

· 临床论著 ·

经椎间孔椎体间融合两种椎间骨移植的比较[△]

林秋水, 杨长伟, 王超, 黄泽彬, 石志才*

(海军军医大学第一附属医院脊柱外科, 上海市 200433)

摘要: [目的] 探讨新型植骨管植骨在腰椎体间融合术中的安全性和有效性。[方法] 回顾性分析 2018 年 9 月—2019 年 8 月经椎间孔椎体间融合术 (transforaminal lumbar interbody fusion, TLIF) 119 例患者的临床资料。依据医患沟通结果, 61 例术中采用新型植骨管植骨, 58 例采用传统漏斗植骨。比较两组围手术期、随访和影像资料。[结果] 两组患者均顺利完成手术, 术中均无神经、硬膜损伤。新型组植骨时间显著少于传统组 ($P<0.05$)。两组手术时间、术中出血量、术后引流量及下地行走时间的差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。两组完全负重活动时间差异无统计学意义 ($P>0.05$)。术后随访 (22.94±2.28) 个月, 随时间推移, 两组患者腰痛 VAS 和 ODI 评分显著下降 ($P<0.05$), JOA 评分显著增加 ($P<0.05$)。相应时间点, 两组间上述指标的差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。影像方面, 与术前相比, 术后 1 个月和末次随访时两组患者椎间隙高度、局部 Cobb 角和 L₂~S₁ 前凸角均显著增加 ($P<0.05$), 随时间推移, 两组 Lenke 椎间融合评级均显著改善 ($P<0.05$); 术后 3 个月, 新型组椎间融合 Lenke 评级显著优于传统组 ($P<0.05$), 但术后 6 个月和末次随访时, 两组间 Lenke 椎间融合评级的差异已无统计学意义 ($P>0.05$)。[结论] 应用新型植骨管椎间植骨可以安全、高效地完成 TLIF 术, 改善椎间融合。

关键词: 腰椎退行性病, 经椎间孔椎体间融合术, 椎间植骨, 新型装置

中图分类号: R687 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-8478 (2022) 17-1571-06

Comparison of two intervertebral bone grafting techniques in transforaminal lumbar interbody fusion // LIN Qiu-shui, YANG Chang-wei, WANG Chao, HUANG Ze-bin, SHI Zhi-cai. Department of Spine Surgery, The First Affiliated Hospital, Navy Medical University, Shanghai 200433, China

Abstract: [Objective] To investigate the safety and efficacy of a novel intervertebral bone grafting technique with a self-developed device by comparison with the conventional technique in transforaminal lumbar interbody fusion (TLIF) for lumbar degenerative diseases. [Methods] A retrospective study was conducted on 119 patients who received TLIF for lumbar degenerative diseases from September 2018 to August 2019. According to doctor-patient communication, 61 patients had TLIF performed with the novel intervertebral bone grafting by a self-developed device (the NIBG group), while the other 58 patients were with traditional intervertebral bone grafting (the TIBG group). The perioperative, follow-up and imaging data were compared between the two groups. [Results] All patients in both groups had surgical procedures conducted successfully with no iatrogenic injuries to nerve roots or dura sac. The NIBG group had significantly less time spend for intervertebral bone grafting than the TIBG group ($P<0.05$), although there were no significant differences in operative time, intraoperative blood loss, postoperative drainage and postoperative walking time between the two groups ($P>0.05$). In addition, there was no significant difference in the time to resume full weight-bearing activity between the two groups ($P>0.05$). As time went during follow-up lasted for (22.94±2.28) months, the VAS and ODI scores decreased significantly ($P<0.05$), while JOA score increased significantly in both groups ($P<0.05$). At any corresponding time points, there was no a significant difference in the above items between the two groups ($P>0.05$). Radiographically, intervertebral height, local Cobb angle, and L₂~S₁ lordosis angle significantly increased in both groups at 1 month postoperatively and the latest follow-up compared with those preoperatively ($P<0.05$). The Lenke scale for interbody fusion improved significantly over time in both groups ($P<0.05$), which in the NIBG group proved significantly superior to the TIBG group at 3 months postoperatively, whereas became not statistically significant between the two groups at 6 months and the latest follow-up ($P>0.05$). [Conclusion] This novel intervertebral bone grafting technique with the self-developed device does improve the safety, efficacy and interbody fusion of TLIF.

Key words: lumbar degenerative disease, transforaminal interbody fusion, intervertebral bone grafting, novel device

DOI:10.3977/j.issn.1005-8478.2022.17.06

[△]基金项目:海军军医大学第一附属医院“234”攀峰计划临床学科创新项目(编号:2020YXK040)

作者简介:林秋水,医学博士,主治医师,研究方向:脊柱外科,(电话)13601699523,(电子信箱)dyqiuqiu@163.com

* 通信作者:石志才,(电子信箱)zhicaishi@vip.sina.com

腰椎体间融合术已被证明是治疗退变性腰椎间盘疾病的良好选择,广泛应用于治疗腰椎间盘突出症、腰椎管狭窄症以及腰椎滑脱症等腰椎退变性疾病^[1-4]。研究表明,椎间隙内最大可用植骨面积的骨移植对于融合的成功至关重要。Prolo等^[5]报道73%以上的椎间隙内填充移植骨可达到满意的植骨融合率。椎间融合的移植骨有单纯的骨粒或骨块植骨、单纯的融合笼架植骨以及两种方法联合的方式^[6-8]。研究发现,单纯骨粒或骨块植骨植骨量大,融合率高^[9,10],但存在椎间隙高度下降和腰椎前凸难以维持的风险^[11,12],单纯的笼架植骨对椎间高度的恢复和术后椎间高度的维持有重要作用,但术后笼架沉陷、移位等情况也时有发生^[13,14]。单枚笼架植骨联合椎间大量加压植骨,增加植骨接触面积,提高植骨融合率,同时又能够维持椎间高度^[15]。

经椎间孔椎体间融合术(transforaminal lumbar interbody fusion, TLIF)由于损伤小、手术时间短、出血量少等优点已成为治疗腰椎退变性疾病常用术式^[16-20]。为提高TLIF手术植骨融合率,常常在椎间隙置入笼架之前植入适量碎骨^[6]。由于TLIF手术植骨经椎间孔进行,因此植骨空间有限。既往的碎骨植入方式主要为同种异体骨粒或大块自体骨修剪为小骨粒后通过宽扁镊夹持植入椎间隙,逐渐发展为通过漏斗植入椎间隙,这两种植骨方式存在植骨效率不高、骨粒易外漏损伤神经、植骨量化困难、增加感染风险等不足。本团队在临床实践中采用新型植骨管预填充骨粒进行碎骨植入,然后置入笼架进行椎间植骨,取得良好的临床效果。现就新型植骨管植骨方式的有关情况报道如下。

1 资料与方法

1.1 纳入与排除标准

纳入标准:(1)临床表现腰椎间盘突出、腰椎管狭窄或腰椎滑脱相应的症状及体征,保守治疗无效;(2)影像学明确椎间盘突出、椎管狭窄或椎体滑脱,存在神经根受压征象;(3)接受TLIF手术治疗。

排除标准:(1)多节段椎间植骨融合(节段数 ≥ 2);(2)大骨块植骨联合融合器植骨;(3)存在腰椎畸形、感染、肿瘤、骨折等相关病史;(4)既往有腰椎手术史。

1.2 一般资料

回顾性分析2018年9月—2019年8月在长海医院脊柱外科接受TLIF手术治疗的腰椎退变性疾病患

者,共119例符合上述标准,纳入本研究。根据医患沟通结果将患者分为两组:61例采用新型植骨管植骨,58例采用传统漏斗植骨。两组患者一般资料见表1,两组年龄、性别、体质量指数(body mass index, BMI)、病程和手术节段差异均无统计学意义($P>0.05$)。本研究得到医院伦理委员会批准,所有患者均知情并签署知情同意书。

表1 两组患者术前一般资料与比较

指标	新型组(n=61)	传统组(n=58)	P值
年龄(岁, $\bar{x} \pm s$)	59.15 \pm 10.90	58.59 \pm 10.68	0.777
性别(例,男/女)	33/28	29/29	0.655
BMI(kg/m ² , $\bar{x} \pm s$)	24.01 \pm 2.77	23.97 \pm 2.21	0.933
病程(月, $\bar{x} \pm s$)	14.98 \pm 7.89	14.76 \pm 8.08	0.878
节段(例, L _{3/4} /L _{4/5} /L ₅ /S ₁)	7/23/31	5/23/30	0.872

1.3 手术方法

所有患者入院后均行腰椎X线片检查,明确腰椎曲度、椎间隙高度等情况;腰椎MRI平扫明确腰椎退变情况及硬膜囊和神经根受压等情况;腰椎CT三维重建明确腰椎退变增生及骨赘形成等情况。所有患者融合方法均采用TLIF术式,将自体骨或异体骨制成碎骨粒备用。

新型组:将一次性使用吸引器头用咬骨钳修剪成比自制金属推杆短2cm左右的植骨管,碎骨粒预充填至管道1/3左右(图1a),将植骨管头端塑形至与椎体后缘植骨空间相匹配后放入椎间隙,用推杆将管道内碎骨粒一次性打入椎间隙(图1b),重复多次管道植骨,直至植骨量满意。

传统组:将修剪好的碎骨粒放至植骨漏斗中,将植骨漏斗小心放至将要植骨的椎间隙内(图1c),用推杆将骨粒拨入漏斗管内,打入椎间隙,多次重复这个植骨过程,直至植骨量满意(图1d)。

将填压有自体碎骨的合适高度和长度椎间融合笼架打入椎间隙,使笼架后缘超过椎体后缘3~5mm。生理盐水冲洗,检查有无碎骨粒残留,少量明胶海绵置入后方。两组均采用常规术式置入椎弓根螺钉。常规放置负压引流管,逐层缝合,敷料包扎。

术后常规抗生素预防感染、激素降低炎症反应,同时予脱水、止痛、神经营养等对症支持治疗。24h引流量 <50 ml拔除引流管,3个月内腰围保护下下地活动,定期复查随访。

1.4 评价指标

比较两组围术期相关指标及并发症发生情况,采用完全负重活动时间、疼痛视觉模拟评分(visual an-

alogue scale, VAS)、Oswestry 功能障碍指数 (Oswestry disability index, ODI) 和日本骨科协会腰评分 (Japanese Orthopaedic Association, JOA) 评价临床效果。行影像检查, 测量椎间隙高度、局部 Cobb 角和腰椎前凸角。采用 Lenke 融合评级评价椎间融合情况^[21]。

1.5 统计学方法

所有数据均采用 SPSS 21.0 软件进行统计学分

析, 计量数据以 $\bar{x} \pm s$ 表示, 资料呈正态分布时, 两组间比较采用独立样本 *t* 检验, 组内各时间点间比较采用单因素方差分析; 资料呈非正态分布时, 采用秩和检验。等级资料, 组间比较用 *Mann-Whitney U* 检验, 组内比较用 *Friedman* 检验。计数资料采用 χ^2 检验或 *Fisher* 精确检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

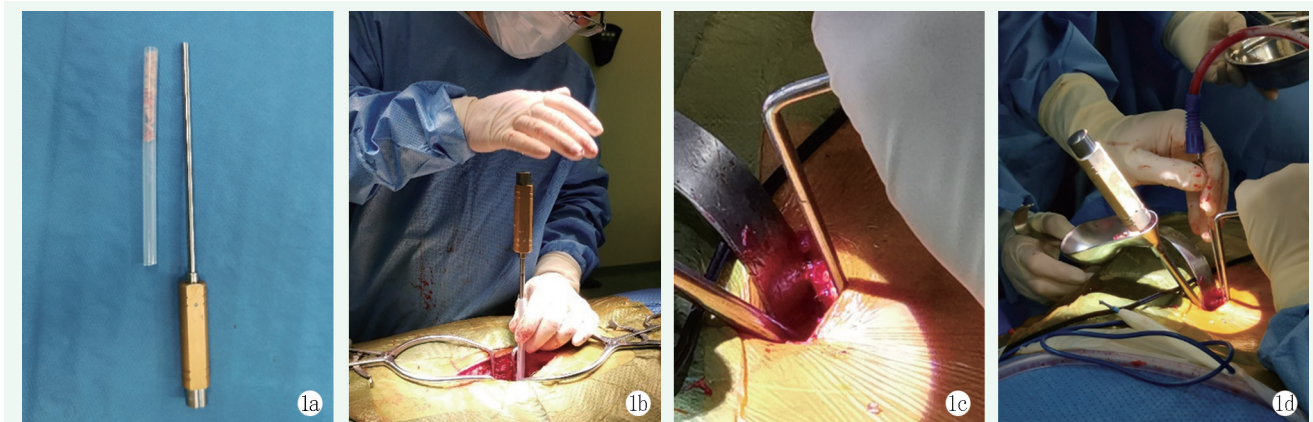


图1 椎间植骨方法示意图 1a: 新型组, 碎骨粒预充填至自制的植骨管内, 预充填骨量约为植骨管长度的 1/3 1b: 新型组, 植骨管内放入推杆, 将植骨管放入椎间隙内一次性打入碎骨粒 1c: 传统组, 将碎骨粒放至漏斗内, 植骨漏斗管放至将要植骨的椎间隙内 1d: 传统组, 用推杆将骨粒拨入漏斗管内, 打入椎间隙

2 结果

2.1 围手术期情况评估

所有患者均顺利完成手术, 术中均无神经损伤和硬膜囊破裂。两组围手术期资料见表2。新型组单节段植骨时间明显少于传统组 ($P < 0.05$); 两组手术时间、切口总长度、术中失血量、术后引流量、下地行走时间、住院时间的差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。两组患者切口均甲级愈合, 所有患者无椎间隙感染、无软组织感染。并发症方面, 传统组出现2例神经根性疼痛, CT证实为骨粒漏出至神经根周围, 内科保守治疗后症状缓解未予进一步处理。

表2 两组患者围手术期资料 ($\bar{x} \pm s$) 与比较

指标	新型组 (n=61)	传统组 (n=58)	P 值
单节段植骨时间 (min)	3.57±0.72	5.90±0.89	<0.001
手术时间 (min)	102.54±13.49	105.17±14.62	0.310
切口总长度 (cm)	9.11±1.33	8.71±1.57	0.128
术中失血量 (ml)	149.18±54.60	146.38±52.24	0.780
术后引流量 (ml)	171.43±47.89	173.71±43.54	0.787
下地行走时间 (d)	2.54±0.65	2.59±0.64	0.703
住院时间 (d)	8.15±1.09	8.24±1.29	0.669

2.2 随访结果

两组患者均获随访, 随访时间 16~30 个月, 平均 (22.94±2.28) 个月。术后两组患者疼痛逐渐减轻, 神经功能逐渐改善。两组患者随访结果见表3。两组完全负重活动时间差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。术后随时间推移, 两组腰痛 VAS 和 ODI 评分显著下降 ($P < 0.05$), JOA 评分显著增加 ($P < 0.05$)。相应时间点, 两组间腰痛 VAS、JOA 和 ODI 评分的差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。

2.3 影像评估

两组影像测量结果见表4。与术前相比, 术后1个月和末次随访时两组椎间隙高度、局部 Cobb 角和 L₅/S₁ 前凸角均显著增加 ($P < 0.05$), 相应时间点, 两组间的差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。随时间推移, 两组 Lenke 椎间融合评级均显著改善 ($P < 0.001$); 术后3个月, 新型组椎间融合 Lenke 评级显著优于传统组 ($P < 0.001$), 但术后6个月和末次随访时, 两组间 Lenke 椎间融合评级的差异已无统计学意义 ($P > 0.05$)。随访期间两组患者未观察到内置物松动、移位、断裂等不良影像征象。典型病例影像见图2。

表 3 两组患者随访结果 ($\bar{x} \pm s$) 与比较

指标	时间点	新型组 (n=61)	传统组 (n=58)	P 值
完全负重活动时间 (周)		6.10±0.91	6.26±1.18	0.406
腰痛 VAS 评分 (分)	术前	5.74±1.03	5.59±1.24	0.470
	术后 1 个月	1.80±0.65	1.74±0.66	0.609
	末次随访	0.64±0.58	0.67±0.63	0.766
	P 值	<0.001	<0.001	
ODI 评分 (%)	术前	36.16±5.01	35.86±5.15	0.746
	术后 1 个月	17.11±2.98	16.55±3.13	0.317
	末次随访	13.05±2.09	12.79±2.12	0.508
	P 值	<0.001	<0.001	
JOA 评分 (分)	术前	9.25±1.63	9.72±1.58	0.107
	术后 1 个月	21.98±1.69	21.62±1.53	0.223
	末次随访	26.54±1.10	26.93±1.14	0.060
	P 值	<0.001	<0.001	

表 4 两组患者影像测量结果与比较

指标	时间点	新型组 (n=61)	传统组 (n=58)	P 值
椎间隙高度 (mm, $\bar{x} \pm s$)	术前	9.40±1.87	9.54±1.83	0.700
	术后 1 个月	11.77±1.36	11.91±1.40	0.569
	末次随访	11.72±1.36	11.88±1.35	0.537
	P 值	<0.001	<0.001	
局部 Cobb 角 (°, $\bar{x} \pm s$)	术前	9.68±3.83	10.46±4.41	0.303
	术后 1 个月	12.69±2.77	13.28±3.21	0.285
	末次随访	12.64±2.71	13.19±3.23	0.311
	P 值	<0.001	<0.001	
L ₂ -S ₁ 前凸角 (°, $\bar{x} \pm s$)	术前	25.77±6.72	24.75±6.31	0.994
	术后 1 个月	39.27±5.70	38.08±5.13	0.233
	末次随访	39.22±5.62	37.95±5.13	0.981
	P 值	<0.001	<0.001	
Lenke 融合级 (节, I/II/III/IV)	术前	36/13/12/0	25/18/13/2	<0.001
	术后 1 个月	50/11/0/0	45/11/2/0	0.499
	末次随访	61/0/0/0	58/0/0/0	1.000
	P 值	<0.001	<0.001	

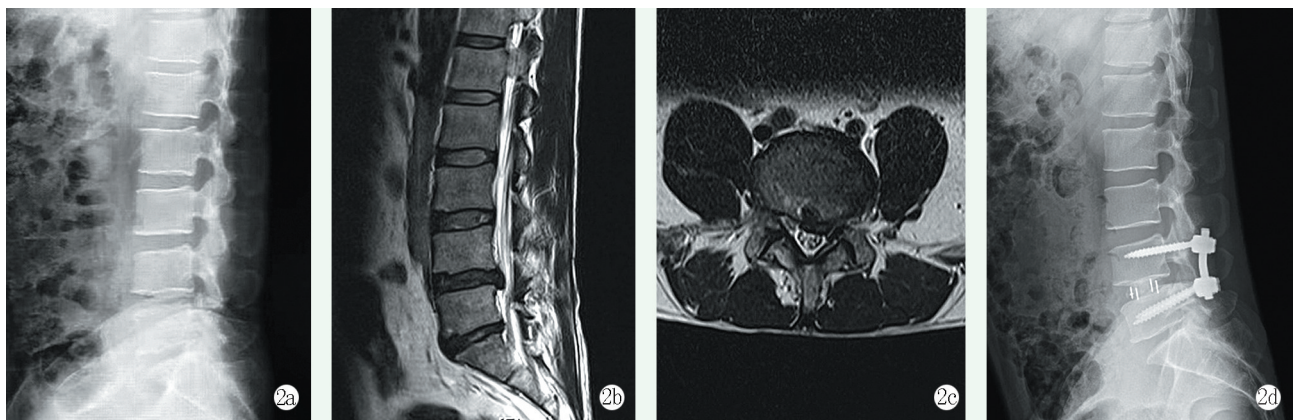


图 2 患者,男,48 岁,因“腰痛伴左下肢放射痛”入院 2a: 术前侧位 X 线片示腰椎曲度变直,椎间隙变窄 2b: 术前矢状位 MRI 示 L_{4/5} 椎间盘突出 2c: 横断位 MRI 示左侧神经根受压明显 2d: 应用新型植骨管植骨联合笼架植骨 TLIF 术后,患者神经症状明显缓解。术后 3 个月腰椎侧位 X 线片示椎间高度增加,腰椎局部 Cobb 角及腰椎前凸角改善,椎间融合良好

3 讨论

后路腰椎体间融合术是在后路减压的基础上将骨粒或骨块植于椎间,以此恢复椎间高度并植骨融合,因取得良好的效果而快速推广^[22, 23]。TLIF手术对椎体后方结构破坏较小,能够保留脊柱稳定性并有助于恢复腰椎及椎旁肌肉力线^[1],但由于手术不去除棘突,因此植骨操作的空间小,植骨操作难度较大。传统的碎骨植入方法主要有两种,早期用宽扁镊子夹持骨粒植骨,每次夹持的骨粒数量少,要达到满意的植骨量需要术者反复多次操作,植骨效率不高,且存在骨粒外漏的风险。目前多采用植骨漏斗进行碎骨植入,植骨效率较镊子植骨明显提高,但植骨时每次仍只能少量植骨,无法预充填,影响植骨效率;此外,漏斗前端大小恒定,无法匹配不同的椎间高度,操作不够便利,存在骨粒外漏的风险。

本研究采用的新型植骨管植骨,具有植骨管取材方便、制作简单,操作便利、植骨效率高等优势。植骨管由一次性使用吸引管头修剪而成,根据植骨推杆的长度,用咬骨钳修剪成比植骨推杆短2 cm左右的管道,推杆超出长度为预留的融合器植入位置;一般同时修剪2个植骨管,方便轮流使用,提高植骨效率;植骨前先在管道内预充填碎骨粒,节约植骨时间,骨粒充填至管道的1/3左右长度,方便植骨时快速一次性植入椎间隙,太多容易造成推杆周围骨粒聚集,不利于骨粒均匀分布;此外,由于植骨管为塑料制品来源,可根据椎间隙的高度,用咬骨钳在植骨管前端适当塑形,以匹配椎间隙高度,增加植骨时的安全性。

文献报道椎间植骨融合手术的手术时间、出血量、神经损伤和感染等并发症的发生率远高于单纯减压手术^[1, 24, 25]。相比于单纯减压,腰椎体间融合术在减压的基础上,还需要处理椎间盘组织并进行椎体间植骨。椎间隙碎骨植骨基础上植入笼架增加了暴露风险和并发症发生的潜在风险。缩短椎间植骨时间能有效减少各种并发症的发生。相比较于传统的漏斗植骨,手术过程中自制植骨管植骨提高了植骨效率,缩短了植骨时间,降低了神经损伤、硬膜损伤和感染等的风险。

本研究结果显示,由于新型植骨管端可塑性,提高了植骨管和椎间隙的匹配度,骨粒掉入神经根周围的风险明显降低,而漏斗植骨由于管端大小恒定,存在骨粒外漏的风险,虽在置入笼架后进行了大量生理

盐水冲洗,但研究中仍发现2例患者术后骨粒掉入神经根周围,出现直腿抬高阳性症状。经过抗炎、止痛等处理,患者症状有所改善,拒绝进一步治疗,给生活带来了一定的影响。新型组则未发现骨粒外漏造成术后症状的病例。

本研究中,采用新的植骨管植骨,能够确保植骨量、改善椎间融合,起到很好的植骨融合效果,术后3个月Lenke融合评级优于传统组,随时间推移,两种植骨方法的植骨融合率在末次随访时都达到了100%。在术后神经功能恢复、椎间高度维持和腰椎前凸角改善方面,采用新的植骨管植骨和传统漏斗植骨类似。此外,采用新的植骨管植骨,术后未出现神经损伤和硬膜囊破裂等并发症,不会增加椎间隙感染和切口感染的风险。

综上所述,应用新型植骨管预填充骨粒植骨方式联合笼架植骨可以安全、高效地完成腰后路椎间融合术。与传统漏斗植骨联合笼架植骨相比,新型植骨管植骨方式具有操作方便、快捷,植骨效率高、植骨安全等优点,可以在临床上加以推广应用。

参考文献

- [1] de Kunder SL, Rijkers K, Caelers I, et al. Lumbar interbody fusion: a historical overview and a future perspective [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2018, 43 (16): 1161-1168.
- [2] Haddas R, Sandu CD, Mar D, et al. Lumbar decompression and interbody fusion improves gait performance, pain, and psychosocial factors of patients with degenerative lumbar spondylolisthesis [J]. *Global Spine J*, 2021, 11 (4): 472-479.
- [3] Haddas R, Lieberman I, Block A, et al. The effect of surgical decompression and fusion on functional balance in patients with degenerative lumbar spondylolisthesis [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2020, 45 (14): E878-E884.
- [4] Wang H, Chen W, Jiang J, et al. Analysis of the correlative factors in the selection of interbody fusion cage height in transforaminal lumbar interbody fusion [J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2016, 17: 9.
- [5] Prolo DJ, Oklund SA, Butcher M. Toward uniformity in evaluating results of lumbar spine operations. A paradigm applied to posterior lumbar interbody fusions [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 1986, 11 (6): 601-606.
- [6] Xiao YX, Chen QX, Li FC. Unilateral transforaminal lumbar interbody fusion: a review of the technique, indications and graft materials [J]. *J Int Med Res*, 2009, 37 (3): 908-917.
- [7] 蔡明, 郇志文, 何腾峰, 等. 经椎间孔单枚融合器植骨椎体间融合术治疗腰椎疾患 [J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2010, 20 (6): 520-521.
- [8] 姚绍平, 孙先润, 李维朝, 等. 自体骨加单枚椎间融合器及短节

- 段椎弓根螺钉内固定治疗腰椎不稳近期疗效观察 [J]. 中国矫形外科杂志, 2015, 23 (5) : 473-475.
- [9] Wertli MM, Buletti FC, Held U, et al. A comparison between different outcome measures based on "meaningful important differences" in patients with lumbar spinal stenosis [J]. *Eur Spine J*, 2017, 26 (2) : 450-461.
- [10] Choi JM, Choi MK, Kim SB. Perioperative results and complications after posterior lumbar interbody fusion for spinal stenosis in geriatric patients over than 70 years old [J]. *J Korean Neurosurg Soc*, 2017, 60 (6) : 684-690.
- [11] Aichmair A, Burgstaller JM, Schwenkglenks M, et al. Cost-effectiveness of conservative versus surgical treatment strategies of lumbar spinal stenosis in the Swiss setting: analysis of the prospective multicenter Lumbar Stenosis Outcome Study (LSOS) [J]. *Eur Spine J*, 2017, 26 (2) : 501-509.
- [12] 贾桂, 张晨阳, 王国平, 等. 三种腰椎后路椎体间融合手术方法疗效比较 [J]. 中国矫形外科杂志, 2016, 24 (19) : 1749-1753.
- [13] Safiri S, Ayubi E, Mansori K. Comments on "Clinical classification criteria for neurogenic claudication caused by lumbar spinal stenosis. The N-CLASS criteria" [J]. *Spine J*, 2018, 18 (5) : 912-913.
- [14] Choi YH, Kwon SW, Moon JH, et al. Lateral lumbar interbody fusion and in situ screw fixation for rostral adjacent segment stenosis of the lumbar spine [J]. *J Korean Neurosurg Soc*, 2017, 60 (6) : 755-762.
- [15] 许杰, 时超, 李朝顶, 等. 三种椎间植骨方法在腰椎后路椎间融合的应用分析 [J]. 中华全科医学, 2012, 10 (12) : 1838-1840.
- [16] Mummaneni PV, Haid RW, Rodts GE. Lumbar interbody fusion: state-of-the-art technical advances. Invited submission from the Joint Section Meeting on Disorders of the Spine and Peripheral Nerves, March 2004 [J]. *J Neurosurg Spine*, 2004, 1 (1) : 24-30.
- [17] Humphreys SC, Hodges SD, Patwardhan AG, et al. Comparison of posterior and transforaminal approaches to lumbar interbody fusion [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2001, 26 (5) : 567-571.
- [18] Sakeb N, Ahsan K. Comparison of the early results of transforaminal lumbar interbody fusion and posterior lumbar interbody fusion in symptomatic lumbar instability [J]. *Indian J Orthop*, 2013, 47 (3) : 255-263.
- [19] Lan T, Hu SY, Zhang YT, et al. Comparison between posterior lumbar interbody fusion and transforaminal lumbar interbody fusion for the treatment of lumbar degenerative diseases: a systematic review and meta-analysis [J]. *World Neurosurg*, 2018, 112 (1) : 86-93.
- [20] 田伟, 李加宁, 韩晓, 等. TLIF 与 PLIF 治疗老年退变性腰椎滑脱并椎管狭窄症比较 [J]. 中国矫形外科杂志, 2017, 25 (17) : 1537-1540.
- [21] Rodgers WB, Gerber EJ, Rodgers JA. Clinical and radiographic outcomes of extreme lateral approach to interbody fusion with β -tricalcium phosphate and hydroxyapatite composite for lumbar degenerative conditions [J]. *Int J Spine Surg*, 2012, 6 : 24-28.
- [22] Shen J, Xu S, Xu S, et al. Fusion or not for degenerative lumbar spinal stenosis: a meta-analysis and systematic review [J]. *Pain Physician*, 2018, 21 (1) : 1-8.
- [23] 贺聚良, 詹新立, 肖增明. 不同植骨材料及方法对腰椎滑脱植骨融合的影响 [J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2009, 13 (16) : 3153-3156.
- [24] Haws BE, Khechen B, Narain AS, et al. Iliac crest bone graft for minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion: a prospective analysis of inpatient pain, narcotics consumption, and costs [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2018, 43 (18) : 1307-1312.
- [25] Chen B, Lv Y, Wang ZC, et al. Decompression with fusion versus decompression in the treatment of lumbar spinal stenosis: a systematic review and meta-analysis [J]. *Medicine (Baltimore)*, 2020, 99 (38) : e21973.

(收稿:2021-12-01 修回:2022-05-07)
(同行评议专家:王 丹)
(本文编辑:闫承杰)