

DOI: 10.3969/j.issn.1005-8982.2018.16.020

文章编号: 1005-8982 (2018) 16-0096-06

椎间孔入路完全脊柱内镜治疗 腰椎管狭窄症的早期疗效

黄保华¹, 钟远鸣¹, 陈远明², 李智斐¹, 张家立¹, 黄中飞², 黄剑峰³

(1. 广西中医药大学第一附属医院 骨一科, 广西 南宁 530023; 2. 广西中医药大学附属瑞康医院 脊柱外科, 广西 南宁 530011; 3. 广西贺州市中医院 脊柱外科, 广西 贺州 542800)

摘要: 目的 探讨椎间孔入路完全脊柱内镜治疗腰椎管狭窄症的早期疗效。**方法** 选取2013年6月—2015年8月广西中医药大学第一附属医院和广西中医药大学附属瑞康医院诊断为腰椎管狭窄症患者32例, 采用经皮椎间孔入路完全脊柱内镜进行椎管扩大成形+腰椎间盘摘除术+神经根管减压术, 采用腰痛视觉模拟评分法(VAS)、腿痛VAS评分、Oswestry功能障碍指数(ODI)及改良Macnab疗效标准评价早期疗效。**结果** 31例顺利完成手术, 1例因疼痛不能长时间俯卧转为开放手术。手术时间45~130 min, 术中透视次数4~16次, 术中出血量5~25 ml。31例获得随访, 随访时间(14±5)个月。术前腰痛VAS评分为(5.8±1.1)分, 术后即刻腰痛VAS评分为(2.6±1.0)分, 术后3个月腰痛VAS为(2.5±0.9)分, 术后1年随访时(2.2±0.8)分, 与术前时比较差异有统计学意义($P<0.05$)。术前腿痛VAS评分为(5.9±1.4)分, 术后即刻腿痛VAS评分为(2.5±1.0)分, 术后3个月腿痛VAS分为(2.3±0.7)分, 术后1年随访时VAS评分为(2.3±0.8)分, 与术前比较差异有统计学意义($P<0.05$)。ODI评分术前为(72.6±14.8)%, 术后即刻为(28.2±11.6)%, 术后3个月为(26.6±9.4)%, 术后1年随访时为(21.8±6.2)%, 与术前比较差异有统计学意义($P<0.05$), 采用改良Macnab疗效评定标准: 优11例, 良15例, 可4例, 差1例, 优良率为83.9%。1例(3.2%)患者术后3个月行开放手术。**结论** 椎间孔入路完全脊柱内镜治疗腰椎管狭窄症创伤小, 出血量少, 康复快等优势, 近期效果满意, 远期效果需进一步随访。

关键词: 腰椎管狭窄症; 内镜; 经皮椎间孔镜

中图分类号: R681.5

文献标识码: A

Short-term outcome of complete spinal endoscopy via intervertebral foramen approach for lumbar spinal stenosis

Bao-hua Huang¹, Yuan-ming Zhong¹, Yuan-ming Chen², Zhi-fei Li¹,
Jia-li Zhang¹, Zhong-fei Huang², Jian-feng Huang³

(1. Department of Orthopedics, the First Affiliated Hospital, Guangxi University of Chinese Medicine, Nanning, Guangxi 530023, China; 2. Department of Spinal Surgery, Ruikang Hospital Affiliated to Guangxi University of Chinese Medicine, Nanning, Guangxi 530011, China; 3. Department of Spinal Surgery, Chinese Medical Hospital of Hezhou, Hezhou, Guangxi 542800, China)

Abstract: Objective To explore the short-term outcome of percutaneous transforaminal approach microendoscopy for central lumbar spinal canal stenosis. **Methods** From June 2013 to August 2015, 32 cases were diagnosed with central lumbar spinal canal stenosis in the First Affiliated Hospital and Ruikang Hospital of

收稿日期: 2017-10-11

[通信作者] 钟远鸣, E-mail: zym196395@sina.com; Tel: 0771-5848513

Guangxi University of Chinese Medicine. These patients underwent percutaneous transforaminal approach spinal endoscopy for spine canal enlargement and discectomy as well as decompression of nerve root canal by the same surgeon team. The short-term outcome of all patients were evaluated using the VAS scores of lower back pain and leg pain, Oswestry disability index (ODI) and a modified Macnab criterion. **Results** The operation was successfully completed on 31 patients, 1 case who could not tolerate pain changed to have open surgery. The duration of the operation was 45-130 min. The intraoperative fluoroscopy was performed 4-16 times. The intraoperative blood loss was 5-25 ml. Of the 32 patients, 31 patients were followed up for a mean duration of (14 ± 5) m (ranging 10-25 m). The lower back pain VAS scores before operation, immediately after operation, 3 months after operation and 1 year after operation were (5.8 ± 1.1) , (2.6 ± 1.0) , (2.5 ± 0.9) and (2.2 ± 0.8) separately. The preoperative lower back pain VAS score was statistically different from the postoperative VAS scores ($P < 0.05$). The leg pain VAS scores before operation, immediately after operation, 3 months after operation and 1 year after operation were (5.9 ± 1.4) , (2.5 ± 1.0) , (2.3 ± 0.7) and (2.3 ± 0.8) separately. There were significant differences between the preoperative leg pain VAS score and different postoperative leg pain VAS scores ($P < 0.05$). The ODI was $(72.6 \pm 14.8)\%$, $(28.2 \pm 11.6)\%$, $(26.6 \pm 9.4)\%$ and $(21.8 \pm 6.2)\%$ separately before operation, immediately after operation, 3 months after operation and 1 year after operation. There were statistical differences between the preoperative ODI and different postoperative ODIs ($P < 0.05$). Using the modified Macnab criterion, the short-term outcome was excellent in 11 patients, good in 15 patients, fair in 4 patients and poor in 1 patient; the excellent and good rate was 83.9%. And 1 patient (3.2%) underwent open surgery 3 months after the operation. **Conclusions** Percutaneous transforaminal approach microendoscopy is effective and has the advantages of small wound, little blood loss and quick recovery in treatment of central lumbar spinal canal stenosis, the short-term outcome is satisfactory, while the long-term therapeutic effect needs to be further observed.

Keywords: lumbar spinal canal stenosis; endoscope; percutaneous transforaminal endoscopic discectomy

经皮椎间孔镜技术治疗腰椎间盘突出症取得满意近期、远期的临床疗效^[1-2], 在临床已经得到广泛的开展应用。即便如此, 经皮椎间孔镜处理腰椎管狭窄面临着挑战, 但随着经皮椎间孔镜全椎管内镜理念提升、镜下工具的改进及镜下高速磨钻的使用, 使得经皮椎间孔镜不仅仅只是处理软性椎间盘突出, 处理内镜下骨性结构变得相对容易。国内外学者^[3-9]报道经皮椎间孔镜治疗侧隐窝型和椎间孔型的腰椎管狭窄症并取得较好的临床疗效。KOMP等^[10]报道经皮椎间孔镜经椎板间入路治疗中央管狭窄临床疗效取得满意效果。经皮椎间孔镜减压范围相对有限, 本研究根据术前症状、体征及影像学仔细分析椎管狭窄部位和原因, 制定个体化减压原则, 对其针对性靶向减压, 取得满意效果, 现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料

本组患者 32 例, 其中, 男性 19 例, 女性 13 例; 年龄 55 ~ 82 岁, 平均 67.5 岁。均为单一节段: $L_4 \sim L_5$ 18 例, $L_3 \sim L_4$ 6 例, $L_5 \sim S_1$ 8 例。病例选择标准: ①具有典型间歇性跛行, 伴有或无下肢根性症状, 经保守治疗无效者; ②责任节段明确, 且与影像学资料

相一致; ③影像学检查排除腰椎滑脱、椎间不稳及其他常见合并症等。排除标准: ①退变性滑脱或不稳定; ②CT 提示双侧侧隐窝狭窄, 且为双侧症状患者; ③中央椎管狭窄多节段, 责任节段在 2 个节段或以上; ④腰部手术、骨折、肿瘤、感染及精神病等疾患史。⑤不能良好沟通及耐受局部麻醉手术, 不能接受放射线暴露者。

1.2 方法

1.2.1 术前计划 通过详细询问病史、体格检查及影像学资料进一步明确责任节段, 尤其是多节段狭窄患者, 必要时辅助神经根封闭造影封闭术确定责任节段。仔细分析影像学资料, 根据患者症状分析狭窄的因素, 根据导致狭窄的因素, 制定个体化减压方法方案。根据由同一组医师完成手术。采用局部麻醉, 俯卧位(如患者不能俯卧采用侧卧位)。进针路径和间隙水平线的夹角 $L_3 \sim L_4$ 为 $20 \sim 45^\circ$, $L_4 \sim L_5$ 为 $25 \sim 45^\circ$, $L_5 \sim S_1$ 一般就在髂嵴上缘稍高, 具体角度变化(需要关节成形角度可适当加大), 应根据患者不同情况和减压重点部位进行调整。以右侧 $L_3 \sim L_4$ 腰椎管狭窄症为例。C 臂透视定位 $L_3 \sim L_4$ 椎间隙, 标记体表投影, 侧位定位右侧 L_3 和 L_4 关节突连线, 标记体表投影, 作为穿刺安全线。自棘突患侧旁开 6 ~ 10 cm (需要减

压背侧可适当旁开距离小一点)。常规消毒铺巾,局部麻醉行穿刺点局部皮肤和深筋膜麻醉。穿刺针穿至下位椎体的上关节突前下缘并局部浸润麻醉。

1.2.2 穿刺关节突、椎弓根内侧缘成形 克氏针穿刺固定入 L₄ 上关节突前上缘骨质(约上关节突中上 1/3), 切开约 8 mm 切口, 逐级扩张软组织通道(Joimax-china GmbH 的 TESSYS 椎间孔镜手术系统, 上海懋煜医疗器械有限公司)。逐级使用环锯磨除 L₄ 上关节突增生的骨赘、中上关节突及部分 L₃ 下关节突, 操作过程中 C 臂机动态透视观察环锯位置, 以椎弓根内侧缘连续为安全线, 避免超越安全线。退出克氏针再次穿刺定位 L₄ 上关节突前上缘骨质(约上关节突中部 1/3), 同法磨除 L₄ 上关节突中下部分骨质, 以扩大、成形关节突和椎弓根内侧缘(见图 1)。透视正侧位片查看椎间孔扩大是否满意。在操作过程中注意磨透关节突的手感和患者是否有神经根疼痛。建立工作通道。

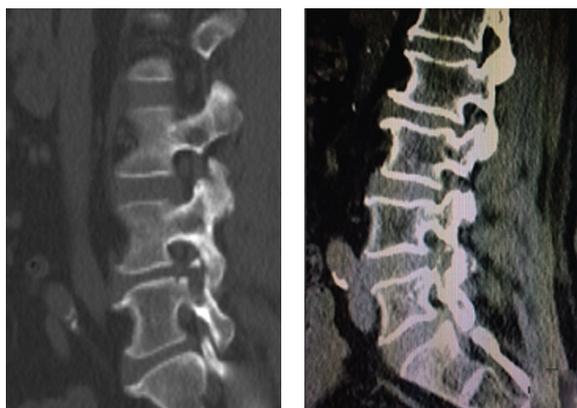


图 1 椎间孔成形术后 CT 矢状面

1.2.3 椎管和神经根减压 经工作通道置入椎间孔镜, 使用各种型号和角度的镜下工具结合射频消融切除黄韧带, 可见神经根背侧。如术中见神经根背侧减压欠佳, 可使用高速磨钻进行骨性减压。处理神经根背侧即可旋转工作通道, 对神经根侧方进行减压, 越过神经根的侧方, 轻压工作通道, 配合旋转技术将工作通道植入神经根的腹侧, 镜下取椎间盘髓核组织, 对神经根的腹侧彻底减压, 将工作通道移至侧隐窝位置, 配合镜下高速磨钻再次进行侧隐窝扩大和成形, 直至神经根充分减压。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。探查各个方位的神经根是否减压彻底, 减压完毕后神经根表面血管充盈、神经根回落原位、硬脊膜随心跳波动。

1.2.4 术后处理 经工作套管注射 40 mg 曲安奈德 + 1% 利多卡因 2 ml, 拔出工作通道。询问患者下肢疼痛缓解程度, 检查患肢直腿抬高试验观察神经滑动及减压情况。生理盐水冲洗椎体间隙及切口, 退出工作通道, 逐层缝合术口。术后第 1 天戴腰围下地, 第 3 天出院。嘱患者 3 个月内多卧床为主, 避免久站久坐, 3 个月内避免弯腰、负重及剧烈活动。3 个月后加强腰背肌功能锻炼。术后 3 个月、6 个月及 1 年门诊随访。

1.3 疗效评价

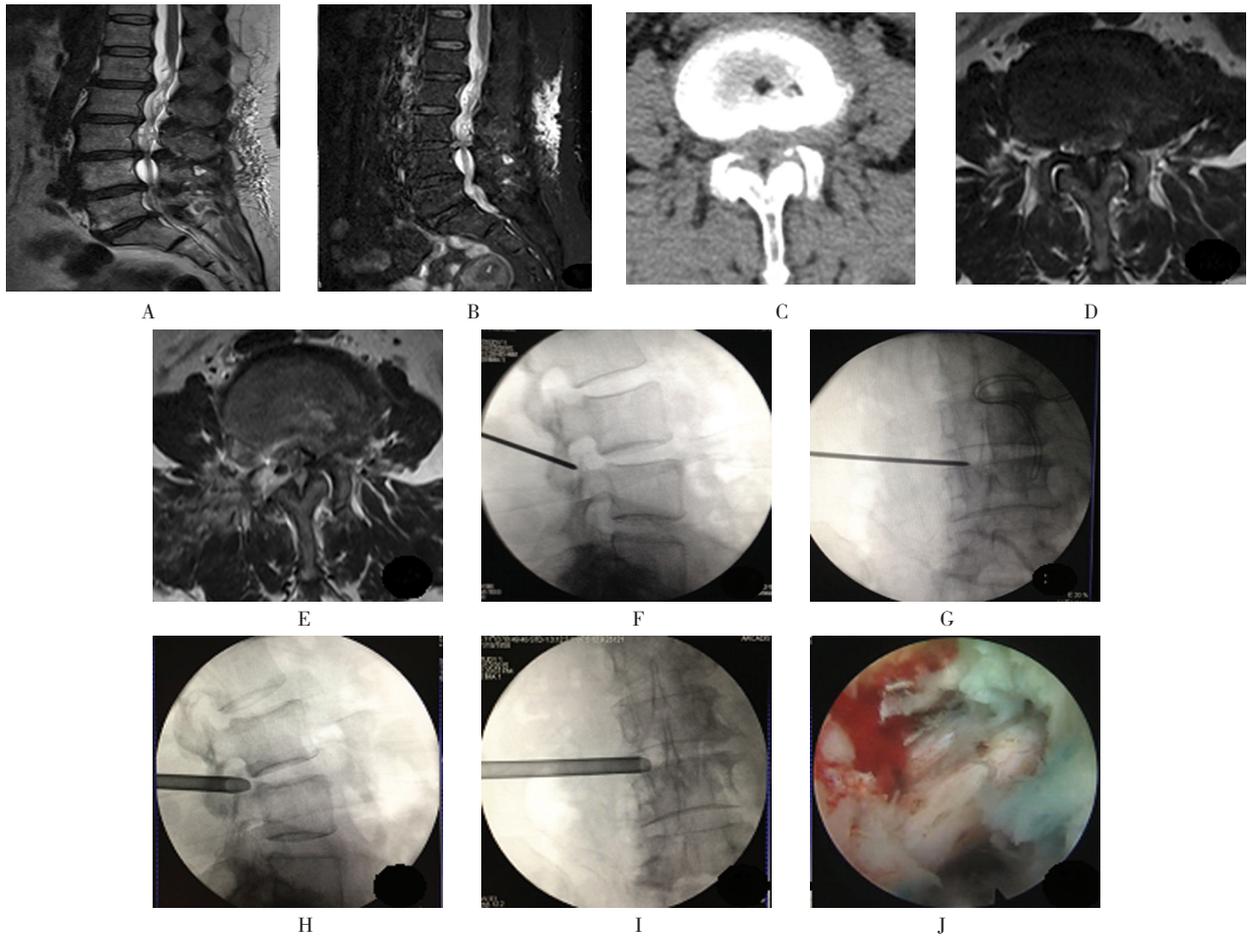
对术前、术后即刻、术后 3 个月及术后 1 年进行疼痛视觉模拟评分 (visual analogue scale, VAS)、Oswestry 功能障碍指数 (Oswestry disability index, ODI)。术后 1 年采用改良 Macnab 疗效评定标准^[9]: 优: 症状完全消失, 恢复原来的工作和生活; 良: 有轻微症状, 活动轻度受限, 对工作生活无影响; 可: 症状减轻, 活动受限, 影响正常工作和生活; 差: 治疗前后无差别, 甚至加重。

1.4 统计学方法

数据分析采用 SPSS 23.0 统计软件, 计量资料以均数 ± 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示, 术前术后组间比较用 *t* 检验, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

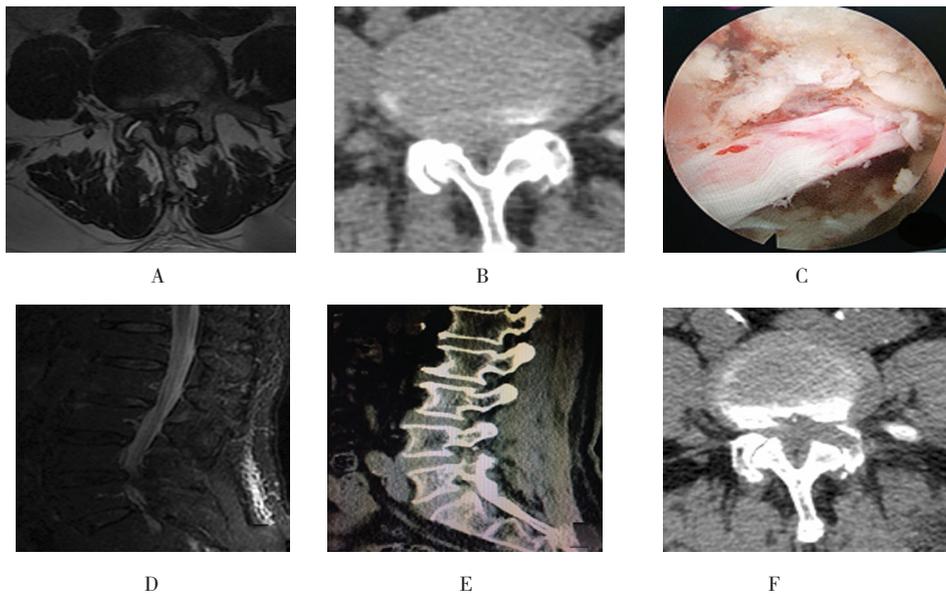
2 结果

31 例顺利完成手术, 1 例因疼痛、不能长时间俯卧转为开放手术。手术时间 45 ~ 130 min, 术中透视次数 4 ~ 16 次, 术中出血量 5 ~ 25 ml。31 例获得随访, 随访时间 (14 ± 5) 个月 (10 ~ 25 个月)。术前腰痛 VAS 评分为 (5.8 ± 1.1) 分、术后即刻腰痛 VAS 评分为 (2.6 ± 1.0) 分, 术后 3 个月腰痛 VAS 为 (2.5 ± 0.9) 分, 术后 1 年随访时 (2.2 ± 0.8) 分, 与术前时比较差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。术前腿痛 VAS 评分为 (5.9 ± 1.4) 分, 术后即刻腿痛 VAS 评分为 (2.5 ± 1.0) 分, 术后 3 个月腿痛 VAS 分为 (2.3 ± 0.7) 分, 术后 1 年随访时 VAS 评分为 (2.3 ± 0.8) 分, 与术前比较差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。ODI 指数术前为 (72.6 ± 14.8) %, 术后即刻为 (28.2 ± 11.6) %, 术后 3 个月为 (26.6 ± 9.4) %, 术后 1 年随访时为 (21.8 ± 6.2) %, 与术前比较差异有统计学意义 ($P < 0.05$), 采用改良 Macnab 疗效评定标准: 优 11 例, 良 15 例, 可 4 例, 差 1 例, 优良率为 83.9%。1 例 (3.2%) 患者术后 3 个月行开放手术。典型病例见图 2、3。



韦某, 女, 59 岁, 行 L₃₋₄ 右侧椎间孔入路完全脊柱内镜下椎管扩大成形 + 腰椎间盘摘除术 + 神经根管减压术。A、B: 术前、术后 MRI 对比 (矢状位); C: 术前 CT; D、E: 术前、术后 MRI 对比 (横断位); F、G: 术中克氏针穿刺定位 (正侧位); H、I: 术中植入工作通道位置; J: 术中镜下神经根显露

图 2 典型病例 1



韦某, 男, 72 岁, 行 L₄₋₅ 左侧椎间孔入路完全脊柱内镜下椎管扩大成形 + 腰椎间盘摘除术 + 神经根管减压术。A: 术前 MRI (水平位); B: 术前 CT (水平位); C: 术中镜下神经根显露; D: 术前 MRI (矢状位); E: 术后关节突成形 CT (矢状位); F: 术后复查椎管扩大 (水平位)

图 3 典型病例 2

3 讨论

腰椎管狭窄症是老年人群常见的脊柱性疾病,随着社会人口老龄化,腰椎管狭窄症的发病率逐年增加。对于腰椎管狭窄症的保守治疗无效,通常需要手术治疗。手术治疗的原则为椎管和神经根的彻底减压,恢复椎管容积。传统的手术方式后侧入路行部分切除椎板、黄韧带及椎间盘等组织切除,辅助融合和内固定。但传统开放手术创伤大、软组织剥离多、出血多、不利于老年患者的术后康复,患者难以接受。微创椎间孔路镜技术创伤小、出血量少、安全性高、术野清晰、康复快等优点得到脊柱外科医师的认可。该技术治疗腰椎间盘突出症取得满意近期、远期的临床疗效^[1-2]。即便如此,经皮椎间孔镜处理腰椎管狭窄面临着挑战,但随着经皮椎间孔镜全椎管内镜理念提升、镜下工具的改进及镜下高速磨钻的使用,使得经皮椎间孔镜不仅仅只是处理软性椎间盘突出,处理内镜下骨性结构变得相对容易。

国内外学者^[3-9]报道经皮椎间孔镜治疗侧隐窝型和椎间孔型的腰椎管狭窄症并取得较好的临床疗效。付强等^[11]报道局部麻醉下经皮内镜(局部麻醉下椎板间入路 45 例,全身麻醉下经椎间孔入路 22 例)治疗单节段腰椎管狭窄症患者 67 例,术后不同时间点的 VAS 评分及 ODI 指数均较术前改善。采用改良 MacNab 疗效优良率为 91%。但术中硬膜囊撕裂 2 例,术后感觉异常 3 例。蒋毅^[4]等报道采用局部麻醉下经椎板间和椎间孔联合入路内镜下减压术治疗混合性腰椎管狭窄症可取得满意效果。KOMP 等^[10]报道经皮椎间孔镜经椎板间隙入路治疗中央管狭窄 74 例患者,术后 2 年随访 70.8% 患者完全缓解,86.5% 的患者获得满意的效果。2 年随访期间未见椎间隙变窄和椎间不稳,但术后 5 例出现短暂性麻木、2 例尿潴留及 2 例硬脊膜损伤患者。本组采用经椎间孔入路,尚未见上述并发症发生。笔者认为可能 Komp 和付强等报道采用后路经椎板间隙对椎管的过多的干扰和神经根的牵拉有关,经椎间孔入路可有效避免椎管的干扰和神经根的刺激、牵拉。经椎间孔入路采用局部麻醉,不需要全身麻醉,安全性更高,手术过程中根据患者的反馈进行操作,可有效地减少术中神经根损伤等相关并发症。

钱宇等^[12]研究认为:腰椎管狭窄症的实行个体化手术减压策略,针对不同的导致狭窄的原因,采用不同的减压方方式,达到了扩大椎管容积的效果,在

影像学上扩大了椎管的矢状径和椎管横断面积。本组得到随访的 31 例病例中,术后间歇性跛行、患者疼痛缓解,取得较好临床疗效。但椎间孔镜也存在手术视野小、减压范围小等不足^[13],而要椎管狭窄则需要比较广泛的减压,使得手术难度大,临床疗效欠佳。因此笔者认为应利用有限减压范围,进行重点和靶向精确减压。本研究术前制定了详细的个体化减压计划,首先明确狭窄的部位和引起狭窄的主要原因,根据腰椎管解剖位置,狭窄可以发生在中央管、侧隐窝及椎间孔部位^[14]。同时本研究结合症状、体征及术前的影像学资料,分析该患者导致狭窄(小关节增生内聚,黄韧带增厚,椎间盘突出等)的主要原因。导致狭窄的因素可能是 1 个或者多个,不尽相同。因此术前基于影像学资料的仔细分析,找到导致狭窄的最关键因素进行个体化精确椎管减压。如患者为侧隐窝骨性狭窄,术中进行关节突和椎弓根内侧缘的成形扩大是关键。如患者为小关节增生内聚,术中重点成形上下关节突。术中应注意对神经根全长探查减压,而不是局限一个视野的减压。该技术的基础需要扩大椎间孔,即关节突、椎间孔扩大成形。本组采用“多靶点定位穿刺法”,通过环锯逐级扩大椎间孔,第 1 次定位上关节突中上 1/3 的后侧,其目的是磨除部分上关节突和上位椎体下关节突腹侧骨质。再次定位下关节突基底部,以扩大狭窄的侧隐窝,根据透视查看椎间孔大小是否满意行再次定位扩大椎间孔。良好的椎间孔成形术是该手术关键,无论腰椎管狭窄是由软性致压因素(椎间盘突出、韧带肥厚)、还是骨性致压因素(骨质增生)或者相互叠加所致。都需要将椎间孔“门”彻底打开以获得良好的操作空间。尤其是骨性狭窄,在置入工作通道之前需要把骨性狭窄祛除,如镜下发现骨性结构处理欠佳,可通过移动工作通道,镜下磨钻祛除骨性结构获得减压空间。操作过程中应注意 C 臂动态监测,同时根据医师手感和患者有无下肢放射性疼痛进行综合判断,避免神经根、硬脊膜的撕裂。

腰椎管狭窄治疗的关键是减压,同时兼顾稳定。经皮椎间孔治疗可以做到单侧的椎管的腹侧、背侧、侧方的减压,也可以进行对侧神经根的腹侧进行减压,同时不影响脊柱的稳定性。但目前尚无法进行对侧侧隐窝和神经根背侧的减压。即便如此,对于 1 个严重中央管狭窄患者,椎间孔镜下的这种相对不足减压能使患者大部分症状得到缓解,本组病例取得较好的早期临床疗效。椎间孔入路完全脊柱内镜技术治疗腰椎

管狭窄也存在一些需要思考的问题: 如何在有限的通道进行相对广泛的椎管减压? 如何平衡有效、相对广泛的减压而又不影响脊柱的稳定性? 该技术通过环锯磨除较多的关节突可能会造成远期医源性失稳, 周跃等^[15]认为腰椎单侧小关节突切除范围不超过 1/2 时, 对腰椎的稳定性无显著影响。赵凡等^[16]认为双侧椎间关节切除范围达到 1/3 时, 即可能引起退变腰椎节段的稳定性丢失。故在手术操作中单侧尽量避免磨除超过 1/2 关节突; 如需要磨除更多关节突应选择辅助内固定治疗。椎间孔入路完全脊柱内镜技术治疗腰椎管狭窄存在对侧侧隐窝和神经根的减压不足, 学习曲线陡峭, 手术难度大, 需要丰富椎间孔入路完全脊柱内镜技术经验。本组早期出现 1 例效果差, 但术后采用经典后路减压椎间融合内固定翻修取得良好效果。

本研究结果也表明, 椎间孔入路完全脊柱内镜治疗腰椎管狭窄症的患者, 针对导致狭窄因素不同, 采用个体化减压原则, 术后获得较满意的早期疗效。因此该术式是老年人腰椎管狭窄症患者的一种有益的可选择术式。但是学习曲线陡峭, 手术难度大, 会增加手术的失败率。由于本研究样本量少、随访时间短, 长期疗效需要进一步随访。

参 考 文 献:

- [1] RUETTEN S, KOMP M, GODOLIAS G. An extreme lateral access for the surgery of lumbar disc herniations inside the spinal canal using the full-endoscopic uniportal transforaminal approach-technique and prospective results of 463 patients[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2005, 30(22): 2570-2578.
- [2] PRAVESH S, GADJRADJ BSC, MAURITS W, et al. Clinical outcomes after percutaneous transforaminal endoscopic discectomy for lumbar disc herniation: a prospective case series[J]. *Neurosurg Focus*, 2016, 40(2): 1-8.
- [3] EUN S S, LEE S H, SABAL L A. Long-term follow-up results of percutaneous endoscopic lumbar discectomy[J]. *Pain Physician*, 2016, 19(8): E1161-E1166.
- [4] 蒋毅, 吴磊, 左如俊, 等. 经皮椎间孔及椎板间联合入路内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): 428-431.
- [5] AHN Y, OH H K, KIM H, et al. Percutaneous endoscopic lumbar foraminotomy: an advanced surgical technique and clinical outcomes[J]. *Neurosurgery*, 2014, 75(2): 124-133.
- [6] 周跃, 李长青, 王建, 等. 经皮椎间孔成形术治疗 L5/S1 神经根管狭窄症 [J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2009, 19(5): 345-348.
- [7] 陈晓庆, 张烽, 于江, 等. 经皮椎间孔入路内镜下减压治疗老年腰椎侧隐窝狭窄症 [J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2016, 26(3): 233-238.
- [8] 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.
- [9] RUETTEN S, KOMP M, HAHN P, et al. Decompression of lumbar lateral spinal stenosis: Full-endoscopic, interlaminar technique[J]. *Oper Orthop Traumatol*, 2013, 25(1): 31-46.
- [10] 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.
- [11] 付强, 李军, 刘彦斌, 等. 经皮内镜治疗单节段腰椎管狭窄症的临床疗效分析 [J]. *中国骨与关节杂志*, 2016, 5(5): 375-378.
- [12] 钱宇, 徐国健, 金聪, 等. 腰椎管狭窄症致压因素与减压方式关系的研究 [J]. *中华骨科杂志*, 2016, 36(22): 1417-1450.
- [13] 黄保华, 陈远明, 周先明, 等. 经椎间孔经皮内镜治疗复发性腰椎间盘突出症的疗效 [J]. *中国微创外科杂志*, 2016, 16(9): 848-851.
- [14] AHN Y. Percutaneous endoscopic decompression for lumbar spinal stenosis[J]. *Expert Rev Med Devices*, 2014, 11(6): 605-616.
- [15] 周跃, 罗刚, 初同伟, 等. 腰椎单侧小关节突分级切除的生物力学影响及微创外科的修复与重建 [J]. *中华医学杂志*, 2007, 87(19): 1334-1336.
- [16] 赵凡, 刘正, 王炳强, 等. 有限元模拟单节段腰椎小关节分级切除对腰椎稳定性的影响 [J]. *中华医学杂志*, 2015, 95(13): 937-941.

(张西倩 编辑)