

# MRI T<sub>2</sub> 加权像与扩散张量成像量化指标对脊髓型颈椎病术后脊髓功能恢复的预测价值

申沧海 徐宝山 杨强 张晓光 李晓峰 李奇 马信龙

**【摘要】 目的** 探讨 MRI T<sub>2</sub> 加权像(T<sub>2</sub>WI)量化指标与扩散张量成像(DTI)量化参数对脊髓型颈椎病(CSM)患者术后脊髓功能恢复的预测价值。**方法** 收集 2014 年 4 月至 2016 年 4 月期间在天津医院术前行 MRI 及 DTI 检查并完成术后随访的 140 例 CSM 患者资料,所有患者术后均行系统康复治疗。采用日本骨科学会评分系统(JOA)评估患者脊髓神经功能恢复情况。根据术后 1 年随访时 JOA 评分改善率将上述患者分为恢复良好组(其 JOA 评分改善率≥50%)和恢复不良组(其 JOA 评分改善率<50%)。比较 2 组患者 MRI T<sub>2</sub>WI 量化指标[包括脊髓受压百分比(MSCC)、脊髓信号强度比值(SCR)和脊髓横截面积(TA)]和 DTI 量化参数[包括脊髓表现弥散系数(ADC)和各向异性分数(FA)],并绘制受试者工作特征曲线(ROC),评价 MRI T<sub>2</sub>WI 与 DTI 各量化指标对 CSM 术后脊髓功能恢复不良的预测价值。将单因素分析中有统计学差异的临床与影像学指标行多因素 Logistic 回归分析,确定 CSM 恢复不良的独立危险因素。**结果** MSCC、SCR、TA、ADC 及 FA 预测 CSM 术后脊髓功能恢复不良的曲线下面积(AUC)分别为 0.593、0.682、0.706、0.719 和 0.749,其预测界值分别为 44.85%、1.561、0.46 cm<sup>2</sup>、1.339×10<sup>-3</sup> mm<sup>2</sup>/s 和 0.386。DTI 各量化参数的 AUC 均大于 T<sub>2</sub>WI 量化指标。MSCC 与 SCR 的预测价值较低(其 AUC 均小于 0.7);TA、ADC 和 FA 具有中等预测价值(其 AUC 0.7~0.9)。多因素 Logistic 回归分析显示,低 JOA 评分、TA≤0.46 cm<sup>2</sup> 和 FA≤0.386 均为 CSM 术后恢复不良的独立危险因素(P<0.05),并据此建立预测模型;该模型预测 CSM 术后预后不良的 AUC(0.871)明显高于 JOA 评分的 AUC(0.760),其间差异具有统计学意义(P<0.05)。该模型以 0.360 为预测界值,敏感度为 80.39%,特异度为 77.53%。**结论** 将 JOA 评分、MRI T<sub>2</sub>WI 与 DTI 量化指标相结合,可更准确地预测 CSM 术后脊髓功能恢复情况,同时也为术后康复方案制订提供参考。

**【关键词】** 磁共振成像,弥散; 颈椎; 脊髓压迫症; 预后

**基金项目:**国家自然科学基金(81272046);国家自然科学基金(31670983)

**Using T<sub>2</sub> weighted magnetic resonance imaging and diffusion tensor imaging to predict functional outcomes for patients with cervical spondylotic myelopathy** Shen Canghai\*, Xu Baoshan, Yang Qiang, Zhang Xiaoguang, Li Xiaofeng, Li Qi, Ma Xinlong. \*The Clinical Medical College of Orthopedics, Tianjin Medical University, Tianjin 300070, China

Corresponding author: Xu Baoshan, Email: xubaoshanspine@163.com

**【Abstract】 Objective** To explore the value of quantitative T<sub>2</sub> weighted magnetic resonance imaging (T<sub>2</sub>WI) and diffusion tensor imaging (DTI) parameters for predicting functional outcomes after surgery for cervical spondylotic myelopathy (CSM). **Methods** One hundred and forty CSM patients received T<sub>2</sub>WI and DTI before surgery at Tianjin Hospital between April 2014 and April 2016. They were then given systematic rehabilitation treatment after the surgery. The Japanese Orthopaedics Association (JOA) scoring system was applied to evaluate their neurological function before and after the surgery. According to the JOA recovery rate at 1-year follow-up, the patients were divided into a good recovery group (recovery rate≥50%) and a poor recovery group (recovery rate <50%). Maximum spinal cord compression (MSCC), signal change ratio (SCR), transverse area (TA), apparent diffusion coefficient (ADC) and fractional anisotropy (FA) were compared between the two groups. Receiver operating characteristics (ROC) curves were used to measure the prognostic ability and determine the best cut-off value for each variable. The independent predictors of a poor recovery were estimated using univariate and multivariate analysis. **Results** ROC analysis showed that the area under the ROC curve (AUC) of MSCC was 0.593. For SCR it was 0.682. For the

TA it was 0.706. For the ADC it was 0.719 and for FA it was 0.749. The respective cut-off values were 44% compression, 1.561, 0.46 cm<sup>2</sup>, 1.339×10<sup>-3</sup> mm<sup>2</sup>/s and 0.386. FA had the largest AUC, followed by ADC, TA, SCR and MSCC. MSCC and SCR had low discrimination power (AUC<0.7) in predicting a poor recovery, whereas TA, ADC and FA had moderate discrimination power (AUC 0.7–0.9). Logistic multivariate regression showed that a low JOA score, TA≤0.46 cm<sup>2</sup> or FA≤0.386 were independent risk factors for a poor recovery. A predicting model built according to the results of the logistic regression analysis gave an AUC of 0.87, significantly better than that of the JOA score. With a cut-off value of 0.36, the sensitivity and specificity were 80% and 77% respectively. **Conclusions** Combining T<sub>2</sub>WI and DTI parameters with the JOA score may better predict the recovery of patients with CSM. The values can also provide references for making up rehabilitation plans.

**【Key words】** T<sub>2</sub> weighted magnetic resonance imaging; Diffusion tensor imaging; Cervical vertebrae; Spinal cord compression; Prognosis

**Fund program:** National Natural Science Foundation of China (grants 81272046 and 31670983)

脊髓型颈椎病 (cervical spondylotic myelopathy, CSM) 是颈椎病中较为严重的类型,也是中老年患者脊髓功能损害的最常见原因。对于保守治疗无效或神经功能进行性损害患者,手术治疗是解决脊髓压迫的主要方法之一。脊髓减压手术可使多数患者脊髓功能得到改善,但仍有部分患者术后脊髓功能恢复欠佳<sup>[1-2]</sup>。MRI 是目前 CSM 最有价值的检查工具,并且对患者预后评估有提示作用。目前针对 CSM 的 MRI 研究主要集中在 T<sub>2</sub> 加权像 (T<sub>2</sub>-weighted MR image, T<sub>2</sub>WI) 序列以及扩散张量成像 (diffusion tensor imaging, DTI) 序列。T<sub>2</sub>WI 序列主要通过脊髓受压的形态及信号变化来评估脊髓受损情况,相关文献中主要探讨的量化指标包括脊髓受压百分比 (maximum spinal cord compression, MSCC)、脊髓信号强度比值 (signal change ratio, SCR)<sup>[5-7]</sup>、脊髓横截面积 (transverse area, TA) 等<sup>[8-9]</sup>。DTI 是在扩散加权成像基础上发展而来的一种新技术,可从微观角度检测组织中水分子扩散情况,能反映神经系统疾病或损伤显微结构变化,评估脊髓功能状态,其主要参数包括表观弥散系数 (apparent diffusion coefficient, ADC) 和各向异性分数 (fractional anisotropy, FA)<sup>[10-13]</sup>。本研究通过回顾性分析对比 CSM 患者经手术及康复干预后其脊髓功能恢复情况,探讨 MRI T<sub>2</sub>WI 与 DTI 各量化指标对 CSM 术后脊髓功能恢复的预测价值。

## 对象与方法

### 一、研究对象

选取 2014 年 4 月至 2016 年 4 月期间在天津医院脊柱外科接受颈椎手术治疗的 140 例 CSM 患者作为研究对象,患者纳入标准包括:①存在 CSM 典型症状及体征,并经影像学检查证实存在脊髓压迫;②术前均行 MRI 检查,扫描序列包括 T<sub>2</sub>WI 和 DTI,其影像学资料齐全;③行颈椎前路、后路或前后路联合手术治疗;④术后均给予系统康复干预;⑤均获得 1 年以上随访;

⑥本研究通过天津医院医学伦理委员会审查并批准,所有患者均自愿参与并签署知情同意书。患者排除标准包括:①合并脑血管病、运动神经元病、周围神经病、肿瘤或感染等;②有颈椎外伤史;③既往有颈椎手术史等。

### 二、治疗方法

入选患者手术方式包括前路、后路或前后路联合术式。前路术式选择颈椎前路减压植骨融合内固定术;后路术式选择颈椎后路单开门椎板成形术。所有术式均可达到充分减压或充分扩充椎管容积目的。具体手术方式选择主要依据 CSM 患者致压物来源、病变节段、术前颈椎生理曲度及手术医生习惯等因素。如致压物来自前方者多行前路手术直接去除压迫;若伴有明显黄韧带肥厚、后纵韧带广泛骨化或病变节段数大于 3 个等情况则多行后路手术;若颈椎前、后均有致压物或颈椎压迫程度非常严重,则行前后路联合手术。

入选患者均给予系统康复治疗,具体干预内容包括:①术前康复指导,如讲解术后系统康复治疗内容及重要性,促使患者积极配合治疗;②激素、脱水及神经营养药物治疗,如术后 1~3 d 给予地塞米松 10 mg 静滴,每天 1 次;甘露醇 250 ml 静滴,每天 2 次;术后 1~7 d 给予神经节苷酯 40 mg 静滴,每天 1 次;③超短波治疗,于术后 2 d 辅以超短波治疗,超短波波长 7.37 m,频率为 40.68 MHz,电极对置于颈部伤口部位,温热量,每日 1 次,每次 20 min,治疗 10 次为 1 个疗程;④运动训练,术后 8 h 行轴位翻身、颈部肌肉等长收缩练习;术后 24 h 行四肢关节及手指、足趾主动功能训练,包括股四头肌等长收缩练习、踝关节跖屈背伸运动、手指反复伸直握紧等。前路术后 1 d、后路及联合术后 3 d 时患者戴颈围领下地活动,可独立行走后辅以四肢肌力训练、步行功能训练、膀胱和直肠功能训练、坐位和站立位平衡训练、手指功能训练及日常生活活动能力训练等;术后第 8 周去除颈围领,行颈椎屈伸运动训练。整个训练过程注意循序渐进、避免肌肉疲劳。

### 三、术前 MRI 检查

所有患者术前均行常规 MRI 序列及 DTI 序列扫描,应用 8 通道 3.0 T 头颈相控阵联合线圈,线圈包裹颈部,颈椎加前后饱和带,以减少呼吸运动伪影及血管搏动伪影。检查时要求患者保持静止,尽量避免吞咽动作。采用美国 GE 公司 Discovery MR 750 3.0T 磁共振扫描仪对患者进行扫描,矢状位 T<sub>2</sub>WI 采用 FRFSE 序列,视野 (field of view, FOV) 24 mm × 24 mm,重复时间 (time of repetition, TR) 2500 ms,回波时间 (time of echo, TE) 120 ms,层厚 3 mm,层间距 0.3 mm,矩阵 320 × 224,激励次数 2。横轴位 T<sub>2</sub>WI 采用 FRFSE 序列,FOV 20 mm × 20 mm,TR 2800 ms,TE 120 ms,层厚 3 mm,层间距 0.5 mm,矩阵 320 × 224,激励次数 4。DTI 序列采用横轴位扫描 C<sub>1-7</sub> 水平,采用单次激励自旋回波成像序列,FOV 20 mm × 20 mm,TR 6000 ms,TE 83 ms,层厚 4 mm,层间距 0 mm,矩阵 96 × 96,激励次数 4。扩散敏感梯度方向为 15,扩散加权系数 b = 1000 s/mm<sup>2</sup>。

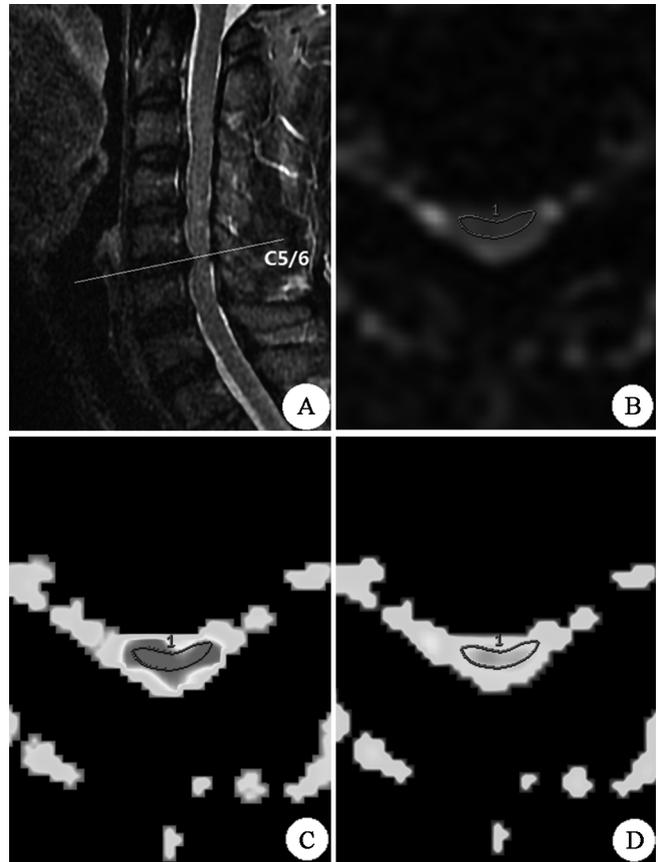
### 四、MRI 与 DTI 量化指标分析

本研究具体分析的 MRI 与 DTI 量化指标主要包括:①MSCC,即在 T<sub>2</sub>WI 矢状位上测量受压最严重节段脊髓矢状径(di)以及上、下未受压节段脊髓矢状径(da,db),按照 Fehlings 等<sup>[3]</sup>研究方法进行计算,具体公式如下:MSCC =  $\left(1 - \frac{di}{(da+db)/2}\right) \times 100\%$ ;②SCR,参照 Wang 等<sup>[5]</sup>研究方法,选取 T<sub>2</sub>WI 矢状位脊髓高信号部位(若脊髓无高信号改变则取受压最严重部位)5 mm<sup>2</sup>作为感兴趣区(region of interest, ROI)测量其信号强度值,再于 C<sub>7</sub>-T<sub>1</sub> 脊髓节段取 30 mm<sup>2</sup> 测量信号强度值,两者比值即为 SCR;③TA,取 T<sub>2</sub>WI 横轴位脊髓受压最严重层面,测量其横截面积<sup>[9]</sup>;④ADC 及 FA,采用 Functool 9.4.05 软件对 DTI 原始数据进行后处理,使用 Correct 程序对图像进行校正后,每个横轴位层面可分别获得 ADC 图与 FA 图。选取脊髓受压最严重层面,在 b0 图像上选取 ROI 为横轴位脊髓,避开周围脑脊液。分别在 FA 图与 ADC 图上记录 ROI 的 FA 值与 ADC 值(图 1)。上述量化指标均由两位影像科医师各测量 2 次,取平均值作为最终数值进行统计分析。

### 五、临床疗效评定

于术后 3,6,12 个月时对患者进行随访,采用日本骨科学会评分系统(Japanese Orthopaedic Association Scores, JOA)评估患者脊髓神经功能恢复情况,满分为 17 分(包括上肢运动功能 4 分,下肢运动功能 4 分,上肢、下肢及躯体感觉功能各 2 分,膀胱功能 3 分),完全异常为 0 分<sup>[14-15]</sup>。JAO 评分改善率 =

$\frac{\text{术后评分}-\text{术前评分}}{17-\text{术前评分}} \times 100\%$ 。JOA 改善率 ≥ 75% 为优,50% ~ 74% 为良,25% ~ 49% 为可, < 25% 为差。将 JOA 改善率 ≥ 50% 的患者归入恢复良好组,改善率 < 50% 的患者则归入恢复不良组<sup>[16-17]</sup>。



注: A——MRI T<sub>2</sub>WI 矢状位确定脊髓受压最严重节段; B——未加扩散方向的原始 DWI,沿着受压脊髓手工绘制 ROI,避开脑脊液; C——根据 FA 图上 ROI 可得到受压脊髓 FA 值; D——根据 ADC 图上 ROI 可得到受压脊髓 ADC 值

图 1 FA 与 ADC 测量方法

### 六、统计学方法

应用 SPSS 19.0 版统计学软件包进行数据分析,正态分布计量资料以 ( $\bar{x} \pm s$ ) 表示,组间比较采用 t 检验,计数资料组间比较采用  $\chi^2$  检验;采用多因素 Logistic 回归分析 CSM 术后预后不良的独立危险因素,并据此建立预测模型;使用 Medcalc 15.1 软件绘制受试者工作特征曲线(receiver operating characteristic curve, ROC)并确定预测界值,计算曲线下面积(area under the curve, AUC),如 AUC 为 0.5~0.7 提示有较低预测价值,0.7~0.9 提示有中等预测价值,0.9 以上提示有较高预测价值<sup>[18]</sup>;采用 Hanley&McNeil 法比较 MRI 各量化指标 AUC 间差异, P < 0.05 表示差异具有统计学意义。

表1 恢复良好组与恢复不良组临床、影像学指标对比

组别	例数	年龄 (岁, $\bar{x}\pm s$ )	性别(例)		术前3 d时 JOA 评分(分, $\bar{x}\pm s$ )	受压最严重节段(例)				手术方式(例)		
			男	女		C <sub>3/4</sub>	C <sub>4/5</sub>	C <sub>5/6</sub>	C <sub>6/7</sub>	前路	后路	联合
恢复良好组	89	63.03±7.54	57	32	11.07±2.82	8	31	37	13	53	27	9
恢复不良组	51	65.66±8.25	35	16	8.53±3.05 <sup>a</sup>	6	19	18	8	32	12	7

组别	例数	MSCC(%, $\bar{x}\pm s$ )	SCR( $\bar{x}\pm s$ )	TA( $\text{cm}^2$ , $\bar{x}\pm s$ )	ADC ( $\times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$ , $\bar{x}\pm s$ )	FA( $\bar{x}\pm s$ )
恢复良好组	89	36.08±16.03	1.316±0.569	0.59±0.18	1.281±0.212	0.484±0.128
恢复不良组	51	41.33±16.71	1.705±0.588 <sup>a</sup>	0.46±0.17 <sup>a</sup>	1.441±0.174 <sup>a</sup>	0.367±0.110 <sup>a</sup>

注:与恢复良好组比较,<sup>a</sup> $P<0.05$

## 结 果

根据入选患者术后1年随访时JOA评分改善率将其分为恢复良好组和恢复不良组,2组患者术前JOA评分、SCR、TA、ADC及FA组间差异均具有统计学意义( $P<0.05$ ),而年龄、性别、手术方式、受压最严重节段、MSCC组间差异均无统计学意义( $P>0.05$ ),具体数据见表1。

根据ROC分析MRI各量化指标预测术后恢复不良的AUC、界值、敏感度及特异度,具体数据见表2、图2,发现DTI各量化指标的AUC均大于T<sub>2</sub>WI各量化指标的AUC,其中MSCC与SCR预测价值较低(其AUC均小于0.7);TA、ADC与FA具有中等预测价值(其AUC为0.7~0.9)。将单因素分析发现有统计学差异的MRI量化指标按预测界值分成2个等级并赋值,将JOA评分分为3个等级并赋值,具体赋值方案如下:SCR≤1.561为1, >1.561为2;TA>0.46 cm<sup>2</sup>为1, ≤0.46 cm<sup>2</sup>为2;ADC≤1.339×10<sup>-3</sup> mm<sup>2</sup>/s为1, >1.339×10<sup>-3</sup> mm<sup>2</sup>/s为2;FA>0.386为1, ≤0.386为2;JOA评分13~16分为1, 9~12分为2, ≤8分为3。将上述5个指标纳入多因素Logistic回归分析中,结果显示低JOA评分(X1)、TA≤0.46 cm<sup>2</sup>(X2)与FA≤0.386(X3)均为CSM患者术后脊髓功能恢复不良的独立危险因素( $P<0.05$ ),具体数据见表3。根据表3结果建立模型 $Z = \text{Logit}(P) = -5.413 + 1.962X_1 + 2.697X_2 + 4.027X_3$ ,根据Logistic回归模型计算公式 $P_{\text{预后不良}} = 1/(1+e^{-z})$ 。该模型预测术后脊髓功能恢复不良的AUC为0.871(95%CI为0.803~0.921),高于JOA评分的AUC(0.760, 95%CI为0.680~0.828),其间差异具有统计学意义( $Z=2.628, P=0.008$ ),具体情况见图3,该模型以0.360为预测界值,敏感度为80.39%,特异度为77.53%。

表2 ROC曲线分析MRI T<sub>2</sub>WI与DTI各量化指标的预测效果

MRI 量化指标	AUC	95%CI	界值	敏感度 (%)	特异度 (%)
MSCC(%)	0.593	0.507-0.675	44.85	49.02	69.66
SCR	0.682	0.598-0.758	1.561	60.75	67.42
TA(cm <sup>2</sup> )	0.706	0.623-0.780	0.46	56.86	74.16
ADC( $\times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$ )	0.719	0.637-0.791	1.339	74.51	59.55
FA	0.749	0.669-0.818	0.386	60.78	76.40

表3 多变量 Logistic 回归分析 140 例 CSM 患者术后恢复不良的独立危险因素

变量	偏回归系数	标准误	Wald 值	OR 值	95%CI	P 值
JOA 评分	0.674	0.286	5.539	1.962	1.119-3.440	0.019
TA	0.992	0.418	5.636	2.697	1.189-6.119	0.018
FA	1.393	0.512	7.416	4.027	1.478-10.976	0.006
常数项	-5.413	1.177	21.132	0.004	-	0.004

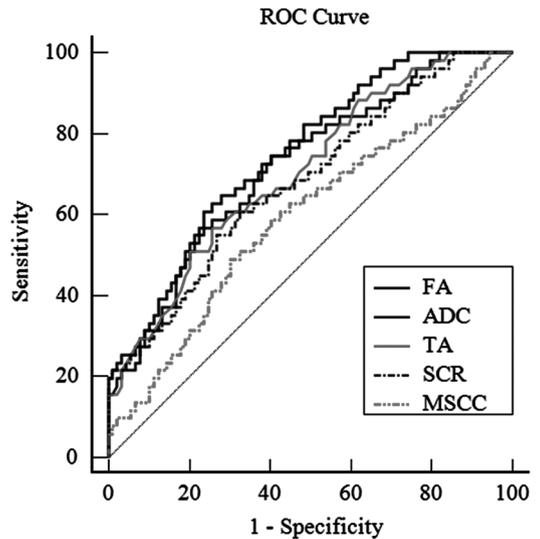


图2 MRI T<sub>2</sub>WI与DTI量化指标预测CSM恢复不良的ROC曲线

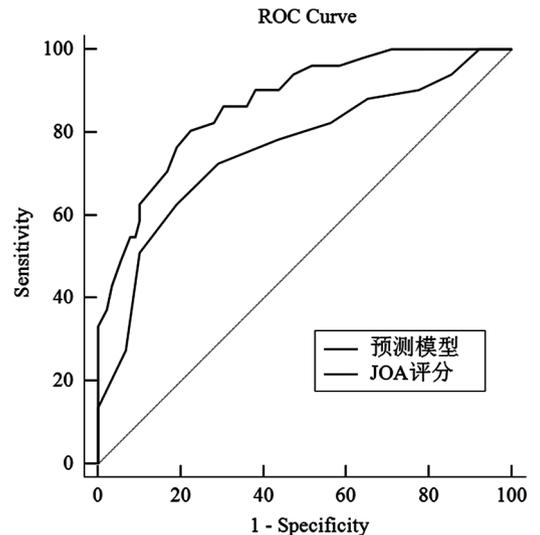


图3 预测模型与JOA评分预测CSM恢复不良的ROC曲线

## 讨 论

T<sub>2</sub>WI 能清楚显示脊髓解剖结构、受压情况及脊髓信号改变,是目前 CSM 患者最常用的 MRI 检查序列, MSCC 主要测量脊髓在正中矢状位的受压程度,其局限性在于无法显示脊髓侧方受压情况,对脊髓受压情况的评估不够全面。本研究单因素分析结果显示,恢复良好组与恢复不良组 MSCC 组间差异无统计学意义 ( $P>0.05$ )。MSCC 预测脊髓功能恢复不良的 AUC 为 0.593,说明其预测价值较低。脊髓 T<sub>2</sub>WI 高信号与 CSM 患者预后的关系一直存在争议。有学者认为脊髓高信号与 CSM 严重程度及术后脊髓功能恢复无显著相关性<sup>[4,19]</sup>;而另一些学者则认为脊髓高信号预示脊髓功能恢复不良<sup>[5-7]</sup>。Wang 等<sup>[5]</sup>将 T<sub>2</sub>WI 脊髓信号强度量化后得出 SCR,发现 SCR 高低可在一定程度上反映 CSM 脊髓神经恢复潜力及预后。此后有学者进行了一系列涉及 SCR 与预后相关性的研究<sup>[4,6-7]</sup>。Kim 等<sup>[7]</sup>认为对于存在 T<sub>2</sub>WI 脊髓高信号,并且 SCR>1.55 的 CSM 患者,其颈椎术后改善率较差,脊髓功能恢复不良,故针对该类患者的术后康复干预尤为重要。本研究结果显示,恢复良好组与恢复不良组患者 SCR 组间差异有统计学意义 ( $P<0.05$ ),SCR 预测脊髓功能恢复不良的 AUC 为 0.682,其预测价值较低。Karpova 等<sup>[9]</sup>研究发现受压脊髓 TA 与 CSM 患者 JOA 评分、Nurick 评分、临床体征数目均存在相关性,并可作为评估预后的参考指标。Fukushima 等<sup>[8]</sup>认为受压颈髓 TA 与术前 JOA 评分具有相关性,如脊髓 TA < 0.45 cm<sup>2</sup>,多提示患者术后脊髓功能恢复不理想、预后差。本研究 ROC 曲线分析显示 TA 预测术后脊髓功能恢复不良的 AUC 为 0.706,具有中等预测价值;根据灵敏度和特异度之和达最大值时,TA 判断术后恢复不良的最佳预测界值为 0.46 cm<sup>2</sup>。

DTI 序列利用组织中水分子扩散运动存在各向异性原理,从多个方向对其进行量化,能反映活体组织细微结构及功能改变<sup>[11]</sup>。相关动物实验证实,DTI 可敏感反映脊髓中水分子扩散各向异性的改变,并提供活体脊髓细微病理生理结构变化信息<sup>[20]</sup>。DTI 量化参数 ADC 反映水分子在各个方向上的平均扩散能力,而 FA 是扩散张量的各向异性成分与整个扩散张量的比值。袁道等<sup>[10]</sup>认为 DTI 参数是较常规 MRI 更敏感的量化指标,可反映 CSM 患者脊髓病变严重程度。有关 DTI 的荟萃分析认为,FA、ADC 值与 CSM 患者术前临床症状严重程度、脊髓受压程度均存在相关性<sup>[21]</sup>。Wang 等<sup>[22]</sup>研究发现 CSM 患者术前脊髓白质和中央灰质 ADC 比值、FA 比值与患者术前 JOA 评分及术后 JOA 评分改善率均具有相关性。Vedantam 等<sup>[13]</sup>发现

术前脊髓 FA 值与术前 JOA 评分、术后 JOA 评分改善情况均存在显著相关性。本研究 ROC 曲线分析 FA 在预测 CSM 术后脊髓功能恢复不良的 AUC 为 0.749,ADC 的 AUC 为 0.719,提示均具有中等预测价值。基于上述结果,当 FA>0.386 或 ADC≤1.339×10<sup>-3</sup> mm<sup>2</sup>/s 时,可提示患者脊髓功能有较好的可逆性恢复,术后指导患者早期进行系统康复干预具有更好的临床效果。但此标准是否准确,还需后续更多研究修正。

为避免人为划分 MRI 量化指标等级造成偏倚,本研究均采用量化指标的预测界值进行客观分级并赋值。通过多因素分析发现,低 JOA 评分、TA≤0.46 cm<sup>2</sup> 和 FA≤0.386 均是 CSM 术后恢复不良的独立危险因素。颈椎 JOA 评分由日本骨科协会提出,能量化评估脊髓神经功能,在临床已被广泛推荐和使用,尤其适用于评估术后脊髓功能恢复情况。联合 JOA 评分、MRI T<sub>2</sub>WI 与 DTI 量化指标建立术后脊髓功能恢复预测模型,与单纯 JOA 评分系统比较,该模型可将预测术后脊髓功能恢复不良的 AUC 从 0.760 提高至 0.871,其预测能力明显优于 JOA 评分系统,可更准确地预测 CSM 患者预后。该预测模型为 CSM 患者预后评估提供了一种新的思路,对于脊柱外科及康复科医师评估 CSM 患者预后具有重要意义。对于预测模型小于 0.360 的患者,提示术后脊髓功能恢复良好,对 CSM 患者树立治疗信念及坚持术后系统康复治疗均具有积极作用;而对于预测模型≥0.360 的患者,则提示术后脊髓功能恢复不良,这对改进术后康复干预治疗提出了更高要求,例如术后增加高压氧、针刺等康复治疗方案,这部分患者的术后康复也是我们今后重点研究的方向。需要指出的是,由于本研究样本量较小,上述结果数据尚需大样本研究进一步验证。

## 参 考 文 献

- [1] Karpova A, Arun R, Davis AM, et al. Predictors of surgical outcome in cervical spondylotic myelopathy [J]. *Spine*, 2013, 38 (5): 392-400. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3182715bc3.
- [2] Fehlings MG, Wilson JR, Kopjar B, et al. Efficacy and safety of surgical decompression in patients with cervical spondylotic myelopathy: results of the AOSpine North America prospective multi-center study [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2013, 95 (18): 1651-1658. DOI: 10.2106/JBJS.L.00589.
- [3] Fehlings MG, Rao SC, Tator CH, et al. The optimal radiologic method for assessing spinal canal compromise and cord compression in patients with cervical spinal cord injury. Part II: Results of a multicenter study [J]. *Spine*, 1999, 24 (6): 605-613. DOI: 10.1097/00007632-199903150-00023.
- [4] Nouri A, Tetreault L, Zamorano JJ, et al. Role of magnetic resonance imaging in predicting surgical outcome in patients with cervical spondylotic myelopathy [J]. *Spine*, 2015, 40 (3): 171-178. DOI: 10.1097/BRS.0000000000000678.

- [5] Wang LF, Zhang YZ, Shen Y, et al. Using the T2-weighted magnetic resonance imaging signal intensity ratio and clinical manifestations to assess the prognosis of patients with cervical ossification of the posterior longitudinal ligament [J]. *J Neurosurg Spine*, 2010, 13 (3): 319-323. DOI: 10.3171/2010.3.SPINE09887.
- [6] Uchida K, Nakajima H, Takeura N, et al. Prognostic value of changes in spinal cord signal intensity on magnetic resonance imaging in patients with cervical compressive myelopathy [J]. *Spine J*, 2014, 14 (8): 1601-1610. DOI: 10.1016/j.spinee.2013.09.038.
- [7] Kim TH, Ha Y, Shin JJ, et al. Signal intensity ratio on magnetic resonance imaging as a prognostic factor in patients with cervical compressive myelopathy [J]. *Medicine*, 2016, 95 (39): e4649. DOI: 10.1097/MD.00000000000004649.
- [8] Fukushima T, Ikata T, Taoka Y, et al. Magnetic resonance imaging study on spinal cord plasticity in patients with cervical compression myelopathy [J]. *Spine*, 1991, 16 (10): S534-538. DOI: 10.1097/00007632-199110001-00016.
- [9] Karpova A, Arun R, Kalsi-Ryan S, et al. Do quantitative magnetic resonance imaging parameters correlate with the clinical presentation and functional outcomes after surgery in cervical spondylotic myelopathy? A prospective multicenter study [J]. *Spine*, 2014, 39 (18): 1488-1497. DOI: 10.1097/BRS.0000000000000436.
- [10] 袁道, 高思佳, 秀香, 等. 脊髓型颈椎病患者 3 T MR 扩散张量成像测量参数值与临床表现的相关性研究 [J]. *中华放射学杂志*, 2012, 46 (3): 225-229. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1005-1201.2012.03.006.
- [11] 吴钦, 周福庆, 谭永明, 等. 扩散张量成像各向异性熵值评价脊髓型颈椎病颈髓损伤的初步临床应用 [J]. *中华放射学杂志*, 2016, 50 (8): 571-575. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1005-1201.2016.08.003.
- [12] Jones JG, Cen SY, Lebel RM, et al. Diffusion tensor imaging correlates with the clinical assessment of disease severity in cervical spondylotic myelopathy and predicts outcome following surgery [J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2013, 34 (2): 471-478. DOI: 10.3174/ajnr.A3199.
- [13] Vedantam A, Rao A, Kurpad SN, et al. Diffusion tensor imaging correlates with short-term myelopathy outcome in patients with cervical spondylotic myelopathy [J]. *World Neurosurg*, 2017, 97: 489-494. DOI: 10.1016/j.wneu.2016.03.075.
- [14] 任虎, 申勇, 于绍斌, 等. 脊髓型颈椎病肌电图检测结果与临床术后评估的相关性分析 [J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2010, 32 (5): 375-377. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2010.05.015.
- [15] 曹俊明, 杨大龙, 申勇, 等. 康复治疗对脊髓型颈椎病患者椎板成形手术效果的影响 [J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2009, 31 (7): 468-471. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2009.07.012.
- [16] Oichi T, Oshima Y, Taniguchi Y, et al. Cervical anterolisthesis: a predictor of poor neurological outcomes in cervical spondylotic myelopathy patients after cervical laminoplasty [J]. *Spine*, 2016, 41 (8): E467-473. DOI: 10.1097/BRS.0000000000001277.
- [17] Gu Y, Shi J, Cao P, et al. Clinical and imaging predictors of surgical outcome in multilevel cervical ossification of posterior longitudinal ligament: an analysis of 184 patients [J]. *PLoS One*, 2015, 10 (9): e0136042. DOI: 10.1371/journal.pone.0136042.
- [18] 刘雅克, 陶然, 王洪, 等. 胫骨平台骨折术后膝关节创伤性关节炎风险预测模型的构建 [J]. *中华骨科杂志*, 2016, 36 (18): 1160-1166. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-2352.2016.18.003.
- [19] Chen CJ, Lyu RK, Lee ST, et al. Intramedullary high signal intensity on T2-weighted MR images in cervical spondylotic myelopathy: prediction of prognosis with type of intensity [J]. *Radiology*, 2001, 221 (3): 789-794. DOI: 10.1148/radiol.2213010365.
- [20] Ries M, Jones RA, Dousset V, et al. Diffusion tensor MRI of the spinal cord [J]. *Magn Reson Med*, 2000, 44 (6): 884-892.
- [21] Rindler RS, Chokshi FH, Malcolm JG, et al. Spinal diffusion tensor imaging in evaluation of preoperative and postoperative severity of cervical spondylotic myelopathy: systematic review of literature [J]. *World Neurosurg*, 2017, 99: 150-158. DOI: 10.1016/j.wneu.2016.11.141.
- [22] Wang K, Chen Z, Zhang F, et al. Evaluation of DTI parameter ratios and diffusion tensor tractography grading in the diagnosis and prognosis prediction of cervical spondylotic myelopathy [J]. *Spine*, 2017, 42 (4): E202-E210. DOI: 10.1097/BRS.0000000000001784.

(修回日期: 2017-04-20)

(本文编辑: 易浩)

## 《中华物理医学与康复杂志》第七届编辑委员会通讯编委名单

(按姓氏笔画排序)

马超 尹勇 王俊华 王楚怀 王蓓蓓 白玉龙 刘雅丽 孙乐蓉 毕胜  
 许涛 许光旭 余茜 张载福 李丽 李铁山 李雪萍 杨卫新 汪萍  
 汪琴 汪军民 陆敏 陈刚 陈翔 范晓华 姜志梅 胡昔权 胥方元  
 商晓英 舒彬 谢明 虞乐华