cortico-nucléaire
3. tractus tegmental central
4. noyau du pont

5. noyau dentelé
6. partie magno-cellulaire du noyau rouge
7. partie parvo-cellulaire du noyau rouge
8. tractus cérébello-rubro-thalamique
9. tractus rubro-spinal

Les troubles statiques sont peu marqués. Les gestes sont perturbés en raison de l'incoordination des membres supérieurs.

d) Le syndrome des hémisphères cérébelleux

Il se traduit par des tremblements avec troubles d'exécution des mouvements.

En station debout, le patient se tient les jambes écartées.

La démarche est hésitante et chancelante.

Dans l'alcoolisme chronique, l'atteinte du lobe antérieur est plus marquée.

C | SOMATOTOPIE CÉRÉBELLEUSE (fig. 25.16)

Des études expérimentales chez l'animal et chez l'homme au moyen de tomographies par émissions de positons (PET-Scan) ont permis d'identifier des aires fonctionnelles sur le cortex cérébelleux correspondant à des régions du corps. Ces connaissances permettent d'affiner les indications neurochirurgicales.

Le cortex du vermis est impliqué dans les mouvements du tronc.

Le cortex cérébelleux hémisphérique adjacent au vermis contrôle les mouvements des membres.

Le reste du cortex cérébelleux assure la régulation et la coordination des mouvements volontaires.

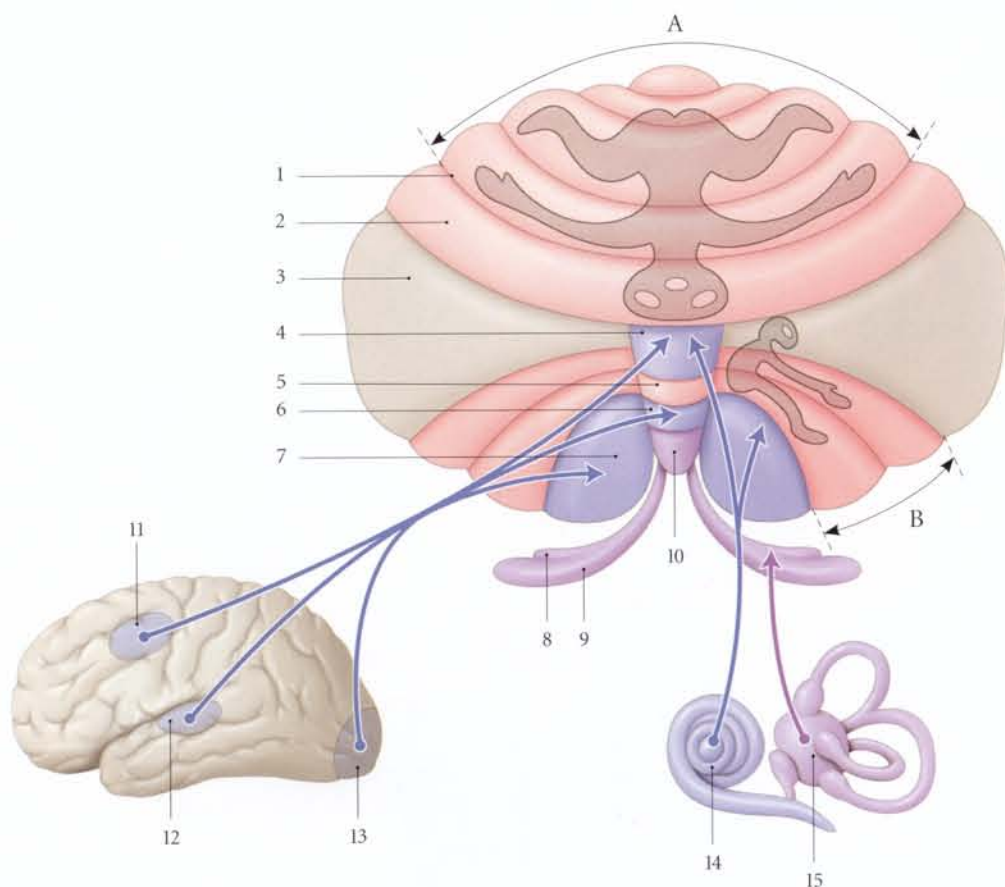


FIG. 25.16. Projections somatotopiques sur le cortex cérébelleux

- A. lobe antérieur
- B. lobule paramédian
- 1. fissure primaire
- 2. lobule quadrangulaire post.
- 3. lobules semi-lunaires sup. et inf.
- 4. folium et tuber
- 5. pyramide
- 6. uvule

- 7. tonsille
- 8. paraflocculus
- 9. flocculus
- 10. nodule
- 11. aire oculo-motrice
- 12. aire auditive primaire
- 13. aire visuelle primaire
- 14. organe cochléaire
- 15. organe vestibulaire

25.4 FONCTION

Le cervelet, situé en dérivation des grandes voies nerveuses, assure la régulation des voies vestibulaires, sensitives et motrices.

La destruction du cervelet n'entraîne pas celle des grandes voies cortico-spinales et spino-corticales. Elle ne s'accompagne donc pas de paralysie, ni de troubles de la perception.

Elle se traduit par l'ataxie, trouble de l'incoordination des mouvements volontaires et des actes automatiques.

A | RÉGULATION DE LA FONCTION MOTRICE

En régulant le tonus musculaire, le cervelet ajuste l'action musculaire. Il assure le maintien de la station debout et de la posture.

Il assure la coordination des mouvements volontaires dans le temps et dans l'espace.

Il modifie ainsi le rapport entre les muscles agonistes et antagonistes, permettant un mouvement harmonieux et précis. Ce contrôle de la synergie des muscles permet la marche et l'exécution rapide des mouvements alternatifs.

Au cours de l'exécution volontaire d'un mouvement, le cervelet contrôle la continuité de la contraction musculaire.

Le cervelet contrôle aussi la synergie fonctionnelle des muscles de l'œil et de la bouche, d'où les troubles de la parole et de la mobilité de l'œil dans les atteintes cérébelleuses.

B | DYSFONCTIONNEMENT CÉRÉBELLEUX

Les atteintes du cervelet, situé en dérivation sur les voies de la motricité statique et dynamique, se traduisent par le *syndrome cérébelleux*.

1 | La dysmétrie

Elle est due à une incoordination des muscles axiaux et appendiculaires entraînant une hypermétrie.

Au cours d'un mouvement volontaire, la correction du déplacement est généralement excessive. Le mouvement se fait avec trop de rapidité, d'amplitude et de brusquerie.

2 | La dysarthrie

Elle consiste en un trouble de l'expression de la parole et de l'élocution.

3 | Le nystagmus

Il correspond à une incoordination des muscles de l'œil entraînant des mouvements saccadés de celui-ci.

4 | L'hypotonie

La diminution du tonus musculaire donne un aspect de sujet désarticulé. Le patient semble en état d'ébriété. Elle entraîne une déviation de la marche et une tendance à la chute du côté de la lésion.

26 Diencéphale

Le diencéphale¹ est la partie de l'encéphale qui unit le mésencéphale et les hémisphères cérébraux.

Il représente moins de 2 % de l'encéphale.

Il est creusé d'une cavité, le 3^e ventricule, qui le partage en deux parties symétriques.

Chaque partie est constituée de deux régions, dorsale et ventrale. La région dorsale comprend le thalamus et l'épithalamus. La région ventrale est formée du subthalamus, du métathalamus et de l'hypothalamus (*fig. 26.1*).

1. Ancien : cerveau intermédiaire.



FIG. 26.1. Coupes de la tête
(clichés Dr Th. Diesce)

A. coupe IRM sagittale paramédiane
B. coupe TDM coronale avec injection vasculaire

1. 3^e ventricule
2. corps mamillaire
3. chiasma optique
4. mésencéphale
5. pont
6. moelle allongée (bulbe)
7. fornix
8. splénium du corps calleux
9. thalamus
10. tectum du mésencéphale
11. hémisphère cérébelleux
12. tonsille cérébelleuse
13. faux du cerveau
14. ventricule latéral
15. tente du cervelet



26.1 THALAMUS²

Le thalamus est un volumineux noyau pair du diencephale constituant la majeure partie des parois latérales du 3^e ventricule (fig. 26.2).

Le thalamus est à la fois un centre de relais et un centre d'activation des influx sensitifs et sensoriels qu'il projette vers le cortex cérébral et les noyaux basaux du cerveau. Il participe par ses connexions à la régulation de la motricité automatique.

Il est constitué d'une substance grise subdivisée en de nombreux noyaux.

A | CONFIGURATION EXTERNE

Le thalamus est de forme ovoïde à grosse extrémité postérieure.

Il est de couleur blanc grisâtre et mesure environ 4 cm de longueur, 2 cm de largeur et 2,5 cm de hauteur.

1 | La face supérieure (fig. 26.3)

Elle est convexe et répond à la partie centrale du 3^e ventricule.

Elle est traversée en diagonale par l'insertion de la toile choroïdienne du 3^e ventricule, le *ténia thalamique*³, qui la divise en deux parties :

- la partie médiale, recouverte de la toile choroïdienne du 3^e ventricule, qui répond au corps du fornix ;
- la partie latérale recouverte de l'épendyme, ou *lame fixée* (lamina afixa), qui forme le plancher du ventricule latéral.

a) Son bord médial est marqué par la strie médullaire du thalamus, cordon prolongeant en avant l'habénula. La strie médullaire longe en dessous le ténia thalamique. Elle contient des neurofibres provenant de l'aire préseptale, de l'aire subcallose et des noyaux préoptiques.

b) Son bord latéral répond au noyau caudé, dont le sépare le sillon thalamo-strié recouvert par la strie terminale. Il contient la veine thalamo-striée.

La strie terminale est un cordon de neurofibres myélinisées issues du corps amygdaloïde.

2. Ancien. : couche optique, thalamus dorsal.

3. Ancien. : sillon choroïdien.

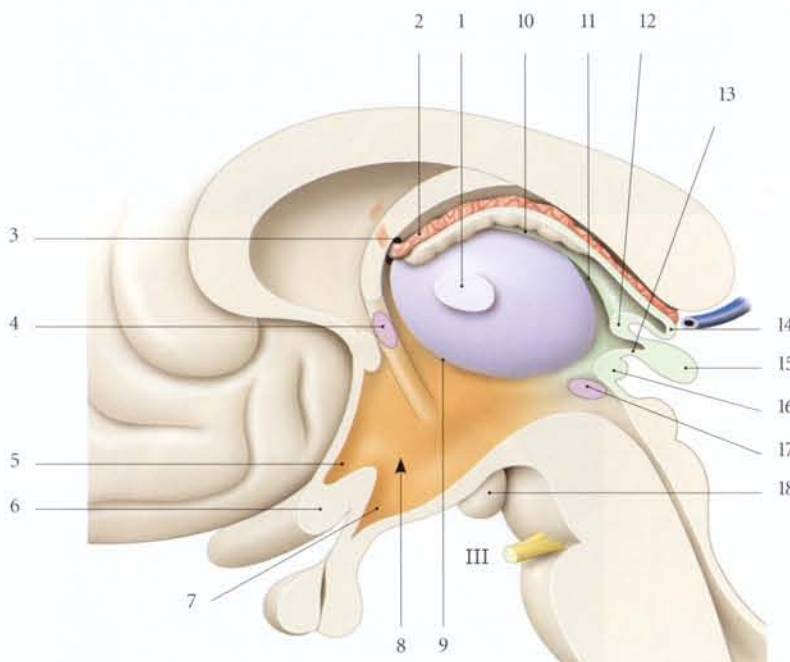


FIG. 26.2. Diencephale
(coupe sagittale médiane –
vue médiale)

En vert : épithalamus

En rose : hypothalamus

En bleu clair : thalamus

1. adhérence interthalamique
2. plexus choroïdes
3. foramen intervertébral
4. organe subfornical
5. récessus optique
6. chiasma optique
7. récessus hypothalamique
8. hypophyse
9. sillon hypothalamique
10. strie médullaire du thalamus
11. habénula
12. commissure habénulaire
13. récessus pinéal
14. récessus suprapinéal
15. glande pinéale
16. commissure épithalamique post.
17. organe subcommissural
18. corps mamillaire

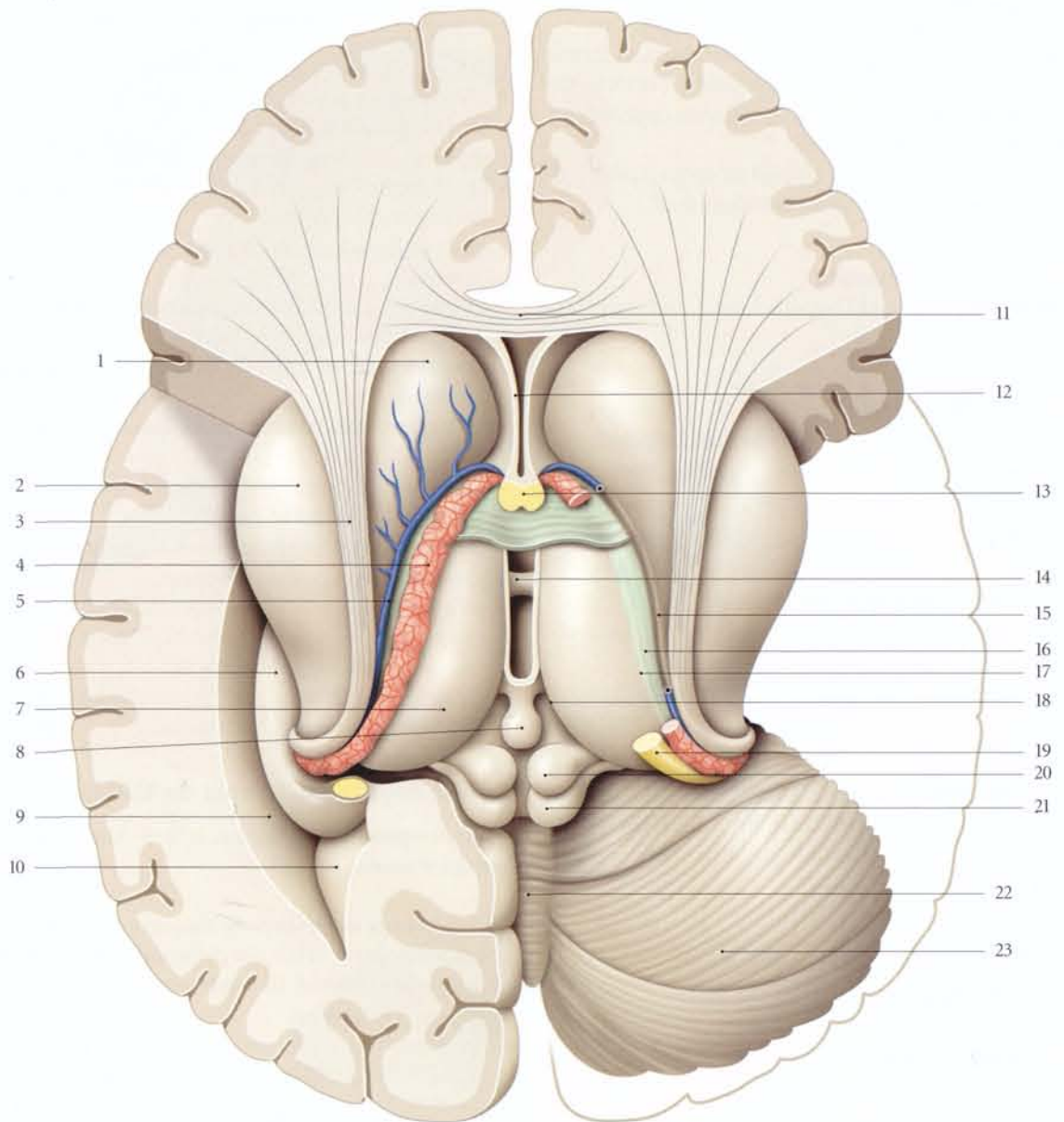


FIG. 26.3 Structure interne du cerveau (coupe transversale chanfreinée - vue supérieure)

- | | | |
|--|--------------------------------|----------------------------------|
| 1. tête du noyau caudé | 9. ventricule latéral | 17. ténia choroïdien |
| 2. putamen | 10. calcar avis | 18. sillon habénulaire |
| 3. capsule interne | 11. corps calleux | 19. fimbria du fornix |
| 4. plexus choroïde | 12. septum pellucidum | 20. colliculus sup. |
| 5. v. thalamo-striée sup. (v. terminale) | 13. colonne du fornix | 21. colliculus inf. |
| 6. hippocampe | 14. 3 ^e ventricule | 22. vermis |
| 7. thalamus (partie libre) | 15. strie terminale | 23. hémisphère cérébelleux droit |
| 8. glande pinéale | 16. lame fixée (lamina affixa) | |

2 | La face médiale

Elle est limitée en haut par la strie médullaire du thalamus et en bas par le sillon hypothalamique.

Elle est libre dans ses trois quarts antérieurs, et forme la paroi latérale du 3^e ventricule. Elle est revêtue de l'épendyme et est unie à son homonyme opposée par l'adhérence interthalamique.

Le quart postérieur libre répond au corps pinéal, à la grande veine cérébrale et au métathalamus.

3 | La face inférieure

Elle répond en avant à l'hypothalamus et en arrière au subthalamus.

4 | La face latérale

Elle est entourée de substance blanche et répond :

- en avant, au bras postérieur de la capsule interne qui la sépare du noyau lenticulaire ;
- en arrière, aux radiations optiques.

5 | L'extrémité antérieure

Elle présente une petite saillie dorsale, le *tubercule antérieur du thalamus*.

Elle forme le bord postérieur du foramen interventriculaire.

6 | L'extrémité postérieure

Sa partie médiale plus saillante forme le *pulvinar*.

Elle répond au mésencéphale, en particulier aux corps géniculés et à leur bras.

B | NOYAUX THALAMIQUES – SYSTÉMATISATION (fig. 26.4 et 26.5)

1 | Constitution

Le thalamus est constitué essentiellement d'une substance grise formée de péricaryons et d'une substance blanche formée de neurofibres myélinisées.

a) La substance blanche thalamique forme deux lames médullaires, latérale et médiale.

- La lame médullaire latérale sépare le noyau réticulaire du thalamus de la face latérale du thalamus.

- La lame médullaire médiale⁴ du thalamus est située à l'intérieur du thalamus. Elle est verticale et bifurquée dans sa partie antéro-supérieure. Elle contient les noyaux intralaminaires.

b) La substance grise thalamique est formée d'un gros complexe nucléaire, le thalamus, et de noyaux isolés en périphérie, les *noyaux thalamiques accessoires*.

- Le thalamus est divisé par la lame médullaire médiale en trois parties :
 - la partie antérieure, formée des noyaux antérieurs ;
 - la partie latérale, subdivisée en noyaux ventraux et dorsaux ;
 - la partie médiale, formée des noyaux médiaux et médians.
- Les noyaux thalamiques ont des fonctions différentes :
 - certains noyaux ont des fonctions sensibles ou sensorielles spécifiques ;
 - d'autres noyaux sont des relais corticaux pour les voies motrices et non sensibles ;
 - d'autres ont une fonction associative en diffusant largement leurs neurones vers le cortex ou des noyaux basaux encéphaliques ;
 - d'autres ont une fonction intrinsèque de coordination entre les noyaux thalamiques.

2 | Les noyaux antérieurs du thalamus

a) Ils comprennent les noyaux antéro-dorsal, antéro-médial et antéro-ventral.

b) Les noyaux antérieurs du thalamus représentent essentiellement le relais des informations limbiques vers le cortex cérébral. Ils semblent intervenir dans la mémoire et l'attention.

- Les *neurofibres afférentes* proviennent des noyaux mamillaires homolatéraux *via* le faisceau mamillo-thalamique et des fibres cortico-thalamiques *via* le fornix.
- Les *neurofibres efférentes* se projettent vers le cortex du gyrus du cingulum (ou cingulaire), du gyrus parahippocampal et du gyrus entorhinal.

4. Ancien : lame médullaire interne.

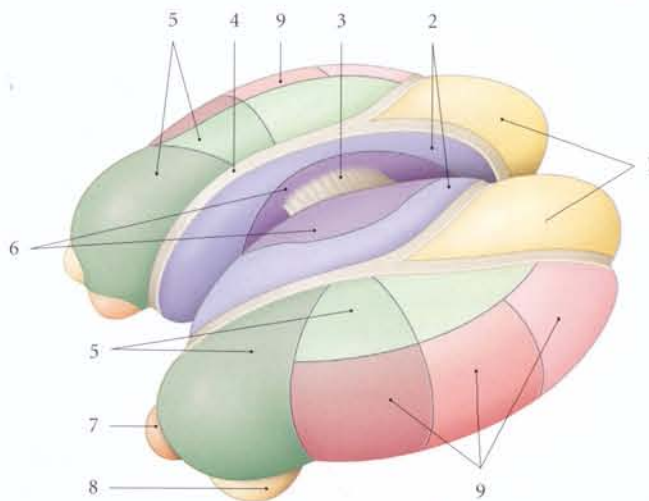


FIG. 26.4. Constitution du thalamus
(vue supéro-latérale droite)

1. noyaux ant. (en jaune)
2. noyaux médiaux (en bleu)
3. adhérence thalamique
4. lame médullaire médiale
5. noyaux dorsaux (en vert)
6. noyaux médians (en violet)
7. corps géniculé médial
8. corps géniculé latéral
9. noyaux ventraux (en rouge)

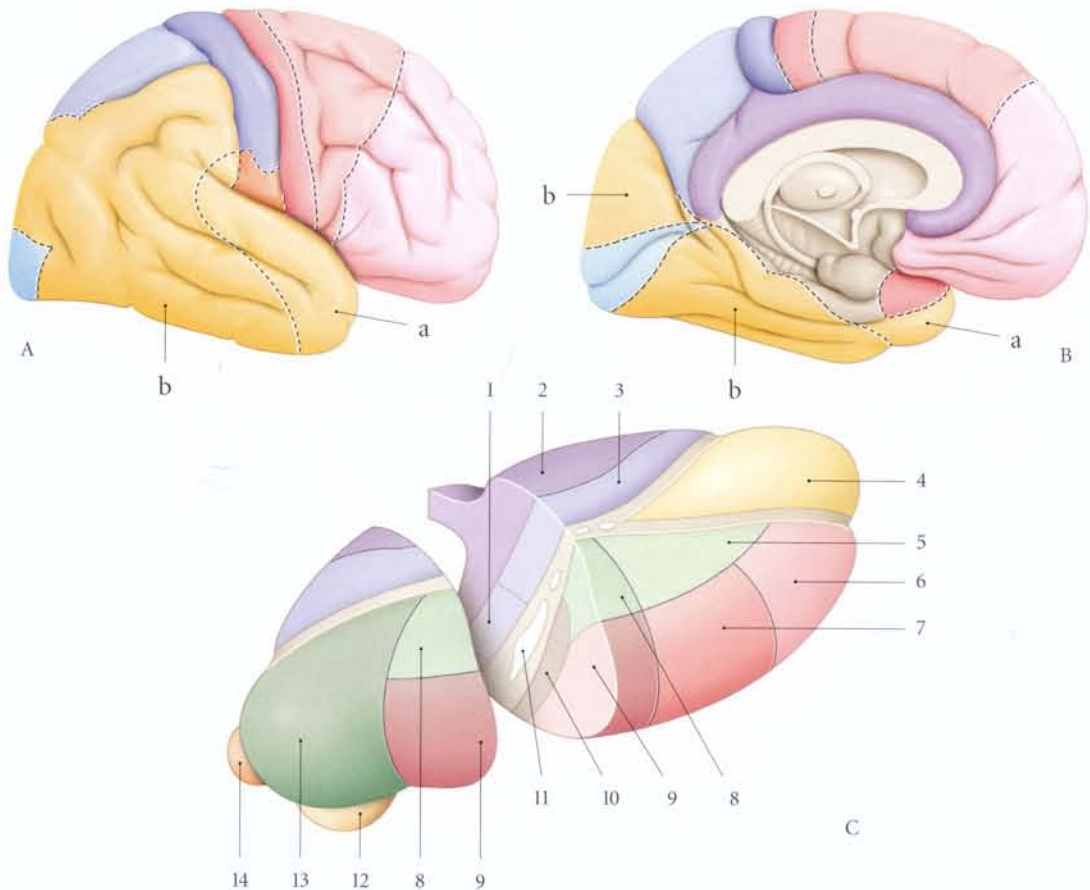


FIG. 26.5. Aires de projection cérébrales des noyaux du thalamus

- | | | | |
|--|-------------------------|----------------------------------|---------------------------|
| A. vue latérale du cerveau | 1. noyau médio-ventral | 7. noyau ventral latéral | 13. noyaux pulvinaires |
| B. vue médiale du cerveau | 2. noyau médian | 8. noyau dorsal postéro-latéral | 14. corps géniculé médial |
| C. thalamus sectionné transversalement | 3. noyau médio-dorsal | 9. noyau ventral postéro-latéral | |
| a. aire du noyau pulvinare médial | 4. noyau ant. | 10. noyau ventral postéro-médial | |
| b. aire du noyau pulvinare latéral | 5. noyau dorsal latéral | 11. noyau intralaminaire | |
| | 6. noyau ventral ant. | 12. corps géniculé latéral | |

3 | Les noyaux ventraux du thalamus

(fig. 26.6)

Ils se subdivisent en noyaux ventral antérieur, ventraux latéraux et ventraux basaux.

a) Le noyau ventral antérieur du thalamus

Il présente deux parties, magnocellulaire et principale. Il participe au contrôle des motricités semi-volontaire et volontaire du segment médial.

Il est en connexion avec le corps strié et reçoit des fibres du globus pallidus de la substance noire et de la formation réticulaire du tronc cérébral. Il en émet vers le cortex prémoteur (aire 6) et vers le cortex du gyrus de l'insula.

b) Les noyaux ventraux latéraux⁵ comprennent le noyau ventro-latéral antérieur et le noyau ventro-latéral postérieur.

Ils sont en connexion avec les noyaux thalamiques adjacents et reçoivent des neurofibres :

- du cervelet (les noyaux contro-latéraux dentelé, emboliformes et du globus pallidus) ;
- du noyau rouge homolatéral (fibres rubro-thalamiques).

Ils émettent des fibres vers le cortex moteur primaire (aires 4 et 6) à travers la capsule interne.

c) Les noyaux ventraux basaux comprennent le noyau ventral postéro-latéral et le noyau ventral postéro-médial.

- Le noyau ventral postéro-latéral du thalamus reçoit des fibres du lemnisque médial et du tractus spino-thalamique.
- Le noyau ventral postéro-médial du thalamus reçoit des fibres sensitives du tractus trigémino-thalamique, provenant de la tête, de la face et de la bouche, et des fibres sensorielles gustatives provenant du noyau du tractus solitaire.
- Les noyaux ventraux basaux émettent des fibres vers le cortex du gyrus postcentral (aires 1, 2 et 3) à travers le bras postérieur de la capsule interne.
- Somatotopie des noyaux basaux :
 - les régions cervicales du corps correspondent à sa partie médiale ;
 - les régions sacrées, au corps et à sa partie latérale ;
 - les régions thoraciques et lombaires se projettent sur sa partie dorsale, tandis que les régions distales des membres correspondent à sa partie ventrale.

4 | Les noyaux dorsaux du thalamus

a) Ils comprennent :

- le noyau dorsal latéral ;

- le noyau latéral postérieur ;
- les noyaux pulvinaires antérieur, inférieur, latéral et médial.

b) Systématisation

Ils sont en connexion avec les autres noyaux thalamiques et avec les noyaux des corps géniculés médial et latéral.

- Le noyau dorsal latéral se projette vers le lobe temporal, le lobe pariétal inférieur et le gyrus du cingulum.
- Le noyau latéral postérieur se projette vers le lobe pariétal inférieur en arrière du gyrus postcentral.
- Les noyaux pulvinaires reçoivent des neurofibres du colliculus supérieur. Ils projettent leurs neurofibres vers les aires visuelles occipitales, pariétales et temporales.

5 | Les noyaux médiaux du thalamus

a) Ils comprennent :

- le noyau médio-ventral ;
- le noyau médio-dorsal qui se subdivise en trois parties, parvocellulaire latérale, magnocellulaire médiale et paralaminaire.

b) Systématisation (fig. 26.7 et 26.8)

Ils participent à l'intégration de nombreux influx olfactifs, viscéraux et somatiques.

- Leurs fibres afférentes proviennent du corps amygdaloïde, du cortex frontal (aires 4, 6, 9 et 32) via le corps strié.
- Leurs fibres efférentes se projettent vers les noyaux hypothalamiques et les autres noyaux thalamiques.

6 | Les noyaux médians du thalamus

a) Ils comprennent :

- le noyau paraténial, localisé en regard de la strie médullaire du thalamus ;
- les noyaux paraventriculaires antérieur et postérieur situés contre la paroi du 3^e ventricule ;
- le noyau d'union, situé dans l'adhérence interthalamique ;
- le noyau commissural rhomboïdal situé en regard du 3^e ventricule, en dessous du noyau central médial.

b) Systématisation

- Les neurofibres afférentes proviennent de la formation réticulaire du tronc cérébral et de l'hypothalamus.
- Les neurofibres efférentes se projettent vers le cortex cérébral.

5. Ancien. : noyaux ventraux intermédiaires.

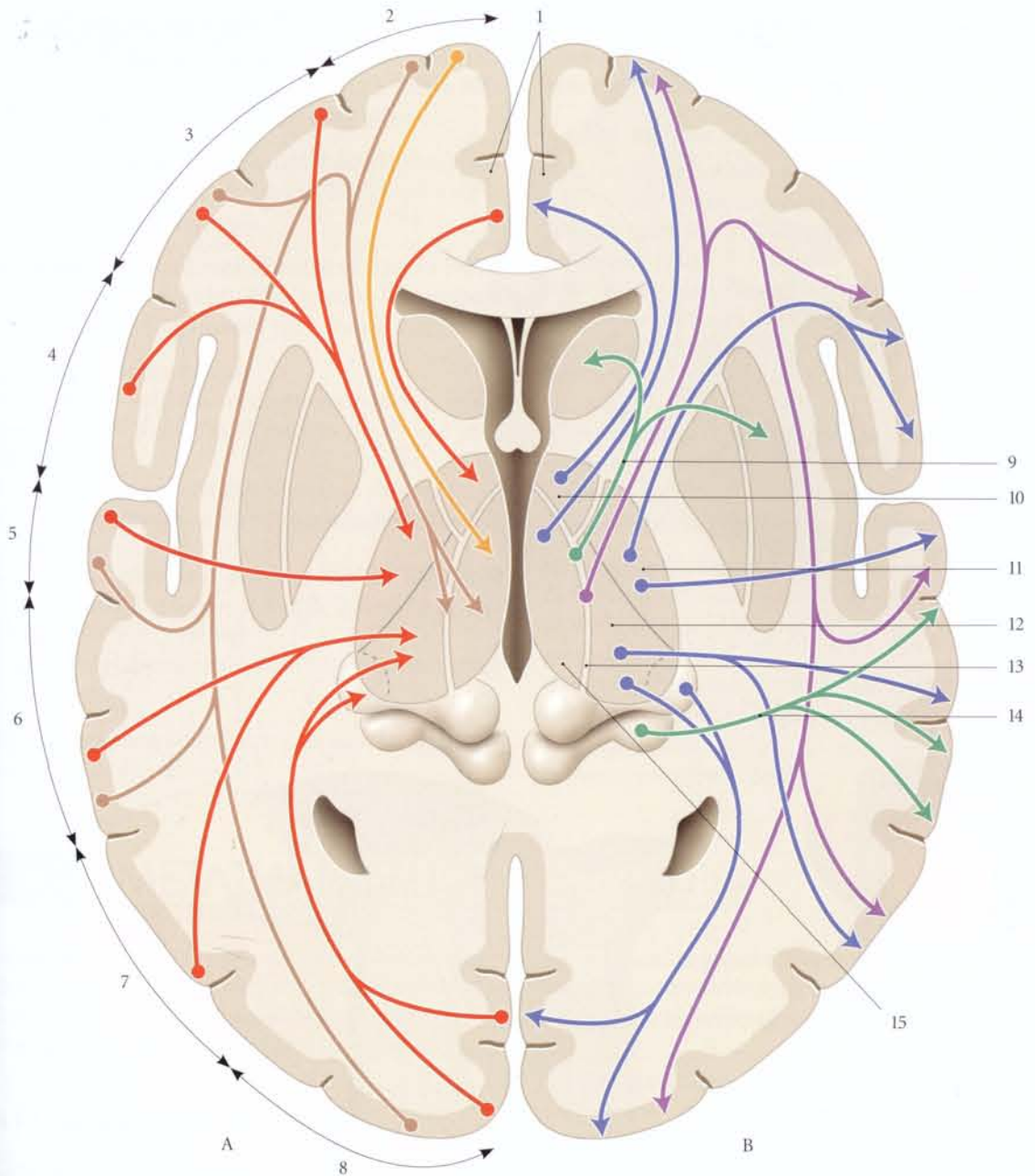


FIG. 26.6. Connexions cérébrales schématiques du thalamus (d'après Nieuwenhuys)

A. fibres afférentes
B. fibres efférentes

1. gyrus cingulaire
2. gyrus orbitaires
3. gyrus frontaux

4. gyrus précentral
5. gyrus postcentral
6. gyrus temporaux
7. gyrus pariétaux
8. gyrus occipitaux
9. tractus thalamo-strié

10. noyau ant.
11. noyaux ventraux
12. noyaux dorsaux
13. noyaux intralaminaires
14. voies acoustiques
15. noyaux médiaux

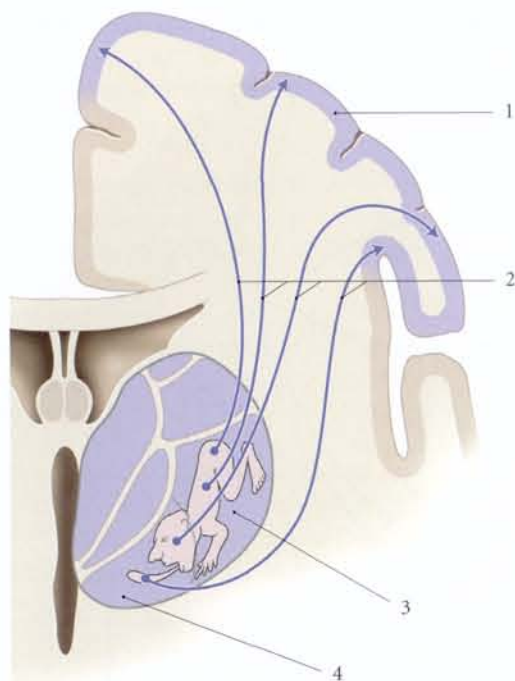


FIG. 26.7. Projections corticales des noyaux thalamiques ventraux – Somatotopie sensitive

1. cortex cérébral
2. fibres thalamo-corticales
3. noyau ventral postéro-latéral
4. noyau ventral postéro-médial

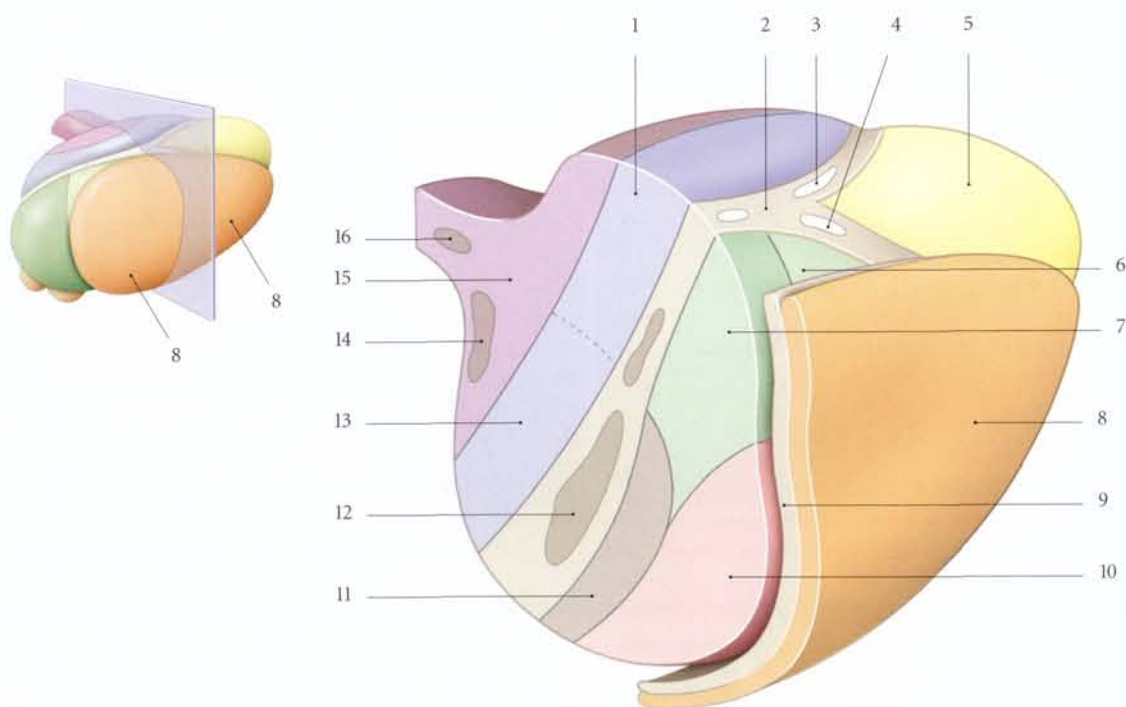


FIG. 26.8. Noyaux intralaminaires et accessoires du thalamus (partie antérieure d'une coupe transversale – vue postéro-latérale)

- | | | |
|----------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|
| 1. noyau médio-dorsal | 7. noyau dorsal postéro-latéral | 13. noyau médio-ventral |
| 2. lame médullaire interne | 8. noyaux réticulaires | 14. noyau paraventriculaire |
| 3. noyau central médial | 9. lame médullaire latérale | 15. noyaux médians |
| 4. noyau central latéral | 10. noyau ventral postéro-latéral | 16. noyau d'union |
| 5. noyaux antérieurs | 11. noyau ventral postéro-médial | |
| 6. noyau dorsal latéral | 12. noyau centro-médian | |

7 | Les noyaux intralaminaires du thalamus

Ils sont situés dans la lame médullaire médiale du thalamus. Ils auraient un rôle activateur sur le cortex cérébral en se projetant dans les aires associatives.

a) **Le noyau central latéral** est situé dans la partie latérale de la lame médullaire interne. Il se projette sur le cortex pariétal et temporal.

b) **Le noyau central médial** est situé dans la partie médiale de la lame médullaire interne. Il se projette dans les aires orbito-frontale et préfrontale.

c) Le noyau centromédian

Noyau le plus volumineux du groupe nucléaire intralaminaire du thalamus, il est très développé chez l'homme.

Il est situé au niveau du tiers moyen du thalamus.

Il est en connexion avec les noyaux adjacents et avec le corps strié.

- Ses fibres afférentes proviennent des lemnisques spinal, médial et trigéminal, et de la formation réticulaire du tronc cérébral.
- Ses fibres efférentes rejoignent les ganglions basaux du cerveau.

d) **Le noyau paracentral** se projette dans les aires occipito-frontale et préfrontale.

e) **Le noyau parafasciculaire** situé près du faisceau réfléchi, d'où son nom, se projette dans les aires motrice et prémotrice.

8 | Les noyaux accessoires du thalamus

a) Le noyau réticulaire du thalamus⁶

Il forme une couche de péricaryons située entre la lame médullaire latérale du thalamus et le bras postérieur de la capsule interne.

Il est traversé par toutes les fibres cortico-thalamiques et thalamo-corticales qui traversent la capsule interne. Il reçoit des fibres de l'ensemble du cortex cérébral, et des formations réticulaires du tronc cérébral et du globus pallidus.

Il émet des fibres vers la partie postérieure du thalamus dorsal.

Il participe, comme la formation réticulaire, à la régulation de la qualité de l'éveil et de l'attention.

b) Les noyaux postérieurs du thalamus

Cet amas complexe de péricaryons situés en arrière du pulvinar comprend le *noyau limitant* et le *noyau supra-géniculé*.

Ils reçoivent des neurofibres du tractus spinothalamique et des colliculus supérieur et inférieur.

6. Ancien : zone grillagée d'Arnold.

26.2 MÉTATHALAMUS⁷

Le métathalamus est la partie du diencéphale située en dessous de l'extrémité postérieure de chaque thalamus. Il est constitué essentiellement de deux saillies paires et symétriques, les corps géniculés latéral et médial.

A | LIMITES DU MÉTATHALAMUS (fig. 26.9)

Chaque métathalamus est situé contre la face latérale d'un pédoncule cérébral.

- Il est limité :
 - en haut, par le pulvinar ;
 - en avant, par les racines du tractus optique ;
 - en arrière, par les colliculus inférieur et supérieur et leurs bras.
- Il se prolonge en bas avec le *trigone du lemnisque*⁸.

B | CORPS GÉNICULÉ LATÉRAL⁹

Il est situé à la partie postéro-inférieure du pulvinar.

Il correspond au noyau dorsal du corps géniculé latéral qui constitue un centre de relais de la voie de conduction des influx optiques vers le cortex occipital (aire 17).

1 | Morphologie

Il est ovoïde à grand axe antéro-postérieur.

a) **La face inférieure** présente une échancrure, le hile. Il correspond à l'émergence de neurofibres destinées au colliculus supérieur.

b) **Son extrémité antérieure** reçoit la racine latérale du tractus optique.

c) **Son extrémité postérieure** est rattachée au colliculus supérieur homolatéral par le bras du colliculus supérieur.

7. Ancien : région géniculée.

8. Ancien : triangle de Reil.

9. Ancien : corps genouillé latéral.

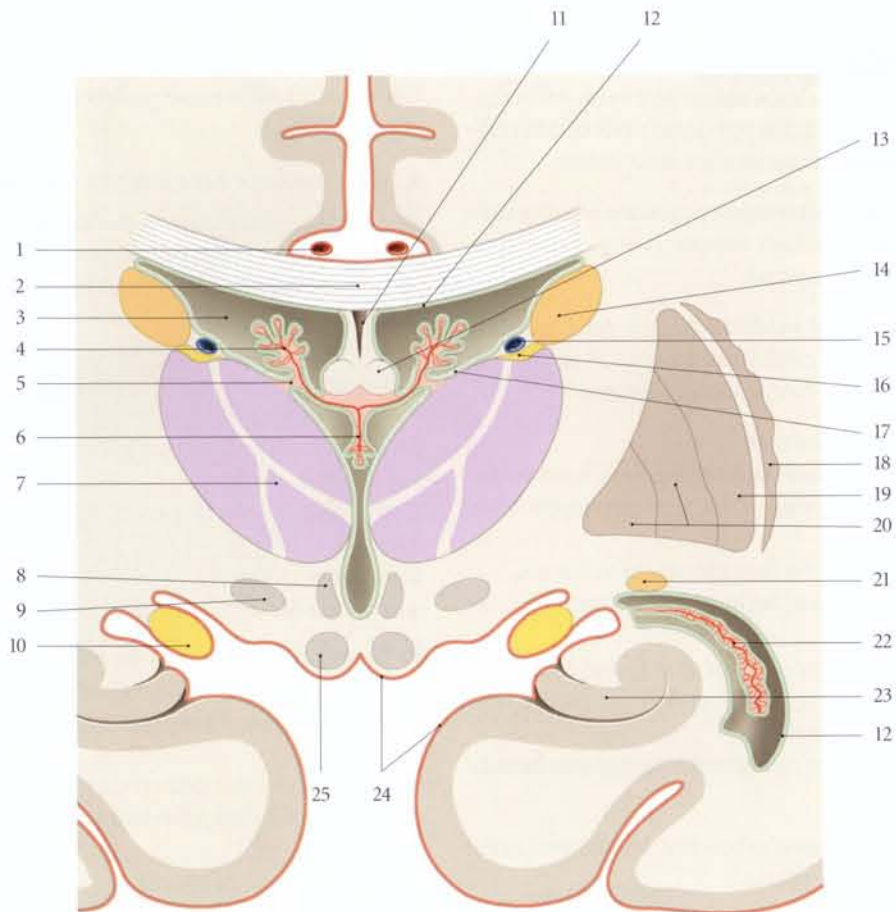


FIG. 26.9. Diencéphale (coupe frontale schématique passant par les corps mamillaires)

- | | | | |
|---|--------------------------------|--------------------------|--|
| 1. a. péricalluse | 7. thalamus | 14. corps du noyau caudé | 21. queue du noyau caudé |
| 2. corps calleux | 8. faisceau mamillo-thalamique | 15. v. thalamo-striée | 22. corne temporale du ventricule latéral et plexus choroïde |
| 3. corps du ventricule latéral | 9. noyau subthalamique | 16. strie terminale | 23. hippocampe |
| 4. plexus choroïde du ventricule latéral | 10. tractus optique | 17. lame fixée | 24. pie-mère |
| 5. ténia thalamique | 11. septum pellucidum | 18. capsule extrême | 25. corps mamillaire |
| 6. plexus choroïde du 3 ^e ventricule | 12. épendyme | 19. putamen | |
| | 13. colonne du fornix | 20. globus pallidus | |

2 | Noyaux – Systématisation

Le corps géniculé latéral est formé de deux noyaux, dorsal et ventral (fig. 26.10).

a) Le noyau dorsal du corps géniculé latéral

Il est constitué de lamelles de substance grise séparées par de la substance blanche, formant les *zones intralaminaires*.

Ces lamelles grises sont convexes dorsalement vers la surface. Elles sont au nombre de six chez le singe et

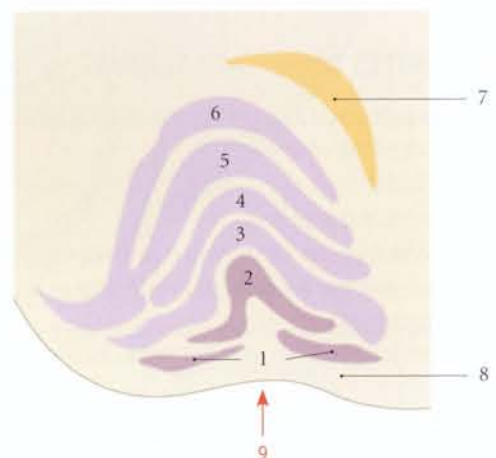


FIG. 26.10. Lamination du noyau du corps géniculé latéral (coupe transversale)

- | | |
|---------------------------------------|------------------|
| 1 à 6. lame du corps géniculé latéral | 8. couche zonale |
| 7. noyau prégeniculé | 9. hile |

seraient chez l'homme plus nombreuses (sept à huit) et d'apparence plus complexe.

On distingue successivement en partant de la face inférieure :

- la *couche koniocellulaire*¹⁰ superficielle constituée de nombreuses cellules de petite taille ;
- les *couches magnocellulaires* correspondant aux lamelles grises 1 et 2. Elles sont en rapport avec une large surface de la rétine ;
- les *couches parvocellulaires* correspondant aux lamelles grises 3 à 6 (voire 8). Elles sont en rapport avec une petite surface de la rétine concentrée près de la fovéa.

b) Le noyau ventral du corps géniculé latéral (ou noyau prégéniculé)

Il est situé plus superficiellement sous le noyau pulvinar inférieur.

C | CORPS GÉNICULÉ MÉDIAL

Il est situé à la partie postéro-inférieure du pulvinar. Il correspond au noyau du corps géniculé médial qui constitue un centre de relais de la voie de conduction des influx auditifs vers le cortex.

10. Ancien. : lame superficielle ou couche zonale.

11. Ancien. : faisceau intergenuillé de Rauber.

1 | Morphologie

De coloration plus grisâtre, il est plus petit que le corps géniculé latéral. Il est situé au-dessous du bras du colliculus supérieur.

a) Son extrémité antérieure reçoit la racine médiale du tractus optique.

b) Son extrémité postérieure est rattachée au colliculus inférieur homolatéral par le bras du colliculus inférieur.

c) Chez le fœtus, les corps géniculés médiaux sont unis par un faisceau blanc inconstant, la *lame intergénéculée*¹¹.

2 | Noyaux – Systématisation

Le corps géniculé médial est formé de trois noyaux, ventral, dorsal et médial magnocellulaire.

a) Le noyau ventral se projette vers le cortex auditif primaire.

b) Le noyau dorsal se projette dans l'aire auditive située au-dessus du cortex auditif primaire.

c) Le noyau médial magnocellulaire se projette largement sur le cortex des aires auditives, et les cortex insulaire et operculaire voisins.

26.3 ÉPITHALAMUS

Partie la plus dorsale du diencephale, l'épithalamus comprend six structures, l'habénula, la commissure habénulaire, la commissure postérieure, l'aire préteectale, l'organe subcommissural et le corps pinéal.

1 | L'habénula¹²

L'habénula est une petite saillie arrondie et paire. Elle est située à la partie postéro-latérale du trigone de l'habénula.

La *trigone de l'habénula* est une petite dépression triangulaire.

- Son bord latéral correspond au *sillon habénulaire* qui le sépare du pulvinar.
- Son bord postérieur est limité par la commissure habénulaire.
- Son bord médial est le prolongement postérieur de la strie médullaire du thalamus. Il se continue avec le pédoncule du corps pinéal.

Sous le trigone habénulaire se trouvent les noyaux habénulaires médial et latéral, qui constituent un centre de relais des voies olfactives vers le mésencéphale.

2 | La commissure habénulaire

Elle forme un cordon qui unit les noyaux habénulaires droits et gauches en passant au-dessus du récessus pinéal.

Elle est aussi parcourue par des fibres des stries médullaires de l'habénula qui s'y croisent.

Elle contient aussi des fibres provenant des noyaux préteectaux, interstitiels et pré-interstitiels.

3 | La commissure postérieure (ou épithalamique)

Ce cordon de neurofibres unit les colliculus supérieurs droit et gauche.

12. Ancien. : ganglion habénulaire.

Elle est située à la frontière du mésencéphale et du diencéphale. Elle croise la ligne médiane dans la racine inférieure du pédoncule de la glande pinéale. Elle contient des fibres provenant des noyaux préteaux, interstitiels et pré-interstitiels.

4 | L'aire préteale

Elle constitue l'aire de transition entre le diencéphale et le mésencéphale.

a) Elle est limitée :

- en avant et médialement, par la commissure postérieure;
- en arrière, par le colliculus supérieur;
- en haut, par le thalamus.

b) Elle contient les noyaux préteaux qui comprennent :

- le noyau du tractus optique;
- le noyau préteal antérieur;
- le noyau préteal postérieur;
- le noyau préteal olivaire.

c) Systématisation

- Les fibres afférentes proviennent du tractus optique.
- Les fibres efférentes rejoignent le noyau oculomoteur accessoire. L'aire préteale constitue le centre du réflexe pupillaire à la lumière.

5 | L'organe subcommissural

Il est formé par un agrégat de cellules épendymaires cylindriques et ciliées.

Il est situé entre la face dorsale de l'aqueduc cérébral et la commissure postérieure.

Sa fonction serait neuro-endocrine et neuro-sécrétoire.

6 | La glande pinéale¹³ (ou épiphyse cérébrale)

La glande pinéale est une formation glandulaire de l'épithalamus participant à la régulation de l'adénohypophyse et à la synthèse de la mélatonine.

Elle est située entre les colliculus supérieurs, sous le pulvinar et le splénium du corps calleux. Elle est séparée du corps calleux par la toile choroïdienne qui contient les veines cérébrales.

Les pinéomes, tumeurs de la glande pinéale, provoquent le syndrome de Parinaud en comprimant

la commissure postérieure et le colliculus supérieur (paralysie des mouvements volontaires verticaux des yeux, troubles de la convergence). La compression de l'aqueduc cérébral est responsable d'hydrocéphalie (voir Chapitre 23) (fig. 26.11).

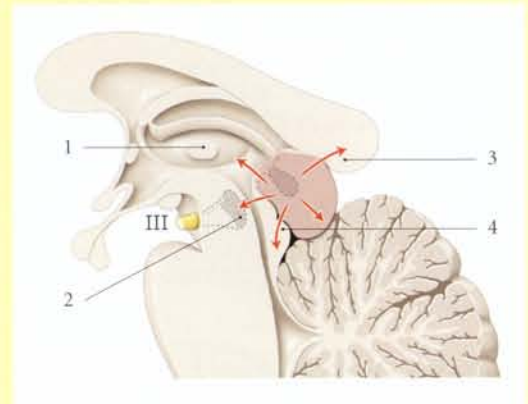


FIG. 26.11. Pinéome (comprimant les structures voisines)

- | | |
|-----------------------------|------------------------------|
| 1. thalamus | 3. splénium du corps calleux |
| 2. noyau du n. oculo-moteur | 4. colliculus inférieur |

a) La forme

Elle est ovoïde, de couleur gris rougeâtre. Elle mesure en moyenne 8 mm de longueur, 5 mm de largeur et pèse 0,2 g. Elle augmente de volume jusqu'à l'âge de 7 ans, puis involue progressivement.

Elle est fixée au toit du 3^e ventricule par un *pédoncule* qui se divise en deux racines, supérieure et inférieure, séparées par le *récessus pinéal* du 3^e ventricule; la racine supérieure se continue avec la commissure habénulaire; la racine inférieure, avec la commissure épithalamique.

b) Structure

Elle est entourée d'une capsule conjonctive issue de la pie-mère et divisée en lobules par des septums conjonctifs provenant de la capsule. Les septums sont parcourus par des vaisseaux. Le parenchyme est composé de cordons d'endocrinocytes pinéaux (ou pinéalocytes) séparés par des gliocytes centraux et des neurocytes intrapinéaux. Il renferme parfois, après la 20^e année, des dépôts de calcium et de magnésium, les *corps arénacés*.

La calcification de la glande pinéale du sujet âgé pourrait expliquer la diminution de la mélatonine, hormone favorisant le sommeil, et, partant, l'insomnie.

13. Ancien. : corps pinéal; épiphyse cérébrale; conarium.

c) Systématisation (fig. 26.12)

Elle reçoit indirectement des neurofibres qui proviennent de la paroi du sinus droit situé dans la tente du cervelet. Ces neurofibres postganglionnaires sont issues du ganglion cervical supérieur *via* la veine jugulaire. Elles forment le *nerf conarien* qui rejoint les noyaux habénulaires par le tractus habénulo-pinéal.

Elle reçoit aussi des fibres du rhinencéphale, de l'hypothalamus et de l'hippocampe (noyaux suprachiasmatiques).

Elle émet des fibres qui s'associent au tractus habénulo-interpédonculaire.

Il a été décrit chez le fœtus un *ganglion conarien*¹⁴ sur la face dorsale et sur le trajet de ce nerf; de même un nerf pinéal qui rejoint la commissure postérieure.

d) Fonction

Considérée par certains comme le vestige du 3^e œil dorsal des reptiles, la glande pinéale est une glande

endocrine intervenant dans le fonctionnement de l'hypophyse, du pancréas, de la parathyroïde, des glandes surrénales et des gonades.

Son action est essentiellement inhibitrice grâce aux hormones sécrétées par les endocrinocytes pinéaux.

Cette action est soit directe, soit indirecte, en agissant sur les hormones libératrices hypophysaires.

Elle sécrète aussi des enzymes et la mélatonine synthétisée à partir de la sérotonine. La mélatonine libérée la nuit intervient dans la régulation du cycle circadien. Son activité est maximale dans l'obscurité.

La glande pinéale est un intermédiaire entre d'une part les voies visuelles et la voie sympathique, et d'autre part, les noyaux tegmentaux et la colonne intermedio-latérale des segments spinaux thoraciques.

La production cyclique de mélatonine est liée aussi à la libération de catécholamine de son innervation sympathique.

14. Ancien. : 1^{er} ganglion de Pastori.

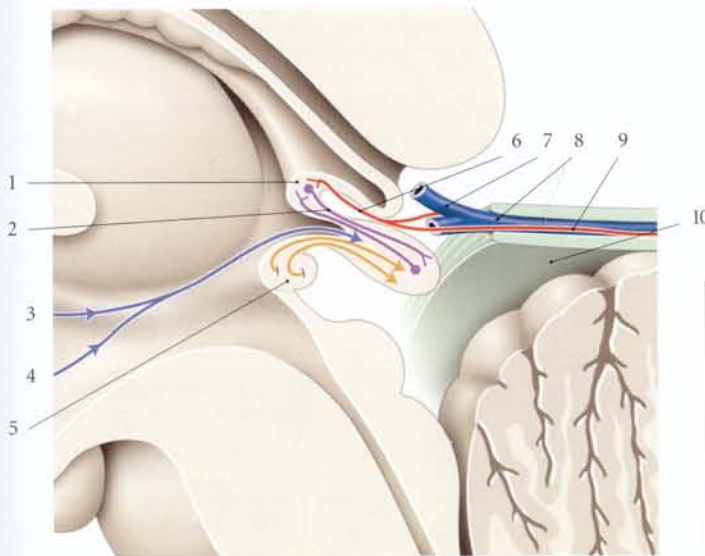


FIG. 26.12. Systématisation de la glande pinéale

1. corps habénulaire
2. tractus habénulo-pinéal
3. neurofibres issues du noyau suprachiasmatique
4. neurofibres issues de l'hypophyse
5. commissure post.
6. n. conarien
7. v. cérébrale interne
8. grande v. du cerveau
9. sinus droit
10. tente du cervelet sectionnée

26.4 SUBTHALAMUS¹⁵

Le subthalamus est une zone transitionnelle du diencephale située entre la face ventrale du thalamus et le tegmentum du mésencéphale.

Il est compris entre la face latérale de l'hypothalamus et la face médiale de la capsule interne.

Il est constitué de noyaux séparés par de nombreuses neurofibres.

15. Ancien. : thalamus ventral.

Les noyaux comprennent le noyau subthalamique, la zona incerta et les noyaux du champ périzonal.

1 | Le noyau subthalamique¹⁶

C'est un noyau ovalaire situé à la partie inférieure du subthalamus. Il répond :

- en arrière, à l'extrémité supérieure de la substantia nigra et au bord supérieur du noyau rouge ;
- latéralement, à la capsule interne qui le sépare du globus pallidus du corps strié ;
- en haut, à la zona incerta qui le sépare du thalamus dorsal ;
- médialement, à l'hypothalamus.

Il présente de nombreuses connexions dont les plus importantes se font avec le globus pallidus.

C'est un centre d'intégration et de contrôle de l'activité motrice des mouvements de balancement des membres et de torsion du tronc, au cours de la locomotion.

Il exerce un contrôle inhibiteur sur le globus pallidus.

2 | La zona incerta (fig. 26.13)

Elle correspond à un noyau mince situé au-dessous du thalamus. Elle est séparée du thalamus par le *faisceau*

thalamique. Elle correspond à une portion détachée du noyau réticulaire du thalamus. Elle reçoit des fibres du cortex du gyrus précentral.

3 | Les noyaux du champ périzonal (H)¹⁷

Ces noyaux sont répartis en trois groupes, les champs H₁ et H₂ qui contiennent des noyaux homonymes.

a) Le champ H

Il est situé entre la zona incerta et l'hypothalamus. Il contient les neurofibres de l'anse lenticulaire et du faisceau lenticulaire.

b) Le champ H₁

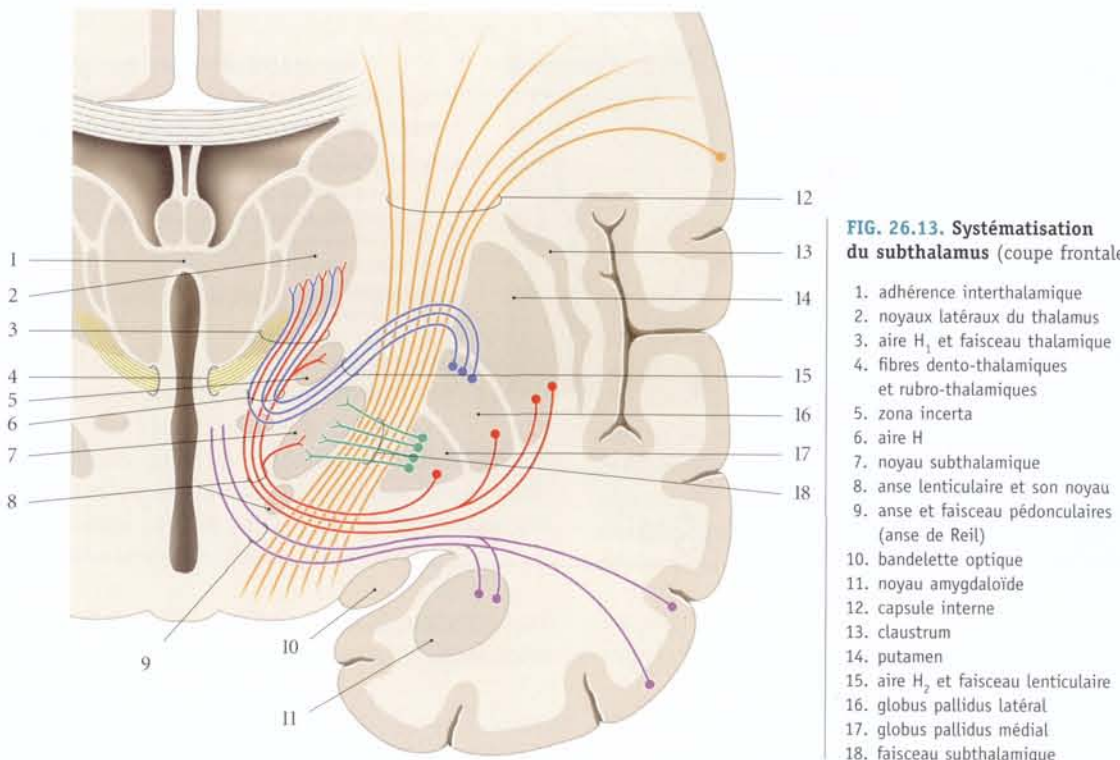
Il est situé entre le thalamus et la zona incerta. Il est traversé par le faisceau lenticulaire, l'anse lenticulaire, les neurofibres dento-thalamiques et rubro-thalamiques du même côté et les neurofibres thalamo-striées contro-latérales.

c) Le champ H₂

Il est situé entre la zona incerta et le noyau subthalamique. Il contient les faisceaux lenticulaires.

16. Ancien. : corps de Luys.

17. Ancien. : champ de Forel. Désignés par la lettre H de l'allemand *Haubenfelder* : « surface délimitée sur une sphère ».



26.5 HYPOTHALAMUS

L'hypothalamus est la partie inférieure et antérieure du diencéphale. Il constitue le plancher et la paroi latérale du 3^e ventricule. Il se prolonge en bas par la neurohypophyse (fig. 26.14).

Ses dimensions sont réduites; « l'ongle du pouce peut aisément le recouvrir » (H. Cushing).

C'est un complexe nucléaire qui joue un rôle neuro-endocrinien fondamental dans la régulation de nombreuses fonctions métaboliques, endocriniennes et instinctives fondamentales.

A | LIMITES ET RAPPORTS

L'hypothalamus présente deux faces libres et des limites en continuité avec le thalamus et le subthalamus

1 | La face interne

Elle forme la partie antérieure de la paroi latérale du 3^e ventricule.

2 | La face externe

Elle correspond au plancher du 3^e ventricule.

a) Sa partie centrale est constituée d'une proéminence, le *tuber cinéreum*. Celui-ci se prolonge en avant par l'infundibulum neurohypophysaire. Il est formé d'une substance grise.

b) Sa partie postérieure présente deux petites saillies arrondies, les *corps mamillaires*.

c) Sa partie antérieure est formée par le chiasma optique.

3 | Les limites

a) La limite antérieure est constituée par le plan frontal passant par la lame terminale et la commissure antérieure.

b) La limite postérieure correspond au plan frontal passant par le corps mamillaire. Elle répond au subthalamus.

c) La limite supérieure correspond au plan transversal séparant le thalamus de l'hypothalamus. Il passe par le sillon hypothalamique qui s'étend du foramen inter-ventriculaire à l'entrée de l'aqueduc cérébral.

d) La limite inférieure correspond au récessus infundibulaire.

B | DIVISIONS ET NOYAUX HYPOTHALAMIQUES

1 | Les zones hypothalamiques

L'hypothalamus est divisé par des plans sagittaux en trois zones, périventriculaire, médiale et latérale.

Cette division, essentiellement morphologique, est peu utilisée. En effet, chaque zone thalamique peut contenir des noyaux spécifiques, mais peut aussi contenir des

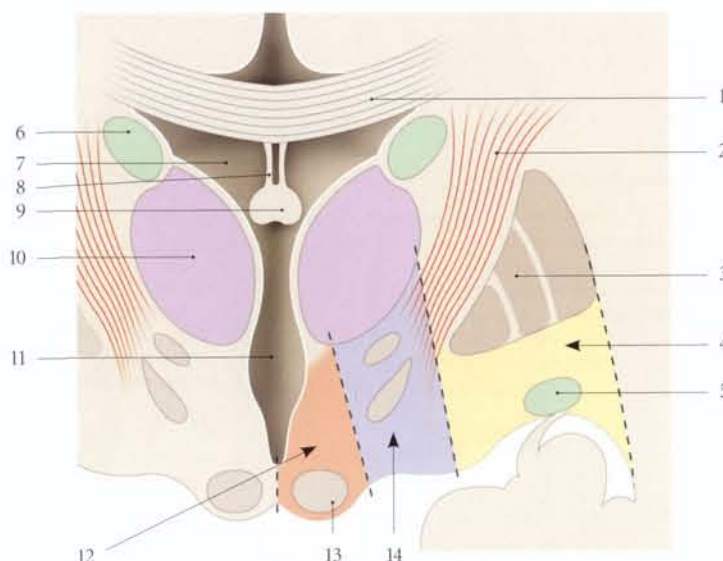


FIG. 26.14. Constitution du diencéphale (coupe frontale)

1. corps calleux
2. capsule interne
3. noyau lenticulaire
4. partie sublenticulaire de la capsule interne
5. queue du noyau caudé
6. tête du noyau caudé
7. ventricule latéral
8. septum pellucidum et sa cavité
9. colonne du fornix
10. thalamus
11. 3^e ventricule
12. hypothalamus
13. corps mamillaire
14. subthalamus

noyaux ou des fractions de noyaux différents. Ainsi le noyau préoptique peut appartenir aux zones périventriculaire et médiale.

2 | Les aires hypothalamiques

L'hypothalamus est divisé en aires hypothalamiques regroupant chacune des noyaux de fonction semblable (fig. 26.15 à 26.19).

a) L'aire hypothalamique rostrale

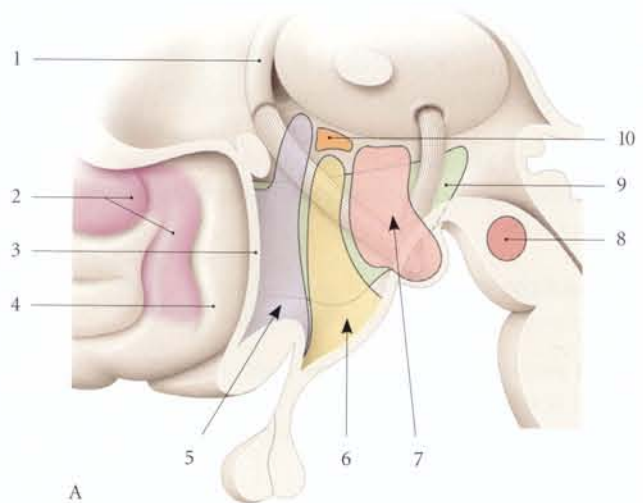
Elle est située au-dessus du chiasma optique et elle est adjacente à la lame terminale. Elle comprend :

- le noyau antérieur hypothalamique ;
- le noyau périventriculaire ventral ;
- les noyaux interstitiels hypothalamiques antérieurs ;
- les noyaux préoptiques latéral, médial, médian et périventriculaire ;

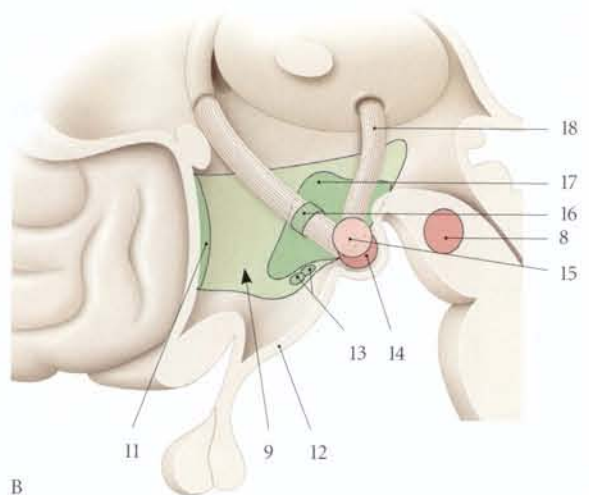
FIG. 26.15. Noyaux de l'hypothalamus (vues médiales)

- A. aire hypothalamique médiale
(le noyau périventriculaire n'est pas représenté)
B. aire hypothalamique latérale

1. fornix
2. aire subcallose
3. lame terminale
4. gyrus paraterminal
5. aire hypothalamique rostrale
6. aire hypothalamique intermédiaire
7. aire hypothalamique post.
8. noyau rouge
9. aire hypothalamique latérale
10. aire hypothalamique dorsale
11. aire préoptique
12. éminence médiane
13. noyaux tubéraux latéraux
14. noyau mamillaire latéral
15. noyau mamillaire médial
16. noyau périfornical
17. noyau tubéro-mamillaire
18. faisceau mamillo-thalamique



A



B

- le noyau paraventriculaire hypothalamique;
- le noyau suprachiasmatique;
- le noyau supra-optique, constitué de trois parties, dorso-latérale, dorso-médiale et ventro-médiale.

b) L'aire hypothalamique dorsale

Elle constitue la partie la plus dorsale de l'hypothalamus et comprend :

- le noyau endopédunculaire, adjacent au bord médial du globus pallidus;

- le noyau de l'anse lenticulaire, situé dans l'anse lenticulaire.

c) L'aire hypothalamique intermédiaire

Elle est comprise entre les aires antérieure, latérale et postérieure, et comprend :

- le noyau dorsal hypothalamique;
- le noyau dorso-médial;

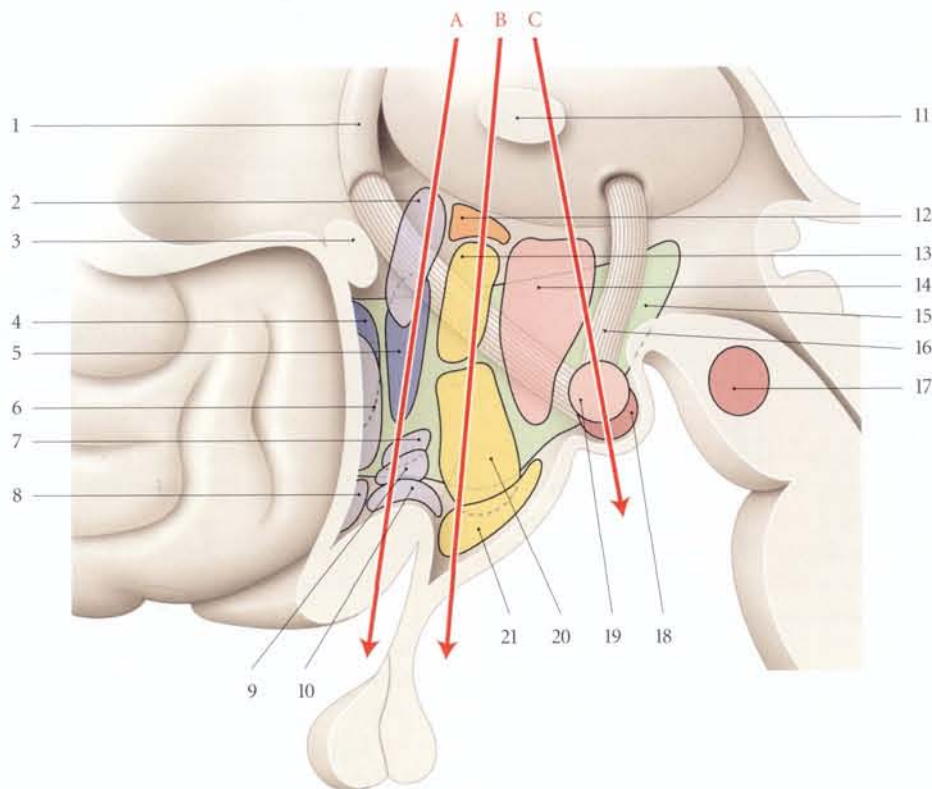


FIG. 26.16. Noyaux de l'hypothalamus (le noyau périventriculaire n'est pas représenté) (vue interne)

A, B et C = niveau des coupes des figures 26.17, 26.18 et 26.19

- | | | |
|------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|
| 1. colonne du fornix | 6. noyau pré-optique médial | 14. noyau hypothalamique post. |
| 2. noyau paraventriculaire | 7. noyau supra-optique dorso-latéral | 15. aire hypothalamique latérale |
| 3. commissure ant. | 8. noyau suprachiasmatique | 16. tractus mamillo-thalamique |
| 4. noyau pré-optique latéral | 9. noyau supra-optique dorso-médial | 17. noyau rouge |
| 5. noyau hypothalamique ant. | 10. noyau supra-optique ventro-médial | 18. noyau mamillaire latéral |
| | 11. adhérence interthalamique | 19. noyau mamillaire médial |
| | 12. aire hypothalamique dorsale | 20. noyau ventro-médial |
| | 13. noyau dorso-médial | 21. noyau arqué |

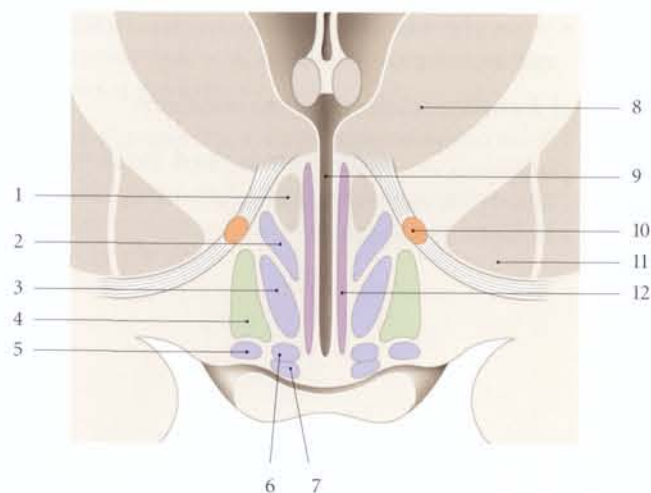


FIG. 26.17. Coupe frontale antérieure de l'hypothalamus

1. colonne du fornix
2. noyau paraventriculaire
3. noyau hypothalamique ant.
4. aire hypothalamique latérale
5. noyau supra-optique dorso-latéral
6. noyau supra-optique dorso-médial
7. noyau supra-optique ventro-médial
8. thalamus
9. 3^e ventricule
10. noyau de l'anse lenticulaire
11. globus pallidus
12. noyau périventriculaire

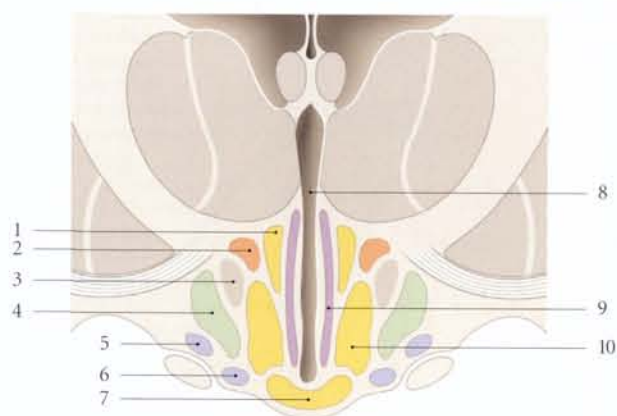


FIG. 26.18. Coupe frontale moyenne de l'hypothalamus

1. noyau dorso-médial
2. aire hypothalamique dorsale
3. colonne du fornix
4. aire hypothalamique latérale
5. noyau supra-optique latéral
6. noyau supra-optique médial
7. noyau arqué
8. 3^e ventricule
9. noyau périventriculaire
10. noyau ventro-médial

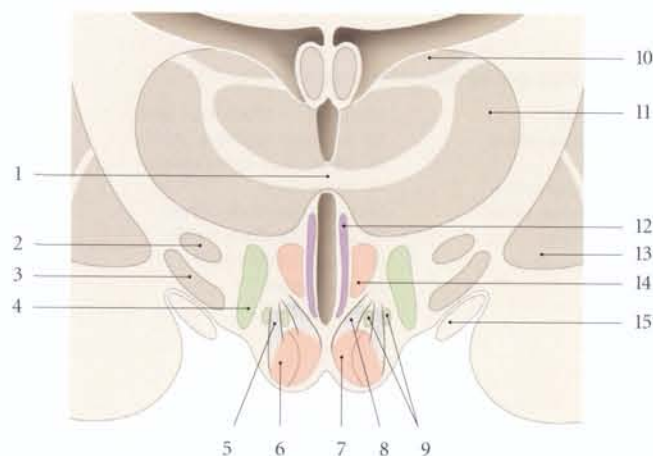


FIG. 26.19. Coupe frontale postérieure de l'hypothalamus

1. adhérence thalamique
2. noyau subthalamique
3. pédoncule cérébral
4. aire hypothalamique latérale
5. colonne du fornix
6. noyau mamillaire latéral
7. noyau mamillaire médial
8. tractus mamillo-thalamique
9. noyau périfornical
10. noyau ant. du thalamus
11. noyau dorsal du thalamus
12. noyau périventriculaire
13. globus pallidus
14. noyau hypothalamique post.
15. bandelette optique

- le noyau arqué (ou semi-lunaire, ou infundibulaire). Il est situé sous l'infundibulum et s'étend sous l'éminence médiane;
- le noyau périventriculaire postérieur;
- le noyau ventro-médial qui est rétrochiasmatique.

d) L'aire hypothalamique latérale

Elle est latérale au fornix et au tractus mamillo-thalamique et comprend :

- l'aire pré-optique située contre la lame terminale;
- les noyaux tubéraux latéraux, qui sont rétrochiasmatiques et latéraux à l'aire intermédiaire;
- le noyau périfornical;
- le noyau tubéro-mamillaire.

e) L'aire hypothalamique postérieure

Elle représente la plus grande partie de l'hypothalamus et comprend :

- les noyaux préamillaires dorsal et ventral;
- les noyaux mamillaires latéral et médial;
- le noyau supramamillaire;
- le noyau hypothalamique postérieur.

C | SYSTÉMATISATION

Véritable « cerveau autonome et endocrinien », l'hypothalamus est en relation avec de nombreuses structures du système nerveux central, avec les viscères, par l'intermédiaire du système nerveux autonome, et avec les organes des sens.

Ces connexions se font par l'intermédiaire de faisceaux et de tractus bien identifiés ou par des neurofibres mal définies.

Ces voies nerveuses, souvent réciproques, sont constituées de neurofibres afférentes et efférentes (fig. 26.20).

1 | Le faisceau télencéphalique médial¹⁸

Ce faisceau sagittal et paramédian est constitué de fibres afférentes et efférentes.

Il unit l'aire rostrale hypothalamique aux aires frontales (6, 8, 10), orbitaire (13) et olfactives.

Il est constitué à la partie supérieure de la commissure antérieure, par des neurofibres provenant de la région septale.

Il reçoit au cours de son trajet sagittal paramédian des fibres du thalamus, de la région subthalamique, du noyau amygdaloïde et du cortex de l'uncus.

Ce faisceau, constitué de fibres courtes et longues, se termine dans le tegmentum du mésencéphale et dans la substance grise péri-aqueducule, voie de contrôle de la sensibilité viscérale autonome.

2 | Les fibres de la strie terminale¹⁹

Ces fibres myélinisées unissent le corps amygdaloïde à l'hypothalamus, et aux gyrus paraterminaux homo- et contro-latéraux.

Du corps amygdaloïde, elles se dirigent d'abord en arrière dans le toit de la corne temporale du ventricule latéral. Ensuite, elles s'incurvent pour suivre la face médiale de la queue du noyau caudé, près de sa jonction avec le thalamus. Puis elles se dirigent en bas dans le plancher de la partie centrale du ventricule latéral, occupant le sillon qui sépare le noyau caudé du thalamus.

Elles se portent en bas vers le foramen interventriculaire et atteignent la commissure antérieure où elles s'épanouissent en faisceaux qui se distribuent :

- au corps amygdaloïde et à la strie terminale contro-latérale;
- aux aires pré-optique et antérieure de l'hypothalamus;
- au thalamus dorsal et à l'habénula, *via* la strie médullaire du thalamus.

3 | Les fibres du fornix

Elles unissent l'hippocampe au corps mamillaire.

Issues de l'hippocampe, elles se dirigent dorsalement pour former une commissure arciforme sur le toit du 3^e ventricule. Elles rejoignent ensuite la commissure antérieure pour se diviser en trois faisceaux, supracommissural, commissural et subcommissural.

Plusieurs fibres supra- et subcommissurales traversent l'aire subcallose et se destinent aux noyaux hypothalamiques pré-optique et antérieur, à la substance perforée antérieure et au gyrus paraterminal.

4 | Commissures supra-optiques

Elles sont au nombre de deux, les commissures supra-optiques ventrale et dorsale.

a) La commissure supra-optique ventrale²⁰

Elle unit les corps géniculés médiaux. Elle croise la ligne médiane entre le chiasma optique et la commissure supra-optique dorsale.

b) La commissure supra-optique dorsale²¹

Elle unit le globus pallidus au noyau subthalamique contro-latéral. Elle croise la ligne médiane au-dessus du chiasma optique.

18. Ancien. : faisceau olfactif basal d'Edinger.

19. Ancien. : faisceau de Foville; ténia de Tarin; tenia semicircularis.

20. Ancien. : commissure de Gudden.

21. Ancien. : commissure de Meynert.

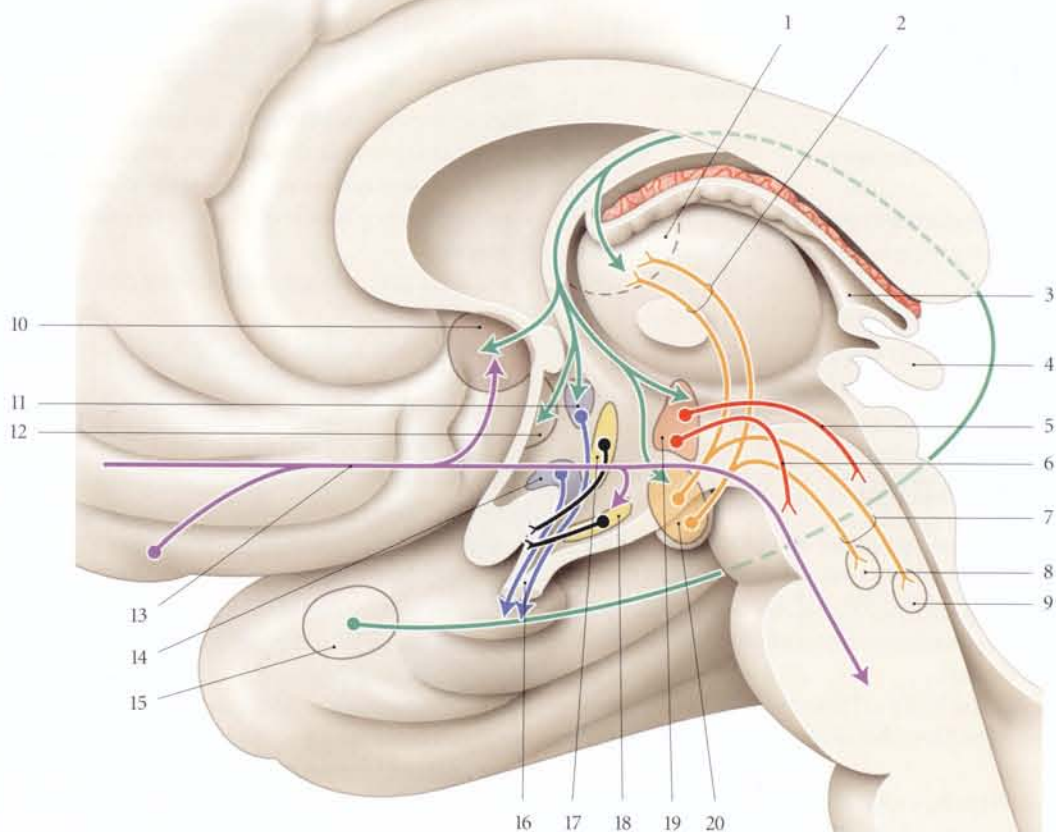


FIG. 26.20. Systématisation de l'hypothalamus

- | | |
|------------------------------------|--|
| 1. noyaux ant. du thalamus | 11. noyau paraventriculaire |
| 2. tractus mamillo-thalamique | 12. noyau préoptique |
| 3. habénula | 13. faisceau télencéphalique médial |
| 4. corps pinéal | 14. noyaux supra-optiques |
| 5. faisceau longitudinal dorsal | 15. noyau amygdaloïde |
| 6. fibres hypothalamo-réticulaires | 16. vers la neurohypophyse |
| 7. faisceau mamillo-tegmental | 17. noyaux hypothalamiques dorso-médial et ventro-médial |
| 8. noyau tegmental ventral | 18. noyau arqué |
| 9. noyau tegmental dorsal | 19. noyau hypothalamique post. |
| 10. aire subcallosale | 20. noyaux mamilloires |

5 | Le faisceau mamillo-tegmental²²

Ce faisceau étroit de fibres efférentes part du noyau latéral du corps mamillaire. Il se dirige dorsalement pendant un court trajet avec le faisceau mamillo-thalamique, puis s'incurve pour se diriger en bas, vers les noyaux tegmentaux dorsal et ventral du mésencéphale, et dans la formation réticulaire.

6 | Le faisceau mamillo-thalamique²³

Ce faisceau épais unit le noyau médial du corps mamillaire au noyau antérieur du thalamus. Il fait synapse avec des neurones qui se projettent dans le gyrus du cingulum.

Il est impliqué dans le mécanisme de l'émotion et du comportement général affectif. Il fait partie du circuit de Papez (voir « Système limbique »).

7 | Le tractus hypothalamo-hypophysaire

Ce tractus, constitué de neurofibres amyélinisées, unit l'hypothalamus à la neurohypophyse.

Au nombre de 100 000 environ, ces neurofibres comprennent des *fibres supra-optico-hypophysaires* et *paraventriculo-hypophysaires*.

Les corps cellulaires siègent dans les noyaux supra-optiques et paraventriculaires.

Ces fibres véhiculent les hormones hypothalamiques (ocytocine et vasopressine) qui sont stockées dans la neurohypophyse.

8 | Fibres périventriculaires

Ces fibres unissent les noyaux de l'hypothalamus au groupe nucléaire médial du thalamus et au mésencéphale. Elles ont un trajet vertical ou oblique, et sont situées à la face profonde de l'épendyme de la paroi du 3^e ventricule. La portion mésencéphalique constitue le *faisceau longitudinal dorsal*.

9 | Le faisceau longitudinal postérieur²⁴ (dorsal)

Ce faisceau d'association, situé dans la substance grise périaquadrucule, est constitué de fibres afférentes et efférentes.

Ce faisceau unit les noyaux postérieurs de l'hypothalamus à la formation réticulaire et à différents noyaux du tronc cérébral :

- le noyau accessoire du nerf oculomoteur (myosis) ;
- le noyau salivaire (sécrétion salivaire) ;
- le noyau lacrymal (sécrétion des larmes) ;
- le noyau dorsal du nerf vague ;
- le noyau du nerf trijumeau (mastication) ;

- le noyau ambigu (déglutition) ;
- le noyau du nerf hypoglosse (léchage) ;
- les centres vitaux du tronc cérébral contrôlant la circulation, la respiration et l'alimentation.

Le faisceau longitudinal postérieur, ainsi que le faisceau tegmento-mamillaire, transmettent aussi à l'hypothalamus les influx somesthésiques (*exemple* : zones érogènes) véhiculés par le système nerveux autonome.

D | FONCTIONS

1 | Le système autonome

a) *L'aire hypothalamique rostrale* a un effet excitateur sur le système parasympathique.

b) *Les aires hypothalamiques postérieure et latérale* ont un effet excitateur sur le système nerveux sympathique.

2 | Contrôle de l'hypophyse

Il se fait selon deux voies.

a) Le tractus hypothalamo-hypophysaire

Ses axones, issus des neurones magnocellulaires, descendent dans la neuro-hypophyse et sécrètent l'hormone anto-diurétique (vasopressine) et l'ocytocine. Celles-ci sont stockées sous forme de corpuscules, les *accumulations neurosécrétoires*²⁵, qui entraînent un gonflement de la neuro-hypophyse. Ces hormones sont libérées dans les capillaires hypophysaires.

b) Le tractus tubéro-infundibulaire

Ses axones sont issus des neurones parvocellulaires, des noyaux supra-optiques, pré-optiques, paraventriculaires, ventro-médial et arqué. Ils libèrent des hormones *libérines* ou *libératrices* et des hormones *statines* ou *inhibitrices*.

3 | La régulation de l'eau

Le contrôle de l'équilibre de l'eau est assuré par l'hypothalamus qui synthétise la vasopressine ou hormone antidiurétique.

L'équilibre est assuré par un mécanisme à double sens :

- lorsque l'organisme manque d'eau, le volume sanguin diminue et la concentration de sel augmente.

22. Ancien : faisceau de Gudden.

23. Ancien : faisceau de Vicq d'Azyr.

24. Ancien : faisceau de Schütz.

25. Ancien : corps de Herring.

Sensible à la concentration sodique, l'hypothalamus libère la vasopressine qui agit sur les reins. Ceux-ci réduisent la production d'urine et partant la rétention d'eau ;

- lorsque le volume sanguin et la pression diminuent, les reins sécrètent une enzyme, la rénine. Celle-ci transforme l'angiotensinogène produite par le foie en angiotensine I, puis angiotensine II détectée par l'organe subfornical qui stimule l'hypothalamus.

4 | Le contrôle de l'apport de nourriture

Deux noyaux hypothalamiques interviennent dans le contrôle de l'appétit.

a) Le noyau ventro-médial inhibe le désir de manger. Sa destruction bilatérale donne de l'hyperphagie, de l'obésité et un comportement agressif.

b) Le noyau hypothalamique latéral induit le désir de manger. La suppression de cette région entraîne l' inanition et la cachexie.

Les anorexiques tendent à avoir un taux élevé de sérotonine qui est un inhibiteur du noyau hypothalamique latéral.

5 | La thermorégulation

a) L'hypothalamus antérieur contrôle et maintient la température du corps. Sa stimulation entraîne une dilatation des vaisseaux cutanés et une transpiration qui entraîne la baisse de la température du corps.

b) L'hypothalamus postérieur contribue à la production et à la conservation de la chaleur. Sa stimulation entraîne une vasoconstriction.

6 | La régulation du cycle circadien veille-sommeil

La quasi-totalité des êtres vivants possèdent un cycle circadien (ou horloge biologique) qui ajuste leur physiologie au cycle obscurité-lumière des 24 heures.

Chez l'homme, le noyau suprachiasmatique, par l'intermédiaire de ses connexions avec la glande pinéale, intervient dans la régulation du cycle sommeil-veille. L'aire hypothalamique postérieure est impliquée dans la vigilance.

En effet, leur destruction entraîne une hypersomnolence (voir « Glande pinéale »).

7 | La régulation du comportement sexuel

L'hypothalamus sécrète de nombreuses hormones qui stimulent l'hypophyse ou sont stockées dans celle-ci.

8 | L'émotion et le comportement

Les noyaux latéral et ventro-latéral sont impliqués dans l'humeur, conjointement avec le système limbique et le cortex préfrontal.

Par ses connexions périphériques, l'hypothalamus est un vecteur de la traduction végétative de l'émotion (augmentation du rythme cardiaque, sudation, hyperhémie cutanée, hyperpéristaltisme, etc.).

27 Hypophyse

L'hypophyse¹ est une glande endocrine appendue à l'infundibulum de l'hypothalamus par le pédoncule infundibulaire².

Elle comprend deux lobes, d'organogénèse et de physiologie différentes : l'*adénohypophyse*, ou lobe antérieur, et la *neurohypophyse*, ou lobe postérieur, qui est une extension de l'hypothalamus.

L'hypophyse, considérée comme le « chef d'orchestre » de la sécrétion hormonale, présente essentiellement trois types de pathologies :

- soit un syndrome d'hyperfonctionnement sécrétoire, tels l'acromégalie, l'adénome à prolactine (syndrome aménorrhée-galactorrhée) ;
- soit un syndrome d'hypofonctionnement sécrétoire, l'insuffisance hypophysaire (syndrome de Sheehan...) ;
- soit une tumeur non sécrétante (adénome chromophobe...).

27.1 MORPHOLOGIE (fig. 27.1 et 27.2)

A | DIMENSIONS

De forme ovoïde, l'hypophyse mesure environ 15 mm de largeur, 60 mm de hauteur et 10 mm d'épaisseur. Son poids est d'environ 35 cg (75 % pour l'adénohypophyse et 25 % pour la neurohypophyse).

1. Du grec *hypophusis*, mot à mot : « croissance en dessous ».
Ancien. : glande pituitaire. Les Anciens, comme Vésale, pensaient qu'elle était le réservoir du liquide ventriculaire (telle une pituite)

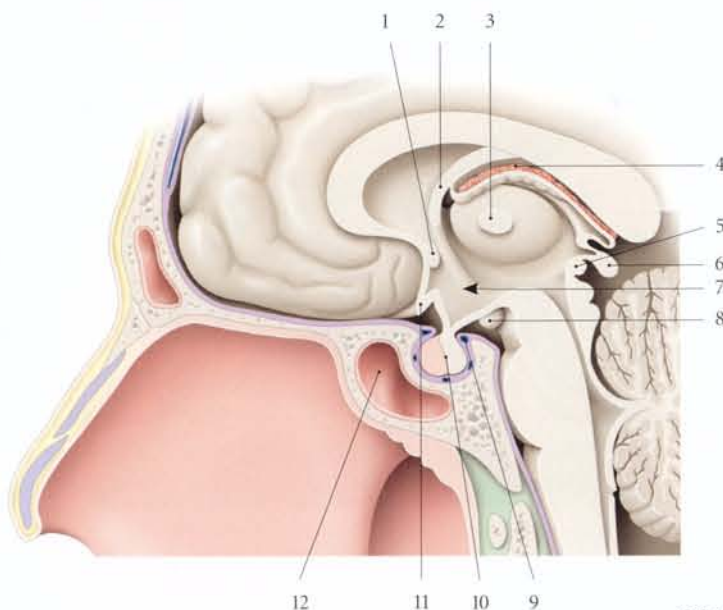
B | RAPPORTS

L'hypophyse, entourée d'une gaine fibreuse dérivée de la dure-mère, est située dans la fosse hypophysaire de la selle turcique.

- avant son expulsion dans les fosses nasales, à travers la lame criblée de l'ethmoïde.
2. Ancien. : tige pituitaire.

FIG. 27.1. Coupe sagittale médiane du cerveau et de la fosse antérieure du crâne (vue médiale)

1. commissure ant.
2. fornix
3. thalamus
4. toile choroïdienne du 3^e ventricule
5. commissure post.
6. corps pinéal
7. hypothalamus
8. corps mamillaire
9. diaphragme de la selle
10. hypophyse
11. chiasma optique
12. sinus sphénoïdal



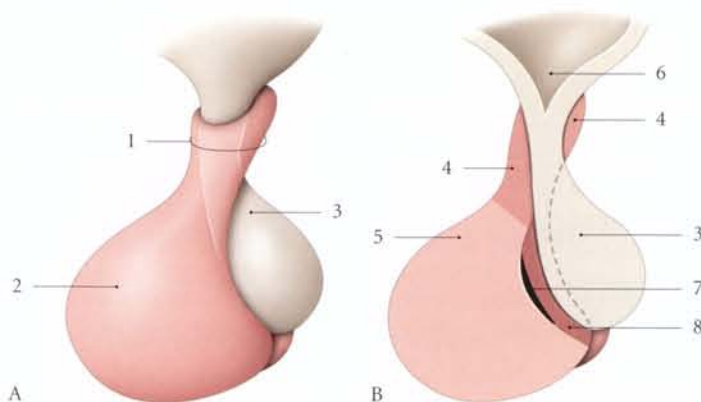


FIG. 27.2. Parties de l'hypophyse

- A. vue latérale
B. coupe sagittale médiane
1. pédoncule hypophysaire
 2. adénohypophyse
 3. neurohypophyse
 4. partie tubérale
 5. partie distale
 6. infundibulum de l'hypothalamus
 7. fente hypophysaire
 8. partie intermédiaire

1 | Les parois antérieure, inférieure et postérieure

Elles répondent aux parois de la fosse hypophysaire tapissées par la dure-mère qui contient le sinus intercaverneux. Celui-ci est constitué des anastomoses unissant les sinus caverneux droit et gauche.

2 | Les faces latérales

Elles sont en contact avec les parois médiales du sinus caverneux et son contenu, l'artère carotide interne et son plexus, et les nerfs crâniens III, IV, V et VI (fig. 27.3).

3 | La face supérieure

Elle est recouverte du diaphragme stellaire, qui est percé d'un orifice que traverse le pédoncule hypophysaire. Le chiasma optique repose sur le diaphragme stellaire, en avant du pédoncule hypophysaire.

Le développement des tumeurs de l'hypophyse, tel le *craniopharyngiome*, entraîne un agrandissement de la selle turcique et une compression du chiasma optique avec des troubles du champ visuel (hémianopsie) et du fond d'œil (atrophie du nerf optique).

C | VASCULARISATION

Elle est riche et partiellement autonome pour les deux lobes hypophysaires.

1 | Les artères

L'hypophyse est irriguée de chaque côté par une artère hypophysaire inférieure et plusieurs artères hypophysaires supérieures.

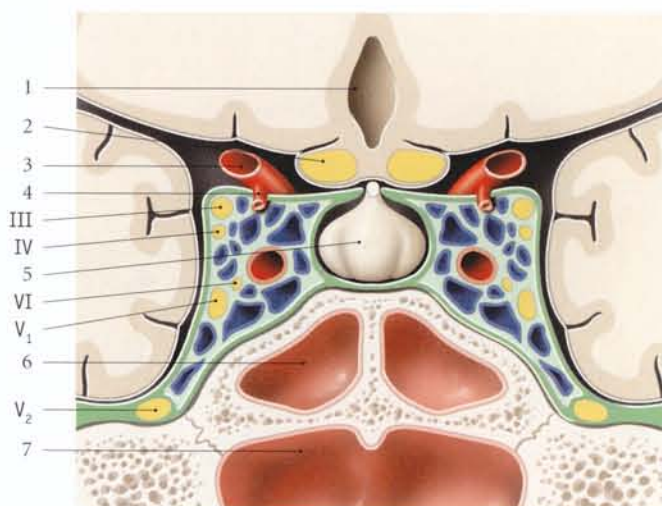


FIG. 27.3. Coupe frontale des sinus caverneux (vue postérieure)

1. 3^e ventricule
2. chiasma optique
3. a. carotide interne
4. a. communicante post.
5. hypophyse
6. sinus sphénoïdal
7. nasopharynx

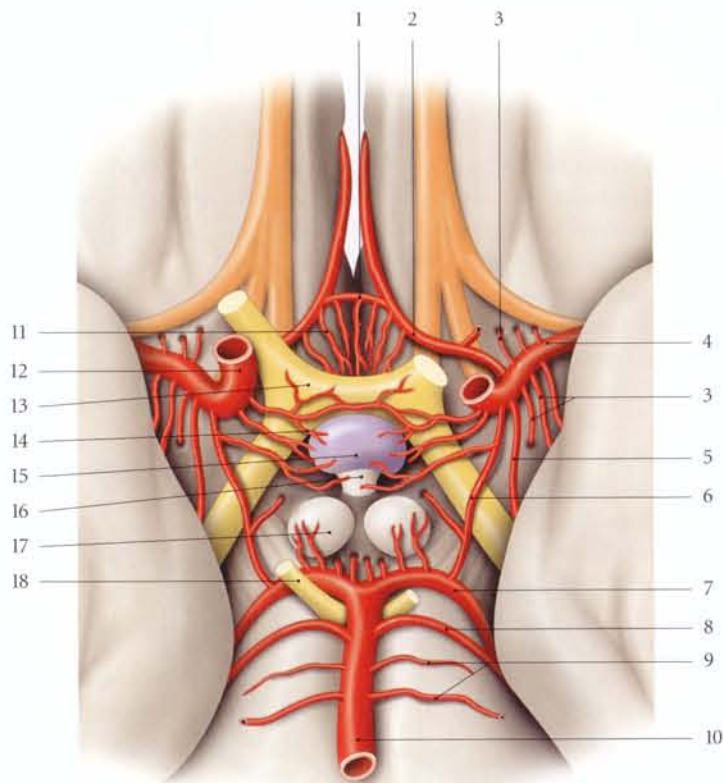


FIG. 27.4. Cercle artériel du cerveau (vue inférieure du cerveau)

- | | | |
|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|
| 1. a. communicante ant. | 7. a. cérébrale post. | 13. chiasma optique |
| 2. a. cérébrale ant. | 8. a. cérébelleuse sup. | 14. aa. hypophysaires |
| 3. aa. centrales antéro-latérales | 9. aa. mésentériques | 15. adénohypophyse |
| 4. a. cérébrale moyenne | 10. a. basilaire | 16. neurohypophyse |
| 5. a. choroïdienne ant. | 11. aa. centrales antéro-médiales | 17. corps mamillaire |
| 6. a. communicante post. | 12. a. carotide interne | 18. n. oculomoteur |

a) L'artère hypophysaire inférieure (fig. 27.4)

Elle naît de la partie caverneuse de l'artère carotide interne.

Elle se divise en deux branches, médiale et latérale, qui s'anastomosent, en arrière du pédoncule hypophysaire, pour former un anneau artériel autour de la neurohypophyse.

De cet anneau artériel et de ses branches se détachent des artéioles qui s'anastomosent avec le réseau capillaire veineux de la neurohypophyse.

b) Les artères hypophysaires supérieures

Elles naissent de la partie supraclinoïdienne de l'artère carotide interne, et parfois des artères cérébrales antérieures.

- Les artères hypophysaires supérieures les plus hautes irriguent l'éminence médiane et la partie adjacente de l'infundibulum. Leurs branches s'anastomosent aux plexus veineux profond et superficiel de l'infundibulum.

- Les artères hypophysaires supérieures les plus basses donnent les artères trabéculaires destinées aux trabécules hypophysaires. Elles descendent :
 - soit à travers le pédoncule hypophysaire, pour irriguer le pédoncule infundibulaire et la neurohypophyse ;
 - soit à sa surface, pour atteindre l'antéhypophyse.

2 | Les veines (fig. 27.5 et 27.6)

a) Les veines de la neurohypophyse

Le plexus veineux superficiel et profond de l'infundibulum se draine :

- soit dans les veines portales courtes et longues ;
- soit dans le réseau capillaire veineux de la neurohypophyse qui se draine dans les sinus veineux de la dure-mère en particulier ceux de la selle turcique³ ;
- soit dans le réseau veineux du 3^e ventricule.

3. Ancien : plexus veineux de Trolard.

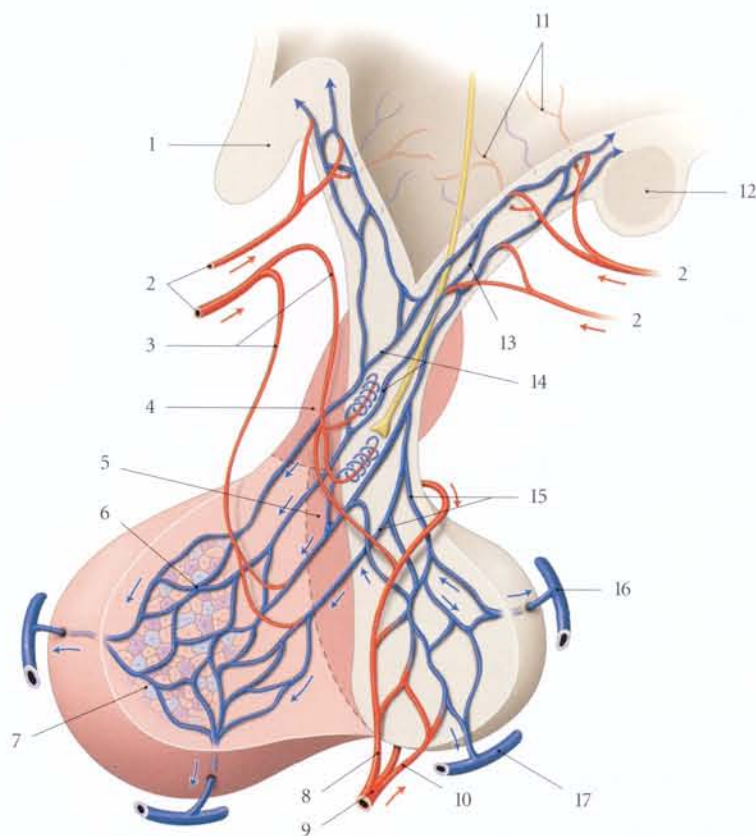


FIG. 27.5. Vascularisation de l'hypophyse

- | | | |
|---------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|
| 1. chiasma optique | 7. endocrinocytes | 13. plexus hypothalamique superficiel |
| 2. aa. hypophysaires sup. | 8. branche médiale | 14. vv. portales longues |
| 3. a. trabéculaire | 9. a. hypophysaire inf. | 15. vv. portales courtes |
| 4. partie tubérale | 10. branche latérale | 16. sinus intercaverneux post. |
| 5. partie intermédiaire | 11. plexus hypothalamique profond | 17. plexus de la selle turcique |
| 6. sinusoiide | 12. corps mamillaire | |

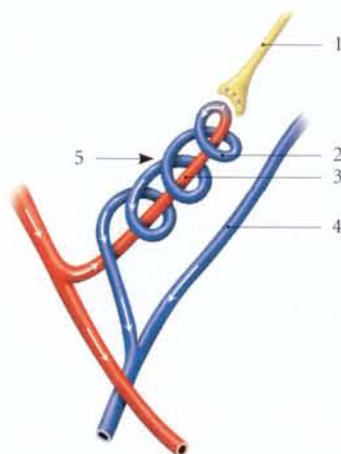


FIG. 27.6. Jonctions des capillaires et d'une neurofibre

- | | |
|------------------------|----------------------|
| 1. neurofibre | 4. v. portale longue |
| 2. capillaire veineux | 5. boucle capillaire |
| 3. capillaire artériel | |

b) Les veines de l'adénohypophyse

Elles constituent le *système porte hypophysaire* qui véhicule les hormones hypothalamiques vers l'adénohypophyse.

- Les veines afférentes sont les veines portales longues, qui partent des plexus veineux superficiel et profond de l'infundibulum, et des veines portales courtes, qui partent du pédoncule hypophysaire. Les veines portales longues et courtes donnent naissance soit aux sinusoiides de l'adénohypophyse, soit aux boucles capillaires veineuses, qui s'enroulent et s'anastomosent avec les capillaires artériels.
- Les veines efférentes qui collectent les sinusoiides adénohypophysaires rejoignent les veines hypophysaires inférieures qui se drainent dans les sinus veineux de la dure-mère.

27.2 ADÉNOHYPOPHYSE

Partie antérieure de l'hypophyse, l'adénohypophyse est destinée à la régulation de nombreuses glandes endocrines.

A | CONSTITUTION

Elle comprend trois parties :

- la *partie tubérale*, qui entoure le pédoncule infundibulaire⁴;
- la *partie intermédiaire*, adjacente au lobe postérieur de l'hypophyse;
- la *partie distale*, plus volumineuse, située en avant de la précédente, et au-dessous de la partie tubérale.

1 | Partie tubérale

Elle est constituée essentiellement d'endocrinocytes basophiles. Ceux-ci se regroupent en cordons cellulaires autour des capillaires du système porte hypophysaire.

2 | Partie intermédiaire

Peu développée chez l'homme, elle est formée d'endocrinocytes chromophobes et basiphiles. Ils sont groupés autour de capillaires connectés au système porte hypophysaire.

Quelques neurofibres de la neurohypophyse la pénètrent.

Elle sécrète l'hormone mélanostimuline (MSH).

3 | Partie distale

Partie la plus volumineuse, elle est délimitée par une capsule conjonctive. Celle-ci présente parfois un espace virtuel, la fente hypophysaire, qui la sépare de la partie intermédiaire. Elle est constituée :

- d'endocrinocytes variés groupés en cordons cellulaires;
- d'un réseau de fibres réticulaires;
- d'un réseau de capillaires et de sinusoides.

a) Les endocrinocytes chromophobes⁵

Ils prennent très faiblement les colorants et sont répartis uniformément dans la glande. En microscopie électronique, ils se divisent en endocrinocytes paucigranulaires et agranulaires, plus nombreux.

Les endocrinocytes chromophobes granulaires possèdent de longs prolongements qui forment un réseau de soutien des autres cellules.

b) Les endocrinocytes chromophiles

Ils prennent les colorants basiques ou acidophiles. Certaines cellules sécrètent une seule hormone et d'autres, plusieurs hormones.

- Les *endocrinocytes acidophiles*⁶, plus nombreux dans les régions latérales, comprennent :
 - l'endocrinocyte somatotrope, qui sécrète l'hormone de croissance (GH/STH), qui favorise la croissance des os;
 - l'endocrinocyte mammatrope, qui sécrète la prolactine qui induit la sécrétion du lait.
- Les *endocrinocytes basophiles*, plus nombreux dans la région postéro-médiane, comprennent :
 - l'endocrinocyte gonadotrope⁷, qui sécrète la FSH et la LH.

La FSH est folliculo-stimulante chez la femme et stimulante des tubules séminifères chez l'homme.

La LH stimule la granulosa chez la femme et les cellules interstitielles chez l'homme;

- l'endocrinocyte thyroïdrotrope⁸, qui stimule la synthèse et la libération des hormones thyroïdiennes;
- l'endocrinocyte corticotrope⁹ sécrète l'hormone ACTH qui stimule la sécrétion des hormones cortico-surrénales.

B | CONTRÔLE DE L'ADÉNOHYPOPHYSE

Des hormones peptidiques de l'hypothalamus, les libérines et les statines, contrôlent l'activité des endocrinocytes hypophysaires (fig. 27.7).

1 | Le tractus tubéro-infundibulaire

Les hormones, produites par des neurones parvocellulaires des noyaux hypothalamiques dorso-médiaux, ventro-médiaux et arqué, sont véhiculées par les tractus tubéro-infundibulaires. Elles sont libérées dans les capillaires primaires de l'infundibulum et de la partie tubérale.

Ces capillaires recueillent aussi, par l'intermédiaire des épendymocytes rubannés ou tanocytes, les hormones provenant du liquide cérébro-spinal.

4. La partie tubérale et le pédoncule infundibulaire forment le pédoncule hypophysaire.

5. Ancien. : cellules gamma.

6. Ancien. : cellules alpha.

7. Ancien. : cellule delta.

8. Ancien. : cellule bêta.

9. Ancien. : cellule bêta.

Ces hormones gagnent ensuite, par le système porte hypophysaire, l'adénohypophyse, qui sécrète les hormones destinées aux organes cibles.

2 | Les hormones hypothalamiques

a) Les hormones libérines (*releasing hormones*), ou hormones libératrices :

- la thyroolibérine (TRH) stimule la libération de l'hormone thyroïdienne et de la prolactine;
- la gonadolibérine (GnRH) stimule la libération de FSH et LH;
- la somatolibérine (GRH) stimule la libération de GH;
- la corticolibérine (CRH) stimule la libération de lipo- et corticotropine.

b) Les hormones statines (*inhibiting hormones*), ou hormones inhibitrices :

- la somatostatine (SIH) inhibe la sécrétion de GH et TRH;
- la dopamine (PIH), sécrétée par le noyau arqué, inhibe la sécrétion de prolactine.

3 | Rétrocontrôle de l'adénohypophyse et de l'hypothalamus

Les hormones spécifiques, libérées par les organes cibles et véhiculées par le système vasculaire général, ont un rôle inhibiteur sur l'antéhypophyse et l'hypothalamus.

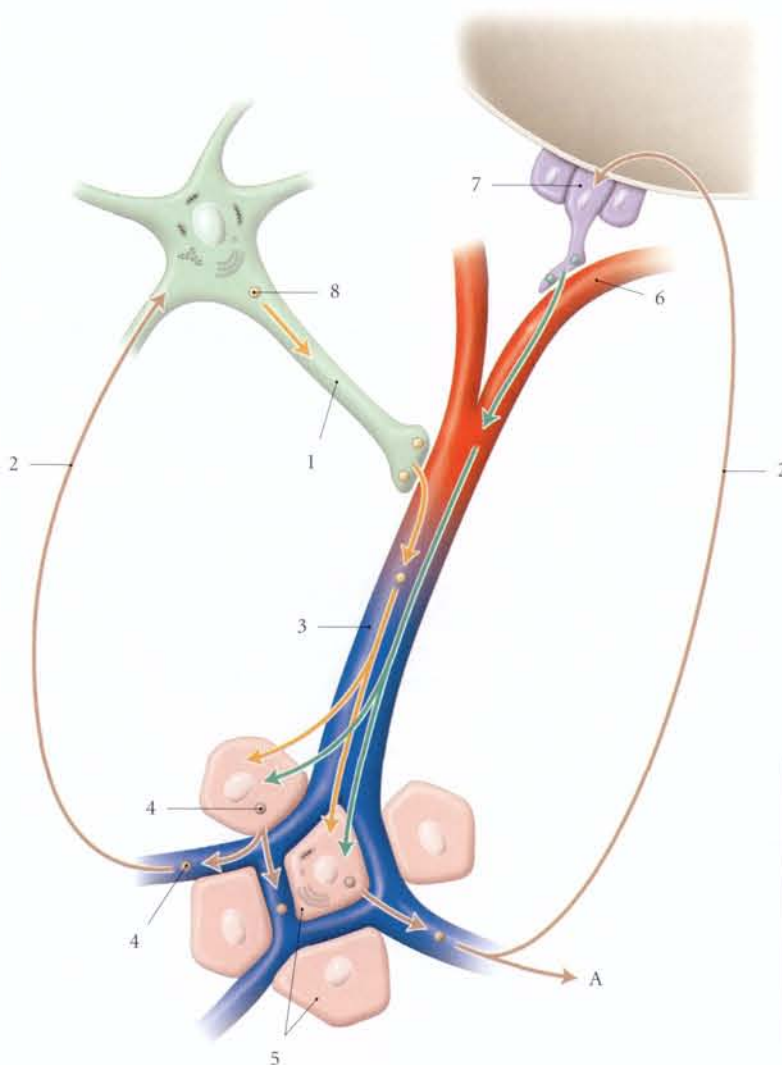


FIG. 27.7. Contrôle de l'adénohypophyse

A. vers l'organe cible

1. axone d'un neurone du tractus tubéro-infundibulaire
2. rétrocontrôle
3. v. porte hypophysaire
4. hormone
5. endocrinocytes
6. capillaires
7. épendymocytes rubanés (ou tanocytes)
8. libérine et statine

27.3 NEUROHYPOPHYSE

La neurohypophyse, partie postérieure de l'hypophyse, est associée à l'hypothalamus du point de vue morphologique et fonctionnel (fig. 27.8).

A | CONSTITUTION

Plus petite que l'adénohypophyse, la neurohypophyse comprend deux parties, l'infundibulum et le lobe nerveux :

- l'*infundibulum* s'évase à sa partie supérieure pour s'unir à l'hypothalamus ;
- le *lobe nerveux*, ou partie nerveuse, est situé en arrière de l'adénohypophyse.

B | STRUCTURE – SYSTÉMATISATION

La neurohypophyse est formée de neurofibres du tractus hypothalamo-hypophysaire entourées de glyocytes centraux hypophysaires.

1 | Le tractus hypothalamo-hypophysaire

Il est constitué d'environ 100 000 neurofibres non myélinisées de neurones magnocellulaires unissant l'hypothalamus et la neurohypophyse.

Les péricaryons de ces neurones siègent dans les noyaux supra-optiques et paraventriculaires de l'hypothalamus.

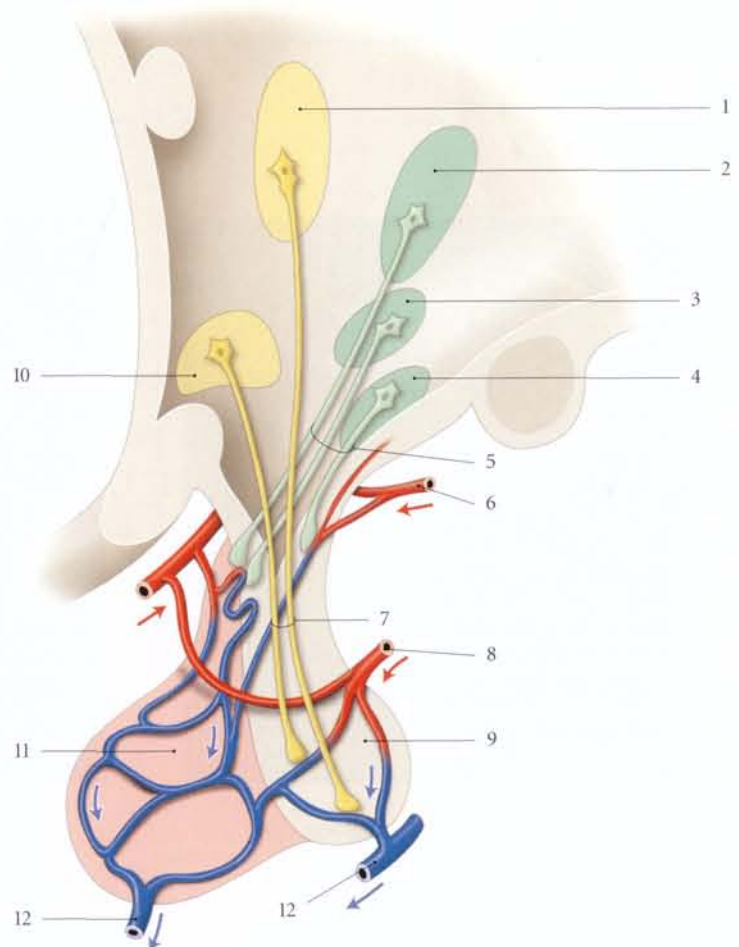


FIG. 27.8. Neurohypophyse – Systématisation

1. noyau paraventriculaire
2. noyau dorso-médial
3. noyau ventro-médial
4. noyau arqué
5. tractus tubéro-infundibulaire
6. a. hypophysaire sup.
7. tractus hypothalamo-hypophysaire
8. a. hypophysaire inf.
9. neurohypophyse
10. noyau supra-optique
11. adénohypophyse
12. plexus de la selle turcique

Ces fibres véhiculent les hormones hypothalamiques (ocytocine et vasopressine) dans des corpuscules neurosécrétoires de 100 à 200 nm de diamètre.

Ces corpuscules forment des *accumulations neurosécrétoires*¹⁰ au niveau du bulbe terminal des axones situés contre les capillaires (fig. 27.9).

Les neurosécrétions formées de l'ocytocine et de la vasopressine sont ensuite déversées dans le courant circulatoire (voir « Hypothalamus »).

2 | Les gliocytes centraux hypophysaires (ou pituicytes)

Ils entourent les neurones et sont situés au voisinage des sinus vasculaires.

Ils présentent des prolongements cytoplasmiques qui forment un réseau de fibres délicates.

10. Ancien : corps de Herring.

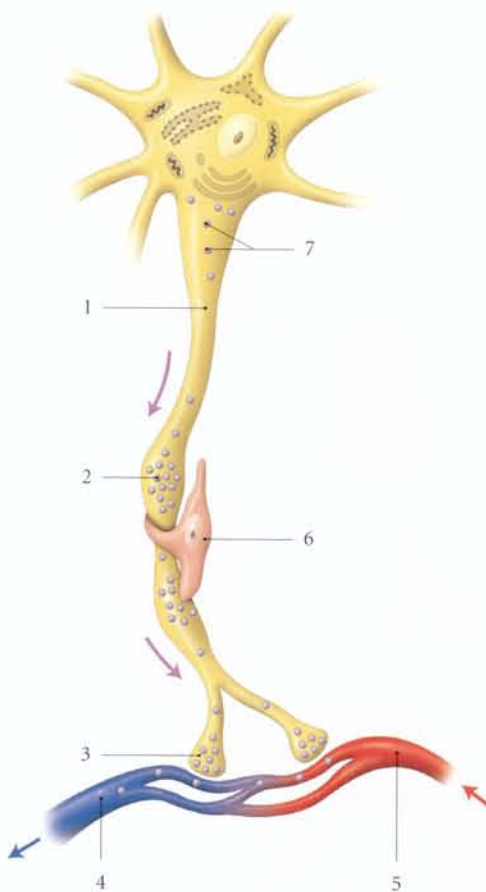


FIG. 27.9. Sécrétion de la neurohypophyse

1. axone d'un neurone du tractus hypothalamo-hypophysaire
2. accumulation neurosécrétoire (corps de Herring)
3. bulbe axonique
4. capillaire veineux
5. capillaire artériel
6. gliocytes
7. hormones ocytocine et antidiurétique

28 Cerveau

Le cerveau constitue la partie la plus volumineuse de l'encéphale. Situé au-dessus du cervelet, il est uni au tronc cérébral par le diencephale.

Organe d'une complexité fonctionnelle jamais égalée, le cerveau représente le principal centre récepteur, intégrateur et émetteur des influx nerveux.

Son activité métabolique considérable, relativement constante jour et nuit, fait du cerveau l'organe le plus consommateur d'énergie.

Il utilise environ 20 % de la consommation totale d'oxygène au repos.

La mort encéphalique¹, dénommée aussi mort cérébrale, correspond à un état d'inconscience totale, en dehors de toute thérapeutique réductrice de la fonction du système nerveux central. Il persiste plus ou moins certaines fonctions végétatives.

La mort encéphalique est caractérisée essentiellement par :

- l'absence de respiration spontanée;
- la disparition des réflexes;
- une mydriase fixe;
- un tracé électro-encéphalographique nul et permanent.

Cet état irréversible permettant de déclarer la mort du sujet est une nécessité absolue pour tout prélèvement d'organe en vue d'une transplantation.

1. Ancien. : coma dépassé.



FIG. 28.1. Coupe IRM sagittale médiane de la tête (cliché Dr Th. Diesce)

- | | |
|------------------------|------------------------------|
| 1. hémisphère cérébral | 4. tronc encéphalique |
| 2. corps calleux | 5. cervelet |
| 3. diencephale | 6. 4 ^e ventricule |

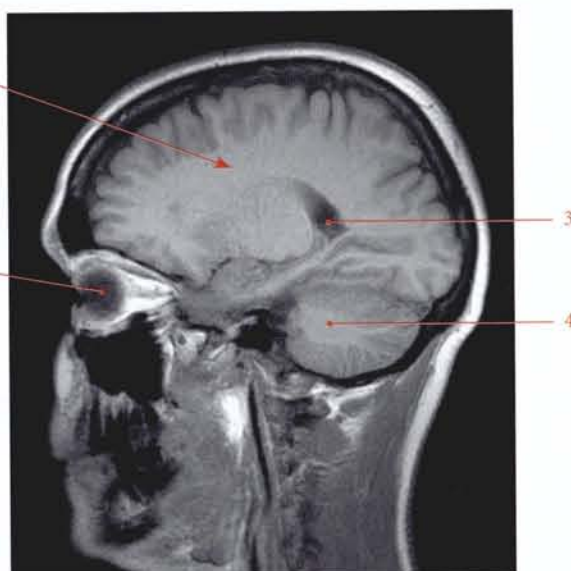


FIG. 28.2. Coupe IRM parasagittale de la tête (cliché Dr Th. Diesce)

- | | |
|------------------------|-----------------------|
| 1. hémisphère cérébral | 3. ventricule latéral |
| 2. œil | 4. cervelet |

28.1 GÉNÉRALITÉS

Le cerveau occupe la plus grande partie de la cavité crânienne dont il est séparé par les méninges. Il repose sur la fosse crânienne antérieure, la fosse crânienne moyenne et la tente du cervelet.

Il comprend deux parties symétriques, les hémisphères cérébraux droit et gauche unis par le corps calleux.

Chaque hémisphère cérébral présente (fig. 28.1, 28.2 et 28.3) :

- une cavité, le *ventricule latéral* ;
- une couche périphérique de substance grise, le *cortex cérébral* ;
- des amas de substance grise centrale, les *noyaux basaux* ;

- une substance blanche centrale le *centre semi-ovale*, entourant les noyaux basaux, les *structures pertinentes du cerveau*.

Les maladies cérébrales sont fréquentes et polymorphes. Elles peuvent être d'origine traumatique (commotion cérébrale...), infectieuse (encéphalite, abcès cérébral...), toxique (addictions...), vasculaire (embolie cérébrale, hypertension intracrânienne...), tumorale (gliome, astrocytome, métastases...), dégénérative (sclérose en plaque, maladie d'Alzheimer...).

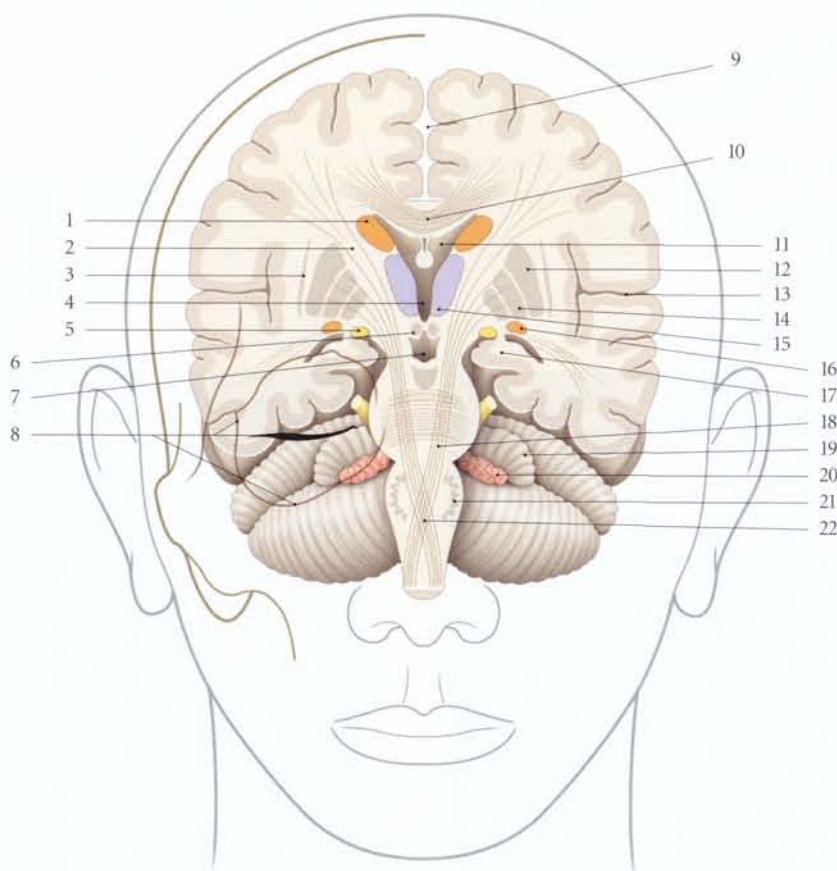


FIG. 28.3. Topographie des principales structures de l'encéphale – Vue antérieure d'une coupe frontale et oblique du cerveau et du tronc encéphalique

- | | | | |
|------------------------------|-------------------------------------|----------------------------|--|
| 1. tête du noyau caudé | 7. fosse interpédonculaire | 13. sillon latéral | 19. flocculus |
| 2. capsule interne | 8. orbite et fente palpébrale | 14. globus pallidus | 20. plexus choroïde du 4 ^e ventricule |
| 3. claustrum | 9. fissure longitudinale du cerveau | 15. thalamus | 21. olive |
| 4. 3 ^e ventricule | 10. corps calleux | 16. queue du noyau caudé | 22. décussation pyramidale |
| 5. tractus optique | 11. ventricule latéral | 17. hippocampe | |
| 6. corps mamillaire | 12. putamen | 18. tractus cortico-spinal | |

A | FORME – ASPECT

Le cerveau est un ovoïde dont l'extrémité postérieure, le *pôle occipital*, est plus volumineuse que l'extrémité antérieure, le *pôle frontal*.

Sa surface extérieure, blanc grisâtre, est plissée. Les *sillons cérébraux*, sinueux, délimitent les gyri et les lobules. Les *fissures cérébrales* sont des sillons plus profonds qui isolent les hémisphères et les lobes.

B | MESURES

1 | Le poids

Le cerveau pèse environ 1 240 g (entre 1 100 et 1 685 g) soit 2 % du poids du corps.

Sa densité est d'environ 1,03.

2 | Les dimensions

Sa longueur est d'environ 16 cm, sa largeur de 14 cm et sa hauteur de 12 cm.

Elles sont proportionnelles à celles du volume crânien.

Le volume du cerveau des malades alcooliques diminue et s'accompagne d'une mort neurale importante.

3 | Variations

Toutes les mesures du cerveau varient en fonction de l'état physio-pathologique des sujets, de l'âge, de la taille, de la maladie.

Les corrélations entre les mesures morphologiques du cerveau et l'intelligence des individus sont erronées et doivent être abandonnées.

Cette théorie proposée en 1861 par P. Broca, mais aussi par S.G. Morton, F. Boas, C. Lombroso... était basée sur des échantillons de crânes et une méthodologie peu crédible scientifiquement.

Soulignons cependant qu'à la fin de sa vie, Broca, conscient peut-être de ses erreurs, écrit : « Une personne éclairée ne peut songer à mesurer l'intelligence en mesurant le cerveau. »

Notons que l'ontogénèse et la phylogénèse montrent qu'à volume crânien semblable, *c'est le développement du cortex cérébral qui est essentiel du point de vue fonctionnel*. L'expansion du cortex se traduit par la multiplication des gyri et non du crâne.

Comme le souligne S.J. Gould « personne ne songe à considérer les hommes (masculins ou féminins) grands comme plus intelligents que les autres ».

Par ailleurs on sait qu'à deux morphologies macroscopiques semblables correspondent deux physiologies semblables mais non identiques, en raison des *variations fonctionnelles*.

Ceci est encore plus vrai pour le cerveau qui présente une grande plasticité morphologique et fonctionnelle qui évolue dans le temps et dans l'espace.

Notons que chez les vrais jumeaux homozygotes, il existe une variabilité de la topologie des aires corticales.

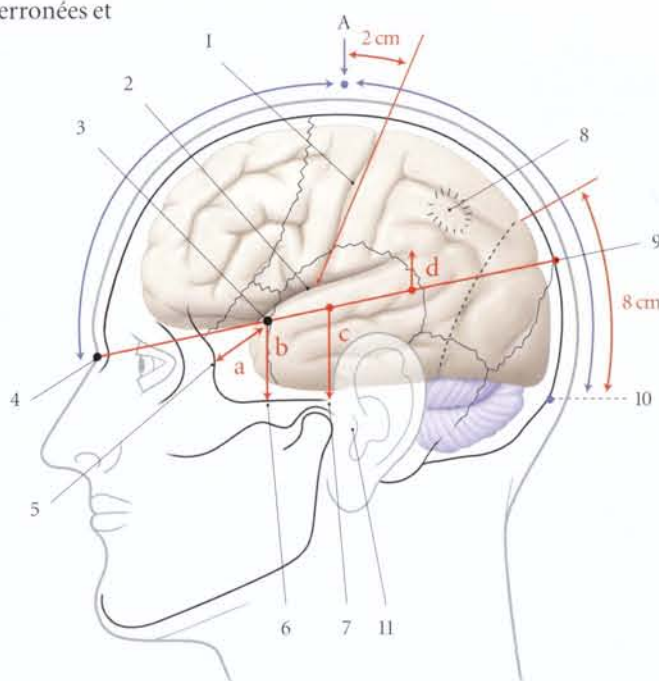
C | ANATOMIE DE SURFACE

Des repères crâniens permettent de situer quelques structures du cerveau.

FIG. 28.4. Anatomie de surface du cerveau (vue latérale)

A. milieu de la courbe nasion-inion
a = 3 cm ; b = 4 cm ; c = 5 cm ; d = 2 cm

1. sillon central (d'après Poirier)
2. sillon latéral (d'après Paturet)
3. point latéral (ou sylvien)
4. nasion
5. tubercule zygomatique marginal
6. point zygomatique moyen
7. point pré-auriculaire
8. bosse pariétale
9. lambda
10. inion
11. tragus



Le cerveau se projette au-dessus d'un plan horizontal passant par l'arcade zygomatique et le tragus.

Les lobes frontal, pariétal, temporal et occipital sont recouverts principalement par les os homonymes (fig. 28.4).

Le *pôle frontal* est en regard de la glabelle, au-dessus du nasion.

Le *pôle occipital* est au-dessus de l'inion.

Le *sillon latéral* correspond au tiers moyen de la ligne nasion-lambda. L'extrémité de son rameau postérieur est située à environ 2 cm au-dessus de cette ligne (Paturet).

Le *sillon central* est défini schématiquement par la ligne de Poirier. Celle-ci est parallèle à la structure coronale. Elle part à 2 cm en arrière d'un point A de la voûte crânienne représentant le milieu de la distance arciforme nasion-inion. Elle coupe le tiers antérieur de la ligne nasion-lambda.

28.2 HÉMISPHÈRES CÉRÉBRAUX

Le cerveau présente une fente sagittale médiane, la *fissure longitudinale*², partageant le cerveau en deux hémisphères, droit et gauche. Elle contient la faux cérébrale.

2. Ancien. : scissure interhémisphérique.

A | FACES ET BORDS DU CERVEAU

Chaque hémisphère cérébral présente (fig. 28.5) :

- trois faces, supéro-latérale, médiale et inférieure ;
- trois bords, supérieur, inféro-médial et inféro-latéral.

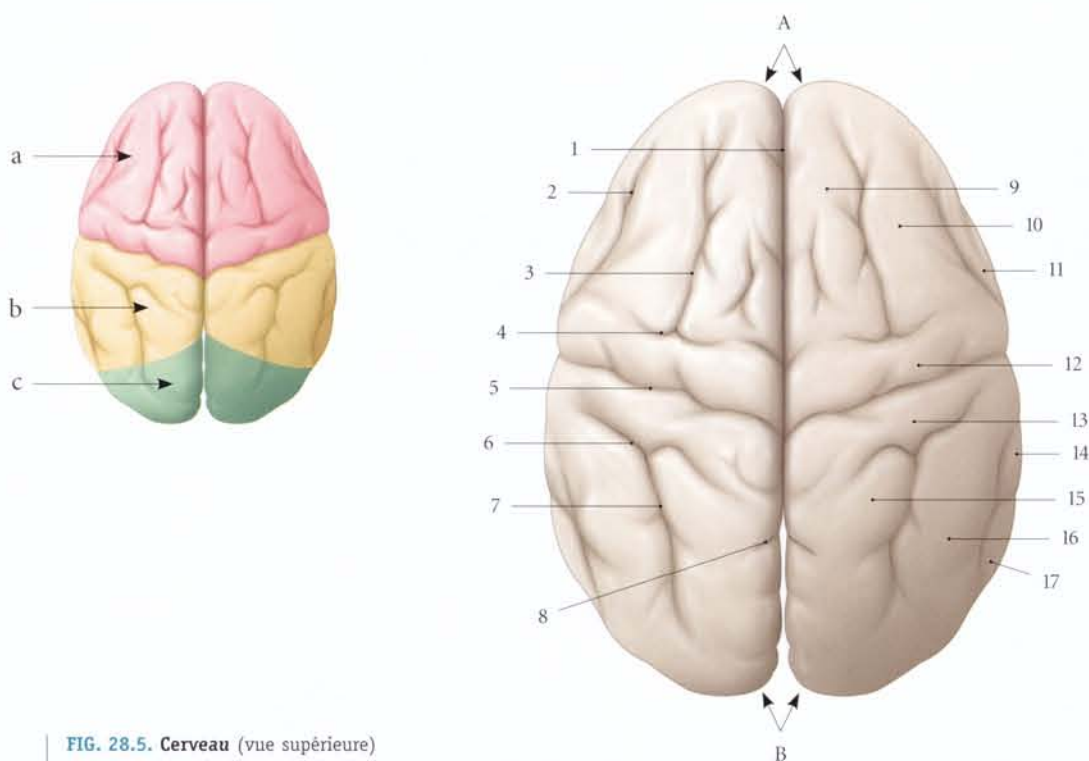


FIG. 28.5. Cerveau (vue supérieure)

- A. pôle frontal
B. pôle occipital
a. lobe frontal
b. lobe pariétal
c. lobe occipital

1. fissure longitudinale du cerveau
2. sillon frontal inf.

3. sillon frontal sup.
4. sillon précentral
5. sillon central
6. sillon postcentral
7. sillon intrapariétal
8. sillon pariéto-occipital
9. gyrus frontal sup.
10. gyrus frontal moyen

11. gyrus frontal inf.
12. gyrus précentral
13. gyrus postcentral
14. gyrus supramarginal
15. lobule pariétal sup.
16. lobule pariétal inf.
17. gyrus angulaire

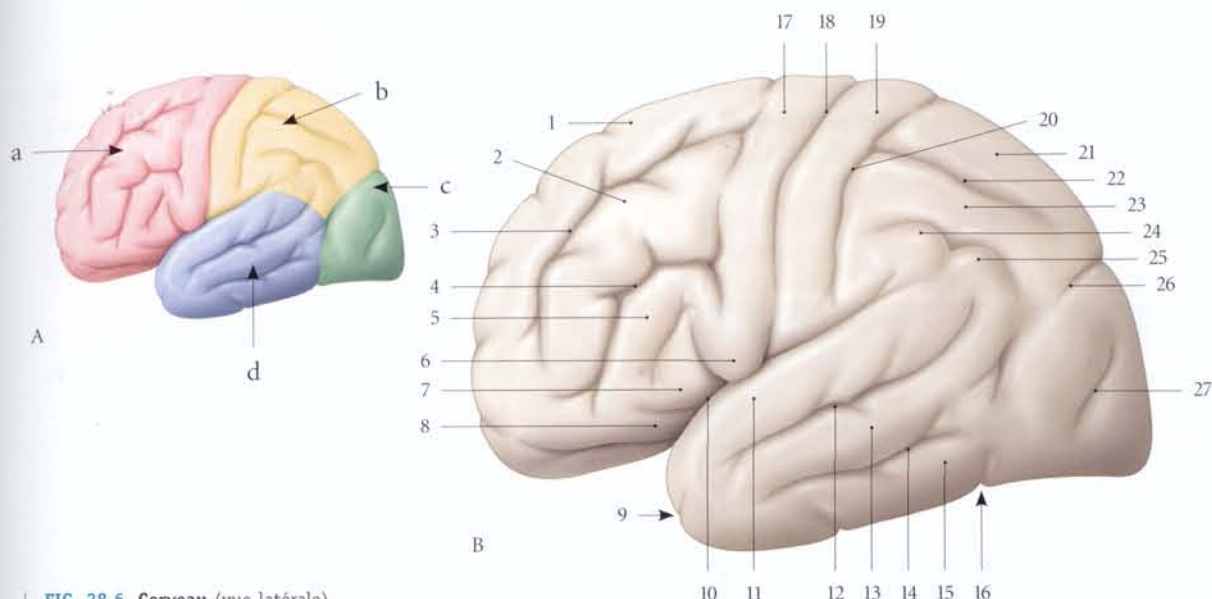


FIG. 28.6. Cerveau (vue latérale)

- a. lobe frontal
- b. lobe pariétal
- c. lobe occipital
- d. lobe temporal

- 1. gyrus frontal sup.
- 2. gyrus frontal moyen
- 3. sillon frontal sup.
- 4. sillon frontal inf.
- 5. gyrus frontal inf.
- 6. partie operculaire du gyrus frontal inf.
- 7. partie triangulaire du gyrus frontal inf.
- 8. partie orbitaire du gyrus frontal inf.
- 9. pôle temporal
- 10. sillon latéral

- 11. gyrus temporal sup.
- 12. sillon temporal sup.
- 13. gyrus temporal moyen
- 14. sillon temporal moyen
- 15. gyrus temporal inf.
- 16. incisure pré-occipitale
- 17. gyrus précentral
- 18. sillon central
- 19. gyrus postcentral

- 20. sillon postcentral
- 21. lobule pariétal sup.
- 22. sillon intrapariétal
- 23. lobule pariétal inf.
- 24. gyrus supramarginal
- 25. gyrus angulaire
- 26. sillon pariéto-occipital
- 27. sillon lunaire

1 | La face supéro-latérale

Elle est convexe et répond à la calvaria.

Elle est marquée :

- en haut, par le *sillon central*³ séparant les lobes frontal et pariétal ;
- en bas, par les branches du sillon latéral.

2 | La face médiale

Sa partie supérieure et périphérique en forme de croissant est plane et verticale. Elle répond à la faux cérébrale.

Sa partie inférieure et centrale est unie à son homologue par le corps calleux, cerné en haut par le *sillon du corps calleux*.

Sous le corps calleux et le fornix se situe la *fissure transverse du cerveau*⁴, qui forme la limite entre le cerveau et le diencephale. C'est le vestige de la plicature du télencéphale.

3 | La face inférieure⁵

Elle est irrégulière et divisée, au niveau de son quart antérieur, par le sillon latéral, en deux parties, frontale et occipito-temporale (fig. 28.6).

a) Le sillon latéral du cerveau⁶ est profond, curviligne, à convexité antérieure. Il se termine sur la face latérale du cerveau en trois branches, postérieure, ascendante et antérieure. La fosse latérale du cerveau le prolonge en profondeur jusqu'au lobe insulaire.

b) La partie frontale présente les sillons du bulbe, du tractus et du trigone olfactifs. Elle repose sur la fosse crânienne antérieure.

c) La partie occipito-temporale repose sur la fosse crânienne moyenne et la tente du cervelet.

4 | Le bord supérieur

Il représente la jonction des faces supéro-latérale et médiale. Cette jonction est curviligne et répond au sinus sagittal supérieur.

3. Ancien. : sillon de Rolando.

4. Ancien. : fissure de Bichat.

5. Ancien. : base du cerveau.

6. Ancien. : sillon de Sylvius.

5 | Le bord inféro-médial

Jonction des faces médiale et inférieure, il est échancré dans sa partie moyenne, où il répond au mésencéphale.

6 | Le bord inféro-latéral

Union des faces supéro-latérale et inférieure, il est interrompu dans son quart antérieur par le sillon latéral du cerveau. Son quart postérieur présente l'*incisure préoccipitale*, qui sépare les lobes temporal et occipital.

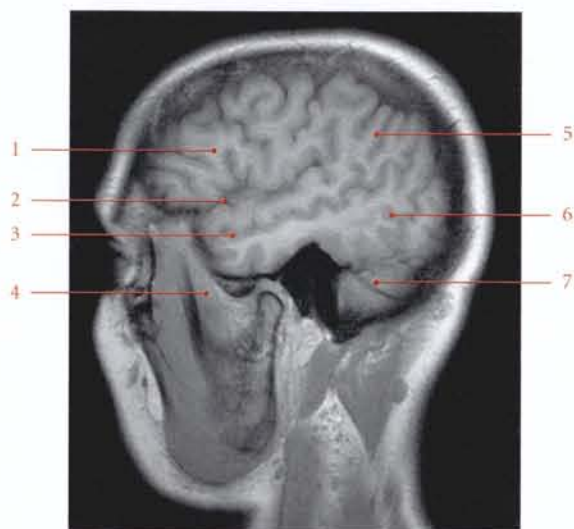
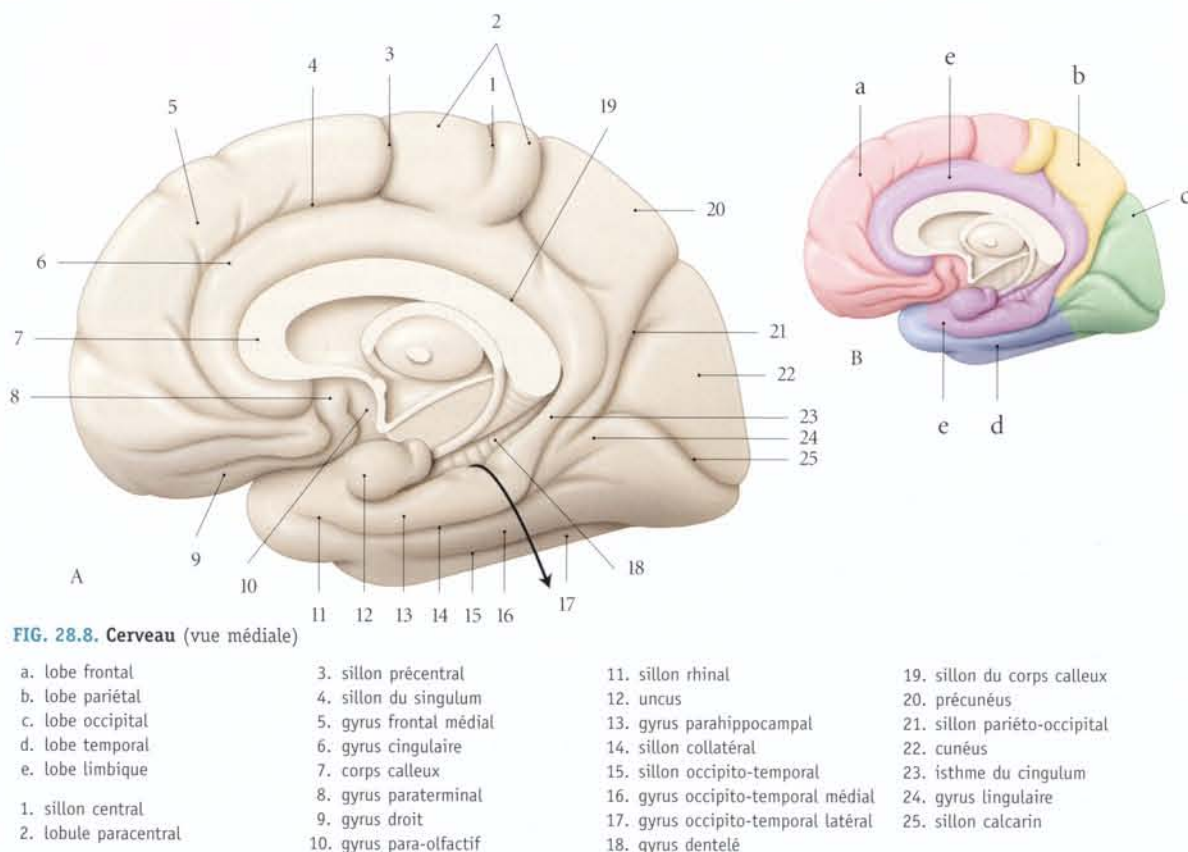


FIG. 28.7. Coupe IRM parasagittale de la tête (cliché Dr Th. Diesce)

1. lobe frontal
2. sillon latéral
3. lobe temporal
4. m. temporal
5. lobe pariétal
6. lobe occipital
7. cervelet



B | LOBES ET GYRUS CÉRÉBRAUX

Chaque hémisphère est subdivisé en six lobes, frontal, pariétal, occipital, temporal, insulaire et limbique.

La surface de chaque lobe est irrégulière. Elle présente des sillons délimitant des gyri.

L'aspect des gyri varie d'un cerveau à l'autre.

1 | Le lobe frontal

Situé en avant du *sillon central*, il représente environ 40 % du poids total du cerveau.

Il est constitué essentiellement des centres moteurs.

Du point de vue phylogénétique, il apparaît tardivement dans la série animale et prend chez l'homme un développement très important.

a) *Ses limites* sont :

- avec le lobe pariétal, le sillon central;
- avec le lobe cingulaire, le sillon cingulaire.

b) *Sa face supéro-latérale* répond à l'écaille du frontal et à la partie antérieure du pariétal. Elle est constituée des gyri précentral, frontal supérieur, frontal moyen et frontal inférieur.

- Le *gyrus frontal moyen* est limité par les sillons frontaux supérieur et moyen.
- Le *gyrus frontal inférieur* est divisé, contre le sillon latéral, en trois parties, orbitaire, triangulaire et operculaire.

c) *Sa face inférieure* répond à la lame criblée de l'ethmoïde et à la partie orbitaire du frontal. Elle est constituée des gyri orbitaires et du gyrus droit, que sépare le *sillon olfactif*. Dans le sillon olfactif logent le bulbe et le tractus olfactifs.

d) *Sa face médiale* est adjacente à la faux cérébrale.

Elle est constituée de quatre parties (fig. 28.9) :

- la moitié antérieure du *lobule paracentral*;

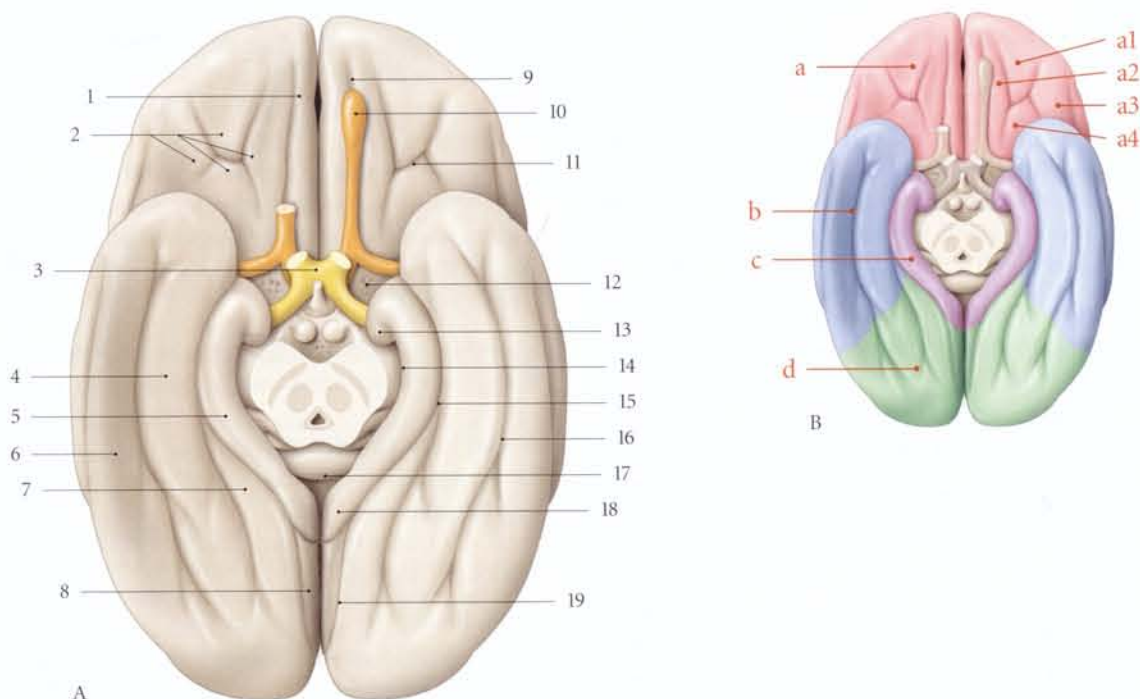


FIG. 28.9. Cerveau (vue inférieure)

- | | | | |
|-----------------------------|------------------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| a. lobe frontal | 1. gyrus droit | 9. sillon olfactif | 17. splénium du corps calleux |
| b. lobe temporal | 2. gyrus orbitaires | 10. bulbe olfactif | 18. isthme du cingulum |
| c. lobe limbique | 3. chiasma optique | 11. sillon orbitaire | 19. sillon calcarin |
| d. lobe occipital | 4. gyrus occipito-temporal médial | 12. substance perforée ant. | |
| a1 = gyrus orbitaire ant. | 5. gyrus parahippocampal | 13. uncus | |
| a2 = gyrus orbitaire médial | 6. gyrus occipito-temporal latéral | 14. sillon de l'hippocampe | |
| a3 = gyrus orbitaire lat. | 7. gyrus lingulaire | 15. sillon collatéral | |
| a4 = gyrus orbitaire post. | 8. cunéus | 16. sillon occipito-temporal | |

- le *gyrus frontal médial* qui représente la majeure partie de cette face ;
- le *gyrus paraterminal*, situé sous le genou du corps calleux, entre les sillons para-olfactifs antérieur et postérieur. Il recouvre l'*aire subcallose*⁷ ;
- le *gyrus para-olfactif* situé en arrière du *gyrus paraterminal*. Il recouvre l'*aire paraterminale*.

2 | Le lobe pariétal

Situé en arrière du sillon central, il est constitué essentiellement de centres sensitifs.

a) Ses limites

Occupant les faces latérales et médiales du cerveau, il est séparé :

- du lobe frontal par le sillon central ;
- du lobe temporal par le sillon latéral en avant et par une ligne fictive prolongeant en arrière le rameau postérieur du sillon latéral ;
- du lobe occipital partiellement par le *sillon pariéto-occipital* ;
- du lobe cingulaire par le *sillon subpariétal*.

b) Sa face supéro-latérale présente :

- le *sillon postcentral*, limitant en arrière le *gyrus postcentral* ;
- le *sillon intrapariétal*, séparant les lobules pariétaux supérieur et inférieur. Le lobule pariétal inférieur présente dans sa partie inférieure, d'avant en arrière, l'*opercule pariétal*, le *gyrus supramarginal* et le *gyrus angulaire*.

c) **Sa face médiale** est constituée du précunéus et d'une partie postérieure réduite du lobule paracentral.

3 | Le lobe occipital

Il est constitué essentiellement des aires visuelles.

De forme pyramidale, il présente trois faces, latérale, médiale et inférieure, et un sommet postérieur, le pôle occipital.

a) Ses limites sont :

- avec le lobe pariétal, le sillon pariéto-occipital ;
- avec le lobe occipital, l'incisure préoccipitale.

b) **Sa face supéro-latérale**, convexe, présente trois courts sillons, verticaux et arciformes, le sillon occipital transverse, le sillon pariéto-occipital et le sillon lunaire.

c) Sa face médiale, plane, présente :

- le *sillon calcarin*, qui sépare le cunéus du *gyrus lingulaire* ;
- le *sillon pariéto-occipital*, qui sépare le cunéus du précunéus ;

- le *sillon collatéral*, qui sépare le *gyrus lingulaire* et le *gyrus occipito-temporal médial*.

d) **Sa face inférieure**, plane, repose sur la tente du cervelet. Elle est formée de la partie postérieure des *gyrus occipito-temporaux médial et latéral*.

4 | Le lobe temporal

Il est situé au-dessous des lobes frontal et pariétal et en avant du lobe occipital. Il répond à l'os temporal (fig. 28.10).

a) Ses limites sont :

- avec les lobes frontal et pariétal, le sillon latéral et son rameau postérieur, et une ligne fictive horizontale partant de ce dernier ;
- avec le lobe occipital, l'incisure préoccipitale.

b) **Sa face latérale** est formée des *gyrus temporaux supérieur, moyen, inférieur et transverses*.

- Les *gyrus temporaux supérieur, moyen et inférieur* sont séparés par les sillons temporaux supérieur et inférieur.

Une partie du *gyrus temporal supérieur* forme l'*opercule temporal*, qui limite le sillon latéral. Cette partie répond au *planum temporal*, région de la face interne de la calvaria située en dessous de la ligne temporale inférieure.

- Les *gyrus temporaux transverses* antérieur et postérieur⁸ sont un prolongement postéro-médial du *gyrus temporal supérieur*. Ils sont situés principalement dans la fosse latérale. Ils sont orientés transversalement.

c) **Sa face inférieure** est formée de la partie antérieure des *gyrus occipito-temporaux médial et latéral*.

5 | Le lobe insulaire⁹ (fig. 28.11)

Cette partie du cortex cérébral est située dans le fond de la fosse latérale.

Pour voir le lobe insulaire, il faut écarter les opercules frontal et temporal.

a) Ses limites

Le lobe insulaire est séparé des *gyrus* voisins par le *sillon circulaire de l'insula*.

Il se continue avec la substance perforée antérieure par le *limen de l'insula*.

Il est en rapport, en profondeur, avec la capsule extrême qui le sépare du claustrum.

7. Ancien. : aire préseptale. L'aire subcallose et la moitié du septum pellucidum correspondant constituent l'aire septale.

8. Ancien. : *gyrus* de Heschl.

9. Ancien. : *insula* de Reil. Syn. : *insula*.

FIG. 28.10. Lobe temporal (vue latérale avec résection partielle des opercules frontal et pariétal)

- | | |
|-------------------------------------|--------------------------------------|
| 1. lobe insulaire | 4. gyrus temporal moyen |
| 2. gyrus temporaux transverses ant. | 5. gyrus temporal inf. |
| 3. gyrus temporal sup. | 6. gyrus temporaux transverses post. |

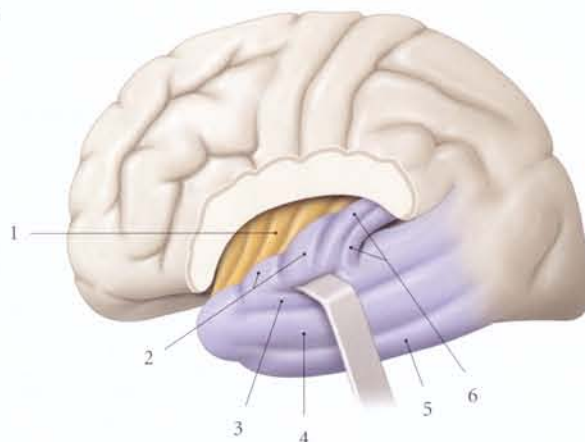
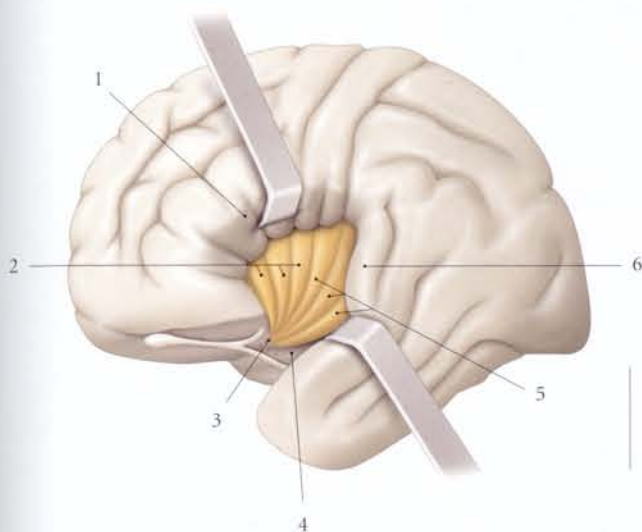


FIG. 28.11. Lobe insulaire (fosse latérale du cerveau ouverte)

- | | |
|-----------------------------|----------------------------------|
| 1. opercule frontal | 4. substance perforée antérieure |
| 2. gyrus courts de l'insula | 5. gyrus longs de l'insula |
| 3. limen insulaire | 6. opercule temporal |

b) Divisions

Il est divisé par le sillon central de l'insula en deux parties :

- une partie antérieure subdivisée en trois ou quatre gyrus insulaires courts ;
- une partie postérieure constituée d'un ou parfois deux gyrus insulaires longs.

6 | Le lobe limbique¹⁰

Lobe arciforme constituant la majeure partie de la face médiale d'un hémisphère cérébral, il circonscrit le corps calleux et le diencéphale.

Il est divisé en quatre parties : le gyrus cingulaire, le gyrus fasciolaire, le gyrus parahippocampal et l'hippocampe (voir Système limbique).

a) Limites

- Le sillon du corps calleux sépare le lobe limbique du corps calleux. Il se prolonge en arrière et en bas par le sillon de l'hippocampe.

- Sa limite périphérique est constituée par (fig. 28.12) :
 - le sillon du cingulum ;
 - le sillon subpariétal ;
 - le sillon collatéral qui se prolonge en avant par le *sillon rhinal*, inconstant.

b) Le gyrus cingulaire¹¹

Il est parallèle au corps calleux.

Il se continue au-dessous du splénium du corps calleux avec le *gyrus parahippocampal*, par une portion rétrécie, l'*isthme du gyrus cingulaire*.

c) Le gyrus fasciolaire

Il contourne en arrière le splénium du corps calleux. Il unit les stries longitudinales du corps calleux et l'indusium gris au *gyrus dentelé*.

d) Le gyrus parahippocampal¹²

Il est situé au-dessus du gyrus occipito-temporal médial.

11. Ancien. : circonvolution du corps calleux ; 5^e circonvolution temporale ; lobe falciforme.

12. Ancien. : circonvolution de l'hippocampe.

10. Ancien. : lobe limbique de Broca.

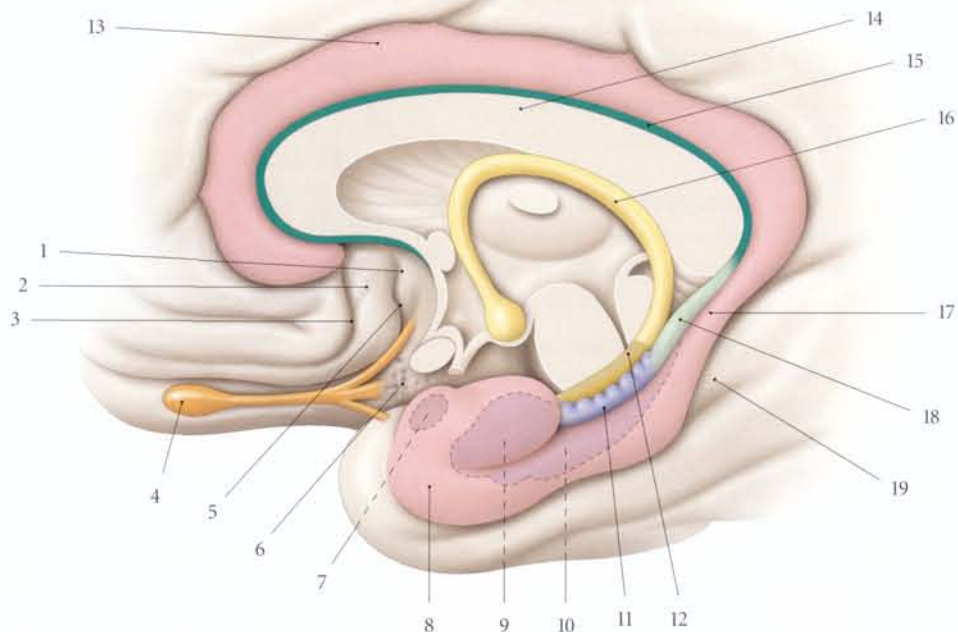


FIG. 28.12. Parties du lobe limbique (vue médiale)

- | | | |
|---|-----------------------------|--------------------------------|
| 1. gyrus para-olfactif (aire paraolfactive) | 8. gyrus parahippocampal | 15. indusium gris |
| 2. gyrus paraterminal (aire subcallose) | 9. uncus | 16. fornix |
| 3. sillon para-olfactif ant. | 10. hippocampe | 17. isthme du gyrus cingulaire |
| 4. bulbe olfactif | 11. gyrus dentelé | 18. gyrus fasciolaire |
| 5. sillon para-olfactif post | 12. fimbria de l'hippocampe | 19. gyrus lingual |
| 6. substance perforée ant. | 13. gyrus cingulaire | |
| 7. corps amygdaloïde | 14. corps calleux | |

- Ses limites sont (fig. 28.13) :
 - en haut, le sillon de l'hippocampe qui le sépare du gyrus dentelé ;
 - en bas, les sillons collatéral et rhinal qui le séparent du gyrus occipito-temporal médial.
- Son extrémité postérieure prolonge le gyrus lingual et l'isthme du gyrus du cingulum (fig. 28.14).
- Son extrémité antérieure se replie sur elle-même et forme l'uncus. Sur la face inférieure de l'uncus se termine le gyrus fasciolaire en formant la *bandelette de l'uncus*¹⁴. Celle-ci divise l'uncus en *gyrus intra-limbique*, en arrière, et *gyrus unciné*, en avant.

Le cortex des parties inférieure et postérieure du gyrus parahippocampal constitue l'*aire entorhinale*.

Le cortex de la partie antérieure et médiale est subdivisé en *gyrus ambiant* et *semi-lunaire*. Le gyrus semi-lunaire, médial, recouvre le *noyau amygdaloïde* et reçoit la *strie olfactive latérale*.

e) L'hippocampe (voir « Cortex hippocampal »)

L'hippocampe est un repli complexe du cortex du lobe limbique partiellement enfoui dans le gyrus parahippocampal. Le degré de courbure de l'hippocampe est variable selon les sujets.

Il est constitué de trois parties, le gyrus dentelé, l'hippocampe propre et le cortex subculaire.

• Le gyrus dentelé¹³

Il est étroit et situé le long du bord médial de l'hippocampe propre. Il est séparé en bas du gyrus parahippocampal par le sillon hippocampal et en haut de la fimbria de l'hippocampe par le sillon fimbrio-dentelé. Large d'environ 3 mm, il est plicaturé, avec environ douze à quinze plis. Il se continue en arrière par le gyrus fasciolaire. Il se termine en avant, à la face inférieure de l'uncus, par une expansion grisâtre, la *bandelette de l'uncus*¹⁴.

13. Ancien. : corps godronné.

14. Ancien. : bande de Giacomini.

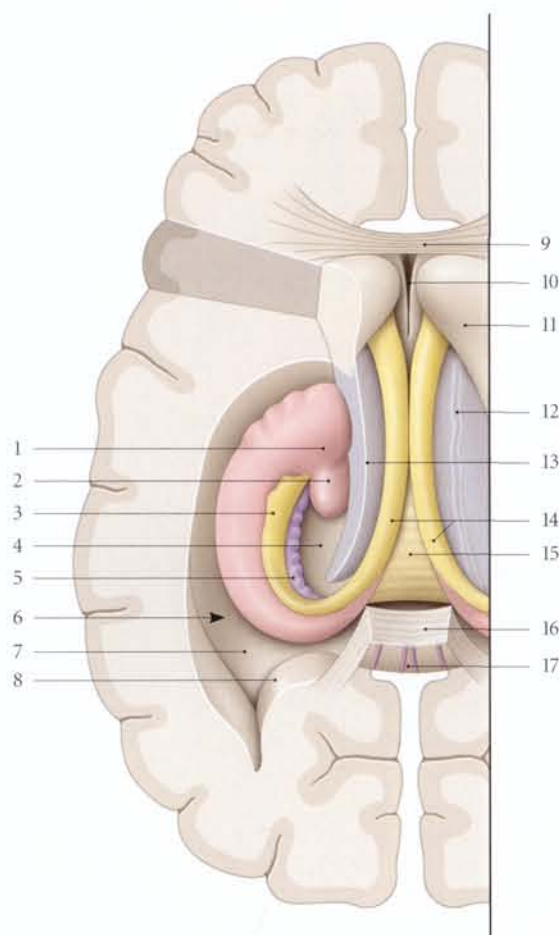


FIG. 28.13. Hippocampe et fornix (dissection – vue supérieure)

1. pied de l'hippocampe
2. uncus
3. fimbria de l'hippocampe
4. gyrus parahippocampal
5. gyrus dentelé
6. ventricule latéral
7. trigone collatéral
8. calcar avis
9. genou du corps calleux

10. septum pellucidum
11. tête du noyau caudé
12. strie terminale
13. thalamus
14. piliers du fornix
15. commissure du fornix
16. splénium du corps calleux
17. indusium gris

• *L'hippocampe propre* (ou corne d'Ammon)

Situé profondément, il est adjacent à la fissure choroïdienne et constitue le plancher de la corne temporale du ventricule latéral.

Il forme un relief d'une longueur de 5 cm environ.

- Son extrémité antérieure ou *pied de l'hippocampe* est volumineuse et marquée par trois ou quatre sillons qui délimitent les *digitations de l'hippocampe*.
- Son extrémité postérieure effilée se réduit à une mince couche de substance grise, qui se continue avec l'indusium gris.

– Sa face latérale, recouverte d'une mince couche de substance blanche, l'*alvéus de l'hippocampe*, limite la corne temporale du ventricule latéral.

– Sa face médiale s'enroule sur le gyrus dentelé.

– Son bord supéro-médial présente une crête longitudinale saillante, la *fimbria de l'hippocampe*.

– Son bord inférieur se prolonge par le *subiculum*.

- Le *cortex subiculaire* est parfois subdivisé selon la structure en trois parties, le subiculum, le présubiculum et le parasubiculum.

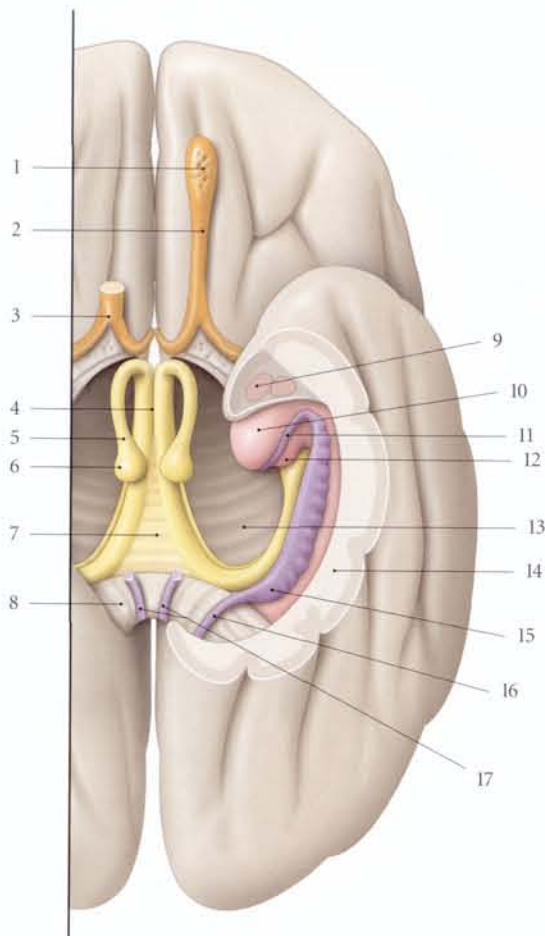


FIG. 28.14. Hippocampe et fornix (dissection – vue inférieure)

- | | |
|------------------------------|-------------------------------------|
| 1. bulbe olfactif | 10. gyrus unciné |
| 2. tractus olfactif | 11. bandelette de l'uncus |
| 3. trigone olfactif | 12. gyrus intralimbique |
| 4. corps du fornix | 13. corps calleux |
| 5. colonne du fornix | 14. gyrus parahippocampal sectionné |
| 6. corps mamillaire | 15. gyrus fasciolaire |
| 7. commissure du fornix | 16. strie longitudinale latérale |
| 8. splénium du corps calleux | 17. stries longitudinales médiales |
| 9. corps amygdaloïde | |

- Le *subiculum*, prolongement de l'hippocampe propre, présente trois couches : une couche superficielle moléculaire, une couche de cellules pyramidales et une couche profonde polymorphe.
- Le *présubiculum* possède une couche superficielle plexiforme, une couche dense de cellules pyramidales et une couche profonde, extension de celle du subiculum et du parasubiculum.
- Le *parasubiculum*, adjacent au gyrus parahippocampal, possède une couche plexiforme superficielle, avec une couche de cellules primaires qui

forme une bande de séparation avec le cortex entorhinal. La couche profonde est semblable à celle du cortex entorhinal.

• *La fimbria de l'hippocampe*

C'est une bande de substance blanche dont l'extrémité antérieure se perd dans la substance blanche de l'uncus.

– Son extrémité postérieure se continue avec le fornix au-dessous du corps calleux.

– Son bord médial prolonge l'*alvéus de l'hippocampe* et limite latéralement la fissure transverse du cerveau.

28.3 NOYAUX BASAUX DU CERVEAU

Les noyaux basaux du cerveau¹⁵ sont des amas de substance grise interconnectés et situés à l'intérieur des hémisphères cérébraux.

Dans chaque hémisphère, ils se répartissent en deux groupes, le corps strié et le corps amygdaloïde (fig. 28.15).

A | CORPS STRIÉ (OU STRIATUM)

Le corps strié est formé de plusieurs amas interconnectés de substance grise et blanche situés latéralement et en avant du thalamus.

Il est constitué de plusieurs noyaux : le noyau caudé, le noyau lentiforme et le claustrum.

La division topographique est une conception plus large, valable chez l'homme et l'animal. Elle divise les noyaux striés en deux parties :

- le *striatum dorsal*, comprenant le noyau caudé, le putamen et le claustrum ;
- le *striatum ventral*, comprenant le noyau accumbens, l'aire para-olfactive, la substance perforée antérieure et le noyau basal encéphalique.

Cette division montre une prédominance de connexions dorso-ventrales.

1 | Le striatum dorsal

a) Le noyau caudé

Ce noyau, en forme de virgule sagittale, s'enroule à distance autour du thalamus. Il est solidaire du ventricule latéral.

Il est constitué de trois parties, une tête, un corps et une queue.

• La tête

Partie la plus grosse, elle a une longueur de 3 cm et un diamètre de 1,5 à 2 cm. Elle est séparée de son homologue par le *septum pellucidum*.

- Sa face médiale et supérieure forme la paroi inférieure de la corne frontale du ventricule latéral. Elle est recouverte de l'épendyme.
- Sa face latérale et sa face inférieure répondent au bras antérieur de la capsule interne. Elles sont unies

15. Ancien. : ganglions basaux.

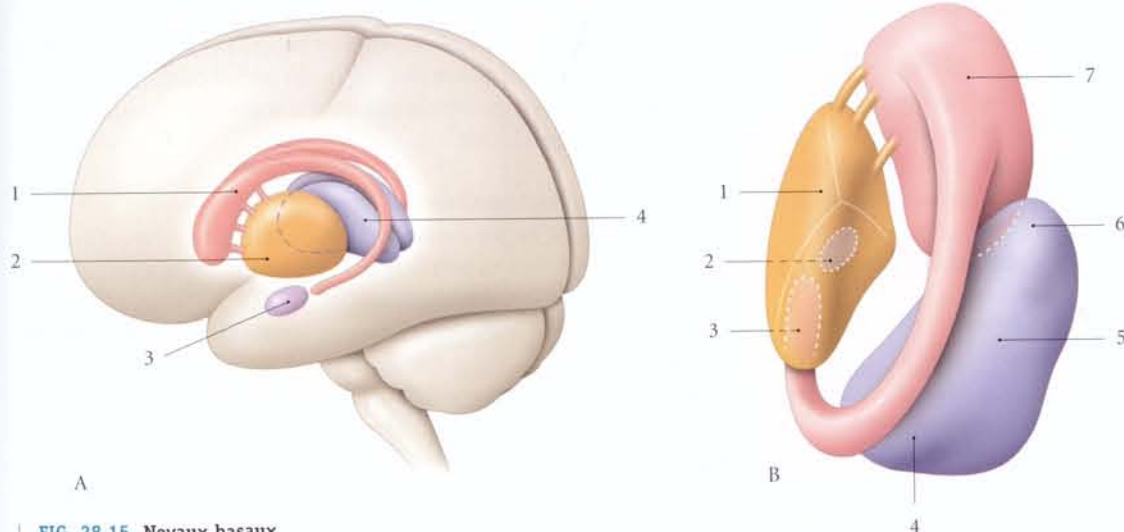


FIG. 28.15. Noyaux basaux

A. Noyaux basaux in situ (vue latéro-postérieure)

1. noyau caudé
2. putamen
3. corps amygdaloïde
4. thalamus

B. Rapports des noyaux basaux gauches entre eux (vue supéro-postérieure)

1. putamen
2. corps amygdaloïde
3. queue du noyau caudé
4. pulvinar
5. thalamus
6. tubercule ant. du thalamus
7. tête du noyau caudé

au noyau lentiforme par des lames de substance grise.

- Son extrémité antérieure est située en avant de l'espace perforé antérieur.
- **Le corps**
Il est long de 3 cm.
 - Sa face supérieure constitue la partie latérale de la paroi inférieure de la partie centrale du ventricule latéral.
 - Sa face inférieure surplombe le thalamus et limite en haut la capsule interne.
- **La queue**
Elle est effilée et longue de 4 à 5 cm. Elle se dirige en avant et latéralement pour s'unir au noyau amygdaloïde.
 - Sa face convexe constitue la paroi supérieure de la corne temporale du ventricule latéral.
 - Sa face concave répond au bras postérieur de la capsule interne et à la région sublenticulaire.

b) *Le noyau lentiforme*

Il a la forme d'une lentille biconvexe d'aspect pyramidal.

Il mesure environ 4 cm de longueur, 2 cm de largeur et 3 cm de hauteur.

- **Constitution**
Il est formé de trois parties, le putamen, le globus pallidus latéral et le globus pallidus médial, séparés par des lames de substance blanche (les lames médullaires médiale et latérale).
 - Le *putamen* constitue la partie latérale. Il est séparé de l'insula par le *claustrum* et du globus pallidus latéral par la lame médullaire latérale.
 - Le *globus pallidus latéral* est compris entre les lames médullaires latérale et médiale.
 - Le *globus pallidus médial* constitue la partie médiale du noyau lentiforme.
- **Rapports**
 - Sa face latérale convexe répond à l'insula, dont elle est séparée par le *claustrum* compris dans les capsules extrême et externe.
 - Sa face médiale répond au bras antérieur, au genou et à la partie thalamo-lenticulaire du bras postérieur de la capsule interne.
 - Sa face inférieure répond à la partie sublenticulaire de la capsule interne.
 - Ses bords supérieur, antérieur et postérieur sont en rapport avec la corona radiata. Ils sont unis au noyau caudé par des lames de substance grise.
 - Son apex médial répond au genou de la capsule interne.

c) *Le claustrum*¹⁶

Il est situé entre l'insula et le putamen. Il est séparé du putamen par la capsule externe et de l'insula par la capsule extrême.

Cette lame de substance grise mesure 2 à 3 mm d'épaisseur. Elle est plus épaisse en bas et en avant, où elle se connecte avec la substance perforée antérieure, le corps amygdaloïde et le cortex du gyrus olfactif latéral (fig. 28.16).

d) *Structure*

• *Le noyau caudé et le putamen*

Récents du point de vue phylogénétique, ils constituent le néostriatum.

Ils sont constitués de deux types de neurones entourés d'une riche neuroglie.

– Les petits neurones multipolaires sont les plus nombreux.

Ils sont considérés comme des neurones intermédiaires réceptifs ou d'association.

– Les grands neurones polygonaux à gros noyaux sphériques ou ovoïdes sont vingt fois moins nombreux.

Ils sont riches en pigments lipochromes qui augmentent avec l'âge. Leurs longs axones constituent les voies efférentes.

• *Les globus pallidus latéral et médial*

Ils forment le paléostriatum qui est constitué d'agregats de grands neurones multipolaires semblables aux petits neurones moteurs du cortex cérébral.

Leurs axones constituent les voies efférentes du noyau lentiforme.

e) *Systématisation*

• *Le noyau caudé et le putamen (néostriatum)* sont riches en acétylcholine.

– Les fibres afférentes viennent :

→ du cortex moteur sensoriel essentiellement (fibres cortico-striées) ;

→ des noyaux intralaminaire et centro-médian du thalamus (fibres thalamo-striées) ;

→ de la substance noire (fibres nigro-striées). Le neurotransmetteur de ces fibres est la dopamine. Leur fonction est inhibitrice.

– Les fibres efférentes se projettent vers :

→ le globus pallidus (fibres strio-pallidales) ;

→ la substance noire (fibres strio-nigrales). Le neurotransmetteur de ces fibres est soit la GABA, soit l'acétylcholine, soit la substance P.

¹⁶. Ancien. : avant-mur.

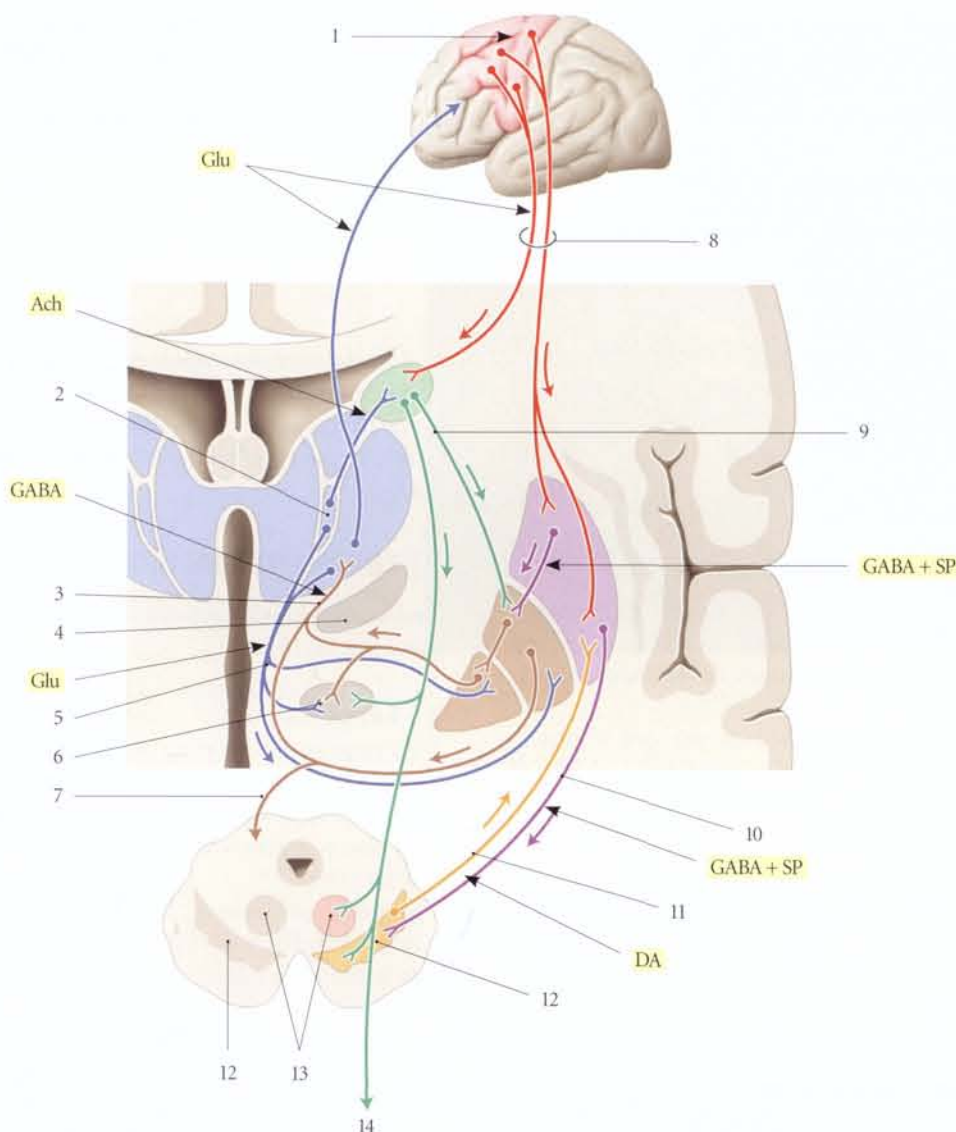


FIG. 28.16. Systématisation des noyaux basaux encéphaliques (schématique)

En jaune : neurotransmetteurs

Glu : glutamate
 Ach : acétylcholine
 GABA : acide gamma aminobutyrique
 DA : dopamine
 SP : substance P

- | | |
|--|-----------------------------------|
| 1. aires motrices frontales | 8. faisceaux cortico-striés |
| 2. noyaux intralaminaire et centro-médian | 9. faisceau strio-pallidal |
| 3. faisceau pallido-thalamique | 10. faisceau strio-nigral |
| 4. zona incerta | 11. faisceau nigro-strié |
| 5. faisceau thalamo-strié | 12. substance noire |
| 6. noyau subthalamique | 13. noyau rouge |
| 7. faisceaux pallido-tegmental et pallido-olivaire | 14. vers la formation réticulaire |

• *Les globus pallidus médial et latéral (paléostriatum)*

– Les fibres afférentes proviennent essentiellement du noyau caudé et du putamen (fibres striato-pallidales).

Des fibres afférentes accessoires proviennent du noyau subthalamique (faisceau subthalamique), de la substance noire (fibres nigro-pallidales), du thala-

mus (fibres thalamo-pallidales) et du cortex cérébral (fibres cortico-pallidales).

– Les fibres efférentes se projettent vers le thalamus (fibres pallido-thalamiques), le noyau subthalamique (fibres pallido-subthalamiques), la substantia nigra, le noyau rouge, la formation réticulaire du tronc cérébral (fibres pallido-tegmentales) et le noyau olivaire inférieur (fibres pallido-olivaires).

f) *Fonction du striatum dorsal*

Le striatum dorsal participe à la régulation de la fonction motrice indirecte (ou extrapyramidale).

- Il coordonne les mouvements réflexes de flexion et extension en vue du maintien de la station érigée.
- Il module le tonus musculaire.
- Il contrôle l'activité motrice automatique ou semi-automatique (en particulier de la mimique, de la parole, de l'écriture, des sports...).

g) *Les atteintes dégénératives de la substance noire et de ses connexions avec le putamen*

Elles sont responsables de la *maladie de Parkinson* (voir Chapitre 24).

h) *Les lésions du globus pallidus*

Elles sont responsables d'hyperkinésie observée dans de nombreuses affections.

- L'athétose, affection congénitale ou néonatale, se traduit par un langage et des mouvements volontaires perturbés avec des crampes musculaires irrégulières.
- La *chorée* est caractérisée par des secousses involontaires brèves et rapides. La *chorée de Huntington* est une maladie héréditaire dominante.
- Le *torticollis spasmodique* s'accompagne de contractions des muscles du cou, voire de crampes, entraînant des mouvements involontaires de la tête et des contractions des muscles de la mimique.

2 | Le striatum ventral

a) *Le noyau accumbens*

Cet agrégat de neurones polymorphes est situé au-dessous de la corne frontale du ventricule latéral, entre la tête du noyau caudé et la substance perforée antérieure. Il est latéral aux noyaux septaux.

Il présente une partie latérale et une partie médiale en cupule.

C'est une cible des neurones dopaminergiques et il joue un rôle central dans la motivation. Il représente le maillon central du circuit de la récompense (voir Anatomie du langage).

b) *Le noyau basal télencéphalique*

Agrégat de neurones magnocellulaires de la base du cerveau, entre la substance perforée antérieure et le globus pallidus, il se prolonge en avant de la commissure antérieure.

Pour certains, ce noyau serait l'extension du noyau central du corps amygdaloïde dans la région sublenticulaire.

Il est riche en acétylcholine et choline acétyltransférase.

Sa dégénérescence s'observe dans la maladie d'Alzheimer et la maladie de Parkinson (ou paralysie agitante).

c) *La substance innommée encéphalique*

Lame de substance grise et blanche, elle est située entre d'une part la substance perforée antérieure et d'autre part le noyau basal télencéphalique et l'anse lenticulaire.

B | CORPS AMYGDALOÏDE¹⁷ (fig. 28.17)

Il est localisé dans la partie dorso-médiale du lobe temporal (fig. 28.18).

1 | *Rapports*

Il est situé au-dessus et en avant de l'extrémité de la corne temporale du ventricule latéral.

- Sa partie supérieure se continue avec la claustrum et est unie au noyau lenticulaire par des lames de substance grise.
- Sa partie postérieure, en rapport avec la partie ventrale de l'hippocampe, fusionne avec l'extrémité de la queue du noyau caudé (fig. 28.19).

2 | *Constitution*

Il est subdivisé par des lames ténues de substance blanche en plusieurs noyaux de terminologie multiple. La Terminologie Anatomique (TA) distingue cinq noyaux principaux :

- le noyau amygdalien baso-latéral ;
- le noyau amygdalien baso-médial ;
- le noyau amygdalien central ;
- le noyau amygdalien cortical ;
- le noyau amygdalien interstitiel.

3 | *Systématisation*

a) *Les neurofibres afférentes* proviennent (fig. 28.20) :

- de l'hypothalamus (aire latérale, noyau ventromédial) ;
- du thalamus (noyaux intralaminaires et dorso-médial) ;

17. Ancien. : complexe amygdaloïde.

FIG. 28.17. Coupe parasagittale de la tête :
IRM et gadolinium (cliché Dr Th. Diesce)

1. tête du noyau caudé
2. noyau accumbens
3. sinus sagittal sup.
4. hémisphère cérébral
5. ventricule latéral
6. thalamus
7. sinus droit
8. pont
9. cervelet

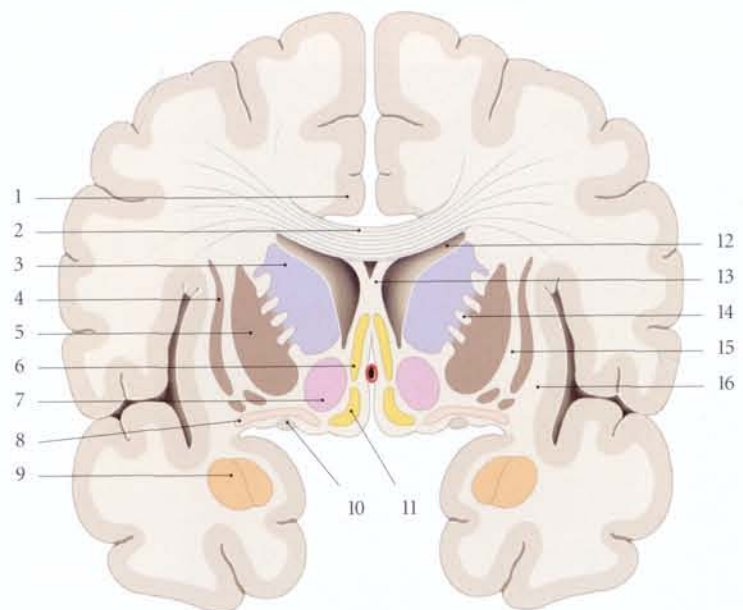


FIG. 28.18. Coupe frontale du cerveau au niveau du noyau accumbens

Cartouche : niveau de la coupe

1. gyrus cingulaire
2. corps calleux
3. tête du noyau caudé
4. claustrum
5. putamen
6. noyau septal
7. noyau accumbens
8. substance innominée encéphalique
9. corps amygdaloïde
10. strie olfactive latérale

11. aire para-olfactive
12. corne frontale du ventricule latéral
13. septum pellucidum
14. capsule interne (bras ant.)
15. capsule externe
16. capsule extrême

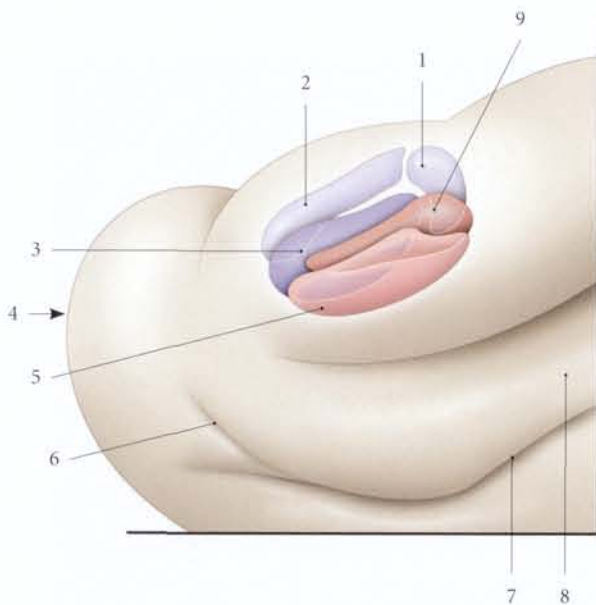


FIG. 28.19. Noyaux du corps amygdaloïde
(complexe amygdaloïde)

- | | |
|-----------------------|--------------------------|
| 1. noyau central | 6. sillon rhinal |
| 2. noyau cortical | 7. sillon collatéral |
| 3. noyau baso-médial | 8. gyrus parahippocampal |
| 4. pôle temporal | 9. noyau interstitiel |
| 5. noyau baso-latéral | |

- de la formation réticulaire du tronc cérébral;
- des noyaux septaux;
- du bulbe olfactif;
- de l'aire entorhinal;
- du cortex hippocampal (subiculum);
- du cortex préfrontal.

b) Les neurofibres efférentes se projettent :

- via la strie terminale sur le noyau accumbens, les noyaux septaux, l'hypothalamus, le thalamus (noyau dorso-médial);
- sur la substance innominée;
- sur la formation réticulaire;
- sur le cortex entorhinal, temporal inférieur (aire visuelle), frontal, cingulaire.

4 | Fonction

Il constitue une partie du système limbique (voir « Anatomie de la mémoire »).

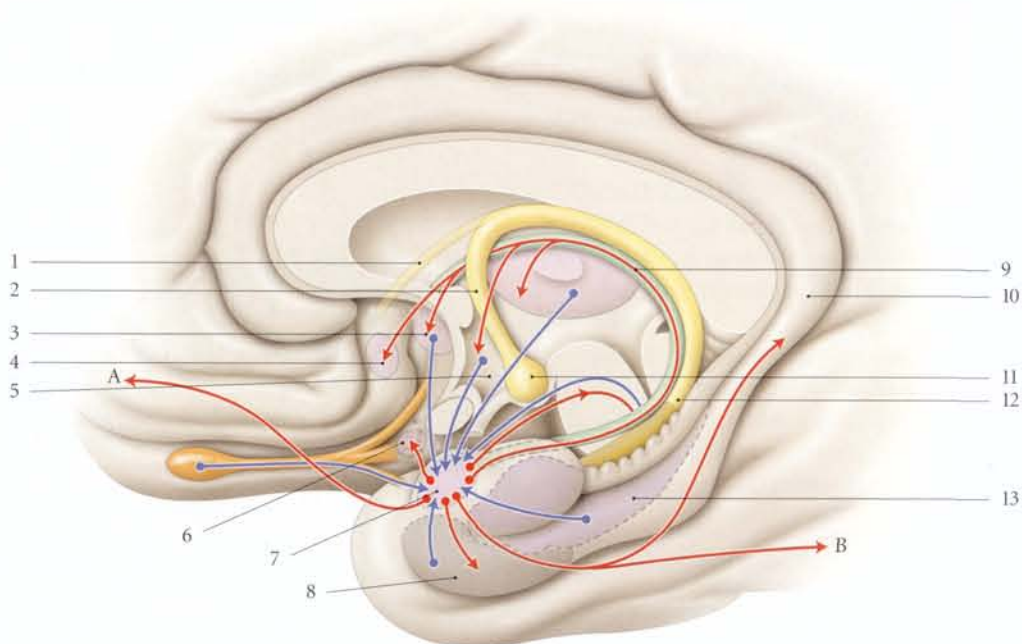


FIG. 28.20. Systématisation du corps amygdaloïde

- | | | | |
|---------------------------------|-------------------------------------|-----------------------|-----------------------------|
| A. vers le gyrus frontal médial | 3. noyau préseptal | 7. corps amygdaloïde | 12. fimbria de l'hippocampe |
| B. vers les aires visuelles | 4. gyrus paraterminal | 8. aire entorhinal | 13. hippocampe |
| 1. fornix précommissural | 5. hypothalamus | 9. strie terminale | |
| 2. fornix postcommissural | 6. substance innominée encéphalique | 10. cortex cingulaire | |
| | | 11. corps mamillaire | |

C | NOYAU ACCUMBENS

Cet agrégat de neurones polymorphes est situé au-dessous de la corne frontale du ventricule latéral, entre la tête du noyau caudé et la substance perforée antérieure. Il est latéral aux noyaux septaux.

Il présente une *partie latérale* et une *partie médiale* en cupule.

C'est une cible des neurones dopaminergiques.

28.4 STRUCTURES PERTINENTES DU CERVEAU¹⁸

Elles sont constituées essentiellement de substance blanche située à l'intérieur du cerveau, autour des noyaux basaux (fig. 28.21).

A | LE CORPS CALLEUX

Le corps calleux est une importante commissure transverse unissant les deux hémisphères cérébraux.

Cette commissure présente chez l'homme un développement maximum et participe au contrôle de l'information et de l'élaboration de l'idéation. Il constitue en effet un pont qui harmonise les activités des hémisphères droit et gauche (fig. 28.22).

1 | Morphologie

C'est une arche d'environ 10 cm de longueur, formant notamment le toit des ventricules latéraux.

Il comprend une partie principale, le tronc, une extrémité antérieure, le genou, et une extrémité postérieure, le splénium.

a) Le tronc du corps calleux

- Sa *face supérieure* est cachée par les gyri du cingulum. Elle est recouverte d'une mince couche de substance grise, l'indusium gris.
- Sa *face inférieure* donne insertion sur la ligne médiane au septum pellucidum en avant, et au corps du fornix en arrière.
- Ses parties latérales forment le toit des ventricules latéraux.

b) Le genou du corps calleux

Il est situé à 4 cm environ du pôle frontal et répond dans sa courbure postérieure au septum pellucidum. Il se termine par une extrémité effilée, le *rostrum du corps calleux*. Ce dernier se continue avec la *lame terminale* au niveau de la commissure antérieure (fig. 28.23).

c) Le splénium du corps calleux

Il est situé à 6 cm environ du pôle occipital, il recouvre la toile choroïdienne du 3^e ventricule et surplombe le corps pinéal.

2 | Structure

a) Les fibres du corps calleux (fig. 28.24)

Le corps calleux est constitué de plusieurs millions de neurofibres transversales qui unissent point par point les deux hémisphères cérébraux.

Ces fibres rayonnent du corps calleux vers tout le cortex frontal, pariétal, occipital, et le cortex du gyrus temporal supérieur.

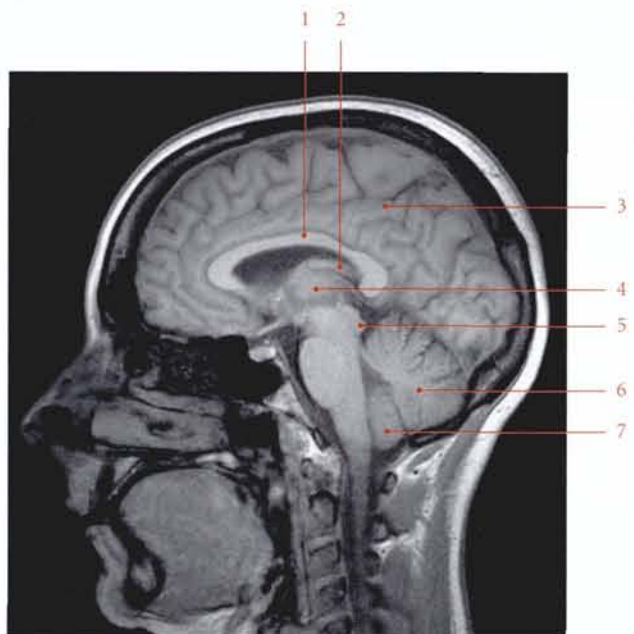


FIG. 28.21. Coupe IRM sagittale de la tête (cliché Dr Th. Diesce)

- | | |
|------------------------|----------------------------|
| 1. corps calleux | 5. colliculus sup. et inf. |
| 2. fornix | 6. hémisphère cérébelleux |
| 3. hémisphère cérébral | 7. tonsille cérébelleuse |
| 4. thalamus | |

18. TA : structurae pertinentes cerebri.

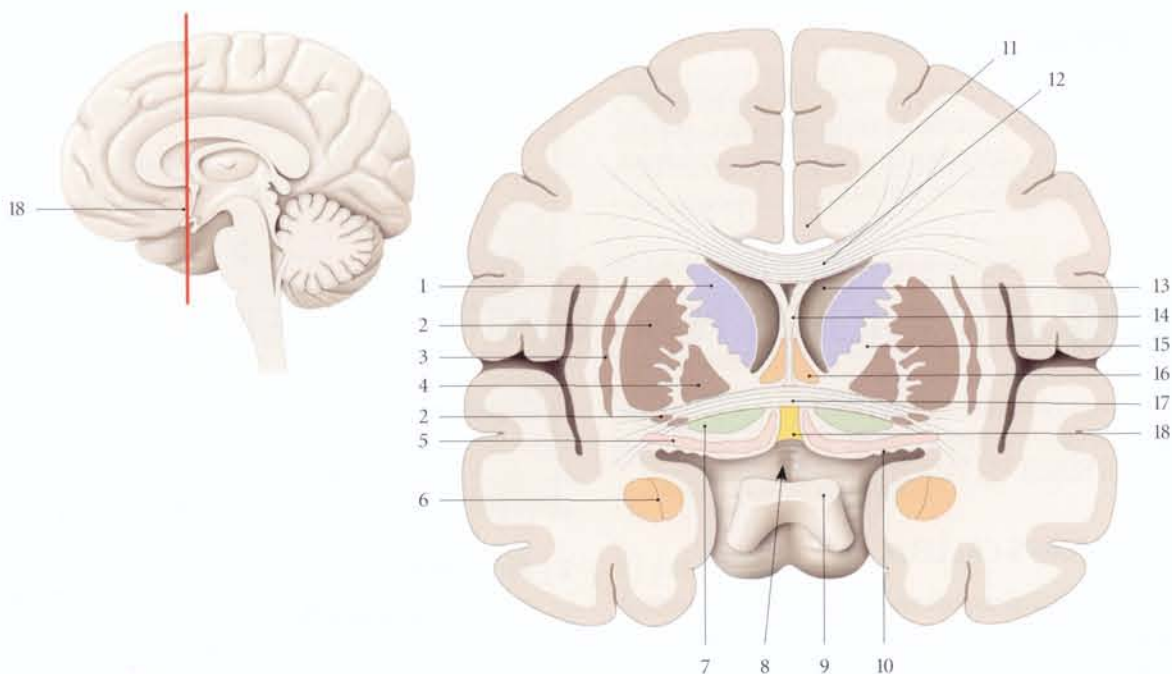


FIG. 28.22. Coupe frontale du cerveau au niveau de la lame terminale

Cartouche : niveau de la coupe

- | | | |
|------------------------------------|--------------------------------|--|
| 1. tête du noyau caudé | 6. corps amygdaloïde | 13. corne frontale du ventricule latéral |
| 2. putamen | 7. noyau basal télencéphalique | 14. septum pellucidum |
| 3. claustrum | 8. récessus supra-optique | 15. bras ant. de la capsule interne |
| 4. globus pallidus | 9. chiasma optique | 16. colonnes du fornix |
| 5. substance innommée encéphalique | 10. substance perforée ant. | 17. commissure ant. |
| | 11. gyrus cingulaire | 18. lame terminale |
| | 12. corps calleux | |

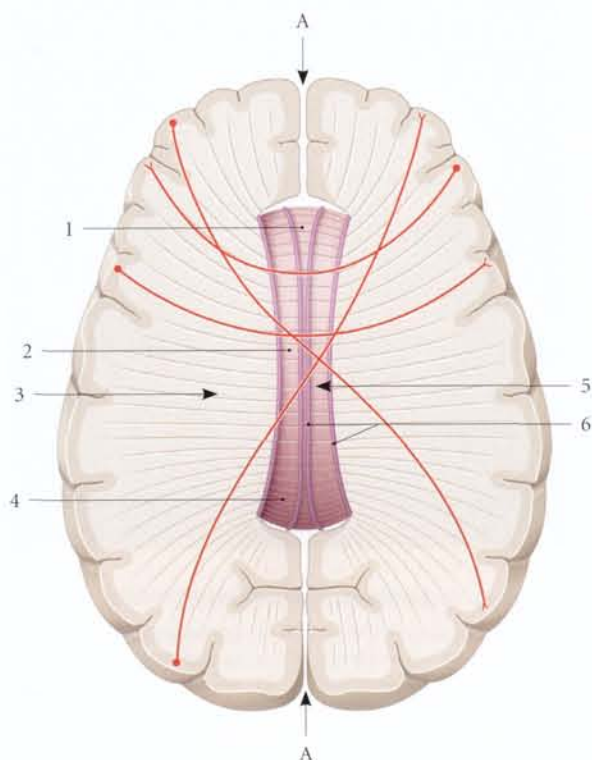


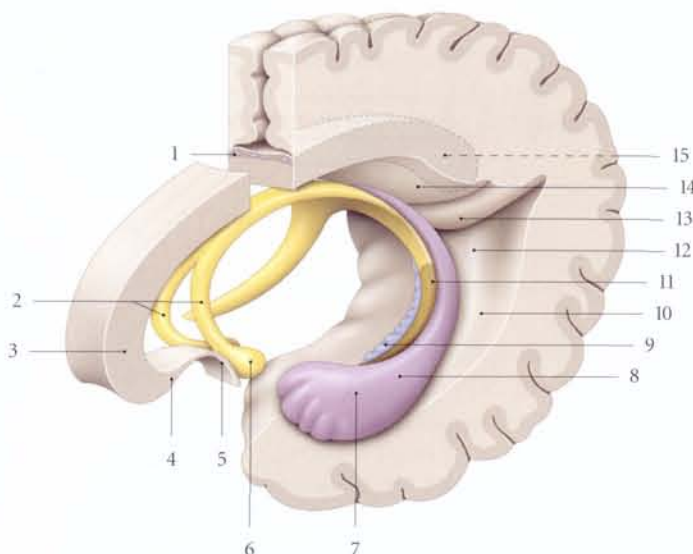
FIG. 28.23. Corps calleux (ablation de la partie supérieure des hémisphères cérébraux - vue supérieure)

En rouge : direction des neurofibres

- A. fissure longitudinale du cerveau
1. genou du corps calleux
 2. tronc du corps calleux
 3. centre semi-ovale
 4. splénium du corps calleux
 5. indusium gris
 6. stries longitudinales médiales et latérales

FIG. 28.24. Hippocampe et fornix (gyrus parahippocampal enlevé) (d'après Feneis)

1. indusium gris
2. colonnes du fornix
3. genou du corps calleux
4. rostrum du corps calleux
5. lame terminale
6. corps mamillaire
7. pied de l'hippocampe
8. hippocampe
9. gyrus dentelé
10. éminence collatérale
11. pilier du fornix et fimbria de l'hippocampe
12. trigone collatéral
13. calcar avis
14. bulbe de la corne occipitale post.
15. splénium du corps calleux



Les fibres rayonnantes du genou forment le *forceps minor*, celles du splénium, le *forceps major*.

b) L'indusium gris¹⁹

C'est une mince couche de substance grise recouvrant la face dorsale du corps calleux. Il est parcouru par deux cordons paires de fibres myélinisées, les *stries longitudinales médiales et latérales* du corps calleux²⁰.

- En avant, il recouvre le genou et le rostrum du corps calleux, et se continue dans le gyrus paraterminal.
- En arrière, il contourne le splénium du corps calleux, se bifurque et se prolonge avec les gyrus fasciculaires droit et gauche. Les *stries longitudinales* traversent les gyrus fasciculaires et atteignent le fornix.
- De chaque côté, il passe dans le sillon du corps calleux, pour se continuer avec le cortex du gyrus du cingulum. C'est un élément constitutif archaïque de l'hippocampe.

B | CAPSULE INTERNE

Elle est constituée d'une lame épaisse de substance blanche recouvrant les surfaces médiale, inférieure et postérieure du noyau lenticulaire.

Elle sépare le thalamus et le noyau caudé du noyau lenticulaire.

Elle forme un angle dièdre présentant une arête médiale, le genou de la capsule interne, et deux pans, les bras antérieur et postérieur de la capsule interne (fig. 28.25).

1 | Rapports

a) Le bras antérieur est compris entre le noyau lenticulaire et le noyau caudé. Il se continue à sa partie supé-

rieure par la *couronne radiée*²¹. Il est traversé par des ponts de substance grise unissant le putamen et le noyau caudé.

b) Le genou correspond au bord médial du noyau lenticulaire.

c) Le bras postérieur présente trois parties : une partie thalamo-lenticulaire, située entre le thalamus et le noyau lenticulaire, une partie sublenticulaire et une partie rétro-lenticulaire.

2 | Systématisation

C'est une voie de passage traversée par de nombreux faisceaux ascendants, descendants et transversaux.

a) Les fibres transversales unissent le noyau caudé au putamen et aux globus pallidus.

Les fibres en rapport avec la tête du noyau caudé traversent le bras antérieur, celles correspondant au corps passent par le bras postérieur, celles de la queue traversent les parties rétro-lenticulaires et sublenticulaires. Les fibres thalamo-pallidales traversent le bras postérieur.

b) Les fibres longitudinales

- Le bras antérieur est parcouru par le tractus fronto-pontique et les radiations thalamiques antérieures.
- Le genou est traversé par le tractus cortico-nucléaire.
- Le bras postérieur est traversé :

19. Ancien : gyrus supracallosal.

20. Ancien : stries de Lancisi.

21. TA : corona radiata.

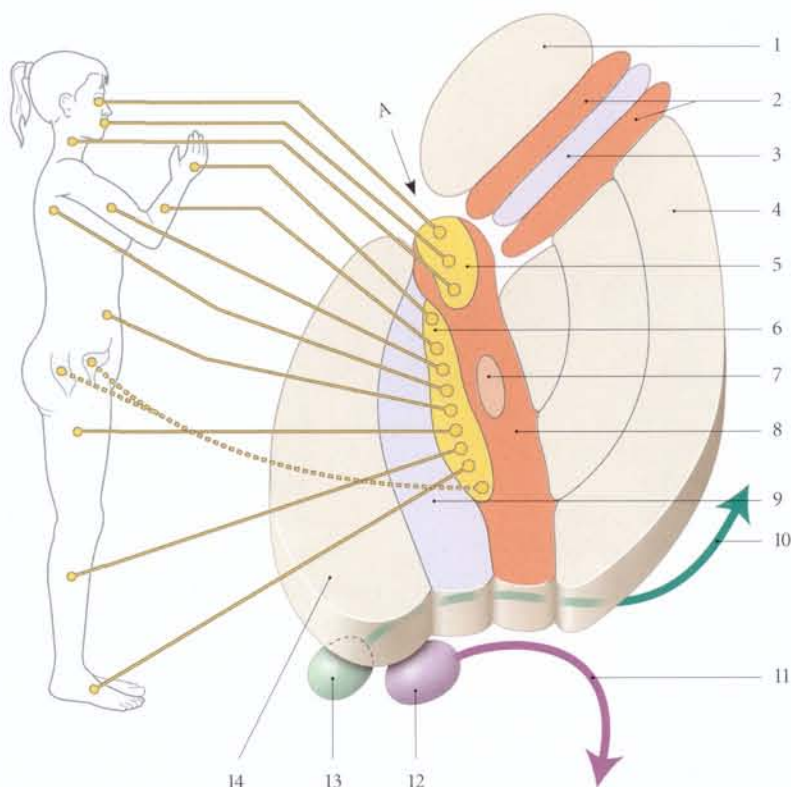


FIG. 28.25. Somatotopie de la capsule interne droite (vue supérieure)

- | | | | |
|---|-------------------------------------|--|-------------------------------|
| A. genou de la capsule interne | 3. radiation thalamo-corticale ant. | 7. fibres cortico-rubrales | 10. radiations acoustiques |
| 1. tête du noyau caudé | 4. noyau lenticulaire | 8. fibres corticofuges (cortico-réticulaires, cortico-thalamiques) | 11. radiations optiques post. |
| 2. fibres corticofuges (fronto-pontiques) | 5. fibres cortico-nucléaires | 9. radiation thalamique centrale | 12. corps géniculé latéral |
| | 6. fibres cortico-spinales | | 13. corps géniculé médial |
| | | | 14. thalamus |

- dans sa partie thalamo-lenticulaire, par les fibres cortico-spinales, cortico-rubrales, cortico-réticulaires, cortico-thalamiques, thalamo-pariétales et les radiations thalamiques centrales ;
- dans sa partie sublenticulaire, par les radiations optiques et acoustiques, les fibres cortico-tectales, cortico-thalamiques et temporo-pontiques ;
- dans sa partie rétrolenticulaire, par les radiations optiques, les radiations thalamiques postérieures et le faisceau occipito-pontique.

C | COURONNE RADIÉE

Elle est constituée par l'ensemble des neurofibres afférentes et efférentes de la capsule interne qui irradient en gerbe dans le cerveau.

1 | La capsule externe

C'est une lame de substance blanche séparant le noyau lenticulaire et le claustrum.

Elle s'unit à la capsule interne à chaque extrémité du putamen. Elle est constituée de fibres provenant de l'opercule fronto-pariétal qui longe la face latérale du noyau lenticulaire avant de passer en dessous du noyau et de l'anse lenticulaire. Quelques fibres de la commissure antérieure la traversent.

2 | La capsule extrême

C'est une couche de substance blanche séparant le claustrum du cortex de l'insula. Elle est constituée par les fibres afférentes et efférentes du cortex de l'insula.

3 | La commissure antérieure du cerveau²²

Elle unit les lobes temporaux droit et gauche, et les tractus olfactifs.

22. Ancien. : commissure blanche antérieure de l'encéphale.

Elle forme un cordon qui traverse la ligne médiane du cerveau en avant des colonnes du fornix, à travers la lame terminale.

À ce niveau, elle forme la paroi antérieure du 3^e ventricule et est située à 15 ou 20 mm au-dessus du chiasma optique. Elle est alors ovale à la section, et mesure environ 2,5 mm dans son grand diamètre.

a) Constitution : elle est formée de fibres nerveuses myélinisées entrelacées et se divise à ses extrémités en deux parties, antérieure et postérieure :

- la partie antérieure s'incurve en avant vers le tractus olfactif et le long des bords de la substance perforée antérieure ;
- la partie postérieure s'incurve en arrière et latéralement, parcourant un sillon de la surface antéro-inférieure du noyau lenticulaire, pour se terminer en éventail dans la partie antérieure du lobe temporal.

b) Systématisation

Les structures homonymes, unies par les fibres commissurales sont essentiellement :

- les bulbes olfactifs ;
- les structures rhinencéphaliques ;
- les corps amygdaloïdes ;
- les régions antérieures des gyri moyen et inférieur du lobe temporal.

D | FORNIX²³ (fig. 28.26)

Le fornix unit l'hippocampe et les corps mamillaires. Il est situé dans la région interhémisphérique entre le corps calleux en haut et le thalamus en bas.

1 | Constitution

Il est constitué d'un corps et de deux extrémités bifurquées et arciformes, les colonnes, en avant, et les piliers, en arrière.

a) Le corps, triangulaire à sommet antérieur, est long de 6 cm, large de 4 cm à sa base et épais de 4 mm. Il est appliqué au-dessus de la toile choroïdienne du toit du 3^e ventricule.

Sa face supérieure répond en avant au septum pellucidum et en arrière au corps calleux.

Latéralement, il répond au thalamus.

b) Les colonnes, arciformes à concavité postéro-inférieure, limitent latéralement le foramen interventriculaire, avant de se terminer dans le corps mamillaire.

c) Les piliers, arciformes à concavité antérieure, se terminent en fusionnant avec la fimbria de l'hippocampe.

Ils sont réunis à leur origine par la *commissure du fornix*.

2 | Systématisation

Cette commissure archipalliale participe à la formation du rhinencéphale et est impliquée dans le contrôle de l'information olfactive.

Le fornix est constitué des axones des grands neurones pyramidaux de l'hippocampe, qui convergent pour constituer la fimbria, puis les piliers du fornix.

- Avant de rejoindre ceux du côté opposé pour constituer le corps, un certain nombre de fibres passe dans le pilier opposé, constituant la *commissure du fornix*²⁴ ou *hippocampale*.

- La majeure partie des fibres des piliers, près de 1,5 million, constitue le corps et se dirige en avant. – Plus de la moitié de celles-ci descend en arrière vers la commissure antérieure, constituant les *fibres postcommissurales du fornix*.

Elles traversent l'hypothalamus pour se terminer dans le corps mamillaire, essentiellement au niveau de son noyau médial. Dans leur trajet, certaines fibres se distribuent au noyau antérieur du thalamus.

23. Ancien. : trigone cérébral ; voûte à quatre piliers de Winslow.

24. Syn. : commissure hippocampale.

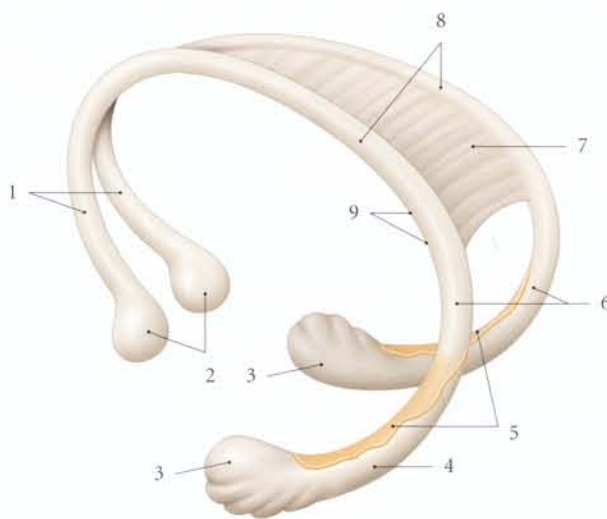


FIG. 28.26. Parties du fornix

- | | |
|----------------------------|-------------------------|
| 1. colonnes du fornix | 6. piliers du fornix |
| 2. corps mamillaires | 7. commissure du fornix |
| 3. pied de l'hippocampe | 8. corps du fornix |
| 4. hippocampe | 9. ténia du fornix |
| 5. fimbria de l'hippocampe | |

- Le reste des fibres constitue les *fibres précommissurales du fornix* et se distribue au septum précommissural, à l'aire subcallosale, à l'aire préoptique et aux noyaux antérieurs de l'hypothalamus.

E | SEPTUM PELLUCIDUM²⁵

Il forme une cloison mince qui sépare les cornes frontales des ventricules latéraux.

1 | Morphologie

Triangulaire à base antérieure, ses bords supérieur et antérieur répondent au corps calleux. Son bord inférieur se fixe sur la partie antérieure du fornix. Son angle antérieur mousse répond au genou du corps calleux. Son angle postérieur est effilé. Son angle inférieur répond à la commissure antérieure. Ses dimensions maximales sont de 3 cm pour la longueur et 1,5 cm pour la hauteur.

2 | Constitution

Il est constitué de deux lames séparées par un étroit intervalle, la *cavité du septum pellucidum*. Chaque lame comprend deux couches : l'une, médiale, formée de substance grise, l'autre, latérale, constituée de substance blanche. La face latérale de la lame est recouverte de l'épendyme du ventricule latéral, et sa face médiale est revêtue d'une membrane conjonctive semblable à la pie-mère.

3 | Systématisation

Le septum pellucidum est un élément du système limbique. Il est formé d'un complexe nucléaire, les *noyaux septaux*, qui se continuent dans l'aire subcallosale²⁶. Elle comprend (fig. 28.27) :

- le noyau septal dorsal, le plus important ;

25. Ancien. : septum lucidum.

26. L'aire septale comprend l'aire subcallosale et la moitié du septum pellucidum correspondant.

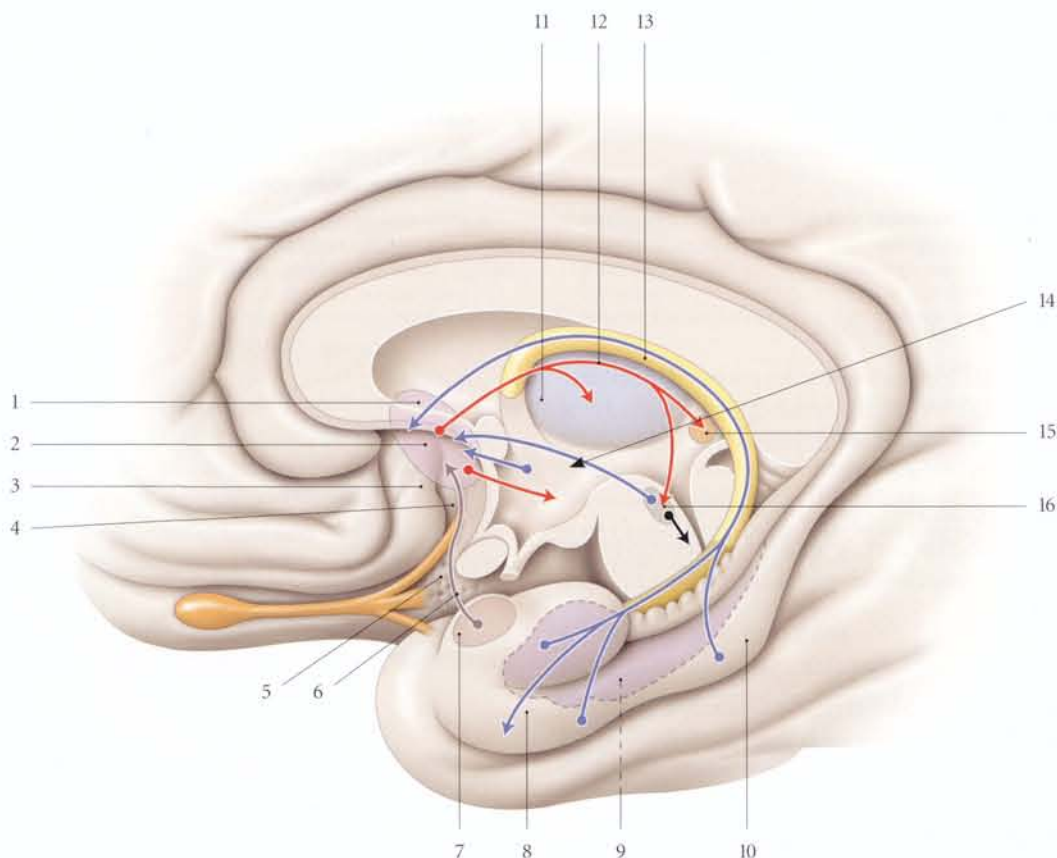


FIG. 28.27. Systématisation du septum pellucidum (noyaux septaux) (vue médiale)

- | | | | |
|-----------------------|----------------------------|----------------------------------|---------------------|
| 1. noyaux septaux | 5. substance perforée ant. | 9. hippocampe | 13. fornix |
| 2. aire subcallosale | 6. strie diagonale | 10. gyrus parahippocampal | 14. hypothalamus |
| 3. gyrus paraterminal | 7. corps amygdaloïde | 11. thalamus | 15. habenula |
| 4. gyrus paraolfactif | 8. aire entorhinale | 12. strie médullaire du thalamus | 16. locus coeruleus |

- le noyau septal latéral;
- le noyau septal médial²⁷;
- le noyau septo-fimbrial;
- le noyau triangulaire (voir Organe périventriculaire).

a) Les fibres afférentes proviennent :

- via la strie terminale, du pied de l'hippocampe et du gyrus parahippocampal;
- de la région préoptique;
- de l'hypothalamus;
- du corps amygdalien, via la strie diagonale (de Broca);
- du locus coeruleus;
- de la substance réticulaire.

b) Les fibres efférentes se destinent :

- au complexe de la bande diagonale;
- à l'hypothalamus (noyaux supramammillaires);
- à la région tegmentale antérieure;
- aux noyaux thalamique intermédiaire et habénu-laire médial, via la strie médullaire du thalamus.

F | LES FIBRES ASSOCIATIVES TELENCÉPHALIQUES

Outre les fibres commissurales qui unissent les hémisphères, il existe des fibres associatives unissant deux régions du cortex d'un même hémisphère (fig. 28.28).

1 | Les fibres arquées du cerveau

Ce sont des fibres associatives arciformes qui unissent deux gyrus adjacents (fig. 28.29).

2 | Le cingulum du cerveau

Ce faisceau de fibres associatives longues unit le lobe frontal et le lobe temporal.

Il naît au-dessous du rostrum du corps calleux, parcourt le gyrus du cingulum, puis le gyrus parahippocampal, pour se disperser dans la partie adjacente du lobe temporal. Le long de son trajet, quelques fibres s'échappent de sa convexité pour le gyrus cingulaire.

3 | Le faisceau longitudinal inférieur²⁸

Ce faisceau de fibres associatives longues unit les lobes temporal et occipital du cerveau. Il est parallèle à la corne temporale du ventricule latéral. Il est constitué essentiellement de fibres géniculocalcarines.

4 | Le faisceau longitudinal supérieur²⁹

Ce faisceau de fibres associatives longues naît à la partie antérieure du lobe frontal, se dirige en arrière, passant au-dessus de l'insula et latéralement à la partie inférieure de la couronne radiée.

27. Ancien. : noyau de la bande diagonale de Broca.

28. Ancien. : faisceau temporo-occipital.

29. Ancien. : faisceau arqué de Burdach; faisceau fronto-occipital.

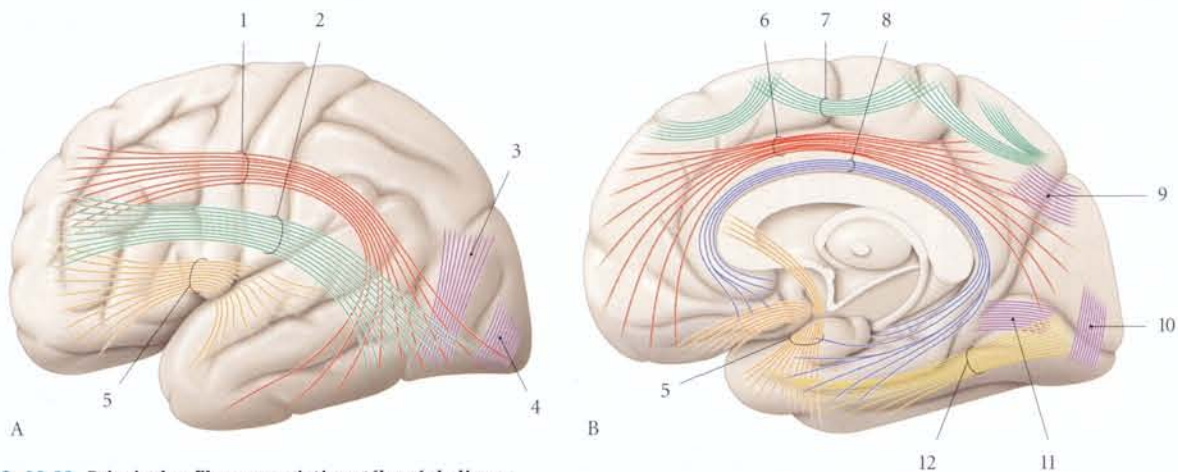


FIG. 28.28. Principales fibres associatives téléencéphaliques

A. projections sur la face latérale

B. projections sur la face médiale

1. faisceau longitudinal sup. (ou arqué)
2. faisceau occipito-frontal inf.
3. fibres latérales du faisceau occipital vertical
4. fibres caudales du faisceau occipital vertical
5. faisceau unciné

6. faisceau occipito-frontal sup.

7. fibres arquées du cerveau

8. cingulum

9. fibres cunéennes du faisceau occipital horizontal

10. fibres caudales du faisceau occipital vertical

11. fibres linguales du faisceau occipital horizontal

12. faisceau longitudinal inf.

FIG. 28.29. Principales commissures encéphaliques (coupe frontale passant par la commissure antérieure)

1. cingulum
2. faisceau occipito-frontal sup.
3. faisceau longitudinal sup.
4. noyau caudé
5. putamen
6. globus pallidus
7. faisceau occipito-frontal sup.
8. corps mamillaire
9. lame terminale
10. commissure ant.
11. corps calleux
12. noyau basal télencéphalique
13. substance innominée encéphalique
14. substance perforée ant.

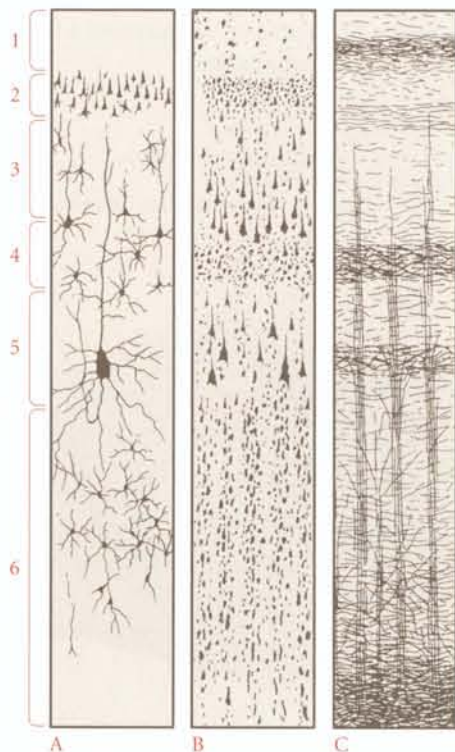
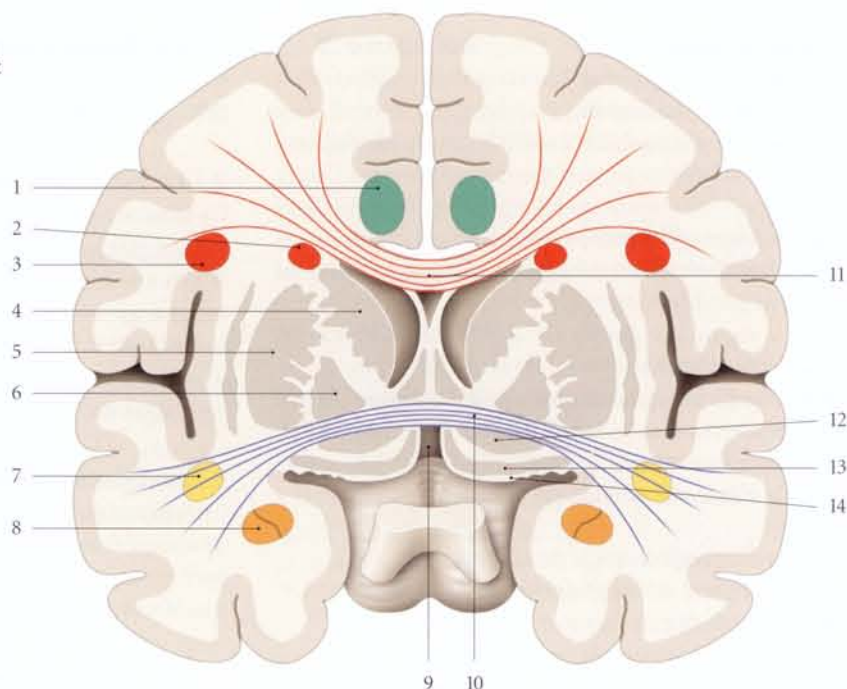


FIG. 28.30. Structure du cortex cérébral

- A. cyto-architectonie selon Golgi
- B. cyto-architectonie selon Nissl
- C. myélo-architectonie selon Weigert (stries du cortex)

1. lame moléculaire
2. lame granulaire externe
3. lame pyramidale externe
4. lame granulaire interne
5. lame pyramidale interne
6. lame multiforme

Il se termine dans le cortex occipital (aires 18 et 19) et dans le lobe temporal.

5 | Le faisceau unciné du cerveau³⁰

Ce faisceau arciforme naît de l'aire motrice de la parole et des gyri orbitaires du lobe frontal. Il se dirige en arrière, formant un arc fermé qui contourne le sillon latéral, pour se terminer dans le cortex de la moitié antérieure des gyri temporal supérieur, temporal moyen, parahippocampal et probablement dans le corps amygdaloïde.

6 | Le faisceau occipito-frontal inférieur

Il unit le gyrus temporal inférieur au lobe frontal. Il est situé dans la capsule extrême, près du faisceau unciné.

7 | Le faisceau occipito-frontal supérieur (ou subcallosus)

Il unit les lobes occipital et temporal à l'insula et au lobe frontal.

Il siège au niveau de l'intersection de la capsule interne et du corps calleux.

Il participe à la formation du *tapétum du corps calleux* situé sur la face supéro-latérale de la corne occipitale du ventricule latéral (fig. 28.30).

30. Ancien. : faisceau en crochet; faisceau temporo-frontal.

8 | Les faisceaux occipitaux verticaux

Ils unissent les gyrus occipitaux au niveau de la face latérale (faisceau occipital latéral) du lobe occipital et au niveau du pôle occipital (faisceau occipital caudal).

9 | Les faisceaux occipitaux horizontaux

Ils sont formés de deux types de fibres.

a) *Les fibres cunéennes* unissent les aires du cunéus.

b) *Les fibres linguales* unissent les gyrus occipitaux au gyrus linguale.

28.5 CORTEX CÉRÉBRAL

Le cortex cérébral, ou *pallium*, est la couche de substance grise recouvrant toute la superficie des hémisphères cérébraux.

A | CARACTÉRISTIQUES

1 | La surface

La surface totale des hémisphères est de $1900 \pm 209 \text{ cm}^2$ (Pakkenberg et Gundersen).

Les deux tiers de cette surface sont cachés dans les sillons cérébraux. Le paléocortex correspond à 1 % de la surface, l'archicortex, à 3,5 % et l'isocortex à 96 %. Dans le lobe frontal, le néocortex (ou isocortex) représente 32 %, dans les lobes temporal et pariétal, 23 % et dans le lobe occipital, 15 %.

2 | L'épaisseur

En surface, l'épaisseur du cortex cérébral est en moyenne de 3 mm, avec une épaisseur maximum de 4,5 mm au niveau des aires motrices.

Dans le fond des sillons cérébraux, l'épaisseur n'est que de 1,4 mm.

Il existe une légère différence de volume cortical entre les hémisphères droit et gauche, soit $3,8 \pm 1,5 \text{ cm}^3$ chez l'homme et $3,4 \pm 1,7 \text{ cm}^3$ chez la femme (Zilles).

3 | Classification

a) *Du point de vue phylogénétique*, le cortex cérébral procède de trois formations successives dans le temps et qui ont chacune une structure et une fonction spécifiques :

- l'archicortex³¹ ;
- le paléocortex³² ;
- le néocortex qui apparaît chez les reptiles et représente 90 % du cortex humain.

b) *Du point de vue histologique*, on distingue :

- l'allocortex, peu épais, comprenant l'archicortex et le paléocortex. Il est formé de trois lames cellulaires ;

- l'isocortex, épais, correspondant au néocortex, qui est formé de six lames cellulaires ;
- le mésocortex³³, intermédiaire du point de vue histologique et fonctionnel de l'allocortex et de l'isocortex. Il est formé de quatre à cinq couches et s'observe dans le gyrus angulaire, les aires visuelle, auditive...

Il comporte une confusion des couches granulaires et pyramidales avec une prédominance soit des cellules granulaires, soit des cellules pyramidales selon les régions.

B | STRUCTURE

1 | Les neurones du cortex cérébral

Le cortex cérébral est constitué d'environ 2 600 à 14 000 millions de neurones. Chaque neurone échange 600 à 60 000 synapses selon les aires cérébrales. Ces neurones sont de cinq variétés (fig. 28.31).

- *Le neurone horizontal*³⁴ a une fonction associative. C'est un petit neurone de 10 μm de diamètre. Son axone et ses dendrites se ramifient dans la lame moléculaire.
- *Le neurone stellaire* est un petit neurone des lames granulaires externe et interne.
- *Le neurone pyramidal*, localisé dans l'aire motrice primaire, possède un corps pyramidal avec des dendrites dans la couche moléculaire :
 - le petit neurone pyramidal mesure environ 40 μm de diamètre ;
 - le grand neurone pyramidal³⁵ mesure 80 μm à 120 μm de hauteur.
- *Le neurone multipolaire*, très fréquent, est petit, fusiforme ou pyramidal. Ses dendrites rejoignent la

31. Ancien. : archéocortex, allocortex de Vogt.

32. Ancien. : isocortex homotypique de Vogt.

33. Ancien. : isocortex hétérotypique de Vogt, cortex hétérogénétique de Brodmann.

34. Ancien. : neurone de Cajal.

35. Ancien. : cellule géante de Betz.

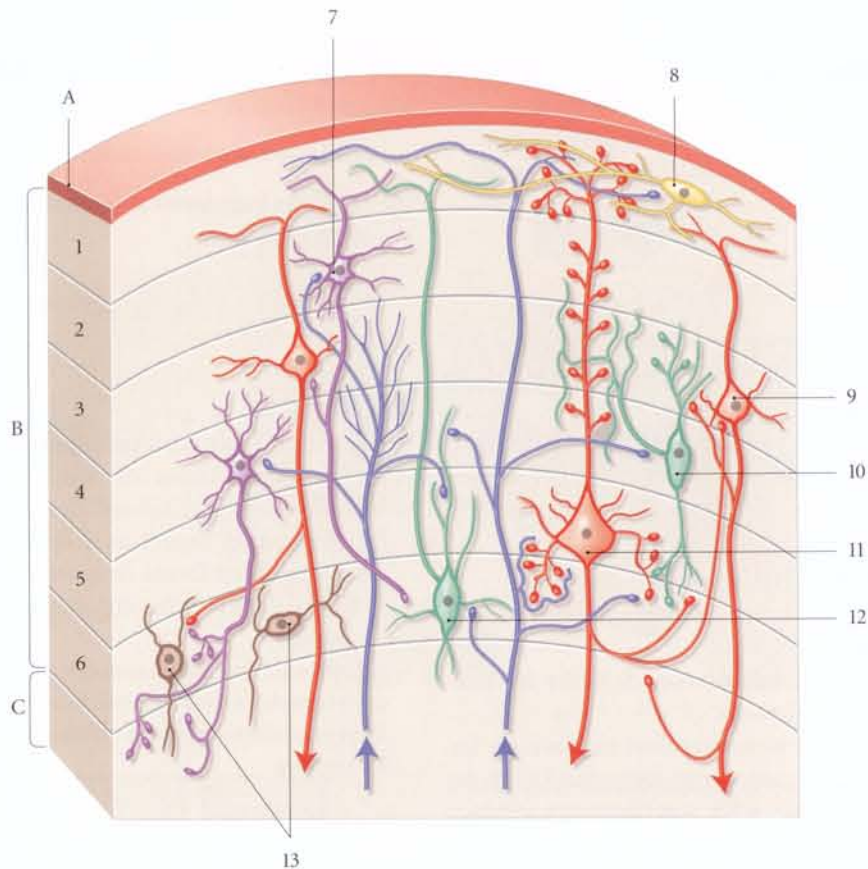


FIG. 28.31. Topographie des principaux neurones du cortex cérébral

A. pie-mère
B. cortex cérébral
C. substance blanche
1. lame moléculaire
2. lame granulaire externe

3. lame pyramidale externe
4. lame granulaire interne
5. lame pyramidale interne
6. lame multiforme
7. neurone stellaire
8. neurone horizontale

9. petit neurone pyramidal
10. neurone multipolaire bréviaxonique
11. grand neurone pyramidal
12. neurone multipolaire longi-axonique
13. neurone multiforme

couche moléculaire. Selon la longueur de l'axone, on distingue :

- le neurone multipolaire longi-axonique (ou de Golgi I) ;
- le neurone multipolaire brevi-axonique (ou de Golgi II).
- Le *neurone multiforme*³⁶ est petit et irrégulier, avec un axone qui se dirige vers la surface du cerveau pour se ramifier dans la lame moléculaire.

2 | La lamination corticale

Les méthodes cytologiques de Golgi et de Nissl permettent de distinguer les *lames cellulaires*, et la méthode de Weigert permet de mettre en évidence les structures fibrillaires du cortex et de définir les *stries laminaires*.

a) Le néocortex (ou isocortex)

Les *lames cellulaires*, au nombre de six, sont de la superficie vers la profondeur :

- la *lame moléculaire*³⁷ (lame I), formée de neurones horizontaux peu nombreux ;
- la *lame granulaire externe* (lame II) contenant de nombreux petits neurones multipolaires bréviaxoniques ;
- la *lame pyramidale externe* (lame III) contenant de petits neurones pyramidaux ;
- la *lame granulaire interne* (lame IV) contenant des neurones multipolaires longi-axoniques ;
- la *lame pyramidale interne* (lame V) contenant de grands neurones pyramidaux ;
- la *lame multiforme*³⁸ (lame VI) contenant des neurones multiformes.

36. Ancien. : neurone de Martinotti.

37. Ancien. : lame plexiforme.

38. Ancien. : neurone fusiforme.

b) Les stries laminaires, au nombre de cinq, sont, de la superficie vers la profondeur :

- les neurofibres tangentielles ;
- la strie de la lame moléculaire ;
- la strie de la lame granulaire externe ;
- la strie de la lame granulaire interne ;
- la strie de la lame pyramidale interne.

C | ANATOMIE FONCTIONNELLE

La difficulté de l'étude du cortex cérébral relève de trois facteurs :

- la *variation morphologique* selon les individus de ses structures corticales : forme des gyrus, taille des aires corticales, cyto-architecture...
- le *nombre* et la *chimie des neurotransmetteurs* intervenant dans les chaînes synaptiques ;
- la *complexité des circuits neuronaux* qui sollicitent plusieurs aires corticales pour une fonction donnée, comme l'ont montré les travaux expérimentaux et ceux basés sur les données de l'imagerie médicale (TEP et IRM fonctionnelle).

1 | Les aires cérébrales

Le cortex cérébral est une mosaïque de régions spécialisées contrôlant des fonctions spécifiques primaires, les *aires corticales*.

Ces aires sont interdépendantes grâce aux fibres associatives qui donnent au cerveau des possibilités fonctionnelles immenses (fig. 28.32 et 28.33).

Les travaux de K. Brodman³⁹ et C. von Economo⁴⁰, basés sur la cyto-architecture, puis sur la myélo-architecture, ont permis d'identifier et de préciser la topographie des aires fonctionnelles primaires. La numérotation proposée par Brodman est la plus utilisée. Ces aires primitives sont numérotées de 1 à 52.

Aujourd'hui, le nombre d'aires primaires fonctionnelles identifiées serait d'environ une centaine et ne représenterait que 20 % du cortex.

a) Les colonnes de dominance fonctionnelle

D. Hubel et T. Wiesel⁴¹ ont montré au niveau du cortex visuel que chaque aire primaire peut être subdivisée en colonnes verticales de cellules de propriétés similaires, les colonnes de dominance fonctionnelle.

Chaque colonne mesure 0,5 à 1 mm de diamètre et 2 mm de hauteur. Composée d'environ 10 000 neurones, chaque colonne réagit à une stimulation spécifique.

Le cerveau en action résulte de l'interaction des colonnes fonctionnelles multiples associées en un réseau. Chaque colonne fonctionnelle associée et activée apporte une valeur ajoutée à l'information nerveuse.

Le nombre des colonnes fonctionnelles activées par un stimulus peut être considérable.

b) Le cortex somato-sensitif (aires 1, 2 et 3)

Il occupe le gyrus postcentral. Les subdivisions somatotopiques de ces aires correspondent à une partie du corps selon Penfield :

- l'aire 1 reçoit les influx de la *sensibilité superficielle* ;
- l'aire 2, ceux de la *sensibilité profonde* ;
- l'aire 3, ceux de la *sensibilité douloureuse*.

c) Le cortex sensoriel (voir « Nerfs crâniens »)

- *L'aire auditive primaire* (aire 41) siège au niveau des gyrus temporaux transverses. Leur partie latérale correspond aux fréquences basses, et leur partie médiale, aux fréquences hautes.

L'aire auditive verbale (de Wernicke – aire 22 –), est une aire associative située dans l'hémisphère dominant au niveau de la partie postérieure du gyrus temporal supérieur et débordant sur les gyrus angulaire et supramarginal.

Sa destruction entraîne une aphasie de réception (aphasie de Wernicke). Le sujet ne comprend aucun langage. Sa parole spontanée est rapide et insensée.

- *L'aire gustative primaire* correspond à l'aire 43 et à l'insula.
- *L'aire visuelle primaire* (aires 17, 18 et 19) siège dans les gyrus occipitaux.

L'aire visuelle frontale (aire 8) contrôle la motricité de l'œil associée aux mouvements de la tête.

Sa destruction entraîne une déviation des yeux du même côté que la lésion.

- *L'aire vestibulaire primaire* serait située dans la partie inférieure du gyrus postcentral, en arrière de l'aire somato-sensitive.
- *L'aire entorhinale* (aire 28), impliquée dans l'olfaction, est située dans le gyrus parahippocampal. Elle continue l'aire principale des fibres afférentes perforantes de l'hippocampe.

39. Korbinian Brodman, neurologue et anatomiste allemand (1868-1918).

40. Constantin von Economo, neurologue autrichien (1876-1931) qui a proposé une identification des aires primaires par des lettres.

41. Prix Nobel (1977) pour leurs travaux sur le cortex visuel du macaque.

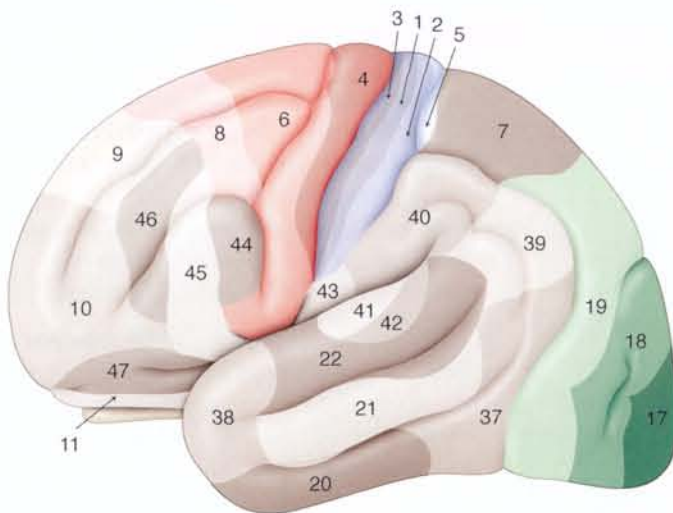


FIG. 28.32. Numérotation des aires du cortex cérébral selon Brodmann (vue latérale)

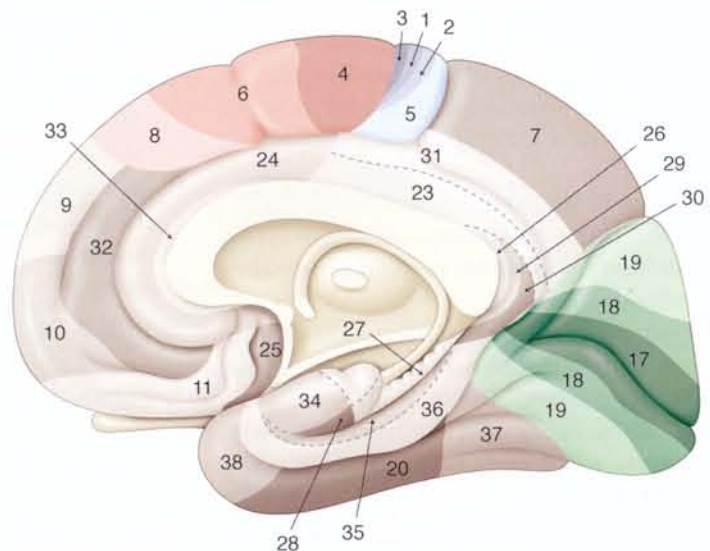


FIG. 28.33. Numérotation des aires du cortex cérébral selon Brodmann (vue médiale)

d) Le cortex moteur

- **Le cortex somato-moteur primaire** (aire 4), situé dans le gyrus précentral, contrôle la motricité volontaire.
 - Ses fibres efférentes forment le tractus pyramidal, voie motrice directe.
 - Ses fibres afférentes proviennent du thalamus, des aires prémotrices et du cortex somato-sensitif.
 - Ses subdivisions somatotopiques correspondent à une partie du corps selon Penfield.

La lésion de l'aire 4 entraîne une paralysie flasque de l'hémicorps contro-latéral.

- **Le cortex prémoteur** (aires 6 et 8)

Situé dans les gyrus frontaux supérieur et moyen, il contrôle l'équilibre, la spasticité motrice et la coordination oculo-céphalogyre.

 - Ses fibres efférentes forment le tractus extrapyramidal, voie motrice indirecte.
 - Ses fibres afférentes proviennent du thalamus, des noyaux basaux et du cervelet.
- **L'aire motrice primaire du langage articulé** (de Broca) (aires 44 et 45) est située dans l'hémisphère dominant, au niveau des parties operculaire et triangulaire du gyrus frontal inférieur. Ses fibres efférentes vont vers la partie inférieure de l'aire motrice adjacente.

Elle contrôle la programmation motrice de la parole, c'est-à-dire le langage articulé.

Sa destruction entraîne une aphasie motrice. Le sujet comprend mais ne peut pas parler.

2 | Les aires corticales associatives (fig. 28.34)

Elles constituent la majeure partie du cortex cérébral. Elles assurent le lien entre les colonnes de dominance fonctionnelle des différentes aires corticales primaires. Les aires associatives apportent aux informations nerveuses une valeur ajoutée, intelligente et psychique. Elles ont en charge le traitement des influx sensoriels captés et codés par les aires corticales primaires pour élaborer la *cognition*, c'est-à-dire l'acquisition de la conscience des événements et des objets de l'environnement d'un individu.

Les aires associatives reçoivent, intègrent et stockent ces informations variées, puis elles diffusent ces informations à travers les neurofibres associatives vers le thalamus, le cortex limbique, les noyaux basaux encéphaliques, le cervelet et vers d'autres aires corticales associatives.

a) Le cortex associatif frontal

Il correspond à la partie antérieure du lobe frontal ou cortex préfrontal (aires 9, 10, 11, 12, 46 et 47).

Il intervient dans la planification et l'adaptation des réponses comportementales. Particulièrement développé chez l'homme, le cortex préfrontal est impliqué dans l'élaboration de la pensée et de la personnalité, en particulier la planification et l'exécution des décisions. Il contrôle aussi l'inhibition du comportement.

Les fonctions du cortex préfrontal ont été mises en évidence à la suite du traumatisme cérébral subi par Phineas T. Gage (1848).

- Une *lésion unilatérale* ne provoque pas de troubles psychologiques importants en raison de la plasticité du cerveau.
- Une *lésion bilatérale* s'accompagne toujours de troubles psychiques et d'une diminution intellectuelle.
- Une *lésion de la convexité préfrontale* s'accompagne d'un déficit de concentration, d'orientation, de jugement et de résolution de problèmes, en particulier abstraits, d'où l'inattention, l'indifférence et l'inactivité du sujet.

Des lésions plus étendues s'accompagnent d'incontinence sphinctérienne, de perte de réflexe de succion et de préhension.

– Une *lésion bilatérale* intéressant le gyrus orbitaire (syndrome fronto-orbitaire) se caractérise essentiellement par une modification de la personnalité avec diminution de la capacité intellectuelle, du comportement décisionnel et éthique. Le sujet est asocial (langage obscène, comportement sexuel débridé, etc.).

b) Le cortex associatif pariétal

Il est nécessaire à l'éveil de l'attention à l'environnement externe et interne.

- Le *cortex associatif pariétal droit* intervient dans le contrôle de l'attention des moitiés droite et gauche du corps et de son environnement.
- Le *cortex associatif pariétal gauche*, par contre, ne contrôle que la moitié droite du corps.

- Les lésions du lobe pariétal décrites avec précision par W.R. Brain (1941) se caractérisent par des troubles de l'attention ou syndrome de *négligence contro-latérale*. Il est caractérisé par l'incapacité de percevoir, du côté opposé à la lésion, son corps ou les relations de celui-ci avec son environnement, malgré une acuité visuelle, une sensibilité somatique et une motricité normales.

D'où les difficultés par exemple pour s'habiller, s'orienter vers des sons, écrire, dessiner... Cette dernière difficulté est illustrée par les autoportraits successifs du peintre Anton Raederscheidt, qui montrent la récupération de l'accident vasculaire de son lobe pariétal (1974).

c) Le cortex associatif temporal

Il intervient dans la reconnaissance et l'identification des stimulus perçus par le corps, telle la reconnaissance et la compréhension des sons, des mots, des couleurs et des odeurs.

Les atteintes du cortex associatif temporal, et plus spécifiquement du lobe temporal droit, s'accompagnent d'une *prosopagnosie*, c'est-à-dire de l'incapacité de reconnaître et d'identifier les visages. Le patient peut décrire le visage sans reconnaître qu'il s'agit d'un visage.

d) Le cortex associatif occipital

Il est impliqué dans l'identification et l'adaptation des stimulus visuels à la lecture, au langage et à l'écriture.

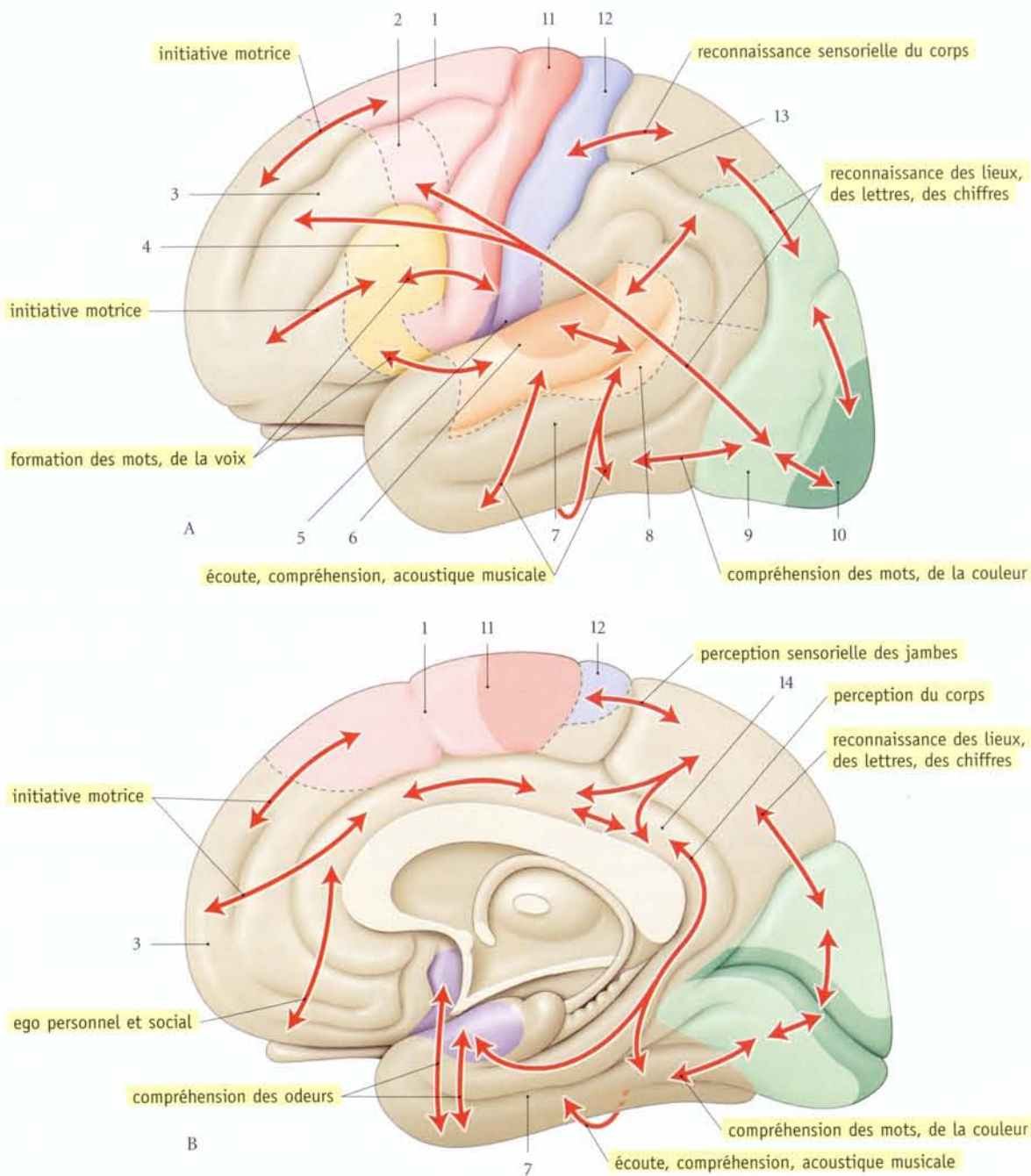


FIG. 28.34. Principales aires corticales fonctionnelles

A. vue latérale
B. vue médiale

1. cortex prémoteur
2. aire visuelle frontale (oculo-céphalogyre)
3. aires associatives frontales

4. aire motrice du langage articulé (de Broca)
5. aire gustative primaire
6. aire auditive primaire
7. aires associatives temporelles
8. aire auditive verbale (de Wernicke)
9. aire visuelle secondaire

10. aire visuelle primaire
11. cortex préfrontal
12. aires olfactives
13. aires associatives pariétales
14. cortex cingulaire

3 | La dominance hémisphérique

L'hémisphère dominant est, par définition, celui qui est le siège du contrôle moteur de la main préférée pour l'écriture.

Ainsi, chez un droitier, l'hémisphère dominant est l'hémisphère gauche dans environ 90 % des cas.

Dans le reste des cas, c'est-à-dire chez 10 % environ des sujets droitiers, les hémisphères peuvent être équiva-

lents (7,5 %), ou bien l'hémisphère droit peut être dominant (2,5 % des cas).

Avant l'âge de 6 ans, les hémisphères sont équivalents.

Le test de Wada permet de déterminer l'hémisphère dominant. Il consiste à injecter de l'amobarbital de sodium (Amytal) dans la carotide interne. Sous l'effet anesthésique obtenu en 10 minutes, le sujet devient aphasique si l'injection a lieu du côté dominant ; le côté contro-latéral se paralyse.

Chez l'adulte droitier, le rôle des hémisphères est habituellement le suivant :

a) L'hémisphère gauche dominante est le siège :

- de connexions conscientes de l'analyse du champ visuel droit ;
- de capacités linguistiques : commandes motrices verbales (aire de Broca), c'est-à-dire le langage parlé ;
- de capacités analytiques abstraites et rationnelles : grammaire, mathématiques et l'écriture syllabique (ou kanas en japonais).

b) L'hémisphère droit dominé est caractérisé par l'absence de connexions conscientes. Il est le siège :

- de l'analyse du champ visuel gauche ;
- de la maîtrise de la fonction spatiale et géométrique ;
- du contrôle de l'aptitude musicale et de la traduction émotionnelle du langage ;
- de l'analyse sémantique ;
- de la capacité de synthèse ;
- de l'aptitude à reconnaître des visages et des modèles complexes, d'où l'aptitude pour la figuration et l'écriture idéographique (ou kanjis en japonais).

- Les lésions de l'hémisphère droit dominé s'accompagnent souvent d'angoisses profondes.
- Chez les Japonais, des lésions de l'hémisphère droit peuvent entraîner la perte de l'usage des kanjis et la préservation des kanas (écriture syllabique japonaise).

4 | Anatomie de la mémoire

Le cerveau est extrêmement performant dans l'exercice de la mémoire, à savoir « la capacité de retrouver des expériences passées » (A. Baddeley). Cette faculté a pour substrat la plasticité synaptique (voir Chapitre 3).

Les circuits neuronaux de mémorisation sont nombreux et complexes, tout particulièrement la mémorisation des visages.

Deux circuits anatomiques schématiques permettant la perception, le stockage ou l'encodage et la restitution des informations, peuvent être proposés. L'un fait appel au système limbique et l'autre aux noyaux basaux encéphaliques.

a) Mémoire et système limbique

Le système limbique est le substrat de la *mémoire épisodique* qui concerne les expériences vécues à un moment donné dans leur contexte (fig. 28.35).

En effet, les lésions du système limbique (tel le syndrome de Korsakoff de l'alcoolisme chronique, la maladie d'Alzheimer...) entraînent une amnésie des événements de la vie quotidienne (par exemple ne plus reconnaître un objet familier, un visage...).

Cet acte de mémorisation implique le circuit schématique suivant :

- le cortex visuel traite les messages provenant de la rétine ;
- le cortex occipito-temporal médial permet la perception de l'objet ;
- le système limbique, le thalamus et le cortex préfrontal médial transforment l'information sensorielle en une trace durable ; cela permet de percevoir l'image et de la situer dans son contexte et son environnement. Le système limbique joue ainsi le rôle d'activateur d'un souvenir en associant d'autres stimulations émotionnelles et sensorielles, telle l'odorat (Ex. : madeleine de Proust) ou la vision (appréciation émotionnelle de la beauté) ;
- enfin le cortex visuel marque la fin du circuit, où les images sont encodées durablement en souvenir visuel.

b) Mémoire et noyaux basaux encéphaliques

Les noyaux basaux encéphaliques sont concernés par la *mémoire implicite*, c'est-à-dire la connaissance du monde. Les informations encodées sont détachées de leur contexte. Il s'agit d'un savoir-faire acquis de façon automatique (fig. 28.36).

Exemple : réaliser une tâche automatique telle que nouer un lacet de chaussure. La mémorisation de cet acte implique le circuit schématique suivant, à travers :

- le cortex visuel, qui reçoit les informations et traite le message ;
- les noyaux striés, impliqués dans le contrôle du tonus musculaire de la motricité automatique et

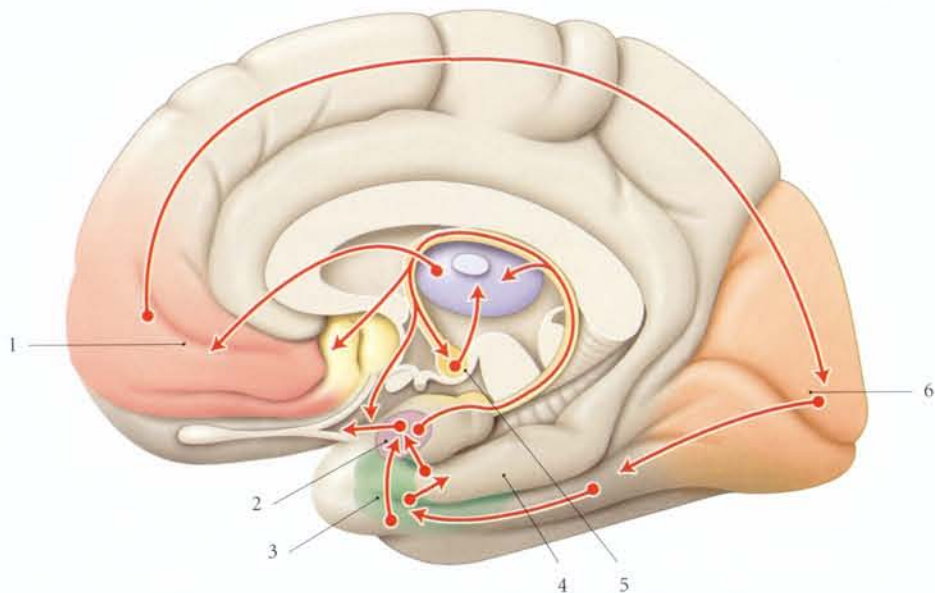


FIG. 28.35. Mémoire et système limbique – Circuit schématisique de la mémoire épisodique

- | | |
|--------------------------|---------------------|
| 1. cortex frontal médial | 4. hippocampe |
| 2. corps amygdaloïde | 5. corps mamillaire |
| 3. aire entorhinale | 6. aires visuelles |

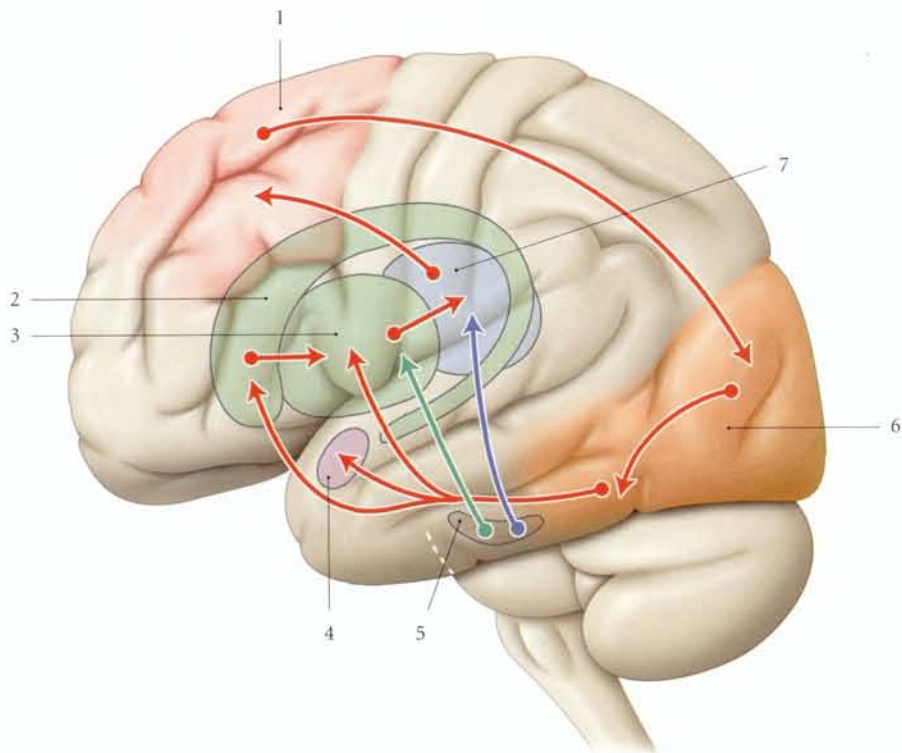


FIG. 28.36. Mémoire et noyaux basaux encéphaliques – Circuit schématisique de la mémoire implicite

- | | | | |
|--------------------|----------------------|--------------------|-------------|
| 1. aire prémotrice | 3. putamen | 5. substance noire | 7. thalamus |
| 2. noyau caudé | 4. corps amygdaloïde | 6. aires visuelles | |

semi-automatique (en particulier, la mimique, la parole, l'écriture, le sport, etc.) ;

- la substance noire, qui produit la dopamine impliquée dans la motivation ;
- le thalamus, impliqué dans l'activation des influx sensitifs et sensoriels et dans la régulation de la motricité automatique ;
- le cortex préfrontal moteur, pour effectuer le geste automatique.

Exemple : dans la maladie d'Huntington, le malade conserve une bonne mémoire des faits quotidiens mais il est incapable de réaliser une tâche sensorielle et motrice.

5 | Anatomie du langage

L'acquisition du langage repose sur la plasticité cérébrale. Elle met en jeu plusieurs aires corticales.

Le test de Wada montre que 96 % des droitiers et 70 % des gauchers ont l'hémisphère gauche dominant pour la parole.

Durant l'enfance, de circuits corticaux du langage s'organisent. Des stimulations cognitives, sociales et affectives critiques au moment adéquat sont indispensables pour assurer un développement normal.

Selon J.-P. Changeux, « en associant un sens à un son, l'enfant formule des hypothèses qu'il teste avec le

monde extérieur jusqu'à ce que la bonne réponse soit sélectionnée par l'activation des neurones de la récompense situés dans le noyau accumbens. Une récompense partagée entre l'enfant et l'adulte, notamment parce que celui-ci l'encourage dans son choix, sert alors à normaliser la relation arbitraire entre le sens et le son. »

a) La prononciation d'un mot entendu (fig. 28.37)

L'information sensorielle perçue par l'oreille est transmise au cortex auditif primaire. L'écoute simple ou la répétition du mot suscite l'activation des aires droite et gauche.

Ce signal, transmis à travers le faisceau arqué, est traité par l'aire auditive verbale (de Wernicke).

Dans l'aire motrice primaire du langage (de Broca) est programmée l'articulation du langage.

Ce programme est relayé par de nombreux sites du cortex moteur impliqués dans la parole (la bouche, le larynx...).

L'énonciation est un acte moteur des plus complexes à réaliser car nous pouvons produire 10 à 15 phonèmes par seconde.

b) La prononciation d'un mot lu (fig. 28.38)

L'information sensorielle perçue par l'œil est transmise au cortex visuel primaire. Ce signal est traité dans l'aire visuelle secondaire.

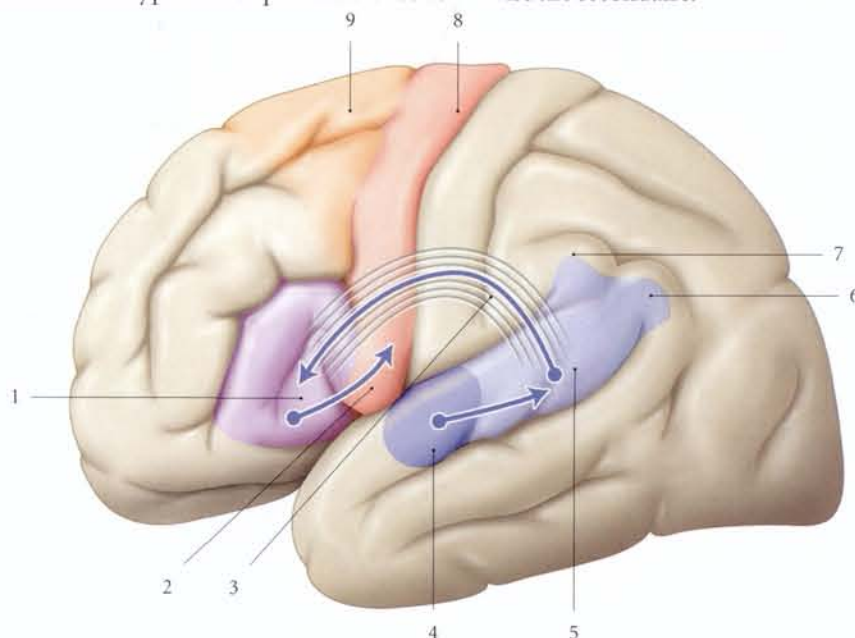


FIG. 28.37. Circuit de la prononciation d'un mot entendu

1. aire du langage articulé (de Broca)
2. aire motrice de la vocalisation
3. faisceau unciné

4. aire auditive primaire
5. aire auditive verbale (de Wernicke)
6. gyrus angulaire

7. gyrus supramarginal
8. aire motrice
9. aire prémotrice

Il est transmis au gyrus angulaire qui associe son information à l'aire auditive verbale. Puis l'information suit le trajet précédent.

6 | Vieillesse et mémoire

Le vieillissement physiologique du cerveau se traduit essentiellement par :

a) L'atrophie du cortex des lobes frontaux, pariétaux et temporaux principalement.

b) Une altération du tissu nerveux caractérisée par la présence :

- d'amas de filaments neurofibrillaires dans les neurones. Le degré d'altération cognitive est proportionnel à l'accumulation de ces amas ;
- de plaques séniles formées de dépôts de protéines bêta-amyloïdes entourées de neurones en dégénérescence.

Dans la maladie d'Alzheimer, ces altérations sont denses et étendues.

Elles sont localisées surtout dans le gyrus temporal interne, le gyrus angulaire, l'hippocampe, le cortex entorhinal, le corps amygdaloïde et le lobe pariétal.

La sévérité de la démence de type Alzheimer est associée à la densité des plaques et à leur localisa-

tion, notamment dans l'hippocampe et le cortex entorhinal.

7 | La plasticité cérébrale

Les nombreux réseaux de neurones cérébraux sont d'une remarquable plasticité (voir Chapitre 3, « Plasticité synaptique »).

L'activité des *circuits neuronaux innés*, caractéristiques de l'espèce, est modulée par l'apprentissage et le vécu de chaque individu. De cette plasticité relèvent la spécificité et la singularité de chaque cerveau.

Ainsi chaque cerveau est unique, même chez les vrais jumeaux homozygotes. C'est encore grâce à cette plasticité cérébrale que, pendant le sommeil, les circuits neuronaux répètent une activité d'apprentissage pour mieux encoder les messages et permettre de s'en souvenir.

La plasticité cérébrale induite par l'entraînement permet la récupération fonctionnelle. Par ailleurs, cette plasticité, qui diminue avec l'âge, peut être inhibée ou accélérée par certains médicaments.

Après un accident vasculaire cérébral (AVC), la récupération des fonctions cognitive et somatique dépend de la plasticité cérébrale.

Cet AVC se traduit sur les images de tomographie par émission de positons (TEP) par l'existence d'une partie

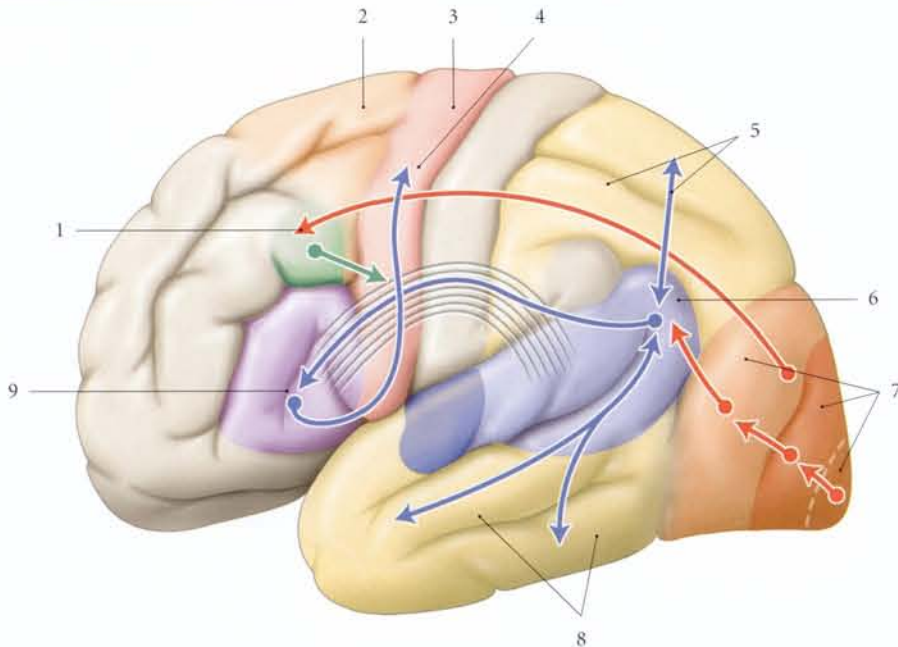


FIG. 28.38. Circuit de la prononciation d'un mot écrit

1. aire visuelle frontale (oculo-céphalogyre)
2. aire prémotrice
3. aire motrice

4. territoire de la main
5. aires associatives pariétales
6. gyrus angulaire (et aire auditive verbale)

7. aires visuelles
8. aires associatives temporales
9. aire du langage articulé (de Broca)

centrale d'ischémie irréversible et d'une partie périphérique de tissu moins altéré, la *pénombre ischémique*. Si la pénombre ischémique est reperfusée dans un délai de 6 heures, elle peut échapper à la nécrose.

Ainsi, au cours d'un AVC intéressant une zone du cortex moteur primaire, on observe d'abord une suractivation de la *pénombre ischémique*, puis l'extension de cette activation aux cortex adjacents et postérieurs à la zone lésée. Ceci correspondrait à une levée de l'inhibition de l'activité de certains neurones.

- *Durant la phase précoce d'AVC* (2 à 3 premiers mois), la récupération du membre inférieur est souvent la première.

Le mécanisme de plasticité cérébrale se traduit par l'inhibition de certaines synapses. Le siège des fonctions lésées se déplace. Ainsi, la commande de la main se dirige vers l'aire de la face située plus bas.

- *Durant la phase tardive d'AVC* (jusqu'à 18 mois après l'AVC), le mécanisme de plasticité cérébrale se traduit par l'apparition de nouvelles synapses et la création de nouveaux circuits fonctionnels. La récupération de la main est en général plus lente en raison de l'étendue de son aire corticale et de sa complexité fonctionnelle.

8 | Dimorphismes sexuel et racial

Les variations morphologiques du cerveau masculin et féminin, intraraciales ou interraciales, sont insignifiantes (voir « Généralités »).

Ainsi, les mesures du corps calleux effectuées sur pièces anatomiques ou en imagerie médicale sont peu fiables pour de nombreuses raisons méthodologiques (modification post-mortem, valeur physiologique des cerveaux explorés...).

La présence de variations morphologiques toujours minimales ne permet pas d'établir une corrélation fonctionnelle certaine. D'autant plus que ce fonctionnement repose essentiellement sur la plasticité cérébrale, dont le substrat est la plasticité synaptique.

Ainsi, même si le corps calleux féminin était plus gros que celui de l'homme, avec des neurofibres plus abondantes, cela n'impliquerait pas une supériorité numérique des synapses qui évoluent dans le temps et l'espace. *Au total, aucune étude actuelle n'a montré de différences pour les performances cognitives chez l'homme et chez la femme.*

Les différences cognitives comportementales spécifiques à chaque sexe sont liées aux hormones sexuelles indispensables à la reproduction de l'espèce. Ces hormones, présentes dans les deux sexes, mais en proportions différentes, permettent le fonctionnement harmonieux et complémentaire des organes génitaux.

Le cerveau hormonal, masculin ou féminin, présente un circuit neurohormonal spécifique incluant une rétro-action des organes sexuels dont l'organogénèse relève des processus génétiques mettant en jeu de nombreux gènes.

Signalons que le rôle du gène Xq 28 décrit par Hamer en 1993 comme gène de l'homosexualité a été démenti depuis 1999.

28.6 SYSTÈME LIMBIQUE

Le système limbique décrit par Broca en 1878, sous le nom de « grand lobe limbique », regroupe l'ensemble des structures encéphaliques impliquées dans l'expression de l'émotion et du comportement (fig. 28.39).

Son substrat anatomique est constitué par :

- le lobe limbique, et principalement le cortex hippocampal;
- le corps amygdaloïde;
- les noyaux septaux et l'aire subcallosale;
- le noyau accumbens;
- le corps mamillaire, qui fait communiquer le système limbique avec le thalamus (noyaux antérieurs et dorso-médian) et la fonction réticulaire.

A | CORTEX HIPPOCAMPAL

Le cortex de l'hippocampe est en continuité avec le cortex cérébral. Il comprend l'hippocampe propre et le gyrus dentelé.

1 | Subdivisions

De nombreuses divisions ont été proposées pour le cortex hippocampal. Nous ne retiendrons que celles proposées par la Terminologie Anatomique (TA).

À partir du subiculum, on distingue cinq régions (fig. 28.40) :

- la région hippocampale propre I (CA1)⁴²;

42. CA pour corne d'Ammon.

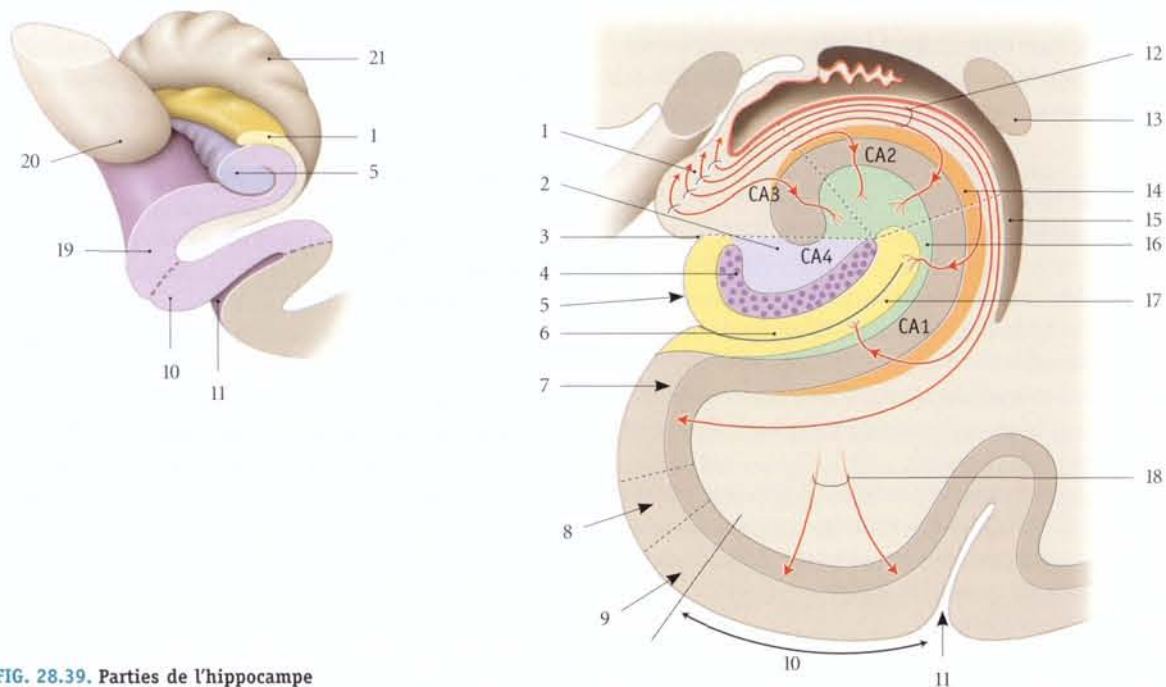


FIG. 28.39. Parties de l'hippocampe

Cartouche : niveau de la coupe

1. fimbria de l'hippocampe
2. couche multiforme
3. sillon fimbrio-dentelé
4. couche granulaire (fibres moussues)
5. gyrus dentelé
6. couche moléculaire

7. subiculum
8. présubiculum
9. parasubiculum
10. gyrus parahippocampal (aire entorhinale)
11. sillon collatéral
12. alvéus
13. queue du noyau caudé
14. couche d'orientation (oriens)

15. corne temporale du ventricule latéral
16. couche radiaire
17. couche moléculaire + substance lacunaire
18. fibres perforantes
19. hippocampe
20. uncus
21. pied de l'hippocampe

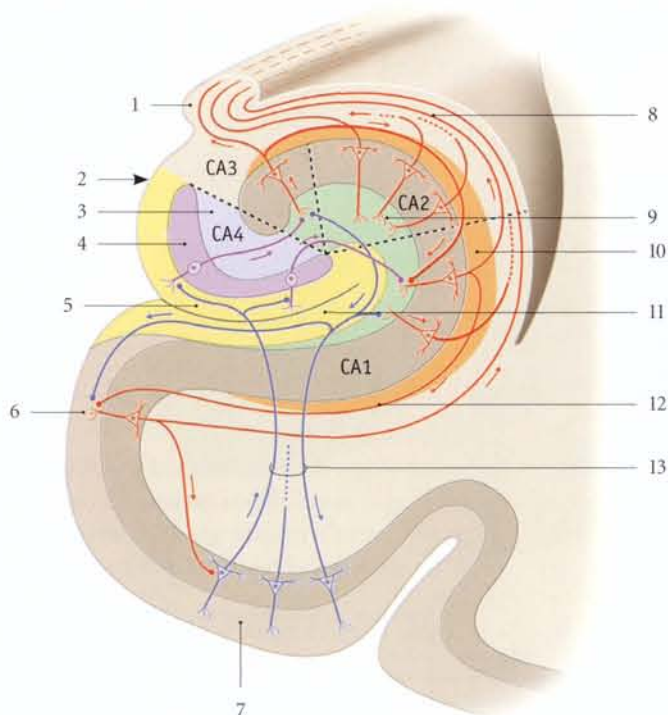


FIG. 28.40. Hippocampe : systématisation

1. fimbria de l'hippocampe
2. gyrus dentelé
3. couche multiforme
4. couche granulaire (fibre moussue)
5. couche moléculaire
6. subiculum
7. gyrus parahippocampal (aire entorhinale)
8. alvéus
9. couche radiaire
10. couche d'orientation (stratum oriens)
11. couche moléculaire et substance lacunaire
12. branches collatérales (fibre de Schaffer)
13. fibres perforantes

- la région hipocampale propre II (CA2);
- la région hipocampale propre III (CA3);
- la région hipocampale propre IV (CA4);
- le gyrus dentelé.

2 | Structure

Le gyrus hippocampal s'épaissit en allant du gyrus dentelé vers le subiculum.

a) L'hippocampe propre

Il est constitué successivement par :

- l'épendyme de la corne temporale du ventricule latéral;

- l'alvéus, formé des axones des cellules pyramidales du subiculum et de l'hippocampe propre. Ces axones convergent dans la fimbria hippocampale. Au cours de leur trajet, des axones donnent des collatérales axonales⁴³;
- la couche d'orientation (stratum oriens). Elle est formée principalement des axones des cellules pyramidales qui s'orientent vers l'alvéus. Elle contient aussi quelques interneurons et des collatérales axonales;

43. Ancien. : fibres de Schaffer.

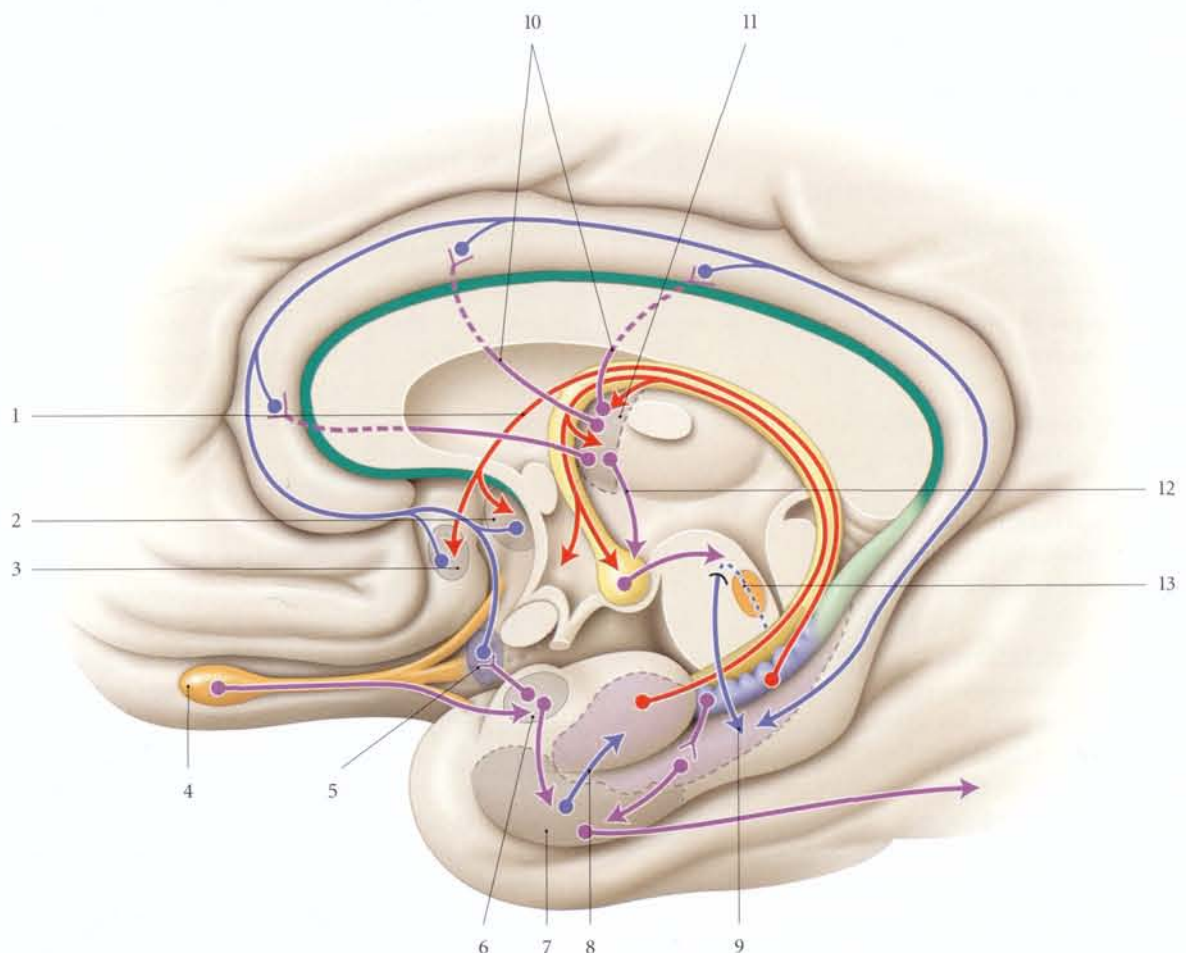


FIG. 28.41. Connexions du cortex hippocampal

- | | | |
|------------------------------------|----------------------------------|--|
| 1. faisceau précommissural | 6. corps amygdaloïde | 11. noyau ant. du thalamus |
| 2. aire septale | 7. aire entorhinale | 12. tractus mamillo-thalamique |
| 3. projection du noyau accumbens | 8. fibres perforantes | 13. noyau du raphé (formation réticulaire) |
| 4. bulbe olfactif | 9. hippocampe | |
| 5. substance innommée encéphalique | 10. radiation thalamo-cingulaire | |

- la couche pyramidale;
- la couche radiée, formée principalement des dendrites des cellules pyramidales;
- la couche moléculaire et la substance lacunaire.

b) *Le gyrus dentelé*

Sa structure moins complexe est constituée de trois couches :

- la couche moléculaire superficielle;
- la couche granulaire, constituée de grandes cellules granulaires bipolaires;
- la couche multiforme, profonde, constituée de cellules polymorphes.

B | SYSTÉMATISATION (fig. 28.41)

1 | Les neurofibres afférentes

Elles viennent :

- de l'aire septale;
- de la substance perforée antérieure;
- du cortex cingulaire;
- des noyaux du raphé;
- de l'aire entorhinal située dans les gyrus parahippocampal et latéral à l'hippocampe. Elle est adjacente au corps amygdaloïde.

2 | Les neurofibres efférentes

Elles se destinent, *via* l'alvéus, puis la fimbria et le fornix :

- au corps mamillaire;
- au noyau antérieur du thalamus;
- au noyau accumbens.

3 | Les neurofibres associatives

Elles sont nombreuses et variées.

- Les noyaux amygdaloïdes sont unis :
 - au bulbe olfactif;
 - *via* la strie terminale, aux aires septales, au thalamus, à l'hypothalamus;
 - à l'aire entorhinal.
- Le corps mamillaire est connecté au noyau antérieur du thalamus (tractus mamillo-thalamique), au tegmentum (faisceau mamillo-tegmental) et au gyrus cingulaire (radiations thalamo-cingulaires).

L'atteinte bilatérale (tel l'alcoolique chronique) des corps mamilaires provoque un syndrome amnésique avec des affabulations (syndrome de Korsakoff).

C | FONCTION

Le système limbique, par la richesse de ses connexions, est avant tout une région d'intégration qui intervient dans les phénomènes endocriniens, viscéraux et affectifs (ainsi, l'expression émotionnelle se traduit par l'élévation de la pression artérielle, la rougeur ou la pâleur...). Ces fibres associatives assurent un circuit neuronal en boucle dont le premier fut décrit en 1937 par Papez. Le « circuit de Papez » unit l'hippocampe, le fornix, qui se projette sur le corps mamillaire et l'aire septale, le noyau antérieur du thalamus, le gyrus cingulaire, le cortex entorhinal et l'hippocampe.

Cette théorie expliquerait le syndrome de Klüver-Bucy.

En effet, ce syndrome, caractérisé par une cécité psychique (agnosie visuelle), une hyperphasie, une docilité et une hypersexualité, s'observe lors de l'exérèse bilatérale de la partie antérieure des lobes temporaux avec les corps amygdaloïdes.

Sa destruction bilatérale entraîne la perte de la mémorisation des événements récents.

Par ailleurs le seuil d'excitation très bas de ses neurones explique la facilité avec laquelle l'hippocampe provoque des convulsions.

Par ses connexions avec l'aire entorhinal, qui reçoit les fibres olfactives, visuelles, auditives, somesthésiques et motrices, le système limbique constitue un élément important pour la fonction de mémorisation.

- L'hippocampe est la structure la plus épileptogène de l'encéphale.
- Les atteintes s'accompagnent d'hallucinations olfactives et de mouvements oraux.
- L'atrophie sénile du lobe limbique se traduit par la forme limbique de la maladie d'Alzheimer (voir Chapitre 27).

28.7 RHINENCÉPHALE

Le rhinencéphale est l'ensemble des structures de l'encéphale concernées essentiellement par la réception et l'intégration des influx olfactifs (voir « Nerfs olfactifs ») (fig. 28.42).

Outre le lobe limbique, il comprend :

- le bulbe et les tractus olfactifs ;
- le noyau olfactif antérieur ;
- les stries olfactives et les gyrus olfactifs ;
- le trigone olfactif, la substance perforée antérieure, la bandelette diagonale, l'aire subcallose et le septum précommissural ;

- le lobe piriforme ;
- le corps amygdaloïde ;
- l'indusium gris ;
- le fornix ;
- la strie terminale.

Très développé chez certains animaux, le rhinencéphale est réduit morphologiquement et fonctionnellement chez l'homme, certaines structures perdant leur valeur olfactive (voir Nerfs olfactifs).

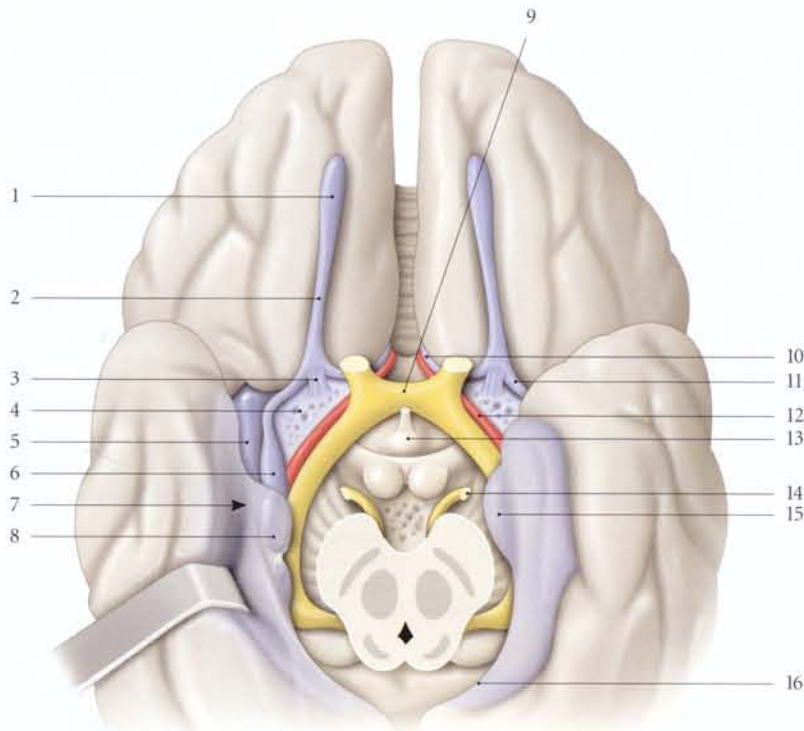


FIG. 28.42. Structures olfactives de la base du cerveau entourant le chiasma optique

- | | |
|----------------------------|----------------------------------|
| 1. bulbe olfactif | 9. chiasma optique |
| 2. tractus olfactif | 10. strie olfactive médiale |
| 3. trigone olfactif | 11. strie olfactive latérale |
| 4. substance perforée ant. | 12. bandelette diagonale (Broca) |
| 5. gyrus ambiens | 13. tuber cinéreum |
| 6. gyrus semi-lunaire | 14. n. oculomoteur |
| 7. aire entorhinale | 15. gyrus parahippocampal |
| 8. uncus | 16. sillon de l'hippocampe |

28.8 COUPES TRANSVERSALES DE L'ENCÉPHALE

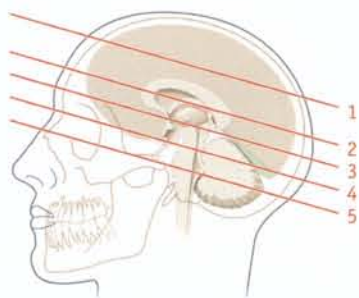


FIG. 28.43. Niveaux des coupes transversales de l'encéphale

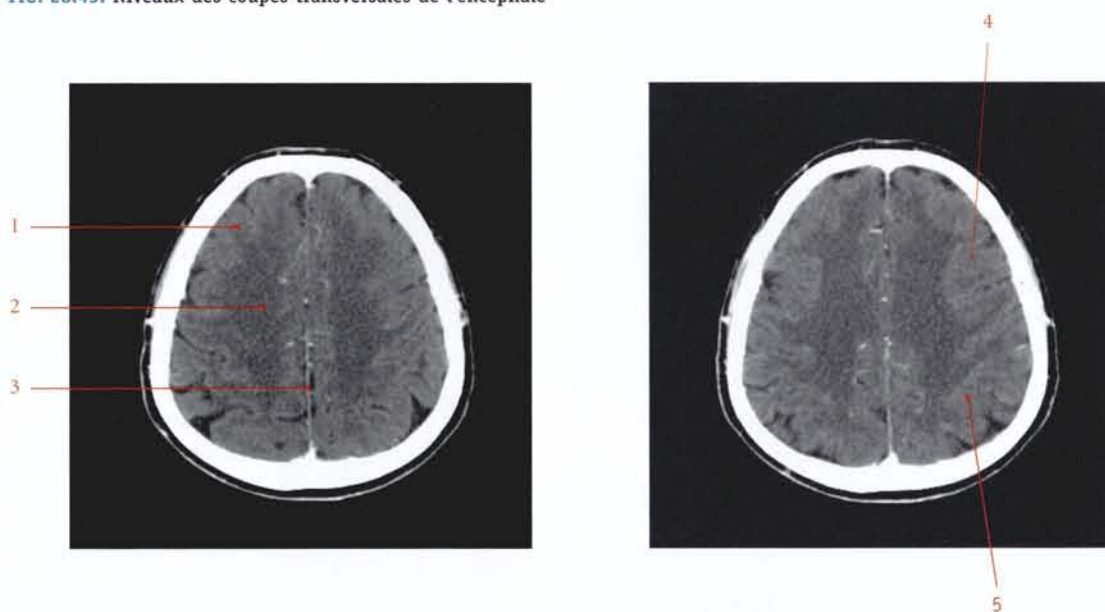


FIG. 28.44. Coupes axiales transversales de la tête : niveau 1.
IRM - gadolinium (clichés Dr Th. Diesce)

1. substance grise (cortex)
2. substance blanche (centre semi-ovale)
3. faux du cerveau
4. lobe frontal
5. lobe pariétal
6. a. cérébrale ant.



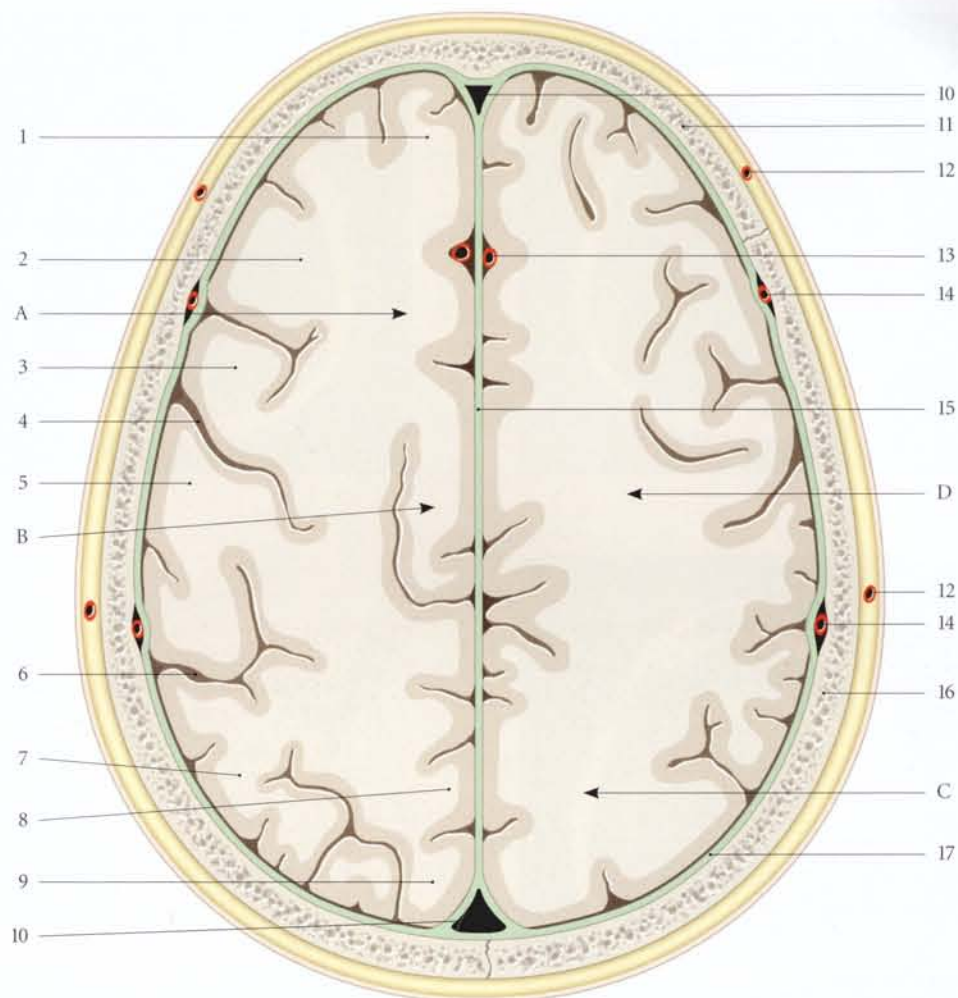


FIG. 28.45. Coupe transversale 1 de la tête

- | | | |
|------------------------|-------------------------|--|
| A. lobe frontal | 4. sillon central | 11. os frontal |
| B. lobe cingulaire | 5. gyrus postcentral | 12. a. temporale superficielle (r. pariétal) |
| C. lobe pariétal | 6. sillon postcentral | 13. a. cérébrale ant. (r. frontal) |
| D. corona radiata | 7. lobule pariétal sup. | 14. a. méningée moyenne (r. pariétal) |
| 1. gyrus frontal sup. | 8. précunéus | 15. faux du cerveau |
| 2. gyrus frontal moyen | 9. cunéus | 16. os pariétal |
| 3. gyrus précentral | 10. sinus sagittal sup. | 17. dure-mère |

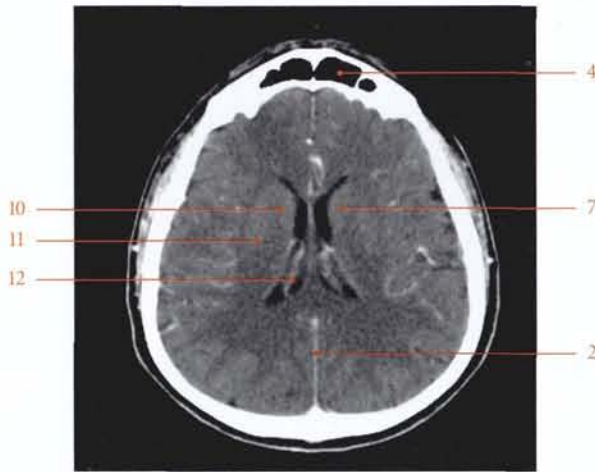
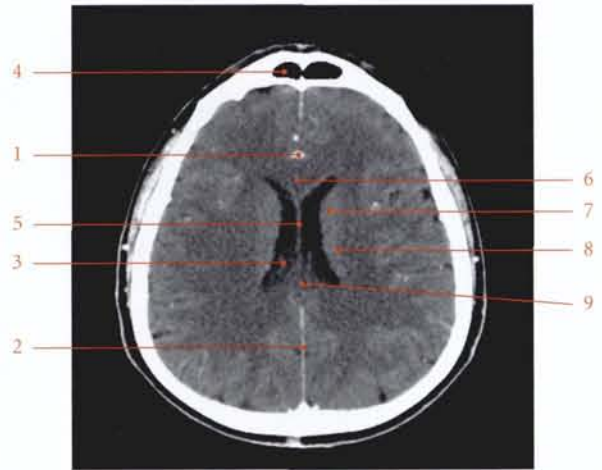
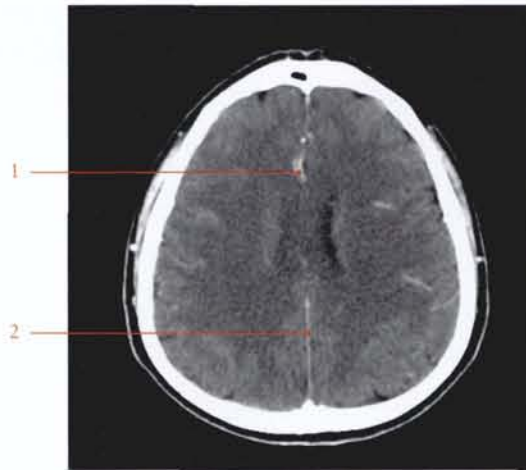


FIG. 28.46. Coupes axiales transversales de la tête : niveau 2. IRM – gadolinium (clichés Dr Th. Diesce)

1. a. cérébrale ant.
2. faux du cerveau
3. ventricule latéral
4. sinus frontal
5. septum pellucidum
6. genou du corps calleux
7. tête du noyau caudé
8. thalamus
9. splénium du corps calleux
10. capsule interne
11. noyau lentiforme
12. plexus choroïde du ventricule latéral

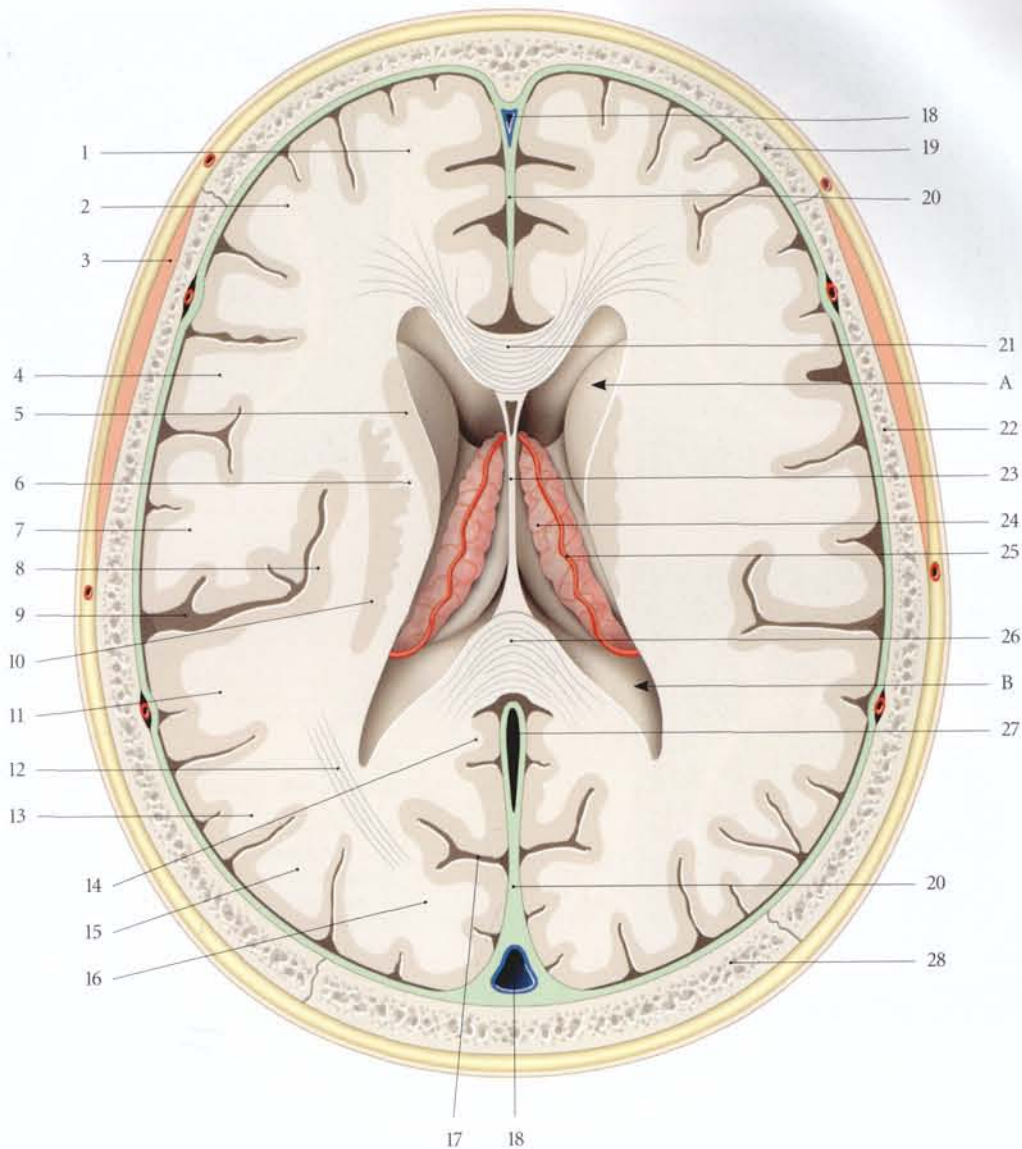


FIG. 28.47. Coupe transversale 2 de la tête (coupe de Flechsig) (d'après J.G. Koritké et H. Sick)

- | | | |
|---|------------------------------|---|
| A. corne frontale du ventricule latéral | 9. sillon latéral | 19. os frontal |
| B. corne occipitale du ventricule latéral | 10. putamen | 20. faux du cerveau |
| 1. gyrus frontal sup. | 11. gyrus postcentral | 21. genou du corps calleux |
| 2. gyrus frontal moyen | 12. radiations optiques | 22. os pariétal |
| 3. m. temporal | 13. gyrus supramarginal | 23. septum pellucidum |
| 4. gyrus frontal inf. | 14. gyrus cingulaire | 24. plexus choroïde du ventricule latéral |
| 5. corps du noyau caudé | 15. gyrus angulaire | 25. v. terminale (ou v. thalamo-striée) |
| 6. capsule interne | 16. cunéus | 26. splénium du corps calleux |
| 7. gyrus précentral | 17. sillon pariéto-occipital | 27. sinus sagittal inf. |
| 8. insula | 18. sinus sagittal sup. | 28. os occipital |



FIG. 28.48. Coupes axiales transversales de la tête : niveau 3. IRM – gadolinium (clichés Dr Th. Diesce)

1. sinus frontal
2. a. périlcallose
3. faux du cerveau
4. noyau lentiforme
5. capsule interne
6. thalamus
7. bulbe de l'œil
8. 3^e ventricule
9. sinus droit

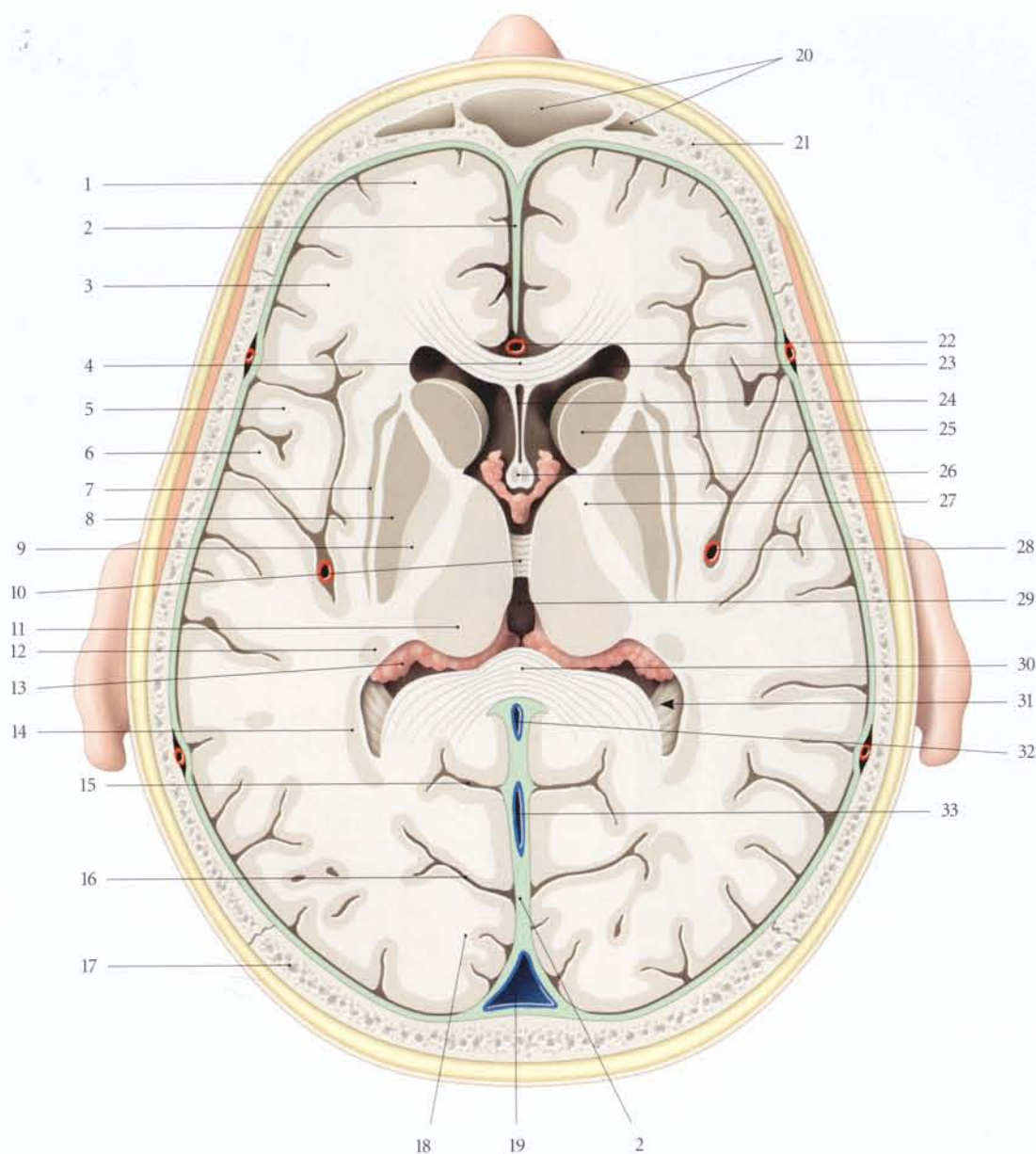


FIG. 28.49. Coupe transversale 3 de la tête (coupe de Flechsigs) (d'après J.G. Koritké et H. Sick)

- | | | |
|-------------------------------|------------------------------|--|
| 1. gyrus frontal sup. | 12. queue du noyau caudé | 23. corne frontale du ventricule latéral |
| 2. faux du cerveau | 13. glomus carotidien | 24. septum pellucidum |
| 3. gyrus frontal moyen | 14. tapétum du corps calleux | 25. tête du noyau caudé |
| 4. genou du corps calleux | 15. sillon calcarin | 26. colonnes du fornix |
| 5. gyrus frontal inf. | 16. sillon pariéto-occipital | 27. capsule interne |
| 6. gyrus précentral | 17. os occipital | 28. a. cérébrale moyenne |
| 7. claustrum | 18. cunéus | 29. 3 ^e ventricule |
| 8. putamen | 19. sinus sagittal sup. | 30. splénium du corps calleux |
| 9. globus pallidus | 20. sinus frontal | 31. corne occipitale du ventricule latéral |
| 10. adhérence interthalamique | 21. os frontal | 32. grande veine du cerveau |
| 11. thalamus | 22. a. péricalluse | 33. sinus droit |

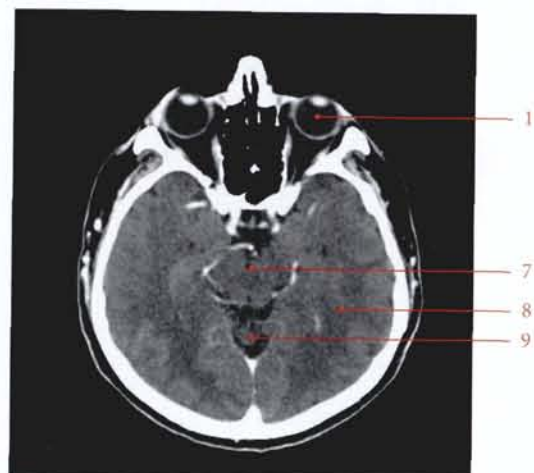
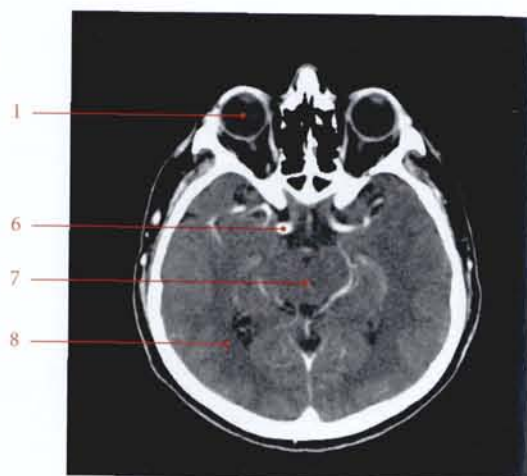
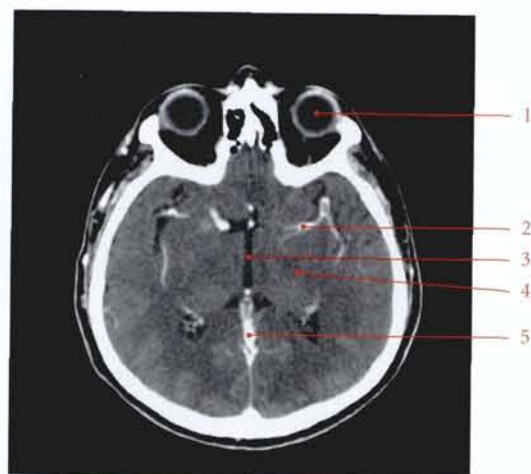


FIG. 28.50. Coupes axiales transversales de la tête : niveau 4. IRM – gadolinium (clichés Dr Th. Diesce)

1. bulbe de l'œil
2. a. cérébrale moyenne
3. 3^e ventricule
4. thalamus
5. grande v. du cerveau
6. a. carotide interne
7. tronc encéphalique
8. hémisphère cérébral
9. vermis du cervelet

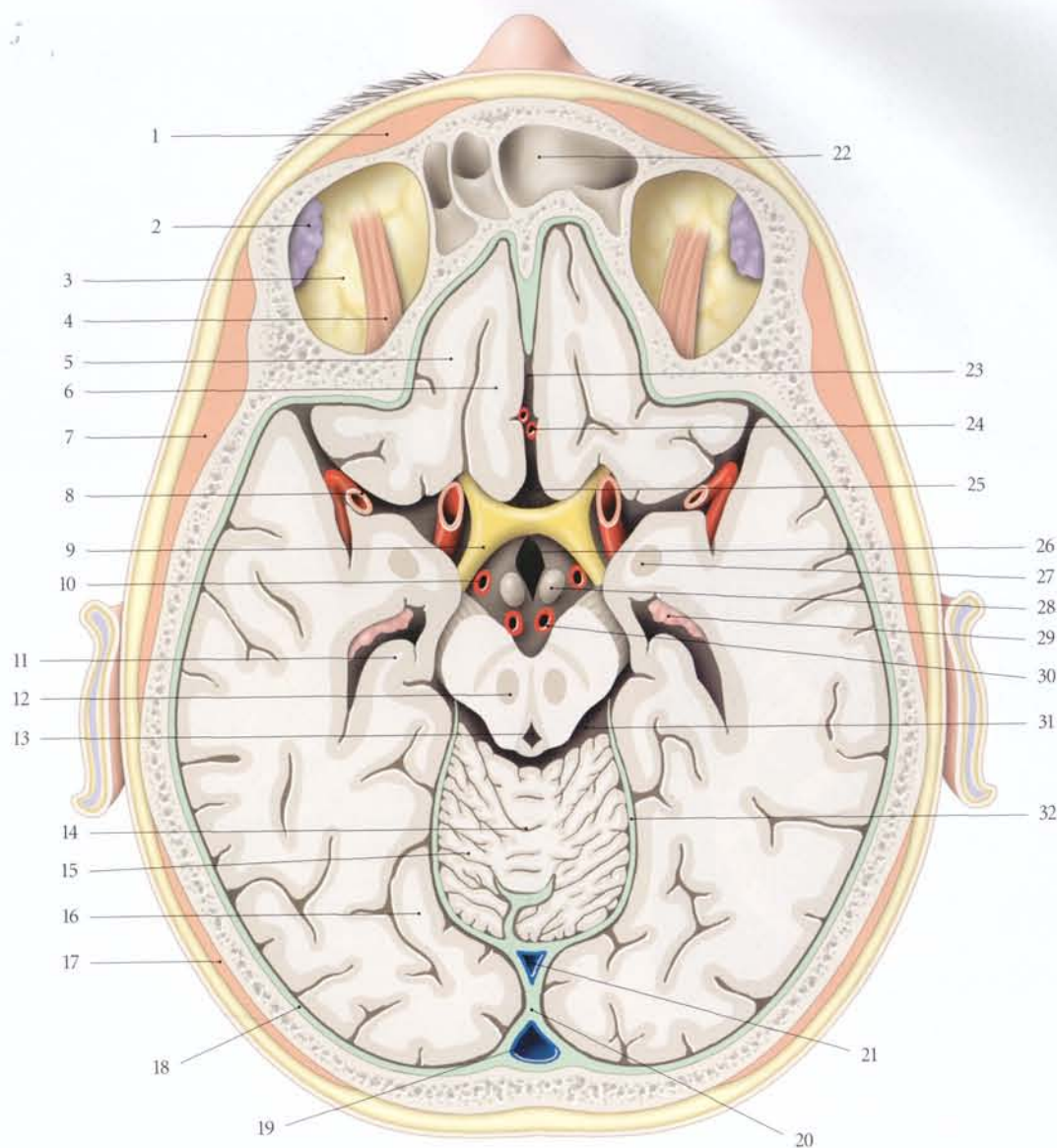


FIG. 28.51. Coupe transversale 4 de la tête (d'après J.G. Koritké et H. Sick)

- | | | |
|---|------------------------------------|---|
| 1. m. orbiculaire de l'œil | 12. noyau rouge | 23. fissure longitudinale du cerveau |
| 2. glande lacrymale | 13. aqueduc cérébral | 24. a. cérébrale ant. (r. frontal) |
| 3. corps adipeux de l'orbite | 14. vermis | 25. a. carotide interne |
| 4. m. droit sup. | 15. hémisphère cérébelleux | 26. 3 ^e ventricule |
| 5. gyrus droit | 16. gyrus occipito-temporal médial | 27. corps amygdaloïde |
| 6. gyrus orbitaire | 17. m. occipito-frontal | 28. corps mamillaire |
| 7. m. temporal | 18. dure-mère de l'encéphale | 29. plexus choroïde du ventricule latéral |
| 8. sillon latéral et a. cérébrale moyenne | 19. sinus sagittal sup. | 30. a. cérébrale post. |
| 9. tractus optique | 20. faux du cerveau | 31. citerne ambiante |
| 10. a. communicante post. | 21. sinus droit | 32. tente du cervelet |
| 11. pied de l'hippocampe | 22. sinus frontal | |

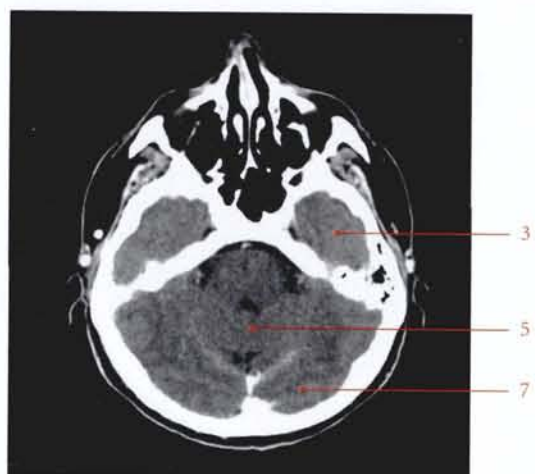
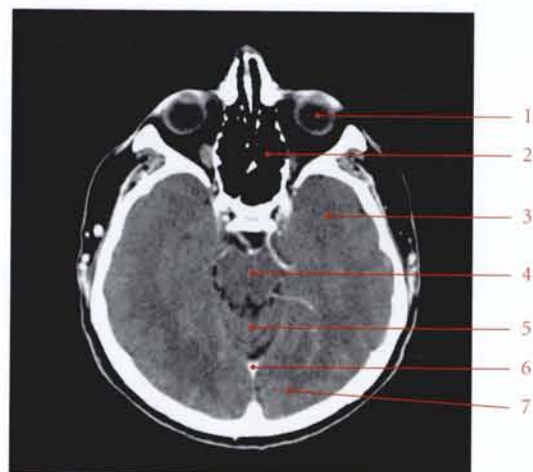


FIG. 28.52. Coupes axiales transversales de la tête : niveau 5. IRM – gadolinium (clichés Dr Th. Diesce)

1. bulbe de l'œil
2. fosse nasale
3. lobe temporal
4. tronc encéphalique
5. lobe ant. du cerveau
6. sinus droit
7. lobe occipital

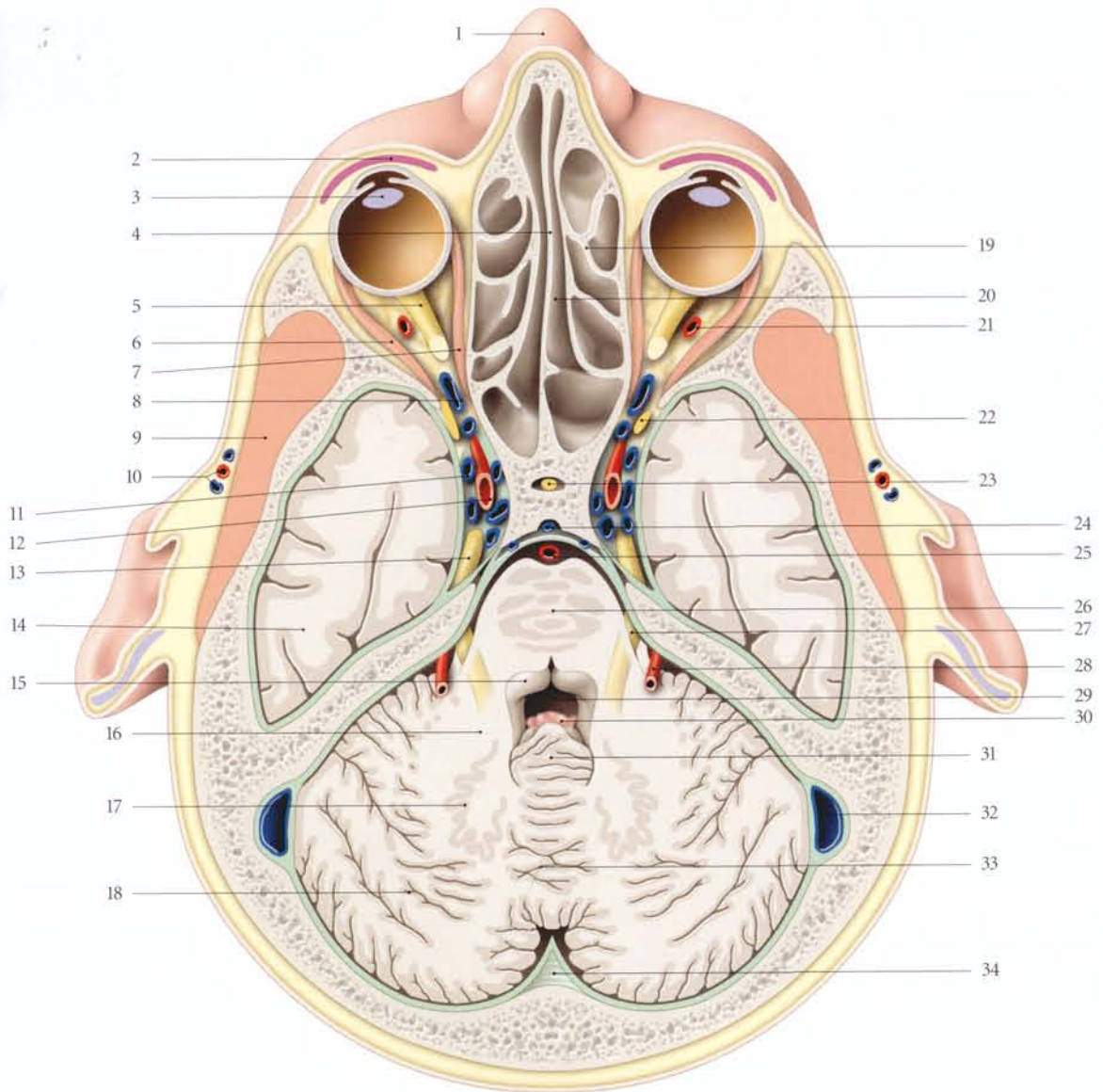


FIG. 28.53. Coupe transversale 5 de la tête (d'après J.G. Koritké et H. Sick)

- | | | | |
|------------------------|--|----------------------------|---|
| 1. dos du nez | 10. a. et v. temporales superficielles | 19. labyrinthe ethmoïdal | 28. v. pétreuse sup. |
| 2. tarse sup. | 11. sinus caverneux | 20. cavité nasale | 29. 4 ^e ventricule |
| 3. cristallin | 12. a. carotide int. | 21. a. ophtalmique | 30. toile choroïdienne du 4 ^e ventricule |
| 4. septum nasal | 13. ganglion trigéminal | 22. n. oculomoteur | 31. nodule |
| 5. n. optique | 14. gyrus temporal moyen | 23. péduncule hypophysaire | 32. sinus transverse |
| 6. m. droit latéral | 15. éminence médiale | 24. plexus basilaire | 33. vermis |
| 7. m. droit médial | 16. péduncule cérébelleux moyen | 25. a. basilaire | 34. faux du cervelet |
| 8. v. ophtalmique sup. | 17. noyau dentelé | 26. pont | |
| 9. m. temporal | 18. hémisphère cérébelleux | 27. n. trijumeau | |

29 Ventricules encéphaliques

Les ventricules encéphaliques forment un ensemble de cavités situées à l'intérieur de l'encéphale et remplies de liquide cérébro-spinal.

Ces cavités comprennent : le quatrième ventricule, le troisième ventricule et les ventricules latéraux droit et gauche.

Elles communiquent entre elles et avec l'espace subarachnoïdien et le canal central de la moelle spinale.

Elles sont tapissées d'un épithélium, l'*épendyme* (fig. 29.1) (voir Chapitre 3).

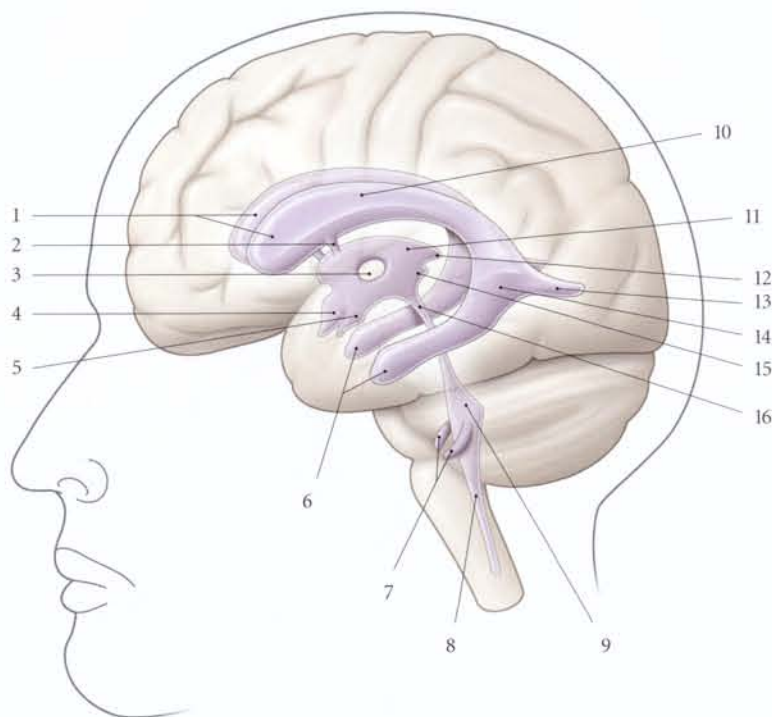


FIG. 29.1. Ventricules de l'encéphale (vue latérale d'un moulage)

1. corne du ventricule latéral
2. foramen interventriculaire
3. adhérence interthalamique
4. récessus optique
5. récessus infundibulaire
6. corne temporale du ventricule latéral
7. récessus latéral
8. canal central

9. 4^e ventricule
10. corps du ventricule latéral
11. 3^e ventricule
12. récessus suprapinéal
13. corne occipitale du ventricule latéral
14. partie centrale du ventricule latéral
15. récessus pinéal
16. aqueduc cérébral

29.1 QUATRIÈME VENTRICULE

Cette cavité de l'encéphale est comprise entre le tronc encéphalique et le cervelet.

Son extrémité supérieure communique avec l'*aqueduc cérébral*¹, et son extrémité inférieure se prolonge avec le canal central.

De forme oblongue à grand axe vertical, il mesure 35 mm de hauteur et 16 mm de largeur. Il est incliné et forme un angle de 10° avec la verticale.

1. Ancien. : aqueduc de Sylvius.

Il présente une paroi antérieure, la fosse rhomboïde, et une paroi postérieure, le toit ou tegmen du 4^e ventricule.

A | FOSSE RHOMBOÏDE (fig. 29.2)

Elle est de forme losangique et constituée par les faces postérieures du pont et de la moitié supérieure du bulbe.

Le *sillon médian* sépare longitudinalement la fosse rhomboïde en deux parties symétriques, droite et gauche.

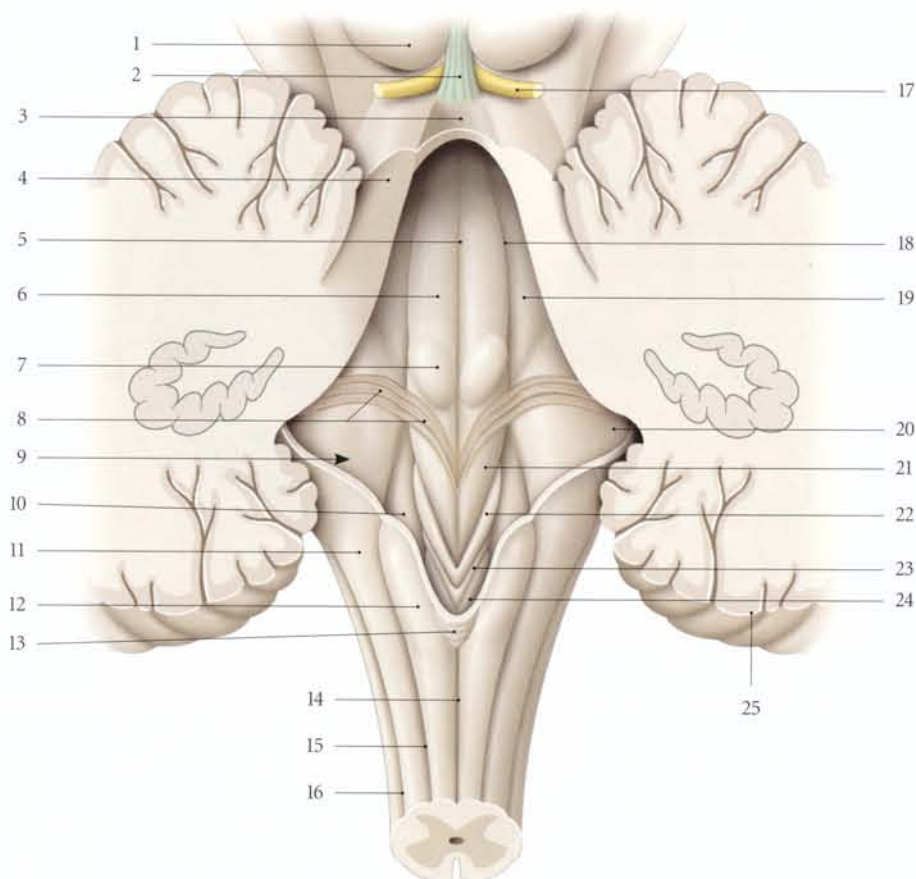


FIG. 29.2. Fosse rhomboïde ouverte (vue postérieure)

- | | | | |
|-----------------------------------|--------------------------------|---|-------------------------|
| 1. colliculus inférieur | 8. stries médullaires | 15. sillon intermédiaire post. | 22. trigone du n. vague |
| 2. frein du voile médullaire sup. | 9. aire vestibulaire | 16. sillon postéro-latéral | 23. cordon séparant |
| 3. voile médullaire ant. | 10. fossette inférieure | 17. n. trochléaire | 24. aréa postrema |
| 4. pédoncule cérébelleux sup. | 11. pédoncule cérébelleux inf. | 18. sillon limitant | 25. cervelet |
| 5. sillon médian | 12. tubercule gracile | 19. fossette supérieure | |
| 6. éminence médiale | 13. obex | 20. récessus latéral du 4 ^e ventricule | |
| 7. colliculus facial | 14. sillon médian post. | 21. trigone du n. hypoglosse | |

Du tiers inférieur du sillon médian partent trois à cinq cordons nerveux transversaux et arciformes, les *stries médullaires* du 4^e ventricule, qui surcroisent le *trigone du nerf hypoglosse*. Elles convergent vers le *récessus latéral* du 4^e ventricule.

La projection des noyaux des nerfs crâniens situés dans le tronc encéphalique peut être identifiée grâce aux structures de la fosse rhomboïde (voir Chapitre 5).

1 | L'éminence médiale

C'est une saillie longitudinale limitée médialement par le sillon médian et latéralement par le *sillon limitant* qui la sépare des *fossettes supérieure et inférieure*.

L'*éminence médiale* présente deux proéminences :

- le *colliculus facial*, situé juste au-dessus des *stries médullaires*;
- le *trigone du nerf hypoglosse*, moins saillant (fig. 29.3).

2 | La fossette supérieure

Elle est latérale au *colliculus facial* et la *fossette inférieure*, au *trigone hypoglosse*.

3 | Le trigone du nerf vague (ou trigone vagal)

Cette saillie est inférieure au *trigone du nerf hypoglosse* et à la *fossette inférieure*.

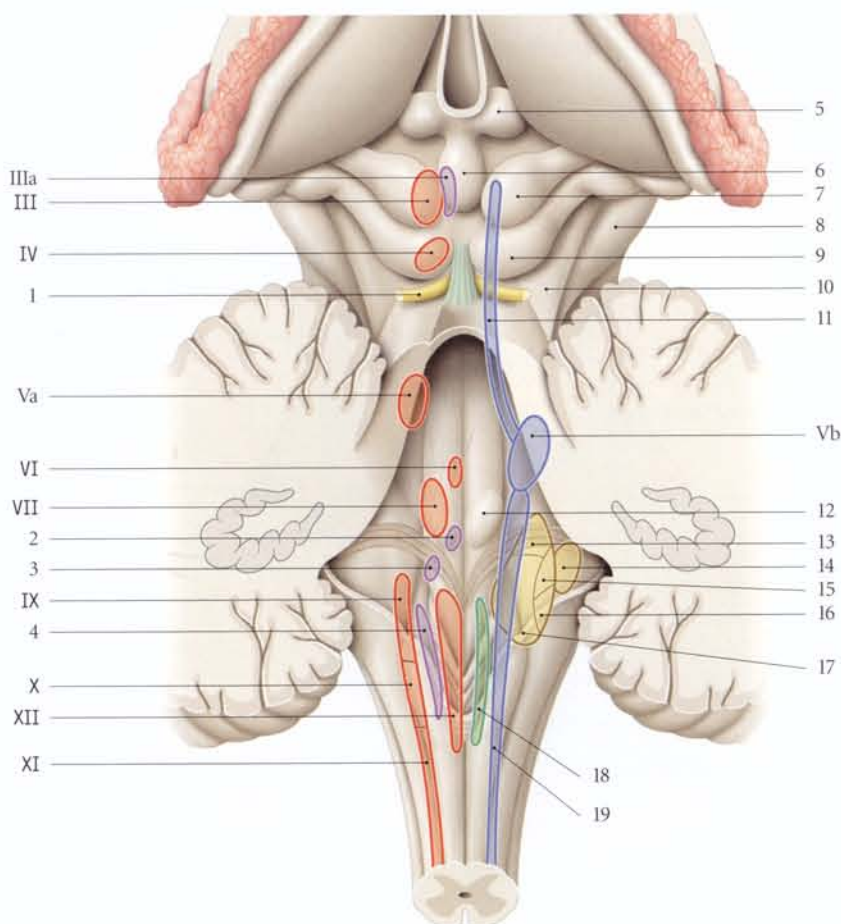


FIG. 29.3. Projection des noyaux des nerfs crâniens sur la face postérieure du tronc cérébral

IIIa. noyau oculomoteur accessoire

Va. noyau moteur du V

Vb. noyau principal du V

1. nerf trochléaire

2. noyau salivaire sup.

3. noyau salivaire inf.

4. noyau dorsal du vague

5. trigone habénulaire

6. glande pinéale

7. colliculus sup.

8. pédoncule cérébral

9. colliculus inf.

10. trigone lemniscal

11. tractus et noyau mésencéphaliques du n. trijumeau

12. colliculus facial

13. partie sup. du noyau vestibulaire

14. noyau cochléaire

15. partie latérale du noyau vestibulaire

16. partie inf. du noyau vestibulaire

17. partie médiale du noyau vestibulaire

18. noyau du tractus solitaire

19. tractus spinal et noyau spinal du n. trijumeau

4 | L'aire vestibulaire

Latérale aux fossettes supérieure et inférieure, elle s'étend jusqu'au récessus latéral du 4^e ventricule.

5 | L'aréa postréma

C'est la région triangulaire séparée du trigone vagal par le cordon séparant (colliculus separans). Cette extrémité inférieure de la fosse rhomboïde, riche en tissu glial, est très vascularisée.

6 | L'obex

Il constitue l'extrémité inférieure de la fosse rhomboïde. Il est formé d'une substance grise.

B | TOIT DU QUATRIÈME VENTRICULE

En forme de toit, il présente deux versants triangulaires formés par les voiles médullaires supérieur et inférieur (fig. 29.4).

1 | Le voile médullaire supérieur²

C'est une lamelle de substance blanche triangulaire tendue entre les pédoncules cérébelleux supérieurs droit et gauche. Il adhère à la lingula du cervelet.

Son sommet se prolonge par un cordon, le *frein du voile médullaire supérieur*.

Celui-ci sépare l'émergence des nerfs trochléaires (IV).

2 | Le voile médullaire inférieur³

C'est une lamelle épithéliale tendue entre les pédoncules cérébelleux inférieurs.

Il adhère au flocculus et au nodule du vermis.

Sa partie inférieure se prolonge avec la toile choroïdienne du 4^e ventricule.

2. Ancien. : valvule de Vieussens.

3. Ancien. : valvule de Tarin.

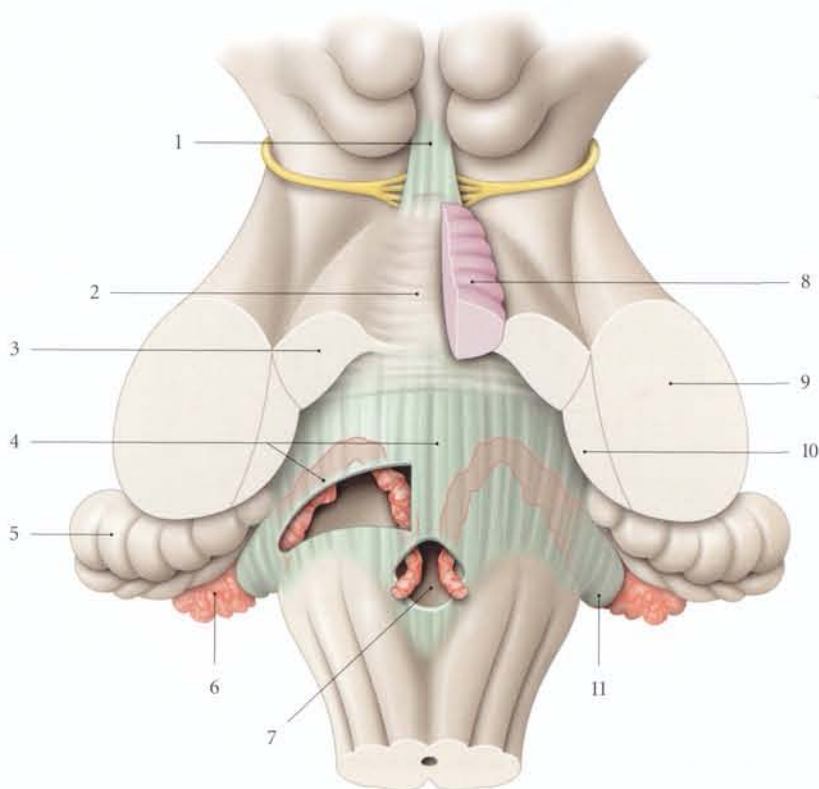


FIG. 29.4. Toit de la fosse rhomboïde

1. frein du voile médullaire sup.
2. voile médullaire sup.
3. pédoncule cérébelleux sup.
4. voile médullaire inf. partiellement ouvert

5. flocculus
6. plexus choroïde du 4^e ventricule
7. ouverture médiane du 4^e ventricule
8. lingula sectionnée

9. pédoncule cérébelleux moyen
10. pédoncule cérébelleux inf.
11. récessus latéral du 4^e ventricule

Elle est percée de l'ouverture médiane du 4^e ventricule⁴ qui fait communiquer ce ventricule avec la citerne cérébello-médullaire postérieure.

3 | La toile choroïdienne du quatrième ventricule

C'est une partie de la pie-mère contenant les plexus choroïdes du 4^e ventricule.

Ces plexus choroïdes pairs sont constitués de grappes de villosité vasculaire entourées de tissu épendymaire. Chaque plexus choroïde est une guirlande vasculaire formée d'une barre verticale médiane et d'une barre transversale qui rejoint le récessus latéral du 4^e ventricule. Il sort par l'ouverture latérale de ce ventricule.

Ces plexus s'insinuent entre le voile médullaire inférieur et le cervelet.

C | OUVERTURE LATÉRALE DU QUATRIÈME VENTRICULE⁵

Elle fait communiquer le récessus latéral du 4^e ventricule avec la citerne cérébello-médullaire latérale. Elle est partiellement traversée par le plexus choroïde du 4^e ventricule.

4. Ancien. : trou de Magendie.

5. Ancien. : trou de Luschka, de Retzius.

29.2 AQUEDUC DU MÉSENCÉPHALE⁶

C'est un canal du mésencéphale qui communique par son extrémité inférieure avec le 4^e ventricule, et par son extrémité supérieure, avec le 3^e ventricule. Il dérive de la cavité mésencéphalique de l'embryon.

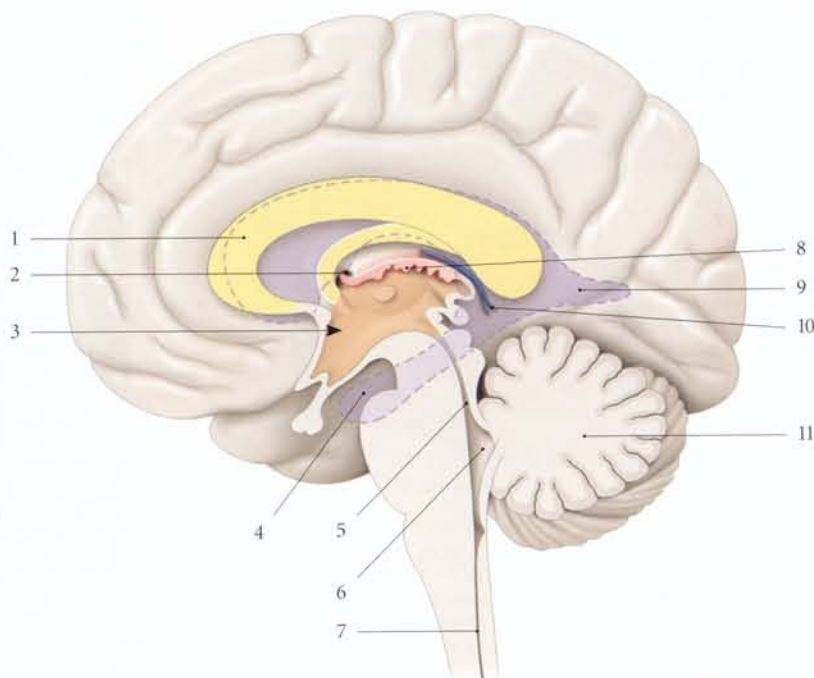
Il est étroit et mesure 15 à 20 mm de longueur et 1,5 mm de diamètre (fig. 29.5).

Son obstruction intérieure ou externe par une tumeur adjacente (*exemple* : tumeur du corps pinéal) est responsable d'hydrocéphalie (voir fig. 26.12).

6. Syn. : aqueduc cérébral. Ancien. : aqueduc de Sylvius.

FIG. 29.5. Rapports médiaux du ventricule latéral

1. corps calleux
2. foramen intervertébral
3. paroi latérale du ventricule latéral
4. corne temporale du ventricule latéral
5. aqueduc cérébral
6. 4^e ventricule
7. canal central
8. toile et plexus choroïdes
9. corne occipitale du ventricule latéral
10. v. cérébrale interne
11. cervelet



29.3 TROISIÈME VENTRICULE⁷

Cette cavité impaire et médiane du diencephale communique avec les ventricules latéraux par les foramens interventriculaires, et avec le 4^e ventricule par l'aqueduc cérébral (fig. 29.6).

A | PAROIS DU TROISIÈME VENTRICULE

De forme conique aplatie, il présente deux parois latérales et une base supérieure, un toit, un plancher, et deux bords, antérieur et postérieur.

1 | Le toit

Il est formé d'une couche d'épendyme tendue entre le bord supérieur des parois latérales. Il est recouvert par la toile choroïdienne du 3^e ventricule (fig. 29.7).

2 | Le plancher

Il forme un angle dièdre à sommet inférieur. Il est constitué de bas en haut de l'infundibulum, du tuber cinéreum, du chiasma optique, des corps mamillaires, de la substance perforée postérieure et du tegmentum des pédoncules cérébraux.

3 | Le bord antérieur

Il est constitué par la lame terminale.

4 | Le bord postérieur

Il est constitué par le corps pinéal, la commissure postérieure et l'aqueduc cérébral.

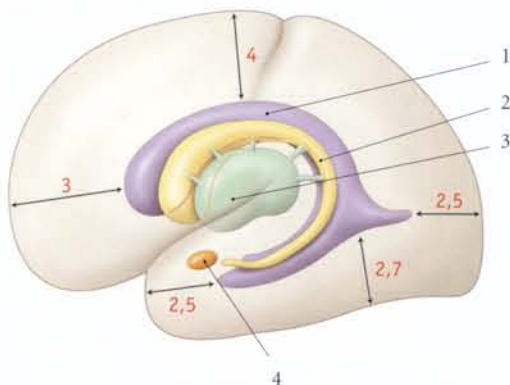


FIG. 29.6. Ventricule latéral (moyenne des distances en cm)

- | | |
|-----------------------|----------------------|
| 1. ventricule latéral | 3. noyau lentiforme |
| 2. noyau caudé | 4. corps amygdaloïde |

5 | Les parois latérales

Chaque paroi latérale est formée par la face médiale des deux tiers antérieurs du thalamus et par l'hypothalamus. Ses parois sont souvent unies entre elles par l'adhérence interthalamique.

B | CAVITÉ DU TROISIÈME VENTRICULE

Elle est remplie de liquide cérébro-spinal qui circule des ventricules latéraux au 4^e ventricule. Elle présente de nombreux récessus :

- le *récessus optique*, situé au-dessus du chiasma optique;
- le *récessus infundibulaire*, situé dans le pédoncule hypophysaire;
- le *récessus pinéal*, situé en avant de la glande pinéale entre les commissures habénulaire et épithalamique postérieure;
- le *récessus suprapinéal*, situé au-dessus de la glande pinéale.

7. Ancien : ventricule moyen.

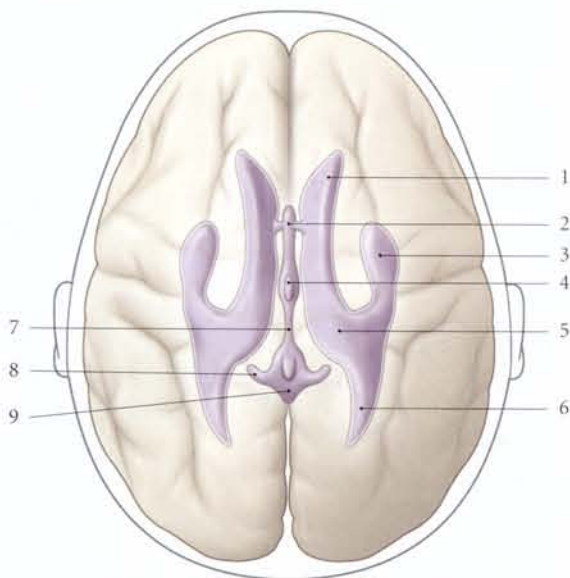


FIG. 29.7. Ventricules latéraux (vue supérieure)

- | | |
|--|--|
| 1. corne frontale | 6. corne occipitale |
| 2. foramen interventriculaire | 7. aqueduc cérébral |
| 3. corne temporale | 8. récessus latéral du 4 ^e ventricule |
| 4. 3 ^e ventricule | 9. 4 ^e ventricule |
| 5. partie centrale du ventricule latéral | |

29.4 VENTRICULES LATÉRAUX

Cavité paire et symétrique, chaque ventricule latéral est situé dans la partie inférieure et médiale d'un hémisphère cérébral.

Les ventricules latéraux droit et gauche sont séparés par le septum pellucidum et communiquent avec le 3^e ventricule par les foramens interventriculaires.

Il est dans son ensemble arciforme, à concavité antéro-inférieure. Il circonscrit le thalamus.

Chaque ventricule latéral est une cavité irrégulière comprenant une partie centrale et trois diverticules, les cornes frontale, occipitale et temporale.

A | PARTIE CENTRALE DU VENTRICULE LATÉRAL⁸

Partie moyenne du ventricule latéral, elle répond au thalamus et au noyau caudé. Elle est aplatie de haut en bas et contient une partie du plexus choroïde du ventricule latéral.

1 | La paroi supérieure

Concave en bas, elle est formée de la face inférieure du tronc du corps calleux.

2 | La paroi inférieure ou plancher

Elle est constituée des faces supérieures du corps calleux et du thalamus que sépare la strie terminale.

8. Ancien. : corps du ventricule latéral.

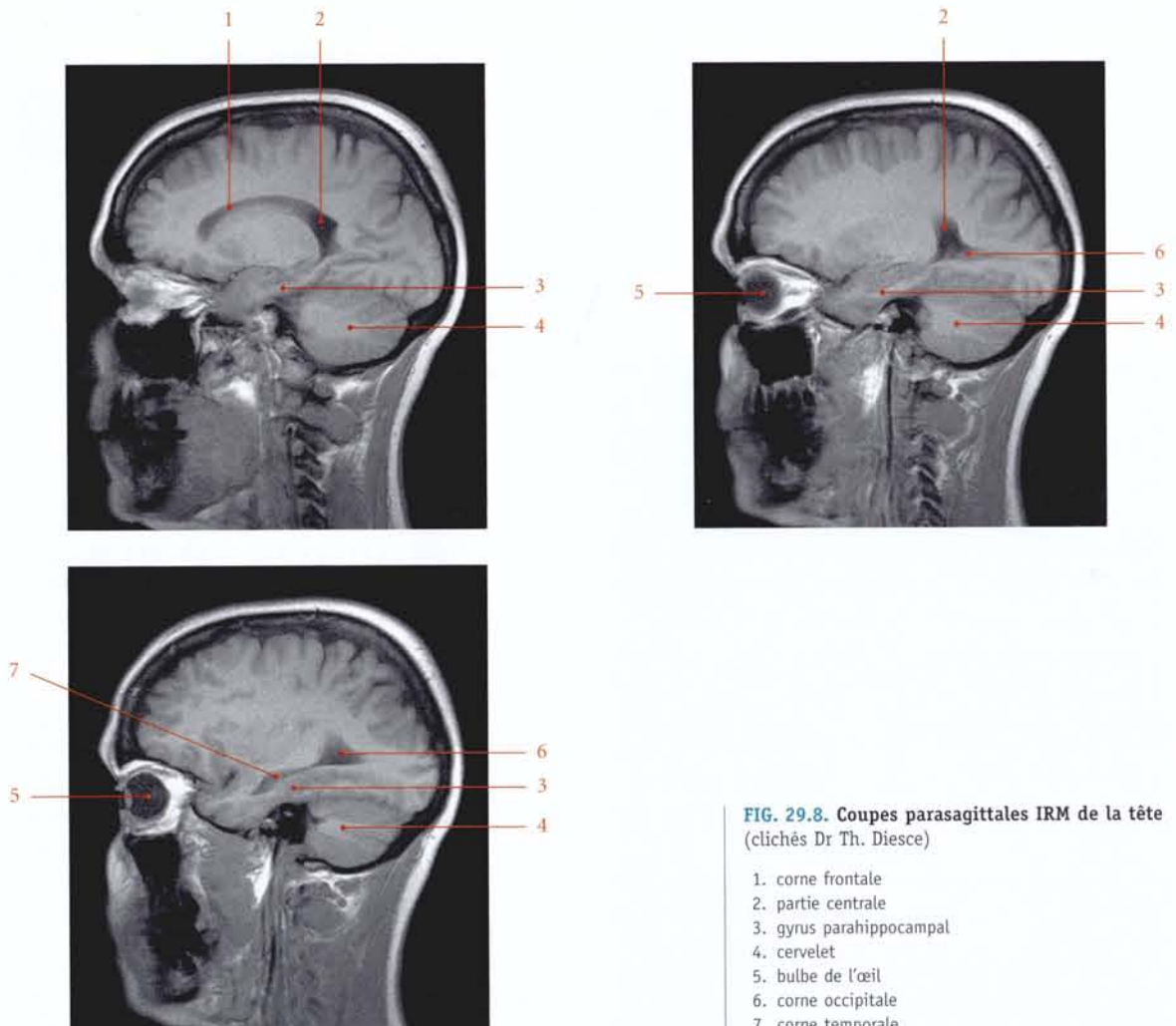


FIG. 29.8. Coupes parasagittales IRM de la tête (clichés Dr Th. Diesce)

1. corne frontale
2. partie centrale
3. gyrus parahippocampal
4. cervelet
5. bulbe de l'œil
6. corne occipitale
7. corne temporale

3 | Le bord médial

Il présente en avant le foramen interventriculaire, qui mesure environ 6 à 8 mm de diamètre. Il est situé entre une colonne du fornix et le thalamus. À ce niveau se continuent les plexus choroïdiens du 3^e ventricule et du ventricule latéral.

4 | Le bord latéral

Il répond à l'union du corps calleux et de la partie latérale du noyau caudé.

B | CORNE FRONTALE⁹ DU VENTRICULE LATÉRAL (fig. 29.9)

Partie antérieure d'un ventricule latéral, elle est située dans un lobe frontal.

Elle prolonge la partie centrale du ventricule en avant du foramen interventriculaire.

C'est une pyramide triangulaire présentant trois faces, supérieure, inférieure et médiale, et un apex.

- *Sa face supérieure* est constituée par la face inférieure du genou du corps calleux.
- *Sa face inférieure* est formée par la tête du noyau caudé et la face supérieure du rostrum du corps calleux.
- *Sa face médiale* est constituée du septum pellucidum et de la colonne du fornix.
- *Son apex* est situé à 3 cm du pôle frontal.

C | CORNE TEMPORALE¹⁰ DU VENTRICULE LATÉRAL

Partie inférieure d'un ventricule latéral, elle est située dans un lobe temporal.

Longue et arciforme, elle contourne l'extrémité postérieure du thalamus pour se diriger en bas et en avant jusqu'à 2,5 cm du pôle temporal.

- *Sa face supérieure* est formée par la face inférieure du corps calleux et la queue du noyau caudé.
- *Sa face latérale* est formée par le tapétum du corps calleux.
- *Sa paroi inférieure* est constituée par l'éminence collatérale due au sillon collatéral et par l'hippocampe recouvert par le plexus choroïde du ventricule latéral.

D | CORNE OCCIPITALE¹¹ DU VENTRICULE LATÉRAL

Partie postérieure d'un ventricule latéral du cerveau, elle est située dans un lobe occipital.

De dimensions très variables et souvent asymétrique, elle peut être inexistante.

- *Sa paroi latérale* est constituée par les fibres du tapétum du corps calleux.
- *Sa paroi médiale* est formée par deux saillies, l'une, supérieure, le *bulbe de la corne occipitale*, dû au splénium du corps calleux, l'autre, inférieure, le *calcar avis*, provoqué par le sillon calcarin.

9. Syn. : corne ant.

10. Syn. : corne inf.

11. Syn. : corne post.

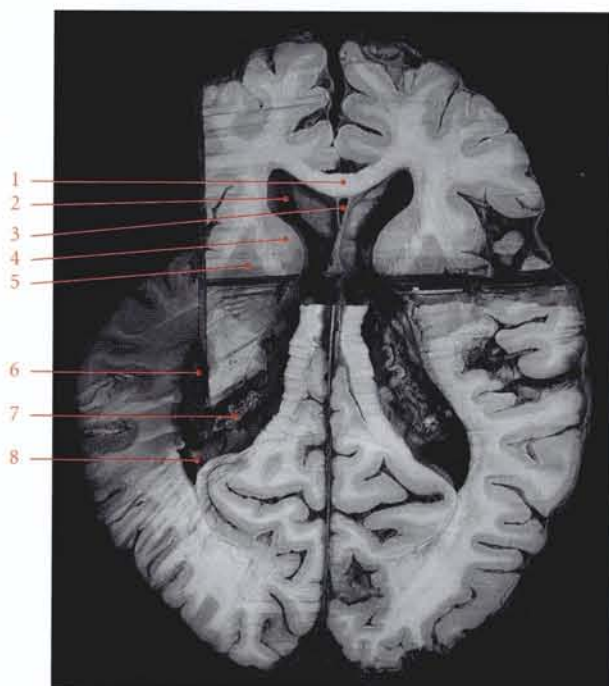


FIG. 29.9. Coupe chanfreinée et dissection des ventricules latéraux du cerveau (vue supérieure) (P. Kamina)

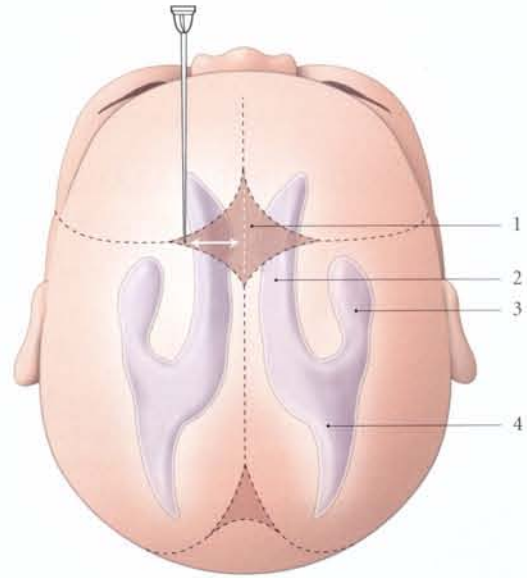
1. genou du corps calleux
2. corne frontale
3. cavité du septum pellucidum
4. tête du noyau caudé
5. noyau lentiforme
6. corne temporale
7. plexus choroïde
8. corne occipitale

E | PONCTION DU VENTRICULE LATÉRAL DU NOURRISSON

Le point de ponction est situé au niveau de la fontanelle antérieure, à 2 cm de la ligne médiane en direction de son angle latéral. L'aiguille restant dans le plan sagittal atteint la corne frontale du ventricule latéral qui est à 40 mm environ du cuir chevelu (fig. 29.10).

FIG. 29.10. Ponction du ventricule latéral chez un nouveau-né (vue supérieure)

- | | |
|---------------------------------|---------------------|
| 1. fontanelle ant. | 3. corne temporale |
| 2. corne frontale du ventricule | 4. corne occipitale |



29.5 ORGANES CIRCUMVENTRICULAIRES

On réunit sous ces termes l'ensemble des structures polymorphes, neuro-endocriniennes, situées dans la paroi des ventricules encéphaliques. Ces organes comprennent, outre la neurohypophyse et la glande pinéale, l'aréa postréma, l'organe subcommissural, l'éminence médiane, l'organe vasculaire de la lame terminale et l'organe subfornical (fig. 29.11).

A | ARÉA POSTRÉMA

Cet organe, pair chez l'homme, est situé au niveau de l'angle inférieur du 4^e ventricule et au début du canal central de la moelle spinale.

Il est constitué de cellules gliales et de cellules parenchymateuses connectées par des neurofibres au tractus solitaire.

Il contient également de nombreux capillaires veineux fenêtrés permettant des échanges hémato-encéphaliques.

On lui attribue des fonctions chémoréceptrices, neurosécrétoires et autonomes (tel le vomissement).

B | ORGANE SUBCOMMISSURAL

Cet organe, rudimentaire et inconstant chez l'homme, est situé juste au-dessus de l'entrée de l'aqueduc cérébral.

Il est constitué de cellules ciliées épendymaires et de petites cellules subépendymaires. Elles sécrètent des glycosaminoglycans qui se condensent (filets de Reissner), puis se résolvent dans le liquide cérébro-spinal.

La fonction de cet organe est encore inconnue.

C | ÉMINENCE MÉDIANE

Elle est située dans le plancher du 3^e ventricule entre l'infundibulum hypophysaire et les noyaux tubéraux de l'hypothalamus.

1 | Structure

L'éminence médiale présente plusieurs couches étagées.

a) La couche épendymaire, formée d'épendymocytes, est en contact avec le liquide cérébro-spinal.

b) La zone interne contient les axones neurosécrétoires des tractus supra-optico-hypophysaires et paraventriculo-hypophysaires.

c) La zone externe (ou couche en palissade) est formée de nombreux axones entremêlés avec les processus des tanocytes.

d) **La couche capillaire** est formée de boucles capillaires du système porte hypophysaire.

2 | Fonction

L'éminence médiane représente le site de passage des facteurs activateurs et inhibiteurs de l'hypophyse.

D | ORGANE VASCULAIRE DE LA LAME TERMINALE

Il forme un repli mince du 3^e ventricule situé au-dessus du chiasma optique.

Il est formé :

- d'une couche d'épendymocytes ;
- d'un agrégat de neurones enveloppés d'une lame capillaire artérielle superficielle et d'une lame capillaire veineuse profonde. Les axones de ces neurones

sont synapse avec les cellules épendymaires et les axones neurosécrétoires.

Cet organe participerait aux échanges hémio-encéphaliques des hormones somatostatines et gonadolibérines.

E | ORGANE SUBFORNICAL

Cet organe, de la taille d'une tête d'épingle, est situé dans le toit du 3^e ventricule, sous le fornix, entre les deux forams interventriculaires.

Il est limité par un épithélium pavimenteux cuboïdal simple, avec des cellules ciliées en périphérie. Il contient des gliocytes, des neurones et des boucles capillaires issues de la toile choroïdienne du 3^e ventricule.

Il contrôlerait l'hémostase hydrodynamique et la sécrétion de somatostatines et de gonadolibérines.

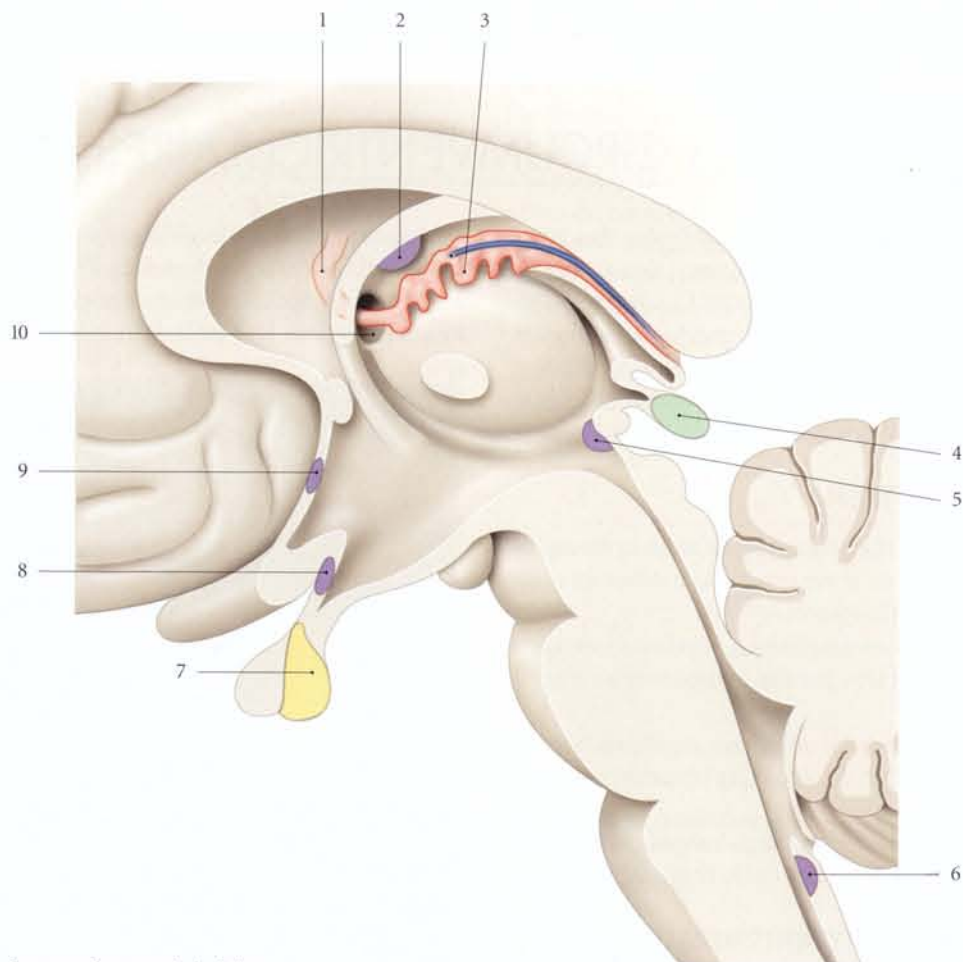


FIG. 29.11. Organes circumventriculaires

- | | | | |
|---|--------------------------|---------------------|---|
| 1. plexus choroïde | 4. glande pinéale | 7. neurohypophyse | 9. organe vasculaire de la lame terminale |
| 2. organe subfornical | 5. organe subcommissural | 8. éminence médiane | 10. foramen interventriculaire |
| 3. plexus choroïde du 3 ^e ventricule | 6. aréa postréma | | |

30 Vascularisation de l'encéphale

La vascularisation de l'encéphale est essentielle pour la survie du cerveau, en assurant sa consommation importante d'oxygène et de glucose.

Cette vascularisation est caractérisée par l'étendue du lit capillaire artériel et de l'absence de vaisseaux lymphatiques. Le liquide extracellulaire, dans lequel baigne la neuroglie, est drainé à travers la pie-mère dans l'espace subarachnoïdien.

Les pathologies vasculaires de l'encéphale sont fréquentes et multifactorielles. Il peut s'agir d'accidents vasculaires cérébraux (thrombose, accident ischémique transitoire...), de syndromes vasculaires expansifs (anévrisme, hématome...), d'hypertension intracrânienne, d'insuffisance vertébro-basilaire (fig. 30.1)...

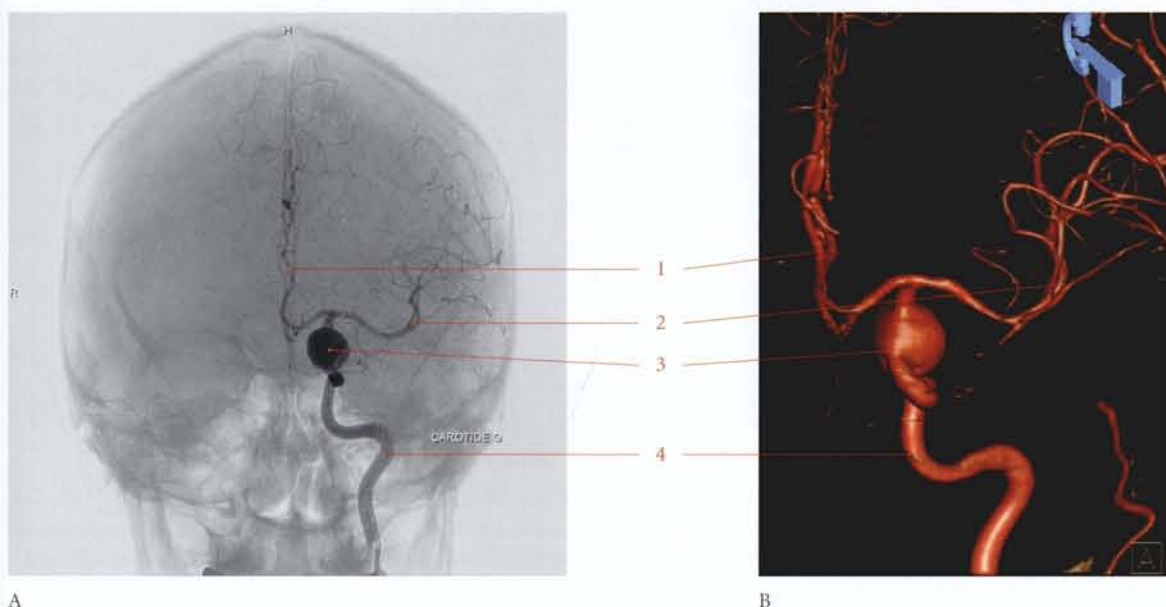


FIG. 30.1. Angio-IRM encéphalique et claspement de l'artère carotide gauche (clichés Dr J. Drouineau)

A. cliché de face
B. cliché 3D

1. a. cérébrale ant.
2. a. cérébrale moyenne

3. anévrisme
4. a. carotide interne gauche

30.1 ARTÈRES DE L'ENCÉPHALE

Les artères de l'encéphale ont deux sources, les parties encéphaliques des artères carotides internes et des artères vertébrales.

Elles forment deux systèmes artériels encéphaliques, carotidien et vertébral, quasi indépendants, reliés entre eux par le *cercle anastomotique du cerveau*.

A | SOURCES ARTÉRIELLES (fig. 30.2 et 30.3)

1 | La partie encéphalique de la carotide interne

Après avoir parcouru le canal carotidien et le sinus caverneux, où elle décrit une double inflexion, la carotide interne traverse la dure-mère et l'arachnoïde.

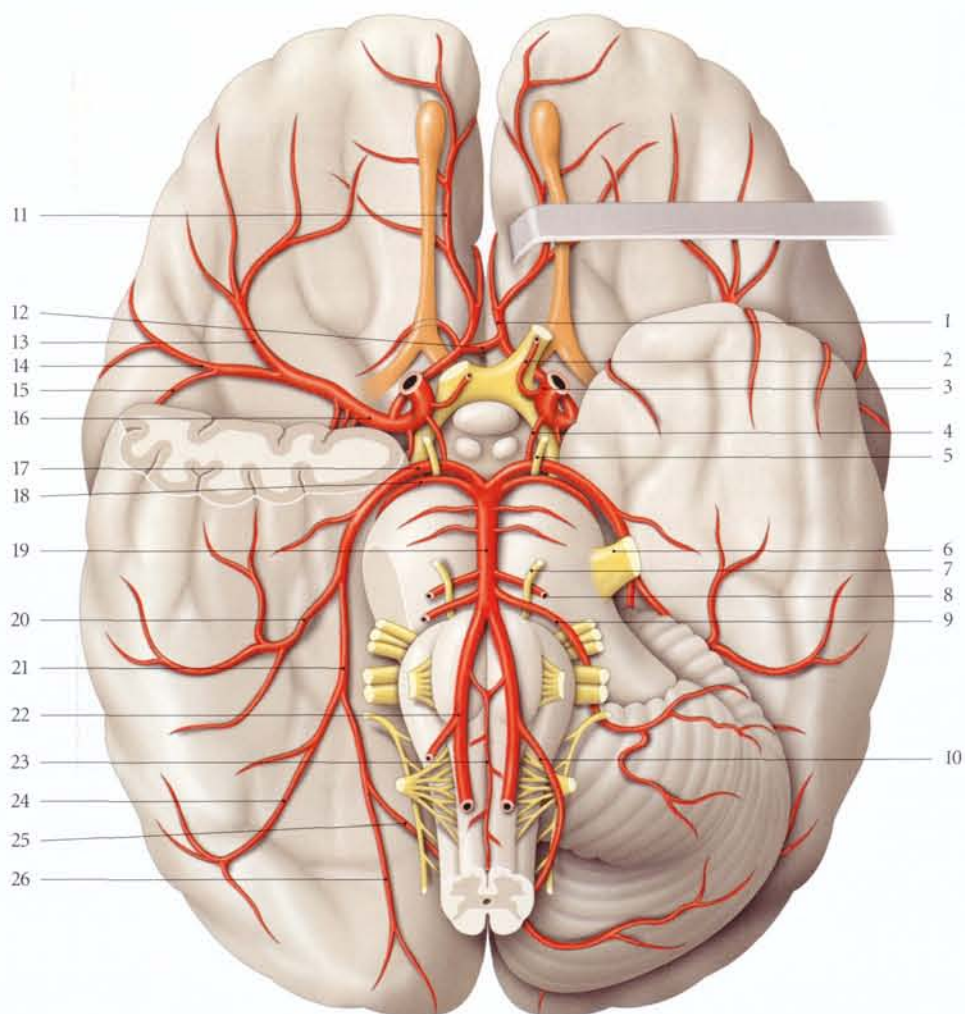


FIG. 30.2. Artères de l'encéphale (vue inférieure de l'encéphale avec exérèse à droite du nerf optique, de la partie antérieure du lobe temporal et de l'hémisphère cérébelleux)

- | | |
|----------------------------------|----------------------------|
| 1. a. cérébrale ant. | 14. a. préfrontale |
| 2. a. ophtalmique | 15. a. temporale ant. |
| 3. a. carotide interne | 16. a. cérébrale moyenne |
| 4. a. communicante post. | 17. a. cérébrale post. |
| 5. n. oculomoteur (III) | 18. a. cérébelleuse sup. |
| 6. n. trijumeau (V) | 19. a. basilaire |
| 7. n. abducens (VI) | 20. a. occipitale latérale |
| 8. a. labyrinthique | 21. a. occipitale médiale |
| 9. a. cérébelleuse inféro-ant. | 22. a. vertébrale |
| 10. a. cérébelleuse inféro-post. | 23. a. spinale ant. |
| 11. a. fronto-basale médiale | 24. a. occipito-temporale |
| 12. a. communicante ant. | 25. a. pariéto-occipitale |
| 13. a. fronto-basale latérale | 26. a. calcarine |

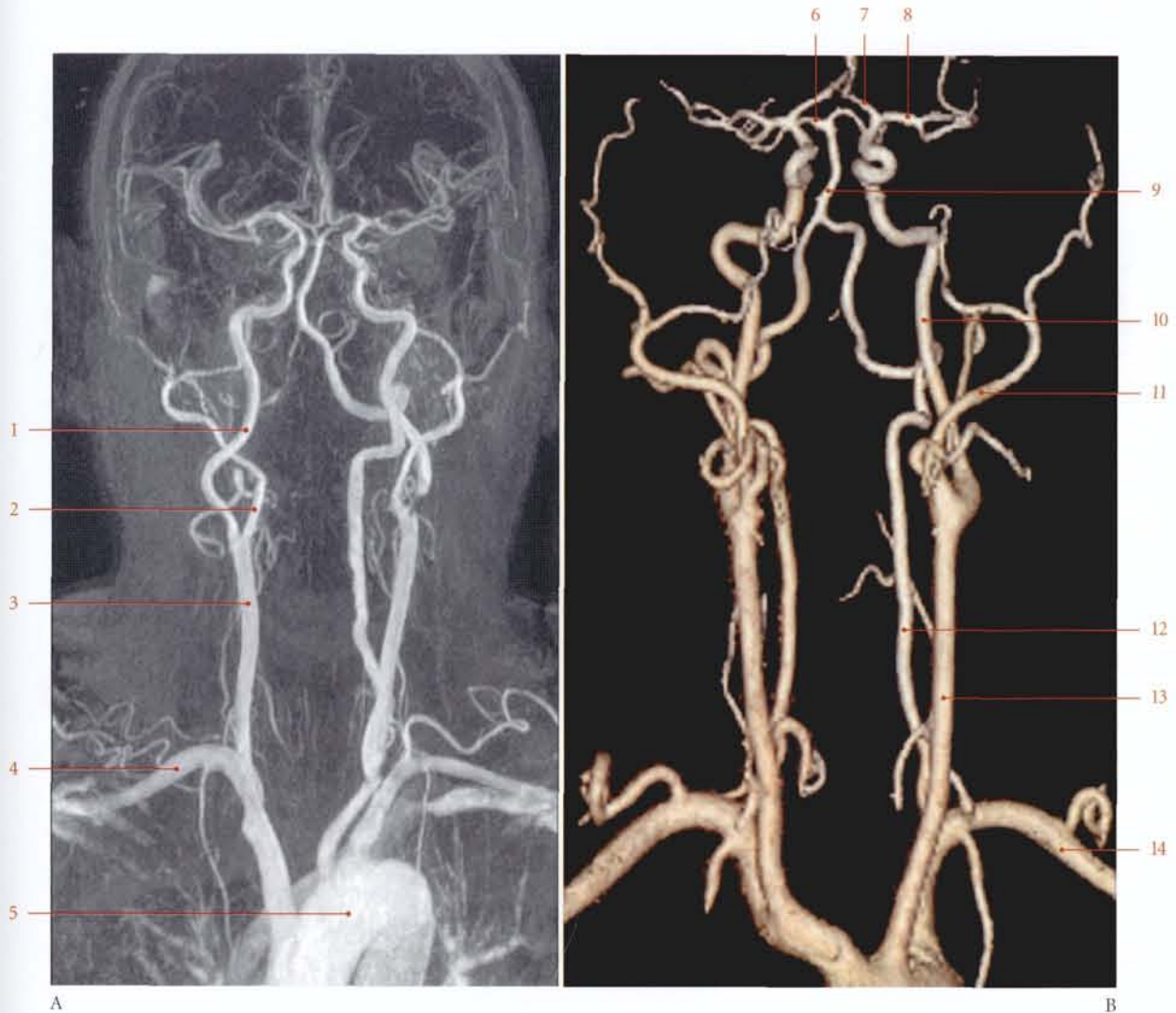


FIG. 30.3. Sources artérielles de l'encéphale (clichés Dr J. Drouineau)

A. angio-IRM de face
B. image 3D

1. a. carotide interne droite
2. a. carotide externe droite
3. a. carotide commune droite

4. a. subclavière droite
5. arc aortique
6. a. cérébrale post.
7. a. cérébrale ant.
8. a. cérébrale moyenne
9. a. basilaire

10. a. carotide interne gauche
11. a. carotide externe gauche
12. a. vertébrale gauche
13. a. carotide commune gauche
14. a. subclavière gauche

Dans l'espace subarachnoïdien, l'artère carotide interne, latérale au nerf optique, se dirige en arrière et en dessous de celui-ci.

À la base du cerveau, au niveau de la substance perforée antérieure, elle se divise en artère cérébrale antérieure et artère cérébrale moyenne.

Elle donne les collatérales suivantes :

- l'artère ophtalmique ;
- l'artère hypophysaire supérieure ;
- l'artère communicante postérieure ;
- l'artère choroïdienne antérieure ;
- un rameau méningé.

2 | La partie encéphalique de l'artère vertébrale

Après avoir traversé la membrane atlanto-occipitale postérieure, elle pénètre dans le foramen magnum. Elle perfore la dure-mère et l'arachnoïde, monte obliquement dans l'espace subarachnoïdien, puis médialement en contournant la face latérale de la moelle allongée. Elle croise en avant le nerf hypoglosse pour fusionner avec son homologue opposé sur la ligne médiane et constituer l'artère basilaire.

Chaque artère vertébrale donne avant de fusionner :

- une artère cérébelleuse postéro-inférieure ;

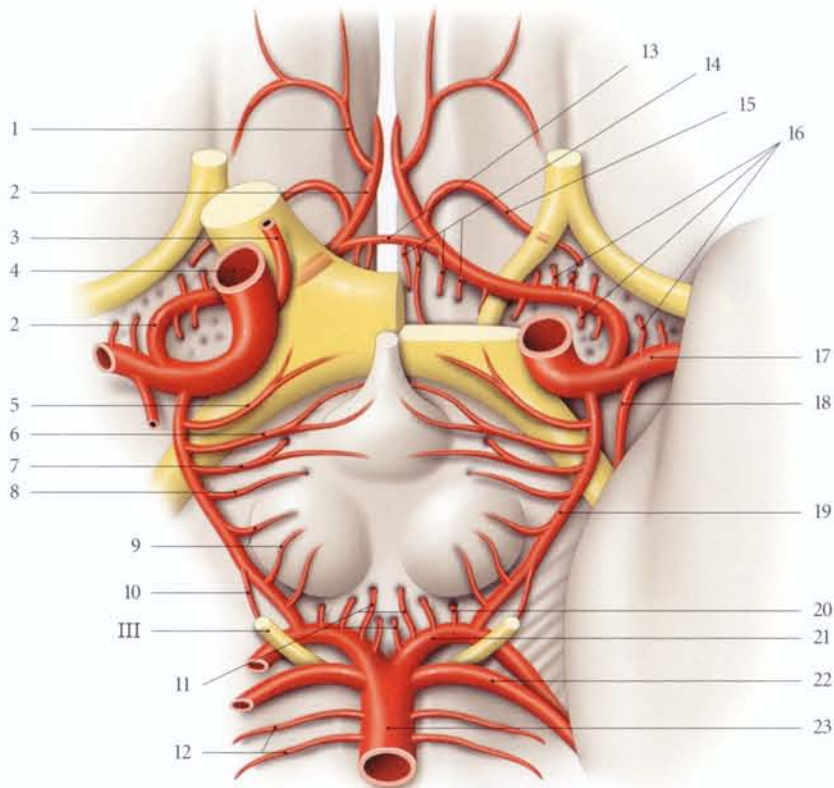


FIG. 30.4. Cercle artériel du cerveau et ses branches (vue inférieure)

- | | | | |
|-----------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|------------------------------|
| 1. a. fronto-basale médiale | 7. a. thalamo-tubérale | 13. a. communicante ant. | 19. a. communicante post. |
| 2. a. cérébrale ant. | 8. a. hypothalamique | 14. aa. centrales antéro-médiales | 20. a. perforante thalamique |
| 3. a. ophtalmique | 9. aa. mamillaires | 15. a. striée médiale distale | 21. a. cérébrale post. |
| 4. a. carotide interne | 10. a. du n. oculomoteur | 16. aa. centrales antéro-latérales | 22. a. cérébelleuse sup. |
| 5. a. du chiasma optique | 11. aa. centrales postéro-latérales | 17. a. cérébrale moyenne | 23. a. basilaire |
| 6. a. du tuber cinéreum | 12. aa. mésencéphaliques | 18. a. choroidienne ant. | |

- une artère spinale antérieure;
- des rameaux méningés.

Variation :

L'absence d'une artère vertébrale peut entraîner une amnésie totale transitoire au cours de l'obstruction transitoire de l'artère vertébrale contro-latérale.

3 | L'artère basilaire¹ (fig. 30.4)

Elle naît au niveau du bord intérieur du pont entre les nerfs abducens, puis elle parcourt le sillon basilaire de la face antérieure du pont.

Elle se termine au bord supérieur du pont, entre les deux nerfs oculomoteurs et se divise en deux artères cérébrales postérieures. Elle donne :

- les artères pontiques;
- les artères mésencéphaliques;

- les artères cérébelleuses antéro-inférieures;
- les artères cérébelleuses supérieures;
- parfois l'artère labyrinthique (15 % des cas).

L'insuffisance vertébro-basilaire apparaît lors d'obstructions mécanique ou constitutionnelle d'une artère vertébrale.

Par exemple, l'obstruction de l'artère subclavière gauche en amont de l'origine de l'artère vertébrale gauche entraîne une inversion de la circulation. Ainsi, à partir de l'artère vertébrale droite, le sang rejoint l'artère axillaire gauche.

Si le bras gauche est très sollicité, il y a réduction du flux sanguin vertébral droit et, partant, dans le système vertébro-basilaire (vol subclavier).

Ce syndrome d'insuffisance vertébro-basilaire se traduit par des troubles de l'équilibre, de la vision (diplopie transitoire), des céphalées, des acouphènes...

1. Ancien : tronc basilaire.

4 | Le cercle artériel du cerveau² (fig. 30.5, 30.6 et 30.7)

C'est l'anastomose de la base du cerveau qui entoure le chiasma optique, le tuber cinéreum et la région interpedonculaire.

a) Constitution

Dans 60 % des cas, le cercle artériel du cerveau est symétrique et de forme hexagonale. Il est constitué :

- *en avant*, par les deux artères cérébrales antérieures réunies par l'artère communicante antérieure;
- *en arrière*, par les deux artères cérébrales postérieures;
- *latéralement*, par les deux artères communicantes postérieures qui unissent les artères cérébrales antérieures et postérieures.

b) Branches (voir chaque artère constituante)

c) Variations

Nombreuses, elles concernent soit le calibre, soit l'absence d'un ou de plusieurs éléments constitutifs.

- La partie postérieure du cercle artériel : l'artère cérébrale postérieure, réduite, voire absente, peut se voir d'un côté (10 %) ou des deux côtés (5 %). L'artère communicante postérieure provient alors de l'artère carotide interne.
- La partie antérieure du cercle artériel :

2. Ancien. : polygone de Willis.

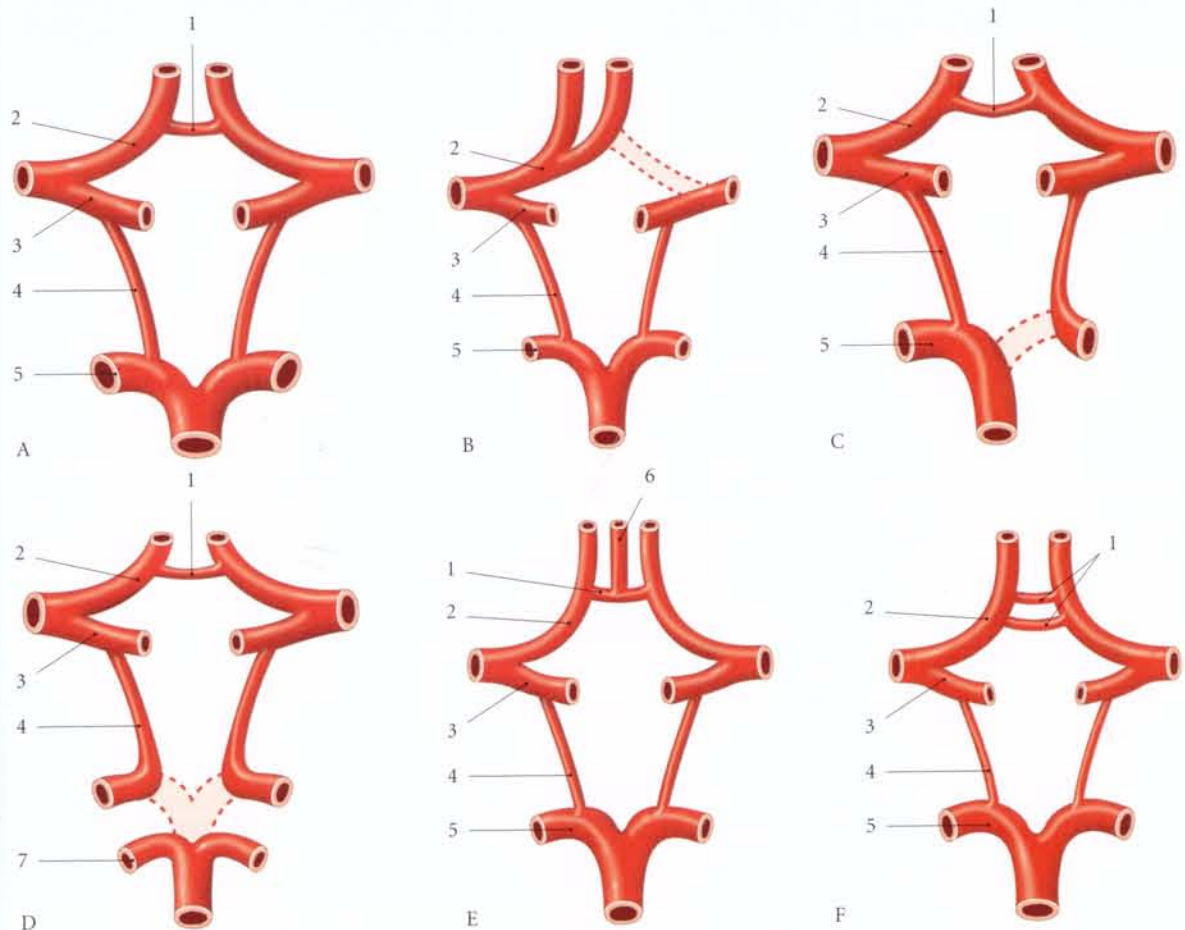


FIG. 30.5. Principales variations du cercle artériel du cerveau

- | | |
|---|--------------------------------|
| A. type habituel (60 %) | 1. a. communicante ant. |
| B. absence unilatérale d'une a. cérébrale antérieure (10 %) | 2. a. cérébrale ant. |
| C. absence unilatérale d'une a. cérébrale postérieure à leurs origines (10 %) | 3. a. cérébrale moyenne |
| D. absence bilatérale des aa. cérébrales postérieures (5 %) | 4. a. communicante post. |
| E. présence d'une a. médiane du corps calleux (10 %) | 5. a. cérébrale post. |
| F. présence d'une a. communicante antérieure double (10 %) | 6. a. médiane du corps calleux |
| | 7. a. cérébelleuse sup. |



FIG. 30.6. Cercle artériel du cerveau : angio-IRM en 3D (cliché Dr J. Drouineau)

- | | |
|-------------------------|------------------------|
| 1. a. cérébelleuse ant. | 4. a. basilaire |
| 2. a. cérébrale moyenne | 5. a. carotide interne |
| 3. a. cérébrale post. | |

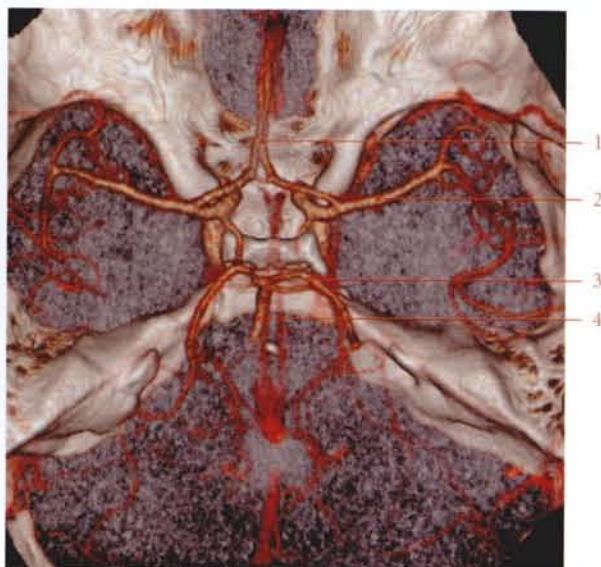


FIG. 30.7. Cercle artériel du cerveau : angio-TDM en 3D (cliché Dr J. Drouineau)

- | | |
|-------------------------|-----------------------|
| 1. a. cérébrale ant. | 3. a. cérébrale post. |
| 2. a. cérébrale moyenne | 4. a. basilaire |

- l'artère communicante antérieure peut être absente (1 %), double (10 %) ou donner l'artère médiane du corps calleux (10 %);
- les deux artères cérébrales antérieures peuvent naître d'une artère carotide interne (10 %);
- l'absence d'une carotide interne est rare (0,1 %). L'artère carotide interne existante donne l'artère cérébrale moyenne contro-latérale. Celle-ci peut aussi naître de l'artère basilaire.

B | ARTÈRES DU TRONC ENCÉPHALIQUE ET DU CERVELET

1 | L'artère spinale antérieure

(voir Chapitre 19)

Elle donne des branches médiales et latérales pour la moelle allongée.

2 | L'artère cérébelleuse postéro-inférieure³ (fig. 30.8, 30.9 et 30.10)

a) Trajet

Artère volumineuse, elle naît près de la terminaison de l'artère vertébrale. Elle se dirige en arrière, contourne le pôle inférieur de l'olive bulbaire et passe sous les racines des nerfs glosso-pharyngien et vague. Puis elle longe le bord inféro-latéral du 4^e ventricule, pour atteindre la partie postérieure de la face inférieure du cervelet.

Elle se divise en deux branches, médiale et latérale :

- la *branche médiale* parcourt la face médiale du cervelet au-dessous du vermis;
- la *branche latérale* parcourt les faces inférieure puis latérale du cervelet.

b) Branches collatérales

Elle donne :

- l'artère spinale postérieure;
- la branche de la tonsille cérébelleuse;
- la branche choroïdienne du 4^e ventricule;
- des branches pour la moelle allongée.

c) Territoire artériel

Elle irrigue la moelle allongée, le plexus choroïde du 4^e ventricule, l'uvule, le nodule, la tonsille cérébelleuse, la partie inféro-latérale des hémisphères cérébelleux et la partie de la moelle allongée située en arrière des noyaux olivaires.

Sa thrombose compromet en particulier la fonction des noyaux de la moelle allongée, à savoir les noyaux ambigu, solitaire, cochléaire et spinal du trijumeau. Les troubles engendrés constituent le « syndrome médullaire latéral ».

3. Ancien. : artère cérébelleuse inférieure.



FIG. 30.8. Artère vertébrale : angiographie sélective de profil
(cliché Dr J. Drouineau)

1. a. cérébrale post.
2. a. cérébelleuse sup.
3. a. basilaire
4. a. cérébelleuse inféro-ant.
5. a. cérébelleuse inféro-post.
6. a. vertébrale

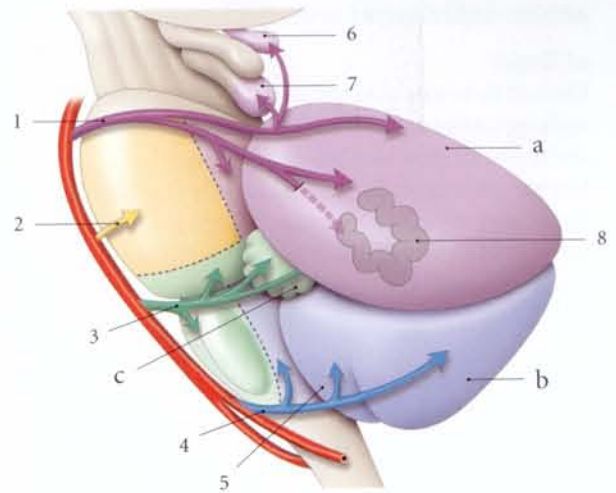
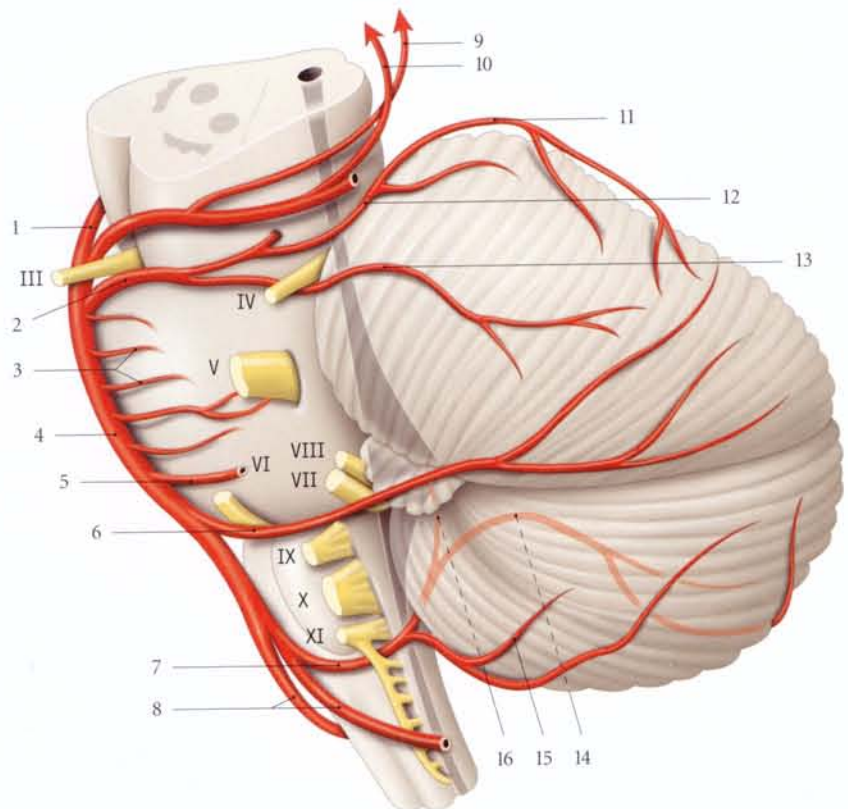


FIG. 30.9. Territoires des artères cérébelleuses

- | | |
|----------------------------|---------------------------------|
| a. lobe sup. | 3. a. cérébelleuse inféro-ant. |
| b. lobe inf. | 4. a. cérébelleuse inféro-post. |
| c. lobe flocculo-nodulaire | 5. tonsille cérébelleuse |
| 1. a. cérébelleuse sup. | 6. glande pinéale |
| 2. a. pontique | 7. colliculus inf. |
| | 8. noyau dentelé |

FIG. 30.10. Artères du cervelet
(vue latérale)

1. a. cérébrale post.
2. a. cérébelleuse sup.
3. aa. pontiques
4. a. basilaire
5. a. labyrinthique
6. a. cérébelleuse inféro-antérieure
7. a. cérébelleuse inféro-postérieure
8. aa. vertébrales
9. a. choroïdienne postéro-médiale
10. a. choroïdienne postéro-latérale
11. a. supérieure du vermis
12. branche médiale
13. branche latérale
14. branche inférieure du vermis
15. branche tonsillaire
16. a. choroïdienne du 4^e ventricule



3 | L'artère cérébelleuse antéro-inférieure⁴

a) Trajet

Elle naît de la partie moyenne de l'artère basilaire ; elle se dirige latéralement et en arrière, au-dessus des nerfs abducens, facial et vestibulo-cochléaire.

Elle parcourt la partie antérieure de la face inférieure du cervelet et s'anastomose avec les artères cérébelleuses postéro-inférieures issues de la vertébrale.

Elle donne souvent l'artère labyrinthique (85 % des cas).

b) Territoire artériel :

- la partie inférieure des hémisphères cérébelleux ;
- la partie inféro-latérale du pont (comprenant le noyau ambigu) ;
- parfois la partie supérieure de la moelle allongée.

4 | Les artères pontiques (fig. 30.11 et 30.12)

Elles sont nombreuses et naissent en avant et de chaque côté de l'artère basilaire.

Chaque artère pontique donne une branche médiale qui pénètre la face antérieure du pont et une branche latérale⁵ qui aborde sa face latérale.

Elles irriguent la région antéro-latérale du pont.

5 | Les artères mésencéphaliques (fig. 30.13)

Habituellement paire, elles se destinent aux faces antéro-latérales du mésencéphale.

6 | L'artère cérébelleuse supérieure

Elle naît près de la terminaison de l'artère basilaire et se dirige latéralement au-dessous du nerf oculomoteur, qui la sépare de la cérébrale postérieure.

a) Elle se divise sur la face latérale du pont, en deux branches, médiale et latérale :

- la *branche médiale* passe au-dessus du nerf trochléaire pour atteindre la partie médiane de la face supérieure du cervelet. Elle donne :
 - l'artère supérieure du vermis,
 - les artères mésencéphaliques ;
- la *branche latérale* passe au-dessous du nerf trochléaire pour atteindre la partie latérale de la face supérieure du cervelet.

4. Ancien. : artère cérébelleuse moyenne.

5. Ancien. : artère circonférentielle.

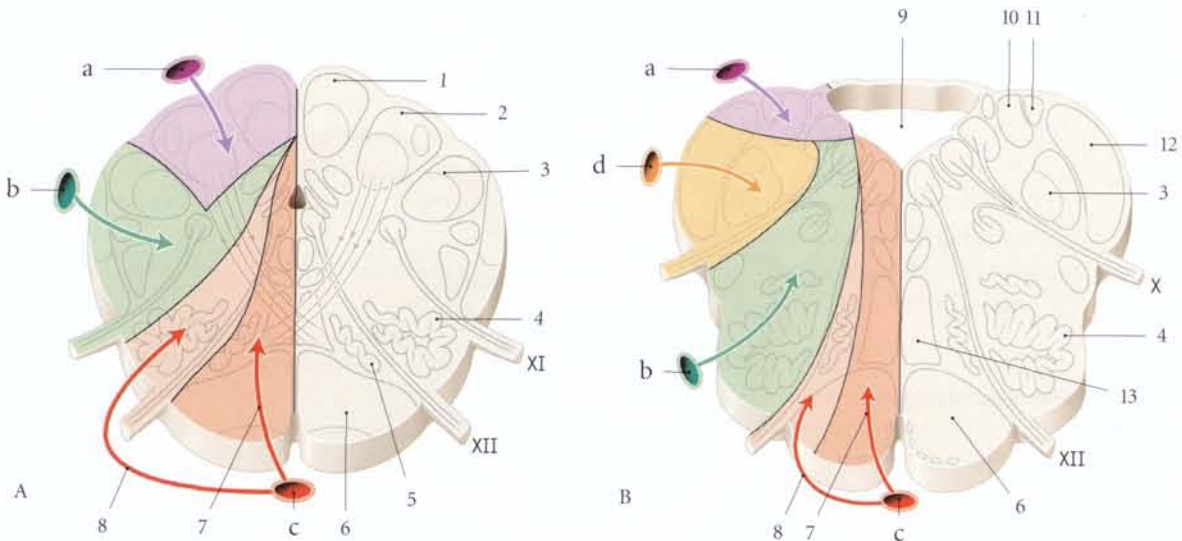


FIG. 30.11. Territoires artériels de la moelle allongée (ou bulbe)

A. au niveau de la partie inférieure de l'olive

B. au niveau de l'olive

a. a. spinale post.

b. a. vertébrale

c. a. spinale ant.

d. a. cérébelleuse inféro-post.

1. noyau et faisceau gracieux

2. noyau et faisceau cunéiforme

3. tractus spinal du V

4. noyau olivaire principal

5. noyau olivaire accessoire médial

6. pyramide

7. branche médiane

8. branche latérale

9. 4^e ventricule

10. noyau vestibulaire inf.

11. noyau cochléaire post.

12. pédoncule cérébelleux inf.

13. lemnisque médial

b) Territoire artériel :

- le tegmentum du pont, dont le noyau moteur du V ;
- le pédoncule cérébelleux supérieur ;

- la partie supérieure des hémisphères cérébraux, dont les noyaux cérébelleux ;
- le noyau cochléaire.

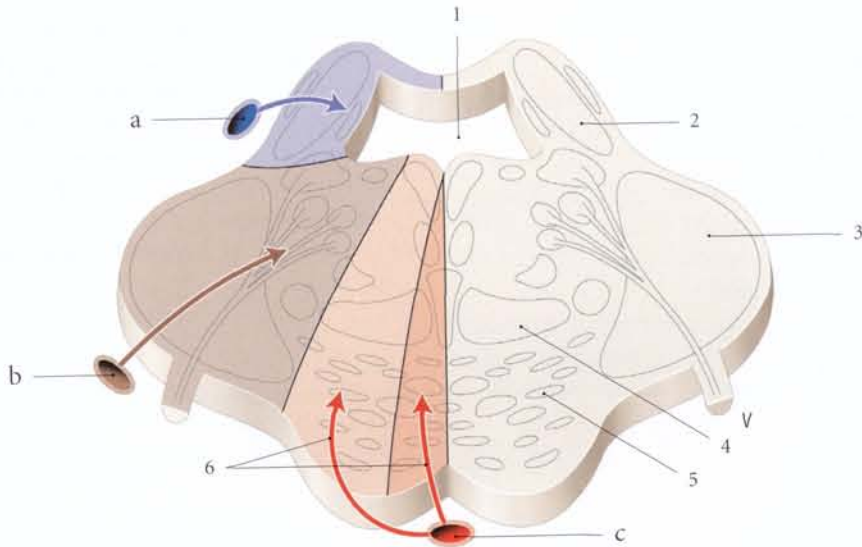


FIG. 30.12. Territoires artériels du pont (coupe transversale au niveau des noyaux du trijumeau)

- | | | |
|--------------------------------|--------------------------------|---|
| a. a. cérébelleuse sup. | 1. 4 ^e ventricule | 4. lemnie médiale |
| b. a. cérébelleuse inféro-ant. | 2. pédoncule cérébelleux sup. | 5. noyaux du pont et tractus cortico-spinal |
| c. a. basilaire | 3. pédoncule cérébelleux moyen | 6. branches paramédianes |

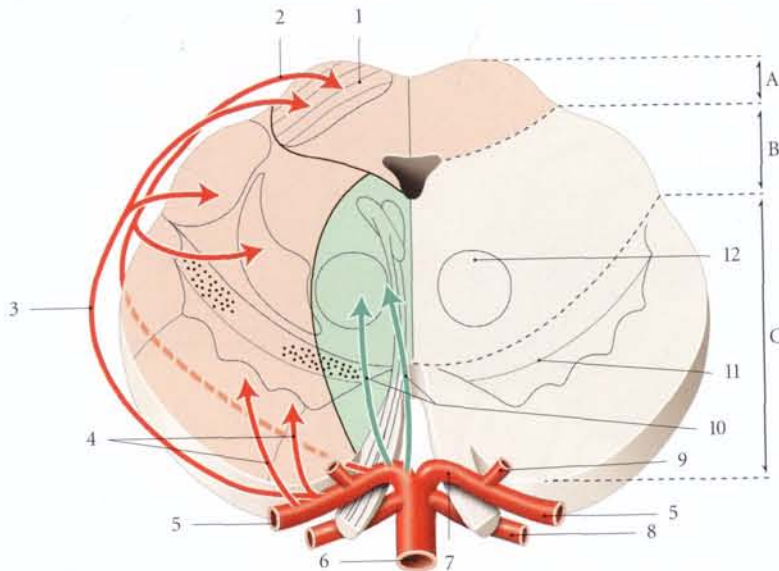


FIG. 30.13. Territoires artériels du mésencéphale (coupe transversale au niveau du colliculus supérieur et du noyau rouge)

- | | | |
|------------------------------|---|------------------------------------|
| A. tectum mésencéphalique | 3. a. choroïdienne postéro-médiane | 8. a. cérébelleuse sup. |
| B. tegmentum mésencéphalique | 4. aa. pédonculaires | 9. a. communicante post. |
| C. pédoncule cérébral | 5. a. cérébrale post. (partie postcommunicante) | 10. aa. centrales postéro-médiales |
| 1. colliculus sup. | 6. a. basilaire | 11. substance noire |
| 2. a. quadrigéminal | 7. a. cérébrale post. (partie précommunicante) | 12. noyau rouge |

C | ARTÈRES DU CERVEAU ET DU DIENCÉPHALE

1 | L'artère cérébrale postérieure

L'artère cérébrale postérieure est la branche terminale, paire et volumineuse de l'artère basilaire (fig. 30.14).

a) Trajet – Divisions

Elle se dirige transversalement au-dessus des nerfs oculomoteur et trochléaire qui la séparent de l'artère cérébelleuse supérieure.

Elle contourne le pédoncule cérébral pour rejoindre la tente du cervelet puis la face médiale du lobe temporal. Elle se termine en deux branches, l'*artère occipitale latérale* et l'*artère occipitale médiale*.

Au cours de son trajet, son anastomose avec l'artère communicante postérieure la divise en deux parties, la partie précommunicante et la partie postcommunicante.

b) Branches collatérales (fig. 30.15 et 30.16)

- Les branches de la *partie précommunicante* (segment P1)
 - Les artères centrales postéro-médiales.
Elles sont multiples et fines. Elles traversent la substance perforée postérieure pour irriguer la partie antérieure du thalamus, la paroi latérale du 3^e ventricule et le globus pallidus du noyau lentiforme.
 - Les artères circonférentielles courtes.
 - L'artère perforante du thalamus.
 - L'artère colliculaire⁶ destinée aux colliculus médial et latéral.
- Les branches de la *partie postcommunicante* (segment P2)

6. Ancien. : artère quadrigéminale.

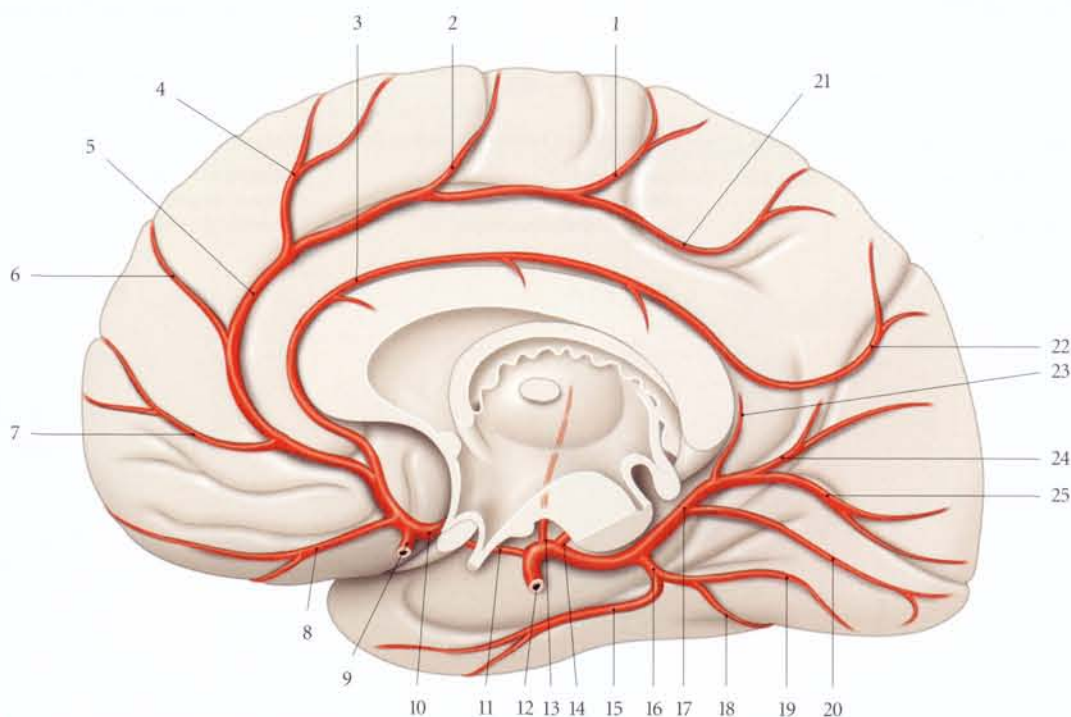


FIG. 30.14. Artères du cerveau (vue médiale)

- | | | |
|-----------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|
| 1. a. paracentrale | 10. a. cérébrale ant. | 19. a. temporale post. |
| 2. a. frontale postéro-médiale | 11. a. communicante post. | 20. a. occipito-temporale |
| 3. a. péricalleuse | 12. a. cérébrale post. | 21. a. précunéale |
| 4. a. frontale intermedio-médiale | 13. a. perforante thalamique | 22. a. pariéto-occipitale |
| 5. a. callosa-marginale | 14. a. choroïdienne postéro-médiale | 23. a. dorsale du corps calleux |
| 6. a. frontale antéro-médiale | 15. a. temporale ant. | 24. a. pariéto-occipitale |
| 7. a. polaire frontale | 16. a. occipitale latérale | 25. a. calcarine |
| 8. a. fronto-basale médiale | 17. a. occipitale médiale | |
| 9. a. communicante ant. | 18. a. temporale intermédiaire | |

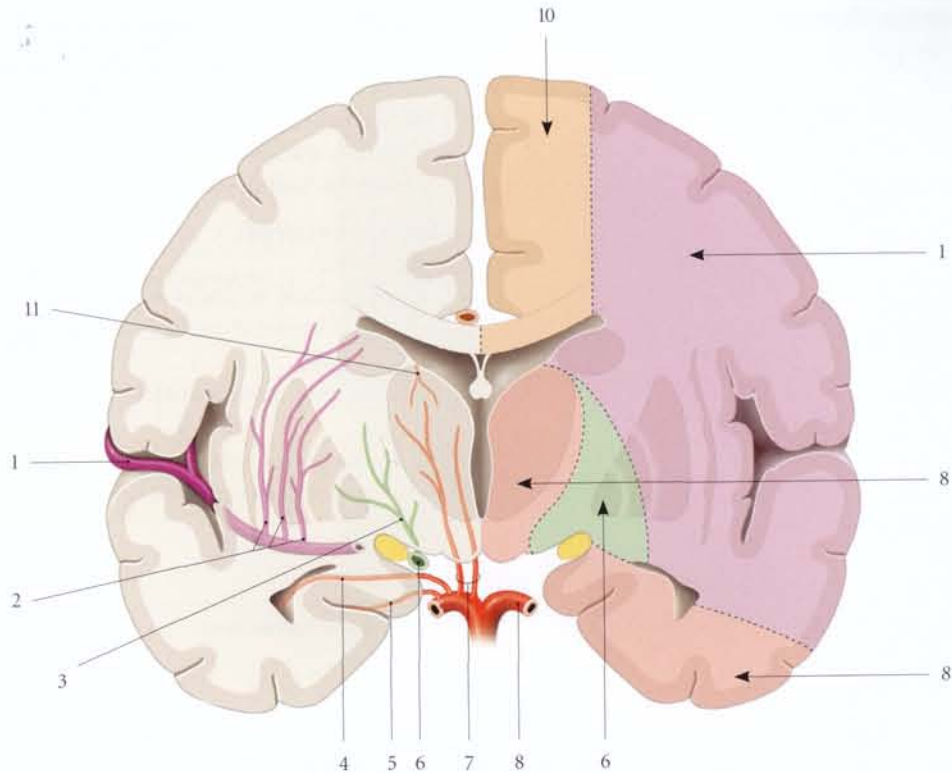
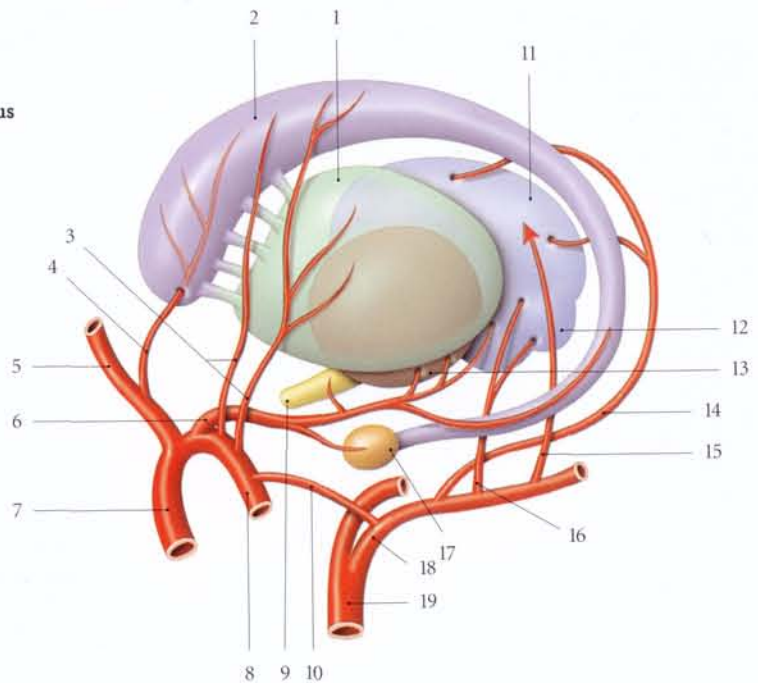


FIG. 30.15. Territoires artériels du cerveau (coupe frontale)

- | | | |
|-------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|
| 1. a. cérébrale moyenne | 5. a. de l'hippocampe (d'Amon) | 9. hippocampe |
| 2. aa. striées latérales | 6. a. choroïdienne ant. | 10. a. cérébrale ant. |
| 3. a. striée médiale distale | 7. aa. thalamiques | 11. a. choroïdienne postéro-médiale |
| 4. a. choroïdienne postéro-latérale | 8. a. cérébrale post. | |

FIG. 30.16. Diagramme des artères du thalamus et des corps striés gauches (vue latérale schématique)

1. putamen
2. noyau caudé
3. aa. striées latérales
4. r. du noyau caudé
5. a. cérébrale ant.
6. a. choroïdienne ant.
7. a. carotide interne
8. a. cérébrale moyenne
9. tractus optique
10. a. communicante post.
11. thalamus
12. corps géniculé
13. globus pallidus
14. a. choroïdienne postéro-médiale
15. a. choroïdienne postéro-latérale
16. a. thalamo-géniculée
17. corps amygdaloïde
18. a. cérébrale post.
19. a. basilaire



Elles constituent les *artères centrales postéro-latérales*⁷. Elles sont multiples et fines. Elles comprennent :

- l'artère thalamo-géniculée destinée à la partie postérieure du thalamus, au corps géniculé médial et à la glande pinéale ;
- les branches pédonculaires, pour le pédoncule cérébral ;
- l'artère choroïdienne postéro-latérale pour le ventricule latéral ;
- l'artère de l'hippocampe (de la corne d'Amon) : elle peut naître de l'artère choroïdienne postéro-latérale (fig. 30.17) ;
- l'artère choroïdienne postéro-médiale pour le 3^e ventricule.

c) Branches terminales

- L'artère occipitale latérale (segment P3). Elle donne :
 - des branches temporales antérieures ;
 - des branches temporales intermédiaires ;

– des branches temporales postérieures.

- L'artère occipitale médiale (segment P4). Elle donne :
 - la branche dorsale du corps calleux ;
 - une branche calcarine ;
 - la branche pariéto-occipitale ;
 - la branche occipito-temporale.

d) Territoire artériel :

- le thalamus ;
- le corps géniculé médial et la glande pinéale ;
- les faces inférieure et médiale du lobe temporal, et l'hippocampe ;
- le lobe occipital, dont le cortex visuel.

Son obstruction entraîne une hémianopsie contralatérale avec conservation de la vision maculaire.

7. Ancien. : artères thalamo-striées.

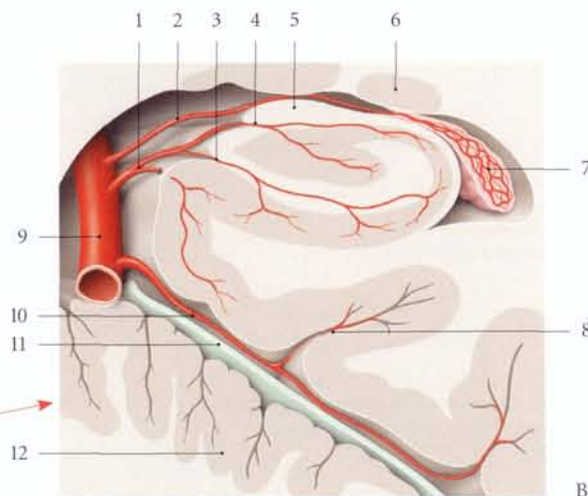
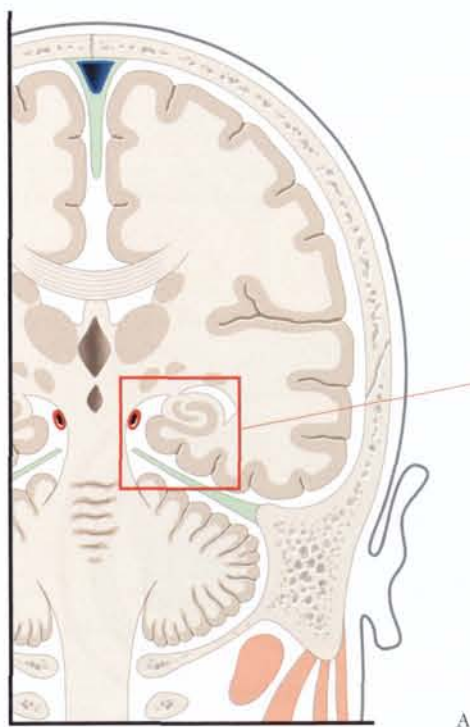


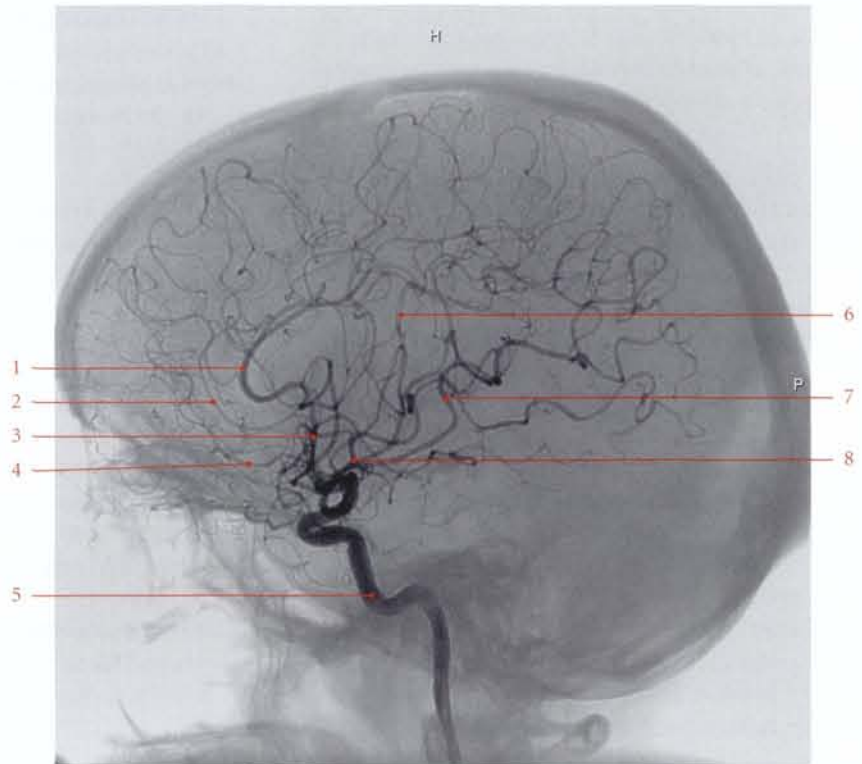
FIG. 30.17. Artères de l'hippocampe (coupe frontale)

1. a. de l'hippocampe (de la corne d'Ammon)
2. a. choroïdienne postéro-latérale
3. branche longue (d'Uchimura)
4. branche courte
5. fimbria de l'hippocampe
6. queue du noyau caudé
7. plexus choroïdien de la corne temporale du ventricule latéral

8. sillon collatéral
9. a. cérébrale post.
10. a. temporale post.
11. tente du cervelet
12. cervelet

FIG. 30.18. Artère carotide interne gauche : artériographie sélective (cliché Dr J. Drouineau)

1. a. péricalleuse
2. a. calloso-marginale
3. a. cérébrale ant.
4. a. fronto-basilaire médiale
5. a. carotide interne gauche
6. a. du sillon central
7. a. postcentrale
8. a. cérébrale moyenne (segment M2)



2 | L'artère cérébrale antérieure

C'est la plus petite branche terminale de l'artère carotide interne (fig. 30.18 et 30.19).

a) Trajet – Direction

Elle se porte en avant et médialement, passe au-dessus du nerf optique pour se rapprocher de son homologue opposé, puis elle se porte en avant et en haut dans la fissure longitudinale du cerveau et parcourt la face médiale des hémisphères en s'enroulant autour du corps calleux.

Les deux artères cérébrales antérieures sont unies par l'artère communicante antérieure et la divise en deux parties, la partie précommunicante et la partie postcommunicante.

b) Les branches collatérales

Toutes les artères issues de l'artère communicante antérieure et de la partie précommunicante sont dénommées *artères centrales antéro-médiales*.

- L'artère communicante antérieure donne :
 - l'artère suprachiasmatique ;
 - l'artère commissurale médiane ;
 - l'artère du corps calleux.

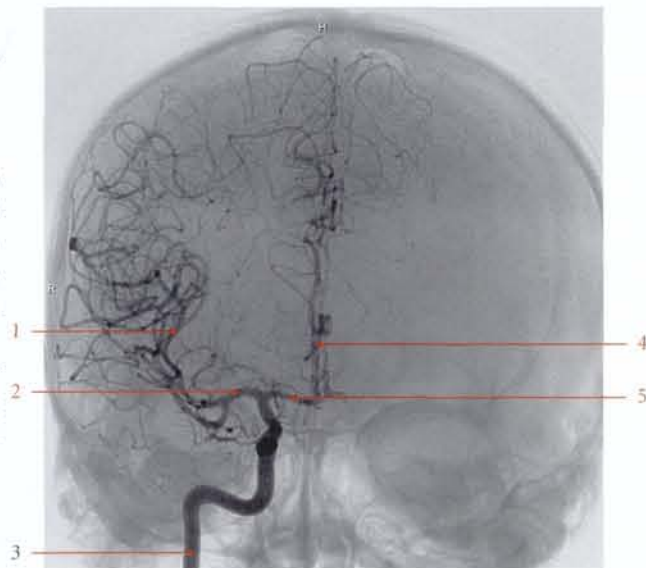


FIG. 30.19. Artériographie sélective : vue frontale (cliché Dr J. Drouineau)

1. aa. insulaires
2. a. cérébrale moyenne (segment M1)
3. a. carotide interne gauche
4. a. cérébrale ant. (segment A2)
5. a. cérébrale ant. (segment A1)

Elle est le siège le plus fréquent des anévrismes du cercle artériel du cerveau et provoque une quadranopsie bitemporale inférieure.

- *La partie précommunicante (segment A1) donne :*
 - les artères striées médiales proximales ;
 - l'artère supra-optique ;
 - les artères perforantes antérieures ;
 - les artères préoptiques.
- *La partie postcommunicante (segment A2) donne :*
 - l'artère striée médiale distale⁸. Cette artère récurrente se dirige en arrière et latéralement, parallèlement à l'artère cérébrale antérieure, pour traverser la substance perforée antérieure. Elle irrigue les parties latérale et médiale du noyau lenticulaire, la tête du noyau caudé et la partie antérieure de la capsule interne (fig. 30.20 et 30.21).
 - l'artère fronto-basale médiale ;
 - l'artère polaire frontale ;
 - l'artère callosomarginale qui donne :
 - la branche frontale antéro-médiale,
 - la branche frontale intermédio-médiale,
 - la branche frontale postéro-médiale,
 - la branche cingulaire,

- les branches paracentrales ;
- l'artère péricalléuse donne :
 - des branches paracentrales inconstantes,
 - des branches précunéennes,
 - des branches pariéto-occipitales.

c) Territoires artériels

- *Les territoires superficiels* comprennent :
 - la surface orbitaire du lobe frontal ;
 - le corps calleux, le gyrus cingulaire ;
 - le gyrus frontal médial, le lobule paracentral ;
 - les trois quarts du bord supéro-médial des hémisphères, dont la partie supérieure des gyrus précentral et postcentral, qui correspondent aux aires motrice et sensitive de la jambe et du pied ;
 - le précunéus et la face latérale adjacente de l'hémisphère.
- *Les territoires profonds* correspondent :
 - au rostrum du corps calleux ;
 - au septum pellucidum ;
 - à la partie antérieure du putamen ;
 - à la tête du noyau caudé.

8. Ancien. : artère centrale longue ou artère de Heubner.

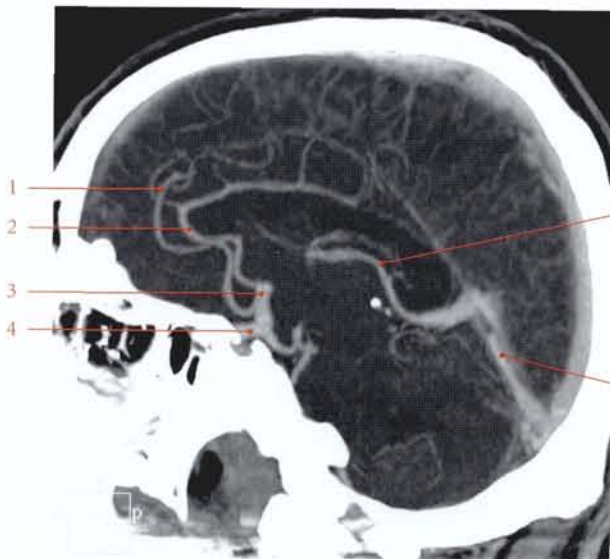


FIG. 30.20. Angio-TDM : coupe sagittale
(cliché Dr J. Drouineau)

1. a. callosomarginale
2. a. péricalléuse
3. a. cérébrale ant.
4. a. carotide interne
5. v. cérébrale interne
6. sinus droit



FIG. 30.21. Angio-TDM : coupe transversale
(cliché Dr J. Drouineau)

1. a. carotide interne
2. a. cérébrale ant.
3. a. cérébrale post.

3 | L'artère communicante postérieure

(fig. 30.8)

Elle naît de l'artère carotide interne près de sa terminaison.

a) Trajet

Elle passe sous le tractus optique et le pédoncule cérébral, en s'anastomosant avec l'artère cérébrale postérieure.

Elle est de calibre très variable et souvent différente à gauche et à droite.

Elle irrigue le tractus optique, le pédoncule cérébral, la région interpédunculaire et le gyrus parahippocampal.

b) Branches collatérales

Elle donne :

- les artères postéro-médiales qui donnent des branches antérieures et postérieures;
- une branche chiasmatique;
- les artères du tuber cinéreum qui donnent des branches médiales et latérales;
- l'artère thalamo-tubérale;

- une branche hypothalamique;
- les artères mamillaires;
- la branche du nerf oculomoteur.

c) Territoire artériel

Elle irrigue le tractus optique, le pédoncule cérébral, la région interpédunculaire et le gyrus parahippocampal.

L'anévrisme de l'artère communicante postérieure, souvent localisé en arrière, provoque habituellement une paralysie du nerf oculomoteur.

4 | L'artère cérébrale moyenne⁹ (fig. 30.22)

C'est la plus grosse des branches terminales de l'artère carotide interne.

9. Ancien : artère sylvienne.

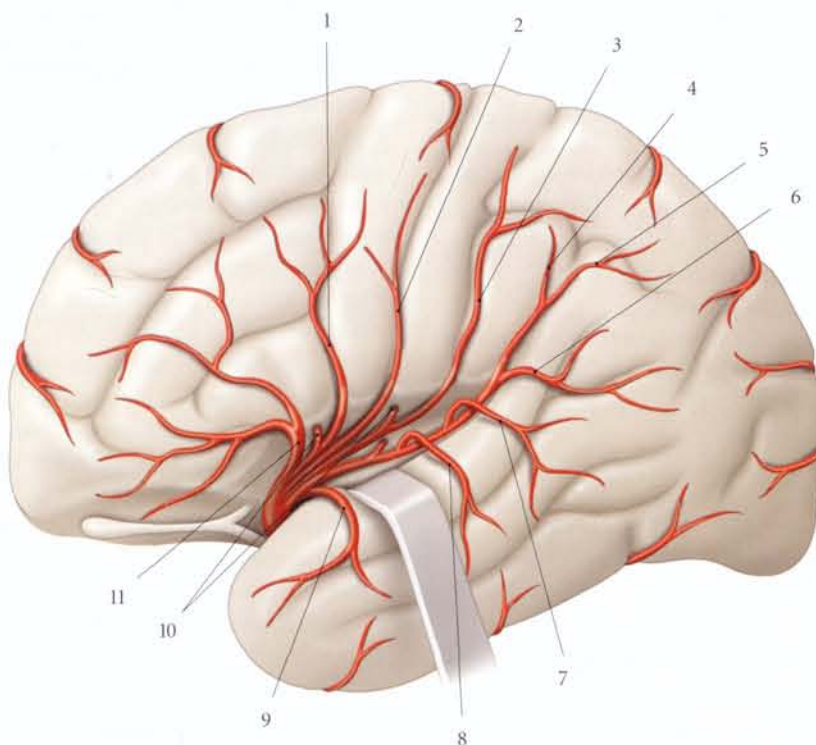


FIG. 30.22. Artères du cerveau (vue latérale)

1. a. préfrontale
2. a. du sillon central
3. a. post-centrale

4. a. pariétale ant.
5. a. pariétale post.
6. a. du gyrus angulaire

7. a. temporale post.
8. a. temporale intermédiaire
9. a. temporale ant.

10. aa. insulaires
11. a. fronto-basale latérale

a) Trajet – Division

Elle se dirige latéralement et présente deux parties, la partie sphénoïdale (segment M1) et la partie insulaire (segment M2).

- La partie sphénoïdale, horizontale, passe entre le lobe frontal et le pôle temporal de l'hémisphère.
- La partie insulaire, située dans la fosse latérale du cerveau, se dirige en haut et en arrière pour se terminer en branches inférieures et supérieures.

b) Branches collatérales

- La partie sphénoïdale (segment M1) donne :
 - les artères centrales antéro-latérales formées des branches striées latérales proximales et striées latérales distales ;

L'une de ces artères, plus grosse, constitue l'artère de l'hémorragie cérébrale interne (Charcot).

- l'artère uncale ;
- l'artère temporale polaire ;
- l'artère temporale antérieure.
- La partie insulaire (segment M2) donne les artères insulaires pour le lobe insulaire.

c) Branches terminales

Elles se dirigent en haut et en arrière et se destinent au cortex cérébral.

- Les branches terminales inférieures comprennent :
 - les branches temporales antérieure, moyenne et postérieure ;
 - la branche temporo-occipitale ;
 - la branche du gyrus angulaire.
- Les branches terminales supérieures comprennent :
 - l'artère fronto-basale latérale¹⁰ ;
 - l'artère du sillon précentral ;
 - l'artère du sillon central ;
 - l'artère du sillon postcentral ;
 - les artères pariétales antérieure et postérieure.

d) Territoires artériels

- Les territoires corticaux sont :
 - les gyrus orbitaires ;
 - une large surface de la face latérale des lobes frontal, pariétal et temporal entourant le sillon latéral, en particulier l'aire visuelle frontale, les aires du lan-

gage (Broca et Wernicke), les aires sensitive et motrice de la face et du bras.

- Les territoires centraux sont :
 - le putamen ;
 - le noyau caudé ;
 - la partie antérieure de la capsule interne.

5 | L'artère choroïdienne antérieure

(fig. 30.23 et 30.24)

Cette branche grêle de l'artère carotide interne peut naître de l'artère communicante postérieure ou de l'artère cérébrale moyenne.

a) Trajet

Elle se dirige en arrière sur la face médiale du lobe temporal, au-dessous de la partie médiale de l'uncus. Elle passe dans la corne inférieure du ventricule latéral, à travers la fissure choroïdienne, et se termine dans le plexus choroïde du ventricule latéral.

b) Branches collatérales

Elle donne de nombreuses branches :

- les branches choroïdiennes du ventricule latéral et des branches choroïdiennes du 3^e ventricule ;
- des branches de la substance perforée antérieure ;
- des branches chiasmatisques ;
- la branche du tractus optique ;
- les branches du corps géniculé latéral ;
- les branches du genou de la capsule interne ;
- les branches du bras postérieur de la capsule interne ;
- les branches de la partie rétrolenticulaire de la capsule interne ;
- les branches du globus pallidus ;
- les branches du noyau caudé ;
- les branches de l'hippocampe dont les branches uncales sont parfois inconstantes ;
- les branches du corps amygdaloïde qui donnent des rameaux inconstants au tuber cinéreum et aux noyaux hypothalamiques ;
- les branches des noyaux thalamiques ;
- les branches de la substance noire ;
- les branches du noyau rouge ;
- les branches du tronc cérébral.

10. Syn. : a. orbito-frontale latérale.

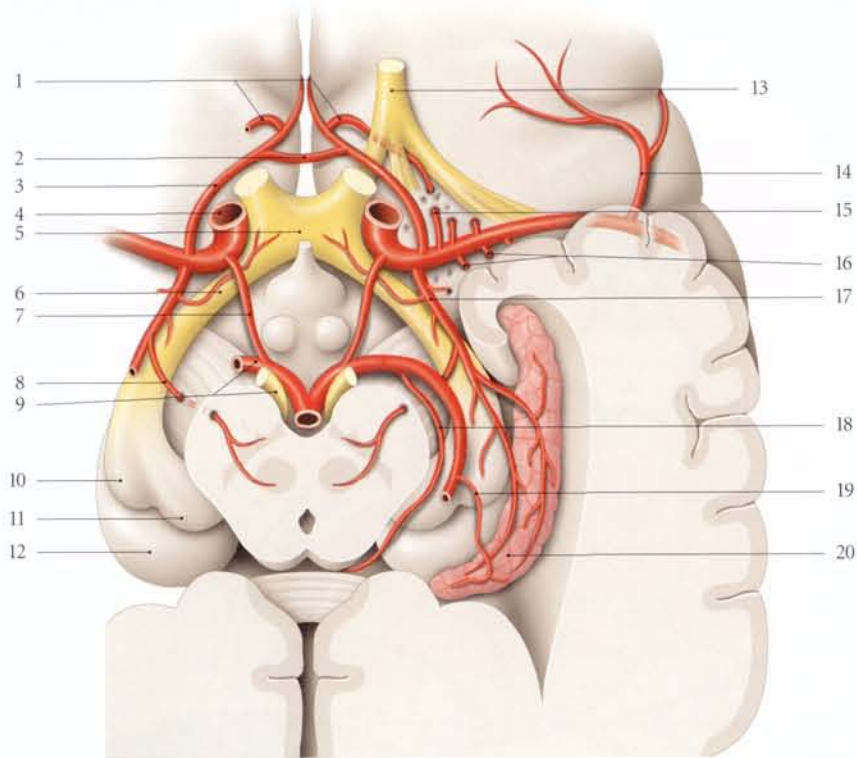
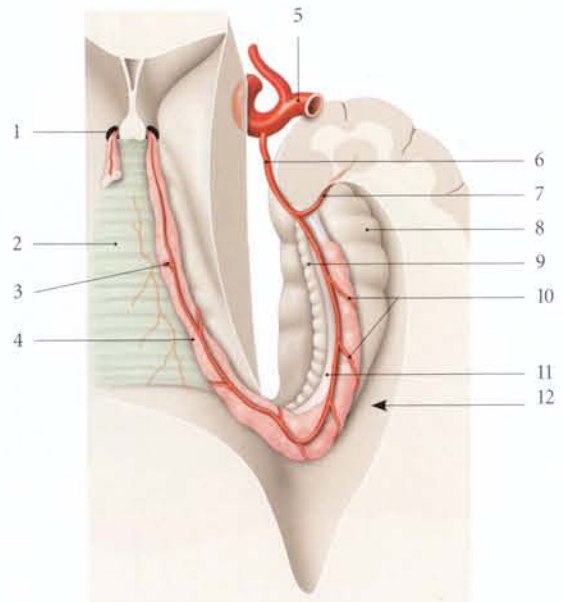


FIG. 30.23. Artères choroïdiennes (vue inférieure)

- | | | | |
|----------------------------------|---|------------------------------------|---|
| 1. aa. striées médiales distales | 7. a. communicante post. | 12. pulvinar | 18. a. choroïdienne postéro-médiale |
| 2. a. communicante | 8. a. du pédoncule cérébral | 13. tractus olfactif | 19. a. choroïdienne postéro-latérale |
| 3. a. cérébrale ant. | 9. n. oculomoteur et a. cérébrale post. | 14. a. fronto-basale latérale | 20. plexus choroïde du ventricule latéral |
| 4. a. carotide interne | 10. corps géniculé latéral | 15. aa. centrales antéro-latérales | |
| 5. chiasma optique | 11. corps géniculé médial | 16. a. cérébrale moyenne | |
| 6. tractus optique | | 17. a. choroïdienne ant. | |

FIG. 30.24. Artère choroïdienne antérieure (vue supérieure – d'après Pernkopf)

1. foramen interventriculaire
2. toile choroïdienne du 3^e ventricule
3. rameau choroïdien du 3^e ventricule
4. plexus choroïde du 3^e ventricule
5. a. cérébrale moyenne
6. a. choroïdienne ant.
7. a. du noyau amygdaloïde
8. pied de l'hippocampe
9. gyrus dentelé
10. branches choroïdiennes du ventricule latéral
11. fimbria de l'hippocampe
12. ventricule latéral



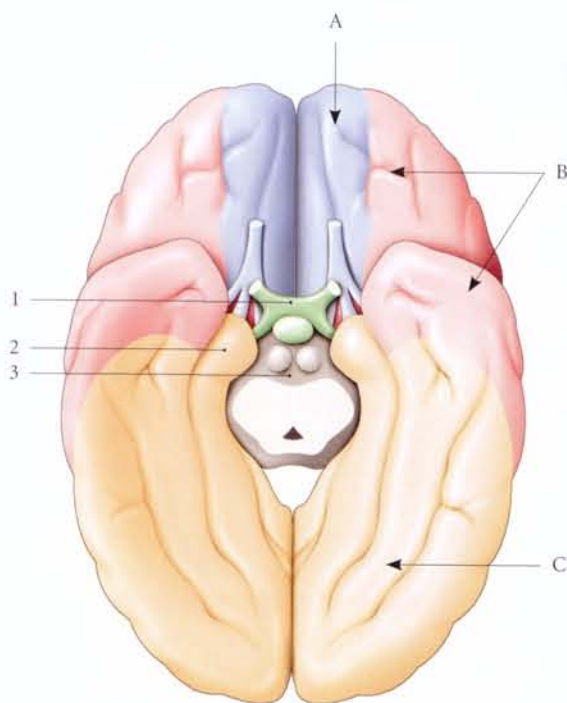


FIG. 30.25. Territoires artériels du cerveau (vue inférieure)

- A. a. cérébrale antérieure (bleu)
- B. a. cérébrale moyenne (rose)
- C. a. cérébrale postérieure (jaune)
- 1. chiasma optique
- 2. uncus
- 3. a. communicante post.

FIG. 30.26. Territoires artériels du cerveau (vue latérale)

- A. a. cérébrale antérieure (bleu)
- B. a. cérébrale moyenne (rose)
- C. a. cérébrale postérieure (jaune)

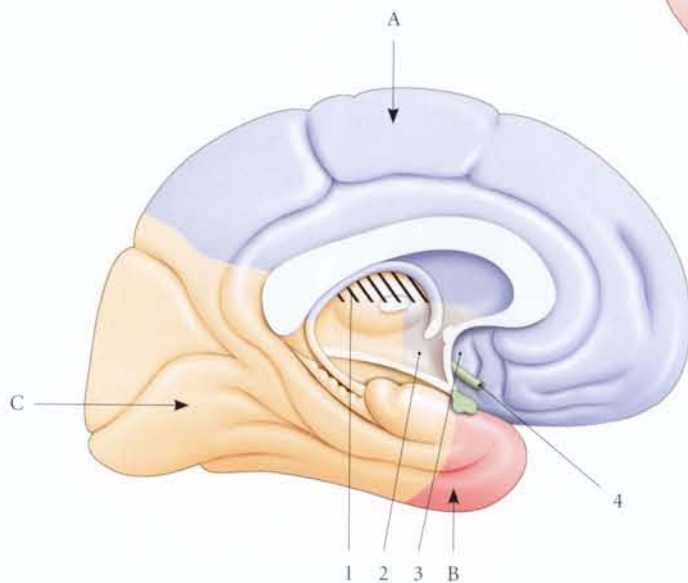
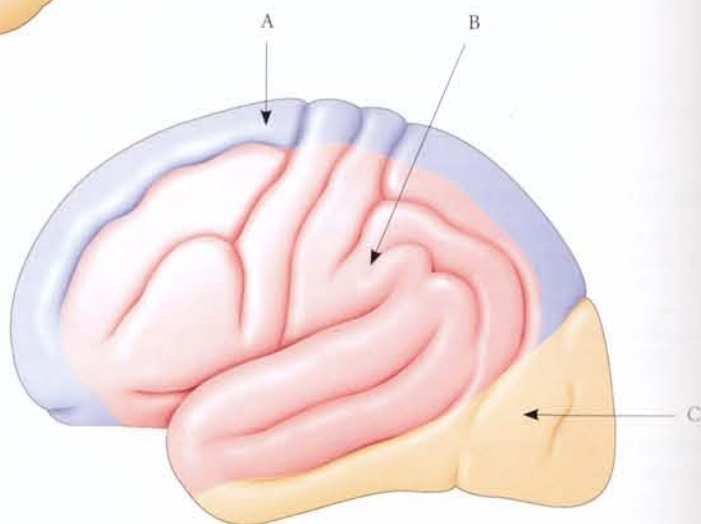


FIG. 30.27. Territoires artériels du cerveau (vue médiale)

- A. a. cérébrale antérieure (bleu)
- B. a. cérébrale moyenne (rose)
- C. a. cérébrale postérieure (jaune)
- 1. aa. choroidiennes ant. et post.
- 2. a. communicante post.
- 3. aa. cérébrale ant. et communicante ant.
- 4. a. carotide interne

D | CIRCULATION ARTÉRIELLE CÉRÉBRALE

Les artères principales du cerveau aboutissent au cercle artériel du cerveau qui constitue une anastomose par convergence assurant une régulation circulatoire de premier ordre.

La régulation circulatoire de deuxième ordre est constituée par la richesse des anastomoses artérielles. Elles

ont fait l'objet de nombreux travaux, en particulier ceux de G. Lazorthes, A. Gouazé et G. Salamon.

Le débit sanguin cérébral est de 750 ml par minute, soit 14 % du débit cardiaque. Ce débit relativement faible par rapport au rein est par contre remarquablement stable.

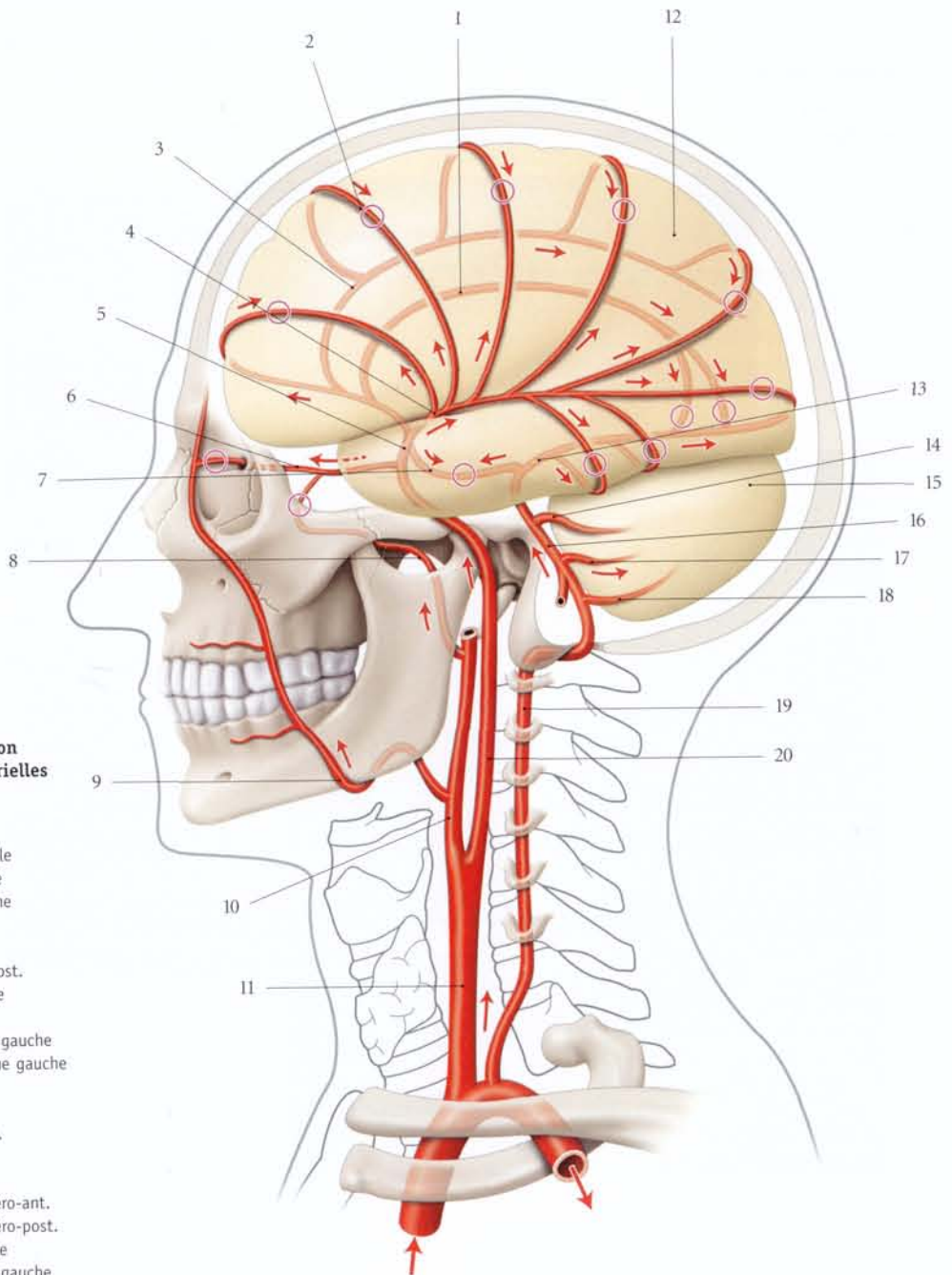


FIG. 30.28. Circulation et anastomoses artérielles cérébrales

1. a. péricalluse
2. anastomose artérielle
3. a. calloso-marginale
4. a. cérébrale moyenne
5. a. cérébrale ant.
6. a. ophtalmique
7. a. communicante post.
8. a. maxillaire interne
9. a. faciale
10. a. carotide externe gauche
11. a. carotide commune gauche
12. cerveau
13. a. cérébrale post.
14. a. cérébelleuse sup.
15. cervelet
16. a. basilaire
17. a. cérébelleuse inféro-ant.
18. a. cérébelleuse inféro-post.
19. a. vertébrale gauche
20. a. carotide interne gauche

1 | Chez le fœtus

Le cercle artériel du cerveau est définitivement constitué à la 8^e semaine. Il permet une riche oxygénation du cerveau. En effet, le sang placentaire, qui passe par le cœur, traverse le foramen ovale pour atteindre l'atrium gauche, puis le ventricule gauche, l'aorte, les artères carotides et vertébrales, pour atteindre le cerveau fœtal.

Le calibre des artères constituant le cerveau artériel évolue en fonction des contraintes de pression qu'elles subissent, c'est-à-dire les contraintes au niveau de leurs artères d'origine.

2 | Chez l'adulte

Les artères cérébrales antérieures moyennes et postérieures forment un réseau anastomotique cortical qui est uni au réseau artériel piémérien.

Deux courants anastomotiques artériels peuvent être identifiés.

a) Le courant artériel superficiel

Ce courant, issu du cortex cérébral, converge vers la cavité du ventricule latéral.

b) Le courant artériel profond

Il est constitué des artères centrales issues principalement du cercle artériel et des artères choroïdiennes. Ces artères pénètrent en profondeur et sont destinées aux noyaux de la base et aux plexus choroïdes du cerveau.

Les anastomoses issues des noyaux basaux convergent vers le plexus choroïde de la corne frontale du ventricule latéral.

L'accident vasculaire cérébral (AVC) consécutif à une lésion vasculaire (occlusion ou rupture artérielle) provoque des altérations du tissu nerveux qui se traduisent en imagerie médicale par une image dite « pénombre ischémique ».

La réversibilité du tissu altéré dépend de la rapidité de la revascularisation de la zone et de la consommation cérébrale d'oxygène.

Cette réversibilité dépend aussi de la plasticité synaptique du sujet.

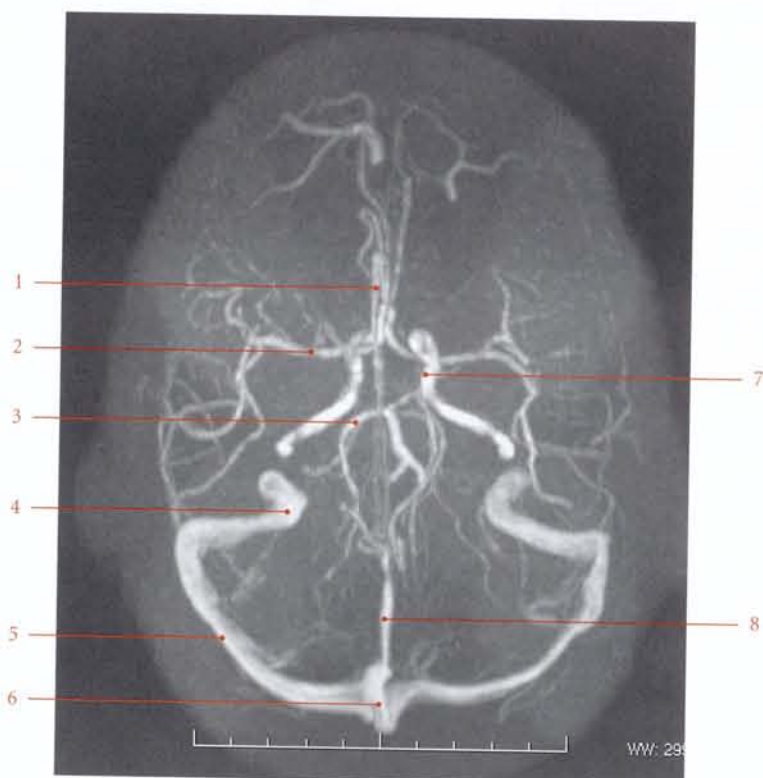


FIG. 30.29. Angio-IRM : coupe transversale (cliché Dr J. Drouineau)

1. a. cérébrale ant.
2. a. cérébrale moyenne
3. a. cérébrale post.
4. sinus sigmoïde
5. sinus transverse
6. confluent du sinus
7. a. carotide interne
8. sinus droit

30.2 VEINES DE L'ENCÉPHALE

Les veines de l'encéphale drainent le cerveau, le cervelet et le tronc cérébral (*radio 30.10*).

Ces veines ont un trajet différent de celui des artères de l'encéphale.

Elles sont constituées d'une paroi mince, dépourvue de fibres musculaires. Elles sont avalvulaires.

La majorité d'entre elles traverse l'espace subarachnoïdien pour se drainer dans le sinus veineux de la dure-mère.

Elles se répartissent en quatre groupes :

- les veines superficielles du cerveau ;
- les veines profondes du cerveau ;
- les veines du tronc encéphalique ;
- les veines du cervelet.



FIG. 30.30. Angio-IRM de la tête et du cou : vue de profil (cliché Dr J. Drouineau)

- | | |
|---------------------------|--------------------------|
| 1. a. calloso-marginale | 7. sinus droit |
| 2. a. péricalleuse | 8. confluent des sinus |
| 3. aa. fronto-basales | 9. sinus transverse |
| 4. a. du sillon central | 10. sinus sigmoïde |
| 5. aa. carotides internes | 11. v. jugulaire interne |
| 6. sinus sagittal sup. | 12. a. vertébrale |

A | VEINES SUPERFICIELLES DU CERVEAU

(radio 30.11)

Elles cheminent dans les sillons cérébraux à la surface de la pie-mère du cerveau dans l'espace subarachnoïdien.

Elles comprennent :

- les veines cérébrales supérieures;
- la veine cérébrale moyenne superficielle;
- les veines cérébrales inférieures.

1 | Les veines cérébrales supérieures

Elles drainent les faces supéro-latérale et médiale des hémisphères cérébraux dans le sinus sagittal supérieur.

a) Au nombre de huit à douze, elles comprennent :

- les veines préfrontales issues du pôle frontal;
- les veines frontales, issues du tiers supérieur du lobe frontal;
- les veines pariétales, issues du lobe pariétal;
- les veines temporales;
- des veines occipitales, issues du lobe occipital.

b) Le **sinus sagittal supérieur** côtoie les bords supérieurs des hémisphères cérébraux.

c) **La ponction du sinus sagittal supérieur chez le nourrisson**

L'enfant couché sur le dos, la tête en hyperflexion est solidement immobilisée. L'aiguille pique l'angle postérieur de la fontanelle antérieure en se dirigeant en arrière en rasant la face interne de la calvaria.

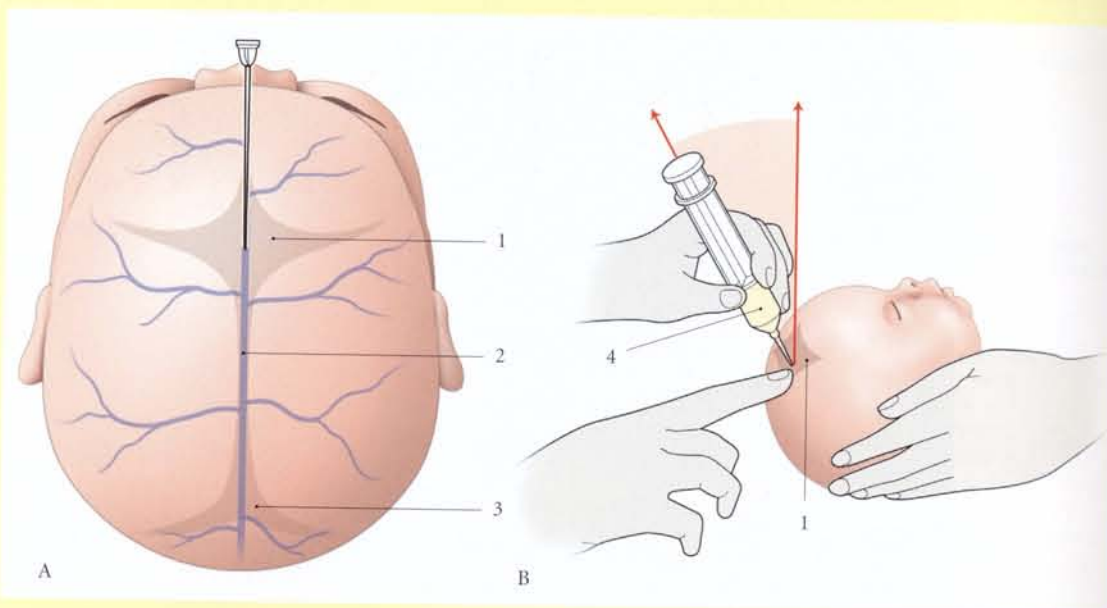


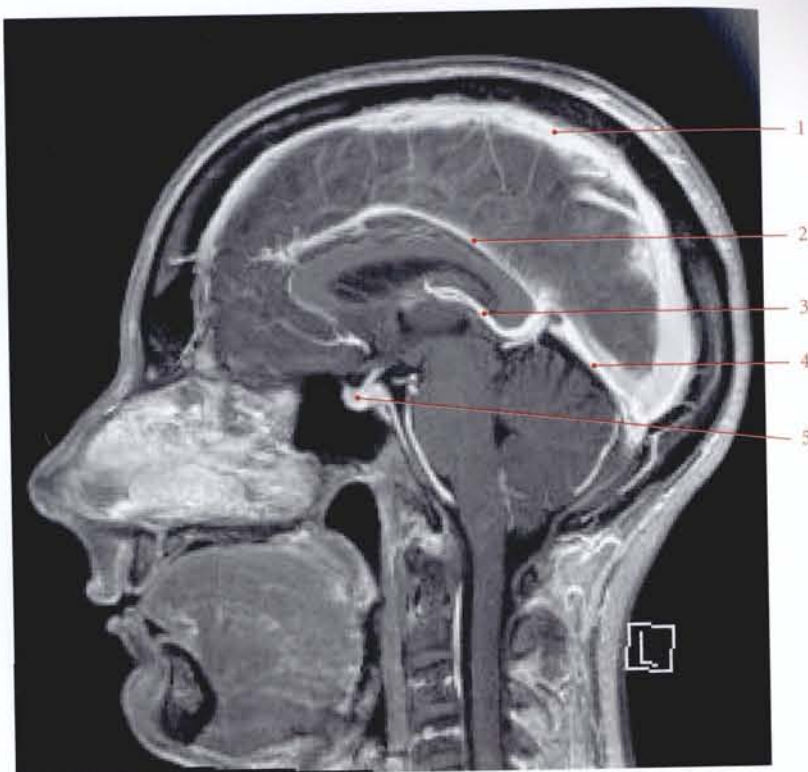
FIG. 30.31. Ponction du sinus sagittal supérieur chez le nouveau-né

A. repères anatomiques
B. technique de ponction

1. fontanelle ant.
2. sinus sagittal
3. fontanelle post.
4. reflux du sang

FIG. 30.32. Coupe sagittale de la tête : IRM-gadolinium (cliché Dr Th. Diesce)

1. sinus sagittal
2. v. cérébrale interne
3. v. basale
4. sinus droit
5. sinus caverneux



2 | La veine cérébrale moyenne superficielle¹¹

Cette volumineuse veine draine les faces latérales des hémisphères cérébraux. Elle parcourt le sillon latéral et se draine dans le sinus caverneux.

Elle s'anastomose avec les veines cérébrales supérieures et inférieures.

Parmi ces anastomoses, deux inconstantes se caractérisent par leur grosseur :

a) La veine cérébrale anastomotique inférieure¹² qui unit la veine cérébrale moyenne superficielle au sinus transverse.

b) La veine cérébrale anastomotique supérieure¹³ qui unit la veine cérébrale moyenne superficielle au sinus sagittal supérieur.

3 | Les veines cérébrales inférieures

Elles drainent essentiellement la face inférieure des hémisphères cérébraux.

a) Les veines orbitaires drainent la face inférieure des lobes frontaux et rejoignent les veines cérébrales supérieures.

b) Les veines temporales drainent la face inférieure des lobes temporaux dans les sinus caverneux, pétreux supérieur et transverse.

c) Les veines occipitales drainent la face inférieure du lobe occipital dans le sinus droit et le sinus transverse.

B | VEINES PROFONDES DU CERVEAU

Les veines profondes du cerveau drainent les noyaux basaux et les structures pertinentes du cerveau. Ces veines sont collectées *in fine* par la grande veine du cerveau.

11. Ancien. : veine sylvienne superficielle ; veine de Browning.

12. Ancien. : veine de Labbé.

13. Ancien. : veine de Trolard.

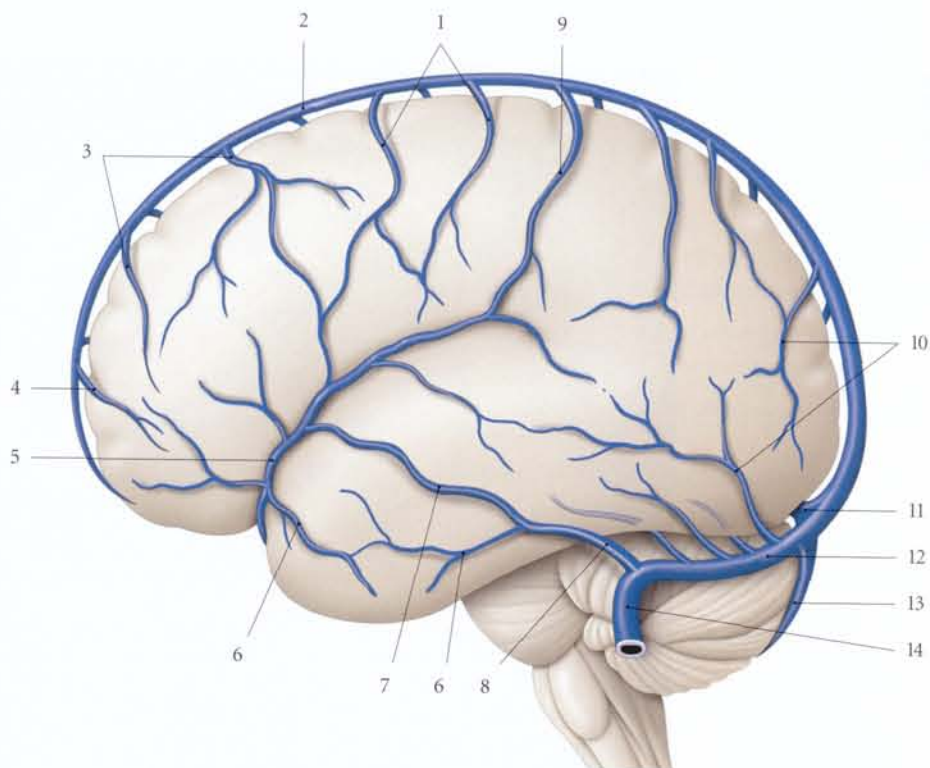


FIG. 30.33. Veines superficielles du cerveau (vue latérale)

- | | | | |
|------------------------|---|---|-------------------------|
| 1. vv. pariétales | 5. v. cérébrale moyenne sup. | 8. v. cérébrale inf. | 11. confluent des sinus |
| 2. sinus sagittal sup. | 6. vv. temporales | 9. v. cérébrale anastomotique sup. (de Trolard) | 12. sinus transverse |
| 3. vv. frontales | 7. v. cérébrale anastomotique inf. (de Labbé) | 10. vv. occipitales | 13. sinus occipital |
| 4. v. préfrontale | | | 14. sinus sigmoïde |

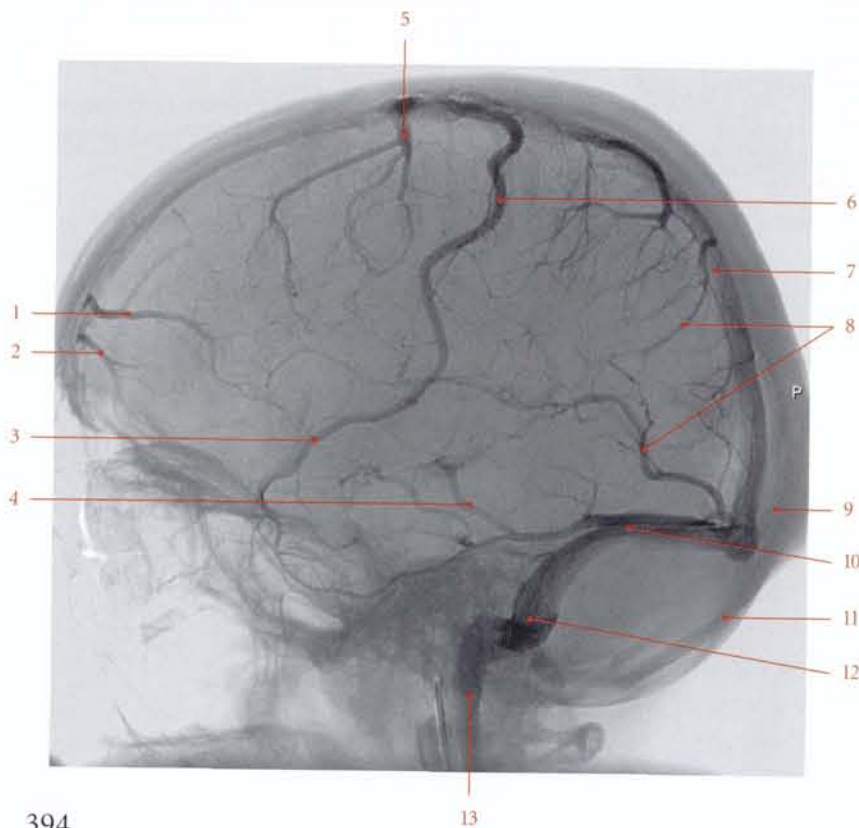


FIG. 30.34. Angio-IRM. Temps veineux : vue de profil
(cliché Dr J. Drouineau)

- | |
|------------------------------------|
| 1. v. frontale |
| 2. v. préfrontale |
| 3. v. cérébrale moyenne |
| 4. v. cérébrale anastomotique inf. |
| 5. v. pariétale |
| 6. v. cérébrale anastomotique sup. |
| 7. sinus sagittal sup. |
| 8. vv. occipitales |
| 9. confluent des sinus |
| 10. sinus transverse |
| 11. sinus occipital |
| 12. sinus sigmoïde |
| 13. v. jugulaire interne |

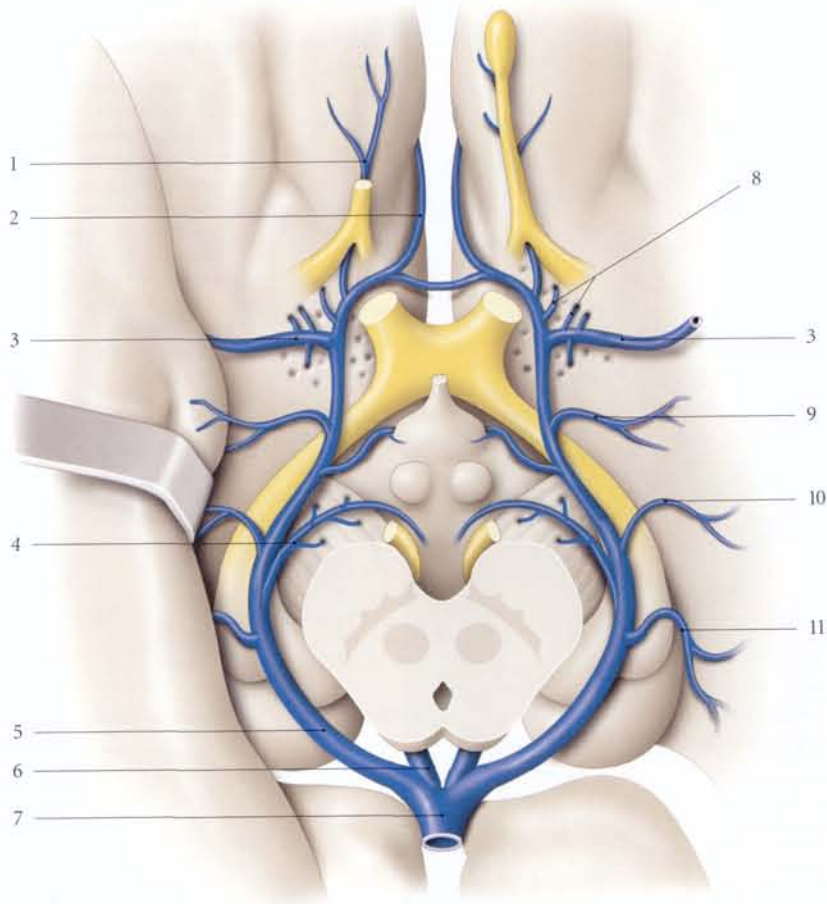


FIG. 30.35. Veines de la base du cerveau

- | | | |
|----------------------------------|------------------------------------|---------------------------|
| 1. v. du gyrus olfactif | 5. v. basale (de Rosenthal) | 9. v. de l'incus |
| 2. v. cérébrale ant. | 6. v. cérébrale interne | 10. v. ventriculaire inf. |
| 3. v. cérébrale moyenne profonde | 7. grande v. cérébrale (de Galien) | 11. v. choroïdienne inf. |
| 4. v. pédonculaire | 8. vv. thalamo-striées inf. | |

1 | La grande veine du cerveau¹⁴

Cette volumineuse veine impaire du cerveau est constituée de l'union des veines cérébrales internes droite et gauche.

Elle est courte et arciforme. Elle est située sous le splénium du corps calleux.

Elle se draine dans l'extrémité antérieure du sinus droit.

Ses veines affluentes sont : les veines basales, la veine supérieure du corps calleux, la veine supérieure du vermis et la veine intercolliculaire.

2 | Les veines cérébrales internes (radio 30.12)

Au nombre de deux, droite et gauche, chacune est formée au niveau du foramen interventriculaire par l'union des veines thalamo-striée supérieure¹⁵ et choroïdienne supérieure.

Elles se dirigent en arrière sur la toile choroïdienne du 3^e ventricule, le long de la fissure transverse, entre le fornix et le thalamus.

a) Veines afférentes

- La *veine médiale du ventricule latéral* naît au centre des lobes pariétal et occipital. Elle chemine dans la paroi médiale du ventricule latéral.
- La *veine latérale du ventricule latéral* naît au centre des lobes pariétal et occipital. Elle chemine dans la paroi latérale du ventricule latéral. Elle draine les veines du noyau caudé.
- Les *veines directes latérales* sont issues de la paroi du 3^e ventricule. Elles rejoignent directement la veine cérébrale interne.

14. Ancien. : veine de Galien.

15. Ou veine terminale.

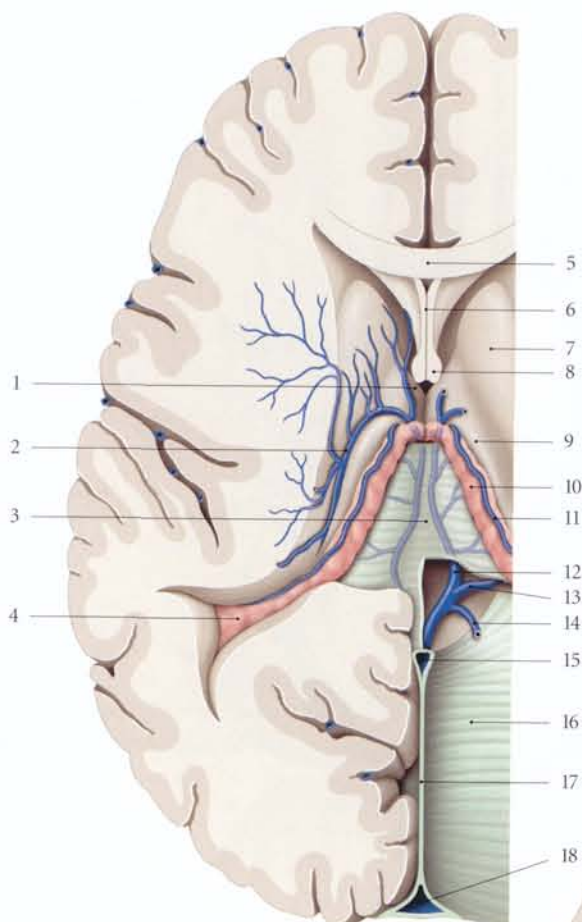
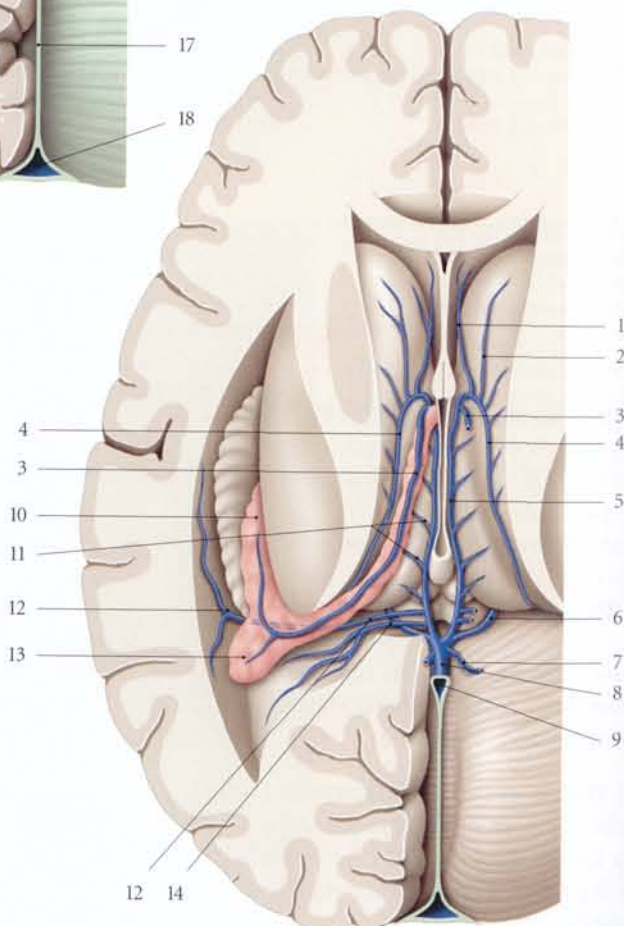


FIG. 30.36. Ventricule latéral gauche ouvert : coupe transversale du cerveau (vue supérieure).

1. v. ant. du septum pellucidum
2. v. thalamo-striée sup.
3. toile choroïdienne du 3^e ventricule
4. glomus choroïdien
5. corps calleux
6. septum pellucidum
7. tête du noyau caudé
8. colonne du fornix
9. thalamus
10. plexus choroïde du ventricule latéral
11. v. choroïdienne sup.
12. v. cérébrale interne
13. v. basale
14. v. post. du corps calleux
15. sinus sagittal inf.
16. tente du cervelet
17. faux du cerveau
18. sinus sagittal sup.

FIG. 30.37. Veines affluentes de la grande veine du cerveau : coupe transversale du cerveau (vue supérieure sans la toile choroïdienne)

1. v. ant. du septum pellucidum
2. v. du noyau caudé
3. v. choroïdienne sup.
4. v. thalamo-striée sup. (v. terminale)
5. v. cérébrale interne
6. v. basale
7. v. post. du corps calleux
8. grande v. du cerveau
9. sinus sagittal inf.
10. plexus choroïde du ventricule latéral
11. vv. directes latérales
12. v. latérale du ventricule latéral
13. glomus choroïdien
14. v. médiale du ventricule latéral



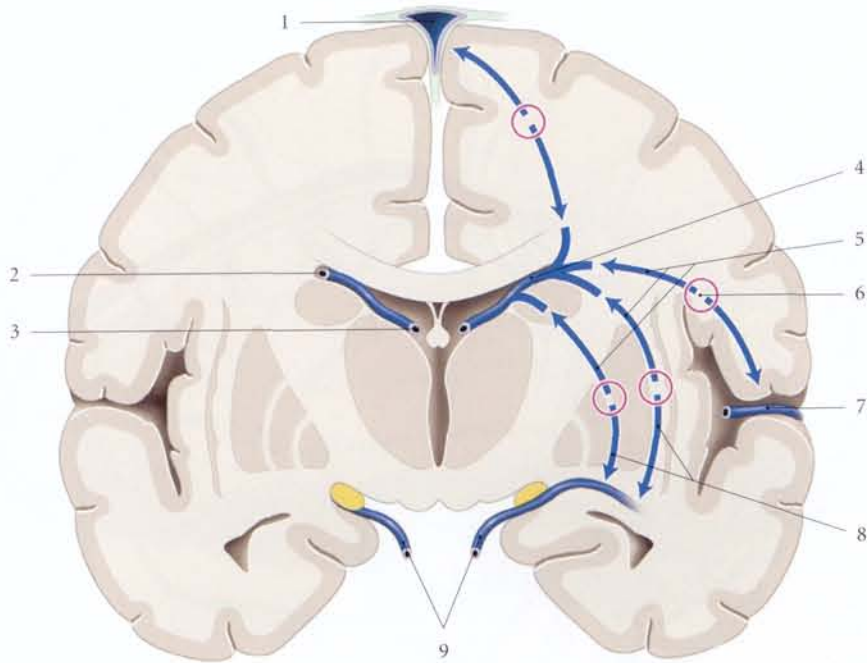


FIG. 30.38. Diagramme des connexions entre les veines superficielles et profondes du cerveau (coupe frontale)

- 1. sinus sagittal sup.
- 2. v. du noyau caudé
- 3. v. cérébrale interne

- 4. v. thalamo-striée
- 5. vv. striées sup.
- 6. anastomoses

- 7. v. cérébrale superficielle moyenne
- 8. vv. striées inf.
- 9. vv. cérébrales inf.

b) La veine thalamo-striée supérieure (ou veine terminale)

Elle chemine entre le thalamus et le noyau caudé. Elle reçoit :

- la veine antérieure du septum pellucidum, qui naît au niveau du genou du corps calleux et chemine sur le septum pellucidum ;
- la veine postérieure du septum pellucidum, qui naît dans le plancher du ventricule latéral ;
- les veines du noyau caudé.

c) La veine choroïdienne supérieure

Elle parcourt tout le plexus choroïde du ventricule latéral.

Elle draine le fornix, l'hippocampe et le corps calleux.

3 | Les veines basales¹⁶

Chaque veine basale naît au niveau de la substance perforée antérieure, parcourt le sillon parahippocampal et se termine dans la grande veine cérébrale.

a) Les veines d'origine sont :

- la veine cérébrale antérieure et la veine du gyrus olfactif ;

- la veine cérébrale moyenne profonde qui draine les veines insulaires.

b) Les veines affluentes sont :

- les veines thalamo-striées inférieures ;
- la veine uncale qui draine l'uncus ;
- la veine ventriculaire inférieure ;
- la veine choroïdienne inférieure ;
- les veines pédonculaires qui drainent la veine mésencéphalique latérale.

4 | La veine postérieure du corps calleux

Elle chemine sur le splénium du corps calleux.

5 | La veine supérieure du vermis

Elle draine le vermis et se termine soit dans la veine basale, soit dans la grande veine du cerveau.

6 | La veine intercolliculaire

Elle chemine entre les colliculus supérieures et inférieures qu'elle draine.

16. Ancien. : veines de Rosenthal.

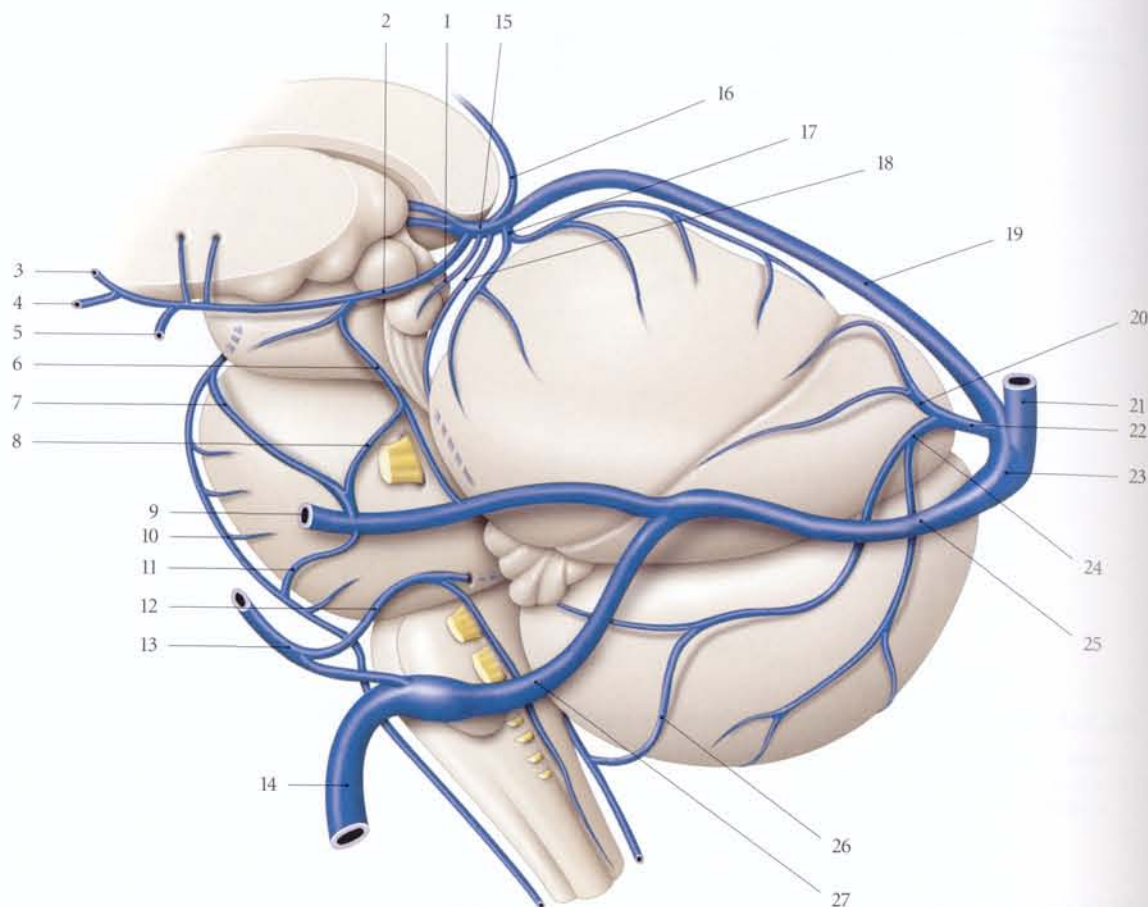


FIG. 30.39. Veines du tronc cérébral et du cervelet (vue latérale)

- | | | |
|----------------------------------|---|---|
| 1. v. intercolliculaire | 10. v. pontique antéro-médiane | 19. sinus droit |
| 2. v. basale | 11. v. pontique transverse | 20. v. sup. des hémisphères cérébelleux |
| 3. v. cérébrale ant. | 12. v. du récessus latéral du 4 ^e ventricule | 21. v. sagittale sup. |
| 4. v. du gyrus olfactif | 13. sinus pétreux inf. | 22. v. inf. du vermis |
| 5. v. cérébrale moyenne profonde | 14. v. jugulaire interne | 23. confluent des sinus |
| 6. v. mésencéphalique latérale | 15. grande v. du cerveau | 24. v. inf. des hémisphères cérébelleux |
| 7. v. ponto-mésencéphalique | 16. v. post. du corps calleux | 25. sinus transverse |
| 8. v. pontique latérale | 17. v. sup. du vermis | 26. v. de la citerne cérébello-médullaire |
| 9. sinus pétreux sup. | 18. v. précentrale | 27. sinus sigmoïde |

C | VEINES DU TRONC ENCÉPHALIQUE

Les veines du tronc encéphalique sont en continuité avec celles du cerveau, du cervelet et de la moelle spinale. Certaines veines sont plus constantes dans ce réseau veineux variable.

1 | La veine pontomésencéphalique

Elle est située sur la face antérieure du mésencéphale et du pont.

Elle unit les veines interpédonculaires au sinus pétreux supérieur.

2 | La veine mésencéphalique latérale

Elle rejoint la veine pédonculaire.

3 | Les veines pontiques

- Les veines pontiques antéro-médiane, antéro-latérale et latérale parcourent les faces homonyme du pont.
- Les veines pontiques transverses unissent ces veines entre elles.

4 | La veine du récessus latéral du 4^e ventricule

Elle se draine dans le sinus pétreux inférieur.

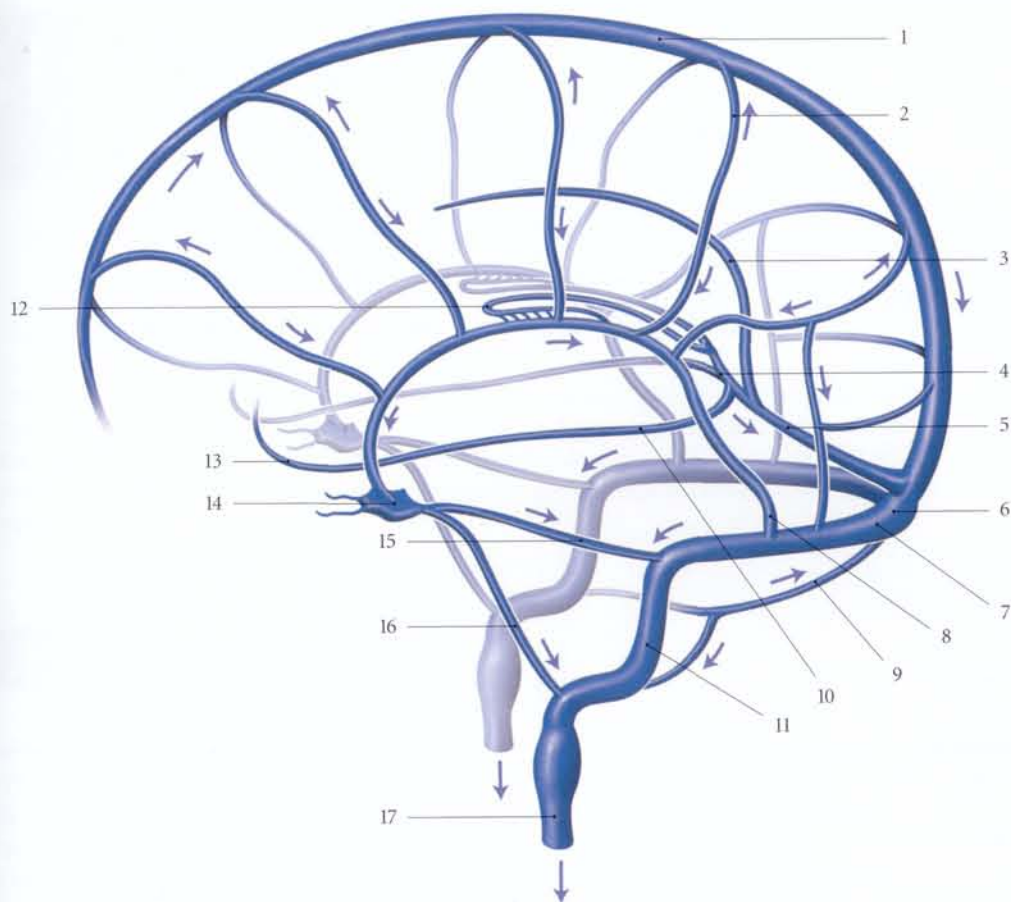


FIG. 30.40. Schéma des anastomoses unissant les sinus veineux et les veines cérébrales (d'après Williams et Warwick)

1. sinus sagittal sup.
2. v. anastomotique sup.
3. sinus sagittal inf.
4. grande v. cérébrale
5. sinus droit
6. confluent des sinus

7. sinus transverse
8. v. cérébrale anastomotique inf.
9. sinus occipital
10. v. basale
11. sinus sigmoïde
12. vv. cérébrales internes

13. vv. cérébrales ant.
14. sinus caverneux
15. sinus pétreux sup.
16. sinus pétreux inf.
17. v. jugulaire interne

5 | Les veines de la moelle allongée

Selon leur situation, on distingue :

- la veine médullaire antéro-médiane ;
- la veine médullaire antéro-latérale ;
- la veine médullaire postéro-médiane ;
- les veines médullaires dorsales ;
- les veines médullaires transverses.

6 | La veine de la citerne cérébellomédullaire

Elle unit la veine médullaire dorsale à la veine inférieure du vermis.

D | VEINES DU CERVELET (radio 30.13)

1 | La veine supérieure du vermis

Elle draine les veines supérieures du cervelet dans la grande veine du cerveau.

2 | La veine inférieure du vermis

Elle draine les veines supérieures et inférieures du cervelet dans le confluent des sinus.

3 | La veine précentrale du cervelet

Elle draine la lingula et le lobule central dans la grande veine du cerveau.

31 Méninges Liquide cérébro-spinal

Le système nerveux central est entouré de membranes, les méninges, et d'une lame de sérosité, le liquide cérébro-spinal, qui remplit aussi les ventricules encéphaliques.

Les méninges sont fréquemment le siège d'hématomes consécutifs à un traumatisme, à une pathologie vasculaire ou hypertensive. Elles peuvent aussi être affectées d'une infection (méningite, arachnoïdite) ou d'une dystrophie réactionnelle (corps étranger, médication locale...).

Le prélèvement du liquide cérébro-spinal permet de juger de l'état des atteintes des méninges et du système nerveux central.

31.1 MÉNINGES

Les méninges enveloppent le système nerveux central, la portion intracrânienne des nerfs crâniens et les racines des nerfs spinaux. Elles comprennent trois couches superposées :

- une couche périphérique, appliquée contre la paroi osseuse, la *dure-mère*¹ ;
- une couche intermédiaire, l'*arachnoïde* ;
- une couche interne, recouvrant la structure nerveuse, la *pie-mère*².

A | ORGANOGÉNÈSE

Le mésenchyme entourant le tube neural se condense pour former la *méninge primitive*, qui se différencie en *pachyméninge* et *leptoméninge*.

1 | La pachyméninge

Elle correspond à la partie externe condensée de la méninge primitive.

Elle s'épaissit et devient la dure-mère crânio-spinale.

2 | La leptoméninge

Elle correspond à la partie interne et molle de la méninge primitive.

Elle présente des lacunes liquidiennes, séparées par le *réтинaculum arachnoïdien*.

Ces lacunes confluentes séparent l'arachnoïde crânio-spinale et la pie-mère crânio-spinale. L'espace lacunaire forme l'*espace subarachnoïdien*.

Le réтинaculum arachnoïdien forme les *trabécules arachnoïdiennes* et le *filum terminal*.

La pie-mère crâniale des régions amincies des ventricles encéphaliques s'invagine avec des vaisseaux, en repoussant l'épendyme pour former les plexus choroïdes.

Les plexus choroïdes du 4^e ventricule sont les premiers à se former, entre le 48^e et le 50^e jour, chez un embryon de 22 mm environ.

B | STRUCTURE

1 | La dure-mère

La dure-mère est une membrane de protection fibreuse et résistante.

Son adhérence à la paroi osseuse est variable selon les régions, telle la faible adhérence de la région temporale.

Entre la dure-mère et l'arachnoïde se trouve un espace virtuel, l'*espace subdural*.

Ce tissu conjonctif dense est constitué de fibres élastiques et collagènes importantes.

Celles-ci sont disposées en couches superposées dont la direction est la même dans chaque couche, mais différente au niveau des couches adjacentes.

1. Syn. : pachyméniges.

2. L'arachnoïde et la pie-mère constituent la leptoméninge.

2 | L'arachnoïde

L'arachnoïde est une membrane conjonctive avasculaire.

Elle est formée de cinq à huit couches denses de fibroblastes plats.

Sa surface au contact de l'espace subdural est formée de cellules épithéliales minces et squameuses.

Elle est séparée de la pie-mère par l'espace subarachnoïdien qui est traversé par de nombreuses trabécules arachnoïdiennes constituées de fibroblastes. Elles forment un maillage tridimensionnel unissant l'arachnoïde à la pie-mère.

Elle est aussi pourvue de neurofibres sensorielles (les corpuscules de Krause) ; le long des vaisseaux se dispersent des histiocytes, des lymphocytes, voire des mélanocytes à la base du cerveau.

L'espace subarachnoïdien contient des vaisseaux, de nombreux macrophages, des lymphocytes, des mastocytes et des cellules mésenchymateuses embryonnaires.

3 | La pie-mère

Cette enveloppe interne des méninges, fine et transparente, est intimement appliquée contre la surface du système nerveux central dont elle épouse la morphologie. Elle est séparée de l'arachnoïde par l'espace subarachnoïdien.

a) Structure

C'est une membrane vasculaire constituée d'un riche réseau vasculaire ténu, associé à un tissu conjonctif délicat formé de plusieurs couches de fibroblastes plats séparés par de fines fibrilles collagènes.

Elle est composée de deux lames, interne et externe :

- la *lamelle interne* adhère à la surface du système nerveux et à ses vaisseaux. Elle s'insinue dans les fissures et accompagne les capillaires pour se trouver directement en contact avec la neuroglie. Elle accompagne aussi la partie initiale des nerfs crâniens et spinaux ;
- la *lamelle externe* répond à l'espace subarachnoïdien. Elle est riche en fibres collagènes et se prolonge avec les trabécules arachnoïdiennes.

b) Fonction

La pie-mère, en contact avec la neuroglie, assure une fonction protectrice du système nerveux central et une fonction régulatrice du renouvellement du liquide cérébro-spinal.

Elle contrôle les mouvements des échanges ioniques. Elle constitue la barrière vasculaire du cerveau. Elle est imperméable à certains microbes et molécules thérapeutiques. Ce rôle, inexistant chez le fœtus, se développe progressivement.

C | MÉNINGES SPINALES (fig. 31.1 et 31.2)

1 | La dure-mère spinale

La dure-mère spinale enveloppe la moelle spinale et les racines des nerfs spinaux jusqu'au foramen intervertébral où elle se continue avec le périoste.

a) Morphologie

C'est un cylindre de calibre bien supérieur à celui de la moelle, mais bien inférieur à celui du canal vertébral. Elle est séparée de la paroi du canal vertébral par l'espace épidual (ou péri-dural).

- *L'extrémité caudale* de la dure-mère, au niveau de S2, recouvre la partie dorsale du filum terminal jusqu'à la base du coccyx.
- *L'espace épidual* contient de la graisse fluide, des tractus fibreux qui l'unissent à la paroi du canal vertébral, le plexus veineux vertébral interne, des artères, des lymphatiques et les rameaux méningés des nerfs spinaux. C'est dans cet espace que s'effectue l'injection des anesthésies épidurales³.

b) Vascularisation

Elle est irriguée par les rameaux spinaux des artères vertébrales, intercostales postérieures, subcostales et lombaires.

c) Innervation

Elle est assurée par les rameaux méningés des nerfs spinaux.

2 | L'arachnoïde spinale⁴

Partie de l'arachnoïde enveloppant la moelle spinale et la racine des nerfs spinaux jusqu'aux foramens intervertébraux. Elle se continue en haut avec l'arachnoïde de l'encéphale et se termine au niveau de S2 par un cul-de-sac subarachnoïdien, la *citerne lombaire*.

3. Ancien. : péri-durales.

4. Ancien. : arachnoïde rachidienne.

3 | La pie-mère spinale

C'est la pie-mère qui recouvre toute la surface de la moelle spinale et la partie piale du filum terminal.

Sa *face interne* est adhérente à la moelle spinale et recouvre les vaisseaux spinaux. Elle s'insinue dans la fissure médiane et enveloppe la racine des nerfs spinaux.

Sa *face externe* répond à l'espace subarachnoïdien spinal.

La pie-mère spinale présente deux prolongements latéraux, les *ligaments dentelés*, et deux prolongements postérieurs, les *septums cervicaux intermédiaires*.

a) Les ligaments dentelés

Chaque ligament dentelé est une lame conjonctive frontale unissant la pie-mère spinale et l'arachnoïde spinale.

Son bord interne se fixe sur la face latérale de la moelle spinale.

Son bord latéral festonné s'insère sur l'arachnoïde entre les foramen des nerfs spinaux.

b) Les septums cervicaux intermédiaires

Chaque septum cervical intermédiaire est une mince cloison conjonctive séparant, au niveau de la partie cervicale de la moelle, les faisceaux gracile et cunéiforme.

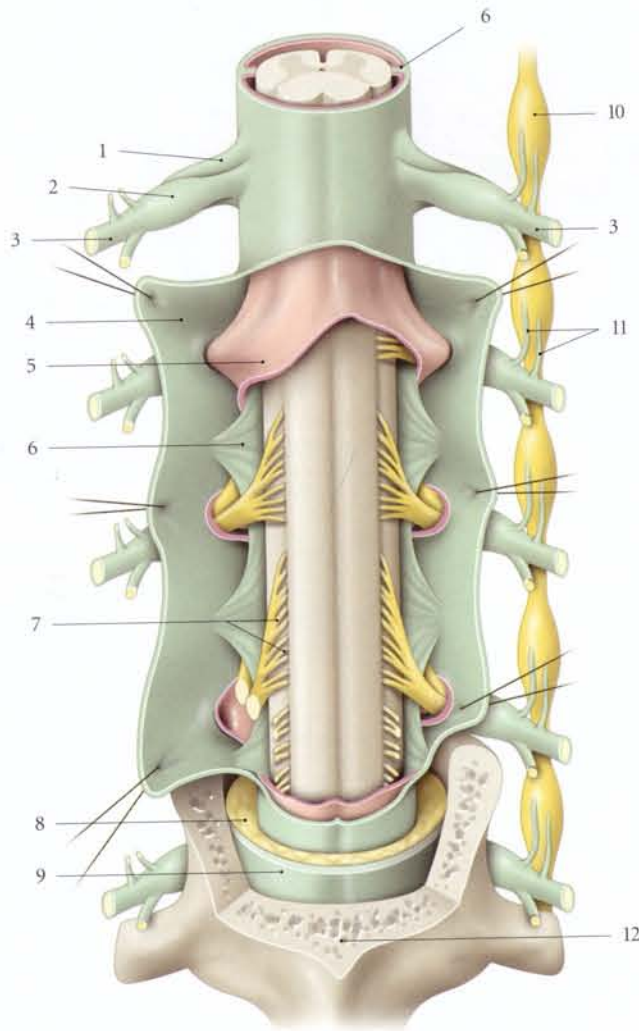


FIG. 31.1. Méninges spinales (vue postérieure)

1. racine ant. du n. spinal
2. ganglion spinal et racine post.
3. n. spinal
4. dure-mère réclinée
5. arachnoïde réséquée partiellement
6. lig. dentelé

7. filets radiculaires
8. espace péri-dural
9. lig. jaune
10. ganglion sympathique
11. rr. communicants
12. vertèbre thoracique

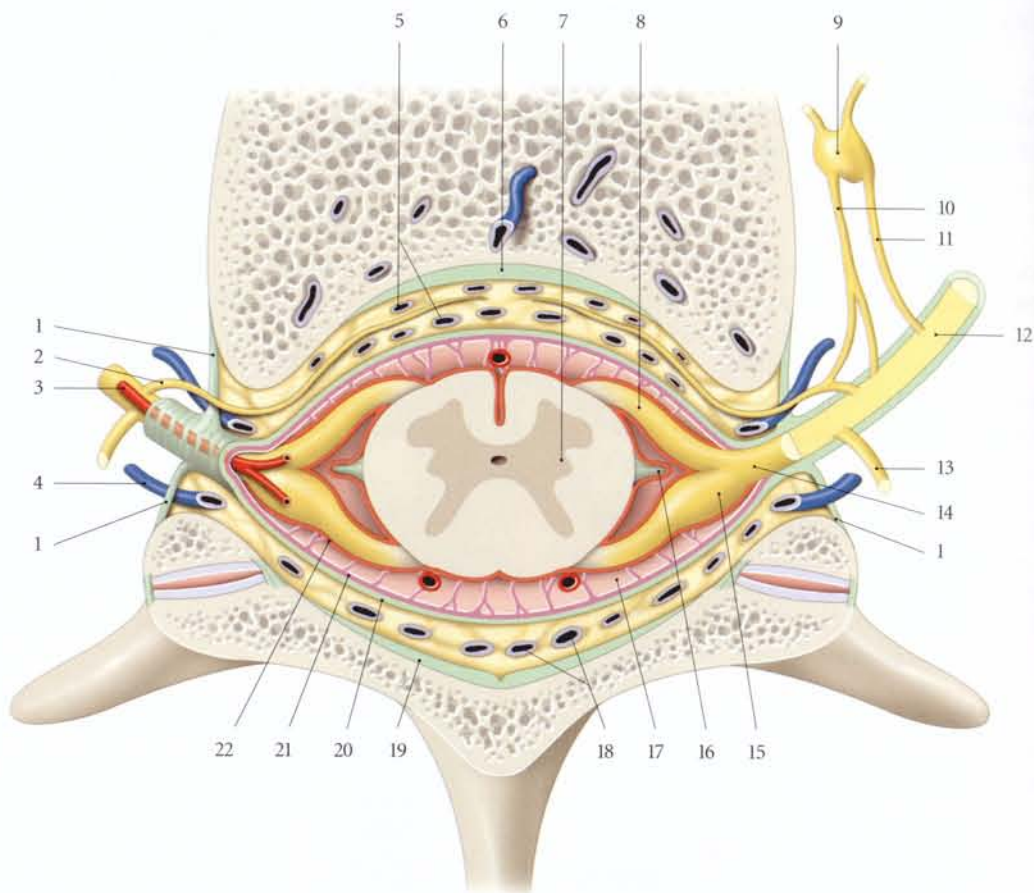


FIG. 31.2. Nerf spinal (coupe transversale de la moelle spinale au niveau d'une vertèbre thoracique)

- | | | |
|---|--------------------------------|--|
| 1. opercule fibreux du canal intervertébral | 9. ganglion sympathique | 17. espace subarachnoïdien |
| 2. r. mésentérique | 10. r. communicant gris | 18. plexus veineux vertébral interne post. |
| 3. a. radulaire | 11. r. communicant blanc | 19. lig. jaune |
| 4. v. radulaire | 12. branche ant. du n. spinal | 20. dure-mère |
| 5. plexus veineux vertébral interne ant. | 13. branche post. du n. spinal | 21. arachnoïde |
| 6. lig. longitudinal post. | 14. tronc spinal | 22. pie-mère |
| 7. moelle spinale | 15. ganglions spinaux | |
| 8. racine ant. | 16. lig. dentelé | |

4 | L'anesthésie épidurale (fig. 31.3)

L'injection est effectuée dans l'espace épidural spinal.

a) L'anesthésie épidurale haute

Le patient est en position assise en flexion, ou en décubitus latéral gauche et en flexion.

Le point de ponction est habituellement l'espace interépineux L4-L5 (voir Chapitre 31.2).

L'aiguille, à extrémité mousse et courbe, franchit perpendiculairement 2 cm environ de plan superficiel, puis le pavillon de l'aiguille est abaissé. Dès que la résistance du ligament jaune est franchie, on s'arrête.

Le mandrin de l'aiguille étant enlevé, on injecte du sérum physiologique pour s'assurer que l'on est bien

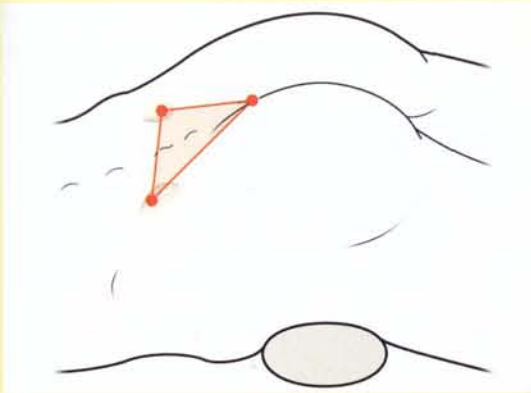
dans l'espace subarachnoïdien (technique du mandrin liquide), avant l'injection de l'anesthésie locale.

b) L'anesthésie épidurale basse (ou caudale)

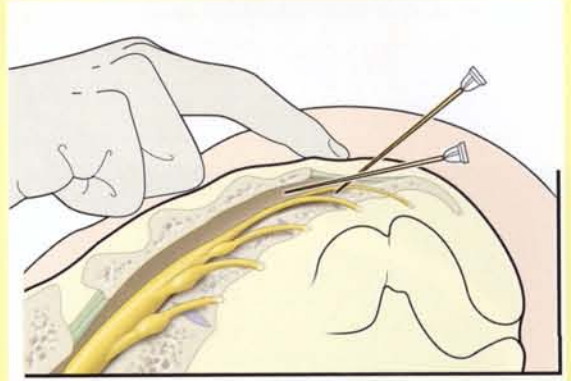
Le patient est soit en décubitus latéral fléchi en « chien de fusil », soit en décubitus ventral « cassé », sur un rouleau placé sous le pelvis.

Les repères sont les deux fossettes des épines iliaques postéro-supérieures et le hiatus sacral. Celui-ci correspond au sommet du triangle équilatéral ayant la distance bi-épineuse iliaque pour base.

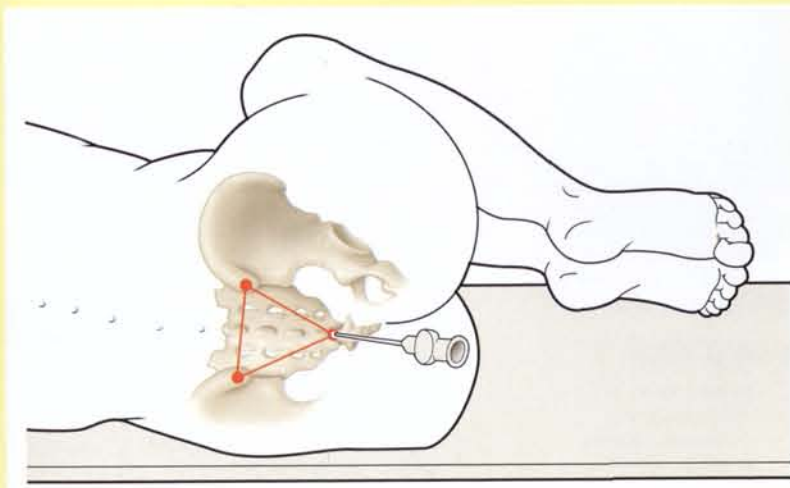
L'index sur l'extrémité inférieure de la crête sacrale médiane, l'aiguille à 45° franchit le ligament sacroccocygien. Puis elle est abaissée et avancée dans l'espace épidural du canal sacral.



A



C



B

FIG. 31.3. Anesthésie épidurale basse (ou caudale)

A et B. positions du patient et repères anatomiques
C. technique d'injection

D | MÉNINGES CRÂNIENNES (OU ENCÉPHALIQUES)

1 | La dure-mère crânienne (fig. 31.4)

La dure-mère crânienne (ou encéphalique) enveloppe l'encéphale.

a) Structure

Elle est constituée de deux couches, externe et interne, séparées par l'espace subdural, virtuel, qui contient les sinus veineux.

- La couche externe, épaisse, adhère aux os du crâne, plus particulièrement au niveau des sutures, de la base du crâne et du foramen magnum. Elle se prolonge jusqu'aux foramens du crâne et se continue avec la sclère de l'œil. Elle correspond au périoste des os du crâne.

Certaines zones moins adhérentes se décollent en présence d'un hématome accompagnant une fracture du crâne.

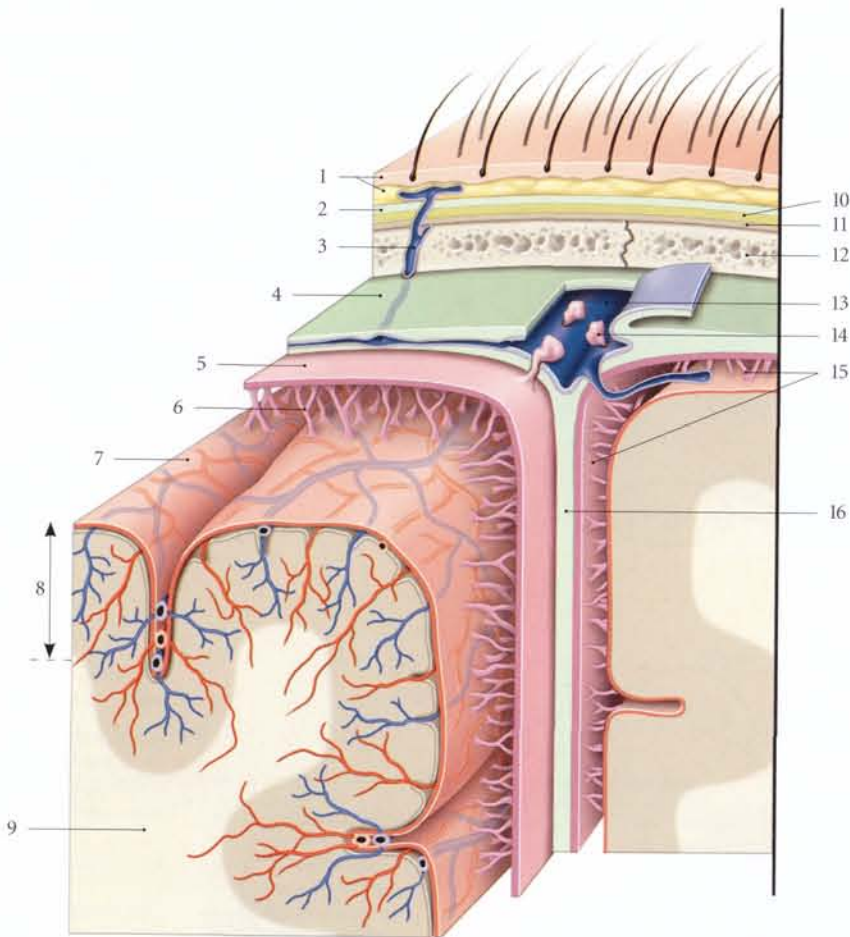


FIG. 31.4. Méninges crâniennes (coupe frontale chanfreinée)

- | | | |
|-------------------------------|----------------------|----------------------------------|
| 1. cuir chevelu | 7. pie-mère | 13. sinus sagittal sup. ouvert |
| 2. galéa aponévrotique | 8. substance grise | 14. granulations arachnoïdiennes |
| 3. v. émissaire | 9. substance blanche | 15. espace subarachnoïdien |
| 4. dure-mère | 10. espace épïcraïen | 16. faux du cerveau |
| 5. arachnoïde | 11. péricrâne | |
| 6. trabécules arachnoïdiennes | 12. diploë | |

La région temporale de la dure-mère crânienne, peu adhérente, dénommée *zone décollable de Gérard Marchand*, est le siège privilégié de l'hématome extradural temporal. Elle est due à une lésion de l'artère méningée moyenne. Cet hématome peut refouler les structures cérébrales et engendrer un engagement temporal et cérébelleux qui comprime le tronc encéphalique (fig. 31.5).

- La couche interne, mince et adjacente à l'arachnoïde, envoie des expansions qui cloisonnent la cavité crânienne : les faux du cerveau et du cervelet, la tente du cervelet, le diaphragme de la selle (fig. 31.6).

b) Vascularisation

Elle est assurée par les artères carotide interne, vertébrale (rameaux méningés antérieurs et postérieurs) et maxillaire (artère méningée moyenne).

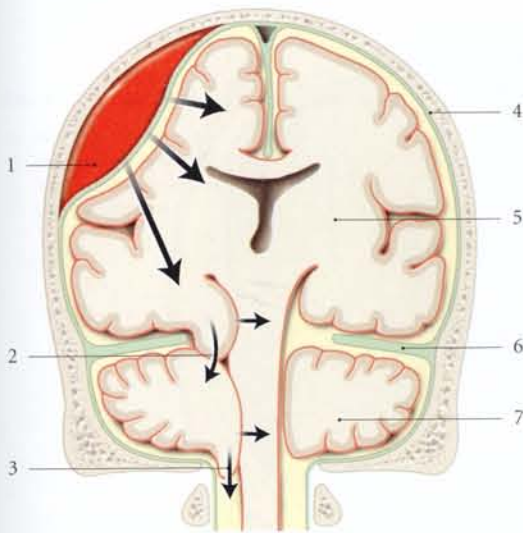


FIG. 31.5. Conséquences anatomiques de l'hématome extradural (coupe frontale)

- | | |
|---------------------------|----------------------|
| 1. hématome extradural | 5. cerveau |
| 2. engagement temporal | 6. tente du cervelet |
| 3. engagement cérébelleux | 7. cervelet |
| 4. dure-mère | |

c) Innervation

Elle reçoit une innervation du système nerveux autonome :

- la dure-mère de la fosse crânienne antérieure est innervée par les rameaux ethmoïdaux du nerf ophtalmique;
- la dure-mère de la fosse crânienne moyenne, par les rameaux méningés des nerfs maxillaire et mandibulaire et le nerf tentorial, branche du nerf ophtalmique (fig. 31.7);
- la dure-mère de la fosse crânienne postérieure, par les rameaux méningés des nerfs vague, hypoglosse et cervicaux C1 à C3.

d) La faux du cerveau

Cette portion de la dure-mère forme une cloison verticale de la loge cérébrale, située dans la fissure longitudinale du cerveau.



FIG. 31.6. Coupe frontale TDM de la tête (cliché Dr Th. Diesce)

- | | |
|---|--------------------------------|
| 1. sinus sagittal sup. | 4. sinus droit |
| 2. faux du cerveau | 5. tente du cervelet |
| 3. centre semi-ovale de l'hémisphère cérébral | 6. sinus transverse |
| | 7. lobe postérieur du cervelet |

Elle sépare les deux hémisphères cérébraux.

Elle a la forme d'une faux dont la hauteur maximale est postérieure et mesure 5 cm environ. Cette hauteur diminue d'arrière en avant, où elle mesure 1 cm.

- *Son bord supérieur*, convexe, se fixe sur la face interne de la calvaria de chaque côté de la ligne médiane, du foramen cæcum à la protubérance occipitale interne. Il contient le sinus sagittal supérieur.
- *Son bord inférieur*, concave, libre et mince, contient le sinus sagittal inférieur. Il répond à la face supérieure du corps calleux.
- *Son sommet antérieur* s'insère sur la crista galli.
- *Sa base postérieure* se fixe sur la crête médiane de la tente du cervelet. Elle contient le sinus droit. Elle est constituée de deux feuillets facilement dissociables chez le nouveau-né. Résistante, elle est mince en avant, où elle est parfois fenêtrée.

e) La tente du cervelet

Cette portion de la dure-mère sépare le cerveau et le cervelet. Elle a la forme d'un toit à deux versants obliques en bas et en arrière.

- *Sa face supérieure* donne insertion sur la ligne médiane à la base de la faux du cerveau et répond latéralement aux lobes occipitaux.
- *Sa face inférieure* donne insertion sur la ligne médiane au bord supérieur de la faux du cervelet et répond latéralement aux hémisphères cérébelleux.
- *Son bord périphérique convexe* s'insère :
 - en arrière, sur les lèvres du sillon transverse de l'occipital et sur les angles postéro-inférieurs du pariétal;
 - latéralement, sur les bords supérieurs de la partie pétreuse du temporal, où il contient le sinus pétreux supérieur.

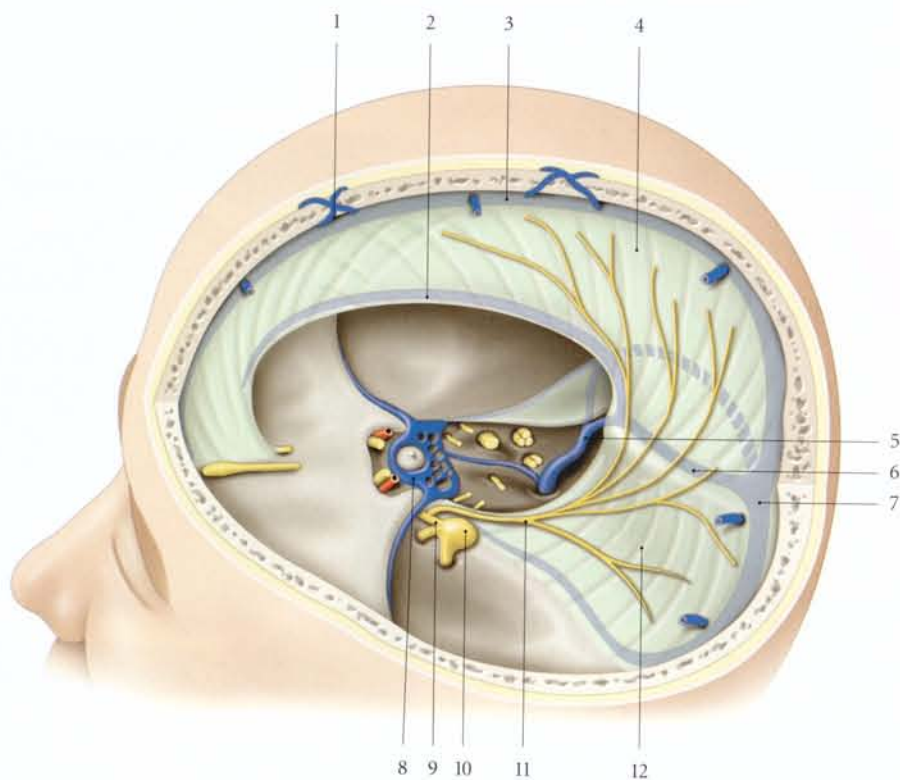


FIG. 31.7. Nerf tentoriel (vue supéro-latérale gauche de la cavité crânienne, sans l'encéphale)

- | | | |
|------------------------|------------------------|-------------------------|
| 1. v. diploïque | 5. sinus sigmoïde | 9. n. ophtalmique (V1) |
| 2. sinus sagittal inf. | 6. sinus droit | 10. ganglion trigéminal |
| 3. sinus sagittal sup. | 7. confluent des sinus | 11. n. tentoriel |
| 4. faux du cerveau | 8. sinus caverneux | 12. tente du cervelet |

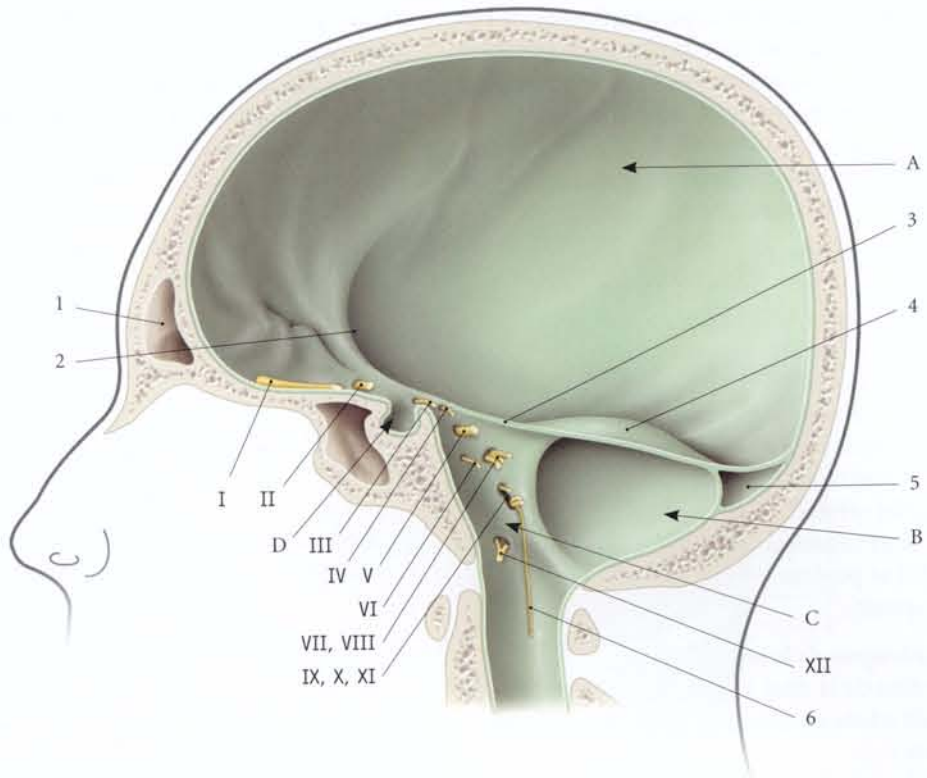


FIG. 31.8. Loges de la dure-mère crânienne (coupe sagittale médiane, sans l'encéphale)

- | | | |
|---|--|-------------------------|
| A. loge dure-mérienne cérébrale | 1. sinus frontal | 5. confluent des sinus |
| B. loge dure-mérienne cérébelleuse | 2. bord post. de la petite aile du sphénoïde | 6. racine spinale du XI |
| C. loge dure-mérienne du tronc cérébral | 3. incisure de la tente du cervelet | |
| D. loge hypophysaire | 4. tente du cervelet | |

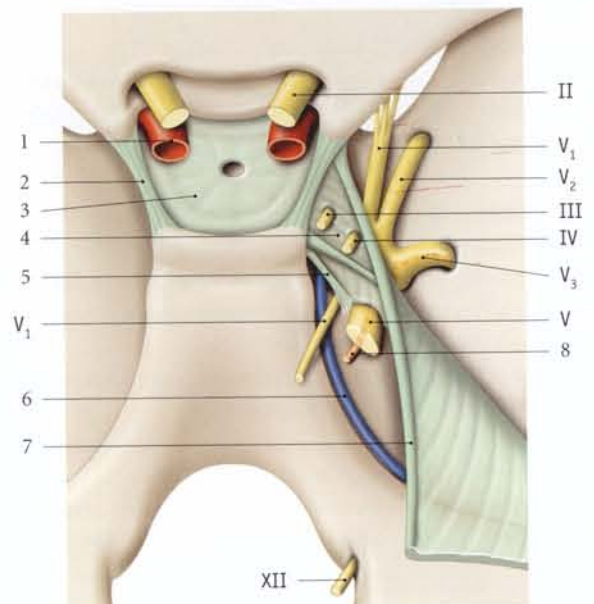


FIG. 31.9. Sinus caverneux et tente du cervelet : constitution schématique

- | | |
|---------------------------------|-------------------------------------|
| 1. a. carotide interne | 6. sinus pétreux inf. |
| 2. lig. interclinoidien | 7. incisure de la tente du cervelet |
| 3. diaphragme de la selle | 8. racine motrice du V |
| 4. face sup. du sinus caverneux | |
| 5. lig. ptérygo-sphénoïdal | |

Au niveau de l'apex de la partie pétreuse de l'os temporal, il passe en pont au-dessus de l'incisure du nerf trijumeau, délimitant un orifice qui conduit au *cavum trigéminale*.

- *Son bord antérieur*, concave en avant et libre, forme l'incisure de la tente du cervelet. Il se fixe sur les processus clinoides antérieurs.

f) *La faux du cervelet*

Cette portion de la dure-mère forme une cloison médiane située entre les hémisphères cérébelleux.

En forme de faux, sa base supérieure se fixe sur la ligne médiane de la face inférieure de la tente du cervelet.

- *Son bord postérieur* s'insère sur la crête occipitale interne et contient le sinus occipital.
- *Son bord antérieur*, concave et libre, répond à la vallécule du cervelet.
- *Son sommet antérieur* se divise souvent en deux lames qui se perdent le long du pourtour du foramen magnum.

g) *Le diaphragme de la selle* (fig. 31.9)

Cette portion de la dure-mère constitue une cloison horizontale située au-dessus de la selle turcique

- Il s'insère :
 - en arrière, sur le bord supérieur du dos de la selle et sur les processus clinoides postérieurs;
 - en avant, sur le bord postérieur du sillon chiasmatique et sur les processus clinoides antérieurs.
- Il est percé d'un orifice, traversé par le pédoncule de l'hypophyse.
Sa face supérieure est en rapport avec le chiasma optique et l'hypothalamus, sa face inférieure répond à l'hypophyse.

h) *Le cavum trigéminale*⁵

Ce diverticule de la dure-mère entoure le ganglion trigéminale et l'origine des nerfs ophtalmique, maxillaire et mandibulaire.

2 | *L'arachnoïde crânienne (ou encéphalique)*

Elle enveloppe l'encéphale et s'insinue dans la fissure longitudinale de l'encéphale, accompagnant la faux du cerveau (fig. 31.10 et 31.11).

Mince et transparente sur la face supérieure du cerveau, elle est épaisse et opaque à sa base.

Elle présente des excroissances dans les sinus veineux du cerveau, les *granulations arachnoïdiennes*⁶.

Il s'agit de petites formations molles arrondies, souvent groupées. Elles apparaissent vers l'âge de 18 mois et

augmentent en nombre et en volume avec l'âge. Chez le sujet âgé, elles créent des trous ou des fossettes sur la face interne de la calvaria.

Chaque granulation provient du développement d'un diverticule microscopique de l'arachnoïde, ou *villosité arachnoïdienne*.

Ce sont des formations évolutives dans le temps. Elles saillent d'abord dans l'espace subdural, puis traversent la dure-mère recouverte d'un mince épithélium, pour atteindre le sinus veineux.

Chez les sujets âgés, des nodules calcifiés apparaissent fréquemment au milieu du tissu conjonctif.

Les granulations arachnoïdiennes participent à la résorption du liquide cérébro-spinal de l'espace subarachnoïdien vers les sinus veineux du cerveau.

3 | *Les citernes subarachnoïdiennes*⁷

Ce sont des parties élargies de l'espace subarachnoïdien (fig. 31.12).

Elles sont constituées par les dépressions de la surface du cerveau recouverte de la pie-mère, et par l'arachnoïde qui passe en pont au-dessus de celles-ci.

Au nombre de dix, elles communiquent entre elles par l'intermédiaire de l'espace subarachnoïdien.

a) *La citerne de la fosse latérale du cerveau*⁸

Cette citerne est située au niveau du sillon latéral du cerveau.

Paire et symétrique, elle est limitée par les lèvres du sillon latéral. Elle s'étend jusqu'à l'insula.

Elle communique en bas avec les citernes chiasmatique et intercrurale.

Elle contient l'artère cérébrale moyenne.

b) *La citerne péricalleuse*

Citerne subarachnoïdienne située sur la face supérieure du corps calleux, elle communique avec les citernes de la lame terminale en avant, et, en arrière, avec la citerne de la grande veine cérébrale.

c) *La citerne de la lame terminale*

Citerne subarachnoïdienne située à la partie supérieure de la lame terminale, elle communique en haut avec la citerne péricalleuse et en bas avec la citerne chiasmatique.

5. Ancien. : *cavum de Meckel*.

6. Ancien. : *granulations de Pacchioni*.

7. Ancien. : *confluents sous-arachnoïdiens*; *confluents de Duret*.

8. Ancien. : *lac sylvien*.

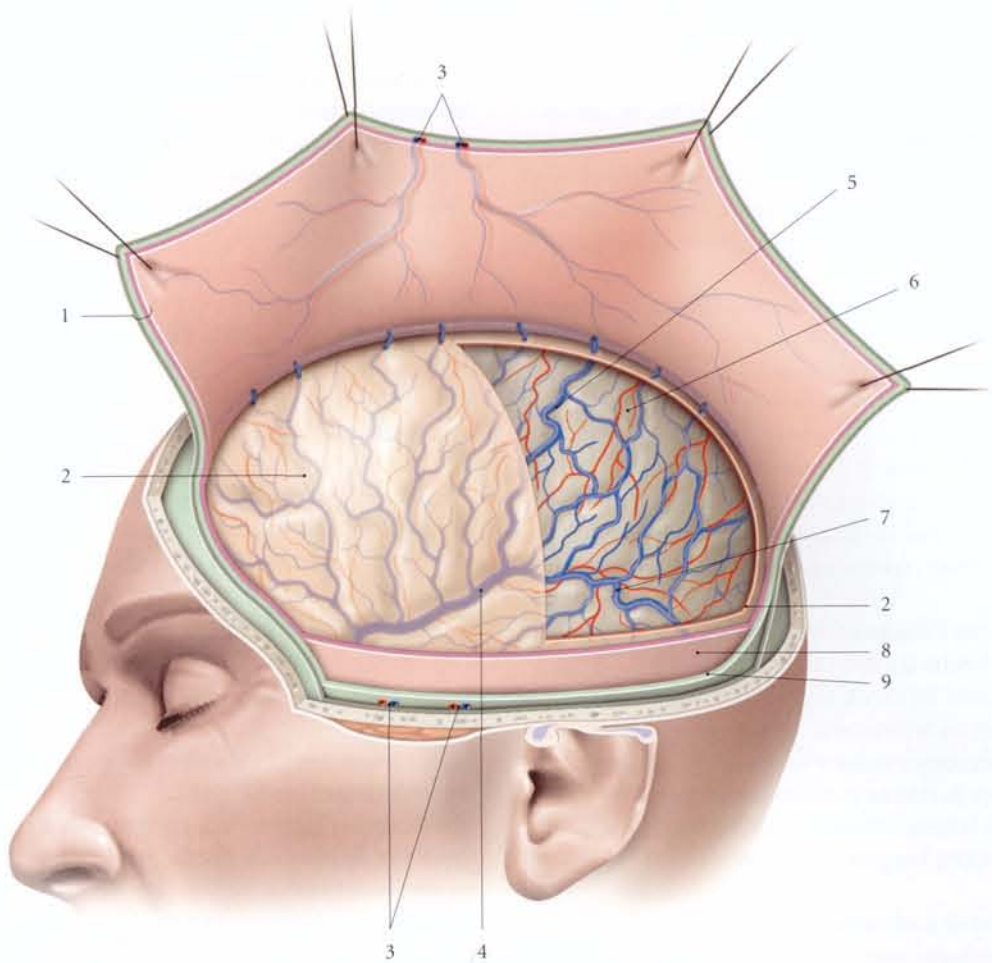
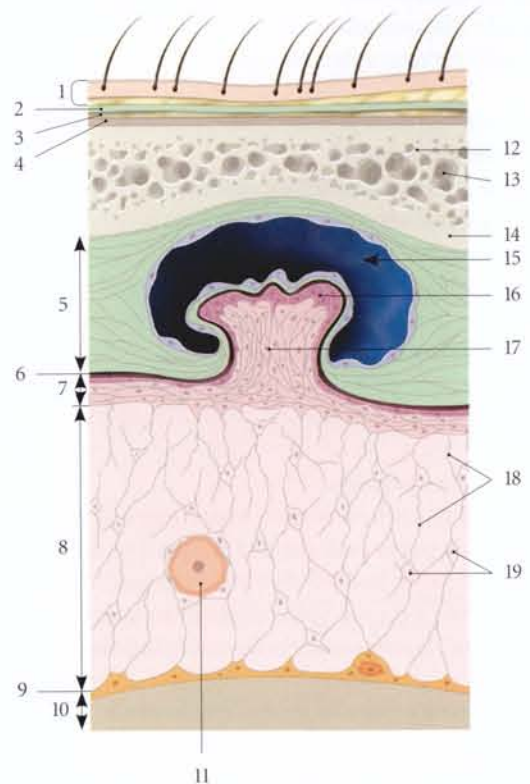


FIG. 31.10. Méninges crâniennes (encéphaliques)
(l'espace subarachnoïdien est fenêtré)

1. dure-mère
2. arachnoïde
3. branches de l'a. méningée moyenne (sectionnée)
4. v. cérébrale moyenne superficielle
5. v. cérébrale anastomotique sup.
6. pie-mère recouvrant le cerveau
7. v. cérébrale anastomotique inf.
8. couche interne de la dure-mère
9. couche externe de la dure-mère

FIG. 31.11. Structure d'une granulation arachnoïdienne
(coupe transversale)

- | | |
|---------------------------------------|--------------------------------|
| 1. cuir chevelu | 11. vaisseaux sanguins |
| 2. galéa aponévrotique | 12. table externe |
| 3. espace épicroânien | 13. diploë |
| 4. épicroâne | 14. table interne |
| 5. dure-mère | 15. sinus veineux |
| 6. espace subdural | 16. colliculus cellulaire |
| 7. arachnoïde | 17. villosité arachnoïdienne |
| 8. espace subarachnoïdien | 18. trabécules arachnoïdiennes |
| 9. pie-mère | 19. fibroblastes |
| 10. substance grise (cortex cérébral) | |



d) La citerne chiasmatique⁹

Citerne subarachnoïdienne située à la base du cerveau, en avant du chiasma optique.

Elle communique en bas avec la citerne interpédonculaire, en haut avec la citerne de la lame terminale, et latéralement avec les citernes des fosses latérales du cerveau.

Elle contient les artères cérébrales antérieures et l'artère communicante antérieure.

e) La citerne interpédonculaire¹⁰

Citerne subarachnoïdienne située à la partie centrale de la base de l'encéphale, elle est limitée :

- en avant, par le chiasma optique ;
- en arrière, par les faces antérieures du pont et du mésencéphale, recouvertes de la pie-mère de l'encéphale ;
- en bas, par l'arachnoïde, qui est tendue latéralement en pont entre les deux lobes temporaux.

Elle contient les carotides internes au niveau de leur division et les artères communicantes postérieures.

Elle communique en haut avec la citerne chiasmatique, en bas avec la citerne pontique, et latéralement avec la citerne de la fosse latérale. Les trabécules arachnoïdiennes y sont très longues et épaisses.

f) La citerne ambiante¹¹

Citerne subarachnoïdienne située autour du mésencéphale. Elle communique avec la citerne de la grande veine du cerveau et la citerne pontique.

**g) La citerne de la grande veine cérébrale¹²
(ou quadrigéminal)**

Citerne subarachnoïdienne profonde de l'encéphale située entre le cerveau et le cervelet, elle est limitée :

- en avant, par le corps pinéal et les colliculus ;
- en haut, par le splénium du corps calleux ;
- en bas, par la face supérieure du cervelet et les péduncles cérébelleux supérieurs.

Elle communique avec les citernes du corps calleux et intercurale.

h) La citerne pontique¹³

Citerne subarachnoïdienne située entre le pont en arrière et la partie basilaire de l'occipital en avant, elle communique en haut avec la citerne interpédonculaire, en bas avec l'espace subarachnoïdien spinal, et en arrière avec la citerne cérébello-médullaire latérale.

i) La citerne cérébello-médullaire latérale

Elle est située en regard de l'olive bulbaire.

**j) La citerne cérébello-médullaire postérieure
(ou grande citerne)¹⁴**

C'est la plus vaste des citernes subarachnoïdiennes.

- Triangulaire à la coupe, elle est limitée :
 - en avant, et en bas, par la moelle allongée recouverte de la pie-mère ;
 - en haut, par le vermis et la tonsille cérébelleuse recouverts de la pie-mère ;
 - en arrière, par l'arachnoïde, qui passe en pont de la moelle allongée sur le cervelet.
- Elle communique :
 - en bas, avec l'espace subarachnoïdien de la moelle spinale ;
 - en avant, avec la citerne pontique et avec le 4^e ventricule par l'ouverture médiane de celle-ci.

Elle contient les vaisseaux cérébelleux inférieurs.

**4 | La pie-mère crânienne
(ou encéphalique)**

La pie-mère crânienne recouvre toute la surface de l'encéphale.

Elle s'insinue dans les sillons et fissures des hémisphères cérébraux et cérébelleux.

Son extension à travers la fissure transverse du cerveau forme la toile choroïdienne du 3^e ventricule et des ventricules latéraux.

Elle passe en pont sur la face postérieure du 4^e ventricule, formant sa toile choroïdienne.

Elle enveloppe la racine des nerfs crâniens dans leur trajet intracrânien.

a) Le plexus choroïde du 4^e ventricule

Plexus choroïde pair, il est situé de chaque côté de la surface de la partie inférieure du toit du 4^e ventricule.

Il est constitué de grappes de villosités vasculaires.

Chaque plexus est formé d'une barre verticale longeant la ligne médiane et d'une barre transversale rejoignant le récessus latéral du 4^e ventricule.

b) Le plexus choroïde du 3^e ventricule

Pair et symétrique, il se détache de la surface inférieure de la toile choroïdienne quand il recouvre le 3^e ventricule.

9. Ancien. : lac préchiasmatique; confluent antérieur; citerne opto-chiasmatique.

10. Ancien. : confluent inférieur.

11. Ancien. : citerne du mésencéphale.

12. Ancien. : foramen ou canal de Bichat; citerne ambiante; citerne de la veine de Galien.

13. Ancien. : citerne basilaire; lit d'eau de Hilton.

14. Ancien. : lac cérébelleux inférieur; confluent postérieur.

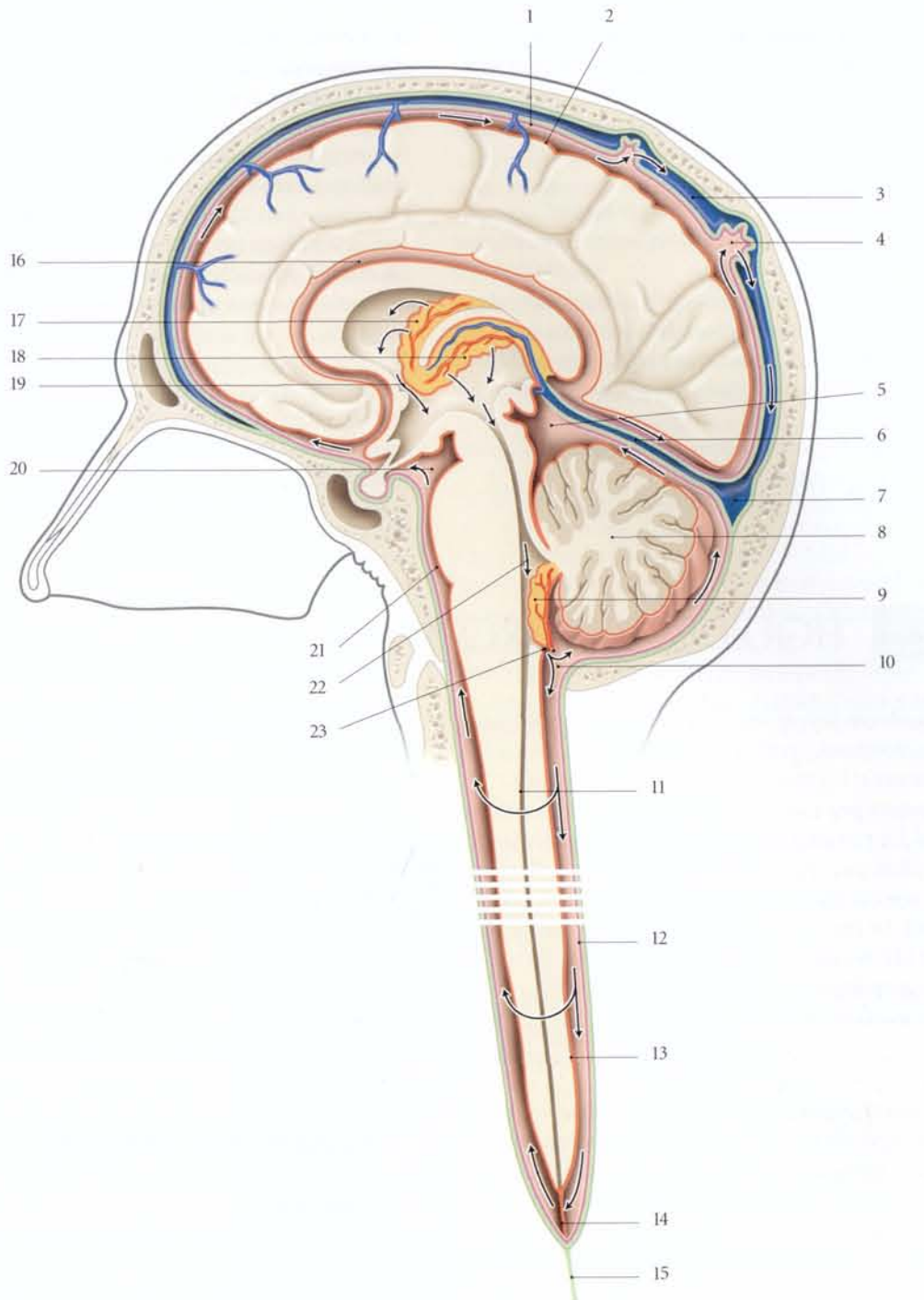


FIG. 31.12. Méninges et citernes subarachnoïdiennes (coupe sagittale médiane)

- | | | |
|---------------------------------------|---|--|
| 1. dure-mère et arachnoïde crâniennes | 9. a. cérébelleuse inféro-post. et plexus choroïde du 4 ^e ventricule | 16. citerne péricalluse |
| 2. pie-mère crânienne | 10. citerne cérébello-médullaire | 17. plexus choroïde du ventricule latéral |
| 3. sinus sagittal sup. | 11. canal central | 18. plexus choroïde du 3 ^e ventricule |
| 4. granulation arachnoïdienne | 12. dure-mère et arachnoïde spinaux | 19. foramen interventriculaire |
| 5. citerne de la grande v. cérébrale | 13. pie-mère spinale | 20. citerne interpédonculaire |
| 6. sinus droit | 14. partie piale du filum terminal | 21. citerne pontique |
| 7. confluent des sinus | 15. partie dure du filum terminal | 22. 4 ^e ventricule |
| 8. cervelet | | 23. ouverture médiane du 4 ^e ventricule |

Il s'étend du récessus suprapinéal aux foramens inter-ventriculaires où il se continue avec les plexus choroïdes des ventricules latéraux.

Il est revêtu de l'épendyme et constitués d'anses vasculaires situées dans un stroma conjonctif.

c) *Le plexus choroïde du ventricule latéral*

Frange vasculaire émergeant de la fissure choroïdienne d'un ventricule latéral.

Il présente un prolongement antérieur qui se continue à travers le foramen interventriculaire avec le plexus choroïde du 3^e ventricule, et un prolongement temporal, qui n'atteint pas l'extrémité de la corne temporale.

Il ne présente pas de prolongement dans les cornes frontale et occipitale.

En regard de cette dernière, il est plus épais.

Il est constitué de touffes de minuscules vaisseaux flexueux s'épanouissant en saillies villoses recouvertes de la pie-mère, et d'un épithélium dérivant de l'épendyme.

Ses artères proviennent des artères choroïdiennes antérieure et postérieure.

Les veines choroïdiennes reçoivent les veines du septum pellucidum, des corps striés, du thalamus, du fornix et de l'hippocampe ; elles se drainent dans les veines cérébrales internes qui aboutissent à la grande veine cérébrale.

d) *Le glomus choroïdien*

Portion plus volumineuse du plexus choroïde du ventricule latéral, il est situé à la jonction de la partie centrale et de la partie temporale du plexus choroïde du ventricule latéral.

31.2 LIQUIDE CÉRÉBRO-SPINAL ¹⁵

Le liquide cérébro-spinal (LCS) remplit les cavités sub-arachnoïdiennes, cérébrales et spinales, les ventricules cérébraux et le canal central de la moelle spinale.

Découvert par Cotugno en 1764, le liquide cérébro-spinal fut extrait par ponction lombaire, pour la première fois, par Quincke, en 1890.

Il est sécrété essentiellement par les plexus choroïdes (70 %). Le reste de la sécrétion provient du métabolisme (12 %) ou de l'ultrafiltration (18 %) au niveau du neuropile périventriculaire.

Sa production est d'environ 400 à 500 ml par 24 heures.

L'hydrocéphalie, excès de liquide cérébro-spinal provoqué par un excès de production ou un défaut de résorption ou un blocage de sa circulation, entraîne une hyperpression intracrânienne. Celle-ci est responsable de vertiges, de céphalées, de nausées, de vomissements et d'œdèmes papillaires rétiens.

A | CARACTÉRISTIQUES

1 | *Caractères physiques*

C'est un liquide limpide et incolore ¹⁶.

Son volume constant est d'environ 140 ml, dont 25 ml dans les ventricules.

Son poids spécifique est de 1,007 environ.

Son pH est de 7,35.

Sa pression est de 70 à 100 mm d'eau en décubitus.

2 | *Caractères biologiques*

Sa constitution chimique est qualitativement proche de celle du plasma sanguin.

Du point de vue quantitatif, il contient peu d'albumine (0,20 à 0,30 g/l), moins de glucose (soit la moitié de la glycémie), mais plus de chlorures.

Il contient aussi peu de lymphocytes (environ 0 à 2 par millilitre selon les régions) et aucun polynucléaires ni globule rouge.

B | ANATOMIE FONCTIONNELLE

1 | *Circulation*

Elle s'effectue des ventricules vers l'espace subarachnoïdien.

Le liquide cérébro-spinal s'écoule des ventricules latéraux à travers les foramens interventriculaires dans le 3^e ventricule, où il se mélange au liquide produit par les plexus choroïdes de ce dernier. Il passe ensuite à travers l'aqueduc cérébral dans le 4^e ventricule, d'où il s'échappe à travers les ouvertures médianes et latérales

15. Ancien : liquide céphalo-rachidien.

16. Dit aussi « eau de roche ».

du 4^e ventricule, pour rejoindre la citerne cérébello-médullaire. Le 4^e ventricule est le carrefour fondamental de la circulation du liquide cérébro-spinal.

De là, une partie se dirige dans l'espace subarachnoïdien du cervelet vers la citerne de la grande veine cérébrale. Une autre partie passe dans les espaces subarachnoïdiens encéphalique et spinal.

Le liquide cérébro-spinal est résorbé par voie veineuse au niveau des granulations arachnoïdiennes et des plexus veineux vertébraux et intervertébraux.

Le mouvement circulatoire est possible grâce aux pulsions des artères choroïdiennes, au battement des cils des épendymocytes, mais aussi à la basse pression veineuse.

La circulation du liquide cérébro-spinal est lente, activée par les mouvements respiratoires, les efforts musculaires et la pression artérielle intracrânienne.

Sa résorption est essentiellement veineuse. Cependant, elle peut se faire au niveau du système lymphatique et de la muqueuse nasale par l'intermédiaire des nerfs olfactifs.

2 | Fonction

Il protège le système nerveux central et maintient la stabilité hydrolique environnante, s'opposant en particulier aux à-coups des battements artériels.

Il assure le transport des éléments nutritifs des neurones et l'élimination de leurs excréments.

3 | Les prélèvements spinaux du LCS

Le prélèvement du liquide cérébro-spinal se fait habituellement au niveau ventriculaire (voir Chapitre 30) ou au niveau de l'espace subarachnoïdien spinal.

a) La ponction suboccipitale (fig. 31.13)

Le patient est soit assis, la tête hyperfléchie, soit en décubitus ventral avec les épaules dépassant le bord de la table et la tête hyperfléchie bien fixée.

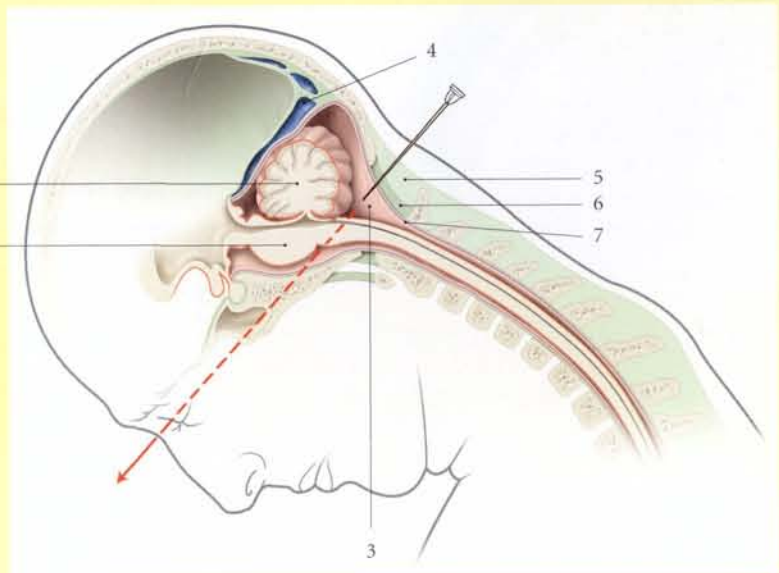
Le point de ponction est situé sur l'horizontale passant par l'extrémité des processus mastoïdes.

La ponction en direction du nasion passe au-dessus de l'arc postérieur de l'atlas. Après un trajet de 25 mm environ, l'aiguille perfore la membrane atlanto-occipitale, épaisse de 4 mm environ.

Dès le franchissement de cette membrane, le liquide cérébro-spinal de la citerne cérébello-médullaire postérieure s'écoule.

FIG. 31.13. Ponction de la citerne cérébello-médullaire postérieure (coupe sagittale médiane)

1. cervelet
2. pont
3. citerne cérébello-médullaire post.
4. sinus droit
5. lig. nuchal
6. membrane atlanto-occipitale post.
7. dure-mère et arachnoïde



b) La ponction lombaire (fig. 31.14)

Le patient est habituellement en position assise et en flexion.

Le point de ponction est sur la ligne médiane, au niveau des crêtes iliaques.

L'aiguille est perpendiculaire à la peau, la pointe légèrement dirigée en haut.

Après avoir franchi 6 à 8 cm, la résistance du ligament jaune se manifeste. Dès le franchissement de cette légère résistance, on s'arrête.

L'ablation du mandrin permet au liquide cérébro-spinal de s'écouler si l'on est dans l'espace subarachnoïdien.

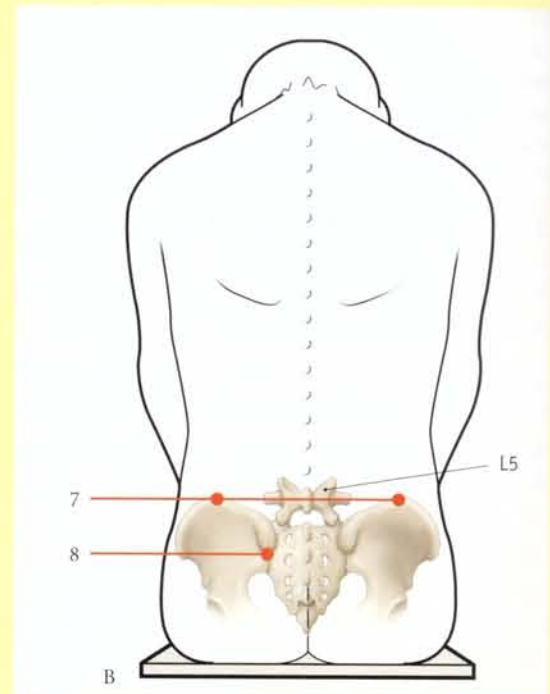
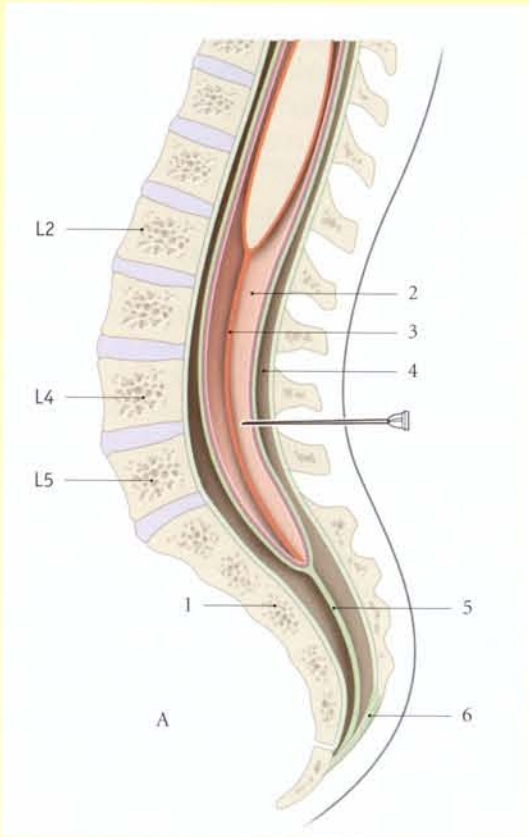


FIG. 31.14. Ponction lombaire

A. site de la ponction

B. repères anatomiques du point de ponction

1. sacrum
2. espace subarachnoïdien
3. filum terminal (partie piaie)
4. espace épidural
5. filum terminal (partie dure)
6. lig. sacro-coccygien
7. crêtes iliaques
8. épines iliaques postéro-sup.

ANNEXES

Références

- AGUR A.M.R. – *Grant's atlas of anatomy*, 11^e éd. Williams-Wilkins, Baltimore, 2004.
- BAER M.F., CONNORS B.W., PARADISO M.A. – *Neurosciences. À la découverte du cerveau*. Éd. française d'A. Nicoullon. Pradel, Paris, 2002.
- BARSON A.J., LOGUE V. – *The vertebral level of termination of the spinal cord during normal and abnormal development*. *J Anat* 1970, 106 : 489-497.
- BERTHET J. – *Dictionnaire de biologie*. De Boeck, Bruxelles, 2006.
- BES A., GERAUD G. – *Circulation cérébrale, Tome 1 : Physiologie, Tome 2 : Physiopathologie*. Sandoz éditions, Rueil-Malmaison, 1974.
- BISHOP K.M., WAHLSTEN D. – *Sex differences in the human corpus callosum: myth or reality?* *Neuroscience and biobehavioral Reviews*, 1997, 21 : 581-601.
- BJORKLUND A., HOKFELD T., SWANSON L.W. – *Handbook of chemical neuroanatomy*. Elsevier, New York, 1989.
- BOSSY J. – *Anatomie clinique, Tome 4 : Neuroanatomie*. Springer-Verlag, Paris, 1996.
- BRAIN W.R. – *Visual disorientation with special reference to lesions of the right cerebral hemisphere*. *Brain*, 1941, 64 : 224-272.
- CAMBIER J., MASSON M., DEHEN H. – *Neurologie*, 12^e éd. Masson, Paris, 2008.
- CARPENTER M.B. – *Human neuroanatomy*. Williams-Wilkins, Baltimore, 1969.
- CHANGEUX J.P. – *L'homme neuronal*. Fayard, Paris, 1983.
- CONNOR J.M., FERGUSON-SMITH M.A. – *Congenital malformations. Essential Medical Genetics*. Blackwell, Londres, 1987.
- CUNNINGHAM F.O., FITZGERALD M.J.T. – *Encapsulated nerve endings in hairy skin*. *J Anat* 1972, 112 : 93-97.
- DELMAS A. – *Voies et centres nerveux*, 10^e éd. Masson, Paris, 1975.
- DORLAND'S *illustrated medical dictionary*, 30^e éd. Saunders, Philadelphie, 2000.
- DUUS P. – *Diagnostic neurologique. Les bases anatomiques*. Éd. française de J.P. Braun. De Boeck, Bruxelles, 1998.
- DUVERNOY H.M., DELON S., VANNSON J.L. – *Cortical blood vessels of the human brain*. *Brain Res Bull* 1981, 7 : 519-530.
- DUVERNOY H.M. – *The human hippocampus*, 2^e éd. Springer, Berlin, 1998.
- ELIAS H., PAULY J.E., BURNS E.R. – *Histologie et micro-anatomie du corps humain*. Piccin, Padoue, 1984.
- ELLIS H., LOGAN B., DIXON A. – *Human cross-sectional anatomy. Atlas of body sections and CT images*. Butterworth-Heinemann Ltd., Oxford, 1991.
- ENGLAND M.A., WAKELY J. – *A color atlas of the brain and spinal cord*. Wolfe, Londres, 1991.
- FELDMEYER J.J. – *Cerveau et pensée. La conquête des neurosciences*. Georg, Paris-Genève, 2002.
- FELTEN D.L., JOZEFOWICZ R.F. – *Atlas de neurosciences humaines de Netter*. Masson, Paris, 2003.
- FENEIS H. – *Pocket atlas of human anatomy*. Thieme, Stuttgart, 2000.
- FITZGERALD M.J.T., FOLAN-CURRAN J. – *Neuroanatomie clinique et neurosciences connexes*. Éd. française de R. Perelman. Maloine, Paris, 2003.
- FITZPATRICK R., McCLOSKEY D.I. – *Proprioceptive, visual and vestibular thresholds for the perception of sway during standing in humans*. *J Physiol* 1994, 478 : 173-186.
- FIX J.D. – *Neuro-anatomie*, 2^e éd. française, traduction d'A. Dhem. De Boeck Université, Bruxelles, 2000.
- FUSTER J.M. – *The prefrontal cortex*. Raven Press, New York, 1997.
- GILBERT S.F. – *Biologie du développement*, 2^e éd. française de S. Rolin et E. Brachet. De Boeck, Bruxelles, 2004.
- GOUAZÉ A. – *L'examen neurologique et ses bases anatomiques*. Expansion scientifique française, Paris, 1983.

- GOUAZÉ A. – *Neuroanatomie clinique*, 3^e éd. Expansion scientifique française, Paris, 1988.
- GOULD S.J. – *La mal-mesure de l'homme*. Odile Jacob, Paris, 1997.
- GREGORY R.L. – *Le cerveau. Un inconnu. Dictionnaire encyclopédique*. Traduction française de J. Doubovetzky. Robert Laffont, Paris, 1993.
- GROEN D.J., BALJET R., DRUKKER J. – *Nerves and nerve plexuses of the human vertebral column*. *Am J Anat* 1990, 188 : 282-296.
- GUÉRIN J., BIOULAC B., HENRY P., LOISEAU P. – *Système nerveux végétatif*. Sandoz, Rueil-Malmaison, 1979.
- GUILLERY R.W. – *Anatomical evidence concerning the role of the thalamus in corticocortical communication a brief review*. *J Anat* 1995, 187 : 583-592.
- HAMER D.H. et al. – *Male homosexuality. A linkage between DNA marker on the Xchromosome and male sexual orientation*. *Science* 1993, 261 : 321-327.
- HAMILTON BOY and HOSSMAN'S. – *Human embryology*. W. Hefferandsons, Cambridge. Williams-Wilkins, Baltimore, 1972.
- HIRAKI T., GOTO S., YOKOTA A., OSTA T., MATSUKADO Y. – *The level of termination of the spinal cord and the dural sac in fetal stage*. *Brain and development* 1983, (5) 2 : 235.
- HOLLINSHEAD W. – *Anatomy for surgeons*. Harper and Row, Philadelphie, 1982.
- HOUDART R. – *Introduction à la neurologie, Tome 1 : Les syndromes topographiques et l'examen neurologique, Tome 2 : Les grandes étiologies*. Sandoz, Rueil-Malmaison, 1972, 1974.
- JEANNEROD M. – *Le cerveau intime*. Odile Jacob, Paris, 2002.
- JUNQUIERA L.C., CARNEIRO J., KELLEY R.O. – *Histologie*, 2^e éd. française de M. Maillet. Piccin, Padoue, 2001.
- KAHLE W., LEONHARDT H., PLATZER W. – *Anatomie 3 : Système nerveux et organes des sens*. Flammarion, Paris, 1979.
- KAMINA P. – *Dictionnaire atlas d'anatomie*. Maloine, Paris, 1983.
- KEITH L. MOORE. – *L'être humain en développement. Embryologie orientée vers la clinique*. Vigot, Paris, 1974.
- KORITKE J.G., SICK H. – *Atlas of sectional human anatomy*, 2^e éd. Urban and Schwarzenberg, Munich, 1988.
- KRSTIĆ R.V. – *Illustrated encyclopedia of human histology*. Springer-Verlag, Berlin, 1984.
- KWAK H.H., PARK H.D. et al. – *Branching patterns of the facial nerve and its communication with the auriculotemporal nerve*. *Surg Radiol Anat* 2004, 26 : 494-500.
- La mémoire* (numéro spécial). *La recherche*, 267. Paris, 1994.
- La moitié oubliée du cerveau. Les cellules gliales. Pour la science*, 323. Paris, 2004.
- LANGMAN J. – *Embryologie médicale*, 7^e éd. Pradel, Paris, 2003.
- LARSEN W.J. – *Embryologie humaine*, 2^e éd. Éd. française d'A. Dhem. De Boeck, Bruxelles, 2003.
- LASJAUNIAS P., BERENSTEIN A. – *Surgical neuroangiography*. Springer-Verlag, Berlin, 1987.
- Le cerveau* (numéro spécial, éd. française). *Pour la science*, 25. Paris, 1979.
- Le cerveau* (numéro spécial). *La recherche*, 289. Société d'éditions scientifiques. Paris, 1996.
- Le corps transparent. Pour la science*, 338. Paris, 2005.
- LAZORTHES G. – *Le système nerveux central*. Masson, Paris, 1973.
- LAZORTHES G. – *Le système nerveux périphérique. Description, systématisation, exploration*. Masson, Paris, 1981.
- LAZORTHES G., GOUAZÉ A., DJINDJIAN R. – *Vascularisation de la moelle épinière*. Masson, Paris, 1973.
- LAZORTHES G., GOUAZÉ A., SALAMON G. – *Vascularisation et circulation cérébrales, Tomes 1 et 2*. Masson, Paris, 1976, 1978.
- LEGENT F. et al. – *Manuel pratique d'ORL*, 3^e éd. Masson, Paris, 1990.
- LEMIRE R.J. – *Variations in development of the caudal neural tube in human embryos (Horizons XIV-XXI)*. *Teratology* 1973, 2 : 361-370.
- LOUIS R. – *Chirurgie du rachis. Anatomie chirurgicale et voies d'abord*. Springer-Verlag, Berlin, 1993.
- MAIN D.M., MENNUTI M.T. – *Neural tube defects : issues in prenatal diagnosis and counselling*. *Obstet Gynecol* 1986, 67 : 1, 1-16.

- MEUNIER J.M., SHVALOFF A. – *Neurotransmetteurs*, 2^e éd. Masson, Paris, 1995.
- MOORE K.L., DALLEY A.F. – *Anatomie médicale. Aspects fondamentaux et applications cliniques*. Éd. française de J. Milaire. De Boeck, Bruxelles, 2001.
- MOUNTCASTLE V.B. – *The columnar organization of the cerebral cortex*. *Brain* 1997, 120 : 701-722.
- MULLER F., O'RAHILLY R. – *The development of the human brain, the closure of the caudal neuropore and the beginning of secondary neurulation at stage 12*. *Anat Embryol* 1987 (176) : 413-430.
- NETTER F.H. – *Atlas d'anatomie humaine*. Éd. française de P. Kamina. Masson, Paris, 2004.
- NIEWENHUYIS R., VOOGD J., VAN HUIJZEN C. – *The human central nervous system. Synopsis and atlas*, 3^e éd. Springer-Verlag, Berlin, 1988.
- Nomina Anatomica*, 6^e éd. Williams-Wilkins, Londres, 1993.
- O'RAHILLY R., MULLER F., BOSSY J. – *Atlas des stades de développement des formes extérieures de l'encéphale chez l'embryon humain*. *Arch Anat Hist Embr norm et exp* 1986, (69) : 3-39.
- PATURET G. – *Traité d'anatomie humaine, Tome 4 : Système nerveux*. Masson, Paris, 1951.
- PAXINOS G., MAI J.K. – *The human nervous system*, 2^e éd. Elsevier Academic Press, San Diego, 2004.
- POIRIER J., RIBADEAU-DUMAS J.L., CATALA M., GHERARDI R.K., BERNAUDIN J.-F. – *Abrégé d'histologie moléculaire*, 5^e éd. Masson, Paris, 1997.
- POLLARD T.D., EARNSHAW W.C. – *Biologie cellulaire* (éd. française). Elsevier, Paris, 2004.
- PRICE C.J. – *The anatomy of language : contributions from functional imaging*. *J Anat* 2000, 197 : 335-339.
- PRITCHARD T.C., ALLOWAY D.K. – *Neurosciences médicales*. Éd. française de Y.R. Tran Dinh. De Boeck Université, Bruxelles, 2002.
- PURVES D., AUGUSTINE G.J., FITZPATRICK D., KATZ L.C. et al. – *Neurosciences*, 2^e éd. française de J.M. Coquery. De Boeck, Bruxelles, 2003.
- REYCHLER P. – *Traité de pathologie buccale et maxillo-faciale*. De Boeck, Bruxelles, 1980.
- RICE G. et al. – *Male homosexuality : absence of linkage to microsatellite markers at Xq28*. *Science*, 284 : 665-667.
- ROBERTS A.C., ROBBINS T.W., WEUSKRANTZ L. – *The prefrontal cortex : executive and cognitive functions*. Oxford University Press, 1998.
- ROMANES G.J. – *Cunningham's textbook of anatomy*, 11^e éd. Oxford University Press, Londres, 1972.
- ROMEROWSKI J., BRESSON G. – *Morphologie dentaire de l'adulte*. *Encycl Méd Chir, Stomatologie-Odontologie*, 22-003-A-10, 1994, 34 p.
- ROUVIÈRE H., DELMAS A. – *Anatomie humaine*, 15^e éd. Masson, Paris, 2002.
- SALAMON G. – *Atlas de la vascularisation artérielle du cerveau chez l'homme*. Sandoz, Paris, 1971.
- SMITH M.C., DEACON P. – *Topographical anatomy of the posterior columns of the spinal cord in man*. *Brain* 1984, 107 : 671-698.
- SNELL R.S. – *Clinical neuroanatomy*, 6^e éd. Lippincott Williams-Wilkins, 2006.
- SOBOTTA J., PUTZ R., PABST R. – *Atlas d'anatomie humaine*, 3^e éd. française d'A. Dhém et A. Gouazé. Éditions médicales internationales, Cachan, 1993.
- Spécial cerveau. La recherche*, 410. Société d'éditions scientifiques, Paris, 2007.
- TENSER R.B. – *Trigeminal neuralgia*. *Neurology* 1998, 51 : 17-19.
- TERENGGHI G. – *Peripheral nerve regeneration and neurotrophie factors*. *J Anat* 1999, 194 : 1-14.
- Terminologia Anatomica*. International anatomical terminology. Federative comitee on anatomical terminology. Thieme, Stuttgart, 1998.
- TORSTEN B., MÖLLER T.B., REIF E. – *Atlas de poche d'anatomie en coupes sériées TDM-IRM*. Éd. française de M. Williams. Flammarion, Paris, 2001.
- VIDAL C., BENOÎT-BROWAEZ D. – *Cerveau, sexe et pouvoir*. Belin, Paris, 2005.
- WAXMAN S., KOCSIS J.D., STYS P.K. – *The axon*. Oxford University Press, New York, 1995.
- WILKINSON J.L. – *Neuroanatomy for medical students*, 2^e éd. Butterworth-Heinemann Ltd., Cambridge, 1992.
- WILLIAMS P.L. – *Gray's anatomy*, 39^e éd. Churchill Livingstone, Londres, 2004.
- WILSON-PAWELS L., AKESSON E.J., STEWART P.A. – *Cranial nerves. Anatomy and clinical comments*. Decker B.C. Inc., Toronto, 2002.

Index

A

Accident vasculaire cérébral (AVC) 344, 345, 390
 Accumulations neurosécrétoires 308
 Acétylcholine 179
 Adamkiewicz 200
 Adénohypophyse 305
 Adhérence interthalamique 282
 Agénésie des corps calleux 240
 Aile du lobule central 266
 Aire(s)
 auditive primaire 337
 cérébrales 337
 corticales 337
 associatives 339
 entorhinale 79, 337
 hypothalamiques 294
 motrice 212
 du langage articulé 338
 paraterminale 316
 prépiriforme 79
 préseptale 316
 prétectale 290
 subcalleuse 316
 vestibulaire 244, 337, 364
 visuelle 87, 337
 Allocortex 335
 Alvéus de l'hippocampe 319, 320, 347
 Alzheimer 310, 324, 344
 Amiculus olivaire 248
 Ammon 319
 Andersch 145
 Anencéphalie 240
 Anesthésie épidurale 405
 Anse de Maubrac 163
 Aphasie de Wernicke 337
 Aqueduc du mésencéphale 365
 Arachnoïde 402, 410
 Archicervelet 272
 Archicortex 335
 Arc réflexe 221, 222
 Aréa postréale 244, 364, 369
 Arnold 109
 Arnold-Chiari 240
 Artère(s)
 basilaire 373, 374
 callosomarginale 384
 centrales
 antéro-médiales 383
 postéro-latérales 382
 postéro-médiales 380
 cérébelleuse
 antéro-inférieure 378
 postéro-inférieure 376
 supérieure 378

cérébrale
 antérieure 383
 moyenne 385
 postérieure 380
 choroïdienne
 antérieure 386
 postéro-latérale 382
 postéro-médiale 382
 circonférentielles courtes 380
 colliculaire 380
 commissurale médiane 383
 communicante
 antérieure 383
 postérieure 385
 d'Adamkiewicz 200
 de l'encéphale 371
 de l'intumescence lombaire 200
 de la corne d'Ammon 382
 du cerveau 380
 du corps calleux 383
 du diencéphale 380
 du sillon
 central 386
 postcentral 386
 précentral 386
 du tronc encéphalique et du cer-
 velet 376
 du tuber cinéreum 385
 fronto-basale 384, 386
 hypophysaire
 inférieure 303
 supérieure 303
 médullaires segmentaires 198, 200
 mésencéphaliques 378
 occipitale 382
 ophtalmique 85
 pariétales antérieure et posté-
 rieure 386
 perforante(s)
 antérieures 384
 du thalamus 380
 péricalleuse 384
 polaire frontale 384
 pontiques 378
 postéro-médiales 385
 préoptiques 384
 radiculaires antérieure et posté-
 rieure 198
 spinale 197, 198, 376
 striée médiale 384
 sulcales (ou centrales) 198
 supra-optique 384
 suprachiasmatique 383
 thalamo-géniculée 382
 thalamo-striées 382
 thalamo-tubérale 385
 trabéculaires 303
 vertébrale 373

Astrocyte 33, 34
 Athétose 324
 Axel 80
 Axone 18
 amyélinisé 23
 myélinisé 23

B

Bandelette
 de l'uncus 318
 longitudinale postérieure 215
 Bell 133
 Bénédict 255
 Bourgeon
 adénohypophysaire 234
 neurohypophysaire 234
 Branche
 cervico-faciale 128
 frontale 384
 marginale de la mandibule 128
 temporo-faciale 128
 Bras de la capsule interne 329
 Broca 79, 333, 338, 345
 Brown-Sequard 196
 Browning 393
 Buck 80
 Bulbe
 olfactif 78
 terminal 26
 Burdach 206

C

Calice terminal 28
 Canal
 central 5, 186, 188
 du nerf hypoglosse 166
 facial 125
 neural 10
 notochordal 10
 optique 68, 84
 Capsule
 externe 330
 extrême 330
 interne 329
 Cavité du septum pellucidum 332
 Cavum
 de Meckel 108
 trigéminal 108, 410
 Cellule(s)
 de Renshaw 219
 de Schwamm 35
 neuro-ectodermiques 12
 neurosensory olfactive 76
 piriformes 268
 supra-épendymaires 33
 sustentaculaire olfactive 76

- Centre(s)
 cilio-spinal 90
 semi-ovale 310
 sympathiques 175
 Cercle artériel du cerveau 375
 Cerveau 4, 309
 Cervelet 5, 230, 263
 Champ
 de Forel 292
 H 292
 visuel 93
 Chiari 240
 Chiasma optique 83, 88
 Chorée 324
 Chromaffinoblastes 12
 Cingulum du cerveau 333
 Circuit de Papez 299, 348
 Citerne
 ambiante 412
 cérébello-médullaire 67, 412
 chiasmatisque 67, 412
 de la fosse latérale du cerveau 410
 de la grande veine cérébrale 412
 de la lame terminale 410
 interpedonculaire 67, 412
 lombaire 402
 péricalluse 410
 pontique 412
 ponto-cérébelleuse 67
 quadrigéminal 412
 subarachnoïdienne 410
 Claude Bernard 90
 Claustrum 322
 Colliculus
 axonal 20
 facial 122, 244, 363
 inférieur 105, 244
 supérieur 89, 90, 99, 244, 254
 Collier 215
 Colonne(s)
 antérieures 190
 branchio-motrice 232
 de dominance fonctionnelle 337
 intermédiaire 190, 194
 intermedio-médiale 210
 somato-motrice 232
 somato-sensitive 230
 viscéro-motrice 232
 viscéro-sensitive 230
 Commissure
 antérieure du cerveau 330
 blanche 191, 196
 de Gudden 89, 297
 de Meynert 297
 du fornix 331
 épithalamique 289
 habénulaire 289
 postérieure 289
 supra-optique 297
 Complexe olivaire inférieur 248
 Comportement sexuel 300
 Conarium 290
 Cône(s)
 de croissance 12
 médullaire 188
 Corde du tympan 127
 Cordon
 antérieur 191, 195
 latéral 191, 195
 postérieur 191, 196
 séparant 244
 Corne(s)
 d'Ammon 319
 de la moelle spinale 190
 du ventricule latéral 368
 Corona radiata 212, 329
 Corps 322
 amygdaloïde 79, 324
 arénacés 290
 calleux 4, 327
 de Herring 299
 de Luys 292
 du cervelet 264
 géniculé 244, 289
 juxtaestiforme 271
 mamillaires 293
 médullaire du cervelet 270
 pinéal 290
 restiforme 267
 strié 321
 trapézoïde 250
 Corpuscule(s)
 bulboïde 42
 de Dogiel 43
 de Golgi-Mazzoni 42
 de Krause 42
 de Meissner 41
 de Ruffini 41
 de Vater-Pacini 42
 de Wagner 41
 génital 43
 lamelleux 42
 lingual 42
 nerveux encapsulés 41
 tactile 41
 Cortex
 associatif 339
 cérébelleux 275
 cérébral 310, 335
 hippocampal 345
 moteur 338
 paravermien 274
 prémoteur 338
 sensoriel 337
 somato-sensitif 337
 subiculaire 319
 vermien 273
 Corti 142
 Couche(s)
 d'orientation 347
 des neurones
 de Purkinje 268
 piriformes 268
 de Waldeyer 191
 épendymaire 186
 glomérulaire olfactive 78
 granulaire du cervelet 269
 koniocellulaire 289
 magnocellulaires 289
 marginale 185
 moléculaire du cervelet 268
 optique 280
 palliale 185
 parvocellulaires 289
 pyramidale 348
 radiée 348
 Couronne radiée 329, 330
 Crête(s)
 ampullaires 138
 neurale 11, 12
 Culmen 266
 Cycle circadien 300
 Cyto-architecture laminaire 194
 Cytosol 18
-
- D**
- Daltonisme 87
 Darkschevich 273
 Déclive 266
 Décussation 204
 des pyramides 246
 dorsale du tegmentum 216
 Dégénérescence wallérienne 23
 Déjerine 204
 De Morsier-Kallmann 80
 Dendrite 18
 Densité postsynaptique 27
 Dermatome 60
 Développement
 de l'encéphale 227
 de la moelle spinale 185
 Diaphragme de la selle 410
 Diencephale 4, 234, 279
 Digitations de l'hippocampe 319
 Dimorphismes
 racial 345
 sexuel 345
 Disque de Merkel 41
 Dogiel 43
 Dominance hémisphérique 340
 Dopamine 180
 Dure-mère 401
 crânienne 406
 spinale 402
 Dynéine 23
-
- E**
- Eccles 29
 Ectomésenchyme 11
 Edinger 100, 297
 Effecteurs 43
 Ehrenritter 145
 Embryoblaste 9
 Éminence
 caudale 10, 11
 médiale 244, 363
 médiane 369
 Eminentia teres 122, 131
 Émotion 300
 Encéphale 4
 Endocrinocytes 305
 Endocytose 28
 Endonèvre 48
 Épaississements cytoplasmiques 35

Épendymoblastes 12
 Épendymocytes 33
 enrubannés 33
 Épiblaste 9
 Épicône 223
 Épinèvre 48
 Épiphyse cérébrale 290
 Épithalamus 4, 289
 Épithéliocyte(s)
 bacilliformes 86
 coniformes 86
 tactile 41
 Épithélium olfactif 76
 Espace
 subarachnoïdien 401, 403
 subdural 401
 Excitations protopathiques 204
 Exocytose 28

F

Faisceau(x)
 arqué de Burdach 333
 cornu-commissural de Pierre Marie 220
 cunéiforme 206
 de Burdach 206
 de Flechsig 207
 de Foville 297
 de Goll 206
 de Gombault et Philippe 220
 de Gowers 207
 de Gudden 299
 de Schütz 299
 de Vicq d'Azyr 299
 en crochet de Russel 273
 en croissant de Déjerine 204
 en virgule de Schultze 220
 gracile 206
 interfasciculaire 220
 longitudinal
 inférieur 333
 médial 122, 215
 postérieur (dorsal) 299
 supérieur 333
 mamillo-tegmental 299
 mamillo-thalamique 299
 occipitaux 335
 occipito-frontal
 inférieur 334
 subcalleux 334
 supérieur 334
 olfactif basal d'Edinger 297
 olivo-spinal de Helweg 216
 ovale de Flechsig 220
 propre 220
 pyramidal
 croisé 214
 de Türk 214
 direct 214
 respiratoire
 de Gierke 217
 de Krause 217
 rubro-spinal de von Monakow 217
 semi-lunaire 220

septo-marginal 220
 solitaire 217
 sulco-marginal 220
 télencéphalique médial 297
 thalamique 292
 triangulaire médian 220
 unciné du cerveau 334
 Faux
 du cerveau 407
 du cervelet 410
 Fibres
 arquées du cerveau 333
 associatives télencéphaliques 333
 cortico-nucléaires mésencéphaliques 215
 cortico-pallidales 323
 de la strie terminale 297
 de Lenhossek 256
 de Schröder 256
 de Stilling 256
 de Tones 116
 du fornix 297
 nigro-pallidales 323
 nigro-striées 322
 pallido-olivaires 323
 pallido-subthalamiques 323
 pallido-tegmentales 323
 pallido-thalamiques 323
 parallèles 269
 paraventriculo-hypophysaires 299
 périvericulaires 299
 postcommissurales du fornix 331
 strio-nigrales 322
 strio-pallidales 322
 supra-optico-hypophysaires 299
 Filets de Reissner 369
 Filum terminal 188, 401
 Fimbria de l'hippocampe 319, 320
 Fissure(s)
 cérébelleuses 263
 horizontale 263
 longitudinale 312
 médiane antérieure 188
 du bulbe 241
 orbitaire supérieure 68, 98, 103
 postéro-latérale 266
 primaire 266
 synaptique 27
 transverse du cerveau 313
 Flechsig 207, 220
 Foix 105
 Folium 266
 Foramen(s)
 du nerf hypoglosse 68
 jugulaire 68, 151, 162
 olfactifs 68
 ovale 68
 rond 68
 stylo-mastoïdien 126
 Forceps
 major 329
 minor 329
 Forel 292
 Formation réticulaire 194, 248, 249, 256

Fornix 331
 colonnes 331
 corps 331
 piliers 331
 Fosse
 crânienne postérieure 108
 rhomboïde 362
 Fossette
 inférieure du 4^e ventricule 244
 primitive 9
 supérieure du 4^e ventricule 363
 Frein du voile médullaire supérieur 364
 Fuseau
 neuromusculaire 44
 neurotendineux 43

G

Gaine de myéline 20
 Galien 395
 Ganglion(s) 48
 ciliaire 90, 99
 conarien 291
 crâniens 65
 d'Andersch 145
 d'Ehrenritter 145
 de Scarpa 136
 géniculé 126
 habénulaire 289
 inférieur du nerf vague 162
 jugulaire 151
 plexiforme 151
 supérieur du nerf vague 152
 sympathique 175
 trigéminal 108
 vestibulaire 136
 Gant lamellaire terminal 35
 Gennari 87
 Genou
 du corps calleux 327, 329
 du nerf facial 126
 Gierke 217
 Glande(s)
 olfactives 77, 80
 pinéale 290
 Glioblastes périphériques 12
 Gliocytes 31
 centraux 31
 ganglionnaires 35
 hypophysaires 308
 subépendymaires 33
 terminaux 35
 Globus pallidus 322, 323
 Glomérules cérébelleux 270
 Glomus
 carotidien 154
 choroïdien 414
 rétrocarotidien 154
 Golgi 336
 Golgi-Mazzoni 42
 Goll 206
 Gombault 220
 Gowers 207
 Grande citerne 412

- Grande veine du cerveau 395
 Grand noyau du raphé 256
 Grands neurones stellaires 269
 Granulations arachnoïdiennes 410
 Gratiolet 90
 Gudden 89, 297
 Gyrus
 ambient 318
 angulaire 316
 cérébraux 315
 cingulaire 317
 dentelé 317, 318, 348
 fasciolaire 317
 frontal 315
 para-olfactif 316
 parahippocampal 317
 paraterminal 316
 semi-lunaire 318
 supracallosal 329
 supramarginal 316
 temporaux 316
- H**
- Habénula 289
 Haubenfelder 292
 Head 204
 Helweg 216
 Hémisection de la moelle spinale 223
 Hémisphères cérébelleux 264
 Herring 148, 154, 299
 Hiatus œsophagien 152
 Hippocampe 318
 digitations 319
 propre 319, 347
 Hirschsprung 173
 Histogénèse
 du cervelet 232
 du cortex cérébral 237
 du tronc encéphalique 230
 Hoche 220
 Hormones
 hypothalamiques 306
 libérines 306
 statines 306
 Horoptère 93
 Huntington 343
 Hydranencéphalie 240
 Hydrocéphalie 240, 365, 414
 Hypoblaste 9
 Hypophyse 4, 301
 Hypothalamus 4, 180, 293
- I**
- Imagerie médicale 6
 Incisure(s)
 de la tente du cervelet 410
 myéliniques 35
 préoccipitale 314
 Influx
 douloureux 204
 nerveux 23
 nociceptifs thermiques 204
 olfactifs 80
 Infundibulum 307
- Insuffisance vertébro-basilaire 374
 Intumescence
 cervicale 188
 lominaire 188
 tympanique 147
 Isocortex 335, 336
 Isthme
 de l'encéphale 244
 du gyrus cingulaire 317
- J**
- Jacobson 76, 147
 Jonctions communicantes 28
- K**
- Kinéline 23
 Klüver-Bucy 348
 Korsakoff 348
 Krause 42, 217
- L**
- Labbé 393
 Lame(s)
 alaire 186
 basale ou fondamentale 186
 dorsale 186
 dorso-latérale 186
 fixée 280
 granulaire 336
 intergéniculée 289
 moléculaire 336
 multiforme 336
 neurale 10
 plexiforme 336
 pyramidale 336
 quadrigéminal 252
 spinales 194
 tectale 252
 ventrale 186
 Lamelles cérébelleuses 263
 Lamina affixa 280
 Lamination corticale 336
 Lancisi 329
 Langage 343
 Lemnisque
 latéral 250
 médial 250
 Lenhossek 256
 Leptoméninge 401
 Lésion
 des radiations optiques 94
 du chiasma optique 94
 du nerf optique 94
 du tractus optique 94
 Ligaments dentelés 403
 Ligne(s)
 de Gennari 87
 primitive 9
 Limen de l'insula 316
 Lingula cérébelleuse 266
 Liquide cérébro-spinal 414
 Lissauer 209, 220
- Lobe
 flocculo-nodulaire 266
 frontal 315
 limbique 317
 nerveux 307
 occipital 316
 temporal 316
 Lobule(s)
 central 266
 digastrique 266
 du vermis 266
 gracile 266
 paracentral 315
 quadrangulaire antérieur 266
 semi-lunaire supérieur 266
 Locus
 cœruleus 260
 niger de Soemmering 253
 Loewenthal 216
 Luschka 365
 Luys 292
- M**
- Macula communicans 174
 Macules acoustiques 138
 Magendie 365
 Maladie
 d'Alzheimer 310, 324, 344
 d'Huntington 343
 de Hirschsprung 173
 de Parkinson 8, 78, 253, 324
 Marchand 407
 Marchi 216
 Martinotti 336
 Méat acoustique interne 68, 125
 Meckel 108
 Meissner 41
 Mélanoblastes 12
 Membrana tectoria 142
 Mémoire 341
 Mendelson 159
 Méninges 401
 crâniennes 406
 encéphaliques 406
 spinales 402
 Merkel 41
 Mésencéphale 5, 244, 252
 Mésocortex 335
 Métathalamus 4, 287
 Métazoaires
 épineuriens 15
 hyponeuriens 15
 Métencéphale 230
 Meynert 297
 Microcéphalie 240
 Microgliocytes 35
 Moelle
 allongée 5, 241
 spinale 5, 185
 Mort encéphalique 3, 309
 Muir 220
 Muqueuse olfactive 76
 Myélocéphale 229
 Myélinisation 12, 54

Myocytes

- à bourse nucléaire 45
- à chaîne nucléaire 45
- intrafuséaux 45

N

Néocortex 335

Néostriatum 322

Nerf(s) 46

- abducens (VI) 121
- accessoire (XI) 161
- alvéolaire inférieur 114
- ampullaire postérieur 136
- antérieur de la petite courbure de l'estomac 156
- auriculaire
 - antérieur 114
 - postérieur 127
- auriculo-temporal 114
- buccal 114
- cardiaques 154, 156
- carotico-tympaniques 148
- cervicaux 58, 59
- coccygien 59
- cochléaire 136, 144
- conarien 291
- crâniens 65
- de Jacobson 147
- dépresseur de Hering 148, 154
- du canal ptérygoïdien 126
- du méat acoustique externe 114
- du muscle
 - stylo-pharyngien 148
 - thyro-hyôïdien 167
- du sinus carotidien 148, 154
- érecteurs 176
- ethmoïdal antérieur 110
- facial (VII) 125
- frontal 110
- glosso-pharyngien (IX) 145
- grand pétreux 126
- hypoglosse (XII) 165
- infratrochléaire 110
- intermédiaire 125
- lacrymal 110
- laryngé
 - inférieur 156
 - récurrent 154
 - supérieur 154
- lingual 114
- lombaires 58, 59
- mandibulaire 113
- massétérique 113
- maxillaire 110
- mentonnier 116
- mylo-hyôïdien 116
- naso-ciliaire 110
- oculomoteur (III) 97
- olfactif (I) 75, 76
- ophtalmique 109
 - de Willis 109
- optique (II) 83
- petit pétreux 148
- postérieur de la petite courbure de l'estomac 157

ptérygoïdien 114

récurrent d'Arnold 109

sacculaire 136

sacraux 59

spinaux 53

splanchniques pelviens 176

stapédien 127

temporaux profonds 114

tentorial 109

thoraciques 58, 59

trijumeau (V) 107

trochléaire (IV) 103, 105, 251

tympanique 147

utriculo-ampullaire 136

vague (X) 151

vestibulo-cochléaire (VIII) 135, 136, 144

viscéraux 175, 178

Neurite 18

Neuroblastes

centraux 12

périphériques 12

Neurocyte 18

Neurofibres 18

amyélinisées 35

grimpeuses 270

moussues 270

myélinisées 35

Neurogenèse 9

Neuroglie 31

Neurohypophyse 307

Neurolemme 20

Neurolemmocytes 35

Neuromères 71

Neurone(s) 18

à corbeille 268

autonome 54

de Golgi 336

de Martinotti 336

horizontal 335

multiforme 336

multipolaire 335

postganglionnaire sympathique 175

préganglionnaire sympathique 175

pyramidal 335

stellaire 335

Neuropile 31

Neuropilème 31

Neurotransmetteurs 28, 179

Nexus 28, 174

Nissl 18

Nœud

de Ranvier 35

neurofibrillaire 35

primitif 9

Noradrénaline 179

Notochorde 10

Noyau(x)

accessoires du thalamus 287

accumbens 324, 343

ambigu 148, 157

amygdaloïde 318

antérieurs du thalamus 282

basal télencéphalique 324

basaux du cerveau 310, 321

caudé 321, 322

central 287

centromédian 287

cérébelleux 270

cochléaires 142

commissural rhomboïdal 284

cunéiforme 246

mésencéphalique 256

d'Edinger-Westphall 100

de Cajal 140, 217

de Darkschevich 273

de la bande diagonale de Broca 333

dentelé 270

de Perlia 99

des nerfs crâniens 69

de Spitzka 99

de Stilling 254

dorsal 191

du corps géniculé latéral 288

du nerf vague 157

du thalamus 284

du champ périzonal (H) 292

du nerf

abducens 122

accessoire 163

facial 250

hypoglosse 168

trochléaire 254

du raphé 256

du tractus optique 290

emboliforme 270

fastigial 270

gigantocellulaire 256

globuleux 270

graciles 246

gustatif de Nageotte 133

hypothalamiques 293

intermedio-latéral 194

intermedio-médial 194

interposé 270

interstitiel 140, 217

intralaminaires du thalamus 287

juxta-olivaire 248

lacrymo-nasal 131

lentiforme 322

limitant 287

linéaires 256

marginal 191

médiaux du thalamus 284

mésencéphalique du nerf triju-

meau 116

moteur

du VII 131

trigéminal 116

oculomoteur 99

accessoire 99

olivaire

accessoire

médial 248

postérieur 248

inférieur 248

principal 248

- pâles et sombres du raphé 256
 para-olivaires 248
 paracentral 287
 parafasciculaire 287
 paragigantocellulaire 256
 paralemnisal 258
 parapédonculaire 258
 paraténial 284
 paraventriculaires 284
 périnéal d'Onuf 191
 pontique du nerf trijumeau 116
 postérieurs du thalamus 287
 prégeniculé 289
 prétectal 89, 90, 290
 antérieur 290
 olivaire 290
 postérieur 290
 principal du nerf trijumeau 116
 propre 191
 réticulaire(s)
 central du bulbe 256
 du thalamus 287
 médiaux 256
 parvocellulaire 256
 rostral du pont 256
 tegmental du pont 256
 rouge 254, 255
 salivaire
 inférieur 148
 supérieur 131
 sensitifs 149
 du trijumeau 116, 119
 septal 332, 333
 septo-fimbrial 333
 solitaire 133, 149, 157
 spinal 191
 du trijumeau 157
 subcunéiforme mésencéphalique 256
 subthalamique 292
 suprageniculé 287
 tegmental pédonculo-pontique 258
 thalamiques accessoires 282
 triangulaire 333
 ventral
 du corps géniculé latéral 289
 du thalamus 284
 vestibulaires 138
 viscéro-sensoriels 230
 visuels 87
- O**
- Obex 244, 364
 Oligodendrocytes 34
 Olive bulbaire 242
 Onuf 191
 Opércule pariétal 316
 Opsine 86
 Organe(s)
 circumventriculaires 33, 369
 de Corti 142
 de Jacobson 76
 spiral 142
 subcommissural 290, 369
 subfornical 370
 vasculaire de la lame terminale 370
 Ouverture latérale du 4^e ventricule 365
- P**
- Pachyméninge 401
 Paléocervelet 272
 Paléocortex 335
 Paléostriatum 323
 Pallium 4, 335
 Papez 299, 348
 Papille du nerf optique 88
 Paraganglion tympanique de Zuckerkandl 147
 Paralysie
 du nerf vague 158
 du sterno-cléido-mastoïdien 163
 du trapèze 163
 faciale 133
 de Bell 134
 Parasubiculum 320
 Parinaud 290
 Parkinson 8, 78, 253, 324
 Partie
 basilaire 250
 centrale du ventricule latéral 367
 distale 305
 insulaire (segment M2) 386
 intermédiaire 305
 optique de la rétine 86
 parasymphatique 176
 postcommunicante 380, 384
 postsynaptique 27
 précommunicante 380, 384
 présynaptique 26
 sphénoïdale 386
 tubérale 305
 Pastori 291
 Pédoncules
 cérébelleux 267, 271
 cérébraux 244, 252
 Pénombre ischémique 345
 Péricaryon 18
 Périnèvre 48
 Perlia 99
 Petits neurones stellaires 268
 Philippe 220
 Phylogénèse du prosencéphale 237
 Pie-mère 402
 crânienne 412
 spinale 403
 Pied
 de l'hippocampe 319
 du cerveau 252
 Pierre Marie 220
 Pinéoblastes 12
 Pituicytes 308
 Plancher du 4^e ventricule 249
 Planum temporal 316
 Plasticité
 cérébrale 238, 344
 synaptique 29
- Plexus
 choroïde
 du 3^e ventricule 412
 du 4^e ventricule 412
 du ventricule latéral 414
 dentaire inférieure 116
 de Raschkow 116
 intraparotidien 126
 nerveux 47
 œsophagien 152
 pharyngien 154
 tympanique 147
 veineux de Trolard 303
 viscéraux 178
 Plis neuraux 10
 Points de Valleix 119
 Polygone de Willis 375
 Polypeptide intestinal vaso-actif (VIP) 180
 Ponction
 du ventricule latéral 369
 lominaire 416
 suboccipitale 415
 Pont 5, 230, 244
 de Varole 244
 Premier ganglion de Pastori 291
 Présubiculum 320
 Prosopagnosie 339
 Protubérance annulaire 244
 Pulvinar 89, 282
 Purkinje 268
 Putamen 322
 Pyramide 248, 266
 bulbaire 242
- Q**
- Quatrième ventricule 229, 362
 Queue 322
- R**
- Racine(s)
 des nerfs spinaux 55
 supérieure de l'anse cervicale 167
 Radiation(s)
 optique 90
 de Gratiolet 90
 Rameau(x)
 communicant(s)
 avec le nerf IX 127
 avec le nerf X 127
 avec le plexus tympanique 126
 avec le rameau auriculaire du nerf vague 148
 blancs 59, 175
 gris 59, 175
 digastrique 127
 ganglionnaires otiques 113
 méatique 127
 mningé spinal 58
 pharyngiens 148
 stylo-hyoïdien 127
 tonsillaires 148
 Ramon y Cajal 18, 140, 217

Ramsay-Hunt 133
 Ranvier 35
 Raschkow 116
 Récepteurs 40
 cochléaires 142
 vestibulaires 138
 Récessus
 infundibulaire 366
 latéral du 4^e ventricule 363
 optique 366
 pinéal 366
 pinéal du 3^e ventricule 290
 suprapinéal 366
 Réflexe
 cortico-visuel 90
 d'extension croisé 222
 patellaire 221
 pupillaire 90, 102
 viscéro-cutané 178
 Région hippocampale 345
 Régulation de l'eau 299
 Reil 244
 Reissner 369
 Renshaw 219
 Rétinaculum arachnoïdien 401
 Retzius 365
 Rhinencéphale 349
 Rolando 191, 243
 Rollet 105
 Rosenthal 395, 397
 Ruffini 41
 Russel 273

S

Scarpa 136
 Schröder 256
 Schultze 220
 Schwann 35
 Section complète de la moelle spinale 223
 Segmentation de la moelle spinale 188
 Sensibilité
 épicritique 206
 proprioceptive consciente 206
 protopathique 204
 Septum(s)
 cervicaux intermédiaires 403
 pellucidum 321
 Sérotonine (SHT) 180
 Signe du rideau de Vernet 158
 Sillon(s)
 antéro-latéraux 188
 bulbo-pontique 242
 calcarin 87, 316
 circulaire de l'insula 316
 collatéral 316
 du corps calleux 313
 habénulaire 289
 intermédiaire postérieur 188
 intrapariétal 316
 latéral du cerveau 313
 limitant 186
 médian 362
 postérieur 188

olfactif 315
 paramédians 264
 pariéto-occipital 316
 postcentral 316
 postéro-latéraux 188
 rétro-olivaire 242
 subpariétal 316
 Sinus
 caverneux 67, 98, 103
 sagittal supérieur 392
 sigmoïde 394, 398
 transverse 394, 398
 Soemmering 253
 Somites
 occipitaux 72
 préchordaux 72
 Spina bifida 186, 187
 Spitzka 99
 Splénium du corps calleux 327
 Spongioblastes centraux 12
 Stilling 254, 256
 Stratum oriens 347
 Striatum 321
 dorsal 321, 324
 ventral 324
 Strie(s)
 de Broca 79
 de Lancisi 329
 diagonale 79
 laminaires 337
 longitudinales
 latérales 329
 médiales 329
 médullaires 363
 du 4^e ventricule 244
 olfactive 79
 latérale 318
 Structures pertinentes du cerveau 310, 327
 Subiculum 320
 Substance
 blanche 17, 195
 thalamique 282
 de Nissl 18
 de Rolando 191
 gélatineuse 191
 centrale 188
 grise 17, 190
 centrale 248
 thalamique 282
 innommée encéphalique 324
 intermédiaire centrale 210
 lacunaire 348
 noire 253
 perforée postérieure 244
 réticulée 256
 viscérale secondaire 191, 210
 Substantia ferruginea 260
 Subthalamus 4, 291
 Synapse(s) 25
 chimique 26
 électrique 28
 interneuronales 25

mixte 28
 neuroglandulaire 25
 neuromusculaire 25
 neurosensorielle 25
 non vésiculaire 28
 vésiculaire 26
 Syndrome
 d'Arnold-Chiari 240
 de Bénédikt 255
 de Brown-Sequard 223
 de Claude Bernard 90
 de De Morsier-Kallmann 80
 de Foix 105
 de Klüver-Bucy 348
 de Korsakoff 348
 de l'apex de Rollet 105
 de Mendelson 159
 de négligence contro-latérale 339
 de Parinaud 290
 des larmes de crocodile 133
 Système
 autonome 299
 limbique 341, 345
 nerveux
 autonome 173
 central 3
 périphérique 3
 porte hypophysaire 304

T

Tabès 195
 Tact
 épicritique 204
 protopathique 204
 Tanycytes 33
 Tarin 297
 Tectum mésencéphalique 254
 Tegmentum
 mésencéphalique 253
 pontique 250, 251
 Télencéphale 234
 Ténia
 de Tarin 297
 thalamique 280
 Tente du cervelet 408
 Terminaison(s)
 nerveuses
 des follicules pileux 40
 libres 40
 neuromusculaire 44
 neurosecrétoire 43
 neurosensorielle 43
 Test de Wada 341
 Tête 321
 Thalamus 4, 280, 291
 Thermorégulation 300
 Toile choroïdienne du 4^e ventricule 365
 Toit du 4^e ventricule 264, 364
 Tomes 116
 Tomographie par émission mono-
 photonique (TEMP) 7
 Tonsille cérébelleuse 267
 Trabécules arachnoïdiennes 401

Tractus

- bulbo-réticulo-spinal 216
- cœruléo-spinal 217
- cortico-nucléaire 214, 215
- cortico-spinal 214, 215
- d'Hoche 220
- de Collier 215
- de Lissauer 209, 220
- de Loewenthal 216
- de Marchi 216
- de Muir 220
- géniculo-calcarin 90
- habénulo-interpédunculaire 255
- hypothalamo-hypophysaire 299, 307
- hypothalamo-spinal 217
- interstitio-spinal 217
- mésencéphalique du V 254
- olfactif 79
- olivo-spinal 216
- optique 88
- ponto-réticulo-spinal 215
- postéro-latéral 204, 209, 220
- propriospinaux 220
- pyramidal 212
- raphé-spinal 217
- réticulo-spinal 140
 - antérieur 216
 - rubro-spinal 217
 - solitario-spinal 217
- spinal du nerf trijumeau 250
- spino-cérébelleux 207
- spino-cervical 209
- spino-olivaire 209
- spino-réticulaire 209, 210
- spino-tectal 209
- spino-thalamique 204, 210
- tecto-bulbaire 122
- tecto-spinal 216
- tubéro-infundibulaire 299, 305
- vestibulo-cérébelleux 140
- vestibulo-spinal 215
- viscéral secondaire ascendant 210

Transport axonal 21

Triangle de Reil 244

Trigone

- carotidien 166
- de l'habénula 289
- du lemnisque 244, 287
- du nerf
 - hypoglosse 168, 244, 363
 - vague 244, 363
- submandibulaire 167

Trijumeau 133

Troisième ventricule 366

Trolard 303, 393

Tronc

- des nerfs spinaux 57
- du corps calleux 327
- encéphalique 4, 241
- sympathique 175
- vagal 156

Trou

- de Luschka 365
- de Magendie 365
- de Retzius 365

Tube neural 10, 12

Tuber 266

Tuber cinéreum 293

Tubercule(s)

- antérieur du thalamus 282
- cendré de Rolando 243
- mamillaires 244
- trigéminal 243

Türk 214

U

Uncus 318

Uvule 266

V

Vallécule du cervelet 264

Valleix 119

Varole 244

Vater-Pacini 42

Veine(s)

- basales 397
- cérébrale(s)
 - anastomotique inférieure 393
 - anastomotique supérieure 393
 - inférieures 393
 - internes 395
 - moyenne superficielle 393
 - supérieures 392

choroïdienne supérieure 397

de Browning 393

de Galien 395

de l'encéphale 391

de Labbé 393

de la citerne cérébellomédullaire 399

de la moelle allongée 399

de Rosenthal 397

de Trolard 393

directes latérales 395

du cervelet 399

du récessus latéral du 4^e ventricule 398

du tronc encéphalique 398

inférieure du vermis 399

intercolliculaire 397

latérale du ventricule latéral 395

médiale du ventricule latéral 395

mésencéphalique latérale 398

orbitaires 393

pontiques 398

pontomésencéphalique 398

portales 303

postérieure du corps calleux 397

précentrale du cervelet 399

profondes du cerveau 393

radiculaires 200

spinales 200

sulcales (ou centrales) 200

superficielles du cerveau 392

supérieure du vermis 397, 399

sylvienne superficielle 393

temporales 393

terminale 397

thalamo-striée supérieure 397

Ventricule(s)

3^e ventricule 3614^e ventricule 361

encéphaliques 5, 361

latéral 310, 361, 367

Vermis 264

Vernet 158

Vésicules

encéphaliques 227

synaptiques 20

Vicq d'Azyr 299

Vie du neurone 23

Vieillesse 344

Villosité arachnoïdienne 410

Vision

binoculaire 94

monoculaire 93

stéréoscopique 94

Voies

ascendantes 203

associatives 219

cochléaires 135, 142

de la sensibilité viscérale 210

descendantes 211

motrices 212, 215

olfactives 75

optiques 83, 88

sensitives conscientes 204

somato-sensitives inconscientes 207

sympathiques 175

vestibulaires 135, 138

Voile médullaire

inférieur 364

supérieur 267, 364

W

Wada 341

Wagner 41

Wernicke 337

Westphall 100

Willis 109, 375

Z

Zona incerta 292

Zone(s)

décollable de Gérard Marchand 407

de Ramsay-Hunt 133

hypothalamiques 293

intralaminaires 288

Zuckerlandl 147