

· 文献综述 ·

经皮椎间孔镜技术治疗腰椎间盘突出症的应用进展*

格日勒 综述 郭昭庆**^① 审校

(北京大学国际医院骨科, 北京 102206)

文献标识:A 文章编号:1009-6604(2018)03-0267-05

doi:10.3969/j.issn.1009-6604.2018.03.019

随着脊柱微创外科技术的发展,经皮椎间孔镜技术(percutaneous endoscopic lumbar discectomy, PELD)可以直达靶点手术,在腰椎间盘突出症的治疗中取得显著的临床疗效。PELD 可避免传统手术创伤大、对脊柱损伤大、组织粘连等缺点,能替代解决大部分传统手术需要解决的问题;术中出血极少,术后早期可下床进行功能锻炼,可以缩短住院时间,减轻患者经济负担;可在局部麻醉下进行,使患者处于清醒状态,在与患者持续沟通下,可避免误伤神经等严重并发症发生。PELD 技术与传统开放手术相比在手术创伤、住院时间、患者经济负担、手术并发症等方面具有独特且明显的优势。本文就目前 PELD 治疗腰椎间盘突出症的发展概况、适应证、操作方法、疗效以及并发症几个方面进行综述。

1 PELD 治疗腰椎间盘突出症的发展概况

1975 年,日本 Hijikata 等^[1]率先采用经皮后外侧入路髓核摘除术治疗腰椎间盘突出症,但术中无法直观看到椎间盘及邻近结构,有效率不足 75%。20 世纪 80 年代,Schreiber 等^[2]将内镜技术应用于经皮髓核摘除术,将关节镜置入椎间盘内,发现变性的间盘组织,直视下完成减压,但该方法仍然存在一定的危险性。1991 年,Kambin^[3]通过对人体解剖学的深入研究,提出椎间孔安全三角区的概念,在椎间孔入路下使用内镜或关节镜,直视下摘除突出髓核,手术安全性得到提高。1999 年,Yeung^[4]在此基础上研制出第三代经皮椎间孔镜系统(Yeung Endoscopy Spine System, YESS),经椎间盘后外侧“安全三角”入路,将工作套管直接置于椎间盘内,在内镜直视下从内向外将椎间盘髓核摘除,起到减压作用,但这种技术对于已进入椎管的髓核无法彻

底清除。2003 年,Hoogland^[5]在 YESS 的基础上设计脊柱内镜系统(Transforaminal Endoscopic Spine System, TESSYS),通过椎间孔建立工作通道,在监视器下进入椎管内部摘除突出髓核解除压迫。这种技术使减压过程更为清晰直接,精确,安全可靠,同时扩展了 PELD 的适应范围^[6-9]。随着内镜技术和手术器械的更新,相关医疗设备如靶向技术、激光技术、射频消融的普及,PELD 的手术适应证逐渐扩大,安全性及精准度提高,已有将 PELD 应用于治疗游离型椎间盘突出、椎体后缘离断症、颈胸椎间盘突出、胸腰椎椎管狭窄症^[10-13]。Morgenstern 等^[14,15]通过椎间孔植入融合器到椎间隙,不去除任何骨性结构,为治疗腰椎间盘突出退行性疾病合并或无轻度腰椎滑脱提供新的手术思路,治疗效果得到初步认可,但由于手术难度和风险大,只有少数医生掌握其技术,没有大样本的考证,远期疗效仍待观察。

2 PELD 治疗腰椎间盘突出症的适应证

目前,PELD 已拥有较广泛的手术适应证,能够用于治疗绝大多数腰椎病变^[16-18],主要包括:①通过严格保守治疗无效的腰椎间盘突出症,不伴随椎管狭窄或腰椎不稳;②极外侧或脱垂游离不明显的腰椎间盘突出症(椎间孔内型或椎间孔外型);③椎间盘突出超过双侧上关节突连线的突出症;⑤全身条件不耐受传统开放性手术或全身麻醉的椎间盘突出症;④术后复发的腰椎间盘突出症(特别是传统手术后复发)。

3 PELD 的手术方法

目前最常使用的 PELD 为 YESS 和 TESSYS,二者都是经腰椎侧后入路行腰椎间盘摘除,不同之处

* 基金项目:北京大学国际医院院内基金(YN2017QN03)

** 通讯作者, E-mail: guozhaoqing@pkuhi.edu.cn

① (北京大学第三医院骨科, 北京 100191)

在于:YESS 技术是一种组合管道式的经椎间孔内镜系统,经“Kambin 安全三角”进入间盘,从内到外切除椎间盘组织,即“盘内减压”,是一种间接减压技术,亦称为 inside-outside 技术^[19];而 TESSYS 技术是由外到内(outside-inside)摘除突出椎间盘组织,是一种更理想的直接减压技术,配合靶点穿刺技术,直接定位于病灶部位^[20]。

3.1 YESS 手术方法

患者取平卧位,以腰椎棘突画一条纵线,沿病变椎间盘水平画一条与棘突中线相垂直的横线,两条直线的交点为正位像的中心点。沿突出的椎间盘标记出一条间盘侧位线,其与经椎间盘横线的交点即为进针点。通常穿刺点位于棘突旁 8~14 cm。根据患者具体情况可以随时调整穿刺路线。于穿刺点用利多卡因局部麻醉,将穿刺针逐渐向前推进安全三角区纤维环内。当针尖冲破纤维环后,针头可感到韧性的阻力。X 线透视下将造影剂注入椎间盘髓核内,此时如诱发腰腿痛,说明患者腰痛与椎间盘退变有直接关系,造影可显示病变椎间盘的具体情况。通过穿刺针插入导针,安放工作套管,建立工作通道。在内镜监视下摘除椎间盘突出组织,并可对病变部位用 3 L 袋生理盐水持续灌洗消炎至少 2 h,用双极射频修补纤维环,消融神经致敏组织,阻断环状神经分支,解除软组织疼痛。

3.2 TESSYS 手术方法

患者平卧位,沿棘突标记正中线,标记髂嵴,在正中线旁 12~14 cm 选穿刺点,经髂嵴最高点至椎间盘中心标记一条斜线,这条线即为进针的方向和角度。该线经下位椎体后缘或上关节突尖部,在皮肤表面与经髂嵴和椎间盘上缘的水平线的交点即为进针点。将穿刺针推至下位椎体的上关节突上缘。用 18G 穿刺针,穿刺方向与水平面成 15°~20° 外倾角,面向患侧椎间孔穿刺进针,将 22G 穿刺针通过 18G 穿刺针内腔插入椎间盘。去除 22G 穿刺针,导丝经 18G 穿刺针插入,以导丝为中心做 7~8 mm 皮肤切口。沿导丝置入软组织扩张导管,用环钻去除部分上关节突骨质,在 X 线透视下建立工作通道。通过工作通道置入椎间孔镜,用髓核钳将变性的椎间盘组织咬除,检查并松懈神经根,用双极射频辅助止血,行椎间盘消融减压和纤维环热凝皱缩成形。

3.3 YESS 与 TESSYS 技术特点的对比

YESS 和 TESSYS 作为治疗腰椎间盘突出症的常见术式,其治疗效果已经得到广泛认可,但是在临床操作技巧和术式选择上仍存在较大分歧,因此,了解两种术式的技术特点及其适用范围是十分必要的。YESS 技术采取的是经 Kambin 安全三角区的从内到外策略,首先所见是椎间盘内组织,可以减压

到后纵韧带前部;TESSYS 技术是在 YESS 基础上的进一步发展,经椎间孔从外到内策略,通过扩大的椎间孔进入椎管,适合于旁中央型及椎间孔型椎间盘突出、脱出。古伟文等^[21]认为,采取靶向穿刺技术,直接把工作套管建立在突出椎间盘基底部,靶点直接对准突出尖部,没必要进入椎管及区分 YESS 或 TESSYS 技术;但对椎间盘脱出到椎管及游离型椎间盘突出,则工作套管必须放到椎管内,这种情况只有 TESSYS 技术才能抓取椎管内的椎间盘组织。许天明等^[22]对比 YESS 和 TESSYS 的技术特点,认为 YESS 技术在穿刺针或套管穿过纤维环时患者疼痛剧烈,原因主要是套管穿越纤维环比较困难,一般需要锤击,而纤维环上痛觉神经纤维较丰富,导致患者腰痛难忍;TESSYS 技术因为在关节突和椎间孔以利多卡因浸润,疼痛感相对于 YESS 技术较轻,但如果椎间孔较小,套管进入时存在挤压,则疼痛剧烈,要求 TESSYS 手术时进行椎间孔扩大。

我们认为,YESS 技术穿刺针及工作套管由 Kambin 三角区进入盘内,在盘内减压髓核组织,并逐渐退出工作套管至盘外,可摘除后纵韧带下及椎间孔内髓核组织,但对椎管内脱出或游离的髓核组织无能为力;对比而言,TESSYS 技术通过环锯或扩孔钻适度扩大椎间孔工作通道,工作套管经椎间孔进入椎管内硬膜外腔,在由外到内的直视下摘除突出的髓核组织,理论上说,内镜可以到达患侧椎管内及椎间盘的任何位置。因此,TESSYS 技术适应证主要包括各类型的腰椎间盘突出,包括脱出型、游离型等;YESS 在脱出型和游离型腰椎间盘突出症中的失败率较高,对髂嵴高、椎间孔窄且病灶位于 L₅/S₁ 的患者治疗难度较大。虽然 YESS 适应证较窄,但是 YESS 技术的穿刺方法与既往的经皮穿刺技术、射频髓核消融减压术、椎间盘自动切吸术类似,操作相对比较容易,不易发生神经损伤等并发症,同时术中照射次数少,技术安全性更为突出;而 TESSYS 技术工作套管需要放到椎管内,穿刺难度相对较高,容易损伤硬膜囊及神经根等组织,且需要反复透视,增加医务人员和患者暴露于射线的时间。TESSYS 突出的优势在于适应证较为广泛,对于各种类型的腰椎间盘突出症均具有较高的成功率,并且从技术角度看,采用 TESSYS 技术行下位椎体上关节突成形,可以在有效扩大神经根管操作区域的情况下,降低神经根损伤风险,同时对神经根减压过程起到积极作用。综合来看,多数腰椎间盘突出症是包容型的,YESS 技术完全可以达到很好的手术效果,所以在严格把握适应证的基础上,并不一定全部追求 TESSYS 技术。两种技术各有优劣,医生应该根据患者的病情及需求合理选择术式。我们在实践中体会不必刻

意区分 YESS 和 TESSYS 技术,关键是利用神经被椎间盘突出向后侧推挤的病理基础和操作空间,根据具体病变部位设计穿刺和置管入路,掌握关键的操作技术。何升华等^[23]同时采用 YESS 和 TESSYS 技术治疗多节段腰椎间盘突出症 52 例,术后 1 周优良率达 96% (50/52),因此在实际操作过程中可以根据多节段腰椎间盘突出类型,结合 YESS 技术和 TESSYS 技术的术式特点,在同一患者不同节段分别完成 YESS 和 TESSYS 手术。

4 PELD 治疗腰椎间盘突出症的疗效

2002 年 Yeung 等^[24]对 307 例 PELD 进行随访,术后 1 年采用 MacNab 方法评估优良率为 90.6% (278/307)。2005 年, Schubert 等^[25]报道 PELD 治疗腰椎间盘突出症 558 例,术后随访 2 年,疼痛视觉模拟评分(VAS)显著下降,MacNab 方法评估优良率高达 95.3% (532/558),未发生严重并发症,无感染,复发率仅 3.6% (11/558)。2006 年, Lee 等^[26]对 46 例 13 ~ 18 岁的青少年腰椎间盘突出症行 PELD,术后随访 2 年, VAS 评分显著下降, MacNab 方法评估优良率为 93% (43/46)。同年, Kafadar 等^[27]对 42 例 PELD 随访 15 个月, MacNab 方法评估优良率 76% (32/42),其中 6 例脱垂游离型突出症术后疼痛明显改善。2008 年, Hoogland 等^[28]对 262 例术后复发性腰椎间盘突出症行 PELD,术后随访 2 年, MacNab 方法评估优良率为 85.9% (225/262)。Kim 等^[29]报道 53 例脱垂游离型椎间盘突出症行 PELD,术后 VAS 评分 $[(9.32 \pm 0.43) \text{ 分 vs. } (1.78 \pm 0.71) \text{ 分}]$ 、 Oswestry 功能障碍指数评分 $[(79.82 \pm 4.53) \text{ 分 vs. } (15.27 \pm 3.82) \text{ 分}]$ 明显低于术前。2009 年, Ahn 等^[30]报道对 45 例上腰椎 PELD 随访 6 个月, MacNab 方法评估优良率达 77.8% (35/45),平均 VAS 评分由 8.38 分降至 2.36 分。2012 年, Ahn 等^[31]报道 2001 ~ 2009 年 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,一旦发生较开放手术严重,需要严密预防。2014 年, Liao 等^[32]对 15 例极外侧型腰椎间盘突出症行 PELD,随访 6 个月, MacNab 方法评估优良 12 例(80%),良 2 例(13%)。吴小程等^[33]比较 PELD 和椎间盘镜(MED)各 30 例,均顺利完成手术,2 组椎间盘突出类型、手术时间、术后随访时间及并发症的发生率均无明显差异,但 PELD 组手术失血 $(7 \pm 2) \text{ ml}$,术后卧床 1 d,明显优于 MED 组的 $(48 \pm 13) \text{ ml}$ 和 3 ~ 5 d(平均 4.2 d)。金丹杰等^[10]报道 PELD 与椎板开窗椎间盘切除(fenestration discectomy, FD)治疗单节段腰椎间盘突出症各 45 例, PELD 组手术时间 $[(82.8 \pm 34.3) \text{ min}]$ 略长于

FD 组 $[(75.4 \pm 35.6) \text{ min}]$ ($P = 0.318$),但 PELD 组手术切口长度 $[(0.5 \pm 0.2) \text{ cm}]$ 明显小于 FD 组 $[(3.1 \pm 0.3) \text{ cm}]$ ($P = 0.000$),90 例随访 6 ~ 20 个月, PELD 组优良率为 93.3% (42/45), FD 组为 88.9% (40/45) ($P = 0.571$)。2018 年, 胡江滔^[34]对比改良 TESSYS 技术($n = 31$)与椎板开窗髓核摘除术(fenestration laminectomy discectomy, FLD) ($n = 49$)治疗腰椎间盘突出症,改良 TESSYS 组手术时间 $[(69.74 \pm 10.25) \text{ min}]$ 明显长于 FLD 组 $[(57.83 \pm 8.79) \text{ min}]$ ($P < 0.01$),但术中出血量、术后卧床时间以及住院时间明显少于 FLD 组 ($P < 0.01$),随访 6 ~ 12 个月,均未出现明显并发症,按 MacNab 标准,改良 TESSYS 组优良率为 90.3% (28/31), FLD 组为 83.7% (41/49) ($P = 0.611$)。

5 PELD 并发症

PELD 主要并发症包括后腹膜血肿、腰骶神经根损伤、减压不彻底、术中导针断裂、术后椎间隙感染、术后复发等。Ahn 等^[35]统计 412 例 PELD 治疗腰椎间盘突出症,发生后腹膜血肿 4 例(0.97%),其中 2 例保守治疗,2 例再次手术清除血肿。术中腹腔脏器损伤、血管损伤,术后椎间盘炎,手术侧肢体暂时感觉迟钝鲜有报道。黄克伦等^[36]对 2013 年 10 月 ~ 2015 年 6 月 PELD 治疗 132 例腰椎间盘突出症进行回顾性分析,术中硬膜损伤 1 例(硬膜与髓核粘连),术中减压不满意改为开放手术 2 例,短期(3 个月)内复发 2 例,术后髓核残留 3 例,术后室上性心动过速 1 例,术中高脑脊液压 2 例。我们总结分析发生并发症的主要原因有:①对椎间孔及其周围结构局部细微解剖的认识不充分;②术前对手术节段的椎间隙高度评估不恰当,对进针点的定位和进针角度把握不准确;③术中对椎间盘内的毒性代谢产物、热凝副产物及上关节突的处理不充分;④对突出的椎间盘组织清除不彻底,忽略了对侧隐窝的处理,手术结束时间点把握不准等。目前,神经根粘连是腰椎间盘突出症术后效果不理想的主要原因,也是术后症状复发的重要因素。因此,应用此技术时要严格掌握适应证,避免发生并发症。

6 PELD 应用的局限性

椎间孔镜技术符合现代外科微创理念,同时相关辅助技术如靶向技术、射频消融技术等的发展,在一定程度上扩展了适应证,提高了安全性、精准度,但也存在一些因素阻碍该技术的发展,主要包括突出的椎间盘如何得到彻底摘除,如何准确对手术部位进行穿刺,如何减少医生和患者接受射线的次数,如何进行腰椎融合以及髓核置换,如何进行脊柱肿

瘤、结核等疾病的治疗,如何扩大手术工作域,如何避免手术穿刺定位盲穿。该技术操作难度较大,对解剖知识要求较高,术者需要有扎实的解剖知识基础和丰富的临床经验。

我们认为当前有望突破 PELD 局限性的方面包括:①严格掌握适应证、禁忌证,应诊断明确,症状、体征典型,与影像学资料相一致。②手术定位要精准,透视准确定位,先标记后正中线和髂嵴位置,术前可使用克氏针确定椎间孔的位置。根据患者体型及椎间孔的范围、突出椎间盘位置选择进针路线。③术者需要具备熟练的内镜操作经验和腰椎手术经验,熟悉局部解剖,能顺利扩大椎间孔,松解粘连,分离神经根,避免医源性神经损伤,彻底减压。④对于部分 L₅/S₁ 椎间盘突出且髂嵴较高者,根据既往椎间盘镜手术操作技巧酌情选择后正中椎板间入路也可取得较满意的临床效果。⑤腰椎间盘突出症是引起腰腿痛及下肢疼痛、麻木的主要原因,往往合并腰椎管狭窄或腰椎不稳、滑脱等,应根据病情需要选择相应的手术方案,必要时可以同时多节段采取多个术式。⑥PELD 学习曲线陡峭,初学者在开展 PELD 手术前要具有一定的开放手术经验,并且严格把握手术指征,同时要熟悉腰背部侧后路局部解剖知识,术中精细操作。

7 小结

PELD 作为一种内镜下脊柱微创技术,具有安全、创伤小、出血少、视野清晰、操作干扰少、并发症少等优点,治疗腰椎间盘突出症相对安全可靠。随着 PELD 手术器械的快速发展,技术水平的提高,PELD 下椎间盘摘除术将成为腰椎间盘突出症治疗的核心技术,适应证也增加至游离型椎间盘突出、椎体后缘离断症、神经根型颈椎病、胸腰椎管狭窄症。我们认为,PELD 技术体现了微创的理念,损伤较小,适应范围较广,能够治疗各种类型腰椎间盘突出,并对增生骨质进行处理,且能行翻修手术,包括传统手术后复发、椎间盘镜术后复发等,PELD 还可以施行镜下椎体内固定治疗退行性病变。手术入路有侧路、侧后路、后路,入路角度有水平、垂直、外斜等,术式有 YESS 技术和 TESSYS 技术,可以同时多节段不同术式相结合。经椎间孔到达椎管内髓核突出位置,保留椎板和黄韧带的完整性,维持腰椎稳定性,镜下能够清晰地观察到髓核突出物、硬膜囊、骨质增生和受压的神经,钳取髓核突出物,磨除增生骨质,并行椎间盘内射频消融、镜下止血以及修补纤维环破口。随着新技术、新材料、新设备的陆续出现,PELD 用于腰椎间盘突出症的疗效还会得到进一步提升,从而推动椎间孔镜技术不断发展。

参考文献

- Hijikata S, Yangishi M, Nakayama T, et al. Percutaneous discectomy: a new treatment method for lumbar disc herniation. J Toden Hosp, 1975, 5: 5 - 13.
- Schreiber A, Suezawa Y, Leu H. Does percutaneous nucleotomy with discoscopy replace conventional discectomy? Eight years of experience and results in treatment of herniated lumbar disc. Clin Orthop Relat Res, 1989, 238(238): 35 - 42.
- Kambin P. Arthroscopic microdiscectomy. Mt Sinai J Med, 1991, 58(2): 159 - 164.
- Yeung AT. Minimally invasive disc surgery with the Yeung Endoscopic Spine System (YESS). Surg Technol Int, 1999, 8: 267 - 277.
- Hoogland T. Transforaminal endoscopic discectomy with foraminoplasty for lumbar disc herniation. Surg Techn Orthop Traumat, 2003, 99: 320 - 323.
- 葛站勇, 李雪寒. 应用 TESSYS 技术治疗腰椎间盘突出症的临床疗效分析. 生物医学工程与临床, 2018, 22(1): 74 - 76.
- 许勇, 陈仙, 周怡, 等. 经皮椎间孔镜 TESSYS 技术治疗腰椎间盘突出症的疗效观察. 临床外科杂志, 2013, 21(8): 643 - 645.
- 杨利学, 高龙, 陈英, 等. 椎间孔镜 TESSYS 技术治疗腰椎间盘突出症临床疗效研究. 临床军医杂志, 2017, 45(9): 977 - 978.
- 麻凤玉, 王叶新, 孟纯阳, 等. TESSYS 技术治疗脱垂型腰椎间盘突出症穿刺头倾角的安全范围. 中国矫形外科杂志, 2017, 25(11): 978 - 983.
- 金丹杰, 徐南伟, 赵国辉, 等. 经皮椎间孔镜与椎板开窗椎间盘切除术治疗腰椎间盘突出症的前瞻性随机对照研究. 中国微创外科杂志, 2017, 17(6): 491 - 494.
- Lauferman L, Dip M, Halac E, et al. Waiting list outcome of PELD/MELD exceptions: a single-center experience in Argentina. Pediatr Transplant, 2018 Jan 3. [Epub ahead of print]
- Wang HW, Zhou Y, Li CQ, et al. Risk factors for failure of single-level percutaneous endoscopic lumbar discectomy. J Neurosurg Spine, 2015, 23(3): 320 - 325.
- Hurdad Y, Xu B, Guo L, et al. Radiographic measurement for transforaminal percutaneous endoscopic approach (PELD). Eur Spine J, 2016, 26(3): 635 - 645.
- Morgenstern R, Morgenstern C, Jane R, et al. Usefulness of an expandable interbody spacer for the treatment of foraminal stenosis in extremely collapsed disks: preliminary clinical experience with endoscopic posterolateral transforaminal approach. J Spinal Disord Tech, 2011, 24(8): 485 - 491.
- Morgenstern R. Full endoscopic TLIF approach with percutaneous posterior transpedicular screw fixation in a case of spondylolisthesis grade I with L4 - L5 central stenosis. J Crit Spine Case, 2013, 3: 115 - 119.
- 谢杨, 肖勇, 吴邦耀, 等. 椎间孔镜下脊神经后内侧支射频消融术治疗腰椎关节突关节源性腰痛的疗效. 实用医学杂志, 2017, 33(6): 949 - 953.
- 朱卉敏, 张锴, 王衡, 等. 椎间孔镜联合短节段固定治疗多节段腰椎退变性疾病. 中国矫形外科杂志, 2017, 25(17): 1624 - 1626.

- 18 Shin SH, Hwang BW, Keum HJ, et al. Epidural steroids after a percutaneous endoscopic lumbar discectomy. *Spine*, 2015, 40(15): E859.
- 19 Yeung CA, Field JS, Yeung AT. Endoscopic foraminal approach to the lumbar spine. In: Watkins RG III, Watkins RG IV, eds. *Surgical Approaches to the Spine*. New York: Springer Science + Business Media, 2015. 365 – 378.
- 20 麻凤玉, 王叶新, 孟纯阳, 等. TESSYS 技术治疗脱垂型腰椎间盘突出出症穿刺头倾角的安全范围. *中国矫形外科杂志*, 2017, 25(11): 978 – 983.
- 21 古伟文, 徐峰, 蔡贤华, 等. 经皮椎间孔镜靶向穿刺技术治疗腰椎间盘突出症的疗效分析. *脊柱外科杂志*, 2013, 11(3): 149 – 153.
- 22 许天明, 倪斌, 王魁, 等. 经皮椎间孔镜技术治疗腰椎间盘突出症. *颈腰痛杂志*, 2016, 37(3): 186 – 190.
- 23 何升华, 孙志涛, 马笃军, 等. 经皮椎间孔镜 YESS 与 TESSYS 技术结合治疗多阶段腰椎间盘突出症. *临床骨科杂志*, 2015, 18(4): 398 – 401.
- 24 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.
- 25 Schubert M, Hoogland T. Endoscopic transforaminal nucleotomy with foraminoplasty for lumbar disk herniation. *Oper Orthop Traumatol*, 2005, 17(6): 641 – 661.
- 26 Lee D, Ahn Y, Lee S. Percutaneous endoscopic lumbar discectomy for adolescent lumbar disc herniation: surgical outcomes in 46 consecutive patients. *Mt Sinai J Med*, 2006, 73(6): 864 – 870.
- 27 Kafadar A, Kahraman S, Akbörü M. Percutaneous endoscopic transforaminal lumbar discectomy: a critical appraisal. *Minim Invas Neurosur*, 2006, 49(2): 74 – 79.
- 28 Hoogland T, Van Den Brekel-Dijkstra K, Schubert M, et al. Endoscopic transforaminal discectomy for recurrent lumbar disc herniation: a prospective, cohort evaluation of 262 consecutive cases. *Spine*, 2008, 33(9): 973 – 978.
- 29 Kim HS, Ju CI, Kim SW, et al. Endoscopic transforaminal suprapedicular approach in high grade inferior migrated lumbar disc herniation. *J Korean Neurosurg Soc*, 2009, 45(2): 67 – 73.
- 30 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 Neurochirurgica*, 2009, 151(3): 199 – 206.
- 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 Liao Z, Chen W, Wang C. Transforaminal percutaneous endoscopic surgery for far lateral lumbar intervertebral disk herniation. *Orthopedics*, 2014, 37(8): e717 – e727.
- 33 吴小程, 周跃, 李长青. 经皮椎间孔镜与显微内窥镜治疗腰椎间盘突出症的前瞻性随机对照研究. *第三军医大学学报*, 2009, 31(9): 843 – 846.
- 34 胡江滔. 改良 TESSYS 技术与 FLD 技术治疗腰椎间盘突出症的对照研究. *检验医学与临床*, 2018, 15(1): 66 – 72.
- 35 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.
- 36 黄克伦, 滕红林, 朱旻宇, 等. 经皮椎间孔镜下腰椎间盘摘除术并发症分析. *中国骨伤*, 2017, 30(2): 121 – 124.

(收稿日期: 2018-02-01)

(修回日期: 2018-02-08)

(责任编辑: 王惠群)