

临床论著

下腰椎单节段经椎间孔腰椎体间融合术后
融合器沉降对腰椎矢状面形态的影响周庆双¹, 陈 曦¹, 李 松², 徐 亮², 杜长志¹, 邱 勇^{1,2}, 王 斌², 朱泽章^{1,2}, 孙 旭^{1,2}

(1 南京医科大学鼓楼临床医学院脊柱外科 210008 南京市; 2 南京大学医学院附属鼓楼医院脊柱外科 210008 南京市)

【摘要】目的:探讨下腰椎单节段经椎间孔椎体间融合术(transforaminal lumbar interbody fusion, TLIF)术后融合器沉降对腰椎矢状面形态的影响。**方法:**回顾性分析于 2015 年 1 月~2017 年 1 月在我院就诊的行 L4/5 或 L5/S1 单节段 TLIF 患者, 共有 114 例患者纳入本研究, 其中男 31 例, 女 83 例, 年龄 57.0 ± 11.6 岁(31~74 岁), 随访时间 29.8 ± 4.3 个月。按照手术的节段不同分为 L4/5 组(65 例)和 L5/S1 组(49 例); 根据术后 1 年 CT 融合器沉降情况分为沉降组(沉降 ≥ 2 mm, 22 例)和未沉降组(沉降 < 2 mm, 92 例)。在术前、术后 3 个月以及末次随访站立位全脊柱侧位 X 线片测量腰椎前凸角(lumbar lordosis, LL)、局部前凸角(segmental lordosis, SL)、椎间隙高度(disc height, DH), 分别通过术后 3 月-术前和末次随访-术后三月差值表示手术重建情况以及随访丢失情况, 同时填写 Oswestry 功能障碍指数(Oswestry disability index, ODI)量表和 VAS 疼痛评分量表评估生活质量。通过独立样本 t 检验比较数值变量, 同时采用卡方检验对分类变量进行检验, $P < 0.05$ 有统计学差异。**结果:**L4/5 组和 L5/S1 组术前、术后 3 月及末次随访时 LL、SL 及 DH 无统计学差异($P > 0.05$), 而 L4/5 组术后 3 个月随访时 LL($4.8^\circ \pm 1.0^\circ$ vs $3.2^\circ \pm 0.96^\circ$, $P < 0.001$)和 SL($2.7^\circ \pm 0.5^\circ$ vs $-0.15^\circ \pm 0.79^\circ$, $P < 0.001$)重建明显优于 L5/S1 组, 且在末次随访时的 LL(-1.1 ± 1.4 vs $-1.7^\circ \pm 1.3^\circ$, $P < 0.05$)和 SL($-0.53^\circ \pm 0.57^\circ$ vs $-0.84^\circ \pm 0.93^\circ$, $P < 0.05$)矫正丢失更小。此外, 两组患者 DH 重建及随访丢失无统计学差异($P > 0.05$)。纳入本研究患者术后 1 年融合器沉降发生率为 19.3%, L5/S1 组沉降率高于 L4/5, 但无统计学差异(15.4% vs 24.5%, $P > 0.05$)。沉降组年龄高于未沉降组(62.1 ± 10.9 岁 vs 55.8 ± 11.7 岁, $P < 0.05$)。两组患者术前、术后 3 个月、末次随访及手术重建 LL、SL 及 DH 无统计学差异($P > 0.05$), 而沉降组末次随访 LL($-3.5^\circ \pm 1.4^\circ$ vs $-1.1^\circ \pm 0.94^\circ$)、SL($-1.11^\circ \pm 0.89^\circ$ vs $-0.33^\circ \pm 0.71^\circ$)及 DH(-0.98 ± 1.2 mm vs -0.39 ± 0.19 mm)丢失均显著高于未沉降组($P < 0.05$)。沉降组年龄与未沉降组之间术前、术后早期及末次随访 ODI、VAS 腰痛和 VAS 腿痛无统计学差异($P > 0.05$)。**结论:**下腰椎 L5/S1 单节段 TLIF 术后 1 年融合器沉降发生率高于 L4/5。融合器沉降导致 SL 和 LL 的丢失, 但未明显降低患者生活质量。

【关键词】下腰椎单节段; 经椎间孔腰椎体间融合术; 融合器沉降; 腰椎矢状面形态

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2019.06.09

中图分类号: R687.3 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2019)-06-0536-08

Cage subsidence after monosegmental transforaminal lumbar interbody fusion at the lower lumbar spine: its effect on sagittal alignment/ZHOU Qingshuang, CHEN Xi, LI Song, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2019, 29(6): 536-543

【Abstract】Objectives: To investigate the effects of cage subsidence after monosegmental transforaminal lumbar interbody fusion(TLIF) at the lower lumbar spine on the sagittal alignment outcomes. **Methods:** A consecutive cohort of 114 patients (31 males and 83 females) was retrospectively reviewed, who had received monosegmental TLIF at L4/5 or L5/S1 level between January 2015 and January 2017, with an average age of 57.0 ± 11.6 years (31-74 years) and a mean follow-up of 29.8 ± 4.3 months. There were 65 patients receiving TLIF at L4/5 and 49 at L5/S1. They were also classified into the cage subsidence group and the non-subsidence group, with 22 patients in the cage subsidence group and 92 patients in the non-subsidence group,

基金项目:国家自然科学基金(项目编号:81772422);江苏省科技发展计划项目(项目编号:BE2017606)

第一作者简介:男(1993-), 硕士研究生, 研究方向:脊柱外科

电话: (0152)50967635 E-mail: zqs2017121221@126.com

通讯作者: 孙旭 E-mail: drsunxu@163.com

respectively. Lumbar lordosis(LL), segmental lordosis(SL) and disc height(DH) parameters were measured to evaluate the radiographic outcomes. The 3 months after postoperative parameters minus its values in preoperation and the final follow-up values minus the values in 3 months after postoperative represented reconstruction and the loss of follow-up respectively. Oswestry disability index (ODI) and visual analogue scale (VAS) were collected to evaluate the clinical outcomes. The student T test was used to compare continuous variables and chi-squared test for categorical variables($P<0.05$ was considered statistically significant). **Results:** There was no statistical significance in preoperative, postoperative and final follow-up LL, SL or DH between the L4/5 group and the L5/S1 group($P>0.05$). However, the reconstruction of LL and SL in the L4/5 group were superior than those in the L5/S1 group($4.8^{\circ}\pm 1.0^{\circ}$ vs $3.2^{\circ}\pm 0.96^{\circ}$, $P<0.001$). Also, patients in the L5/S1 group were noted to have more significant loss in LL and SL ($2.7^{\circ}\pm 0.5^{\circ}$ vs $-0.15^{\circ}\pm 0.79^{\circ}$, $P<0.001$). In addition, there was no significant difference in reconstruction or loss of DH between two groups($P>0.05$). The incidence of cage subsidence in this study was 19.4%, being a little higher at L5/S1 than L4/5(15.4% vs 24.5%) but without statistical significance ($P>0.05$). The age in the cage subsidence group was older than the non-subsidence group($P<0.05$). There was no statistical significance of reconstructive LL, SL and DH between the cage subsidence group and the non-subsidence group at preoperation, postoperation and the final follow-up($P>0.05$). However, the losses of LL, SL and DH in the cage subsidence group were higher than those in the non-subsidence group at the final follow-up($P<0.05$), but the patient reported outcomes were not significantly different between two groups with/without cage subsidence before surgery or at each follow-up ($P>0.05$). **Conclusions:** About 19.3% of patients experienced cage subsidence after monosegmental TLIF at the lower lumbar spine, slightly more frequently at L5/S1 than L4/5. Cage subsidence had a significant association with correction loss of SL and LL, but it did not affect patient reported outcomes.

[Key words] Monosegmental; Transforaminal lumbar interbody fusion; Cage subsidence; Lumbar sagittal alignment

[Author's address] Department of Spine surgery, Nanjing Drum Tower Hospital Clinical College of Nanjing Medical University, Nanjing, 210008, China

人体下腰椎常承受较高的应力, 导致退行性疾病常出现在下腰椎, 如椎间盘突出症、椎管狭窄症以及腰椎滑脱症等^[1-3]。下腰椎退行性疾病通常伴随椎间盘严重退变、塌陷, 导致局部前凸减小, 进而影响脊柱整体的平衡^[2,4]。下腰椎退行性疾病常出现在 L4/5 或 L5/S1 节段, 不同节段的退行性疾病对局部和脊柱整体矢状面形态影响存在差异, 且不同节段行手术治疗对局部前凸和整体矢状面形态影响存在差异^[5,6]。经椎间孔腰椎体间融合术 (transforaminal lumbar interbody fusion, TLIF) 是治疗下腰椎退行性疾病的标准术式, 在椎体间置入融合器目的在于重建椎间隙高度及椎间隙前凸角, 进而恢复腰椎正常矢状面形态^[4]。然而, TLIF 术后及随访时发生融合沉降在临床上并不少见^[7,8]。融合器沉降在 X 线片上表现为融合器嵌入终板或松质骨, 导致椎间高度丢失、前柱支撑作用减弱, 局部前凸和腰椎前凸减少, 进而导致进行性脊柱畸形、神经功能恶化及不融合等不良后果^[9]。目前, 对于下腰椎不同节段内固定融合术后

融合器沉降发生风险尚存在较大争议。此外, 融合器沉降对腰椎矢状面形态的影响及其与术后生活质量的关系尚不清楚。本研究回顾性分析在我院就诊的行 L4/5 或 L5/S1 单节段 TLIF 手术的患者临床疗效以及影像学资料, 比较下腰椎不同节段 TLIF 术后融合器沉降发生情况, 探讨融合器沉降对矢状面形态的影响以及与生活质量的的关系。

1 资料和方法

1.1 一般资料

回顾性分析于 2015 年 1 月~2017 年 1 月在我院就诊的行 L4/5 或 L5/S1 单节段 TLIF 患者。纳入标准: (1) 年龄 >30 岁; (2) L4/5 或 L5/S1 责任节段的椎间盘突出症、椎管狭窄症以及低度滑脱症 (Myerding's I~II); (3) 经保守治疗无效; (4) 行 L4/5 或 L5/S1 单节段 TLIF; (5) 有完整影像学及临床资料。排除标准: (1) 因术中操作破坏终板导致术后即刻出现融合器沉降者; (2) 既往脊柱手术、创伤史或合并脊柱其他疾病 (包括结核肿瘤感

染脊柱侧凸和代谢性骨病等);(3) 术后发生急性或迟发性深部感染者。所有患者拍摄术前站立位全脊柱正侧位片,腰椎 CT 平扫+三维重建及腰椎 MRI 平扫;常规于术后 3、6、12 个月及每隔 1 年至门诊随访并拍摄全脊柱正侧位 X 线片,填写 Oswestry 功能障碍指数 (Oswestry disability index, ODI) 量表和疼痛视觉模拟评分 (visual analogue scale, VAS) 量表评估腰痛和腿痛。术后 1 年复查腰椎 CT 评估融合器沉降以及椎体融合情况。共有 114 例患者纳入本研究,其中男 31 例,女 83 例,年龄 57.0 ± 11.6 岁 (31~74 岁)。

1.2 手术方法

以 L4/5 单节段 TLIF 为例,患者采用全身麻醉后取俯卧位,后正中切口分离并显露责任节段椎体和下一节段以及小关节突,确定椎弓根进钉点,在 L4 和 L5 两侧分别置入椎弓根螺钉。

根据术前影像学特点和临床症状制定手术方案,需行全椎板减压者先行全椎板切除,再从症状严重侧作为入路侧切除该侧 L4 下关节突及 L5 上关节突下部内侧,切除黄韧带后暴露椎间孔和椎间盘的后外侧,保护椎管内硬膜下位神经根及椎间孔内神经根后切开椎间盘,使用髓核钳清除髓核并用刮匙清理上、下终板直至显露终板下骨。置棒连接椎弓根螺钉后撑开椎间隙,使用终板刮匙尽量去除软骨终板,冲洗后椎间隙内植入自体骨颗粒(取自终板、棘突等)等,选择适当尺寸的填塞自体骨的 PEEK 融合器置入椎间隙,加压锁紧连接棒。冲洗、安放引流、缝合伤口。

1.3 影像学测量指标

所有的放射学参数由独立的脊柱外科医师测量 2 次后取平均值。在术前、术后以及末次随访站立位全脊柱正侧位 X 线片测量以下参数:腰椎前

凸角 (lumbar lordosis, LL), L1 上终板与 S1 上终板的夹角,以前凸为正;局部前凸角 (segmental lordosis, SL), 融合节段上终板线与融合节段下终板线夹角,以前凸为正;椎间隙高度 (disc height, DH), 椎间隙前、后缘高度的平均值 (图 1)。

通过术后 1 年腰椎 CT 矢状位三维重建评估融合器沉降以及椎体融合情况。融合节段上下终板之间存在连续骨或骨小梁时定义为融合^[10,11]。如果融合器周围有可见的放射性通透性,或连续骨 $< 1\text{mm}$,则考虑未融合。若融合器向相邻的上、下椎体终板的总位移 $\geq 2\text{mm}$ 则定义为发生融合器沉降^[9,10]。

1.4 患者分组

所有患者根据不同节段病变行单节段 TLIF 术分为 L4/5 组和 L5/S1 组。同时,根据术后 1 年 CT 评估融合器沉降情况分为两组^[9,10]:沉降组,融合器向相邻的上、下椎体终板的总位移 $\geq 2\text{mm}$;未沉降组,融合器向相邻的上、下椎体终板的总位移 $< 2\text{mm}$ 。

1.5 统计学方法

采用 SPSS 20.0 (SPSS 公司,美国)统计软件包对数据进行统计学处理。经正态性检验,对服从或近似服从正态分布的数据采用 $(\bar{x} \pm s)$ 表示。将不同节段组之间以及沉降组和非沉降组之前手术前、后以及随访的影像学参数和生活质量评估指标采用独立样本 t 检验;同时采用卡方检验对分类变量进行比较。检验水准 α 值取双侧 0.05。

2 结果

患者一般资料详见表 1。术后 1 例出现一过性 L5 神经根麻痹症状,经保守治疗后改善,3 例出现脑脊液漏,经保守治疗恢复良好。在术后 1 年



图 1 测量参数示意图:腰椎前凸角 (lumbar lordosis, LL), L1 上终板与 S1 上终板的夹角;局部前凸角 (segmental lordosis, SL), 融合节段上终板线与融合节段下终板线夹角;椎间隙高度 (disc height, DH), 椎间隙前缘高度 (line 1) 和椎间隙后缘高度 (line 2) 的平均值

Figure 1 Illustration of radiographic parameter measurements: Disc height (DH) was defined as an average of the anterior (Line 1) and posterior (Line 2) margins of the intervertebral space; Lumbar lordosis (LL) was defined as the angle between the upper endplate of L1 and the upper endplate of S1; Segmental lordosis (SL) was defined as the angle subtended by the superior endplate line of L4 and the inferior endplate line of L5

随访时发现 1 枚 S1 螺钉发生断裂,但患者无明显腰痛不适症状;其余患者 1 年随访时均获得骨性融合(融合率 99.1%)。于 L4/5 行 TLIF 有 65 例, L5/S1 有 49 例,两组患者术前、术后 3 个月及末次随访时 LL、SL 及 DH 无统计学差异 ($P>0.05$)。而 L4/5 组术后 3 个月随访时 LL 和 SL 重建明显优于 L5/S1 组 ($P<0.001$),且在末次随访时 LL 和 SL 矫正丢失更小 ($P<0.05$)。此外,两组患者 DH 重建及随访丢失无统计学差异 ($P>0.05$) (表 2)。

本研究融合器沉降发生率为 19.3%, L5/S1 节段沉降率高于 L4/5 节段 (15.4% vs 24.5%), 两组之间无统计学差异 ($P>0.05$)。融合器沉降组与未沉降组一般资料及腰椎矢状面形态比较见表 3。沉降组年龄高于未沉降组 ($P<0.05$), 两组患者其余术前一般资料无统计学差异 ($P>0.05$)。两组患者术前、术后 3 个月、末次随访及手术重建 LL、SL 及 DH 无统计学差异 ($P>0.05$), 而沉降组末次随访 LL、SL 及 DH 丢失均显著高于未沉降组 ($P<0.05$, 表 3)。两组之间术前、术后早期及末次随访 ODI 评分、VAS-BP 和 VAS-LP 评分无统计学差异 ($P>0.05$)。典型病例见图 2、3。

3 讨论

3.1 融合器沉降发生情况

本研究结果表明下腰椎单节段 TLIF 术后 1 年融合器沉降发生率为 19.3%, L5/S1 节段沉降率高于 L4/5 节段。Kim 等^[8]研究结果结果表明使用 PEEK 融合器微创 TLIF 术后融合器沉降发生率为 9%, 其中 L5/S1 节段沉降率最高。邓乾兴等^[7]研究结果提示, PEEK 融合器的 TLIF 术后 Cage 沉

表 1 纳入患者一般资料

Table 1 Demographic information of patients

参数 Parameter	数据 Data
年龄(岁) Age	57.0±11.6
男/女 Male/female	31/83
BMI(kg/m ²)	24.4±4.1
诊断 Diagnosis	
椎间盘突出 Disc herniation	37
椎管狭窄 Lumbar stenosis	30
腰椎滑脱 Lumbar spondylolisthesis	47
手术时间(min) Operation time	176.1±55.0
出血量(ml) Blood loss	416.8±125.2
随访时间(月) Follow-up	29.8±4.3

表 2 L4/5 组和 L5/S1 组一般资料和腰椎矢状面参数比较

Table 2 Comparison of demographic information and lumbar alignment parameters between L4/5 and L5/S1 group

	L4/5 组 L4/5 group	L5/S1 组 L5/S1 group	P 值 P values
年龄(岁) Age	58.2±11.3	55.4±12.1	0.207
男/女 Male/female	15/50	16/33	0.35
BMI(kg/m ²)	23.8±4.3	25.1±3.9	0.106
诊断 Diagnosis			0.181
椎间盘突出 Disc herniation	24	13	
椎管狭窄 Lumbar stenosis	19	11	
腰椎滑脱 Lumbar spondylolisthesis	22	25	
手术时间(min) Operation time	172.3±52.1	181.0±58.6	0.407
出血量(ml) Blood loss	410.2±113.1	425.6±139.8	0.517
随访时间(月) Follow-up	29.5±4.1	30.3±4.5	0.325
腰椎前凸角(°) Lumbar lordosis			
术前 Preoperatively	49.6±9.6	52.1±10.2	0.184
术后 3 个月 3 month postoperatively	54.4±9.9	55.3±10.3	0.638
末次随访 Final follow-up	53.3±10.2	53.4±10.5	0.849
术后 3 个月-术前 3 month postoperatively - preoperatively	4.8±1.0	3.2±0.96	<0.001
末次随访-术后 3 个月 Final follow-up - 3 month postoperatively	-1.1±1.4	-1.7±1.3	0.041
局部前凸角(°) Segmental lordosis			
术前 Preoperatively	16.7±5.5	18.7±6.7	0.089
术后 3 个月 3 month postoperatively	19.4±5.8	18.5±6.3	0.459
末次随访 Final follow-up	18.9±6.1	17.7±6.0	0.311
术后 3 个月-术前 3 month postoperatively - preoperatively	2.7±0.56	-0.15±0.79	<0.001
末次随访-术后 3 个月 Final follow-up - 3 month postoperatively	-0.53±0.57	-0.84±0.93	0.043
椎间隙高度(mm) Disc height			
术前 Preoperatively	10.9±2.8	11.4±2.6	0.284
术后 3 个月 3 month postoperatively	13.0±2.6	12.8±2.6	0.739
末次随访 Final follow-up	12.5±2.7	12.2±2.6	0.625
术后 3 个月-术前 3 month postoperatively - preoperatively	2.1±4.0	1.1±4.1	0.195
末次随访-术后 3 个月 Final follow-up - 3 month postoperatively	-0.54±0.87	-0.62±0.49	0.558

表 3 融合器沉降组与未沉降组矢状面形态比较

Table 3 Comparison of demographic information between cage subsidence and non-subsidence groups

	沉降组 Subsidence group	无沉降组 Non-subsidence group
沉降节段 Cage subsidence level		
L4/5 level	10	55
L5/S1 level	12	37
腰椎前凸角(°) Lumbar lordosis		
术前 Preoperatively	51.2±9.0	50.5±10.1
术后 3 个月 3 month postoperatively	55.0±8.8	54.8±10.3
末次随访 Final follow-up	51.5±8.8	53.7±10.6
术后 3 个月-术前 3 month postoperatively - preoperatively	3.7±1.4	4.3±1.2
末次随访-术后 3 个月 Final follow-up - 3 month postoperatively	-3.5±1.4	-1.1±0.94
局部前凸角(°) Segmental lordosis		
术前 Preoperatively	20.7±5.4	20.5±6.3
术后 3 个月 3 month postoperatively	21.3±5.8	21.8±6.0
末次随访 Final follow-up	20.1±6.2	21.5±6.1
术后 3 个月-术前 3 month postoperatively - preoperatively	0.58±1.4	1.3±1.5
末次随访-术后 3 个月 Final follow-up - 3 month postoperatively	-1.11±0.89	-0.33±0.71
椎间隙高度(mm) Disc height		
术前 Preoperatively	11.2±2.9	11.1±2.7
术后 3 个月 3 month postoperatively	12.6±2.8	12.9±2.6
末次随访 Final follow-up	11.7±2.8	12.5±2.6
术后 3 个月-术前 3 month postoperatively - preoperatively	1.2±3.9	1.8±2.3
末次随访-术后 3 个月 Final follow-up - 3 month postoperatively	-0.98±1.2	-0.39±0.19
ODI(%)		
术前 Preoperatively	49.6±8.9	48.1±7.8
术后 3 个月 3 month postoperatively	21.7±6.1	19.6±7.3
末次随访 Final follow-up	19.8±5.6	19.2±4.8
VAS腰痛(分)		
术前 Preoperatively	6.6±2.4	6.2±2.1
术后 3 个月 3 month postoperatively	2.2±1.2	2.1±0.9
末次随访 Final follow-up	2.4±1.4	2.2±0.9
VAS腿痛(分)		
术前 Preoperatively	6.5±2.1	6.2±1.7
术后 3 个月 3 month postoperatively	1.8±1.4	1.7±1.0
末次随访 Final follow-up	2.0±1.7	1.9±1.2

降发生率为下沉发生率约 33.6%, 而 L4/5 节段沉降率最高, Beutler 等^[12] 研究结果同样发现使用 BAK 融合器的 ALIF 术后 cage 沉降发生率为 10.2%, L4/5 节段的沉降率最高。目前, 关于腰椎融合术后融合器沉降发生率以及不同节段发生融合器沉降的风险尚不明确, 这可能与术式、融合器的选择、融合器放置位置以及融合器沉降的标准尚未统一等相关。李春林等^[3]通过 MRI 评估腰椎终板形态, 结果表明下腰椎终板形态随节段下降平坦型终板逐渐多见, 且 L5/S1 节段主要为平坦型。终板形态重塑可能导致终板生物力学效应发生变化。终板硬化导致其刚度增加, 进而导致载荷从椎体骨小梁转移到终板^[10]。TLIF 置入的椎间融合器和硬化的终板接触部分应力显著增大, 并进一步分散到椎体, 进而导致终板和下方骨小梁的损伤, 这可能和融合术后发生融合器沉降密切相关^[10,11]。此外, 生物力学试验表明椎间盘退变与终板形态重塑密切相关, L5/S1 终板形态学的改变^[3]可能与术后融合器沉降密切相关^[13,14]。

3.2 融合器沉降对腰椎矢状面形态的影响

本研究结果表明下腰椎 L4/5 单节段 TLIF 对 SL 和 LL 重建好于 L5/S1, 且随访时维持稳定。Fujii 等^[15]研究表明单纯减压可以解除由疼痛导致的腰椎前凸的减少^[16,17]。而 Kim 等^[8]研究提示手术重建局部前凸角对恢复腰椎前凸有重要意义, 这是因为单节段脊柱退行性病变术后腰椎矢状面形态受局部前凸角的影响。TLIF 术通过松解、置入椎间融合器、加压固定增加局部前凸来改善腰椎前凸以及脊柱整体矢状面形态。由于骶骨长杠杆臂具有的固有刚性导致对 L5/S1 节段加压困难, 同时两侧髂嵴以及肌肉等软组织增加手术操作困难, 导致 L5/S1 局部前凸重建困难, 术后 LL 改善不明显^[9]。Cho 等^[9]研究同样表明, 下腰椎短节段融合术下融合椎至 L4 或 L5 术后局部前凸、腰椎前凸以及矢状面形态改善好于下融合椎至 S1。

本研究结果表明 L5/S1 节段术后 1 年融合器沉降发生率高于 L4/5 节段, 融合器沉降组末次随访时丢失的 DH、SL 及 LL 显著高于无沉降组, 可能导致 L5/S1 单节段 TLIF 患者末次随访时丢失部分 DH、SL 以及 LL。融合器沉降的危险因素众多, 邓乾兴等^[7]研究表明术后椎间隙高度是融合器沉降的危险因素, 本质上可能由于术中椎间隙过度撑开导致融合器对终板的损伤以及融合器-

终板界面接触面积减小有关,融合沉降导致局部前凸以及整个腰椎前凸的减小,这和本研究结论相一致^[4,16,17]。而 Oh 等^[10]研究表明融合器沉降组和无沉降组术后局部前凸以及整个腰椎前凸丢失无显著相关性,这可能与研究对象以及融合器沉降标准不一致相关。正常人 L4~S1 前凸角通常占整

个腰椎前凸约 60%^[2,18],下腰椎退行性疾病包括腰椎间盘突出症、椎管狭窄症及腰椎滑脱症通常伴随椎间隙前凸减小、甚至后凸,导致 L4~S1 前凸角占整个腰椎前凸比例减小^[2,4]。TLIF 有利于重建椎间隙高度获得间接加压、恢复腰椎正常矢状面形态,而术后发生融合器沉降通常导致腰椎形态



图 2 女,57 岁,诊断为 L4/5 退变性滑脱症 **a** 术前 LL=52.2°,SL=16.1° **b** 行 L4/5 单节段 TLIF 术后 3 个月 LL=57.9°,SL=19.1° **c** 术后一年腰椎 CT 三维重建提示骨性融合,融合器在位 **d** 术后 29 个月随访 X 线片示 LL=57.1°,SL=18.6° **图 3** 女,54 岁,诊断为 L5/S1 峡部裂性滑脱 **a** 术前 LL=49.2°,SL=18.1° **b** 行 L4/5 单节段 TLIF 术后 3 个月 LL=51.4°,SL=19.2° **c** 术后 1 年腰椎 CT 三维重建提示骨性融合,融合器沉入 L5 下终板 3.1mm **d** 术后 32 个月随访 X 线片示 LL=50.1°,SL=17.6°

Figure 2 A 57-year-old male was diagnosed with L4/5 degenerative spondylolisthesis **a** Preoperative LL=52.2° and SL=16.1° **b** The patient underwent L4/5 TLIF, and reconstruction of segmental lordosis and lumbar lordosis was achieved with LL=57.9° and SL=19.1° at 3 months after TLIF surgery **c** Solid fusion was achieved with cage in situ on 3D-CT sagittal image at 1 year after surgery **d** Segmental lumbar alignment was well maintained at follow-up of 29 months with LL=57.1° and SL=18.6° **Figure 3** A 54-year-old male was diagnosed with L5/S1 isthmus spondylolisthesis **a** Preoperative LL=49.2° and SL=18.1° **b** The patient underwent L5/S1 TLIF, and reconstruction of segmental lordosis and lumbar lordosis was achieved with LL=51.4° and SL=19.2° at 3 months after TLIF surgery **c** Solid fusion was achieved with cage subsidence (3.1 mm on L5 lower endplate) on 3D-CT sagittal image at 1 year after surgery **d** Segmental lumbar alignment lose to LL=50.1° and SL=17.6° at 29 months follow-up

发生改变,可能导致再手术率增高、增加邻近节段退变风险以及发生整体矢状面代偿等^[19]。随着年龄的增长,腰椎前凸缓慢丢失以及整体矢状面发生前移可能与末次随访矢状面重建丢失相关^[20]。同时,人类双足直立的特性导致在日常生活中弯腰等动作明显增加融合器前部和椎体之间的应力,而 L5/S1 作为脊柱骨盆连接处承受的应力进一步加大,可能增加融合器发生沉降的风险^[2]。本研究结果表明,下腰椎 TLIF 手术对腰椎退行性疾病腰椎矢状面形态重建总体效果满意,但外科医生对 L5/S1 行单节段 TLIF,应充分松懈软组织、置入合适融合器等重建腰椎矢状面形态,同时术中应仔细操作、避免终板损伤以及避免过度加压使融合器-终板接触面受力不均,使术后容易发生融合器沉降导致重建椎间隙高度丢失、甚至发生腰椎矢状面形态失平衡,进而影响脊柱整体矢状面形态。

3.3 融合沉降对生活质量的影響

本研究结果表明 TLIF 手术可显著提高下腰椎退行性疾病患者生活质量,且术后两年后可维持稳定;此外,TLIF 术后早期发生融合器沉降对生活质量无明显影响。Aoki 等^[21]报道术后丢失 LL 与术后残留的腰痛症状相关。目前融合器沉降与临床疗效的相关性仍存在争议,但大多数研究表明融合器沉降与临床疗效无显著相关性。既往研究结果提示腰椎手术后腰椎前凸角重建不足增加邻近退变的风险^[12,22],特别是下腰椎前凸占整个腰椎前凸百分比不足是腰椎术后矢状面失平衡的重要原因,并且和术后生活质量密切相关^[23,24]。本研究结果表明,下腰椎单节段 TLIF 术后矢状面形态重建良好,虽然末次时融合器沉降导致丢失部分 DH、SL 以及 LL,但腰椎矢状面形态以及脊柱整体矢状面形态仍保持平衡,且 TLIF 手术减压充分、所有患者在末次随访时均获得骨性融合,这可能与本研究结果中融合器沉降组生活质量与未沉降组相比无显著差异相关。关于融合器沉降对脊柱矢状面形态的影响以及和生活质量的关系需要更长时间的随访以及更高质量的研究来证明。

本研究局限性在于:(1) 本研究为回顾性研究,未纳入骨密度等可能与融合器沉降相关因素;(2) 本研究未评估两组患者术前终板形态及其对手术疗效的影响;(3) 本研究由于发生 cage 沉降病例数较少,且大部分沉降程度较轻,未进一步按

照沉降严重程度分组分析融合器沉降严重程度对生活质量的影響。本研究结果表明,对于 L5/S1 行单节段手术治疗时应尽量增加局部前凸角、增大植骨量以获得更加坚固的融合,同时应尽量避免融合器沉降导致重建的椎间隙高度和局部前凸角的丢失。

综上所述,19.3%的下腰椎单节段 TLIF 术后发生融合器沉降,L5/S1 沉降发生率高于 L4/5。下腰椎 L4/5 单节段 TLIF 对术后早期 LL 和 SL 的恢复优于 L5/S1。融合器沉降虽未对生活质量的造成影響,但导致腰椎矢状面形态发生了明显的变化,手术中应重视重建局部前凸角及腰椎前凸角,特别是 L5/S1 单节段 TLIF 手术应避免发生融合器沉降,恢复腰椎正常矢状面形态。

4 参考文献

1. Rade M, Maatta JH, Freidin MB, et al. Vertebral endplate defect as initiating factor in intervertebral disc degeneration: strong association between endplate defect and disc degeneration in the general population[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2018, 43(6): 412-419.
2. Hey HWD, Lau ET, Tan K, et al. Lumbar spine alignment in six common postures[J]. Spine, 2017, 42(19): 1447-1455.
3. 李春林, 李放, 张志成, 等. 腰椎间盘突出症磁共振成像下终板形态及其与椎间盘退变的关系 [J]. 中国康复理论与实践, 2012, 18(5): 458-460.
4. Chen X, Xu L, Qiu Y, et al. Higher improvement in patient-reported outcomes can be achieved after transforaminal lumbar interbody fusion for clinical[J]. World Neurosurg, 2018, 114: 293-300.
5. Cho JH, Joo Y, Lim C, et al. Effect of one- or two-level posterior lumbar interbody fusion on global sagittal balance[J]. Spine J, 2017, 17(12): 1794-1802.
6. Park SJ, Lee CS, Chung SS, et al. Postoperative changes in pelvic parameters and sagittal balance in adult isthmic spondylolisthesis[J]. Neurosurgery, 2011, 68(2): 355-363.
7. 邓乾兴, 欧云生, 朱勇, 等. 经椎间孔单节段腰椎椎间融合术后融合器下沉的危险因素分析[J]. 中华骨科杂志, 2018, 38(3): 156-163.
8. Kim CH, Chung CK, Park SB, et al. A change in lumbar sagittal alignment after single-level anterior lumbar interbody fusion for lumbar degenerative spondylolisthesis with normal sagittal balance[J]. Clin Spine Surg, 2017, 30(7): 291-296.
9. Park MK, Kim KT, Bang WS, et al. Risk factors for cage migration and cage retropulsion following transforaminal lumbar interbody fusion[J]. Spine J, 2019, 19(3): 437-447.
10. Oh KW, Lee JH, Lee JH, et al. The correlation between cage subsidence, bone mineral density, and clinical results

- in posterior lumbar interbody fusion [J]. *Clin Spine Surg*, 2017, 30(6): 683–689.
11. Rao PJ, Phan K, Giang G, et al. Subsidence following anterior lumbar interbody fusion (ALIF): a prospective study[J]. *J Spine Surg*, 2017, 3(2): 168–175.
12. Beutler WJ, Peppelman WJ. Anterior lumbar fusion with paired BAK standard and paired BAK Proximity cages: subsidence incidence, subsidence factors, and clinical outcome [J]. *Spine J*, 2003, 3(4): 289–293.
13. Hou Y, Yuan W. Influences of disc degeneration and bone mineral density on the structural properties of lumbar end plates[J]. *Spine J*, 2012, 12(3): 249–256.
14. Grant JP, Oxland TR, Dvorak MF, et al. The effects of bone density and disc degeneration on the structural property distributions in the lower lumbar vertebral endplates[J]. *J Orthop Res*, 2002, 20(5): 1115–1120.
15. Fujii K, Kawamura N, Ikegami M, et al. Radiological improvements in global sagittal alignment after lumbar decompression without fusion[J]. *Spine*, 2015, 40(10): 703–709.
16. Pourtaheri S, Sharma A, Savage J, et al. Pelvic retroversion: a compensatory mechanism for lumbar stenosis[J]. *J Neurosurg Spine*, 2017, 27(2): 137–144.
17. Liu H, Li S, Zheng Z, et al. Pelvic retroversion is the key protective mechanism of L4–5 degenerative spondylolisthesis [J]. *Eur Spine J*, 2015, 24(6): 1204–1211.
18. 马清伟, 李危石, 孙卓然, 等. 中老年人群脊柱-骨盆矢状位参数及其序列拟合关系[J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2016, 26(2): 146–150.
19. Abbushi A, Cabraja M, Thomale U, et al. The influence of cage positioning and cage type on cage migration and fusion rates in patients with monosegmental posterior lumbar interbody fusion and posterior fixation[J]. *Eur Spine J*, 2009, 18(11): 1621–1628.
20. Uehara M, Takahashi J, Ikegami S, et al. Sagittal spinal alignment deviation in the general elderly population: a Japanese cohort survey randomly sampled from a basic resident registry [J]. *Spine J*, 2019, 19(2): 349–356.
21. Aoki Y, Nakajima A, Takahashi H, et al. Influence of pelvic incidence–lumbar lordosis mismatch on surgical outcomes of short-segment transforaminal lumbar interbody fusion[J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2015, 16(1): 1–7.
22. Schwab F, Ungar B, Blondel B, et al. Scoliosis research society–schwab adult spinal deformity classification[J]. *Spine*, 2012, 37(12): 1077–1082.
23. Yilgor C, Sogunmez N, Boissiere L, et al. Global alignment and proportion (GAP) score: development and validation of a new method of analyzing spinopelvic alignment to predict mechanical complications after adult spinal deformity surgery [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2017, 99(19): 1661–1672.
24. Yilgor C, Sogunmez N, Yavuz Y, et al. Relative lumbar lordosis and lordosis distribution index: individualized pelvic incidence–based proportional parameters that quantify lumbar lordosis more precisely than the concept of pelvic incidence minus lumbar lordosis[J]. *Neurosurg Focus*, 2017, 43(6): 5–13.
- (收稿日期:2019–03–03 末次修回日期:2019–05–25)
(英文编审 庄乾宇/贾丹彤)
(本文编辑 姜雅浩)