

Les structures de la colonne

ANATOMIE FONCTIONNELLE

Comprendre ce qui porte, guide, répartit et limite le mouvement.

Vertèbres et articulations : une mobilité répartie

Les corps vertébraux portent une partie des charges. Les arcs vertébraux entourent le canal rachidien et offrent des points d'attache aux muscles et aux ligaments. À l'arrière, les articulations entre les processus articulaires, appelées **facettes articulaires**, guident et limitent les mouvements. Leur orientation varie selon la région : les différentes parties de la colonne n'ont donc pas les mêmes possibilités.

Une rotation globale résulte de petits mouvements répartis entre plusieurs segments. Le thorax, les lombaires et le bassin y contribuent dans des proportions variables [1]. Une amplitude visible importante ne permet pas de savoir, sans mesure, quel étage a bougé le plus.

Disques : déformation et transmission des charges

Entre la plupart des corps vertébraux, les disques associent un anneau fibreux et un noyau central plus hydraté. Ils transmettent les charges et se déforment avec les mouvements. Ce sont des tissus vivants, pas des coussins rigides. La flexion, l'inclinaison et la rotation modifient les contraintes ; cela ne signifie pas qu'un mouvement ordinaire provoque automatiquement une lésion [10].

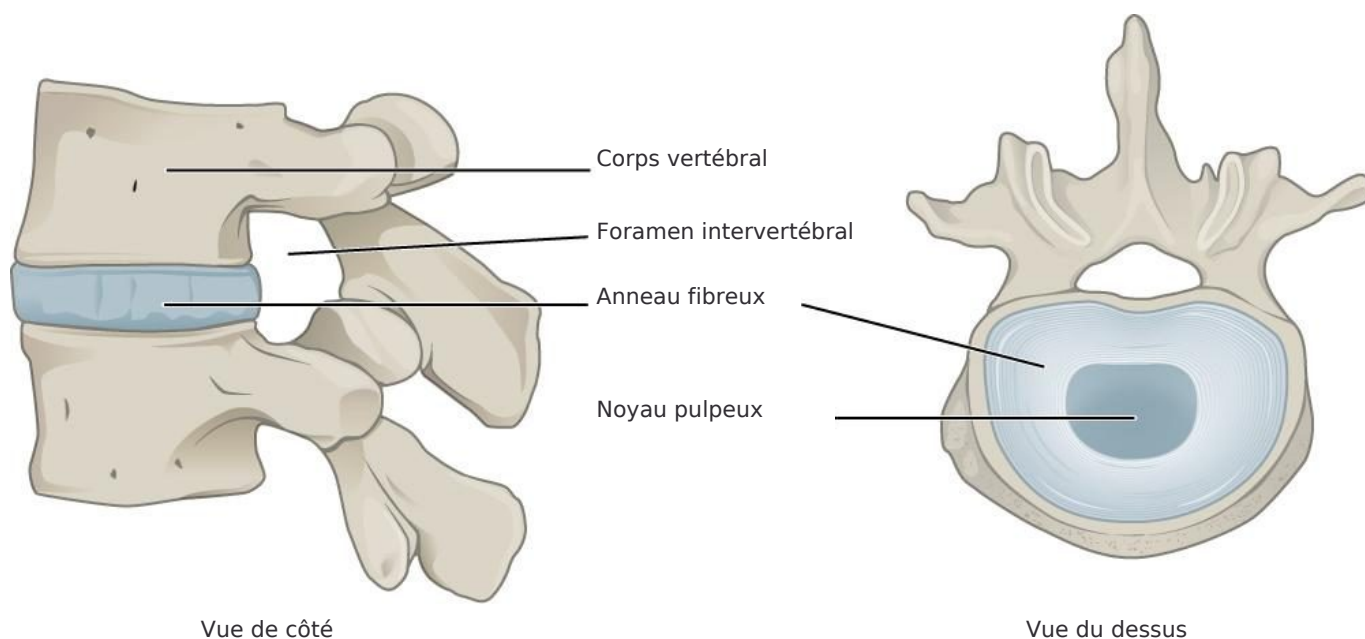
Ligaments et capsules : contenir, pas produire

Les ligaments relient les os ; les capsules entourent les articulations. Ils contribuent à contenir le mouvement, particulièrement lorsque la tension augmente en fin d'amplitude. Ils ne se contractent pas pour ramener le tronc. Le travail de souplesse vise une amplitude utilisable ; il ne cherche pas à « détendre les ligaments » ou à gagner une laxité maximale.

Conséquence pédagogique — Augmenter la portée des mains en tirant plus fort ne renseigne ni sur le muscle étiré ni sur la qualité de la répartition. Observer le thorax, le bassin et le retour apporte davantage d'information.

Vertèbres et disque : voir les structures

PLANCHE ANATOMIQUE • VUE DE CÔTÉ ET VUE DU DESSUS



À lire sur la planche

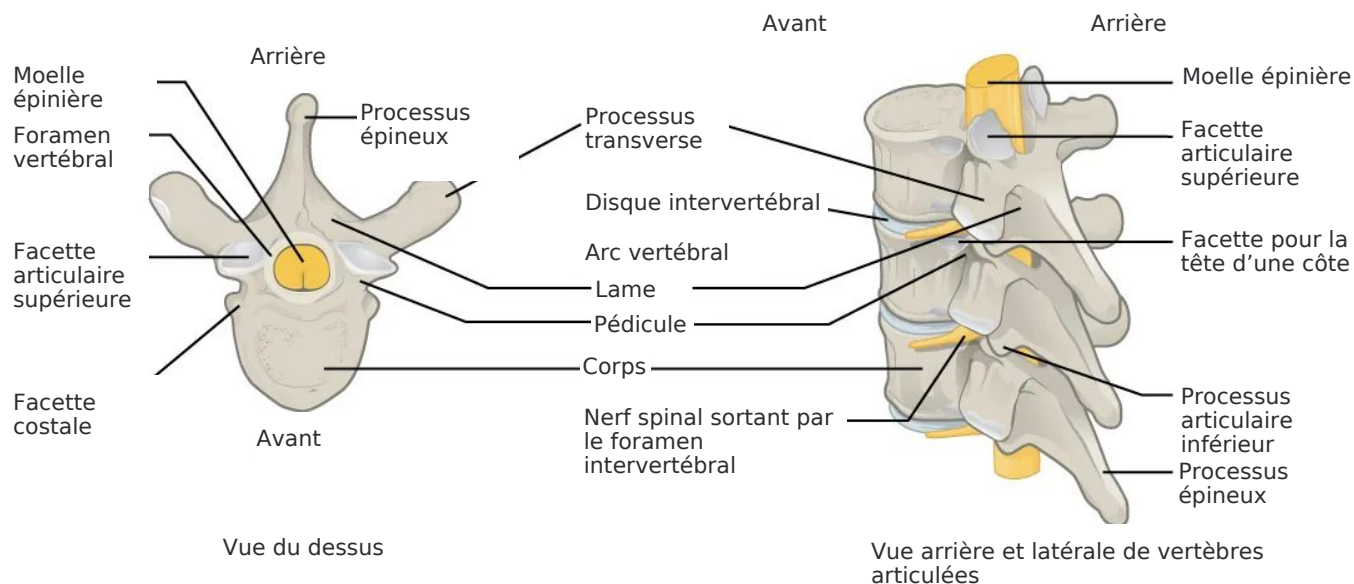
L'anneau fibreux entoure le noyau pulpeux. Le disque se déforme et transmet les charges. Le foramen intervertébral est un passage latéral pour un nerf spinal ; ce n'est pas le canal central.

Une rotation du corps résulte de mouvements répartis : l'image ne représente pas une vertèbre qui tourne seule ni une limite universelle d'amplitude.

Illustration : OpenStax / OpenStax College, Wikimedia Commons, CC BY 3.0. Légendes françaises adaptées ; anatomie de la source conservée.

Lire une vertèbre et ses articulations

ANATOMIE FONCTIONNELLE • Porter, protéger et offrir des attaches



Le corps vertébral est la partie située en avant. Avec les disques et les autres structures, il participe à la transmission des charges. **L'arc vertébral**, constitué notamment des pédicules et des lames, forme la partie osseuse arrière autour du passage central. Les processus épineux et transverses offrent des attaches aux muscles et aux ligaments [A].

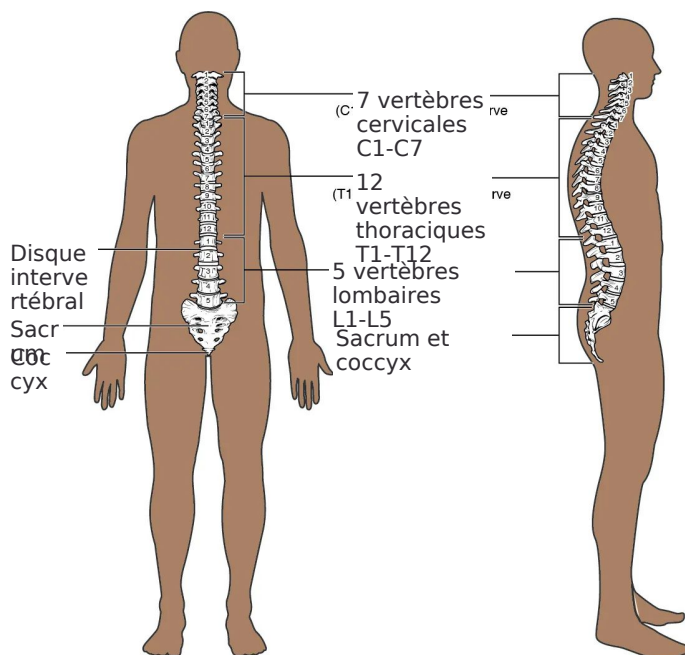
Deux passages à distinguer. Le foramen vertébral est l'ouverture centrale d'une vertèbre : les ouvertures superposées constituent le canal rachidien. Le foramen intervertébral est une ouverture latérale entre deux vertèbres, par laquelle sort un nerf spinal. Dans le bas du canal lombaire se trouvent surtout des racines nerveuses, et non la moelle sur toute sa longueur.

Lire la planche. Ici, des vertèbres thoraciques : les facettes costales accueillent les côtes. Elles sont différentes des facettes articulaires qui relient deux vertèbres. Les repères osseux aident à comprendre la mécanique ; les toucher ne permet pas de mesurer un mouvement intervertébral.

Illustration : OpenStax, Anatomy and Physiology 2e, fig. 7.23 [A], CC BY 4.0. Légendes traduites ; tracé anatomique conservé.

Les facettes guident une mobilité répartie

ANATOMIE FONCTIONNELLE • Une région n'est pas interchangeable avec une autre



Cervicales

Participent à l'orientation de la tête. Tourner surtout la tête ne démontre pas une bonne rotation du thorax.

Thoraciques

Se coordonnent avec les côtes. La cage thoracique participe aux possibilités et aux résistances du mouvement.

Lombaires

Autorisation importante de flexion, extension et inclinaison ; rotation axiale plus limitée, variable selon le niveau [B].

Une articulation de chaque côté. Les facettes articulaires mettent en contact les processus articulaires de deux vertèbres voisines. Ce sont des articulations synoviales : leurs surfaces glissent l'une par rapport à l'autre, avec une capsule autour. Elles orientent et contiennent le mouvement, tout en participant à la transmission des contraintes [B,C].

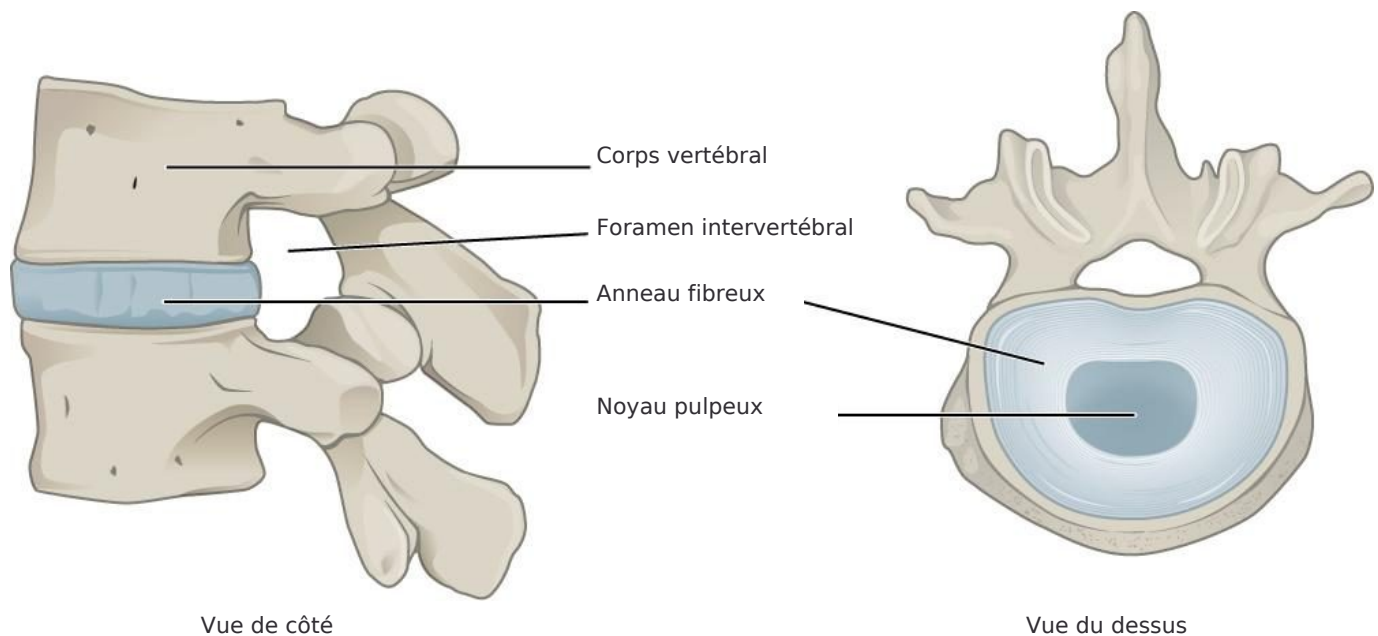
La rotation lombaire n'est pas nulle. Sa faible amplitude par segment ne justifie ni de l'interdire systématiquement ni de tirer plus fort pour l'augmenter. Une rotation du corps peut associer plusieurs étages de la colonne, les hanches et le pivot des pieds.

Conséquence pédagogique. Comparer la direction du sternum, du bassin et des pieds. Cette observation décrit une stratégie globale ; elle ne permet pas de dire quel disque ou quelle facette a bougé le plus.

Illustration : OpenStax, fig. 7.20 [A], CC BY 4.0 ; légendes adaptées. Fonctions régionales : [B]. Répartition des contraintes : [C].

Le disque : un tissu qui se déforme

ANATOMIE FONCTIONNELLE • Répartir les charges sans être un coussin rigide



L'anneau fibreux est organisé en couches de fibres, avec des orientations alternées. Il contribue à contenir le noyau et à résister aux tensions et aux déformations. **Le noyau pulpeux**, riche en eau, participe à la réponse du disque à la compression. Les plateaux cartilagineux séparent le disque des corps vertébraux et participent aux échanges avec les tissus voisins [D].

Terme	Ce qu'il décrit
Compression	Charge qui rapproche les structures ; le disque répond par une déformation et des tensions internes.
Tension / cisaillement	Mise en traction de tissus / tendance de parties voisines à se déplacer l'une par rapport à l'autre.
Pression / déformation	Pression : force par surface. Déformation : changement de forme ou de dimensions. Ce ne sont pas deux mesures équivalentes.

Un système vivant. Les contraintes dépendent de la charge, des appuis, de l'action musculaire et de l'état du tissu. Un changement de forme pendant un mouvement n'est pas, à lui seul, une déchirure. Une sensation d'étirement du dos ne permet pas d'identifier la pression dans un disque.

Illustration : OpenStax College, Wikimedia Commons, « 716 Intervertebral Disk », CC BY 3.0 ; légendes traduites.
Structure du disque : [D].

Inclinaison et torsion : deux contraintes

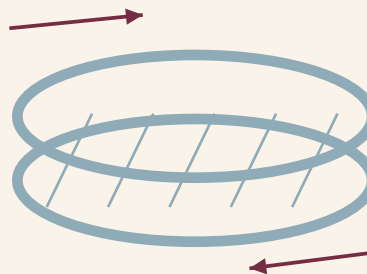
LECTURE MÉCANIQUE • Déformation asymétrique, traction et cisaillement

Inclinaison latérale



Un côté se rapproche ;
l'autre s'écarte.

Torsion axiale



Orientation relative différente ;
cisaillement et tension des fibres.

Schémas mécaniques simplifiés : deux surfaces et un tissu entre elles. Aucun déplacement du noyau, champ de pression ou seuil de lésion n'est calculé.

En inclinaison, l'espace entre les corps vertébraux se modifie de façon asymétrique. Le côté vers lequel le segment s'incline tend à se fermer, l'autre à s'ouvrir. Dans le disque, cela produit une combinaison de déformations : il ne s'agit pas seulement d'« écraser un côté et étirer l'autre ». Les tissus et les articulations postérieures se partagent les contraintes [E].

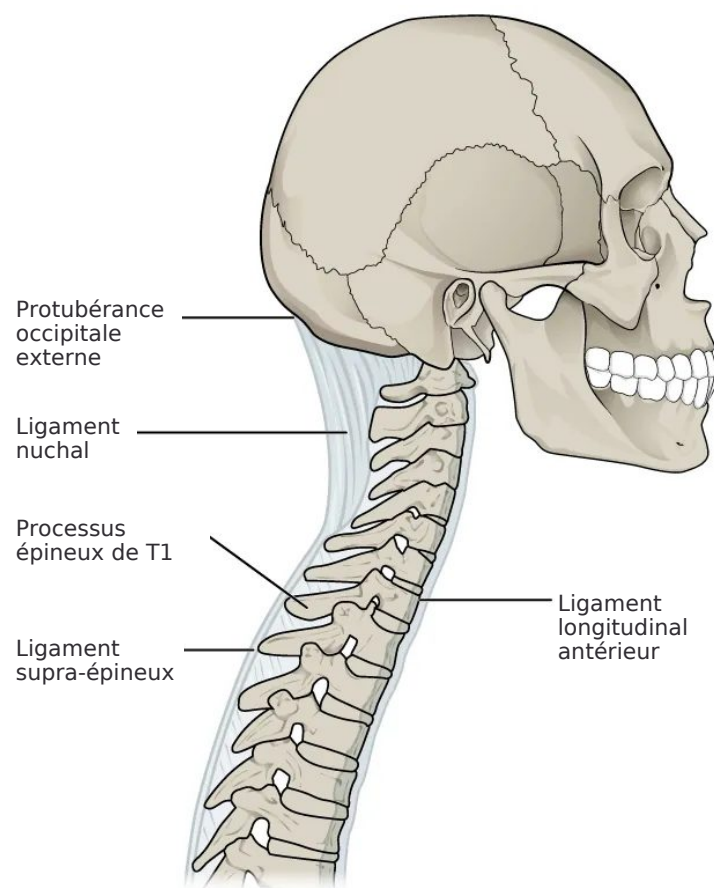
En torsion, deux vertèbres changent d'orientation l'une par rapport à l'autre. L'anneau reçoit des tensions et du cisaillement ; les facettes contribuent à résister au mouvement. La torsion ne presse pas uniformément le disque comme une éponge, et n'agit pas uniquement sur son noyau [C,F].

Les mouvements peuvent se coupler. Une rotation du tronc s'accompagne parfois d'une inclinaison et d'une flexion ou extension locales. La direction et la quantité de ce couplage varient avec le niveau, la posture et la charge : éviter une règle unique du type « tourner impose toujours de pencher du même côté » [G].

Schémas conceptuels du support. Données biomécaniques : [C,E,F,G]. Ils expliquent des types de contraintes, pas leur intensité chez un élève.

Ligaments et capsules : contenir le geste

ANATOMIE FONCTIONNELLE • Soutien passif et contrôle musculaire



Longitudinal antérieur

À l'avant des corps vertébraux ; participe à limiter l'extension.

Longitudinal postérieur

À l'arrière des corps vertébraux, dans le canal ; contribue au soutien et à la limitation de la flexion.

Ligaments jaunes

Relient les lames voisines ; riches en fibres élastiques.

Interépineux et supra-épineux

Entre les processus épineux / le long de leurs sommets ; participent notamment à contenir la flexion.

Ce qui est montré. La planche illustre le ligament longitudinal antérieur, le supra-épineux et sa continuité cervicale avec le ligament nuchal. Le longitudinal postérieur, les ligaments jaunes et les interépineux ne sont pas visibles dans cette vue : ils sont décrits à côté pour éviter de les confondre [A,H].

Les capsules entourent les articulations à facettes. Avec les ligaments, elles apportent une résistance passive dépendante de la position. « Passif » ne signifie pas inutile : ces tissus participent à la stabilité, mais ne produisent pas une contraction volontaire pour ramener le tronc [H].

En souplesse. On recherche une amplitude que l'élève peut créer, contrôler et quitter. Une fin d'amplitude très intense ne démontre pas que les ligaments ont besoin d'être étirés davantage. Les muscles assurent le contrôle actif en coordination avec ces structures.

Illustration : OpenStax, fig. 7.31 [A], CC BY 4.0 ; légendes traduites. Anatomie et fonctions des ligaments postérieurs : [H].

Disques : ce que mesurent les recherches

RECHERCHE • Résultat observé et portée réelle

Étude et méthode	Résultat utile à comprendre	Limite pour la pratique
Costi et al., 2007 [E] 9 disques lombaires humains ex vivo ; déplacements et rotations imposés.	L'inclinaison génère des déformations internes de cisaillement hétérogènes. Dans ce protocole, les valeurs liées à la rotation axiale étaient relativement faibles.	Éléments postérieurs retirés ; absence d'action musculaire vivante. Ce résultat ne classe pas universellement les postures par danger.
Bezci et al., 2018 [C] Disques humains testés en torsion, avec / sans facettes et différentes compressions.	Les facettes contribuent nettement à la rigidité en torsion du segment : le disque ne porte pas seul la résistance à la rotation.	Essai mécanique, pas un suivi de pratiquants. Les résultats ne donnent pas un angle sûr ou dangereux individuel.
Xu et al., 2022 [G] 12 adultes sains, 25-39 ans ; imagerie des segments L3-L5 en rotation, avec / sans charge supplémentaire.	La déformation géométrique du disque varie selon le niveau, la direction et la charge. La rotation s'accompagne de mouvements couplés.	Petit échantillon et segments ciblés. La géométrie n'est ni une mesure directe de pression ni une preuve de lésion. Correction de fig. 6 prise en compte.

Pourquoi ces résultats ne se contredisent pas forcément. Mesurer une pression, une déformation de cisaillement ou une rigidité ne répond pas à la même question. Un disque isolé, un segment avec ses facettes et un sujet vivant ne sont pas le même système.

À retenir. La contrainte dépend de la tâche complète. « Torsion » ou « inclinaison » sont des noms de mouvements ; ils ne décrivent pas à eux seuls une dose, un dommage ou un bénéfice.

Études originales : [C,E,G]. Le terme ex vivo désigne des tissus prélevés et testés hors du corps. Références et liens en fin de chapitre.

Charges combinées : interpréter sans extrapoler

RECHERCHE ET PÉDAGOGIE • Combiner plusieurs contraintes change la tâche

Étude	Ce qu'elle apporte
Schmidt et al., 2007 [F] Modèle numérique L4-L5.	Les combinaisons de moments et la compression modifient pression, cisaillement et déformation des fibres. Les zones et les mesures maximales ne sont pas forcément les mêmes.
Wilke et al., 2016 [I] 8 segments lombaires ovins ex vivo.	Un simulateur combinant compression, flexion, inclinaison et torsion a produit des lésions. Le protocole visait à provoquer une rupture, avec des amplitudes extrêmes pour ce modèle animal.

Ce que ces études ne démontrent pas. Elles ne prouvent pas qu'une inclinaison ou une torsion douce provoque une hernie chez une personne. Elles n'établissent pas non plus une limite universelle de secondes, de répétitions ou de degrés pour un cours de souplesse.

Application pédagogique proposée. Faire évoluer une variable à la fois : amplitude, longueur du levier, charge, durée ou nombre de répétitions. Introduire les combinaisons progressivement, dans une amplitude où le mouvement et le retour restent maîtrisés. C'est une proposition de progression ; aucun des essais ci-dessus ne valide directement cette séquence comme protocole thérapeutique.

Observer la réponse. Les appuis changent-ils ? La sortie devient-elle brusque ? L'élève bloque-t-il sa respiration ou ressent-il une douleur qui augmente ? Adapter l'exercice à cette réponse, et tenir compte de son évolution après la séance. Une sensation dans le dos ne diagnostique pas le tissu sollicité.

Message pour le module. On ne cherche pas une colonne sans contraintes : tout mouvement et toute tenue sollicitent des tissus. On apprend à doser une tâche, à la répartir selon l'objectif et à garder la possibilité de l'interrompre.

Résultats : [F,I]. Les applications au cours sont explicitement des propositions pédagogiques, pas des conclusions cliniques issues de ces essais.

Sources de cet approfondissement

ANATOMIE ET BIOMÉCANIQUE • Liens vérifiables

[A] OpenStax. Anatomy and Physiology 2e, §7.3 : The Vertebral Column. Figures 7.20, 7.23 et 7.31. [Consulter](#)

[B] OpenStax. Anatomy and Physiology 2e, §9.6 : Anatomy of Selected Synovial Joints, articulations de la colonne. [Consulter](#)

[C] Bezci SE et al. (2018). Contribution of facet joints, axial compression, and composition to human lumbar disc torsion mechanics. J Orthop Res. DOI : 10.1002/jor.23870. [Consulter](#)

[D] Urban JPG, Roberts S (2003). Degeneration of the intervertebral disc. Arthritis Res Ther. 5:120-130. DOI : 10.1186/ar629. [Consulter](#)

[E] Costi JJ et al. (2007). Direct measurement of intervertebral disc maximum shear strain in six degrees of freedom: motions that place disc tissue at risk of injury. J Biomech. 40:2457-2466. DOI : 10.1016/j.jbiomech.2006.11.006. [Consulter](#)

[F] Schmidt H et al. (2007). Intradiscal pressure, shear strain, and fiber strain in the intervertebral disc under combined loading. Spine. 32:748-755. DOI : 10.1097/01.brs.0000259059.90430.c2. [Consulter](#)

[G] Xu H et al. (2022). Investigation of geometric deformations of the lumbar disc during axial body rotations. BMC Musculoskelet Disord. 23:225. DOI : 10.1186/s12891-022-05160-9. Correction de fig. 6 : DOI 10.1186/s12891-022-05654-6. [Consulter](#)

[H] The Impact of Spine Pathology on Posterior Ligamentous Complex Structure and Function (2023). Revue, PMCID : PMC10733250. [Consulter](#)

[I] Wilke HJ et al. (2016). A new dynamic six degrees of freedom disc-loading simulator allows to provoke disc damage and herniation. Eur Spine J. 25:1363-1372. DOI : 10.1007/s00586-016-4416-5. [Consulter](#)

Les lettres [A-I] identifient les sources de cet approfondissement ; elles ne remplacent pas les références numérotées du reste du module. Illustrations OpenStax : anatomie conservée, légendes françaises adaptées.