

◁病例报告▷

缺血性脑卒中单侧上肢瘫痪个体化影像学分析 2 例

Individualized imaging analysis of unilateral upper limb paralysis in ischemic stroke: report of two cases

郝蓉蓉¹, 宋 蕾², 贾卫华¹, 马燕红¹, 袁永娥¹, 陈 星¹, 张 华¹

(1. 北京中医药大学东直门医院脑病一科, 北京 100700;

2. 北京市石景山区五里坨社区卫生服务中心中医科, 北京 100042)

HAO Rong-rong¹, SONG Lei², JIA Wei-hua¹, MA Yan-hong¹, YUAN Yong-e¹, CHEN Xing¹, ZHANG Hua¹

(1. Department of Brain Disease, Dongzhimen Hospital, Beijing University of Chinese Medicine, Beijing 100700, China;

2. Department of Traditional Chinese Medicine, Wulituo Community Health Service Center, Beijing 100042, China)

[关键词] 缺血性卒中; 麻痹; 磁共振成像

[中图分类号] R743.3; R445.2

[文献标识码] B

[文章编号] 1008-1062(2024)09-0669-03

DOI:10.12117/jccmi.2024.09.014

偏瘫是缺血性脑卒中较为常见的临床表现,仅出现上肢或下肢运动障碍的单侧肢体瘫痪相对少见^[1-2]。弥散张量成像(DTI)和由 DTI 衍生的纤维示踪技术(DTT)可准确且无创性地评估缺血性脑卒中患者锥体束的损伤情况,使得精准描述缺血性脑卒中患者责任病灶对锥体束的影响成为现实^[3]。静息态功能磁共振(rs-fMRI)常用于脑功能领域的研究,若基于 rs-fMRI 结果和大脑同源功能区域理论研究,绘制患者个体化功能区域,可显著提高个体分析的准确率,使得精准描述缺血性脑卒中患者责任病灶对个体脑功能的影响成为现实^[4-5]。故在本文中,我们尝试对 2 例急性缺血性脑卒中后单侧上肢瘫痪患者应用 DTT 和个体化脑功能区划分技术,用无创的方式明确患者出现单肢瘫痪的原因,借此完成影像学临床症状学的匹配,证明此项技术可以帮助临床医生更准确地诊断、阐述病因,对患者的诊断、预后评估具有指导意义。

病例 患者 1,男,66 岁,右利手,因“右上肢无力 5 d”以“急性脑梗死”收治入院。患者急性起病,于 2020 年 11 月 7 日无明显诱因出现右上肢无力,右手握物无力、持物不稳,持物时物体掉落。入院查体见右上肢近端肌力 V 级,远端肌力 IV 级,右侧膝腱反射、跟腱反射亢进,右侧上肢痛觉、粗触觉、针刺觉、音叉振动觉减退。头颅 MRI 示:右侧颞枕区、双侧脑室旁多发脑梗死。

患者 2,男,73 岁,右利手,因“左上肢力弱半月余”以“急性脑梗死”收入我院。患者急性起病,于 2019 年 3 月 2 日晨起自觉左上肢力弱,伴麻木,左手手指不能屈曲,不能持物。入院查体见左上肢远端肌力 III 级,近端肌力 V 级,余肢体肌力正常,左侧指鼻试验欠稳准,左侧轮替试验欠灵活。头颅 MRI 示:双侧大脑皮层下、侧脑室旁多发腔隙性脑梗塞。

对 2 例患者进行影像学数据采集:设备为 Siemens Vero 3.0T MR 扫描仪。结构 MR,包括高分辨率 3D-T₁,参数为 TR=1 900 ms,TE=2.53 ms,矢状位扫描矩阵 256×256,共扫描 176 层,层厚为 1 mm,体素体积为 1 mm³。DTI,参数为 TR=11 000 ms,TE=95 ms,轴位扫描矩阵 128×128,层厚 2 mm,体素

体积为 2×2×2=8 mm³,弥散梯度方向数 30,b 值 1 000 s/mm²。rs-fMRI,采用梯度回波-平面回波成像(Echo-planar imaging, EPI)序列,参数为层厚 3.5 mm,层间距 0.7 mm,TR=2 000 ms,TE=30 ms,扫描矩阵 64×64,采集层数 31 层,体素体积为 3.5×3.5×4.2=51.9 mm³。共采集 240 帧图像,时长 6 min。对患者予泡沫枕固定以减少头动,并使用耳塞以降低噪音。嘱患者闭眼、放松、保持清醒,尽可能不进行思考。

对 2 例患者进行影像学分析:首先将所有 DICOM 原始数据经 Heudiconv 软件包^[6]转化为 NIFTI 和 BIDS 格式,方便导入软件进行后续处理。针对经转化的 3D-T₁ 图像,采用 Freesurfer 软件^[7]将图像去头皮,分割为脑脊液、灰质和白质,随后进行脑皮层的三维重建。针对经转化的 DTI 图像,先用 QSIPrep 软件^[8]进行预处理,具体流程为:①使用 Patch2self 算法去噪声;②使用 SyN 算法进行畸变校正;③头部运动校正;④构建 b=0 对象模板;⑤将 b=0 图像配准至解剖图像(T₁WI)。经此流程处理后,一方面使用 TractSeg 软件包^[9]对 DTI 图像进行锥体束纤维追踪,另一方面,经 Dtifit 软件包处理后,得到弥散加权成像(DWI)图像,再使用 ITK-SNAP 软件^[10]在 DWI 图像上手动描绘新发梗死灶病灶。针对经转化的 rs-fMRI 数据,使用 fMRIprep 软件^[11]进行预处理及去噪声,将功能像投射到皮层表面。再使用哈佛大学刘河生教授的基于个体间的映射同源功能区软件包^[12]进行分析,具体流程为:①使用迭代法在单个受试者中绘制皮质功能网络;②对每个网络进行空间平滑处理,然后分割成多个离散的脑区;③将基于群体的图谱分割成 116 个离散功能区(ROI);④将从每个个体的大脑网络中提取的脑区与群体图谱中同一功能网络的 ROI 进行匹配,每个脑区可以与单个 ROI 匹配,也可以拆分为多个较小功能区与 ROI 匹配,当图谱中没有匹配的 ROI 时,脑区将被丢弃;⑤与图谱 ROI 匹配的脑区被标记为个体中的同源 ROI。经此方法处理后,得到个体化的手足功能区。最后,使用 Matlab 自编程序将以上所有结果导入 BrainVoyager 软件^[13]进行可视化。

[收稿日期] 2023-12-19;[修回日期] 2024-01-19

[作者简介] 郝蓉蓉(1997-),女,北京人,在读硕士研究生。E-mail:1184195551@qq.com

[通信作者] 张华,北京中医药大学东直门医院脑病一科,100700。E-mail:nwkhhsf@aliyun.com

[基金项目] 国家自然科学基金青年科学基金项目(81904285)。

影像学分析结果：手动进行新发梗死灶病灶描绘后，可见患者 1 的病灶位于左侧大脑皮层额叶运动区，患者 2 的病灶位于右侧额顶叶感觉运动区(图 1)。为 2 例患者手动画出锥体束，并使用 BrainVoyager 软件将 2 例患者的锥体束与病灶的位置结构关系于三维空间内进行可视化后，可见 2 例患者责任病灶均累及锥体束，故 2 例患者均出现责任病灶对侧肢体运动功能障碍。使用基于个体间的映射同源功能区软件包，得到 2 例患者个体化的手足功能区，再运用 BrainVoyager 软件将 2 例患者个体化的手足功能区与病灶的位置结构关

系于三维空间内进行可视化后，可见患者 1 的责任病灶主要累及手功能区，足功能区亦有少量累及，故患者 1 的临床症状表现为责任病灶对侧单侧上肢瘫痪，下肢未见运动功能异常，但出现了膝腱反射、跟腱反射亢进等锥体束损伤表现；患者 2 的责任病灶仅累及手功能区，足功能区未累及，故患者 2 的临床症状表现为责任病灶对侧单侧上肢瘫痪，下肢运动正常，临床症状与手足功能区和影像学责任病灶的位置关系相符合(图 2)。

讨论 近年来，我国缺血性脑卒中发病率不断上升，严

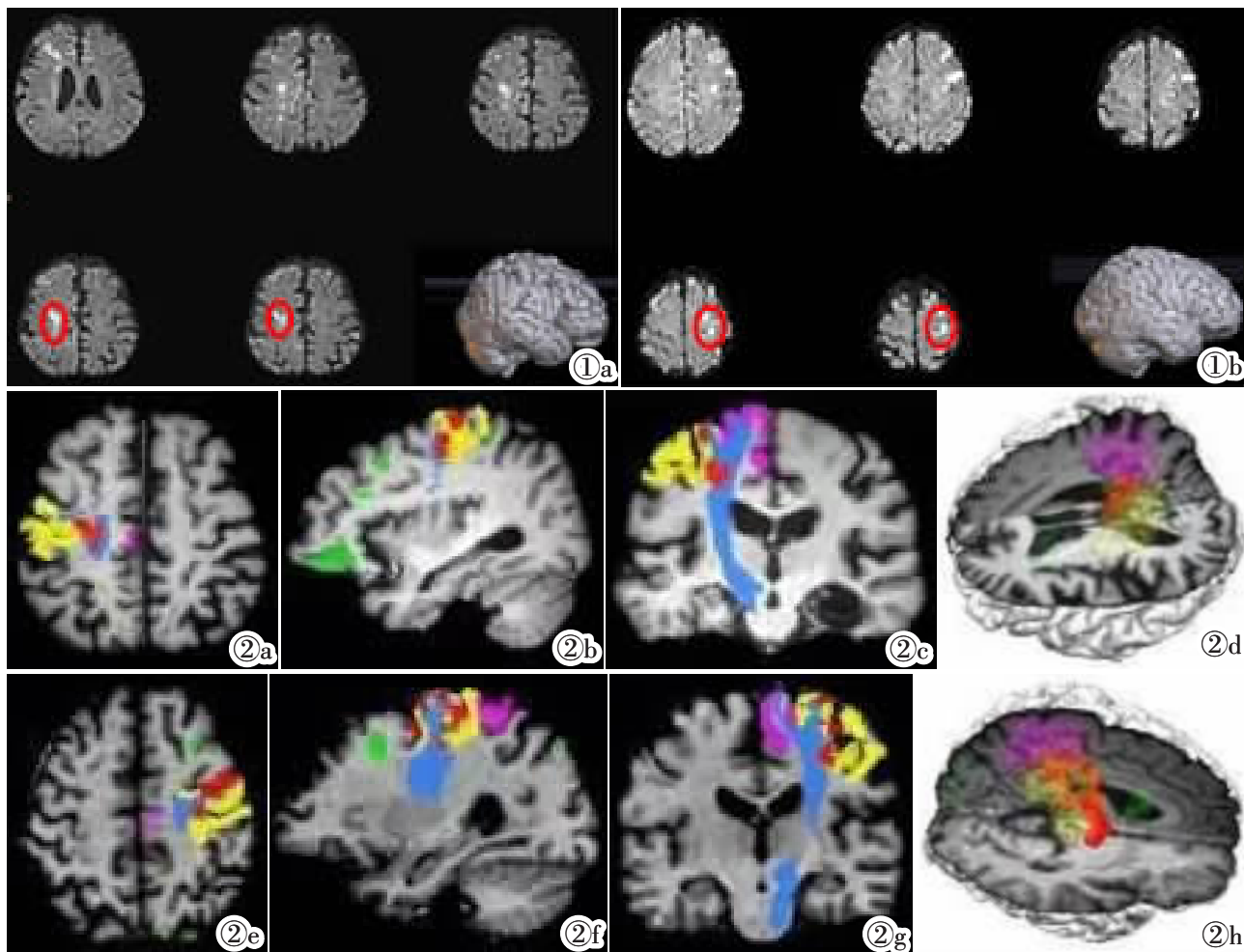


图 1 两位患者病灶展示图。图 1a 为患者 1 的 DWI 图像，图 1b 为患者 2 的 DWI 图像，红圈为责任病灶。图 2 两位患者责任病灶与手足功能区及锥体束的三维位置关系图。图 2a~2d 为患者 1 的病灶、手足功能区 and 锥体束展示，图 2e~2h 为患者 2 的病灶、手足功能区 and 锥体束展示。红色部分为责任病灶，绿色为非责任病灶，黄色部分为手功能区，粉色部分为足功能区，蓝色部分为锥体束区域。

重影响患者及家人的生活质量。2020 年一项研究表明^[4]，在我国 40 岁及以上的成年人中，约有 1 550 万例缺血性脑卒中病例。偏瘫为缺血性脑卒中常见的运动障碍，较少见仅出现单侧上肢或单侧下肢运动障碍的单肢瘫痪。本文以 2 例缺血性脑卒中后出现单侧上肢瘫痪症状的患者为例，通过 DTT 和个体化脑功能区剖分技术，判断病灶与锥体束、病灶与患者个体化手足功能区之间的关系，结果见 2 例患者的责任病灶均累及锥体束，故 2 例患者均出现病灶对侧单侧肢体运动障碍，同时，患者 2 的责任病灶仅累及手功能区，足功能区未累及，故患者 2 的临床症状表现为责任病灶对侧单侧上肢瘫痪，下肢运动正常；患者 1 的责任病灶主要累及手功能区，足功能区亦有少量累及，故患者 1 的临床症状表现为责任病灶

对侧单侧上肢瘫痪，下肢未见运动功能异常，但出现了膝腱反射、跟腱反射亢进等锥体束损伤表现，影像分析结果与临床症状表现相符合，说明此项技术在临床上具有应用价值。

DTI 及由 DTI 衍生而来的 DTT 可以无创评估缺血性脑卒中患者锥体束的损伤程度，判断患者运动功能的损伤情况^[5-10]。既往国内的研究大多从二维空间入手，从锥体束的完整性角度来研究其对运动功能的影响，如郝清等^[17]仅运用 DTI 在二维空间内阐述锥体束与病灶的空间结构关系，研究结果较粗糙，且未实现三维空间的可视化。本文通过 TractSeg 软件包，采用直接分割白质的方法处理图像并进行纤维追踪，显著提高了图像处理的精准度，并将处理结果导入 BrainVoyager 软件，将病灶与锥体束的空间位置关系进行三维可视化展示，

为症状神经的定位提供直观而精准的证据,这是本文的特色之一。

rs-fMRI 是一项应用于脑功能领域的 MRI 技术^[18]。研究表明^[19-20],大脑功能区存在极大的个体间变异性,仅强调一般规律而忽略个体特性,会导致受试者的脑功能研究结果出现极大的偏差。故本文基于大脑同源功能区域理论研究,运用个性化脑功能剖分技术,为每位患者绘制个体化的手足功能区,可更准确、精细地捕捉受试者的特性^[21]。个性化脑功能剖分技术成熟、稳定,现已在科研和临床中得到较广泛应用,如首都医科大学附属天坛医院江涛教授团队与哈佛大学刘河生教授等多个医工团队深度合作,在个性化脑功能剖分技术的基础上,为每位脑肿瘤患者绘制个体化的脑网络,无创性显示瘤内功能区,从而明确术中最大安全切除范围,精确指导个体化的神经外科手术切除^[22]。对患者个体化手足功能区的准确剖分,并将剖分后的个体化手足功能区与病灶在三维空间内进行成像显示,以探究病灶与个体化手足功能区的空间位置关系,更准确地判定患者责任病灶对个体脑功能的影响,这是本文的特色之二。

锥体束属于下行运动传导束,其中最大的下行白质纤维束皮质脊髓束主管随意运动,运动功能初始损伤程度和长期预后都取决于锥体束的损伤程度^[23],故本文将累及锥体束、可影响肢体运动功能的病灶称为责任病灶,将其他位于额顶叶皮层下或其他脑区,仅导致患者出现感觉认知语言情感等功能障碍、不影响肢体运动功能的病灶看作其他病灶,为论证观点,分清主次,仅讨论影响患者运动功能的责任病灶,暂不讨论其他病灶对患者的影响。

本文的局限性:DTI 耗时较长且结果有许多干扰因素,尽管在数据处理过程中已尽量去除大部分干扰因素,但仍可能与真实情况有所差异。剖分个体化手足功能区时,虽已采用多种软件进行处理,尽量避免误差,但绘制的个体化手足功能区位置仍可能与患者的真实情况不完全匹配。

本文通过对 2 例急性缺血性脑卒中后单侧上肢瘫痪的病例进行影像学分析,表明基于 DTI 和 rs-fMRI 图像的个体化影像分析技术可直观地将个体症状与其影像学责任病灶相匹配,可帮助临床医生更好地诊断、阐述病因,对神经疾病的诊断、预后评估具有一定的指导意义。

[参考文献]

[1]贾建平,陈生弟. 神经病学[M]. 北京:人民卫生出版社,2021:194-195.
 [2]Wen X, Li L, Li X, et al. Therapeutic Role of Additional Mirror Therapy on the Recovery of Upper Extremity Motor Function after Stroke: A Single-Blind, Randomized Controlled Trial[J]. Neural Plast, 2022, 2022: 8966920.
 [3]滕佳岐,秦丹,郭玥,等. DTI 成像技术评价帕金森病相关认知功能障碍的临床研究[J]. 中国临床医学影像杂志,2023,34(1):6-9.
 [4]赖茵圻,张清萍,段高雄,等. 经皮迷走神经刺激治疗伴情感障碍性疾病的静息态 fMRI 研究进展 [J]. 中国临床医学影像杂志, 2023,34(3):210-213.
 [5]Dickie EW, Shahab S, Hawco C, et al. Robust hierarchically organized whole-brain patterns of dysconnectivity in schizophrenia

spectrum disorders observed after personalized intrinsic network topography[J]. Hum Brain Mapp, 2023, 44(15): 5153-5166.
 [6]Javaheripour N, Wagner G, de la Cruz F, et al. Altered brain network organization in adults with Asperger's syndrome: decreased connectome transitivity and assortativity with increased global efficiency[J]. Front Psychiatry, 2023, 14: 1223147.
 [7]Shan Y, Yan SZ, Wang Z, et al. Impact of brain segmentation methods on regional metabolism quantification in ¹⁸F-FDG PET/MR analysis[J]. EJNMMI Res, 2023, 13(1): 79.
 [8]Cieslak M, Cook PA, He X, et al. QSIPrep: an integrative platform for preprocessing and reconstructing diffusion MRI data[J]. Nat Methods, 2021, 18(7): 775-778.
 [9]Andica C, Kamagata K, Aoki S. Automated three-dimensional major white matter bundle segmentation using diffusion magnetic resonance imaging[J]. Anat Sci Int, 2023, 98(3): 318-336.
 [10]Lo BP, Donnelly MR, Barisano G, et al. A standardized protocol for manually segmenting stroke lesions on high-resolution T₁-weighted MR images[J]. Front Neuroimaging, 2023, 1: 1098604.
 [11]Namaky N, Swearingen HR, Winter J, et al. Suicidal thoughts and behaviours among military veterans: protocol for a prospective, observational, neuroimaging study [J]. BMJ Open, 2023, 13(8): e070654.
 [12]Dahmani L, Bai Y, Li M, et al. Focused ultrasound thalamotomy for tremor treatment impacts the cerebello-thalamo-cortical network[J]. NPJ Parkinsons Dis, 2023, 9(1): 90.
 [13]Assmann R, Rutten S, van den Hurk J, et al. Sensory brain activation during rectal balloon distention: a pilot study in healthy volunteers to assess safety and feasibility at 1.5T[J]. MAGMA, 2023, 36(1): 25-32.
 [14]Tu WJ, Zhao Z, Yin P, et al. Estimated Burden of Stroke in China in 2020[J]. JAMA Netw Open, 2023, 6(3): e231455.
 [15]徐天野,冯艳泓,尚云雪,等. 基于 DTI 技术评价无先兆偏头痛的诊断价值[J]. 中国临床医学影像杂志,2023,34(10):691-695.
 [16]顾楠. 基于弥散张量成像及纤维追踪技术对急性缺血性脑卒中预后评估的研究[D]. 南京:东南大学,2023.
 [17]郝清,丁思萱,李冬雪,等. 应用扩散张量成像技术对急性缺血性卒中机体功能障碍与锥体束损伤程度的相关性研究 [J]. 磁共振成像,2021,12(1):3-8.
 [18]王文静,张晋瑞,周士玲,等. rs-fMRI 对高原失眠者低氧暴露后脑结构与功能的对比研究 [J]. 中国临床医学影像杂志,2023,34(7):467-471.
 [19]Yang H, Yao X, Zhang H, et al. Estimating dynamic individual coactivation patterns based on densely sampled resting-state fMRI data and utilizing it for better subject identification[J]. Brain Struct Funct, 2023, 228(7): 1755-1769.
 [20]Chen X, Ren H, Tang Z, et al. Leading basic modes of spontaneous activity drive individual functional connectivity organization in the resting human brain[J]. Commun Biol, 2023, 6(1): 892.
 [21]Han Z, Liu T, Shi Z, et al. Investigating the heterogeneity within the somatosensory-motor network and its relationship with the attention and default systems[J]. PNAS Nexus, 2023, 2(9): pgad276.
 [22]Cui W, Wang Y, Ren J, et al. Personalized fMRI Delineates Functional Regions Preserved within Brain Tumors[J]. Ann Neurol, 2022, 91(3): 353-366.