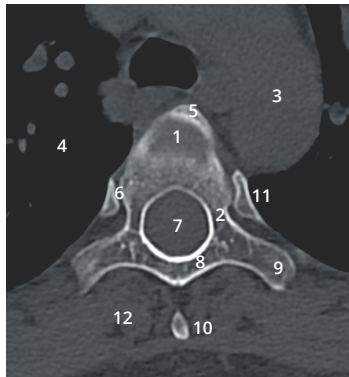


ANATOMIE RADIOLOGIQUE ET NEUROANATOMIE DU RACHIS NORMAL

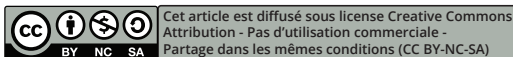
1. Corps vertébral
2. Pédicule
3. Crosse aortique
4. Poumon droit
5. Ligament longitudinal antérieur
6. Articulation costo-vertébrale
7. Canal vertébral
8. Lame
9. Pr. transverse
10. Pr. épineux
11. Tête de côte
12. Erecteur du rachis



LUDOVIC KAMINSKI
BENOÎT LENGELÉ

FIG. 1 - IMAGE CLÉ - Vertèbre thoracique normale sur une coupe axiale au CT-scan (gauche) et son anatomie remarquable. Aspect normal du rachis en IRM pondération T2 sur une reconstruction sagittale médiane (droite). Notez l'absence de pathologie au sein du canal vertébral où la moelle épinière est libre, entourée de liquide céphalo-rachidien. L'alignement et la forme des corps vertébraux sont respectés. Les disques intervertébraux sont normaux avec leur nucleus hydraté et leur annulus non déformé.

UCLouvain



Cet article est diffusé sous licence Creative Commons Attribution - Pas d'utilisation commerciale - Partage dans les mêmes conditions (CC BY-NC-SA)

Hôpital privé
Médipôle
de Savoie

POINTS CLÉS

- 🔑 L'anatomie est à la base de la compréhension de l'ensemble des pathologies rachidiennes.
- 🔑 Bien que chaque vertèbre soit unique, il existe des caractéristiques communes propres à chaque région de la colonne vertébrale.
- 🔑 Certaines de ces caractéristiques vont expliquer une pathologie spécifique (uncodiscarthrose, compression radiculaire lombaire, etc.).
- 🔑 Le système ligamentaire est d'une importance particulièrement capitale en traumatologie.
- 🔑 La moelle épinière présente un centre d'intégration (substance grise) et regroupe les voies conductrices descendantes comme ascendantes (substance blanche).
- 🔑 Sa vascularisation ainsi que la distribution des faisceaux explique la survenue de troubles neurologiques spécifiques (*Central Cord Syndrom, Anterior Cord Syndrom...*).

DÉFINITION

Le but du présent chapitre n'est pas de réaliser une description exhaustive de l'anatomie du rachis mais bien d'en présenter les caractéristiques essentielles du point de vue du clinicien afin de pouvoir juger de la normalité ou non du bilan d'imagerie. Cette lecture doit pouvoir s'effectuer sur la base des trois examens complémentaires aujourd'hui indispensables qui sont la **radiographie**, le **CT-scan** et l'**IRM**.

INTRODUCTION

La colonne vertébrale est une chaîne osseuse s'articulant avec le crâne en proximal et le pelvis en distal. Elle est mobile, résistante et assure la protection de la moelle épinière. Elle présente une longueur de 60 à 70 cm et comporte plusieurs courbures physiologiques. Les zones cervicale et lombaire sont en lordose (à concavité postérieure) tandis que les zones thoracique et sacro-coccygienne sont en cyphose (à convexité postérieure).

Au niveau postérieur, plusieurs processus épineux sont repérables :

▷ **Tableau 1** - Vertèbres identifiables à la palpation.

PROCESSUS ÉPINEUX	REPÈRE
C2	Palpation directe sous l'occiput
C7	Palpation et mobile en rotation cervicale
T1	Palpation et non mobile en rotation cervicale
T3	Au niveau de l'épine de la scapula
T7	Angle inférieur de la scapula
L4	Au niveau des crêtes iliaques



Au sein de la colonne se trouve le canal vertébral, large et triangulaire en cervical et lombaire, étroit et circulaire au niveau thoracique. Il contient la moelle épinière et les racines des nerfs rachidiens entourées par les 3 couches des méninges. La dure mère est séparée de la paroi du canal vertébral par l'espace épidural. Ce dernier va contenir de la graisse, un important plexus veineux, des artères, des lymphatiques et les rameaux méningés des nerfs rachidiens. La dure-mère se termine en S2. La moelle épinière se termine en L1 pour laisser place aux racines de la queue de cheval.

LA VERTÈBRE

A l'exception de l'atlas (C1), toutes les vertèbres sont constituées des éléments suivants (fig. 2 à 6).

1. Corps vertébral
2. Facette inférieure
3. Pr. épineux
4. Facette supérieure
5. Pédicule
6. Pr. transverse
7. Lame
8. Uncus
9. Odontoïde
10. Masse latérale C1
11. Côte
12. Trachée
13. Foramen sacré pelvien

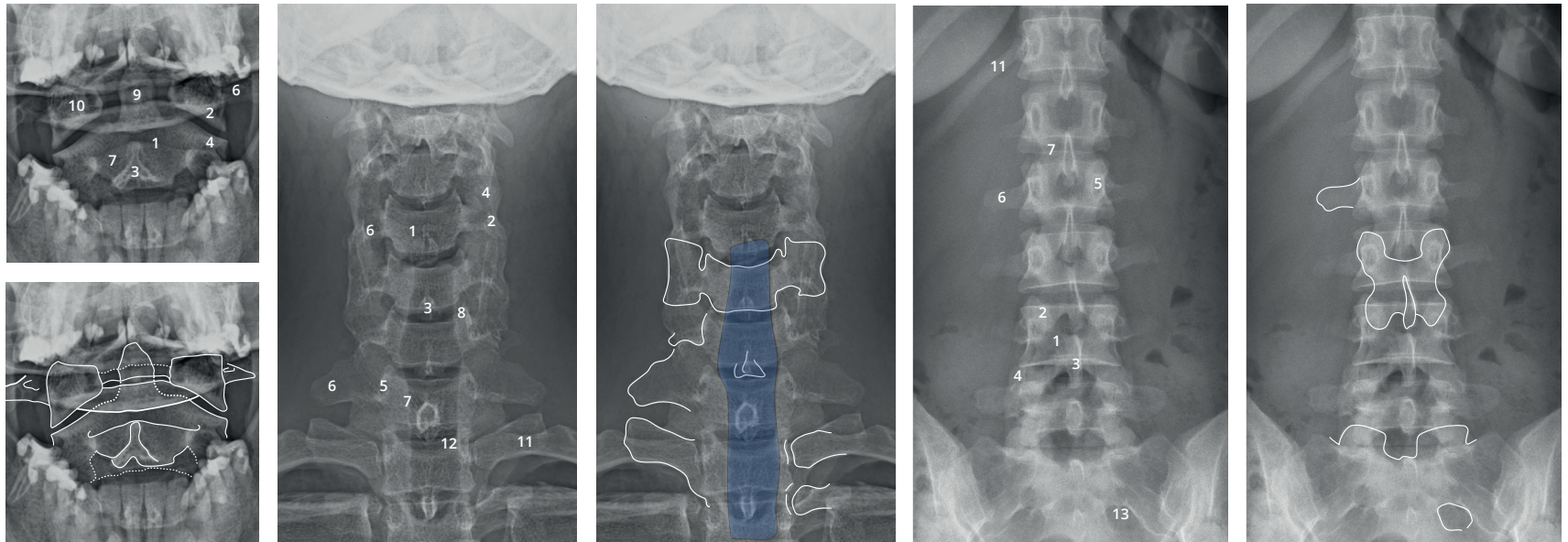


Fig. 2 - Radiographies de face de la colonne. À gauche, face bouche ouverte de C1-C2 ; au centre, face de la colonne cervicale ; à droite, face de la colonne lombaire. Notez l'alignement des masses latérales de C1 et des épaules de C2 (gauche), le contour de la trachée (bleu), d'une vertèbre cervicale (milieu, haut), les aspects différents des processus transverses de C6-C7-T1 (milieu, gauche), les articulations costovertébrales (milieu, droite), le processus transverse de L2 droit, l'arc postérieur de L3, les articulaires supérieures de S1 ainsi que le premier foramen sacré pelvien gauche (image de droite).

CORPS VERTÉBRAL

Épais et résistant, sa largeur augmente progressivement de C2 à L3. A l'état physiologique, il va reprendre environ 70 % des efforts de compression qu'il va transmettre aux disques par ses deux faces légèrement excavées. En cervical, le corps est allongé transversalement et possède, sur sa face supérieure, deux éminences : les uncus qui vont s'articuler avec la vertèbre sus-jacente (art. synoviale). En thoracique, le corps présente latéralement quatre fosses costales (deux par côté), s'articulant chacune avec une moitié de tête costale. En lombaire, il est réniforme à grand axe transversal.

ARC POSTÉRIEUR

Dorsal et peu épais, on le subdivise en :

1. Corps vertébral
2. Facette inférieure
3. Pr. épineux
4. Facette supérieure
5. Pédicule
6. Pr. transverse
7. Lame
8. Promontoire sacré
9. Odontoïde
10. Masse latérale C1
11. Côte
12. Trachée
13. Aile sacrée
14. Ponticulus posticus

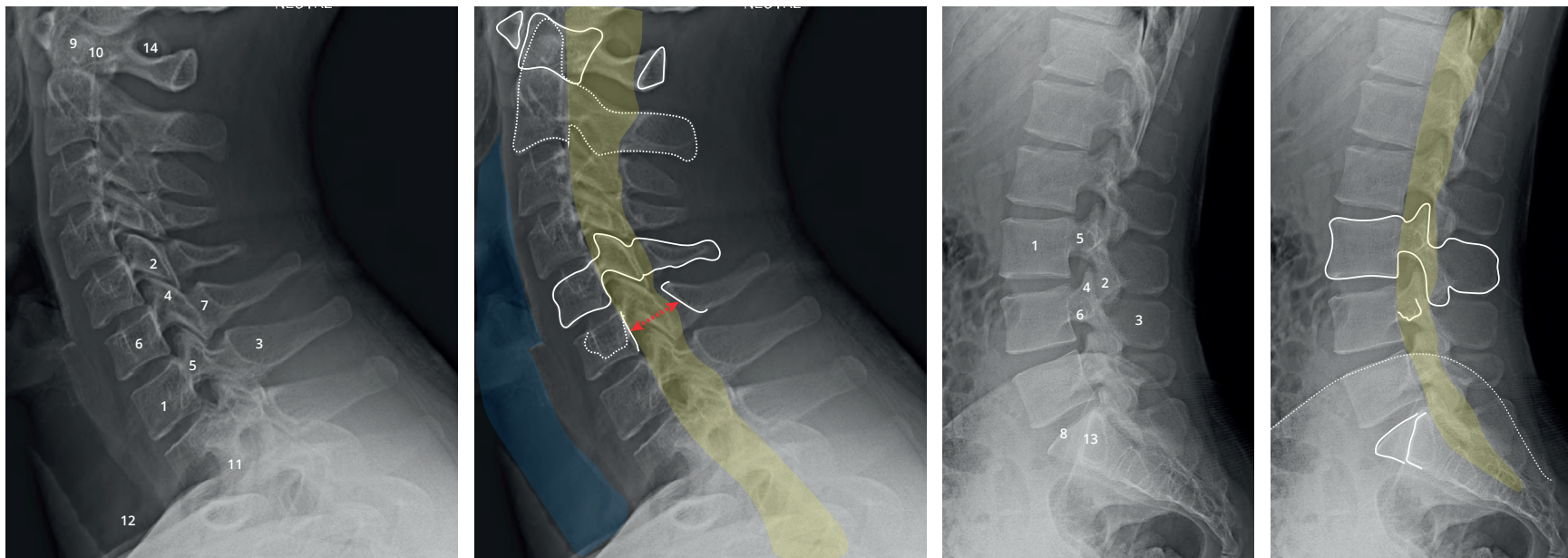


Fig. 3 - Radiographies de profil de la colonne. À gauche, profil du rachis cervical et à droite, lombaire. Notez le canal vertébral (jaune), la trachée (bleu), le contour de C1 et C2, le contour de C5, le processus transverse de C6 et les limites du canal vertébral entre le mur postérieur et la lame (image de gauche, flèche). Sur l'image de droite, notez le contour de L3, le processus transverse de L4, la crête iliaque, le promontoire sacré et l'aile sacrée (distale au promontoire).

► Pédicules

Traits d'union entre le corps et les lames, ils vont présenter une incisure supérieure et une inférieure, plus marquée. Ils limitent le foramen intervertébral en haut et en bas.

► Lames

Éléments pairs, elles ferment en arrière le canal vertébral en s'unissant sur la ligne médiane.

► Processus épineux

Il naît de la réunion des lames et se prolonge horizontalement sauf en thoracique où il s'incline en bas et arrière à 60° environ. Il est court et bifide en cervical sauf en C7 où il est long et non bifide. Il est court et épais en lombaire.

► Processus transverses

Ils naissent de la réunion des pédicules et des lames et se projettent latéralement. En thoracique, ils présentent une fosse costale qui s'articule avec le tubercule costal.

► Processus articulaires (zygapophysiales, articulations synoviales)

On en distingue quatre par vertèbre : deux supérieurs et deux inférieurs. En cervical, les facettes supérieures sont orientés en haut et en arrière à 45° par rapport à l'horizontale (inverse pour les inférieures). Les facettes supérieures thoraciques sont orientées en arrière, haut et latéralement mais se situent surtout dans un plan globalement coronal. Au niveau lombaire, les facettes supérieures forment une gouttière verticale regardant en arrière et médialement. Les facettes inférieures sont orientées de manière inverse.



VERTÈBRES PARTICULIÈRES

ATLAS

Il est constitué par deux masses latérales réunies par deux arcs : un antérieur et un postérieur (fig. 9). Les masses latérales, de grand axe en avant et médial, possèdent une surface articulaire supérieure concave (pour la flexion extension C0-C1) et une inférieure plane (pour la rotation C1-C2). L'arc antérieur présente la fossette odontoïde en arrière et le tubercule antérieur en avant. Les transverses, courtes, laissent un foramen pour l'artère vertébrale qui s'incurve proximale vers l'arrière. L'arc postérieur va présenter le tubercule postérieur en arrière et les sillons des artères vertébrales sur son bord supérieur. Parfois, le sillon est recouvert à sa partie supérieure formant ainsi un tunnel : le ponticulus posticus. Le foramen vertébral est divisé par le **ligament transverse** en un espace antérieur, articulaire, et un espace postérieur, traversé par la moelle épinière.

AXIS

Pivot autour duquel tourne l'atlas, son corps est surmonté du processus odontoïde ou dent. La dent présente deux surfaces articulaires : une en avant pour l'arc antérieur de C1 et une postérieure pour le ligament transverse. Ces articulations sont toutes synoviales. La face inférieure du corps vertébral est fortement inclinée en arrière. Ses facettes supérieures sont situées de part et d'autre de la dent et orientées vers le haut et latéralement. Elles sont légèrement convexes. Les facettes inférieures de C2 sont, en opposition, au niveau de l'arc postérieur par épaissement des lames. Elles sont orientées comme les autres facettes cervicales inférieures.

1. Corps vertébral
2. Facette inférieure
3. Pr. épineux
4. Facette supérieure
5. Pédicule
6. Pr. transverse
7. Lame
8. Neuroforamen
9. Uncus
10. Masse latérale C1
11. Côte
12. Trachée
13. Isthme (pars interarticularis)

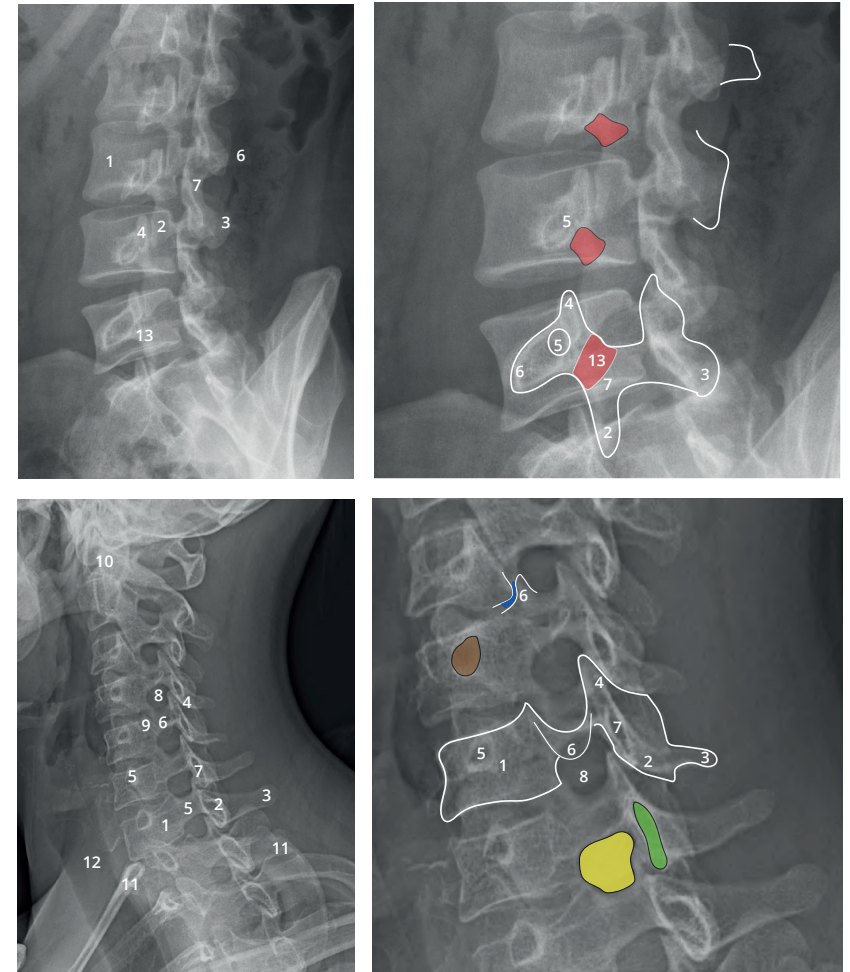


Fig. 4 - Radiographies obliques de la colonne lombaire au-dessus et de la colonne cervicale en-dessous. L'intérêt de ces radiographies est d'obtenir une visualisation correcte des isthmes ou pars interarticularis lombaires (en orange) et des neuroforamens cervicaux (jaune). Notez sur l'image du haut, le contour de l'arc postérieur de L5 en forme de chien dont la tête est formée par l'articulaire supérieure, le pédicule et le processus transverse, le cou formé par l'isthme et la patte avant par l'articulaire inférieure. À la partie supérieure de l'image, on remarque les processus épineux et transverses de L3. Sur l'image du dessous, notez la présence des uncus (bleu), pédicules controlatéraux (brun), lames homolatérales (vert) ainsi que le contour d'une vertèbre cervicale avec son processus transverse.

1. Corps vertébral
2. Facette inférieure
3. Pr. épineux
4. Facette supérieure
5. Pédicule
6. Pr. transverse
7. Lame
8. Odontoïde
9. Trachée
10. Moelle épinière
11. Liquide céphalorachidien
12. Neuroforamen
13. A. vertébrale
14. Uncus
15. Disque intervertébral

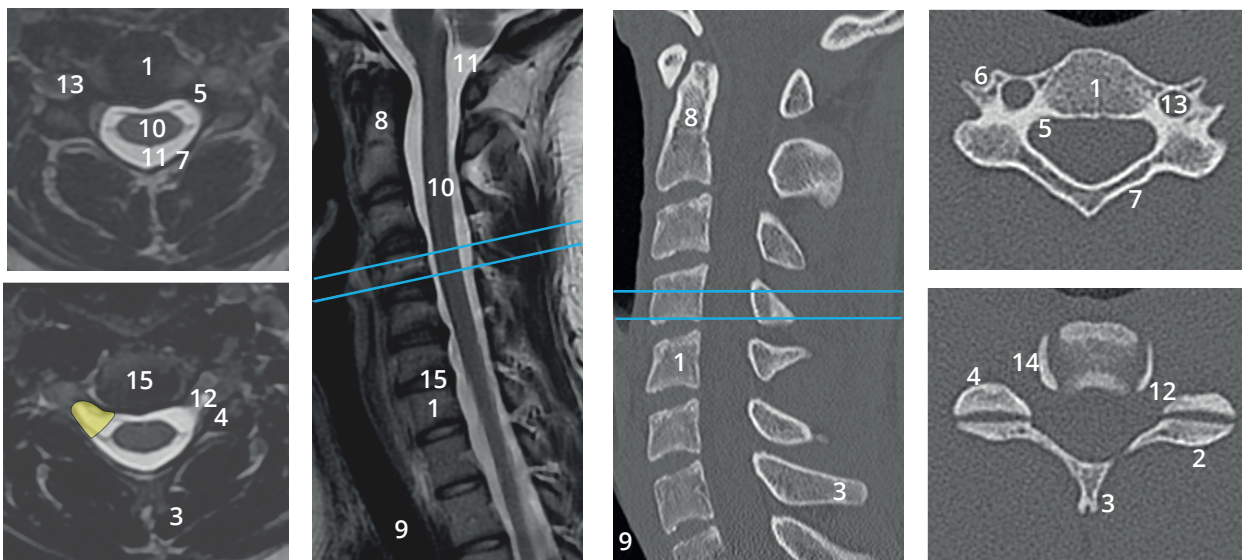


Fig. 5 - Images cervicales en coupes axiales passant par les pédicules (au-dessus) et par les disques (au-dessous). À gauche, IRM en pondération T2. À droite, CT-scan. Les deux images au centre sont des coupes sagittales médianes du rachis cervical en IRM (gauche) et CT-scan (droite). Notez le neuroforamen cervical droit (jaune), son orientation particulière et sa relation avec l'uncus. On peut y distinguer les racines du nerf rachidien.

Ce décalage entre les articulaires supérieures (en avant) et les inférieures (en arrière) explique que certains types de traumatismes puissent toucher, par cisaillement, la zone comprise entre ces facettes (fig. 9). C'est pour cette raison que cette zone porte de nom de **pars** ou d'**isthme** de C2. Le processus épineux est saillant et bifide.

SACRUM

Os médian constitué de la fusion de 5 vertèbres, il est globalement concave en avant. Sa face antérieure présente 4 x 2 foramens sacrés pelviens qui s'orientent vers l'incisure ischiatique. Le muscle piriforme entoure, par son insertion, les 2^e et 3^e foramens. La face dorsale est marquée par la crête sacrale médiane (fusion des pr. épineux), la gouttière sacrale (fusion des lames), la crête sacrale intermédiaire (fusion des pr. articulaires), 4 x 2 foramens sacrés dorsaux et finalement la crête sacrale latérale (fusion des pr. transverses) où se fixent les ligaments sacro-iliaques les plus résistants. Les processus articulaires (deux supérieurs seulement) sont semblables à ceux des lombaires.

DISQUE INTERVERTÉBRAL

Le disque est un fibrocartilage qui s'interpose entre deux corps vertébraux. Sa hauteur est de près de 6 mm en cervical, 4 mm en thoracique et 8-12 mm en lombaire. Ensemble, les disques vont représenter 25 % de la hauteur du rachis. De forme globalement biconvexe, il est composé d'un :

✧ **annulus fibrosus**

Constitué de lamelles fibreuses concentriques dont l'orientation est croisée d'une couche à l'autre.

✧ **nucleus pulposus**

Résidu de la notochorde, il se présente sous forme d'un gel hydraté à 75 %.

Le disque n'est vascularisé et innervé que sur ses couches les plus externes et principalement en postérieur (avec le ligament longitudinal postérieur).

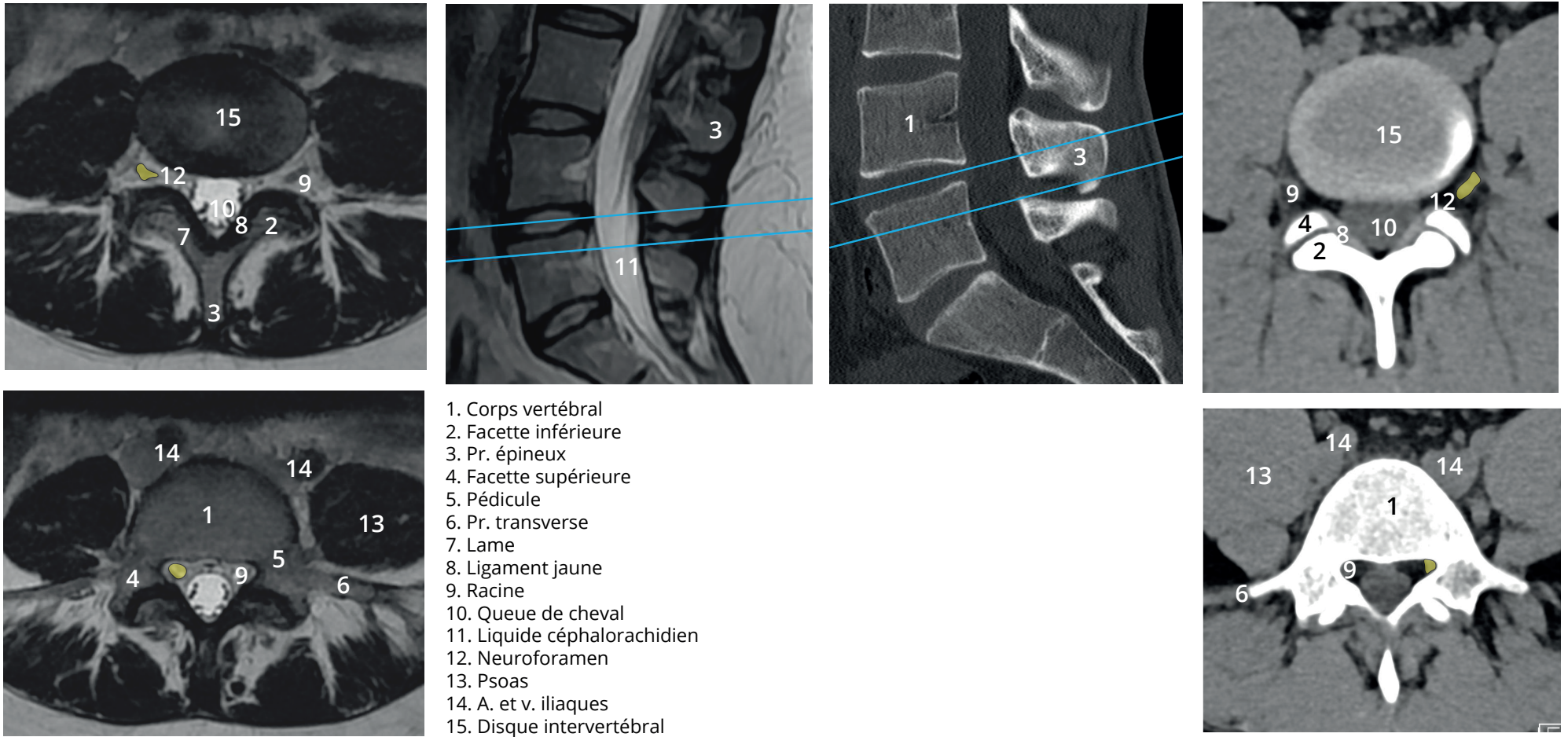


Fig. 6 - Même principe que la figure précédente avec images axiales en IRM et CT-scan passant par le disque L4-L5 (haut) et les pédicules de L5 (bas). On distingue en jaune, la racine L4 sur les images au-dessus et la racine L5 dans le récessus latéral lombaire sur les images en-dessous. À partir de la vertèbre T1, les racines sortent sous le pédicule de même nom. En cervical, les racines sortent au-dessus du pédicule de même nom. Enfin, entre C7 et T1, sort la racine C8.

SYSTÈME LIGAMENTAIRE

Il est globalement le même sur l'ensemble du rachis et se compose d'avant en arrière (fig. 7) du :

- ▶ ligament longitudinal antérieur (C0-S2),
- ▶ disque intervertébral,
- ▶ ligament longitudinal postérieur (prolongement du feuillet postérieur de la membrana tectoria),
- ▶ capsules des zygapophysaires,
- ▶ ligaments jaunes (tendus de la face antérieure d'une lame au bord supérieur de la lame sous-jacente),
- ▶ ligament interépineux,
- ▶ ligament supra-épineux.

Au niveau du rachis cervical supérieur, l'anatomie est légèrement modifiée pour stabiliser l'ensemble C0-C2 de très grande mobilité (fig. 8 et 9).

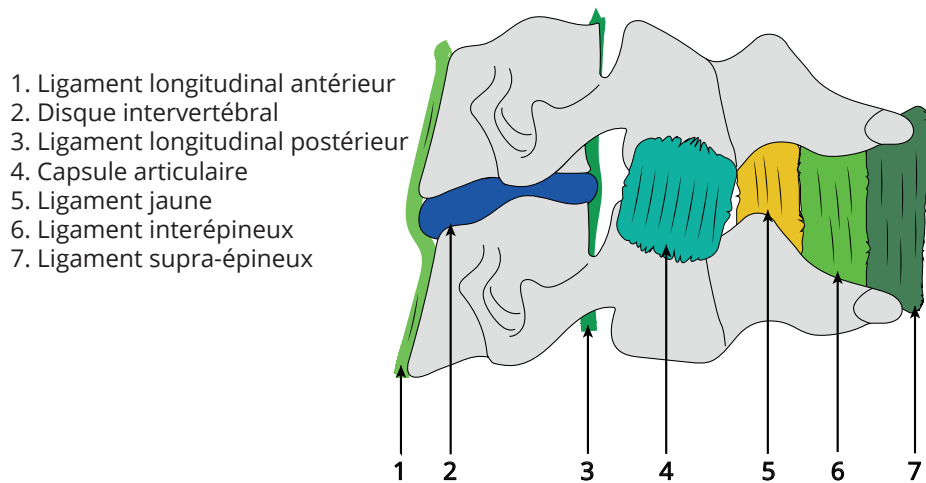


Fig. 7 - Schéma reprenant les éléments du système ligamentaire unissant deux vertèbres. Le principe est vrai de C3 à S1.

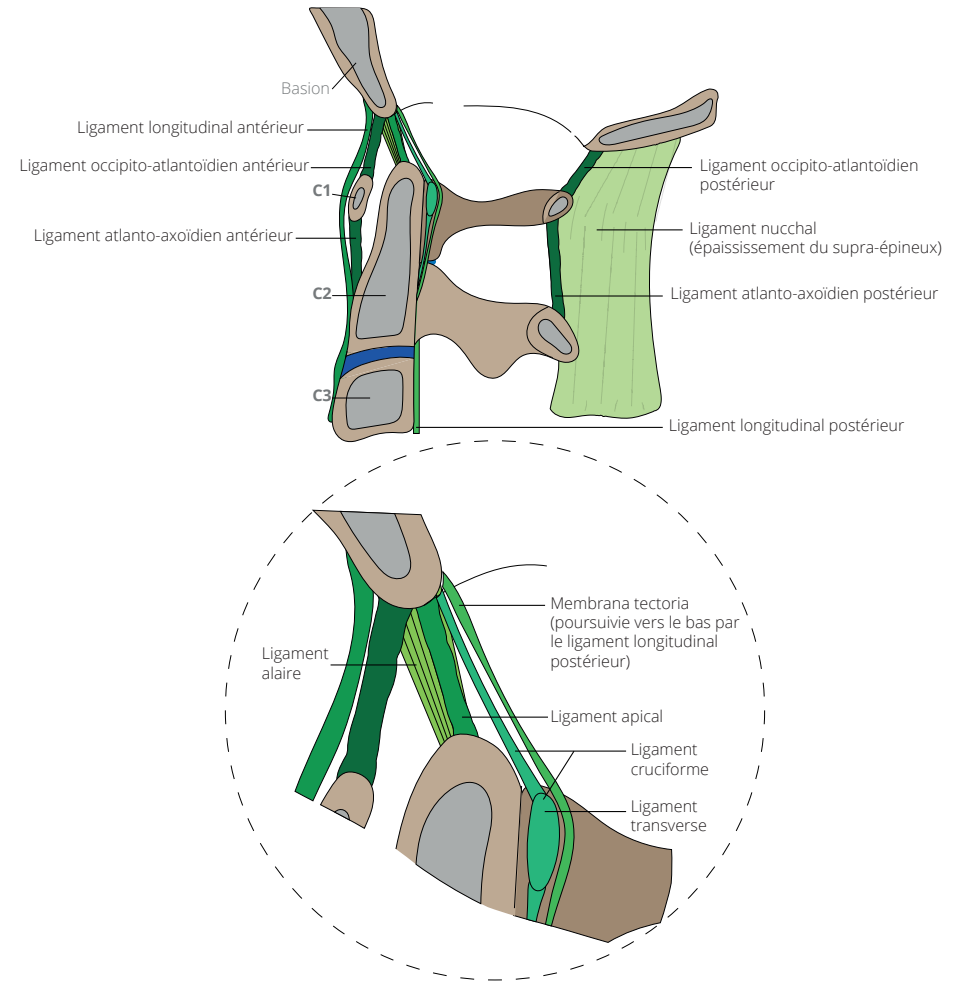


Fig. 8 - Schéma reprenant les éléments du système ligamentaire unissant l'occiput, l'atlas et l'axis. En raison des contraintes mécaniques et des amplitudes de mouvement importantes de cet ensemble, les structures ligamentaires sont spécialisées.



1. Masse latérale C1
2. Odontoïde
3. Arc antérieur C1
4. Arc postérieur C1
5. Foramen et a. vertébrale
6. Pr. transverse
7. Canal vertébral
8. Moelle épinière
9. Ligament transverse
10. Condyle de CO
11. Articulaires supérieure de C2
12. Isthme de C2
13. Articulaires inférieure de C2
14. Pédicule de C3

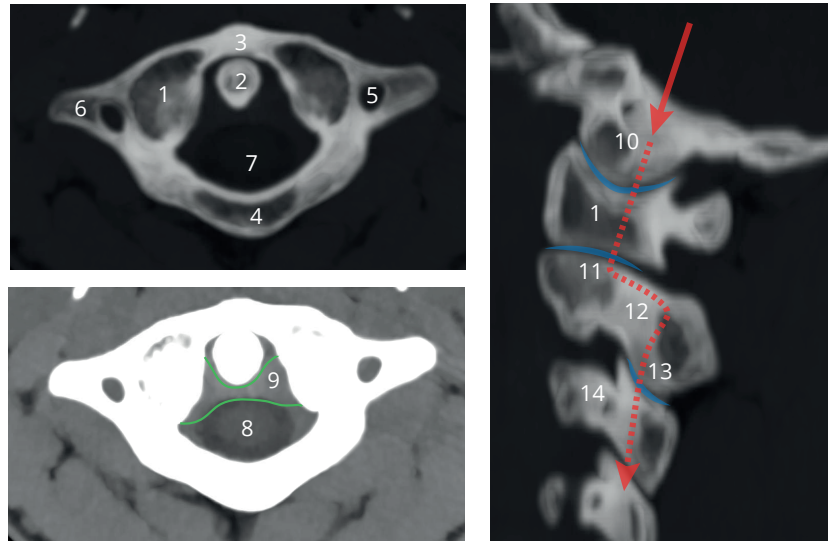


Fig. 9 - Images au CT-scan : au-dessus, coupe passant par C1-C2 en contraste osseux ; en-dessous, même coupe en contraste tissus mous. Notez les contours du ligament transverse (vert). Sur l'image de droite, on visualise le décalage des facettes articulaires entre l'occiput et C3 et ceci définit les isthmes (pars) de C2.

PARTICULARITÉS

LE RÉCESSUS LATÉRAL LOMBAIRE

Avant de sortir du canal vertébral, une racine va s'individualiser et se porter latéralement au niveau du disque sus-jacent au pédicule sous lequel elle effectue sa sortie. Elle va passer ensuite dans une gouttière osseuse, ouverte en médial et portant le nom de récessus (fig. 10). Ce dernier est limité latéralement par le pédicule, en avant par le disque puis le corps vertébral et en arrière par la face antérieure de l'articulaire supérieure de cette même vertèbre. Le récessus peut être plus ou moins prononcé (il existe un continuum

à partir d'un canal triangulaire jusqu'à un canal dit « en trèfle »). À cause des phénomènes dégénératifs affectant le disque ou la forme de l'articulaire supérieure, ces derniers peuvent s'élargir et venir comprimer une racine dans le récessus.

LE FORAMEN INTERVERTÉBRAL OU NEUROFORAMEN

Il est limité supérieurement et inférieurement par les pédicules.

Les limites antérieure et postérieure des foramens présentent deux étages : un supérieur, fixe et un inférieur, mobile. L'étage supérieur est bordé par la partie latérale du corps vertébral en avant et par l'isthme en arrière (pars interarticularis). L'étage inférieur est limité par le disque en avant et la zygapophysaire recouverte de sa capsule en arrière. L'étage supérieur est souvent plus

large ce qui donne une image de poire inversée dans le plan sagittal. La partie mobile se referme partiellement dans les mouvements d'extension ou d'inclinaison homolatérale (fig. 10).

La situation du neuroforamen est identique en cervical à cela près que l'orientation est différente (le nerf rachidien sort en effet en direction latérale et antérieure (fig. 5). De plus, la paroi est constituée en antérieur par l'uncus. Cette articulation peut donc en s'usant et en s'épaississant, jouer un rôle dans une sténose foraminale.

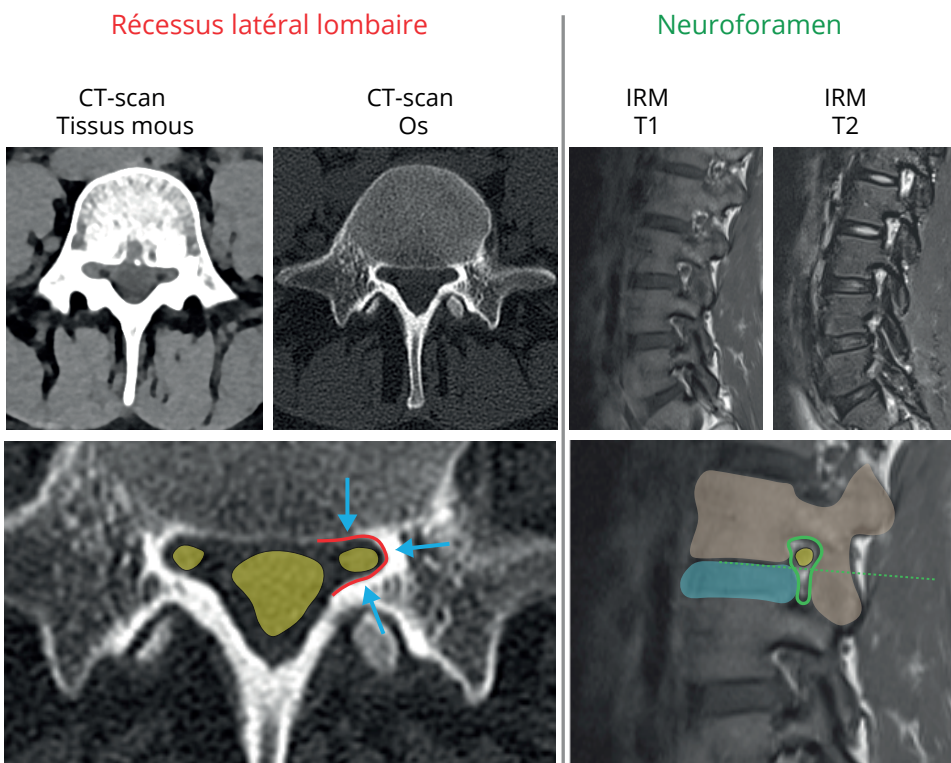


Fig. 10 - Explications en images au CT-scan et IRM du récessus latéral lombaire et du foramen intervertébral ou neuroforamen. Ce dernier est divisé en deux étages : supérieur, fixe et inférieur, mobile.

MUSCLES DU RACHIS

De manière simplifiée, on retiendra sur le versant postérieur, une organisation en plusieurs plans :

- ▶ superficiel : mm trapèze, grand dorsal, élévateur de la scapula, petit et grand rhomboïdes,
- ▶ intermédiaire : mm dentelés postéro-supérieur et postéro-inférieur uni entre eux par une aponévrose,
- ▶ profond : mm splénus, érecteur du rachis, transversaire épineux,

interépineux et intertransversaire. Le muscle érecteur du rachis est lui-même composé de latéral à médial des muscles iliocostal, longissimus et multifidus.

MOELLE ÉPINIÈRE

Cordon long de 45 cm environ pour 1 cm de diamètre, elle fait suite au tronc cérébral et se termine en L1. Elle possède une organisation métamérique et deux renflements correspondant aux plexus des membres supérieurs et inférieurs. Elle donne naissance aux nerfs rachidiens (31 x 2) avec, en cervical, 8 paires (chaque nerf rachidien cervical sort au-dessus du pédicule de même numéro), puis 12 paires thoraciques, 5 lombaires, 5 sacrées et 1 coccygienne (tous ces nerfs rachidiens sortent au-dessous du pédicule de même numéro). Chaque nerf rachidien est issu de la fusion des racines émergeant de la moelle : une antérieure, motrice et une postérieure, sensitive. La fusion de ces deux racines donne un nerf rachidien mixte qui se sépare à son tour en une branche antérieure, principale et une branche postérieure (fig. 11).

Elle possède une substance grise (intégration par des corps cellulaires) et une substance blanche qui contient différents faisceaux de conduction. Ces derniers peuvent être simplifiés (fig. 11) en faisceaux descendants, moteurs, et faisceaux ascendants, sensitifs :

- ▶ voie corticospinale ou **pyramidale**. Elle contrôle la motricité volontaire et comporte 2 neurones (cortical et alpha). La majeure partie (90 %) est croisée (décussation au niveau des pyramides et se retrouve dans le cordon latéral de la moelle. Le faisceau direct va se retrouver dans le cordon antérieur puis croiser au niveau métamérique du motoneurone alpha,
- ▶ voie **extra pyramidale**. Elle est constituée de différents faisceaux qui vont accompagner les faisceaux pyramidaux direct et croisé. Elle est responsable du contrôle des mouvements souvent involontaires et holocinétiques (groupes musculaires),



- ▶ voie **lemniscale**. C'est la voie de la sensibilité tactile, proprioceptive et vibratoire. Elle est constituée de 3 neurones. Elle chemine dans les cordons postérieurs de la moelle et va réaliser sa décussation au niveau du tronc cérébral pour se projeter sur le thalamus puis sur le cortex,
- ▶ voie **spinothalamique**. C'est la voie de la sensibilité thermoalgésique. Elle réalise sa décussation au niveau métamérique en croisant à proximité du canal épendymaire (atteinte possible dans les syringomyélies). Elle chemine ensuite dans le cordon latéral et controlatéral de la moelle,
- ▶ voie **spino-cérébelleuse**. Elle est inconsciente et va participer à l'ajustement du tonus musculaire en transmettant des informations proprioceptives au cervelet. Elle chemine dans le cordon latéral homolatéral de la moelle (controlatéral pour le membre supérieur).

VASCULARISATION DU RACHIS ET DE LA MOELLE ÉPINIÈRE.

Le rachis est vascularisé essentiellement par des artères segmentaires venant de l'aorte (fig. 13 et 14). Plus haut, elles naissent des branches ascendantes de la subclavière et notamment de l'artère vertébrale qui chemine à travers les processus transverses de C6 à C1 pour former, par réunion médiane, l'artère basilaire.

La moelle est inégalement vascularisée par les artères segmentaires (car de nombreuses artères ont dégénéré avec la croissance) ce qui explique que la vascularisation de la zone thoracique soit plus pauvre (fig. 12). Sur

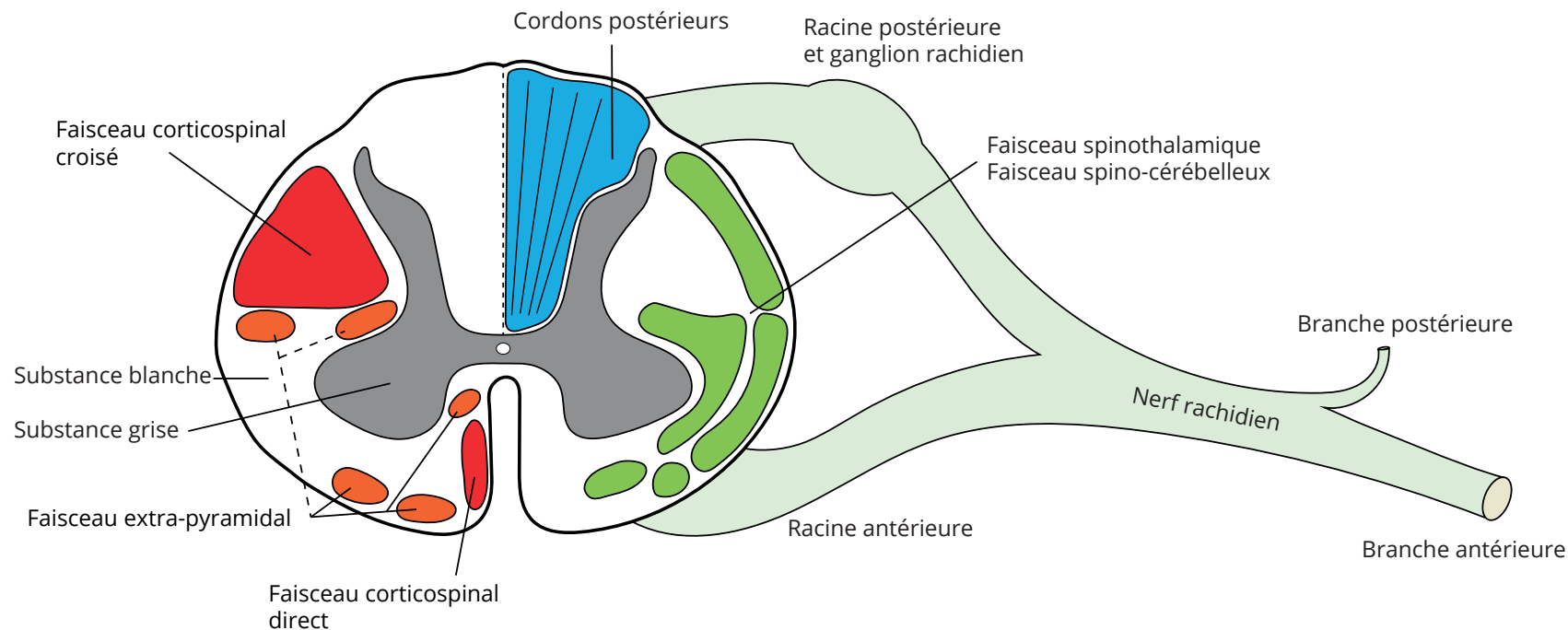


Fig. 11 - Schéma représentant une coupe de la moelle épinière. La substance grise est un centre d'intégration tandis que la substance blanche contient les faisceaux de conduction. À gauche, on observe les voies descendantes et à droite, les voies ascendantes. Notez leur localisation au sein du cordon.

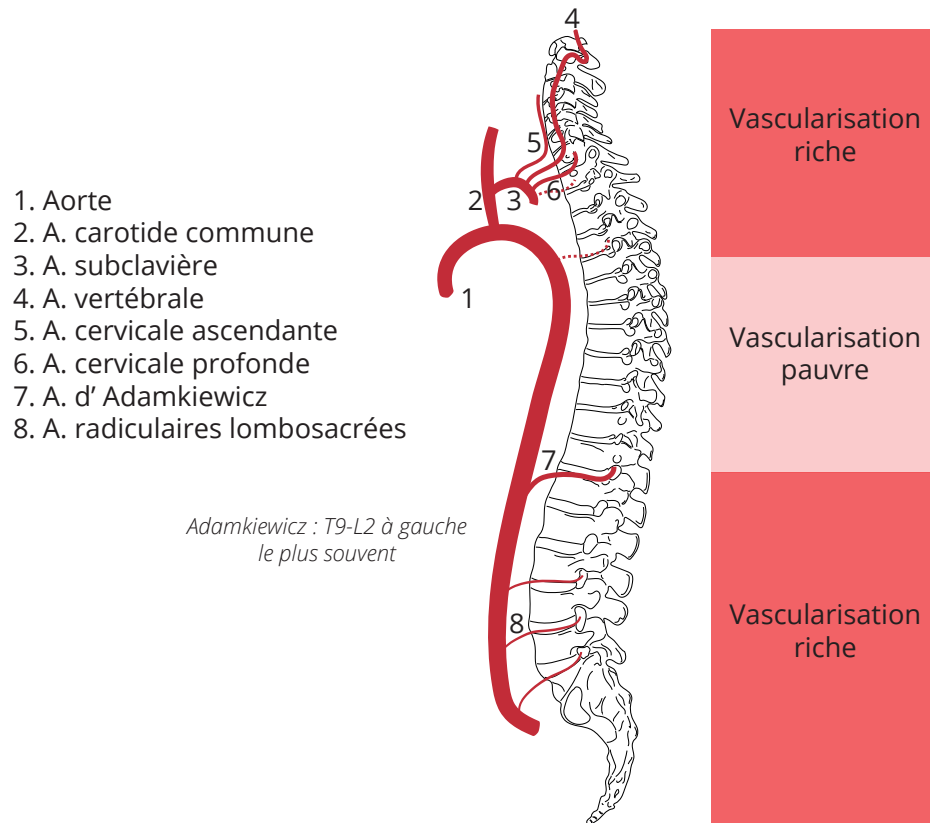


Fig. 12 - La vascularisation du rachis et de la moelle se fait à partir des artères segmentaires. Ces dernières sont peu nombreuses et ceci est particulièrement vrai pour le rachis thoracique.

sa superficie, on note la présence de 3 artères : une spinale antérieure (a. principale) et deux spinales postérieures à la contribution plus faible (30 %). En distal, l'artère d'Adamkiewicz est une artère segmentaire majeure mais inconsistante qui naît le plus souvent à gauche entre T9 et L2.

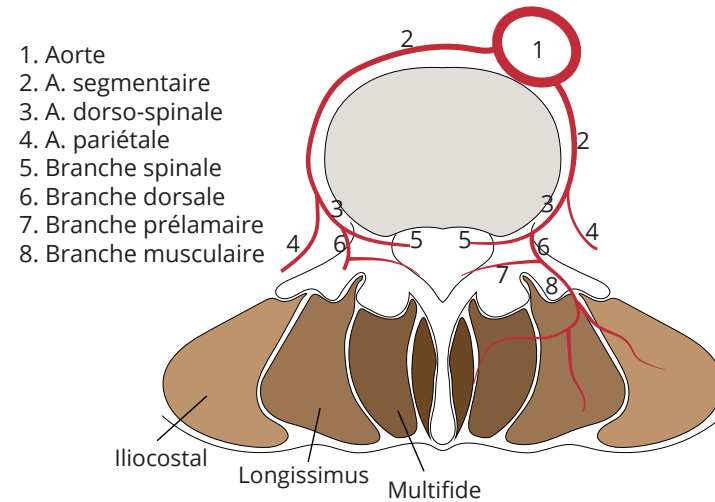


Fig. 13 - Distribution typique des artères segmentaires. La branche spinale gagne le canal vertébral par le neuroforamen et va alimenter les artères de la moelle épinière.

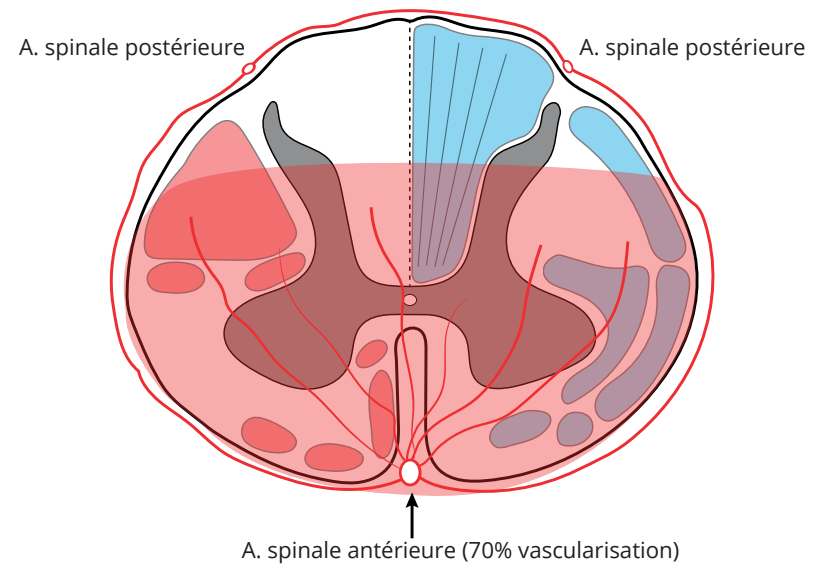


Fig. 14 - Vascularisation terminale de la moelle épinière. Notez l'importance de l'artère spinale antérieure (qui donne les artères centrales) relativement aux deux artères spinales postérieures.



INNERVATION DU RACHIS

Le rachis possède une innervation propre (fig. 15). Cette dernière dépend de deux nerfs :

- ▶ **nerf sinuvertébral.** Il naît de l'union d'une branche du nerf rachidien et d'une branche du ganglion sympathique pour suivre un trajet récurrent en rentrant dans le neuroforamen. Son territoire est la majeure partie du canal vertébral, ainsi que les structures antérieures. Il se distribue essentiellement vers le haut sur une hauteur de deux segments environ,
- ▶ **branche dorsale du nerf rachidien.** Elle se divise en trois branches dont une médiale pour les facettes tandis que les deux autres sont sensitivo-motrices. Son territoire est la partie postérieure du rachis, le fascia et la peau. Elle se distribue vers le bas et parfois à une distance assez importante (douleurs dans les fesses au départ d'une branche postérieure de L4 p. ex.). Cela explique des douleurs projetées distalement à l'exception notable du nerf d'Arnold (branche postérieure de C2) qui remonte au niveau de l'occiput jusqu'au vertex.

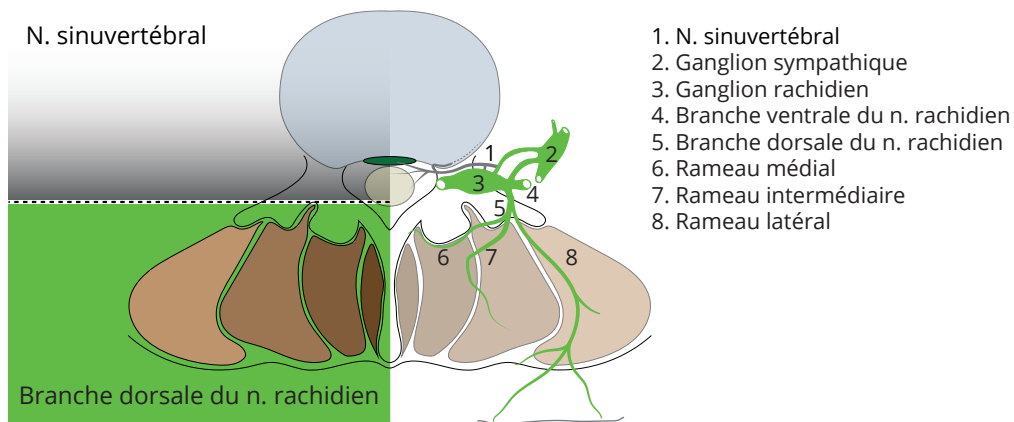


Fig. 15 - Innervation propre du rachis. Le nerf sinuvertébral ne possède pas de contingent moteur mais il est sensitif et possède des fibres sympathiques. La branche postérieure du nerf rachidien est mixte, motrice pour l'érecteur du rachis et sensitive pour l'arc postérieur, les **facettes articulaires**, le fascia et la peau.

CONCLUSION/RÉSUMÉ

Une bonne connaissance de l'anatomie rachidienne est indispensable pour tout chirurgien orthopédiste. Elle est à la base de la compréhension tant des plaintes du patient que des différentes pathologies pouvant toucher la colonne. Les éléments développés dans le présent chapitre sont loin d'être exhaustifs mais doivent atteindre l'objectif de donner au lecteur une vision raisonnablement simplifiée de l'anatomie du rachis normal. Nous le verrons dans les autres chapitres, cette dernière se trouve le plus souvent modifiée de manière spécifique par diverses pathologies. Une plus grande autonomie dans la lecture des examens complémentaires (radiographies, CT-scan et IRM) sera le fruit de cet apprentissage.

RÉFÉRENCES

1. M. Voll, A. Gilroy, K. Wesker, C. Behets, et B. Lengelé, « **Anatomie: Cours Et Exercices** ». Maloine, 2015.
2. B. Sassack et J. D. Carrier, « **Anatomy, Back, Lumbar Spine** », in StatPearls, Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2021.
3. S. Rahman et J. M Das, « **Anatomy, Head and Neck, Cervical Spine** », in StatPearls, Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2021.
4. X. Demondion, G. Lefebvre, O. Fisch, L. Vandenbussche, J. Cepparo, et V. Balbi, « **Radiographic anatomy of the intervertebral cervical and lumbar foramina (vessels and variants)** », Diagn Interv Imaging, vol. 93, no 9, p. 690 697, sept. 2012.
5. N. Bogduk, W. Tynan, et A. S. Wilson, « **The nerve supply to the human lumbar intervertebral discs** », J Anat, vol. 132, no Pt 1, p. 39 56, janv. 1981.