

[文章编号] 1000-2200(2010)04-0325-05

· 基础医学 ·

大脑中央前沟 MRI 解剖学研究及其临床意义

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

[摘要] 目的:探讨中央前沟在 MRI 横、矢状断面图像上的形态学规律。**方法:**采集 30 名正常成人头颅连续 MRI 数据,应用 e-film 2.1 工作站和 Adobe Photoshop CS 8.0 软件包,研究中央前沟在横、矢状断面上的形态特征规律及其形态学类型。**结果:**中央前沟主要分为 3 种类型:一段型,横断面上为一形态欠规则的略曲线型,矢状断面上表现为从后上向前下走行、略呈“S”的单一线形,显示率为 16.67%;二段型,由额中回与中央前回之间的连接部分隔所致,横断面显示为前后 2 条形态各异的短沟,矢状断面上为 2 条从后上向前下走行的“S”线形,显示率为 63.33%;三段型,由中央前回中下部外侧面向前发出的一舌样小回将下中央前沟局部挤压变形所致,横断面为 3 条呈上下、前后关系的短沟,而矢状断面,下中央前沟则为从后上向前下走行、略似斜纵形的“Ω”形,显示率为 20.00%。**结论:**中央前沟在 MRI 横、矢状断面图像上的形态学规律可为额叶后部病变的定位诊断以及手术入路的选择提供解剖学依据。

[关键词] 脑;中央前沟;断层影像解剖;磁共振成像

[中国图书资料分类法分类号] R 322.81 [文献标识码] A

Anatomic study of cerebral precentral sulcus by magnetic resonance imaging and its clinical significance

ZHANG Shun-hua^{1,2}, WANG Zhen-huan², ZHANG Jun-xiang^{1,3}, SHEN Long-shan^{2,4}, ZHANG Lei^{2,5}, ZHANG Yan^{1,2}, LIU Zhi-jun³

(1. Department of Medical Imaging, 2. Department of Clinical Anatomy, Bengbu Medical College, Bengbu Anhui 233030;

3. MRI Room, The First Affiliated Hospital of Bengbu Medical College, Bengbu Anhui 233004;

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

5. Department of Radiology, Fuyang People's Hospital, Fuyang Anhui 236003, China)

[Abstract] Objective: To observe the morphological features of the cerebral precentral sulcus on the axial and sagittal magnetic resonance imaging (MRI). **Methods:** The continuous axial and sagittal MRI of 30 healthy adults heads were obtained to identify, localize and classify the cerebral precentral sulcus by using the e-film workstation and Adobe Photoshop CS 8.0 software. **Results:** There were three typical patterns of the precentral sulcus: the unitary-pattern, dichotomous-pattern and tri-pattern, and the detection rates were 16.67%, 63.33%, and 20.00%, respectively. The unitary-pattern appeared an irregular and curve shape on the axial imaging, and demonstrated a slightly "S" linear shape from the posterosuperior to the anterioroinferior on the sagittal imaging. The dichotomous-pattern appeared two different and short sulci on the axial imaging, and demonstrated two "S" linear shape from the posterosuperior to the anterioroinferior on the sagittal imaging. The tri-pattern appeared three short sulci on the cross section, and the inferior precentral sulci appeared a slightly oblique longitudinal "Ω" shape from the posterosuperior to the anterioroinferior on the sagittal imaging. The formation of the dichotomous-pattern and tri-pattern was the conjunction between the posterior part of the middle frontal gyrus and the anterior part precentral gyrus, as well as a minor gyrus from the middle frontal gyrus, respectively. **Conclusions:** The morphological features of the cerebral precentral sulcus on the axial and sagittal MRI of brain can provide anatomic evidence for the diagnosis and selection of surgical approaches to the diseases at the posterior part of the frontal lobe.

[Key words] brain cerebral precentral sulcus; sectional-imaging anatomy; MRI

随着显微神经外科技术的提高和神经影像技术的发展,越来越多的颅内“小病灶”被发现,尤其是

大脑半球表面活脑内浅层的病变。微创治疗的基础是术前对大脑内微小占位性病灶进行精确定位、计算,方可拟定手术方案^[1-2]。而术前精确定位病灶邻近脑沟,是取得最小范围脑组织损伤和最佳手术效果的前提^[3]。本文采用 MRI 活体解剖学方法,观察中央前沟分别在 MRI 横断、矢状断层的形态学规律,以期对额叶后部病变的定位诊断和手术入路的选择提供解剖学依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料 30 名正常成年志愿者,男 15 名,

[收稿日期] 2009-06-08

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

[作者简介] 张顺花(1974-),女,硕士,讲师。

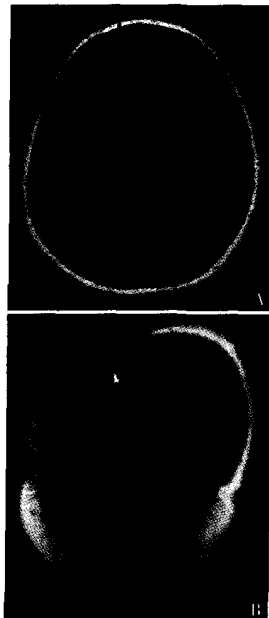
[通讯作者] 王震寰, 研究生导师, 教授。

女 15 名;年龄 18 ~ 68 岁;临床门诊体检及影像学检查无神经系统疾病。MRI 扫描参数:自旋回波 SE 序列的横断层 T1WI、矢状断层 T1WI, TR/TE (500 ~ 700)ms/(15 ~ 25) ms;扫描基线为前连合 (anterior commissures, AC) 后缘中点到后连合 (posterior commissures, PC) 前缘中点的连线,即连合间线 (AC-PC);FOV 24.0 × 24.0 cm,分辨率 512 × 512,层厚 3.0 mm。扫描过程中严格保持头颅固定。扫描数据以 Dicom 3.0 格式保存。

1.2 仪器、设备及软件系统 Signa 1.5T 超导磁共振扫描仪及头颅正交线圈 (General Electric Co., 美国);微型计算机 (启天 M268E, 联想公司);e-film Workstation 2.1.2.352, Merge eMed Co., 美国;Adobe Photoshop CS 8.0, Adobe Systems Incorporated, 美国。

1.3 方法

1.3.1 中央前沟的识别与定位 在微型计算机上, MRI 数据以 Dicom 3.0 格式导入 e-film 2.1 工作站。以中央沟、额上沟、额下沟、外侧裂等脑沟为识别参照,分别采用“形态特征识别法”、“计算机辅助的连续结构追踪法”及“基于多方位断层成像的三维定标法”(tri-dimension cursor, 3D Cursor)^[4-5](见图 1),在 e-film 2.1 工作站中实现对中央前沟在多方位 MRI 断层上的识别与定位;对照观察横断层面与矢状断层面上中央前沟的形态特征规律。



A: 大脑横断 MRI, “十” 字指针所在位置为中央前沟; B: 大脑矢状位 MRI, 白箭头所在位置为中央前沟。在计算机上, “十” 字指针随白箭头联动, 提示该像素点处的脑沟也为中央前沟

图 1 中央前沟的同一体素在横断面、矢状层面的对应像素点

1.3.2 图像的处理与转换 通过 e-film 2.1 工作站将 Dicom 3.0 格式 MRI 数据转换成 JPEG 格式的

图片, 再将之信息无损地导入 Adobe Photoshop CS 8.0, 对图像进行对位、旋转等处理后, 以大脑原点 (即 AC-PC 线的中点) 为坐标原点建立笛卡尔三维坐标系, 以经 AC-PC 线的断层定义为零层面, 零层面解剖方位的左侧、前方及上方为正值, 右侧、后方及下方为负值。并对中央前沟进行标记、描绘、提取, 保存图片。

2 结果

2.1 中央前沟 MRI 的形态学分类 中央前沟的形态主要表现为 3 种类型: 一段型, 横断面上为一形态欠规则的略曲线型, 矢状断面上表现为从后上向前下走行、略呈“S”的单一线形, 显示率为 16.67%; 二段型, 由额中回与中央前回之间的连接部分隔所致, 横断面显示为前后 2 条形态各异的短沟, 矢状断面上为 2 条从后上向前下走行的“S”线形, 显示率为 63.33%; 三段型, 由中央前回中下部外侧面向前发出的一舌样小回将下中央前沟局部挤压变形所致, 横断面观察中央前沟为 3 条呈上下、前后关系的短沟, 而矢状断面上, 下中央前沟则为从后上向前下走行, 略似斜纵形的“Ω”形, 显示率为 20.00% (见表 1 及图 2)。

表 1 大脑中央前沟 MRI 形态学分类 (n)

分型	形态		右半球		左半球		合计	
	横断面	矢状面	n	构成比 (%)	n	构成比 (%)	n	构成比 (%)
一段型	~	∩	7	23.33	3	10.00	10	16.67
二段型	∩	∩	16	53.33	22	73.33	38	63.33
三段型	∩	∩	7	23.33	5	16.67	12	20.00
合计			30	100.00	30	100.00	60	100.00

2.2 中央前沟 MRI 横断层、矢状断解剖

2.2.1 经上矢状窦横断层 (Z = 66 mm, 即 AC-PC 上方第 22 层) 中央前沟起自 X 轴的后方, 位于 Y 轴的两侧, 略呈从前内侧向后外走行或由后内向前外走行的单一“S”线型, 与大脑背外侧缘中点附近相交而止, 交点位于 X 轴稍后方; 与经右侧、扣带回矢状断层 (X = -14 mm, 即 AC-PC 右侧第 2 层) 对照观察, 中央前沟位于 Y 轴的上方, Z 轴的后方, 从前上向后下略斜行, 呈一短弧线型 (见图 2-1)。

2.2.2 经中央沟上端横断层 (Z = 60 mm, 即 AC-PC 上方第 20 层) 中央前沟位于 X 轴的后方, Y 轴的两侧, 呈一后凸的“弓形”或略呈一“S”线型。与经右侧海马矢状断层 (X = -28 mm, 即 AC-PC 右侧第 4 层) 对照观察, 中央前沟位于 Y 轴的上方, Z 轴的稍后方, 从前上向后下走行, 略呈一后凸的短弧线型

(见图 2-2)。

2.2.3 经中央旁小叶上部横断层($Z = 54$ mm, 即 AC-PC 上方第 18 层) 可见中央前回前部与额中回后部之间的连接部将中央前沟分为两段, 中央前沟上段位于连接部的后方偏内, 仍位于 X 轴的后方, 呈由后内向前外走行的“S”型或呈从前内向后外走行略向后凸的“弓形”, 与大脑背外侧缘相交; 中央前沟下段位于连接部的前外侧, X 轴的前方, 呈略向前凸起的欠规则弧形, 从后内侧向前外走行, 与大脑外侧缘前部相交而止。与经右侧侧脑室下角矢状断层($Z = -35$ mm, 即 AC-PC 右侧第 5 层) 对照观察, 中央前沟两段均位于 Y 轴的上方, Z 轴的两侧, 二者间的分隔为中央前回和额中回之间的连接部, 似平行排列, 均略呈弧型, 从上向下走行(见图 2-3)。

2.2.4 经中央旁小叶中部横断层($Z = 45$ mm, 即 AC-PC 上方第 15 层) 中央前沟两段的形态、位置及走行与上一层面所见大体相似, 所不同的是中央前沟上段不与大脑外侧缘相交, 而中央前沟下段的形态则由弧形变为略呈平直, 位于额下回与中央前回之间, 较为远离 Y 轴。与经右侧外侧沟矢状断层($X = -42$ mm, 即 AC-PC 右侧第 6 层) 对照观察, 中央前沟两段仍均位于 Y 轴的上方, Z 轴的两侧, 与上一层所不同的是中央前沟上段略变短直(见图 2-4)。

2.2.5 经半卵圆中心上部横断层($Z = 36$ mm, 即 AC-PC 上方第 12 层) 两侧上中央前沟消失, 而下中央前沟则被中央前回前部的一舌样小回分为前后 2 条短沟, 二者均位于 X 轴的前方: 下中央前沟第一段紧邻 X 轴, 位于舌样小回的后方且不与大脑外侧缘相交; 下中央前沟第二段远离 X 轴, 位于舌样小回的前方并与大脑外侧缘相交而止。二者似呈从后内向前外走行且平行排列的弧形或浅“S”型, 二者位于 Y 轴的两侧且均略远离于 Y 轴。与经右侧岛盖矢状断层($X = -49$ mm, 即 AC-PC 右侧第 7 层) 对照观察, 可见中央前回中下部外侧面向前发出一舌样小回将下中央前沟局部挤压变形呈“Z”型; 从上向下整体观察: 下中央前沟则略似斜纵形的“ Ω ”型, 从后上向前下走行, 位于 Z 轴的前方, Y 轴的上方; 其下部与前方的外侧沟前升支平行; 其末端与外侧沟相交而止(见图 2-5)。

2.2.6 经半卵圆中心中部横断层($Z = 30$ mm, 即 AC-PC 上方第 10 层) 可见下中央前沟第一段消失, 下中央前沟第二段仍位于 X 轴的前方, Y 轴的两侧, 额下回与中央前回之间, 呈由后内向前外走行

的稍“弧形”或浅“S”型短沟, 与大脑外侧缘前 1/3 处相交而止。与经右侧岛盖矢状断层($X = -49$ mm, 即 AC-PC 右侧第 7 层) 对照观察, 中央前沟的形态、位置与 2.2.5 矢状层所见相同(见图 2-6)。

2.2.7 经胼胝体干横断层($Z = 24$ mm, 即 AC-PC 上方第 8 层) 两侧中央前沟呈倒“八”字型, 由后内向前外走行的稍弧短沟, 仍位于额下回与中央前回之间; 与经右侧岛盖矢状层面($X = -49$ mm, 即 AC-PC 右侧第 7 层) 对照观察, 中央前沟的形态、位置与 2.2.5 矢状层所见相同(见图 2-7)。

2.2.8 经侧脑室中央部横断层($Z = 18$ mm, 即 AC-PC 上方第 6 层) 两侧中央前沟仍位于 X 轴的前方, Y 轴的两侧, 呈倒“八”字型, 呈自后内向前外走行的短直沟, 位于岛盖部, 额下回与中央前回之间, 其内侧脑沟为外侧沟的垂直部, 前方的脑沟为外侧沟前升支。与经右侧岛盖矢状断层($X = -49$ mm, 即 AC-PC 右侧第 7 层) 对照观察, 中央前沟的形态、位置与 2.2.5 矢状层所见相同(见图 2-8)。

3 讨论

3.1 脑影像学定位基线 在脑立体定向手术中, 靶点选择和定位准确是手术成功的关键。当靶点位置深时, 一般的影像学检查不能直接显示, 须参照颅内某些位置相对恒定、与靶点关系密切且易为影像学辨认的结构定位。因此, 必须定出基准轴线和平面, 测量脑内解剖结构与基准平面和基准轴线相对应的三维空间位置, 从而确定脑沟、回及脑内核团的坐标。在以往断层定位研究中所选用的基准断面, 多为眶耳线(O-M 线)或眦耳线(C-M 线)的横断面及与之垂直的冠状、矢状面。Salamon 等^[6]研究表明, AC、PC 位居大脑中央, 位置相对恒定, 不因颅型的不同而改变, 是可靠的颅内定位参照标志。Talairach 等^[7]将 AC-PC 线, 即连合间线定义为前连合后缘中点至后连合前缘中点的连线, 间距为 19.8 ~ 26.3 cm, 与眦耳线的夹角约为 7° ^[8]。目前, AC、PC 作为脑内基本的参照标志得到国际上众多神经外科和神经放射学医生的公认。以 AC-PC 线为基线建立的脑内三维坐标系已用于脑研究和临床实践, 脑立体定位手术、X-刀和 γ -刀治疗均以此基线实施^[9-10]。

本研究以 AC-PC 为扫描基线获取活体薄层 MRI 图像, 与尸体的冷冻切片相比避免收缩系数的影响, 提高了准确性^[11]。与前期学者的“形态特征识别法”相结合, 应用 e-film 2.1 Workstation 软件具备的“连续追踪”和“三维定标”功能, 横、矢断层

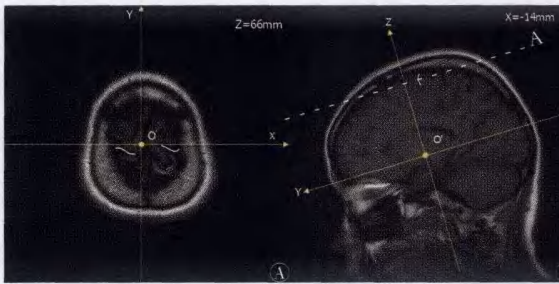


图 2-1 经矢状窦横断层(Z=66 mm,A)与经右扣带回矢状断层(X=-14 mm,B)对照

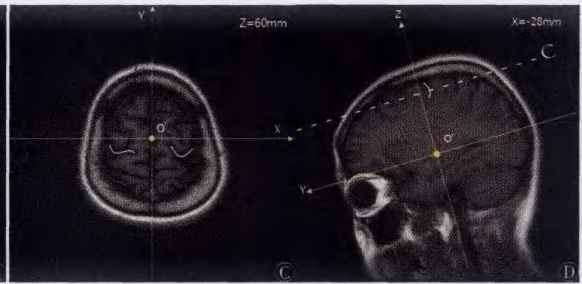


图 2-2 经中央沟上端横断层(Z=60 mm,C)与经右侧海马矢状断层(X=-28 mm,D)对照

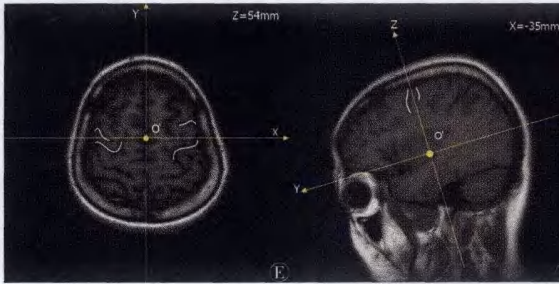


图 2-3 经中央旁小叶上部横断层(Z=54 mm,E)与经右侧脑室下角矢状断层(Z=-35 mm,F)对照

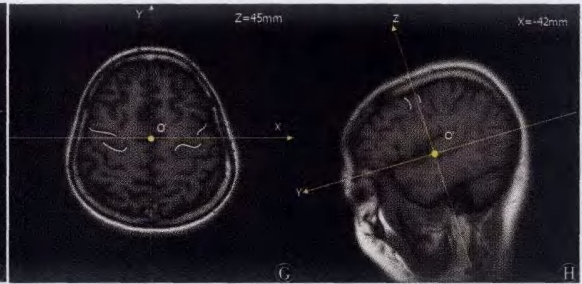


图 2-4 经中央旁小叶中部横断层(Z=45 mm,G)与经右侧外侧沟矢状断层(X=-42 mm,H)对照

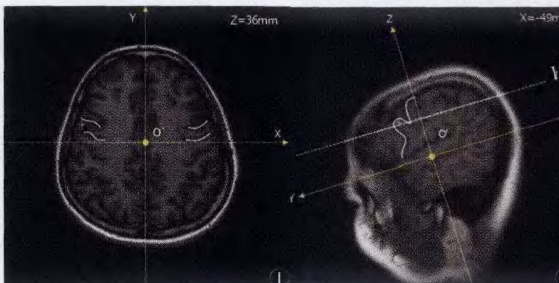


图 2-5 经半卵圆中心上部横断层(Z=36 mm,I)与经右岛盖矢状断层(X=-49 mm,J)对照

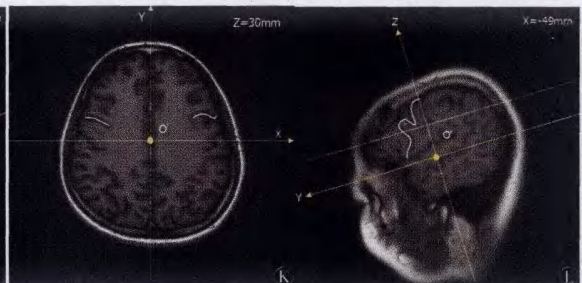


图 2-6 经半卵圆中心中部横断层(Z=30 mm,K)与经右岛盖矢状断层(X=-49 mm,L)对照

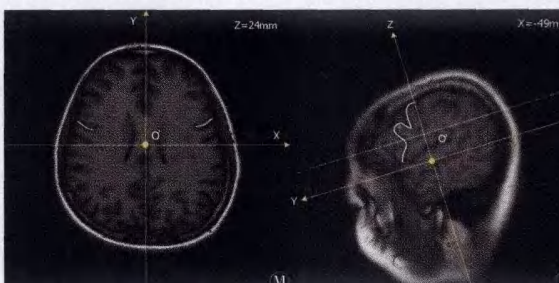


图 2-7 经胼胝体干横断层(Z=24 mm,M)与经右岛盖矢状断层(X=-49 mm,N)对照

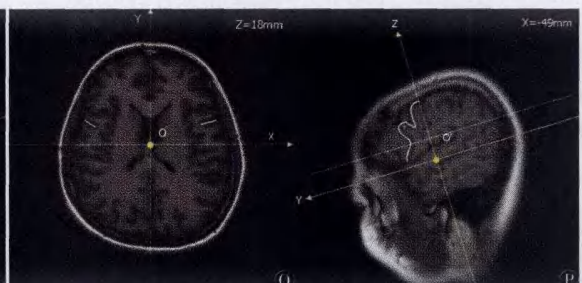


图 2-8 经侧脑室中央部横断层(Z=18 mm,O)与经右岛盖矢状断层(X=-49 mm,P)对照

图 2 横断层与矢状断层对照观察行中央前沟形态学研究, ■示中央前沟,“+”示舌样小回, ■示横断层所在平面

面相结合可精确识别与定位中央前沟。

3.2 中央前沟的解剖学研究 Tamraz 等^[12]研究表明,中央前沟在胚胎形成 24~26 周前后出现,为大脑中的二级脑沟。本研究结果显示,中央前沟位于额叶后部,中央沟的前方,从后上向前下走行,大多位于三维坐标系 X 轴的前外侧,Y 轴的上方,Z 轴的前方;连续横断层面上随着 Z 轴层面的下移,其位置逐渐向前外侧移,逐渐远离 X 轴和 Y 轴,沟的长度逐渐缩短;本研究还发现三段型中央前沟的形成多由于中央前回中下部外侧面(相当于头颈面部运

动区)向外前发出一舌样小回将下中央前沟局部挤压变形呈“Z”型,矢状断层面从上向下整体观察可见下中央前沟略似斜纵形的“Ω”型,从后上向前下走行,与经半卵圆中心上部横断层面(Z=36 mm)对照,可见下中央前沟被中央前回前下部的舌样小回分为前后两条短沟,二者均位于 X 轴的前方。经详细检索国内外诸多文献数据库,未见该区域脑沟、回亚结构的局部解剖与断层影像解剖学研究,更未见对此舌样小回的描述。此舌样小回居中央前回背外侧面中点偏前方,相当于头颈面部功能区,其在

Brodmann 分区中具体的定位,其皮质功能和所支配的范围,以及与头颈、面部的功能是否有密切联系,尚有待于多学科联合更深入地研究。

本研究结果中有关中央前沟形态学分类的研究与相关研究^[12-13]的数据结果有差异,和中国解剖学会体质调查委员会^[14]公布的国人中央前沟的数据相仿。究其原因,可能是由于扫描基线的不同,本实验采用的 AC-PC 线与 Naidich 等使用毗耳线(C-M 线)的夹角约为 7°^[8];另一方面,不排除人种胚胎发育的差异。

3.3 大脑中央前沟形态学研究在脑沟入路手术中的应用价值 Tomas 等^[15]认为,脑沟是脑在生长发育过程中由于皮质的折叠而形成,并强调这些折叠发生在两种细胞构筑有差异的皮质区域的边界。因此,脑沟成为脑功能分区的天然标志。大脑半球中央前沟邻近区域是中枢神经系统重要的功能区,其中部前方为额中回后部的书写中枢;下部前方为额下回后部的运动性语言中枢;后方为位于中央前回和中央旁小叶前部的第一躯体运动区,切除此区域病变,手术后容易产生或加重患者的运动功能、书写功能甚至是语言功能障碍。近年来,随着微创概念在神经外科临床工作中的深入,采用无框架神经导航系统和脑沟入路切除中央前沟邻近区域病变,获得了满意效果^[16]。

大脑中央前沟邻近区域的病变种类较多,脑膜瘤、胶质瘤、动静脉型血管畸形、海绵状血管瘤、转移瘤等均较常见。由于中央前沟后方的中央前回为运动功能区,多可较早出现明显的局灶神经功能障碍,所以即使是恶性程度较高的肿瘤也可在较早期发现^[17]。因此,此部位的病变均有较强的手术指征。但也正是因为此部位是重要的运动功能区,手术造成的损伤会严重影响患者的术后生活质量。而且脑表面中央前沟内走行有中央前沟动脉、静脉,它们匍匐于整个脑沟,对于脑沟的准确定位极为关键。手术成功的关键除了熟练的显微技术操作外,术前、术中准确的定位至关重要。

对于中央前沟邻近区皮层下深部的病变均适宜采用脑沟入路的手术方法,其中尤以海绵状血管瘤、炎性肉芽肿等良性病变更为合适,可有效保护中央前沟邻近区大脑皮层的重要功能,同时防止术后运动性失语症、失写症及皮层癫痫灶的形成^[18]。

[参 考 文 献]

[1] Pirotte B, Goldman S, Van Bogaert P, *et al.* Integration of [¹¹C] methionine-positron emission tomographic and magnetic resonance

imaging for image-guided surgical resection of infiltrative low-grade brain tumors in children [J]. *Neurosurgery*, 2005, 57 (1 Suppl): 128 - 139.

- [2] Pirotte B, Goldman S, Dewitte O, *et al.* Integrated positron emission tomography and magnetic resonance imaging-guided resection of brain tumors; a report of 103 consecutive procedures [J]. *J Neurosurg*, 2006, 104 (2): 238 - 253.
- [3] Jabre A, Patel A. Transsulcal microsurgical approach for subcortical small brain lesions; technical note [J]. *Surg Neurol*, 2006, 65 (3): 312 - 314.
- [4] 沈龙山, 王震寰, 张磊, 等. 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 [J]. *蚌埠医学院学报*, 2008, 33 (6): 712 - 715.
- [5] 沈龙山, 王震寰, 张磊, 等. 计算机辅助的三维定标法在大脑冠、矢状位 MRI 脑结构定位的研究 [J]. *蚌埠医学院学报*, 2008, 33 (6): 716 - 719.
- [6] Salamon G, Lecaque G. Choice of the plane of incidence for computed tomography of the cerebral cortex [J]. *J Comp Assist Tomogr*, 1978, 2 (1): 93 - 97.
- [7] Talairach J, Tournoux P. *Co-planar stereotactic atlas of the human brain* [M]. New York: Thieme Medical Publishers, Inc. 1988: 40 - 110.
- [8] 姚家庆, 戴蓓茹. 人脑立体定位应用解剖 [J]. 太原: 山西科学技术出版社, 2005: 9 - 12.
- [9] Qingmao HU, Wieslaw L. Knowledge-Driven Extraction of the Four Modified Talairach Cortical Landmark (A, P, L, and R) from MR Neuroimages. *Proceedings of the Fourth IEEE Symposium on Bioinformatics and Bioengineering*, 2004: 93 - 99.
- [10] Bhanu Prakash KN, Hu Q, Aziz A, *et al.* Rapid and automatic localization of the anterior and posterior commissure point landmarks in MR volumetric neuroimages [J]. *Acad Radiol*, 2006, 13 (1): 36 - 54.
- [11] 刘树伟, 张绍祥, 吴德昌, 等. 断层影像解剖学的现状与未来 [J]. *中国临床解剖学杂志*, 1997, 15 (1): 1 - 3.
- [12] Tamraz JC, Comair YG. *Atlas of regional anatomy of the brain using MRI* [M]. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2000: 60 - 126.
- [13] Naidich TP, Valavanis AG, Kubik S. Anatomic relationships along the low-middle convexity: part I-normal specimens and magnetic resonance imaging [J]. *Neurosurgery*, 1995, 36 (3): 517 - 532.
- [14] 黄灏. 中国人解剖学数值 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2002: 365 - 366.
- [15] Paus T, Tomaiuolo F, Otaky N, *et al.* Human cingulate and paracingulate sulci: pattern, variability, asymmetry, and probabilistic map [J]. *Cerebral Cortex*, 1996, 6 (2): 207 - 214.
- [16] 刘桂彪, 陈家康, 郑捷敏, 等. 立体定向显微手术治疗大脑半球运动区病灶 [J]. *中国微侵袭神经外科杂志*, 2006, 11 (10): 473.
- [17] 李振平. 临床中枢神经解剖学 [M]. 北京: 科学出版社, 2003, 155 - 235.
- [18] 叶伟, 杨海城, 陈赞, 等. 中央前沟入路中央前回深部病变的显微切除术 [J]. *中华神经外科杂志*, 2004, 20 (6): 493 - 495.