

论 著

术前常规MRI+颈椎矢状面参数预测神经根型颈椎病术后病情转归价值及对手术治疗指导意义分析*

吴 迪* 季雨晴 秦绪沛
连云港市第一人民医院影像科
(江苏 连云港 222000)

【摘要】目的 分析术前常规MRI+颈椎矢状面参数预测神经根型颈椎病术后病情转归价值及对手术治疗指导意义, 以期临床早期针对性制定干预方案提供参考。**方法** 选取2020年1月~2022年6月我院收治的249例神经根型颈椎病患者, 根据术后6个月日本骨科学会(JOA)评分改善率将患者分为病情转归良好组($n=211$, JOA改善率 $>50\%$)、不良组($n=38$, JOA改善率 $\leq 50\%$)。比较两组术前常规MRI+颈椎矢状面参数[受累节段数量、脊髓水肿/变性、 C_{2-7} Cobb角、 C_{1-7} 矢状面 轴向距离(SVA)、 C_{2-7} SVA、 T_1 倾斜角(T_1S)、椎间孔宽度、 T_1 倾斜角与颈椎前凸的差值(T_1S-CL)、节段前凸(SL)], Pearson分析 C_{2-7} Cobb角、 T_1S 、椎间孔宽度、 T_1S-CL 与术后6个月JOA评分关系, 偏相关性分析术后6个月JOA评分相关因素, 受试者工作特征曲线(ROC)分析术前常规MRI+颈椎矢状面参数预测术后病情转归价值。**结果** 不良组脊髓水肿/变性患者占比、 T_1S 、 T_1S-CL 高于良好组, C_{2-7} Cobb角、椎间孔宽度低于良好组($P<0.05$); T_1S 、 T_1S-CL 与术后6个月JOA评分呈负相关, C_{2-7} Cobb角、椎间孔宽度与术后6个月JOA评分呈正相关($P<0.05$); 偏相关性分析显示, 脊髓水肿/变性、 C_{2-7} Cobb角、 T_1S 、椎间孔宽度、 T_1S-CL 均与术后6个月JOA评分相关($P<0.05$); 脊髓水肿/变性、 C_{2-7} Cobb角、 T_1S 、椎间孔宽度、 T_1S-CL 预测病情转归AUC分别为0.647、0.797、0.802、0.767、0.750, 各参数联合预测AUC为0.913, 敏感度为94.74%, 特异度为78.67%。**结论** 术前常规MRI+颈椎矢状面参数可用于神经根型颈椎病术后病情转归预测评估中, 临床可通过其制定术前手术方案, 以改善术后病情转归。

【关键词】 MRI; 颈椎矢状面参数;
神经根型颈椎病; 手术治疗;
病情转归; 预测价值

【中图分类号】 R445.2; R61

【文献标识码】 A

【基金项目】 江苏省优势学科建设工程项目
(YSHL0814-217)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2024.01.016

Preoperative Conventional MRI+ Cervical Sagittal Plane Parameters in Predicting the Prognosis of Cervical Radiculopathy after Surgery and Analysis of Its Guiding Significance for Surgical Treatment*

WU Di*, JI Yu-qing, QIN Xu-pei.

Department of Imaging, The First People's Hospital of Lianyungang City, Lianyungang 222000, Jiangsu Province, China

ABSTRACT

Objective To analyze the value of preoperative routine MRI+ cervical sagittal plane parameters in predicting postoperative outcome of cervical radiculopathy and its guiding significance for surgical treatment, so as to provide reference for making targeted intervention programs in early clinical stage.

Methods 249 patients with radicular cervical spondylosis admitted to our hospital from January 2020 to June 2022 were selected and divided into good group ($n=211$, JOA improvement rate $> 50\%$) and bad group ($n=38$, JOA improvement rate $\leq 50\%$) according to the improvement rate of Japanese Orthopaedic Association (JOA) 6 months after surgery. Preoperative conventional MRI+ cervical sagittal plane parameters (number of involved segments, spinal edema/degeneration, C_{2-7} Cobb Angle, C_{1-7} sagittal plane axial distance (SVA), C_{2-7} SVA, T_1) were compared between the two groups Inclination Angle (T_1S), width of foraminal, difference between inclination Angle of T_1 and lordosis Angle of cervical spine (T_1S-CL), segmental lordosis (SL)], Pearson analyzed the relationship between C_{2-7} Cobb Angle, T_1S , width of foraminal, T_1S-CL and JOA score 6 months after surgery, and partial correlation analysis of factors related to JOA score 6 months after surgery. Receiver operating characteristic curve (ROC) was used to analyze the predictive value of preoperative conventional MRI+ cervical sagittal plane parameters for postoperative outcomes. **Results** The proportion of patients with spinal edema/degeneration, T_1S and T_1S-CL in poor group were higher than those in good group, and the C_{2-7} Cobb Angle and the width of foramina in poor group were lower than those in good group ($P<0.05$). T_1S and T_1S-CL were negatively correlated with JOA score 6 months after surgery, and C_{2-7} Cobb Angle and foraminal width were positively correlated with JOA score 6 months after surgery ($P<0.05$). Partial correlation analysis showed that spinal cord edema/degeneration, C_{2-7} Cobb Angle, T_1S , foraminal width, t_1s-CL were correlated with JOA score 6 months after surgery ($P<0.05$). Spinal cord edema/degeneration, C_{2-7} Cobb Angle, T_1S , foraminal width, and T_1S-CL predicted the outcome AUC of the disease to be 0.647, 0.797, 0.802, 0.767, and 0.750, respectively. The combined prediction AUC was 0.913, sensitivity 94.74%, and specificity 78.67%. **Conclusion** Preoperative conventional MRI+ cervical sagittal plane parameters can be used to predict and evaluate the postoperative prognosis of cervical radiculopathy, which can be used in the clinical development of preoperative surgical plan to improve the postoperative prognosis.

Keywords: MRI; Cervical Sagittal Plane Parameters; Radiculopathy; Surgical Treatment; Disease Outcome; Predictive Value

神经根型颈椎病为一种由颈椎椎间盘退行性改变导致外侧突出或椎间孔狭窄引起的退行性疾病, 临床症状主要表现为上肢麻木或放射性疼痛, 约占全部颈椎病的65%^[1-2]。报道显示^[3-4], 神经根型颈椎病患者颈部活动受限, 随病程延长可加重疼痛症状, 严重影响生活质量。颈椎前路椎间盘切除融合术为目前临床治疗神经根型颈椎病的主要方案, 术后患者神经功能可显著改善, 但部分患者术后仍存在颈肩部疼痛症状^[5]。因此, 尽早预测评估神经根型颈椎病术后病情转归意义重大。MRI为临床评估诊断颈椎病的常用方案, 对人体软组织分辨率较高, 可多方位、多序列成像, 而颈椎矢状面参数可量化颈椎形态的变化, 可用于表示手术方式与颈椎矢状位形态的关系^[6-7]。但目前临床鲜有关于MRI联合颈椎矢状面参数用于神经根型颈椎病手术评估中的相关研究, 基于此, 本研究试分析术前常规MRI+颈椎矢状面参数预测神经根型颈椎病术后病情转归价值及对手术治疗指导意义。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取2020年1月至2022年6月我院收治的249例神经根型颈椎病患者, 其中男99例, 女150例, 年龄24~80岁, 平均(51.38 ± 13.75)岁; 体质指数 $20.8 \sim 26.1 \text{ kg/m}^2$, 平均(23.93 ± 0.97) kg/m^2 ; 病程3~15年, 平均(9.29 ± 2.93)年。本研究经我院伦理委员会审核批准。

纳入标准: 均经影像学检查, 结合临床症状证实为神经根型颈椎病; 均符合颈椎前路椎间盘切除融合术指征; 知晓本研究, 并签订知情同意书。排除标准: 合并先天性颈椎畸形、强直性脊柱炎等其他颈椎疾病; 合并运动神经元疾病; 合并颈椎感染性疾病、颈椎肿瘤; 合并肝、肾等重大脏器功能障碍者; 既往存在脊柱手术史者; 合并MRI检查

【第一作者】 吴 迪, 男, 主治医师, 主要研究方向: 肝脏动态增强CT与肝脏MRI诊断肝细胞癌对比研究。E-mail: a4623bb@163.com

【通讯作者】 吴 迪

绝对禁忌症者；合并精神异常或依从性较差者。

1.2 方法 预后评估：所有患者入院后均行颈椎前路椎间盘切除融合术治疗，根据术后6个月日本骨科学会(JOA)评分改善率评估病情转归，其中JOA改善率>50%评估为病情转归良好，JOA改善率≤50%评估为病情转归不良。JOA评分包括膀胱、感觉功能、上肢、下肢运动功能，共17分，分数越高表示颈椎功能越好， $JOA改善率=(术后总分-术前总分)/(17-术前总分) \times 100\%$ 。

MRI检查：均采用西门子公司1.5T MRI扫描仪进行检查，检查前叮嘱患者摘除衣物上所有金属物品，避免出现干扰磁场及伪影影响图像质量。引导患者处仰卧位，放置头部线圈，扫描序列包括T₂WI、ST₁WI矢状位、横断位，扫描参数设置为：T₁WI序列：TR=500ms，TE=12ms，T₂WI序列：TR=400ms，TE=100ms，矩阵256×256，层厚4.0mm，层间距1mm，采集次数3~4次。图像分析处理：统计所有患者影像资料，均由同两名具有丰富经验的影像学医师阅阅，观察影像特点，包括椎体间隙、椎弓根、椎间孔等，并统计受累节段数量、脊髓水肿/变性。颈椎矢状面参数测量：均采用标准X线摄片设备系统扫描颈椎正侧位片，上传至影像归档及通信系统，测量所有患者颈椎矢状面参数，包括受累节段数量、脊髓水肿/变性、C₂₋₇ Cobb角、C₁₋₇ 矢状面 轴向距离(SVA)、C₂₋₇ SVA、T₁倾斜角(T₁S)、椎间孔宽度、T₁倾斜角与颈椎前凸角的差值(T₁S-CL)、节段前凸(SL)。

资料收集：采用医院自制调查问卷调查统计所有患者临床资料，包括性别、年龄、体质量指数、病程、既往史(糖尿病、高血压、冠心病)、术前JOA评分、临床症状(颈部活动受限、颈部

疼痛、肩部疼痛、麻木、乏力)、病变节段(C5、C6、C7、C8)。调查质量保障：调查前对医护人员进行严格培训，经调查质量核查及数据质量核查制定相应调查问卷，采用相同调查问卷收集临床资料，以保障调查问卷准确性，录入数据时再次确认数据准确性，核实后由专业人员进行录入

1.3 观察指标 (1)比较两组基线资料。(2)比较两组术前MRI影像学检查结果。(3)分析C₂₋₇ Cobb角、T₁S、椎间孔宽度、T₁S-CL与术后6个月JOA评分关系。(4)分析术前MRI影像学检查结果对病情转归预测价值。

1.4 统计学方法 采用SPSS 23.0软件进行相关数据处理分析，符合正态分布的计量资料用($\bar{x} \pm s$)表示，两组间比较采用独立样本t检验，组内比较采用配对t检验，计数资料用n(%)表示，两组间比较行 χ^2 检验，Pearson行相关性分析，预测价值分析采用ROC曲线，获取曲线下面积(AUC)，P<0.05表示差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组基线资料比较 不良组年龄、体质量指数、性别、病程、既往史、术前JOA评分、临床症状、病变节段与良好组比较，差异无统计学意义(P>0.05)。见表1。

2.2 两组术前MRI影像学检查结果比较 不良组受累节段数量、C₁₋₇ SVA、C₂₋₇ SVA、SL与良好组比较，差异无统计学意义(P>0.05)；不良组脊髓水肿/变性患者占比、T₁S、T₁S-CL高于良好组，C₂₋₇ Cobb角、椎间孔宽度低于良好组(P<0.05)。见表2、图1-2。

表1 两组基线资料比较				
资料	不良组(n=38)	良好组(n=211)	t/ χ^2	P
年龄(岁)	52.69±13.20	50.86±14.95	0.706	0.480
体质量指数(kg/m ²)	23.89±0.94	23.97±1.03	0.446	0.656
性别			0.103	0.748
男	16(42.11)	83(39.34)		
女	22(57.89)	128(60.64)		
病程(年)	9.36±2.84	9.19±3.02	0.322	0.748
既往史				
冠心病	2(5.26)	16(7.58)	0.258	0.611
高血压	4(10.53)	17(8.06)	0.254	0.614
糖尿病	5(13.16)	22(10.43)	0.249	0.618
术前JOA评分(分)	7.90±2.15	8.34±2.69	0.954	0.341
临床症状				
颈部活动受限	29(76.32)	163(77.25)	0.016	0.899
颈部疼痛	35(92.11)	206(97.63)	3.161	0.075
肩部疼痛	36(94.74)	208(98.58)	2.415	0.120
麻木	27(71.05)	142(67.30)	0.208	0.648
乏力	19(50.00)	99(46.92)	0.123	0.726
病变节段				
C5	14(36.84)	74(35.07)	0.044	0.834
C6	16(42.11)	90(42.65)	0.004	0.949
C7	27(71.05)	151(71.56)	0.017	0.895
C8	12(31.58)	62(29.38)	0.074	0.785

表2 两组术前MRI影像学检查结果比较				
术前MRI检查结果	不良组(n=38)	良好组(n=211)	t/ χ^2 /u	P
受累节段数量			0.088	0.957
单节段	19(50.00)	100(47.39)		
双节段	13(34.21)	76(36.02)		
多节段	6(15.79)	35(16.59)		
脊髓水肿/变性			33.359	<0.001
否	25(65.79)	201(95.26)		
是	13(34.21)	10(4.74)		
颈椎矢状面参数				
C ₂₋₇ Cobb角(°)	7.33±2.29	13.99±4.16	9.599	<0.001
C ₁₋₇ SVA(mm)	35.70±5.86	34.85±5.49	0.869	0.385
C ₂₋₇ SVA(mm)	27.22±5.40	26.31±6.42	0.823	0.412
T ₁ S(°)	33.80±8.43	26.16±5.74	6.973	<0.001
椎间孔宽度(mm)	3.90±1.25	5.48±1.40	6.504	<0.001
T ₁ S-CL(°)	19.03±6.11	11.76±3.55	10.216	<0.001
SL(°)	7.90±2.54	8.66±2.83	1.547	0.123
术后6个月JOA评分(分)	9.29±2.67	14.11±1.20	18.066	<0.001



图1A-图1B 不良组MRI图像; 图1A 横断位T₂WI; 图1B 矢状位T₂WI; 颈椎弧度变直, 椎体边缘可见骨质增生改变; C₄/5、C₅/6、C₆/7椎间盘向后突出, 硬膜囊前缘受压, 椎管狭窄, C₅/6脊椎受压变性。

图2A-图2B 良好组MRI图像; 图2A 横断位T₂WI; 图2B 矢状位T₂WI。

2.3 C₂₋₇ Cobb角、T₁S、椎间孔宽度、T₁S-CL与术后6个月JOA评分关系 T₁S、T₁S-CL与术后6个月JOA评分呈负相关, C₂₋₇ Cobb角、椎间孔宽度与术后6个月JOA评分呈正相关($P < 0.05$)。见图3。

2.4 术后6个月JOA评分的偏相关性分析 偏相关性分析显示, 脊髓水肿/变性、C₂₋₇ Cobb角、T₁S、椎间孔宽度、T₁S-CL均与术后6个月JOA评分相关($P < 0.05$)。见表3。

2.5 术前MRI影像学检查结果对病情转归预测价值 ROC曲线分析术前MRI影像学检查结果对病情转归预测价值显示, 脊髓水肿/变性、C₂₋₇ Cobb角、T₁S、椎间孔宽度、T₁S-CL的AUC分别为0.647、0.797、0.802、0.767、0.750, 其中T₁S的AUC最大; 运用SPSS联合应用ROC模式分析各参数联合预测病情转归的价值显示, 各参数联合的AUC为0.913, 大于任一单独参数, 其预测敏感度为94.74%, 特异度为78.67%。见图4、表4。

表3 术后6个月JOA评分的偏相关性分析

影响因素	偏回归系数	标准误差	偏回归系数(标准化)	t	P
常量	5.306				
脊髓水肿/变性	-8.151	0.501	-8.793	16.269	<0.001
C ₂₋₇ Cobb角	6.518	0.477	4.994	13.665	<0.001
T ₁ S	-9.742	0.354	-8.858	27.520	<0.001
椎间孔宽度	5.263	0.389	5.002	13.530	<0.001
T ₁ S-CL	-8.683	0.460	-8.245	18.876	<0.001

表4 术前MRI影像学检查结果对病情转归预测参数

指标	AUC	95%CI	cut-off值	敏感度(%)	特异度(%)	P
脊髓水肿/变性	0.647	0.585~0.707		34.21	95.26	<0.001
C ₂₋₇ Cobb角	0.797	0.742~0.846	10.31°	86.49	60.19	<0.001
T ₁ S	0.802	0.747~0.849	33.81°	63.16	85.78	<0.001
椎间孔宽度	0.767	0.709~0.818	4.49mm	73.68	71.56	<0.001
T ₁ S-CL	0.750	0.692~0.803	15.14°	71.05	76.78	<0.001
联合	0.913	0.871~0.945		94.74	78.67	<0.001

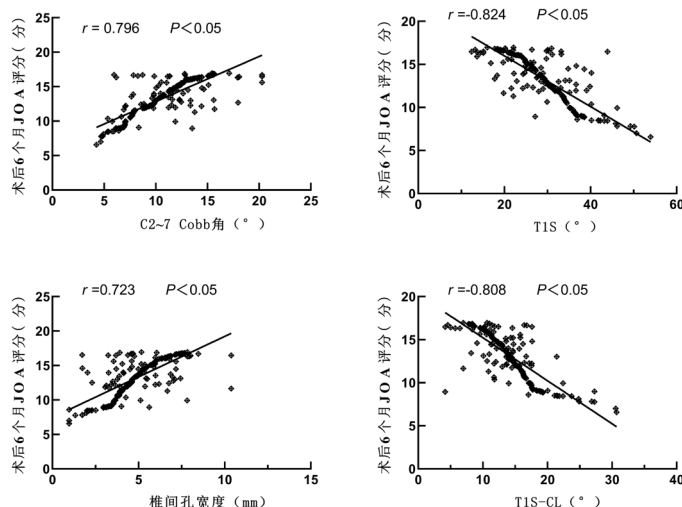
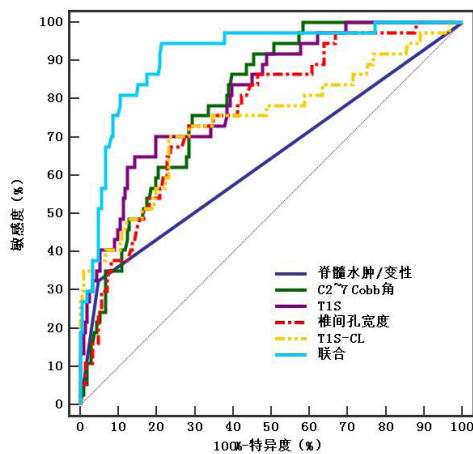


图3 C₂₋₇ Cobb角、T₁S、椎间孔宽度、T₁S-CL与术后6个月JOA评分关系

图4 ROC曲线分析术前MRI影像学检查结果对病情转归预测价值



3 讨论

神经根型颈椎病主要由颈椎退行性变化导致机械压迫、局部炎症反应引起, 当并发颈髓压迫或明显功能障碍时, 需通过手术治疗改善症状^[8-9]。颈椎前路椎间盘切除融合术可清除神经根压迫, 对于颈椎重建具有较高稳定性, 能有效阻止病情进展, 缓解

临床症状, 但仍有患者术后出现症状复发或上肢疼痛症状改善不满意^[10-11]。因此, 积极探索术后病情转归评估方案, 针对性给予后续治疗至关重要。

影像学检查为目前临床诊断神经根型颈椎病的主要方案, 有

报道显示^[12-13]神经根型颈椎病患者在颈椎生理曲度改变情况下,可出现横突孔、椎间孔位移、滑膜嵌顿等特征,且上述椎体改变均可于MRI、MSCT等检查中体现。本研究结果发现,两组经MRI检查脊髓水肿/变性患者占比比较存在显著差异,提示临床可通过MRI初步预测评估患者术后预后情况。MRI检查髓内信号改变为颈椎退行性疾病常见的影像学特征,脊髓前柱结构易受压迫,可导致下位神经元信号传导异常,而髓内高信号表示压迫性损伤更严重^[14-15]。国外学者研究发现^[16-17],颈椎退行性疾病MRI髓内高信号患者通过手术治疗后疼痛症状虽有所改善,但由于脊髓长期压迫导致损伤修复缓慢,因此需尽早进行MRI检查,避免出现髓内高信号,影响预后恢复。另有学者表明^[18],神经根型颈椎病术前MRI T₂加权像上髓内高信号患者神经功能、上肢运动功能更差,为术后预后不良的独立危险因素(OR=8.254)。因此,MRI检查对于神经根型颈椎病具有较高评估价值。

相关研究显示^[19-20],颈椎矢状面异常可导致颈椎、颈胸段至脊柱整体矢状面失衡,从而导致患者颈肩部疼痛、活动受限,影响术后恢复。本研究结果发现,不良组T₁S、T₁S-CL高于良好组,C₂₋₇ Cobb角、椎间孔宽度低于良好组,推测颈椎矢状面参数与神经根型颈椎病术后临床功能改善相关。神经根型颈椎病多发于中老年人群,而老年人群胸椎后凸较大,为平衡头部及颈胸部位位置、维持平视视野,在颈椎代偿机制影响下可通过颈椎过伸及重心前移代偿颈椎前倾失衡,从而导致局部范围内颈椎Cobb角、椎间孔宽度等变化^[21-22]。报道表明^[23-24],颈椎矢状面参数中T₁表示颈椎基座处于的固定位置,T₁S也相对固定,当患者颈椎前凸丢失或伴有局部、整体后凸时,T₁S可更好反映颈椎及脊柱整体矢状面平衡状态,而C₂₋₇ Cobb角仅能反映局部颈椎矢状面平衡,因此通过联合应用颈椎矢状面参数可更好反映颈椎与全脊柱平衡关系,从而评估预测术后脊柱功能改善情况。本研究结果还发现,T₁S、T₁S-CL、C₂₋₇ Cobb角、椎间孔宽度均与术后6个月JOA评分均具有显著相关性,进一步证实颈椎矢状面参数与神经根型颈椎病患者预后恢复的关系。基于上述研究结果,本研究尝试通过ROC分析颈椎矢状面参数、MRI对术后病情转归的预测价值,发现MRI联合各参数预测AUC为0.913,大于任一单独参数,具有较高预测价值。

综上所述,术前常规MRI+颈椎矢状面参数对于神经根型颈椎病术后病情转归具有较高预测价值,为临床制定手术治疗方案提供参考,以改善预后。

参考文献

- [1] Yao S, Ouyang B, Lu T, et al. Treatment of cervical spondylotic radiculopathy with posterior percutaneous endoscopic cervical discectomy: short-term outcomes of 24 cases[J]. *Medicine (Baltimore)*, 2020, 99(20): 48-50.
- [2] Tong Y, Huang Z, Hu C, et al. A comparison study of posterior cervical percutaneous endoscopic ventral bony decompression and simple dorsal decompression treatment in cervical spondylotic radiculopathy caused by cervical foraminal and/or lateral spinal stenosis: a clinical retrospective study[J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2020, 21(1): 290.
- [3] Hirai S, Kato S, Nakajima K, et al. Anatomical study of cervical intervertebral foramen in patients with cervical spondylotic radiculopathy[J]. *J Orthop Sci*, 2021, 26(1): 86-91.
- [4] Huang Y, Zhang J, Xiong B, et al. Thunder-fire moxibustion for cervical spondylotic radiculopathy: study protocol for a randomized controlled trial[J]. *Trials*, 2020, 21(1): 143.
- [5] 张健豪, 刘宝戈, 桑大成, 等. 颈椎前路椎间盘切除融合术后C5神经根麻痹的危险因素[J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2023, 33(1): 1-8.
- [6] Lee RKL, Griffith JF. Weight-bearing magnetic resonance imaging of the cervical spine[J]. *Semin Musculoskelet Radiol*, 2019, 23(6): 581-583.
- [7] Goh BC, Lightsey HM 4th, Lopez WY, et al. Magnetic resonance imaging is inadequate to assess cervical sagittal alignment parameters[J]. *Clin Spine Surg*, 2023, 36(2): 70-74.

- [8] Kagawa E, Nimura A, Nasu H, et al. Fibrous connection between cervical nerve and zygapophysial joint and implication of the cervical spondylotic radiculopathy: an anatomic cadaveric study[J]. *Spine*, 2021, 46(13): 704-709.
- [9] Takamiya S, Seki T, Yamazaki K, et al. Dyspnea associated with cervical spondylotic radiculopathy: a case report and review of literatures[J]. *NMC Case Rep J*, 2021, 8(1): 195-200.
- [10] 黄栋, 刘永涛, 辛兵, 等. 颈椎前路椎间盘切除融合术与椎体次全切除融合术治疗退行性颈椎病的对比研究[J]. *徐州医科大学学报*, 2021, 41(11): 845-848.
- [11] 杨新华, 刘鹏, 张良, 等. 显微镜辅助下经颈椎前路椎间盘切除融合术治疗脊髓型颈椎病的疗效分析[J]. *中华解剖与临床杂志*, 2020, 25(5): 560-564.
- [12] Bai LL, Wang WT, Wang JF, et al. Anterior cervical discectomy and fusion combined with foraminotomy assisted by high-definition 3-dimensional exoscope in the treatment of cervical spondylotic radiculopathy secondary to bony foraminal stenosis[J]. *Orthop Surg*, 2021, 13(8): 2318-2326.
- [13] Hirai S, Kato S, Nakajima K, et al. Anatomical study of cervical intervertebral foramen in patients with cervical spondylotic radiculopathy[J]. *J Orthop Sci*, 2021, 26(1): 86-91.
- [14] He Z, Wang N, Kang L, et al. Analysis of pathological parameters of cervical spondylotic myelopathy using magnetic resonance imaging[J]. *Clin Neurol Neurosurg*, 2020, 15(8): 75-77.
- [15] Krabbe S, Østergaard M, Sørensen IJ, et al. High versus standard magnetic resonance image resolution of the cervical spine in patients with axial spondyloarthritis[J]. *Acta Radiol*, 2020, 61(4): 471-479.
- [16] Nye C, Hostnik E, Parker E, et al. Long-term clinical and magnetic resonance imaging follow-up of dogs with osseous-associated cervical spondylomyelopathy[J]. *J Vet Intern Med*, 2020, 34(5): 2012-2020.
- [17] Tripalo Bato A, Potočki K, Žutelić Fattorini M, et al. Is axial magnetic resonance imaging useful in early juvenile spondyloarthritis—preliminary report[J]. *Clin Rheumatol*, 2020, 39(10): 3017-3025.
- [18] 段豪, 王小明, 陈广儒, 等. X线平片、MSCT、MRI检查中神经根型颈椎病的影像学表现及神经根障碍的相关性研究[J]. *中国CT和MRI杂志*, 2019, 17(11): 42-44.
- [19] Anusuya V, Sharan J, Jena AK. A study of cervical vertebra anomalies among individuals with different sagittal and vertical facial growth patterns[J]. *J Craniovertebr Junction Spine*, 2020, 11(2): 75-80.
- [20] Sritharan K, Chamoli U, Kuan J, et al. Assessment of degenerative cervical stenosis on T2-weighted MR imaging: sensitivity to change and reliability of mid-sagittal and axial plane metrics[J]. *Spinal Cord*, 2020, 58(2): 238-246.
- [21] 曲哲, 马胜, 高啸, 等. 颈椎后纵韧带骨化累及C2椎体对颈椎矢状面参数影响的影像学研究[J]. *中华解剖与临床杂志*, 2022, 27(10): 684-690.
- [22] 张科, 吴丹乔, 徐辰, 等. 神经根型颈椎病患者术前颈椎矢状面参数对术后神经功能改善的影响[J]. *脊柱外科杂志*, 2022, 20(4): 246-250.
- [23] Fedorchuk C, Comer RD, Stockwell TL, et al. Prevalence of cervical spondylolisthesis in the sagittal plane using radiographic imaging in a pediatric population: a cross sectional analysis of vertebral subluxation[J]. *J Radiol Case Rep*, 2021, 15(6): 1-18.
- [24] Wang L, Luo HT, Lu W, et al. Reliability and reproducibility of measurements in para-sagittal planes on sub-axial cervical vertebral bodies: a morphometric study of endplates in three-dimensional models[J]. *J Orthop Surg Res*, 2021, 16(1): 503.

(收稿日期: 2023-04-25)

(校对编辑: 姚丽娜)