



Thèse

2018

Open Access

This version of the publication is provided by the author(s) and made available in accordance with the copyright holder(s).

---

Analyse de la cartographie T1 et de sa variation diurne des disques  
intervertébraux au sein d'une population jeune et asymptomatique de 50  
volontaires

---

Galley, Julien

**How to cite**

GALLEY, Julien. Analyse de la cartographie T1 et de sa variation diurne des disques intervertébraux au sein d'une population jeune et asymptomatique de 50 volontaires. Doctoral Thesis, 2018. doi: 10.13097/archive-ouverte/unige:101919

This publication URL: <https://archive-ouverte.unige.ch/unige:101919>

Publication DOI: [10.13097/archive-ouverte/unige:101919](https://doi.org/10.13097/archive-ouverte/unige:101919)



**UNIVERSITÉ  
DE GENÈVE**



**UNIVERSITÉ  
DE GENÈVE**

**FACULTÉ DE MÉDECINE**

Section de *médecine Clinique*

Département de Radiologie

Service de Radiologie

Thèse préparée sous la direction du Professeur Henri-Marcel HOOGEWOUND

---

**« Analyse de la cartographie T1 et de sa variation diurne des  
disques intervertébraux au sein d'une population jeune et  
asymptomatique de 50 volontaires »**

Thèse  
présentée à la Faculté de Médecine  
de l'Université de Genève  
pour obtenir le grade de Docteur en médecine  
par

**Julien GALLEY**

de

Hauterive

Thèse n° 10868

Genève

2017

# TABLE DES MATIERES

<b>1. Introduction</b> .....	2
<b>2. Imagerie de la colonne lombaire</b> .....	3
2.1. <i>Radiologie conventionnelle</i> .....	3
2.2. <i>CT scan</i> .....	4
2.3. <i>Myélographie</i> .....	4
2.4. <i>IRM</i> .....	4
<b>3. Imagerie du disque intervertébral</b> .....	5
<b>4. L'étude proprement dite</b> .....	6
4.1 <i>Conception de l'étude et mise en œuvre</i> .....	6
4.2 <i>Résultats et discussion</i> .....	7
<b>5. References</b> .....	9
<b>6. Annexes</b>	
Article original « <i>Real T1 relaxation time measurement and diurnal variation analysis of intervertebral discs in a healthy population of 50 volunteers</i> »	

## 1. Introduction

Les lombalgies ont été, sont et resteront un défi pour le corps médical. Elles affectent une population variée, touchant également et principalement la population active (1). Il est estimé que près de 75 % des adultes vont présenter un ou plusieurs épisodes de douleurs lombaires au cours de leur vie (2). Les lombalgies sont classées dans le top 10 des causes principales de DALYs (Disability Adjusted Life Years) (3). Ceci explique leur importance en terme de santé publique et leur implication dans les coûts de la santé en Suisse (4).

Lors de la survenu aigue des douleurs, la présence de certains signes de gravité (drapeaux rouges) doivent mener à une prise en charge en urgence bien codifiée avec guidelines précises (5). Pour le reste des différents tableaux cliniques, le diagnostic étiologique et la prise en charge ne sont pas aisés et alimentent encore de nombreux débats au sein des différentes spécialités médicales impliquées (médecine générale, médecine d'urgence, rhumatologie, neurologie, chirurgie spinale, radiologie) (6,7). Les étiologies aux douleurs sont nombreuses et variées. Même si l'anamnèse et l'examen clinique peuvent orienter le praticien vers une étiologie de type mécanique, radiculaire ou inflammatoire, des examens complémentaires sont souvent réalisés. L'imagerie y tient une place prépondérante.

Si une éventuelle imagerie est souhaitée, le clinicien va tout d'abord devoir choisir à quel moment la réaliser. En présence de drapeaux rouges, une imagerie est souvent recommandée de manière plus ou moins urgente selon le tableau clinique (8) (voir tableau 1).

**Tableau 1** : Liste des drapeaux rouges

- Age < 20 ans ou > 50 ans
- Antécédent de cancer
- Perte pondérale inexpliquée
- Douleurs nocturnes ou inflammatoires
- Traumatisme
- Ostéoporose
- Etat fébrile ou infection
- Injection de drogues IV, corticothérapie au long cours, immunosuppression
- Déficit moteur progressif sévère < M3
- Risque hémorragique (traitement anticoagulant, chirurgie, ponction lombaire récente)
- Anesthésie en selle, perte de contrôle sphinctérien
- Douleurs non mécaniques (absence de syndrome vertébral à l'examen)

Cependant, en l'absence de drapeaux rouges, il a été prouvé que les examens radiologiques complémentaires ne devraient pas être effectués au stade initial de la symptomatologie, la prise en charge n'étant pas influencée par ceux-ci (9,10). Certains recommandent une imagerie après 6 semaines de symptomatologie persistante malgré un traitement conservateur approprié (11).

Lorsqu'une imagerie est réalisée, le médecin clinicien tout comme le médecin radiologue interprétant l'examen devront être conscients que la corrélation entre les découvertes radiologiques et la symptomatologie est souvent pauvre (12,13).

## **2. Imagerie de la colonne lombaire**

De nombreux types d'imagerie sont actuellement disponibles, présentant chacun leurs avantages et inconvénients (11,14).

### *2.1 Radiologie conventionnelle*

La grande accessibilité et le faible coût des radiographies conventionnelles leur donnent un rôle prépondérant dans le bilan d'imagerie de première intention. Le bilan initial comporte des clichés de face et de profil. Ils nous apportent d'importantes informations sur la structure osseuse. Ils permettent de mettre en évidence certaines fractures (traumatique, ostéoporotique) mais pas d'exclure toute lésion (15). Ils s'avèrent cependant très utile pour le suivi d'évolution de fracture. La radiographie standard renseigne également sur la statique rachidienne et permet d'évaluer d'éventuels troubles dégénératifs tels que la présence d'ostéophytes, d'une discopathie et d'atteintes tardives de pathologies rachidiennes à type inflammatoire ou infectieuse (16–19). La position debout lors de l'examen et l'éventuel rajout de clichés en flexion-extension ajoute une plus-value « physiologique » à cet examen.

## 2.2 CT scan

Au vu de sa très grande résolution et de son contraste élevé pour les structures denses, la tomodensitométrie est l'examen de choix dans l'évaluation des structures osseuses. Sa réalisation rapide lui garde une place prépondérante dans les urgences traumatiques (15,20). Elle renseigne également sur une atteinte articulaire dégénérative, discale, d'éventuelles calcifications des tissus mous ou encore le diamètre du canal rachidien dans les cas de sténose du canal lombaire.

La technologie dual energy CT permet également l'évaluation de certaines pathologies inflammatoires ou encore la réduction des artefacts métalliques après chirurgie du rachis (21,22).

## 2.3 Myélographie

Avant l'accessibilité à l'imagerie par résonance magnétique (IRM), la myélographie restait la méthode de choix pour l'évaluation de des structures molles du canal rachidien. Elle consiste en une ponction lombaire avec injection d'un produit de contraste iodé. La prise de clichés statiques et fonctionnels en position debout renseigne sur d'éventuelles atteintes du canal rachidien non visible en décubitus dorsal. La réalisation successive d'un CT scan apporte de nombreux détails supplémentaires.

Cet examen est relativement invasif et irradiant, cependant, il reste indiqué chez certains patients présentant des contre-indications à l'IRM et dans certains cas post-opératoires (23).

## 2.4 IRM

Le nombre d'appareil d'IRM a nettement augmenté au fil des années et, selon l'OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development), le nombre d'unité par million d'habitant en Suisse est de 20.9 (hôpitaux et cliniques) en 2014 (24). Un vaste débat politique s'est d'ailleurs récemment engagé autour de leur impact sur les coûts de la santé.

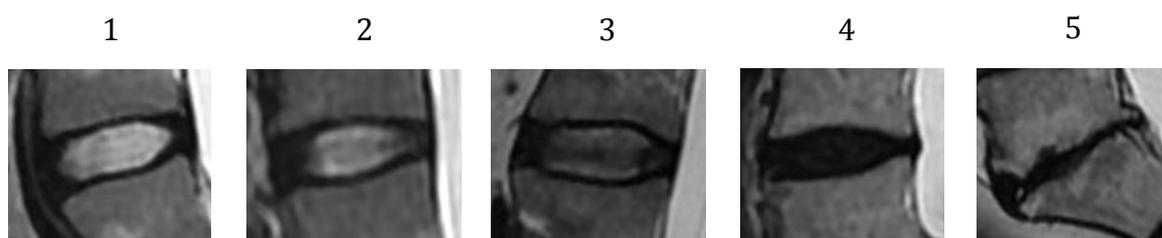
Il est incontestable cependant que l'IRM est devenue le gold standard dans l'évaluation des structures molles. Elle renseigne sur la moelle épinière, les racines nerveuses, les structures ligamentaires, le disque intervertébral et également sur la structure osseuse. Elle joue un rôle

prépondérant dans l'évaluation de certaines lésions post-traumatique (intégrité ligamentaire, fracture occulte, myélopathie...) ainsi que dans les atteintes rachidiennes d'origine inflammatoire, tumorale ou encore infectieuse (25,26). Cependant, son indication la plus fréquente reste le bilan des troubles dégénératifs. Le disque intervertébral et son atteinte (discopathie) en font partie.

### 3. Imagerie IRM du disque intervertébral

Malgré une association établie entre lombalgie et dégénérescence discale, la physiopathologie de la cascade d'événements menant aux douleurs reste qu'incomplètement élucidée. Lors de la dégénérescence discale, une altération des différentes structures complexes du disque va diminuer son contenu hydrique et modifier ses propriétés mécaniques. Le contenu en eau du disque intervertébral est associé à l'intensité du signal sur les séquences pondérées en T2. Une approche qualitative de la perte d'hydratation discale sous forme d'hyposignal T2 progressif a mené à la classification des 5 stades selon Pfirrmann (27) (voir Figure 1).

**Figure 1.** Classification selon Pfirrmann



Source images : HFR Fribourg Hôpital Cantonal

Stade 1, noyau pulpeux homogène en hypersignal. Stade 2, aspect hétérogène du noyau en hypersignal. Stade 3, noyau hétérogène de signal intermédiaire avec persistance de la distinction en noyau pulpeux et anneau fibreux. Stade 4, perte de distinction entre noyau pulpeux et anneau fibreux. Stade 5, collapsus discal.

Par la suite, différentes études ont évalué la cartographie discale (« mapping » en anglais). Cette dernière permet une analyse quantitative menant à des valeurs chiffrées et reproductives, ce qui n'est pas le cas avec les séquences d'imagerie IRM conventionnelles. Certains ont utilisé le calcul du T1rho, d'autres le T2 (28–32). La majorité de ces travaux ont été menés sur des sujets présentant déjà une symptomatologie ou une dégénérescence discale établie. Il en résulte une corrélation entre le T1rho et le contenu en protéoglycanes, ainsi que le T2 et le contenu en eau. Une de ces études a également démontré une variation diurne des valeurs du temps de relaxation T2 (32). La cartographie T1 vrai (qui diffère du T1rho) a déjà été réalisée dans de nombreuses parties du corps (cerveau, cartilage) mais jamais au sein des disques intervertébraux (33,34).

Comme précité, la corrélation entre l'imagerie et la symptomatologie n'est pas optimale. C'est pour cette raison qu'il semble impératif de poursuivre la recherche dans ce domaine, ce qui a poussé la réalisation de cette étude concernant la cartographie T1 du disque intervertébral. Le texte original (« *Real T1 relaxation time measurement and diurnal variation analysis of intervertebral discs in a healthy population of 50 volunteers* ») publié dans le *European Journal of Radiology* se trouve en annexe.

#### **4. L'étude proprement dite**

##### *4.1 Conception de l'étude et mise en œuvre*

Etant la première étude réalisée à ce jour sur la cartographie T1 du disque, il était important de définir des valeurs de référence. Par conséquent, une population cible d'adultes jeunes, entre 18 et 25 ans et en bonne santé, semblait être représentative d'un échantillon normal de référence. La cartographie T1 semblant très sensible, l'éventuelle variation diurne était un facteur important à investiguer. Pour ce faire, il a été décidé de réaliser deux examens utilisant le même protocole, le même jour (matin et fin d'après-midi), chez chacun des sujets de l'étude.

Un protocole standardisé a été défini, utilisant différentes séquences dont certaines dédiées au calcul du temps de relaxation T1, utilisant différents temps d'inversion. Trois régions d'intérêt

(anneaux fibreux antérieur et postérieur, noyau pulpeux) ont été définies comme mesures à réaliser dans chaque disque intervertébral.

#### *4.2 Résultats et discussion*

Comme attendu, une variation diurne significative a été constatée avec une baisse du temps de relaxation T1 entre les valeurs du matin et du soir. Il était déjà établi que les propriétés élastiques du disque étaient liées à sa capacité à fixer les molécules d'eau (35). Le temps de relaxation T1 étant corrélé au contenu hydrique du disque, sa diminution traduit une perte d'hydratation au cours de la journée, expliquée par les contraintes de la charge axiale due à la position. Cette variation diurne du disque avait déjà été prouvée par différentes études, certaines par mesure millimétrique de la perte de hauteur du disque (36,37), d'autres par mesure de la diminution des valeurs du T2 (32,38). Pour la première fois, ce postulat est confirmé par la cartographie T1.

Un point important de ce travail est la comparaison entre les différents niveaux de la colonne lombaire (jamais réalisée auparavant à l'IRM). Nous savons que le degré de mobilité varie selon les différents segments (39,40). Ces différences peuvent être expliquées par des variations anatomiques des différents niveaux (morphologie vertébrale, complexes ligamentaires...) avec, à chaque extrémités, une interaction avec des structures moins mobiles (jonctions dorso-lombaire et lombo-sacrée). Cependant, ces distinctions morphologiques macroscopiques n'expliquent probablement pas toutes ces différences de mobilité. Cette étude prouve une différence significative des valeurs de T1 entre les différents étages. Ces valeurs tendent à prouver que la composition microscopique moléculaire des disques intervertébraux varie suivant les niveaux. Comme décrit dans le travail de Cook et al (40), la mobilité est plus importante au sein des segments centraux, corrélant nos valeurs avec une augmentation progressive du T1 de D12-L1 jusqu'à L4-L5 avant de diminuer en L5-S1. De plus, concernant la perte d'hydratation sur la journée, on constate une tendance inversée avec une différence de valeurs entre le matin et le soir plus petite sur les niveaux centraux.

L'ensemble de ces résultats postulent que plus un disque est mobile, plus son contenu en eau sera élevé et moins il perdra d'eau sur une journée.

Ce travail ouvre la voie à différents champs d'application en recherche clinique. Nous savons par exemple que lors de chirurgie du rachis avec fixation intervertébral (spondylodèse), les niveaux adjacents risquent une dégénérescence discale accélérée (41). La cartographie T1 étant très sensible, elle pourrait être utilisée pour évaluer une dégénérescence précoce comparant différentes techniques opératoires. D'autres champs d'application peuvent être imaginés comme en médecine du sport par exemple, où une imagerie pourrait être réalisée avant et après une course de longue distance (type marathon) afin de juger la contrainte sur les disques intervertébraux en comparant différents types de course ou matériaux (chaussures).

En conclusion, la cartographie T1 des disques intervertébraux utilisant la technique d'inversion-récupération semble prometteuse pour l'analyse de la (patho)physiologie discale.

## 5. Références

1. Hoy D, Brooks P, Blyth F, Buchbinder R. The Epidemiology of low back pain. *Best Pract Res Clin Rheumatol*. 2010 Dec;24(6):769–81.
2. Deyo RA, Weinstein JN. Low back pain. *N Engl J Med*. 2001 Feb 1;344(5):363–70.
3. Murray CJL, Lopez AD. Measuring the Global Burden of Disease. *N Engl J Med*. 2013 Aug 1;369(5):448–57.
4. Wieser S, Horisberger B, Schmidhauser S, Eisenring C, Brügger U, Ruckstuhl A, et al. Cost of low back pain in Switzerland in 2005. *Eur J Health Econ HEPAC Health Econ Prev Care*. 2011 Oct;12(5):455–67.
5. Verhagen AP, Downie A, Popal N, Maher C, Koes BW. Red flags presented in current low back pain guidelines: a review. *Eur Spine J Off Publ Eur Spine Soc Eur Spinal Deform Soc Eur Sect Cerv Spine Res Soc*. 2016 Sep;25(9):2788–802.
6. Zhong M, Liu J-T, Jiang H, Mo W, Yu P-F, Li X-C, et al. Incidence of Spontaneous Resorption of Lumbar Disc Herniation: A Meta-Analysis. *Pain Physician*. 2017 Feb;20(1):E45–52.
7. Peul WC, van Houwelingen HC, van den Hout WB, Brand R, Eekhof JAH, Tans JTJ, et al. Surgery versus prolonged conservative treatment for sciatica. *N Engl J Med*. 2007 May 31;356(22):2245–56.
8. Netgen. Indications à l'imagerie dans la lombalgie chez l'adulte. *Revue Médicale Suisse*. Available from: <https://www.revmed.ch/RMS/2013/RMS-N-399/Indications-a-l-imagerie-dans-la-lombalgie-chez-l-adulte>
9. Modic MT, Obuchowski NA, Ross JS, Brant-Zawadzki MN, Groff PN, Mazanec DJ, et al. Acute Low Back Pain and Radiculopathy: MR Imaging Findings and Their Prognostic Role and Effect on Outcome. *Radiology*. 2005 Nov 1;237(2):597–604.
10. Chou R, Qaseem A, Owens DK, Shekelle P, Clinical Guidelines Committee of the American College of Physicians. Diagnostic imaging for low back pain: advice for high-value health care from the American College of Physicians. *Ann Intern Med*. 2011 Feb 1;154(3):181–9.
11. Patel ND, Broderick DF, Burns J, Deshmukh TK, Fries IB, Harvey HB, et al. ACR Appropriateness Criteria Low Back Pain. *J Am Coll Radiol JACR*. 2016 Sep;13(9):1069–78.
12. Chou R, Fu R, Carrino JA, Deyo RA. Imaging strategies for low-back pain: systematic review and meta-analysis. *The Lancet*. 2009 Feb 7;373(9662):463–72.
13. Deyo RA. Diagnostic evaluation of LBP: reaching a specific diagnosis is often impossible. *Arch Intern Med*. 2002 Jul 8;162(13):1444–7; discussion 1447–8.
14. Hansen BB, Hansen P, Carrino JA, Fournier G, Rasti Z, Boesen M. Imaging in mechanical back pain: Anything new? *Best Pract Res Clin Rheumatol*. 2016 Aug;30(4):766–85.
15. Parizel PM, van der Zijden T, Gaudino S, Spaepen M, Voormolen MHJ, Venstermans C, et al. Trauma of the spine and spinal cord: imaging strategies. *Eur Spine J*. 2010 Mar;19(Suppl 1):8–17.
16. Morvan G, Wybier M, Mathieu P, Vuillemin V, Guerini H. [Plain radiographs of the spine: static and relationships between spine and pelvis]. *J Radiol*. 2008 May;89(5 Pt 2):654–63; quiz 664–6.
17. Igbinedion BOE, Akhigbe A. Correlations of Radiographic Findings in Patients with Low Back Pain. *Niger Med J J Niger Med Assoc*. 2011;52(1):28–34.
18. Barrey C, Jund J, Nosedo O, Roussouly P. Sagittal balance of the pelvis-spine complex and lumbar degenerative diseases. A comparative study about 85 cases. *Eur Spine J Off Publ Eur Spine Soc Eur Spinal Deform Soc Eur Sect Cerv Spine Res Soc*. 2007 Sep;16(9):1459–67.
19. Inoue H, Ohmori K, Miyasaka K, Hosoe H. Radiographic evaluation of the lumbosacral disc height. *Skeletal Radiol*. 1999 Nov;28(11):638–43.
20. Khurana B, Sheehan SE, Sodickson A, Bono CM, Harris MB. Traumatic Thoracolumbar Spine Injuries: What the Spine Surgeon Wants to Know. *RadioGraphics*. 2013 Nov 1;33(7):2031–46.
21. Nicolaou S, Liang T, Murphy DT, Korzan JR, Ouellette H, Munk P. Dual-Energy CT: A Promising New Technique for Assessment of the Musculoskeletal System. *Am J Roentgenol*. 2012 Nov 1;S78–86.
22. Guggenberger R, Winklhofer S, Osterhoff G, Wanner GA, Fortunati M, Andreisek G, et al. Metallic artefact reduction with monoenergetic dual-energy CT: systematic ex vivo evaluation of posterior spinal fusion implants from various vendors and different spine levels. *Eur Radiol*. 2012 Nov;22(11):2357–64.
23. Ozdoba C, Gralla J, Rieke A, Binggeli R, Schroth G. Myelography in the Age of MRI: Why We Do It, and How We Do It. *Radiol Res Pract*. 2011;2011:329017.
24. Équipements de santé - Appareils d'imagerie par résonance magnétique (IRM) - OCDE Data. theOECD. [cited 2017 Mar 4]. Available from: <http://data.oecd.org/fr/healthqt/appareils-d-imagerie-par-resonance-magnetique-irm.htm>
25. Netgen. Imagerie des atteintes inflammatoires rachidiennes [Internet]. *Revue Médicale Suisse*. Available from: <https://www.revmed.ch/RMS/2009/RMS-194/Imagerie-des-atteintes-inflammatoires-rachidiennes>
26. Dunbar J a. T, Sandoe J a. T, Rao AS, Crimmins DW, Baig W, Rankine JJ. The MRI appearances of early vertebral osteomyelitis and discitis. *Clin Radiol*. 2010 Dec;65(12):974–81.
27. Pfirrmann CW, Metzdorf A, Zanetti M, Hodler J, Boos N. Magnetic resonance classification of lumbar

- intervertebral disc degeneration. *Spine*. 2001 Sep 1;26(17):1873–8.
28. Johannessen W, Auerbach JD, Wheaton AJ, Kurji A, Borthakur A, Reddy R, et al. Assessment of human disc degeneration and proteoglycan content using T1rho-weighted magnetic resonance imaging. *Spine*. 2006 May 15;31(11):1253–7.
29. Blumenkrantz G, Zuo J, Li X, Kornak J, Link TM, Majumdar S. In Vivo 3.0-Tesla Magnetic Resonance T1ρ and T2 Relaxation Mapping in Subjects With Intervertebral Disc Degeneration and Clinical Symptoms. *Magn Reson Med Off J Soc Magn Reson Med Soc Magn Reson Med*. 2010 May;63(5):1193–200.
30. Zobel BB, Vadalà G, Del Vecovo R, Battisti S, Martina FM, Stellato L, et al. T1ρ magnetic resonance imaging quantification of early lumbar intervertebral disc degeneration in healthy young adults. *Spine*. 2012 Jun 15;37(14):1224–30.
31. Stelzeneder D, Welsch GH, Kovács BK, Goed S, Paternostro-Sluga T, Vlychou M, et al. Quantitative T2 evaluation at 3.0 T compared to morphological grading of the lumbar intervertebral disc: A standardized evaluation approach in patients with low back pain. *Eur J Radiol*. 2012 Feb;81(2):324–30.
32. Zhu T, Ai T, Zhang W, Li T, Li X. Segmental Quantitative MR Imaging Analysis of Diurnal Variation of Water Content in the Lumbar Intervertebral Discs. *Korean J Radiol*. 2015;16(1):139–45.
33. Vrenken H, Geurts JGG, Knol DL, van Dijk LN, Dattola V, Jasperse B, et al. Whole-Brain T1 Mapping in Multiple Sclerosis: Global Changes of Normal-appearing Gray and White Matter. *Radiology*. 2006 Sep 1;240(3):811–20.
34. Bron EE, van Tiel J, Smit H, Poot DHJ, Niessen WJ, Krestin GP, et al. Image registration improves human knee cartilage T1 mapping with delayed gadolinium-enhanced MRI of cartilage (dGEMRIC). *Eur Radiol*. 2013 Jan;23(1):246–52.
35. Colombini A, Lombardi G, Corsi MM, Banfi G. Pathophysiology of the human intervertebral disc. *Int J Biochem Cell Biol*. 2008;40(5):837–42.
36. Tyrrell AR, Reilly T, Troup JD. Circadian variation in stature and the effects of spinal loading. *Spine*. 1985 Mar;10(2):161–4.
37. Paajanen H, Lehto I, Alanen A, Erkintalo M, Komu M. Diurnal fluid changes of lumbar discs measured indirectly by magnetic resonance imaging. *J Orthop Res Off Publ Orthop Res Soc*. 1994 Jul;12(4):509–14.
38. Karakida O, Ueda H, Ueda M, Miyasaka T. Diurnal T2 value changes in the lumbar intervertebral discs. *Clin Radiol*. 2003 May;58(5):389–92.
39. White AA, Panjabi MM. The basic kinematics of the human spine. A review of past and current knowledge. *Spine*. 1978 Mar;3(1):12–20.
40. Cook DJ, Yeager MS, Cheng BC. Range of Motion of the Intact Lumbar Segment: A Multivariate Study of 42 Lumbar Spines. *Int J Spine Surg*. 2015 Mar 5;
41. Epstein NE. Adjacent level disease following lumbar spine surgery: A review. *Surg Neurol Int*. 2015 Nov 25;6(Suppl 24):S591–9.