

# 腰椎融合术选择策略及发展趋势

程志坚<sup>1</sup>, 贺西京<sup>1,2</sup>

(1. 西安交通大学第二附属医院, 陕西 西安 710004; 2. 西安国际医学中心医院, 陕西 西安 710100)

关键词 腰椎融合术; 前路腰椎融合; 后路腰椎融合; 经椎间孔腰椎融合

中图分类号: R683.2

DOI: 10.12200/j.issn.1003-0034.20230778

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



## Selection strategy and prospect of lumbar fusion surgery

CHENG Zhi-jian<sup>1</sup>, HE Xi-jing<sup>1,2</sup> (1. The Second Affiliated Hospital of Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710004, Shaanxi, China; 2. Xi'an International Medical Center Hospital, Xi'an 710100, Shaanxi, China)

KEYWORDS Lumbar spinal fusion; Anterior lumbar interbody fusion; Posterior lumbar interbody fusion; Transforaminal lumbar interbody fusion



(贺西京教授)

腰椎融合术已经在腰椎退行性病变、畸形、腰椎骨折或脱位等疾病中广泛应用,是消除或缓解症状、维持疗效的重要方法,也是脊柱外科最重要的技术之一。目前,腰椎融合术种类繁多,根据不同手术入路分为前侧入路、经侧方入路、后侧入路及椎间孔入路等;微创手术包括关节镜辅

助、脊柱内窥镜等手术方式;根据不同植骨融合位置又分为椎体外植骨融合和椎体间植骨融合<sup>[1]</sup>。临床上腰椎融合手术方式的选择方面尚无完全定论。本文回顾、分析不同腰椎融合术的优缺点,结合脊柱微创融合技术等发展趋势展开评论,旨在为临床腰椎融合术的合理实施提供参考,期待未来深入探索、优化手术方法、提高融合效率,降低并发症的新策略,为腰椎疾病患者带来更好的疗效。

## 1 不同腰椎融合术优缺点

### 1.1 后入路腰椎融合术

后入路腰椎融合术包括后外侧融合 (posterolateral fusion, PLF)、后路腰椎椎体间融合 (posterior lumbar interbody fusion, PLIF) 和经椎间孔腰椎椎体间融合 (transforaminal lumbar interbody fusion, TLIF)。后路手术的突出优点是在进行椎间融合时,在同一手术区域可以施行后路融合术,实现前、后同时融

合。PLIF 是一种传统的、应用最广的腰椎融合术,大多数脊柱外科医生都受过良好的训练,并可很熟练操作<sup>[2]</sup>。PLIF 可保持脊柱后方支撑结构的同时进行充分神经减压,但其存在可能导致严重椎旁肌肉医源性损伤、术中牵拉可能导致神经损伤等缺点。与 PLIF 相比,TLIF 仅通过切除一侧关节突关节即可在最大限度减少对硬膜和神经根受牵拉的情况下完成椎间融合,保留椎体后方韧带、肌肉结构,有助于保留邻近节段的生物力学稳定性<sup>[3]</sup>。TLIF 和 PLIF 在临床满意度和放射学融合率方面差异均无统计学意义,但 TLIF 可以减少硬脊膜损伤发生,同时缩短手术时间<sup>[4]</sup>。与 PLF 相比,腰椎椎间融合 (lumbar interbody fusion, LIF) 通过切除椎间盘,减少间盘源性腰痛,提供更好的纵向支撑,可恢复椎间高度,具有更高的融合率,但是其也存在手术创伤大、时间长、并发症相对多等不足<sup>[5]</sup>。对于全身情况差、脊柱稳定性较好等患者,可考虑 PLF。对于存在腰椎不稳等情况,则优先考虑椎间融合。

### 1.2 前入路腰椎融合术

前入路腰椎融合术因其创伤小、疗效好近年来已经广泛应用,其入路位于横突前方,包括前路腰椎椎间融合 (anterior lumbar interbody fusion, ALIF)、斜外侧腰椎椎间融合 (oblique lumbar interbody fusion, OLIF) 和侧路腰椎椎间融合 (lateral lumbar interbody fusion, LLIF)。前路手术的优势在便于彻底清除前方病变组织或椎间盘组织,并可有效恢复椎间隙高度,实现充分减压,再辅与前路、后路脊柱固定系统可有效维持脊柱的生物力学稳定性,具有矫正脊柱畸形等作用。特别是对于存在腰椎不稳、多节段融合和小关节病变等高生物力学应力情况下前入路腰椎融合

应辅以后方椎弓根螺钉固定。OLIF 经腹膜后、于腹主动脉和腰大肌之间自然间隙有效避免腰丛神经和腰大肌损伤<sup>[6-7]</sup>。ALIF 能够实现高效清除的椎间隙和快速处理的终板,实现内植物的表面积最大化,提高生物力学稳定性和融合率,而且方便矫正前凸和恢复椎间孔高度<sup>[8]</sup>,其并发症主要与入路相关的,如逆行射精、内脏或血管损伤等。LLIF 矢状面和冠状面畸形矫正的绝佳选择,特别是对于伴有侧脱位的腰椎退行性脊柱侧凸。然而,LLIF 可能不适合严重的中央椎管狭窄、骨侧隐窝狭窄和高度的脊椎滑脱。

## 2 前路与后路腰椎融合术对比及选择策略

### 2.1 ALIF 与 TLIF

ALIF 与 TLIF 均可用于治疗退行性椎间盘疾病和脊柱畸形患者,但前路都有其独特的优点和挑战。有研究显示 ALIF 与 TLIF 入路的融合率没有任何显著差异<sup>[9]</sup>。HSIEH 等<sup>[10]</sup>报道,与 TLIF 相比,ALIF 组的椎间盘高度、节段性腰椎前凸和全腰椎前凸明显更高。ALIF 组的硬脑膜损伤明显较低 (0.4% vs 3.8%),而血管损伤明显高于 TLIF 组 (2.6% vs 0%),而在神经功能改善 (6.8% vs 7.9%) 和感染率 (4.9% vs 4.3%) 方面两者没有差异。ALIF 不会损坏椎旁肌和腰椎后方骨性结构,从而避免加重腰椎不稳和邻近节段退变。但是,MANZUR 等<sup>[11]</sup>进行回顾分析显示:单独 ALIF 总体患者融合率为 88.2%,而加用椎前内固定钢板融合率为 94.2%。单独 ALIF 易发生椎间高度丢失、融合器下沉、移位等,故 ALIF 常需加用后方钉棒内固定以加强。因在恢复节段性前凸、腰椎前凸及椎间高度等方面具有优势,ALIF 尤其适用于无须后路减压,以及无明显根性症状的腰椎管狭窄的患者;而 TLIF 在复位、减压方面较好。两种方式各有千秋,应根据患者的具体情况决定选择何种术式。

### 2.2 LLIF 与 TLIF

有研究显示,LLIF 和微创 TLIF (MIS-TLIF) 对退变性腰椎滑脱患者症状改善差别无统计学意义,但是,LLIF 组比 MIS-TLIF 组有更少的椎间高度丢失和植入物下沉<sup>[12]</sup>。整体上来说,前路、后路腰椎融合术对于恰当适应证的患者均可取得满意临床疗效。不同前后路腰椎融合选择推荐如下:(1)前入路腰椎融合术。ALIF 推荐用于椎间盘源性下腰痛;ALIF、OLIF、LLIF 具有突出冠状位和矢状位矫正能力,辅助后路内固定系统更加安全有效,适合于需要进行腰椎形态矫正和脊柱畸形矫正。但在 L<sub>4,5</sub> 节段 LLIF 损伤股神经等风险较大,应慎重。而在 L<sub>2,3</sub> 和 L<sub>3,4</sub> ALIF 因有损伤前方大血管风险,故不推荐。(2)后入路腰椎融合术。PLIF 和 TLIF 适合于退行性腰椎滑脱、复发型椎间盘突出症和腰椎管狭窄症,

对于 L<sub>5</sub>S<sub>1</sub> 腰椎滑脱为了避免 L<sub>5</sub> 神经根损伤,更推荐 PLIF。

同时,强有力的内固定是实现融合的重要因素之一,单纯前路手术如 ALIF 或 OLIF,从生物力学分析,其很难实现坚强固定。对于以腰痛为主要症状、椎体节段不稳为主要病理改变的患者,若影像学上无明显椎管内狭窄,建议经前方入路 (ALIF、LLIF 或 OLIF) 进行腰椎融合,辅以后方椎弓根螺钉固定。随着前路脊柱固定系统的发展,无须附加后路固定,即可实现持久、可靠椎体节段稳定的前路内固定装置将给前路腰椎融合术带来新的活力。

## 3 腰椎融合失败分析

选择合适的融合方式,通过精细操作,实现骨性融合,达到椎体间稳定的最终目的。腰椎椎间融合失败 (failed lumbar interbody fusion, FLIF) 作为一种特殊并发症,是腰椎融合术失败原因之一,其危险因素包括止痛类药物、手术部位感染、椎间融合材料的选择、手术因素及个体因素 (吸烟、年龄、体重、骨质疏松症等)<sup>[13]</sup>。(1)止痛类药物:阿片类药物、非甾体抗炎药等可对骨愈合过程产生负面影响,从而导致腰椎椎间融合失败。(2)术后手术部位感染是 FLIF 的原因之一,可导致椎间融合部位炎症和组织破坏,进而影响骨愈合和椎间融合失败的发生。(3)椎间融合材料的选择。椎间融合材料的选择对于融合成功有重要的影响,选择不适当的融合材料会导致腰椎椎间融合的延迟,并导致 FLIF 等并发症的发生<sup>[14]</sup>。目前,常用的椎间融合材料有同种异体骨、自体骨和椎间融合器等。医工交叉研发的具有良好骨传导性、骨诱导性、弹性模量、机械强度的融合材料,将有助于提高融合的成功率。(4)手术因素:与李明阳等<sup>[15]</sup>研究类似,研究表明在进行单间隙植骨时,足够的植骨量促进椎间融合。腰椎多节段融合是导致 FLIF 的原因之一。行 3 或 4 个节段融合患者的融合失败率分别是单节段融合术的患者的 2.8、3.7 倍<sup>[16]</sup>。椎间植入物与上下终板接触不足或接触面减小会导致 FLIF 的发生。

椎间融合器移位和沉降是导致腰椎椎间融合失败的挑战性挑战问题。LLIF 椎间融合器建议放置在椎间隙中部 1/2 或偏前的位置。相对于 LLIF,在 OLIF 中椎间融合器 (Cage) 放置于相对靠后的椎体中 1/3,可显著增加椎间孔高度及后部椎间盘高度,从而为持久改善临床症状和有效缓解神经根压迫打下坚实基础<sup>[17]</sup>。

## 4 腰椎融合术中应当重视骨质疏松、退变、侧弯等原有并发症

腰椎融合内患者骨质疏松存在对植骨融合难

题、内固定稳定性问题和骨折风险。因此,临床上大量腰椎退变性疾病患者合并骨质疏松, 给其腰椎融合术提出挑战, 需要临床医生足够重视。对于老年或绝经后女性患者, 术前应进行骨密度检测, 必要时术前就启动抗骨质疏松治疗。术中对并发症高危患者采取相应预防性外科干预措施, 例如应用骨水泥强化技术。术后进行规范的抗骨质疏松药物治疗, 以及制定个性化的康复方案。合并骨质疏松症的腰椎椎间融合术患者, 建议选择适当大小 (尤其是适当高度) 的椎间融合器, 并注意保护终板。

### 5 微创、数字化的腰椎融合术是未来的发展趋势与方向

腰椎融合技术逐渐由开放手术向微创手术方向转变, 其微创是未来发展趋势之一。脊柱内镜下腰椎融合术 (ENDO-LIF 手术), 单边双通道脊柱内镜下手术 (unilateral biportal endoscopic discectomy, UBE 手术)、单通道分体式脊柱内镜技术 (one-hole spinal endoscope, OSE 手术) 和关节镜辅助下的脊柱外科手术 (arthroscopic-assisted uni-portal spinal surgery, AUSS) 等下腰椎融合术的开展, 实现了更少的软组织损伤, 获得类似于开放手术的效果<sup>[18]</sup>。但是 AUSS 等技术下腰椎融合术目前缺乏长期随访结果, 手术技巧和生物力学结果的支撑有待进一步研究。腰椎微创融合技术由于其术者的知识结构和操作技术水平要求更高, 其学习曲线较长, 应加强培训和严格把握适应证, 对完成病例进行总结、分析<sup>[19]</sup>。

机器人在腰椎融合术中的应用将会越来越广泛<sup>[20]</sup>, 目前主要体现在机器人辅助下更准确地放置椎弓根螺钉, 有助于保护邻近小关节、减少术中出血量和辐射剂量<sup>[21]</sup>。相信随着人工智能发展, 腰椎融合术相信也会向更加智能化、数字化发展。机器人辅助将更加智能化、个性化, 能够根据不同的患者情况和手术需求进行定制化的手术方案并实施。

综上所述, 每一种腰椎融合手术方式都有其不足和优势, 临床医生只有清晰地把握各种腰椎融合术相对的优缺点、适应证和禁忌证, 才在面对腰椎疾病患者时充分结合不同疾病特点, 综合分析并制定个体化方案, 争取获得最佳治疗效果又能减少并发症。未来的研究应继续探索优化手术技术、提高融合效率及降低并发症的新策略, 为腰椎疾病患者提供更佳的治疗选择。

#### 参考文献

[1] MOBBS R J, PHAN K, MALHAM G, et al. Lumbar interbody fusion: techniques, indications and comparison of interbody fusion options including PLIF, TLIF, MI-TLIF, OLIF/ATP, LLIF and ALIF [J]. J Spine Surg, 2015, 1(1): 2-18.  
 [2] 寇贤帅, 舍炜, 马贵福, 等. I 期经后路病灶清除脊柱内固定术

治疗腰椎布鲁杆菌性脊柱炎 [J]. 中国骨伤, 2024, 37(8): 764-771.  
 KOU X S, SHE W, MA G F, et al. One-stage posterior debridement and spinal internal fixation for the treatment of lumbar brucellar spondylitis [J]. China J Orthop Traumatol, 2024, 37(8): 764-771. Chinese.  
 [3] FANG X B, ZHANG M J, WANG L L, et al. Comparison of PLIF and TLIF in the treatment of LDH complicated with spinal stenosis [J]. J Health Eng, 2022, 2022: 9743283.  
 [4] AUDAT Z, MOUTASEM O, YOUSEF K, et al. Comparison of clinical and radiological results of posterolateral fusion, posterior lumbar interbody fusion and transforaminal lumbar interbody fusion techniques in the treatment of degenerative lumbar spine [J]. Singapore Med J, 2012, 53(3): 183-187.  
 [5] HUMPHREYS S C, HODGES S D, PATWARDHAN A G, et al. Comparison of posterior and transforaminal approaches to lumbar interbody fusion [J]. Spine, 2001, 26(5): 567-571.  
 [6] TUNG K K, TSENG W C, WU Y C, et al. Comparison of radiographic and clinical outcomes between ALIF, OLIF, and TLIF over 2-year follow-up: a comparative study [J]. J Orthop Surg Res, 2023, 18(1): 158.  
 [7] SUN D, LIANG W S, HAI Y, et al. OLIF versus ALIF: which is the better surgical approach for degenerative lumbar disease? A systematic review [J]. Eur Spine J, 2023, 32(2): 689-699.  
 [8] ALHAUG O K, DOLATOWSKI F C, THYRHAUG A M, et al. Long-term comparison of anterior (ALIF) versus transforaminal (TLIF) lumbar interbody fusion: a propensity score-matched register-based study [J]. Eur Spine J, 2024, 33(3): 1109-1119.  
 [9] 曾忠友, 吴宏飞, 范时洋, 等. 腰椎两种不同椎间融合方式终板损伤的病例对照研究 [J]. 中国骨伤, 2022, 35(10): 933-942.  
 ZENG Z Y, WU H F, FAN S Y, et al. Case-control study on endplate injury of lumbar spine with two different intervertebral fusion methods [J]. China J Orthop Trauma, 2022, 35(10): 933-942. Chinese.  
 [10] HSIEH P C, KOSKI T R, O'SHAUGHNESSY B A, et al. Anterior lumbar interbody fusion in comparison with transforaminal lumbar interbody fusion: implications for the restoration of foraminal height, local disc angle, lumbar lordosis, and sagittal balance [J]. J Neurosurg Spine, 2007, 7(4): 379-386.  
 [11] MANZUR M K, STEINHAUS M E, VIRK S S, et al. Fusion rate for stand-alone lateral lumbar interbody fusion: a systematic review [J]. Spine J, 2020, 20(11): 1816-1825.  
 [12] 易红雷, 许俊杰, 陈虎, 等. LLIF 与 TLIF 对腰椎矢状面序列影响的比较 [J]. 中国矫形外科杂志, 2020, 28(14): 1278-1282.  
 YI H L, XU J J, CHEN H, et al. Effect of lateral lumbar interbody fusion versus transforaminal lumbar interbody fusion on sagittal lumbar alignment [J]. Orthop J China, 2020, 28(14): 1278-1282. Chinese.  
 [13] LIU Y, DASH A, KREZ A, et al. Low volumetric bone density is a risk factor for early complications after spine fusion surgery [J]. Osteoporos Int, 2020, 31(4): 647-654.  
 [14] 曾忠友, 何登伟, 倪文飞, 等. 斜外侧椎间融合技术术后再手术原因与策略 [J]. 中国骨伤, 2024, 37(8): 756-764.  
 ZENG Z Y, HE D W, NI W F, et al. Reasons and strategies of re-operation after oblique lateral interbody fusion [J]. China J Orthop Traumatol, 2024, 37(8): 756-764. Chinese.  
 [15] 李明阳, 张大鹏, 崔志栋, 等. 椎间植骨面积对单节段腰椎后路

- 减压椎间植骨融合效果的影响[J].中国骨伤,2024,37(8):772-778.
- LI M Y,ZHANG D P,CUI Z D. Effect of intervertebral bone graft area on the effect of single-level posterior lumbar decompression and bone graft fusion[J]. China J Orthop Traumatol,2024,37(8):772-778. Chinese.
- [16] GUPPY K H,ROYSE K E,NORHEIM E P,et al. Operative nonunion rates in posterolateral lumbar fusions: analysis of a cohort of 2591 patients from a national spine registry[J]. World Neurosurg,2021,145:e131-e140.
- [17] FORMICA M,VALLERGA D,ZANIRATO A,et al. Fusion rate and influence of surgery - related factors in lumbar interbody arthrodesis for degenerative spine diseases:a meta - analysis and systematic review[J]. Musculoskelet Surg,2020,104(1):1-15.
- [18] WANG F,WANG R,ZHANG C Y,et al. Clinical effects of arthroscopic-assisted uni-portal spinal surgery and unilateral bi-portal endoscopy on unilateral laminotomy for bilateral decompression in patients with lumbar spinal stenosis:a retrospective cohort study [J]. J Orthop Surg Res,2024,19(1):167.
- [19] 张世民. 稳妥开展腰椎微创融合技术以减少手术并发症[J]. 中国骨伤,2023,36(5):399-402.
- ZHANG S M. Stable implementation of minimally invasive lumbar fusion technology and reduction of surgical complications[J]. China J Orthop Traumatol,2023,36(5):399-402. Chinese.
- [20] 张凯,范喜荣,赵常春,等. 骨科机器人辅助置钉下全内镜化经椎间孔腰椎椎间融合术治疗腰椎间盘突出症伴腰椎不稳[J]. 中国骨伤,2024,37(8):750-755.
- ZHANG K,FAN X R,ZHAO C C,et al. Orthopedic robot-assisted endoscopic transforaminal lumbar interbody fusion for lumbar disc herniation with lumbar instability[J]. China J Orthop Traumatol,2024,37(8):750-755. Chinese.
- [21] 宋继鹏,林万程,姚思远,等. 腰椎后路短节段减压融合术中应用机器人辅助下皮质骨螺钉与椎弓根螺钉固定的临床疗效比较[J]. 中国脊柱脊髓杂志,2023,9(12):1098-1106.
- SONG J P,LIN W C,YAO S Y,et al. Comparison of clinical efficiencies between cortical bone trajectory screw and pedicle screw fixation techniques under robot-assisted technology in posterior lumbar short-segment decompression and fusion [J]. Chin J Spine Spinal Cord,2023,9(12):1098-1106. Chinese.
- (收稿日期:2024-08-05 本文编辑:王玉蔓)