doi:10.11659/jjssx.10E022067

·综 述·

经皮内镜下椎间孔入路腰椎融合术的临床进展

耿田旭,周治强,王中山,汤鹏正,杨洪平 (武汉科技大学附属天佑医院骨科,湖北 武汉 430060)

[摘 要] 腰椎融合术是临床上常见的治疗腰椎退行性疾病的术式,可采取的手术入路较多,其中经椎间孔入路腰椎融合术(TLIF)是目前在临床上广泛运用的手术方式。近几年,随着脊柱微创技术的革新,经皮内镜下椎间孔入路腰椎融合术(PE-TLIF)因其组织损伤小及患者恢复快等优势而逐渐受到重视。本文通过对PE-TLIF的手术方法、临床优势、临床进展与现状及Kambin棱镜的应用进展进行综述,以期为腰椎退行性疾病的临床治疗提供参考。

[关键词] 经皮内镜下椎间孔入路腰椎融合术;腰椎退行性疾病;腰椎融合术;微创手术

[中图分类号] R687.3 [文献标识码] A [收稿日期] 2022-10-29

Clinical progress of percutaneous endoscopic transforaminal lumbar interbody fusion

GENG Tian-xu, ZHOU Zhi-qiang, WANG Zhong-shan, TANG Peng-zheng, YANG Hong-ping (Department of Orthopedics, Tianyou Hospital Affiliated to Wuhan University of Science and Technology, Wuhan Hubei 430060, China)

Abstract: Lumbar fusion is a common surgical approach for the treatment of lumbar degenerative diseases in clinical practice, and there are many surgical approaches available. Transforaminal lumbar interbody fusion (TLIF) is currently a widely used surgical approach in clinical practice. In recent years, with the innovation of minimally invasive spine technology, percutaneous endoscopic transforaminal lumbar interbody fusion (PE-TLIF) has gradually attracted attention because of its advantages of less tissue damage and early patient recovery. In this paper, the surgical approach, clinical advantages, clinical progress and current situation of PE-TLIF and the application progress of Kambin prism were reviewed, in order to provide reference for the clinical treatment of lumbar degenerative diseases.

Keywords: percutaneous endoscopic transforaminal lumbar interbody fusion; lumbar degenerative diseases; lumbar fusion; minimally invasive surgery

腰椎退行性疾病是脊柱骨科的常见疾病,常引起患者腰腿疼痛伴活动受限。腰椎融合术已成为治疗此类疾病的标准术式[1]。1953年,Cloward[2]率先提出腰椎后路融合术(posterior lumbar interbody fusion,PLIF),该术式可清晰暴露手术视野,对神经根松解程度高并提供稳定的脊柱三维,可恢复腰椎正常生理曲度;但是PLIF本身也存在较大缺陷,其可破坏脊柱后方结构(如棘突、椎板和两侧上下关节突关节),对神经根的牵拉可造成神经损伤[3]。为了减少医源性损伤,Harms等[4]在PLIF的基础上提出了经椎间孔入路腰椎融合术(transforaminal lumbar interbody fusion,TLIF),其避免了神经的过度牵拉,对脊柱后方结构及张力带损伤较小。对于大多数患者来说,传统的开放性腰椎融合术可获得满意的神经结构减压和节段稳定的效果,但对后方肌肉韧带复合体广泛性的破坏通常会导致术后疼痛、肌肉萎缩和功能障碍。因此,Foley等[5]提出了微创经椎间孔入路腰椎融合术(minimally invasive surgery transforaminal lumbar interbody fusion,MIS-TLIF),该术式可通过管状扩张器进行减压和融合,对正常解剖结构的损伤更小[6-8],但仍然需要切开后方肌肉韧带复合体来放置导管。故学者们研发了经皮内镜下椎间孔入路腰椎融合术(percutaneous endoscopic transforaminal lumbar interbody fusion,PE-TLIF),改善了既往技术的缺陷[9]。相关临床研究及meta分析证实,PE-TLIF治疗腰椎退行性疾病,具有减少医源性创伤、加快术后康复和缓解术后早期背部疼痛等独特优势,并可使不能耐受全身麻醉的腰椎退行性疾病患者也获得较好的临床效果[10-13]。本研究通过对PE-TLIF相关的手术方式、临床优势以及临床进展与现状等进行综述,以期为腰椎退行性疾病的临床治疗提供参考。

1 手术方法

于患者需减压侧的皮肤作2~3 cm的切口,使用C型臂X射线机透视定位观察满意后,在关节导向器的引导支持下,导钉经皮穿刺上关节突背外侧并进入关节突骨质,随后利用3级扩张套筒和自主研制的钩舌状套筒使其舌钩紧贴关节突外侧行骨膜下剥离,并用

[通信作者] 杨洪平,E-mail:415142367@qq.com

前端的钩勾住上关节突的腹侧,取出1、2级扩张套筒更换为齿状固定棒并套接环锯锯下上关节突,这是PE-TLIF技术最主要的优势,可以安全有效地切除上关节突[13]。上关节突去除后可安全有效地暴露出神经根,在Kambin三角处置入替换棒,并沿此放置工作通道至椎间盘,脊柱内镜可在工作通道的帮助下清除椎间盘组织部分髓核及残存的上关节突,进行初步的椎管减压,并可通过旋转工作套筒来保护出口神经根[14]。椎管减压完成后,于工作通道外置入植骨通道,经此通道借助髓核钳、刮匙等工具将椎间盘和软骨终板清除干净。取同种异体骨或者自体髂骨植入椎间隙,并置入可调节高度的钛金属椎间融合器撑开至合适高度,最后经皮两侧置入椎弓根螺钉和钛棒,透视位置满意后加压固定,留置引流管并缝合[15-16]。

2 临床优势

腰椎融合术被认为是改善腰椎退行性疾病患者疼痛、功能和生活质量的有效治疗方法,大多数的患者可通过传统的开放性腰椎融合术获得较为满意的神经结构减压和受累节段稳定的效果,然而开放性手术造成的广泛性后方肌肉韧带复合体损伤常常会给患者带来术后疼痛、肌肉萎缩和功能障碍等一系列并发症[17-18]。因此,在充分减压的基础上尽量减少对腰椎三维结构和周围软组织的损伤成为新的研究热点[19-20],使得各种内镜下腰椎融合术不断出现[21-22],但其技术并不成熟。据Jacquot等[23]统计,2013年脊柱内镜下椎间孔入路腰椎融合术的并发症发生率为7.2%~36.0%,其认为有必要对技术进行改进,以降低并发症发生率。为了克服脊柱内镜下腰椎融合术的不足,Yin等[13]创新性提出了PE-TLIF,做了如下改进:①基于上关节突与椎弓根螺钉之间的位置关系,设计了关节突导向切除装置即上关节突切除装置,使切除上关节突更准确,可对同侧侧隐窝进行充分减压;②钩舌状保护套筒可以紧贴关节突外侧,并可从关节突背侧至腹侧,保护出口神经根,防止环锯误入椎管损伤硬膜内马尾神经;③植骨通道的双舌状突起可保护出口、行走神经根及硬膜囊;④灵活调节的椎间融合器可以最大限度地恢复椎间隙正常高度,同时稳定的固定也能有效避免术后发生融合器移位的问题,实现持续加压;⑤手术入路经过椎间孔Kambin三角,由于其无重要血管及神经结构,又被称之为安全三角,可以提高手术的安全性,缩短学习曲线和减少术后并发症的发生[24]。传统的开放性腰椎融合术由于术中对腰部后方软组织损伤极大[25],常导致腰椎术后失败综合征(failed back surgery syndrome,FBSS)的发生,是患者运动感觉功能障碍及术后并发症发生的主要原因[26]。为了减少手术对患者造成的伤害,临床使用MIS-TLIF等微创技术来降低并发症的发生率,但是MIS-TLIF置钉位置与传统开放手术相似,容易造成脊神经背内侧支损伤,从而导致术后多裂肌的损伤和萎缩[27]。PE-TLIF不同于MIS-TLIF,其结合了脊柱内镜和内固定技术,手术入路、减压与置钉通道较小,对软组织的解剖顺序及结构不会有较大改变,从而保护了手术部位软组织的基本生理功能,减少了脊神经背内侧支损伤[27],降低了患者术后腰背部疼痛及多裂肌萎缩等并发症的发生率[28]。Ao等[29]的研究认为PE-TLIF在治疗腰椎退行性疾病上与MIS-TLIF具有同样的临床可行性与有效性,但PE-TLIF在腰椎融合率方面优于MIS-TLIF,这是因为腰椎手术的融合率与植骨床面积、骨移植物类别及终板接触状况等多种因素相关[28,30],PE-TLIF是通过内镜下直视椎间隙,可更加清晰完整地减压和清除,因而获得更大的植骨床面积[31-32]。PE-TLIF因手术切口小,需使用可膨胀融合器,其可灵活调节高度进入手术切口,对手术部位神经根干扰小,舒展程度可控[33]。Chang等[34]研究发现,使用可膨胀融合器的患者椎间隙高度恢复更好。朱广铎等[15]也认为使用可膨胀融合器可使手术节段椎间隙高度、节段性前凸角及Taillard指数较术前明显改善。

3 临床进展与现状

从Osman[21]报道经椎间孔脊柱内镜下进行减压和椎间融合术治疗腰椎退行性疾病,再到2013年Jacquot等[23]报道了脊柱内镜辅助下TLIF治疗退行性椎间盘疾病,反映了经脊柱内镜下腰椎融合术的持续发展。但当时的脊柱内镜下行腰椎融合术还存在着诸多的不足,常导致术后神经损伤和椎间融合器移位等并发症的发生,技术尚不成熟,仍然需进一步研究。PE-TLIF正是在前辈的经验基础上研发设计的,手术采用后外侧入路经椎间孔Kambin三角,在保护出口神经根的基础上用自行研发的环锯切除部分或全部上关节突,在内镜辅助下进行操作,并设计与之适应的工作通道、减压融合设备及高度可调的椎间融合器。PE-TLIF是近十年发展出来的技术,其适用范围还在不断探索,目前其适应证有以椎间盘突出、上关节突增生及黄韧带肥厚等病理性因素导致的腰椎管狭窄[16]和Ⅰ~Ⅱ度的退行性腰椎滑脱为临床表现的腰椎退行性疾病[15]。丁一等[14]在2019年纳入合并严重肺功能不

全无法行全身麻醉的腰椎管狭窄症患者,在连续硬膜外麻醉下成功实施PE-TLIF,体现了PE-TLIF在麻醉方面的灵活性,降低了麻醉所带来的风险,同时也拓宽了该技术的适用人群。然而,PE-TLIF目前的临床适应证相对有限,由于PE-TLIF只切除单侧上关节突,对于严重的骨性或中央椎管狭窄、双侧侧隐窝狭窄无法进行有效减压,而Ⅱ度以上的滑脱常伴椎间隙严重狭窄或消失,由于手术操作空间的丧失,行PE-TLIF极其危险[10],需要严格把握手术适应证。目前还未见关于PE-TLIF应用于多节段腰椎退行性疾病的临床报道,表明该技术的应用还有很大的潜力可以挖掘。脊柱内镜下腰椎融合微创技术的不断探索研究是为了减少患者在治疗过程中的医源性损伤以及术后并发症给患者带来的二次伤害。相对于开放性手术,PE-TLIF创伤更小,住院时间更短,短期内腰腿疼痛缓解和功能改善更加显著[29]。但因其手术时间更长,学习曲线也更为陡峭,且手术入路常常需要理想的穿刺轨迹,对外科医师的技术要求极高,极大增加了外科医师的学习成本。且与MIS-TLIF相比,PE-TLIF的术后腰椎融合率较低,故需要对PE-TLIF术中的可膨胀融合器和骨移植物进一步研究完善。Youn等[35]的全内镜下腰椎融合术(full endoscopic lumbar interbody fusion,FELIF)可实现全程内镜下的椎间隙处理及融合器植入,而目前PE-TLIF还无法实现全程镜下操作,故手术器材需进一步完善。

4 Kambin棱镜的应用

临床中部分外科医师常常把Kambin三角误认为是二维概念下的直角三角形,使得上关节突在Kambin三角概念中缺乏明确的边界;上关节突的外侧边界是手术进入椎间盘间隙的主要限制,忽略该结构对手术有重大影响。故有研究报道,考虑到二维测量中有限的工作空间、三维解剖的复杂性和患者体态之间的差异,脊柱内镜辅助下TLIF是不安全的[23]。随着PE-TLIF的不断深入研究,2019年Tumialan团队提出了Kambin棱镜概念并对Kambin三角进行了新的分类[24,36]。Kambin棱镜是一个3D棱镜走廊形式,棱镜走廊的空间分布除了二维视角下的X轴和Y轴之外,还多了一个关于深度的维度,即Z轴,Z轴的出现使得上关节突被纳入Kambin棱镜的概念中。故Kambin棱镜的提出对三维空间进行了统一的定义,为相关的解剖结构指定了边界,特别是对于边界模糊的上关节突。在Kambin棱镜的投影范围下,外科医生可以在通过椎间孔时更好地观察到需要考虑的结构,为PE-TLIF等微创手术提供理论和技术方面的支持。

5 展望

人们对于PE-TLIF的认知处于不断加深和探索的过程中。关于PE-TLIF在手术方面的适应证及禁忌证也在不断开拓了解中。虽然有不少的研究证实PE-TLIF在治疗腰椎退行性疾病方面可以取得很好的疗效,但临床上目前多为回顾性分析研究,尚缺乏大样本前瞻性研究及长期随访研究的数据验证中长期手术效果。相信随着科学技术的不断发展,学者在临床研究和解剖方面的不断探索研究,PE-TLIF将会有更大的突破。

[参考文献]

[1] Yavin D, Casha S, Wiebe S, et al. Lumbar fusion for degenerative disease: a systematic review and meta-analysis[J]. Neurosurgery, 2017, 80(5): 701-715. doi: 10.1093/neuros/nyw162.

[2] Cloward RB. The treatment of ruptured lumbar intervertebral discs by vertebral body fusion. I. Indications, operative technique, after care[J]. J Neurosurg, 1953, 10(2): 154-168. doi: 10.3171/jns.1953.10.2.0154.

[3] de Kunder S L, van Kuijk S, Rijkers K, et al. Transforaminal lumbar interbody fusion (TLIF) versus posterior lumbar interbody fusion (PLIF) in lumbar spondylolisthesis: a systematic review and meta-analysis[J]. Spine J, 2017, 17(11): 1712-1721. doi: 10.1016/j.spinee.2017.06.018.

[4] Harms J, Rolinger H. A one-stager procedure in operative treatment of spondylolistheses: dorsal traction-reposition and anterior fusion (author's transl)[J]. Z Orthop Ihre Grenzgeb, 1982, 120(3): 343-347. doi: 10.1055/s-2008-1051624.

[5] Foley KT, Gupta SK. Percutaneous pedicle screw fixation of the lumbar spine: preliminary clinical results[J]. J Neurosurg, 2002, 97(1 Suppl): 7-12. doi: 10.3171/spi.2002.97.1.0007.

[6] Seng C, Siddiqui MA, Wong KP, et al. Five-year outcomes of minimally invasive versus open transforaminal lumbar interbody fusion: a matched-pair comparison study[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2013, 38(23): 2049-2055. doi: 10.1097/BRS.0b013e3182a8212d.

[7] Kono Y, Gen H, Sakuma Y, et al. Comparison of clinical and radiologic results of mini-open transforaminal lumbar interbody fusion and extreme lateral interbody fusion indirect decompression for degenerative lumbar spondylolisthesis[J]. Asian Spine J, 2018, 12(2): 356-364. doi: 10.4184/asj.2018.12.2.356.

[8] Phan K, Rao PJ, Kam AC, et al. Minimally invasive versus open transforaminal lumbar interbody fusion for treatment of degenerative lumbar disease: systematic review and meta-analysis[J]. Eur Spine J, 2015, 24(5): 1017-1030. doi: 10.1007/s00586-015-3903-4.

[9] 丁 一,海 涌,杨晋才,等. 经皮内窥镜辅助下经椎间孔腰椎减压融合术治疗单节段腰椎管狭窄症对多裂肌的影响[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2019, 29(9): 822-827. doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2019.09.07.

[10] Zhu L, Cai T, Shan Y, et al. Comparison of clinical outcomes and complications between percutaneous endoscopic and minimally invasive

transforaminal lumbar interbody fusion for degenerative lumbar disease: a systematic review and meta-analysis[J]. Pain Physician, 2021,24(6):441-452.

[11] He L, Xiang Q, Yang Y, et al. The anterior and traverse cage can provide optimal biomechanical performance for both traditional and percutaneous endoscopic transforaminal lumbar interbody fusion[J]. Comput Biol Med, 2021, 131: 104291. doi: 10.1016/j.compbiomed.2021.104291.

[12] Yang J, Liu C, Hai Y, et al. Percutaneous endoscopic transforaminal lumbar interbody fusion for the treatment of lumbar spinal stenosis: preliminary report of seven cases with 12-month follow-up [J]. Biomed Res Int, 2019, 2019: 3091459. doi: 10.1155/2019/3091459.

[13] 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. doi: 10.1186/s13018-020-01930-0.

[14] 丁 一,杨晋才,尹 鹏,等. 经皮脊柱内镜辅助下经椎间孔腰椎减压融合术治疗合并严重肺功能不全腰椎管狭窄症1例[J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2019, 34(9): 1005-1006. doi: 10.7531/j.issn.1672-9935.2019.09.040.

[15] 朱广铎,镐英杰,于 磊,等. 经皮内镜下与Wiltse入路经椎间孔腰椎间融合术治疗腰椎滑脱症的疗效比较[J]. 中国修复重建外科杂志, 2022, 36(1): 71-78. doi: 10.7507/1002-1892.202108074.

[16] 李贤坤,武明鑫,张云帆. 经皮内镜下腰椎减压椎间融合术治疗腰椎管狭窄症的临床研究[J]. 临床医学工程, 2021, 28(8): 1031-1032. doi: 10.3969/j.issn.1674-4659.2021.08.1031.

[17] Mobbs RJ, Sivabalan P, Li J. Technique, challenges and indications for percutaneous pedicle screw fixation[J]. J Clin Neurosci, 2011, 18(6): 741-749. doi: 10.1016/j.jocn.2010.09.019.

[18] Goldstein CL, Macwan K, Sundararajan K, et al. Perioperative outcomes and adverse events of minimally invasive versus open posterior lumbar fusion: meta-analysis and systematic review[J]. J Neurosurg Spine, 2016, 24(3): 416-427. doi: 10.3171/2015.2.SPINE14973.

[19] 苏少亭,周红海,梁 栋,等. 腰椎关节突关节的生物力学研究进展[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2017, 27(5): 474-479. doi: 10.3969/j.issn.1004-406x.2017.05.16.

[20] 吕国华,周 跃. 正确引导我国微创脊柱外科健康持续发展[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2014, 24(5): 385-386. doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2014.05.01.

[21] Osman SG. Endoscopic transforaminal decompression, interbody fusion, and percutaneous pedicle screw implantation of the lumbar spine: a case series report[J]. Int J Spine Surg, 2012, 6: 157-166. doi: 10.1016/j.ijsp.2012.04.001.

[22] Heo DH, Son SK, Eum JH, et al. Fully endoscopic lumbar interbody fusion using a percutaneous unilateral biportal endoscopic technique: technical note and preliminary clinical results[J]. Neurosurg Focus, 2017, 43(2): E8. doi: 10.3171/2017.5.FOCUS17146.

[23] Jacquot F, Gastambide D. Percutaneous endoscopic transforaminal lumbar interbody fusion: is it worth it?[J]. Int Orthop, 2013, 37(8): 1507-1510. doi: 10.1007/s00264-013-1905-6.

[24] Tumialan 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. doi: 10.1016/j.wneu.2018.10.221.

[25] Hu ZJ, Fang XQ, Zhou ZJ, et al. Effect and possible mechanism of muscle-splitting approach on multifidus muscle injury and atrophy after posterior lumbar spine surgery[J]. J Bone Joint Surg Am, 2013, 95(24): e191-e192. doi: 10.2106/JBJS.L.01607.

[26] Thomson S. Failed back surgery syndrome-definition, epidemiology and demographics[J]. Br J Pain, 2013, 7(1): 56-59. doi: 10.1177/2049463713479096.

[27] Regev GJ, Lee YP, Taylor WR, et al. Nerve injury to the posterior rami medial branch during the insertion of pedicle screws: comparison of mini-open versus percutaneous pedicle screw insertion techniques[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2009, 34(11): 1239-1242. doi: 10.1097/BRS.0b013e31819e2c5c.

[28] Jin M, Zhang J, Shao H, et al. Percutaneous transforaminal endoscopic lumbar interbody fusion for degenerative lumbar diseases: a consecutive case series with mean 2-year follow-up[J]. Pain Physician, 2020, 23(2): 165-174.

[29] 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]. Int J Surg, 2020, 76: 136-143. doi: 10.1016/j.ijsu.2020.02.043.

[30] Leu HF, Hauser RK. Percutaneous endoscopic lumbar spine fusion[J]. Neurosurg Clin N Am, 1996, 7(1): 107-117.

[31] 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. doi: 10.22603/ssrr.2018-0058.

[32] Zhao XB, Ma HJ, Geng B, et al. Early clinical evaluation of percutaneous full-endoscopic transforaminal lumbar interbody fusion with pedicle screw insertion for treating degenerative lumbar spinal stenosis[J]. Orthop Surg, 2021, 13(1): 328-337. doi: 10.1111/os.12900.

[33] Cannestra AF, Peterson MD, Parker SR, et al. MIS expandable interbody spacers: a literature review and biomechanical comparison of an expandable MIS TLIF with conventional TLIF and ALIF[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2016, 41 Suppl 8: S44-S49. doi: 10.1097/BRS.0000000000001465.

[34] Chang CC, Chou D, Pennicooke B, et al. Long-term radiographic outcomes of expandable versus static cages in transforaminal lumbar interbody fusion[J]. J Neurosurg Spine, 2020, 34(3): 471-480. doi: 10.3171/2020.6.SPINE191378.

[35] 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. doi: 10.1007/s00586-018-5521-4.

[36] Fanous AA, Tumialan LM, Wang MY. Kambin's triangle: definition and new classification schema[J]. J Neurosurg Spine, 2019: 1-9. doi: 10.3171/2019.8.SPINE181475.

(编辑:刘 艺)