

DOI:10.12025/j.issn.1008-6358.2020.20180670

• 技术与方法 •

自制自攻环锯在可视化椎间孔镜治疗腰椎间盘突出症中的应用价值

朱小建, 曹建华*, 郭张建, 秦晓东, 丁正美

南通市第四人民医院骨科, 南通 226001

[摘要] 目的: 探讨用自制自攻环锯行可视下椎间孔扩大成形术在椎间孔镜治疗腰椎间盘突出症中的价值。方法: 选择 2016 年 1 月至 2018 年 12 月使用椎间孔镜技术治疗腰 4/5、腰 5/骶 1 椎间盘突出症患者 64 例, 其中术中使用普通环锯与自制自攻环锯行椎间孔扩大成形术各 32 例。分别记录患者椎间孔扩大成形时间、术中透视次数、住院天数、术后相关并发症; 对比术前、术后 1 d、术后 6 个月患者的腰腿痛视觉模拟评分 (visual analogue scale, VAS) 与 Oswestry 功能障碍指数 (Oswestry disability index, ODI); 术后 6 个月采用改良 Macnab 法进行疗效评价。结果: 自制环锯组椎间孔扩大成形时间、手术时间、术中透视次数少于普通环锯组, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$); 两组患者住院天数差异无统计学意义。两组患者术中均无腹腔脏器与大血管破裂发生, 无复发。普通环锯组、自制环锯组内患者腰腿疼痛术前 VAS 与术后 1 d、术后 6 个月评分差异有统计学意义 ($P < 0.05$), 术前 ODI 评分与术后 1 d、术后 6 个月评分差异有统计学意义 ($P < 0.05$); 普通环锯组与自制环锯组患者组间各时间点 VAS、ODI 评分差异无统计学意义。普通环锯组术后 6 个月疗效优良率与自制环锯组患者差异无统计学意义 [$93.8\% (30/32)$ vs $96.9\% (31/32)$]。结论: 自制自攻环锯在可视化椎间孔镜治疗腰椎间盘突出症中的应用安全有效, 具有置管步骤简便、直视下进行椎间孔扩大成形、透视次数少的优点。

[关键词] 椎间孔成形; 脊柱内镜; 腰椎间盘突出症; 环锯

[中图分类号] R 681.5⁺7 **[文献标志码]** A

Application of customized self tapping trephine in endoscopic surgery for lumbar disc herniation

ZHU Xiao-jian, CAO Jian-hua*, GUO Zhang-jian, QIN Xiao-dong, DING Zheng-mei

Department of Orthopedics, the Forth People's Hospital of Nantong, Nantong 226001, Jiangsu, China

[Abstract] **Objective:** To explore the application value of the customized self tapping trephine in the treatment of lumbar disc herniation by intervertebral foramen enlargement. **Methods:** Totally, 64 cases of L_{4/5} and L₅/S₁ disc herniation were treated from January 2016 to December 2018. There were 32 cases of enlarged intervertebral foramen formed by ordinary trephine and customized self tapping trephine during operation, respectively. The time of enlargement of the intervertebral foramen, the number of intraoperative fluoroscopy, the days of hospitalization, and the postoperative complications were recorded. The visual analogue scale (VAS) of lumbar and leg pain and Oswestry disability index (ODI) were recorded before and 1 day and 6 months after the operation, and the modified Macnab method was used to evaluate the curative effect 6 months after the operation. **Results:** There were statistically significant differences in the time of the enlargement of the intervertebral foramen, the operation time, and the frequency of intraoperative fluoroscopy between the two groups. There was no difference in the days of hospitalization between the two groups. There was no abdominal organs and large vascular rupture complications during surgery in the two groups. The differences of VAS between preoperative and 1 day and 6 months after the operation were statistically significant within groups ($P < 0.05$). The differences of ODI between preoperative and 1 day after the operation and 6 months after operation were significant within groups ($P < 0.05$). While there was no significant difference in VAS and ODI at different time points between the two groups ($P < 0.05$). There was no significant difference in the excellent and good rate 6 months after the operation between the two groups ($93.8\% [30/32]$ vs $96.9\% [31/32]$). **Conclusions:** The customized self tapping trephine intervertebral foramen forming method is safe and effective in the treatment of lumbar intervertebral disc herniation. This method has the advantages of simple procedure of intubation, expansion of the intervertebral foramen under direct vision, and less frequency of fluoroscopy.

[Key Words] foraminoplasty; spinal endoscopy; lumbar disc herniation; trephine

[收稿日期] 2018-06-17

[接受日期] 2019-12-18

[基金项目] 江苏省“科教强卫工程”青年医学人才资助项目 (QNRC2016403), 南通市科技局指令性课题 (MS22016005). Supported by Young Medical Talents of Science and Education Strengthening Health Project in Jiangsu Province (QNRC2016403) and Ordered Project of Nantong Science and Technology Bureau (MS22016005).

[作者简介] 朱小建, 博士, 副主任医师. E-mail: zhxj616@hotmail.com

* 通信作者 (Corresponding author). Tel: 0513-85606950, E-mail: 1508652990@qq.com

腰椎间盘突出症是临床腰腿痛的常见病因。传统后路开窗髓核摘除临床效果肯定,但术中易引起神经根、硬脊膜牵拉伤,且后方正常组织结构的切除可能破坏脊柱稳定性^[1]。1997年,美国 Yeung 开始采用同轴内镜治疗腰椎间盘突出症^[2]。这一技术称为 YESS(Yeung endoscopy spinesurgery)技术。2003年德国 Hoogland 发展了 TESS(transforaminal endoscopy spinesurgery)技术,将椎间孔镜置入椎管内直接对突出髓核进行摘除^[3-4]。椎间孔扩大成形是孔镜手术的关键步骤,但整个成形过程需在透视下进行,使医护人员及患者接受较多辐射。手术过程中操作套管如不能精准放置,将导致手术时间延长、髓核摘除不完全、硬膜损伤率升高,甚至导致手术失败^[5-6]。

本研究根据临床实践需要设计出自攻环锯(专利号:201720207331.1)及自攻环锯外套管(专利号:201720207320.3),可将自攻环锯外置于椎间孔镜外,使整个椎间孔扩大成形术在椎间孔镜监视下进行,以提高临床疗效。本研究初步探讨镜下自攻环锯行椎间孔成形技术在孔镜治疗腰椎间盘突出症中的手术技巧与临床疗效,评估应用自攻环锯行椎间孔扩大成形的可行性、安全性、有效性,并分析自攻环锯应用中可能存在的不足,为后续临床推广应用提供参考。

1 资料与方法

1.1 一般材料 选择2016年1月至2018年12月在本院治疗的腰椎间盘突出症患者64例,其中使用自制自攻环锯(由浙江桐庐万禾医疗器械有限公司制作)与普通环锯行椎间孔扩大成形的病例各32例。自制自攻环锯组男性19例,女性13例;年龄33~75岁,平均 (45.5 ± 17.2) 岁;术后平均随访 (7.3 ± 1.7) 个月。32例患者中,腰4/5突出22例,腰5/骶1突出10例;中央型6例,旁中央型12例,外侧型14例;合并钙化型3例。普通环锯组男性20例,女性12例;年龄32~78岁,平均 (46.2 ± 19.6) 岁,术后平均随访 (7.5 ± 1.4) 个月;腰4/5突出20例,腰5/骶1突出12例;中央型6例,旁中央型11例,外侧型15例;合并钙化型3例。

1.2 纳入排除标准 患者有典型的单侧坐骨神经症状,无椎间不稳、无中央椎管狭窄与马尾综合征症状;MRI与CT显示腰4/5或者腰5/骶1单节段椎间盘突出,影像学突出侧别与症状侧别相符,排

除极外侧型突出;术前拍摄腰椎正侧位片、过伸过屈片、腰椎CT、腰椎MRI。排除存在侧弯、高髂嵴、椎间盘突出钙化,排除椎间盘炎、椎间不稳、小关节炎、肿瘤等;排除存在心理精神疾病、术处皮肤感染、严重心脑血管疾病、凝血功能障碍的患者。本研究经医院医学伦理委员会审核批准,患者知情同意且签署知情同意书。

1.3 自攻环锯、自攻环锯外套管的设计

1.3.1 自攻环锯的设计 自攻环锯直径8 mm,前端有三叶铰刀,后端有供旋转的十字把手(图1A),三叶铰刀相互间成 120° ,三叶结构能够增加铰刀稳定性;铰刀长度为4 mm,铰刀微凸于环锯远端平面0.5 mm;铰刀厚度在环锯边缘为1.5 mm,向中心逐渐减少为0.5 mm;每叶铰刀侧面有 35° 金属倾斜切面,顺时针旋转时,倾斜切面能够连续磨除骨质(图1B)。

1.3.2 自攻环锯外套管的设计 自攻环锯外套管直径8.5 mm,其远端开口一半为锯齿状,一半为平口,锯齿尖端可以牢固固定在小关节上防止套管滑移,不会损伤小关节;外套管后方把手有助于调整方向(图1C)。自攻环锯外套管可直接置于最大直径软组织扩张管外侧(图1D);自攻环锯可置于自攻环锯外套管内(图1E);孔镜可置于自攻环锯内(图1F)。

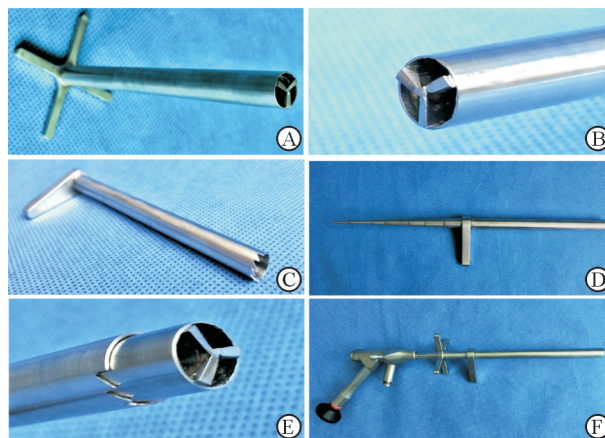


图1 自制自攻环锯及环锯外套管

A:自攻环锯整体外观;B:自攻环锯前端铰刀结构;C:自攻环锯外套管;D:自攻环锯外套管可置于最大直径软组织扩张管外;E:自攻环锯置于环锯外套管内;F:自攻环锯置于环锯外套管内、孔镜置于自攻环锯内

1.4 手术过程

1.4.1 术中体位 患者取俯卧位,腹部下方垫腰桥,骨盆后倾减少腰椎前凸,以增加腰椎椎间孔高度与前后径,减少椎间孔成形的骨质磨除;髋、膝关

节屈曲,以放松背部肌肉,减少坐骨神经张力。

1.4.2 麻醉方法 术中地佐辛 0.5 mg 缓慢静脉滴注维持镇静镇痛;术处皮肤及筋膜肌肉给予 1%利多卡因浸润;关节突关节处予以 1%利多卡因 20 mL 浸润,以减轻椎间孔成形时疼痛。患者手术全程处于清醒状态。

1.4.3 定位穿刺 影像学上确定髓核突出位置(图 2A、2B)。穿刺前画出棘突中线、髂嵴线、责任椎间盘的水平线及其与棘突中线的交点,正位画出该交点与患侧上关节突尖端连线,侧位画出下位椎体后上缘点与上关节突尖端连线,两连线的交点即为穿刺点(图 2C)。对于腰 5/骶 1 高髂嵴的阻挡,可以将穿刺点适度偏内侧以避免。穿刺针尖要求到达上关节突尖端腹侧附近(图 2D、2E)。

1.4.4 椎间孔扩大成形 自制环锯组:经导丝切开 8 mm 皮肤,沿导丝行软组织扩张后,沿最大直径软组织扩张管外侧逆时针旋入直径为 8.5 mm 的自攻环锯外套管,拔出导丝及内侧软组织扩张管,仅保留自攻环锯外套管及最外侧软组织扩张管;在软组织扩张管内插入椎间孔镜,利用双极射频刀头清理上关节突腹侧尖端,调整自攻环锯外套管并将头端锯齿状侧固定在关节突关节上以免滑移,拔出最外侧软组织扩张管及孔镜;在自攻环锯外套管内插入自攻环锯,自攻环锯内再插入孔镜(图 2F),在孔镜监视下利用自攻环锯前端的铰刀旋转磨除上关节突腹侧尖端的骨质(图 2G),此时透视正侧位可见自攻环锯位置在上关节突尖端的外侧(图 2H、2I);顺时针旋转自攻环锯,磨除骨屑并将其经孔镜出水道排出,较大不能经出水道流出的骨粒用髓核钳取出。成形过程中左手要牢固固定并适度下压自攻环锯外套筒;右手旋转自攻环锯时需要均匀用力,以免用力挤压关节突引起关节突骨折或铰刀断裂。自攻环锯前进过程中出现落空感,同时孔镜视野上端出现黄韧带,提示环锯头端进入椎管内(图 2J、2K、2L)。逆时针旋转拔出自攻环锯,在自攻环锯外套管内插入导杆,拔除自攻环锯外套管,在导杆外侧插入孔镜操作套管,透视正侧位证实操作套管头端位于椎管内较理想靶点(图 2M、2N)。

普通环锯组:普通环锯组常规采用绿色、黄色和红色三级环锯(Joimax 公司)依次逐级进行椎间孔成形,其他手术操作同自制自攻环锯组。

1.4.5 镜下髓核摘除 取出镜下初始视野内的血块及碎骨屑,用双极射频刀头清理后辨别黄韧带、

后纵韧带、纤维环;射频消融黄韧带,使其向背侧皱缩,露出随水流波动的行走根,在后纵韧带外侧或外后侧可见突出髓核;在破裂口附近摘除突出的髓核,髓核摘除后可见后纵韧带及神经根回落到镜野中间(图 2O、2P);沿神经根仔细向近端远端探查有无粘连或游离髓核。合并侧隐窝狭窄或者椎间盘钙化的患者需要应用自攻环锯、镜下环锯或者动力系统行侧隐窝扩大减压或钙化组织磨除。神经根减压成功的标志为直腿抬高试验阴性、神经根活动度良好、镜下神经根与硬膜随心律搏动。予以摘除并消融盘内后缘松动髓核。射频消融纤维环破口、后纵韧带腹侧,缝合切口(图 2Q)。

1.5 术后处理 术后予以甘露醇脱水、甲钴胺营养神经治疗,2~6 h 后下床活动,2~4 d 出院。用腰围固定 6~8 周,期间不能弯腰负重,多卧床休息;8 周后适度进行腰背肌功能锻炼。术后 1 年 MRI 复查(图 2R、2S)。

1.6 观察指标 记录椎间孔成形时间、手术时间、术中 C 型臂机透视次数和住院天数。观察术后有无一过性或者永久性神经损伤、血管与肠道损伤、椎间隙感染、切口感染、术后复发等。对术前及术后 1 d、6 个月采用视觉模拟评分法(VAS)^[7]评估腰腿疼痛情况;采用 Oswestry 功能障碍指数(ODI)^[8]行腰腿功能评价。术后 6 个月疗效评价采用改良 Macnab 法^[9]:优为无疼痛,活动无限制;良为偶尔腰痛或腿痛,患者的正常生活不受影响;可为症状缓解但活动受限,已影响正常工作与生活;差为治疗前后患者症状并无明显差别,甚至较前加重。优良率=(优+良)/总例数×100%。

1.7 统计学处理 采用 SPSS 17.0 软件行统计学分析。对患者术前与术后 1 d、6 个月的腰腿痛 VAS 评分与 Oswestry 功能障碍指数进行方差分析,检验水准(α)为 0.05。

2 结果

2.1 一般手术情况 普通环锯组术后有 1 例发生椎间隙感染,予以抗炎治疗 6 周好转。自制环锯组 1 例术后出现腰 4 出口根一过性神经麻痹,股四头肌无力,术后半个月肌力逐渐恢复。两组患者术中均无腹腔脏器与大血管破裂发生,无复发。结果(表 1)表明:普通环锯组与自制环锯组椎间孔扩大成形时间、手术时间、术中透视次数差异有统计学意义($P<0.05$),住院天数差异无统计学意义。

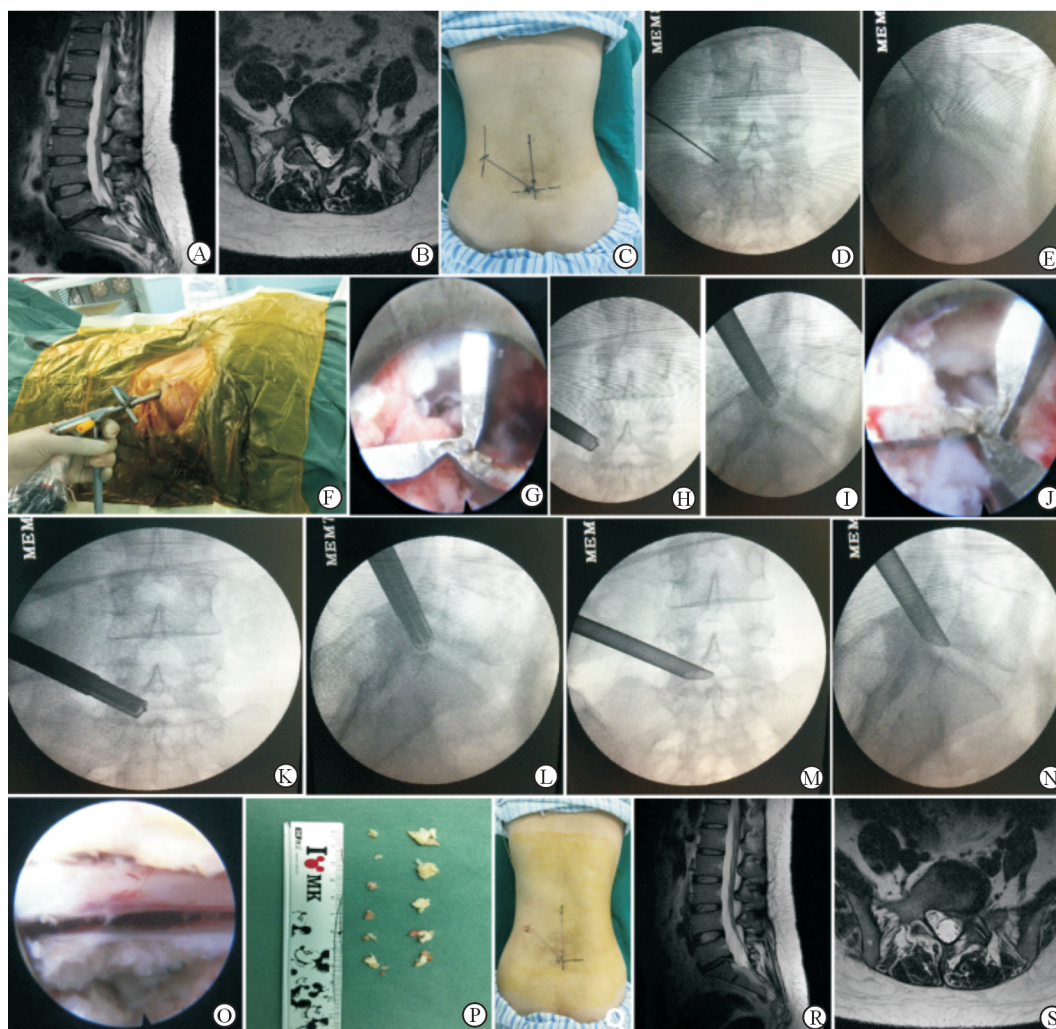


图 2 采用自制自攻环锯进行腰 5/骶 1 左侧椎间孔扩大成形

A: 术前 MRI 矢状位; B: 术前 MRI 腰 5/骶 1 横断位; C: 术前体表穿刺点标记; D: 穿刺正位; E: 穿刺侧位; F: 椎间孔扩大成形时外观 (由外到内为自攻环锯外套管、自攻环锯、内镜); G: 自攻环锯磨除上关节突尖端腹侧骨质; H: 自攻环锯初始位置透视正位; I: 自攻环锯初始位置透视侧位; J: 用自攻环锯磨至突破感后见黄韧带; K: 自攻环锯成形术后透视正位; L: 自攻环锯成形术后透视侧位; M: 操作套管置入正位; N: 操作套管置入侧位; O: 取出髓核后镜下视野; P: 取出的髓核; Q: 缝合切口; R: 术后 1 年 MRI 复查矢状位; S: 术后 1 年 MRI 复查腰 5/骶 1 横断位

表 1 两组患者椎间孔扩大成形时间、手术时间、术中透视次数、住院天数比较

 $\bar{x} \pm s$, 分

组别	扩大成形时间 t/min	手术时间 t/min	透视次数 $f/\text{次}$	住院天数 t/d
普通环锯组 ($n=32$)	25.3 ± 8.3	68.3 ± 20.1	12.7 ± 5.2	4.9 ± 1.8
自制环锯组 ($n=32$)	$20.3 \pm 10.9^*$	$57.5 \pm 18.7^*$	$5.7 \pm 1.6^*$	4.3 ± 1.5

* $P < 0.05$ 与普通环锯组相比

2.2 腰腿疼痛 VAS 评分、ODI、改良 Macnab 评级 结果 (表 2) 表明: 普通环锯组腰腿疼痛术前 VAS 评分与术后 1 d、术后 6 个月差异有统计学意义 ($P < 0.05$), 术前 ODI 评分与术后 1 d、术后 6 个月差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。自制环锯组腰腿疼痛术前 VAS 评分与术后 1 d、术后 6 个月差异有统计学意义 ($P < 0.05$), 术前 ODI 评分与术后 1 d、

术后 6 个月差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。普通环锯组与自制环锯组术前、术后 1 d、术后 6 个月的 VAS 和 ODI 评分差异均无统计学意义。术后 6 个月依据改良 Macnab 标准作疗效评价: 普通环锯组优 22 例, 良 8 例, 可 1 例, 差 1 例, 优良率为 93.8% (30/32); 自制环锯组优 23 例, 良 8 例, 可 1 例, 优良率为 96.9% (31/32)。

表 2 两组手术前后腰腿痛 VAS 及 ODI 评分比较

 $\bar{x} \pm s$, 分

分组	VAS			ODI		
	术前	术后 1 d	术后 6 个月	术前	术后 1 d	术后 6 个月
普通环锯组($n=32$)	8.2 ± 1.6	$1.4 \pm 0.5^*$	$0.7 \pm 0.4^*$	32.1 ± 4.9	$12.3 \pm 4.9^*$	$4.1 \pm 3.1^*$
自制环锯组($n=32$)	8.4 ± 1.4	$1.3 \pm 0.7^*$	$0.7 \pm 0.2^*$	31.7 ± 5.2	$12.5 \pm 4.7^*$	$4.4 \pm 2.8^*$

VAS: 视觉模拟法; ODI: Oswestry 功能障碍指数。* $P < 0.05$ 与组内术前相比

3 讨论

3.1 TESS 技术 TESS 技术是目前脊柱内镜治疗腰椎间盘突出症的最常用术式,其关键理念是将操作套管置于椎管内,核心操作是椎间孔的扩大成形^[10-11],在初学者中存在一个陡峭的学习曲线。传统成形方法是在透视下利用直径由小到大的环锯或安全骨钻逐步扩大成形椎间孔,但有时由于骨质增生或硬化、安全骨钻或环锯滑移等原因易造成置管位置不理想,导致手术时间延长,同时使患者及医务人员接受较多放射线,且多次成形增加神经根与硬膜损伤、感染的风险;有关节突骨质磨除过多可致术后腰痛等并发症^[11]。

3.2 自制自攻环锯临床应用特点 目前临床最常用的成形工具是环锯与安全骨钻,两者都是逐级扩大椎间孔,而每一级的扩大成形均需透视正侧位确定成形方向与部位,是依靠影像学的间接判断^[12]。本研究自制的自攻环锯是一种置于椎间孔镜外的自攻环锯。自攻环锯顺时针旋转时将铰刀前方结构碎化,碎化的骨屑随水流冲走,通过自攻环锯内的椎间孔镜可以辨别前方结构,是完全可视下的椎间孔成形技术,从而摆脱对透视的过度依赖。

3.3 可视下自攻环锯椎间孔成形的优势

3.3.1 可视下自攻环锯成形准确 在椎间孔成形之前,利用双极射频刀头对上关节突的尖端腹侧暴露,解剖标志确认后再将自攻环锯放置到上关节突尖端腹侧。成形开口位置的确定能够减少关节突骨质磨除,减少对关节突关节稳定性的破坏。对于腰 4/5 突出患者,磨除 1~2 mm 上关节突腹侧骨质,在镜下不超过自攻环锯 1/4 直径厚度;对于腰 5/骶 1 突出患者,需要磨除 3~5 mm 上关节突腹侧骨质,在镜下为自攻环锯 1/2 直径厚度。磨除具体厚度因椎间孔狭窄程度而不同。成形过程中,术者可以根据镜下视野判断自攻环锯尖端所在位置,通过控制自攻环锯外套管方向调整成形方向。术中常见上关节突增生肥厚导致椎间孔前后径减小,使成形通

道易偏于腹侧,此时需要将自攻环锯尾端下压成形即可。

3.3.2 可视下自攻环锯成形安全 椎间孔扩大成形时最多见的神经损伤为出口根损伤。自攻环锯成形时透过铰刀间隙能够识别前方正被成形的组织,磨除关节突过程中能够有效避让出口根;自攻环锯磨除的骨质均是骨碎屑,磨除后碎屑随水流冲走,不会产生大骨块残留的情况;自攻环锯到达椎弓根内缘连线后有突破落空感,同时镜下可见黄韧带垂于视野上 1/3,黄韧带下硬膜及神经根随水流波动而波动,即对成形结束的判断是依据镜下所见,能明显减少硬膜或行走根的损伤。因此,从成形开始部位选择、成形过程骨质磨除、成形到达终点判断这 3 个重要过程,都是镜下可见的,安全性提高。

3.3.3 可视下自攻环锯成形有效 本研究中自制环锯组患者术后 1 d 及 6 个月腰腿疼痛 VAS 评分与 ODI 评分相比术前有显著改善,术后 6 个月疗效优良率达 96.9%,与以往研究^[13]相仿。本研究中自制环锯组病例椎间孔扩大成形时间(20.3 ± 10.9) min、手术时间为(57.5 ± 18.7) min、术中透视次数为(5.7 ± 1.6)次,可见本组手术时间与椎间孔成形时间与传统方法相比并未延长,但透视次数明显减少。分析原因如下:(1)采用可视下成形技术时成形开口点清晰明确,无需反复透视并调整成形入口点;(2)自攻环锯头端三叶铰刀片旋转磨除骨屑效率较高;(3)整个成形过程是微创手术外科化的过程,成形过程及结束一般不需要透视。

3.3.4 可视下自攻环锯成形的适应证广 对于向上游离类型,将环锯头端开口置于上关节突尖端;对于向下脱垂类型,将头端开口置于上关节突尖端近侧;对于中央型突出者,将环锯头端开口置于偏椎管腹侧中央,以便对侧突出髓核摘除;对于存在较大钙化灶椎间盘突出者,可以瞄准钙化灶靶点行自攻环锯的磨除;对于侧隐窝狭窄者,可以镜下暴露上关节突近 1/3 腹侧,自攻环锯直接对准上关节

突腹侧旋转磨除骨质,以达到骨性狭窄减压。

临床腰5/骶1椎间盘突出症合并高髂嵴并不少见。高髂嵴一般指腰椎标准侧位片上髂嵴最高点位于腰4下终板上^[14]。高髂嵴患者的髂嵴、横突与关节突关节构成一个狭窄骨性区域,给侧后椎间孔镜穿刺置管带来一定难度,有学者推荐椎板间入路^[15]。本组5例腰5/骶1高髂嵴病例采用可视下自攻环锯成形技术,穿刺点较常规偏内侧。一般穿刺点距棘突中线8~10 cm,穿刺针尾端头倾30°~40°,并通过可视下对上关节突尖端腹侧的准确判断,能最小量磨除上关节突骨质,明显减少穿刺透视的次数,较少对关节突关节稳定性造成破坏。本组病例均顺利置管手术,无一例改为开放手术或椎板间入路。

3.4 自制环锯成形的局限性 自攻环锯直径较传统第3级环锯直径大1.5 mm,与出口根距离相对缩短,因此成形过程中需与患者及时沟通其下肢感觉、运动情况;自制环锯前方存在三叶铰刀,操作时与内镜相互干扰,会遮挡一部分孔镜视野,影响环锯的应用力度;手术过程中C臂机透视次数较少,需医师准确判断镜下组织结构,以免成形通道发生偏差和组织损伤。

综上所述,可视下自攻环锯成形技术应用于椎间孔镜治疗腰椎间盘突出症准确、安全、有效,能明显减少透视次数,学习曲线平缓,值得临床应用。

参考文献

- [1] JEONG J S, LEE S H, LEE S J, et al. The clinical comparison between open surgery and percutaneous endoscopic lumbar discectomy in extraforaminal lumbar disc herniation[J]. J Korean Neurosurg Soc, 2006,39:413-418.
- [2] YEUNG A T, YEUNG C A. Advances in endoscopic disc and spine surgery: foraminal approach[J]. Surg Technol Int, 2003,11:255-263.
- [3] 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[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2006,31(24): E890-E897.
- [4] 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.
- [5] CHOI K C, LEE J H, KIM J S, et al. Unsuccessful percutaneous endoscopic lumbar discectomy: a single-center experience of 10,228 cases[J]. Neurosurgery, 2015,76(4): 372-380.
- [6] LEE D Y, LEE S H. Learning curve for percutaneous endoscopic lumbar discectomy [J]. Neurol Med Chir (Tokyo), 2008,48(9):383-388.
- [7] COLLINS S L, MOORE R A, MCQUAY H J. The visual analogue pain intensity scale: what is moderate pain in millimetres? [J]. Pain, 1997,72(1-2):95-97.
- [8] FAIRBANK J C, COUPER J, DAVIES J B, et al. The Oswestry low back pain disability questionnaire [J]. Physiotherapy, 1980,66(8):271-273.
- [9] MACNAB I. Negative disc exploration. An analysis of the causes of nerve-root involvement in sixty-eight patients[J]. J Bone Joint Surg Am, 1971,53(5):891-903.
- [10] 李嵩鹏,周游,李定,等. 椎间孔镜(TESSYS)入路相关的L₅-S₁节段椎间孔解剖学观测[J]. 中国临床解剖学杂志, 2015,33(2):129-133.
- [11] 顾宇彤,吕德荣,崔展,等. PTES椎间孔镜技术治疗腰5/骶1椎间盘突出症的技巧及疗效[J]. 中国临床医学,2017,24(4): 497-503.
- [12] YU E, KHAN S N. Does less invasive spine surgery result in increased radiation exposure? A systematic review[J]. Clin Orthop Relat Res, 2014,472(6):1738-1748.
- [13] 李长青,周跃,王建,等. 经皮椎间孔内窥镜下靶向穿刺椎间盘切除术治疗腰椎间盘突出症[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2013,23(3):193-197.
- [14] 杨进,孔清泉,宋跃明. 三种经皮内镜椎间盘髓核摘除术治疗伴有高髂嵴的L₅-S₁椎间盘突出症[J]. 中国骨与关节杂志, 2014,3(8):608-614.
- [15] CHOI K C, PARK C K. Percutaneous endoscopic lumbar discectomy for L₅-S₁ disc herniation: consideration of the relation between the iliac crest and L₅-S₁ disc [J]. Pain Physician, 2016,19(2):E301-E308.

[本文编辑] 廖晓瑜, 贾泽军