

腰椎间盘突出症与腰椎椎管狭窄症患者的 关节突关节差异

李朋, 王琦, 李玉华*

山东大学齐鲁医院骨科, 山东 济南

收稿日期: 2024年2月18日; 录用日期: 2024年3月12日; 发布日期: 2024年3月18日

摘要

目的: 测量腰椎病变节段椎体和关节突关节的直径, 计算两者的比值并在腰椎间盘突出症(LDH)和腰椎椎管狭窄症(LSS)患者之间进行比较。研究背景: 有很多研究表明, 腰椎的负荷是由椎体和后方的关节突关节共同负担, 作为后方的主要承载体, 关节突关节大小、方向势必会影响其负重, 进而影响某些疾病的发生。方法: 214名仅在L4~L5或L5/S1水平的LDH患者被分到1组, 80名LSS患者被分到第2组。同时考虑到男女性结构差异, 在各组内按照性别又分为男性组和女性组, 分别针对CT影像上L4/5、L5/S1水平的椎体直径和关节突关节直径进行了两次测量, 取其平均值。结果: 我们发现在L4/5、L5/S1突出与狭窄患者中, LSS患者的关节突关节直径以及比例均小于LDH患者, 且LSS患者直腿抬高试验阳性率也是低于LDH患者。结论: 在这项研究中, 关节突关节作为脊柱后方的主要承重结构, 其结构的差异影响腰椎活动中的力量分布, 关节突关节直径小者更容易发生LSS, LDH患者的关节突关节较之LSS更大。

关键词

LDH, LSS, 关节突关节, Lasegue征, 腰椎

Differences in Facet Joints in Patients with Lumbar Disc Herniation and Lumbar Spinal Stenosis

Peng Li, Yu Wang, Yuhua Li*

Department of Orthopaedic Surgery, Qilu Hospital of Shandong University, Jinan Shandong

Received: Feb. 18th, 2024; accepted: Mar. 12th, 2024; published: Mar. 18th, 2024

*通讯作者。

文章引用: 李朋, 王琦, 李玉华. 腰椎间盘突出症与腰椎椎管狭窄症患者的关节突关节差异[J]. 临床医学进展, 2024, 14(3): 600-608. DOI: 10.12677/acm.2024.143745

Abstract

Objective: To measure the diameter of the vertebral body and facet joints in the lumbar lesion segment, calculate the ratio of the two, and compare them between patients with lumbar disc herniation (LDH) and lumbar spinal stenosis (LSS). **Research Background:** Many studies have shown that the load on the lumbar spine is jointly borne by the vertebral body and the posterior articular process joints. As the main load-bearing body in the posterior region, the size and direction of the articular process joints will inevitably affect their load, thereby affecting the occurrence of certain diseases. **Method:** 214 LDH patients with only L4-L5 or L5/S1 levels were assigned to Group 1, and 80 LSS patients were assigned to Group 2. Considering the structural differences between males and females, each group was further divided into male and female groups based on gender. Two measurements were taken on the vertebral body diameter and articular process joint diameter at the L4/5 and L5/S1 levels on CT images, and the average value was taken. **Result:** We found that in patients with L4/5 and L5/S1 protrusion and stenosis, the joint diameter and proportion of LSS patients were smaller than those of LDH patients, and the positive rate of straight leg elevation test in LSS patients was also lower than that in LDH patients. **Conclusion:** In this study, the articular process joints were found to be the main load-bearing structure behind the spine, and their structural differences affected the distribution of force during lumbar spine activity. Patients with smaller articular process joint diameters were more prone to LSS, while patients with LDH had larger articular process joints compared to LSS.

Keywords

LDH, LSS, Facet Joints, Lasegue Sign, Lumbar Vertebrae

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 研究背景

腰痛是一种常见问题，是导致残疾的主要原因，腰痛的终生患病率接近 80% [1]，在大多数患者中，无法确定具体原因，并且通过自我护理通常会在几天到几周内改善发作，其涵盖了一系列不同类型的疼痛(例如，伤害性、神经性和伤害性疼痛，或非特异性疼痛)，这些疼痛经常重叠。构成腰椎的元素(例如，软组织、椎骨、关节突关节和骶髂关节、椎间盘和神经血管结构)容易受到不同的压力源的影响，这些因素中的每一个单独或组合都会导致腰痛[2]。关节突关节疾病引起的腰痛约占 15% [3]，普遍认为关节突关节是慢性腰痛患者下肢和下肢牵涉痛的来源，其由背侧分支支配，神经解剖学、生理学和生物力学研究表明腰椎关节突关节含有 P 物质降钙素基因相关肽的神经[4] [5] [6] [7] [8]。另一方面，其作为脊柱单元后方的主要结构，在后部保护神经元，充当支点，并引导功能单元的运动[9] [10]。

当前对于关节突关节的方向性(FO)与趋向性(FT)已经有了诸多研究，FT 定义为左右椎体小关节的不对称，其中一个相比于另一个更加矢状位，FO 定义为关节突关节在横向平面中相对于矢状面的角度。有研究认为老年患者(约 50 岁)的 L4/5 LDH 仅与小关节头侧部分的 FT 而不是尾侧部分的 FT 相关[11]。然而，无论何时在头部或尾部以及无论何时在年轻或年长的患者中，L5/S1 LDH 都与 FT 无关[12]。另有研究指出退变性滑脱患者的关节突关节方向存在差异，其头侧部分偏向矢状位，而其尾侧部分偏向于冠状

位[13]。另外, 关节突关节的矢状位方向也是 DLSS 的危险因素[14]。尽管有不少对关节突关节的研究, 但是我们尚未发现有研究对关节突关节的直径在影响疾病中的作用进行报道。

在临床实践当中, 腰椎间盘突出症(LDH)与腰椎椎管狭窄症(LSS)是常见的导致腰痛的原因, 其往往伴随着下肢的症状, 给当前社会带来了沉重的经济负担[15][16]。我们观察到两种疾病的患者的关节突关节的大小存在差异, 两侧小关节和相应的椎间盘形成一个三关节复合体。腰椎小关节作为脊柱后侧三关节复合体的重要组成部分, 对脊柱的影响深远。许多先前的研究认为, 在腰椎中, 两个小关节与椎间盘一起承载负荷[17][18]。其先天解剖的差异性很可能影响脊柱力量的分布, 进而在长时间的受力差异之中出现病变, 因此我们回顾性的收集了 264 例患者的影像学资料并进行测量来研究关节突关节的差异性与疾病之间的关系。

2. 方法与材料

我们选取了 2020 年 1 月 1 日至 2022 年 3 月份在山东大学齐鲁医院脊柱外科住院患者的腰椎 CT 资料, 本研究的纳入标准包括: L4/5 或 L5/S1 上单节段 LDH 或 LSS, 排除标准包括: 既往腰椎病史; 复发性 LDH; 腰椎肿瘤、感染、外伤、狭窄或者脊柱裂开[11][15]。214 例 LDH 患者, 80 例 LSS 患者的性别和年龄纳入本研究。每组参与者分为两组(L4/5 节段: 男性: 125 女性 89; L5/S1 节段: 男性 47 女性 33)。该程序符合赫尔辛基宣言的伦理标准, 并已获得当地伦理委员会的批准。本研究参与者的个人信息在分析前被匿名化和去识别化[13]。

2.1. CT 测量

文献指出, 对于观察小关节疾病, CT 的一致性中等, 且优于 MRI [19], 因此我们选择在 CT 轴位上测量突出节段上位椎体的椎体直径, 测量人员在定位像上找到与椎体平行图像进行测量, 我们选择的是关节突关节的中点测量其直径, 由于本院椎间盘层面制作 5 层, 因此我们选择第 1、3、5 层进行测量, 取其平均值来代表关节突关节的中点。我们选择影像系统自带的测量工具, 选择软组织窗平行于椎体层面进行多次测量, 取平均值, 如图 1~图 4。径线测量由两位有经验的临床医师完成, 并在三天后对数据进行复测。两者的 k value 为 0.81, 一致性良好。

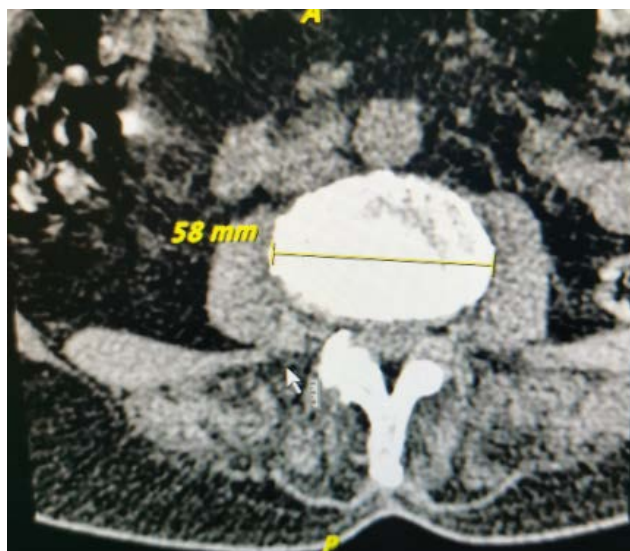


Figure 1. Image of L4/5 vertebral body diameter in a patient with lumbar spinal stenosis

图 1. 腰椎椎管狭窄患者 L4/5 椎体直径的图像



Figure 2. Image of facet joint diameter measurement in a patient with lumbar spinal stenosis
图 2. 腰椎椎管狭窄症患者关节突关节直径测量的图像

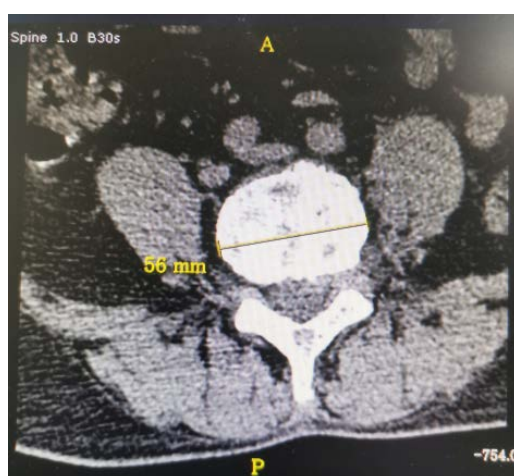


Figure 3. Image of L4/5 vertebral body diameter in a patient with lumbar disc herniation
图 3. 腰椎间盘突出症患者 L4/5 椎体直径测量的图像



Figure 4. Image of facet joint diameter measurement in a patient with lumbar disc herniation
图 4. 腰椎间盘突出症患者关节突关节直径测量的图像

2.2. 数据分析

结果以平均值 \pm 标准差表示。独立样本 t 检验用于评估正态分布变量, Mann-Whitney U 检验用于非正态分布的变量, 卡方检验或 Fisher 精确检验用于分类变量。P 值 < 0.05 被认为具有统计学意义。所有统计分析和计算均使用 SPSS 25.0 [12] [15] 进行。

3. 结果

表 1 和表 2 显示了在 L4/L5 和 L5/S1 中 LDH 和 LSS 患者对于椎体直径和关节突关节直径的测量值结果。在椎体直径的测量中, L4/5 节段中男性和女性 LSS 患者大于 LDH 患者, 但女性差异没有统计学意义(L4 节段男性差值 $d = 2.28$, 95% CI $-4.02 \sim -0.53$, $t = 2.58$, $P = 0.011$ 。女性差值 $d = -1.96$, 95% CI $-4.043 \sim -0.111$, $t = -1.881$, $P = 0.063$)。L5/S1 节段男性 LDH 椎体直径大于 LSS 患者, 女性 LSS 患者大于 LDH, 但两者差异均无统计学意义(L5 节段男性差值 $d = 3.96$, 95% CI $-1.365 \sim 9.291$, $t = 1.53$, $P = 0.139$, 女性差值 $d = 1.66$, 95% CI $-7.23 \sim 3.91$, $t = -0.61$)。LSS 患者关节突关节直径小于 LDH 患者, 且差异均有统计学意义(L4 节段男性差值 $d = 6.17$, 95% CI $4.77 \sim 7.58$, $t = 8.67$, $P < 0.001$ 。女性 $33.00 (30.00, 36.00)$, 95% CI $4.00 \sim 7.00$, $Z = -6.468$, $P < 0.001$ 。L5 节段男性差值 $d = 12.39$, 95% CI $3.76 \sim 21.02$, $t = 2.946$, $P < 0.001$, 女性差值 $d = 6.79$, 95% CI $1.96 \sim 11.61$, $t = 2.87$)。

表 3 展示了两者的比例在不同疾病中结果, LSS 患者两者的比例小于 LDH 患者(L4 节段男性差值 $d = 0.0142$, 95% CI $0.108 \sim 0.165$, $t = 9.59$, $P < 0.001$ 。女性 $0.638 (0.580, 0.702)$, 95% CI $0.101 \sim 0.165$, $Z = -6.403$, $P < 0.001$ 。L5 节段差值 $d = 0.187$, 95% CI $0.064 \sim 0.309$, $t = 3.132$, 女性差值 $d = 0.147$, 95% CI $0.045 \sim 0.250$, $t = 2.93$)此外, LDH 患者的 Lasegue test 阳性率是 65.9%, LSS 组之间的阳性率为 36.3%, 两组阳性率存在着统计学差异(差值 $d = 0.30$, 95% CI $0.19 \sim 0.41$, $P < 0.001$)。

Table 1. Vertebral body diameter

表 1. 椎体直径

	男性			女性		
	LDH	LSS	P	LDH	LSS	P
L4/5	54.18 \pm 4.59	56.46 \pm 5.12	0.011	51.71 \pm 4.52	53.68 \pm 4.16	0.063
L5/S1	53.96 \pm 3.44	50.00 \pm 5.66	0.139	52.14 \pm 5.10	53.80 \pm 8.31	0.548

Table 2. Facet joint diameter

表 2. 关节突关节直径

	男性			女性		
	LDH	LSS	P	LDH	LSS	P
L4/5	36.19 \pm 4.08	30.02 \pm 3.50	$P < 0.001$	35.25 \pm 4.15	28.92 \pm 2.89	$P < 0.001$
L5/S1	40.89 \pm 5.81	28.50 \pm 3.54	0.007	39.79 \pm 5.02	33.00 \pm 3.74	0.007

Table 3. Ratio of facet joint diameter to vertebral body diameter

表 3. 关节突关节直径与椎体直径的比率

	男性			女性		
	LDH	LSS	P	LDH	LSS	P
L4/5	0.671 \pm 0.082	0.535 \pm 0.070	$P < 0.001$	0.685 \pm 0.081	0.542 \pm 0.066	$P < 0.001$
L5/S1	0.756 \pm 0.083	0.570 \pm 0.006	0.004	0.767 \pm 0.107	0.620 \pm 0.082	0.006

Table 4. Lasegue's sign
表 4. Lasegue 征

	阳性	阴性	合计	阳性率
LDH	141	73	214	65.90%
LSS	29	51	80	36.30%
合计	170	124	294	57.80%

4. 讨论

由上述结果我们发现, LDH 与 LSS 患者之间的关节突关节差异存在统计学意义, LSS 患者的关节突关节直径小于 LDH 患者。我们最终采用比值来进行差异性比较是为了排除男女之间的性别差异, 可以看出在椎体的直径和关节突关节的均值相比而言是存在差异的。关节突关节直径以及比例偏小的患者更容易发腰椎椎管狭窄症, 当两者直径偏大时, 更容易发生 LDH。因此我们为了验证其普遍适应性, 我们排除性别影响再一次进行了比较, 结果和对我们性别分开时结论相同。此外, 我们也比较了两种疾病在 Lasegue 征的区别(表 4), LSS 患者的阳性率明显低于 LDH 患者。在数据收集之前, 我们的设想 LDH 与 LSS 之间的椎体直径之间应该是均衡可比的, 但是从我们的统计结果来看, 统计中 L4/5 男性患者椎体直径在 LSS 与 LDH 患者有差异且差异有统计学意义, 我们认为有必要扩大样本量来进一步验证椎体直径的差异性。

关节突关节从椎弓根和椎板的连接处垂直产生, 是后柱当中重要的组成部分, 同时相邻椎骨之间的椎间盘和两侧关节突关节组成了三关节复合体, 共同来限制椎体的运动, 当脊柱经历压缩、弯曲、伸展和/或扭转时, 该关节承受了巨大的载荷[20]。研究表明当椎间盘没有退变或者关节突关节炎时, 孤立的脊柱节段的生物力学模型表明: 小关节承受的负荷可高达该脊柱节段承受的总负荷的 33%, 并且更多的负荷是通过小关节传递的[21] [22]。关节突关节直径可以反映出其大小, 关节突关节直径偏小时, 其相应的负荷能力也会减小, 通过脊柱传导的压力对于关节突关节产生一个刺激, 随着时间的延长, 关节突关节对刺激产生适应, 从而出现关节突关节的增生、肥大, 甚至是黄韧带肥厚, 导致椎管的有效容积减少, 出现腰椎椎管狭窄。而关节突关节先天性比较大时, 后柱结构比较稳定, 随着脊柱的受力增加, 前方的椎间盘的纤维环首先出现破坏, 进而出现的髓核的突出。而在功能上而言, 与矢状面平行的小关节对轴向旋转有很大的抵抗力, 对剪切力(向后和向前滑动)的抵抗力较小, 有研究证明与没有任何 DS 证据的患者相比, DS 患者的小关节的头侧部分更偏向矢状, 而小关节的尾侧部分更偏向冠状位 [13]。我们也测量了一部分滑脱患者的椎体比例发现, 三者之间关节突关节的直径以及比例均有统计学差异, 但尚未明确发现其发病机制。此外, 随着现在科学技术的发展, 有限元分析已经被广泛的应用于人体组织和器官的生物力学, 其与尸体测试相比, 有限元分析可以方便的模拟人体结构在活动情况下各部位的受力情况[23], 近期一项关于同时考虑 FT 与 FO 对腰椎影响的有限元分析表明: FT 与 FO 同时变化时对于腰椎关节突关节影响最大, 可能会导致腰椎的退变性滑脱和椎间盘的病变, 其中 FT 加速小关节和椎间盘退变中作用可能更大[24], 那么当关节突关节的直径变化时, FT 与 FO 是不是也会变化? 因此我们下一步也可以将小关节的直径也加入影响腰椎受力因素的生物力学分析。

Vroomen 等人[25]表明, 直腿抬高(SLR)测试是唯一对椎间盘突出引起的坐骨神经痛敏感的体征, 其综合敏感度为 0.85 (95% CI, 0.38%~0.98%), 但特异性较低, 为 0.52 (95% CI, 0.25%~0.76%)。关节突关节的大小也会影响侧隐窝的走形, 腰骶神经根的正常平均偏移量约为 4 至 6 毫米, 随年龄增长而减少。在椎间盘脱垂的病例中, 已经存在的松弛神经根通路被病理学所占据。神经根运动的丧失主要是由于继发

于局部炎症的粘连,也可能是由于机械损伤。这两种机制一起工作,以减少单反角度[26]。另外,关节突关节的直径越大,其侧隐窝也会相应增大,神经根在其中走形的距离也会增加,其受到压迫的可能性也越大。在直腿抬高试验过程中,坐骨神经被牵拉之后向腹侧移动从而受到刺激产生轴性的疼痛[27],因此我们认为关节突关节的直径也是影响两者 Lasegue test 差异的潜在因素之一。

LSS 与 LDH 主要影响老年人。腿部疼痛和行走困难会限制功能和参与日常活动,这可能会产生负面的心理影响。诊断可能具有挑战性,因为症状与其他导致老年人腿部或腰痛的疾病的重叠。LDH 与 LSS 通常可以通过临床诊断并在初级保健中进行保守治疗。症状严重的患者可能需要转诊进行影像学检查和干预[28]。那么对于我们这个研究而言,我们希望能够在正常人群的普查中得到应用。在腰痛患病率如此之高的今天,疾病的预防一定是大于治疗,那么在体检中,我们观察到不同的关节突关节直径,得到不同的关节突关节与椎体的比值之后,体检医生可以对检查者提供预防性的医疗建议。比如,当观察到该患者的关节突关节直径偏大时,其发生 LDH 的可能性更大,那么体检医生应该提醒其避免腰椎的长期或者大量负重,而当体检医生观察到关节突关节直径较小,那么需要提醒该体检对象减少腰椎的负重和扭动,以及过伸和过屈。这个研究的不足之处在于我们仅仅是观察到了这一点并对其进行初步的统计分析,对于这个研究,我们认为有进一步深化的必要,当我们收集的样本量达到一定程度,我们是否可以把这两者之间的临界值或者临界范围计算出来?我们现在仅仅是在 LDH 与 LSS 之间观察到明显的差异,别的疾病之间是否也会存在区别,我们不得而知。又或者在不同的比例区间当中易患疾病有所差异?因此,希望后续的任务可以实现这一点。

5. 结论

LDH 与 LSS 患者之间关节突关节的比例存在差异,关节突关节与椎体直径比例小者更容易发生 LSS, LDH 患者关节突关节直径大于 LSS 患者,并且关节突关节的直径也有可能是影响两者的 Lasegue test 差异性的原因。

要 点

- 1) 研究了 LDH 与 LSS 之间关节突关节直径的差异性。
- 2) 我们运用两者之间的比例来降低个体差异。
- 3) 纳入 Lasegue test 来评估两者之间的差异。

参考文献

- [1] Chou, R. (2021) Low Back Pain. *Annals of Internal Medicine*, **174**, ITC113-ITC128. <https://doi.org/10.7326/AITC202108170>
- [2] Knezevic, N.N., Candido, K.D., Vlaeyen, J.W.S., Van Zundert, J. and Cohen, S.P. (2021) Low Back Pain. *The Lancet*, **398**, 78-92. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)00733-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)00733-9)
- [3] Perolat, R., Kastler, A., Nicot, B., Pellat, J.M., Tahon, F., Attye, A., Heck, O., Boubagra, K., Grand, S. and Krainik, A. (2018) Facet Joint Syndrome: From Diagnosis to Interventional Management. *Insights Imaging*, **9**, 773-789. <https://doi.org/10.1007/s13244-018-0638-x>
- [4] Sehgal, N., Shah, R.V., McKenzie-Brown, A.M. and Everett, C.R. (2005) Diagnostic Utility of Facet (Zygapophysial) Joint Injections in Chronic Spinal Pain: A Systematic Review of Evidence. *Pain Physician*, **8**, 211-224. <https://doi.org/10.36076/ppj.2005/8/211>
- [5] Miyagi, M., Ohtori, S., Ishikawa, T., Aoki, Y., Ozawa, T., Doya, H., Saito, T., Moriya, H. and Takahashi, K. (2006) Up-Regulation of TNFalpha in DRG Satellite Cells Following Lumbar Facet Joint Injury in Rats. *European Spine Journal*, **15**, 953-958. <https://doi.org/10.1007/s00586-005-1031-2>
- [6] Ohtori, S., Takahashi, K., Chiba, T., Yamagata, M., Sameda, H. and Moriya, H. (2000) Substance P and Calcitonin Gene-Related Peptide Immunoreactive Sensory DRG Neurons Innervating the Lumbar Facet Joints in Rats. *Autonomic*

- Neuroscience*, **86**, 13-17. [https://doi.org/10.1016/S1566-0702\(00\)00194-6](https://doi.org/10.1016/S1566-0702(00)00194-6)
- [7] Yamashita, T., Cavanaugh, J.M., Ozaktay, A.C., Avramov, A.I., Getchell, T.V. and King, A.I. (1993) Effect of Substance P on Mechanosensitive Units of Tissues around and in the Lumbar Facet Joint. *Journal of Orthopaedic Research*, **11**, 205-214. <https://doi.org/10.1002/jor.1100110208>
- [8] Beaman, D.N., Graziano, G.P., Glover, R.A., Wojtys, E.M. and Chang, V. (1993) Substance P Innervation of Lumbar Spine Facet Joints. *Spine (Phila Pa 1976)*, **18**, 1044-1049. <https://doi.org/10.1097/00007632-199306150-00014>
- [9] Cohen, S.P. and Raja, S.N. (2007) Pathogenesis, Diagnosis, and Treatment of Lumbar Zygapophysial (Facet) Joint Pain. *Anesthesiology*, **106**, 591-614. <https://doi.org/10.1097/0000542-200703000-00024>
- [10] Borenstein, D. (2004) Does Osteoarthritis of the Lumbar Spine Cause Chronic Low Back Pain? *Current Pain and Headache Reports*, **8**, 512-517. <https://doi.org/10.1007/s11916-004-0075-z>
- [11] Yang, M., Wang, N., Xu, X., Zhang, Y., Xu, G., Chang, Y. and Li, Z. (2020) Facet Joint Parameters Which May Act as Risk Factors for Chronic Low Back Pain. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, **15**, Article No. 185. <https://doi.org/10.1186/s13018-020-01706-6>
- [12] Wang, Y., Li, D., Zhu, M., Wang, J., Li, C., Lin, C., Wang, J. and Teng, H. (2020) Lumbar Facet Tropism on Different Facet Portions and Asymmetry between Ipsilateral Cephalad and Caudad Portions: Their Correlations with L4/5 and L5/S1 Lumbar Disc Herniation. *Spine (Phila Pa 1976)*, **45**, E1312-E1318. <https://doi.org/10.1097/BRS.0000000000003614>
- [13] Toyone, T., Ozawa, T., Kamikawa, K., Watanabe, A., Matsuki, K., Yamashita, T. and Wada, Y. (2009) Facet Joint Orientation Difference between Cephalad and Caudad Portions: A Possible Cause of Degenerative Spondylolisthesis. *Spine (Phila Pa 1976)*, **34**, 2259-2262. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e3181b20158>
- [14] Liu, X., Zhao, X., Long, Y., Huang, K., Xie, D., Wang, F., Chen, G., Yuan, Z. and Wang, J. (2018) Facet Sagittal Orientation: Possible Role in the Pathology of Degenerative Lumbar Spinal Stenosis. *Spine (Phila Pa 1976)*, **43**, 955-958. <https://doi.org/10.1097/BRS.0000000000002493>
- [15] Katz, J.N. and Harris, M.B. (2008) Clinical Practice. Lumbar Spinal Stenosis. *The New England Journal of Medicine*, **358**, 818-825. <https://doi.org/10.1056/NEJMc0708097>
- [16] Cohen, S.P., Huang, J.H. and Brummett, C. (2013) Facet Joint Pain—Advances in Patient Selection and Treatment. *Nature Reviews Rheumatology*, **9**, 101-116. <https://doi.org/10.1038/nrrheum.2012.198>
- [17] Byrne, R.M., Zhou, Y., Zheng, L., Chowdhury, S.K., Aiyangar, A. and Zhang, X. (2018) Segmental Variations in Facet Joint Translations during *In Vivo* Lumbar Extension. *Journal of Biomechanics*, **70**, 88-95. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2017.09.026>
- [18] Kong, M.H., He, W., Tsai, Y.D., Chen, N.F., Keorochana, G., Do, D.H. and Wang, J.C. (2009) Relationship of Facet Tropism with Degeneration and Stability of Functional Spinal Unit. *Yonsei Medical Journal*, **50**, 624-629. <https://doi.org/10.3349/ymj.2009.50.5.624>
- [19] Berg, L., Thoresen, H., Neckelmann, G., Furunes, H., Hellum, C. and Espeland, A. (2019) Facet Arthropathy Evaluation: CT or MRI? *European Radiology*, **29**, 4990-4998. <https://doi.org/10.1007/s00330-019-06047-5>
- [20] O'Leary, S.A., Paschos, N.K., Link, J.M., Klineberg, E.O., Hu, J.C. and Athanasiou, K.A. (2018) Facet Joints of the Spine: Structure-Function Relationships, Problems and Treatments, and the Potential for Regeneration. *Annual Review of Biomedical Engineering*, **20**, 145-170. <https://doi.org/10.1146/annurev-bioeng-062117-120924>
- [21] Anaya, J.E.C., Coelho, S.R.N., Taneja, A.K., Cardoso, F.N., Skaf, A.Y. and Aihara, A.Y. (2021) Differential Diagnosis of Facet Joint Disorders. *Radiographics*, **41**, 543-558. <https://doi.org/10.1148/rg.2021200079>
- [22] Gellhorn, A.C., Katz, J.N. and Suri, P. (2013) Osteoarthritis of the Spine: The Facet Joints. *Nature Reviews Rheumatology*, **9**, 216-224. <https://doi.org/10.1038/nrrheum.2012.199>
- [23] Guo, H.Z., Tang, Y.C., Guo, D.Q., Luo, P.J., Li, Y.X., Mo, G.Y., Ma, Y.H., Peng, J.C., Liang, D. and Zhang, S.C. (2020) Stability Evaluation of Oblique Lumbar Interbody Fusion Constructs with Various Fixation Options: A Finite Element Analysis Based on Three-Dimensional Scanning Models. *World Neurosurgery*, **138**, E530-E538. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2020.02.180>
- [24] Ke, S., He, X., Yang, M., Wang, S., Song, X. and Li, Z. (2021) The Biomechanical Influence of Facet Joint Parameters on Corresponding Segment in the Lumbar Spine: A New Visualization Method. *The Spine Journal*, **21**, 2112-2121. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2021.05.024>
- [25] Vroomen, P.C., De Krom, M.C. and Knottnerus, J.A. (1999) Diagnostic Value of History and Physical Examination in Patients Suspected of Sciatica Due to Disc Herniation: A Systematic Review. *Journal of Neurology*, **246**, 899-906. <https://doi.org/10.1007/s004150050480>
- [26] Das, J. and Nadi, M. (2021) Lasague Sign. StatPearls Publishing, Treasure Island.
- [27] Kim, J.S., Kroin, J.S., Buvanendran, A., Li, X., Van Wijnen, A.J., Tuman, K.J. and Im, H.J. (2011) Characterization of

a New Animal Model for Evaluation and Treatment of Back Pain Due to Lumbar Facet Joint Osteoarthritis. *Arthritis & Rheumatology*, **63**, 2966-2973. <https://doi.org/10.1002/art.30487>

- [28] Jensen, R.K., Harhangi, B.S., Huygen, F. and Koes, B. (2021) Lumbar Spinal Stenosis. *BMJ*, **373**, N1581. <https://doi.org/10.1136/bmj.n1581>