

Le système nerveux central : SNC

Généralités

Le système nerveux est formé de deux parties :

- *le système nerveux central*, constitué par l'encéphale comprenant le cerveau, le tronc cérébral, et le cervelet situés dans la boîte crânienne, et la moelle épinière située dans le canal rachidien.

Son rôle est de recevoir, enregistrer, interpréter les signaux qui parviennent de la périphérie, et l'organiser la réponse à envoyer.

- *le système nerveux périphérique*, constitué par les nerfs crâniens et les nerfs spinaux qui sont rattachés au système nerveux central.

Son rôle est de conduire jusqu'au système nerveux central les informations issues des récepteurs périphériques de la sensibilité ou de la douleur, et de transmettre les ordres moteurs émis par les centres nerveux.

1. *L'encéphale* est en entier situé dans la boîte crânienne. Il est constitué par :

. Le cerveau, situé en entier dans l'espace sus-tentorial, et formé de deux hémisphères droit et gauche, incomplètement séparés l'un de l'autre par la scissure inter hémisphérique marquée par la faux du cerveau, et réunis l'un à l'autre à leur partie centrale

. Le tronc cérébral, qui émerge de la face inférieure du cerveau, et comporte de haut en bas trois parties : les pédoncules cérébraux droit et gauche, la protubérance annulaire, et le bulbe rachidien. Du tronc cérébral émergent tous les nerfs crâniens sauf le nerf optique et le nerf olfactif situés en entier au-dessus de la tente du cervelet.

. Le cervelet, situé comme le tronc cérébral dans la fosse postérieure et donc séparé du cerveau par la tente du cervelet. Il est formé de deux hémisphères droit et gauche, réunis par le vermis. Ils sont reliés au tronc cérébral à droite comme à gauche par les pédoncules cérébelleux supérieur, moyen, et inférieur.

2. *La moelle épinière* prolonge le tronc cérébral et le bulbe rachidien. Elle commence immédiatement en dessous du trou occipital. Elle est située en entier dans le canal rachidien qu'elle n'occupe pas sur toute sa hauteur, car la moelle se termine environ au niveau de la première vertèbre lombaire (L1). De la moelle et à chaque espace intervertébral sortent les nerfs spinaux constitués d'une racine antérieure, motrice, et d'une racine postérieure sensitive.

En dessous de L1 et jusqu'au sacrum, le canal rachidien est occupé par les racines des nerfs spinaux issues de la moelle lombaire ; l'ensemble de ces racines forme ce que l'on appelle par ressemblance " la queue-de-cheval".

3. *La substance grise et la substance blanche*

A quelque niveau que se soit, le système nerveux central est formé de deux parties différentes caractérisées par leur teinte : la substance grise et la substance blanche.

Au niveau du cerveau, on décrit

- une couche de substance grise recouvrant l'ensemble des hémisphères dont elle suit les sillons : c'est l'écorce cérébrale ou cortex cérébral.

- une couche de substance blanche immédiatement sous l'écorce grise.

- une zone centrale plus complexe où l'on distingue une partie de substance blanche qui sont les commissures unissant les deux hémisphères, et une partie d'amas de substance grise, les noyaux gris centraux.

Au niveau du tronc cérébral, la substance grise prédomine (substance réticulée) et se présente en amas qui sont les noyaux d'origine des nerfs crâniens.

Au niveau du cervelet, la substance grise occupe l'écorce cérébelleuse ou cortex cérébelleux, sous laquelle on trouve de la substance blanche et des noyaux gris centraux.

Au niveau de la moelle épinière, la substance grise forme le centre, présent sur toute la hauteur de la moelle, dessinant un H ou une forme de papillon sur une coupe transversale.

La substance grise est formée de cellules ; la substance blanche est formée de fibres. La cellule et la fibre ne sont que les deux parties d'un même élément essentiel du système nerveux : le neurone.

Configuration de l'Encéphale

L'encéphale comprend le cerveau, le cervelet et le tronc cérébral. Il est contenu en entier dans la cavité crânienne entouré par la dure-mère et le liquide cébrospinal. Il constitue l'essentiel du système nerveux central. Il contient tous les centres de commande et de coordination de la motricité. Il est le centre récepteur de toutes les informations sensibles (notre sensibilité superficielle et profonde) et sensorielles (nos organes des sens). Sa vascularisation est assurée par les troncs artériels cervicaux (artères carotides et artères vertébrales), et les gros troncs veineux cervicaux (veines jugulaires, plexus veineux cervicaux profonds).

LE CERVEAU

Il est constitué par deux hémisphères (droit et gauche), séparés par le sillon inter hémisphérique, et réunis par des structures assurant une connexion entre les deux hémisphères : le corps calleux et les commissures blanches et grises. Toutes les fibres nerveuses issues du cerveau se regroupent à sa face inférieure au niveau des pédoncules cérébraux droit et gauche qui se rejoignent pour former la partie haute du tronc cérébral (mésencéphale).

1. Les sillons et scissures de la convexité cérébrale

L'examen de la surface du cerveau montre que sa surface n'est pas unie. Des sillons plus ou moins profonds délimitent des circonvolutions qui lui donnent son aspect particulier. Chaque sillon porte un nom. Mais certains d'entre eux sont plus profonds et remarquables ; on les appelle des scissures car elles permettent de diviser le cerveau en lobes. La scissure de Sylvius et la scissure de Rolando sont les deux principales scissures. Ce sont des repères anatomiques et fonctionnels importants.

- *La scissure de Sylvius* est la plus importante et la plus profonde. Presque horizontale, elle sépare les lobes frontal et pariétal situés en avant et au dessus d'elle, du lobe temporal situé en dessous et en arrière. Elle recouvre en entier la vallée sylvienne dans laquelle chemine une des trois artères principales du cerveau : l'artère cérébrale moyenne et ses branches de division.

- *La scissure de Rolando* ou scissure rolandique est presque verticale et nettement visible sur la convexité externe du cerveau. Elle délimite les régions motrices du cerveau situées en avant d'elle (région fronto-rolandique), des régions sensibles et des centres associatifs situées en arrière (région pariéto-rolandique).

- D'autres scissures sont aussi remarquables mais sont moins marquées : la scissure occipitale séparant le pôle occipital du reste du cerveau, la scissure callosomarginale située en entier dans le sillon inter hémisphérique au dessus du corps calleux.

2. les lobes cérébraux

Les scissures délimitent 4 grands lobes : le lobe frontal en avant, le lobe pariétal et le lobe temporal au milieu, le lobe occipital en arrière. Chaque lobe est traversé par trois à quatre sillons qui vont délimiter des circonvolutions. Dans la profondeur de la scissure sylvienne, on décrit une région particulière de forme triangulaire appelée *lobe de l'insula*.

3. Le cortex cérébral

Une coupe verticale des hémisphères cérébraux montre qu'ils sont constitués d'une couche de substance grise recouvrant une partie centrale de substance blanche. Le manteau de substance grise recouvrant la totalité des circonvolutions de la surface externe du cerveau et tapissant également les sillons et les scissures est constitué de cellules disposées en six couches. Elles constituent le cortex cérébral. Elles se prolongent par des axones qui vont constituer la substance blanche et se diriger vers d'autres aires cérébrales, vers les noyaux gris centraux, ou vers le tronc cérébral.

Dans le cortex, comme dans toute la substance grise, il existe de très nombreux interneurons, c'est-à-dire de multiples connexions à très courte distance entre les cellules.

4. Les noyaux gris centraux

Au centre de l'hémisphère cérébral on distingue à nouveau une zone de substance grise : c'est la région des noyaux gris centraux appelés aussi ganglions de la base. Ils sont un relais pour les axones provenant de la moelle épinière ou du cortex. Parmi les noyaux gris centraux, citons d'abord les deux principaux, situés de part et d'autre de la ligne médiane le thalamus, et le striatum.

- le *thalamus*, situé de part et d'autre du III^{ème} ventricule. Il appartient comme les autres noyaux gris centraux au système extrapyramidal. Il est également le relais des voies de la sensibilité. Il joue un rôle d'intégration et de régulation.

- Le *striatum*, constitué par le noyau caudé et le noyau lenticulaire. Le noyau caudé a un aspect de virgule repliée renflée à sa partie antérieure et supérieure. Il borde les parois du ventricule latéral. Le noyau lenticulaire a une forme triangulaire pyramidale. Plus externe que le thalamus ou le noyau caudé, il en est séparé par la capsule interne. On lui décrit deux régions : le putamen en dehors, et le pallidum ou globe pâle en dedans.

- Les autres noyaux gris sont au moins aussi importants mais sont d'un volume beaucoup plus réduits. Ils sont situés en dessous du thalamus, à la partie haute du tronc cérébral. Parmi les principaux, nous citerons le *noyau sous-thalamique* (NST) ou corps de Luys qui est aujourd'hui une des cibles de la neurostimulation cérébrale, le locus Niger ou substance noire qui contient des neurones dopaminergiques et assure la libération de dopamine, le noyau rouge assurant un des contrôles de la motricité.

5. les aires corticales cérébrales

Le cortex cérébral n'est pas une structure uniforme, ni dans sa nature cellulaire, ni dans ses connexions, ni dans ses fonctions. On peut ainsi établir une cartographie des aires corticales suivant leur organisation cyto-architecturale, leurs fonctions, leur connectivité.

a. organisation cyto-architecturale

Le cortex cérébral présente une organisation laminaire en six couches de cellules neuronales dont les caractéristiques morphologiques mais aussi fonctionnelles sont différentes.

Cependant, ces cellules ne sont pas identiquement réparties ni en nombre, ni en épaisseur sur l'ensemble du cortex. C'est ainsi que l'on a pu déterminer des aires corticales différentes entre elles par leur composition cyto-architecturale. La classification la plus connue est celle de Brodmann (1909) qui établit environ 50 aires corticales différentes. Cette classification n'a pas d'utilité en clinique humaine.

b. organisation fonctionnelle

On distingue principalement les aires sensorielles primaires qui reçoivent du thalamus des influx visuels, auditifs et sensitifs, et les aires associatives qui sont responsable des processus élaborés et complexes des fonctions cérébrales. Cette classification n'a pas d'utilité en clinique humaine, mais nous permet de comprendre qu'une fonction cérébrale dépend des informations reçues, et de l'organisation complexe de son intégration.

c. organisation suivant les connexions

On distingue quatre groupes de fibres assurant les connexions du cortex cérébral. Certaines fibres se projettent très à distance, du cortex vers la moelle, telles les grandes voies motrices.

D'autres, sans aucune organisation topographique, assurent des connexions à courte distance entre les différents étages du cerveau. Une autre variété assure les connexions entre différentes régions corticales d'un même hémisphère. Enfin, certaines fibres assurent les connexions d'un hémisphère cérébral à l'autre.

Cette classification permet de comprendre l'organisation générale du cortex mais ne nous est pas utile dans la pratique clinique. Une cartographie aussi précise du cortex pour chaque fonction est impossible à retenir. Aussi, pour s'y retrouver, préfère-t-on retenir plus simplement des aires corticales qui assurent les grandes fonctions cérébrales comme la vision, le langage, la motricité, le comportement, la mémoire, etc. On distingue ainsi de grandes régions anatomiques corticales : le cortex frontal et pré-frontal, le cortex moteur ou cortex rolandique, le cortex pariétal associatif, le

cortex visuel occipital, le cortex temporal, et le cortex limbique. Ces aires n'ont pas entre elles de limites précises.

6. la capsule interne

On donne le nom de capsule interne à la substance blanche qui passe entre les noyaux gris et qui est essentiellement formée par les fibres du faisceau pyramidal, voie motrice principale.

D'autres faisceaux ascendants, descendants et transversaux contribuent aussi à former la capsule interne. Une lésion de la capsule interne se manifeste essentiellement par une atteinte de la voie pyramidale et entraîne une hémiparésie contralatérale généralement totale proportionnelle (touche à égalité la face le membre supérieur et le membre inférieur) motrice et sensitive.

LE CERVELET

Le cervelet est entièrement situé dans la fosse postérieure, qu'il occupe en arrière du tronc cérébral. Il en est séparé par le IV^e ventricule. Le cervelet a une forme pyramidale. On lui décrit une portion médiane, *le vermis*, et deux lobes, ou hémisphères cérébelleux, situés de chaque côté. Son aspect externe est particulier en raison de la présence de nombreux sillons curvilignes et concentriques, les lamelles du cervelet. Il est relié au tronc cérébral par les trois paires de pédoncules cérébelleux supérieur, moyen, et inférieur. Par ces pédoncules, vont passer toutes les efférences et afférences provenant de la moelle, du tronc cérébral, des voies vestibulaires et des noyaux des nerfs crâniens. Les efférences sont directes, c'est-à-dire non croisées, expliquant pourquoi un déficit cérébelleux est toujours du même côté que la lésion.

Le rôle du cervelet porte sur la régulation du tonus (vermis cérébelleux) et la coordination des mouvements (hémisphères cérébelleux).

La configuration interne du cervelet est comparable à celle du cerveau. La substance grise forme l'écorce du cervelet, la substance blanche forme la partie centrale, avec au centre les *noyaux dentelés* du cervelet (noyaux gris). L'écorce du cervelet est formée de trois couches de cellules dont la couche moyenne est formée par des cellules très particulières, les cellules de Purkinje extrêmement ramifiées .

LE TRONC CEREBRAL

Le tronc cérébral est la structure centrale de l'encéphale située au niveau de la fosse postérieure entre le cerveau et la moelle épinière. On lui décrit de haut en bas trois niveaux ;

le mésencéphale, la protubérance annulaire, et le bulbe rachidien.

Le tronc cérébral est une formation complexe car c'est d'abord la voie de passage des grandes voies ascendantes (voies sensitives et cérébelleuses) et descendantes (voies motrices) véhiculant les informations et transmettant les messages provenant du cortex. C'est le lieu d'émergence des *nerfs crâniens moteurs et sensitifs* (du III au XII) à partir de leurs noyaux étalés de chaque côté de la ligne médiane sur toute la hauteur du tronc cérébral. C'est enfin une région occupée par *la substance réticulée* qui a une importance physiologique majeure dans la régulation de l'éveil, du sommeil, et par plusieurs autres formations importantes dont nous ne citerons que le *locus niger* (contient les neurones dopaminergiques qui font partie du système extra-pyramidal).

LA MOELLE EPINIÈRE

La moelle est située dans le canal vertébral dont elle épouse la forme et les courbures. Elle a l'aspect d'un cordon arrondi, long de 40 à 45 centimètres et d'un diamètre de 8 à 10 millimètres. Ce cordon légèrement aplati d'avant en arrière est divisé en deux parties droite et gauche par deux sillons médians, l'un antérieur et l'autre postérieur. De chaque côté (sur chaque héli-moelle), émergent les racines antérieures et postérieures aux niveaux de deux sillons latéraux, l'un antérieur et l'autre postérieur.

Sur toute la hauteur de la moelle sortent de chaque côté 31 racines antérieures et 31 racines postérieures (8 cervicales, 12 dorsales, 5 lombaires, 5 sacrées, 1 coccygienne). A chaque étage (on dit aussi chaque métamère), la racine antérieure et la racine postérieure se réunissent rapidement pour gagner le trou de conjugaison situé de chaque côté du canal vertébral. Pour les racines dorsales, lombaires et sacrées, on donne à la racine le nom de la vertèbre au dessous de laquelle elle sort par le trou de conjugaison. A l'inverse, pour les racines cervicales on donne à la racine le nom de la vertèbre située au-dessus. Pour cette raison, la racine qui sort entre les vertèbres C7 et T1 est C8 ; il y a en effet 8 racines cervicales et 7 vertèbres cervicales.

La moelle n'occupe pas tout le canal vertébral, car elle n'a pas suivi le développement du canal osseux. Elle se termine en regard de la vertèbre L1 par le cône médullaire terminal d'où émergent toutes les dernières racines lombaires et sacrées sur une longueur de 3 centimètres de long. Toutes ces racines se mélangent et se confondent formant ce que l'on appelle par comparaison *la queue-de-cheval*. Une structure fibreuse, le *filum terminale* prolonge la moelle jusqu'au coccyx ; il ne contient aucun tissu nerveux, et porte de nombreux vaisseaux.

La moelle puis les racines de la queue-de-cheval sont toutes contenues dans un feuillet arachnoïdien. Comme au niveau de l'encéphale, le LCS circule dans les espaces sous arachnoïdiens, entre les deux feuillets méningés de l'arachnoïde et la pie-mère fortement adhérente au tissu nerveux. Tout cet ensemble est enveloppé par la dure-mère qui laisse passer latéralement les racines nerveuses.

Sur toute sa longueur, la moelle a une structure homogène. Elle est formée d'un axe de substance grise qui a la forme d'une aile de papillon entouré de substance blanche. L'axe gris est formé par les corps cellulaires des neurones, et la substance blanche par le passage des grandes voies motrices, sensibles, cérébelleuses, et extra-pyramidales. La voie motrice ou voie pyramidale est constituée d'un faisceau descendant direct et un faisceau croisé. Ce dernier, le plus important, est appelé croisé car il vient du cerveau du côté opposé. Son atteinte au niveau de la moelle donne une paralysie du même côté que la lésion. Les voies sensibles sont au nombre de deux : la première est une voie ascendante directe de la sensibilité proprioceptive profonde (sens des positions, sensibilité vibratoire) et de la sensibilité superficielle tactile épicritique (sens du toucher); elle est située au niveau des cordons postérieurs de la moelle. La deuxième est une voie ascendante de la sensibilité douloureuse et la sensibilité thermique ; elle traverse le centre de la moelle avant de parcourir les faisceaux ascendants latéraux de la moelle. Son atteinte est croisée et se traduit par une diminution ou disparition de la sensibilité à la piqûre, à la douleur, au chaud et au froid du côté opposé à la lésion. La moelle est aussi un centre neuro-végétatif en contact avec le système nerveux sympathique.

Chaque segment de moelle donnent naissance à un groupe de racines antérieures motrices et de racines postérieures sensibles. On parle de métamère médullaire pour désigner cette segmentation présente dès le stade embryonnaire. A chaque métamère correspond un myotome (territoire musculaire) et un dermatome (territoire cutané). Mais les territoires voisins se chevauchent, et un muscle peut être constitué de plusieurs myotomes.

LES NERFS CRANIENS

Les nerfs crâniens sont au nombre de douze de chaque côté. Ils assurent nos cinq sens (la vue, l'ouïe, l'odorat, le goût), et la mimique du visage, la déglutition, et la phonation. Ils sont en majorité mixtes, c'est-à-dire moteurs et sensitifs, avec une prédominance pour l'une ou l'autre des ces fonctions principales.

A l'exception des nerfs olfactifs et des nerfs optiques, les nerfs crâniens sont des nerfs périphériques émergeant du tronc cérébral. Leur particularité leur vient de leur fonction spécialisée et de leur origine à partir d'un noyau de cellules bien individualisé dans le tronc cérébral. Ces noyaux sont petits et très proches les uns des autres, ce qui explique qu'une atteinte du tronc cérébral se traduira par l'atteinte de plusieurs nerfs crâniens. Chaque nerf crânien quitte la boîte crânienne à travers d'un des trous de la base du crâne, et après avoir traversé une citerne arachnoïdienne : citerne basilaire pour le III, IV, VI, citerne de l'angle ponto-cérébelleux pour le VII, VIII, et les nerfs mixtes (IX, X XI et XII).

Tableau I : les douze nerfs crâniens

I Nerf olfactif Odorat

II Nerf optique Vision

III Nerf moteur oculaire commun Oculomotricité, releveur de la paupière, constricteur de l'iris

IV Nerf trochléaire (n.pathétique) Oculomotricité

NERFS OCULOMOTEURS

VI Nerf abducens (n.m oculaire externe) Oculomotricité

V Nerf trijumeau Sensibilité de la face et de la cornée. Gustation.

VII Nerf facial Motricité de la face Gustation

PAQUET

ACOUSTICO-FACIAL

VIII Nerf cochléo-vestibulaire Audition, contrôle équilibration

IX Nerf glosso-pharyngien Déglutition

X Nerf pneumogastrique Phonation, fonction végétative cardiaque et bronchique

XI Nerf spinal Musculature du cou

NERFS MIXTES

XII Nerf grand hypoglosse Déglutition Motricité de la langue

Vascularisation du Système Nerveux Central

Vascularisation du cerveau

La vascularisation du cerveau dépend des deux artères carotides internes et des deux artères vertébrales. L'artère carotide gauche primitive naît directement de la crosse de l'aorte. L'artère carotide primitive droite est une branche de division du tronc brachio-céphalique droit, première branche artérielle naissant de la crosse aortique.

Dans la région cervicale, chaque artère carotide primitive se divise en une artère carotide interne et une artère carotide externe (destinée à la vascularisation du cou et de la face). Les artères vertébrales naissent des deux troncs axillaires ; elles ont un trajet particulier le long des vertèbres cervicales traversant un canal osseux creusé dans l'apophyse latérale de chaque corps vertébral, et se réunissent dans le crâne pour donner le tronc basilaire.

Chaque hémisphère cérébral est vascularisé par trois troncs artériels : l'artère cérébrale antérieure et l'artère cérébrale moyenne toutes deux branches de l'artère carotide, et l'artère cérébrale postérieure, branche du tronc basilaire. Les branches de division de ces trois artères sont destinées au cortex cérébral antérieur et médian interne pour l'artère cérébrale antérieure, au cortex cérébral externe antérieur et moyen pour l'artère cérébrale moyenne, et au cortex cérébral postérieur et inférieur pour l'artère cérébrale postérieure.

Les territoires de chacune de ces artères se recoupent partiellement, et la possibilité d'une suppléance existe entre elles. (voir polygone de Willis). Des branches perforantes destinées aux noyaux gris centraux naissent des artères cérébrales moyenne (artères perforantes lenticulo-striées) et postérieure (artères perforantes thalamiques). Ces artères perforantes sont terminales, et n'ont pas de suppléance.

Vascularisation du tronc cérébral et du cervelet

La vascularisation du tronc cérébral et du cervelet dépend du système vertébro-basilaire constitué par les deux artères vertébrales et le tronc basilaire. Le tronc basilaire qui naît de la réunion des deux artères vertébrales donne au niveau de sa terminaison les deux artères cérébrales postérieures, et de chaque côté de son tronc principal les trois artères cérébelleuses destinées au cervelet : artères cérébelleuses supérieure, antéro-inférieure et postéro-inférieure (la PICA, pour postero-inferior cerebellar artery).

Les artères perforantes destinées aux structures du tronc cérébral naissent perpendiculairement tout le long du tronc basilaire. Ces artères perforantes, très nombreuses, sont des artères terminales, c'est-à-dire ne reçoivent pas de suppléance.

Le polygone de Willis

On décrit à la base du cerveau un polygone artériel faisant communiquer le territoire artériel carotidien et le système vertébro-basilaire par un ensemble de trois artères communicantes/

Les territoires droit et gauche des artères carotides internes communiquent entre eux grâce à une *artère communicante antérieure* située entre les deux artères cérébrales antérieures. Les territoires carotidiens antérieurs communiquent avec le système vertébro-basilaire par les *artères communicantes postérieures* droite et gauche qui font communiquer la face postérieure de la carotide avec la terminaison du tronc basilaire. Ces artères communicantes ont un diamètre variable d'un côté à l'autre, d'un sujet à l'autre. La perméabilité du polygone de Willis joue son rôle essentiel de suppléance en cas d'accident vasculaire cérébral.

Vascularisation de la moelle

La vascularisation artérielle de la moelle est assurée par une artère spinale antérieure et une artère spinale postérieure. Dans la région cervicale, la vascularisation est assurée par une artère spinale antérieure, des branches des artères cervicales ascendantes, et enfin de quelques branches directement issues des artères vertébrales. Pour la région dorsale, les artères grêles sont formées par des branches artérielles issues des artères radiculaires, branches des artères intercostales qui naissent directement de l'aorte. Au niveau de la région du cône médullaire terminal, l'artère spinale antérieure d'Adamkiewicz est une artère plus importante en diamètre qui naît d'un ou plusieurs rameaux radiculaires situés entre T8 et T12 ; elle a une forme particulière en épingle à cheveux très reconnaissable sur une angiographie médullaire. Ces artères spinales entrent par de nombreuses artérioles au sein de la moelle par les sillons antérieurs, postérieurs et latéraux. Cette vascularisation est segmentaire, et n'assure qu'un faible territoire de recouvrement entre les segments ; ceci rend la vascularisation de la moelle très fragile ou précaire par endroits.

Le drainage veineux de la moelle se fait par des veines radiculaires et par une veine dorsale principale de la moelle.