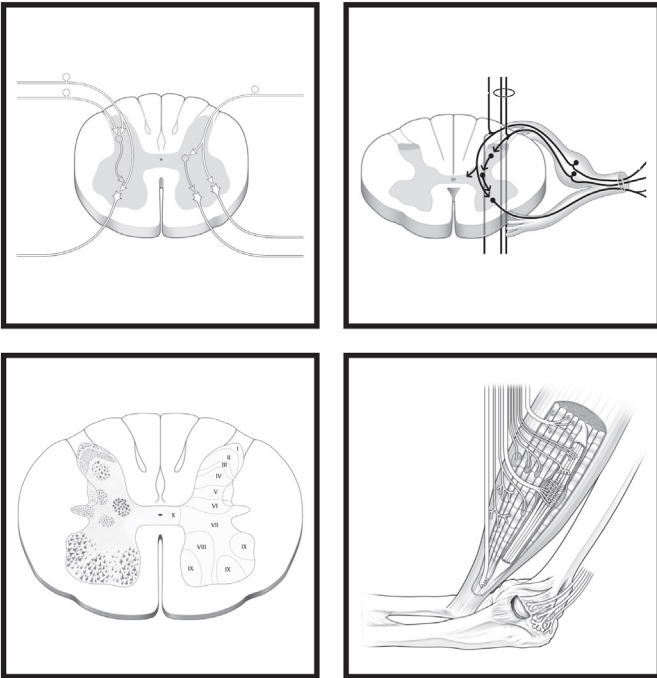


Chapitre 6 Moelle spinale



La substance grise de la moelle spinale se trouve dans sa partie centrale en forme de papillon ou en H, contrairement au cortex cérébral et au cervelet, où la substance grise se trouve à l'extérieur, en surface. La substance grise a une configuration différente à chaque niveau médullaire ; elle présente deux renflements, cervical et lombo-sacral, reflétant l'augmentation des informations afférentes et efférentes des membres. La substance grise thoracique est relativement clairsemée. L'illustration ci-contre est une coupe transversale schématisée de la moelle spinale représentant tous les niveaux cumulés. La substance grise est configurée en une **corne dorsale (postérieure)**, une **corne ventrale (antérieure)** et, dans les régions T1-L2, une **corne latérale**, reflétant la présence de la colonne cellulaire intermedio-latérale des neurones sympathiques préganglionnaires. En général, la corne dorsale effectue le traitement des informations sensitivo-sensorielles et la corne ventrale effectue le traitement des informations motrices.

La substance grise est organisée en groupes neuronaux spécifiques (noyaux), mais de nombreuses régions contiennent des populations de neurones mélangées. La **zone marginale** (lame I de Rexed), la **substance gélatineuse** (lame II de Rexed) et le **noyau propre** (région plus profonde de la corne dorsale) reçoivent des informations sensitivo-sensorielles initiant les voies réflexes, et les voies thermo-algiques (à la fois aiguë et chronique). Le **noyau dorsal (de Clarke)** et d'autres régions reçoivent des informations concernant les circuits spinocérébelleux. La **colonne cellulaire intermedio-latérale** (T1-L2) est le site des neurones sympathiques préganglionnaires, et la **colonne cellulaire intermedio-médiale** (S2-S4) est le site des neurones parasympathiques préganglionnaires. Les cellules de la corne antérieure (**motoneurones inférieurs**) sont disposées en grappes dans cette corne ventrale (antérieure), avec une organisation topographique ; les **motoneurones qui innervent la musculature distale des membres** se trouvent latéralement, ceux **qui innervent la musculature proximale des membres** se trouvent en situation intermédiaire et ceux **qui innervent la musculature du tronc** se trouvent médialement (NdT : les LMN des extenseurs plus ventraux que les LMN des fléchisseurs).

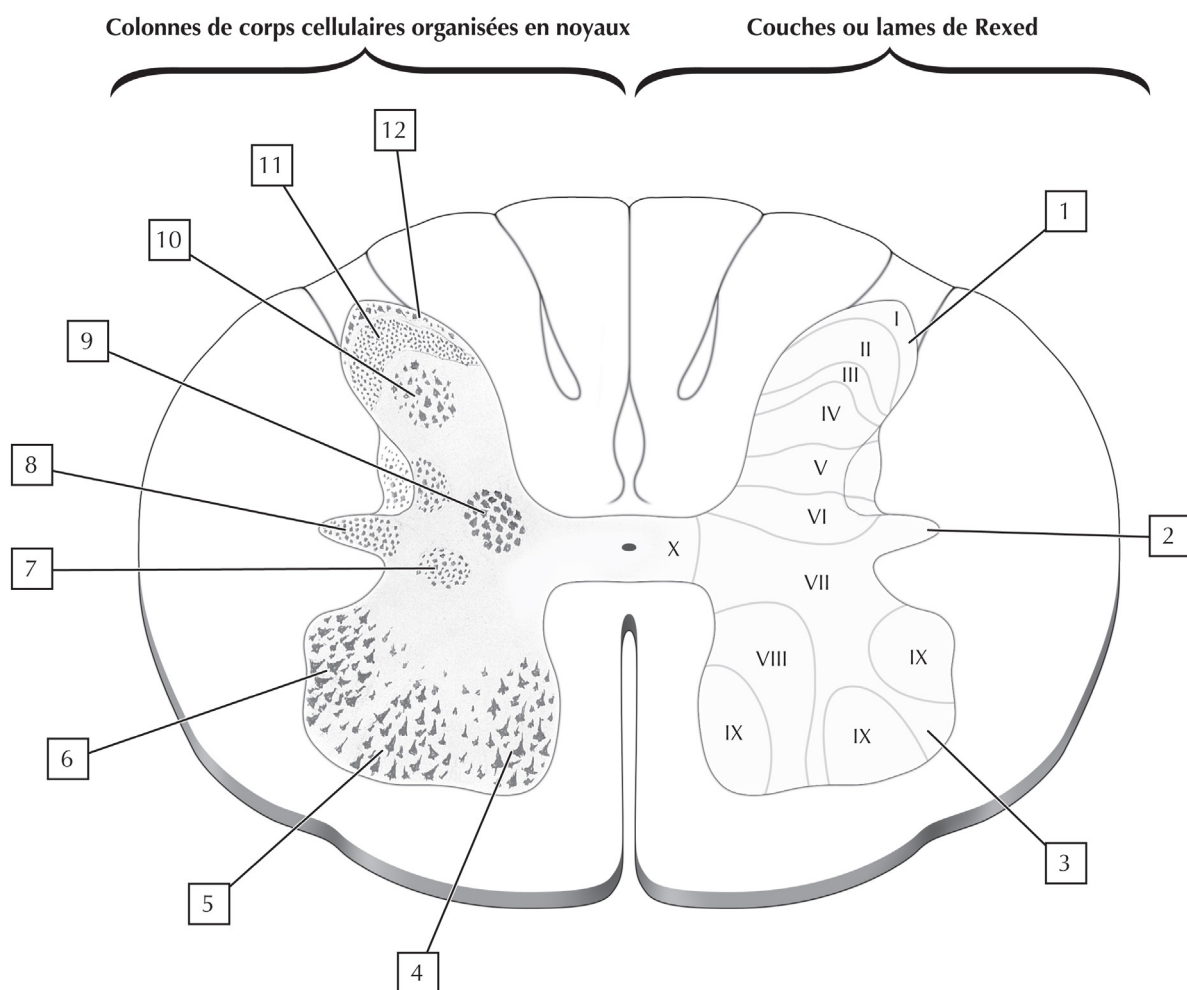
COLORIER les structures suivantes, en utilisant une couleur distincte pour chaque structure.

- ☐ 1. **Corne dorsale (postérieure)**
- ☐ 2. **Corne latérale**
- ☐ 3. **Corne ventrale (antérieure)**
- ☐ 4. **Motoneurones inférieurs innervant la musculature du tronc**
- ☐ 5. **Motoneurones inférieurs innervant la musculature proximale des membres**
- ☐ 6. **Motoneurones inférieurs innervant la musculature distale des membres**
- ☐ 7. **Colonne cellulaire intermedio-médiale**
- ☐ 8. **Colonne cellulaire intermedio-latérale**

- ☐ 9. **Noyau dorsal (de Clarke)**
- ☐ 10. **Noyau propre**
- ☐ 11. **Substance gélatineuse (de Rolando)**
- ☐ 12. **Zone marginale (de Lissauer)**

Note clinique

Dans la substance grise de la moelle spinale, de nombreuses populations fonctionnelles de neurones sont mélangées. Ainsi, les noyaux bien distincts destinés à des fonctions spécifiques sont peu nombreux. Cela a conduit les chercheurs à rechercher d'autres classifications neuronales pour la substance grise de la moelle spinale. Rexed a subdivisé la substance grise en 10 lames. Les lames de la corne dorsale sont fréquemment utilisées pour décrire le traitement des informations nociceptives, et la connaissance des lames et de leur implication fonctionnelle est utile dans le diagnostic neurologique. L'afférence sensitivo-sensorielle primaire pour le traitement « rapide » des informations concernant la douleur et la température (par exemple piqûre d'épingle et détection générale de la température chaude et froide, comme fait lors d'un examen neurologique) se termine dans les lames I et V. Les neurones de ces lames envoient ensuite des axones croisant la ligne médiane dans la commissure blanche antérieure (décussation) pour monter dans la substance blanche ventrolatérale sous la forme du tractus spinothalamique. Ce tractus se termine dans des régions du noyau ventral postérolatéral (VPL) du thalamus, qui se projette vers le cortex sensoriel (SI et SII). L'afférence sensitivo-sensorielle primaire véhiculant une douleur lente, chronique et agonisante se termine dans la substance gélatineuse (lame II et une partie dans la lame III) ; ces neurones envoient une cascade de connexions à travers les autres lames plus profondes de la corne dorsale et vers la lame VII. Ces neurones de la lame VII envoient des connexions contralatérales et ipsilatérales à travers la substance blanche ventrolatérale en tant que système spinoréticulaire. Le système spinoréticulaire et le tractus spinothalamique se déplacent ensemble lorsqu'ils se mobilisent rostralement. Le système spinoréticulaire envoie des connexions dans la formation réticulaire latérale du tronc cérébral, les noyaux para-brachiaux, la substance grise périaqueducule et les régions non spécifiques du thalamus. Cette information nociceptive se termine dans de nombreuses régions du cortex cérébral et présente des interconnexions avec les structures limbiques du cerveau, qui apportent un contexte émotionnel pour la douleur chronique et sévère.



Ces coupes histologiques en C7, T7, L4 et S2 mettent en évidence les principaux éléments composant la substance grise et la substance blanche (tractus, faisceaux) caractéristiques de ces niveaux. Tous les niveaux médullaires contiennent des noyaux dans la corne dorsale de substance grise (par exemple **substance gélatineuse**, **noyau propre**) ou des lames (de Rexed), reflétant l'ensemble du traitement de l'information sensitivo-sensorielle protopathique à tous les niveaux, non seulement les informations à transmission « rapide » sur la douleur et la température, mais aussi les informations sur la douleur lente, chronique et agonisante. Ces neurones envoient des informations protopathiques ascendantes via les **voies spinothalamiques/spinoréticulaires** dans le **cordon antérolatéral de substance blanche**. Les axones porteurs de la sensation épicrotique (toucher fin, discriminant, sensation vibratoire, sens de la position articulaire de la proprioception consciente) pénètrent dans la moelle spinale par la zone d'entrée de la racine dorsale du nerf spinal, gagnent le cordon dorsal ipsilatéral de substance blanche et montent dans la moelle spinale pour se terminer dans les noyaux gracile (bas du corps) et cunéiforme (haut du corps). Chaque niveau médullaire contient, également, des **motoneurones inférieurs (LMN) dans la corne antérieure de substance grise**, dont les axones sortent par les racines ventrales du nerf spinal et se terminent par des plaques motrices sur les fibres musculaires squelettiques. Le grand volume de substance grise associé aux membres entraîne un renflement (hypertrophie) cervical et un renflement lombo-sacral. La **corne latérale de substance grise** se trouve dans les niveaux T1 à L2, en raison de la présence de neurones sympathiques préganglionnaires dans la **colonne cellulaire intermedio-latérale**. Certains niveaux contiennent, au niveau du col de la corne dorsale de substance grise, des amas de neurones (par exemple le **noyau dorsal ou thoracique de Clarke** [C8-L2]) et des cellules bordantes (noyau de l'isthme de Betcherew) qui reçoivent des informations proprioceptives inconscientes, et projettent leurs axones via les tractus spino-cérébelleux de la substance blanche vers le cervelet (les **tractus spino-cérébelleux dorsal et ventral**, respectivement). Les niveaux S2-S4 contiennent des neurones parasympathiques préganglionnaires dans la **colonne cellulaire intermedio-médiale de substance grise**.

Les tractus de substance blanche de la moelle spinale d'importance clinique comprennent les tractus du cordon (colonne) dorsal (**faisceaux gracile et cunéiforme**) ainsi que les tractus antérolatéraux (le **système spinothalamique et spinoréticulaire**) et dorsolatéraux (le **tractus corticospinal latéral** et le tractus rubrospinal).

COLORIER les structures suivantes, en utilisant une couleur distincte pour chaque structure.

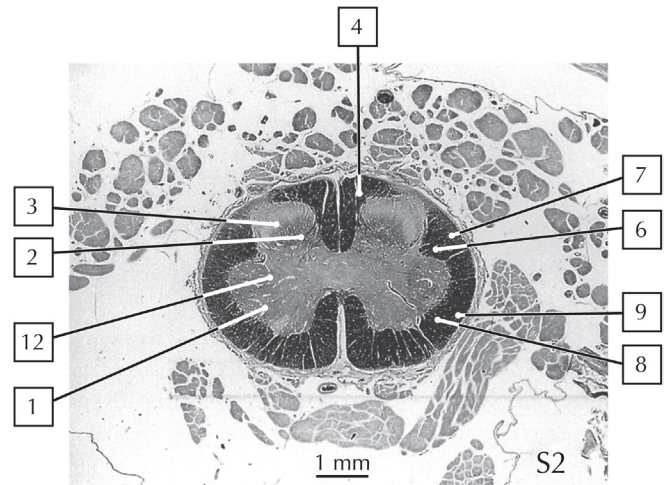
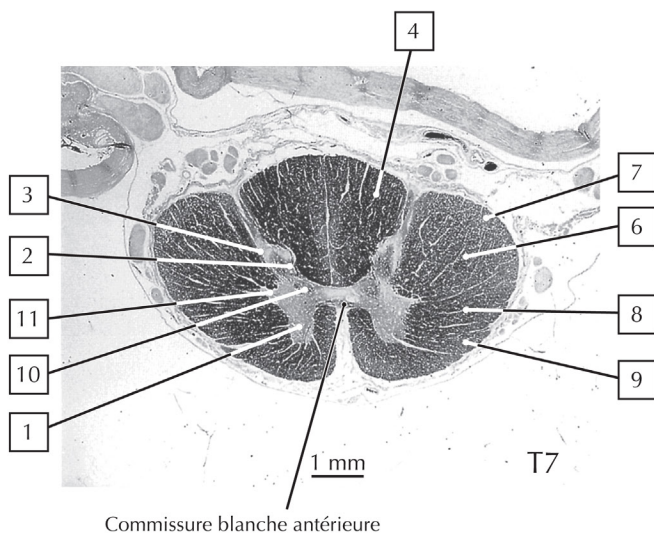
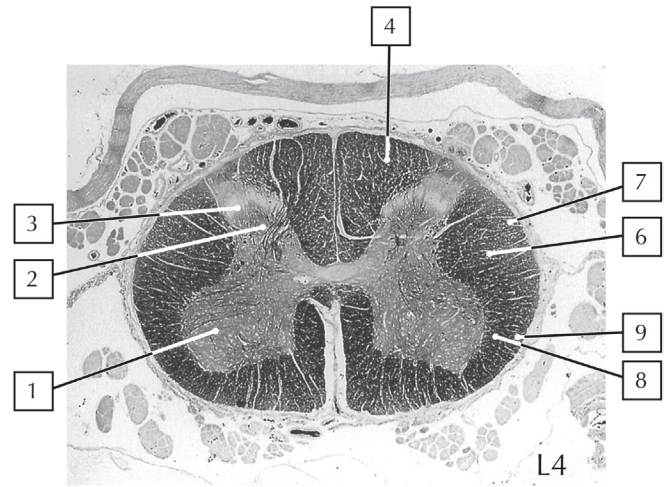
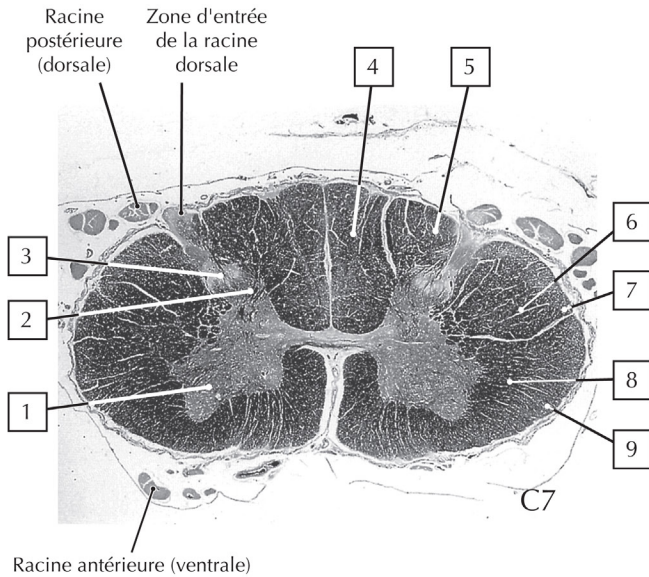
- ☐ 1. **Corne antérieure de substance grise avec les motoneurones inférieurs**
- ☐ 2. **Noyau propre**
- ☐ 3. **Substance gélatineuse**

- ☐ 4. **Faisceau gracile**
- ☐ 5. **Faisceau cunéiforme**
- ☐ 6. **Tractus corticospinal latéral**
- ☐ 7. **Tractus spino-cérébelleux dorsal**
- ☐ 8. **Tractus (système) spinothalamiques/spinoréticulaires**
- ☐ 9. **Tractus spino-cérébelleux ventral**
- ☐ 10. **Noyau dorsal (de Clarke)**
- ☐ 11. **Corne latérale de substance grise avec colonne cellulaire intermedio-latérale**
- ☐ 12. **Noyau parasympathique sacral (colonne cellulaire intermedio-médiale)**

Note clinique

La cytoarchitecture de la moelle spinale (structures de la substance grise [corps cellulaires des neurones]) et la myéloarchitecture (tractus de la substance blanche [axones des neurones]) fournissent une base anatomique pour expliquer les déficits fonctionnels observés avec diverses pathologies et lésions de la moelle spinale. Pour les structures situées dans la substance grise, les LMN sont clairement présents dans la corne ventrale (antérieure). Les lésions des LMN entraînent une paralysie flasque des fibres musculaires squelettiques précédemment innervées, avec une perte du tonus, des mouvements et des réflexes. Les lésions des racines ventrales entraînent également le même tableau clinique pour les fibres musculaires concernées.

Pour les structures de la substance blanche, les lésions qui impliquent le faisceau gracile et/ou cunéiforme entraînent la perte ipsilatérale de la sensation épicrotique (toucher fin, discriminant, sensation vibratoire, sens de la position articulaire) en dessous du niveau de la lésion. En dessous de T6, il n'existe que le faisceau gracile ; à des niveaux supérieurs à T6, les faisceaux gracile et cunéiforme sont tous les deux présents. Les lésions qui impliquent le cordon ventrolatéral de substance blanche atteignent les fibres des voies (système) spinothalamiques/spinoréticulaires croisées, avec une perte controlatérale de la sensibilité thermo-algique en dessous du niveau de la lésion. À long terme, cependant, la douleur chronique parvient à remonter à des niveaux sus-jacents jusqu'à la formation réticulée, à d'autres noyaux du tronc cérébral, aux structures non spécifiques du thalamus et à de nombreuses régions corticales. Les lésions qui impliquent la partie dorsolatérale du cordon latéral de substance blanche entraînent une perte ipsilatérale du contrôle neuronal moteur supérieur des LMN sous le niveau de la lésion. Il en résulte une parésie spastique, avec hypertonie, hyper-réflexie et certains réflexes pathologiques, tels que le clonus et la réponse pathologique en extension du réflexe cutané plantaire (signe de Babinski).



Source : Praxinos G, Mai JK (2004) The Human Nervous System, 2nd ed, Philadelphia: Elsevier; Fig. 7.22.

La moelle spinale peut être lésée par des traumatismes, des lésions vasculaires, des lésions inflammatoires et d'autres affections telles que la myélopathie accompagnant la radiculopathie. Une lésion ou une section complète de la moelle spinale entraîne un syndrome sous-lésionnel caractérisé par, en dessous du niveau de la lésion, une perte totale du traitement des informations sensitivo-sensorielles, une paralysie spastique (atteinte des **tractus corticospinal latéral** et **rubrospinal**) ainsi qu'une dysfonction autonome (par exemple dysfonctionnement de l'intestin, de la vessie et des organes reproducteurs et, s'il est supérieur à T1, un syndrome de Claude Bernard-Horner) ; accompagné d'un syndrome lésionnel par dysfonctionnement des LMN au niveau médullaire de la localisation du traumatisme ou d'une blessure par écrasement qui détruit ces LMN.

Une hémisection de la moelle spinale (**lésion ou syndrome de Brown-Séquard**) entraîne une perte sensitivo-sensorielle épicritique ipsilatérale, une perte de la sensibilité protopathique controlatérale (**tractus spinothalamique/spinoréticulaire**) et une parésie spastique ipsilatérale au-dessous du niveau de la lésion, ainsi qu'un syndrome de Claude Bernard-Horner ipsilatéral si la lésion est supérieure à T1.

Une **lésion des cordons dorsaux (postérieurs) de la substance blanche** entraîne une perte bilatérale de la sensation épicritique au-dessous du niveau de la lésion (syndrome cordonal postérieur).

Le **syndrome de l'artère spinale antérieure** se traduit par une parésie spastique bilatérale au-dessous du niveau de la lésion, une lésion des LMN au niveau de la lésion artérielle, une perte bilatérale de la sensibilité protopathique au niveau et au-dessous du niveau de la lésion, avec préservation de la sensibilité épicritique.

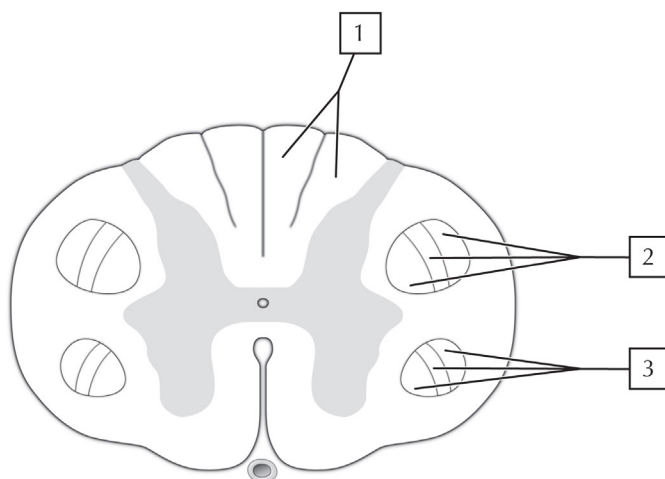
Le **syndrome central de la moelle spinale (syndrome syringomyélique)** se traduit par une paralysie flasque bilatérale aux niveaux médullaires de la lésion, ainsi qu'une parésie spastique bilatérale et une perte bilatérale de la sensibilité protopathique au-dessous du niveau de la lésion, signes volontiers suspendus à quelques métamères, affectant principalement les membres supérieurs (atteinte cervicale). Une certaine perte de sensibilité épicritique peut survenir.

COLORIER les structures suivantes, en utilisant une couleur distincte pour chaque structure.

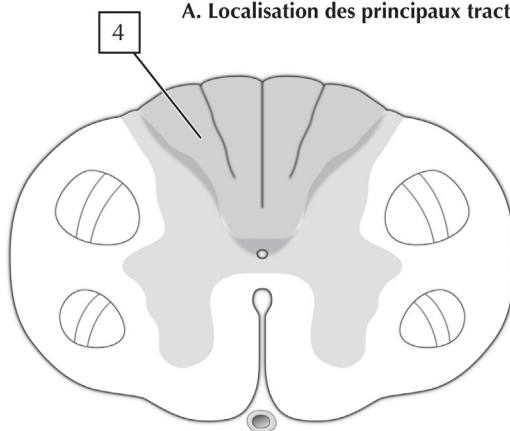
- ☐ 1. **Cordon dorsal (postérieur), des faisceaux gracile et cunéiforme**
- ☐ 2. **Tractus corticospinal latéral**
- ☐ 3. **Système spinothalamique/spinoréticulaire (tractus)**
- ☐ 4. **Syndrome cordonal postérieur**
- ☐ 5. **Syndrome de Brown-Séquard (hémisection latérale de la moelle spinale)**
- ☐ 6. **Syndrome de l'artère spinale antérieure**
- ☐ 7. **Syndrome central de la moelle spinal (syndrome syringomyélique)**

Note clinique

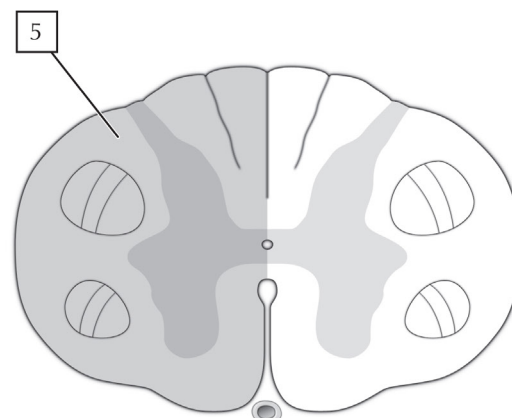
Un syndrome non décrit dans cette illustration est une myélopathie qui affecte le cordon latéral de substance blanche de la moelle spinale en raison d'une maladie inflammatoire ou de la compression par une hernie du noyau pulpeux du disque intervertébral. Une lésion affectant le cordon latéral de substance blanche peut commencer par une ataxie et une maladresse dues à des lésions des voies spinocérébelleuses dorsale et ventrale au bord latéral du cordon latéral. Un conflit plus central affectant le tractus corticospinal latéral et le tractus rubrospinal entraîne une hémiparésie spastique ipsilatérale avec hypertonie, hyper-réflexie et réflexes pathologiques, qui éclipsent les symptômes spinocérébelleux. Si les lésions incluent le système ventrolatéral de substance blanche, la sensibilité protopathique sera diminuée ou perdue du côté controlatéral au-dessous du niveau de la lésion.



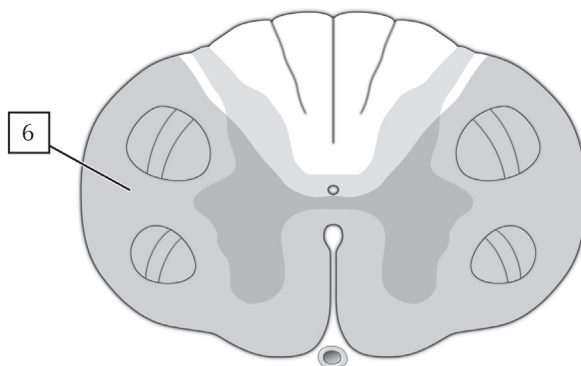
A. Localisation des principaux tracts de substance blanche



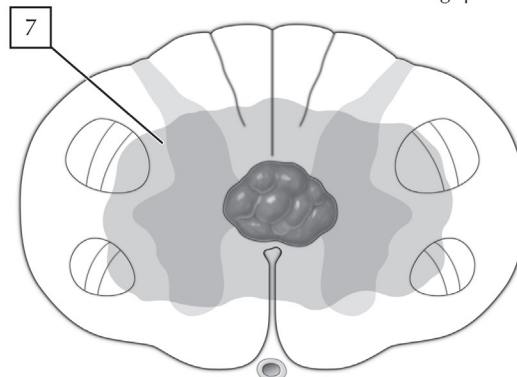
B. Syndrome cordonal postérieur (rare)
Perte (bilatérale) de la sensibilité épicrotique sous le niveau lésionnel, notamment du sens de position de la proprioception consciente



C. Syndrome de Brown-Séquard (hémisection de la moelle spinale)
Paralysie et abolition de la sensibilité épicrotique, notamment du sens de position (proprioception consciente) ipsilatérales à la lésion, perte controlatérale de la sensibilité thermoalgique



D. Syndrome de l'artère spinale antérieure
Paralysie bilatérale et atteinte dissociée des sensibilités (perte de la sensibilité thermoalgique et préservation de la sensibilité épicrotique, surtout du sens de position de la proprioception consciente)



E. Syndrome central de la moelle spinale
Parties de trois tracts principaux atteints des deux côtés (membres supérieurs plus souvent concernés que les inférieurs)