

• 中枢神经影像学 •

MR 扩散张量成像对脑肿瘤的初步应用研究

史瑞华, 漆剑频, 王承缘

【摘要】 目的: 评价 MR 扩散张量成像在脑肿瘤中的应用价值。方法: 搜集经手术及病理证实的脑膜瘤和星形细胞瘤病例共 33 例, 行常规 MRI、扩散张量成像 (DTI) 检查。构建各向异性分数 (FA) 图, 并测量肿瘤及周围白质的 FA 值。结果: 正常白质纤维在 FA 图上表现为高信号。在肿瘤存在时, 周围白质纤维可表现为受推压移位或浸润破坏, 破坏后 FA 值降低, 表现为低信号。这些表现在常规 MRI 上均未清楚显示。结论: DTI 可清楚显示肿瘤与周围白质纤维的解剖关系, 指导临床制订手术方案。

【关键词】 脑肿瘤; 磁共振成像; 扩散

【中图分类号】 R445. 2; R739. 41 【文献标识码】 A 【文章编号】 1000-0313(2004)08-0567-03

Preliminary study of diffusion tensor imaging in brain tumors 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 diffusion tensor imaging (DTI) in the diagnosis of brain tumors. **Methods:** 33 patients with histologically verified brain tumors (16 meningiomas and 17 astrocytoma) underwent DTI, and fractional anisotropy (FA) map was calculated from MR image sets. **Results:** FA map depicted white matter changes not typically seen on conventional MR images, and the normal anisotropic white matter regions showed hyperintensity on FA map. Evidence of white matter tract deviation, edema, infiltration and disruption was seen when there were tumors nearby. The FA map depicted the white matter as hypointensity due to tumor invasion compared with the normal. **Conclusion:** DTI can demonstrate the detailed relationship between tumor and nearby white matter tract and was shown to be beneficial to the surgical plan for patients with brain tumors.

【Key words】 Brain neoplasms; Magnetic resonance imaging; Diffusion

在外科手术中, 保留重要功能区并最大程度地切除肿瘤是手术的主要目的。常规 MR T₂WI 和 FLAIR 像上所显示的肿瘤周围高信号, 反映的可能是肿瘤浸润或周围正常白质纤维束的水肿, 但却不能提供肿瘤周围白质纤维束是否受累和完整性的准确信息。扩散张量成像 (diffusion tensor imaging, DTI) 可以显示白质纤维束走行, 反映白质纤维束的病理状态及其与邻近肿瘤的解剖关系。本文初步探讨 DTI 在脑肿瘤中的应用价值。

材料与方法

搜集本院 2003 年 4 月~ 11 月经手术及病理证实的脑星形细胞瘤和脑膜瘤共 33 例, 其中星形细胞瘤 17 例, 脑膜瘤 16 例。男 18 例, 女 15 例, 年龄 11~ 70 岁, 平均 46 岁。按 2000 年 WHO 脑肿瘤病理分类, 星形细胞瘤 I 级 2 例, II 级 4 例, III 级 5 例, IV 级 6 例; 脑膜瘤 I 级 14 例, II 级 1 例, III 级 1 例。

采用 GE Signa 1. 5T CV/i, NV/i 磁共振成像系统, 采用标准正交头线圈。矢状位 T₁WI, TE 16 ms, TR 400

ms; 轴位 T₁WI, TE 12 ms, TR 400 ms; 轴位 T₂WI, TE 80 ms, TR 3800 ms; 轴位 FLAIR, TE 125 ms, TR 8500 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, $b = 1000 \text{ s/mm}^2$, 扫描参数: TE 79. 2 ms, TR 10000 ms, FOV 24 cm × 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。

将采集到的原始数据传送到 Sun ADW 4. 0 P 工作站, 运用 Functool 软件, 构建各向异性分数 (fractional anisotropy, FA) 图, 并测量肿瘤、肿瘤周围水肿区及对侧正常白质区的 FA 值。

结 果

在 FA 图上, 正常白质表现为高信号, 如内囊、胼胝体、锥体束、放射冠等。由于肿瘤的占位效应, 白质纤维受到推移后仍表现为高信号, 病灶位置不同, 移位的方向也不同; 白质纤维受到破坏后表现为低信号。本组 16 例脑膜瘤, 显示其周围白质纤维受压移位 (图 1); 11 例 III~ IV 级星形细胞瘤肿瘤区白质纤维破坏、消失, 其周围白质纤维受累, 信号减低, 远处白质纤维

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, 主要从事中枢神经影像学工作。

受压移位(图 2); 6 例 I ~ II 级星形细胞瘤周围白质纤维受压移位, 信号未见明显减低(图 3)。上述改变在一定程度上反映肿瘤生长方式及良恶性程度的差异。

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。扩散效应应用表观扩散系数(apparent diffusion coefficient, ADC)表示。扩散加权成像(diffusion weighted imaging, DWI)就是利用成像平面内水分子扩散系数的变化来产生图像对比的, 但 ADC 仅反应了某一时刻某一方向组织的扩散特点。

在人体生理条件下, 水分子的扩散受组织内的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, 所以在垂直于纤维束的扩散编码梯度方向上比平行于纤维束扩散编码梯度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。扩散异性的 MR 分析和显示即为扩散张量成像, 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。水分子扩散的各向异性可以用来追踪纤维束走行, 评估组织结构完整性和连通性。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 DWI 图像, 重组出各向异性分数图, 可以完全显示扩散特性。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]。脊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(eigenvalue)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

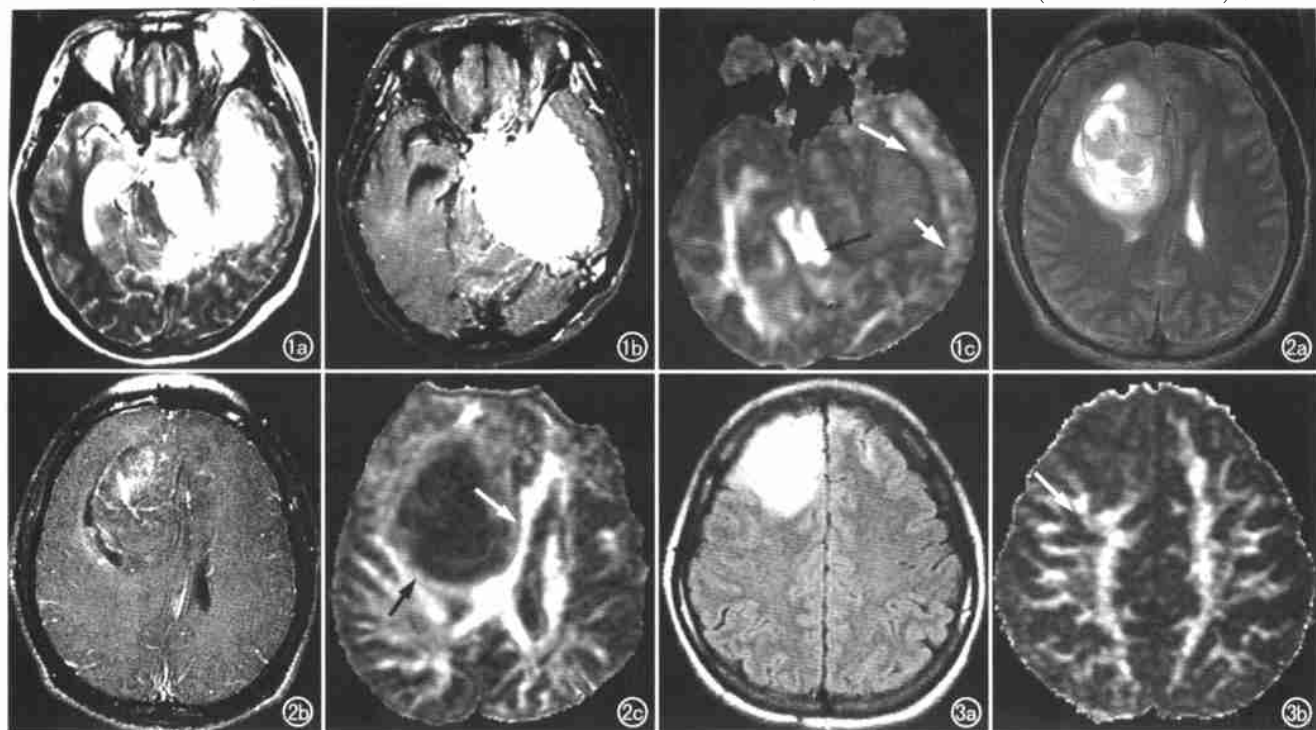


图 1 脑膜瘤。a) T₂WI 显示病变呈高信号; b) T₁WI 增强显示病变明显强化; c) DTI FA 图像, 示肿瘤组织呈低信号, 白质纤维呈高信号, 锥体束受压向内移位(黑箭), 呈高信号, 左侧下纵束(长白箭)、左侧视放射受压向外移位(短白箭)。图 2 III~IV 级星形细胞瘤。a) T₂WI 显示病变呈高信号, 信号不均匀; b) T₁WI 增强显示病变呈不均匀强化; c) DTI FA 图像, 示肿瘤组织呈低信号, 右额叶白质纤维破坏, 呈消融状改变, 边界不清, 正常形态消失, 胼胝体部受压向左侧移位(白箭), 右侧放射冠受压向后移位(黑箭)。图 3 星形细胞瘤 II 级。a) FLAIR 像, 示右额叶病变呈高信号。b) DTI FA 图像, 示病变区白质纤维消失, 病变后方放射冠显示清晰(白箭), 呈高信号, 无明显受压。

构(大分子、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. 扩散张量成像在脑肿瘤的临床应用

颅内肿瘤可能累及功能皮层和白质纤维束,明确病灶周围组织的功能解剖和邻近白质纤维联系对切除肿瘤非常重要,尤其当肿瘤位于优势半球的运动区、感觉区、语言区等重要功能区时。常规 MRI、PET、脑磁图、fMRI 以及术中电刺激常用于肿瘤术前功能区定位,以明确病灶与周围功能区的解剖关系。

研究发现,即使肿瘤已明显浸润了功能皮层,病检发现其中也可能尚有功能纤维存在。Skirboll 等^[7]运用术中皮层定位,发现 28 例患者肿瘤边缘存在运动、感觉和语言等功能区,这些功能区受压移位、变形、肿胀,并被肿瘤浸润,切除这些被肿瘤明显侵犯的组织会导致术后功能缺损。运用常规检查方法不能发现肿瘤边缘及穿过肿瘤组织的白质纤维束,不能明确纤维束是否受压移位或破坏。DTI 对显示肿瘤压迫白质纤维束移位很有价值^[8]。Wiesmann 等^[9]发现 DTI 亦可显示肿瘤远侧、信号正常的白质纤维束移位,这是由于占位效应引起的。Brian 等^[2]运用 DTI 成像方法,指导临床制订手术方案。其中 1 例额叶肿瘤患者,手术区仅包含少量神经纤维,术后患者仅暂时出现了语言功能丧失。另 1 例额叶肿瘤患者,手术范围只包括肿瘤增强部分,对 T₂WI 上信号异常,但 FA 值正常的周围白质纤维予以保留,术后没有出现神经功能丧失。

本研究发现,良性脑膜瘤周围白质纤维受压移位,水肿区 FA 值未见减低;星形细胞瘤 I ~ II 级其周围白质纤维受压移位,FA 值没有改变。恶性肿瘤如星形细胞瘤 III-IV 级白质纤维束的改变包括以下形式:①受压移位,T₂WI 信号正常,FA 值无改变;②水肿,白质纤维束未受累及,T₂WI 信号增高,FA 值无变化;③浸润,白质纤维束受累及,T₂WI 信号异常,FA 值减低,但尚可分辨其解剖结构;④组织破坏,肿瘤大体上已浸润到纤维束,T₂WI 信号异常,FA 值减低,难以分辨其解剖结构。这与 Holodny^[10]的发现相似。笔者认为对于良性肿瘤,手术区只需定位在肿瘤增强灶,以减少术后并发症;对于怀疑恶性肿瘤者,除肿瘤增强灶外,要结合 DTI 图像,对于 T₂WI 呈异常信号者,若 FA 值正常,则保留周围白质纤维;若 FA 值异常,则扩大手术范围,避免术后复发。

3. 对 DTI 应用于脑肿瘤的评价

与常规 MR 相比,扩散张量成像主要有以下优越

性:①DTI 可清楚地显示肿瘤与周围白质纤维的位置关系;②确定白质纤维的病理状态及与肿瘤的距离;③鉴别肿瘤周围是否存在尚有功能的白质纤维束,避免术中损伤受压移位的白质纤维。

DTI 亦有一定局限性,由于其成像采用 EPI 序列,对运动较敏感,易产生运动伪影。另外,对磁场均匀性要求亦较高^[11]。DTI 能否准确反映肿瘤的病理分级也有待进一步探讨。

综上所述,DTI 对于制订手术计划、指导手术是极有帮助的。尽管 DTI 的参数测量及其图像目前尚不能作为临床诊断的可靠指标,有待进一步研究,但随着 MR 软硬件技术的改进^[12],DTI 会更加广泛、深入地应用于临床工作中。

参考文献:

- [1] Stadnik TW, Chaskis C, Michotte A, et al. Diffusion-weighted MR imaging of intra cerebral masses: comparison with conventional MR imaging and histological findings[J]. AJNR, 2001, 22(5): 969-976.
- [2] Witwer BP, Moftakhar R, Hasan KM, 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 DF-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] Skirboll SS, Ojemann GA, Berger MS, et al. Functional cortex and subcortical white matter located within gliomas[J]. Neurosurgery, 1996, 38(4): 678-685.
- [8] Mari S, Frederiksen K, van Zijl PC, et al. Brain white matter anatomy of tumor patients evaluated with diffusion tensor imaging[J]. Ann Neurol, 2002, 51(3): 377-380.
- [9] Wiesmann UC, Symms MR, Parker GJ, et al. Diffusion tensor imaging demonstrates deviation of fibers in normal appearing white matter adjacent to a brain tumour[J]. J Neurol Neurosurg Psychiatry, 2000, 68(4): 501-503.
- [10] Holodny AI, Ollenschlaeger M. Diffusion imaging in brain tumors[J]. Neuroimaging Clin N Am, 2002, 12(1): 107-124.
- [11] 谭湘萍, 梁碧玲. 扩散张量成像[J]. 国外医学: 临床放射学分册, 2003, 26(5): 314-316.
- [12] 徐家兴. 磁共振功能成像的一个新技术——扩散张量成像 Diffusion Tensor Imaging[J]. 放射学实践, 2002, 17(2): 95-96.

(收稿日期: 2003-12-30 修回日期: 2004-03-08)