

斜外侧腰椎椎间融合术引起腰椎节段性前凸改变的因素分析

李育泽, 王德春*

青岛大学青岛市市立医院脊柱外科, 山东 青岛

收稿日期: 2024年4月23日; 录用日期: 2024年5月20日; 发布日期: 2024年5月27日

摘要

目的: 阐明影响斜外侧腰椎椎间融合术(oblique lumbar interbody fusion, OLIF)术后腰椎节段前凸角(segmental lordotic angle, SLA)增大或减小的相关因素。方法: 对2017年至2022年9月在我院接受OLIF手术的85例患者进行回顾性分析, 并进行至少1年的随访。统计患者的一般资料和围手术期数据, 通过术前、术后和末次随访时获得的腰椎正侧位X线片测量椎间盘角度(disc angle, DA)、SLA、腰椎前凸角、椎间盘高度、椎间孔高度、后方间隙比(posterior gap ratio, PGR)等。根据术后SLA与术前SLA的差值 > 0 和 ≤ 0 分为前凸组(50例)和后凸组(35例), 用统计学方法予以分析。结果: 前凸组和后凸组的PGR存在统计学差异($p < 0.05$), 融合器放置在偏前位置时术后SLA增大更明显; 多因素分析结果显示, PGR ($B = 0.326, p = 0.000$)是术后节段性前凸变化的预测因素, 与SLA的变化呈正相关; 术前SLA ($B = -0.162, p = 0.030$)也是术后节段性前凸变化的预测因素, 与SLA的变化呈负相关。结论: OLIF术后导致节段前凸增大或减小与术前SLA和椎间融合器的位置有明确相关性。较小前凸的节段术后变得前凸增大, 而较大前凸的节段术后前凸可能会减小。椎间融合器放置在靠前的位置上会导致节段前凸增大更明显。

关键词

斜外侧腰椎椎间融合术, 腰椎融合, 腰椎退行性疾病, 节段前凸角

Analysis of Factors Causing Segmental Lordosis Angle Changes in the Lumbar Spine during Oblique Lumbar Interbody Fusion

Yuze Li, Dechun Wang*

Department of Spinal Surgery, Qingdao Municipal Hospital, Qingdao University, Qingdao Shandong

Received: Apr. 23rd, 2024; accepted: May 20th, 2024; published: May 27th, 2024

*通讯作者。

Abstract

Objective: To clarify the factors that affect the increase or decrease of segmental lordotic angle (SLA) after oblique lumbar interbody fusion (OLIF) surgery. **Methods:** A retrospective analysis was conducted on 85 patients who underwent OLIF surgery in our hospital from 2017 to September 2022, with a minimum follow-up of 1 year. The general data and perioperative data of the patients were statistically analyzed. The disc angle (DA), SLA, lumbar lordotic angle, disc height, intervertebral foramen height, and posterior gap ratio (PGR) were measured by pre-operative, post-operative, and final follow-up lumbar lateral X-rays. Based on the difference between postoperative SLA and preoperative SLA being >0 and ≤ 0 , patients were divided into a lordotic group (50 cases) and a kyphotic group (35 cases). Statistical analysis was performed using statistical methods. **Results:** There was a statistically significant difference in PGR between the lordotic group and the kyphotic group ($p < 0.05$). The post-operative SLA increased more significantly when the fusion device was placed in a more anterior position. Multivariate analysis showed that PGR ($B = 0.326, p = 0.000$) was a predictor of segmental lordotic change after surgery, which was positively correlated with the change in SLA. Preoperative SLA ($B = -0.162, p = 0.030$) was also a predictor of segmental lordotic change after surgery, which was negatively correlated with the change in SLA. **Conclusion:** The increase or decrease of segmental lordosis after OLIF surgery is clearly correlated with pre-operative SLA and the position of the interbody fusion device. The segment with smaller pre-operative lordosis became more lordotic after surgery, while the segment with larger pre-operative lordosis may have a decrease in pre-operative lordosis. Placing the interbody fusion device in a more anterior position results in a more pronounced increase in segmental lordosis.

Keywords

Oblique Lumbar Interbody Fusion, Lumbar Fusion, Lumbar Degenerative Disease, Segmental Lordotic Angle

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. 引言

斜外侧腰椎椎间融合术(oblique lumbar interbody fusion, OLIF)是一种微创的腰椎融合手术, 利用腹主动脉和腰大肌之间的解剖间隙进入目标椎间盘间隙, 切除病变的椎间盘组织, 放置融合器, 恢复正常椎间隙高度和腰椎生理曲度, 同时避免了后方肌肉、韧带和骨性结构的损伤, 实现了无伤性减压和稳定性重建[1]。OLIF 术后腰椎节段前凸角(segmental lordotic angle, SLA)的变化是评价手术效果的一个重要指标, 它反映了腰椎的生理曲度和稳定性[2]。一般来说, OLIF 手术可以有效地恢复或增加腰椎节段前凸角, 从而改善脊柱的负重能力, 实现间接减压效果。Chung 等[3]比较了 OLIF 和前路入路腰椎椎间融合术(anterior lumbar interbody fusion, ALIF)治疗腰椎退行性疾病的疗效, 发现 OLIF 组的腰椎前凸角和融合节段前凸角的改善程度均显著高于 ALIF 组, 可以更好地恢复腰椎的生理曲度。尽管绝大多数患者在 OLIF 术后出现 SLA 增大, 但有部分患者在术后出现了 SLA 减小的情况。为解释这一现象的发生, 本研究的目的是通过临床和影像学资料, 阐明影响 OLIF 术后 SLA 增大或减小的相关因素, 对术后 SLA 进行预估。

2. 研究对象与方法

2.1. 收集患者资料

对 2017 年至 2022 年 9 月在青岛市市立医院脊柱外科接受 OLIF 手术治疗单节段腰椎退行性疾病的 85 例患者进行回顾性分析, 并进行至少 1 年的随访。收集每位患者的临床资料, 包括年龄(岁)、性别(男/女)、体重指数(kg/m^2)、诊断、手术节段、是否合并内固定, 同时记录手术时间、术中出血量等一般资料。每位患者均有三名脊柱外科研究生共同随访并记录相关信息。当出现较大误差时, 由另一位高年资主任医师确定。术前、术后和末次随访时均拍摄腰椎正侧位 X 线片。

2.2. 纳入和排除标准

纳入标准: (1) 轻中度腰椎管狭窄症; (2) I、II 度腰椎滑脱; (3) 退行性腰椎侧弯 Cobb 角 $< 30^\circ$, 旋转 $< 3^\circ$, 侧向滑移 $< 5 \text{ mm}$; (4) 慢性腰痛伴或不伴下肢放射痛, 经保守治疗 6 个月以上效果不佳; 所有疾患均局限于 L2~L5 节段; (5) 随访时间 1 年及以上的患者。

排除标准: (1) 重度腰椎管狭窄症; (2) II 度以上腰椎滑脱; (3) 后方关节突关节自发性融合; (4) 伴严重骨质疏松、重度肥胖或既往有腹部、腹膜后手术史等; (5) 随访资料不全的患者。

2.3. 手术方法

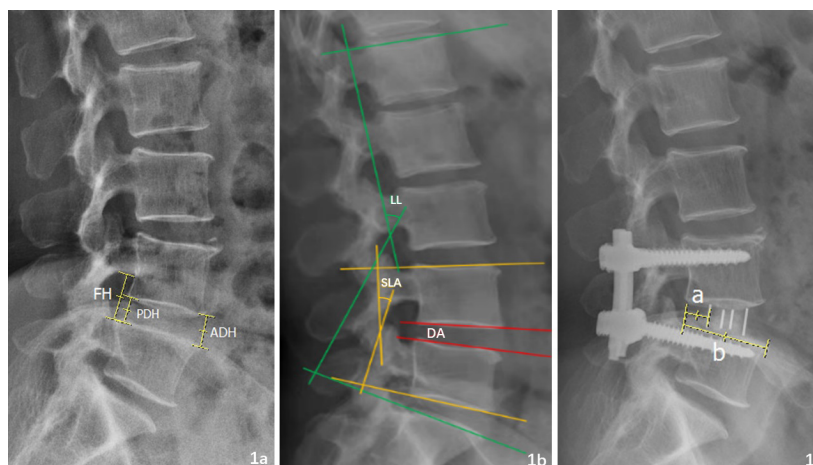
患者全身麻醉后, 取右侧卧位, 右腰部垫高, 左腿屈曲, 用宽胶带固定腋下和髋部。根据术前的影像学资料和术中的 C 型臂透视, 确定目标椎间隙的位置和范围。在目标椎间隙中点向腹侧延伸 2~4 cm 处, 作一条长约 5 cm 的切口。切开皮肤、皮下组织和腹外斜肌腱膜后, 钝性分离腹外斜肌、腹内斜肌和腹横肌, 从腹横肌及其筋膜表面进入腹膜后间隙。将腹腔内的脏器向腹侧拉开或推开, 注意保护前内侧生殖股神经。紧贴椎间盘表面使用可转换超薄拉钩向背侧拉开腰大肌, 显露目标椎间盘, 将导针置入目标椎间盘中部, 透视确认无误后, 放入逐级扩张器和工作通道, 在直视下切开纤维环, 清除椎间盘组织。刮除软骨终板, 松解对侧纤维环, 序贯使用试模撑开椎间隙至合适高度, 选取填有自体骨或同种异体骨的椎间融合器置入椎间隙中, 并使之与椎间隙平行。X 线透视确认融合器位置满意后, 拆除扩张通道, 生理盐水冲洗, 逐层缝合切口, 根据术中情况决定是否放置引流。根据患者情况和术中终板损伤情况, 决定是否行腰椎后路内固定, 如需内固定则改为俯卧位, 通过经皮置钉或者多裂肌间隙入路置入椎弓根钉棒系统。

2.4. 评价指标

统计患者的年龄(岁)、性别(男/女)、体重指数(kg/m^2)、诊断、手术节段、是否合并内固定, 同时记录手术时间(min)、术中出血量(ml)等一般资料及围手术期数据。根据术前、术后和末次随访时获得的腰椎正侧位 X 线片测量影像学数据, 包括椎间盘角度(disc angle, DA)、SLA、腰椎前凸角(lumbar lordosis, LL)、椎间高度(disc height, DH)、椎间孔高度(foraminal height, FH)、后方间隙比(posterior gap ratio, PGR)。PGR 为下椎体后缘至椎间融合器后缘距离与下椎体上终板前后径长度之比, 用百分数表示[4]。具体测量方法见图 1。根据术后 SLA 与术前 SLA 的差值 > 0 和 ≤ 0 可分为前凸增加组(即前凸组)和前凸减小组(即后凸组)。

2.5. 统计学方法

应用 SPSS27.0 软件进行统计分析。计数资料以例数和百分数(%)进行描述, 对比采用卡方检验; 计量资料采用平均值 \pm 标准差表示。首先使用单因素变量分析比较两组之间的临床和影像学变量, 组间比较用独立样本 t 检验分析, 组内治疗前后比较用配对样本 t 检验。 $p < 0.10$ 的变量进入多因素回归分析。经统计学处理, $p < 0.05$ 为差异有统计学意义。



(a): FH、DH 的测量方法, $DH = (ADH + PDH)/2$; (b): DA、SLA、LL 的测量方法; (c): PGR 的测量方法, $PGR = a/b$ 。

Figure 1. Lumbar imaging parameter measurement

图 1. 腰椎影像学参数测量

3. 结果

3.1. 两组患者的一般资料与围手术期情况比较

本研究最终共有 85 例患者符合纳入标准, 均获得至少 1 年的随访。其中前凸组有 50 人, 后凸组有 35 人。年龄分别为(63.20 ± 9.28)岁和(67.51 ± 8.41)岁, 存在统计学差异($p < 0.05$)。PGR 分别为 33.39% 和 30.48%, 差异同样存在统计学意义($p < 0.05$)。考虑年龄和融合器位置可能是影响 OLIF 术后节段前凸改变的相关因素, 将这两项参数纳入后续相关性研究。除年龄和融合器位置以外, 两组间的性别、BMI、诊断、手术节段、内固定情况以及手术时间、术中出血量等参数均无明显统计学差异($p > 0.05$), 即两组基线资料一致, 具有可比性。所有患者的一般资料见表 1。

Table 1. General information and perioperative conditions of the two groups of patients

表 1. 两组患者的一般资料与围手术期情况

	前凸组(n = 50)	后凸组(n = 35)	p
年龄(岁)	63.20 ± 9.28	67.51 ± 8.41	0.031
性别(男/女)	17/33	16/19	0.275
BMI (kg/m^2)	25.42 ± 3.76	26.46 ± 3.81	0.217
诊断			0.195
腰椎管狭窄症	28	26	
腰椎滑脱	19	7	
腰椎侧弯	3	2	
手术节段			0.081
L2/3	3	2	
L3/4	8	13	
L4/5	39	20	

续表

合并内固定(是/否)	45/5	27/8	0.105
手术时间(min)	204.26 ± 53.84	190.71 ± 60.64	0.282
术中出血量(ml)	64.20 ± 42.67	66.00 ± 42.09	0.848
融合器位置(PGR)	33.39%	30.48%	0.028

3.2. 两组患者术前、术后及末次随访时的影像学对比

50例患者术后出现节段性前凸增大, 术后 SLA 平均增大 $5.68^\circ \pm 3.64^\circ$; 35例患者术后出现节段性前凸减小, 术后 SLA 平均减小 $3.58^\circ \pm 3.01^\circ$, 差异有明显统计学意义($p < 0.001$)。前凸组和后凸组的术前平均 DH 分别为(10.38 ± 4.25) mm 和(10.90 ± 2.33) mm, 无明显统计学差异($p = 0.464$)。但两组的术前 ADH 分别为(11.65 ± 4.38) mm 和(14.62 ± 3.91) mm, 存在明显的统计学差异。前凸组和后凸组的 FH 在术前、术后以及末次随访时均无明显统计学差异($p > 0.05$)。前凸组整体 LL 平均增大 $2.16^\circ \pm 10.15^\circ$, 后凸组整体 LL 平均减小 $1.67^\circ \pm 6.92^\circ$, 差异有统计学意义($p = 0.041$)。前凸组的术前 DA 和术前 SLA 分别为 $6.17^\circ \pm 4.78^\circ$ 和 $10.55^\circ \pm 7.88^\circ$, 后凸组的术前 DA 和术前 SLA 分别为 $9.70^\circ \pm 4.27^\circ$ 和 $17.00^\circ \pm 7.51^\circ$, 均存在明显的统计学差异($p < 0.001$)。前凸组术后 DA 平均增大 $3.35^\circ \pm 4.89^\circ$, 后凸组术后 DA 平均增大 $0.86^\circ \pm 3.60^\circ$, 存在统计学差异($p = 0.012$)。

Table 2. Imaging parameters of the two groups of patients

表 2. 两组患者的影像学参数

	前凸组(n = 50)	后凸组(n = 35)	p
椎间高度(DH, mm)			
术前前缘	11.65 ± 4.38	14.62 ± 3.91	0.002
术前后缘	7.07 ± 2.70	7.19 ± 3.09	0.848
术前平均	10.38 ± 4.25	10.90 ± 2.33	0.464
术后平均	13.64 ± 3.73	13.37 ± 2.16	0.705
变化	3.26 ± 2.75	2.46 ± 1.76	0.109
随访	11.55 ± 1.92	12.23 ± 2.32	0.143
椎间孔高度(FH, mm)			
术前	21.78 ± 2.54	22.12 ± 2.29	0.530
术后	24.17 ± 2.94	24.90 ± 2.54	0.239
变化	2.39 ± 2.44	2.78 ± 2.24	0.458
随访	22.84 ± 2.26	23.71 ± 2.21	0.083
椎间角度(DA, °)			
术前	6.17 ± 4.78	9.70 ± 4.27	<0.001
术后	9.52 ± 4.31	10.56 ± 4.17	0.270
变化	3.35 ± 4.89	0.86 ± 3.60	0.012
随访	11.06 ± 2.82	11.23 ± 3.35	0.805

续表

节段角度(SLA, °)				
术前	10.55 ± 7.88	17.00 ± 7.51	<0.001	
术后	16.24 ± 8.42	13.43 ± 7.12	0.111	
变化	5.68 ± 3.64	-3.58 ± 3.01	<0.001	
随访	17.19 ± 7.35	16.07 ± 7.42	0.494	
腰椎前凸角(LL, °)				
术前	38.26 ± 16.67	41.91 ± 13.35	0.286	
术后	40.43 ± 13.42	40.24 ± 10.68	0.944	
变化	2.16 ± 10.15	-1.67 ± 6.92	0.041	
随访	44.97 ± 13.84	43.76 ± 12.21	0.680	

3.3. 多因素回归分析

单因素分析显示, 年龄($p = 0.031$)、PGR ($p = 0.028$)、术前 ADH ($p = 0.002$)、术前 DA ($p < 0.0001$)、DA 变化值($p = 0.012$)、术前 SLA ($p < 0.001$)为影响术后节段前凸变化的影响因素, 将这些因素纳入多因素回归分析。多因素回归分析结果(见表 3)显示, PGR ($B = 0.326, p = 0.000$)是术后节段性前凸变化的预测因素, 且与术后 SLA 的变化呈正相关; 术前 SLA ($B = -0.162, p = 0.030$)也是术后节段性前凸变化的预测因素, 且与术后 SLA 的变化呈负相关。

Table 3. Multivariate regression analysis of predictive factors for segmental lordosis after surgery
表 3. 术后节段性前凸预测因素的多因素回归分析

	B	标准错误	Beta	t	p
年龄	-0.053	0.057	-0.086	-0.943	0.349
PGR	0.326	0.084	0.364	3.876	0.000
术前 ADH	-0.120	0.129	-0.094	-0.930	0.355
术前 DA	-0.052	0.164	-0.045	-0.317	0.752
DA 变化值	0.260	0.145	0.208	1.799	0.076
术前 SLA	-0.162	0.073	-0.237	-2.217	0.030

4. 讨论

腰椎呈生理性的向前弯曲, 称为腰椎前凸。腰椎前凸的作用是增加脊柱的弹性和稳定性, 分散脊柱的负荷, 保护脊髓和神经根, 以及适应人体的直立姿势[5]。腰椎前凸的测量通常采用 Cobb 法, 即以 L1 椎体上终板和 S1 上终板为基准线, 测量两线之间的夹角, 称为腰椎前凸角。除了腰椎前凸角外, 还可以测量腰椎的节段角度, 即每个节段椎体和椎间盘的前凸角度, 以反映腰椎前凸的分布和形态。腰椎前凸的大小和形状受多种因素的影响, 其中最重要的是骨盆的解剖和生物力学特征[6]。一般来说, LL 随着年龄的增长而减小, 尤其是在老年人群中, 这与椎间盘退变、骨质疏松、肌肉松弛等因素有关[7]。LL 在男性和女性之间没有显著差异, 但 Hay 等[6]的研究发现女性的 LL 略大于男性, 可能与女性的骨盆形态、韧带弹性、

脊柱曲度等因素有关。腰椎前凸在不同节段之间有明显的递增趋势, 即越靠近骶骨的节段, SLA 越大, 这可能与椎体和椎间盘的楔形程度、关节突关节的角度等因素有关[8]。随着年龄的增大, 腰椎退行性疾病的发生率逐渐上升, SLA 可能发生病理性增大及减小。如腰椎滑脱、腰椎侧凸等, 可能导致 SLA 发生病理性增大, 腰椎间的压力增加, 引起椎管狭窄、神经根受压等并发症[9]。腰椎间盘突出、腰椎骨折等可能导致 SLA 发生病理性减小, 进而导致腰椎的生物力学失衡, 引起腰背部疼痛、脊柱不稳、脊柱畸形等并发症[10]。

既往研究[11]已发现, OLIF 术后对于腰椎影像学参数的改善具有良好效果。Li 等[12]通过比较 OLIF 和 MIS-TLIF 在腰椎手术中对腰椎前凸的矫正效果发现, OLIF 比 MIS-TLIF 能够更好地恢复腰椎前凸和椎间高度, 尤其是在结合后路椎弓根螺钉内固定的情况下。Ricciardi 等[13]通过比较 OLIF 和 LLIF 在退行性脊柱疾病中的临床、影像学结果和并发症发现, OLIF 和 LLIF 在矫正腰椎前凸、节段前凸、椎间高度和角度方面没有显著差异, 但 OLIF 有更少的并发症, 尤其是在神经损伤和血管损伤方面。在本研究中, OLIF 术后 DA 平均矫正 2.32°, SLA 平均矫正 1.87°, DH 平均矫正 2.93 mm, 与既往研究结果相符。OLIF 术后 LL 平均增加 0.58°, 矫正效果不明显, 但在后续随访过程中 LL 增加明显, 相比术前平均增加 4.7°。发生这一现象的原因可能是本研究纳入的患者均为单节段, OLIF 术后早期, 由于融合器的支撑作用, 椎间高度、椎间孔高度均得到恢复, DA 和 SLA 也获得明显增加, 但由于其他节段的代偿, 以及融合尚不稳固, LL 增加不明显。在后期随访过程中, 随着腰椎矢状位的平衡重建, 融合逐渐稳定, 患者的临床症状得到明显改善, 有效缓解了腰腿部疼痛, 矢状面平衡得到进一步改善, LL 也获得更加显著的矫正。

OLIF 术后 SLA 的变化是评价手术效果的一个重要指标。Gong 等[2]通过回顾性分析 73 例(93 个节段)接受 OLIF 手术的患者影像学参数, 发现 OLIF 术后 SLA 平均增大 5.2°, 末次随访时平均减小 2°。在我们的研究中, 根据 OLIF 术后 SLA 的改变将患者分为了前凸组和后凸组, 前凸组共 50 例患者, 术后 SLA 平均增加 5.68°, 后凸组共 35 例患者, 术后 SLA 平均减小 3.58°。根据单因素和多因素回归分析的结果, 术前 SLA 是影响术后 SLA 变化的因素(单因素 $p < 0.001$, 多因素 $p = 0.030$), 且与 SLA 的变化值呈负相关。术前 SLA 越小, SLA 变化值越大, 即腰椎节段前凸增大; 术前 SLA 越大, SLA 变化值越小, 甚至变为负值, 即腰椎节段前凸减小, 腰椎存在后凸倾向。考虑原因是由于使用的融合器角度固定, 术前 SLA 过大的节段在置入融合器融合后, 为适应融合器的角度, 会产生相应的角度损失。反之, 术前 SLA 较小的节段, 在置入一定角度的融合器后, 椎间隙被相应撑开, SLA 得到增大。Liu 等[14]的研究发现, TLIF 术后较小前凸的节段术后变得前凸更大, 而较大前凸的节段在 TLIF 术后可能会丢失部分前凸, 与本研究的发现一致。在单因素分析中, 两组的术前 DA 和术前 ADH 均存在差异($p < 0.01$), 可能是影响 SLA 变化的因素, 但在多因素回归分析中, 两个变量显著性均不高($p > 0.05$), 考虑原因可能是由于两组间术前背侧 DH 无明显差异($p > 0.05$), 术前 DA 和术前 ADH 均在一定程度上反应了术前 SLA 的大小, 与术前 SLA 相关性较强, 因此显著性不明显。

本研究还发现, 融合器位置也是影响 SLA 变化的重要因素($p < 0.001$), 根据多元回归分析显示, PGR 与 SLA 的变化值呈正相关, 即融合器放置的位置越靠前, SLA 的变化值越大, 节段前凸增大越明显。这一现象与既往的研究结果一致。Gong 等[2]的研究发现, 将融合器放置在椎间隙的前部是 SLA 恢复的关键决定因素。Liu 等[14]的研究也发现, 融合器放置在更靠前位置上, OLIF 术后会产生更大的节段前凸。融合器放置在靠后的位置上有助于椎间高度的增加, 但同时也增加了发生融合器下沉的风险, 因此, 医生应将融合器放置在中间偏前的位置上, 以达到最佳的矢状面平衡[15]。

本研究也存在一些局限性。首先, 这是一项单中心回顾性研究, 应尽可能采取多中心前瞻性研究。其次, 样本数量较少, 应纳入更多患者, 以减少误差。第三, 随访时间较短, 应进一步做更远期随访。第四, 纳入的评价指标太少, 应纳入更多指标进行更全面的研究。因此, 需要更大样本量、更多指标的长期随访, 以验证结论的可靠性。

参考文献

- [1] 李生黎, 范顺武, 赵凤东. OLIF 的临床应用与研究进展[J]. 西安交通大学学报(医学版), 2022, 43(1): 18-24.
- [2] Gong, K., Lin, Y., Wang, Z., Li, F. and Xiong, W. (2022). Restoration and Maintenance of Segment Lordosis in Oblique Lumbar Interbody Fusion. *BMC Musculoskeletal Disorders*, **23**, 914. <https://doi.org/10.1186/s12891-022-05855-z>
- [3] Chung, H.W., Lee, H.D., Jeon, C.H. and Chung, N.S. (2021) Comparison of Surgical Outcomes between Oblique Lateral Interbody Fusion (OLIF) and Anterior Lumbar Interbody Fusion (ALIF). *Clinical Neurology and Neurosurgery*, **209**, 106901. <https://doi.org/10.1016/j.clineuro.2021.106901>
- [4] Landham, P.R., Don, A.S. and Robertson, P.A. (2017) Do Position and Size Matter? An Analysis of Cage and Placement Variables for Optimum Lordosis in PLIF Reconstruction. *European Spine Journal*, **26**, 2843-2850. <https://doi.org/10.1007/s00586-017-5170-z>
- [5] Wang, Z.X. and Hu, Y.G. (2021) Imaging Analysis of the High-Intensity Zone on Lumbar Spine Magnetic Resonance Images: Classification, Features and Correlation with Low Back Pain. *Journal of Pain Research*, **14**, 2981-2989. <https://doi.org/10.2147/JPR.S332509>
- [6] Hay, O., Dar, G., Abbas, J., Stein, D., May, H., Masharawi, Y., Peled, N. and Hershkovitz, I. (2015) The Lumbar Lordosis in Males and Females, Revisited. *PLOS ONE*, **10**, e0133685. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0133685>
- [7] Dreischarf, M., Albiol, L., Rohlmann, A., Pries, E., Bashkuev, M., Zander, T., Duda, G., Druschel, C., Strube, P., Putzier, M. and Schmidt, H. (2014) Age-Related Loss of Lumbar Spinal Lordosis and Mobility: A Study of 323 Asymptomatic Volunteers. *PLOS ONE*, **9**, e116186. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0116186>
- [8] Sparrey, C.J., Bailey, J.F., Safaee, M., Clark, A.J., Lafage, V., Schwab, F., Smith, J.S. and Ames, C.P. (2014) Etiology of Lumbar Lordosis and Its Pathophysiology: A Review of the Evolution of Lumbar Lordosis, and the Mechanics and Biology of Lumbar Degeneration. *Neurosurgical Focus*, **36**, E1. <https://doi.org/10.3171/2014.1.FOCUS13551>
- [9] Yamada, K., Suzuki, A., Takahashi, S., Inui, K., Koike, T., Okano, T., Yabu, A., Hori, Y., Toyoda, H. and Nakamura, H. (2022) Incidence of and Risk Factors for Spondylolisthesis, Scoliosis, and Vertebral Fracture in Rheumatoid Arthritis. *Journal of Bone and Mineral Metabolism*, **40**, 120-131. <https://doi.org/10.1007/s00774-021-01261-y>
- [10] Zhan, Z., Li, R., Fu, D., Han, H. and Meng, B. (2023) Correlation Analysis of Lumbar Disc Herniation with Lumbar Lordosis, Intervertebral Angle and Lumbosacral Angle in Young Patients. *Research Square*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2741153/v1>
- [11] Sun, D., Liang, W., Hai, Y., Yin, P., Han, B. and Yang, J. (2023) OLIF versus ALIF: Which Is the Better Surgical Approach for Degenerative Lumbar Disease? A Systematic Review. *European Spine Journal*, **32**, 689-699. <https://doi.org/10.1007/s00586-022-07516-0>
- [12] Li, J., Chen, Y., Wu, H., Gan, K., Bei, D., Fan, T., Chen, J., Zhao, F. and Chen, B. (2023) Can Oblique Lateral Interbody Fusion (OLIF) Create More Lumbosacral Lordosis in Lumbar Spine Surgery Than Minimally Invasive Transforaminal Interbody Fusion (MIS-TLIF)? *Frontiers in Surgery*, **9**, 1063354. <https://doi.org/10.3389/fsurg.2022.1063354>
- [13] Ricciardi, L., Piazza, A., Capobianco, M., Della Pepa, G.M., Miscusi, M., Raco, A., Scerrati, A., Somma, T., Lofrese, G. and Sturiale, C.L. (2023) Lumbar Interbody Fusion Using Oblique (OLIF) and Lateral (LLIF) Approaches for Degenerative Spine Disorders: A Meta-Analysis of the Comparative Studies. *European Journal of Orthopaedic Surgery & Traumatology*, **33**, 1-7. <https://doi.org/10.1007/s00590-021-03172-0>
- [14] Liu, J., Duan, P., Mummaneni, P.V., Xie, R., Li, B., Dong, Y., Berven, S. and Chou, D. (2021) Does Transforaminal Lumbar Interbody Fusion Induce Lordosis or Kyphosis? Radiographic Evaluation with a Minimum 2-Year Follow-Up. *Journal of Neurosurgery*, **35**, 419-426. <https://doi.org/10.3171/2020.12.SPINE201665>
- [15] Qiao, G., Feng, M., Liu, J., Wang, X., Ge, M., Yang, B. and Yue, B. (2022) Does the Position of Cage Affect the Clinical Outcome of Lateral Interbody Fusion in Lumbar Spinal Stenosis? *Global Spine Journal*, **12**, 204-208. <https://doi.org/10.1177/2192568220948029>