

· 临床论著 ·

开放获取

## 颈椎后纵韧带骨化后路椎管扩大预后的相关因素<sup>△</sup>

沈晓龙, 魏磊鑫, 徐辰, 吴卉乔, 钟华建, 王睿哲, 张子凡, 刘洋, 王新伟, 陈华江, 袁文\*

(海军军医大学第二附属医院骨科, 上海 200003)

**摘要:** [目的] 分析颈椎后纵韧带骨化症 (cervical ossification of the posterior longitudinal ligament, C-OPLL) 行颈后路单开门椎管扩大成形术 (cervical unilateral open door laminoplasty, UODL) 临床恢复的预测因素。[方法] 回顾性分析 2013 年 1 月—2021 年 1 月接受 UODL 手术治疗的 OPLL 患者 316 例患者的临床资料, 术前采用作者创立的脊髓后方压迫评分 (posterior compression score of spinal cord, PCS) 对 MRI 影像进行评估。采用单因素比较和多元逐步回归分析评价影响临床恢复的相关因素。[结果] 所有患者均顺利完成手术, 未发生严重神经损伤、感染等并发症。患者平均随访时间 (53.7±23.3) 个月, 根据术后 2 年时 JOA 评分恢复率, 160 例 JOA 评分恢复率≥50% 的患者为恢复好组, 另外 156 例 JOA 评分恢复率<50% 的患者为恢复差组。恢复好组的病程 [(20.3±7.6) 个月 vs (29.2±8.7) 个月,  $P<0.001$ ] 显著短于恢复差组、脊髓高信号的发生率 [例, 有/无 (36/124) vs (70/86),  $P<0.001$ ] 显著低于恢复差组、PCS 评分 [(10.7±3.4) vs (5.7±2.6),  $P<0.001$ ] 显著大于恢复差组。两组在年龄、性别构成、BMI、高血压病史比率、糖尿病病史比率、吸烟史比率、脑卒中比率、术前 C<sub>2-7</sub> Cobb 角、C<sub>2-7</sub> SVA、T1 slope、K 线、骨化累及椎体数、骨化占位率、骨化厚度、术后康复训练比例方面差异均无统计学意义 ( $P>0.05$ )。多元线性逐步回归方程为:  $Y=7.395-0.306\times\text{病程}+5.832\times\text{术前 PCS 评分}$ , 多元逐步回归分析结果表明, 病程长 ( $B=-0.306, P<0.001$ ) 和术前 PCS 评分低 ( $B=5.832, P<0.001$ ) 是术后神经恢复差的主要相关因素。[结论] 病程长是术后神经恢复差的危险因素, 而术前 PCS 评分高是术后神经恢复好的积极因素。

**关键词:** 颈椎后纵韧带骨化症, 椎管扩大椎板成形术, 临床恢复, 相关因素

中图分类号: R686.5 文献标志码: A 文章编号: 1005-8478 (2024) 13-1158-05

**Factors related to prognosis of cervical unilateral open door laminoplasty for ossification of the posterior longitudinal ligament** // SHEN Xiao-long, WEI Lei-xin, XU Chen, WU Hui-qiao, ZHONG Hua-jian, WANG Rui-zhe, ZHANG Zi-fan, LIU Yang, WANG Xin-wei, CHEN Hua-jiang, YUAN Wen. Department of Orthopedics, The Second Affiliated Hospital, Naval Medical University of PLA, Shanghai 200003, China

**Abstract: [Objective]** To explore the predictive factors of clinical recovery in cervical unilateral open-door laminoplasty (UODL) for the cervical ossification of the posterior longitudinal ligament (C-OPLL). **[Methods]** A retrospective analysis was conducted on 316 patients who underwent UODL for C-OPLL in our department from January 2013 to January 2021. The posterior compression score of spinal cord (PCS) created by us was used to evaluate MRI images before surgery. Univariate comparison and multiple stepwise regression analysis were used to evaluate the factors related to clinical recovery. **[Results]** All patients had UODL performed successfully without serious nerve injury, infection and other complications. The mean follow-up time of patients was of (53.7±23.3) months. According to the recovery rate of JOA score 2 years after surgery, 160 patients with JOA score recovery rate ≥50% were considered as good recovery group (the GR), while other 156 patients with JOA score recovery rate <50% were considered as poor recovery group (the PR). The GR group proved a significantly shorter duration of the disease [(20.3±7.6) months vs (29.2±8.7) months,  $P<0.001$ ], significantly lower incidence of high signal on MRI preoperatively [yes/no, (36/124) vs (70/86),  $P<0.001$ ], whereas significantly higher PCS score [(10.7±3.4) vs (5.7±2.6),  $P<0.001$ ] than the PR group. However, there were no significant differences in terms of age, gender composition, body mass index (BMI), previous hypertension, diabetes, smoking and stroke histories, preoperative C<sub>2-7</sub> Cobb angle, C<sub>2-7</sub> SVA, T1 slope, K-line, number of vertebra involved in ossification, ossification occupying rate, ossification thickness, and postoperative rehabilitation training ratio between the two groups ( $P>0.05$ ). As result of multiple linear stepwise regression, the equation was as follows:  $Y=7.395-0.306\times\text{disease course}+5.832\times\text{preoperative PCS score}$ , which meant long disease course ( $B=-0.306, P<0.001$ ), while low preoperative PCS score ( $B=5.832, P<0.001$ ) were the main factors related to poor post-

DOI:10.20184/j.cnki.Issn1005-8478.100451

△基金项目:上海市“科技创新行动计划”自然科学基金面上项目(编号:23ZR1478000)

作者简介:沈晓龙,副主任医师,研究方向:脊柱退变与畸形,(电子信箱)spine\_shen@163.com

\*通信作者:袁文,(电子信箱)spine\_yuanwen@163.com

operative recovery. [Conclusion] Long disease course is a risk factor for poor postoperative recovery, while high preoperative PCS score is a positive factor for good postoperative recovery.

**Key words:** cervical ossification of the posterior longitudinal ligament, cervical unilateral open door laminoplasty, clinical recovery, related factors

颈后路单开门椎管扩大成形术 (cervical unilateral open door laminoplasty, UODL) 在改善神经功能方面具有显著的效果, 目前已广泛应用于颈椎后纵韧带骨化症 (cervical ossification of the posterior longitudinal ligament, C-OPLL) 患者的手术治疗<sup>[1-3]</sup>。Fujiyoshi 等<sup>[5]</sup>最先提出 K 线的概念, 认为术前 K 线阴性的患者, 颈后路减压术后脊髓的漂移将不充分, 神经功能的改善也不明显。此后部分学者将 K 线阴性视为 UODL 术后神经功能预后差的危险因素, 甚至有学者认为 K 线阴性是 UODL 的禁忌<sup>[4]</sup>。然而, 在临床上, 作者遇到很多 K 线阴性行 UODL 的患者术后恢复良好, K 线阴性与预后差可能没有必然的联系, 会不会存在一种新评价指标, 能更准确地预测 UODL 的神经恢复情况? 通过反复的临床观察, 作者提出一种新的评价指标: 脊髓后方压迫评分 (posterior compression score of spinal cord, PCS), 该指标能准确预测 UODL 的神经恢复情况。为了进一步验证 PCS 评分的预测作用, 特做本回顾性研究, 现报道如下。

## 1 资料与方法

### 1.1 纳入与排除标准

纳入标准: (1) 年龄 30~80 岁; (2) 因 C-OPLL 接受 UODL 手术的患者; (3) 手术区域椎板扩大数至少 4 个。

排除标准: (1) 合并帕金森、脑梗等神经内科疾病; (2) 合并强直性脊柱炎等风湿类疾病; (3) 有颈椎畸形、外伤、感染、肿瘤、颈后路手术等病史。

### 1.2 一般资料

回顾性分析 2013 年 1 月—2021 年 1 月接受 UODL 手术治疗的 OPLL 患者的临床资料, 其中 316 例患者符合上述纳入标准, 且获长期随访, 纳入本研究。其中, 男 177 例, 占 56.0%, 女 139 例, 占 44.0%; 年龄 35~79 岁, 平均 (60.3±11.7)。随访时间 24~120 个月, 平均 (53.7±23.3) 个月。本研究通过海军军医大学第二附属医院临床研究伦理委员会伦理审查, 所有患者均知情同意。

### 1.3 手术方法

所有患者术前 1 d 剃光头备皮, 全身麻醉后取俯

卧位, 取颈后正中长约 10 cm 切口, 切开皮肤, 显露颈后皮下筋膜, 手指触摸棘突最末端, 用电刀经棘突两侧骨膜下分离肌肉韧带, 显露各椎板及侧块内缘, 仔细止血。在椎板右侧与侧块交界处用磨钻磨除表层骨皮质, 开槽作为铰链。椎板左侧与侧块交界处用磨钻磨至内层骨皮质, 用 2 mm 枪钳咬除剩余骨质, 使椎板与侧块完全离断, 骨槽作为开门侧, 明胶海绵填塞入骨槽以压迫止血。用椎板夹持器夹持椎板并旋转, 头端至尾端逐个开门, 使用合适长度的 ARCH 钛板 (强生, 美国) 及螺钉固定于开门侧。术中注意 C<sub>2/3</sub> 的棘上韧带与棘间韧带应予以保留、C<sub>7</sub>~T<sub>1</sub> 的棘上韧带与棘间韧带要离断, 仔细止血后大量生理盐水冲洗, 放置负压引流管后关闭切口, 术后 48~72 h 拔除引流管, 术后第 2 d 鼓励患者佩戴颈托下床活动。

### 1.4 评价指标

本团队首次提出 PCS 的概念: 在患者 T2 加权的矢状位 MRI 上, 如果脊髓在后方椎板处有受压 (脑脊液影像消失、脊髓受压有形变) 记为 2 分, 如果脊髓在后方椎板间受压记为 1 分, 如脊髓多处受压或不同矢状层面受压, 叠加计算总分, 测量方法见图 1a。

记录患者的年龄、性别、病程、体质指数 (body mass index, BMI)、是否有高血压、糖尿病史、是否进行正规的康复训练。影像学测量包括: 术前 C<sub>2-7</sub> Cobb 角、C<sub>2-7</sub> SVA、K 线、PCS 评分、骨化累及椎体数、骨化占位率、骨化厚度。K 线测量方法: 颈椎侧位片上 C<sub>2</sub> 椎管中心与 C<sub>7</sub> 椎管中心连线, 如果骨化物超过 K 线定义为阴性, 如果骨化物未超过 K 线定义为阳性 (图 1b)。采用日本骨科协会评分 (Japanese Orthopedic Association, JOA) 评价神经功能状况。JOA 恢复率 = (术后 JOA 评分 - 术前 JOA 评分) / (17 - 术前 JOA 评分) × 100%。

### 1.5 统计学方法

使用 SPSS 18.0 (SPSS 公司, 美国) 统计软件包进行统计分析, 计量资料符合正态分布, 采用  $\bar{x} \pm s$  表示, 两样本均数比较采用独立样本量 *t* 检验。计数资料采用卡方检验进行分析。以 JOA 评分恢复率为因变量, 将单因素分析中  $P < 0.10$  的变量为自变量, 进行多元线性回归分析。 $P < 0.05$  为差异有统计学意义。



图 1. 患者女性, 56 岁, 术前诊断为 C-OPLL, 行 UODL 术。1a: 术前矢状位 MRI 影像行 PCS 评分, 1 处椎板间受压 (红色箭头) 记为 1 分, 1 处椎板处受压 (蓝色箭头) 记为 2 分, 该患者 PCS 总评分为 13 分, 作者认为此患者有 UODL 的良好指征; 1b: 术前矢状位 CT 提示 Fujiyoshi 的 K 线阴性, 一般认为不宜行 UODL; 1c: 术后患者神经症状恢复理想, 矢状位 MRI 提示脊髓漂移减压充分; 1d: 术后 2 年矢状位 MRI 提示脊髓减压充分。

Figure 1. A 56-year-old female received UODL for C-OPLL. 1a: The PCS was evaluated on sagittal MRI images before surgery, in which one compression at the interspace between two lamina (red arrow) was marked as 1 point, while one compression under the lamina (blue arrow) was marked as 2 points. This patient had a total PCS of 13 points, and we thought this patients met indication of UODL well; 1b: Preoperative sagittal CT showed that the Fujiyoshi's K line was negative, which was usually believed inappropriate to UOD; 1c: This patient got neurological symptoms recovered well after surgery, with sagittal MRI showed sufficient spinal cord drifting and decompression; 1d: Sagittal MRI at 2 years postoperatively indicated the spinal cord decompressed sufficiently.

## 2 结果

### 2.1 临床结果

所有患者均顺利完成手术, 未发生严重神经损伤、感染等并发症, 患者术后神经症状得到不同程度改善。7 例出现脑脊液漏, 经保守治疗后好转; 3 例术后早期出现神经症状加重, 考虑脊髓缺血再灌注损伤, 经脱水、康复训练等保守治疗, 术后 2 个月神经功能得到明显恢复。27 例患者术后切口延迟愈合, 经 1~3 周清洁换药后切口愈合。

随访时间 24~120 个月, 平均 (53.7±23.3) 个月。9 例患者出现 C<sub>5</sub> 神经根病, 经康复训练术后 6 个月基本恢复同术前。术后 2 个月轴性颈痛 63 例, 发生率为 19.9%。术后 2 年轴性痛 29 例, 发生率为 9.2%。患者典型术后影像见图 1c, 1d。

### 2.2 分组比较

根据患者术后 2 年时 JOA 评分恢复率, 将 JOA 评分恢复率≥50% 的 160 例患者纳入恢复好组, 将 JOA 评分恢复率<50% 的 156 例患者纳入恢复差组。两组术患者单因素比较见表 1, 恢复好组的病程显著短于恢复差组 ( $P<0.05$ ), 恢复好组脊髓高信号的发生率显著低于恢复差组 ( $P<0.05$ ), 恢复好组 PCS 评分显著大于恢复差组 ( $P<0.05$ )。两组在年龄、性别构成、BMI、高血压病史比率、糖尿病病史比率、吸烟史比率、脑卒中

比率、术前 C<sub>2-7</sub> Cobb 角、C<sub>2-7</sub> SVA、T1 slope、K 线、骨化累及椎体数、骨化占位率、骨化厚度、术后康复训练比例方面的差异均无统计学意义 ( $P>0.05$ )。

表 1. 两组患者术后神经功能恢复情况的单项因素比较  
Table 1. Univariate comparison of neurological function recovery between the two groups

指标	恢复好组 (n=160)	恢复差组 (n=156)	P 值
一般资料			
年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$ )	60.3±9.8	61.5±12.4	0.335
性别 (例, 男/女)	87/73	90/66	0.572
BMI (kg/m <sup>2</sup> , $\bar{x} \pm s$ )	25.2±3.5	25.5±3.6	0.352
病程 (月, $\bar{x} \pm s$ )	20.3±7.6	29.2±8.7	<0.001
吸烟 (例, 是/否)	43/117	48/108	0.458
糖尿病 (例, 是/否)	31/129	33/123	0.779
高血压 (例, 是/否)	71/89	68/88	0.910
脑卒中病史 (例, 是/否)	14/146	15/141	0.846
术前影像			
脊髓高信号 (例, 有/无)	36/124	70/86	<0.001
C <sub>2-7</sub> Cobb (°, $\bar{x} \pm s$ )	10.3±6.3	10.2±7.3	0.865
C <sub>2-7</sub> SVA (°, $\bar{x} \pm s$ )	23.7±10.3	22.7±11.3	0.393
T <sub>1</sub> slop (°, $\bar{x} \pm s$ )	25.0±9.2	25.7±9.6	0.502
K 线 (例, -/+)	27/133	41/115	0.054
PCS 评分 (分, $\bar{x} \pm s$ )	10.7±3.4	5.7±2.6	<0.001
累及节段数 (节, $\bar{x} \pm s$ )	3.1±0.8	3.3±0.8	0.225
骨化占位率 (% , $\bar{x} \pm s$ )	58.3±11.4	60.6±11.1	0.067
最大骨化厚度 (mm <sup>2</sup> , $\bar{x} \pm s$ )	6.7±1.7	6.8±1.9	0.396
术后康复训练 (例, 是/否)	70/90	65/91	0.733

### 2.3 JOA 评分改善率的多元回归分析

以 JOA 评分恢复率为因变量，病程、脊髓高信号、K 线、术前 PCS 评分和骨化占位率为自变量行多元逐步回归分析，采用  $P < 0.05$  为选入， $P > 0.10$  为移出标准的 Stepwise 法，第 1 步自变量“病程”入选，复合相关系数  $R = 0.716$ ；第 2 步自变量“脊髓高信号”未入选， $R = 0.763$ ；第 3 步自变量“K 线”未入选， $R = 0.809$ ；第 4 步自变量“术前 PCS 评分”入选， $R = 0.854$ ，第 5 步自变量“骨化占位率”未入选， $R = 0.871$ ，方程有效性经方差检验， $F = 70.375$ ， $P < 0.001$ 。多元线性逐步回归分析结果见表 2，多元线性逐步回归方程为： $Y = 7.395 - 0.306 \times \text{病程} + 5.832 \times \text{术前 PCS 评分}$ 。由方程可知，偏回归系数正值与 JOA 评分改善率的正向因素，负值为负向因素，表明病程长 ( $B = -0.306$ ,  $P < 0.001$ ) 术后神经恢复差的相关因素，而术前 PCS 高 ( $B = 5.832$ ,  $P < 0.001$ ) 是术后神经恢复好的正向因素。

表 2. JOA 评分改善率的多元逐步回归分析  
Table 2. Multiple stepwise regression analysis of JOA score recovery rate

自变量	回归系数 B	标准误 SE	标准化回归系数	P 值
常数项	7.395	0.631	-	<0.001
病程	-0.306	0.006	-0.217	<0.001
术前 PCS 评分	5.832	0.008	0.321	<0.001

## 3 讨论

部分 C-OPLL 患者行颈后路椎管扩大成形术，术后出现恢复不理想的情况，有学者认为可能与术前 K 线阴性有关，由于该类患者骨化物超过 K 线、脊髓的弓弦效应消失、颈髓无法明显后移，致使椎管扩大成形的减压效果大幅减低，导致术后预后不佳的发生。因此有学者认为 K 线阴性的 C-OPLL 患者不建议使用椎管扩大成形术<sup>[4, 5]</sup>。然而，有学者认为 K 线的指导意义不大<sup>[6]</sup>，有研究认为：C-OPLL 骨化占位率  $> 60\%$  的患者行颈后路椎管扩大成形术，其神经功能恢复要差于占位率  $\leq 60\%$  的患者，骨化占位率  $> 60\%$  被认为是神经功能恢复的重要预测因素，然而，K 线阴性、骨化形态和 MRI 信号变化未被确定为神经功能恢复的重要预测因素。综上所述，K 线能否预测 C-OPLL 患者行颈后路椎管扩大成形的术后疗效存在很大的争议。

有研究发现，术前  $C_{2-7}$  ROM 越大，椎板扩大成形术后神经恢复效果就越差，作者认为，颈椎活动度可能对椎板成形术的临床效果产生影响，术前  $C_{2-7}$

活动范围  $> 20^\circ$  是唯一与不良临床结果相关的重要独立预测因素<sup>[7]</sup>。

有研究发现，行颈后路椎管扩大成形术的老年组患者术前 JOA 评分、术后 JOA 评分、术后 JOA 改善率均显著低于非老年组<sup>[8]</sup>，学者认为患者年龄越大，颈后路椎管扩大成形术后恢复就越差<sup>[9-11]</sup>，但也有学者认为，老年组颈后路椎管扩大成形术后恢复较差是正常现象，老年患者术后神经功能恢复的影响因素较多，如：认知障碍、合并骨关节炎影响四肢活动、创伤后恢复能力差等<sup>[12]</sup>。

有学者认为，颈椎 MRI 的髓内高信号与椎板扩大成形术后神经恢复不佳有关。髓内高信号可能与脊髓软化、脊髓长时间受压导致缺血坏死有关。有研究发现，伴有 T2 加权像高信号的患者，脊髓功能恢复不佳，预后较差<sup>[13-15]</sup>。但也有学者认为，T2 加权像上的脊髓高信号没有特异性，研究表明，T2 加权像上的脊髓高信号患者行椎管扩大成形术或椎板切除融合固定术，两组间的神经功能恢复没有差异，然而，椎管扩大成形术组的手术时间短，术后并发症发生率低，术后颈椎活动度保留更佳<sup>[16]</sup>。

K 线被用于术前预测 C-OPLL 手术的疗效，大部分国内外学者认为，K 线阳性患者的神经功能改善率要明显优于 K 线阴性患者。本研究发现部分 K 线阴性的患者，在接受 UODL 术后，神经功能恢复良好，其他学者也有类似的发现<sup>[18]</sup>。作者认为 K 线不能准确判断 UODL 术后神经恢复情况，可能的原因：K 线理论用  $C_2$ 、 $C_7$  椎管中心连线来测量，也就是认为脊髓在  $C_2$ 、 $C_7$  椎管水平没有向背侧漂移，如果 UODL 手术节段超过了  $C_2$  或  $C_7$  水平， $C_2$  或  $C_7$  的脊髓参与了向背侧漂移，那么该患者就不适合用 K 线理论来评价，换句话说：K 线理论仅适用于 UODL 手术节段位于  $C_{3-6}$  的患者。临床上遇到很多累及  $C_2$  甚至  $C_1$  的 C-OPLL 患者，此类患者如果强行用 K 线理论来评价 UODL 术后神经恢复情况，就会导致错误结论的发生。作者认为行后路的 UODL 手术，评价指标应该取椎管的后方结构，而不是将注意力集中在脊髓前方的骨化物。因此，作者首次提出 PCS 的概念，PCS 反映了脊髓在背侧压迫的程度及范围，同时也反映了脊髓向后方漂移的潜力。PCS 分值越大，说明脊髓在背侧受压越严重，UODL 手术后，脊髓向背侧漂移的潜力就越大<sup>[19]</sup>。本研究结果表明，PCS 评分高的患者，UODL 术后神经功能恢复明显好于评分低者，PCS 评分可准确预测 UODL 术后神经功能的恢复情况，是一种简单快速的评分系统，可用于 C-OPLL 患者的 UODL 手术决策。

本研究的局限性：本研究为回顾性研究，样本

量相对较小,尚需要进一步的前瞻性研究来证实这一新指标的有效性及其实用性。

### 参考文献

- [1] Goh BC, Striano BM, Lopez WY, et al. Laminoplasty versus laminectomy and fusion for cervical spondylotic myelopathy: a cost analysis [J]. *Spine J*, 2020, 20 (11): 1770-1775. DOI: 10.1016/j.spinee.2020.07.012.
- [2] Machino M, Ando K, Kobayashi K, et al. Risk factors for poor outcome of cervical laminoplasty: multivariate analysis in 505 patients with cervical spondylotic myelopathy [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2021, 46 (5): 329-336. DOI: 10.1097/BRS.00000000000003783.
- [3] Phan K, Scherman DB, Xu J, et al. Laminectomy and fusion vs laminoplasty for multi-level cervical myelopathy: a systematic review and meta-analysis [J]. *Eur Spine J*, 2017, 26 (1): 94-103. DOI: 10.1007/s00586-016-4671-5.
- [4] Koda M, Mochizuki M, Konishi H, et al. Comparison of clinical outcomes between laminoplasty, posterior decompression with instrumented fusion, and anterior decompression with fusion for K-line (-) cervical ossification of the posterior longitudinal ligament [J]. *Eur Spine J*, 2016, 25 (7): 2294-2301. DOI: 10.1007/s00586-016-4555-8.
- [5] Fujiyoshi T, Yamazaki M, Kawabe J, et al. A new concept for making decisions regarding the surgical approach for cervical ossification of the posterior longitudinal ligament: the K-line [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2008, 33 (26): E990-993. DOI: 10.1097/BRS.0b013e318188b300.
- [6] Nagashima H, Nanjo Y, Tanida A, et al. Influence of spinous process spacers on surgical outcome of laminoplasty for OPLL [J]. *Orthopedics*, 2013, 36 (4): e494-500. DOI: 10.3928/01477447-20130327-29.
- [7] Maruo K, Moriyama T, Tachibana T, et al. The impact of dynamic factors on surgical outcomes after double-door laminoplasty for ossification of the posterior longitudinal ligament of the cervical spine [J]. *J Neurosurg Spine*, 2014, 21 (6): 938-943. DOI: 10.3171/2014.8.SPINE131197.
- [8] Takeshima Y, Matsuoka R, Nakagawa I, et al. Surgical outcome of laminoplasty for cervical spondylotic myelopathy in an elderly population-potentiality for effective early surgical intervention: a meta-analysis [J]. *Neurol Med Chir (Tokyo)*, 2017, 57 (7): 366-373. DOI: 10.2176/nmc.ra.2016-0302.
- [9] Holly LT, Matz PG, Anderson PA, et al. Clinical prognostic indicators of surgical outcome in cervical spondylotic myelopathy [J]. *J Neurosurg Spine*, 2009, 11 (2): 112-118. DOI: 10.3171/2009.1.SPINE08718.
- [10] Yoshida G, Kanemura T, Ishikawa Y, et al. The effects of surgery on locomotion in elderly patients with cervical spondylotic myelopathy [J]. *Eur Spine J*, 2013, 22 (11): 2545-2551. DOI: 10.1007/s00586-013-2961-8.
- [11] Matsuda Y, Shibata T, Oki S, et al. Outcomes of surgical treatment for cervical myelopathy in patients more than 75 years of age [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 1999, 24 (6): 529-534. DOI: 10.1097/00007632-199903150-00005.
- [12] Yamazaki T, Yanaka K, Sato H, et al. Cervical spondylotic myelopathy: surgical results and factors affecting outcome with special reference to age differences [J]. *Neurosurgery*, 2003, 52 (1): 122-126. DOI: 10.1097/00006123-200301000-00015.
- [13] Tetreault LA, Dettori JR, Wilson JR, et al. Systematic review of magnetic resonance imaging characteristics that affect treatment decision making and predict clinical outcome in patients with cervical spondylotic myelopathy [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2013, 38 (22 Suppl 1): S89-110. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3182a7eae0.
- [14] 李阳, 袁文, 张颖, 等. 伴脊髓高信号改变的颈椎后纵韧带骨化症手术治疗及疗效分析 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2010, 18 (1): 38-41.  
Li Y, Yuan W, Zhang Y et al. Surgical treatment of cervical ossification of posterior longitudinal ligament with high-signal intensity zone and analysis of the curative effect [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2010, 18 (1): 38-41.
- [15] 张健, 贾连顺, 陈雄生, 等. 颈脊髓信号改变对颈椎后纵韧带骨化手术疗效的影响 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2017, 25 (17): 1541-1545. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2017.17.02.  
Zhang J, Jia L, Chen X, et al. Correlation between MRI signal change and treatment outcome of posterior longitudinal ligament ossification [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2017, 25 (17): 1541-1545. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2017.17.02.
- [16] He X, Zhang JN, Liu TJ, et al. Is laminectomy and fusion the better choice than laminoplasty for multilevel cervical myelopathy with signal changes on magnetic resonance imaging? A comparison of two posterior surgeries [J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2020, 21 (1): 423. DOI: 10.1186/s12891-020-03435-7.
- [17] 贾斌, 栾冠楠, 陈宇飞, 等. K线在预测颈椎全椎板切除减压治疗多节段后纵韧带骨化症疗效中的应用 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2015, 23 (11): 981-985. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2015.11.05.  
Jia B, Luan G, Chen Y, et al. K-line as prediction of prognosis of cervical laminectomy and fusion for the treatment of multilevel cervical ossification of posterior longitudinal ligament [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2015, 23 (11): 981-985. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2015.11.05.
- [18] Tsujimoto T, Endo T, Menjo Y, et al. Exceptional conditions for favorable neurological recovery after laminoplasty in cases with cervical myelopathy caused by K-line (-) ossification of posterior longitudinal ligament [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2021, 46 (15): 990-998. DOI: 10.1097/BRS.00000000000003945.
- [19] Wei L, Cao P, Xu C, et al. A novel posterior compression score system for outcome prediction in laminoplasty treated OPLL patients: a propensity-matched analysis [J/OL]. *Global Spine J*, 2022, Online ahead of print. <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/21925682221130045>. DOI: 10.1177/21925682221130045.

(收稿:2023-06-27 修回:2023-12-13)

(同行评议专家:李世梁, 张喜善)

(本文编辑:闫承杰)