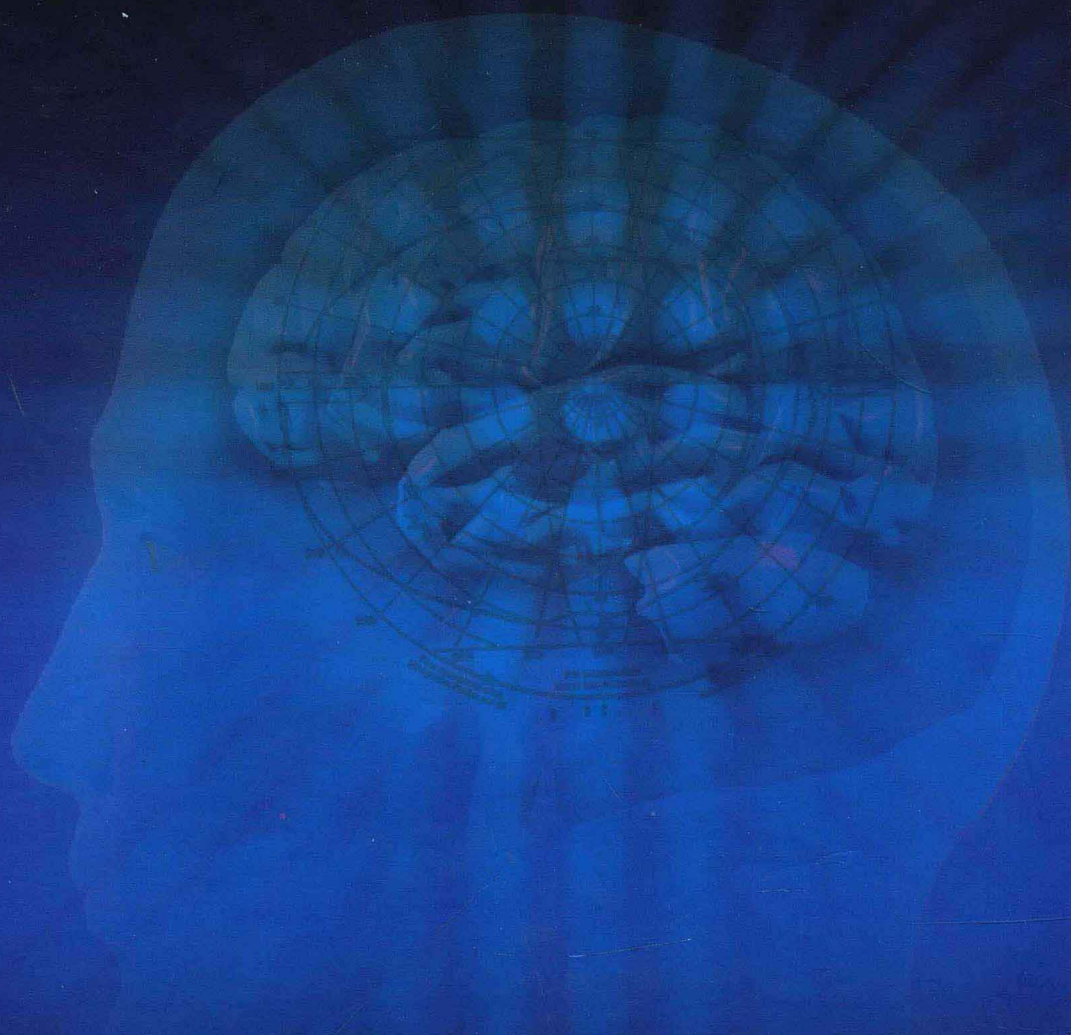


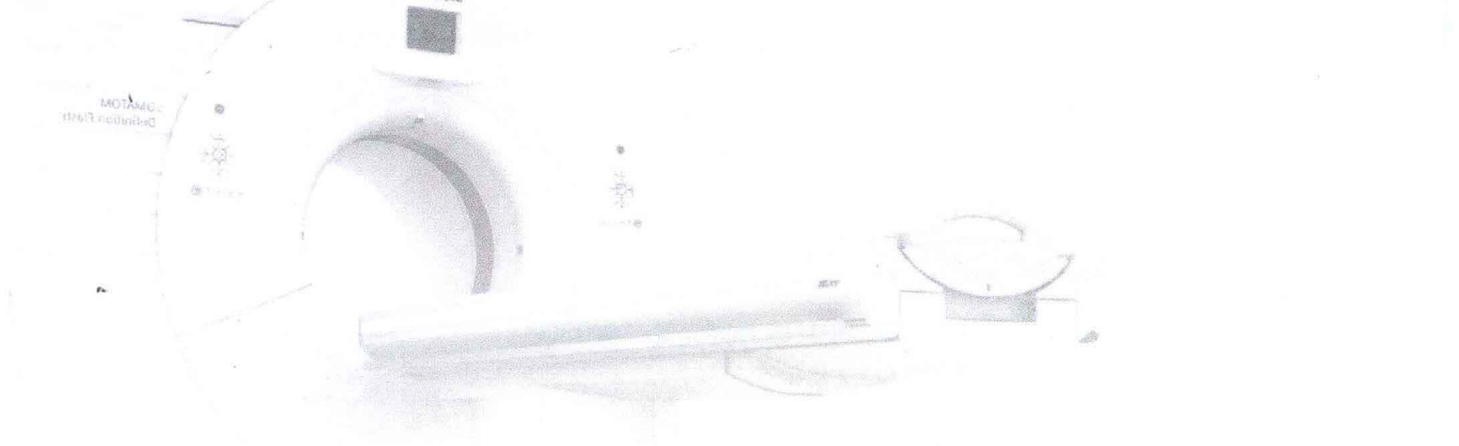
精准神经外科

术中磁共振和功能神经导航



主编 许百男

人民卫生出版社



精准神经外科

术中磁共振和功能神经导航

主 编 许百男

副主编 陈晓雷

编著者 (按姓氏笔画顺序排列)

卜 博 (中国人民解放军总医院神经外科)
马晓东 (中国人民解放军总医院神经外科)
王 飞 (中国人民解放军总医院神经外科)
朱儒远 (中国人民解放军总医院神经外科)
刘 苗 (中国人民解放军总医院手术中心)
孙 立 (中国人民解放军总医院麻醉科)
孙正辉 (中国人民解放军总医院神经外科)
孙国臣 (中国人民解放军总医院神经外科)
步 啸 (中国人民解放军总医院神经外科)
时文珠 (中国人民解放军总医院麻醉科)

宋志军 (中国人民解放军总医院神经外科)
张 军 (中国人民解放军总医院神经外科)
陈晓雷 (中国人民解放军总医院神经外科)
武 琛 (中国人民解放军总医院神经外科)
孟祥辉 (中国人民解放军总医院神经外科)
赵 岩 (中国人民解放军总医院神经外科)
侯远征 (中国人民解放军总医院神经外科)
姜金利 (中国人民解放军总医院神经外科)
凌至培 (中国人民解放军总医院神经外科)
潘隆盛 (中国人民解放军总医院神经外科)

人民卫生出版社

图书在版编目(CIP)数据

精准神经外科:术中磁共振和功能神经导航 / 许百男主编.
—北京:人民卫生出版社, 2013
ISBN 978-7-117-17554-8

I. ①精… II. ①许… III. ①核磁共振成像—临床应用—神经外科手术 IV. ①R445.2②R651

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 167807 号

人卫社官网	www.pmph.com	出版物查询, 在线购书
人卫医学网	www.ipmph.com	医学考试辅导, 医学数据库服务, 医学教育资源, 大众健康资讯

版权所有, 侵权必究!

精准神经外科
术中磁共振和功能神经导航

主 编: 许百男
出版发行: 人民卫生出版社(中继线 010-59780011)
地 址: 北京市朝阳区潘家园南里 19 号
邮 编: 100021
E - mail: pmph@pmph.com
购书热线: 010-59787592 010-59787584 010-65264830
印 刷: 北京盛通印刷股份有限公司
经 销: 新华书店
开 本: 889×1194 1/16 印张: 14
字 数: 433 千字
版 次: 2013 年 8 月第 1 版 2013 年 8 月第 1 版第 1 次印刷
标准书号: ISBN 978-7-117-17554-8/R·17555
定 价: 150.00 元
打击盗版举报电话: 010-59787491 E-mail: WQ@pmph.com
(凡属印装质量问题请与本社市场营销中心联系退换)

作者简介

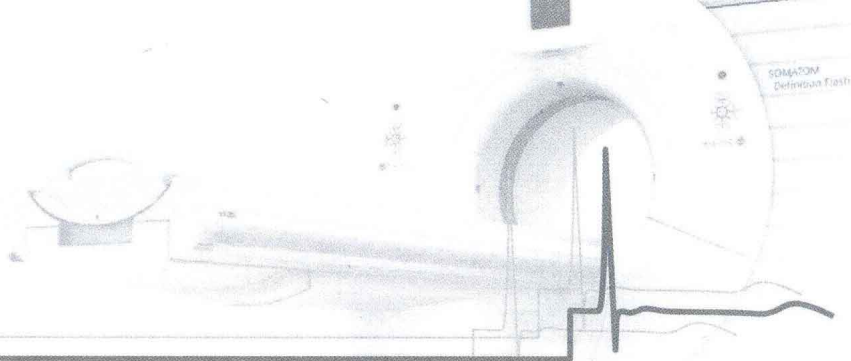
解放军总医院神经外科主任、教授、博士生导师。1977年毕业于中国医科大学，1982年入解放军总医院攻读研究生，获博士学位。1989—1990年和1994—1997年先后赴日本、美国研修，分别在日本顺天堂大学、美国霍普金斯大学神经外科和美国宾夕法尼亚大学神经外科攻读神经外科博士、做访问学者并做博士后。现任中华医学会神经外科分会副主任委员兼秘书长，解放军神经外科专业委员会主任委员，中国医师协会神经外科分会副会长，北京医学会神经外科学分会副主任委员、中国医师协会神经外科脑血管病专家委员会主任委员。《中华神经外科杂志》等多种专业杂志副主编、常务编委或编委。

主要从事颅内肿瘤、脑血管病、颅脑损伤的临床诊治和基础研究。在复杂颅内动脉瘤的手术治疗、颅底和脑深部病变及脑干肿瘤、颅脑损伤等方面取得了显著成绩，例如开展国内首例深低温停循环夹闭并切除基底动脉瘤获得成功，开展国内首例颅内巨大动脉瘤切除并直接吻合载瘤动脉获得成功，为提高我国颅内动脉瘤手术治疗水平作出了重要贡献。《颅内复杂动脉瘤的显微外科治疗》曾获亚洲神经外科年会一等奖及王忠诚神经外科年度学术奖。对于大型听神经瘤手术全切率达95%，面神经保存率达90%，耳蜗神经保存率达29%。2009年在中国（包括港澳台地区）率先引进首套高场强术中核磁和功能神经导航技术平台，首次提出“精准神经外科”的理论，实现了“病变切除最大化，功能损伤最小化，手术结果最佳化”，推动了我国神经外科的发展，并在2010年美国神经外科年会和美国放射科年会就此项技术做专题发言，引起了海内外强烈反响，使我国术中影像和功能神经导航技术跨入世界先进水平。

主编专著有《脑血管病显微手术图谱》、《神经外科疾病病案分析》等，主译《神经外科手术学》，参编多部神经外科专著。在国内外发表论文百余篇。曾获国家及军队各项科技进步和医疗成果奖16项，其中重大医疗成果奖1项，一等奖1项，二等奖10项，三等奖5项。承担多项国家和省部级重点课题。曾获总后科技银星称号及第二届王忠诚神经外科年度医师奖，享受国务院颁发的政府特殊津贴。



许百男



在现代神经外科发展史中,有两个重要里程碑:显微神经外科和微侵袭神经外科。显微神经外科在国外开展是上世纪 60 年代,我国因受文化大革命的影响,在 1976 年才开展,比国外晚 10 余年。神经导航外科是微侵袭神经外科一个重要组成部分,因为它不仅使几代神经外科医生的梦想成真,而且使显微神经外科、锁孔外科、内镜神经外科、颅底外科如虎添翼,改变了现代神经外科虽有先进的影像诊断手段和微侵袭外科技术,却在手术方案设计、病灶定位和切除等方面仅凭主观和经验的落后局面,使现代神经外科更趋于微创、精确、安全和有效。神经导航外科所用的手术导航系统,是在 1986 年研发和应用于临床。我国广州、北京、天津和上海在 1997 年引进该设备,开展临床应用和研究。但是,在临床实践和实验的研究中发现,神经导航外科仍有其固有的局限性,例如,神经导航应用术前影像资料(如 CT、MRI)来指导手术,手术中脑移位(或称漂移)会影响导航的准确性和安全性。因此,人们致力于研发术中成像技术和术中影像导航。

最早应用术中成像的技术是 CT(Shalif, 1979)和超声(Rubin, 1980)。虽然这两种技术近来有很大改进,但它们对软组织的分辨率不如 MRI,加之 CT 有放射性,长期在此环境下工作,对人体有一定伤害。因此,目前 MRI 是术中成像的主要技术。最早报道应用术中 MRI 是 Alexander(1976),经 10 余年努力,术中 MRI 成像技术和术中 MR 导航设备均有很大的进步。现在术中 MRI 已从低场强($<1\text{ Tesla}$),发展到高(1.5 T)和超高($\geq 3.0\text{ T}$)场强,从诊断用的 MRI 发展到手术专用或手术/诊断两用、可移动性的 MRI 设备。国外应用低、高和超高场强术中 MRI 分别是 1996、2002 和 2008 年,我国则分别是 2006、2009 和 2010 年。可见,在术中 MRI 硬件上我国与国外的差距在逐步缩小。更可喜的是,我们不仅在引进和应用,而且开展临床应用研究和创新。中国人民解放军总医院在 2009 年引进国内第一台高场强术中 MRI,许百男教授率领该院神经外科应用该设备,不仅治疗大量病人,而且开展研究,提出了“精准神经外科”(Precise and accurate neurosurgery)的理念。此理念强调充分应用多模态脑功能成像、术中影像和神经导航等高科技手段,全面细致地进行术前计划、风险评估,并以影像导航指导术中病变切除和功能结构保护。虽然新理念的提出,还须大量实践验证,但是,许教授勇于创新 and 开拓的精神是值得赞许和令人钦佩的。

许百男教授主编《精准神经外科:术中磁共振和功能神经导航》一书不仅充分展现“精准神经外科”的理念,而且在大量临床资料、丰富的临床经验基础上,详细阐述术中 MRI 导航的应用、对术时麻醉、围手术期护理、MRI 应用序列等也进行了详细描述,图文并茂,可读性强。我相信,该书的出版不仅对正在或准备开展术中 MRI 导航外科临床应用和研究的有关人员大有裨益,造福病人,而且促进我国微侵袭神经外科发展,并跻身世界先进行列。

复旦大学附属华山医院
上海市神经外科临床医学中心
复旦大学神经外科研究所

 院士

2013 年 3 月 18 日

序 二



中国人民解放军总医院于 2002 年引入神经导航系统,迈入了现代术中影像导航的新时期。2009 年 2 月,又引进了国内首台高场强术中磁共振(iMRI),建设了设施一流、功能先进的磁共振复合手术平台。2012 年 6 月 28 日,第 1000 例 iMRI 引导的手术顺利完成,成为解放军总医院神经外科影像导航手术快速发展的里程碑。

四年来,在国内尚乏既往经验可以借鉴的情况下,总医院神经外科在许百男教授的带领下,克服种种困难,在术中磁共振引导下手术这一高精尖领域,创立了一整套安全高效的运行管理机制,培养了一批优秀的复合型人才,建立了完善的数据库,取得了骄人的成绩。在此基础上,许百男教授又率先提出“精准神经外科”的理念,并在国内外各类学术会议上多次报告,得到广泛的认可和赞许,被认为是“微创神经外科”的延伸和拓展。

本书在大量临床实践的基础上编纂而成,是国内第一部详细阐述精准神经外科理论、技术细节和临床应用的专著,内容翔实,图文并茂,相信会对神经外科及相关专科医师有益。其他专业,如耳鼻喉科、骨科、医学工程和医学计算机工作人员也可从中得到启示。

中华医学会神经外科学分会主任委员
解放军总医院全军神经外科研究所所长

2013 年 3 月·北京

前言

早在 1917 年,现代神经外科的奠基人,Harvey Cushing 教授就提出“神经外科手术操作必须精细准确,手法细腻,要尽力保护脑组织”等概念,这可以认为是最早期的精准神经外科理念。然而,在相当长的时期内,由于诊疗技术和手段的落后,神经外科的发展还很难达到“精准”的要求。20 世纪 60 年代以后,得益于科技的进步和高科技手段在临床的广泛应用,现代神经外科有了大的飞跃。电子计算机 X 线断层扫描(CT)及磁共振成像(MRI)技术的临床应用,解决了神经外科准确定位颅内病变的难题。而 1968 年以瑞士学者 Yasargil 为代表的神经外科学家首先开展在显微镜下进行手术操作,由于手术视野放大及良好的照明,使得手术精细性大为提高,邻近组织的损害机会明显减少。得益于这些高科技手段在神经外科的应用,当代神经外科才逐步过渡到了“微侵袭神经外科”时代,并引起了过去 20~30 年间神经外科的技术飞跃,尤其是在颅底外科和内镜手术方面。然而,几乎是在同一时期内,大脑半球实质内,尤其是涉及功能区的手术方法却并无很大改进。究其原因,主要在于缺乏客观、准确的术中质量控制手段和脑功能区显像方法,只能依靠手术者的经验和解剖知识去判断功能区位置和肿瘤切除程度,这显然称不上“精准”,也很难做到“微侵袭”。近年来,随着影像科学和计算机技术的进步,术中成像(intra-operative imaging)和功能神经导航(functional neuro-navigation)得到临床应用。借助于术中成像手段,不仅能在术中精确、高效地定位脑功能区,还可以及时更新病灶的术中影像,并提供实时的导航指示,具有很高的临床实用价值。再次得益于高科技手段,当代神经外科又向“精准神经外科”的目标迈进了一大步。

回顾历史,自微侵袭神经外科的概念被提出以来,神经外科技术、设备和理念已经有了很大的进步。神经外科的治疗目的也有了很大改变,由保护运动、感觉等基本神经功能,逐步发展到保护语言、情感等高级精神活动功能,以求真正能使患者在获得救治后最大程度地重新积极参与到社会生活中去。在这种背景下,当代精准神经外科应运而生。它脱胎于微侵袭神经外科,是微侵袭神经外科理念的合理延伸和升华。精准神经外科以近年来神经影像学、显微神经解剖学和功能神经导航的深入发展为理论基础,以显微神经外科为技术基础,并结合了最新的影像导航(image guided surgery, IGS)和术中成像(intra-operative imaging)技术,代表了神经外科未来的发展方向。该理念的核心内容强调神经外科术前评估和手术计划制订,应将神经影像学分析、解剖学评估和计算机辅助技术相结合。在手术时则应利用术中成像和功能神经导航技术及时更新手术计划,以求真正实现“3M”目标,即最大化地切除病变(maximal removal of lesion),最小化地损伤脑功能(minimal injury to neurologic function)和最佳的术后恢复(maximal recovery)。

中国人民解放军总医院神经外科自 2009 年 2 月在国内率先开展高场强(1.5T)术中磁共振和多模态功能神经导航的临床工作,在过去的 3 年中,积累了丰富的临床应用经验。为了能在国内更好地推广精准神经外科的理念及术中磁共振和功能神经导航的应用,特地编写了这本《精准神经外科:术中磁共振和功能神经导航》。在本书中,我们力求能根据不同病变的具体特点,提供简便可靠的操作流程,给从事相关工作的人员提供一本实用简洁的参考书。

许百男

中国人民解放军总医院神经外科

目 录

上篇 总 论

第一章 术中磁共振的历史和现状	3
第二章 功能神经导航技术概论	8
第一节 历史与发展	8
第二节 原理及技术流程	10
第三节 准确性及临床应用	13
第三章 术中磁共振手术中的麻醉配合	16
第四章 术中磁共振手术中的护理安全	20
第五章 磁共振相关技术	26
第一节 磁共振波谱成像	26
第二节 功能磁共振成像	32
第三节 弥散张量成像及白质纤维束追踪技术	37

下篇 术中磁共振和功能神经导航的临床应用

第六章 枕叶病变手术	45
第七章 岛叶肿瘤手术	58
第八章 中央区及顶叶肿瘤手术	80
第九章 丘脑肿瘤手术	92
第十章 颞叶肿瘤手术	107
第十一章 经鼻蝶鞍区肿瘤手术	127
第十二章 颅底肿瘤手术	136
第一节 颈静脉孔区肿瘤手术	136
第二节 斜坡脊索瘤手术	141

第十三章 脑干肿瘤手术..... 149

第十四章 脑血管病手术..... 157

 第一节 海绵状血管瘤手术..... 157

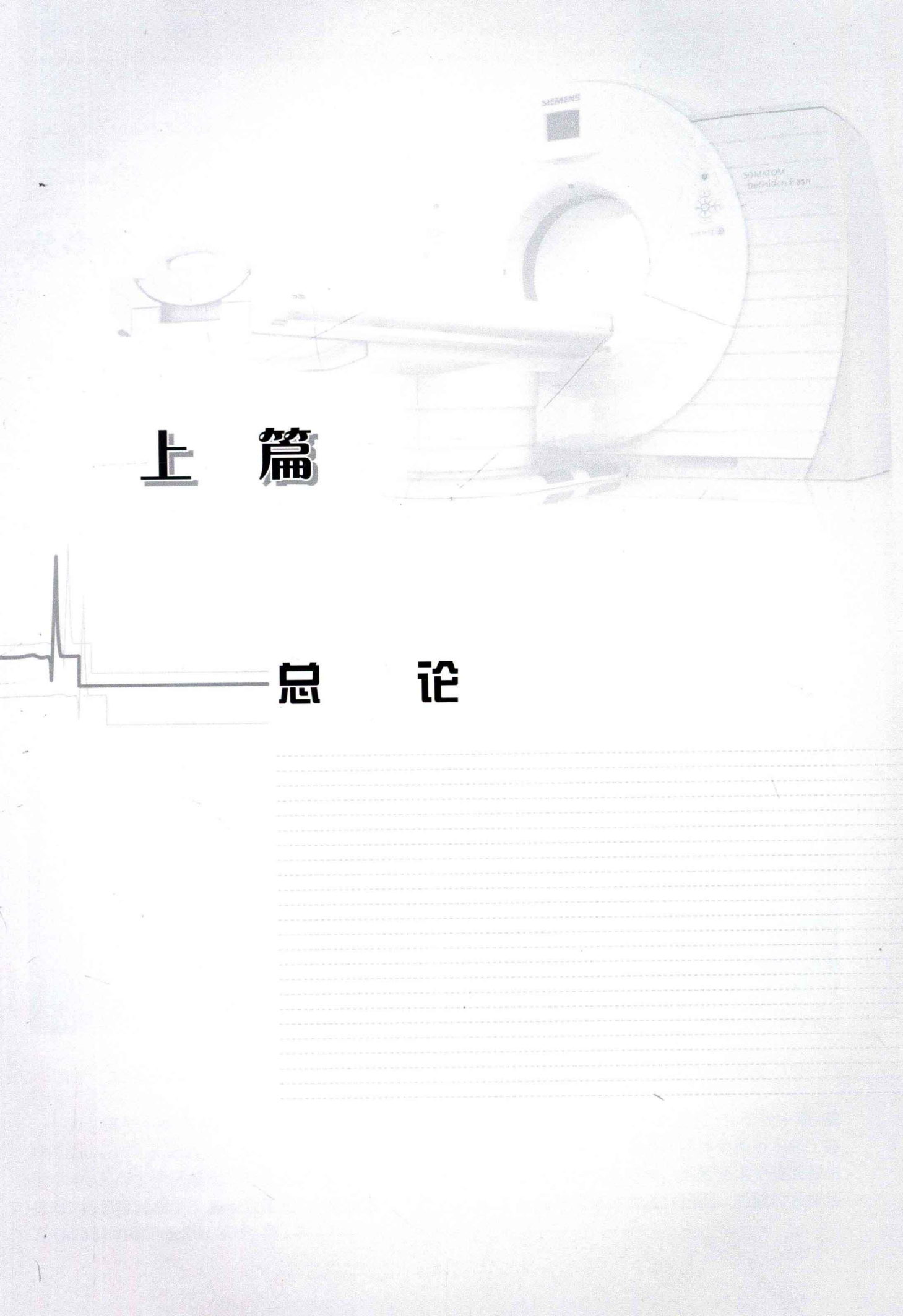
 第二节 脑动静脉畸形手术..... 171

第十五章 脑功能性疾病手术..... 183

 第一节 帕金森病 DBS 植入手术 183

 第二节 无框架导航射频毁损术..... 190

附录..... 210

The background of the page features a faint, light blue illustration of a Siemens SOMATOM Definition Flash CT scanner. The scanner is a large, white, C-shaped machine with a patient bed extending from its center. The brand name 'SIEMENS' is visible on the top left of the gantry, and 'SOMATOM Definition Flash' is printed on the right side. To the left of the scanner, there is a stylized, dark blue ECG (heart rate) line that starts with a sharp peak and then levels out into a horizontal line.

上 篇

总 论

第一章

术中磁共振的历史和现状

20 世纪 80 年代初 Lunsford 首先使用术中 CT 指导手术, 开创了术中影像学的新纪元。但 CT 扫描有许多不足, 如放射线的副作用、仅能进行横断面扫描、软组织显像质量差等, 限制了术中 CT 的发展。磁共振 (MRI) 具有无放射损伤, 软组织分辨率高, 并可提供矢状面、冠状面、横断面图像等优点, 因此, 术中磁共振便成为了神经外科医师的自然诉求。1993 年世界第一台术中磁共振 (intraoperative magnetic resonance imaging, iMRI) 在美国哈佛大学医学院 Brigham 医院投入临床使用, 此后, 术中磁共振逐渐被认为是神经外科非常重要的影像指导工具。Brigham 医院的术中磁共振系统为垂直双圈的开放磁体系统, 又被称为“双甜甜圈”(double donuts) 系统 (图 1-1)。磁体间有 56cm 的间隙, 供放置患者头部及手术之用, 场强 0.5T。此后, 在明尼苏达等地, 又有少数此类系统投入使用。使用此类系统时, 手术操作在磁体间进行 (图 1-2), 因此可以快速更新手术区域的 T2 扫描图像 (约 2 秒 / 次), 能够得到近似于实时动态的术中磁共振图像。但正因如此, 所以要求使用磁共振兼容的手术设备 (如显微镜、电凝机等) 和手术器械, 投资费用很高, 而狭小的手术操作空间 (56cm) 也使手术者手术时的舒适程度大大降低。此外, 由于场强较低, 此类系统仅能进行术中解剖结构成像, 且成像质量较低, 无法进行脑功能成像 (如纤维束成像等)。

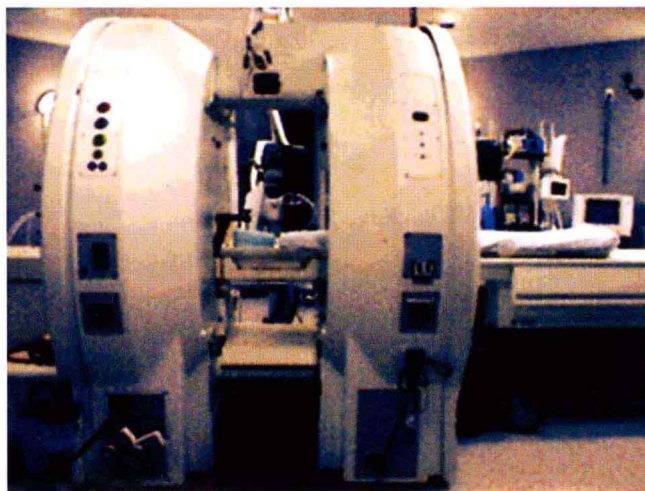
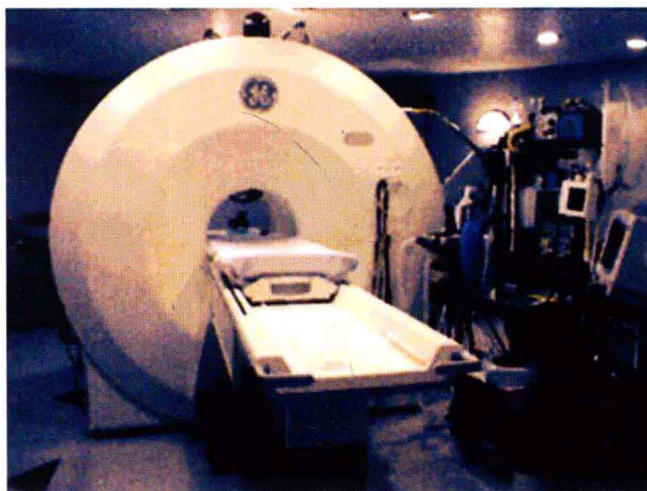


图 1-1 垂直双圈的开放磁体术中磁共振

该系统为世界上第一台术中磁共振系统, 1993 年在美国哈佛大学医学院 Brigham 医院投入临床使用

为了降低系统成本, 使用常规手术设备和器械, 并改善手术者的舒适程度, 20 世纪 90 年代中期, 德国 Erlangen-Nuernberg 大学医学院神经外科开发了新型的术中磁共振系统。患者在磁体外的手术床上接受手术, 因为手术区域此时位于 5 高斯线 (5G) 以外, 所以可以使用常规手术器械。当需要术中磁共振扫描时, 将患者转运至滑动检查床上, 并滑动进上下排列的 0.2T 场强开放磁体内进行扫描。类似的系统还有 Odin 公司的 PoleStar 系统 (图 1-3)。



图 1-2 垂直双圈的开放磁体术中磁共振

使用此系统时, 手术操作在磁体间进行, 所用的设备及手术器械均需磁共振兼容

2006 年, 我国上海华山医院引进国内第 1 台 0.15T 低场强术中磁共振即为 PoleStarN20 系统。此类系统的优势是, 可以使用常规手术器械, 降低了整体成本, 同时, 手术者有足够的操作空间, 操作舒适度较好, 但同样存在场强太低, 无法进行术中功能成像等缺点。

高质量磁共振图像和脑功能成像要求使用高场强封闭磁体系统, 为了解决这一难题, 1999 年, Sutherland 等报道了移动磁体的术中磁共振系统(图 1-4)。

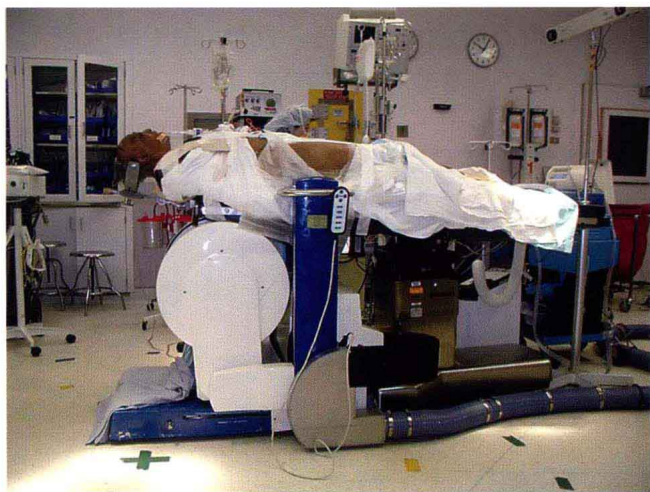


图 1-3 PoleStar 系统

该系统有一个可升降的 0.12T(后升级为 0.15T)开放磁体, 当需要进行术中磁共振扫描时, 才将磁体升起至手术区域进行扫描

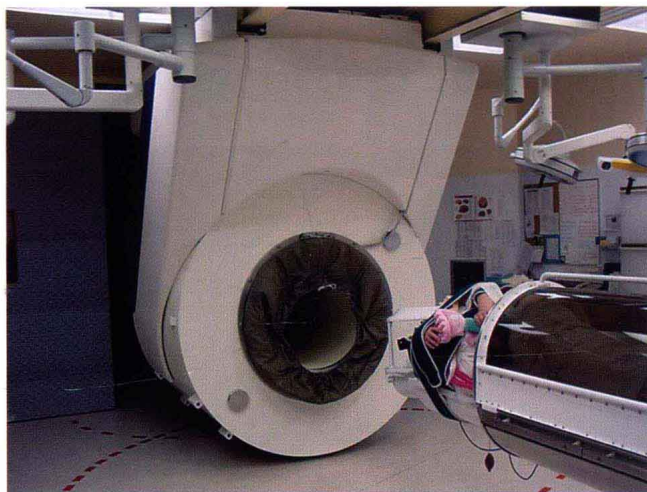


图 1-4 移动磁体式的术中磁共振系统

1.5T 磁体被安装在天花板上的特制轨道上。通常情况下, 磁体位于手术室外, 在需要进行术中磁共振扫描时, 将磁体沿轨道滑动至手术室内进行成像

2003 年, 德国 Erlangen-Nuernberg 大学医学院神经外科率先使用了旋转床式的高场强(1.5T)术中磁共振系统(BrainSuite, BrainLAB 公司)(图 1-5A)。在此系统内, 手术区域位于 5G 线以外, 可以使用常规手术器械(图 1-5B)。当需要进行术中 MRI 扫描时, 将手术床旋转进入磁体内进行扫描(图 1-5C)。

该系统的优点是: 磁体场强高, 图像质量好, 且能进行术中脑功能成像; 使用标准手术器械, 节省了开支。缺点是: 间断进行扫描, 不能实时获取图像; 由于磁体和手术患者在同一房间内, 因此, 在手术过程中, 即使未进行术中扫描时, 其他患者也不能使用该磁共振机, 降低了系统的使用效率。

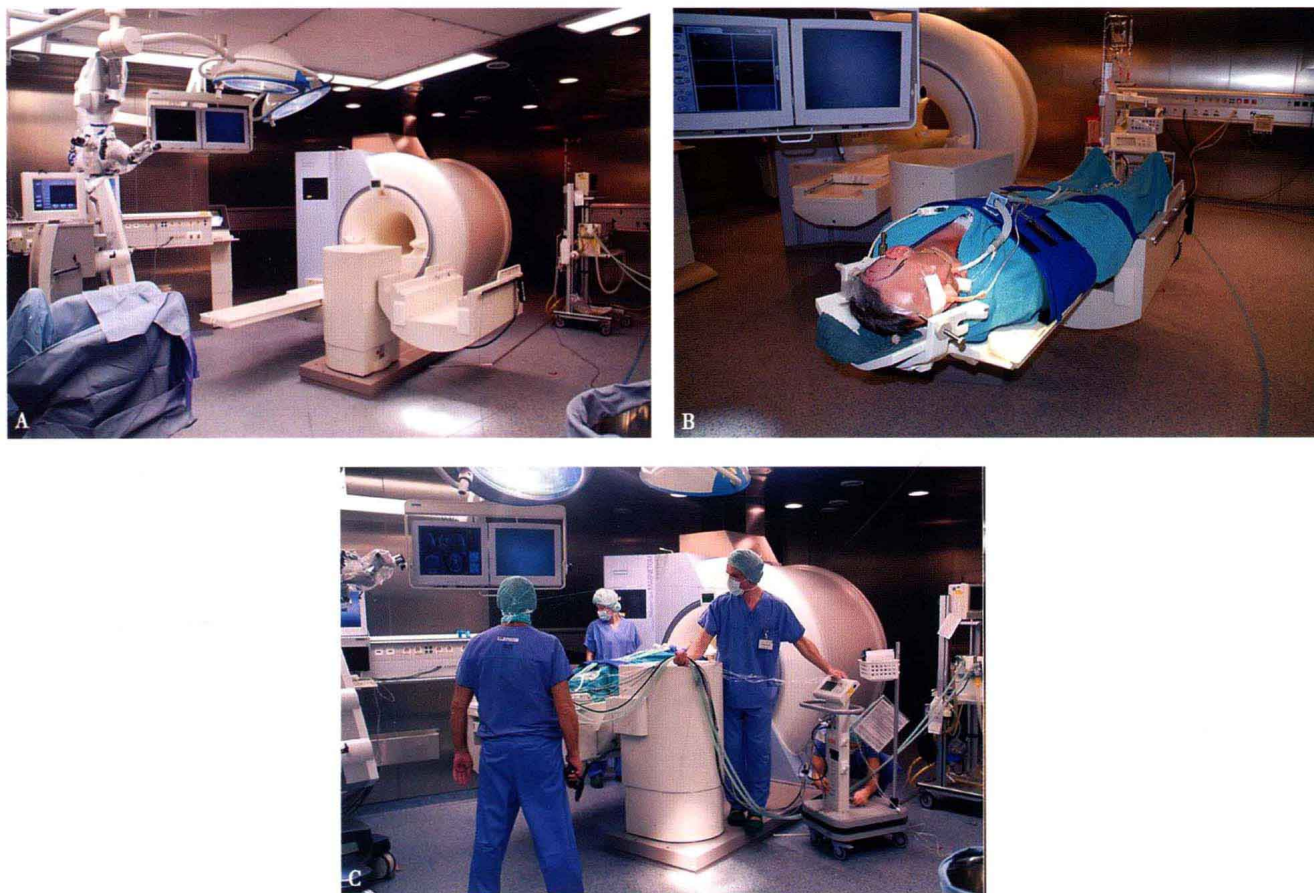


图 1-5 德国 Erlangen-Nuernberg 大学术中磁共振系统

A. 术中磁共振系统由固定的磁体及可旋转手术床构成, 手术床位于 5 高斯线 (5G) 以外, 可以使用常规手术器械; B. 患者固定在手术床上进行常规麻醉及手术; C. 术中进行磁共振扫描时, 将手术床连同患者旋转进入磁体进行扫描

为了提高系统使用效率, 同时采用高场强磁体以提高图像质量, 两种新的系统被开发出来。这两种系统基本设计都是双房间系统, 一间是手术室, 一间是诊断室, 使用高场强磁体 (1.5T 或 3T), 因此能在获得良好术中影像的同时, 进行脑功能成像。这两种系统的根本区别在于进行扫描时, 是移动患者还是移动磁体。

以比利时 Louven 大学 (图 1-6) 和日本 Tokai 大学 (图 1-7) 为代表的系统中, 磁体固定于诊断室内, 在不需要进行术中扫描时, 可以进行常规诊断性扫描。当需要进行术中扫描时, 将患者包裹无菌巾后, 连同手术床、麻醉机和监护仪等, 沿地轨或是转运床, 运送至诊断室内进行扫描。此类系统的主要问题在于移动患者时, 麻醉、监护设备和管道需要和患者一起移动, 存在安全隐患。而为了确保安全, 又需要多个工作人员陪同患者一起移动, 费时费力。

另一种设计为移动磁体, 当不需要进行术中扫描时, 磁体位于诊断室内, 可以进行诊断性扫描 (图 1-8A)。需要进行术中扫描时, 将磁体沿轨道滑动至手术室内进行扫描 (图 1-8B)。该系统由于不用移动患者, 在很大程度上提高了安全性, 只需一人即可完成移动磁体的工作, 省时省力。2008 年, 中国人民解放军总医院引进国内第 1 台 1.5T 高场强术中磁共振 (加拿大 IMRIS 公司) 即为移动磁体的双室系统 (图 1-8)。

场强是影响磁共振成像质量和成像功能的一个重要因素。高场强术中磁共振多指磁场强度为 1.5T 或以上系统, 主要产品有西门子 Magnetom Symphony 系统 (1.5T)、Magnetom Espree 系统 (1.5T)、GE 公司 Waukesha WI 系统 (3T) 和 Philips 系统 (3T) 等。高场强术中磁共振系统术中成像质量很高, 而且能进行脑功能成像。高场强系统成像时将患者移入系统内或根据需要将磁体移入、移出手术室, 术中仍可使用多数传统手术器械及仪器, 节约了器械方面的投资, 患者体位和医师操作与常规手术一样不受限制。此

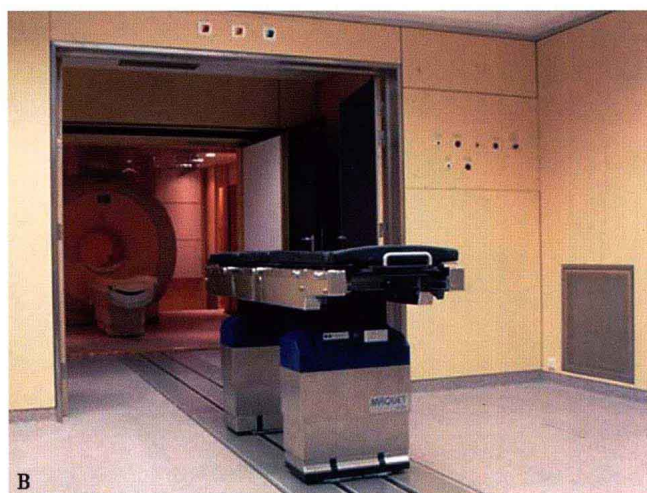
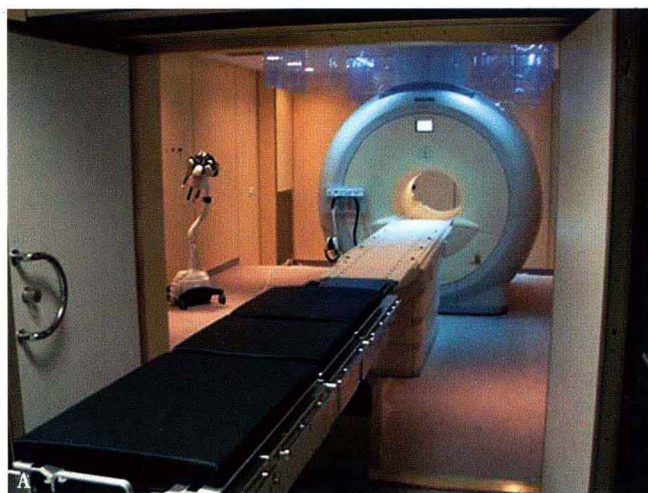


图 1-6 比利时 Louven 大学术中磁共振系统
双室设计，术中扫描时手术床沿地轨运送至诊断室进行扫描



图 1-7 日本 Tokai 大学术中磁共振系统
双室设计，术中扫描时应用转运床将患者运送至诊断室进行扫描

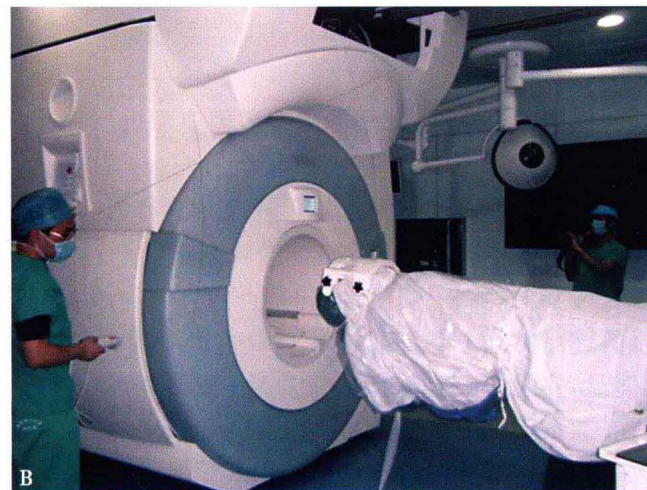


图 1-8 解放军总医院术中磁共振系统
双室设计，需要进行术中扫描时，将磁体沿轨道滑动至手术室内进行扫描，不需要移动患者，单人即可完成

外,高场强术中磁共振系统信噪比、空间分辨率提高,成像质量更佳,可完成常规诊断 MRI 的各种功能成像。这些功能使高场强术中磁共振既有诊断功能又有治疗功能。但高场强术中磁共振系统使用成本高,多需专业改建和严密屏蔽的手术室。此类系统更适合具有一定术中磁共振使用经历,需要进行临床研发的较大型医疗机构使用。在术中磁共振问世之初,由于技术和经济条件的限制,多数单位使用低场强术中磁共振系统。近年来,高场强术中磁共振系统因图像清晰且不限患者体位和医师的操作空间,吸引了许多单位选择使用。

低场强术中磁共振指磁场强度低于 0.5T 的系统,主要产品有 GE 公司 Signa SP(0.5T)、西门子公司 MAGNETOM Open(0.2T)和以色列 Odin 公司 PoleStarN10(0.12T)、PoleStarN20(0.15T)等。低场强术中磁共振多为开放式系统。使用成本低,对手术室改建要求不高,手术及麻醉器械要求低磁性,术中成像较方便,可以确认肿瘤边界、指导穿刺活检、纠正脑移位。但低场强磁体导致成像时间延长,信噪比低,空间分辨率低,扫描序列单一,且无法进行术中脑功能成像,多数设备限制了患者的体位及医师的操作空间,造成使用效率下降。低场强术中磁共振适合刚刚开始采用术中磁共振的医疗机构使用。

(陈晓雷)

参考文献

1. Black P M L, Moriarty T, Alexander III E, et al. Development and implementation of intraoperative magnetic resonance imaging and its neurosurgical applications. *Neurosurgery*, 1997, 41(4): 831-845.
2. Sutherland G R, Louw D F. Intraoperative MRI: a moving magnet. *Canadian Medical Association Journal*, 1999, 161(10): 1293-1293.
3. Steinmeier R, Fahlbusch R, Ganslandt O, et al. Intraoperative magnetic resonance imaging with the magnetom open scanner: concepts, neurosurgical indications, and procedures: a preliminary report. *Neurosurgery*, 1998, 43(4): 739-747.
4. Hatiboglu M A, Weinberg J S, Suki D, et al. Impact of intraoperative high-field magnetic resonance imaging guidance on glioma surgery: a prospective volumetric analysis. *Neurosurgery*, 2009, 64(6): 1073-1081.

第二章

功能神经导航技术概论

第一节 历史与发展

导航辅助下的神经外科手术是微侵袭神经外科技术的重要组成部分之一,是由立体定向手术、数字化扫描技术、计算机软硬件技术和显微外科技术等的最新进展综合发展而来,是一种人工智能化的神经外科手术辅助系统,它使神经外科手术的定位更精准,术中精细测量变得非常简单,误差降低到最小,减少手术时间和侵袭性,能够保证手术的精确定位、最大切除病灶、最小神经功能损伤,使一些神经外科手术禁区得以突破。如果说显微镜是对神经外科的第一次革命性发展,那么神经导航技术无疑是神经外科的第二次革命。

虽然 20 世纪 90 年代才逐渐发展起来,随着计算机技术日新月异的发展,神经导航技术已经从最早的单纯解剖导航发展成为了功能神经导航,即通过图像融合技术,将脑磁图(magneto encephalography, MEG)、功能磁共振成像(functional magnetic resonance imaging, fMRI)、弥散张量成像(diffusion tensor imaging, DTI)、磁共振波谱成像(magnetic resonance spectroscopy, MRS)等功能影像资料与 CT、磁共振解剖成像等融合在一起并进行三维重建,从而直观地定位病变与功能皮层、传导束及血管之间的空间关系,在术前帮助手术医师制订虚拟手术计划。通过先进的注册配准技术,将影像坐标系统与手术野内的位置动态链接起来,能够提供术中实时持续定位。如果神经导航系统与手术显微镜整合在一起,还可以实现显微镜下导航,术者能够在显微镜下更加直观地看到导航的指示。此外,神经导航系统与术中磁共振系统、术中超声、术中皮层电刺激等结合在一起能够不同程度地纠正术中脑移位造成的导航偏差,其中术中磁共振成像技术能够根据术中成像结果实时更新导航,被认为是目前纠正脑移位的最佳办法。

神经导航技术的发展简史

1908 年首次出现立体定向技术, Horsely 等应用立体定向框架进行神经系统术中定位,可以比较精确地定位幕上的病变,虽然立体定向框架有很多局限性,但其定向技术的基本概念和原理奠定了立体定向手术的基础。随着人们对神经系统解剖、生理和病理学知识的不断深入了解,出现了多种更精确实用的立体定向头架,立体定向手术技术得到不断地完善和发展。1947 年 Spiegel 等将有框架立体定向仪做了进一步改进,使有框架立体定向技术开始在神经外科广泛应用而且日趋成熟。但有框架立体定向技术操作过程繁琐,不能动态地指导手术操作,手术计划不能实时改变,且器械笨重,立体定向框架阻碍手术操作,计算复杂等,给患者带来一定痛苦,有时会影响到开颅手术操作及术野的显露,对于颅后窝及颅底手术也有其局限性,因而其主要应用于功能神经外科或定向组织活检。

20 世纪中后期,随着计算机体层摄影术(computed tomography, CT)及磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)的相继问世和计算机技术的发展,影像引导技术(image guidance)逐渐被引入外科手术过