doi:10.11659/jjssx.12E018015

·综 述·

# 腰椎间盘突出微创手术治疗研究进展

许阳阳[1],和雨洁[2],苏宝科[1],王一丹[1],高明杰[1],冯会梅[1],李 琨[2],徐雪彬[1],王海燕[2],李筱贺[2] (1.内蒙古医科大学研究生院,内蒙古 呼和浩特 010110;2.内蒙古医科大学解剖学教研室,内蒙古 呼和浩特 010110)

[摘 要] 腰椎间盘突出症(LDH)被定义为中央的椎间盘(髓核)突出,LDH 手术是脊柱外科最常见的手术之一。有症状的 LDH 的手术可以分为开放式手术与内镜手术。经皮内窥镜腰椎间盘切除术(PELD)主要有两种入路,即经椎间孔入路的经皮椎间孔镜椎间盘切除术(PETD)和经椎板间入路的经皮内窥镜椎间盘切除术(PEID)。椎间融合术有微创经椎间孔腰椎椎间融合术(MIS-TLIF)、微创侧方腰椎椎间融合术(MIS-LLIF)等。本文从 LDH 微创手术的发展史、临床治疗效果、适应证、禁忌证及并发症等方面来论述国内外近五年来的研究进程,并探索 LDH 在微创手术治疗的新方向。

[关键词] 腰椎间盘突出;微创;内窥镜腰椎间盘摘除术;椎间融合术

[中图分类号] R651.2 [文献标识码] A [收稿日期] 2018-12-05

## Study on minimally invasive surgery for lumbar disc herniation

XU Yang-yang[1], HE Yu-jie[2], SU Bao-ke[1], WANG Yi-dan[1], GAO Ming-jie[1], FENG Hui-mei[1], LI Kun[2], XU Xue-bin[1], WANG Hai-yan[2], LI Xiao-he[2] (1. Graduate School of Inner Mongolia Medical University, Hohehot Inner Mongolia 010110, China; 2. Department of Anatomy, Inner Mongolia Medical University, Hohehot Inner Mongolia 010110, China)

**Abstract**: Lumbar disc herniation (LDH) is defined as central disc (nucleus pulposus) herniation, and 90% of the patients have nerve root symptoms. Surgery for LDH is one of the most common operations in spinal surgery. Symptomatic LDH can be treated with open surgery and endoscopic surgery. There are two main approaches to percutaneous endoscopic lumbar discectomy (PELD), namely the percutaneous endoscopic transforaminal discectomy (PETD) and percutaneous endoscopic interlaminar discectomy (PEID). Interbody fusion includes minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion (MIS-TLIF), minimally invasive lateral lumbar interbody fusion (MIS LLIF), and so on. In this paper, the development history, clinical treatment effect, indications, contraindications and complications of LDH minimally invasive surgery were reviewed in recent five years, and the new direction of LDH minimally invasive surgery was explored.

**Keywords**: lumbar disc herniation; minimally invasive; percutaneous endoscopic transforaminal discectomy; interbody fusion

腰椎间盘突出症(lumbar disc herniation,LDH)多发生在 $L_4 \sim L_5$ 和 $L_5 \sim S_1$,最常见的是 $L_5 \sim S_1$。LDH 通常表现为神经根症状(坐骨神经痛),是由一个或多个脊神经根受压引起的,背部或腿部表现为放射状刺痛、灼烧和麻木感。老年 LDH 患者病史长,病程反复,体格检查及直腿抬高多呈阴性,而年轻患者体格检查常呈阳性[1]。男女发病比例为 3∶1,男性建筑工人一类的劳力工作者患此病的风险更高。治疗LDH有许多手术方法,手术的类型取决于髓核突出的程度、类型、症状和外科医生的偏好,手术最终的目的是通过腰椎间盘切除或融合解除髓核对神经的压迫。很多研究都试图探索导致 LDH 的因素,但至今尚无定论。肥胖、吸烟、性别、BMI、糖尿病、经常重体力劳力、纤维环撕裂口的大小以及脊柱既往手术类型等因素均与 LDH 有一定相关性,并且术后也会出现不同程度的复发性椎间盘突出,甚至出现硬膜外纤维化、蛛网膜炎、椎管狭窄以及相邻节段疾病(adjacent segmental disease,ASD)[2-7]。随着成像技术不断进步,对于退化性椎间盘疾病的外科治疗已经从传统开放脊柱外科手术发展到微创性脊柱外科手术,在 MRI 的辅助下,可以精确诊断出疼痛根源和病理或退化的椎间盘位置,制定合适的微创手术方式[8]。

[基金项目] 国家自然科学基金(81460330,81560348,81260269);内蒙古教育厅青年科技英才项目(njyt-15-b05);内蒙古自治区自然科学基金(2016ms08131);内蒙古医科大学科技百万计划基金项目(YKD2017KJBW012)

[通信作者] 王海燕,E-mail:18647398868@163.com;李筱贺,E-mail:798242742@qq.com

## 1 脊柱(腰椎)微创手术发展史

腰神经根病作为一种临床现象,在古代就已被公认。最初西方古籍记载,腰神经根病被迷信地视为恶魔或女巫的诅咒,直到希波克拉底时代才有所改变,随着对疾病认识和治疗的发展,逐渐形成现代的 LDH 概念[9-10]。1857 年,Virchow 发表了关于椎间盘病变的文章,当时被称为 Virchow 肿瘤[11]。1864 年,Ernest Lase'gue 认识到背部疼痛和坐骨神经之间的密切联系,提出直腿抬高试验,并命名 Lase'gue 手法[12]。1908 年在柏林奥古斯塔医院首次进行了椎间盘切除术[13]。1963 年,Lymen Smith 通过注射化学核聚合体,真正意义上开始了微创性脊柱外科治疗,但由于并发症多而被放弃。二十世纪七十年代,血管造影后的 CT 扫描出现,明显提高了对 LDH 诊断的准确性,椎间盘切除术的应用迅速增加[14]。二十世纪七十年代末,显微镜微创手术在外科医生中得到了普及,术式趋于标准化,创伤不断减小。1990 年,Kambin 开始使用激光切除椎间盘碎片,优点在于软组织损伤及硬膜外瘢痕减少[15]。二十世纪九十年代,MRI 作为一种无辐射的无创技术在临床上被提出,可对同一患者进行连续评价,使 LDH 的诊断有了重要进展[16]。随后,许多脊柱外科医师开始通过显微镜进行微创脊柱外科手术[17]。DeStand 和 Kevin Foley 自主开发了内窥镜辅助脊柱外科手术。1991 年,Kambin 和 Sampson 开发了用于层间和跨孔内镜的套管(10 ~ 23 mm)。1997 年,Yeung 等[18]设计了经皮椎间孔镜内窥镜系统(yeung endoscopy spine system, YESS)。2003 年,Hoogland 等[19]以 YESS 为基础设计了脊柱内镜系统(transforaminal endoscopic spine system, TESSYS)。脊柱微创手术不断发展,一直延续至今,为世界医疗提供方法。

## 2 适应证、禁忌证和并发症

LDH 行手术治疗的适应证为患者检查直腿抬高试验呈阳性,伴有背部腿部辐射疼痛,影像检查结果相符,经过保守治疗 8 周及 8 周以上无效。广泛的椎间盘突出和多节段椎间盘钙化、神经根病变、脊柱侧凸为手术禁忌。相对于椎板入路,椎间孔入路保留了上下关节突关节和椎板骨,术后不稳定风险降低,由于暴露区域小,对硬膜囊和椎旁肌肉刺激小,但该术式会激惹神经根,引起术后感觉迟钝等并发症。鉴于现代外科微创手术的理念,一些相关辅助技术(如靶向技术、射频消融技术等)的快速发展,一定程度上拓展了其适应证,提高了安全性、精准度[20]。临床需要进一步探究的是如何更彻底地摘除椎间盘,如何更准确定位,如何减少医生接触射线的次数,及如何扩大手术操作区域、提高微创手术效果。

## 3 微创手术治疗现状

### 3.1 治疗效果

陈远明等[21]对 178 名 LDH 患者进行改良的经皮椎间孔镜椎间盘切除术(percutaneous endoscopic transforaminal discectomy, PETD)手术,入路接近中线,有效避开髂嵴和周围脏器,有效率 91%。李玉伟等[22]和 Liu 等[23]的研究也得出了同样的结果,认为 PETD 创伤较小,并发症和邻近节段疾病较少。Yao 等[24]对 105 名 LDH 患者中的 58 例进行 PETD 手术,47 例进行微创经椎间孔腰椎椎间融合术(minimally invasive surgery transforaminal lumbar interbody fusions, MIS-TLIF)手术,未发现两种术式在评分上的差异,但 PETD 手术时间及住院时间较短,患者负担大大降低。有多位学者分别对 LDH 患者进行 TLIF 手术,成功率超过 92%,均认为 TLIF 术式治疗复发性 LDH 是一种安全有效的替代方法[25-27]。Lequin 等[28]对 26 名 LDH 患者进行后路椎间融合(posterior lumbar interbody fusion, PLIF)手术,并使用骨小梁金属融合器辅助融合,弥补以往仪器化腰椎融合不良的现象,术后椎间盘高度维持良好,有效率达 85%。Zheng 等[29]对 12 名儿童 LDH 患者(平均 12.6 岁)进行 PETD 手术,成功率为 91.6%。Zheng 等[30]对 42 名青少年 LDH 患者(13 ~ 20 岁)进行全内镜下椎间盘切除术(FEID)手术,有效率 97.6%。

### 3.2 术式应用优势与不足

对于 LDH 的微创治疗主要包括椎间盘切除术和椎间融合术。显微椎间盘切除术被认为是治疗 LDH 的金标准。自从 1973 年 Kambin 提出这一概念以来,经皮内窥镜腰椎间盘切除术(percutaneous endoscopic lumbar discectomy, PELD)已经取得了相当大的进展。PELD 具有手术时间短、出血量少、椎旁肌损伤小、功能恢复快、临床疗效满意等多重优点,是典型的微创椎间盘切除手术之一[31]。在局部麻醉下切除受累椎间盘,可避免切除椎板、破坏椎旁肌肉和韧带,较少影响

椎管,且可防止术后节段不稳定和滑脱,在术后背痛方面具有优势;同时,其较低的并发症发生率也是 PELD 吸引脊柱外科医生的主要原因之一。

PELD 又分为经椎间孔入路的 PETD 和经椎板间入路的经皮内窥镜椎间盘切除术(percutaneous endoscopic interlaminar discectomy, PEID)[32]。PETD 与 PEID 相比临床疗效好、安全性高;但在透视时间和手术时间方面,PEID 优于 PETD。尤其对于 $L_5 \sim S_1$ 节段的治疗,PEID 优于 PETD。首先,$L_5 \sim S_1$ 的解剖结构延长了 PETD 手术的穿刺时间,增加了其椎间盘碎片取出的难度。高位髂嵴、椎间孔较窄或小关节较大,明显增加了 PETD 穿刺的难度,必须重复使用透视来指导穿刺,而反复穿刺会延长手术时间,增加外科医生和患者的辐射照射量,韧带肥厚也可能导致 PETD 穿刺困难,进一步增加放射线照射[33]。相反,更宽的 $L_5 \sim S_1$ 椎间隙可降低 PEID 的难度,穿刺可在单纯的纤维内窥镜辅助下完成,从而减少手术时间。其次,PETD 学习曲线更陡峭,对脊柱外科医生的要求更高[34]。经椎板后入路的 PEID 入路也更符合大多数脊柱外科医生的手术习惯。此外,鉴于放射线照射对健康的危害,外科医生也会倾向选择 PEID。因此,PEID 可能是治疗 $L_5 \sim S_1$ 节段 LDH 较好的术式[35-36]。

对于其他节段,PETD 在治疗 LDH 中得到了普及,其优点是脊髓后肌损伤较轻,医源性不稳定较轻,硬膜外腔瘢痕较小,神经组织回缩较少[37]。Feng 等[38]进行 29 项随机对照试验,其中包括 3 146 名参与者,共 7 种术式干预,结果显示,PELD 治疗 LDH 是一种较好的术式。

椎间融合术目前有不同的入路术式,包括经椎间孔腰椎椎间融合术(transforaminal lumbar interbody fusions,TLIF)、前路腰椎椎间融合术(ALIF)、后路腰椎椎间融合术(posterior lumbar interbody fusions,PLIF)、侧方腰椎椎间融合术(lateral lumbar interbody fusion,LLIF)及直接外侧腰椎椎间融合术(directlateral lumbar interbody fusion,DLIF)。不同入路存在着与之相对应的微创手术和开放手术,如 MIS-TLIF、微创侧方腰椎椎间融合术(minimally invasive surgery lateral lumbar interbody fusion,MIS-LLIF)。近年来,微创手术(minimally invasive surgery,MIS)方法在椎间融合术中逐渐普及,与开放 TLIF 相比,MIS-TLIF 可减少术中出血量和感染率,改善术后 VAS 和 ODI 评分,术后腰腿痛评分,并降低了并发症发生的风险,可作为开放性 LDH 治疗的安全替代方案[39-41]。与 PELD 相比,MIS-TLIF 具有医源性软组织损伤和硬膜囊回缩少、术后神经根炎风险低、复发率低的优点[42-49]。

Sinkemani 等[45]通过比较 MED 和 PETD 的两种手术的差异,提出 MED 和 PETD 联合治疗 LDH 寻求神经根的最佳减压、最小的组织损伤和并发症。结果显示,MED 和 PETD 联合治疗后的结果令人满意,这反映了较小的切口、更好的止痛和更少的神经根及其支流损伤的优势[46]。但与 MIS-TLIF 相比,MED 和 PELD 的高复发率不容忽视[47]。

## 4 不足与展望

与不进行椎体融合的手术相比,融合术可能在疼痛和功能方面有更大的改善,但其并发症、失血量以及恢复时间有增加。但目前的分析无法得出这两种手术方法在结果上存在显著差异的结论,这很大程度上是源于文献中缺乏对结果评价的标准化报告。同时,这些研究普遍受限于其回顾性的、非随机设计以及相对较少的研究对象。此外,随访时间太短,即使是 4 年也无法真实准确跟踪到患者的生活质量,患者是否完全或多大程度回归工作岗位、回归社会。

陡峭的学习曲线可能是导致不同结果出现的主要原因之一,外科医生微创脊柱外科手术的训练水平是手术成功的一个重要因素。理想状态下,研究对象应该在有经验的医师指导下进行手术,或由同一位外科医生来完成,以尽量减少个人经验和熟练程度对手术的影响,但临床应用中往往难以实现[32]。

由于老年 LDH 患者居多,所以微创、失血少、并发症少的要求对于老年人术后恢复至关重要。随着新仪器和更好的成像技术,与传统开放手术相比,微创手术通过显微镜或内镜技术获得对椎间盘的直接视觉化,具有组织创伤小、失血量少、手术时间短、并发症少、费用低、住院时间缩短、康复速度加快等优势,是发展的必然趋势,为门诊脊柱手术的开展提供了经验与基础。在过去的几年中,外科手术方法的变化,成像技术的扩大,生物材料的进步,基因疗法、新仪器以及组织工程的应用,都影响着脊柱的疾病和疾病的预防、诊断和治疗。微创性脊柱外科手术技术仍需要不断地探索,使手术操作标准化,术后评价标准化,实现门诊微创手术,并向智能化机器人方向发展。

## [参考文献]


[1] 杜明奎,管大伟,匡正达,等.经皮椎间孔镜技术治疗老年腰椎间盘突出症[J].中国骨与关节损伤杂志,2018,33(1):58-59. doi:10.7531/j.issn.1672-9935.2018.01.018.

[2] Yoo MW,Hyun SJ,Kim KJ,et al. Does obesity make an influence on surgical outcomes following lumbar microdiscectomy? [J]. Spine,2014,11(2):68-73. doi:10.14245/kjs.2014.11.2.68.

[3] Ou CY,Lee TC,Lee TH,et al. Impact of body mass index on adjacent segment disease after lumbar fusion for degenerative spine disease[J]. Neurosurgery,2015,76(4):396-401. doi:10.1227/neu.0000000000000627.

[4] Fritzell P,Knutsson B,Sanden B,et al. Recurrent versus primary lumbar disc herniation surgery patient-reported outcomes in the Swedish Spine Register Swespine[J]. Clin Orthop Relat Res,2015,473(6):1978-1984. doi:10.1007/s11999-014-3569-8.

[5] Radcliff KE,Kepler CK,Jakoi A,et al. Adjacent segment disease in the lumbar spine following different treatment interventions [J]. Spine J,2013,13(10):1339-1349. doi:10.1016/j.spinee.2013.03.020.

[6] Sakaura H,Yamashita T,Miwa T,et al. Symptomatic adjacent segment pathology after posterior lumbar interbody fusion for adult low-grade isthmic spondylolisthesis[J]. Global Spine J,2013,3(4):219-224. doi:10.1055/s-0033-1348088.

[7] Yee TJ,Terman SW,La Marca F,et al. Comparison of adjacent segment disease after minimally invasive or open transforaminal lumbar interbody fusion [J]. J Clin Neurosci,2014,21(10):1796-1801. doi:10.1016/j.jocn.2014.03.010.

[8] Choi G,Pophale CS,Patel B,et al. Endoscopic spine surgery[J]. J Korean Neurosurg Soc,2017,60(5):485-497. doi:10.3340/jkns.2017.0203.004.

[9] Truumees E. A history of lumbar disc herniation from hippocrates to the 1990s[J]. Clin Orthop Relat Res,2015,473(6):1885-1895. doi:10.1007/s11999-014-3633-7.

[10] Amin RM,Andrade NS,Neuman BJ,et al. Lumbar disc herniation [J]. Curr Rev Musculoskelet Med,2017,10(4):507-516. doi:10.1007/s12178-017-9441-4.

[11] Castro Id,Santos DP,Christoph Dde H,et al. The history of spinal surgery for disc disease:an illustrated timeline[J]. Arq Neuropsiquiatr,2005,63(3):701-706. doi:10.1590/S0004-282X2005000400030.

[12] Atlas SJ,Deyo RA,Keller RB,et al. The maine lumbar spine study,part II:1-year outcomes of surgical and nonsurgical management of sciatica[J]. Spine,1996,21(15):1777-1786. doi:10.1097/00007632-199608010-00011.

[13] Robinson JS. Sciatica and the lumbar disk syndrome:a historic perspective[J]. South Med J,1983,76(2):232-238.

[14] Padua R. The history of the diagnosis and treatment of lumbar sciatic disc herniation[J]. Chir Organi Mov,1999,84(4):367-373.

[15] Colak A,Bavbek M,Aydin NE,et al. Effect of $CO_2$ laser on spinal epidural fibrosis[J]. Acta Neurochir,1996,138(2):162-166. doi:10.1007/BF01411355.

[16] Williams RW. Microlumbar discectomy:a conservative surgical approach to the virgin herniated lumbar disc[J]. Spine,1978,3(2):175-182.

[17] 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. doi:10.3171/spi.2004.1.1.0024.

[18] Yeung AT,Tsou PM. Posterolateral endoscopic excision for lumbar disc herniation:surgical technique,outcome,and complications in 307 consecutive cases[J]. Spine,2002,27(7):722. doi:10.1097/00007632-200204010-00009.

[19] Hoogland T,Brekel-Dijkstra KVD,Schubert M,et al. Endoscopic transforaminal discectomy for recurrent lumbar disc herniation[J]. Spine,2008,33(9):973-978. doi:10.1097/BRS.0b013e31816c8ade.

[20] 徐 恒,简 伟,谷福顺,等.经皮椎间孔镜 TESSYS 技术治疗腰椎间盘突出症伴或不伴腰椎神经根管狭窄的疗效观察[J].中国微创外科杂志,2018,18(1):39-42. doi:10.3969/j.issn.1009-6604.2018.01.011.

[21] 陈远明,万 健,黄中飞,等.改良椎间孔镜技术治疗腰椎间盘突出症的疗效分析[J].中国内镜杂志,2018,24(4):1-5. doi:10.3969/j.issn.1007-1989.2018.04.001.

[22] 李玉伟,王海蛟,王义生,等. PTED 与 TLIF 治疗高位腰椎间盘突出症的效果比较[J].中华医学杂志,2018,4(2):113-116. doi:10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2018.02.008.

[23] Liu C,Zhou Y. Percutaneous endoscopic lumbar diskectomy and minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion for recurrent lumbar disk herniation[J]. World Neurosurg,2017,98(5):14-20. doi:10.1016/j.wneu.2016.10.056.

[24] Yao Y,Zhang H,Wu J,et al. Minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion versus percutaneous endoscopic lumbar discectomy:revision surgery for recurrent herniation after microendoscopic discectomy[J]. World Neurosurg,2017,99:89-95. doi:10.1016/j.wneu.2016.11.120.

[25] Li Z,Tang J,Hou S,et al. Four-year follow-up results of transforaminal lumbar interbody fusion as revision surgery for recurrent lumbar disc herniation after conventional discectomy[J]. J Clin Neurosci,2015,22(2):331-337. doi:10.1016/j.jocn.2014.06.098.

[26] Niesche M,Juratli TA,Sitoci KH,et al. Percutaneous pedicle screw and rod fixation with TLIF in a series of 14 patients with recurrent lumbar disc herniation[J]. Clin Neurol Neurosurg,2014,124(7):25-31. doi:10.1016/j.clineuro.2014.06.020.

[27] Omidi-kashani F,Hasankhani EG,Noroozi HR. Instrumented transforaminal lumbar interbody fusion in surgical treatment of recurrent disc herniation[J]. Med J Islam Repub Iran,2014,28(4):124. doi:10.1111/j.1365-2648.1986.tb01264.x.

[28] Lequin MB,Verbaan D,Bouma GJ. Posterior lumbar interbody fusion

with stand-alone trabecular metal cages for repeatedly recurrent lumbar disc herniation and back pain[J]. J Neurosurg Spine, 2014, 20(6):617 – 622. doi:10.3171/2014.2.spine13548.

[29] Zheng C, Wu F, Cai L. Transforaminal percutaneous endoscopic discectomy in the treatment of far-lateral lumbar disc herniations in children[J]. Int Orthop, 2016, 40(6):1099 – 1102. doi:10.1007/s00264 – 016 – 3155 – x.

[30] Zheng ZZ, Tu Z, Li Y, et al. Full-endoscopiclumbar discectomy for lumbar disc herniation with posterior ring apophysis fracture:a retrospective study[J]. World Neurosurg, 2018, 124(12), 156 – 162. doi:10.1016/j.wneu.2018.12.054.

[31] Li X, Hu Z, Cui J, et al. Percutaneous endoscopic lumbar discectomy for recurrent lumbar disc herniation[J]. Int J Surg, 2016, 27:8 – 16. doi:10.1016/j.ijsu.2016.01.034.

[32] Kim CH, Chung CK, Sohn S, et al. The surgical outcome and the surgical strategy of percutaneous endoscopic discectomy for recurrent disk herniation[J]. J Spinal Disord Tech, 2014, 27(8):415 – 422. doi:10.1097/BSD.0b013e3182a180fc.

[33] Ahn Y, Kim CH, Lee JH, et al. Radiation exposure to the surgeon during percutaneous endoscopic lumbar discectomy:a prospective study[J]. Spine, 2013, 38:617 – 625. doi:10.1097/BRS.0b013e318275ca58.

[34] Wu XB, Fan GX, Gu X, et al. Learning curves of percutaneous endoscopic lumbar discectomy in transforaminal approach at the $L_{4/5}$ and $L_5/S_1$ levels:a comparative study[J]. J Zhejiang Univ Sci B, 2016, 17(7):553 – 560. doi:10.1631/jzus.B1600002.

[35] Phan K, Kim JS, Capua JD, et al. Impact of operation time on 30-day complications after adult spinal deformitysurgery[J]. Globle Spine J, 2017, 7:664 – 671. doi:10.1177/2192568217701110.

[36] Chen J, Jing X, Li C, et al. Percutaneous endoscopic lumbar discectomy for $L_5/S_1$ lumbar disc herniation using a transforaminal approach versus an interlaminar approach:a systematic review and meta-analysis[J]. World Neurosurg, 2018, 116:412 – 420. doi:10.1016/j.wneu.2018.05.075.

[37] Gadjradj PS, Van Tulder MW, Dirven CM, et al. Clinical outcomes after percutaneous transforaminal endoscopic discectomy for lumbar disc herniation:a prospective case series[J]. Neurosurg Focus, 2016, 40(2):E3 – E11. doi:10.3171/2015.10.FOCUS15484.

[38] Feng F, Xu Q, Yan F, et al. Comparison of 7 surgical interventions for lumbar disc herniation:a network meta-analysis[J]. Pain Physician, 2017, 20(6):E863 – E871.

[39] Joseph JR, Smith BW, Marca FL, et al. Comparison of complication rates of minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion and lateral lumbar interbody fusion:a systematic review of the literature[J]. Neurosurg Focus, 2015, 39(4):E4 – E12. doi:10.3171/2015.7.FOCUS15278.

[40] Keorochana G, Setrkraising K, Woratanarat P, et al. Clinical outcomes after minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion and lateral lumbar interbody fusion for treatment of degenerative lumbar disease:a systematic review and meta-analysis[J]. Neurosurg Rev, 2018, 41(3):755 – 770. doi:10.1007/s10143 – 016 – 0806 – 8.

[41] Alvi MA, Kerezoudis P, Wahood W, et al. Operative approaches for lumbar disc herniation:a systematic review and multiple treatment meta-analysis of conventional and minimally invasive surgeries[J]. World Neurosurg, 2018, 114:391 – 407. doi:10.1016/j.wneu.2018.02.156.

[42] Lee W, Park JY, Kim KH, et al. Minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion in multilevel:comparison with conventional transforaminal interbody fusion[J]. World Neurosurg, 2016, 85(11):236 – 243. doi:10.1016/j.wneu.2015.09.009.

[43] Yao Y, Zhang H, Wu J, et al. Comparison of three minimally invasive spine surgery methods for revision surgery for recurrent herniation after percutaneous endoscopic lumbar discectomy[J]. World Neurosurg, 2017, 100:641 – 647. doi:10.1016/j.wneu.2017.01.089.

[44] Li X, Hu Z, Cui J, et al. Percutaneous endoscopic lumbar discectomy for recurrent lumbar disc herniation[J]. Int J Surg, 2016, 27:8 – 16. doi:10.1016/j.ijsu.2016.01.034.

[45] Sinkemani A, Hong X, Gao ZX, et al. Outcomes of micro-endoscopic discectomy and percutaneous trans-foraminal endoscopic discectomy for the treatment of lumbar disc herniation:a comparative retrospective study[J]. Asian Spine J, 2015, 9(6):833 – 840. doi:10.4184/asj.2015.9.6.833.

[46] Kogias E, Franco Jimenez P, Klingler JH, et al. Minimally invasive redo discectomy for recurrent lumbar disc herniations[J]. J Clin Neurosci, 2015, 22:1382 – 1386. doi:10.1016/j.jocn.2015.02.028.

[47] Ahn SS, Kim SH, Kim DW, et al. Comparison of outcomes of percutaneous endoscopic lumbar discectomy and open lumbar microdiscectomy for young adults:a retrospective matched cohort study[J]. World Neurosurg, 2016, 86:250 – 258. doi:10.1016/j.wneu.2015.09.047.

(编辑:魏 源)