论著

文章编号:1000-5404(2008)16-1496-03

脑胶质瘤的磁共振弥散张量成像研究

张 冬,廖翠薇,舒通胜,邹利光,王文献,孙清荣,戴书华,杨春燕 (第三军医大学新桥医院放射科,重庆 400037)

摘 要:目的 探讨磁共振弥散张量成像(diffusion tensor imaging, DTI)研究脑胶质瘤的价值。**方法** 20例经病理证实的脑胶质瘤患者,行磁共振弥散张量成像检查,在平均ADC图和FA图上分别测量瘤周水肿区、肿瘤实质区、脑脊液及对侧正常大脑白质区的平均ADC值和FA值。对照分析高级别组与低级别组胶质瘤之间平均ADC值和FA值的差异。**结果** 肿瘤周围水肿区域的平均ADC值较肿瘤实质区、对侧大脑白质升高($P<0.05$),较脑脊液降低($P<0.05$);而FA值较脑脊液、肿瘤实质区升高($P<0.05$),较对侧大脑白质降低($P<0.05$)。肿瘤实质区域的平均ADC值较脑脊液降低($P<0.05$),较对侧正常脑白质升高($P<0.05$);而FA值较脑脊液升高($P<0.05$),较对侧大脑白质降低($P<0.05$)。高度恶性组和低度恶性组胶质瘤之间,实质区平均ADC值差异有统计学意义($P<0.05$),而FA值差异无统计学意义($P>0.05$)。**结论** 磁共振弥散张量成像对定量分析大脑胶质瘤及其与白质纤维束的关系有重要价值。

关键词: 弥散张量成像;MRI;胶质瘤

中图法分类号: R445.2;R739.41;R814.3 **文献标识码:** A

Diffusion tensor imaging analysis of glioma

ZHANG Dong, LIAO Cui-wei, SHU Tong-sheng, ZOU Li-guang, WANG Wen-xian, SUN Qing-rong, DAI Shu-hua, YANG Chun-yan (Department of Radiology, Xinqiao Hospital, Third Military Medical University, Chongqing 400037, China)

Abstract: Objective To explore the value of diffusion tensor imaging (DTI) in analyzing glioma. **Methods** Twenty patients with glioma received DTI examination. The average ADC value and FA values in the area of lesion, peritumoral edema, cerebrospinal fluid and white matter on the opposite side were measured and compared between high-grade glioma and low-grade glioma. **Results** There were significant statistical differences of average ADC value and FA value among the area of peritumoral edema and the area of lesion, cerebrospinal fluid and white matter in the opposite side. The average ADC and FA values in the area of lesion were significantly different from those in the area of cerebrospinal fluid and white matter on the opposite side. Significant statistical differences of the average ADC values other than FA values were observed between the malignant and the benign gliomas. **Conclusion** It is helpful to employ DTI to analyze glioma and its association with white matter fiber.

Key words: diffusion tensor imaging; MRI; glioma

弥散张量成像(diffusion tensor imaging, DTI)是一种新兴磁共振检查方法,可以用来检测脑实质内水弥散的各向异性及弥散程度,较常规MRI可以更清晰地显示脑白质纤维的走行,并能通过对相关值的分析了解肿瘤特性[1,2]。现研究DTI在脑胶质瘤诊断中的应用价值,以期进一步指导临床手术治疗。

1 资料与方法

1.1 一般资料

收集2006年5月至2007年11月本院收治的20例胶质瘤病例资料,经病理证实,9例为高级别胶质瘤(WHO Ⅲ~Ⅳ级),11例为低级别胶质瘤(WHO Ⅰ~Ⅱ级)。男性11例,女性9例,年龄14~61岁,平均40.5岁。将胶质瘤病例分为2组,高度恶性组(WHO Ⅲ~Ⅳ级)12例和低度恶性组(WHO Ⅰ~Ⅱ级)8例。

作者简介:张 冬,男,重庆市人,博士,副主任医师,副教授,主要从事中枢神经系统疾病的影像诊断方面的研究。电话:(023)68755315

通信作者:邹利光,电话:(023)68774036

收稿日期:2008-01-09;修回日期:2008-03-06

1.2　检查方法

采用 GE 1.5T 双梯度超导型 MRI 系统。常规 MRI 包括横轴位 FLAIR 序列。T_1WI：TR 2 062 ms，TE 11.2 ms，TI 720 ms，FOV 24 cm，矩阵 320×256，NEX=2；横轴位 FRFSE 序列 T_2WI：TR 4 500 ms，TE 105.2 ms，FOV 24 cm，矩阵 320×224，NEX=2。19 名患者行横轴位 T_1WI 增强扫描（0.1 mmol/kg 磁显葡胺）。DTI 采用 EPI 序列行横轴位扫描：TR 8 000 ms，TE 84.3 ms，FOV24 cm，矩阵 128×128，b=1 000 s/mm^2，25 个弥散敏感梯度方向，NEX=1，扫描时间 3 min 44 s。以上检查采用相同层面，层厚 5.0 mm，间隔 1.0 mm。

1.3　图像处理

应用 AW4.2 工作站 Functool 2.0 软件，对 DTI 图像进行分析处理。每 1 例患者选出 1 个显示肿瘤最大的代表性层面，感兴趣区（region of interest，ROI）分别放在：肿瘤强化区、瘤周水肿区、脑脊液、同一解剖部位对侧白质。测定各兴趣区的平均 ADC 值和 FA 值。

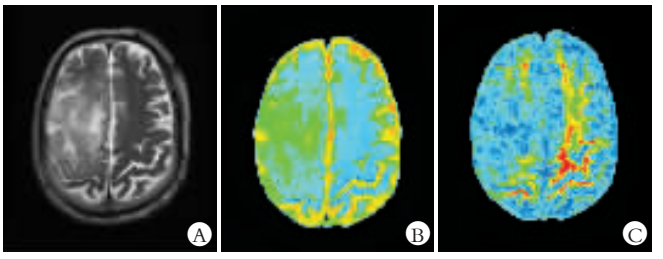
1.4　统计学处理

数据用 $\bar{x}\pm s$ 表示，采用 SPSS 10.0 统计软件，对高度恶性组与低度恶性组间平均 ADC 值、FA 值比较采用 t 检验，对实质区、水肿区脊液、对侧大脑白质间平均 ADC 值、FA 值比较采用单因素方差分析。

2　结果

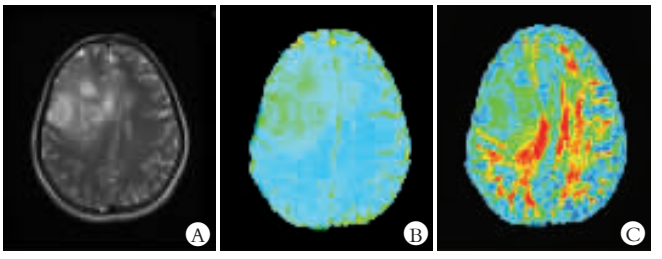
20 例 FA 图均能清楚地显示脑白质纤维束。正常脑白质纤维的不同解剖平面在 FA 图上均为高信号，包括半卵圆中心、内囊、胼胝体、视放射、锥体束、锥体交叉及内外侧丘系等。白质纤维受到破坏后表现为低信号，受到推移后仍为高信号。偏恶性组胶质瘤中，肿瘤区域的白质纤维受到破坏，肿瘤相邻的白质纤维仍为高信号，但范围较健侧缩小；远处的白质纤维由于肿瘤组织占位效应受压移位。在 FA 图上，与脑白质相比，肿瘤实性成分表现为高、等、低混杂信号影。瘤内囊变坏死区信号最高，接近于脑脊液信号影，而瘤周水肿区信号则介于瘤内囊变坏死区与肿瘤实性增强部分之间。肿瘤实性成分、瘤内囊变坏死区及瘤周水肿区与正常脑组织信号强度明显不同（图 1、2）。

感兴趣区的平均 ADC 值及 FA 值如表 1 所示。肿瘤周围水肿区域的平均 ADC 值较肿瘤实质区、对侧大脑白质升高（$P<0.05$），较脑脊液降低（$P<0.05$）；而 FA 值较脑脊液、肿瘤实质区升高（$P<0.05$），较对侧大脑白质降低（$P<0.05$）。肿瘤实质区域的平均 ADC 值较脑脊液降低（$P<0.05$），较对侧正常脑白质升高（$P<0.05$）；而 FA 值较脑脊液升高（$P<0.05$），较对侧大脑白质降低（$P<0.05$）。高度恶性组和低度恶性组胶质瘤之间，实质区平均 ADC 值差异有统计学意义（$P<0.05$），而 FA 值差异无统计学意义（$P>0.05$）（表 2）。



A：T_2WI，肿瘤为不均匀性高信号；B：平均 ADC 图；C：FA 图

图 1　右侧额顶叶Ⅱ级胶质瘤 DTI 表现



A：T_2WI，肿瘤为不均匀性高信号；B：平均 ADC 图；C：FA 图

图 2　右侧额叶Ⅳ级胶质瘤 DTI 表现

表 1　各兴趣区的平均 ADC 值及 FA 值（$\bar{x}\pm s$）

感兴趣区	平均 ADC 值	FA 值
实质区	0.487±0.172[a]	0.154±0.050[b]
水肿区	0.681±0.062	0.175±0.053
脑脊液	0.913±0.112[ab]	0.127±0.019[ab]
对侧正常大脑白质	0.256±0.039[ab]	0.516±0.113[ab]

a：$P<0.05$，与水肿区比较；b：$P<0.05$，与实质区比较

表 2　不同恶性程度胶质瘤的平均 ADC 值及 FA 值测量数据（$\bar{x}\pm s$）

组别	n	平均 ADC 值		FA 值	
		实质区	水肿区	实质区	水肿区
高度恶性组	12	0.436±0.142[a]	0.512±0.075	0.218±0.178	0.197±0.058
低度恶性组	8	0.602±0.231	0.582±0.046	0.119±0.039	0.212±0.067

a：$P<0.05$，与低度恶性组比较

3　讨论

在大脑组织内，自由水分子的弥散是受到一定限制的，尤以在大脑白质明显，从而使得自由水分子向各个方向的弥散幅度不同，其中沿某一方向弥散的速度要快于其他方向，此即为弥散的各向异性（anisotropy）。这种各向异性的产生主要受白质纤维的细微结构和大体结构的影响，前者包括髓鞘内的结构、纤维的密度、神经细胞的排列、纤维髓鞘化的程度及单个纤维的直径；后者主要为在单个体素内所有白质纤维的走行方向。正是由于这种各向异性使得大脑白质纤维

DTI 成像成为可能[1,2]。

肿瘤本身和瘤周水肿对脑组织造成的细胞结构和完整性改变,容易导致水分子的弥散方向和幅度的变化。肿瘤实质和瘤周水肿区比正常脑白质有较高的平均 ADC 值和较低的 FA 值,其可能与细胞组织结构被破坏有关[3]。高度恶性组胶质瘤浸润性生长明显,水肿明显,对周围组织造成破坏比较严重;而低度恶性组胶质瘤浸润性生长特征不明显,瘤周水肿较轻,对周围脑组织所造成的影响较少,从而使得高度恶性组胶质瘤的平均 ADC 值明显低于低度恶性组胶质瘤[4-6]。本研究结果也表明高度恶性组平均 ADC 值明显低于低度恶性组,但 FA 值两组之间无明显差异。

通过测定肿瘤的平均 ADC 值和 FA 值,以及与细胞学对比,在一定程度上可评价肿瘤的组织特性、对周围组织的影响,以及预测肿瘤的恶性程度。Sinha 等[7]运用 DTI 研究了 9 例高级胶质瘤,发现平均 ADC 值能用来区分正常白质、脑水肿区和强化的肿瘤边缘,而 FA 的区分在 7 例中差异有统计学意义。Beppu 等[8]分析了 FA 与肿瘤组织的细胞构成和血管分布的关系,发现尽管不同类型的肿瘤平均 FA 不同,但都低于正常脑组织。他们还发现肿瘤组织的 FA 与细胞构成($r=0.65$, $P<0.05$)和血管分布($r=0.45$, $P<0.05$)呈正相关。在肿瘤实性部分测量出平均 ADC 值和 FA 值,发现肿瘤与正常脑组织的平均 ADC 比值和肿瘤分级显著相关($P=0.01$),所有肿瘤各向异性值下降,随着肿瘤细胞数密度的增加或者肿瘤细胞核总面积的增加,肿瘤实质的平均 ADC 值下降($P=0.014$)。随着肿瘤细胞恶性程度的升高, 肿瘤实质的平均 ADC 值逐渐下降[9]。

DTI 另一大优势就是对白质束形态的直观显示,包括肿瘤的直接侵犯破坏和占位效应所致的白质束的推压移位。DTI 能清楚地显示瘤周白质的异常位置,计算出其偏移角度,更能显示出远距离白质束因占位效应所致的位置异常,显示了其在肿瘤瘤体与周围组织关系应用中的巨大价值,是其他成像手段无法完成的。DTI 的这些特点,对肿瘤的术前计划、术后处理和评估起着重要的指导作用[10,11]。

DTI 亦存在一定局限性,如弥散运动所设计的成像序列对微观的弥散运动很敏感,同时也对物体成像过程中的其他种类运动敏感,尤其是在活体成像中,组织脉冲搏动、微循环、患者的运动都会导致假象,引起信号衰减的加重及鬼影。另外,EPI 序列对磁场不均匀性敏感性很高,近颅底等处的图像可能扭曲变形。随着 MRI 技术的发展,这些问题可能会得到逐步解决[12]。

总之,DTI 通过测量平均 ADC 值能区别高级别星形细胞瘤肿瘤实质区、水肿区与正常脑白质区, 而 FA 值难以分肿瘤实质区与水肿区。FA 图可以帮助了解肿瘤对白质束的破坏及与周围正常白质束的解剖关系, 为手术提供信息, 避免过度切除而加重术后残疾。

参考文献:

[1] Essig M, Giesel F, Stieltjes B, *et al*. Functional imaging for brain tumors (perfusion, DTI and MR spectroscopy) [J]. Radiologe, 2007, 47(6): 513-519.

[2] Stadlbauer A, Nimsky C, Gruber S, *et al*. Changes in fiber integrity, diffusivity, and metabolism of the pyramidal tract adjacent to gliomas: a quantitative diffusion tensor fiber tracking and MR spectroscopic imaging study[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2007, 28(3): 462-469.

[3] Inoue T, Ogasawara K, Beppu T, *et al*. Diffusion tensor imaging for preoperative evaluation of tumor grade in gliomas[J]. Clin Neurol Neurosurg, 2005, 107(3): 174-180.

[4] Beppu T, Inoue T, Shibata Y, *et al*. Fractional anisotropy value by diffusion tensor magnetic resonance imaging as a predictor of cell density and proliferation activity of glioblastomas[J]. Surg Neurol, 2005, 63(1): 56-61.

[5] 王兆平. 以椎体破坏为首发征象的恶性淋巴瘤 CT、MRI 表现及比较[J]. 实用临床医药杂志, 2006, 10(4): 126-127.

[6] 张 焱, 张战利, 程敬亮, 等. 脑膜病变31 例 MRI 分析[J]. 郑州大学学报: 医学版, 2006, 41(3): 588-589.

[7] Sinha S, Bastin M E, Whittle I R, *et al*. Diffusion tensor MR imaging of high-grade cerebral gliomas[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2002, 23(4): 520-527.

[8] Beppu T, Inoue T, Shibata Y, *et al*. Measurement of fractional anisotropy using diffusion tensor MRI in supratentorial astrocytic tumors[J]. J Neurooncol, 2003, 63(2): 109-116.

[9] Gauvain K M, McKinstry R C, Mukherjee P, *et al*. Evaluating pediatric brain tumor cellularity with diffusion-tensor imaging[J]. AJR Am J Roentgenol, 2001, 177(2): 449-454.

[10] Misaki T, Beppu T, Inoue T, *et al*. Use of fractional anisotropy value by diffusion tensor MRI for preoperative diagnosis of astrocytic tumors: case report[J]. J Neurooncol, 2004, 70(3): 343-348.

[11] Tropine A, Vucurevic G, Delani P, *et al*. Contribution of diffusion tensor imaging to delineation of gliomas and glioblastomas[J]. J Magn Reson Imaging, 2004, 20(6): 905-912.

[12] 洪汛宁, 沈天真, 陈星荣, 等. 弥散张量成像技术在星形细胞肿瘤中的应用价值初探[J]. 中国医学计算机成像杂志, 2003, 9(1): 8-11.

(编辑 龙 亮)