

蹄形超声骨刀辅助下颈后路单开门治疗多节段脊髓型颈椎病的临床研究

李亚伟 潘强强 张振辉 周迎超 王金炉 王庆德 梅伟

【摘要】 目的 探讨蹄形超声骨刀辅助下颈后路单开门治疗多节段脊髓型颈椎病的临床应用价值。方法 采用回顾性队列分析2021年1月至2025年3月郑州市骨科医院150例多节段脊髓型颈椎病患者临床资料,依据术中使用的器械分为蹄形超声骨刀组(A组)50例、片状超声骨刀组(B组)48例及高速磨钻组(C组)52例。其中男84例,女66例,平均年龄(53.6±5.4)岁,比较三组术中指标(开门时间、出血量)、术前、术后1周JOA评分及改善率、术后6个月JOA评分、并发症的发生率及门轴骨愈合率。结果 切割效率:A组开门时间最短[(29.8±5.5)min],显著短于B组[(38.4±7.9)min]及C组[(52.7±9.1)min ($P<0.001$)]；术中出血量A组[(78.6±20.6)ml]显著少于B、C组[(105.8±29.1)ml, (134.6±35.7)ml] (P 均 <0.001)。三组JOA评分术前、术后1周、术后6个月在重复测量设计的方差分析显示三组组间差异无统计学意义,组别与时间点间无交互作用,各时间点两组差别均无统计学意义;三组组内在各时间点间差异均有统计学意义。安全性:A组C₅神经根麻痹为2%(1/50)、B组C₅神经根麻痹为2.1%(1/48),C组C₅神经根麻痹为3.8%(2/52) ($P=0.582$),三组差异无统计学意义;A、B组硬膜撕裂率均为0%,而C组发生4例硬膜撕裂,发生率为7.7%(4/52) ($P=0.047$)；术后感染及新发颈痛三组间对比无明显差异 ($P>0.05$)；门轴骨愈合率:A组术后3个月门轴骨愈合率95.2%,显著高于B组(93.8%)及C组(84.6%), $P=0.034$ 。结论 三种器械均能有效开门,但是蹄形超声骨刀相较于片状超声骨刀与高速磨钻具有更高的效率与安全性。

【关键词】 脊髓型颈椎病； 颈椎后路单开门术； 蹄形超声骨刀； 围术期管理； 生物力学

Clinical study of hoof-shaped ultrasonic osteotome-assisted posterior cervical expansive open-door laminoplasty for multilevel cervical spondylotic myelopathy Li Yawei, Pan Qiangqiang, Zhang Zhenhui, Zhou Yingchao, Wang Jinlu, Wang Qingde, Mei Wei. Department of Spinal Orthopedics, Zhengzhou Orthopedic Hospital, Zhengzhou 450000, China

Corresponding Author: Mei Wei, Email: 13613711661@163.com

【Abstract】 **Objective** To evaluate the clinical value of a hoof-shaped ultrasonic bone curette in posterior cervical expansive open-door laminoplasty for multilevel cervical spondylotic myelopathy (CSM). **Methods** A retrospective cohort analysis was conducted on 150 patients with multilevel cervical spondylotic myelopathy treated at Zhengzhou Orthopedic Hospital from January 2021 to March 2025. Patients were divided into three groups based on surgical instruments used: Group A (hoof-shaped ultrasonic osteotome, $n=50$), Group B (flap-shaped ultrasonic osteotome, $n=48$), Group C (high-speed drill, $n=52$). The cohort included 84 males and 66 females, with a mean age of (53.6±5.4) years. Comparative analysis included intraoperative parameters (laminoplasty time, blood loss), pre- and postoperative 1-week/6-month Japanese Orthopaedic Association (JOA) scores and improvement rates, complication rates, and hinge bone healing rates at 3 months. **Results** Cutting efficiency: Group A demonstrated the shortest laminoplasty time [(29.8±5.5) min], significantly shorter than Group B [(38.4±7.9) min] and Group C [(52.7±9.1) min] ($P<0.001$). Intraoperative blood loss in Group A [(78.6±20.6) ml] was significantly lower than Groups B [(105.8±29.1) ml] and C [(134.6±35.7) ml] ($P<0.001$). Functional outcomes: Repeated-measures ANOVA showed no signifi-

cant differences in JOA scores across groups at any time point, with no group-by-time interaction. Significant intragroup improvements were observed in all groups at each follow-up time point. Safety: C5 nerve root palsy rates: Group A (2%, 1/50), Group B (2.1%, 1/48), Group C (3.8%, 2/52) ($P=0.582$). Dural tear rate: 0% in Groups A/B vs. 7.7% in Group C ($P=0.047$). No significant differences in postoperative infection or new-onset neck pain ($P>0.05$). Hinge bone healing at 3 months: Group A (95.2%)>Group B (93.8%)>Group C (84.6%) ($P=0.034$). **Conclusion** All three instruments effectively performed laminoplasty, but the hoof-shaped ultrasonic osteotome demonstrated superior efficiency and safety compared to flap-shaped ultrasonic osteotomes and high-speed drills.

【Key words】 Cervical spondylotic myelopathy; Posterior cervical expansive open-door laminoplasty; Hoof-shaped ultrasonic osteotome; Perioperative management; Biomechanics

脊髓型颈椎病(cervical spondylotic myelopathy, CSM)是中老年人群致残率最高的脊柱退行性疾病之一,随着人口老龄化的加剧及工作方式的改变,颈椎病的发生也日趋增多尤其针对于多节段脊髓型颈椎病患者,早期的手术治疗可使脊髓和神经早期减压,防止脊髓损伤加重,给神经功能的恢复提供有利条件^[1-3]。颈椎后路单开门椎管扩大成形术(cervical expansive open-door laminoplasty, CEOL)因其能有效扩大椎管容积、保留颈椎活动度等优势,已成为多节段CSM的标准化术式^[4-5]。然而,术中椎板门轴开槽过程中器械的选择仍存在争议,传统高速磨钻虽能快速截骨,但其产生的局部高温易导致硬膜及神经根热损伤,且高速旋转产生的机械振动易引发硬膜撕裂^[6]。近年来,超声骨刀在骨科中的应用逐渐广泛,其高效率截骨和骨性结构的高选择性成为了最大的优势^[7-8],然而既往使用的片状超声骨刀在制作门轴时存在开门宽度难以把握,或者出现开门不足、开门过多等情况,不同截骨器械(蹄形/片状超声骨刀、高速磨钻)可能会对开门效果产生不同程度的影响。在本研究中我们采用蹄形超声骨刀辅助下进行单开门时门轴的制作,取得了良好的临床结果。然而目前国内外关于三种器械辅助下单开门手术的对比研究较少。因此本研究通过回顾我院2021年1月至2025年3月期间收治的多节段脊髓型颈椎病患者的临床资料,旨在进一步明确三种开门器械对临床效果的影响,以指导临床治疗。

资料与方法

一、纳入标准

①符合《中国颈椎病诊治与康复指南》多节段CSM诊断标准($C_3\sim C_7$ 节段 ≥ 3 个椎体受累)②无颈椎其他疾患,如骨折,感染,肿瘤等,③临床资料完整。

二、排除标准

①合并严重骨质疏松(T 值 < -3.0)或颈椎外伤史;②无颈椎其他疾患,如骨折,感染,肿瘤等。③患者基础病较多,无法耐受手术。

根据纳入标准,共筛选出220例患者,其中18例因合并严重骨质疏松被排除,12例因合并颈椎外伤被排除,21例因未行手术治疗被排除,19例因术后复查资料不完整脱落,最终本研究共纳入150例多节段脊髓型颈椎病患者的临床资料,并根据术中截骨工具不同分为三组:A组(蹄形超声骨刀组, $n=50$):使用三和蹄形刀头(60 kHz,切割深度3.0~3.5 mm);B组(片状超声骨刀组, $n=48$):使用三和片状刀头(45 kHz,切割深度3.0~3.5 mm);C组(磨钻组, $n=52$):使用Stryker高速磨钻(35 000 rpm,磨头直径3.0 mm)。三组基线数据(年龄、性别等)比较,均无统计学差异($P>0.05$),见表1、2。

三、手术方法

患者于全身麻醉下取俯卧位,胸部垫枕抬高,Mayfield头架固定头部并维持颈部适度前屈。行颈后正中切口,依次切开皮肤、皮下组织及项韧带,电刀沿棘突双侧椎板骨膜下剥离椎旁肌,充分显露 $C_3\sim C_7$ 椎板。切除 $C_2\sim C_3$ 、 $C_7\sim T_1$ 水平棘间韧带,暴露黄韧带结构,并修整 $C_6\sim C_7$ 棘突末端以保证棘突平面齐整。手术设定右侧为铰链侧、左侧为开门侧。A、B组分别采用蹄形与片状超声骨刀刀头行截骨操作,C组则使用高速磨钻钻头实施截骨。操作流程如下:

铰链侧处理:于关节突内侧缘椎板制备“V”形骨槽,保留内层皮质骨完整性;

开门侧截骨:采用片状超声骨刀沿关节突内侧缘完全截断椎板;

椎板成形:将 $C_3\sim C_7$ 椎板自开门侧向铰链侧整体掀起约2 cm,精细分离硬脊膜囊与椎板间粘连组织;

表1 三组多节段脊髓型颈椎病患者一般资料

组别	例数	性别[例(%)]		年龄(岁, $\bar{x} \pm s$)	病程(月, $\bar{x} \pm s$)	病情分级[ASIA, 例(%)]			
		男	女			B	C	D	E
蹄形组	50	28(56.0)	22(44.0)	52.4±5.0	25(24,36)	5(10.0)	27(54.0)	14(28.0)	4(8)
片状组	48	27(56.2)	21(43.8)	54.8±5.8	30.5(24,43.75)	3(6.3)	30(62.5)	13(27.1)	2(4.1)
磨钻组	52	29(55.8)	23(44.2)	53.6±5.2	29(25,31)	4(7.7)	29(55.8)	15(28.8)	4(7.7)
<i>F</i> 值		0.002		2.376	0.795		1.162		
<i>P</i> 值		0.99		0.096	0.454		0.454		

表2 三组多节段脊髓型颈椎病患者术前合并症情况[例(%)]

组别	例数	心血管疾病	内分泌疾病	消化系统疾病	风湿免疫	总数
蹄形组	50	13(26.0)	10(20.0)	6(12.0)	2(4.0)	22(44.0)
片状组	48	16(33.3)	13(27.1)	4(8.3)	3(6.3)	24(50.0)
磨钻组	52	15(28.8)	11(21.2)	7(13.5)	4(7.7)	21(40.4)
<i>F</i> 值		0.644	0.805	0.686	0.694	0.947
<i>P</i> 值		0.725	0.669	0.710	0.768	0.623

内固定:选取适配微型钛板,两端分别锚定于开门侧侧块及椎板,维持椎板开门状态;

切口关闭:充分冲洗术野后留置引流管,逐层缝合切口。

围术期处理:

术后48 h内拔除引流管,术后第3天下地活动,逐渐增加活动量,术前30 min应用抗生素1次,术后常规应用抗生素3~5 d,至术后抽血复查炎症指标基本正常,术后使用低分子肝素皮下注射5~7 d,预防深静脉血栓形成。术后6 h开始联合使用盐酸曲马多注射液静脉滴注qd,控制患者术后疼痛在可视类比法(visual analogue score, VAS)评分3分以内,必要时可联合阿片类药物口服应用。

四、观察指标及随访

随访情况:通过电话、邮件及门诊复查等方法进行随访。分别于术后1个月、3个月、6个月、12个月进行门诊随访,以后每年至少1次门诊检查。所有患者均拍摄颈椎正侧位X线片。术后首次复诊时指导术后康复锻炼方法,第二次复诊时进一步巩固首次复诊的要求并复查颈椎正、侧位X线片,所有患者术后3个月均复查颈椎CT。

记录三组开门操作时间:从铰链侧截骨开始至钛板安装完成的时间段(分钟);术中出血量;术前、术后1周、术后6月JOA评分,并计算改善率;门轴骨愈合率(CT三维重建评估)和并发症的发生率(C₆神经根麻痹、硬膜撕裂、术后感染、新发颈痛)。

五、统计分析方法

采用SPSS 22.0(IBM,美国)软件进行统计分析。采用Shapiro-Wilk法对数据进行正态性检验,正态分布数据:计量资料以均值±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,组间比较采用独立样本*t*检验,组内比较采用重复测量方差分析。非正态分布数据:计量资料以中位数(四分位间距)[*M*(*Q*₁, *Q*₃)]表示,组间比较采用Mann-Whitney *U*检验,组内比较采用Friedman检验。计数资料以例数和(或)百分率表示,样本量>5时用 χ^2 检验,≤5时用Fisher精确概率法。*P*<0.05为差异有统计学意义。

结果

一、一般结果

150例患者获得完整随访,随访率88.8%,随访时间24~49月,平均(30.9±7.6)月,其中A组随访时间24~46月,平均(30.2±7.5)月;B组随访时间24~44月,平均(32.8±8.5)月。C组随访时间24~49月,平均(29.8±6.8)月。

三组患者开门时间对比,A组开门时间最短[(29.8±5.5)min],显著短于B组[(38.4±7.9)min]及C组[(52.7±9.1)min],差异具有统计学意义(*P*<0.001);术中出血量对比,A组出血量最低[(78.6±20.6)ml],明显少于B组[(105.8±29.1)ml]及C组[(134.6±35.7)ml];三组术后引流量对比无明显差

异($P>0.05$);三组术后C₅神经根麻痹率对比无明显差异($P>0.05$);A组及B组硬膜撕裂率皆为0,显著少于C组7.7%(4/52);术后感染及新发颈痛三组间对比无明显差异($P>0.05$);三组患者术后3个月骨愈合率对比,A组最高(95.2%),高于B组(93.8%)及C组(84.6%),组间对比A组及B组无统计学意义($P>0.05$);JOA评分数据经重复测量设计的方差分析,不同组别间差异无统计学意义($F=2.054, P=0.132$),不同时间点间差异有统计学意义($F=578.559, P<0.001$),组别与时间点间无交互作用($F=0.422, P=0.657$)。说明不同组间,且随着时间的延长JOA逐渐增加(详见表3、4、5),典型病例见图1。

二、并发症的处理及转归

术后共4例患者出现C₅神经根麻痹,其中A组1例,发生率2%,B组1例,发生率2.1%,C组2例,发生率3.8%,4例患者均为男性,平均年龄54岁,症状均为单侧上肢活动障碍,经针灸及肩关节康复锻炼等治疗,4例患者均在术后3个月内好转;术后共4例患者出现硬膜囊撕裂,其中男性3例,女性1例,平均年龄58岁,4例患者术前CT均显示合并严重的骨化致压

物,椎管内侵占率 $>50%$,术后经卧床休息及补液等治疗,均好转;术后共5例患者出现感染,其中A组1例,发生率2%,B组1例,发生率2.1%,C组2例,发生率3.8%,其中男性4例,女性1例,平均出现时间为术后第5天,根据细菌培养结果联合抗生素对症应用,定期换药,保持切口清洁干燥,其中4例经抗生素对症治疗好转,1例再次给予清创手术治疗后好转;术后共49例患者出现新发颈痛,其中A组16例,发生率32%,B组15例,发生率31.3%,C组18例,发生率34.6%,根据术后疼痛表现给予联合应用盐酸曲马多及阿片类药物对症应用,症状均好转。

讨 论

CSM为颈椎病中症状最严重、致残率最高的分型,多节段脊髓型颈椎病(multilevel cervical spondylotic myelopathy, MCSM)即颈椎病变累及 ≥ 3 个节段,患者多有进行神经压迫症状,严重者甚至会引发瘫痪,严重影响患者的生活质量^[9-11]。手术方式主要包括前路及后路手术,目前对于多节段脊髓型颈

表3 三组多节段脊髓型颈椎病患者术前及术后JOA评分(分, $\bar{x} \pm s$)

组别	例数	术前JOA评分	术后1周JOA评分	术后6个月JOA评分	F值	P值
蹄形组	50	9.8±1.2	14.6±1.5 [*]	15.3±1.6 ^{**}	175.750	$P<0.001$
片状组	48	10.1±1.4	14.8±1.6 [*]	15.7±1.4 ^{**}	267.753	$P<0.001$
磨钻组	52	9.8±1.2	14.3±1.4 [*]	15.2±1.7 ^{**}	169.858	$P<0.001$
F值		1.563	1.623	1.196		
P值		0.215	0.203	0.307		

注:“*”表示与2周比较 $P<0.05$;“**”表示与术后1周比较 $P<0.05$

表4 三组多节段脊髓型颈椎病患者术中及术后观察指标对比($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	开门时间(min)	术中出血量(ml)	术后3个月门轴骨愈合率(%)	术后1周JOA评分改善率(%)	引流量(ml)
蹄形组	50	29.8±5.5	78.6±20.6	95.2(48/50)	65.3±22.4	81.5±29.4
片状组	48	38.4±7.9	105.8±29.1	93.8(45/48)	68.1±23.5	81.7±36.8
磨钻组	52	52.7±9.1	134.6±35.7	84.6(41/52)	61.4±20.7	74.1±27.4
统计值		$F=116.755$	$F=46.831$	$\chi^2=6.732$	$F=1.146$	$F=0.976$
P值		<0.001	<0.001	0.034	0.321	0.379

表5 三组多节段脊髓型颈椎病患者术后并发症观察指标对比[例(%)]

组别	例数	C5神经根麻痹率(%)	硬膜撕裂率(%)	术后感染率(%)	新发颈痛(%)
蹄形组	50	1(2)	0	1(2)	16(32)
片状组	48	1(2.1)	0	2(4.2)	15(31.3)
磨钻组	52	2(3.8)	4(7.7)	2(3.8)	18(34.6)
统计值		/	/	/	$\chi^2=0.29$
P值		0.582	0.047	0.836	0.865

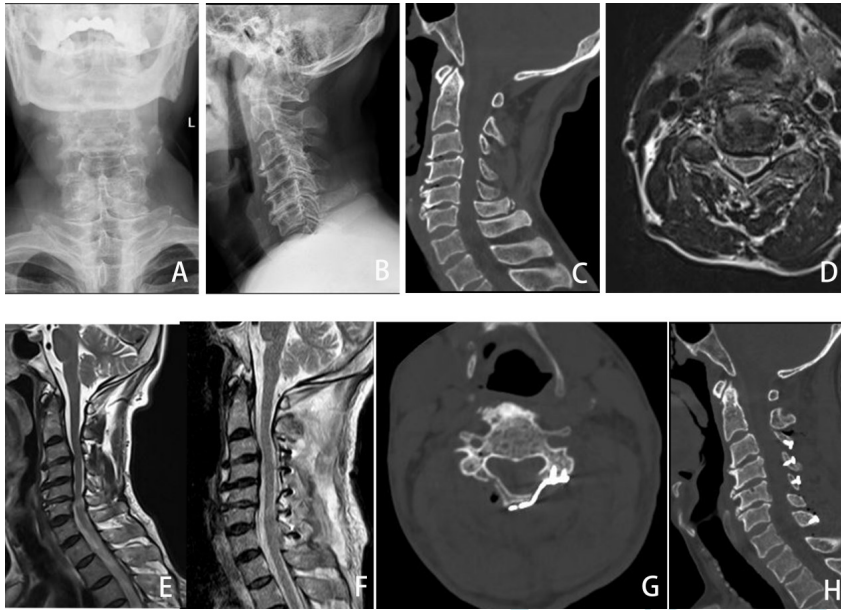


图1 患者男性,67岁,多节段脊髓型颈椎病。A、B为患者术前颈椎DR正侧位,C、D、E为术前CT矢状位、术前MRI横断位及矢状位,显示C₃₋₆椎管狭窄,颈脊髓受压,F、G、H为蹄形超声骨刀辅助下颈后路单开门椎管扩大成形术后1周MRI矢状位、CT横断位及矢状位,显示C₃₋₇椎管容积明显增大,门轴及微型钛板位置良好

椎病患者,治疗方式仍以颈后路为主,其中CEOL是最常用的手术方式^[12-15]。然而如何精准的制作门轴,提高手术效率和手术安全性是现在颈后路单开门手术所面临的问题,在本研究中,我们采用蹄形超声骨刀辅助下进行单开门时门轴的制作,结果显示,蹄形超声骨刀相较于片状超声骨刀与高速磨钻能更精准的截骨,并且具有更高的效率与安全性。

一、蹄形超声骨刀的技术优势与不足

①蹄形刀头接触面积小(尖端角度60°)、振幅振动低($\leq 30 \mu\text{m}$),片状刀头为50~100 μm ,振动能量集中,振动频率60 kHz,空化气泡密度更高,松质骨切割速度提升15%~20%(片状刀头为45 kHz),单椎板开槽时间较片状刀头更短,本研究中蹄形超声骨刀组开门时间显著短于片状超声骨刀组及磨钻组,且超声骨刀在骨组织切割过程中可引发显著的空化效应。刺激血管收缩,加速凝血酶原向凝血酶的转化,从而显著提升局部止血效率^[16-17],蹄形组术中出血量显著低于片状组及磨钻组(78.6 ± 20.3 vs 105.6 ± 28.7 vs $134.6 \pm 35.4\text{mL}$, $P < 0.001$)。②操作安全性:高速磨钻在使用过程中易对神经造成热损伤^[18-19],超声骨刀温度较低,但片状超声骨刀操作标准较高,术中使用时需动态移动刀头,避免单点持续操作(停留时间 > 3 秒),防止局部温度 $> 47^\circ\text{C}$ 导致骨组织热坏死^[20-21],对于片状刀头操作,建议在邻近硬膜囊或神经根区域放置湿润隔离材料(如生理盐水棉片),通过物理隔离与降温降低热传导风险,同时需控制操作压力($\leq 3\text{ N}$),避免因过度

施压造成椎板内层皮质意外断裂,进而损伤椎管内结构^[22]。蹄形刀头切割深度更易控制(误差 $\pm 0.2\text{ mm}$),120°接触面更贴合椎板弧度,通过弧形应力分布与高频空化效应,可在处理门轴侧开槽时一次成型,减少术中调整次数(平均2.1次 vs 片状组5.3次),切割应力均匀分散,V形横截面更易愈合,减少骨微裂纹(裂纹密度较片状刀头降低42%),术中超声骨刀组硬膜撕裂发生率0%,优于磨钻组(7.7%),契合老年患者手术安全需求。③技术普适性:蹄形超声骨刀操作使用方便,学习曲线短(约10例操作后熟练),适合推广至基层医院。

①蹄形刀头弧形设计虽适配椎板生理曲度,但在狭窄解剖区域(如C₂/C₃椎板交界处)难以调整角度,可能需要更换器械,延长手术时间;②蹄形超声骨刀的高频振动(60 kHz)可快速切割松质骨,但对钙化严重的皮质骨切割效率显著降低,易引发刀头过热($> 45^\circ\text{C}$),需切换磨钻辅助;③蹄形超声骨刀设备成本较高,基层医院推广困难。

二、蹄形超声骨刀技术要点

①蹄形刀头频率(55~60 kHz)较片状刀头更高,切割效率提升15%~20%;振幅($\leq 30 \mu\text{m}$)较传统磨钻($> 500 \mu\text{m}$)小,减少振动对神经的传导损伤;切割精度大(误差 $< 0.5\text{ mm}$),避免椎板内层皮质穿透;②铰链侧开槽定位选择椎板外侧1/3处(避开脊髓漂移路径);切割角度:刀头与椎板呈15°~20°倾斜,避免垂直切割导致内层皮质断裂;深度控制:分阶段切割(每次推进0.5 mm),至松质骨暴露

(深度 2.8 ± 0.3 mm);③避免过度压力,易致刀头断裂,需实时监测手柄震动反馈;④注意切割角度偏差,易导致门轴断裂,若条件允许可在术中使用导航辅助。牢记18字操作要点“低压力、分步切,弧形走、角度斜,勤冲洗、防过热”。

综上所述,三种器械均能有效开门,但是蹄形超声骨刀相较于片状超声骨刀与高速磨钻具有更高的效率与安全性,尤其适用于多节段CSM合并骨质疏松的老年患者。本研究为单中心回顾性队列研究,且样本量偏小,后续需进行大样本量多中心前瞻性对照研究,以进一步验证蹄形超声骨刀辅助下颈后路单开门治疗多节段脊髓型颈椎病的临床效果。

参 考 文 献

- 1 JD C, AR V. Instrumented transforaminal lumbar interbody fusion with bioresorbable polymer implants and iliac crest autograft [J]. Spine, 2005, 30(17): S76-S83.
- 2 郝喜荣,赵轶波,陆向东,等. 颈后路单开门椎管扩大成形术中开门侧不同固定方式的疗效比较 [J]. 中华骨科杂志, 2017, 37(8): 449-456.
- 3 赵斌,王晓楠,赵晓峰. 穹顶式可控椎管扩大成形颈后路手术技术——传承与创新 [J]. 中华创伤骨科杂志, 2023, 25(8): 645-648.
- 4 Sun B, Xu C, Wu S, et al. Efficacy and Safety of Ultrasonic Bone Curette-assisted Dome-like Laminoplasty in the Treatment of Cervical Ossification of Longitudinal Ligament [J]. Orthop Surg, 2021, 13(1): 161-167.
- 5 任毅,张海鸿. 超声骨刀辅助后路单开门椎管扩大成形术治疗多节段脊髓型颈椎病的疗效观察 [J]. 中华全科医学, 2024, 22(4): 562-565, 694.
- 6 刘佳,牛东阳,鲍小刚,等. 超声骨刀联合高速磨钻在严重胸椎管狭窄症术中应用的有效性及其安全性 [J]. 中华医学杂志, 2020, 100(7): 521-526.
- 7 张振辉,王庆德,王仲伟,等. 超声骨刀辅助下分区式椎板切除术治疗重度胸椎黄韧带骨化症 [J]. 中华外科杂志, 2021, 59(11): 940-946.
- 8 侯哲,菅强,王寅千,等. 超声骨刀在颅底凹陷合并寰枢椎脱位手术中应用的安全性和有效性分析 [J]. 中华神经外科杂志, 2023, 39(9): 865-869.
- 9 段笑宗,皮国富,王丹,等. 单开门椎管扩大成形术侧椎板及侧块植骨治疗多节段脊髓型颈椎病的短期疗效 [J]. 中华实验外科杂志, 2024, 41(6): 1325-1328.
- 10 Hirabayashi K, Watanabe K, Wakano K, et al. Expansive open-door laminoplasty for cervical spinal stenotic myelopathy [J]. Spine, 1983, 8(7): 693-699.
- 11 高志军,朱俊,姚帅辉. 颈后路单开门微型钛板内固定治疗多节段脊髓型颈椎病的短期疗效 [J]. 中华骨与关节外科杂志, 2019, 12(2): 94-97.
- 12 刘俊良,镇万新,杨大志,等. 保留后方韧带复合体的改良式单开门椎板成形术治疗多节段脊髓型颈椎病 [J]. 中华生物医学工程杂志, 2020, 26(3): 268-273.
- 13 王超,石志才,栗景峰,等. 零切迹融合器与钛板椎间融合器内固定治疗伴后凸畸形的脊髓型颈椎病 [J]. 中华骨科杂志, 2020, 40(22): 1513-1521.
- 14 关晓明,马迅. 脊髓型颈椎病手术入路及减压融合方式的选择策略 [J]. 中华骨科杂志, 2019, 39(23): 1478-1484.
- 15 关海山,李承罡,史洁,等. 前路减压融合术与后路单开门椎管扩大成形术治疗多节段脊髓型颈椎病的中期随访研究 [J]. 中华骨科杂志, 2019, 39(17): 1044-1052.
- 16 许春阳,杨晋才,尹鹏,等. 颈后路手术治疗脊髓型颈椎病的应用进展 [J]. 中华骨与关节外科杂志, 2022, 15(04): 296-301.
- 17 M AS, W JC, Alexander O, et al. Efficacy and Safety of the Ultrasonic Bone Scalpel in Lumbar Laminectomies [J]. Spine Surg Relat Res, 2022, advpub(5): 242-248.
- 18 格日勒,刘鑫,杨鹏,等. 应用跳跃式与连续式 Arch 钛板内固定的颈后路单开门椎管扩大成形术对比研究 [J]. 中华医学杂志, 2021, 101(25): 1978-1984.
- 19 Suzuki K, Wanibuchi M, Minamida Y, et al. Heat generation by ultrasonic bone curette comparing with high-speed drill [J]. Acta Neurochir (Wien), 2018, 160(4): 721-725.
- 20 Akenaka S, Hosono N, Mukai Y, et al. The use of cooled saline during bone drilling to reduce the incidence of upper-limb palsy after cervical laminoplasty: clinical article [J]. J Neurosurg Spine, 2013, 19(4): 420-427.
- 21 付信杰,孙宇. 颈后路单开门椎管扩大椎板成形术后远期并发症的研究现状 [J]. 中华医学杂志, 2020, 100(45): 3646-3648.
- 22 王黎明,丁联,刘宇光. 超声骨刀与高速磨钻在颈后路单开门椎管成形术中的效果比较 [J]. 中华实验外科杂志, 2026, 43(1): 154-158.

(收稿日期:2025-10-25)

(本文编辑:吕红芝)

李亚伟,潘强强,张振辉,等. 蹄形超声骨刀辅助下颈后路单开门治疗多节段脊髓型颈椎病的临床研究 [J/CD]. 中华老年骨科与康复电子杂志, 2026, 12(1): 25-30.