

· 综述 ·

腰椎内窥镜手术技术的演变及其应用研究进展

刘建民¹, 许卫兵^{1*}, 杨东方²

1. 大连医科大学附属大连市中心医院脊柱外科, 大连 116033

2. 中国医科大学附属第一医院骨外科, 沈阳 110001

【关键词】腰椎; 椎间盘移位; 内窥镜检查; 外科手术, 微创性; 综述文献

【中图分类号】R 681.533.1 【文献标志码】A 【文章编号】1672-2957(2019)04-0288-06

【DOI】10.3969/j.issn.1672-2957.2019.04.014

Method evolution and research progress of percutaneous endoscopic lumbar discectomy

LIU Jian-min¹, XU Wei-bing^{1*}, YANG Dong-fang²

1. Department of Spinal Surgery, Dalian Municipal Central Hospital, Dalian Medical University, Dalian 116033, Liaoning, China

2. Department of Orthopaedics Surgery, First Hospital of China Medical University, Shenyang 110001, Liaoning, China

【Key Words】Lumbar vertebrae; Intervertebral disc displacement; Endoscopy; Surgical procedures, minimally invasive; Review literature

J Spinal Surg, 2019, 17(4): 288-293

近年, 腰椎椎间盘突出症(LDH)的手术方式从传统开放手术逐渐向微创术式发展, 微创手术的优势在于在局部麻醉下进行, 出血少, 肌肉及软组织损伤小, 对硬膜损伤小, 避免了出现硬膜外瘢痕及纤维化, 且住院时间短。对无法耐受全身麻醉手术的患者, 微创手术具有一定的优势^[1]。1997年, Yeung^[2]研发的脊柱内窥镜系统(YESS)可用于治疗包容型LDH, 是微创技术的突破性进步。2003年, Hoogland^[3]提出了经椎间孔内窥镜脊柱系统(TESSYS), 通过切除部分小关节来扩大椎间孔, 在椎管内进行神经根及硬膜囊的减压。Ruetten等^[4]认为椎间孔入路适应证有限, 提出了经椎板间入路的脊柱内窥镜手术方式。本文就经椎间孔入路及经椎板间入路的各种脊柱内窥镜技术的临床应用作如下综述。

1 经椎间孔入路脊柱内窥镜技术

1.1 YESS

YESS的穿刺点为侧线与椎间盘横线交点, 穿刺针与皮肤成25°~30°角, 经Kambin三角进入椎

管, 穿刺至棘突中线。减压过程中仅能看到手术视野顶部的后纵韧带, 对椎间盘内的髓核组织进行摘除, 并配合高速磨钻及激光辅助技术扩大椎间孔进入椎管^[5]。Yeung等^[6]在随后的研究中采用YESS对307例LDH患者进行了手术治疗, 术后优良率为89.3%。Zhou等^[7]报道, 采用YESS、METRx内窥镜系统和扩张通道管系统(X-Tube)治疗不同类型极外侧型LDH患者52例, 疗效满意; 3组对比结果显示, YESS组相较其余2组具有手术时间短、手术创伤更小等优势。但Ruetten等^[8]认为, YESS适用于包容型、后纵韧带下型、椎间孔型和极外侧型LDH及椎间盘源性腰痛, 对脱出或游离的髓核组织难以摘除, 高髂嵴、中央管及侧隐窝狭窄易导致手术失败。通常认为, 术后疼痛症状未缓解或改善不明显的主要原因可能是YESS无法在直视下对神经根进行减压松解, 导致神经根减压不充分。Lee等^[9]认为, YESS容易损伤神经根, 经Kambin三角进入椎间盘内, 手术穿刺和置管操作过程中都容易刺激、挤压和损伤出行神经根和背根神经节, 导致术后神经根支配区的痛觉过敏和感觉异常, 严重时可导致神经根功能的永久性损伤, 特别是在椎间隙狭窄时更易发生。但Xin等^[10]对YESS和TESSYS进行的对

作者简介: 刘建民(1992—), 硕士在读, 医师; 691445094@qq.com

*通信作者: 许卫兵 xuweibingsmmu@163.com

比研究表明, 2种技术引起术中神经根受压的发生率相当, 差异无统计学意义。目前临床上 YESS 应用较少, 主要是由于其手术适应证范围较窄, 但 YESS 操作简单, 对于新开展腰椎内窥镜手术的医师较为适合, 有助于术者镜下操作水平的提高^[11]。

1.2 TESSYS

为了使经皮脊柱内窥镜技术治疗疾病的范围更广, TESSYS 应运而生, 其利用环锯铰刀切除部分上关节突骨质, 扩大成形椎间孔, 经扩大成形后的椎间孔进入硬膜外前间隙, 在内窥镜下直视摘除突出的椎间盘组织。TESSYS 可治疗各种类型 LDH, 包括巨大型、脱出型、游离型和伴有椎间孔狭窄的 LDH^[12]。TESSYS 的进针点为椎间盘上缘水平线与椎间隙经下位椎体后上缘斜线的交点, 按照术前计划角度, 正位穿刺至下位椎体上关节突尖部, 侧位穿刺沿下位椎体至上关节突前下缘, 紧邻椎间孔上缘, 更换软组织扩张器, 环锯磨除部分上关节突, 置入导棒及工作套筒。Mirkovic 等^[13]的标本研究认为, 直径为 6.3 mm 的工作套筒放置在棘突中线更安全, 直径为 7.5 mm 的工作套筒到达椎弓根内侧连线。Pan 等^[14]对 48 例 LDH 患者采用 TESSYS 治疗, 术后 3 d、1 个月、3 个月和 6 个月的疼痛视觉模拟量表 (VAS) 评分明显降低, 疗效优良率为 95.84%, 相较传统开窗椎间盘切除术差异无统计学意义, 但具有创伤小, 恢复快等优点。Lewandrowski^[15]对 220 例患有侧隐窝狭窄伴/不伴 LDH 的患者采用 TESSYS 治疗, 疗效优良率为 85%, VAS 评分较术前明显降低。在 Lee 等^[16]的研究中, 将突出椎间盘的部位在矢状面 MRI 上分为 4 区, 超过下位椎弓根中部 (4 区) 为重度远端脱垂, 对 34 例突出椎间盘位于 4 区的患者采用 TESSYS 治疗, 术后临床疗效满意度及影像学结果均低于 2 区和 3 区患者; 因此认为, 椎间盘高度游离的患者, 术中难以对病变髓核进行彻底摘除, 建议 4 区患者进行开放手术治疗。Tzaan^[17]的研究认为, TESSYS 不适用于腰椎椎管狭窄症 (LSS)、腰椎不稳、椎间隙明显狭窄的患者。与 YESS 相比, TESSYS 学习曲线更为陡峭, 对医师的操作技术要求较高, 临床中应根据实际病情需要, 合理选择手术方式。

1.3 BEIS (broad easy immediate surgery)

由于 TESSYS 减压范围有限, 只能对突出的椎间盘组织进行摘除, 无法对狭窄的神经根管进行全面减压, 于此基础上, 白一冰等^[18]提出了新的手术技术, 即 BEIS。BEIS 穿刺角度以 L₅/S₁ 为例, 根据髂

嵴的高低, 穿刺针头倾 40°~60°, 外展 30°~50°, 其他节段从下至上依次递减。定位针在正位 X 线片上位于棘突连线上, 侧位 X 线片上位于上关节突腹侧下缘与下位椎体后上缘的连线上, 根据需要在

上关节突上打孔, 逐级扩大椎间孔。白一冰等^[18]对 57 例腰椎神经根管狭窄患者采用 BEIS 治疗, 疗效优良率为 87.7%。之后该团队采用 BEIS 治疗侧隐窝狭窄患者 33 例, 疗效优良率为 70%, 有效率为 85%^[19]。BEIS 在临床上被用于治疗各种类型的 LDH 及 LSS, 并取得良好的临床效果。宋晓磊等^[20]回顾了采用 BEIS 治疗的 64 例 LSS 患者临床资料, 所有患者术后 3、12 个月的 VAS 评分、Oswestry 功能障碍指数 (ODI) 较术前呈逐渐下降趋势, 说明 BEIS 安全、有效。BEIS 相比 TESSYS, 减压范围更广泛, 可实现病变神经根的 360°减压, 向内可显露硬膜囊甚至可至对侧神经根; 向外可达椎间孔外口; 向上可显露出口神经根, 并解除变性纤维环或上位椎体后缘骨赘等对其造成的压迫; 向下可抵椎弓根上缘; 强调的是对神经根及硬膜囊腹侧彻底减压。白一冰等^[19]总结的术中神经根减压标准: ①神经根管的充分扩大; ②神经根及硬膜囊恢复自主搏动; ③神经根表面血运丰富; ④神经根复位及术中直腿抬高试验阴性; ⑤牵拉神经根活动自如。但 BEIS 要求于关节突打孔以扩大椎间孔, 对器械及操作技术要求较 TESSYS 更高, 术者的技术水平会直接影响患者术后疗效; 且其成形部位为小关节, 能够对盘黄间隙狭窄的患者进行有效减压, 但病变部位远离盘黄间隙的患者可能达不到彻底减压的目的。因此, 完善术前检查, 利用 CT、MRI 及查体来定位神经根, 确定病变部位对于患者术后症状的缓解至关重要。

1.4 LiESS (less invasive, easy, efficient, effective and safe surgery)

TESSYS 使用逐级环锯可快速行椎间孔扩大成形, 但环锯缺乏保护, 而且成形部位靠近出口神经根及硬膜囊, 可能引起出口神经根损伤或硬膜撕裂^[21]。TESSYS 及 BEIS 技术由于其成形部位位于上关节突的尖部, 为盘黄间隙水平, 远离骨性侧隐窝部位, 因此, 可能造成骨性侧隐窝减压的不彻底。为此, Li 等^[22]改变了成形部位, 将 TESSYS 磨除的上关节突尖部变成基底部, 设计出逐级鸭嘴保护套筒, 将周围神经保护在套筒之外, 避免损伤, 即 LiESS 技术。Li 等^[22-23]采用 LiESS 技术治疗 134 例 LDH 患者和 96 例侧隐窝狭窄患者, 取得了良好的临床效果,

优良率分别为92%和88.2%。由于其成形部位位于上关节突基底部,对于极外侧LDH,出行根受压的患者,不适宜采用该术式;骨性侧隐窝狭窄的患者,可能由于黄韧带骨化及骨赘增生压迫走行根,无论是传统TESSYS还是LiESS技术都无法对其彻底减压;对于高度游离LDH,如果穿刺角度增加过大,可能会有损伤出行根的风险。

1.5 小关节联合椎弓根入路技术及对侧椎间孔入路技术

Lee等^[16]研究指出,对于椎间盘高度游离的LDH患者,内窥镜下手术治疗效果不佳,建议行开放手术。但随着临床医疗技术的提高及手术器械的不断进步,逐渐有研究者提出了不同入路的内窥镜技术来治疗高度游离的LDH。Choi等^[24-26]提出了经小关节联合椎弓根入路内窥镜技术治疗高度游离的LDH,通过磨除部分下位椎体上关节突及椎弓根建立通道来摘除突出的椎间盘,患者术后疼痛症状较术前明显缓解。Ying等^[27]将45例LDH患者随机分成2组,一组经下位椎体椎弓根上切迹入路,另一组采用TESSYS,2组患者术后VAS评分及ODI均明显降低,TESSYS组椎间盘向下高度游离患者的手术时间要明显长于无高度游离的患者,而经下位椎体椎弓根上切迹入路组中无明显差异;因此认为,摘除向下高度游离的椎间盘组织,经下位椎体椎弓根上切迹入路磨除部分椎弓根上切迹安全有效。但该术式存在小关节及椎弓根骨折的风险,且可能对走行根造成损伤,其安全性还需要大样本临床研究验证,远期脊柱稳定性及骨折风险还需长期随访观察。Kim等^[28]的研究提出经对侧椎间孔入路内窥镜技术治疗高度游离的LDH。术前明确病变位置,正位透视标记靶点与健侧椎间孔的连线,侧位透视上将连线的延长线与小关节的交点定为穿刺进针点,紧贴纤维环及后纵韧带,沿计划线路穿至靶点^[29]。该技术扩大了术中减压范围,同时避免了同侧椎间孔的扩大,手术更加微创,对脊柱的稳定性破坏更小。但该技术难度较高,需熟练掌握相关解剖结构,同样存在损伤神经根及硬膜囊的风险。

1.6 经椎板下内窥镜外科手术系统(ULESS)

传统的YESS及TESSYS强调的是神经根及硬膜囊的腹侧减压,但因患者病情不同,可能造成减压不够彻底,因此,ULESS被逐渐应用于临床。该技术的要点是将穿刺针定位于上关节突的腹侧,应用偏心环锯去除上关节突腹侧骨质,工作通道位于硬膜囊背侧,首先进行背侧减压,再进行盘黄

间隙及腹侧减压,强调的是椎管的全方位减压。贺毅等^[30]对32例退行性LSS患者采用ULESS治疗,疗效优良率为87.5%,术后VAS评分及ODI均显著改善。王朝晖等^[31]采用ULESS治疗80例单节段LDH患者,疗效优良率为90%。ULESS的关键技术在于椎管及椎间孔的成形,其可在硬膜囊背侧去除骨化增生的黄韧带及腹侧突出钙化的椎间盘组织,同时进行侧隐窝的扩大及神经根的减压,实现椎管内270°减压。ULESS的基础是偏心环锯技术,只有成形位置满意,镜下视野开阔,才能对病变节段进行彻底减压。

1.7 ZESSYS(Zhou endoscopic spine system)靶点技术

内窥镜下手术难度较高,没有可固定的器械重复使用,每次手术术者都需要反复透视定位,并且穿刺过程中有损伤神经风险。在此基础上,Ao等^[32]设计了一套双套筒装置,其中较细的导管内置定位针插入下位椎体后壁固定装置,粗套筒放置鸭嘴环锯进行关节突成形,扩大椎间孔。根据病灶不同的位置,调整固定点,可通过360°旋转装置及更换环锯的尺寸来进行靶点成形。Ao等^[32]的研究中,70例LDH患者随机分为2组,分别采用TESSYS及ZESSYS靶点技术进行治疗,结果显示,ZESSYS组术中穿刺及透视时间明显低于TESSYS组,但2组的减压时间及疗效优良率差异无统计学意义。该技术主要是降低了手术难度,在穿刺过程中减少神经根损伤的风险,强调靶点成形,在手术疗效等方面与传统内窥镜技术无明显差异。

1.8 全可视化TESSYS(TESSYS-Isee)

虽然TESSYS能有效摘除突出的椎间盘组织,但当LDH合并黄韧带增生肥厚时,往往不能获得理想的减压效果,因此,TESSYS-Isee应运而生。术中透视下将定位针置于上关节突,置入圆锥形导杆,再依次置入圆锥形导管进行逐级扩张,沿导杆置入工作套管,调整位置,使锯齿嵌入骨质中固定,置入内窥镜系统,于镜下行关节突成形术,切除上关节突腹侧增生骨赘,然后进行患侧黄韧带的切除,最后调整套管位置及方向,进行椎间盘的摘除。Xiong等^[33]采用TESSYS-Isee治疗32例LSS患者,疗效优良率为90.7%,无严重并发症出现。该技术治疗LSS安全、有效,相较于传统内窥镜下手术,其优点在于直视下进行关节突成形,更加安全,术中视野范围广,减压更加彻底;但也存在相应的风险,从硬膜囊背侧转至腹侧减压的过程中,

可能会造成硬膜囊及神经根的刺激, 术后有相应并发症出现, 长期的脊柱生物力学变化及临床效果仍需观察。

2 经椎板间入路脊柱内窥镜手术

2.1 经椎板间入路经皮内窥镜下椎间盘切除术 (PEID)

Ruetten等^[4]认为TESSYS虽然可以治疗大多数LDH, 但在L₅/S₁节段具有明显的局限性, 主要是由于该节段骺嵴高、椎间孔小, 特别是对于游离的椎间盘更难摘除, 因此提出了PEID。该技术可采用俯卧位与侧卧位, 首先标记棘突中线及椎板间隙, 根据突出椎间盘的位置(肩上或者腋下等)决定穿刺点, 然后逐层浸润麻醉, 插入导丝, 切开皮肤, 置入软组织扩张器及工作通道, 镜下逐层打开黄韧带, 清理脂肪组织, 摘取突出的椎间盘组织, 必要时可使用亚甲蓝染色剂染色。PEID最初主要是用来治疗L₅/S₁节段LDH, 并取得良好的临床效果; 目前逐渐被用于治疗侧隐窝狭窄、脱垂型LDH等, 其适应证越来越广。Ruetten等^[8]对161例侧隐窝狭窄患者进行了2年的随访对比研究, 结果显示, PEID组与显微镜组的临床疗效相近, 疗效优良率(95%)优于显微镜组, 且并发症更少。相较于椎间孔入路, 椎板间入路的学习曲线相对平缓, 镜下更容易到达病变部位, 但在手术过程中可能对硬膜囊刺激较多, 彻底减压侧隐窝时往往需要切除部分关节突, 局部麻醉下患者难以耐受, 通常需全身麻醉下进行。

2.2 经皮内窥镜下双通道减压术 (PBED)

Sairyo等^[34]认为内窥镜下手术难度较高, 手术视野受限, 有时可能对侧隐窝狭窄患者的减压不够彻底。因此, Hwa等^[35]提出了利用内窥镜及工作通道——双通道来进行侧隐窝减压, 即PBED。该技术类似于膝关节镜及胸腔镜, 在直径为4 mm的内窥镜下进行操作, 确定病变部位及相应椎间隙水平, 于棘突旁开1 cm、椎间隙上下分别距离2~3 cm部位切开, 上通道为内窥镜通道, 下通道为操作通道; 于工作通道打开椎板, 置入内窥镜, 进行操作; 由于内窥镜与操作器械分开, 器械使用不受限制, 减压更容易, 范围更广; 同时, 对侧侧隐窝也有良好的手术视野, 减压也更加有效。Hwa等^[35]对58例接受PBED治疗的LSS患者进行了12个月的随访, 疗效优良率为81%, 术后VAS评分及ODI较术前均有明显改善。Lee等^[36]对10例LDH及7例LSS患者采用PBED治疗, 17例患者术后症状均明显缓解, 无

并发症出现。以上结果说明, PBED治疗LDH及LSS安全有效, 是传统手术与内窥镜的结合, 镜下视野广, 操作较为方便, 对侧减压彻底。

2.3 对侧锁孔内窥镜下手术 (CKES)

Alimi等^[37]认为对侧入路比同侧入路更容易进入病变侧隐窝, 并且最大限度地保留小关节以维持生物力学稳定性。在此基础上, 有学者提出对侧椎板开窗经黄韧带对患侧侧隐窝进行减压来治疗单侧症状LSS^[38], 即CKES。椎板窗中央旁开1~2 cm, 于健侧做1个8 mm纵形切口, 进针角度取决于棘突椎板角度, 将穿刺针沿术前计划角度向对侧穿刺, 当突破内层黄韧带时, 透视下确认针尖位于椎管内, 拔出穿刺针, 插入导丝逐级扩张, 置入工作套筒; 于对侧黄韧带表面开圆形入口(锁孔), 使术者有足够空间操作内窥镜, 置入内窥镜对侧隐窝进行彻底减压。Hwang等^[38]使用该手术方式对14例单侧症状的LSS患者进行了治疗, 其术后VAS评分及ODI均明显改善, 无相关并发症出现。CKES治疗单侧侧隐窝狭窄及椎间孔狭窄安全有效, 但该方面研究较少, 医师使用对侧技术较少, 学习难度较高, 其并发症及手术风险还需长期及大样本的研究进一步证实。但在减少小关节破坏, 维持脊柱力学稳定方面具有一定优势。

2.4 单侧入路双侧减压技术

腰椎单侧入路双侧减压技术从开放手术到显微镜下操作, 术中是否能完成对侧减压, 一直是研究者争论的焦点。随着脊柱微创技术及器械的发展, 目前在内窥镜下也可进行LSS的单侧入路双侧减压。单一节段通常从棘突中点至椎板间隙外缘做1个1.5 cm的横切口, 如果需减压2个节段, 则于上下棘突中点至椎板间隙外缘的中点连线做1个2.0 cm的纵切口, 插入导丝至椎板, 逐级扩张软组织, 置入工作套筒及内窥镜, 利用镜下磨钻磨除同侧椎板开口, 切开同侧黄韧带外层, 暴露对侧椎管外缘, 切除对侧黄韧带外层, 暴露黄韧带中线, 然后切开对侧黄韧带内层, 减压对侧侧隐窝及神经根, 最后切开同侧黄韧带内层, 减压同侧侧隐窝及神经根。Kim等^[39]采用该技术治疗48例LSS患者, 疗效优良率为96%, 术后及长期随访VAS评分及ODI均明显改善。Komp等^[40]采用该技术治疗74例LSS患者, 随访2年, 发生椎间隙高度丢失8例(11.1%), I~II度腰椎滑脱1例, 但脊柱后凸畸形、椎间隙高度丢失与临床疗效无显著相关性。该技术可进行双侧减压, 其减压范围较广, 镜下视野足够清晰, 治疗

LSS安全、有效。

3 总结与展望

腰椎内窥镜技术的手术适应证越来越广,目前被用来治疗各种类型的LDH及LSS,各有特点。但Ahn等^[41]认为,虽然经椎间孔入路及经椎板间入路都可用来治疗LSS,但是经椎间孔入路处理中央型LSS困难,经椎板间入路处理侧隐窝狭窄比较困难。2种入路联合治疗混合型LSS可取得良好的临床效果^[42]。相较于传统的开放手术,内窥镜技术的优势是显而易见的,但需大量的透视和反复穿刺,目前计算机导航一体化技术有望提高穿刺精度,降低临床医师的学习曲线,提高手术的临床效果^[43]。随着微创外科的发展,相信腰椎内窥镜技术会成为脊柱微创手术中最具潜力,也最理想的手术方式之一。

参考文献

- [1] Sairyo K, Higashino K, Yamashita K, et al. A new concept of transforaminal ventral facetectomy including simultaneous decompression of foraminal and lateral recess stenosis: technical considerations in a fresh cadaver model and a literature review[J]. J Med Invest, 2017, 64(1.2): 1-6.
- [2] Yeung AT. Minimally invasive disc surgery with the Yeung endoscopic spine system (YESS)[J]. Surg Technol Int, 1999, 8: 267-277.
- [3] Hoogland T. Transforaminal endoscopic discectomy with foraminoplasty for lumbar disc herniation[J]. Surg Tech Orthop Traumatol, 2003, 99(3): 320-323.
- [4] Ruetten S, Komp M, Merk H, et al. Use of newly developed instruments and endoscopes: full-endoscopic resection of lumbar disc herniations via the interlaminar and lateral transforaminal approach[J]. J Neurosurg Spine, 2007, 6(6): 521-530.
- [5] Deen HG. Posterolateral endoscopic excision for lumbar disc herniation: surgical technique, outcome, and complications in 307 consecutive cases[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2002, 27(18): 2081-2082.
- [6] Yeung AT, Tsou PM. Posterolateral endoscopic excision for lumbar disc herniation: surgical technique, outcome, and complications in 307 consecutive cases[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2002, 27(7): 722-731.
- [7] Zhou Y, Zhang C, Wang J, et al. Minimally invasive strategies and options for far-lateral lumbar disc herniation[J]. Chin J Traumatol, 2008, 11(5): 259-266.
- [8] Ruetten S, Komp M, Merk H, et al. Surgical treatment for lumbar lateral recess stenosis with the full-endoscopic interlaminar approach versus conventional microsurgical technique: a prospective, randomized, controlled study[J]. J Neurosurg Spine, 2009, 10(5): 476-485.
- [9] Lee SH, Kang BU, Ahn Y, et al. Operative failure of percutaneous endoscopic lumbar discectomy: a radiologic analysis of 55 cases[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2006, 31(10): E285-E290.
- [10] Xin G, Shi-Sheng H, Hai-Long Z. Morphometric analysis of the YESS and TESSYS techniques of percutaneous transforaminal endoscopic lumbar discectomy[J]. Clin Anat, 2013, 26(6): 728-734.
- [11] 周建伟, 杨滨, 任冬云, 等. 杨氏椎间孔镜治疗腰椎间盘突出症的远期疗效[J]. 中国矫形外科杂志, 2012, 20(17): 1537-1540.
- [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[J]. 中华骨科杂志, 2010, 30(3): 225-231.
- [13] Mirkovic SR, Schwartz DG, Glazier KD. Anatomic considerations in lumbar posterolateral percutaneous procedures[J]. Spine (Phila Pa 1976), 1995, 20(18): 1965-1971.
- [14] Pan Z, Ha Y, Yi S, et al. Efficacy of transforaminal endoscopic spine system (TESSYS) technique in treating lumbar disc herniation[J]. Med Sci Monit, 2016, 22: 530-539.
- [15] Lewandrowski KU. "Outside-in" technique, clinical results, and indications with transforaminal lumbar endoscopic surgery: a retrospective study on 220 patients on applied radiographic classification of foraminal spinal stenosis[J]. Int J Spine Surg, 2014, 8: 10.14444/1026. eCollection 2014.
- [16] Lee S, Kim SK, Lee SH, et al. Percutaneous endoscopic lumbar discectomy for migrated disc herniation: classification of disc migration and surgical approaches[J]. Eur Spine J, 2007, 16(3): 431-437.
- [17] Tzaan WC. Transforaminal percutaneous endoscopic lumbar discectomy[J]. Chang Gung Med J, 2007, 30(3): 226-234.
- [18] 白一冰, 李嵩鹏, 王力文, 等. 改良TESSYS技术治疗腰椎神经根管狭窄症[J]. 颈腰痛杂志, 2015, 36(1): 16-19.
- [19] 白一冰, 李嵩鹏, 简伟, 等. 椎间孔镜下侧隐窝减压治疗腰椎管狭窄的疗效分析[J]. 中国疼痛医学杂志, 2014, 20(12): 919-921.
- [20] 宋晓磊, 王红建, 李灏, 等. 椎间孔镜BEIS技术治疗

- 老年患者腰椎管狭窄症疗效研究[J].实用骨科杂志, 2016, 22(3): 251-254.
- [21] Schubert M, Hoogland T. Endoscopic transforaminal nucleotomy with foraminoplasty for lumbar disk herniation [J]. Oper Orthop Traumatol, 2005, 17(6): 641-661.
- [22] Li ZZ, Hou SX, Shang WL, et al. Modified percutaneous lumbar foraminoplasty and percutaneous endoscopic lumbar discectomy: instrument design, technique notes, and 5 years follow-up[J]. Pain Physician, 2017, 20(1): E85-E98.
- [23] 李振宙, 侯树勋, 商卫林, 等. 经皮内镜下经椎间孔入路腰椎侧隐窝减压术: 技术要点及2年随访结果[J]. 中国骨与关节杂志, 2016, 5(5): 333-338.
- [24] Choi G, Lee SH, Lokhande P, et al. Percutaneous endoscopic approach for highly migrated intracanal disc herniations by foraminoplastic technique using rigid working channel endoscope[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2008, 33(15): E508-E515.
- [25] Choi G, Prada N, Modi HN, et al. Percutaneous endoscopic lumbar herniectomy for high-grade down-migrated L4-L5 disc through an L5-S1 interlaminar approach: a technical note[J]. Minim Invasive Neurosurg, 2010, 53(3): 147-152.
- [26] Choi G, Modi HN, Prada N, et al. Clinical results of XMR-assisted percutaneous transforaminal endoscopic lumbar discectomy[J]. J Orthop Surg Res, 2013, 8: 14.
- [27] Ying J, Huang K, Zhu M, et al. The effect and feasibility study of transforaminal percutaneous endoscopic lumbar discectomy *via* superior border of inferior pedicle approach for down-migrated intracanal disc herniations [J]. Medicine(Baltimore), 2016, 95(8): e2899.
- [28] Kim JS, Choi G, Lee SH. Percutaneous endoscopic lumbar discectomy *via* contralateral approach: a technical case report[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2011, 36(17): E1173-E1178.
- [29] 石磊, 楚磊, 陈亮, 等. 经皮对侧椎间孔入路内窥镜下椎间盘切除术治疗游离型腰椎间盘突出症[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2014, 24(5): 412-416.
- [30] 贺毅, 李星晨, 马海军, 等. 经皮椎间孔镜下ULESS技术治疗老年退变性腰椎管狭窄症[J]. 临床骨科杂志, 2017, 20(6): 657-660.
- [31] 王朝晖, 廖忠, 崔为良, 等. 经皮椎间孔镜ULESS技术治疗单节段腰椎间盘突出症疗效观察[J]. 风湿病与关节炎, 2017, 6(6): 41-43.
- [32] Ao S, Wu J, Zheng W, et al. A novel targeted foraminoplasty device improves the efficacy and safety of foraminoplasty in percutaneous endoscopic lumbar discectomy: preliminary clinical application of 70 cases [J]. World Neurosurg, 2018, 115: e263-e271.
- [33] Xiong C, Li T, Kang H, et al. Early outcomes of 270-degree spinal canal decompression by using TESSYS-ISEE technique in patients with lumbar spinal stenosis combined with disk herniation[J]. Eur Spine J, 2019, 28(1): 78-86.
- [34] Sairyo K, Sakai T, Higashino K, et al. Complications of endoscopic lumbar decompression surgery[J]. Minim Invasive Neurosurg, 2010, 53(4): 175-178.
- [35] Hwa Eum J, Hwa Heo D, Son SK, et al. Percutaneous biportal endoscopic decompression for lumbar spinal stenosis: a technical note and preliminary clinical results[J]. J Neurosurg Spine, 2016, 24(4): 602-607.
- [36] Lee JH, Choi KC, Shim HK, et al. Percutaneous biportal endoscopic surgery for lumbar degenerative diseases[J]. J Minim Invasive Spine Surg Tech, 2017, 2(1): 15-19.
- [37] Alimi M, Njoku I Jr, Cong GT, et al. Minimally invasive foraminotomy through tubular retractors *via* a contralateral approach in patients with unilateral radiculopathy[J]. Neurosurgery, 2014, 10(Suppl 3): 436-447.
- [38] Hwang JH, Park WM, Park CW. Contralateral interlaminar keyhole percutaneous endoscopic lumbar surgery in patients with unilateral radiculopathy[J]. World Neurosurg, 2017, 101: 33-41.
- [39] Kim HS, Paudel B, Jang JS, et al. Percutaneous full endoscopic bilateral lumbar decompression of spinal stenosis through uniportal-contralateral approach: techniques and preliminary results[J]. World Neurosurg, 2017, 103: 201-209.
- [40] Komp M, Hahn P, Merk H, et al. Bilateral operation of lumbar degenerative central spinal stenosis in full-endoscopic interlaminar technique with unilateral approach: prospective 2-year results of 74 patients[J]. J Spinal Disord Tech, 2011, 24(5): 281-287.
- [41] Ahn Y. Percutaneous endoscopic decompression for lumbar spinal stenosis[J]. Expert Rev Med Devices, 2014, 11(6): 605-616.
- [42] 蒋毅, 吴磊, 左如俊, 等. 经皮椎间孔及椎板间联合入路内窥镜下行腰椎管狭窄减压术的初步报告[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2016, 26(5): 428-433.
- [43] 何凡, 李新华, 韩应超, 等. 经皮椎间孔镜定位穿刺技术及导航辅助设备的研究进展[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2017, 27(5): 465-469.

(收稿日期: 2018-07-20)

(本文编辑: 张建芬)