

·综述·

经椎间孔入路全内镜下腰椎椎体间融合技术研究进展

翟正佳,董健文,刘仲宇

(中山大学附属第三医院脊柱外科,广东 广州 510630)

【摘要】 经椎间孔入路全内镜下腰椎椎体间融合术(full endoscopic transforaminal lumbar interbody fusion)近年来在微创脊柱外科领域获得广泛应用,本文简要介绍该术式的发展历史、技术要点、适应证、疗效以及并发症。笔者认为经椎间孔入路全内镜下腰椎椎体间融合术具有与传统手术同样的临床效果,并且能够有效减少组织损伤和术中出血、降低术后腰背痛的发生率、缩短术后下床活动时间及平均住院日,但仍需完善远期随访,以进一步评估该术式的有效性和安全性。

【关键词】 外科手术;内窥镜; 脊柱融合术; 手术后并发症; 综述

中图分类号:R687.3

DOI:10.12200/j.issn.1003-0034.2021.11.019

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Research progress of full endoscopic transforaminal lumbar interbody fusion ZHAI Zheng-jia, DONG Jian-wen, and LIU Zhong-yu. Department of Spine Surgery, the Third Affiliated Hospital of Sun Yat-sen University, Guangzhou 510630, Guangdong, China

ABSTRACT Full endoscopic transforaminal lumbar interbody fusion has been used widely in the field of minimally invasive spine surgery in recent years. This paper briefly introduces the development history, technical points, indications, curative effects and complications. Authors believe that the full endoscopic transforaminal lumbar interbody fusion has the same clinical effects as traditional surgery, and can effectively reduce tissue damage and intraoperative bleeding, reduce the incidence of postoperative low back pain, shorten the time to get out of bed, and reduce the average hospitalization time. However, it is still necessary to improve the long-term follow-up in order to further evaluate the effectiveness and safety of the procedure.

KEYWORDS Surgical procedures, endoscopic; Spinal fusion; Postoperative complication; Review

经椎间孔入路全内镜下腰椎椎体间融合术(full endoscopic transforaminal lumbar interbody fusion)^[1]是目前经皮脊柱内镜乃至脊柱微创领域最为热门技术的之一。它的独特创新与设计理念,将内镜技术与融合技术巧妙地结合在一起。该技术为镜下融合带来了新的思路与发展方向,包括最小的组织损伤、降低围手术期并发症的发生率和早期康复。目前全内镜技术已经能够处理各种类型的椎间盘突出、椎管狭窄以及各种翻修手术。本综述的目的是评估现有文献,总结当前经椎间孔入路全内镜下腰椎椎体间融合术的发展历史、技术要点、适应证、疗效以及并发症。

1 镜下融合技术的发展历史

镜下融合技术包括经椎间孔与椎板间两种手术入路,根据使用的内镜器械不同还可分为单通道或双通道内镜系统。该技术最早由美国 Osman 教授于

2012 年提出,作者使用的是双通道内镜系统,它类似于关节镜,用一个通道放置内镜提供手术视野,另一个通道用于器械操作。Osman 团队对 60 例椎间盘退行性变等非手术治疗失败的患者行双通道内镜下经椎间孔减压、椎体融合和经皮椎弓根螺钉内固定手术,并进行平均 12 个月的随访后发现近 60% 的患者出现了融合,同时 20% 的患者出现了并发症,主要为下肢麻木、腰背部活动受限以及椎弓根螺钉相关并发症^[2]。而真正全内镜下经椎间孔入路腰椎椎体间融合术是 2013 年由法国内镜专家所论述,其在 2004 至 2010 年尝试在全内镜减压的基础上通过局麻的方式植入自己设计的融合器,但他对此技术并不看好;原因是纳入随访的 57 例患者中有 13 例出现了不同程度的融合器移位,造成相应的神经卡压症状;同时 8 例出现了神经的损伤^[3]。Jacquot 等^[3]认为尽管该技术有着出血少、创伤小等诸多优势,但并发症高达 36%,所以他提出“除非重大的技术改进,否则不推荐该技术”。随着内镜下融合技术配套器械不断完善,2016 年有人尝试在全内镜辅助

通讯作者:董健文 E-mail:jianwendong@126.com

Corresponding author: DONG Jian-wen E-mail:jianwendong@126.com

下的椎体间融合技术, 作者从 Kambin 三角进入, 在内镜下处理完椎间隙后放入骨形成蛋白, 然后放入可扩张式融合器, 同时植入自体骨, 将融合器逐渐膨胀, 撑开椎间隙, 最后辅助经皮椎弓根螺钉完成该手术^[4]。Wang 等^[4]报道的 10 例患者未发生任何并发症, 且经随访未出现不融合迹象。除了令人满意的效果之外, 作者局麻方式的使用也为该技术增色不少, 尤其是对于高龄、全身多基础病等不能耐受全麻的患者。2018 年有学者发表的一篇随访长达 2 年的研究指出该技术目前最大的问题在于通道对神经根损伤的风险, 以及影响植入的融合器尺寸^[5]。同期 Youn 等^[6]报道采用非扩张通道经椎板间入路减压, 首先切除部分上关节突, 然后进行终板处理、植骨、椎间融合器置入和经皮螺钉固定。

2 适应证和禁忌证

经椎间孔入路全内镜下腰椎椎体间融合技术的适应证与微创经椎间孔腰椎椎间融合术(minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion, MIS-TLIF)相似, 适用于腰椎退变、腰椎不稳及椎间盘源性疾病引起的经保守治疗效果欠佳且病变仅局限于 1~2 个节段的慢性下腰痛, 也就是指脊柱前柱支撑不足造成的慢性力学性下腰痛。目前该技术的适应证仍存在较大争议, 总结现有文献手术相对适应证为: 腰椎失稳症; 腰椎滑脱症 Meyerding 分级 ≤ II 度; 腰椎管狭窄症(中央管、侧隐窝、神经根管、椎间孔)减压后医源性失稳; 复发型腰椎间盘突出症; 巨大型, 合并钙化、后缘离断、终板炎的腰椎间盘突出症; 轻中度退变性脊柱侧凸; 腰椎翻修术; 以椎间隙为主的腰椎感染; 1~2 节段融合。

但对于多节段、严重椎管狭窄以及 Meyerding 分级 II 度以上腰椎滑脱的手术治疗, 仍存在一些技术难度与手术风险。相对禁忌证为: 腰椎滑脱症 Meyerding 分级 ≥ III 度; 既往手术造成腰椎后方骨性结构严重缺失、瘢痕严重增生、硬脊膜破裂者; 既往手术内固定松动需开放手术返修者; 椎间隙严重狭窄、严重骨质疏松者。有文献报道针对 Meyerding 分级 II 度以上滑脱、严重腰椎不稳及严重骨质疏松患者, 可通过增加椎弓根螺钉和钉棒进行操作^[7-13]。

3 经椎间孔入路镜下融合技术的优势

3.1 局麻方式的应用

传统手术由于创伤较大、术中出血多以及手术时间较长等原因只能采用全身麻醉的方式。经椎间孔入路全内镜下腰椎椎体间融合技术目前通用的麻醉方式可选择在全麻或持续硬膜外麻醉下进行, 同时行神经电生理监护。目前有多篇文献报道称仅使用局部麻醉^[14-16]。局麻方式的应用降低了全身麻醉

的相关风险, 并有助于患者进行实时神经反馈。甚至有个案报道在不使用硬膜外或局部镇痛的情况下, 仅通过持续输注异丙酚和氯胺酮让患者镇静^[4]。

3.2 安全三角与手术入路

经椎间孔入路是指经安全三角即 Kambin 三角, Kambin 三角是腰椎后外侧神经根下方的一个三角形区域。作为脊柱天然的裸区, 是介入和外科的安全工作区域, 由尾端椎体的上缘、硬膜囊或行走神经根的外缘和出口神经根内缘组成^[17-20]。如果从三维立体角度来看, Kambin 三角还存在“第 4 部分”, 为下位椎体的上关节突的外侧面, 即后缘。传统开放融合术式及 MIS-TLIF 常将这“第 4 部分”切除以扩大工作区域。为了更加精准的描述 Kambin 三角, Fanous 等^[21]为上关节突分配边界, 将二维的三角形转换为三维棱镜, 即“Kambin 棱镜”。并且基于骨切除程度将其分为 3 型, I 型无任何骨切除, II 型仅切除有限范围的关节突, 包括下位关节的上关节突和上位关节的下关节突, III 型切除部分椎板、上下关节突、关节突间^[21-23]。

国内有报道称国人安全三角的测量, 神经根与下位椎弓根间距大多数为 8~9 mm, 女性略小^[24]。其安全范围仅 9~10 mm, 而目前的大通道内镜外径为 11 mm。为了安全的把通道放到此区域而不牵拉或挤压近端神经根, 笔者的解决方法是切除下位关节的上关节突, 也就是“Kambin 棱镜”分型中的 II 型。可于内镜下使用特殊的磨钻磨除椎间孔下位关节的上关节突或用骨钻咬除, 从而扩大椎间孔, 使通道安全插入三角区域。

3.3 内镜下的手术特点

首先在 G 臂透视下将 X 线定位在相应节段椎体小关节肩部, 逐级扩张通道后使用大通道内镜, 内镜下磨钻及枪状咬骨钳仔细行广泛骨性减压, 切除上关节突扩大椎间孔。分离并切除黄韧带, 完全显现硬膜囊及神经根, 采用旋管技术牵开神经根及硬膜囊, 显露并摘除椎间盘, 处理椎间隙, 植入自体骨或同种异体骨及融合器, 最后用经皮椎弓根钉棒内固定。在植入融合器的过程中笔者创新性的建立观察孔, 做到了镜下全程可视化, 从而减少术中透视。手术采用的全内镜系统以水为介质, 包含光学设备及工作通道。利用先进的设备可实现术中手术视野有效放大, 显著提高手术操作的精确度, 降低神经损伤、血管损伤等手术风险, 同时能够保护工作通道及手术区域皮肤、筋膜、肌肉、骨性结构等组织, 有利于患者术后早期康复。与 MIS-TLIF 等传统手术方式相比, 经椎间孔入路全内镜下腰椎椎体间融合术技术在减少术中出血及隐匿性失血、缩短术后下床活动

时间及平均住院日甚至进行日间手术具有更大的优势^[25-28]。

3.4 较短的学习曲线

该技术学习曲线短，通常在掌握全内镜单纯减压技术后需 10~20 例的早期病例即可熟练掌握该手术技术，对中青年医师手术水平的提升帮助较大；同时也便于教学医院开展培训。

4 经椎间孔入路镜下融合技术的疗效与并发症

总结现有文献报道，经椎间孔入路全内镜下腰椎椎体间融合术具有与传统手术同样的疗效，患者腰腿痛等临床症状明显改善，术后 VAS 及 ODI 显著低于术前。在经历至少 1 年的随访后，椎间融合率为 58.8%~100%。最近发表的几篇 Meta 分析也证实了该手术近期临床效果良好^[29-31]。

由于早期技术尚不成熟加上手术的配套器械不完善，该技术早期并发症较高。随着技术的不断改进，部分学者报道无任何并发症^[4-5,15,32-33]。目前的并发症主要来自于手术对出口神经根的干扰、椎间盘处理不够彻底、融合器与椎间隙的高度不匹配、经皮椎弓根螺钉置入不当以及内镜下有限的减压范围^[34-35]。即神经损伤(硬膜囊、神经根)，出现相应支配区域的肢体感觉、运动受限或丧失，会阴部麻木、大小便不同程度失禁等^[2-3,25,36-37]；血管损伤，出现手术区域血肿、相应区域神经受压等；脑脊液漏，出现头痛、头晕、恶心、呕吐、中枢神经系统感染等可能性^[38]；术后融合器移位需再次手术等^[3,36]。

5 总结与展望

镜下融合的目的将经皮脊柱内镜技术应用到腰椎椎体间融合术中、拓展该技术的手术适应证、并充分发挥内镜手术的优势。与传统腰椎微创融合手术相比，镜下融合的优势表现在切口更小、手术视野更清晰，能更好地控制出血、操作更精细、终板处理及融合效果更好。该技术目前存在的问题主要有：随访时间较短，术后远期融合率及邻近椎体退变的发生概率尚无文献论证；对于椎间隙狭窄或 Kambin 三角严重狭窄的患者，镜下减压难度较大，手术时间延长，术中需彻底减压以及避免神经根损伤；狭小的工作空间使得融合器的尺寸受到限制，使用可扩张式融合器是当前较为可行的解决方案；术中透视次数的增加，过度的辐射暴露可能会增加患者和手术团队的健康风险，与手术机器人和导航技术相结合将有效解决此问题^[39-40]。该技术催生与之相关的内镜、器械、内植物耗材一系列产业的研发与生产，为临床腰椎融合提供了一种安全有效的选择。

参考文献

[1] Hofstetter CP, Ahn Y, Choi G, et al. AOSpine Consensus paper on nomenclature for working-channel endoscopic spinal procedures

[J]. Global Spine J, 2020, 10: 111-121.
[2] Osman SG. Endoscopic transforaminal decompression, interbody fusion, and percutaneous pedicle screw implantation of the lumbar spine: a case series report [J]. Inter J Spine Surg, 2012, 6(1): 157-166.
[3] Jacquot F, Gastambide D. Percutaneous endoscopic transforaminal lumbar interbody fusion: is it worth it [J]. Int Orthop, 2013, 37(8): 1507-1510.
[4] Wang MY, Grossman J. Endoscopic minimally invasive transforaminal interbody fusion without general anesthesia: initial clinical experience with 1-year follow-up [J]. Neurosurg Focus, 2016, 40(2): E13.
[5] Wu J, Liu H, Ao S, et al. Percutaneous endoscopic lumbar interbody fusion: technical note and preliminary clinical experience with 2-year follow-up [J]. Bio Med Res Inter, 2018, 2018: 1-8.
[6] Youn MS, Shin JK, Goh TS, et al. Full endoscopic lumbar interbody fusion (FELIF): technical note [J]. Eur Spine J, 2018, 27(8): 1949-1955.
[7] Ahn Y, Youn MS, Heo DH. Endoscopic transforaminal lumbar interbody fusion: a comprehensive review [J]. Expert Rev Med Devices, 2019, 16(5): 373-380.
[8] 杨晋才. 经皮内镜辅助腰椎融合技术面临的问题与挑战 [J]. 中华医学杂志, 2019, 33: 2566-2568.
YANG JC. Current problems and challenges for percutaneous endoscopic transforaminal lumbar interbody fusion [J]. Zhonghua Yi Xue Za Zhi, 2019, 33: 2566-2568. Chinese.
[9] 李振宙, 侯树勋. 全内镜下腰椎椎体间融合术的现状与争议 [J]. 中国骨与关节杂志, 2020, 9(1): 1-4.
LI ZZ, HOU SX. Reality and discussion of full-endoscopic lumbar interbody fusion [J]. Zhongguo Gu Yu Guan Jie Za Zhi, 2020, 9(1): 1-4. Chinese.
[10] Kim HS, Wu PH, Lee YJ, et al. Technical considerations of uniportal endoscopic posterolateral lumbar interbody fusion: a review of its early clinical results in application in adult degenerative scoliosis [J]. World Neurosurg, 2021, 145: 682-692.
[11] Lioumakos JI, Wang MY. The endoscopic approach to lumbar discectomy, fusion, and enhanced recovery: a review [J]. Global Spine J, 2020, 10(2 suppl): 65-69.
[12] Nagahama K, Ito M, Abe Y, et al. Early clinical results of percutaneous endoscopic transforaminal lumbar interbody fusion: a new modified technique for treating degenerative lumbar spondylolisthesis [J]. Spine Surg Relat Res, 2019, 3(4): 327-334.
[13] Kamson S, Lu D, Sampson PD, et al. Full-endoscopic lumbar fusion outcomes in patients with minimal deformities: a retrospective study of data collected between 2011 and 2015 [J]. Pain Physician, 2019, 22(1): 75-88.
[14] Kolcun JPG, Brusko GD, Wang MY. Endoscopic transforaminal lumbar interbody fusion without general anesthesia: technical innovations and outcomes [J]. Ann Transl Med, 2019, 7(Suppl5): S167.
[15] Shen J. Fully endoscopic lumbar laminectomy and transforaminal lumbar interbody fusion under local anesthesia with conscious sedation: a case series [J]. World Neurosurg, 2019, 127: e745-e750.
[16] Butler AJ, Brusko GD, Wang MY. Awake endoscopic transforaminal lumbar interbody fusion: a technical note [J]. HSS J, 2020, 16(2): 200-204.

- [17] Basil GW, Wang MY. Technical considerations of endoscopic Kambin's triangle lumbar interbody fusion[J]. *World Neurosurg*, 2021, 145:670-681.
- [18] Hardenbrook M, Lombardo S, Wilson MC, et al. The anatomic rationale for transforaminal endoscopic interbody fusion: a cadaveric analysis[J]. *Neurosurgical Focus*, 2016, 40(2):E12.
- [19] Tumialán LM, Madhavan K, Godzik J, et al. The history of and controversy over Kambin's triangle: a historical analysis of the lumbar transforaminal corridor for endoscopic and surgical approaches[J]. *World Neurosurg*, 2019, 123:402-408.
- [20] Zhang KH, Zhang WH, Xu BS, et al. CT-based morphometric analysis of approach of percutaneous transforaminal endoscopic lumbar interbody fusion[J]. *Orthop Surg*, 2019, 11(2):212-220.
- [21] Fanous AA, Tumialán LM, Wang MY. Kambin's triangle: definition and new classification schema[J]. *J Neurosurg Spine*, 2020, 32(3):390-398.
- [22] Brusko GD, Wang MY. Endoscopic lumbar interbody fusion[J]. *Neurosurg Clin North Am*, 2020, 31(1):17-24.
- [23] Yin P, Zhang Y, Pan A, et al. The feasibility for a novel minimally invasive surgery - percutaneous endoscopic transforaminal lumbar interbody fusion (PE-TLIF) for the treatment of lumbar degenerative diseases: a cadaveric experiment[J]. *J Orthop Surg Res*, 2020, 15(1):387.
- [24] 王洪立, 杨升达, 姜建元, 等. 基于磁共振神经显像技术解剖学研究的 TLIF 操作安全性分析[J]. *中华骨科杂志*, 2013, 33(2):165-170.
WANG HL, YANG SD, JIANG JY, et al. Operative safety analysis of transforaminal lumbar interbody fusion in Chinese people based on the anatomical study by magnetic resonance neurography[J]. *Zhonghua Gu Ke Za Zhi*, 2013, 33(2):165-170. Chinese.
- [25] Ao S, Zheng W, Wu J, et al. Comparison of preliminary clinical outcomes between percutaneous endoscopic and minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion for lumbar degenerative diseases in a tertiary hospital: Is percutaneous endoscopic procedure superior to MIS-TLIF? A prospective cohort study[J]. *Inter J Surg*, 2020, 76:136-143.
- [26] Jin M, Xu G, Shen T, et al. Minimally invasive surgery for low-grade spondylolisthesis: percutaneous endoscopic or oblique lumbar interbody fusion[J]. *J Comp Eff Res*, 2020, 9(9):639-650.
- [27] Koike Y, Kotani Y, Terao H, et al. Comparison of outcomes of oblique lateral interbody fusion with percutaneous posterior fixation in lateral position and minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion for degenerative spondylolisthesis[J]. *Asian Spine J*, 2021, 15(1):97-106.
- [28] Stevenson KL. Endoscopic 2-level transforaminal lumbar interbody fusion with cancellous DBM allograft: A less invasive alternative to MIS[J]. *Interdisciplinary Neurosurgery*, 2018, 13:71-73.
- [29] Heo DH, Lee DC, Kim HS, et al. Clinical results and complications of endoscopic lumbar interbody fusion for lumbar degenerative disease: a meta-analysis[J]. *World Neurosurg*, 2021, 145:396-404.
- [30] Stone CE, Myers BL, Gupta S, et al. Surgical outcomes after single-level endoscopic transforaminal lumbar interbody fusion: a systematic review and meta-analysis[J]. *Cureus*, 2020, 12(10):e11052.
- [31] Pairuchvej S, Muljadi JA, Ho J, et al. Full-endoscopic (bi-portal or uni-portal) versus microscopic lumbar decompression laminectomy in patients with spinal stenosis: systematic review and meta-analysis[J]. *Euro J Orthop Surg Trauma*, 2020, 30(4):595-611.
- [32] 孙凤龙, 梁庆晨, 王宏庆, 等. 脊柱内镜下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的早期临床研究[J]. *中华骨与关节外科杂志*, 2019, 12(10):754-760.
SUN FL, LIANG QC, WANG HQ, et al. Early efficacy of endoscopic transforaminal lumbar interbody fusion in the treatment of lumbar disc herniation with lumbar instability[J]. *Zhonghua Gu Yu Guan Jie Wai Ke Za Zhi*, 2019, 12(10):754-760. Chinese.
- [33] Harakuni T, Iwai H, Oshima Y, et al. Full-endoscopic lumbar interbody fusion for treating lumbar disc degeneration involving disc height loss: technical report[J]. *Medicina*, 2020, 56(9):478.
- [34] Telfeian AE, Jasper GP, Francisco GM. Transforaminal endoscopic treatment of lumbar radiculopathy after instrumented lumbar spine fusion[J]. *Pain Physician*, 2015, 18(2):179-184.
- [35] Wagner R, Haefner M. Uniportal endoscopic lumbar interbody fusion[J]. *Neurospine*, 2020, 17(Suppl 1):S120-S128.
- [36] Lee S, Erken HY, Bae J. Percutaneous transforaminal endoscopic lumbar interbody fusion: clinical and radiological results of mean 46-month follow-up[J]. *Bio Med Res Inter*, 2017, 2017:1-9.
- [37] 张骏, 金梦然, 赵廷潇, 等. 经皮脊柱内镜辅助下腰椎椎体间融合术及其临床应用[J]. *中国骨伤*, 2019, 32(12):1138-114.
ZHANG J, JIN MR, ZHAO TX, et al. Clinical application of percutaneous transforaminal endoscope assisted lumbar interbody fusion[J]. *Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma*, 2019, 32(12):1138-1143. Chinese with abstract in English.
- [38] Wu PH, Kim HS, Lee YJ, et al. Uniportal full endoscopic posterolateral transforaminal lumbar interbody fusion with endoscopic disc drilling preparation technique for symptomatic foraminal stenosis secondary to severe collapsed disc space: a clinical and computer tomographic study with technical note[J]. *Brain Sci*, 2020, 10(6):373.
- [39] 范顺武, 胡志军. 正确把握微创理念, 创新发展脊柱融合技术[J]. *中国骨伤*, 2021, 34(4):293-296.
FAN SW, HU ZJ. Correctly grasp the concept of minimally invasive, innovatively develop spinal fusion technology[J]. *Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma*, 2021, 34(4):293-296. Chinese.
- [40] Chung AS, Wang JC. The rationale for endoscopic spinal surgery[J]. *Neurospine*, 2020, 17(Suppl 1):S9-S12.

(收稿日期:2021-05-19 本文编辑:王宏)