

# 桥脑小脑束扩散张量成像参数预测大脑中动脉脑梗死患者步行能力恢复的临床应用

赵瀛<sup>1</sup> 施爱群<sup>1</sup> 王大明<sup>2</sup> 王凌燕<sup>1</sup> 宋杰<sup>3</sup> 李捷<sup>4</sup>

<sup>1</sup>浙江中医药大学附属金华中医院康复医学科, 金华 321017; <sup>2</sup>浙江大学附属第一医院康复医学科, 杭州 310006; <sup>3</sup>湖州市第一人民医院康复医学科, 湖州 313000; <sup>4</sup>浙江中医药大学附属金华中医院影像科, 金华 321017

通信作者: 施爱群, Email: smileandbird@126.com

**【摘要】 目的** 探讨扩散张量成像(DTI)检查脑梗死恢复期患者桥脑小脑束的扩散参数在发病3个月内和1年后的动态改变,分析其与脑卒中后远期步行能力的关系。**方法** 选取亚急性期(病程3周~3个月)大脑中动脉供血区梗死偏瘫患者30例,分别于发病3个月内(首次)和发病1年后(随访时)采用DTI在感兴趣区桥脑小脑束的小脑中脚区域测定左、右两侧的部分各向异性(FA)值作为影像学参数;同时采用国立卫生研究所卒中量表(NIHSS)对入选患者的神经功能缺损情况进行评估,包括上、下肢运动评定部分,并作为偏瘫分级(PG)的依据(即上肢和下肢运动评分之和);并于随访时,采用Brunel平衡量表(BBA)、改良的Rankin量表(mRS)和功能独立性评定量表(FIM)分别评定入选患者的平衡功能、功能预后和生活自理能力。**结果** 首次扫描后发现,桥脑小脑束未受累侧FA值( $0.499 \pm 0.053$ )和随访时桥脑小脑束未受累侧的FA值( $0.490 \pm 0.094$ )明显低于同期受累侧。首次检测所得桥脑小脑束的rFA值与首次和随访时的下肢运动PG分值、上肢运动PG分值、运动总PG分值和FIM评分呈显著相关,差异均有统计学意义( $P < 0.05$ )。随访时,上肢、下肢和总运动结局是否良好与桥脑小脑束的rFA值显著相关,差异均有统计学意义( $P < 0.05$ )。首次桥脑小脑束的rFA值预测下肢运动结局的ROC曲线下面积比值为0.84( $P = 0.002$ ),最佳界点为0.92(敏感度71.4%,特异度73.9%)。**结论** 亚急性期大脑中动脉梗死患者桥脑小脑束的DTI参数(rFA值)可预测其长期运动能力的恢复情况,且桥脑小脑束的rFA值是预测下肢运动结局是重要参考指标。

**【关键词】** 脑梗死; 桥脑小脑束; 扩散张量成像; 步行; 长期预后

DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2021.03.006

## The clinical value of diffusion tensor imaging for predicting the recovery of walking ability after middle cerebral artery infarction

Zhao Ying<sup>1</sup>, Shi Aiqun<sup>1</sup>, Wang Daming<sup>2</sup>, Wang Linyan<sup>1</sup>, Song Jie<sup>3</sup>, Li Jie<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Department of Rehabilitation Medicine, The Affiliated Traditional Chinese Medicine Hospital of Zhejiang University of Traditional Chinese Medicine, Jinhua 321017, China; <sup>2</sup>Department of Rehabilitation Medicine, The First Affiliated Hospital of Zhejiang University, Hangzhou 310006, China; <sup>3</sup>Department of Rehabilitation Medicine, No.1 People's Hospital of Huzhou City, Huzhou 313000, China; <sup>4</sup>Department of Imaging, The Affiliated Traditional Chinese Medicine Hospital of Zhejiang University of Traditional Chinese Medicine, Jinhua 321017, China

Corresponding author: Shi Aiqun, Email: smileandbird@126.com

**【Abstract】 Objective** To explore the changes in the diffusion tensor imaging (DTI) parameters of the pontocerebellar tract 3 months and one year after ischemic stroke and analyze the data's potential for predicting long-term motor outcomes. **Methods** Thirty patients with middle cerebral artery infarction were prospectively studied using DTI within 3 months and 1 year after the onset. A region of interest-based analysis was performed for the fractional anisotropy (FA) of the middle cerebellar peduncles (MCP) in the pontocerebellar fibers (PCF). Neurological functioning was evaluated using the National Institutes of Health Stroke Scale and the degree of paresis was assessed at the same time using paresis grading. At one year after the onset, balance function, functional prognosis and self-care ability were evaluated using the Brunel Balance Scale, the modified Rankine Scale and the Functional Independence Scale respectively. **Results** The average FA on the healthy side 3 months and 1 year after onset was significantly less than on the affected side at each time point. The ratio of the FA of the affected side to that of the unaffected side (rFA) in the PCF correlated significantly with the average paresis scores of the lower and upper extremity and the to-

tal paresis score at each time point. Moreover, the rFA of the PCF was significantly correlated with the average functional independence score, the prognosis for the upper and lower extremities as well as motor functioning. The area ratio under the ROC curve of the PCF for predicting lower extremity motor outcome was 0.84, and the optimal threshold was 0.92 (sensitivity 71.4%, specificity 73.9%). The area ratio under the ROC curve was not a significant predictor of upper extremity motor outcome. **Conclusion** The DTI parameter rFA of the PCF in patients with subacute middle cerebral artery infarction can help to predict the long-term recovery of motor ability. It can serve as an important reference index for predicting the long-term motor ability of the lower limbs.

**[Key words]** Ischemic stroke; Pontocerebellar fibers; Diffusion tensor imaging; Walking; Long-term prognoses

DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2021.03.006

研究表明,脑卒中后皮质脊髓束是否受累及其损害程度与运动功能的结局密切相关<sup>[1]</sup>。动物实验研究表明,猴子下肢的运动功能与从健侧交叉而来的运动通路密切相关<sup>[2]</sup>。桥脑小脑束(pontocerebellar fibers, PCF)起源于中央前回和中央后回,是皮质桥小脑通路的一部分,并通过小脑中脚延伸至对侧小脑半球,形成桥脑小脑通路。神经信号从大脑皮质传输到小脑的中间和外侧区域,这些区域的纤维在保持姿势、平衡和协调方面具有重要作用<sup>[1]</sup>。裴彪等<sup>[3]</sup>的研究提出,桥旁梗死可使同侧桥核和桥脑小脑束发生瓦勒氏变性(Wallerian degeneration, WD)。

扩散张量成像(diffusion tensor imaging, DTI)测量小脑中脚的各向异性(fractional anisotropy, FA)研究证实,慢性脑卒中患者广泛存在“交叉性小脑神经机能联系不良”(crossed cerebellar diaschisis)现象<sup>[4]</sup>。王大明等<sup>[5]</sup>对小样脑卒中患者 10 例进行研究,慢性脑卒中患者出现的小脑中脚交叉性 FA 值下降,在脑卒中早阶段(病程<3 个月)即已存在。

本研究纳入大脑中动脉供血区首发脑梗死患者 30 例,比较了桥 PCF 的 FA 值在脑梗塞不同阶段的变化,旨在进一步验证 PCF 的 rFA 值与脑卒中远期的不同运动功能结局(特别是长期步行能力)恢复程度的关系。

## 对象和方法

### 一、病例资料

入选标准:①符合脑梗死诊断标准符合第 4 届全国脑血管病会议制订的缺血性脑梗死诊断依据<sup>[6]</sup>;②均为首次发病,且病灶位于幕上;③病程 3 周~3 个月;④经扩散加权成像(diffusion weighted imaging, DWI)明确为急性大脑中动脉流域内的亚急性脑梗死,所有患者的磁共振成像液体衰减反转恢复(fluid attenuated inversion recovery, FLAIR)序列未见小脑及病灶对侧大脑半球有任何影像学异常表现以排除既往脑部结构性损害;⑤均自愿参与并签署知情同意书。

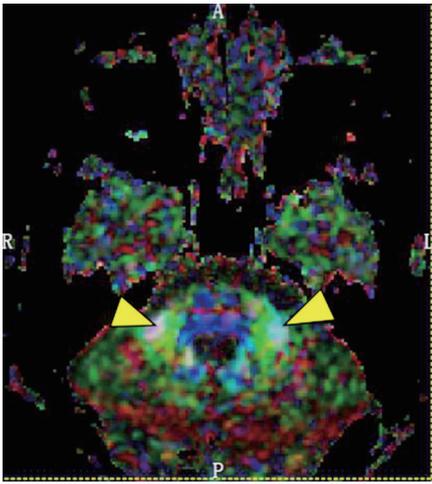
收集 2012 年 9 月至 2017 年 4 月浙江中医药大学

附属金华中医院康复医学科收治且符合上述标准的脑卒中患者 30 例,其中男 24 例,女 6 例;年龄 40 岁~75 岁,平均(58.40±9.58)岁。本研究经医院伦理委员批准实施(金华中医院 2014034),且所有入选者均已接受至少 4 周的常规康复治疗。

### 二、影像学评估和数据处理

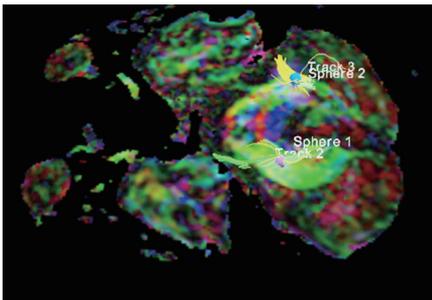
采用美国 GE 公司生产的 1.5T 超导型磁共振扫描仪,DTI 扫描运用单次激发平面回波技术,重复时间(time of repetition, TR)=10000 ms,回波时间(time of echo, TE)=115 ms,激励次数 2,矩阵 256×256,视野 256 mm,空间分辨率 1.0 mm×1.0 mm×3.0 mm。原始 DTI 数据以医学数字成像和通信标准(digital imaging and communications in medicine, DICOM)格式统一传输至科室工作站服务器中。在 Windows10 版操作系统下采用 Onis 2.5 版 Free 医学图像软件对原始的 DICOM 数据进行分类,并导出 DTI 和 T1 序列原始数据。使用 dcm 2 nii.gui 医学图像转换软件将导出原始 DICOM 数据转换成神经影像信息技术(neuroimaging informatics technology initiative, NIFTI)格式。使用 Excel 读取 bevc 文件,提取个体梯度方向数据存入扩散成像专用分析软件 Diffusion Toolkit 中,使用 Diffusion Toolkit(工具包)读取相同患者的 DTI 数据,进行运算,可得到个体 FA 图和确定性纤维追踪图。在 TrackVis 软件中读取确定性纤维追踪图,并在二维轴面 FA 彩图上,分别在双侧 PCF 的小脑中脚处中黄色箭头所示粉色区域,详见图 1。用 TrackVis 软件中的小球(直径均为 3 mm)置于感兴趣区,详见图 2。软件自动导出所测感兴趣区的 FA 最大值、最小值和平均值,选取平均值进行计算。比较病灶受累侧与未受累侧的 FA 均值,按下方公式计算发病 3 个月内 PCF 的 FA 双侧比值(rFA 值)。受累侧代表大脑梗死病变侧,由于 PCF 为皮质小脑束一部分,在桥脑水平通过小脑中脚交叉延伸到对侧小脑半球,在幕上病变后神经束远端会发生 WD 变性。未受累侧代表大脑健侧。

$$\text{PCF rFA} = \frac{\text{未受累侧 FA 值}}{\text{受累侧 FA 值}}$$



注:黄色箭头所指为患者的轴向 DTI 小脑中角位置,小脑中脚连接桥脑和对侧小脑

图 1 患者 PCF 在彩色 DTI 图中的位置



注:蓝色小球为患者小脑中脚处的感兴趣区,穿过小球的黄色纤维代表桥脑小脑束穿过感兴趣部分

图 2 患者感兴趣区(小脑中脚)处的 PCF

### 三、临床评估和分组

于首次(发病 3 个月内)头颅 MR 检查和发病 1 年后(随访时)采用美国国立卫生研究所脑卒中量表(National Institute of Health stroke scale, NIHSS)<sup>[7]</sup>对入选患者的神经功能缺损情况进行评估,该量表中上、下肢运动分数各为 0~4 分,分数越高则功能越差。偏瘫后运动总分(paresis grading, PG)为上肢和下肢运动评分的和(0~8 分)。将所有患者的 PG 总分进一步分为预后良好组(0~2 分)和预后不良组(3~8 分),2 组进行比较。为进一步区分上肢运动结局和下肢运动结局(即步行能力)与 rFA 参数上的差异,分别根据上、下肢各自 PG 分值分为上肢运动结局良好组(0~1 分)和上肢运动结局不良组(2~4 分);下肢运动结局良好组(0~1 分)和下肢运动结局不良组(2~4 分),进行亚组间比较。在随访时,还采用 Brunel 平衡量表(Brunel balance assessment, BBA)<sup>[8]</sup>、改良的 Rankin 量表(modified Rankin scale, mRS)<sup>[9]</sup>、功能独立性评定量表(functional independence measure, FIM)<sup>[10]</sup>分别评估

入选患者的平衡功能、神经功能预后和生活自理能力。

### 四、统计学方法

使用 SPSS 24.0 版统计软件对所得数据进行统计学分析,所有数值均以( $\bar{x} \pm s$ )表示。rFA 和临床各积分之间的关系采用 Spearmen 相关分析;采用受试者操作曲线(receiver operating characteristic curve, ROC)分析比较发病 3 个月桥小脑束 rFA 值与远期下肢运动结局的预测效果,以曲线下面积及约登指数计算最佳 rFA 预测值及其敏感度和特异度。采用 Spearmen 相关分析年龄、NIHSS 分数、病灶大小、rFA 值各变量与运动结局的相关性。以  $P < 0.05$  (双侧)为差异有统计学意义。

## 结 果

### 一、30 例患者主要影像学评估结果和临床结局

30 例患者随访时,运动功能较第 1 次改善的有 27 例,无变化的 3 例;下肢运动功能较第 1 次改善的有 23 例,无变化的 7 例。累及部位包括,脑梗死范围均位于大脑中动脉供血区范围内,其中额叶(frontal cortex, F)、顶叶(parietal cortex, P)累及 4 例,颞叶(temporal cortex, T)累及 12 例,深部白质(deep white matter, DWM)累及 29 例,基底核(basal ganglia, BG)累及 20 例,详见表 1。

### 二、PCF 感兴趣区的 FA 值及其 rFA 比较

首次扫描后发现,30 例患者大脑健侧 PCF 的 FA 值明显低于大脑病灶侧 PCF 的 FA 值( $P < 0.01$ );随访时,大脑健侧 PCF 的 FA 值明显低于大脑病灶侧 PCF 的 FA 值( $P < 0.01$ )。2 次 DTI 扫描 PCF 的 FA 均值和 rFA 值,详见表 2。

### 三、rFA 与各临床参数间的相关性分析

发病 3 个月内,PCF 的 rFA 值与首次下肢 PG 分、随访时上肢 PG 分、下肢 PG 分、总 PG 分和 FIM 评分呈显著相关,差异均有统计学意义( $P < 0.05$ ),与首次上肢 PG 分和随访时的上肢 PG 分、BBA、mRS 评分无显著相关性,差异均无统计学意义( $P > 0.05$ ),详见表 3。

### 四、运动结局与各临床参数间的相关性分析

随访时,患者的运动总结局、上肢、下肢运动结局与年龄、运动功能缺损程度、病灶大小、起病 3 个月 PCF 的 rFA 值参数间的关系,详见表 4。分析发现,随访时,运动总结局以及上肢和下肢运动结局均与小脑中脚的 rFA 值显著相关,差异均有统计学意义( $P < 0.05$ ),而与年龄、运动功能缺损程度、病灶大小等参数无显著相关性,差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。

**表 1** 30 例大脑中动脉梗死患者的影像学评估结果和临床结局

病例序号	年龄(岁)	性别	病灶侧别	累积部位	rFA 小脑中脚	入院病程 (月)	随访时 PG(分)	运动 结局	BBA (分)	mRS (分)	FIM (分)
1	68	男	右	DWM、BG	0.9	4	0	良好	12	2	90
2	40	男	左	P、T、DWM、BG	0.92	7	0	良好	12	2	88
3	49	男	左	DWM、BG	0.95	5	0	良好	12	2	88
4	49	女	左	F、P、T、DWM	0.89	8	6	不良	6	5	65
5	50	女	左	T、DWM	0.92	4	0	良好	9	1	90
6	62	男	右	F、P、DWM	0.95	5	3	不良	3	4	38
7	56	男	左	T、DWM	0.97	7	3	不良	11	4	82
8	75	男	右	P、T、DWM、BG	0.82	7	7	不良	0	5	27
9	44	男	左	DWM	0.92	3	2	良好	12	1	90
10	65	女	右	DWM	0.99	3	0	良好	12	3	87
11	71	女	右	DWM、BG	0.98	5	3	不良	4	4	85
12	51	男	右	DWM	0.93	4	2	良好	12	3	88
13	70	男	右	BG	0.94	2	0	良好	11	3	59
14	62	男	左	DWM、BG	0.76	8	5	不良	8	4	54
15	63	男	右	DWM、BG	0.96	5	2	良好	12	3	90
16	49	男	左	P、T、DWM	0.88	7	5	不良	8	3	81
17	54	男	左	P、T、DWM、BG	0.88	7	4	不良	10	3	73
18	70	男	左	DWM	0.87	7	4	不良	7	2	54
19	64	男	左	P、T、DWM、BG	0.96	6	3	不良	11	3	90
20	56	男	左	P、T、DWM、BG	0.86	5	5	不良	8	3	66
21	45	女	左	P、T、DWM、BG	0.77	7	7	不良	9	3	77
22	70	男	右	P、T、DWM、BG	0.86	4	0	良好	6	4	55
23	65	女	右	F、T、P、DWM、BG	0.84	6	3	不良	8	5	34
24	53	男	左	DWM、BG	0.93	5	2	良好	12	2	87
25	53	男	左	P、DWM	0.81	3	0	良好	10	2	84
26	54	男	左	DWM、BG	0.81	5	4	不良	11	2	82
27	47	男	左	DWM、BG	0.8	4	2	良好	12	2	88
28	70	男	左	DWM、BG	0.84	6	4	不良	6	4	53
29	60	男	右	P、T、DWM、BG	0.81	7	6	不良	10	4	58
30	67	男	左	DWM、BG	0.96	4	0	良好	11	3	81

**表 2** 桥脑小脑束感兴趣区 2 次 DTI 扫描的 FA 值及其 rFA 比较 ( $\bar{x}\pm s$ )

扫描时间	例数	病灶侧	健侧	rFA
首次	30	0.565±0.059	0.499±0.053	0.889±0.067
随访时	30	0.549±0.055	0.490±0.094	0.893±0.094

**表 3** 小脑中脚 rFA 值与各临床参数间的相关性分析

临床参数	首次扫描的桥脑小脑束 rFA	
	r	P 值
首次 NIHSS	-0.173	0.36
首次上肢 PG	-0.183	0.333
首次下肢 PG	-0.377	0.040 <sup>b</sup>
首次上下肢 PG	-0.297	0.111
随访时 NIHSS	-0.295	0.113
随访时上肢 PG	-0.425 <sup>a</sup>	0.019 <sup>b</sup>
随访时下肢 PG	-0.433 <sup>a</sup>	0.017 <sup>b</sup>
随访时上下肢 PG	-0.468 <sup>a</sup>	0.009 <sup>b</sup>
随访时 BBA	0.316	0.088
随访时 mRS	-0.42	0.828
随访时 FIM	0.440 <sup>a</sup>	0.015 <sup>b</sup>

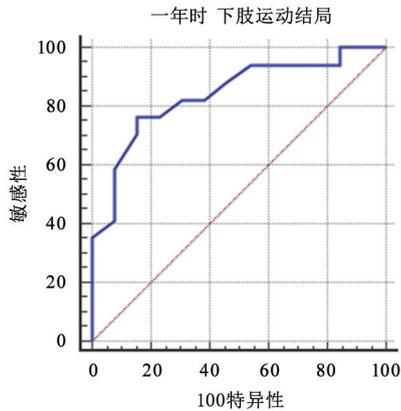
注:<sup>a</sup>|r|>0.40, <sup>b</sup>P<0.05

**表 4** 运动结局与各参数间的关系

参数变量	运动总结局 (例)		下肢运动结局 (例)		上肢运动结局 (例)	
	良好	不良	良好	不良	良好	不良
年龄						
65 岁	8	2	7	3	5	5
<65 岁	12	8	11	9	9	11
NIHSS 评分						
NIHSS ≥ 8 分	7	16	12	11	8	15
NIHSS < 8 分	7	0	6	1	5	2
病灶大小						
累积半球 ≥ 1/3	2	9	5	7	3	9
累积半球 < 1/3	12	7	13	5	11	7
首次扫描所得 rFA						
rFA 值 ≥ 0.92	10	4	12	2	10	3
rFA 值 < 0.92	4	12	6	10	4	13

五、下肢运动结局是否良好的 ROC 曲线分析

预测长期下肢运动结局, PCF 的 rFA 值曲线下面积比值为(0.84±0.75, P=0.002), 小脑中脚 rFA 最佳界值为 0.92(敏感度 71.4%, 特异度 73.9%), 详见图 3。



注:首次扫描所得 PCF 的 rFA 值与随访时下肢长期运动结局的 ROC 曲线,斜线为曲线下 50% 面积比

图 3 预测随访时下肢运动结局的 ROC 曲线

## 讨 论

本研究结果显示,发病 3 个月内,首次扫描健侧大脑 PCF 的 FA 值 ( $0.499 \pm 0.053$ ) 和随访时 PCF 的 FA 值 ( $0.490 \pm 0.094$ ) 均明显低于大脑病灶侧 ( $0.565 \pm 0.059$ ) 和 ( $0.549 \pm 0.055$ ),说明幕上脑梗死出现后,在 PCF 远端两侧的 FA 不对称性至少可以延续至发病 1 年后。进一步分析影响长期预后的各常见变量与步行恢复是否良好之间的关系,结果发现,PCF 的 rFA 值与随访时运动总分值、上肢运动和下肢运动评分有显著相关性 ( $P < 0.05$ )。ROC 曲线分析得出,PCF 的 rFA 值预测长期下肢运动结局的曲线下面积为 0.84 ( $P = 0.002$ ),表示 PCF 的 rFA 值在预测下肢长期运动结局时有统计学意义 ( $P < 0.05$ )。rFA 最佳界值点为 0.92 (敏感度 71.4%,特异度 73.9%),由于 rFA 临界值为约登指数最大值相对应的 rFA 值,指数越大说明筛查实验的效果越好,真实性越大,提示 PCF 在脑卒中步行能力恢复方面具有重要的作用。

大量文献报道,皮质脊髓束与运动功能的恢复密切相关<sup>[11-13]</sup>。Kusano 等<sup>[14]</sup>的研究发现,脑卒中后早期(病程 < 3 d 内)大脑脚的 rFA 值改变与发病 1 个月后和发病半年以上的运动结局显著相关。王大明<sup>[15]</sup>等也研究发现,脑卒中发病 2 周内,大脑的 rFA 参数在预测效用比发病 3 d 内的参数特异性更高,且是运动结局和总体预后的独立预测因子。有研究分析了左侧皮质下脑卒中患者 15 例的皮质脊髓束损伤与脑卒中运动功能障碍的关系,结果表明,通过 DTT 定量评估皮质脊髓束完整性损伤或许可作为评估脑卒中患者上肢,尤其是手腕部运动功能障碍的一个潜在的重要参考指标<sup>[16]</sup>。在慢性脑卒中的 DTI 研究方面,有研究证实,皮质脊髓束中断后 30 个月后,可在大脑脚水平或桥脑水平观察到辅助运动纤维束的形成,且与正常

皮质脊髓束相连,这些纤维与运动功能恢复之间有明显的相关性<sup>[17]</sup>。

PCF 作为连接脑干与小脑的重要纤维束,裴彪等<sup>[3]</sup>的研究指出,在幕上和幕下脑卒中后会较早出现小脑中脚继发性损害,这与后期形态学上的改变是否存在关联还需要进一步的研究。静息态研究发现,小脑中脚结构的结构性改变相较于大脑脚,与下肢运动能力更为相关。Jahn<sup>[18]</sup>等让研究对象想象站立、步行、跑步三种状态,分析下肢运动下的静息态功能像信号后发现,在步行和跑步相关激活区均涉及双侧小脑连和中脑的大片中轴结构。由于静息态功能像信号从原理上类似于血流中的氧合信号探测,为小脑与中脑结构参与下肢运动提供了影像学依据,本研究同样证实了 PCF 与下肢运动功能(步行能力)的恢复有密切联系。

本研究的不足之处是,本研究采用的是球状兴趣区选取方法,不同研究者在选取感兴趣区时可能存在误差,且脑卒中后由于病灶大小和位置的不同,与标准模板的配准一直是目前脑功能研究存在的问题,后期可以考虑绘制大脑脚、小脑中脚等标准模板感兴趣区,与标准模板配准后再进行组分析也许会有更好的结果。

综上所述,PCF 存在与大脑脚皮质脊髓束相同的继发性 DTI 改变,至少可持续至缺血性脑卒中发病后 1 年,3 个月内的中脑中脚的 rFA 值可以预测发病 1 年后的下肢运动功能结局和总体功能预后。

最近有研究对脑出血患者 40 例运用基于域的空间统计方法,通过 DTI 研究了皮质脊髓束、上纵束、下纵束退变与临床结果的关系,该研究结果提示,CST 中纤维束变性主要影响运动相关结果,上纵束中纤维束变性与认知相关结果较差相关<sup>[19]</sup>。今后,随着病例的增加,可对不同发病部位的患者进行进一步的分类,做同一病灶下的 PCF 弥散张量研究,同时也可以研究其他相关纤维束弥散张量退变与临床运动、认知、言语功能之间的关系,增加预测效果的可靠性。

## 参 考 文 献

- [1] Nagae Poetscher LM, Jiang H, Mori S, et al. Fiber tract-based atlas of human white matter anatomy [J]. Radiology, 2004, 230 (1): 77-87. DOI: 10.1148/radiol.2301021640.
- [2] Lawrence DG, Kuypers HG. The functional organization of the motor system in the monkey. I. The effects of bilateral pyramidal lesions [J]. Brain, 1968, 91 (1): 1-14. DOI: 10.1093/brain/91.1.1.
- [3] 裴彪,全琦,孙逊,等.周围神经损伤后瓦勒氏变性及其神经导管的研究与进展.中国组织工程研究,2017,21(10):1596-1603.10.3969/j.issn.2095-4344.2017.10.020
- [4] Kim J, Lee SK, Lee JD, et al. Decreased fractional anisotropy of middle cerebellar peduncle in crossed cerebellar diaschisis: diffusion-tensor

- imaging-positron-emission tomography correlation study[J].AJNR Am J Neuroradiol, 2005, 26(9): 2224-2228. DOI: 10.1080/02841850510021616.
- [5] 王大明,李捷,王金辉,等.小脑中脚扩散张量成像参数预测大脑中动脉梗死患者步行能力恢复的临床价值[J].中华物理医学与康复杂志,2017.39(1):11-16. DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2017.01.003.
- [6] 中华神经科学会,中华神经外科学会.各类脑血管疾病诊断要点[J].中华神经科杂志,1996,29(6):379-380.
- [7] Kwah LK, Diong J. National Institutes of Health Stroke Scale (NIHSS) [J]. J Physiother, 2014, 60(9): 61. DOI: 10.1016/j.jphys.2013.12.012.
- [8] Tyson SF, DeSouza LH. Development of the Brunel Balance Assessment: a new measure of balance disability post stroke[J]. Clin Rehabil, 2004, 18(7): 801-810. DOI:10.1191/0269215504cr744oa.
- [9] Rankin J. Cerebral vascular accidents in patients over the age of 60. II. Prognosis[J]. Scott Med J, 1957, 2(5): 200-215. DOI: 10.1177/003693305700200504.
- [10] Granger CV, Cotter AC, Hamilton BB, et al. Functional assessment scales: a study of persons after stroke[J]. Arch Phys Med Rehabil, 1993, 74(2): 133-138. DOI:10.1097/00002060-199302000-00013.
- [11] Puig J, Pedraza S, Blasco G, et al. Acute damage to the posterior limb of the internal capsule on diffusion tensor tractography as an early imaging predictor of motor outcome after stroke[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2011, 32(5): 857-863. DOI:10.3174/ajnr.A2400.
- [12] Schiemanck SK, Kwakkel G, Post Marcel WM, et al. Impact of internal capsule lesions on outcome of motor hand function at one year post-stroke[J]. J Rehabil Med, 2008, 40(2): 96-101. DOI: 10.2340/16501977-0130.
- [13] Koch P, Schulz R, Hummel FC. Structural connectivity analyses in motor recovery research after stroke[J]. Ann Clin Transl Neurol, 2016, 3(3): 233-44. DOI:10.1002/acn3.278.
- [14] Kusano Y, Seguchi T, Horiuchi T, et al. Prediction of functional outcome in acute cerebral hemorrhage using diffusion tensor imaging at 3T: a prospective study[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2009, 30(8): 1561-1565. DOI:10.3174/ajnr.A1639.
- [15] Wang DM, Li J, Liu JR, et al. Diffusion tensor imaging predicts long-term motor functional outcome in patients with acute supratentorial intracranial hemorrhage[J]. Cerebrovasc Dis, 2012, 34(3): 199-205. DOI:10.1159/000341857.
- [16] 杨亚茹,杨明,李慧君,等.慢性缺血性脑卒中患者下行运动纤维束的扩散张量成像的诊断价值[J].中华医学杂志,2015,95(23):1842-1845. DOI:10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2015.23.012.
- [17] Ahn YH, Ahn SH, Kim H, et al. Can stroke patients walk after complete lateral corticospinal tract injury of the affected hemisphere[J]? Neuroreport, 2006, 17(10): 987-990. DOI: 10.1097/01.wnr.0000220128.01597.e0.
- [18] Jahn K, Deuschländer A, Stephan T, et al. Imaging human supraspinal locomotor centers in brainstem and cerebellum [J]. Neuroimage, 2008, 39(2): 786-792. DOI:10.1016/j.neuroimage.2007.09.047.
- [19] Koyama T, Uchiyama Y, Domen K. Associations of diffusion-tensor fractional anisotropy and FIM outcome assessments after intracerebral hemorrhage [J]. J Stroke Cerebrovasc Dis, 2018, 27(10): 2869-2876. DOI:10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2018.06.012.

(修回日期:2020-02-22)

(本文编辑:阮仕衡)

· 读者 · 作者 · 编者 ·

## 本刊对来稿中统计学处理的有关要求

1. 统计研究设计:应交代统计研究设计的名称和主要做法。如调查设计(分为前瞻性、回顾性或横断面调查研究);实验设计(应交代具体的设计类型,如自身配对设计、成组设计、交叉设计、析因设计、正交设计等);临床试验设计(应交代属于第几期临床试验,采用了何种盲法措施等)。主要做法应围绕4个基本原则(随机、对照、重复、均衡)概要说明,尤其要交代如何控制重要非试验因素的干扰和影响。

2. 资料的表达与描述:用 $(\bar{x} \pm s)$ 表达近似服从正态分布的定量资料,用 $M(Q_R)$ 表达呈偏态分布的定量资料;用统计表时,要合理安排纵横标目,并将数据的含义表达清楚;用统计图时,所用统计图的类型应与资料性质相匹配,并使数轴上刻度值的标法符合数学原则;用相对数时,分母不宜小于20,要注意区分百分率与百分比。

3. 统计分析方法的选择:对于定量资料,应根据所采用的设计类型、资料所具备的条件和分析目的,选用合适的统计分析方法,不应盲目套用 $t$ 检验和单因素方差分析;对于定性资料,应根据所采用的设计类型、定性变量的性质和频数所具备的条件以及分析目的,选用合适的统计分析方法,不应盲目套用 $\chi^2$ 检验。对于回归分析,应结合专业知识和散点图,选用合适的回归类型,不应盲目套用简单直线回归分析,对具有重复实验数据的回归分析资料,不应简单化处理;对于多因素、多指标资料,要在一元分析的基础上,尽可能运用多元统计分析方法,以便对因素之间的交互作用和多指标之间的内在联系进行全面、合理的解释和评价。

4. 统计结果的解释和表达:当 $P < 0.05$ (或 $P < 0.01$ )时,应说明对比组之间的差异有统计学意义,而不应说对比组之间具有显著性(或非常显著性)的差别;应写明所用统计分析方法的具体名称(如:成组设计资料的 $t$ 检验、两因素析因设计资料的方差分析、多个均数之间两两比较的 $q$ 检验等),统计量的具体值(如 $t = 3.45$ ,  $\chi^2 = 4.68$ ,  $F = 6.79$ 等),应尽可能给出具体的 $P$ 值(如 $P = 0.0238$ );当涉及到总体参数(如总体均数、总体率等)时,在给出显著性检验结果的同时,再给出95%可信区间。