

# 应用超声骨刀行腰椎后路椎板切除术与传统手术技术的对比研究

杨 鹏, 温冰涛, 金开基, 刘 鑫, 钟 军, 谭 磊, 格日乐, 陈仲强

(北京大学国际医院骨科 102206 北京市)

【摘要】目的:探讨应用超声骨刀行腰椎后路椎板切除术的效果及安全性。方法:总结分析 2015 年 2 月~2016 年 11 月由北京大学国际医院完成的腰椎手术病例共计 85 例, A 组为采用超声骨刀行腰椎后路椎板切除的 62 例患者, 其中 28 例由具备 2 年脊柱外科手术经验的医师 c 完成(Ac 组), 34 例由具备 25 年脊柱外科手术经验的医师 d 完成(Ad 组); B 组为采用传统操作器械行腰椎后路椎板切除术的 23 例患者, 其中 10 例由医师 c 完成(Bc 组), 13 例由医师 d 完成(Bd 组)。所有病例术前诊断均为腰椎管狭窄症, 手术切除腰椎椎板共计 119 节段, 手术方式均采用后路腰椎体间融合术(posterior lumbar interbody fusion, PLIF), 实时记录术中椎板切除时间, 手术出血量, 统计术中硬膜损伤及神经根损伤等并发症发生情况, 手术前 1d 及术后 1 周行 ODI 评分评估患者症状缓解情况。结果: A 组椎板切除平均耗时分别为  $3.24 \pm 0.80 \text{min}$  (Ac 组) 和  $3.48 \pm 0.82 \text{min}$  (Ad 组); B 组椎板切除平均耗时分别为  $18.84 \pm 4.21 \text{min}$  (Bc 组) 和  $3.72 \pm 1.03 \text{min}$  (Bd 组), Bc 组手术耗时较其他组显著延长 ( $P < 0.05$ )。术中出血量、各组手术前后 ODI 及 VAS 改善情况无显著统计学差异 ( $P > 0.05$ )。A 组硬膜损伤 2 例, B 组 1 例, Ad 组神经根损伤 1 例。结论: 采用超声骨刀行腰椎后路椎板切除术具备可行性, 应用超声骨刀并没有增加硬膜损伤及神经根损伤的发生率, 相对于应用骨刀及椎板咬骨钳等普通器械切除腰椎椎板, 超声骨刀技术更加容易掌握, 学习曲线更短。

【关键词】超声骨刀; 椎板切除术; 腰椎管狭窄症

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2017.08.05

中图分类号: R681.5 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2017)-08-0699-05

Comparative study between ultrasonic bone curette and traditional surgical techniques for posterior lumbar laminectomy/YANG Peng, WEN Bingtao, JIN Kaiji, et al/Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2017, 27(8): 699-703

【Abstract】Objectives: To study the effectiveness and safety of ultrasonic bone curette in lumbar laminectomy. Methods: 85 cases with lumbar canal stenosis underwent lumbar surgery in Peking University International Hospital between February 2015 and November 2016, 62 cases were performed with posterior lumbar interbody fusion (PLEF) surgery, in which 28 cases were performed by doctor c with 2-year experience in spinal surgery (group Ac), 34 cases were performed by doctor d with 25-year experience in spinal surgery (group Ad); the other 23 cases were performed with traditional instrument, in which 10 cases were performed by doctor c (group Bc), 13 cases were performed by doctor d (group Bd). All cases were diagnosed of lumbar canal stenosis, a total of 119 segments were performed, real-time laminectomy, blood loss, cases of epidural injury and nerve root injury, ODI score at 1 day preoperation and 1 week postoperation were recorded among groups. Results: The average time of laminectomy with ultrasonic curette was  $3.24 \pm 0.80 \text{min}$  (group Ac),  $18.84 \pm 4.21 \text{min}$  (group Bc), and the average operation time with traditional instrument was  $3.48 \pm 0.82 \text{min}$  (group Ad),  $3.72 \pm 1.03 \text{min}$  (group Bd). As for intraoperative blood loss, there were no significant differences of the blood loss, the ODI and VAS improvement among groups. A total of 3 cases suffered from epidural injury in this study, 2 in group A and 1 in group B, only 1 of which was related with ultrasonic curette, 1 case suffered

第一作者简介: 男(1988-), 临床博士, 研究方向: 脊柱外科及骨肿瘤相关疾病

电话: (010)83572970 E-mail: yangpeng9952@126.com

通讯作者: 温冰涛 E-mail: wenbingtao@pku.edu.cn

from nerve root injury. **Conclusions:** Lumbar laminectomy can be safely and effectively performed by ultrasonic bone curette, which will not increase the risks of epidural injury and nerve root injury, and compared with the traditional technique, ultrasonic bone curette is easier to learn.

**【Key words】** Ultrasonic bone curette; Laminectomy; Lumbar spinal stenosis

**【Author's address】** Department of Spine Surgery, Peking University International Hospital, Beijing, 102206, China

腰椎椎板切除是腰椎管狭窄症手术中十分关键的步骤,有一定程度的盲目性,为避免损伤硬膜囊及神经根,要求术者熟知解剖结构并且具备丰富的临床经验,以往的椎板切除方式往往采用棘突咬骨钳、椎板咬骨钳及骨刀相互配合的方式碎块状切除椎板,对于年轻脊柱外科医生而言手术操作难度相对较大,具有较长的学习曲线。近年来,超声骨刀逐渐被应用于脊柱外科手术中,北京大学第三医院总结分析了 28 例采用超声骨刀行胸椎“揭盖式”后壁切除的胸椎管狭窄症病例,其研究结果证实应用超声骨刀可安全、有效地完成胸椎管狭窄症的减压手术操作<sup>[1]</sup>。腰椎后方结构相对于颈胸椎更为复杂,腰椎退变性疾病中后方结构的变化明显,因此腰椎椎板切除术中的个体差异性较大,而且腰椎神经根粗大,在椎板切除过程中神经损伤风险更高,目前腰椎椎板切除显露硬膜囊的过程多采用骨刀、咬骨钳等传统操作器械。本研究旨在分析超声骨刀在腰椎椎板切除术中的安全性及有效性,并与传统操作器械进行对比,进而分析超声骨刀的优势及不足。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

统计 2015 年 2 月~2016 年 11 月在北京大学国际医院确诊为腰椎管狭窄症并采用后路腰椎体间融合术 (posterior lumbar interbody fusion, PLIF) 手术治疗的 85 例患者,分为两组, A 组为采用超声骨刀辅助完成腰椎管狭窄症手术的 62 例患者,该组病例中,男性 38 例,女性 24 例,平均年龄  $55.6 \pm 8.4$  岁 (28~77 岁), A 组病例按手术操作医师分为两组,其中 Ac 组 28 例,由具备 2 年脊柱外科手术经验医师 c 完成, Ad 组 34 例,由具备 25 年脊柱外科手术经验的医师 d 完成; B 组为采用传统器械行腰椎后路椎板切除术的 23 例患者,该组病例中,男性 16 例,女性 7 例,平均年龄  $63.2 \pm 7.1$  岁 (48~81 岁), 同样按手术操作医师分为两组, Bc 组 10 例,由医师 c 完成, Bd 组 13 例,

由医师 d 完成。两组病例术前诊断均为腰椎管狭窄症,手术切除腰椎椎板共计 119 节段,手术方式均采用 PLIF 手术。术前依据患者临床症状及体征并结合腰椎 MRI、腰椎 CT、腰椎正侧过伸过屈位 X 线检查确诊, A 组病例采用超声骨刀完成腰椎椎板切除术显露硬膜囊, B 组病例采用骨刀、椎板咬骨钳等传统器械完成腰椎椎板切除术显露硬膜囊。

### 1.2 手术方法

术中应用 XD860A 骨科超声手术仪行骨切割操作,工作频率 39kHz,刀头主振幅  $<120 \mu\text{m}$ ,采用片状刀头,刀身长度 15mm,宽度 3.5mm。所有病例麻醉方式均为静吸复合全身麻醉,手术体位采用标准俯卧位,胸前及双侧髂骨前方软枕垫高,腹部悬空;取手术节段后正中切口,电刀剥离椎旁肌显露相应节段腰椎椎板、棘突及横突根部,超声骨刀刀头沿双侧关节突关节内侧面纵向切割,切透全层椎板后再横向切割头尾端椎板,以咬骨钳把持椎板一端缓慢向上提拉,配合神经根剥离子分离粘连的黄韧带及硬膜,最终完整切除椎板,显露硬膜囊 (图 1)。

### 1.3 观察指标

实时记录术中腰椎椎板切除时间,手术出血量,统计术中硬膜损伤及神经根损伤病例数,手术前 1d 及术后 1 周应用 VAS 及 ODI 评分评估患者症状缓解情况。

### 1.4 数据分析

应用独立样本  $t$  检验对所得数据进行分析,分析软件采用 SPSS 19.0,图表制作软件采用 Graphpad Prism 7.0,数据描述方式采用平均值  $\pm$  标准差。  $P < 0.05$  设为有统计学差异。

## 2 结果

入组 85 例患者中,共有 3 例患者术中硬膜囊损伤,其中 A 组损伤 2 例 (3.23%), Ac 组 1 例, Ad 组 1 例, B 组损伤 1 例 (4.34%),经过术中修补硬膜囊及术后通畅引流处理均恢复良好。硬膜损伤

均发生在腰椎管严重狭窄节段, 仅 1 例为超声骨刀直接损伤, 其余 2 例分别为椎板咬骨钳损伤 1 例及揭盖椎板过程中撕裂硬膜囊 1 例。Ad 组出现 L5 神经根损伤 1 例, 为超声骨刀直接损伤。

各组观测指标测量结果见表 1。Bc 组的椎板切除手术时长显著高于其他组 ( $P<0.05$ ); Ad 组椎板切除手术时间略低于 Bd 组, 但配对样本  $t$  检验显示两组间无显著统计学差异 ( $P>0.05$ ); 同时 Ac

组与 Ad 组的椎板切除手术时间也无显著统计学差异 ( $P>0.05$ )。Bc 组手术总出血量显著高于其他组 ( $P<0.05$ )。各组之间 ODI 及 VAS 改善率无统计学差异 ( $P>0.05$ )。

### 3 讨论

腰椎椎板切除术是腰椎后路手术显露硬膜囊的关键步骤, 利用骨刀、椎板咬骨钳等传统器械进

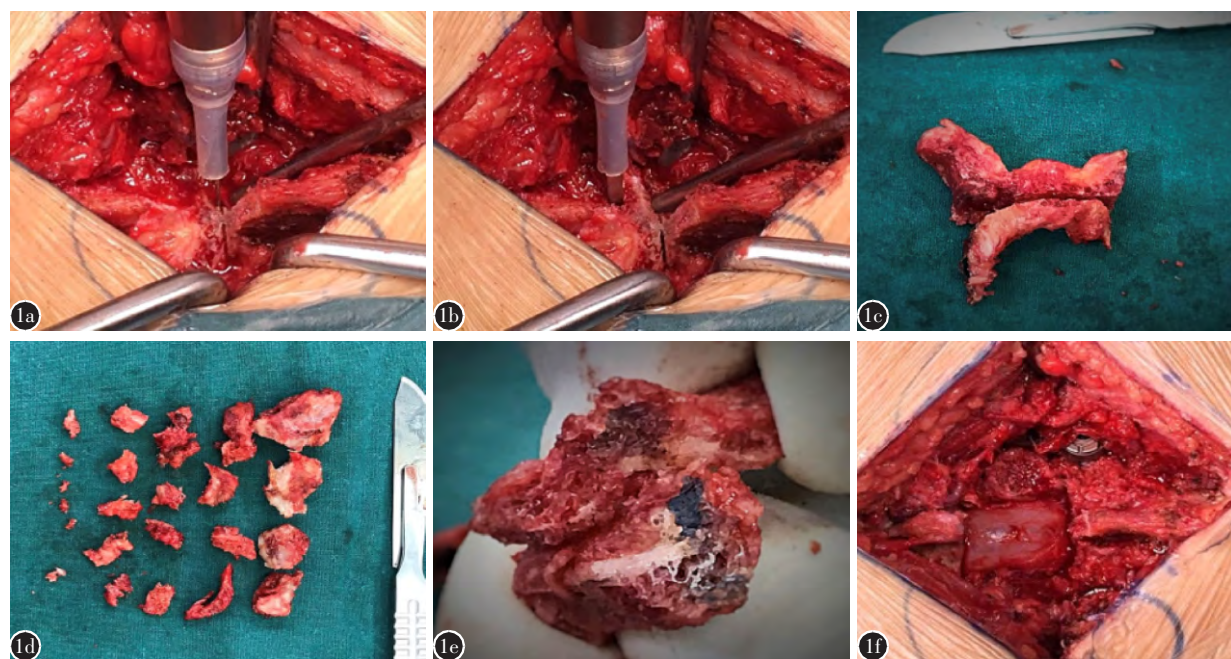


图 1 a 超声骨刀纵向切割椎板 b 超声骨刀横向切割椎板 c 利用超声骨刀切除的椎板照片 d 传统器械切除的椎板碎骨照片 e 超声骨刀切割后的椎板断面 (白色箭头指向显示切割过程热损伤产生的骨碳化区域) f 超声骨刀行椎板切除术后手术视野

**Figure 1** a The procedure of laminectomy performed by ultrasonic bone scalpel (along the long axis of spine) b The procedure of laminectomy performed by ultrasonic bone scalpel (perpendicular to the long axis of spine) c Vertebral lamina cut off by ultrasonic bone scalpel d Vertebral lamina cut off by conventional instruments e The section of lamina after cutting with ultrasonic scalpel (The white arrow points to the area where the bone is carbonized during thermal damage) f The operative field after laminectomy using ultrasonic bone scalpel

表 1 各组手术出血量、椎板切除时间、手术前后 VAS 及 ODI 评分数据

**Table 1** The data of intraoperative blood loss, the time of laminectomy, VAS and ODI score before and after operation

	出血量/节段 Blood loss/ segment (ml)	椎板切除时间 Time of laminectomy (min)	VAS			ODI (%)		
			术前 Preoperation	术后 Postoperation	差值 Difference value	术前 Preoperation	术后 Postoperation	差值 Difference value
Ac	159.00±56.70	3.24±0.80	6.07±1.74	3.21±1.20	2.86±1.43	25.48±9.07	9.68±5.17	30.72±16.60
Bc	258.55±68.74 <sup>①</sup>	18.84±4.21 <sup>①</sup>	4.70±1.77	1.60±1.26	3.10±1.52	22.61±9.38	11.50±5.15	22.20±17.08
Ad	167.24±55.00	3.48±0.82	5.97±1.60	2.41±1.31	3.56±1.89	28.41±8.86	9.44±5.58	37.88±20.72
Bd	149.46±38.02	3.72±1.03	5.77±1.64	2.62±1.26	3.15±1.52	29.15±10.15	10.77±7.44	35.22±20.34

注: ①与其他组比较  $P<0.05$

Note: ①Compared with other group,  $P<0.05$



行减压操作已经得到了脊柱外科医生的认可,并在临床中广泛应用,但这种减压技术对医生的手术技巧要求较高,且损伤硬膜囊及神经根的风险较高。2014 年的 CAOS 在腰椎管狭窄症手术治疗原则<sup>[1]</sup>中提出了安全性原则和微创性原则,指出在腰椎管狭窄症的手术治疗中,要优化减压顺序,注意精细操作,注意保护软组织,尽量缩短手术时间,减少出血量。

### 3.1 超声骨刀在脊柱外科领域的应用

利用超声振动进行骨骼切割的技术早在几十年前就已经出现。然而,直到最近几年,超声骨刀切割技术才被应用到外科手术领域,并以口腔颌面外科的应用为主。超声骨刀目前已经被应用于颈椎后路椎管扩大成形术、颈椎前路手术、脊柱肿瘤切除术、脊柱侧凸矫形术等脊柱外科领域中<sup>[2-5]</sup>。由于软组织结构的弹性远超骨性结构,因此软组织能够耐受更强大的超声振动而不至于产生损伤,这就为超声骨刀在脊柱手术中进行骨切割操作创造了安全可控的操作环境。Al-Moraissi 等<sup>[6]</sup>在 2016 年发表的 Meta 分析中提到超声骨刀的应用减少了第三磨牙术后并发症的发生率;而有脊柱外科学者的研究发现超声骨刀同样能够减少脊柱术中硬膜和神经损伤的几率<sup>[7]</sup>,但也有研究<sup>[4]</sup>发现,超声骨刀相对于传统器械虽然可以降低发生硬膜损伤的风险,但组间对比并没有统计学差异。

### 3.2 超声骨刀的使用经验

本研究入组病例中,共出现了 3 例硬膜损伤,Ac 组 1 例、Ad 组 1 例、Bd 组 1 例,均发生在腰椎中央管狭窄严重的节段。Ac 组及 Bd 组的硬膜损伤原因为硬膜粘连,揭除椎板过程中撕扯硬膜导致损伤;Ad 组病例的硬膜损伤位于超声骨刀横向切割线的下方,是由于该病例此处椎管严重狭窄,同时超声骨刀切割过深导致了硬膜损伤。该 3 例患者均未出现相关神经并发症,经过术中缝合硬膜破口,术后通畅引流及补液均获得良好结果。而由于超声骨刀的骨切割原理为高频振动,超声骨刀的震动频率并不对硬膜及血管等软组织直接产生破坏性影响,超声骨刀的振幅很小,且由于脑脊液的缓冲作用,即便刀头触碰到硬膜,也不会对 L1/2 以下为马尾神经造成震荡损伤。Ad 组发生神经根损伤 1 例,该例损伤位于 L5 神经根根袖位置,为超声骨刀直接切割损伤,作者认为,本例损伤患者的椎板切除过程中,超声骨刀切割位置过

深,最终造成 L5 根袖的切割损伤,但本例患者的神经根裂口较小,术中未行缝合处理,术后患者也未出现神经根损伤的症状。

超声骨刀的高频振动会产生大量的热量,因此超声骨刀配有水灌注系统以降低术中刀头周围温度,从而避免热损伤的发生,但这是否能够完全抵消超声骨刀产生的局部热量沉积效应呢? Sun 等<sup>[8]</sup>认为超声骨刀造成的局部温度升高效应显著低于高速磨钻,他们的研究也证实了超声骨刀能够安全地进行颈椎后路椎板成形操作而不会对脊髓产生热损伤,但在我们的研究中发现,超声骨刀的骨切割断面有碳化组织存在(图 1e),这就证实了超声骨刀在局部产生了高温。在进行垂直于棘突方向的椎板切割操作时,由于切割方向同样垂直于硬膜囊,并且此处硬膜囊更加贴近椎板等原因,更加容易造成硬膜损伤。由此我们认为,严格控制切割深度,避免超声骨刀在某一位置停留时间过长,这样能够减少超声骨刀对硬膜的机械刺激及热刺激,从而最大限度地避免硬膜损伤的发生几率。

### 3.3 超声骨刀的安全性和有效性

2015 年, Duerr 等<sup>[9]</sup>研究者利用超声骨刀对 36 只哥伦比亚杂交羊进行了椎板切除术,仅有 1 例术后出现硬膜外血肿,所有实验动物均未发生硬膜损伤,此研究利用动物实验证实超声骨刀在椎板切除过程中具备安全性和有效性。但动物的解剖结构毕竟与人体有着极大的差异。

王岩等<sup>[10]</sup>总结分析了 2014~2015 年于北京大学第三医院完成的 28 例超声骨刀单节段胸椎管后壁切除术的病例,该研究显示,利用超声骨刀进行单节段胸椎椎板切除的手术时间为  $3.0 \pm 1.4 \text{ min}$ ,有 2 例患者在胸椎管严重狭窄节段出现了单侧神经根损伤,神经损伤均在椎板切除后即刻发现,神经根断端整齐;该研究无硬膜损伤病例报道,操作过程中也未发生脊髓相关损伤。该研究进一步证实了超声骨刀可安全有效地应用于脊柱外科手术中,但作者也提出应用超声骨刀进行椎管后壁切除时可能会有造成神经根损伤的风险,因此需要严格控制切割深度。

本研究中,Ac 组的椎板切除手术时间显著低于 Bc 组( $P < 0.001$ );Ad 组椎板切除手术时间略低于 Bd 组,但配对样本  $t$  检验显示两组间无显著统计学差异( $P > 0.05$ );同时 Ac 组与 Ad 组的椎板切

除手术时间也无显著统计学差异( $P>0.05$ )。由此我们认为,超声骨刀可以显著缩短年轻医生的椎板切除手术时间,但对于具备丰富临床经验的脊柱外科医生而言,超声骨刀并没有显示出手术时间上的优势。

Al-Mahfoudh 等<sup>[11]</sup>利用超声骨刀为 62 例脊柱疾病患者成功进行了手术操作并获得了良好结果,其术中硬膜囊损伤的发生率约 1.6%,而以往研究中报道的胸腰椎术中硬膜囊损伤发生率在 1.6%~9%<sup>[5]</sup>之间,本研究超声骨刀组的硬膜囊损伤发生率为 3.22%,超声骨刀直接相关的硬膜囊损伤仅 1 例(1.61%),由此可进一步证实超声骨刀在脊柱术中应用具备很高的安全性。

而由于单纯统计椎板切除过程中的出血量难以完成,因此本研究中对入组所有病例手术过程中的总出血量进行了统计分析。结果显示,Bc 组出血量显著高于其他组,我们认为这是由于 Bc 组传统器械的操作时间较长,加上 c 医生的手术经验有所欠缺,使得椎板切除过程中的出血量增加导致。Ad 组、Bd 组及 Ac 组的手术总出血量没有显著统计学差异,但由于统计数据为手术总出血量,因此并不能直接得出超声骨刀无法减少椎板切除过程中出血量的结论。但根据本研究数据统计结果可以得出,超声骨刀缩减了经验较少的脊柱外科医生的手术时间,由此也使得术中出血量较使用传统操作器械时显著减少,体现了超声骨刀的优势。同时结合术中所见,超声骨切除椎板后,骨断面整齐,没有观察到骨断面的渗血(图 1e 及图 1f),而采用骨刀等器械切除椎板后,骨断面渗血明显,由此可见,超声骨刀在椎板切除过程中有良好的骨断面止血作用。

本研究结果证实,利用超声骨刀能够高效、安全地完成腰椎椎板切除术,良好地显露硬膜囊,尤其对于经验相对欠缺的年轻脊柱外科手术医生而言,超声骨刀能够极大地提升手术效率,缩短操作时间;但在腰椎管严重狭窄的部位进行操作时,为避免硬膜及神经根的损伤,应当注意切割深度的

控制,并避免刀头在单一部位的长时间停留。

#### 4 参考文献

1. 腰椎管狭窄症手术治疗规范中国专家共识组. 腰椎管狭窄症手术治疗规范中国专家共识[J]. 中华医学杂志, 2014, 35(94): 2724-2725.
2. Grauvogel J, Scheiwe C, Kaminsky J, et al. Use of Piezosurgery for removal of retrovertebral body osteophytes in anterior cervical discectomy[J]. Spine J, 2014, 14(4): 628-636.
3. Ito K, Ishizaka S, Sasaki T, et al. Safe and minimally invasive laminoplastic laminotomy using an ultrasonic bone curette for spinal surgery: technical note[J]. Surg Neurol, 2009, 72(5): 470-475.
4. Li K, Zhang W, Li B, et al. Safety and efficacy of cervical laminoplasty using a piezosurgery device compared with a high-speed drill[J]. Medicine(Baltimore), 2016, 95(37): e4913.
5. Matsuoka H, Itoh Y, Numazawa S, et al. Recapping hemilaminoplasty for spinal surgical disorders using ultrasonic bone curette[J]. Surg Neurol Int, 2012, 3: 70.
6. Al-Moraissi EA, Elmansi YA, Al-Sharaee YA, et al. Does the piezoelectric surgical technique produce fewer postoperative sequelae after lower third molar surgery than conventional rotary instruments? A systematic review and meta analysis[J]. Int J Oral Maxillofac Surg, 2017, 46(1): 134-135.
7. Hu X, Ohnmeiss DD, Lieberman IH. Use of an ultrasonic osteotome device in spine surgery: experience from the first 128 patients[J]. Eur Spine J, 2013, 22(12): 2845-2849.
8. Sun S, Zhang Q, Zhao CS, et al. Long-term outcomes of ultrasonic scalpel treatment in giant cell tumor of long bones[J]. Oncol Lett, 2014, 8(1): 145-150.
9. Duerr FM, Seim HB 3rd, Bascunán AL, et al. Piezoelectric surgery: a novel technique for laminectomy[J]. J Invest Surg, 2015, 28(2): 103-108.
10. 王岩, 陈仲强, 孙垂国, 等. 超声骨刀在胸椎管狭窄症手术中应用的有效性与其安全性[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2015, 25(6): 518-523.
11. Al-Mahfoudh R, Qattan E, Ellenbogen JR, et al. Applications of the ultrasonic bone cutter in spinal surgery: our preliminary experience[J]. Br J Neurosurg, 2014, 28(1): 56-60.

(收稿日期:2017-05-25 修回日期:2017-07-14)

(英文编审 蒋欣/贾丹彤)

(本文编辑 彭向峰)