

弥散张量成像及皮质脊髓束示踪技术在基底节区出血的临床应用进展

张尚明 综述 刘海兵 魏梁锋 王守森 审校

【关键词】基底节区出血;弥散张量成像;纤维束示踪;皮质纤维束  
【文章编号】1009-153X(2019)09-0573-03 【文献标志码】A 【中国图书资料分类号】R 743.34; R 445.2

随着 MRI 技术的发展,弥散张量成像(diffusion tensor imaging, DTI)在中枢神经系统疾病中得到广泛应用,不仅可以通过多个数据参数进行量化评估各疾病相关纤维束的损伤类型和预后;还可通过纤维束示踪技术(diffusion tensor tracking, DTT)在活体上以三维形式显示白质纤维束的空间走行,用于指导手术,以更好地保护重要纤维束。基底节区出血以皮质脊髓束(corticospinal tract, CST)损伤引起偏瘫等为主要临床表现。近年来,基于 DTI 技术对 CST 进行定量、定性的研究逐渐增多,意在提高临床干预能力以及预测病情转归。本文就该技术在基底节区出血的应用进展进行综述。

1 常用评估 CST 的 DTI 参数

DTI 定量研究最主要的参数是各向异性分数(fractional anisotropy, FA)。CST 在血肿的直接压迫和继发损害下发生典型的华勒变性,FA 值对于这种变化极为敏感,可对神经束的微观结构进行定量观察,反映白质纤维的完整性<sup>[1]</sup>。为提高评估和预测病程进展情况,FA 值需要参考正常组织数值。非基底节区出血人群数值和病变对侧数值可作为较好的对比指标,但仍有不足之处,如非基底节区出血人群存在变异和原发疾病干扰等,病灶对侧无法排除疾病进展过程中同时受影响。CST 病灶侧与对侧 FA 比率(ratio of FA, rFA)是目前应用较为广泛的指标,可揭示 CST 微观结构的改变,结合神经学量表如美国国立卫生研究院卒中量表(National Institutes of Health stroke scale, NIHSS)评分、改良 Rankin 量表评分等可对病人运动功能及康复情况进行有效评估。

为更直观地了解 CST 损伤情况,在薄层 DTI 影像中选取两个及以上感兴趣区域(regions of interest, ROI),多为中央前回、内囊后肢和桥脑基底部,以 FA 值为基础利用影像计算软件(如 dTV II)可对 CST 进行 DTT,通过将不同颜色的 CST 走行图与解剖图像融合,可更直观的显示 CST 的空间位置和边界,明确神经纤维与周围毗邻解剖的关系,有利于术前规划和评估手术疗效<sup>[2]</sup>。重建颅神经与肿瘤组织的关系,利于术中保护这些神经纤维,但目前 DTI 及算法仍存在局限性,尤其是在病理条件下,FA 值受组织水肿、移位、侵袭以及 ROI 选取等多因素影响,重建后结果可能存在差异。

2 基底节区出血后 CST 损伤的评估和康复预测

2.1 DTT 半定量应用 DTT 影像立体直观,为 CST 损伤的直接评估带来优势。Jung 和 Jang<sup>[3]</sup>通过 DTT 空间构图将 CST 损伤分为完整、部分中断和全部中断,CST 完整者临床肢体运动障碍相对轻,恢复快且良好;而完全中断者运动障碍程度较重,恢复慢而困难。然而,这些构建的纤维束并不是真正解剖意义的纤维数量,只能反映特定空间内的相对数量。李静等<sup>[4]</sup>提出将 CST 相对剩余目数以受累程度(invovement scale, IS)对 CST 损伤等级行半定量划分,IS 值与 6 个月后 Fugl-Meyer 评分存在较高的相关性。相对剩余 CST 目数对于预判急性期病人 CST 损伤状况和运动功能恢复的精度有所提高,但并不能精确定量 CST 损伤的数量,只能算半定量评估。还有学者将 DTT 结合病理类型进一步划分,将水肿、移位等因素加入分型,联合 FA 值阐明基底节出血后 CST 损伤的内在变化规律,提高了半定量评估急性期 CST 损伤和运动功能转归的准确性<sup>[5,6]</sup>。

2.2 定量 FA 指标的 ROI 选取 基底节区出血可破坏 CST 的完整性,通过对受损区域和受损以下区域的

doi:10.13798/j.issn.1009-153X.2019.09.023  
作者单位:350025 福州,中国人民解放军联勤保障部队第 900 医院神经外科(张尚明、刘海兵、魏梁锋、王守森)

FA 值进行定量可描述其完整性。有学者通过对血肿周围内囊区的 CST 计算 rFA, 认为内囊区 rFA>0.8 的病人 3 个月后运动功能恢复最好<sup>[7,8]</sup>。Kusano 等<sup>[9]</sup>对比大脑脚和桥脑区域 rFA, 当比值<0.85 则预示病人肢体运动功能恢复较差。Jang 和 Kwon<sup>[10]</sup>将 ROI 定位在红核区域, 发现患侧 FA 值不仅减小, 且对侧 FA 值有增加, 肢体肌力的远期恢复与 ROI 选取有高度相关性。目前, 一般认为因内囊受损区受血肿和继发水肿等多方面因素干扰, 大脑脚或脑桥区等 CST 远端 FA 的取值则更为客观, 且通过对大脑脚或脑桥区多个 ROI 数值统计还可将人为任意因素控制在一定的量化范围, 可减少误差。

**2.3 定量 FA 指标的时间节点选取** FA 值时间节点的选取根据疾病进展分为急性期、亚急性期和慢性期。Kuzu 等<sup>[11]</sup>认为发病 3 d 内急性期 FA 值可预测神经功能的康复情况, 若在超早期血管性水肿之前 FA 值和运动功能的关系可更为密切, 但实际并不能完成。Puig 等<sup>[12]</sup>比较发病 12 h、3 d 及 1 个月 FA 值与 NIHSS 评分, 认为 12 h 内 FA 值对于评估运动功能恢复最为有效, 但急性期内病人往往不能配合长时间的 MRI 检查, 尤其是重症病人, 并且 FA 值受急性期血肿、水肿等影响较大, 临床实用意义不大。Wang 等<sup>[13]</sup>认为 2 周后病灶侧 FA 值显著低于对侧, 比 3 d 内 FA 值更能预测预后。目前, 多采用 2 周后 rFA 值以避免水肿期进行肢体运动功能评估, 并在手术和非手术病人中得到有效证实。因此, 慢性期 CST 得以修复重塑, 其 ROI FA 值对于预测肢体运动康复情况有局限性, 但对比先前数值或正常人群数值可反映病情恢复的速度及疗效。

### 3 DTT 对基底节区出血手术的评价和指导

**3.1 评价手术效果** 手术清除血肿是治疗基底节区出血的重要手段。传统观念认为应在血肿距离皮层最近的通道操作, 但出血后 CST 常受压移位, 避开纤维束的手术通道可减少医源性损伤的几率, 提高手术效果。Heish 等<sup>[14]</sup>报道 1 例应用 DTT 指导基底节区出血手术, 认为可对损伤的 CST 提供有效保护, 提高运动能力评分。Wu 等<sup>[15]</sup>通过入院时 DTT 结合常规解剖图对丘脑出血进行微创手术, 术后 2 周再次行 DTT 检查, 发现相对剩余 CST 数较入院时有所增加, 肢体肌力和 NIHSS 评分也显著提高。Lee 等<sup>[16]</sup>在中等量(20~40 ml)桥壳出血手术中证实 DTT 对于 CST 纤维束的恢复有利, 且在手术干预方面有积极作用, 可加快病人运动功能康复。近几年, 有国内学者也

进行了相关研究, 认为基于 DTT 的合理微创手术有助于 CST 的保护。夏鹰等<sup>[17]</sup>认为 CST 损伤 1~3 级病例早期微创手术有利于改善预后, 为术前预判和手术方案提出分类方法, 以期个体化治疗。潘旭炎等<sup>[18]</sup>比较软管置入与开颅手术, 发现术后 2 周和 6 个月相对剩余 CST 数均优于术前, 软管置入优于开颅手术。

**3.2 多技术融合对手术的指导** 基于 DTT 的微创手术能尽可能避开 CST 并加以保护, 为手术微创治疗提供更为客观的参考标准, 对于围手术期制定诊疗方案起到积极的作用。但 DTT 在基底节区出血手术入路中的应用主要集中在手术效果的预测和远期预后的评估, 而具体到如何进行指导手术并保护 CST 的文献甚少。近来, 有血肿将其与神经导航技术相融合。Cho 等<sup>[19]</sup>将 123 例脑肿瘤病人的单一或多组纤维束 DTT 导入神经导航系统, 用于术中指导肿瘤切除, 降低了肿瘤残余率, 减轻了术后神经功能恶化, 证实 DTT 功能导航可以最大限度的切除脑肿瘤, 但仍有其局限, 如纤维束的移位等。Roh 等<sup>[20]</sup>在靠近 CST 的囊性肿瘤上应用 DTT 分析肿瘤边缘与 CST 的距离, 并将数据导入神经导航系统, 在引导下开颅抽吸囊液并切除肿瘤, 降低了 CST 等重要结构损伤的风险, 更新了囊性肿瘤根治性手术的概念。然而, DTT 融合神经导航技术主要应用于颅内肿瘤, 绝大多数学者认为术中可清晰显示肿瘤与纤维束的比邻关系, 有利于病灶的切除, 并降低纤维束的医源性损伤几率, 尚未见基底节区出血手术的应用报道, 这可能与术前病人难于配合长时间检查和各研究中心的病种量有关。

### 4 不足与展望

DTI 和 DTT 能在术前对 CST 损伤进行评估, 并指导手术清除血肿, 能半定量预测远期肢体肌力康复情况, 在临床应用中越来越广泛, 但仍有不足之处, 如 FA 算法存在人为选择局限, 且受多种因素影响, 如血肿周围水肿及移位等; 重建 CST 降低了精确度, 与实际解剖仍有较大差距; 基底节区出血不仅破坏了 CST 的完整性, 对皮层下核团亦有破坏如尾状核、壳核、丘脑核等, 这些核团在康复过程中同样重要, 但该技术并不能显示这些核团受破坏和侵蚀的程度。相信随着研究的深入, 该技术不仅能提高对基底节区出血病理生理过程和治疗方向的认识, 也能够结合其他技术如神经导航、脑灌注成像等为临床提供确切的指导。

## 【参考文献】

- [1] Yu C, Zhu C, Zhang Y, *et al.* A longitudinal diffusion tensor imaging study on Wallerian degeneration of corticospinal tract after motor pathway stroke [J]. *Neuroimage*, 2009, 47(2): 451-458.
- [2] Yeo SS, Choi BY, Chang CH, *et al.* Periventricular white matter injury by primary intraventricular hemorrhage: a diffusion tensor imaging study [J]. *Eur Neurol*, 2011, 66(4): 235-241.
- [3] Jung YJ, Jang SH. The fate of injured corticospinal tracts in patients with intracerebral hemorrhage: diffusion tensor imaging study [J]. *Am J Neuroradiol*, 2012, 33(9): 1775-1778.
- [4] 李 静, 李 澄, 王 苇. 纤维束示踪成像半定量与定量技术: 皮质脊髓束损伤与脑出血后运动功能预后评估的相关性[J]. *中国医学计算机成像杂志*, 2011, 17(6): 502-505.
- [5] 詹 剑, 张体江, 余昌胤, 等. 联合应用磁共振扩散张量纤维束成像和各向异性分数探讨基底节区脑出血皮质脊髓束损伤类型[J]. *临床放射学杂志*, 2016, 35(9): 1320-1325.
- [6] Cheng CY, Hsu CY, Huang YC. Motor outcome of deep intracerebral hemorrhage in diffusion tensor imaging: comparison of data from different locations along the corticospinal tract [J]. *Neurol Res*, 2015, 37(9): 774-781.
- [7] Yoshioka H, Horikoshi T, Aoki S, *et al.* Diffusion tensor tractography predicts motor functional outcome in patients with spontaneous intracerebral hemorrhage [J]. *Neurosurgery*, 2008, 62(1): 97-103.
- [8] 肖 胜, 刘 金, 武永康, 等. 弥散张量纤维束成像对基底节区高血压脑出血病人功能恢复的评估价值[J]. *中国临床神经外科杂志*, 2013, 18(10): 586-588.
- [9] Kusano Y, Seguchi T, Horiuchi T, *et al.* Prediction of functional outcome in acute cerebral hemorrhage using diffusion tensor imaging at 3T: a prospective study [J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2009, 30(9): 1561-1565.
- [10] Jang SH, Kwon HG. Change of neural connectivity of the red nucleus in patients with striatocapsular hemorrhage: a diffusion tensor tractography study [J]. *Neural Plast*, 2015, 2015: 1-7.
- [11] Kuzu Y, Inoue T, Kanbara Y, *et al.* Prediction of motor function outcome after intracerebral hemorrhage using fractional anisotropy calculated from diffusion tensor imaging [J]. *Cerebrovasc Dis*, 2012, 33(6): 566-573.
- [12] Puig J, Pedraza S, Blasco G, *et al.* Acute damage to the posterior limb of the internal capsule on diffusion tensor tractography as an early imaging predictor of motor outcome after stroke [J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2011, 32(5): 857-863.
- [13] Wang DM, Li J, Liu JR, *et al.* Diffusion tensor imaging predicts long-term motor functional outcome in patients with acute supratentorial intracranial hemorrhage[J]. *Cerebrovasc Dis*, 2012, 34(3): 199-205.
- [14] Hsieh CT, Chen CY, Chiang YH, *et al.* Role of diffusion tensor imaging in a patient with spontaneous intracerebral hematoma treated by stereotactic evacuation[J]. *Surg Neuro*, 2008, 70(1): 75-78.
- [15] Wu G, Wang F, Wang L, *et al.* Minimally invasive surgery for evacuating the intracerebral hematoma in early stages decreased secondary damages to the internal capsule in dog model of ICH observed by diffusion tensor imaging [J]. *J Stroke Cerebrovasc Dis*, 2017, 26(4): 701-711.
- [16] Lee AY, Choi BY, Kim SH. Difference of injury of the corticospinal tract according to surgical or conservative treatment in patients with putaminal hemorrhage [J]. *Int J Neurosci*, 2016, 126(5): 429-435.
- [17] 夏 鹰, 曹作为, 金 虎. 高血压脑出血术中锥体束的保护[J]. *中国临床神经外科杂志*, 2013, 18(9): 513-515.
- [18] 潘旭炎, 邱 晟, 徐 杰, 等. 磁共振弥散张量成像评价软通道治疗高血压壳核出血[J]. *中华神经外科杂志*, 2017, 33(4): 361-363.
- [19] Cho JM, Kim EH, Kim J, *et al.* Clinical use of diffusion tensor image-merged functional neuronavigation for brain tumor surgeries: Review of preoperative, intraoperative, and postoperative data for 123 cases [J]. *Yonsei Med J*, 2014, 55(5): 1303-1309.
- [20] Roh TH, Sung KS, Kang SG. Effectiveness of navigation-guided cyst aspiration before resection of large cystic brain tumors: a proof of concept for more radical surgery [J]. *Acta Neurochir*, 2017, 159(8): 1947-1954.

(2018-05-31 收稿, 2018-06-24 修回)