

• 中枢神经影像学 •

高级别星形细胞瘤扩散张量成像应用研究

史瑞华, 漆剑频, 王承缘

【摘要】 目的:研究平均扩散系数(ADC)和各向异性分数(FA)在鉴别高级别星形细胞瘤肿瘤组织、水肿及正常脑组织中的价值。方法:16 例高级别星形细胞瘤在治疗前行常规 MRI 及扩散张量成像(DTI)。在 T_1 WI 增强、 T_2 WI 及 FA 图上确定肿瘤、水肿及邻近正常白质区,测量并分析这些区域 FA 值及 ADC 值的差异。结果:在 ADC 图上,肿瘤实体区与正常脑实质相比,几乎呈等信号;水肿区呈稍高信号;肿瘤囊变坏死区呈高信号。在 FA 图上,囊变坏死区呈低信号;肿瘤区呈等信号及低信号;水肿区呈等信号及稍高信号。肿瘤囊变坏死区 ADC 值 $(2.16 \pm 0.147) \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$,水肿区 $(1.55 \pm 0.066) \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$,肿瘤实体区 $(1.33 \pm 0.08) \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$,邻近正常白质区 $(0.76 \pm 0.057) \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ 。邻近正常白质区 FA 值最高 (0.45 ± 0.037) ,肿瘤囊变坏死区最低 (0.05 ± 0.012) 。所有患者肿瘤实体区与水肿区、正常白质区 ADC 值的差别均具有显著性意义 ($P < 0.05$)。所有患者肿瘤实体区、水肿区与正常白质区 FA 值差异有显著性意义 ($P < 0.05$),肿瘤实体区与水肿区 FA 值差异无显著性意义 ($P > 0.05$)。结论:ADC 值可用于区分正常脑白质、水肿和肿瘤实体区,FA 值对于组织学鉴别无明显意义。ADC 值、FA 值能否确定肿瘤浸润范围尚需进一步研究。

【关键词】 星形细胞瘤;磁共振成像;扩散张量成像

【中图分类号】R445.2; R739.41 【文献标识码】A 【文章编号】1000-0313(2005)01-0011-03

Diffusion Tensor Imaging of High-Grade Astrocytomas SHI Rui-hua, QI Jian-pin, WANG Cheng-yuan. Department of Radiology, Tongji Hospital, Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430030, P. R. China

【Abstract】 **Objective:** To evaluate the usefulness of FA and ADC in differentiating tumor, edema area, and normal white matter. **Methods:** 16 patients with pathological grade III ~ IV astrocytomas underwent conventional MR and DTI before therapy. Tumor, edema and apparent normal white matter regions of brain were determined on T_2 WI and contrast-enhanced T_1 WI images. Apparent diffusion coefficients (ADC) value and fractional anisotropy (FA) value were calculated in areas of tumor, edema, and normal brain. Comparisons were made by analysis of each variance. **Results:** On ADC map, the tumors were almost isointense compared with the normal brain, and the edematous brain was slightly hyperintense than the normal brain; necrotic tumor core showed high signal. On FA map, the necrotic tumor core appeared hypointense, the tumor appeared isointense or hypointense, the edematous brain appeared isointense or slightly hyperintense. The ADC value was the highest in the necrotic tumor core $(2.16 \pm 0.147) \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$, followed by edematous brain $(1.55 \pm 0.066) \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$, enhancing tumor tissue $(1.33 \pm 0.08) \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$, and normal white matter $(0.76 \pm 0.057) \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$. FA was the lowest in the necrotic core (0.05 ± 0.012) and was the highest in normal white matter (0.45 ± 0.037) . ADC was significantly different in enhancing tumor, necrotic tumor core, edematous and normal white matter in all patients. FA was significantly different in tumor solid area, necrotic tumor core and normal white matter in all cases. There was no significant difference of FA value between tumor and edematous brain on FA map. **Conclusion:** ADC value can help to distinguish tumor from adjacent edema, necrotic tumor core and normal white matter. FA value added no benefit to differentiation diagnosis. Further study are needed to confirm whether ADC value and FA value can be used to differentiate tumor invasion.

【Key words】 Astrocytomas; Magnetic resonance imaging; Diffusion tensor imaging

常规 MRI 常低估脑肿瘤浸润范围。因此,准确区分水肿、正常组织及肿瘤可以提高患者疗效。肿瘤破坏细胞结构,细胞结构完整性的变化可引起水扩散幅度和方向的变化。扩散张量成像(diffusion tensor imaging, DTI)可测量每个体素的表观扩散系数(average diffusion coefficient, ADC)和各向异性分数(fraction-

al anisotropy, FA),并可在活体追踪白质纤维束走行。DTI 在肿瘤方面的研究尚少。本研究旨在采用 DTI 研究高级别星形细胞瘤患者的肿瘤实质区、水肿区及正常脑组织中水分子的扩散状况。

材料与方法

搜集我院 2003 年 4 月~2004 年 2 月经手术及病理证实的高级别脑星形细胞瘤 16 例,其中男 10 例,女 6 例,年龄 23~69 岁,平均 42 岁。按 WHO 2000 年颅

作者单位:430030 武汉,华中科技大学同济医学院附属同济医院放射科

作者简介:史瑞华(1969—),女,山东济宁人,主治医师,博士研究生,主要从事 CT 及 MR 诊断工作。

脑肿瘤病理分类,所有病例属星形细胞瘤Ⅲ~Ⅳ级。

MR 检查技术:使用 GE Signa 1.5T CV/i、NV/i 磁共振成像系统。采用标准正交头线圈。矢状面 T_1 WI:TR 400 ms,TE 16 ms;轴位 T_1 WI:TR 400 ms,TE 12 ms;轴位 T_2 WI:TR 3800 ms,TE 80 ms;轴位 FLAIR:TR 8500 ms,TE 125 ms,TI 2200 ms;DTI 扫描采用单次激发 SE-EPI 序列,在 25 个方向上施加扩散梯度, $b=1000$ s/mm²。扫描参数:TR 10000 ms,TE 79.2 ms,视野 24×24 cm,矩阵 256×256 ,层厚 5 mm,间隔 0 mm,1 次采集,扫描时间为 260 s。

后处理:将采集到的原始数据传送到 Sun ADW 4.0P 工作站,运用 Functool 软件,构建 ADC 图和 FA 图,并测量肿瘤增强区、肿瘤囊变坏死区、瘤周水肿区及邻近正常白质区的 ADC 值和 FA 值。

图像分析及统计学处理:根据常规 T_1 WI、 T_2 WI、 T_1 WI 增强及 DTI 图像,分析研究下述 4 种组织的信号特点。①邻近正常白质区:在 T_1 WI、 T_2 WI 及 FLAIR 序列上信号未见明显异常,DTI 上呈高信号。②肿瘤实体区: T_1 WI 增强扫描有明显强化。③肿瘤内囊变、坏死区: T_1 WI 呈低信号,无强化,FLAIR、 T_2 WI 呈高信号。④肿瘤周围水肿区:位于肿瘤周围, T_1 WI 呈低信号, T_2 WI 呈较高信号。ADC 值、FA 值用均值±标准差的形式表示。使用 SPSS 11.0 统计软件对上述区域的 ADC 值和 FA 值进行差异显著性分析。

结 果

1. 病变部位、MRI 信号特点及病理结果

16 例中病变位于颞叶 1 例,额叶 3 例,额颞叶 1 例,顶叶 4 例,额顶叶 4 例,顶枕叶 2 例,胼胝体压部 1

例。其中有 6 例肿瘤侵犯胼胝体。MRI 征象:肿瘤于 T_1 WI 上呈不均匀低信号,2 例显示小片状出血信号,病灶边缘不清; T_2 WI 上呈不均匀高信号,肿瘤囊变坏死区信号更高。肿瘤实体区、囊变坏死区及水肿区可在 T_1 WI 增强、 T_2 WI 图像上清晰显示(图 1a、b)。病理诊断:间变性星形细胞瘤(7 例),胶质母细胞瘤(9 例)。

2. ADC 图、FA 图信号特点及 ADC 值、FA 值测量结果

在 ADC 图上,肿瘤实体区与正常实质相比,基本呈等信号;水肿区呈稍高信号;肿瘤囊变坏死区呈高信号(图 1c)。在 FA 图上,囊变坏死区呈低信号;肿瘤实体区呈等信号、低信号;水肿区呈等信号及稍高信号,肿瘤实体区与水肿区无明确界限;邻近白质呈高信号(图 1d)。

4 种组织 ADC 值、FA 值测量结果见表 1。测量结果表明正常白质 ADC 值最低,肿瘤实体区、水肿区、肿瘤囊变坏死区 ADC 值依次增高。邻近正常白质区 FA 值最高;肿瘤囊变坏死区最低,肿瘤实体区及水肿区 FA 值变化缺乏明显规律性。

表 1 不同部位 ADC 值、FA 值测量结果

部位	ADC($\times 10^{-3}$ mm ² /s)	FA
肿瘤实体区	1.33 ± 0.08	0.18 ± 0.061
肿瘤囊变坏死区	2.16 ± 0.147	0.05 ± 0.012
瘤周水肿区	1.55 ± 0.066	0.16 ± 0.058
正常白质区	0.76 ± 0.057	0.45 ± 0.037

组间方差分析表明,所有患者肿瘤实体区、囊变坏死区、水肿区及正常白质区每一配伍组之间,其 ADC 值的差别均具有显著性意义($P < 0.05$);肿瘤实体区与水肿区 FA 值差异无显著性意义($P > 0.05$);肿瘤实体区和水肿区 FA 值与邻近正常脑白质进行比较,

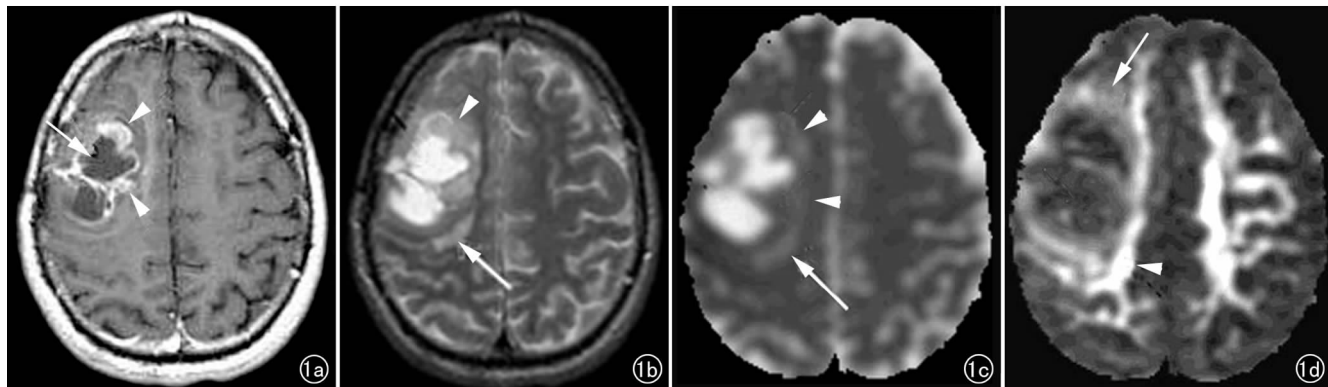


图 1 右额叶胶质母细胞瘤。a) T_1 WI 增强像,肿瘤实质区呈高信号(箭头),囊变区呈低信号(箭); b) T_2 WI 像,肿瘤实质区呈稍高信号(箭头),中央囊变区呈高信号,后方稍高信号为水肿区(箭); c) ADC 图,肿瘤实质区几乎呈等信号(箭头),囊变区呈高信号,水肿区呈稍高信号(箭); d) FA 图,囊变坏死区呈低信号,肿瘤实质区及水肿区呈稍高信号(箭),邻近白质呈高信号(箭头)。

差异存在显著性意义($P < 0.05$)。

讨 论

1. 扩散张量成像的原理

扩散现象反映水分子的随机运动,即布朗运动。扩散效应用表观扩散系数表示。扩散加权成像(diffusion weighted imaging, DWI)反映成像平面内水分子扩散系数的变化,但 DWI 仅反应了某一时刻某一方向组织的扩散特点。而在人体生理条件下,水分子的扩散受组织内细胞膜和大分子的影响,随方向改变而变化,即呈扩散各向异性。在平行于白质纤维束的方向上,水分子扩散受到的阻力比垂直于纤维束的方向上小,扩散距离长,所以在垂直方向比平行于纤维束扩散编码梯度方向上测得的图像信号高^[1]。获得了单位体积内的各向异性信息,即可研究生物体的细微解剖结构及功能改变。扩散各向异性的改变与神经细胞轴突直径、神经细胞膜成分及结构、神经细胞轴突髓鞘化程度与完整性、神经胶质细胞的数量和排列、细胞外间隙的容积等多种因素相关。扩散各向异性的 MR 分析和显示即为扩散张量成像(diffusion tensor imaging, DTI),它可反映白质纤维的解剖和病理过程,这是以前的成像手段所不能达到的,它补充了常规 MRI 的不足。要评估扩散的各向异性,至少要在 6 个方向上连续应用扩散梯度,获得一组 DTI 图像,重组出各向异性分数图 FA 图,可以完全显示组织的扩散特性。通过测量各向异性,可对有序排列的微结构如白质纤维束进行定位^[2];观察白质纤维束的走行、完整性和方向性^[3-5];有髓神经纤维可以通过 DTI 伪彩图进行空间定位^[6],在脑实质中能明显区分灰、白质,并清楚地显示白质纤维束的形态,直接测量出 FA 值、张量的本征值等。临床常用 FA 值来定量分析各向异性的程度。FA 值的范围为 0~1,0 代表最大各向同性扩散,1 代表假定状况下最大各向异性扩散。在 FA 图中,脑白质各向异性最高,表现为高信号;相反,脑脊液各向异性最低,表现为低信号。组织的生化特性(粘滞性和温度)、组织结构(大分子物质、细胞膜和细胞器等)能够从根本上影响水的扩散能力,所以纤维组织结构的病理状态影响水的扩散及扩散的各向异性。

2. DTI 成像在高级别星形细胞瘤中的应用

肿瘤实性成分与瘤周水肿的鉴别对于放疗或外科手术的定位非常重要,肿瘤的精确定位可以减少切除范围,降低正常脑组织的放射剂量。高级别星形细胞瘤的浸润常常超出肿瘤 MR 增强扫描时所显示的瘤体边缘, T₂WI 上出现异常信号的区域均有肿瘤存在

的可能性^[7]。对于胶质瘤来说,准确鉴别肿瘤组织、肿瘤囊变坏死区、肿瘤周围水肿区与邻近正常组织是影像学的重要任务。

研究表明,正常白质区 ADC 值较小,FA 值最高。而肿瘤及周围水肿区自由水成分增加、组织结构排列失常。有作者提出^[8,9],ADC 值、FA 值主要反映间质组织的特点,细胞密度高的区域细胞外水分子移动性减弱,使 ADC 值降低、FA 值升高,与本组研究结果一致:肿瘤增强区 ADC 值比坏死区 ADC 值低,而 FA 值升高。Beppu 等认为^[10],星形细胞瘤的 FA 值是由肿瘤组织的细胞构成、血管供应及白质纤维破坏等因素共同作用的结果。Lu 等^[11]发现,高级别胶质瘤瘤周水肿区 ADC 值较正常白质区升高,和本研究结果一致。

Stadnik 等^[1]测量水肿和肿瘤区的 ADC 值,发现二者均显著高于正常白质。但由于技术条件的限制,尚不能区分 5 种组织类型。他们用 T₂WI 像上信号强度的变化进行分析,得出结论:ADC 值不能用以区分不同组织类型间的差异。本组资料显示不同的结果。我们认为,这可能是由于他们只在一个方向上施加扩散梯度,而我们是在 25 个方向上施加扩散梯度,更能准确反映组织的扩散特性。只有 Saurabh 等^[12]认为,区分瘤周肿瘤浸润和瘤周水肿是可能的。

DTI 可以清晰显示白质。在临床实践中,可用于区分局部正常白质和病灶,研究肿瘤细胞对周围区域的浸润。本组所测肿瘤邻近白质区 ADC 值、FA 值,同 O'Sullivan 所测结果相似^[13]。

本研究表明,DTI 图像区分肿瘤、瘤周水肿及周围正常脑实质是可能的,但本研究存在如下问题:①样本例数尚少;②标本所取组织为肿瘤实体,缺少水肿区病理标本,因此水肿区组织未得到病理证实。

本组研究所得测量值和 Saurabh 的测量结果^[12]有一定差别,可能与所用机器类型及扫描参数不同有关。

综上所述,DTI 成像显示高级别星形细胞瘤肿瘤增强区、瘤周水肿和正常脑白质间 ADC 值的差异具有显著性意义,即 ADC 值对于病变范围的鉴别有一定价值。但 FA 值尚未发现这方面的明显优势,ADC 值、FA 值能否反映肿瘤细胞向瘤周水肿区的浸润有待进一步证实。但 FA 图可以显示病变和周围白质的解剖关系,可以帮助临床制订手术方案。ADC 图、FA 图和常规 MRI 结合起来,对于临床诊断治疗具有较大意义。

参考文献:

- [1] Stadnik TW, Chaskis C, Michotl E, et al. Diffusion-Weighted MR Imaging of Intracerebral Masses; Comparison with Conventional MR Imaging and Histological Findings[J]. AJNR, 2001, 22(5): 969-976.
- [2] Brian WT, Roham MO, Khader HA, et al. Diffusion Tensor Imaging of White Matter Tracts in Patients with Cerebral Neoplasm[J]. J Neurosurg, 2002, 97(3): 568-575.
- [3] 夏爽, 祁吉. 扩散加权成像在部分颅内病变中的应用[J]. 国外医学: 临床放射学分册, 2003, 26(5): 273-277.
- [4] Bassar PJ, Pajevic S, Pierpaoli C, et al. In Vivo Fiber Tractography Using DT-MRI Data[J]. Magn Reson Med, 2000, 44(4): 625-632.
- [5] Stieltjes B, Kaufmann WE, Zijl PC, et al. Diffusion Tensor Imaging and Axonal Tracking in the Human Brainstem[J]. Neuroimage, 2001, 14(3): 723-735.
- [6] Pajevic S, Pierpaoli C. Color Schemes to Represent the Orientation of Anisotropic Tissues from Diffusion Tensor Data; Application to White Matter Fiber Tract Mapping in the Human Brain[J]. Magn Reson Med, 2000, 43(6): 921.
- [7] Brunberg JA, Chenerer TL, McKeever PE, et al. In Vivo MR Determination of Water Diffusion Coefficients and Diffusion Anisot-

ropy; Correlation with Structural Alteration in Gliomas of the Cerebral Hemispheres[J]. AJNR, 1995, 16(2): 361-371.

- [8] Inglis BA, Bossart EL, Buckley DL, et al. Visualization of Neural Tissue Water Compartments Using Biexponential Diffusion Tensor MRI[J]. Magn Reson Med, 2001, 45(4): 580-587.
- [9] Sugahara T, Korogi Y, Kochi M, et al. Usefulness of Diffusion-Weighted MRI with Echo-Planar Technique in the Evaluation of Cellularity in Gliomas[J]. J Magn Reson Imag, 1999, 9(1): 53-60.
- [10] Beppu T, Inoue T, Shibata Y, et al. Measurement of Fractional Anisotropy Using Diffusion Tensor MRI in Supratentorial Astrocytic Tumors[J]. J Neuro Oncol, 2003, 63(2): 109-116.
- [11] Lu S, Ahn D, Johnson G, et al. Peritumoral Diffusion Tensor Imaging of High-Grade Gliomas and Metastatic Brain Tumors[J]. AJNR, 2003, 24(5): 937-941.
- [12] Saurabh S, Mark E, Bastin IR, et al. Diffusion Tensor MR Imaging of High-Grade Cerebral Gliomas[J]. AJNR, 2002, 23(4): 520-527.
- [13] O'Sullivan M, Summers PE, Jones DK, et al. Normal-appearing White Matter in Ischemic Leukoaraiosis: a Diffusion Tensor MRI Study[J]. Neurology, 2001, 57(12): 2307-2310.

(收稿日期: 2004-03-18 修回日期: 2004-05-13)

• 病例报道 •

巨大食管裂孔疝一例

王铁人, 孟建华, 段丽铭

【中图分类号】R814.42; R655.4 【文献标识码】D 【文章编号】1000-0313(2005)01-0014-01

病例资料 患者, 女, 62 岁。胸痛 1 个月, 在市某医院诊断为“带状疱疹”, 治疗效果不佳, 半个月前出现进食后不适、返酸、胃胀、呕吐, 近 3 天感吞咽困难。胸透示左侧心影内可见一气流平面。

CT 扫描示后纵隔明显增宽, 心脏后方呈空腔脏器样改变; 壁厚薄不均, 外缘较光整, 内壁凹凸不平, 右侧呈软组组结节影, 左侧为混杂低密度, 其内含较多气体(图 1); 右侧横膈前部局限性膨隆, 内含脂肪成分。CT 诊断: 巨大食管裂孔疝(大滑动型)伴右侧局限性膈膨隆。为进一步证实诊断, 2 天后行食管胃钡剂检查, 提示膈上见全胃影, 胃大弯形成胸腔胃的上缘, 胃小弯位于下缘, 十二指肠球部明显低于幽门, 胃腔内钡剂及胃粘膜皱襞清晰可见, 胃影与心影相互重叠(图 2)。

讨论 食管裂孔疝较常见。患者常有返酸、嗝气、呕吐、吞咽困难、上腹不适、甚至呕血等症状。主要病理改变是胃底经宽大的膈食管裂孔疝向胸腔内。食管裂孔疝一般分 4 型: ①滑动型; ②食管旁型; ③兼有上述两种类型特征的为混合型; ④大滑动型(或巨大食管裂孔疝)。滑动型占食管裂孔疝的 90%^[1],

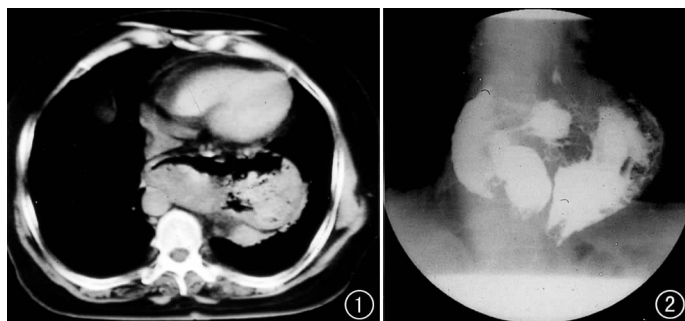


图 1 CT 示后纵隔空腔样脏器, 含内容物及气体, 与心脏分界清楚, 降主动脉右移。图 2 食管胃钡剂检查示膈上全胃影, 大弯在上, 胃影与心脏影重叠。

而大滑动型食管裂孔疝较少见。从 CT 图像显示, 患者既有食管裂孔疝, 又有右侧膈局限性膨隆, 说明患者右横膈先天发育不良。

参考文献:

- [1] 陈灏珠. 实用内科学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2001. 1662.

(收稿日期: 2004-05-07)

作者单位: 056001 河北, 邯郸市第二医院 CT 室(王铁人), 放射科(孟建华); 056001 河北, 邯郸市铁路医院内科(段丽铭)

作者简介: 王铁人(1958—), 男, 吉林人, 副主任医师, 主要从事 CT 影像诊断工作。