

经皮内镜下腰椎间盘突出髓核切除术的应用进展^{*}

冯皓宇^{**} 何李明 综述 马 迅 审校

(山西大医院骨科, 太原 030032)

中图分类号: R681.5⁺3

文献标识: A

文章编号: 1009-6604(2015)03-0272-04

doi: 10.3969/j.issn.1009-6604.2015.03.023

开放手术治疗腰椎间盘突出症创伤大、恢复慢、费用高,随着新技术及新材料的发展,在保证/提高疗效的前提下,先后出现经皮椎间盘切吸术、经皮激光汽化椎间盘减压术、经皮低温等离子射频消融髓核成形术、臭氧髓核消融术、胶原酶溶解术、显微内镜椎间盘切除术(micro endoscopic discectomy, MED)等,但以上方法适应证窄,疗效不确定,临床应用不广泛。经皮内镜下腰椎间盘突出髓核切除术(percutaneous endoscopic lumbar discectomy, PELD)在局部麻醉下完成手术操作,术中创伤小、出血少、视野清晰,具有安全、对脊柱的稳定性破坏小、操作时不易损伤神经、术后瘢痕组织极少造成椎管及神经的粘连、治疗失败行后路补救手术较为容易等优点^[1-5],适应证相对较广,可拓展性强。近年来,PELD被广泛应用于腰椎退变性疾病的治疗,本文就其发展史、优势、临床应用、并发症做一综述。

1 椎间孔镜技术的发展史

1983 年 Kambin 首次报道经后外侧关节镜下腰椎间盘突出切除术(arthroscopic micro discectomy, AMD)的关节镜技术和设备。随着光纤内镜及手术器械的发展,1996 年 Ditsworth 研制出经椎间孔入路的脊柱内镜(transforaminal spinal endoscopy, TFSE),允许器械在工作管道内灵活操作。1997 年 Yeung 研制出第 3 代脊柱内镜(Yeung endoscopy spine system, YESS),其入路与经皮髓核溶解术等入路相同。2003 年 Hoogland 研发出脊柱内镜系统(Thomas Hoogland Endoscopy Spine Systems, THESSYS),其倡导的 THESSYS 技术入路与 YESS 技术相似,不同点在其进针点离后正中线的距离比 YESS 技术更远,与冠状面的夹角也更小,尤其适用于游离或脱出的椎间盘突出。

目前,临床上最常采用的 2 种术式为:Yeung 等^[3]介绍的 YESS(Yeung endoscopic spine system)

技术和 Hoogland 等^[6]设计的 TESSYS(transforaminal endoscopic spine system)技术。虽然这 2 种技术都是在局麻下经后外侧入路行腰椎间盘突出,但在手术理念、穿刺方向和手术工作套管的位置上都有所不同。YESS 技术采用经椎间孔内 Kambin 安全三角区进入椎间盘,由椎间盘内向外逐步切除椎间盘组织,并在高速磨钻、双极射频和侧孔激光辅助下行椎间孔扩大成形的单通道或双通道技术(in-out)。Hoogland 设计了一套不同直径的椎间孔铰刀,通过逐级铰除部分上关节突前下缘骨质结构,扩大椎间孔。将手术工作导管直接置入椎管,在椎间孔内镜辅助下,经硬脊膜前间隙直视下取出脱出或游离的腰椎间盘突出组织,并可同时行腰椎间孔扩大成形(out-in)。随着技术的发展成熟,无论 YESS 还是 TESSYS,目前均可达到髓核切除、神经根减压、椎间孔成形等目的,2 种技术发展目的逐渐趋向一致,目前学者一般称为 PELD 技术,可根据配置设备和医生培训情况进行选择。Gu 等^[7]对 YESS 和 TESSYS 技术进行了对比,结果显示:TESSYS 中穿刺针到神经根的距离更长,YESS 中穿刺针到硬膜的距离更长,设计理念的不同决定距离的不同。在 2 种技术中,内镜所致神经根压迫发生率一样高。

L₅~S₁ 具有独特的解剖结构,包括大的关节突,狭窄的椎间孔,狭窄的椎间隙和一个宽大的椎板间隙。PELD 有 2 种入路,椎板间和经椎间孔。仅根据术者喜好和髂骨与椎间隙的解剖结构决定手术入路是可疑的。Choi 等^[8]对 2 家医疗机构椎间孔入路 TF-PELD(transforaminal percutaneous endoscopic lumbar discectomy, TF-PELD)和经椎板间入路 IL-PELD(interlaminar percutaneous endoscopic lumbar discectomy, IL-PELD)治疗 30 例 L₅~S₁ 椎间盘突出进行临床观察,分析椎间盘突出类型、大小、位置、迁移、椎间盘高度、椎间孔大小、髂腰部的角度、髂骨的高度、椎板间间隙的大小,术前后疼痛采

^{*} 山西省卫生厅科技攻关项目(项目编号:2011009)

^{**} 通讯作者, E-mail: heliming1984@126.com

用 VAS 评分,功能状态采用 Oswestry 功能障碍指数 (Oswestry disability index, ODI) 进行评估,对重返工作岗位时间进行评估。结果显示:TF-PELD 适用于神经根肩部、中央型和复发性的椎间盘突出,而 IL-PELD 适用于神经根腋部和脱出移位的椎间盘突出,尤其适用于高平面的椎间盘脱出。

2 PELD 操作方法

目前,经皮椎间孔内镜术大多数学者采用俯卧位、腰部稍后凸下手术,也有不少学者采取侧卧位下进行手术^[9]。Matsumoto 等^[10]认为侧卧位下手术可以垫枕,有利于开放患者术侧椎间孔,可以使硬膜囊偏向对侧,有利于患者术中操作,手术安全性相对较高。楚磊等^[11]认为侧卧位及俯卧位手术疗效均显著,可根据患者术中耐受情况选择。

YESS 定位^[12]:在前后位 X 线透视下,用克氏针沿腰椎棘突中点标定一条纵线,再沿椎间隙中央标定一条横线,两线交点为正位像椎间盘中点。在上、下椎弓根之间标定纤维环安全穿刺三角区。在侧位 X 线透视下,沿椎间盘的倾斜方向标定出椎间盘的侧位线,该侧位线与经椎间的横线之间的交点为穿刺点。 L_{2-3} 和 L_{3-4} 的穿刺点位于棘突中线外侧 8 ~ 10 cm, L_{4-5} 和 $L_5 \sim S_1$ 穿刺点位于棘突中线外侧 12 ~ 14 cm。根据患者椎间孔的大小和体形调整穿刺点的位置,椎间孔越小、身体越胖,穿刺点越偏外侧。标准的 YESS 穿刺点为 C 形臂 X 线机正位透视下穿刺针尖位于上、下椎弓根中心点的连线上;侧位透视下穿刺针尖位于上、下椎体后缘连线上。TESSYS^[12]定位:于 C 形臂 X 线机正位透视下标定腰椎棘突中线和经椎间盘上缘的水平线,侧位透视下沿椎间隙倾斜方向标定一条经下位椎体后上缘的侧位线,该侧位线与经椎间盘上缘水平线的交点为穿刺点。对于 $L_5 \sim S_1$ 椎间盘,应在正位透视下标定髂嵴最高点连线和经嵴和椎间盘上缘的水平线,侧位透视下标定一条经 S_1 上关节突到 S_1 椎体后上缘的侧位线,该侧位线与髂嵴最高点连线的交点为穿刺点。穿刺方向为 S_1 椎体后上缘,通常 L_{4-5} 的外展穿刺角为 30° ~ 40°, $L_5 \sim S_1$ 为 40° ~ 50°。

穿刺完毕行椎间盘造影:经穿刺导针注入造影剂碘海醇和亚甲蓝混合液(3:1),对椎间盘造影,询问患者是否感到腰痛或根性疼痛,进行疼痛诱发实验^[13]。造影完毕后用不同大小的经皮软组织扩张管道逐级扩张软组织,对狭窄的椎间孔进行扩大成形;最后置入工作套管,椎间孔镜经工作套管在直视下清除椎管内及椎间盘内的髓核组织,探查和松解神经根,双极射频辅助下行椎间盘消融减压和纤维环撕裂口的皱缩与成形术。

3 PELD 在腰椎疾病中的应用

3.1 治疗腰椎间盘突出症

Yeung 等^[3]报道 PELD 治疗腰椎间盘突出症

307 例,采用 MacNab 方法评估,手术满意率 89.3%。Schubert 等^[14]报道 PELD 558 例,术后随访 2 年,优良率 95.3%,术后未发生严重的并发症,也无感染病例,术后复发率仅为 3.6%。Kafadar 等^[15]对 42 例 PELD 随访 15 个月,优良率为 77%,其中 6 例脱垂游离型效果尤其明显,说明 PELD 可治疗脱垂游离型椎间盘突出症。Ahn 等^[16]对 45 例上位腰椎 PELD 进行随访,优良率 77.8%,VAS 评分由 8.38 分降至 2.36 分($P < 0.0001$)。Kim 等^[17]报道 53 例(单节段 34 例,多节段 19 例)脱垂游离型椎间盘突出行可弯曲导针 PELD,术前腿部疼痛 VAS 评分(9.32 ± 0.43)分,术后(1.78 ± 0.71)分,ODI 术前(79.82 ± 4.53)分,术后(15.27 ± 3.82)分。Zhou 等^[18]报道采用 YSEE、METRx、X-tube 治疗不同类型极外侧型椎间盘突出 52 例,取得满意疗效,3 组对比显示,YESS 组比其余 2 组有手术时间缩短、手术创伤更小等优势。Jasper 等^[19]回顾 195 例腰腿痛,这些患者曾经接受一个或者多个节段椎间孔镜下椎间盘切除合并椎间孔成形手术,结果显示单节段腰椎间盘突出症患者行单节段 PELD 改善率达 83.9%,而多节段腰椎间盘突出症患者行单节段手术患者改善率为 69.7%,改善率取决于术前对责任间隙的准确判断。综上,PELD 治疗腰椎间盘突出症是一种安全、有效、复发率较低的手术,适用于各种类型椎间盘突出症。

3.2 治疗椎间盘源性腰痛

目前认为除影像学检查确定的神经根受到压迫引起的慢性腰痛,由椎间盘本身结构及功能紊乱所致的腰痛即为椎间盘源性腰痛^[20]。慢性椎间盘源性腰痛的治疗比较困难,保守治疗通常无法满意地缓解疼痛^[21]。内镜经后外侧椎间孔入路直接置入椎间盘,在直视下摘除退变髓核组织,用机械切除器械结合头部可屈曲射频切除及消融退变的髓核组织及纤维环裂隙内的髓核组织和肉芽组织。内镜下可以看到纤维环缺损处在射频消融后出现回缩,肉芽组织和炎性组织被完全消融。射频电极热凝被认为可以消融长入纤维环裂隙内的过敏的神经终末感受器而达到止痛的目的,同时术中持续的盐水灌洗可以冲洗出残留的髓核碎片、炎性介质,这些具有神经刺激性的物质是产生腰痛的部分原因。治疗结束时内镜下只能观察到少许的碳化组织^[22]。侧后路经椎间孔镜下椎间盘髓核切除、射频热凝纤维环成形术是慢性椎间盘源性腰痛的微创治疗方法,该手术由 Yeung 在 1997 年开始用于临床。Tsou 等^[23]对 113 例 PELD 治疗慢性椎间盘源性疼痛进行回顾分析,随访最少 2 年,采用改良 MacNab 评分,83 例(73.5%)效果满意,包括优 17 例(15%)、良 32 例(28.3%)、可 34 例(30.1%);30 例(26.5%)效果差,8 例行腰椎融合手术,7 例再次行内镜下手术,3 例行腰椎椎板切除术。李振宙等^[24]采用 PELD、射频热凝纤维环成形术治疗 25 例经椎间盘造影证实

的间盘源性腰痛,随访 6~10 个月,术后腰痛 VAS 评分较术前有明显降低,且术后 6 个月内腰痛 VAS 评分无明显反弹,术前伴有下肢疼痛不适的 4 例术后下肢症状均明显缓解,按 MacNab 评分标准,6 个月随访优良率为 92.0% (23/25)。吴闻文等^[22]对 2007 年 4~9 月 25 例经椎间盘造影证实的椎间盘源性腰痛进行分析,12 个月随访时优 11 例,良 12 例,可 2 例,总有效率 100%,优良率 92%。可见,对椎间盘源性腰痛的治疗,PELD 联合射频热凝纤维环成形术能获得较为满意的疗效。

3.3 治疗复发性腰椎间盘突出症

PELD 可以避开原手术瘢痕到达手术部位,在局麻下进行,及时发现任何损伤神经根的可能,降低脑脊液漏、神经损伤、感染等并发症,而这些并发症在开放性手术治疗复发性腰椎间盘突出症中发生率较 PELD 高。Ruetten 等^[25]对 87 例传统手术后复发的腰椎间盘突出症行 PELD,术后随访 2 年,79% 的患者不再有腿痛,16% 的患者偶感疼痛,再次复发率仅为 5.7%。Hoogland 等^[5]对 238 例复发性腰椎间盘突出症进行前瞻性研究,结果表明:在 2 年随访期内,术后优良率达 85.71%,仅 4.62% 的患者效果不理想;VAS 评分患者背部疼痛和腿部疼痛平均提高 5.71 分和 5.85 分。Shin 等^[26]回顾 41 例 PELD 治疗复发性腰椎间盘突出症,平均随访 16 个月(13~42 个月),术前后 VAS 评分比较有统计学差异,满意度 90.2%,无患者发生大出血,2 例复发后行开放手术,4 例发生并发症。

3.4 治疗腰椎感染性疾病

Yang 等^[27]回顾性分析 21 例 PELD 治疗后期腰椎感染,有严重神经症状及脊柱不稳的患者不被纳入治疗范围。根据患者病史、临床表现、影像学研究将患者分为 3 组:并发椎旁肌脓肿、术后感染复发、多节段感染。临床结果的评估:体格检查、奥多姆标准,定期实验室检查,影像学研究,用于决定继续保守治疗还是手术治疗。21 例标本中,19 例(90.5%)细菌培养阳性,给予患者应用敏感抗生素。3 例 2 周内再次行前路清创、融合手术,其余患者均获得满意的恢复,总体感染控制率达 86%。1 例硬膜外脓肿 5 个月后因 L₅~S₁ 滑脱行融合手术,2 例术后出现相应节段短暂的感觉减退。表明 PELD 在治疗腰椎感染疾病上取得成功:获取细菌学诊断、缓解患者症状、帮助清除病灶。手术适应证可以扩展至椎旁脓肿、术后复发感染。对多节段感染的患者好处有限,原因在于控制感染的作用有限和相应节段的脊柱不稳。

4 PELD 的并发症及预防

术中并发症包括髓核遗漏、神经根损伤、脑脊液漏。术后并发症包括椎间隙感染、复发、神经根性痛觉过敏和灼样神经根痛^[28]。严格手术适应证、无菌技术、手术熟练度和适度的术后康复锻炼是减少并

发症的有效方法。术后神经根性痛觉过敏和灼样神经根痛是经皮椎间孔内镜术后最常见的并发症,术后感觉异常的发生率为 7%~25%^[29],一般为一次性,通常发生在术后数日或数周。虽然经皮椎间孔内镜手术后发生神经根性痛觉过敏和灼样神经根痛的确切原因尚不完全清楚,但不少学者认为手术操作过程中过度刺激或损伤神经根和脊神经节,特别是术中反复的椎间孔穿刺,因工作套管安置太靠椎间孔近端从而挤压神经根和脊神经节,以及双极射频电刀或激光的过度使用都是导致术后神经根充血水肿和脊神经节炎的主要原因^[30]。Ahn 等^[31]统计 816 例 PELD,9 例(1.1%)发生有症状的脑脊液漏。Ahn 等^[32]统计 9821 例 PELD,其中 12 例(0.12%)发生椎间隙感染,他们认为术后感染发生率极低,一旦发生进展快,较开放手术严重,需要严密预防。Ahn 等^[33]统计 412 例 PELD,4 例(0.97%)发生后腹膜血肿,其中 2 例经保守治疗好转,2 例经再次手术清除血肿。对于熟练的微创外科医生,并发症发生率很低。规范的培训学习机临床经验对降低手术并发症,提高手术疗效有重要的意义。

5 学习曲线

Morgenstern 等^[34]对 1 名外科医生学习使用 PELD 治疗腰椎间盘突出症进行观察研究,该医生具有丰富的脊柱开放手术、膝关节和肩关节镜手术经验,行 PELD 144 例,采用 MacNab 标准评估患者满意度。结果显示学习曲线在第 72 例时发生明显陡峭的改变,患者满意度从 75% 良、18% 可、7% 差改变为 90.3% 良、9.7% 可、0 差。虽然研究结果受培训条件、之前的技术水平等因素影响,仍可说明 PELD 具有较陡峭的学习曲线,但学习成熟后,疗效满意,并发症发生率明显降低。Wang 等^[35]对 2 名外科医生进行的前 60 例 PELD 进行临床观察,观察结果显示经过严格 PELD 技术培训的医生,从各方面均优于缺乏培训的医生。周跃等^[36]认为经皮椎间孔内镜下手术有陡峭的学习曲线,但通过正规培训后每个脊柱外科医生都能掌握。在学习任何一个新技术的过程中,手术早期并发症的发生率都比较高,但随着手术操作经验和技巧的提高,手术并发症的发生率会迅速降低。

6 展望

目前,PELD 已广泛应用于临床,技术逐渐成熟,被广大医生及患者所接受,并且该技术有较强的可拓展性,在未来将成为脊柱微创技术的主要发展方向,如经皮椎间孔内镜下微创腰椎间融合和椎间盘的再生。经皮椎间孔内镜下手术的未来一片光明,伴随新的影像系统、内镜、内镜器械的迅速发展,经皮椎间孔内镜下的微创腰椎融合、髓核置换和干细胞移植促进椎间盘的修复与再生等手术,必将成为

为未来最具发展潜力和最微创的脊柱内镜技术之一。

参考文献

- 1 张超,周跃,初同伟,等.椎间盘镜下与开放手术治疗腰椎间盘突出症对椎旁肌损伤程度的比较研究.中国骨与关节损伤杂志,2006,21(4):287-289.
- 2 Kambin P, Casey K, O'Brien E, et al. Transforaminal arthroscopic decompression of lateral recess stenosis. J Neurosurg,1996,84(3):462-467.
- 3 Yeung AT, Tsou PM. Posterolateral endoscopic excision for lumbar disc herniation: Surgical technique, outcome, and complications in 307 consecutive cases. Spine, 2002,27(7):722-731.
- 4 Postacchini F, Postacchini R. Operative management of lumbar disc herniation: the evolution of knowledge and surgical techniques in the last century. Acta Neurochir Suppl,2011,108(10):17-21.
- 5 Hoogland T, Schubert M, Miklitz B. Endoscopic transforaminal discectomy for recurrent lumbar disc herniation: a prospective, cohort evaluation of 262 consecutive cases. Spine (Phila Pa 1976), 2008,33(9):973-978.
- 6 Hoogland T, Schubert M, Miklitz B, et al. Transforaminal posterolateral endoscopic discectomy with or without the combination of a low-dose chymopapain: a prospective randomized study in 280 consecutive cases. Spine,2006,31(24):890-897.
- 7 Gu X, He SS, Zhang HL. Morphometric analysis of the YESS and TESSYS techniques of percutaneous transforaminal endoscopic lumbar discectomy. Clin Anat,2013,26(6):728-734.
- 8 Choi KC, Kim JS, Ryu KS, et al. Percutaneous endoscopic lumbar discectomy for L5-S1 disc herniation: transforaminal versus interlaminar approach. Pain physician,2013,16(6):547-556.
- 9 Tzaan WC. Transforaminal percutaneous endoscopic lumbar discectomy. Chang Gung Med,2007,30(3):226-234.
- 10 Matsumoto M, Hasegawa T. Incidence of complications associated with spinal endoscopic surgery: nationwide survey in 2007 by the Committee on Spinal Endoscopic Surgical Skill Qualification of Japanese Orthopaedic Association. Orthop Sci,2010,15(1):92-96.
- 11 楚磊,晏铮剑,陈亮,等.不同体位下经皮椎间孔镜手术治疗腰椎间盘突出症的比较.中国脊柱脊髓杂志,2011,21(2):166-167.
- 12 周跃,李长青,王建,等.椎间孔镜 YESS 与 TESSYS 技术治疗腰椎间盘突出症.中华骨科杂志,2010,30(3):225-231.
- 13 Moneta GB, Videman T, Kaivanto K, et al. Reported pain during lumbar discography as a function of anular ruptures and disc degeneration. Spine,1994,19(17):1968-1974.
- 14 Schubert M, Hoogland T. Endoscopic transforaminal nucleotomy with foraminoplasty for lumbar disk herniation. Oper Orthop Traumatol,2005,17(6):641-661.
- 15 Kafadar A, Kahraman S, Akbrü M. Percutaneous endoscopic transforaminal lumbar discectomy: a critical appraisal. Minim Invasive Neurosurg,2006,49(2):74-79.
- 16 Ahn Y, Lee SH, Lee JH, et al. Transforaminal percutaneous endoscopic lumbar discectomy for upper lumbar disc herniation: clinical outcome, prognostic factors, and technical consideration. Acta Neurochir (Wien),2009,151(3):199-206.
- 17 Kim HS, Ju CI, Kim SW, et al. Endoscopic transforamina suprapedicular approach in high grade inferior migrated lumbar disc herniation. J Korean Neurosurg Soc,2009,45(2):67-73.
- 18 Zhou Y, Zhang C, Wang J, et al. Minimally invasive strategies and options for far-lateral lumbar disc herniation. Chin J Traumatol, 2008,11(5):259-266.
- 19 Jasper GP, Francisco GM, Telfeian AE. Clinical success of transforaminal endoscopic discectomy with foraminotomy: a retrospective evaluation. Clin Neurol Neurosurg,2013,115(10):1961-1965.
- 20 郭钧,陈仲强,郭昭庆,等.椎间盘源性腰痛的临床特点与治疗.中国脊柱脊髓杂志,2007,17(3):177-181.
- 21 石作为,姚猛,王岩松,等.椎间盘源性下腰痛发生机制的探讨.中国疼痛医学杂志,2007,13(1):32-35.
- 22 吴闻文,李振宙,侯树勋,等.侧后路经椎间孔镜下髓核摘除、射频热凝纤维环成形术治疗椎间盘源性腰痛.中国脊柱脊髓杂志,2009,19(6):403-407.
- 23 Tsou PM, Alan YC, Yeung AT. Posterolateral transforaminal selective endoscopic discectomy and thermal annuloplasty for chronic lumbar discogenic pain: a minimal access visualized intradiscal surgical procedure. Spine,2004,4(5):564-573.
- 24 李振宙,吴闻文,侯树勋,等.侧后路经皮椎间孔镜下髓核摘除、射频热凝纤维环成形术治疗椎间盘源性腰痛.中国微创外科杂志,2009,9(4):332-335.
- 25 Ruetten S, Komp M, Merk H, et al. Recurrent lumbar disc herniation after conventional discectomy: a prospective, randomized study comparing full-endoscopic interlaminar and transforaminal versus microsurgical revision. J Spinal Disord Tech,2009,22(2):122-129.
- 26 Shin KH, Chang HG, Rhee NK, et al. Revisional percutaneous full endoscopic disc surgery for recurrent herniation of previous open lumbar discectomy. Asian Spine J,2011,5(1):1-9.
- 27 Yang SC, Chen WJ, Chen HS, et al. Extended indications of percutaneous endoscopic lavage and drainage for the treatment of lumbar infectious spondylitis. Eur Spine J,2014,3(4):846-853.
- 28 Wen BT, Zhang XF, Wang Y, et al. Complication and treatment of the lumbar intervertebral disc herniation using percutaneous endoscopic lumbar discectomy. Zhonghua Wai Ke Za Zhi,2011,49(12):1091-1095.
- 29 Tessitore E, De Tribollet N. Far-lateral lumbar disc herniation: the micro surgical transmuscular approach. Neurosurgery,2004,54(4):939-942.
- 30 Ahn Y, Lee SH, Park WM, et al. Posterolateral percutaneous endoscopic lumbar foraminotomy for L5-S1 foraminal or lateral exit zone stenosis. J Neurosurg,2003,99(3 Suppl):S320-S323.
- 31 Ahn Y, Lee SH. Postoperative spondylodiscitis following transforaminal percutaneous endoscopic lumbar discectomy: clinical characteristics and preventive strategies. Br J Neurosurg,2012,26(4):482-486.
- 32 Ahn YL, Lee HY, Lee SH, et al. Dural tears in percutaneous endoscopic lumbar discectomy. Eur Spine J,2011,20(1):58-64.
- 33 Ahn Y, Kim JU, Lee BH, et al. Postoperative retroperitoneal hematoma following transforaminal percutaneous endoscopic lumbar discectomy. J Neurosurg Spine, 2009,10(6):595-602.
- 34 Morgenstern R, Morgenstern C, Dipl-Ing JH, et al. The learning curve in foraminal endoscopic discectomy: experience needed to achieve a 90% success rate. Minim Invasive Surg,2007,1(3):100-107.
- 35 Wang H, Huang B, Li C, et al. Learning curve for percutaneous endoscopic lumbar discectomy depending on the surgeon's training level of minimally invasive spine surgery. Clin Neurol Neurosurg, 2013,115(10):1987-1991.
- 36 周跃.经皮椎间孔内窥镜技术的现状与未来.中国脊柱脊髓杂志,2009,19(5):326-327.

(收稿日期:2014-05-13)

(修回日期:2014-10-03)

(责任编辑:李贺琼)