

弥散张量成像显示亚急性期脑梗死神经网络损伤及各运动参数分析

肖湘^{1,2}, 李乐¹, 吕衍春³, 林强¹, 黄东锋¹(¹中山大学附属第一医院康复医学科, 广东省广州市 510080; ²深圳市第五人民医院(罗湖区人民医院)康复医学科, 广东省深圳市 518001; ³中山大学附属肿瘤防治中心影像与微创介入中心, 广东省广州市 510060)

文章亮点:

文章的创新性为证实内囊后肢表现扩散系数值与下肢运动功能的相关性。结果说明脑梗死后局灶性病变造成的神经网络缺损, 可能是出现下肢运动功能障碍的主要原因。

关键词:

组织构建; 组织工程; 脑梗死; 运动; 神经网络; 弥散张量成像; 表观扩散系数; 各向异性分数; 下肢; 亚急性期; 白质; 内囊; 国家自然科学基金

主题词:

脑梗死; 神经网络; 弥散张量成像; 运动

基金资助:

国家自然科学基金(30973165)

摘要

背景: 脑卒中后神经网络与运动功能的相关性尚未明确。

目的: 应用磁共振弥散张量成像研究亚急性期脑梗死后神经网络受损情况, 并分析其与神经功能缺陷及运动功能障碍的相关性。

方法: 将 19 例亚急性期脑梗死患者和 20 名正常成人分别进行弥散张量成像检查, 分析比较以下参数: 各向异性分数、表观扩散系数和各向异性分数指数、表观扩散系数指数。同时对患者进行神经功能缺损和运动功能的各项量表评估, 检测 10 m 步行速度。将脑梗死患者弥散张量成像的各项参数与各项量表及 10 m 步行速度进行相关性分析。

结果与结论: 脑梗死患者各向异性分数指数和双侧内囊后肢的各向异性分数值均小于正常对照, 且患侧内囊后肢的各向异性分数值小于健侧内囊后肢的各向异性分数值($P < 0.05$)。患侧内囊后肢的表观扩散系数值、表观扩散系数指数大于正常对照内囊后肢的表观扩散系数值和表观扩散系数指数($P < 0.05$)。患侧内囊后肢的表观扩散系数值、表观扩散系数指数与下肢 Fugl-Meyer 评分呈负相关($P < 0.05$)。提示弥散张量成像参数与下肢运动功能障碍密切相关。脑卒中后的局灶性病变造成神经网络缺损, 是下肢运动功能障碍的主要原因。

肖湘, 李乐, 吕衍春, 林强, 黄东锋. 弥散张量成像显示亚急性期脑梗死神经网络损伤及各运动参数分析[J]. 中国组织工程研究, 2014, 18(15):2421-2426.

Neural network injury and motor functional parameters in subacute stroke patients using diffusion tensor imaging

Xiao Xiang^{1,2}, Li Le¹, Lv Yan-chun³, Lin Qiang¹, Huang Dong-feng¹ (¹Department of Rehabilitation Medicine, First Affiliated Hospital, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510080, Guangdong Province, China; ²Department of Rehabilitation Medicine, the Fifth People's Hospital of Shenzhen (Shenzhen Luohu People's Hospital), Shenzhen 518001, Guangdong Province, China; ³Department of Imaging & Interventional Radiology, Cancer Center, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510060, Guangdong Province, China)

Abstract

BACKGROUND: The interaction of neural network and motor function in post-stroke brain tissue remains unclear.

OBJECTIVE: To observe neural network impairment following subacute stroke by using diffusion tensor imaging, and to investigate the relationship with neurological defects and motor dysfunction.

METHODS: A total of 19 patients after subacute stroke and 20 healthy adults were examined with diffusion tensor imaging. The following parameters were compared: fractional anisotropy, apparent diffusion coefficient, asymmetry indices of fractional anisotropy and apparent diffusion coefficient. The neurological defect and motor function were evaluated with the corresponding scales. The 10-meter walking speed was measured. The correlation of diffusion tensor imaging parameters with the scale scores and 10-meter walking speed was analyzed.

RESULTS AND CONCLUSION: The stroke group exhibited reduced fractional anisotropy value asymmetry and fractional anisotropy value in bilateral posterior limbs of the internal capsule. Apparent diffusion coefficient value asymmetry and apparent diffusion coefficient value in the posterior limb of the internal capsule were lower than control unaffected side ($P < 0.05$). Apparent diffusion coefficient value and apparent diffusion coefficient value asymmetry in posterior limb of the internal capsule showed a strong negative correlation with Fugl-Meyer

肖湘, 女, 1976年生, 湖南省益阳市人, 汉族, 2012年中山大学毕业, 博士, 主治医师, 主要从事神经康复的研究。

通讯作者: 黄东锋, 教授, 博士生导师, 中山大学附属第一医院康复医学科, 广东省广州市 510080

doi:10.3969/j.issn.2095-4344.2014.15.021
[http://www.crter.org]

中图分类号:R318
文献标识码:B
文章编号:2095-4344
(2014)15-02421-06
稿件接受: 2014-02-07

Xiao Xiang, M.D., Attending physician, Department of Rehabilitation Medicine, First Affiliated Hospital, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510080, Guangdong Province, China; Department of Rehabilitation Medicine, the Fifth People's Hospital of Shenzhen (People's Hospital in Luohu District), Shenzhen 518001, Guangdong Province, China

Corresponding author: Huang Dong-feng, Professor, Doctoral supervisor, Department of Rehabilitation Medicine, First Affiliated Hospital, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510080, Guangdong Province, China

Accepted: 2014-02-07

assessment scores of the lower extremities ($P < 0.05$). Diffusion tensor imaging parameters is closely linked with motor dysfunction of the lower extremities in subacute stroke patients. Local stroke lesion-caused neurological defect is the leading cause of motor dysfunction of the lower extremities.

Subject headings: stroke; brain network; diffusion tensor imaging; motor function

Funding: the National Natural Science Foundation of China, No. 30973165

Xiao X, Li L, Lv YC, Lin Q, Huang DF. Neural network injury and motor functional parameters in subacute stroke patients using diffusion tensor imaging. 2014;18(15):2421-2426.

0 引言 Introduction

脑卒中是成年人致残的主要原因之一, 有研究表明脑卒中后神经网络损伤导致多数脑卒中患者肢体运动功能受损, 严重影响生存质量^[1-2]。因此对早期脑梗死后神经网络损伤相关的运动功能进行分析是必要的。

弥散张量成像是在分子水平上研究大脑白质等生物体组织中水分子随机运动的一种功能性磁共振成像技术。组织内水分子的扩散特征可通过定量参数反映^[3]: 各向异性分数反映组织各向异性程度, 与白质纤维完整性有关; 表观扩散系数反映体系内水分子的扩散程度及快慢, 可评价细胞膜或髓鞘等扩散屏障的大小。目前弥散张量成像多用于反映脑卒中后神经传导通路的损伤及其与功能缺损的关系。实验通过分析早期脑梗死患者的神经网络弥散张量成像的改变及其与神经功能缺陷、运动功能的相关性, 探讨脑梗死后运动功能损伤的神经网络机制。

1 对象和方法 Subjects and methods

设计: 病例-对照分析。

时间及地点: 病例来源于2009年10月至2012年8月中山大学附属第一医院康复医学科住院的脑梗死患者。

对象:

受试组: 同期中山大学附属第一医院康复医学科住院脑梗死患者19例。

诊断标准: 所有患者均符合2010年中华医学会神经病学分会急性缺血性脑卒中诊治指南的标准^[4]。

纳入标准: ①年龄40-80岁。②首次发生的单侧皮质或皮质下脑梗死(经头颅MRI确诊)。③病程≤3个月。④患者对测试均知情同意。

排除标准: ①小脑、脑干梗死。②既往有脑卒中病史。③意识障碍。④帕金森病。⑤有磁共振禁忌证。

正常组: 选取20名健康志愿者作为正常组。入选标准: ①年龄40-80岁。②无神经、精神疾病、脑血管异常、癫痫及头部外伤史。③无认知障碍。④无磁共振禁忌证。

本临床实验已获得中山大学附属第一医院伦理委员会的批准。

方法:

弥散张量成像: 使用3.0T磁共振(Siemens, Trio Tim, Germany)扫描仪扫描。MRI常规扫描后再进行弥散张量成像横断面扫描。在20个方向施加弥散梯度, 梯度权重b值

为1 000 s/mm²。扫描参数: TR/TE=3 300/90, 层厚4.0 mm, 层间距1.2 mm, FOV(视野)230×230, 矩阵128×128。

采用日本东京大学影像计算和分析实验室开发的Volume-one 1.64下的dTV.II.R1软件对弥散张量成像数据进行处理。重建三维彩色编码弥散张量纤维束成像图, 观察白质纤维束是否受累, 及其位置、连续性及破坏等情况。感兴趣区域选择在双侧内囊后肢。工作站自动计算出患者和正常组双侧内囊后肢的各向异性分数值和表观扩散系数值。患者各向异性分数指数和表观扩散系数指数的计算方法为: 患侧参数/健侧参数^[5]。正常组各向异性分数指数和表观扩散系数指数的计算方法为: 左侧参数/右侧参数^[5]。

功能评定: 脑卒中后神经功能缺陷评测采用美国国立卫生院神经功能缺损评分(National Institute of Health Stroke Scale, NIHSS)^[6]。运动功能评测采用Fugl-Meyer评分^[7]、改良Ashworth评分^[8]、Brunel平衡评分^[9], 同时检测舒适的10 m步行速度。

主要观察指标: ①患者的弥散张量成像数据。②脑梗死患者内囊后肢弥散张量成像参数与神经功能损伤(NIHSS)的关系。③脑梗死患者内囊后肢弥散张量成像参数与Fugl-Meyer评分的关系。④脑梗死内囊后肢弥散张量成像参数与肌张力(改良Ashworth评分)、平衡和步行速度的关系。

统计学分析: 采用SPSS 15.0统计软件进行分析。计量资料用 $\bar{x} \pm s$ 表示。计数资料比较采用 χ^2 检验。双侧内囊后肢弥散张量成像参数的比较采用配对 t 检验, 两组间的比较采用 t 检验, 相关性分析采用Pearson相关统计。设 $P < 0.05$ 为差异有显著性意义。

2 结果 Results

2.1 参与者数量分析 患者19例, 健康志愿者20名, 实验过程均无脱落, 全部进入结果分析。

2.2 患者及健康志愿者基线资料比较 两组受试者在年龄、性别构成差异无显著性意义($P < 0.05$, 表1)。

表1 受试组及正常组的基线资料比较

Table 1 Comparison of baseline information between the two groups

组别	<i>n</i>	男/女(<i>n</i>)	年龄($\bar{x} \pm s$, 岁)
受试组	19	14/5	59.00±9.42
正常组	20	13/7	54.34±8.73

表注: 两组受试者在年龄、性别构成差异无显著性意义。

2.3 患者的临床特征 脑梗死患者平均病程(40.89±15.87) d, 左侧偏瘫10例, 右侧偏瘫9例, 皮质下梗死14例, 皮质+皮质下梗死5例(表2); 典型病例放射冠-基底核区梗死的表现扩散系数影像见图1。

2.4 患者的弥散张量成像数据 正常组双侧内囊后肢的各向异性分数值和表观扩散系数值差异无显著性意义($P > 0.05$)。脑梗死患侧内囊后肢的各向异性分数值小于健侧内囊后肢的各向异性分数值($P < 0.05$), 且患侧和健侧内囊后肢各向异性分数值均小于正常组双侧内囊后肢的各向异性



图1 男性76岁左侧放射冠-基底核区梗死的表现扩散系数影像
Figure 1 Apparent diffusion coefficient image of the left corona radiate-basal ganglia infarction in a male 76-year-old patient

分数值($P < 0.05$)。患者患侧内囊后肢的表观扩散系数值大于健侧内囊后肢和正常组双侧内囊后肢的表观扩散系数值($P < 0.05$)。脑梗死患者的各向异性分数指数低于正常组, 而表观扩散系数指数高于正常组($P < 0.05$), 见表3。

2.5 患者弥散张量成像参数与运动功能的相关性分析 脑梗死患者内囊后肢弥散张量成像参数与神经功能损伤(NIHSS)无相关性(表4)。脑梗死患侧内囊后肢的表观扩散

表2 脑梗死患者的临床特征

Table 2 Clinical characteristics of stroke patients

患者编号	性别	年龄(岁)	脑梗死部位	偏瘫侧	病程(d)
1	女	67	放射冠-基底核区	右侧	18
2	男	51	放射冠和顶、枕、颞叶	左侧	39
3	女	67	放射冠-半卵圆中心和额顶叶	右侧	69
4	男	41	内囊后肢-丘脑	左侧	35
5	男	61	放射冠-基底核区	右侧	47
6	男	72	放射冠-基底核区	左侧	48
7	男	59	放射冠-半卵圆中心	右侧	44
8	男	49	放射冠-基底核区	左侧	56
9	男	76	放射冠-基底核区	左侧	32
10	女	61	放射冠-基底核区	右侧	26
11	男	73	放射冠-基底核区	右侧	25
12	男	57	放射冠-基底核区	右侧	28
13	男	45	额顶叶、岛叶、尾状核	右侧	37
14	女	55	额叶、放射冠-基底核区	右侧	75
15	男	58	放射冠区	左侧	21
16	男	61	放射冠-基底核区	左侧	66
17	男	50	放射冠-基底核区	左侧	39
18	男	62	放射冠-基底核区	左侧	40
19	女	56	放射冠区	右侧	41

表3 受试组和正常组内囊后肢的弥散张量成像参数

Table 3 Diffusion tensor imaging parameters of posterior limb of internal capsule between the two groups

组别	表观扩散系数值($10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$)		各向异性分数值		表观扩散系数指数	各向异性分数指数
受试组	1.07±0.74(患侧) ^{ab}	0.77±0.06(健侧)	0.26±0.12(患侧) ^{ab}	0.64±0.07(健侧) ^a	1.38±0.82 ^a	0.41±0.16 ^a
正常组	0.77±0.11(左侧)	0.81±0.14(右侧)	0.72±0.02(左侧)	0.71±0.05(右侧)	0.93±0.06	1.02±0.06

表注: 脑梗死患者的患侧表观扩散系数大于健侧和正常组, 双侧各向异性分数均小于正常组, 且患侧各向异性分数小于健侧, 各向异性分数指数低于正常组, 而表观扩散系数指数高于正常组。与正常组比较, ^a $P < 0.05$; 与健侧比较, ^b $P < 0.05$ 。

表4 脑梗死患者内囊后肢弥散张量成像参数与神经功能缺损评分的关系

Table 4 Correlation between diffusion tensor imaging parameters of posterior limb of internal capsule and neurological defect in stroke patients

指标	评分($\bar{x} \pm s$)	异常(n)	相关系数					
			患侧表观扩散系数值	健侧表观扩散系数值	表观扩散系数指数	患侧各向异性分数值	健侧各向异性分数值	各向异性分数指数
意识	0.06±0.25	1	0.401	0.136	0.324	-0.332	-0.391	-0.332
凝视	0.06±0.25	1	-0.167	0.098	-0.178	0.103	0.256	0.087
视野	0.00±0.00	1	/	/	/	/	/	/
面瘫	0.81±0.66	13	0.426	-0.051	0.440	-0.135	-0.120	-0.119
上肢运动	1.50±1.04	11	0.298	-0.101	0.334	0.167	0.156	0.144
下肢运动	0.19±0.16	3	0.097	-0.267	0.187	0.054	-0.033	0.042
共济失调	1.31±0.79	14	0.152	-0.426	0.245	-0.301	0.042	-0.365
感觉	0.38±0.33	7	0.043	0.274	-0.041	0.234	0.298	0.176
语言	0.19±0.55	2	-0.242	-0.098	-0.200	-0.020	-0.411	0.196
构音障碍	0.19±0.55	2	-0.032	0.043	-0.087	-0.066	-0.413	0.103
忽视症	0.00±0.00	1	/	/	/	/	/	/
总分	4.35±2.47	18	0.232	-0.287	0.189	0.023	-0.087	0.023

表注: 所有患者的视野、忽视症评分均为0, 当有一变量为恒定值, 则无法统计相关系数。内囊后肢弥散张量成像参数与神经功能缺损评分的各项指标及总分均无相关性。

表 5 脑梗死患者内囊后肢弥散张量成像参数与 Fugl-Meyer 评分的关系

Table 5 Correlation between diffusion tensor imaging parameters of posterior limb of internal capsule and Fugl-Meyer scores in stroke patients

指标	评分($\bar{x}\pm s$)	异常(n)	相关系数					
			患侧表现扩散系数数值	健侧表现扩散系数数值	表现扩散系数指数	患侧各向异性分数数值	健侧各向异性分数数值	各向异性分数指数
上肢运动	21.68±16.99	18	0.098	0.164	0.132	0.211	0.287	0.098
上肢腱反射	4.61±1.69	14	0.056	0.023	0.123	0.321	0.134	0.287
上肢协调能力与速度	1.83±1.69	19	0.101	0.102	0.234	0.329	0.098	0.121
上肢 Fugl-Meyer 评分	27.88±17.80	19	0.130	0.154	0.149	0.224	0.303	0.155
下肢运动	16.47±4.34	16	-0.504 ^a	-0.026	-0.492 ^a	0.163	0.055	0.196
下肢腱反射	4.95±1.18	13	-0.117	0.107	0.137	0.335	0.082	0.325
下肢协调能力与速度	3.21±1.58	18	-0.092	0.360	-0.125	0.151	0.152	0.178
下肢 Fugl-Meyer 评分	24.53±5.35	18	-0.457 ^a	-0.252	-0.464 ^a	0.027	0.151	0.062

表注: 脑梗死患侧内囊后肢的表现扩散系数值和表现扩散系数指数与下肢 Fugl-Meyer 评分中的下肢运动功能部分负相关; 患侧内囊后肢的表现扩散系数值和表现扩散系数指数与下肢 Fugl-Meyer 评分的总分负相关。^a $P < 0.05$ 。

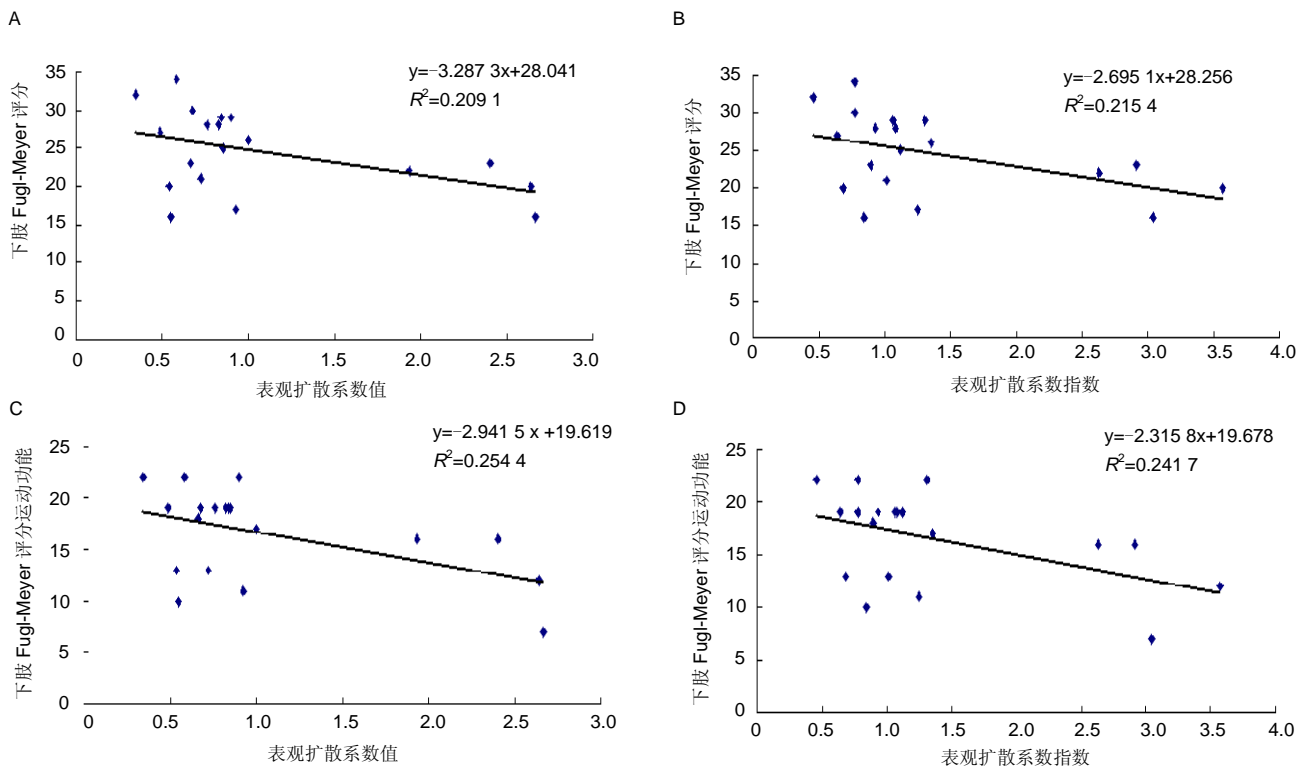


图 2 脑梗死患者患侧内囊后肢弥散张量成像参数与运动功能的相关性分析

Figure 2 Correlation between diffusion tensor imaging parameters and motor function in stroke patients

图注: 图中 A 为表现扩散系数数值与下肢 Fugl-Meyer 评分的相关性分析显示总分相关性; B 为表现扩散系数指数与下肢 Fugl-Meyer 评分的相关性分析显示总分负相关; C 为表现扩散系数数值与下肢 Fugl-Meyer 评分运动功能相关性分析显示运动功能部分负相关; D 为表现扩散系数指数与下肢 Fugl-Meyer 评分运动功能相关性分析显示运动功能部分负相关。

表 6 脑梗死患者内囊后肢弥散张量成像参数与肌张力、平衡和步行速度的关系

Table 6 Correlation between diffusion tensor imaging parameters of posterior limb of internal capsule and muscular tension, balance, walking speed in stroke patients

指标	评分($\bar{x}\pm s$)	异常(n)	相关系数					
			患侧表现扩散系数数值	健侧表现扩散系数数值	表现扩散系数指数	患侧各向异性分数数值	健侧各向异性分数数值	各向异性分数指数
上肢改良 Ashworth 评分	0.88±0.86	12	0.258	-0.331	0.308	-0.133	-0.219	-0.069
下肢改良 Ashworth 评分	0.50±0.71	7	0.137	-0.050	0.143	0.073	0.220	0.150
Brunel 平衡	13.06±1.35	7	0.480	-0.031	0.481	-0.118	0.200	-0.235
10 m 步行速度(m/s)	0.53±0.25	/	-0.172	-0.303	-0.127	-0.056	-0.429	-0.077

表注: 脑梗死内囊后肢弥散张量成像参数与改良 Ashworth 评分、Brunel 平衡和 10 m 步行速度无相关性。

系数值和表观扩散系数指数与下肢Fugl-Meyer评分的总分负相关(分别为 $r=-0.457$, $P=0.049$ 和 $r=-0.464$, $P=0.045$, 表5, 图2A, B), 而与改良Ashworth评分、Brunel平衡、步行速度、上肢Fugl-Meyer评分无相关性($P > 0.05$)。患侧内囊后肢的表观扩散系数值和表观扩散系数指数与下肢Fugl-Meyer评分中的下肢运动功能部分负相关(分别为 $r=-0.504$, $P=0.028$ 和 $r=-0.492$, $P=0.033$, 表5, 图2C, D), 与下肢Fugl-Meyer评分的下肢协调能力与速度、下肢腱反射无相关性。健侧表观扩散系数值、健侧各向异性分数值、患侧各向异性分数值和各向异性分数指数与运动功能的各项参数均无相关性($P > 0.05$)。

2.6 脑梗死内囊后肢弥散张量成像参数与肌张力、平衡和步行速度的关系 脑梗死内囊后肢弥散张量成像参数与改良Ashworth评分、Brunel平衡和10 m步行速度无相关性(表6)。

3 讨论 Discussion

弥散张量成像通过检测水分子弥散各向异性和扩散程度反映脑组织的病理生理过程, 评价白质结构完整性与运动功能的关系。本组结果显示脑梗死早期患侧内囊后肢表观扩散系数值增高、各向异性分数值减小, 表观扩散系数值不对称性、各向异性分数值不对称性均高于正常人(见表3)。表观扩散系数值增高是由于弥散增高, 各向异性分数值减小是由于弥散失去方向性所致, 均提示纤维完整性破坏^[10], 与组织显微结构如白质轴突的破坏有关^[11]。白质对缺血较灰质敏感, 细胞膜是水分子运动的最大屏障, 脑卒中后细胞溶解、轴突损伤、树突变性可导致细胞膜累积损害^[12], 因而水分子的扩散性增高, 表观扩散系数值增高。各向异性分数值范围为0-1之间, 其大小与髓鞘的完整性、神经纤维的致密性和平行性密切相关。脑卒中急性期因病灶及邻近组织缺血, 轴突树突损伤、组织水肿、髓鞘肿胀等原因, 使白质各向异性程度下降^[13], 各向异性分数值从脑梗死急性期至后遗症期持续下降^[14]。

脑卒中后神经网络重塑可发生于病灶对侧。动物模型显示脑卒中后健侧皮质脊髓束轴突出芽并投射入失神经支配的脊髓^[15]。DTI研究证实脑卒中后健侧皮质脊髓束纤维数量增多^[16]。有研究显示脑卒中后遗症期患侧内囊后肢的各向异性分数值低于正常对照, 健侧内囊后肢的各向异性分数值与正常对照无差异, 各向异性分数不对称性高于正常对照^[17], 也有研究显示后遗症期脑卒中患者双侧内囊后肢的各向异性分数值均下降^[18]。健侧各向异性分数值下降预示着较好的功能恢复^[19]。本组中患者双侧内囊后肢的各向异性分数值均低于正常, 提示早期脑梗死患者健侧可能存在着代偿性纤维重塑。

脑卒中后病灶累及皮质脊髓束导致患者运动功能障碍在临床上较为常见。病灶的大小、病灶与皮质脊髓束的相对位置及皮质和皮质下的连通性是影响脑卒中功能结局的因素^[17,20]。下肢Fugl-Meyer评分可综合评估下肢的运动控

制能力和平衡协调能力。本组结果显示表观扩散系数指数和患侧内囊后肢的表观扩散系数值与下肢Fugl-Meyer评分负相关, 且表观扩散系数指数和患侧内囊后肢的表观扩散系数值与Fugl-Meyer评分中的协调能力及腱反射无相关性, 与运动功能部分(包括下肢屈肌协同运动、伸肌协同运动、伴有协同运动的活动和脱离协同运动的活动)负相关。表观扩散系数值和表观扩散系数指数增高均与白质缺血导致细胞膜或髓鞘受损有关。而下肢运动功能与表观扩散系数值和表观扩散系数指数负相关提示下肢运动功能障碍可能是神经网络缺损所致, 弥散张量成像可协助评估早期脑梗死患者的下肢运动功能。

有研究显示脑部小血管病患侧表观扩散系数值与步行速度负相关, 各向异性分数值与步行速度正相关, 且表观扩散系数值与步行速度的相关性大于各向异性分数值与步行速度的相关性^[21]。急性期皮质下脑梗死患者的各向异性分数指数与上肢Rivermead运动功能试验评分正相关^[5], 后遗症期性脑卒中患者健侧内囊后肢的各向异性分数值与患者上肢Fugl-Meyer评分正相关^[18], 各向异性分数不对称性与下肢Fugl-Meyer评分和步行速度负相关^[22]。本研究中, 各向异性分数值和各向异性分数指数与Fugl-Meyer评分、步行速度无相关性, 表观扩散系数值与步行速度也无相关性, 可能与研究的对象为亚急性期脑梗死, 研究对象的年龄、病情、病变部位与以上研究不同有关。

弥散张量成像可动态观察脑卒中后病灶周围组织的结构重塑以及白质通路连接的恢复^[23-25]。最近有研究发现早期脑卒中患者的各向异性分数值与康复训练前后Fugl-Meyer评分的变化值呈正相关^[26], 训练前病灶中心与健侧对应区的表观扩散系数值接近对称的患者下肢Fugl-Meyer评分改善明显^[27]。皮质脊髓束完整性的损害与脑卒中患者上肢残余运动系统的重组相关^[28]。因此, 可进一步利用弥散张量成像追踪患者对康复训练的反应性。

结论: 实验显示内囊后肢表观扩散系数值与下肢运动功能有相关性。认为脑梗死后的局灶性病损造成神经网络缺损, 可能是下肢运动功能障碍的主要原因。

作者贡献: 设计、实施、评估为本文作者, 均受过专业培训。

利益冲突: 文章及内容不相关利益冲突。

伦理要求: 参与实验的患病个体及正常者均自愿参加, 对测试过程完全知情同意。

学术术语: 弥散张量成像(DTI)是一种描述大脑结构的新方法, 是核磁共振成像(MRI)的特殊形式。举例来说, 如果说核磁共振成像是追踪水分子中的氢原子, 那么弥散张量成像便是依据水分子移动方向制图。弥散张量成像图(呈现方式与以前的图像不同)可以揭示脑瘤如何影响神经细胞连接, 引导医疗人员进行大脑手术。它还可以揭示同中风、多发性硬化症、精神分裂症、阅读障碍有关的细微反常变化。

作者声明: 文章为原创作品, 无抄袭剽窃, 无泄密及署名和

专利争议, 内容及数据真实, 文责自负。

4 参考文献 References

- [1] Enzinger C, Johansen-Berg H, Dawes H, et al. Functional MRI correlates of lower limb function in stroke victims with gait impairment. *Stroke*. 2008;39(5):1507-1513.
- [2] Carey LM, Abbott DF, Egan GF, et al. Evolution of brain activation with good and poor motor recovery after stroke. *Neurorehabil Neural Repair*. 2006;20(1):24-41.
- [3] Assaf Y, Pasternak O. Diffusion tensor imaging (DTI)-based white matter mapping in brain research: a review. *J Mol Neurosci*. 2008;34:51-61.
- [4] 中华医学会神经病学分会脑血管病学组. 急性缺血性脑卒中诊治指南2010[J]. 中华神经科杂志, 2010, 43(2):146-152.
- [5] Radlinska B, Ghinani S, Leppert IR, et al. Diffusion tensor imaging, permanent pyramidal tract damage, and outcome in subcortical stroke. *Neurology*. 2010;21;75(12):1048-1054.
- [6] 中华神经内科学会. 脑卒中患者神经功能缺损程度评分标准(1995)[J]. 中华神经内科学杂志, 1996, 29(6):381.
- [7] 杨雅琴, 王拥军, 冯涛, 等. 平衡评价量表在临床中的应用[J]. 中国康复理论与实践, 2011, 17(8):709-712.
- [8] Bohannon RW, Smith MB. Interrater reliability of a modified Ashworth scale of muscle spasticity. *Phys Ther*. 1987; 67(2): 206-207.
- [9] 肖灵君, 廖丽贞, 燕铁斌, 等. Brunel平衡量表中文版的开发及信度研究[J]. 中国康复医学杂志, 2009, 25(2):145-148.
- [10] Soares JM, Marques P, Alves V, et al. A hitchhiker's guide to diffusion tensor imaging. *Front Neurosci*. 2013; 12; 7:31.
- [11] Pierpaoli C, Barnett A, Pajevic S, et al. Water diffusion changes in Wallerian degeneration and their dependence on white matter architecture. *Neuroimage*. 2001;13:1174-1185.
- [12] Herve´ D, Molko N, Pappata S, et al. Longitudinal thalamic diffusion changes after middle cerebral artery infarcts. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 2005;76(2):200-205.
- [13] Shereen A, Nemkul N, Yang D, et al. Ex vivo diffusion tensor imaging and neuropathological correlation in a murine model of hypoxia-ischemia-induced thrombotic stroke. *J Cereb Blood Flow Metab*. 2011;31:1155-1169.
- [14] Sotak CH. The role of diffusion tensor imaging in the evaluation of ischemic brain injury - a review. *NMR Biomed*. 2002;15:561-569.
- [15] Liu ZW, Li Y, Zhang XG, et al. Contralateral axonal remodeling of the corticospinal system in adult rats after stroke and bone marrow stromal cell treatment. *Stroke*. 2008;39: 2571-2577.
- [16] Kwak SY, Yeo SS, Choi BY, et al. Corticospinal tract change in the unaffected hemisphere at the early stage of intracerebral hemorrhage: a diffusion tensor tractography study. *Eur Neurol*. 2010;63:149-153.
- [17] Lindenberg R, Renga V, Zhu LL, et al. Structural integrity of corticospinal motor fibers predicts motor impairment in chronic stroke. *Neurology*. 2010; 74:280-287.
- [18] Borich MR, Mang C, Boyd LA. Both projection and commissural pathways are disrupted in individuals with chronic stroke: investigating microstructural white matter correlates of motor recovery. *BMC Neurosci*. 2012; 29;13:107.
- [19] Granziera C, Ay H, Koniak SP, et al. Diffusion tensor imaging shows structural remodeling of stroke mirror region: results from a pilot study. *Eur Neurol*. 2012;67:370-376.
- [20] Lie C, Hirsch JG, Rossmanith C, et al. Clinicotopographical correlation of corticospinal tract stroke: a color-coded diffusion tensor imaging study. *Stroke*. 2004; 35(1):86-92.
- [21] de Laat KF, van Norden AG, Gons RA, et al. Diffusion tensor imaging and gait in elderly persons with cerebral small vessel disease. *Stroke*. 2011; 42: 373-379.
- [22] Jayaram G, Stagg CJ, Esser P, et al. Relationships between functional and structural corticospinal tract integrity and walking post stroke. *Clin Neurophysiol*. 2012;123(12): 2422-2428.
- [23] Liu HS, Shen H, Harvey BK, et al. Post-treatment with amphetamine enhances reinnervation of the ipsilateral side cortex in stroke rats. *Neuroimage*. 2011;56:280-289.
- [24] van Meer MP, Otte WM, van der Marel K, et al. Extent of bilateral neuronal network reorganization and functional recovery in relation to stroke severity. *J Neurosci*. 2012;32: 4495-4507.
- [25] Boespflug EL, Storrs JM, Allendorfer JB, et al. Mean diffusivity as a potential diffusion tensor biomarker of motor rehabilitation after electrical stimulation incorporating task specific exercise in stroke: a pilot study. *Brain Imaging Behav*. 2011 Dec 28. [Epub ahead of print]
- [26] 王凯, 赵津京, 王晓东, 等. 急性脑卒中后DTI成像与运动神经损伤康复疗效的预测研究[J]. 中华脑血管病杂志, 2012, 6(4):192-195.
- [27] 肖湘, 毛玉蓉, 赵江莉, 等. 虚拟现实同步减重训练对脑梗死患者步态对称性及神经网络的影响[J]. 中国康复医学杂志, 2013, 28(12): 1104-1108.
- [28] 邱明国, Chun CN, Rajendra J, 等. 脑卒中后白质完整性与上肢运动功能的关系[J]. 中国医学影像技术, 2009, 25(12): 2193-2196.