

计算机辅助连续结构追踪技术 对大脑中央沟精确定位的方法学研究

沈龙山^{1,2}, 王震寰¹, 张磊^{1,3}, 张顺花^{1,4}, 张艳^{1,4}, 张俊祥⁵, 刘志军⁵

[摘要] 目的: 为脑皮质沟回精确定位探讨新的研究方法。方法: 应用个人计算机设备, 运用结构连续追踪技术, 对大脑中央沟在横断层 MRI 图像上进行了识别、定位。结果: 结构连续追踪技术实现了中央沟在横断层 MRI 的识别和精确定位。结论: 基于连续断层结构追踪技术可用于断层影像上解剖结构的定位研究。

[关键词] 脑; 大脑中央沟; 断层影像解剖; 磁共振成像; 连续结构追踪

[中国图书资料分类法分类号] R 322.81 **[文献标识码]** A

The method of configuration tracing for the location of cerebral central sulcus

SHEN Long-shan^{1,2}, WANG Zhen-huan¹, ZHANG Lei^{1,3}, ZHANG Shun-hua^{1,3}, ZHANG Yan^{1,4}, ZHANG Jun-xiang⁵, LIU Zhi-jun⁵

(1. Institute of Clinical Anatomy, 4. Department of Medical Imaging, Bengbu Medical College, Bengbu Anhui 233030;

2. Department of Radiology, The Second Affiliated Hospital of Bengbu Medical College, Bengbu Anhui 233040;

3. Department of Radiology, Fuyang People's Hospital, Fuyang Anhui 236003;

5. MRI Room, The First Affiliated Hospital of Bengbu Medical College, Bengbu Anhui 233004, China)

[Abstract] **Objective:** To investigate a new methods in the location of cerebral sulcus. **Methods:** Techniques of configuration tracing based on continuous sections was used to identify and localize precisely the cerebral central sulcus on the continuous transverse MR imaging by using a computer. **Results:** The cerebral central sulcus was identified and localized precisely on the continuous transverse MR imaging. The results were confirmed by compasion of specimens of sectional brain. **Conclusions:** The methods of continuous configuration tracing can be used in the study of sectional-imaging anatomy.

[Key words] brain; sulcus centralis cerebri; sectional anatomy; MRI; continuous tracing configuration

[收稿日期] 2008-10-20

[基金项目] 安徽省跨世纪学术和技术带头人后备人选科研资助项目(2002HBL26)

[作者单位] 蚌埠医学院 1. 临床应用解剖研究所, 人体解剖学教研室, 4. 医学影像学系, 安徽 蚌埠 233030; 2. 蚌埠医学院第二附属医院放射科, 安徽 蚌埠 233040; 3. 安徽省阜阳市人民医院放射科, 236003; 5. 蚌埠医学院第一附属医院 MRI 室, 安徽 蚌埠 233004

[作者简介] 沈龙山(1973-), 男, 硕士生, 主治医师

[通讯作者] 王震寰, 研究生导师, 教授, 主要从事断层影像解剖学及临床应用解剖学研究, 本刊第5届常务编委。

在基于断层影像数据的立体定位、三维重建等研究中需要对连续断层图像的感兴趣区进行精确对准、图像分割; CT、MRI 等断层影像诊断及立体定向神经外科、微创神经外科等也首先要在断层影像上对病灶精确定位^[1]。断层影像解剖是上述研究和临床诊疗的共同基础。传统的断层影像研究的方法主要是采用尸体标本断层与影像断层的对照研究以及通过兴趣结构邻近的其他特征性结构间接识别等方法实现断层影像上兴趣结构的识别^[2,3]。该方法均是基于结构在断层上的形态特征来识别的,

[12] Duggan DB, Petroni GR, Johnson JL, et al. Randomized comparison of ABVD and MOPP/ABV hybrid for the treatment of advanced Hodgkin's disease; report of an intergroup trial[J]. *J Clin Oncol*, 2003, 21(4): 607-614.

[13] Küppers R, Yahalom J, Josting A. Advances in biology, diagnostics, and treatment of Hodgkin's disease[J]. *Biol Blood Marrow Transplant*, 2006, 12(1 Suppl 1): 66-76.

[14] Federico M, Levis A, Luminari S, et al. ABVD vs. STANFORD V (SV) vs. MOPP-EBV-CAD (MEC) in advanced Hodgkin's lymphoma. Final results of the IIL HD9601 randomized trial[J]. *J Clin Oncol*, 2004, 22(Suppl): 6507.

[15] Younes A, Pro B, Fayad L. Experience with bortezomib for the treatment of patients with relapsed classical Hodgkin lymphoma[J]. *Blood*, 2006, 107: 1731-1732.

[16] Wahl AF, Klusman K, Thompson JD, et al. The anti-CD30

monoclonal antibody SGN-30 promotes growth arrest and DNA fragmentation in vitro and affects antitumor activity in models of Hodgkin's disease[J]. *Cancer Res*, 2002, 62: 3736-3742.

[17] Leonard JP, Rosenblatt JD, Bartlett NL et al. Phase II study of SGN-30 (anti-CD30 monoclonal antibody) in patients with refractory or recurrent Hodgkin's disease[J]. *Blood*, 2004, 104: 2635.

[18] Schnell R, Dietlein M, Staak JO, et al. Treatment of refractory Hodgkin's lymphoma patients with an iodine-131-labeled murine anti-CD30 monoclonal antibody[J]. *J Clin Oncol*, 2005, 23(21): 4669-4678.

[19] Younes A, Romaguera J, Hagemister F, et al. A pilot study of rituximab in patients with recurrent, classic Hodgkin disease[J]. *Cancer*, 2003, 98(2): 310-314.

具有主观性、经验性。“手结征”是中央沟中上段典型征象,在此段层面识别中央沟没有异议^[4,5]。然而对于非典型层面、非经典方位的断层影像,尤其是大脑沟、回变异结构等的识别、定位,依然困难。计算机辅助的 CT 及 MRI 影像工作站已较广泛应用于临床影像诊断及断层影像解剖学研究。本文以大脑中央沟的横断层解剖为例,试图从有限确定的断层解剖形态学特征及解剖结构本身的连续性出发,探讨计算机辅助的结构连续追踪技术在脑皮质沟回精确定位中的应用及其限度。

1 材料与方法

1.1 材料 本实验选用头颅连续 MRI 断层扫描数据, MRI 扫描基线为前连合后缘中点到后连合前缘中点的连线,即连合间线(AC-PC);扫描野 24 mm × 24 mm,分辨率 512 × 512,层厚 3 mm。扫描过程中严格保持头颅固定。由于扫描野为大小不变的正方形,头颅断层影像域相对于正方形的四个顶点位置固定,图像配准通过正方形四个顶点自动完成,亦即图像的大小、配准信息包含于 Dicom3.0 格式的信息中,无需人工干预^[5,6]。MRI 扫描数据由 MRI 工作站计算机上以 Dicom3.0 格式刻录于光盘上。该光盘数据再导入安装有 eFilm Workstation 软件的微型计算机。操作系统: Microsoft Windows XP Professional, 2002 Service Pack2, 微软中国(eFilm Workstation, 版本 2.1.2.352, Merge eMed Co., 美国)

1.2 计算机辅助的连续结构追踪法 MRI 原始数据采集来自于固定头颅连续扫描,因此每断层之间是天然配准。利用 eFilm Workstation 图像顺序导入,连续原位显示功能,鼠标固定于中央沟特征结构“手结”中心,在软件操作界面上,在图像显示区首先选择横断层扫描序列的侧脑室上方半卵圆中心层面。在该层面上曲线形低信号的中央沟呈现为典型的“手结征”^[4,5],易于识别。随后依次导入各层图像时,各断层图像上鼠标指示的点位中央沟。本研究小组 6 人,分别在同一组头颅 MRI 上,各自独立按上述方法识别、定位中央沟。

2 结果

图像导入后移动鼠标使光标箭头准确落在该“手结”中心。固定鼠标,食指轻推鼠标滚轮键(Mouse Wheel),下一幅图像显示在原来图像位置并自动与之精确配准,光标指示的低信号曲线形位置相对于光标略微前移,箭头所指的曲线形低信号结构依然是该层面中央沟之所在(见图 1),侧脑室下

层面中央沟非典型形态结构依此继续准确识别、定位。矢状面、冠状面的连续断层依此进行(见图 2、3)。通过连续断层的中央沟全程追踪,分别实现了中央沟在横断层、冠状位、矢状位等的全部断层图像上的识别与准确定位(见图 1~3),5 人识别结果完全一致。

3 讨论

3.1 断层影像解剖研究的一般方法及其局限性

以往的断层影像解剖的研究方法主要是解剖标本与影像对照的方法、单纯影像学方法以及单纯解剖学方法^[1,2]。其共同特点是都以形态学特征的识别为基础,在多样本的断层解剖、影像学等资料上总结解剖结构的断层形态变化规律。此种研究方法结合系统、局部解剖学知识和标本对照,在人体大部分结构的断层解剖研究中取得了成功,迄今断层解剖学主要知识基本以此构建。上述研究方法在一些精细的断层解剖学研究,尤其是活体的断层影像学,当断层形态学特征不明显或变异性较大时受到限制。例如大脑的多方位的断层影像包括 CT、MRI,对于大脑沟、回的精确识别、定位则常常较为困难。临床上由于无法实现断层影像图像与同一脑标本的对照,在非典型断层层面上当结构缺乏形态特征,单纯依赖形态特征辨识结构相当困难。

3.2 计算机辅助的连续结构追踪法 大脑中央沟的上 1/3 横断层上有着典型的“手结”征,其形态与中央前、后沟均有显著差异,易于识别,且出现率 100%^[2]。然而其中、下横断层上的形态与中央前、后沟并无显著差异,形态特征并不明显,难以直接识别;尤其在侧脑室层面、临近外侧裂处,沟、回的多样性、变异性更趋复杂。利用中央沟局部结构的连续性,使得可以运用计算机辅助的连续结构追踪法,自上而下连续追踪中央沟,实现其中下层面上的直接、准确、快速地识别和定位。

整脑上中央沟上缘位于大脑额极与枕极中点稍后方,向下、前走行,最低点位于外侧沟后支稍上方。在相邻断层面上自上而下中央沟及中央后沟位置逐渐前移,移动的距离只有小于同层面中央后回宽度时才能保证光标依然落在中央沟紧邻后方,此时光标与前移的中央沟距离取决于中央沟与扫描平面的倾角及扫描层厚两个因素(如图 2)。光标指向上层面 P1 中央沟上点 A,导入下一层 P2 时,光标落点为 C。当 C 距离该层中央沟相应点 B 的距离(d)小于中央后回宽度(e)时,可以保证光标将依然落在中央沟紧邻后方,即光标所在位置的前方第一条沟仍为中央沟而非中央后沟,从而实现中央沟在新层面的

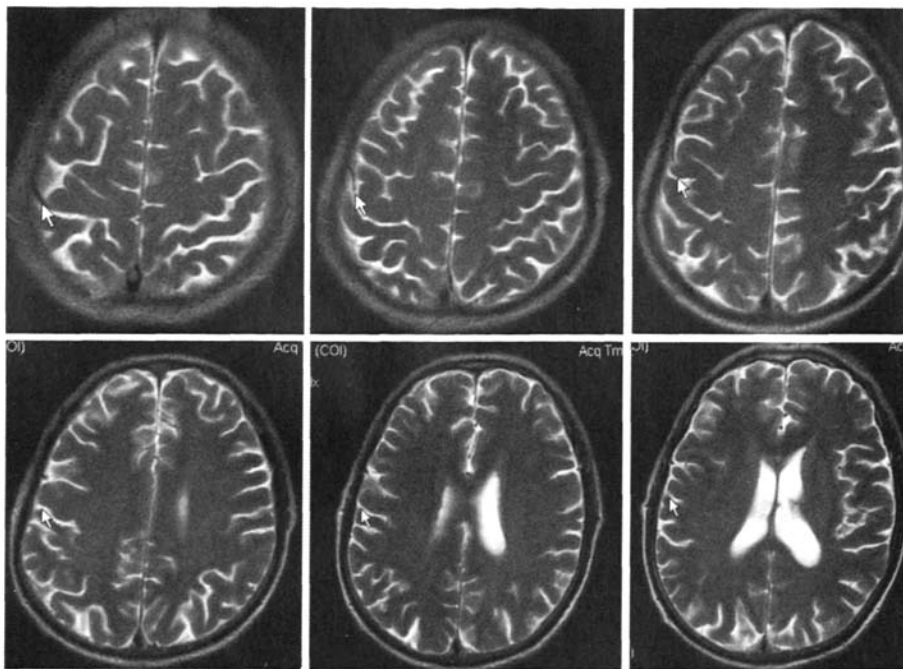


图1 计算机辅助的连续结构追踪法于横断面各断层定位中央沟。白箭头示固定计算机光标指针,连续导入图像,指针均指向中央沟

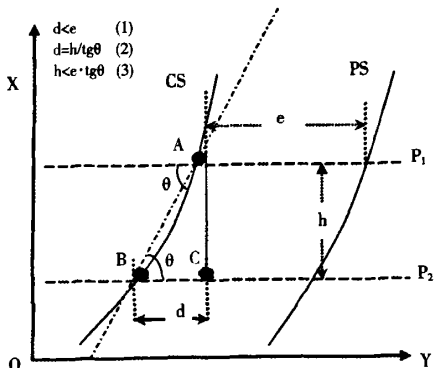
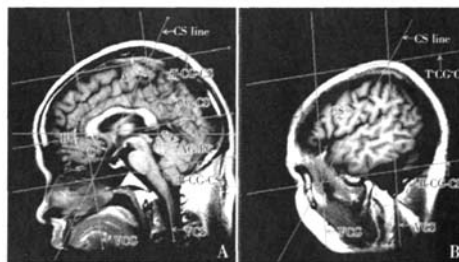


图2 连续追踪法中光标落点至下一层中央沟的距离d与层厚h,中央沟厚度e,中央沟与断层扫描方位夹角 θ 的关系(P_1 、 P_2 为上、下层面;A、B分别代表上、下两层面中央沟上对应点;C为导入下一层时光标落点位置。CS:中央沟;PS:中央后沟)

准确定位。此时扫描层厚应满足表达式(1)~(3)。

中央沟与断层扫描方位夹角 θ 的大小可借助 Devaud 定义的中央沟线(CS line)^[7]求解,如图3所示,CG-CS为胼胝体平面,经胼胝体膝最低点至胼胝体压部最低点且与正中矢状面垂直;T-CG-CS为经过大脑最高点且平行于CG-CS的平面;B-CG-CS是与颞窝最低点等高且平行于CG-CS的平面;VCG为经过胼胝体膝部最前端且垂直于CG-CS的平面;VCS是经过胼胝体压部最后端且垂直于CG-CS的平面。若M为T-CG-CS与VCS交点,N为B-CG-CS与VCG交点,M与N的连线即为CS line,与中央沟



A:大脑正中矢状位MRI。CG-CS:胼胝体平面,胼胝体膝最低点至胼胝体压部最低点;T-CG-CS:经过大脑最高点且平行于CG-CS的平面;B-CG-CS:与颞窝最低点等高且平行于CG-CS的平面;VCG:经过胼胝体膝部最前端且垂直于CG-CS的平面;VCS:经过胼胝体压部最后端且垂直于CG-CS的平面;CS line:中央沟线,为T-CG-CS、VCG的交点与B-CG-CS、VCS交点的连线;AC-PC:双连合平面; $\angle A$:中央沟线与上胼胝体平面夹角; $\angle B$:CG-CS与AC-PC夹角; $\angle C$:CS line与AC-PC夹角。B:经颞部矢状位MRI。CS:中央沟,与CS line平行。其余各图示与图1同。该层面确定B-CG-CS的位置高度并平行移动到正中矢状位MRI上

图3 中央沟与断层扫描方位夹角

平行^[7]。本组大脑MRI横断层扫描方位与AC-PC平行,由此可知,CS line与AC-PC的夹角即可视为 θ 的大小。

测量30例正常成年大脑CS line与AC-PC间的夹角约 64° 。中央沟后宽度最宽处(1.32 ± 0.05)cm^[8]。依据上述数据,取 $e = 1.32$ cm, $\theta = 64^\circ$,代入式(3),计算层厚 $h < 2.7064$ cm。此数值远大于常规扫描层厚0.6~1.0 cm,表明常规层厚的扫描足够满足所需方程式的条件,计算机辅助的连续追踪识

别、定位中央沟是精确、可靠的。不同扫描层厚时,光标落点距离中央沟及中央后沟的平均距离见表 1。

表 1 不同扫描层厚时连续追踪中央沟光标落点与中央沟、中央后沟的距离

层厚 (mm)	落点距中央沟 后壁距离 (mm)	落点距中央 后沟前壁距离 (mm)
20.0	9.754 6	3.445 3
15.0	7.315 9	5.884 0
10.0	4.877 3	8.322 7
5.0	2.438 6	10.761 3
3.0	1.463 2	11.736 8

表 1 显示,连续追踪法识别没有典型形态特征的下 1/3 ~ 2/3 横断层面上的中央沟,扫描层厚 ≤ 1.0 cm 时是可靠的,光标前方第一条脑沟指示中央沟,光标与其距离 < 5 mm;层厚 < 0.5 cm 时,差距缩小至 3 mm 以下,扫描层厚愈薄,光标落点越接近中央沟。

如上所述,计算机辅助的连续结构追踪法识别、定位结构的准确性首先依赖于追踪的结构本身以及扫描层面是否连续,扫描层面间是否精确配准。薄层、无间隔扫描以及借助软件功能使断层图像间自动精确配准,可以减少或基本消除连续的解剖结构在断层上的“跳跃性”,就能够使用该方法对兴趣结构在连续的断层上进行准确的识别和定位。当扫描层面较厚,层间距较大,或者解剖结构本身在垂直于断层平面的方向上缺乏连续性时,使用该方法对兴趣结构在断层上识别和定位就可能产生误差。

3.3 应用探讨 与大脑沟回类似,在断层影像上可能缺乏特征形态的重要结构还包括血管、神经等。手术区重要血管、神经的行径在术前及术中需要准确识别和精确定位。在与结构走行垂直方向的断层影像上,运用连续追踪法有助于对连续走行的重要

血管、神经等准确识别及定位。但是当断层方位与结构走行方向并不垂直,就应当综合考虑夹角(θ)、断层层厚(h)及与临近形态相似的易混淆结构之间的距离(e)等因素,满足条件 $h < e \times \tan \theta$ 方可应用连续追踪法进行识别和定位。

现代多层螺旋 CT、高性能 MR 机等提供了快速、薄层、高分辨率的断层影像扫描手段。在此基础上,应用结构的连续性原理和上述层厚限定条件公式,设计相应计算机软件,可方便、准确、快捷实现结构的连续追踪识别、定位。该连续追踪法对于识别中、下层面没有形态特征的脑沟时有特定优势,可以应用于断层影像解剖学的研究、临床影像学定位诊断以及立体定向、微创神经外科等。

[参 考 文 献]

- [1] Grunert P, Charalampaki K, Kassem M, et al. Frame-based and frameless stereotaxy in the localization of cavernous and gliomas [J]. *Neurosurg Rev*, 2003, 26(1): 53-60.
- [2] Naidich TP, Valavanis AG, Kubik S. Anatomic relationships along the low-middle convexity: part 2 normal specimens and magnetic resonance imaging [J]. *Neurosurgery*, 1995, 36(3): 517-532.
- [3] 韩东华,薛德麟,雷霆. 中央沟上段及其邻近沟回的体表定位及其临床意义 [J]. *中国临床解剖学杂志*, 2004, 22(4): 360-362.
- [4] Meyer JR, Roychowdhury S, Russell EJ, et al. Location of the central sulcus via cortical thickness of the precentral and postcentral gyri on MR [J]. *AJNR*, 1996, 17(9): 1699-1706.
- [5] Perry DW, Zatorre RJ, Petrides M, et al. Localization of cerebral activity during simple singing [J]. *Neuro Report*, 1999, 10(18): 3979-3984.
- [6] 陈 显,庄天戈. 医学图像中的图像配准和融合技术研究 [J]. *中国医疗器械杂志*, 1999, 23(3): 134-138.
- [7] Devaux B, Meder JF, Missir O, et al. The rolandic line: a simple baseline for the identification of the central region. an MRI study and functional validation [J]. *J Neuroradiol*, 1996, 23(1): 6-18.
- [8] 中国解剖学会体质调查委员会. 中国人解剖学数值 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2002: 356.

本刊对来稿要求

(1) 本刊要求各类来稿须为打印稿,照片图须为原件,复印件无效。手写体稿件,本刊不予受理。作者在投稿前,务请认真核对文内数据以及重要内容的表述是否准确,以免因笔误或打印错误影响到对稿件科学性、严谨性的评价。(2) 稿件若为各级、各类基金资助项目或科技攻关项目,请在文稿首页下方注明资助项目全称和编号,并随来稿附基金资助证明复印件;论文课题如已获得国家或省、市级科技奖项,请随来稿附获奖证书复印件。(3) 来稿请勿同时一稿多投(学术会议上交流或以其他语种发表者除外)。作者稿件自寄出之日起满 3 个月,仍未收到稿件刊用通知,请致电本刊编辑部了解稿件处理情况;如欲转投他刊,请予告知。(4) 本刊对不刊用的稿件以平信方式将退稿通知书寄给第一作者或通讯作者,原稿一律不退还作者,请作者保留底稿;作者若需退还原始图片,请在投稿时申明。