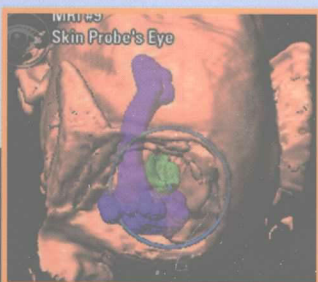
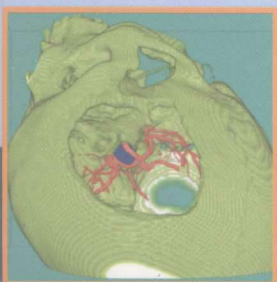


计算机辅助 神经外科手术学

主 编 章 翔 王守森 ●



人民卫生出版社

R 651-39
0087

计算机辅助 神经外科手术学

● 主 编 章 翔 王守森

副主编 田增民 荆俊杰 陈宏颀 王占祥

北京市鼓楼医院
图书馆藏书



B0009522

B0009522

人民卫生出版社

图书在版编目(CIP)数据

计算机辅助神经外科手术学 / 章翔、王守森主编. —北京:
人民卫生出版社, 2013.8

ISBN 978-7-117-17440-4

I. ①计… II. ①章…②王… III. ①计算机应用—神经外科
手术 IV. ①R651-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 135699 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!

计算机辅助神经外科手术学

主 编: 章 翔 王守森

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: 三河市宏达印刷有限公司

经 销: 新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 28

字 数: 699 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 978-7-117-17440-4/R·17441

定 价: 188.00 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)

编者名单

编者 (以姓氏笔画为序)

- | | | |
|-----|----------------|---------|
| 马翔宇 | 山东大学齐鲁医院神经外科 | 主治医师 博士 |
| 王占祥 | 厦门大学附属第一医院神经外科 | 教授 |
| 王西玲 | 第四军医大学西京医院神经外科 | 主管护师 |
| 王伟民 | 广州军区广州总医院神经外科 | 教授 |
| 王守森 | 南京军区福州总医院神经外科 | 教授 |
| 王如密 | 南京军区福州总医院神经外科 | 教授 |
| 王丽娟 | 南京军区福州总医院手术室 | 主管护师 |
| 王逢鹏 | 厦门 174 医院神经外科 | 主治医师 硕士 |
| 王增光 | 天津医科大学总医院神经外科 | 副主任医师 |
| 王德江 | 北京天坛医院神经外科 | 副主任医师 |
| 孔 滨 | 成都军区成都总医院神经外科 | 主治医师 硕士 |
| 石松生 | 福建医科大学协和医院神经外科 | 教授 |
| 卢旺盛 | 海军总医院神经外科 | 副主任医师 |
| 田增民 | 海军总医院神经外科 | 主任医师 |
| 匡永勤 | 成都军区成都总医院神经外科 | 副主任医师 |
| 朱 涛 | 天津医科大学总医院神经外科 | 教授 |
| 尹 丰 | 海军总医院神经外科 | 副主任医师 |
| 刘 宁 | 北京三博脑科医院神经外科 | 主治医师 硕士 |
| 刘希尧 | 厦门大学附属第一医院神经外科 | 副主任医师 |
| 江建东 | 厦门 174 医院神经外科 | 副主任医师 |
| 闫长祥 | 北京三博脑科医院神经外科 | 教授 |
| 吴景文 | 哈尔滨 211 医院神经外科 | 主任医师 |
| 李东海 | 南昌大学附属第一医院神经外科 | 教授 |
| 李美华 | 南昌大学附属第一医院神经外科 | 教授 |
| 李俊峰 | 南京军区福州总医院神经外科 | 医师 硕士 |
| 李储忠 | 北京天坛医院神经外科 | 副主任医师 |
| 杨卫东 | 天津医科大学总医院神经外科 | 教授 |
| 杨国平 | 武汉市第二医院神经外科 | 主任医师 |
| 杨朋范 | 南京军区福州总医院神经外科 | 主任医师 |
| 步星耀 | 河南省人民医院神经外科 | 主任医师 |

张小斌	厦门 174 医院神经外科	主治医师
张永琴	第四军医大学西京医院神经外科	副主任护师
张严国	武汉市第二医院神经外科	主治医师
张尚明	南京军区福州总医院神经外科	医师 硕士
张建鹤	南京军区福州总医院神经外科	医师 硕士
张辉建	南京军区福州总医院神经外科	医师 硕士
陈 赞	北京宣武医院神经外科	副主任医师
陈旨娟	天津医科大学总医院神经外科	医师 硕士
陈宏颀	南京军区福州总医院神经外科	副主任医师
陈晓斌	武汉市第二医院神经外科	副主任医师
陈晓雷	解放军总医院神经外科	副主任医师
陈富勇	福建医科大学附属第一医院神经外科	主治医师 博士后
苗兴路	天津医科大学总医院神经外科	医师 硕士
林 龙	成都军区成都总医院神经外科	主治医师 硕士
郑兆聪	南京军区福州总医院神经外科	副主任医师
赵 琳	南京军区福州总医院神经外科	主治医师 硕士
赵清爽	南京军区福州总医院神经外科	医师 硕士
荆俊杰	南京军区福州总医院神经外科	副主任医师
钟 平	厦门 174 医院神经外科	医师 硕士
姚 一	厦门 174 医院神经外科	主任医师
徐淑军	山东大学齐鲁医院神经外科	教授
高 寒	广州军区广州总医院神经外科	主治医师 博士
高大宽	第四军医大学西京医院神经外科	副教授
高进喜	南京军区福州总医院神经外科	副主任医师
高登科	厦门 174 医院神经外科	医师 硕士
菅凤增	北京宣武医院神经外科	主任医师
梅 珍	南京军区福州总医院神经外科	主管技师
曹卫东	第四军医大学西京医院神经外科	副教授
章 翔	第四军医大学西京医院神经外科	教授
章 薇	第四军医大学西京医院神经外科	主治医师 博士
程 岗	第四军医大学西京医院神经外科	主治医师 博士
曾而明	南昌大学附属第一医院神经外科	副教授
甄海宁	第四军医大学西京医院神经外科	副教授
谭国伟	厦门大学附属第一医院神经外科	副主任医师
薛 亮	南京军区福州总医院神经外科	主治医师 硕士

编写秘书 赵清爽 薛 亮

特邀点评专家（以姓氏笔画为序）

于炎冰 中日友好医院神经外科
于春江 北京三博脑科医院
王守森 南京军区福州总医院神经外科
王如密 南京军区福州总医院神经外科
毛 颖 复旦大学附属华山医院神经外科
冯 华 第三军医大学西南医院神经外科
刘运生 中南大学湘雅医院神经外科
孙 炜 中国康复研究中心北京博爱医院神经外科
孙 涛 宁夏医科大学总医院神经外科
李世亭 上海交通大学医学院附属新华医院神经外科
杨树源 天津医科大学总医院神经外科
吴承远 山东大学齐鲁医院神经外科
张世忠 南方医科大学珠江医院神经外科
张国君 首都医科大学宣武医院功能神经外科研究所
周定标 解放军总医院神经外科
封亚平 成都军区昆明总医院全军脊髓损伤治疗中心
赵世光 哈尔滨医科大学附属第一医院神经外科
赵洪洋 华中科技大学同济医学院附属协和医院神经外科
侯立军 第二军医大学长征医院神经外科
顾建文 成都军区成都总医院神经外科
徐如祥 北京军区总医院附属八一脑科医院
堀 智胜 东京女子医科大学病院脑神经外科
章 翔 第四军医大学西京医院神经外科
游 潮 四川大学华西医院神经外科
雷 霆 华中科技大学同济医学院附属同济医院神经外科
鲍圣德 北京大学第一医院神经外科
漆松涛 南方医科大学南方医院神经外科
谭启富 南京军区南京总医院神经外科

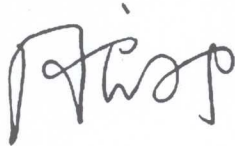
序

现代神经外科学的发展史上有三个重要里程碑,即:20世纪60年代开始的显微神经外科,使手术从肉眼发展到了微观;70年代开始的颅底神经外科,突破了颅底这一复杂的手术禁区;21世纪初期开始的微创神经外科,提出切除病变应保留术后神经功能。通常采用的传统神经影像和直视手术较难有效地区分脑肿瘤和脑功能结构,术中易造成脑功能结构的损伤,导致患者术后神经功能障碍甚至瘫痪。脑功能区肿瘤的手术治疗是神经外科面临的一个专业性难题。21世纪初期以来,一些开拓者们尝试把显示脑肿瘤的普通MRI图像和显示脑功能结构的功能MRI图像通过计算机融合,并结合神经导航技术,精确地显示肿瘤和功能区之间的三维空间毗邻关系,建立了多功能影像融合神经导航外科技术,用于指导脑功能区的精准手术模式,实现了在完全可视的虚拟人脑模型指导下切除肿瘤,不仅能全切除肿瘤,还可以有效避开大脑功能区,防止术后瘫痪和失语等各种神经功能障碍的发生。这就是计算机辅助手术技术在神经外科应用的典型表现。这类技术也是数字医学在神经外科领域的重要环节,近十余年来已得到了可喜的发展。

数字医学实际上是由计算机信息技术与生命科学“联姻”所产生,多年来,国内相继开展了中国数字人、外科手术辅助决策系统、临床诊断辅助决策系统、临床药学系统等研究与应用。在神经外科临床上,还有多种技术在不断涌现,如计算机虚拟现实技术及网络远程高速通信技术的结合,从而实现了虚拟手术和远程遥控手术。但是,目前计算机辅助神经外科手术还存在某些迷茫和挑战,例如,计算机辅助导航、机器人手术以及快速成形技术等,已在国内少数大型医院的神经外科陆续开展,由于价格昂贵,很难于短期内获得大范围的推广应用。其次,许多临床应用技术还不够成熟,即使基本成熟者,也存在“性价比”不高之问题,尚不能被广大的临床医师所信服。于是,在这一高度信息化的时代,这部《计算机辅助神经外科手术学》就应运而生了!我认真地阅读了该书的稿件,感觉到从主编到各位编者都怀着对神经导航新技术的崇高热情,细致地总结临床经验和专心撰写文稿,很好地反映了各类计算机技术在神经外科临床领域的应用技术现状。我非常乐意地向同道们推荐此书。我认为,她就像是及时雨,滋润着天下万物。我相信,该书的问世,必将促进计算机辅助技术在我国神经外科的广泛应用,并加快学科的发展,造福于人类和社会。

中国工程院院士

复旦大学附属华山医院神经外科中心主任、博士生导师



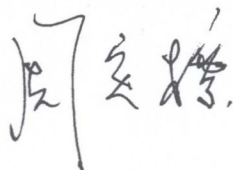
2012年12月 于上海

序 二

计算机技术的迅猛发展,促进了医学影像可视化技术的进步。为使外科手术医师对手术器械与患者解剖结构这两者的位置关系一目了然,让外科手术更具有精确性、安全性和方便性,人们将计算机技术、虚拟现实技术、医学成像技术、图像处理技术及机器人技术,与外科手术有机地进行结合,于是,产生了计算机辅助外科手术(computer assisted surgery, CAS)。这是基于计算机对大量数据信息的高速处理及控制能力,通过虚拟手术环境,为外科医师提供支援,使手术更为安全、病变定位更加准确的一门综合性新技术。将计算机技术及空间定位技术等进行图像三维重建与融合,使医师能够在术前充分地评估患者的情况,详细规划手术路径、方案、模拟手术、术中追踪手术器械、引导手术并确定手术范围,从而使外科手术更加微创化,也促使手术过程更为方便与直观,成就了“精准神经外科”的理念。二十多年来,该技术在脊柱外科、骨关节外科和颅-颌面外科得到了长足的发展,而在神经外科则起步稍晚。但是近年来,以神经导航、术中影像更新、多模态影像技术和术中电生理监测技术等为代表的计算机技术,却发展很快,在国内的部分大型医院已不断采用,并发表了很多研究论文,这为神经外科手术技术的发展指明了方向。

然而,我们必须清楚地认识到,计算机辅助神经外科手术方兴未艾,还需要进行长期的艰苦研发、临床创新与实践检验。况且,计算机辅助技术毕竟属于手术的辅助手段,操作和创新都需要人的劳动,不同的团队也有不一样的解读,即使应用同一型号的设备,也可能出现不一样的疗效。我很高兴地看到,章翔教授和王守森教授积极地组织一批临床实践者,编写了《计算机辅助神经外科手术学》,从多角度阐述了计算机辅助神经外科手术的技术原理和临床实际应用体会,很有理论与实际意义。此书中展现了不少案例,反映了他们的使用技术、经验,甚至也有一些教训,很值得同行们借鉴。因而,这也是一部实用性很强的手术参考书,希望我国的神经外科医师们(尤其是中青年医师)都能作为临床应用时的参考,定将有所收益。我深信,这部书会使更多的专科医师了解和采用这类技术,并且也必将有效地推动本技术的快速进步。

中华医学会神经外科分会 主任委员
解放军总医院神经外科 教授 博士生导师



2012年12月 于北京

前言

当今神经外科技术迅猛发展,除了得益于手术器械、疾病认识和微创理念的进步之外,计算机技术的发展无疑起到了重要的作用。“数字影像”和“数字医学”已经成为时髦用语,并体现在临床实践之中,也推动了神经外科手术的进步。目前神经导航技术、机器人技术、神经电生理技术、术中影像等,不断推陈出新,活跃在神经外科领域的前沿。包括以 BOLD 和 DTI 为影像基础的功能导航技术、iMRI 辅助导航技术应用于脑胶质细胞瘤精准外科手术,以及术中唤醒技术、脑深部电极癫痫检测技术、虚拟现实和增强现实技术等,都在引领着微创神经外科的发展。应当指出的是,我国的一些大型医院已开展了神经导航工作,并日臻成熟与完善,展现出了良好的疗效。诚然,在对本技术的推广应用之时,有不少中小医院的医师们却怀着一种好奇之心,聆听着一场又一场的学术讲座和报告,却事与愿违,与实际相差甚远,不知如何在临床开展。因此,一个规范化的神经导航宣讲、普及与提高势在必行。要让我国数以万计的专业医师充分了解现今的时代潮流,正确地评价和实践这一技术,以推进神经外科学的健康发展,造福于广大伤病患者和人类社会。于是,在人民卫生出版社领导和编审的关怀下,这部《计算机辅助神经外科手术学》,经过全体编辑人员的共同努力而出版发行了!

本书力求全面、系统地体现计算机辅助神经外科手术技术,企图以点带面,突出重点,尤显各位作者的临床实践经验和创新点。对于其中的神经导航技术是微侵袭神经外科最具有代表性的手段,成为了本书重点阐述的内容之一。在临床操作技术方面,以临床应用经验和教训为主线,结合典型病例,适当引入一些专业基础知识。在编辑策略上,兼顾到了普及与提高和循序渐进的原则,使其具有实用性和可读性。全书收录了部分典型病例,且不同作者对于同类手术的经验可相互印证,不忌讳失败的教训,强调科学性,实事求是。为此,我们还特意邀请了国内多位知名专家,为部分章节进行了“专家点评”,以便从另一个视角看待作者的经验和体会。

鉴于编者和点评专家较多,个人经验亦有不同,专长与特色领域较为广泛;加之时间仓促,编辑的经验亦有限。本书尚存诸多不足,难免挂一漏万,敬盼读者不吝指正!

章 翔 王守森

2012 年 12 月 于福州

目 录

第一篇 总 论

第一章 计算机辅助神经外科手术概论	3
第一节 计算机辅助手术及其在神经外科的应用概况(章 翔,王守森)	3
第二节 神经导航的基本概念及发展历程(吴景文,章 薇,荆俊杰)	9
第三节 神经导航的阶段成果(吴景文,章 薇)	15
第四节 神经导航设备研制与换代概况(吴景文,章 薇)	19
第五节 神经导航外科的未来发展趋向(王守森,吴景文,章 薇)	21
第二章 神经导航的技术原理与临床应用	26
第一节 神经导航设备与技术原理(步星耀,吴景文,章 薇)	26
第二节 基于神经导航系统的手术规划(荆俊杰,王守森)	32
第三节 神经导航的临床应用(吴景文,章 薇)	42
第四节 神经导航的误差分析与校正(步星耀,荆俊杰)	45
第三章 医用机器人在神经外科的应用	51
第一节 手术机器人的历史与现状(田增民,卢旺盛)	51
第二节 立体定向机器人构造及手术方法(田增民,卢旺盛,尹 丰)	54
第三节 立体定向机器人的临床应用(田增民,卢旺盛,尹 丰)	58
第四节 手术机器人在神经外科的应用及发展(赵清爽,王守森,章 翔)	65

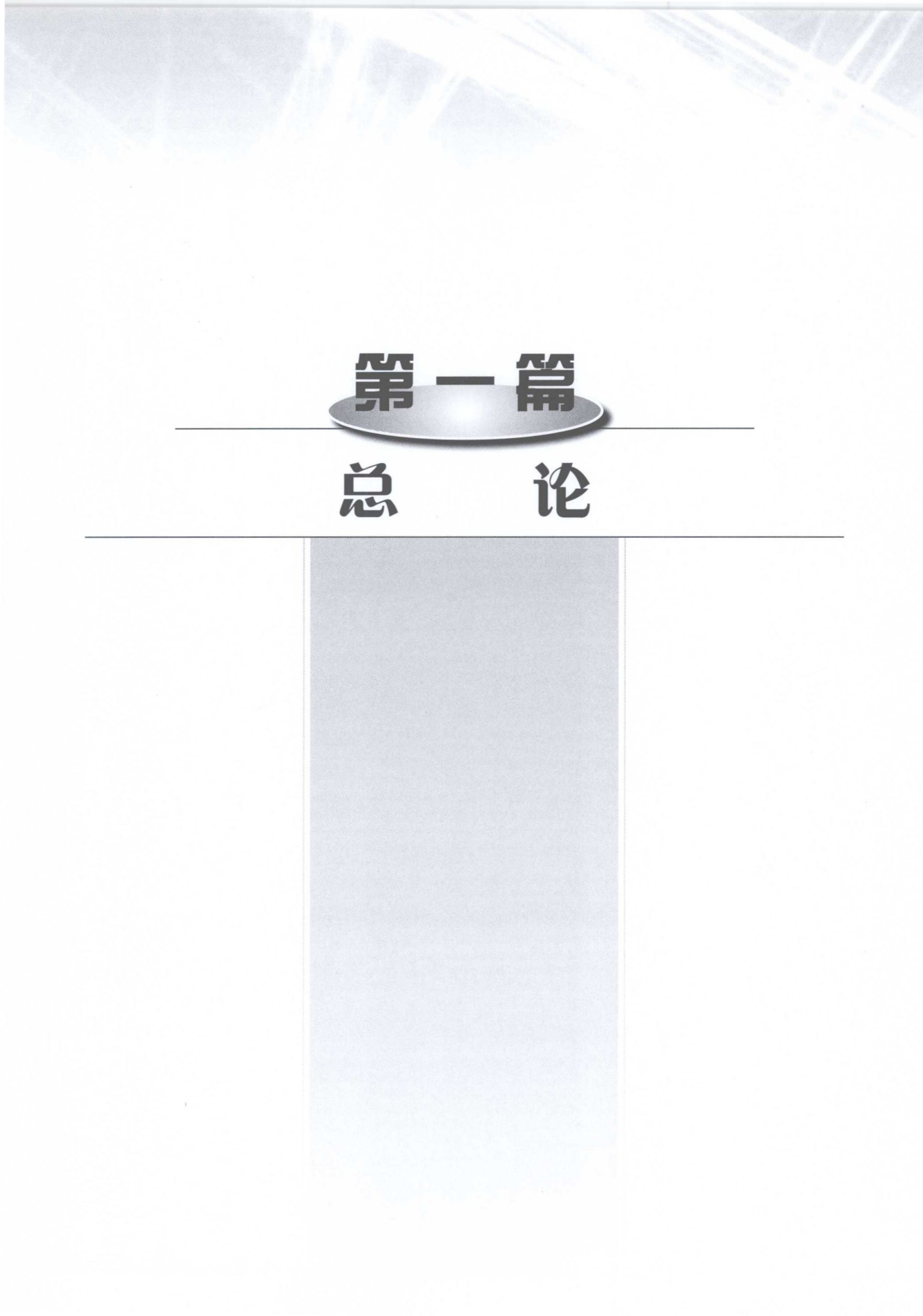
第二篇 各 论

第四章 影像技术在计算机辅助神经外科的应用	77
第一节 术前脑功能成像评估(王伟民)	77
第二节 磁共振弥散张量成像纤维束导航技术(陈晓雷,高进喜,赵 琳/章 翔)	81
第三节 神经导航的术中影像更新(陈晓雷/周定标)	90
第四节 术中 MRI-DTI 指导立体定向脑内血肿碎吸术 (杨卫东,王增光,苗兴路/杨树源)	99
第五节 术中高场强 MRI-DTI 和 PET 影像融合辅助立体定向脑活检术 (杨卫东,苗兴路,陈旨娟/杨树源)	103

第五章 神经导航在胶质瘤手术中的应用	108
第一节 DTI 神经导航技术在功能区胶质瘤手术的应用(朱 涛/刘运生)	108
第二节 DTI 导航辅助脑中央区胶质瘤切除术(李美华, 李东海/赵洪洋)	113
第三节 术中 DTI 导航引导下功能区胶质瘤切除术(陈晓雷/周定标)	117
第四节 神经导航联合术中 B 超辅助脑胶质瘤切除术(陈宏颌, 李俊峰/鲍圣德) ...	122
第五节 PET 在脑胶质瘤导航手术中的应用(朱 涛/毛 颖)	127
第六节 导航辅助下皮质功能区胶质瘤切除术(谭国伟, 王占祥/赵世光)	133
第七节 导航辅助下顶叶胶质瘤切除术(匡永勤, 林 龙/雷 霆)	138
第八节 丘脑胶质瘤的导航辅助手术(匡永勤, 孔 滨/孙 炜, 顾建文)	144
第九节 脑深部胶质瘤的导航辅助手术(闫长祥, 刘 宁/于春江)	148
第六章 神经导航在其他颅内肿瘤的应用	155
第一节 神经导航辅助经蝶入路垂体腺瘤切除术 (荆俊杰, 赵清爽, 王守森/侯立军)	155
第二节 神经导航辅助复发性垂体腺瘤切除术(曾而明, 李美华/冯 华)	163
第三节 导航辅助内镜下经双侧鼻腔-蝶窦入路斜坡病变切除术 (李储忠/王守森)	167
第四节 听神经瘤的导航辅助手术(甄海宁, 章 翔/王如密)	171
第五节 神经导航辅助颅底脑膜瘤切除术(石松生/李世亭)	180
第六节 fMRI 导航辅助功能区脑膜瘤切除术(石松生/孙 炜)	184
第七章 神经导航在脑血管病手术的应用	190
第一节 导航辅助脑深部血肿置管引流术(杨国平, 张严国, 陈晓斌/赵洪洋)	190
第二节 神经导航在脑出血手术中的应用(程 岗, 章 翔/游 潮)	194
第三节 神经导航辅助脑动静脉畸形切除术(匡永勤, 林 龙/顾建文)	198
第四节 神经导航辅助脑内海绵状血管瘤切除术 (荆俊杰, 高大宽, 赵清爽, 章 翔/漆松涛)	203
第五节 脑功能区海绵状血管瘤导航辅助手术(李美华/孙 涛)	217
第八章 神经导航技术在脑深部小病变手术中的应用	224
第一节 神经导航辅助脑内病变活检术(程 岗, 章 翔/王如密)	224
第二节 神经导航下颅内金属异物取出术(高 寒, 李俊峰, 陈宏颌/王守森)	229
第九章 神经导航技术在功能神经外科手术中的应用	238
第一节 神经导航在射频热凝治疗三叉神经痛的应用(徐淑军, 马翔宇/吴承远) ...	238
第二节 导航技术在帕金森病 DBS 手术的应用(刘希尧, 王占祥/张世忠)	243
第十章 导航技术在脊柱神经外科的应用	248
第一节 脊柱神经外科导航概述(管凤增, 陈 赞)	248
第二节 脊柱神经外科导航的操作技术(管凤增, 陈 赞)	250

第三节	导航脊柱外科手术: 腰椎间盘突出症(菅凤增, 陈 赞/封亚平)·····	256
第四节	导航脊柱外科手术: 脊柱侧弯(菅凤增, 陈 赞/封亚平)·····	262
第五节	导航脊柱外科手术: 颈枕部畸形(王德江/封亚平)·····	265
第十一章	神经外科导航手术的护理技术 ·····	276
第一节	神经导航手术室的配置及设备维护(王西玲, 张永琴, 步星耀)·····	276
第二节	导航手术的术中配合及围术期护理(王丽娟, 王西玲, 荆俊杰)·····	278
第十二章	计算机辅助手术技术在癫痫外科的应用 ·····	281
第一节	计算机辅助手术在癫痫外科的应用概况(杨朋范)·····	281
第二节	常规颅内电极在癫痫外科的应用(杨朋范, 梅 珍/掘 智胜, 谭启富)·····	286
第三节	术中脑电监测辅助癫痫外科手术技术(姚 一, 高登科, 王逢鹏)·····	300
第四节	术中持续 ECoG 监测下海绵状血管瘤及致痫皮质切除术 (姚 一, 王逢鹏, 高登科/谭启富)·····	305
第五节	术中持续 ECoG 监测及皮质电刺激功能区定位下致痫病灶切除术 (姚 一, 王逢鹏, 高登科/谭启富)·····	309
第六节	多模态神经影像导航下致痫灶切除术治疗功能区癫痫(陈富勇/张国君)···	318
第七节	功能神经导航在病灶性癫痫手术中的应用 (钟 平, 江建东, 张小斌, 姚 一/章 翔)·····	327
第十三章	术中电生理监测技术在神经外科的应用 ·····	347
第一节	术中神经电生理监测概况(高进喜)·····	347
第二节	术中唤醒状态下的神经功能区监测(王伟氏)·····	350
第三节	术中神经电生理监测的应用(高进喜/于炎冰)·····	356
第十四章	虚拟现实技术及增强现实技术在神经外科的应用 ·····	369
第一节	虚拟现实技术的概念(李俊峰, 荆俊杰, 王守森)·····	369
第二节	虚拟现实技术在脑血管疾病的应用(张辉建, 王守森/徐如祥)·····	381
第三节	虚拟现实技术在颅底肿瘤的应用(张尚明, 荆俊杰, 王守森/徐如祥)·····	390
第四节	虚拟现实技术在脑神经血管压迫性疾病外科治疗中的应用 (郑兆聪, 张建鹤/徐如祥)·····	398
第五节	虚拟现实技术在颅脑解剖研究中的应用(薛 亮, 张尚明, 王守森)·····	410
第六节	虚拟手术仿真系统的技术难点和发展前景(王如密, 张辉建)·····	416
第七节	增强现实技术及其在神经外科的应用(张辉建, 王守森, 章 翔)·····	418

说明: 以上“/”之后的姓名是本节的点评专家。



第一篇

总 论

第一章

计算机辅助神经外科手术概论

人脑具有接受和感知外部信息的能力,能够对接受的信息进行加工整理、分析、分类并存储,可以形成语言和行动。脑功能可以掌控身体其他器官的活动,为人体适应外部环境奠定了基础。由于其功能的特殊重要性,因此对颅脑的手术也需要定位准确、微创化(minimally invasive)操作,这样才能很好地解除病变,最大限度地保护脑功能。然而脑组织深居于颅腔内不容易接近,且出入颅腔的血管和神经横竖交错、形状各异。特别是深在、较小的病变,神经外科医师找寻其确切位置一直是较为困惑的难题。如果能够像航海那样进行神经系统病灶定位,无疑会明显地缩短手术时间并提高手术的精准度。多年以来,对神经系统的功能定位一直是神经外科学的研究热点,但是进展较为缓慢。直到近些年来,科学技术的快速发展才使神经系统病灶定位成为了可能。计算机辅助神经导航技术的出现,为解决这一问题提供了一整套完美的方案。

第一节 计算机辅助手术及其在神经外科的应用概况

计算机辅助手术(computer assisted surgery, CAS)是综合当今先进的成像设备、计算机技术、空间定位技术等进行图像三维重建及融合,充分评估患者的解剖与功能状况,规划手术路径、方案、模拟手术、术中追踪手术器械、引导手术,使手术更为精确、安全、微创化的一门综合性技术。这类技术历经多年的发展,日臻成熟,是当今微创外科技术的重要体现。

二十多年来,由于数字化技术的进步和导入,医学成像数字化系统已无处不在。各种影像很容易通过多种载体形式进行传输与转载,如 DAT 数据带、光盘、CD-ROM 和光缆等。计算机系统也可将影像模型化,可以任意变形,也可以再修饰。计算机还可以对手术器械进行导航,越来越普遍地应用于外科治疗。20 世纪 90 年代初,人们即意识到:可以利用自动化控制系统的感知、推理和行动这三个基本原则,在外科手术操作中使用数字化医学影像资料。自动化系统的基本原理与数字化医学影像技术的结合造就了一些新途径,通过应用自动化控制系统的基本规则,可设计出多种装置,在外科手术中进行导航,或是对一些手术操作时未能见到或非直接进入的解剖结构进行可视化处理。其初衷是给术者提供一些有助于手术的精确性和微创性的系统,可让术者模拟一些手术的操作过程,还可给术者提供方便的手术器械,使操作过程简便化。从 20 世纪 90 年代出现了一些新术语,用来表达计算机数字化影像和遥控技术,如计算机辅助外科手术、影像导航外科手术、外科手术遥控技术以及医用机器人(medical robotics)、机器人辅助手术(robot assisted surgery, RAS)、遥控外科手术(tele-surgery)等。计算机辅助外科手术也是数字医学的重要组成部分,它在手术预

演、手术规划和手术导航等方面获得了成功的应用,有力地推动了手术的个体化、精准化、微创与远程化建设。

计算机辅助外科手术涉及医学图像处理与分析、虚拟现实(virtual reality)、增强现实(augmented reality)、机器人、机器视觉、运动分析、传感器、遥操作以及遥外科学等多个学科,能够从视觉、触觉和听觉上为医师进行手术操作提供便利,扩展医师的操作技能,有效地提高手术诊断与评估、靶点定位、精密操作和手术训练的质量,缩短患者康复周期。可以认为,该技术是未来外科领域和数字化医疗器械领域的研发重点和必然趋势,它作为一类智能化和自动化系统,其操作过程遵循“感知-推理-操作”三原则,即建模、规划和执行三个阶段。建模阶段主要完成图像的采集、处理和特征分析,规划阶段主要是确定手术实施策略,执行阶段则是借动手动或者自动化器械及设备(包括机器人)辅助医师实现手术策略。整个技术系统整合了智能器械与自动控制技术,能够以成像设备和传感器为工具,直接或间接地引导操作,辅助完成微创外科手术。此外,现代术中神经电生理检测设备的研发和应用,促进了计算机辅助外科手术在功能性神经外科的发展,目前已经成为微侵袭神经外科的一个亮点。本节选取部分技术作简要介绍。

一、计算机虚拟现实技术

计算机虚拟现实技术是一类利用专用计算机设备,作影像检查后的资料处理的技术,在六维空间内进行术前虚拟解剖研究和手术的模拟和预演,用以研究手术,以便提高手术的有效性和安全性。它要求操作者戴着特殊的虚拟眼镜,在计算机屏幕上处理 CT 或 MRI 资料,进行必要的结构重建、融合、切割、旋转、测量、移除,重构出正常组织结构、病灶和血管的空间毗邻关系,在虚拟环境下身临其境地进行各种手术演练。借助虚拟手术技术,外科医师可以合理选择术前最接近病变的手术径路,缩小探查范围。为了增加手术的真实感,有的设备还可以使用具有力反馈的输入设备来感受手术的视觉和触觉效果。虚拟手术在神经外科、整形外科和骨科临床上得到了广泛的应用,不仅是有效的手术指导手段,也是青年外科医师良好的培训工具。另外,虚拟手术的发展对术中导航技术提供了强有力的支持,结合手术机器人、术中磁共振仪等先进设备的使用,一些传统的手术在导航系统的帮助下已成功地被微创或无创手术所替代。随着智能化的医学图像处理技术的发展,计算机虚拟手术必然会快速地步入到成熟的应用阶段。

二、导航辅助外科手术

导航辅助外科手术是一种新兴技术,它利用计算机高速信息化处理能力,综合先进的成像设备(如 CT、MRI、PET、SPECT、X 线、超声等)和空间定位方法,通过虚拟现实环境,为外科医师提供手术引导,使手术过程更加安全、精确,手术效果更好,康复过程更短。其基本原理是利用外部跟踪设备,实时测量手术器械相对于操作对象的位置,然后将位置信息显示在医学图像或图谱上,使外科医师能够清楚地看到手术器械的当前位置,便于判断和决策手术操作。这一点非常类似于 GPS 卫星全球定位技术。手术导航方法的分类有很多种,按照手术定位方法的不同,可分为光电导航、电磁导航、超声导航、机械臂导航、激光导航;按照手术的自动化程度,可分为被动系统、半主动系统及主动系统。

1. CT/MRI 导航 CT/MRI 导航(CT/MRI-based navigation)是发展最早、也是技术最成熟的一类手术导航方法,其典型过程是在手术之前获得患者的图像扫描数据,在术中建立

患者实际解剖结构与术前 CT 图像之间的联系,为医师进行规划和操作提供丰富的二维或者三维导航信息。从 20 世纪 80 年代中期开始,开拓者们做了不懈的努力和实践,分别提出了几种基于 CT、MRI、DSA 的手术导航系统,并陆续在全球各地的神经外科中心得到了有效的应用,手术质量也越来越高。但是,这种导航方法所固有的术前图像与术中解剖对象之间的配准误差已成为不可忽视的问题,因此部分学者研究将 CT 或者 MRI 设备引入手术室,利用术中实时获得的断层图像进行手术导航。但这种方法所需设备庞大、复杂,技术成熟度尚未达到可以普及的程度。由于 CT 在骨性结构显示方面的优势,许多神经外科医师在颅底、脊柱、脊髓手术中倾向于选择术中 CT 结合导航系统。术中 CT 系统的出现,满足了术中实时更新导航数据的需要,解决了术中因体位变化及术中局部解剖变动而引起导航图像不一致的困境。由于存在辐射问题,采用术中 CT 的神经外科中心远不如术中 MRI 多。

借助于多模态影像和术中成像手段,不仅能在手术中精确、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,这就成就了“精准神经外科”的概念。它以神经影像学、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支持,结合了最新的影像导航和术中成像技术,代表了当代神经外科的重要发展方向。它要求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)、最小的脑功能损伤(minimal injury to neurologic function)和最佳的术后恢复(maximal recovery)。近年来,借助于高场强术中磁共振系统,不仅能够获得高质量的解剖影像,还能进行术中脑功能成像。配合神经导航系统,可以在术中实时显示白质纤维束和皮质功能区,有效地降低手术致残率和死亡率,改善了手术效果。我国第一个高场强术中磁共振系统于 2009 年在解放军总医院投入使用。该系统采用 1.5T 移动磁体、双室设计,既能在手术中使用标准手术器械,又能在附设的诊断室进行常规诊断性扫描,提高了系统的使用效率,代表了术中磁共振系统设计中较为先进的理念。另一方面,现在的神经导航已经不仅仅是对解剖结构的导航,而是包含了白质纤维束、皮质功能区,甚至肿瘤代谢信息(磁共振波谱导航)的功能神经导航(functional neuronavigation)。此外,借助于术中成像手段,在术中即可更新导航数据,克服了“脑漂移”对神经导航的影响,弥补了传统导航的不足。

2. 透视导航 透视技术主要用于骨骼等高密度组织的显影,因此透视导航(fluoroscopy-based navigation)首先在骨科领域被应用。透视导航的主要特点是透视图像和手术操作的紧密关联性(耦合性),即手术器械能够实时、虚拟地显示在术中透视图像上,为医师提供良好的视觉效果。目前,透视导航的典型设备是 C 形臂 X 线机。根据导航用图像的维度不同,透视导航可分为二维和三维两种。二维透视导航出现较早,它是借助跟踪器来检测手术环境对象(包括 C 形臂、手术器械、患者等)的空间姿态,并建立相互之间的位置映射关系。同时,在 C 形臂上安装有成像参数标定模型(一般是双层结构的标定靶),用来完成图像失真校正、参数标定、姿态跟踪等。2000 年,德国西门子公司推出了具有术中三维透视成像功能的等中心 C 形臂 SIREMOBIL Iso. C3D,为术中个体化的三维诊断和规划提供了一种崭新途径,直接促成了三维透视导航方法的出现。三维透视导航能够监测手术环境中各对象的空间姿态及相互位置关系,从而自动地建立三维透视图像数据集与其他手术对象的数据信息之间的配准关系。三维透视导航的优势可概括为三点:一是术中实时三维成像;二是全自动配准,精度高;三是不必安装人体标记,实现微创手术。以此为基础,国内、外许多研究机构先后提出了各自的基于 Iso. C3D 的三维透视导航方法,并在脊柱损伤、关