

· 论 著 ·

DTI 及重建技术在重型颅脑损伤预后评估中的作用

曹付强 扶 宇 王本瀚 姚安会 唐 斌 刘 伟 谢 爽 李经纶

【摘要】目的 通过磁共振弥散张量成像(DTI)以及弥散张量纤维束成像(DTT)分析中脑平面纤维束形态及可观测纤维束数量变化,预测重型颅脑损伤病人预后,为临床工作提供参考。**方法** 选择 13 例重型颅脑损伤,入院后予以磁共振平扫及 DTI 扫描,间隔 1~3 周后再次复查;对中脑平面纤维束进行重建并进行统计分析。**结果** 13 例出院后随访 3 个月~2 年;11 例 GCS 评分恢复较好,2 例长期昏迷。11 例恢复较好病人,入院时纤维束形态无法追踪、稀疏,随访时均有恢复;GCS 评分越高,纤维束形态越饱满、无明显缺失;末次随访时纤维束量明显升高($P<0.05$)。2 例长期昏迷病人纤维束形态随访期间与入院时相比无明显变化;可观测纤维束数量无明显变化,甚至有所下降。**结论** DTI 及重建技术可以用于重型颅脑损伤预后的评估,可观测纤维束数量,量化分析病人恢复情况,对临床有指导意义。

【关键词】 重型颅脑损伤;纤维束示踪技术;弥散张量成像;预后评估

【文章编号】 1009-153X(2020)10-0674-03 **【文献标志码】** A **【中国图书资料分类号】** R 651.1*5; R 445.2

Value of DTI and its reconstruction techniques in prognosis evaluation of patients with severe traumatic brain injury

CAO Fu-qiang, FU Yu, WANG Ben-han, YAO An-hui, TANG Bin, LIU Wei, XIE Shuang, LI Jing-lun. Department of Neurosurgery, The 988th Hospital of the Joint Logistics Support Force, PLA, Zhengzhou 450042, China

【Abstract】Objective To detect the changes in the fiber bundle morphology and the number of observable fiber bundles in the midbrain of patients with severe traumatic brain injury (TBI) by the diffusion tensor imaging (DTI) and diffusion tensor tractography (DTT) in order to assess the significance of DTI and its reconstruction techniques for the prognosis evaluation of patients. **Methods** The MRI and DTI were performed on 13 patients with severe TBI after admission, and re-examinations were performed 1~3 weeks later. The fiber tracts in the midbrain were reconstructed and statistically analyzed. **Results** The follow-up of 13 patients ranged from 3 months to 2 years. Eleven patients had good recovery of GCS score, and 2 were in long-term coma during the follow-up. Of 11 patients with good recovery, the morphology of the fiber bundles could not be tracked and sparse upon at admission, and all recovered during the follow-up; the higher of the GCS score, the fuller the fiber bundle morphology without obvious loss; the amount of fiber bundles was significantly increased at the last follow-up ($P<0.05$). Of 2 patients with long-term coma, the fiber bundle morphology had no significant change during the follow-up, and the number of observable fiber bundles did not change significantly ($P>0.05$). **Conclusions** DTI and its reconstruction techniques can be used to evaluate the prognosis of patients with severe TBI, and the statistics of the number of observable fiber bundles can be used as an indicator for quantitative analysis of the recovery of patients, which has guiding significance for clinical practice.

【Key words】 Severe traumatic brain injury; Diffusion tensor imaging; Diffusion tensor imaging; Prognosis evaluation

重型颅脑损伤(trumatic brain injury, TBI)病人的预后一直是临床关注的重点。本文通过磁共振弥散张量成像(diffusion tensor image, DTI)以及弥散张量纤维束成像(diffusion tensor tractography, DTT)分析中脑平面纤维束形态及可观测纤维束数量变化,预测重型TBI病人预后,为临床工作提供参考。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选择可接受磁共振扫描的 60 岁以下成年重型 TBI 共 13 例,其中男 11 例,女 2 例;年龄 26~59 岁;交通事故伤 5 例,高处坠落伤 6 例,不慎摔伤 2 例;减速性损伤 8 例,加速性损伤 3 例,剪切力损伤 2 例;入院时 GCS 评分 3 分 2 例,4~5 分 5 例,6~8 分 6 例。13 例均无基础疾病史,无重要器官功能障碍,无低氧血症。DTI 检查前均告知病人家属检查目的并签署知情同意书。

1.2 影像学检查 入院时均行 CT 检查,结合临床表现,诊断为弥漫性轴索伤 3 例,双侧额叶挫裂伤 2 例,多发脑挫裂伤 3 例,脑干损伤 2 例,硬膜下血肿伴脑

doi:10.13798/j.issn.1009-153X.2020.10.005

基金项目:中国人民解放军联勤保障部队面上项目(CJN16J004);河南省医学科技攻关计划联合共建项目(LHGJ20190871)

作者单位:450042 郑州,中国人民解放军联勤保障部队第 988 医院神经外科(曹付强、扶 宇、王本瀚、姚安会、唐 斌、刘 伟、谢 爽、李经纶)

通讯作者:李经纶, E-mail:lj1548@163.com

挫裂伤 3 例。

病情允许时,均采用德国西门子 3.0 T 超导 MRI 扫描仪,进行 MRI 平扫及 DTI 扫描,间隔 1~3 周再次复查,并根据恢复情况进行随访。扫描参数:层数 36,厚度 3.0 mm,层间距 0,视野 230×230 mm,TR=6000 ms,TE=103 ms,矩阵 154×192,相应部位傅里叶转换 6/8,方向数 12,b 值取 0 和 1500 s/mm²,全脑数据扫描层面。所有 DTI 扫描原始图像数据由 DICOME 格式转换为 NIFTI 格式,通过配准技术去除运动和形变所产生的偏差,计算中脑部分各向异性(fractional anisotropy,FA),使用 FSL 数据包对 FA 值、DTI 数据进行离线后处理。通过线形配准将原始扩散加权数据对齐,尽可能减少头动及涡流效应产生的数据偏差。将数据导入神经导航系统,选择中脑平面为感兴趣区域,设置不同 FA 值,以及需要追踪的纤维束长度,可三维重建纤维束形态,软件能分析通过感兴趣区域的纤维束数量,我们称之为可观测纤维束数量。经过试验,我们选择 FA 值为 0.2、0.4、0.6 时,分别设置需要追踪的最短纤维束长度为 20 mm、40 mm、60 mm,观察额桥束、皮质脑干束、皮质脊髓束、丘脑前辐射、丘脑后辐射的形态,测量中脑区域可观测纤维束数量,对结果进行统计分析。

1.3 治疗方法 入院时,有手术指征 9 例,行手术清除血肿,其中脑疝形成 5 例同时行去骨瓣减压术并置入颅内压监测探头。所有病人均给予预防感染、减轻脑水肿、维持水电解质平衡、营养神经等治疗。去骨瓣减压术后病情稳定及时行颅骨成形术,出现继发性脑积水 3 例行脑室-腹腔分流术。

1.4 统计学方法 用 SPSS 21.0 软件分析;计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,用 *t* 检验;以 *P*<0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 随访结果 13 例出院后随访 3 个月~2 年;11 例 GCS 评分恢复较好,其中 4 例恢复至 15 分,2 例恢复至 14 分,3 例恢复至 11 分,2 例恢复至 9 分;2 例长期昏迷,分别为脑干损伤和硬膜下血肿伴脑疝形成,恢复至 5 分,刺痛可睁眼,肢体呈过伸状。

2.2 DTI 成像结果 11 例恢复较好病人,入院时纤维束形态无法追踪、稀疏(图 1B),随访时均有恢复;GCS 评分越高,纤维束形态越饱满、无明显缺失(图 1A)。2 例长期昏迷病人纤维束形态随访期间与入院时相比无明显变化(图 1C)。

对于 11 例恢复较好病人可观测纤维束数量,FA=0.4 且纤维束长度为 60 mm,以及 FA=0.6 且纤维束长度为 20 mm,可观测纤维束数量均极少,无统计学差异(*P*>0.05);其他参数具有统计学差异(*P*<0.05),末次随访时,纤维束量均明显升高(*P*<0.05;表 1)。2 例长期昏迷病人可观测纤维束数量无明显变化,甚至有所下降(表 1)。

3 讨论

脑白质解剖学研究表明纤维总体积和长度随着年龄增长呈下降趋势^[1]。张玮等^[2]对 120 名 3 个月到 80 岁正常人群的皮质脊髓束纤维束行 DTI 研究发现,在大脑脚、内囊、半卵圆中心几个区域,18 岁以前白质纤维 FA 值呈逐渐增高趋势,ADC 值呈逐渐降低趋势;18 岁以后呈现为相反趋势。这与白质纤维轴突及周围髓鞘的完整性随年龄增长发生退行性变有关^[3]。因此,本文纳入研究病人均为 60 岁以下成年人,从而避免高龄纤维束退化造成的偏差。

表 1 13 例重型颅脑损伤病人中脑平面纤维束数量比较

病人	评估时间	FA0.2L20	FA0.2L40	FA0.2L60	FA0.4L20	FA0.4L40
11 例预后较好病人	入院时	13387±1256	10571±1181	5756±245	4034±236	915±153
	末次随访时	16845±1453*	12236±1312*	6935±227*	5026±247*	1562±172*
1 例长期昏迷病人	入院时	15486	11737	8228	2079	307
	末次随访时	15764	11532	8431	2078	297
另 1 例长期昏迷病人	入院时	15002	10885	4707	2783	1718
	末次随访时	15892	10381	4554	3187	1875

注:与入院时相应值比,**P*<0.05;FA:各向异性;FA0.2L20.FA 为 0.2、纤维束长度设置为 20 mm 时纤维束数量;FA0.2L40.FA 为 0.2、纤维束长度设置为 40 mm 时纤维束数量;FA0.2L60.FA 为 0.2、纤维束长度设置为 60 mm 时纤维束数量;FA0.4L20.FA 为 0.4、纤维束长度设置为 20 mm 时纤维束数量;FA0.4L40.FA 为 0.4、纤维束长度设置为 40 mm 时纤维束数量

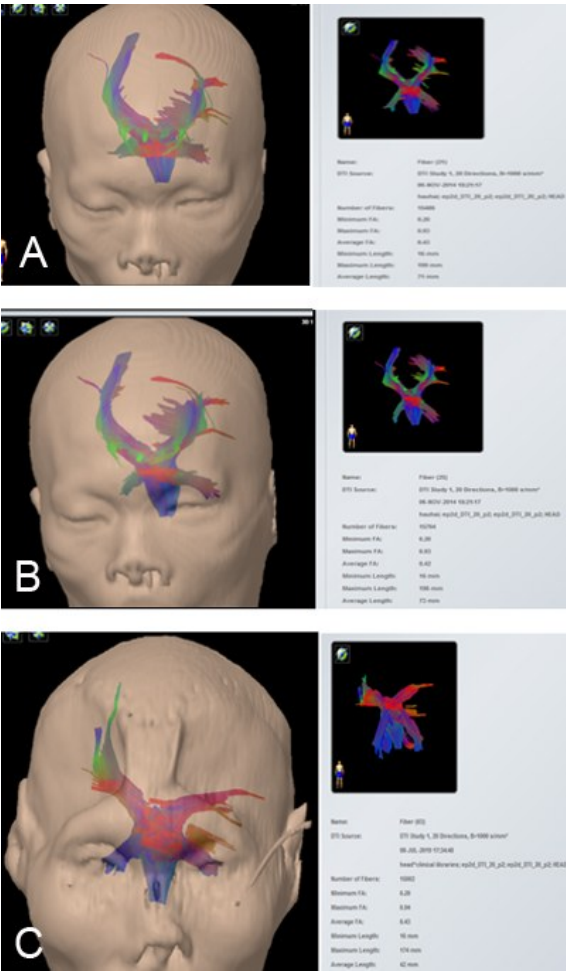


图1 颅脑损伤病人磁共振弥散张量纤维束成像显示形态及数量变化
A. GCS评分13分; B. GCS评分7分; C. GCS评分3分

网状上行激活系统连接丘脑、大脑皮层,与维持人的觉醒有关^[4]。这些纤维束均通过中脑平面向上投射,而大脑皮层的下行纤维也经过中脑向下传导,此部位解剖结构上相对孤立,所以为了统计分析的一致性,我们选择中脑平面为感兴趣区域。人的高级智能活动与脑多个区域的协同作用有关^[5],较为复杂,因此未将高级智能活动列为研究的参数。

重型TBI病人在昏迷阶段,以前多采用脑干听觉诱发电位和体感诱发电位评估预后。DTI技术出现后,逐渐应用于TBI的研究^[6],通过测量平均弥散率、纤维束量以及FA值进行评估,并通过DTT观察感兴趣区纤维束形态恢复情况判断预后。张晓峰等^[7]通过DTI及DTT分析TBI昏迷病人上行网状激活系统,发现纤维束量更能反应病人3个月预后。

TBI病人存在后遗症的原因是神经元损伤后死亡,引起树突、轴突的崩解,导致脑网络结构破坏,引起区域之间信息交换障碍^[8]。我们通过DTI技术示

踪TBI病人中脑平面纤维束,发现纤维束形态和数量的恢复与预后呈正相关,昏迷病人的纤维束形态和数量无明显变化,这对临床工作有指导意义。脑皮层神经元细胞大约有1 000亿个,目前受磁共振场强、软件分析能力的影响,可观测纤维束数量尚不能完全反应细微结构的损伤,但仍能够了解感兴趣区纤维束受损的程度及恢复情况。

总之,DTI技术能够直观并量化了解TBI程度及恢复情况,并可以与电生理监测和炎症因子测量^[9]等多种方法联合应用,更好地实现对临床治疗的指导和反馈。

【参考文献】

[1]

Tang Y, Whitman GT, Lopez I, *et al.* Brain volume changes on longitudinal magnetic resonance imaging in normal older people [J]. *J Neuroimaging*, 2001, 11(4): 393-400.

[2]

张 玮,余庆华,林圣美,等. DTI检测正常人皮质脊髓束发育规律[J]. *中国医学影像技术*, 2014, 30(11): 1628-1631.

[3]

Song Sk, Sum SW, Ju WK, *et al.* Diffusion tensor imaging detects and differentiates axon and myelin degeneration in mouse optic nerve after retinal ischemia [J]. *Neuroimage*, 2003, 20(3): 1714-1722.

[4]

Jang SH, Chang CH, Jung YJ, *et al.* Change of ascending reticular activating system with recovery from vegetative state to minimally conscious state in a stroke patient [J]. *Medicine*, 2016, 95(49): e5234.

[5]

Yu C, Li J, Liu Y, *et al.* White matter tract integrity and intelligence in patients with mental retardation and healthy adults [J]. *Neuroimage*, 2008, 40(4): 1533-1541.

[6]

张一帆,张国来. 弥漫性轴索损伤影像学诊断的研究进展[J]. *中国临床神经外科杂志*, 2016, 21(7): 442-444.

[7]

张晓峰,张明文,于志虎,等. 弥散张量成像在TBI昏迷病人中的应用[J]. *国际神经病学神经外科学杂志*, 2019, 46(1): 31-35.

[8]

Achard S, Bullmore E. Efficiency and cost of economical brain functional networks [J]. *PLoS Comput Biol*, 2007, 3: e17.

[9]

Dash PK, Zhao J, Hergenrooder G, *et al.* Biomarkers for the diagnosis, prognosis, and evaluation of treatment efficacy for traumatic brain injury [J]. *Neurotherapeutics*, 2010, 7: 100.

(2020-06-27收稿,2020-08-03修回)