

磁共振扩散张量成像在中枢神经系统的应用

毛青 综述 包颜明, 田伟 审核

【中图分类号】R445.2 【文献标识码】A 【文章编号】1000-0313(2005)04-0368-03

DTI 在中枢神经系统中的应用

扩散成像利用脑实质中水扩散的各向异性,是一种真正意义的定量成像方法,DTI 为准确反映包括脑白质纤维在内的中枢神经系统研究提供可能。DTI 相关概念,扩散系数(diffusion coefficient, DC):表示单位时间内分子自由扩散的范围;扩散敏感因子 b 值(b value)是反映 MRI 各成像序列(如 SE、FE、EPI)对扩散运动表现的敏感程度,体现成像序列检测扩散的能力;用表观扩散系数(apparent diffusion coefficient, ADC)描述磁共振扩散加权成像中不同方面水分子扩散运动的速度和范围;各向异性(anisotropic)体现局部环境的影响使扩散运动在各个方向不一致的特性,如白质纤维中水分子在平行于白质纤维方向时易于扩散,垂直于纤维方向时扩散受限,包括相对各向异性(relative anisotropy, RA)和部分各向异性(fractional anisotropy, FA)及容积比(volume rate, VR)。

1. 正常脑白质纤维

2001 年,国外已获得了正常脑干的白质纤维的 DTI 图像^[1],并认为 DTI 重建的白质纤维完全符合现有的脑干解剖学认识。近年,有关高龄人群脑白质表现的成为人们研究的热点。健康老年人与青年人脑白质纤维的 DTI 对照研究,结果表明,正常人脑白质(如脑室旁白质、额叶白质、胼胝体膝部和压部)的 RA 值老年人组明显低于青年人组,老年人组平均扩散率高于青年人^[2]。对于正常胼胝体各向异性的研究,Chapur^[3]发现胼胝体各部分 FA 并不均匀一致,胼胝体后部高于前部,其中压部的各向异性最高,膝部最低。

2. 脑白质纤维病变

借助于对白质纤维的显示,DTI 应用于越来越多的脑白质有关病变,如癫痫、多发性硬化、Alzheimer 病等。

癫痫:长期以来,常规 MRI 检查对原发癫痫的诊断能力尚低,DTI 应用临床使磁共振在该领域的研究实现质的飞跃。Arfanakis 等^[4]研究颞叶癫痫(TLE)发现,颞叶白质纤维的扩散各向异性明显低于健康组,在垂直于神经轴突方向扩散各向异性增加;但是,扩散值并无明显差异,提示癫痫发生对白质纤维中水分子扩散的影响。对于 TLE 海马结构的研究也有新发现^[5],患者海马周围白质纤维 FA 值相对减少,扩散值增加,说明 DTI 能发现常规 MR 难以明确的 TLE 白质改变。难治性癫痫的手术病理与 DTI 表现对照发现,在扩散现象明显异常的部位神经细胞明显增多且排列紊乱^[6]。临床上难治性癫痫患者时常发生语言功能障碍,Brüllmann 等^[7]结合功能磁共振

(functional MRI, fMRI)语言中枢检查,观察额叶、颞叶、顶叶白质纤维的扩散异常,计算患者语言功能与 DTI 的不对称指数(asymmetry index, AI)以及偏侧语言指数(lateralization index-language, LI)(LI 小于 0.4 即可诊断为偏侧语言),结果证明 2 例(2/9)患者可诊断为偏侧语言($r=0.8, P=0.006$)。在 13 例癫痫患者中 4 例证实为桥脑小脑萎缩,9 例接受苯妥英钠类药物(PHT)治疗,所有 PHT 使用患者仅在小脑白质区出现 FA 值减低,而发生小脑萎缩患者的 FA 值减低区主要发生在小脑脚、桥脑连接纤维和小脑内白质区,提示使用 PHT 可能与癫痫患者发生小脑萎缩有关^[8]。由此可见,DTI 对癫痫辅助诊断、临床分类和疗效分析已获得突破性进展并具备广阔的发展前景。

多发性硬化(multiple sclerosis, MS):是最常见的一种脱髓鞘疾病,DTI 可以充分显示神经纤维脱髓鞘后扩散各向异性的异常,为临床诊断提供更加充足的影像学信息。Mara 等^[9]对 78 例 MS 研究发现,FA 值不仅对 MS 的定性诊断有价值,而且对于复发—缓解型(recurrence-remission multiple sclerosis, RRMS)和继发—进展型(secondary-progress multiple sclerosis, SPMS)的分期和评价病情进展有一定意义。还有学者^[10]认为 FA 值在 MS 病变中的变化尤其是在常规 MR 白质纤维表现正常(NAWM)的情况下,常常忽视了体素相干性(inter-voxel coherence, C)的作用,78 例 NAWM 的 MS 患者 C 值低于对照组,同时 SPMS 的 FA 值和 C 值均高于 RRMS 和首次发作型(primary paroxysm multiple sclerosis, PPMS),提示对于不同类型和不同时期的 MS 的诊断, C 值有重要意义。Barboriak^[11]探讨 RRMS 与 NAWM 的关系,将 28 例早期 RRMS(平均发病 1.6 年,扩展残疾等级评分 EDSS=1.5)与健康组对照,结果发现 FA 峰值的升高与年龄、性别以及脑实质容积(BVP)相关($P=0.02$),提示 FA 峰值增加与 NAWM 的 MS 早期发病直接相关。

Alzheimer 病:又称之为弥漫性大脑萎缩,常规 MRI 和 CT 表现为全脑性萎缩或特异性脑萎缩,病理学除提示脑白质纤维发生病变外,对其病理生理学机制并不完全清楚。Bozzali 等^[12]对比 10 例 Alzheimer 病患者和 10 例健康者发现,患者额叶、颞叶、顶叶白质 FA 值低于对照组,而内囊周围和枕叶白质的 FA 值无显著差异,提示 Alzheimer 病白质纤维的扩散性质异常可能是枕叶皮质区神经元丢失而致纤维束发生 Wallerian 变性所致。Yoshirua 等^[13]研究 34 例 Alzheimer 病患者三个重要扩散参数(扩散值、FA、本征向量值 λ)发现,扩散值和 λ 大小与精神状态检查积分(mini-mental state examination, MMSE)相关,但是 FA 值与 MMSE 相关程度不高。

精神分裂症和孤僻症:DTI 可以证实传统 MR 很难发现的

作者单位:650032 昆明,昆明医学院第一附属医院 MR 室

作者简介:毛青(1978—),男,河南人,硕士研究生,主要从事中枢神经系统疾病的影像诊断工作。

白质纤维完整性缺失, Kubicki 等^[14]对慢性精神分裂症患者研究发现, 病变组额颞叶连接区白质纤维明显缺乏正常的白质不对称, 即左侧额颞叶连接区白质各向异性优于对侧; 胼胝体压部扩散率显著增高, 但 FA 值较正常人低; 扣带前回的 FA 值明显减低, 与其它脑回的改变存在显著差异。所以, DTI 对于精神分裂症的诊断和预后评价具有较为重要的意义。

以往对孤僻症的认识只局限在精神内科领域, 7 例男性青年孤僻症患者与 9 例健康(相同年龄、智商、性别)对比 DTI 发现, 患者组双侧额颞叶连接处白质纤维均出现 FA 值减低, 额枕叶连接白质和杏仁核周围白质也有 FA 值减低发生^[15]。

脑外伤、梗死和肿瘤: 常规影像学检查手段如 CT 和 MRI 对脑外伤的检查有不可替代的作用, 但对于一些闭合性头外伤引起的颅内微环境的变化(如神经元水肿、萎缩或传导纤维微损伤等), 传统影像检查较局限。有学者认为 ADC 能够证明脑外伤后并发局部缺血白质改变较灰质更突出, 而且 D 值与缺血后不同时期白质变化十分密切^[16]。弥漫性轴索损伤患者早期病变区结构扩散各向异性较健侧轴索显著减低^[17]。所以, DTI 可以作为一种良好的补充检查手段对某些脑外伤患者提供更加完整的影像学信息。

Inoue 等^[18]对后来手术证实为大脑中动脉闭塞或狭窄的 33 例患者行术前 DTI 检查, 发现血管梗死区 FA 值明显低于健侧, 术后 DTI 复查发现上述血管梗死区已经 FA 值出现明显回升。常规 MR 很对发生在小脑白质或锥体束等部位的梗死定位较困难, 彩色信号扩散张量(color-coded DTI, CDTI)被用来观察皮质脊髓束走行, 同时结合 T₂WI、扩散加权成像(diffusion weighted image, DWI), 对发生在小脑白质或锥体束的病灶更加突出, 梗死区 D 值增高, 各向异性减低^[19]。

目前, DTI 在脑肿瘤方面的研究并不十分成熟, 有助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以及对制订手术计划有很大帮助。一组(31 例)幕上星型细胞瘤术前 DTI 发现, 所有肿瘤的 FA 值均小于正常对照组, 肿瘤内细胞质和异常脉管结构与 FA 值降低密切相关($r=0.65$, $P<0.05$; $r=0.45$, $P<0.05$)^[20]。

酒精和 HIV 病毒引起的脑改变: Pfefferbanm^[21]对 12 例长期酗酒女性行 DTI 研究, 对照组分为两组(6 例酗酒男性组和 18 例健康对照组), 结果发现女性组胼胝体膝部和半卵圆中心的 FA 值和 C 值均低于健康对照组, 男性酗酒组对比女性组发现半卵圆中心的 C 值不一致, 前者多表现为 FA 和 C 值更低。

视器和视神经: 一组 13~86 岁年龄组接受 DTI 晶状体研究发现, 晶状体内水分子运动呈高度各向异性, 尤其在晶体中心区域更加明显, 同时可以发现这种情况在老花眼和远视眼人的晶状体内更加突出^[22]。视网膜贫血也往往造成视神经的轴突变性, 有学者对此发现发生病变的视神经轴突的扩散本征向量值 λ 减低^[23]。

其它: Fillppi 等^[24]对比 20 例临床确诊为脑发育迟缓的 NAWM 患儿和 10 例正常幼儿脑 DTI 指标, 病变组所有脑白质纤维束均出现各向异性减低。一些染色体异常所致的神经系统病变如腭帆-心-面综合征(velocardiofacial syndrome, VCFS),

患者整个白质纤维容积减小, 各向异性减低, 尤其以额、顶、颞叶的白质和额颞叶连接白质改变明显^[25]。

目前来说, DTI 是描绘白质纤维结构的最新的一种影像学手段, 它能够从若干特征性参数变化反应中枢神经系统正常或者异常改变, 尤其在神经、精神科领域为医学影像学研究开辟了更广阔的发展空间, 另外 DTI 与其它先进的影像技术结合, 势必为带来中枢神经系统影像学更广阔的发展空间。

参考文献:

- [1] Stieltjes B, Kaufmann WE, Van-ZPC, et al. Diffusion Tensor Imaging and Axonal Tracking in the Human Brainstem[J]. Neuroimage, 2001, 14(3): 723-735.
- [2] O'Sullivan M, Jones DK, Summers PE, et al. Evidence for Cortical "Disconnection" as a Mechanism of Age-Related Cognitive Decline[J]. Neurology, 2001, 57(4): 632-638.
- [3] Chepuri NB, Yen YF, Burdette JH, et al. Diffusion Anisotropy in the Corpus Callosum[J]. AJNR, 2002, 23(5): 803-808.
- [4] Arfanakis K, Hermann BP, Rogers BP, et al. Diffusion Tensor MRI in Temporal Lobe Epilepsy[J]. Magn Reson Imaging, 2002, 20(7): 511-519.
- [5] Rugg G, Eriksson SH, Symms MR, et al. Diffusion Tensor Imaging of Cryptogenic and Acquired Partial Epilepsies[J]. Brain, 2001, 124(5): 627-663.
- [6] Rugg G, Eriksson SH, Symms MR, et al. Diffusion Tensor Imaging in Refractory Epilepsy[J]. Lancet, 2002, 359(9319): 1748-1751.
- [7] Briellmann RS, Mitchell LA, Waites AB, et al. Correlation Between Language Organization and Diffusion Tensor Abnormalities in Refractory Partial Epilepsy[J]. Epilepsia, 2003, 44(12): 1541-1545.
- [8] Lee SK, Mori S, Kim DJ, et al. Diffusion Tensor MRI and Fiber Tractography of Cerebellar Atrophy in Phenytoin Users[J]. Epilepsia, 2003, 44(12): 1536-1540.
- [9] Mara C, Matidlde L, Elisabtta F, et al. Mean Diffusivity and Fractional Anisotropy Histograms of Patients with Multiple Sclerosis[J]. AJNR, 2001, 22(5): 952-958.
- [10] Cercignani M, Bozzali M, Iannucci G, et al. Intra-Voxel and Inter-Voxel Coherence in Patients with Multiple Sclerosis Assessed Using Diffusion Tensor MRI[J]. J Neurol, 2002, 249(7): 875-883.
- [11] Barboriak DP. Imaging of Brain Tumors with Diffusion-Weighted and Diffusion Tensor MR Imaging[J]. Magn Reson Imaging Clin N Am, 2003, 11(3): 379-401.
- [12] Bozzali M, Falini A, Franceschi M, et al. White Matter Damage in Alzheimer's Disease Assessed in Vivo Using Diffusion Tensor Magnetic Resonance Imaging[J]. J Neurol Neurosurg Psychiatry, 2002, 72(6): 742-746.
- [13] Yoshirua T, Mihara F, Ogomori K, et al. Diffusion Tensor in Posterior Cingulate Gyrus: Correlation with Cognitive Decline in Alzheimer's Disease[J]. Neuroreport, 2002, 13(17): 2299-2302.
- [14] Kubicki M, Westin CF, Maier SE, et al. Uncinate Fasciculus Findings in Schizophrenia: a Magnetic Resonance Diffusion Tensor Imaging Study[J]. Am J Psychiatry, 2002, 159(5): 813-820.
- [15] Goral BN, Kwon H, Menon V, et al. White Matter Structure in Autism: Preliminary Evidence from Diffusion Tensor Imaging

- [J]. Biol Psychiatry, 2004, 55(3): 323-326.
- [16] Sotak CH. The Role of Diffusion Tensor Imaging in the Evaluation of Ischemic Brain Injury-a Review[J]. NMR Biomed, 2002, 15(7-8): 561-569.
- [17] Arfanakis K, Haughton VM, Carew JD, et al. Diffusion Tensor MR Imaging in Diffuse Axonal Injury[J]. AJNR, 2002, 23(5): 794-802.
- [18] Inoue T, Ogasawara K, Konno H, et al. Diffusion Tensor Imaging in Patients with Major Cerebral Artery Occlusive Disease[J]. Neurol Med Chir (Tokyo), 2003, 43(9): 421-426.
- [19] Lie C, Hirsch JG, Rossmanith C, et al. Clinicotopographical Correlation of Corticospinal Tract Stroke: a Color-Coded Diffusion Tensor Imaging Study[J]. Stroke, 2004, 35(1): 86-92.
- [20] 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.
- [21] Pfefferbaum A, Sullivan EV. Microstructural but not Macrostructural Disruption of White Matter in Women with Chronic Alcoholism[J]. Neuroimage, 2002, 15(3): 708-718.
- [22] Moffat BA, Pope JM. Anisotropic Water Transport in the Human Eye Lens Studied by Diffusion Tensor NMR Micro-Imaging[J]. Exp Eye Res, 2002, 74(6): 677-687.
- [23] Song SK, Sun 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.
- [24] Filippi CG, Lin DD, Tsiouris AJ, et al. Diffusion Tensor MR Imaging in Children with Developmental Delay: Preliminary Findings[J]. Radiology, 2003, 229(1): 44-50.
- [25] Barnea GN, Menon V, Krasnow B, et al. Investigation of White Matter Structure in Velocardiofacial Syndrome: a Diffusion Tensor Imaging Study[J]. Am J Psychiatry, 2003, 160(10): 1863-1869.

(收稿日期: 2004-03-23 修回日期: 2004-06-28)

• 病例报道 •

右第八肋骨海绵状血管瘤一例

段君华, 裴文楠

【中图分类号】R814.42; R738.1; R816.8 【文献标识码】D 【文章编号】1000-0313(2005)04-0370-01

病例资料 患者, 女, 60 岁。无咳嗽、咳血、咳痰及其它胸部不适等症状。因化脓性胆管炎术前体验胸透发现“右下肺块影”。查体胸部无阳性体征。

胸部 X 线检查: 示右第 8 后肋呈梭形膨胀性骨质破坏, 病变周围无骨皮质包绕, 其内密度不均, 残留有少量粗细不规则的骨小梁, 病变两端肋骨呈喇叭状。病灶向肺野内突起(图 1)。CT 扫描: 右第 8 后肋局部膨大, 有骨质破坏, 病灶向肺野内突起, 大小为 5.6 cm × 5.6 cm, 其内密度不均, 有粗条状及网状钙化, 右下肺局部受压, 其周围胸壁脂肪间隙清晰。诊断: 右第 8 肋骨良性肿瘤(图 2)。

手术及病理: 肿瘤位于右胸第 8 后肋, 质硬如骨, 6 cm × 6 cm × 5 cm 大小; 肿瘤 80% 体积部分突向胸膜腔, 局部胸膜增厚; 肿瘤表面包膜血管扩张, 血供丰富, 及易出血。肿瘤呈暗红色。病理示有大量增生的毛细血管和扩张的血窦。病理诊断: 右第 8 肋骨海绵状血管瘤(图 3)。

讨论 骨血管瘤是一种较少见的良性肿瘤, 国内统计约占全部良性肿瘤的 2.6%^[1]。病理上可分为海绵状血管瘤和毛细血管瘤。好发于脊椎、颅骨、长骨及其它扁骨。任何年龄均可发病, 以成年人多见。临床表现无特殊, 一般多无症状而被偶然发现。骨海绵状血管瘤 X 线表现为肿块, 其边缘因有包膜而表现为光整锐利, 呈膨胀性生长, 其内可残留有数量不等、粗细不



图 1 胸部侧位片示右第 8 后肋有一类圆形块影(箭), 边缘光滑锐利, 密度不均匀, 有钙化影。

图 2 CT 平扫示右第 8 后肋局部膨大, 呈类圆形(箭), 有大量不规则钙化影。

图 3 病理镜下见大量囊性扩张的毛细血管。

均的骨小梁组织, 病变内可发生钙化, 钙化表现在 CT 中可清晰显示。本例骨海绵状血管瘤位于右第 8 肋骨, 临床比较少见。X 线平片及 CT 均显示病变明显向肺野内突出, 病变呈明显的膨胀性破坏改变, 患者因患有化脓性胆管炎, 故临床易误诊为胸壁脓肿, 确诊需依赖手术及病理活检。

参考文献:

- [1] 曹来宾. 实用骨关节影像诊断学[M]. 济南: 山东科学技术出版社, 1998. 385.

(收稿日期: 2004-04-15 修回日期: 2004-08-12)

作者单位: 400014 重庆, 市急救医疗中心放射科

作者简介: 段君华(1963—), 男, 四川青神人, 副主任医师, 主要从事影像诊断及介入治疗工作。