

额顶叶占位性病变对脑运动功能影响的 DTI 研究

谢兵, 肖红, 王健, 邱明国, 李传明, 张久权, 周扬, 张绍祥

【摘要】 目的:利用 DTI 脑白质束的 FA 图和白质束纤维追踪图,评估额顶叶占位病变影响下脑对指运动功能区形态及功能改变的特征。**方法:**病变组为 20 例连续搜集观察的神经外科术前检查的额顶叶占位病变患者,另选 20 例健康自愿者为正常对照组。采用 Siemens 1.5T 超导磁共振仪进行扫描,包括常规 MRI 和 DTI。数据后处理运用美国约翰霍普金斯大学编写的 DTI-Studio Version 2.02 软件处理 DTI 数据。**结果:**病变组 20 例中最后诊断为肿瘤的 15 例,炎症 4 例,血管畸形 1 例。在 DTI 的 FA 图中测量两组实验对象颅内相关脑组织区域的平均 FA 值,显示 15 例肿瘤病灶区域的 FA 值与对照组及其自身对侧比较有降低,1 例血管畸形伴化脓性感染患者 FA 值升高。在 DTI 三维白质束纤维追踪图中显示额顶叶肿瘤患者皮质脊髓束受病灶压迫而移位、中断或破坏。**结论:**扩散张量成像技术可以实现对活体复杂的白质纤维束结构的显示,在临床应用中 DTI 技术可以用于评价肿瘤与邻近白质纤维的空间解剖关系、白质纤维的受累情况,为临床病情评估和外科手术入路计划提供有效帮助,对评价术后的功能恢复潜力也有较大意义。

【关键词】 磁共振成像; 扩散张量成像; 脑肿瘤; 白质束纤维

【中图分类号】 R445.2 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2007)08-0803-04

DTI Study of Intracranial Lesions in Parietal-frontal Area XIE Bing, XIAO Hong, WANG Jian, et al. Department of Radiology, Southwest Hospital, Chongqing 400038, P. R. China

【Abstract】 Objective: To study the influence of intracranial occupying on white matter tracts and cortex motor areas using diffusion tensor imaging (DTI) technology. **Methods:** Twenty patients with lesions of frontal and/ or parietal lobes in cerebral hemispheres including 15 tumors, 4 infections and 1 vascular malformation were enrolled into the experimental group. Twenty volunteers were formed as the control group. The experimental group and the control group were examined by the same sequence protocol on Siemens 1.5T MRI. All data were handled with DTI-Studio Version 2.02 software. Fractional anisotropy (FA) of the focus cortex and main white structures correlated to motor cortex were measured. **Results:** Compared to the control group, FA of the tumor tissues decreased distinctly (0.13 ± 0.08), FA of the focus of infection decreased slightly (0.20 ± 0.05), FA of the vascular malformation and abscess increased slightly. The three dimensional architecture of the white matter tracts in experimental group showed the displacement and disruption of corticospinal tracts. **Conclusion:** DTI can show the orientation and distribution of cerebral white matter fiber tracts and the spatial three-dimensional information for intracranial occupying lesions. It is very useful in surgical planning and in evaluating the prognosis of the patients.

【Key words】 Magnetic resonance imaging; Diffusion tensor imaging; Brain neoplasm; White matter fiber tracts

磁共振扩散张量成像技术(diffusion tensor imaging, DTI)是根据观察脑白质内的水分子扩散运动各向异性,及白质纤维的长轴方向一致的水分子扩散的空间方向,提供有关扩散各向异性的信息,可以反映出正常与异常白质纤维的结构特点^[1,2]。通常情况下,额顶叶肿瘤病变对脑组织会产生一定程度的推压,正常脑组织结构产生移位,在一定程度上使神经元功能和白质纤维束的传导发生改变,从而产生病灶侧相应肢体的肌力减退、精细运动变差、体感觉减低等临床症状和体征。本文通过测量额顶叶病变区周围脑白

质、胼胝体及内囊等区域的 FA 值,并通过白质束纤维成像观察分析了病变对脑运动功能的影响。

材料与方法

1. 实验对象

正常对照组 20 例,身体健康志愿者,年龄(30 ± 18)岁,平均 28 岁。无运动系统和神经系统病史,经测试表测试均为右利手。

病变组:搜集 2005 年 1 月~2006 年 3 月来我院神经外科住院或门诊的患者,均满足以下纳入标准:①性别不限,年龄不小于 9 岁,经 MRI 或 CT 等确诊为额顶叶占位性病变;②患者双侧或病灶对侧肢体有不同程度的运动障碍或肌力减低。肢体肌力的临床评定用 Robert Lovett 肌力分级法,共分 6 级,0 级为肌肉

作者单位: 400038 重庆,第三军医大学西南医院放射科(谢兵、王健、李传明、张久权、周扬),肿瘤科放疗中心(肖红),基础部解剖学教研室(邱明国、张绍祥)

作者简介: 谢兵(1967-),男,四川乐山人,硕士,主管技师,主要从事磁共振影像研究工作。

通信作者: 张绍祥 E-mail: cvh@mail. tmmu. com. cn

完全无收缩力;1 级见有肌肉收缩,关节无活动;2 级关节能动,不能抗重力;3 级关节活动能抗重力;4 级关节可抗部分阻力的全范围活动,较正常肌力为弱;5 级为正常肌力;③均无其它严重神经系统疾患,无全身疾病史,神志尚清晰,可以较好的接受对指试验训练和回答利手测试问题;④经测试均为右利手。

2. 磁共振扫描设备、参数及后处理软件

对病变组和正常对照组的参与实验对象按同样扫描序列行磁共振扫描,所有磁共振扫描均采用德国西门子公司 SONATA 1.5T 超导磁共振仪。实验时,实验对象取仰卧位,由海绵枕及头线圈将头固定在正交头线圈内。所有患者和正常自愿者均行横轴面、矢状面自旋回波或快速自旋回波序列平扫;横轴面层厚为 4 mm,层间距为 0.8 mm,视野为 $23\text{ cm} \times 23\text{ cm}$,扫描范围从听毗线(OML)头颅顶骨;矢状面层厚 5 mm,层间距 1 mm,视野 $23\text{ cm} \times 19\text{ cm}$ 。扩散张量扫描采用单次激发平面回波成像(EPI)序列,6 个方向的扩散权重采集,b 值设为 1000,平均次数(Number of Averages)为 10,层厚 3 mm,间隔 0.8 mm;重复时间(repetition time, TR)为 6100 ms,回波时间(echo time, TE)为 106 ms,扫描范围及视野与平扫的横轴面一致。

实验所采集到的图像数据经光盘取出,进行离线处理。DTI 图像后处理采用美国约翰霍普金斯大学编写的免费软件 DTI-Studio (Version 2.02),重组出平均表观系数(ADC mean)图、各项异性系数(FA)图、相对各项异性系数(RA)图、容积比(VR)图及脑白质束追踪图。在重组出的 FA 图中测量基底节区、双侧胼胝体膝部、体部、压部和病灶中心区、病灶对侧额顶叶脑区的 FA 值,兴趣区(ROI)面积为 $(70 \pm 30)\text{ mm}^2$,约 6~8 个体素大小(图 1、2)。白质束纤维跟踪后处理时,角度阈值选 70degree,FA 阈值为 0.25,应用高斯平滑,背景噪声为 10,Kernel size = $5 \times 5 \times 5$ 。分别选定两侧额顶叶皮层、胼胝体各部分、内囊后肢、两侧基底节区等作为纤维束跟踪的种子区(seed),重组出冠状和横轴面的白质束纤维追踪图。

结 果

病变组共 20 例,其中男 12 例,女 8 例,年龄 38 ± 28 岁,平均 36 岁。其中证实为肿瘤的 15 例(其中 1 例胶质瘤患者于术后 3 周还进行了对指运动脑功能成像复查),颅内感染 4 例,血管畸形伴化脓性感染 1 例。

对 20 例正常对照组进行颅内相关脑组织区域的平均 FA 值测量。其结果为,胼胝体压部 0.68 ± 0.10 ,胼胝体膝部 0.60 ± 0.10 ,胼胝体体部 0.76 ± 0.12 ,两侧基底节区 0.50 ± 0.10 ,两侧额顶叶皮层 0.25 ± 0.05 。测量病变组脑组织区域的平均 FA 值结果为,胼胝体压部 0.72 ± 0.12 ,胼胝体膝部 0.63 ± 0.11 ,胼胝体体部 0.80 ± 0.13 ,两侧基底节区 0.46 ± 0.10 ;病灶对侧额顶叶皮层 0.27 ± 0.10 。15 例胶质瘤和脑膜瘤等囊实性占位病变其 FA 值较对照组和其自身对侧大脑半球皮层降低,FA 值 0.13 ± 0.08 ;而 4 例颅内感染者,其病灶与对侧同一位置脑区比较也稍有降低,FA 值 0.20 ± 0.05 ,仅 1 例血管畸形伴感染患者 FA 值升高。

DTI 白质束纤维示踪结果显示,正常对照组的白质束纤维联结完整,可很好的显示皮质脊髓束、弓状束、胼胝体、内侧纵束、内囊、外囊等神经纤维的走行(图 3)。11 例病理或影像学证实的颅内肿瘤患者在 DTI 白质纤维追踪图中可见皮质脊髓束受病灶压迫而

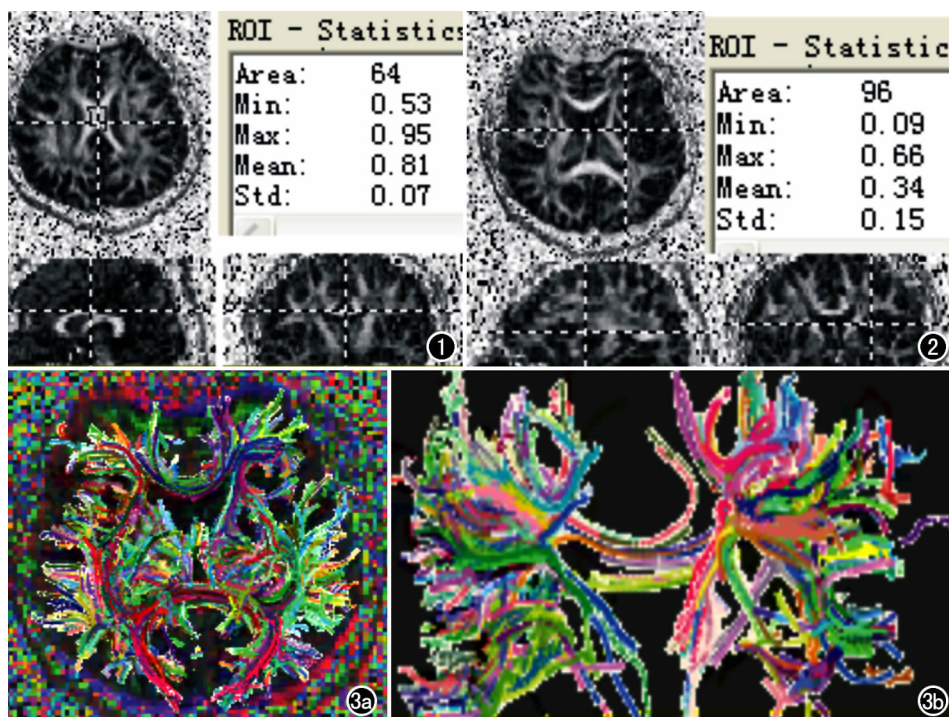


图 1 正常人胼胝体体部 FA 值测量图。 图 2 正常人基底节区 FA 值测量图。

图 3 正常健康人 DTI 脑白质纤维追踪图。a) 横轴面; b) 冠状面。

移位、中断或破坏,另有 3 例病理或影像诊断为肿瘤的患者,其皮质脊髓束纤维有轻度的压迫移位;1 例术后病理证实为脑膜瘤的患者,因其肿瘤体积较大,也在 DTI 白质纤维示踪图中显示出肿瘤周围的神经纤维明显受到推挤而移位。5 例颅内感染或血管畸形的病例在白质纤维示踪图中白质束纤维有移位,主要由于病变区水肿或渗出导致。图 4~6 为病变组 1 例胶质瘤患者术前与术后 3 周的 MRI 影像及白质束纤维追踪图对比;患者术前可见白质束纤维受压移位明显、部分白质纤维传导束中断。经脑外科术后,受压移位的纤维束基本恢复,患者肢体症状亦恢复正常。

讨 论

大脑运动皮层对肢体运动的控制主要是通过锥体系和锥体外系两条路径实现的,两者在机能上互相协调、互相依赖,共同完成人体各项复杂运动。锥体系主要管理骨骼肌的随意运动,尤其是高度精细的技巧性随意运动(如对指运动),它通过皮质脊髓束传导,再经联结于脊髓前角运动细胞的传出纤维至局部效应器。在锥体下端,约 75%~90% 的纤维交叉至对侧,形成锥体交叉,形成皮质脊髓侧束,止于对侧的前角运动细胞,小部分未交叉的神经纤维在同侧的脊髓前索内下行,称为皮质脊髓前束,该束在胸节经脊髓白质前联合交叉到对侧前角细胞;但有一部分皮质脊髓前束纤维始终不交叉而止于同侧脊髓前角细胞。这一解剖结构

也可以解释当一侧对指运动时,两侧大脑半球第一运动皮层均出现激活区。锥体外系指锥体系以外影响和控制躯体运动的所有传导通路,是一个复杂的涉及脑内许多结构的机能系统,其主要功能是协调肌张力、调整体态姿势和进行节律性运动等。锥体外系拥有多条环路,形成脑组织之间复杂的网络联结。当病变压迫或损伤其环路时往往引起肌张力降低、平衡失调和随意运动共济失调,由此可见,大脑皮层的运动功能区有很复杂的网络联系和相互协调,当某一区域脑组织受到病变损伤时,其环路联结的脑组织区域同样会受影响。

脑的功能联接是通过白质束纤维实现的,根据有髓神经纤维走向和连接部位的不同分为三种:连合纤维、投射纤维、联络纤维。DTI 技术可以实现对活体复杂的白质纤维束结构的研究,它根据观察脑白质内自身的水分子扩散运动的各向异性,且与白质纤维的长轴方向一致扩散水分子的扩散最大,不同的空间方向上的扩散各不相同,可以提供有关扩散各向异性的信息,最终反映出神经纤维组织的走行特点^[3,4]。DTI 实际上是普通扩散成像的发展,它使用多个方向的扩散梯度,并分别采集数据,从而得到各方向的扩散本征值 λ ,通过计算得到体素内各向异性扩散的数据,并以多种方式进行表达,可用于脑组织内水的各向异性扩散检测。其中各向异性分数图(FA 图)可勾画出脑白质内主要纤维束的分布,FA 值可在一定程度反映脑白质纤维的微细结构和走行的一致性^[5,6]。国外研

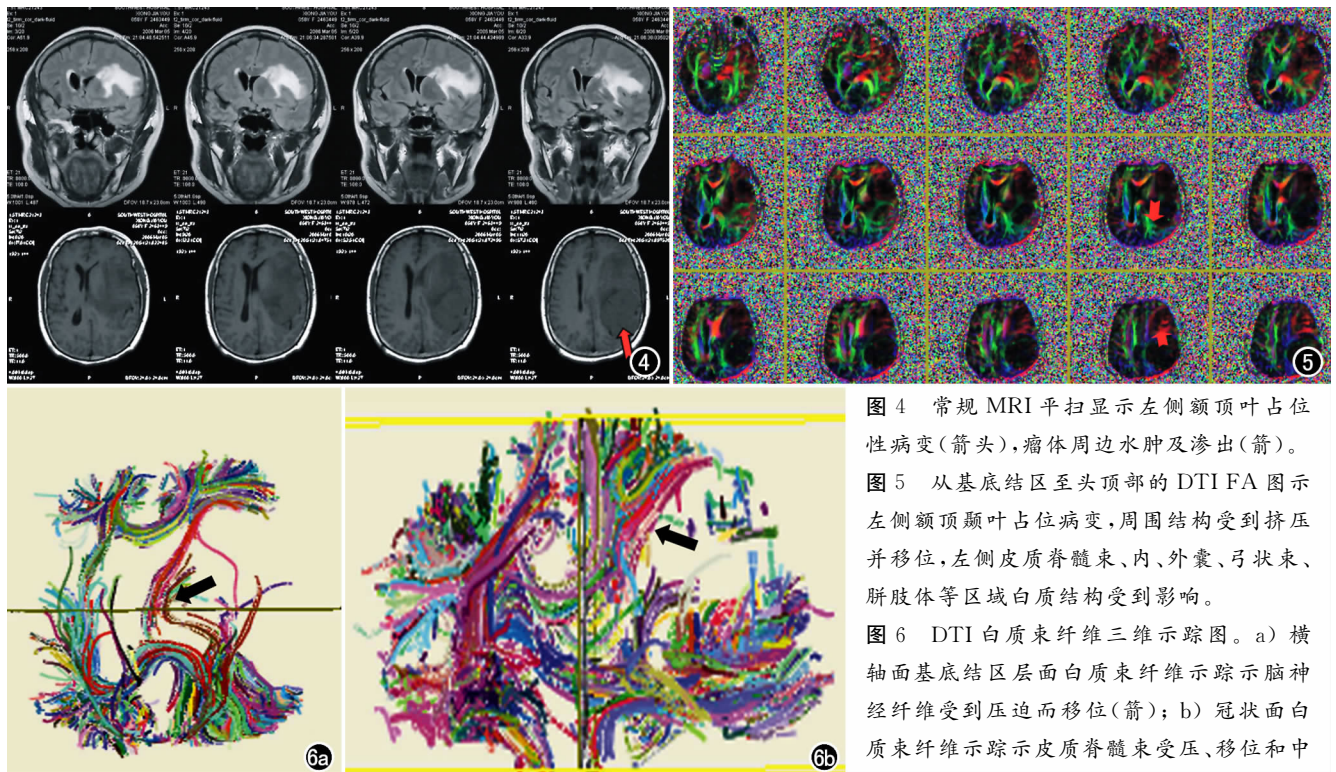


图 4 常规 MRI 平扫显示左侧额顶叶占位性病变(箭头),瘤体周边水肿及渗出(箭)。

图 5 从基底结区至头顶部的 DTI FA 图显示左侧额顶叶占位病变,周围结构受到挤压并移位,左侧皮质脊髓束、内、外囊、弓状束、胼胝体等区域白质结构受到影响。

图 6 DTI 白质束纤维三维示踪图。a) 横轴面基底结区层面白质束纤维示踪示脑神经纤维受到压迫而移位(箭); b) 冠状面白质束纤维示踪示皮质脊髓束受压、移位和中断(箭)。

究^[7]报道认为 DTI 有两个重要的作用,首先它有可能成为一种预判治疗效果的十分有效的技术。第二,它有望成为人们研究认知异常机制的工具。DTI 成像比 T_2 WI 能更好地反映与颅内病变引起的认知功能障碍,其研究结果证明白质束投射纤维的受损是导致认知功能障碍的重要机制^[8]。我们在实验中对 40 例实验对象均进行了 DTI 及兴趣区 FA 值的测量,通过对对照组的三维白质束纤维示踪图可以很好地观察大脑各区域皮质与白质的正常联结,测量正常组与肢体运动有关兴趣脑区的 FA 值,其结果与文献^[9]相符合。测量 20 例病变组患者的运动相关脑区病灶的 FA 值,发现各类病灶区域的 FA 值差异较大。主要由于各类型病变的组织成分不同,其病灶部分的 FA 值结果差异较大;胶质瘤和脑膜瘤等囊实性占位病变其 FA 值较对照组和其自身对侧大脑半球皮层降低,而 4 例颅内感染与正常组和患者对侧皮层比较也稍有下降,1 例血管畸形伴化脓性感染(脓肿)患者 FA 值升高。DTI 技术可以通过观察组织内水的扩散值探查到病变及其治疗后局部脑组织的及时变化,病变组的 DTI 结果清晰显示病变组内肿瘤患者因病变及占位导致皮质脊髓束等神经纤维受压、中断和破坏,出现肢体症状和肌力明显减低;所追踪到的 1 例胶质瘤患者,经手术治疗后,病灶压迫解除,肌力恢复正常,可见额顶叶病变对运动功能区的影响与白质束纤维的受侵也有关系,额顶叶病灶对脑白质传导束的影响也是引起肌力下降和肢体症状的部分原因,而各类病灶对白质束纤维的影响并不相同。国外研究者运用 DTI 技术比较了患者与正常人白质纤维传导方向的变化,结果显示与肿瘤相邻的正常神经纤维同样会出现走行方向上角度的变化^[10]。目前,DTI 在脑肿瘤诊断方面的研究并不十分成熟,其主要作用在于评价肿瘤与邻近白质纤维的空间解剖关系、白质纤维的受累情况等^[11,12]。

常规 MRI 能够准确地显示人体形态学的变化,而当前新的 MRI 技术则能够显示人体的生理及病理生理过程,能够提供动态和功能方面的信息。这项技术是一种无创的成像技术,能显示脑皮层的功能和白质束纤维联结的情况。这些技术在神经科学领域的广泛应用为活体脑神经元活动状态的研究提供了条件,有助于确定合理手术入路和选择恰当的切除范围^[13,14]。白质纤维示踪技术可在术前明确脑肿瘤与主要白质纤维束的关系。由于脑胶质瘤呈浸润性生长,分界不清,给手术带来一定的难度,通过三维白质束纤维示踪技术在术前展示大脑皮层的神经纤维联结形态及其与病灶周围的水肿关系,同时再进行运动任务的血氧水平

依赖脑功能成像,就可以完整地显示相关的运动皮层功能区、白质束纤维和病灶,特别是在病变一侧大脑半球中,因病灶及水肿的占位效应而分散、移位的运动皮层和皮质脊髓束等重要脑组织都能得到较好显示。

参考文献:

- [1] Chepuri NB, Yen YF, Burdette JH, et al. Diffusion Anisotropy in the Corpus Callosum[J]. AJNR, 2002, 123(5):803-808.
- [2] Shimony JS, McKinstry RC, Akbudak E, et al. Quantitative Diffusion Tensor Anisotropy Brain MR Imaging: Normative Human Data and Anatomic Analysis[J]. Radiology, 1999, 212(3):770-784.
- [3] Chepuri NB, Yen YF, Burdette JH, et al. Diffusion Anisotropy in the Corpus Callosum[J]. AJNR, 2002, 123(5):803-808.
- [4] Shimony JS, McKinstry RC, Akbudak E, et al. Quantitative Diffusion Tensor Anisotropy Brain MR Imaging: Normative Human Data and Anatomic Analysis[J]. Radiology, 1999, 212(3):770-784.
- [5] Ono J, Harada K, Mano T, et al. Differentiation of Dys and Demyelination Using Diffusion Anisotropy[J]. Pediatr Neurol, 1997, 16(1):63-66.
- [6] Lie C, Hirsch JG, Robmanith C. Clinicotopographical Correlation of Corticospinal Tract Stroke A Color Coded Diffusion Tensor Imaging Study[J]. Stroke, 2004, 35(1):86-93.
- [7] O'Sullivan M, Morris RG, et al. Diffusion Tensor MRI Correlates with Executive Dysfunction in Patients with Ischaemic Leukoaraiosis[J]. J Neurol Neurosurg Psychiatry, 2004, 75(2):441-447.
- [8] Yamauchi H, Fukuyama H, Ogawa M, et al. Callosal Atrophy in Patients with Lacunar Infarction and Extensive Leukoaraiosis. An Indicator of Cognitive Impairment[J]. Stroke, 1994, 25(9):1788-1793.
- [9] 宋建波, 刘起旺. 磁共振扩散张量成像对正常大脑白质纤维束构象的初步研究[J]. 实用医学影像杂志, 2005, 6(2):61-64.
- [10] Wiesmann UC, Symms MR, et al. Diffusion Tensor Imaging Demonstrates Deviation of Fibres in Normal Appearing White Matter Adjacent to a Brain Tumour[J]. Neurosurg Psychiatry, 2000, 68(9):501-503.
- [11] Chenevert TL, Stegman LD, Taylor JM, et al. Diffusion Magnetic Resonance Imaging: an Early Surrogate Marker of Therapeutic Efficacy in Brain Tumors[J]. J Natl Cancer Inst (Bethesda), 2000, 92(3):2029-2036.
- [12] Warach S, Chien D, Li W, et al. Fast Magnetic Resonance Diffusion-weighted Imaging of Acute Human Stroke[J]. Neurology, 1992, 42(9):1717-1723.
- [13] Yamada K, Kizu O, Mori S, et al. Brain Fiber Tracking with Clinically Feasible Diffusion-tensor MR Imaging: Initial Experience [J]. Radiology, 2003, 227(1):295-301.
- [14] Witwer BP, Moftakhar R, Hasan KM, et al. Diffusion Tensor Imaging of White Matter Tracts in Patients with Cerebral Neoplasms[J]. J Neuro Surg, 2002, 97(3):568-575.

(收稿日期:2007-01-26 修回日期:2007-03-10)