

MORPHOLOGIE DE LA MOELLE SPINALE ET SES ENVELOPPES (PARTIE 2)

I. Les enveloppes de la moelle épinière (schéma 2)

La moelle épinière est entourée de 3 couches de méninges, comme au niveau du crâne. De l'intérieur vers l'extérieur sont retrouvées : la **pie-mère**, l'**arachnoïde** et la **dure-mère**. Plus la méninge est externe, plus elle est épaisse.

1. La pie mère

La **pie-mère** est la méninge la plus interne. Elle est collée à la surface médullaire, passe dans le sillon médian postérieur et s'étend au niveau des régions céphalo-rachidiennes. Elle est très fine, translucide et adhérente aux tissus de la moelle, ce qui la rend difficile à percevoir.

Dans le cadre d'interventions chirurgicales, elle n'est généralement pas séparée du parenchyme médullaire afin de ne pas risquer une lésion.

2. L'arachnoïde

En dehors de la pie-mère est retrouvée une 2^{ème} couche de méninge : l'**arachnoïde**. Elle est également translucide et un peu plus épaisse, ce qui la rend comparable à la membrane retrouvée sous la coquille de l'œuf. Elle n'est pas adhérente à la surface médullaire mais est plutôt à distance et forme des **trabéculations**.

L'arachnoïde est également difficile à percevoir car elle est aplatie et collapsée contre la pie mère.

3. La dure-mère

La dernière et 3^{ème} couche de méninge est la **dure-mère**. C'est la plus épaisse des méninges. Elle a un aspect blanchâtre et nacré et prend une couleur marron chez les cadavres. Elle a une épaisseur de feuille de papier et n'est pas extensible, ni flexible, contrairement à la pie-mère.

II. Les espaces méningés (schéma 2)

De nombreux espaces se forment entre les différentes couches de méninge.

1. L'espace sous-arachnoïdien

L'**espace sous-arachnoïdien** se trouve entre la pie-mère et l'arachnoïde. Pour l'apercevoir, il faut décoller l'arachnoïde de la pie-mère. Ce phénomène peut par exemple se produire en plongeant le morceau anatomique dans de l'eau.

Cet espace est croisé par les vaisseaux et les racines des nerfs spinaux. Il est rempli de liquide céphalo-rachidien (LCR) et est continu avec l'espace sous-arachnoïdien cérébral. La vascularisation de la moelle épinière ainsi que de l'encéphale va cheminer dans cet espace sous-arachnoïdien pour ensuite pénétrer la pie-mère et enfin le parenchyme.

Application clinique :

Lors d'une hémorragie méningée ou cérébrale suite à une rupture d'anévrisme par exemple, tout le LCR est coloré par la présence du sang. Comme l'espace sous-arachnoïdien spinal et crânien forment un continuum, il est possible de faire une ponction lombaire pour détecter une hémorragie méningée. En effet, une fois le LCR prélevé, il suffit de regarder son aspect et de l'analyser pour confirmer ou non le diagnostic.

2. L'espace sous-dural

Un autre espace est retrouvé entre la dure-mère et l'arachnoïde : **l'espace sous-dural**. Il est virtuel et **n'existe pas chez l'individu en bonne santé**. Il permet à l'arachnoïde de glisser sous la dure-mère.

Lors d'une hémorragie ou d'un traumatisme, cet espace peut s'élargir et collecter du sang, formant des hématomes sous-duraux.

3. L'espace épidural

Contrairement à ce qui est retrouvé au niveau du crâne, la dure-mère au niveau de la moelle épinière n'est pas attachée à l'os. Ils sont séparés par **l'espace épidural**.

NB : L'espace épidural est également appelé espace péri-dural ou espace extra-dural.

À ce niveau se trouve des **veines du plexus péri-médullaire** qui vont drainer vers des veines secondaires. Les veines du plexus péri-médullaire sont anastomosées, réunies et forment la partie initiale du drainage des structures de la moelle épinière. Ces veines péri-médullaires sont également logées dans une **graisse péri-durale**, qui se trouve entre l'os et la dure-mère. L'espace épidural n'est donc pas virtuel.

III. Émergence du nerf rachidien (schémas 2 et 3)

L'arachnoïde et la dure mère s'étendent au niveau de la racine du nerf rachidien. Cependant, la dure-mère va finalement fusionner avec la gaine du nerf rachidien, formant une structure fibreuse.

Au-delà du **foramen de conjugaison**, il reste uniquement cette gaine fibreuse et l'émergence du nerf rachidien. C'est la transition entre le système nerveux périphérique (SNP) et le système nerveux central (SNC).

L'espace libre est traversé par une extension de l'arachnoïde appelée **ligament dentelé**. Il passe au-dessus de l'émergence du nerf rachidien et s'attache à la dure-mère pour former une sorte de triangle. Projeté en 3D, l'émergence des nerfs rachidiens se fait entre les sommets de chaque triangle. Cette formation est ainsi appelée ligament dentelé grâce à son aspect.

NB : Ce n'est pas vraiment un ligament car ce n'est pas une structure fibreuse, c'est seulement une attache formée de disques fins et translucides qui fixent la moelle épinière.

IV. **Application clinique : la ponction lombaire (schéma 4)**

Les **ligaments inter-épineux** et les **ligaments supra-épineux** se trouvent à l'arrière des processus épineux des vertèbres. Tout cela est recouvert par de la peau et de la graisse sous cutanée. Le canal rachidien et les méninges sont situés plus en profondeur, « après » ces ligaments.

Au niveau **L4-L5**, il n'y a plus de moelle épinière mais seulement les éléments de la queue de cheval. De nombreuses racines nerveuses se trouvent également à cet endroit, et se dirigent vers les foramens se trouvant plus bas, comme les foramens sacrés.

Ainsi, comme il n'y a plus de moelle épinière sous la vertèbre L2, c'est à ce niveau que se pratique une ponction lombaire, afin d'éviter toute lésion. Pour prélever le LCR, il est nécessaire de passer entre les 2 processus épineux. Il faut alors perforer la peau, la graisse, le ligament supra-épineux et le ligament infra-épineux. Ensuite, une résistance se ressent lorsque le **ligament jaune** est traversé. Ce ligament se situe à l'arrière de la dure-mère : il s'interpose entre cette méninge et l'arc vertébral. Il est alors nécessaire de perforer cette dure-mère située à la périphérie du canal médullaire, mais aussi l'arachnoïde avant d'atteindre le canal épendymaire, où se trouve le **LCR**.

Tissus perforés lors d'une ponction lombaire du plus superficiel au plus profond :

Peau > Graisse > Ligament supra-épineux > Ligament infra-épineux > Ligament jaune > Dure-mère > Arachnoïde > Canal épendymaire (LCR)

NB (non dit par le Pr. LIMA) : Le canal épendymaire est aussi appelé canal médullaire.

Si le patient n'a pas de pathologie méningée, le LCR est très clair.

Lors de la pratique d'une ponction lombaire, il existe ainsi une succession de sensations allant du niveau le plus superficiel vers le plus profond :

1. Résistance cutanée
2. Chute de la résistance en sous cutanée
3. Perçage des ligaments épineux
4. Résistance lors de la pénétration du canal (causée par le ligament jaune et la dure-mère)

V. **Résumé de la morphologie de la moelle spinale et de ses enveloppes**

1. Structure de la moelle épinière

Le cordon aplati *ou moelle épinière* est étendu de la transition craniale-vertébrale jusqu'en L1-L2. Il est délimité de la manière suivante :

- Son extrémité supérieure correspond à la **1^{ère} racine nerveuse** mais aussi au bord de l'**os occipital** qui se trouve au même niveau.
- Sa limite inférieure est quant à elle variable d'un individu à l'autre mais se situe généralement entre **L1-L2** ou sous le **bord supérieur de L2**.

La croissance différentielle du rachis explique l'ambiguïté des différents nerfs rachidiens. Au final, nous possédons :

8 paires de nerfs **cervicaux**
12 paires de nerfs **thoraciques**
5 paires de nerfs **lombaires**
5 paires de nerfs **sacrés**
1 paire de nerf **coccygien**

L'étui dural s'étend jusqu'en **L2** tandis que le filum terminal est une structure de fixité non linéaire qui s'étend jusqu'au **coccyx**.

2. Micro anatomie de la moelle épinière (schéma 1)

Au niveau de la substance blanche de la moelle épinière, la **fissure médiane antérieure** est retrouvée. Elle est beaucoup plus profonde que le **sillon médian postérieur**.

Les sillons latéraux antérieurs et postérieurs permettent de délimiter un **cordon antérieur**, un **cordon postérieur** et un **cordon latéral**. Ces cordons sont également délimités par les cornes du H médullaire de substance grise.

NB : Les 2 sillons antérieurs sont dits « collatéraux » (tout comme les postérieurs), mais le sillon antérieur/postérieur seul est dit « latéral ».

NB : La corne antérieure est aussi appelée corne ventrale, tout comme la corne postérieure qui est également nommée corne dorsale. En réalité, ce ne sont pas des cornes mais des colonnes qui s'étendent le long de la moelle épinière.

Une particularité est retrouvée au niveau thoracique, notamment avec l'apparition d'une petite corne supplémentaire dite **corne inter-médio-latérale**. Elle contient des neurones autonomes importants pour le système nerveux sympathique et parasympathique. Il y a en a également une petite au niveau du sacrum.

Les **neurones moteurs** se trouvent dans la corne antérieure et sortent par la racine antérieure. À l'inverse, les prolongements des axones des **neurones sensoriels** proviennent de la racine postérieure et arrivent au niveau de la corne postérieure. Par ailleurs, la racine postérieure présente un renflement appelé **ganglion**, qui contient les corps des neurones sensoriels.

Les 2 racines se rejoignent et forment le **nerf rachidien** sortant par le foramen de conjugaison. Ces racines créent 2 branches : une **antérieure plus volumineuse** qui forme de nombreuses ramifications et une **postérieure plus fine**.

3. Vascularisation de la moelle épinière

Un des éléments principal de la vascularisation de la moelle épinière est l'**artère spinale antérieure** qui est extrêmement importante et particulièrement longue. Elle passe le long de la fissure médiane antérieure. L'artère spinale antérieure est alimentée par 2 autres artères spinales : les **artères spinales droite et gauche**.

La moelle épinière est également vascularisée par **2 artères spinales postérieures** qui sont, elles, alimentées par l'**artère vertébrale**.

Tout ce système est anastomosé et alimenté par les **artères radiculo-médullaires**. Ce sont des artères qui sont peu nombreuses par rapport au nombre de segments médullaires. Ce petit nombre est dû au phénomène de **désegmentation** qui à lieu durant la croissance. C'est par ailleurs au niveau des segments thoraciques et lombaires que les artères radiculo-médullaires sont les moins nombreuses.

Le renflement lombaire est fragile et est vascularisé par une artère radiculo-médullaire importante : l'**artère d'Adamkiewicz**, qui est généralement située entre T9 et L2, et plus fréquemment à **gauche**.

4. Les méninges

Les différentes enveloppes de la moelle épinière sont :

- La **pie-mère** : membrane translucide et fine, adhérente au parenchyme
- L'**arachnoïde** : membrane translucide, flexible et plus large que la moelle. Elle donne lieu à un espace sous arachnoïdien dans lequel se trouve du LCR et des vaisseaux qui y cheminent.
- La **dure-mère**

Entre chacune de ces enveloppes se trouvent des espaces virtuels ou non. Par exemple, l'**espace sous-dural** situé entre la dure-mère et l'arachnoïde est virtuel, contrairement à l'**espace épidural** situé entre la dure-mère et l'os qui ne l'est pas.

NB : Lors d'une ponction lombaire, c'est le LCR se trouvant dans l'espace sous-arachnoïdien qui est prélevé.

Rappel : Au-delà de la dure-mère sont retrouvées les veines du plexus médullaire mais également de la graisse périurale.

5. Application : les différentes anesthésies

Une **anesthésie périurale** est une anesthésie dans laquelle le produit est injecté dans l'espace épidural par une grosse aiguille ou un cathéter. Il n'y a ainsi pas de contact avec l'étui dural.

Une **rachianesthésie** est une anesthésie dans laquelle le produit est injecté dans l'espace sous arachnoïdien.

Nous quand on voit que le Pr LIMA modifie le schéma qu'il a fait au début de l'heure :



Nous les étudiants qui étaient de ronéo le lendemain de la répat' :



Vérifions tes connaissances sur notre superbe ronéo, place aux QCMs !!!

QCM 1 : A propos de la moelle épinière et de ses enveloppes.

- A. De la plus interne à la plus externe, les méninges retrouvées sont : la dure-mère, l'arachnoïde et la pie-mère.
- B. L'espace sous-dural est virtuel.
- C. L'espace épidual contient le liquide céphalo-rachidien.
- D. A l'état physiologique, le liquide céphalo-rachidien est coloré.
- E. Au niveau spinal, la dure-mère n'est pas attachée à l'os.

QCM 2 : A propos de la moelle épinière et de ses enveloppes.

- A. Le ligament dentelé se trouve à l'arrière de la dure-mère.
- B. Une ponction lombaire peut être effectuée en L1.
- C. Lors d'une ponction lombaire, une résistance est causée par le ligament jaune.
- D. La gaine du nerf rachidien devient fibreuse après avoir fusionné avec la dure-mère.
- E. Le ligament dentelé est une structure fibreuse.

QCM 3 : A propos de la moelle épinière et de ses enveloppes.

- A. Le LCR circule dans l'espace sous-arachnoïdien
- B. L'arachnoïde est une membrane opaque.
- C. L'étui dural s'étend jusqu'au coccyx.
- D. Lors d'une ponction lombaire, le ligament jaune est perforé après l'arachnoïde.
- E. L'extrémité supérieure de la moelle épinière correspond au bord de l'os occipital.

Correction :

QCM 1 : BE

- A. Faux. De la plus interne à la plus externe sont retrouvées : la pie-mère, l'arachnoïde et la dure-mère.
- B. **Vrai.** Il n'existe pas chez l'individu en bonne santé.
- C. Faux. Le LCR se trouve dans l'espace sous-arachnoïdien.
- D. Faux. A l'état physiologique, le LCR est clair.
- E. **Vrai.** L'espace épidual sépare la dure-mère de l'os.

QCM 2 : ACD

- A. **Vrai.** Le ligament dentelé est une extension de l'arachnoïde qui va venir s'accoler à la dure-mère. Pour rappel, l'arachnoïde est une méninge plus interne que la dure-mère.
- B. Faux. La ponction lombaire s'effectue sous L2 pour ne pas risquer d'endommager la moelle épinière. À cet endroit, seuls des éléments de la queue de cheval sont retrouvés.
- C. **Vrai.** La pénétration du canal lors d'une ponction lombaire est perceptible grâce une résistance liée au ligament jaune et à la dure-mère.
- D. **Vrai.** L'arachnoïde et la dure mère s'étendent au niveau de la racine du nerf rachidien, mais seule la dure-mère va fusionner avec le nerf rachidien, rendant la gaine du nerf fibreuse.
- E. Faux. Le ligament dentelé est formé de disques qui fixent la moelle épinière, mais il n'est pas fibreux. L'appeler « ligament » est ainsi un abus de langage.

QCM 3 : AE

- A. **Vrai.** L'arachnoïde donne lieu à l'espace sous-arachnoïdien dans lequel se trouve le LCR, des vaisseaux qui y cheminent et les racines des nerfs spinaux. C'est un espace continu avec l'espace sous-arachnoïdien cérébral.
- B. Faux. L'arachnoïde est une membrane translucide, flexible et plus large que la moelle.
- C. Faux. L'étui dural s'étend jusqu'en L2 tandis que le filum terminal est une structure qui s'étend jusqu'au coccyx.
- D. Faux. Lors d'une ponction lombaire le ligament jaune est perforé avant la dure-mère, qui elle-même est perforée avant l'arachnoïde.
- E. **Vrai.** L'extrémité supérieure de la moelle épinière est la 1^{ère} racine nerveuse mais aussi le bord de l'os occipital qui se trouve au même niveau.