

目 录

第一章 立体定向技术概述..... 1

第一节 概念和发展史	2
一、概念	2
二、简述立体定向手术发展史	2
第二节 立体定向技术原理和常用定向仪的计算方法	4
一、脑立体定向术原理	4
二、大脑原点确定	5
三、定向仪的分类和基本结构	5
四、三维立体定向原理	6
五、常用定向仪类型	6
六、定位计算方法	9
第三节 机器人辅助脑立体定向手术系统（无框架定向系统）.....	9
一、机器人的应用原则	9
二、五代机器人系统研发	9
三、影像规划系统	10

第二章 立体定向脑组织活检技术总论..... 13

第一节 发展概况.....	14
一、立体定向脑组织活检术的意义	14
二、立体定向脑组织活检术的历史和现状.....	14
三、立体定向脑组织活检术的展望.....	19
第二节 常用器械和影像定位方法	19
一、立体定向脑组织活检器械.....	19
二、影像定位技术发展	20
三、活检取材注意事项	21
四、定向活检操作要点	22

第三节 立体定向手术规划和计算机图像整合技术的应用	22
一、概述	22
二、规划软件的分类及特点	22
三、手术规划软件与立体定向技术结合的意义	26
四、计算机整合技术	26
第四节 适应证和禁忌证	28
一、立体定向病理学活检的意义和优点	28
二、脑内病灶立体定向活检的适应证	29
三、脑内病灶立体定向活检的禁忌证	29
第五节 手术方法和步骤	29
一、术前准备	29
二、麻醉与体位	29
三、框架立体定向手术的步骤	29
四、无框架立体定向手术的步骤	30
第六节 术中注意事项	31
一、穿刺径路的选择	31
二、影响病灶定位的精度因素	31
三、术中操作要点	31
四、如何提高活检的阳性率	31
五、立体定向脑组织活检术后处理	32
六、颅内出血并发症的防治	32
第七节 局限性	33
一、活检取材仅能反映局部病理变化	33
二、肿瘤沿穿刺道转移	33
三、部分病变活检阳性率不高	33
四、胶质瘤的组织分级与 CT 影像的密切关系	33
第八节 活检手术结果	35
一、活检准确率	35
二、海军总医院活检结果	35
第九节 活检手术后的治疗	36
一、立体定向活检与肿瘤间质内放疗结合	37
二、立体定向脑肿瘤间质内放疗的意义和治疗效果	38
三、立体定向活检与伽玛刀治疗结合	39
四、立体定向活检与热疗的结合	50
第十节 立体定向图像引导和神经内镜结合的脑内病灶活检	50
一、概述	50
二、图像引导神经内镜的发展历程	52
三、图像引导神经内镜的设备	53
四、图像引导神经内镜的适应证和手术方法	56
五、图像引导神经内镜的临床意义和局限性	57
六、立体定向和神经内镜结合活检的意义	59

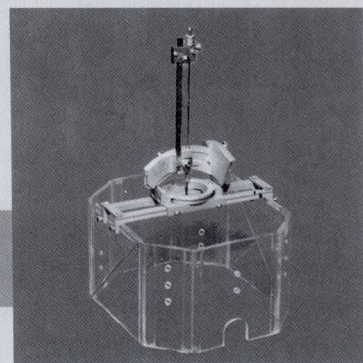
七、立体定向引导神经内镜活检应用举例.....	59
第十一节 先进影像技术引领的脑组织活检术	63
一、氢质子磁共振波谱成像引导的脑活检.....	63
二、正电子发射断层成像 (PET) 引导的脑组织活检	70
三、MRA 血管图像融合技术在脑组织活检中的指导作用.....	76
第十二节 特殊区域的立体定向脑组织活检手术.....	76

第三章 立体定向脑组织活检技术各论.....89

第一节 神经上皮肿瘤	90
一、低级别 (WHO 分级 I ~ II 级), 良性星形细胞肿瘤	90
二、间变型或恶性星形细胞瘤	94
三、胶质母细胞瘤	100
四、少突神经胶质瘤	106
五、毛细胞型星形细胞瘤	111
六、多形性黄色星形细胞瘤	115
七、神经节细胞瘤和神经节细胞胶质瘤	115
八、胚胎发育不良性神经上皮瘤	122
九、幕上室管膜瘤	125
十、幕上原始神经外胚层肿瘤	125
十一、松果体细胞瘤	131
十二、多发胶质瘤病	135
十三、大脑半球胶质瘤病	138
十四、中枢神经细胞瘤	147
十五、神经胶质瘤的播散和转移	148
第二节 颅内生殖细胞类肿瘤	155
一、颅内生殖细胞瘤总论	155
二、松果体区生殖细胞瘤	157
三、鞍上生殖细胞瘤	161
四、基底核及丘脑区生殖细胞瘤	163
第三节 淋巴瘤和造血组织肿瘤	168
一、中枢神经系统原发性淋巴瘤	168
二、颅内 (髓外) 孤立性浆细胞瘤	173
三、白血病脑组织内侵犯	175
第四节 原发性黑色素细胞肿瘤	179
第五节 颅内转移瘤	184
第六节 中枢神经系统血管炎性病变	190
第七节 风湿性、结缔组织病性脑损害	194
一、原发性中枢神经系统血管炎	195
二、神经贝赫切特综合征	196
三、系统性红斑狼疮	200

四、类风湿性脑损害	205
五、干燥综合征	205
六、韦格纳肉芽肿病	206
第八节 大脑淀粉血管病	207
第九节 神经系统感染性病变	210
一、细菌感染性疾病	211
二、脑内真菌感染性脓肿	212
三、新型隐球菌脑膜炎(真菌感染的特殊类型)	218
四、病毒感染性脑炎和脑膜炎	219
五、获得性免疫缺陷综合征性神经病	227
六、传染性海绵状脑病	234
七、脑内结核瘤	241
八、中枢神经系统梅毒性肉芽肿	247
第十节 中枢神经系统寄生虫感染	249
一、神经猪囊尾蚴病(脑囊虫病)	250
二、脑内曼氏裂头蚴病	255
三、脑型肺吸虫病	257
四、脑型血吸虫病	260
五、弓形体脑病	264
六、脑棘球蚴病	271
第十一节 脑白质病	275
一、中枢神经系统脱髓鞘疾病	275
二、多发性硬化	275
三、瘤样炎性脱髓鞘病	279
四、同心圆性轴突性脑炎	289
五、肾上腺脑白质营养不良	291
第十二节 代谢性脑病	294
一、韦尼克综合征	294
二、神经元蜡样脂褐质沉积症	295
第十三节 线粒体性脑肌病	296
第十四节 放射性脑病和放射性脑坏死	300
第十五节 海洛因脑白质病	304
第十六节 神经肌肉病	306

第一章



立体定向技术概述

第一节 概念和发展史

一、概念

立体定向 (stereotaxis) 一词起源于希腊字 stereos 和 taxis, 前者意思为三维立体, 后者指定向排序。作为神经外科的一个分支, 立体定向神经外科是利用影像学定位和定向仪引导, 将微电极、穿刺针等显微器械置入脑内特定靶点; 通过记录电生理、留取组织标本、产生毁损灶或去除病灶等方法, 来诊断和治疗中枢神经系统的各种病症。神经外科医师在施行脑部手术时, 常为寻找皮质下病灶和伴随而来的严重创伤所困扰, 首先必须准确地定位病灶在脑皮质的投影位置, 切开皮质才能找到深部的病变; 定位脑深部核团靶点如为某一解剖结构, 则直视下无法加以区别; 如果病变很小、位置深在, 探查的方向难以把握; 病变若位于重要功能区, 皮质下的大范围的探查造成严重的神经损害。立体定向神经外科的问世, 正好解决了临床工作中遇到的上述棘手问题, 其主要特点是利用各种影像学扫描技术, 将脑深部不可见结构显示于定位的三维空间内, 通过坐标定向仪引导手术器械到达靶点, 定位精确、创伤性小, 现今在神经外科疾病的诊治中发挥着重要的作用。

二、简述立体定向手术发展史

1. 立体定向神经外科的发展史 大体分为早期和现代两个阶段。

(1) 早期阶段: 20 世纪 70 年代以前, 可视为立体定向手术发展的早期阶段, 这一阶段的特点是依靠颅骨上或脑内的一些特定标记, 通过 X 线摄片进行靶点的间接定位。手术过程常常需要经过周密复杂的计算方能完成。1874 年, Dittmar 和 Woroschiloff 设计出一个简单的解剖定位手术刀, 用于破坏兔脑和脊髓内的运动及感觉传导通路 (图 1-1-1)。1889 年, Zernov 应用数学的极坐标原理, 制成一个可固定在颅骨上的立体定向装置 (称为脑测量仪), 用于引导颅骨钻孔手术。1907 年, Rossolimo 改进了 Zernov 立体定向装置, 并称为脑地形仪。但严格意义上讲, 立体定向技术指的是应用笛卡尔三维坐标系统在三维空间中准确地定位感兴趣点的技术, 而以上介绍的装置并没有真正应用笛卡尔三维坐标系统定位, 因而没有被认为是立体定向技术, 但是它们开创了立体定向发展的雏形。除此以外, 在当时还有其他一些用来定位人类脑组织沟回的特殊装置, 但是也都没有使用到笛卡尔三维坐标系统。

直到 1908 年, 英国的 Horsley 和 Clarke 在人类历史上第一次真正地使用了立体定向技术。他们按照几何学原理设计出笛卡尔三维坐标定向系统 (图 1-1-2), 并在 Swift 协助下完成了用于动物实验的立体定向仪; 该装置由一个黄铜金属制作的定向框架和几根调节杆共同组成, 用螺钉固定在颅骨上, 以后的各类型定向仪都是在此基础上发展起来。

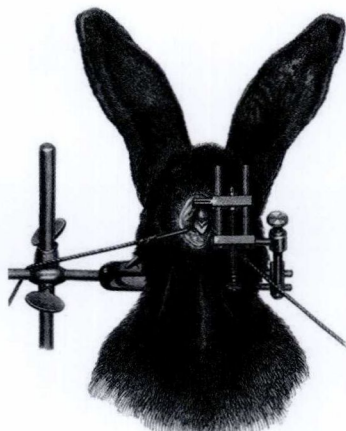


图 1-1-1 Dittmar 设计的兔脑和脊髓内结构定向装置

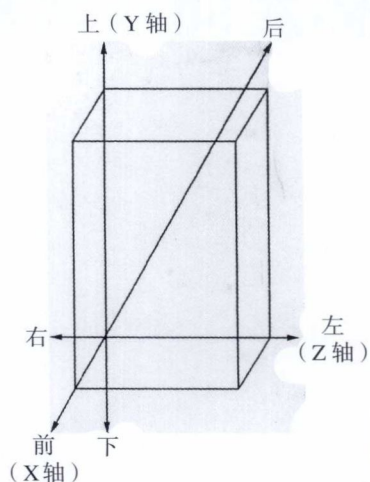


图 1-1-2 笛卡尔三维坐标定位系统原理

立体定向技术最初是使用颅骨标记来确定靶点的, 但是颅骨标记存在许多缺陷, 如人类个体颅骨的变异很大, 与颅内深在的病灶距离过远等, 因而, 使用颅骨标记的立体定向头架只是在实验室内使用, 从来没有真正应用于临床。1947 年, 美国学者 Spiegel 和 Wycis 提出使用脑内标记的想法, 随后他们很快设计并制造出人类第一台以脑内标记为参照的立体定向头架, 并应用该装置为 1 例亨廷顿舞蹈病患者完成了首例人脑立体定向手术, 标志着人类立体定向神经外科学领域诞生了 (图 1-1-3)。不久后, 瑞典的 Leksell 在 Spiegel 实验室学习, 回国后他设计出第一台弓形立体定向头架, 这种头架在后来成

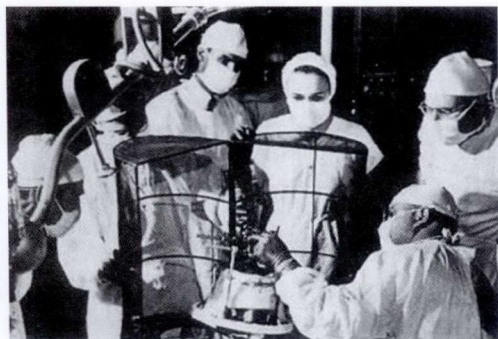


图 1-1-3 Spiegel 和 Wycis 设计的第一台人脑立体定向仪

为世界上最广泛应用的立体定向头架（图 1-1-4）。此后，各国学者纷纷效法应用立体定向技术，进行脑功能性疾病的治疗。1958 年，Spiegel 和 Wycis 教授组织了第一次立体定向神经外科学领域的国际大会。因为当时没有商业化的立体定向仪，此次会议中，立体定向学家们都带来了各自设计的立体定向仪，包括 Spiegel-Wycis 定向仪的改良系列、Leksell 的弓形中心系列、McKinney 设计的球形中心系列等。1961 年，国际立体脑毁损研究协会成立。1971 年，日本东京会议上经 Leksell 提议，国际立体脑毁损研究协会更名为世界立体定向和功能神经外科协会，并且延续至今。现代神经药理学的进展，冲击着立体定向手术治疗神经外科功能性疾病。1969 年，治疗震颤麻痹的多巴胺类药物问世，明显减少了需要立体定向手术的病源，使国际立体定向手术的发展态势暂趋低谷。

我国的神经外科起步于 1952 年，早期立体定向神经外科远远落后于西方。1964 年，蒋大介研制出我国第一台定向仪并用于锥体外系疾病的手术治疗，同年许建平发表了《立体定向在神经外科上的应用》，并着手研制应用了 XZ 型定向仪（图 1-1-5）。1966—1983 年，立体定向神经外科学在我国处于停顿的状态。1983 年后，随着 CT 影像技术的发展，立体定向技术重新焕发生机。1985 年，西安的吴声伶研制报道了 FY85-II 型定向仪的应用（图 1-1-6）。同年在南京研制报道了 DZY-A 型立体定向仪的应用；此后，各地学者陆续设计出 SXFY-I 型定向仪、PJ-4 型定向仪、ASA-601 型、ASA-602 型定向仪、

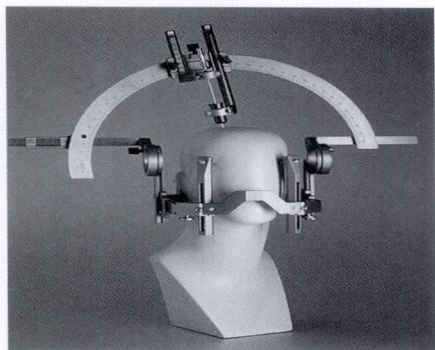


图 1-1-4 Leksell-G 型弓形立体定向头架

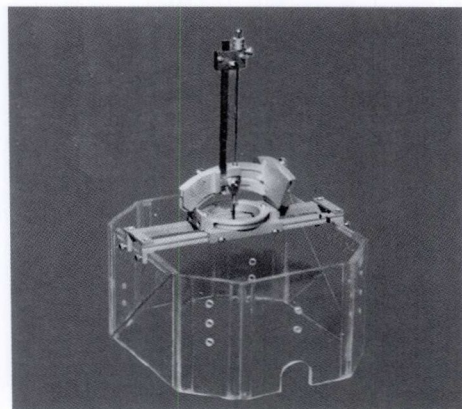


图 1-1-5 许建平设计的 XZ 型立体定向仪

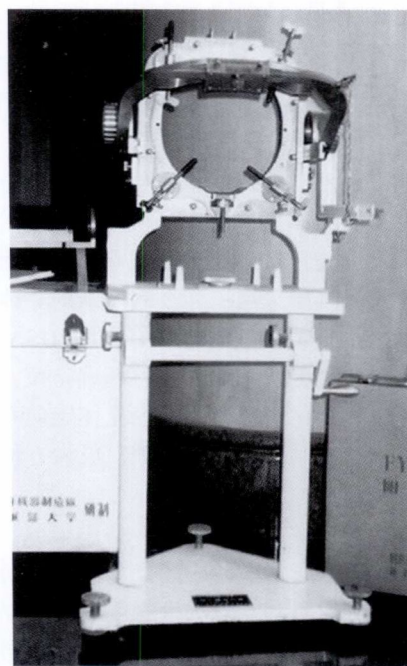


图 1-1-6 西安 FYGS85 型立体定向仪

HB 型定向仪、CJF-N 定向仪等，这些定向仪在原有定向仪基础上作了改进，简单实用、价廉可靠，更加适合我国的国情。

（2）现代发展阶段：20 世纪 70 年代以后，立体定向手术进入现代发展阶段，计算机、先进影像学 and 定向仪的发展打破了立体定向神经外科停滞不前的僵局，使其在国际范围内再次掀起高潮。CT 及 MRI 技术在临床的广泛应用，极大地提高了立体定向技术的准确程度，同时简化了操作的过程，CT 及 MRI 显像技术和立体定向技术的结合，使得以前立体定位方法由简单地依靠脑组织立体定向图谱或 X 线摄片得到的脑内固定结构换算靶点坐标，过渡到直接显示目标靶点的大小、空间位置，直接显示定位坐标点，目标大小、空间位置判断更加精确，定位更加精准（图 1-1-7）。先进的立体定向仪借助 CT、MRI 引导，手术精度误差已达 $\pm 0.3 \sim 0.5 \text{ mm}$ 。借助 CT、

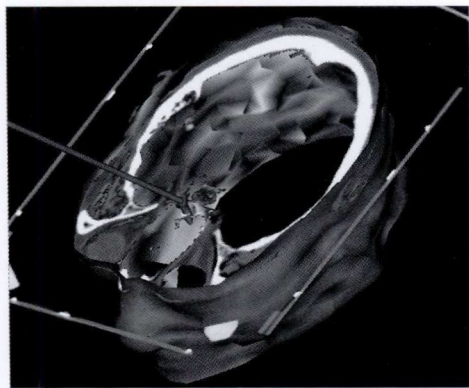


图 1-1-7 立体定向手术计划软件直接显示目标靶点的大小、空间位置和手术路径

MRI 引导施行立体定向手术有两种方法：一种是在 CT 室或 MRI 室施行手术，利用先进影像技术，随时直接观察靶点或利用探针间接定位靶点；另一种是 CT、MRI 扫描定位后，仍回手术室施行手术操作。后一种方法容易利用其他设备资源（如脑血管造影、脑电监测、脑超声检测等）和手术设施，显然更为经济实用，因而为国际上绝大多数神经外科所采用。如今利用新的立体定位技术和各种高分辨率的扫描技术（如 CT、MRI、DSA、PET 等），可以对脑内任意靶点或靶体积进行精确定位。不同影像学检查产生的数字化信息，可以经立体定向系统中的计算机，完全、迅速地加以整合处理，极大方便了术者进行立体定向手术操作。

2. 国际、国内学术发展

(1) 世界许多国家和地区建立了立体定向与功能神经外科中心或研究所，专门从事立体定向治疗各种疾病的基础实验和临床应用等方面的研究，各国间的立体定向学术成就交流十分活跃。1981 年欧洲立体定向和功能神经外科协会从世界立体定向和功能神经外科协会分离了出来，而 1994 年成立的亚洲立体定向、功能、计算机辅助外科学协会和 2001 年成立的拉丁美洲立体定向和功能神经外科协会，均选择加入世界立体定向和功能神经外科协会。现今立体定向手术研究的主要焦点：①先进影像技术引导下的立体定向手术和功能性定位；②疼痛的慢性电刺激治疗；③各种痉挛性疾病的治疗；④脑肿瘤（颅咽管瘤、丘脑胶质瘤等）的活检、内放疗和切除；⑤机器人辅助进行手术等。

(2) 20 世纪 80 年代，我国北京、上海、天津、合肥、成都、福州等地的一些医院开展了 CT、MRI 引导立体定向手术。最近十几年，立体定向仪就像超声外科吸引器、激光和手术显微镜一样，已成为神经外科的常备基本设备。CT、MRI 引导立体定向手术不仅扩展至西安、南京、沈阳、长春、大连、济南、兰州、昆明、苏州、乌鲁木齐、银川等大中城市，而且遍及许多县级医院。国内有关该

领域的专业杂志也相继出版，如功能性和立体定向神经外科杂志、微侵袭神经外科杂志等。在此基础上，1996 年中华医学会神经外科学会正式成立了立体定向和功能神经外科专业委员会。如今国内各地神经外科采用立体定向手术治疗的疾病已达数十种，立体定向手术的治疗范围不仅包括功能性神经疾病，而且包括多种开颅手术难以解决的病症，如脑肿瘤、脑内血肿、脑囊肿、脑脓肿、脑积水、脑内异物、脑内寄生虫等。在国际立体定向技术发展的大趋势影响下，伴随着 CT、MRI、PET 扫描机和各种现代立体定向仪在我国的进一步普及，国内立体定向神经外科的发展必然会持续下去，并进入一个新的时代。

第二节 立体定向技术原理和常用定向仪的计算方法

一、脑立体定向术原理

颅腔是一个有限的空间，脑内任何结构的位置与颅脑的空间存在着一种关系，可运用解析几何坐标系原理测定。其基本原理和方法是在颅腔内设置 3 个相互垂直的平面。

1. 水平面 (X) 即通过前连合 (AC)，后连后 (PC) 之间联系 (AC-PC 线) 的脑水平切面。

2. 矢状面 (Y) 即通过大脑两半球中线（非颅骨中线）与 AC-PC 线重叠，且与水平面 (X) 垂直的矢状切面。

3. 冠状平面 (Z) 即通过 AC-PC 线中线 (0 点)，并与上述 X、Y 两平面垂直的冠状切面。这三个平面交点为坐标的大脑原点，以它为基准，测出脑内某一目标点在 X、Y、Z 三条轴线上坐标位置数据 (图 1-2-1)。

关于三维坐标 X、Y、Z 轴方向，至今意见不一，目前一般观测坐标方法是，左右为 X 轴、前后为 Y 轴、上下为 Z 轴。

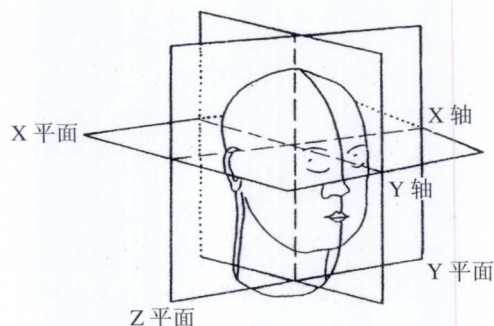


图 1-2-1 立体定向基准的三维坐标平面和 X、Y、Z 轴方向

二、大脑原点确定

1. 大脑原点 它是个不可见目标,在立体定向手术中是一个重要标志,只有找到大脑原点才能推算出坐标空间任何一点 X、Y、Z 正、负数值。大脑原点确定,手术靶点才可能确定。

按最初的设定:选取前连合(AC 点),后连合(PC 点),把 AC 点与 PC 点连成一线此为 AC-PC 间径,在 AC-PC 间径中点做上下垂直为 Z 轴,这一交点为幕上 0 点即为大脑原点,通过此点做左右垂直线为 X 轴。

2. 幕下“0”点 即将四脑室底做一切线为幕下 Z' 轴,通过四脑室顶做 Z' 轴垂直线为幕下 Y' 轴,此交点为幕下“0”点。通过此点做左右垂直线为 X' 轴。

在 0 点前为正值,后为负值,上为正值,下为负值,右为正值,左为负值(左右也可不计正负),得到的数值通常都以毫米计算(图 1-2-2)。

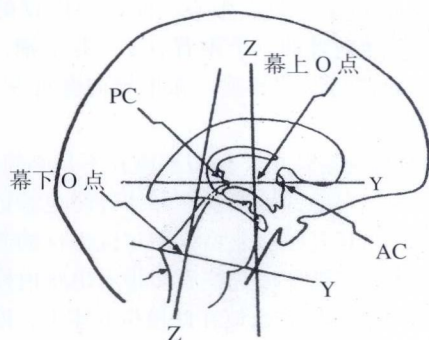


图 1-2-2 幕上、下脑原点坐标的确定

三、定向仪的分类和基本结构

目前有很多类型定向仪,常见的有 Leksell 定向仪、CRW/RRW 定向仪系统、Fischer Z-D 定向仪、Talairach 定向仪、Riechert-Mundinger 定向仪、Todd-Well 定向仪、Patil 定向仪、杉田定向仪等。我国生产定向仪有 XZ-V 型定向仪、PJ-4 型定向仪以及 ASA-601、602 型定向仪, BH-1 型, Fy-80 II、III 型, DNA-y 型, CJF-1、N 型, MC-91 型, FN-89 型等。

立体定向仪根据定位坐标种类不同,大致分为直角坐标系、球坐标系、圆柱坐标系及两种坐标混合型定向仪。按照设备结构分两大类:简单型和复杂型。简单型定向仪结构简便,体积小,直接固定在颅骨局部,只能在一侧大脑半球小范围内移动和角度调整,精度较差,但需要辅助设备少。复杂型定向仪结构复杂,体积大,头颅固定在定向仪内,同时可进行两半球或颅后窝手术,活动度大,调整角度大,精度高,一般误差在 $\pm 1\text{mm}$,是目前临床最常用的类型。立体定向仪种类虽然繁多,其基本结构均是由固定系统、导向系统、定位辅助系统 3 大部分组成(图 1-2-3)。

(1) 定位器:定位框架,一般为金属支架。通常为两种形式,一是呈立方形,框架上有刻度,代表定向仪的坐标系,这些刻度可在 X 线摄片中显影或不显影。另一种呈环形,此环上有若干个标志结构,表示 X、Y、Z 坐标系,能和 X 线、CT、MRI 定位板结合,同时也可借以推算出放大系数。固定部分用螺钉将定向框架固定在患者头部,常借以螺钉把定位框架直接固定在颅骨上。



图 1-2-3 立体定向仪的基本组成

A. 定位框架; B. 弧形导向弓; C. 脑内操作器械; D. 定位辅助设备

少数简单型定位仪（直接固定颅骨局部者）的固定系统是利用定位板中央圆孔，内装有2~3个小脚，利用旋转或弹性张力，把定位架固定在颅骨钻孔处，再用3~4个能自由升降垂直支柱加强固定作用。

(2) 导向器：将载物器安装在导向器上用以握持各种上器械。导向器是将载物器和定位器都安装在定位框架上，导向器是将操作器械送到颅内靶点上的主要结构。

(3) 脑内操作器械：其器械种类按手术目的而异，如血肿排空器、毁损电极、刺激电极、螺旋活检针、定向活检钳、异物钳、导针磁棒、温控热凝射频仪、吸引器、激光器、脑室内镜、超声吸引器等。

(4) 定位用的辅助设备：除了X线机、CT机、MRI影像扫描设备外，还需根据各定向仪种类不同设计的定位板、定位框、固定卡、适配器、水平仪、计算比例尺（螺旋计算盘）角规等。

四、三维立体定向原理

所谓定位就是把颅内目标结构的位置定出来。目标结构一般可分为可见目标与不可见目标。可见目标如金属、钙化、骨性结构、影像学显示的病灶（肿瘤、炎症等），可通过X线、CT、MRI直接显示出来；而不可见目标如苍白球、丘脑腹外侧核，必须通过脑室造影、CT扫描、MRI影像显示出脑内参考结构（如前连合、后连合、室间孔），然后依据参考结构位置（原点），结合正常脑片解剖学测量值间接推导出颅内各靶点结构的坐标，这些坐标常因为个体头颅大小的差异出现误差，常需要用其他方法（如电生理测定方法）来校正。

手术者根据带有定位框架信息的影像片，确定导向的目标点后，将定位信息转化成定位仪上的三维坐标刻度上，求出它的坐标读数、或左右、前后旋转角度。依据这些读数（即X、Y、Z坐标值），调整定向仪上与之相应数值，就可使脑内目标点坐标数值与定向仪上坐标数值吻合（重叠）。此时用定向仪上导向系统能准确把手术器械送到颅内靶点，完成定向手术，这一过程称定位术。由于定向仪坐标结构形式不同，推算定向仪上坐标刻度实际坐标值，可运用数学算法、图解法、目标模拟法、原点任意法等方法之一求出。至于无框架神经外科导航系统定向法，一般采用CT或MRI定位，有关CT、MRI定向法的计算定位机制和神经外科导航系统计算定位机制，分别在有关章节阐述。

五、常用定向仪类型

1. CRW/BRW 定向仪 CRW/BRW 定向仪是美国Radionics公司生产，是美国学者Brown、神经外科医师Roberts和工程师Wells合作设计，简称BRW型定向仪，

CRW定向仪是在BRW定向仪基础上进行改造，临床应用更简单。CRW/BRW系统是混合型坐标定向仪（球坐标和直角坐标系），BRW弧度系统的设计原理是以非靶点为中心，即靶点的位置不在圆形的中心。目前临床以CRW定向仪应用为主，CRW立体定向系统构成包括头环、定位框、弧形导向臂和模拟验证系统（模拟基座）及其他手术辅助设备。

头环是镍铝合金制成，其实此环前部可以旋转，向上转便于气管插管或向下旋转便可手术操作。头环通过支撑杆、头螺钉与头颅骨外固定。定位框是根据不同用途设计出CRW-LF、BRW-LRA定位框，适用于CT扫描；MRI定位框适用MRI扫描，因为他的顶部和四边都有N型结构，在扫描后可通过计算机或绘图仪进行计算。如果是X线定位，用AGL定位框；脑血管造影定位，可使用SGV-AL定位框。

CRW弧形导向臂是通过三处附着点与支架相连，弧形导向臂中心即是靶点中心。弧形导向臂的半径为160mm。弧形导向臂的三个附着点：一是滑槽，两处环标使弧形导向臂与支架相连。弧形导向臂可左右安装，也可前后安装。

在CRW系统定位中，模拟基座并不是必须应用的。但实际操作中，它的二重检验性和体外靶点验证功能却是十分重要，尤其是做功能型核团定位坐标的微调实践中。模拟底座的三维坐标调整后即指示出脑内模拟病灶的靶点，CRW弧形臂系统放在此模拟底座上，即可检验在头架弧上所调的AP、LAT和VERT坐标是正确及各方向手术入路的模拟显示。CRW系统还配备有手术器械，如侧方开口旋切式活检针、血肿排空器和手术规划软件等（图1-2-4）。

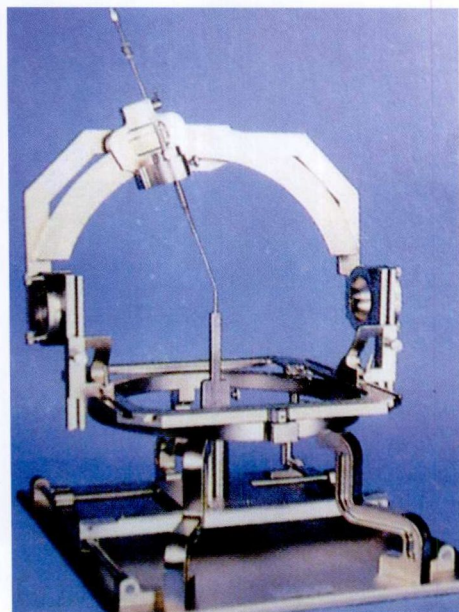


图1-2-4 Cosman-Roberts-Wells (CRW) 定向仪

2. Riechert-Mundinger 定向仪 (Fischer Z-D 系统) Z-D 系统是直角坐标与球坐标相结合的复合型坐标系统, 直角坐标系统用于定位, 即确定脑内靶点的三维空间坐标; 球坐标系统用于导向靶点, 即将靶点结构移至弧形瞄准弓的圆心位置, 并将穿刺器械导向靶点, Z-D 系统都附有体外模拟验证系统 (模拟基座), 可以根据临床电生理测定结果在体外对靶点做微调设定, 这一点在核团毁损等功能外科实践中尤为重要。Riechert-Mundinger 定向仪属于 Z-D 定位系统, 最早是在德国的弗莱伯神经外科医院研制的, 1951 年用于临床, 以后又经改进可用于 CT、MRI 进行定位。它主要有固定基环、半弧形弓架、靶点弓架组成, 半弧形弓架固定在基环上, 而靶点弓架固定在半弧形弓架上。手术前先校准定向仪的中心点, 然后在患者头部安装基环和定位板, 行 X 线摄片、CT 或 MRI 扫描, 通过计算半弧形弓架和靶点弓架的多个角坐标, 来引导器械到达靶点, 有时还要再装上 SDC (satellite display console) 以便确定钻孔位置及颅内导针的 4 个角度。Fischer 定向仪德国的 Leibinger FL Fischer 公司制造, 是把 Riechert-Mundinger 定向框架的特点与 Kemai 和 Hitchcock 系统的瞄准弓相结合, 形成一种用直角坐标和球坐标同时定位靶坐标、并有体外验证靶点功能的定位系统 (图 1-2-5)。

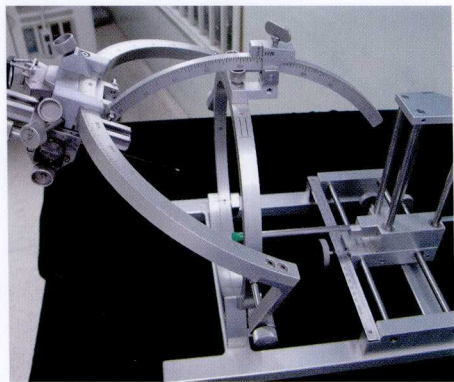


图 1-2-5 Fischer Z-D 型定向仪 (附体外模拟验证系统——模拟基座)

3. Leksell 定向仪 Leksell 定向仪是目前临床最常用的定向仪, 是一种将直角坐标系和极坐标系相结合的混合性定向仪。直角坐标系是基于笛卡尔坐标原则, 在颅腔内设置三个相互垂直的平面, 通过水平面、冠状面和矢状面的 X、Y、Z 轴相交于一点, 颅内的任何一点都可凭借 X、Y、Z 轴的坐标确立。极坐标系又称球坐标系, 它是将定向仪的中心作为球心, 在球表面的任何一点, 通过球的半径均可到达球心。Leksell 定向仪由定位框架 (直角坐标系) 和与之相匹配的半弧形弓架所组成。Leksell (1949 年) 研制出第一台立体定向系统, 随着影像技术的不断发展, 形成了能与 X 线、CT、MRI、DSA 等适配的 A、B、

D、G 型立体定向系统。但是, 上述各型定向系统基本原理相同, 全世界应用最多的是 Leksell-G 型定向系统。

Leksell-G 型定向仪的半弧形弓架, 它的半径为 190mm, 通过固定环可以前后转动以调节前倾角或后仰角 (α 角), 在弧形弓架上还固定有一个载物器, 载物器主要利用于握持电极针、活检针及血肿排空针等脑内操作器械 (图 1-2-6)。

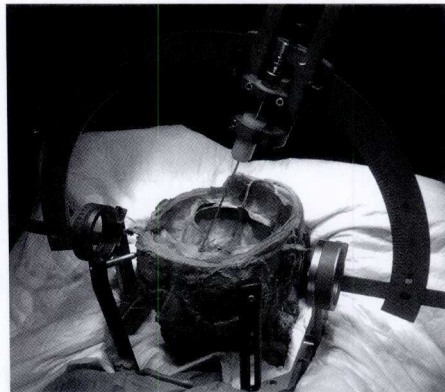


图 1-2-6 Leksell-G 型定向仪

另外, 通过载物器沿弧形弓架在左右方向上的移动, 可以调节侧偏角度 (β 角), 同时载物器上的标尺可以帮助手术者调节穿刺的深度。固定环和载物器上都有固定旋钮, 用于固定半弧形弓架和载物器。Leksell-G 型定向系统使用的定位器, 由 2~5 组 N 形玻璃板组成, CT 定位时使用的 N 形玻璃板内嵌入的 N 形金属丝; MRI 定位时使用的玻璃板内嵌有 N 形管状槽, 可灌入能在 MRI 扫描时显影的植物油、硫酸铜或 MRI 增强剂 GD-DTPA。Leksell-G 型定向系统的辅助设备, 包括定向仪与 CT、MRI 机器相连接的结合器、X 线螺旋线计算盘及活检针、血肿排空针、电极针等。

Leksell 研制定向系统时, 人为地规定定向仪中心点的 X、Y、Z 轴坐标均为 100mm。定向仪的原点 (0, 0, 0) 位于框架的右后上方, X 轴向左的数值逐渐增大, Y 轴向前的数值逐渐增大, Z 轴在矢状位上向下的数值逐渐增大, 在轴位片上向上增大 (图 1-2-7)。

4. 国产 HB 系列立体定向仪 近年来, 我国北京、南京、西安等地的医院研制生产出一些新型立体定向仪, 为国内立体定向手术的发展起到积极的作用。北京海军总医院与北京理工大学、北京航空航天大学合作, 改进了 Leksell 立体定向仪, 生产出高精度 HB 系列立体定向仪。

HB 系列立体定向仪的主体有框架 (或基环)、Y 轴定位尺、弧形弓和 N 字定位板 4 个主要部件。

(1) 框架 (或基环): 此部件是连接 Y 轴定位尺、弧形弓和 N 字坐标定位板的主体。HB-3 型立体定向仪具有立方体框架, 适合普通立体定向手术 (图 1-2-8)。HB-4

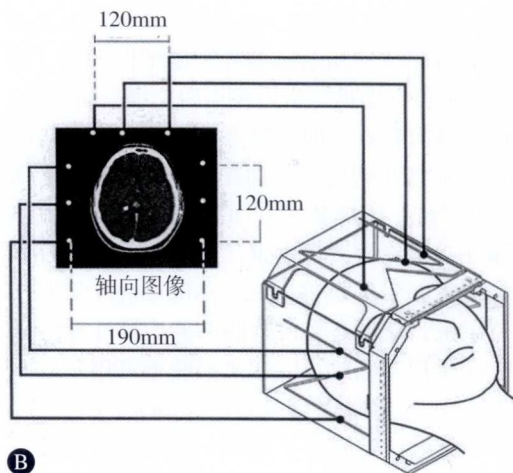
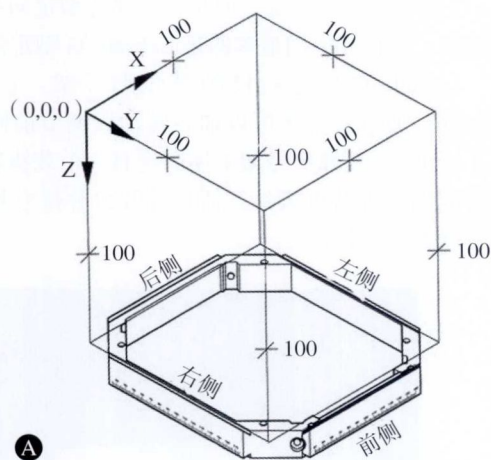


图 1-2-7 Leksell 定向仪坐标系的设定及数值的转化

A. Leksell-G 型定向仪 X、Y、Z 坐标数值变化方向示意图 (X 数值从右向左增大, Y 数值从后向前增大、Z 数值从上向下增大); B. Leksell-G 型定向仪定位基准点在轴位扫描图像上的转化

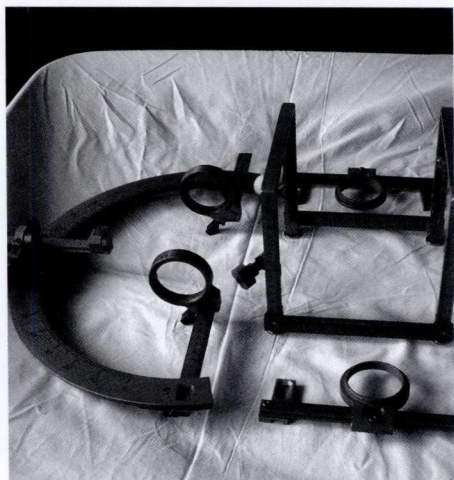


图 1-2-8 国产 HB-3 立体定向仪 (框架式)



图 1-2-9 国产 HB-4 立体定向仪 (基环-立柱式)

型立体定向仪利用头部基环代替可造成手术盲区的立方体框架, 因而更适合立体定向开颅和脑内镜等手术 (图 1-2-9)。框架或基环采用特殊合金铝制造, 重量仅 400g, 患者头戴框架或基环, 肢体活动并不受限制, 因而方便了 CT 或 MRI 定位。

框架或基环组件还有锁紧器、耳塞架、耳塞棒、定位钻等小部件。锁紧器有 4 个, 分别位于框架的四周, 用于锁紧固定棒或螺钉, 使定向仪框架与患者头部固定牢稳。耳塞架 2 个, 分别固定在框架底部或基环上部的两侧, 开始安装框架时, 耳塞棒等距离插入耳塞架, 依此保证框架的平衡, 待框架固定好后, 去除耳塞棒及耳塞架。

(2) Y 轴定位尺: Y 轴定位尺由 Y 轴尺、转座及 Z 轴滑块组成。Y 轴尺上的刻度表示 Y 坐标的读数, 以 Y 轴转座方窗中的红色刻线作为零点来定位, 调整好 Y

坐标后锁紧固定。通过 Z 轴滑块, 使 Y 轴尺沿 Z 轴上下移动, 标定好 Z 坐标的读数。标定 Z 坐标时, 两侧 Y 轴尺的 4 个滑块窗口中红线要调定在框架 Z 轴尺上同一个读数。

(3) 弧形弓: 由弓架、X 轴圆环 (左右各一) 和拖板组成。X 轴左右圆环用以定位 X 轴, 左圆环可以显示 X 轴尺上的坐标刻度; 右圆环为辅助尺。圆环本身具有刻度, 可以显示弧形弓上穿刺针呈前后方向进针的角度。两侧的圆环都有锁紧手柄, 以供术中固定弧形弓。拖板可沿弧形弓左右滑动, 以便选择穿刺针呈内外方向进针的角度。拖板上的导向体用于穿刺针的导向。拖板上的标尺术中调节钻孔、进针的深度。

(4) N 字坐标定位板: N 字坐标定位板与框架 (或基环) 结合, 可供 X 线机、CT、MRI 等各种成像设备定位。

六、定位计算方法

不论 CT 还是 MRI 引导立体定向术,关键在于如何将 CT 或 MRI 影像片上靶点坐标系转换到定向仪上坐标系,从而实现临床上 CT、MRI 引导的立体定向术。

目前常用 CT、MRI 定位计算方法有以下几种:①间接法;②直接法;③先后法。

1. 间接法 即在定位框架两侧安置 CT 定位板(使用 MRI 成像,在两侧、前后和头顶部安置 MRI 定位板)。此板内有一呈 N 形金属条,为正方形,扫描时保持定位框架 XY 轴平面与 CT 扫描轴平面平行。这样,靶点的三维坐标可直接从图像上测得,不需要再行矫正(即坐标转换)。扫描后在每一层 CT 片平面上,左、右侧各有三个椭圆形或长方形断面点,把每侧上下点连成一线,构成长方形。此时只要在所需 CT 层面上找到靶点,以此点做上下、左右平行线,与上述边相交,即可求出 X、Y 坐标值。而 Z 坐标值,只要把两侧中间断面连成一线,此线与上、下线间距离,即代表 Z 值。

如果头颅安装定位框架后,定位框架与 CT 机不保持特定位置,在任意方位下进行扫描,通过靶点,坐标转换由计算机治疗计划软件来完成,靶点 X、Y、Z 坐标值也可迅速求出。

2. 直接法 即定位框架坐标系与 CT 坐标系完全吻合,这是将 CT 机改装为专用定向手术,定向仪安装在 CT 机上。定向仪的中心“0”位与 CT 机坐标“0”完全重合。通过机械装置,定向仪可按刻度沿 Z 轴方向移动,以获得不同层面的 CT 扫描图像。这样靶点 X、Y 坐标可直接由 CT 机上读出,Z 坐标根据 CT 床从基础“0”平面移动至靶点平面的 CT 像距离得出。

3. 透照法 是根据 CT 层面上获得的肿瘤、脑室或其他结构的形态,标绘在一块透明的薄板上,然后利用计算机自动完全在 X 线平片上显示出相应的结构。由于透照法使用不便和欠准确、直接法占用专用 CT 机而较少采用,目前临床上多使用间接法。

第三节 机器人辅助脑立体定向手术系统(无框架定向系统)

一、机器人的应用原则

应用立体定向手术机器人,首先要考虑立体定向手术所能达到头部的各个位置,来获得到达目标点轨迹的最大自由度,并且要具备足够大的工作区域以不妨碍医生的操作。机器人必须有足够的刚度以保证稳定的探针轨迹,还需要足够的安全性,以防止错误操作可能造成的意外损伤。另外,医用机器人体积应较小,便于搬运。

二、五代机器人系统研发

海军总医院和北京航空航天大学合作开发的立体定向手术的机器人系统,前后历时 12 年,已完成五代机器人系统研发。

第一代主动机器人(1997 年),选择 PUMA260 为基础,PUMA260 是一种可编程的通用机器人,它能以 0.05mm 的重复精度完成复杂的工作,并能保持稳定的轨迹。它主要由操作机、控制器、示教盒、监视器、键盘和软驱组成。它的运动与人体相类似,如可以以腕、肩、肘、腰部位并行或分别旋转操作。6 个关节分别配有永磁电机和伺服驱动系统。每个关节上有一极坐标系,能进行大范围角位移。另外,PUMA260 具有较好的安全性,当它的电气或机械失效后,在腰、肩、肘安装的弹簧机制可以有刹车制动。为了与患者保持固定的联系,试验阶段机器人基座与立体框架固定连接,而框架固定在患者的头部。PUAM260 与定位框架一起使用的主要原因,是从安全可靠实际操作考虑的。一旦机器人出现故障,可以重新安装立体定向仪的弧形弓,由人工继续手术(图 1-3-1)。

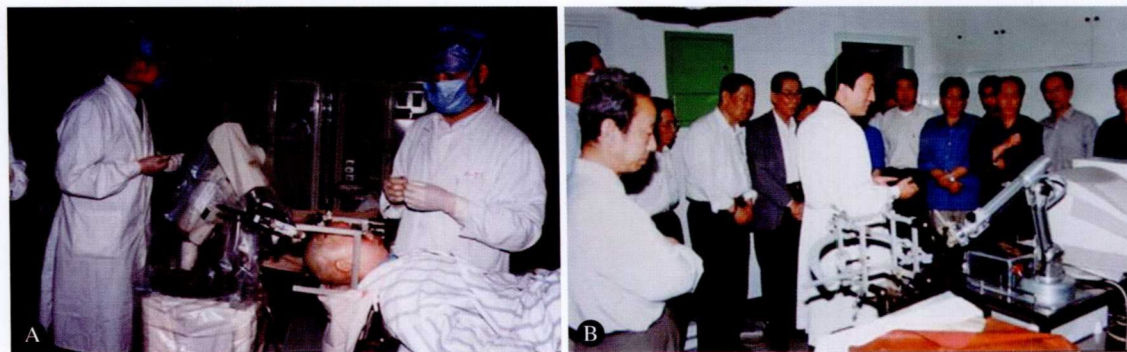


图 1-3-1 第一代立体定向手术机器人

A. 第一代立体定向机器人术中(1997); B. 专家验证第一代立体定向机器人

第二代机器人系统为无框架立体定向手术仪（1999年）。该系统主要由3部分组成：影像引导装置、三维定位软件和智能机械臂。分别完成测定靶点坐标、规划穿刺轨迹和平台导航操作等功能。它的突出特点是手术时取下了传统的立体定向仪框架（图1-3-2）。

第三代机器人系统和第四代机器人系统是在无框架手术功能上分别增添了动力性和遥控操作性。第三代机器人系统（2001年）采用上悬圆盘式底座，固定其间的五关节机械臂可按术者在医院局域网发出的指令，主动沿预定轨迹运动将穿刺针指向靶点（图1-3-3）。

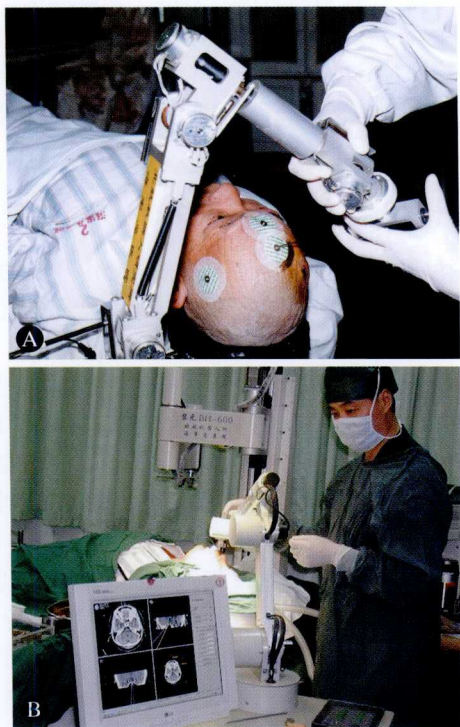


图1-3-2 第二代立体定向机器人

A. 第二代立体定向机器人（被动式，1999）；B. CRAS-2型第二代立体定向机器人手术中



图1-3-3 固定在悬圆盘式底座上的第三代主动定向机器人

第四代机器人系统（2003年）采用旁立拉杆式底座，机械臂主动操作的空间更广泛，手术定位更精确（精度误差 $<1\text{mm}$ ）。由于增加了立体视觉识别系统，实现了经网络传输的遥控操作手术。2003年9月，我们采用第四代机器人系统，利用网络（10兆宽带，中国网通公司）成功完成北京至沈阳（空间600km）的远程遥控操作立体定向手术4例。手术包括脑内血肿排空术（基底节、小脑等部位）、丘脑核团毁损术（治疗恶痛）。利用机器人实行遥控操作时，操作区（北京）计算机工作站接收到手术区（沈阳）传来的CT/MR影像资料，术者据此确定病灶靶点，进行手术规划，然后将其指令经网络传输至手术区。手术区的机器人按照预定的穿刺轨迹自动运行；操作区的术者可通过视频监视随时调整机器人的运行（图1-3-4）。

第五代机器人系统增加了视觉检测定位装置，遥控操作手术更加安全。2005年我们采用第五代机器人系统，利用互联网络（速度2M/s）成功完成北京至延安（空间1300km）的远程遥控操作立体定向手术10例（图1-3-5）。

三、影像规划系统

海军总医院和北京航空航天大学合作开发的影像规划系统软件可以获取CT/MR图片上的数据，可以用光标在屏幕上选择预定目标位置。通过坐标变换，可以将CT/MR图片上的预定目标位置映射到机器人的角度坐标上。医师首先选择一条避开脑部重要功能区区和血管组织的最佳轨迹，机器人可以根据医师选择的不同方向进行运动，但始终保持探针指向靶点。然后，术者沿着预定轨迹在头颅上钻孔、穿刺，完成对病变的处理。到达预定目标区域的距离可以由机器人计算得知，并可直接插入探针；但考虑到安全，一般此项工作还是由术者人工操作进行。为了减轻脑肿瘤内放疗时注射核素对外科医师的辐射伤害，机器人的末端关节专门设计了一种遥控操作装置，辅助术者在远距离即可进行核素注射的操作。

今后的研究工作是如何进一步提高定位精度，如何进一步利用遥控操作技术减少核素对医师的伤害，如何设计机器人接口可以更换更大的手术工具（如内镜等），以及如何实现计算机在整个过程中手术针轨迹的实时显示等。



图 1-3-4 固定在旁立拉杆式底座上的第四代主动定向机器人

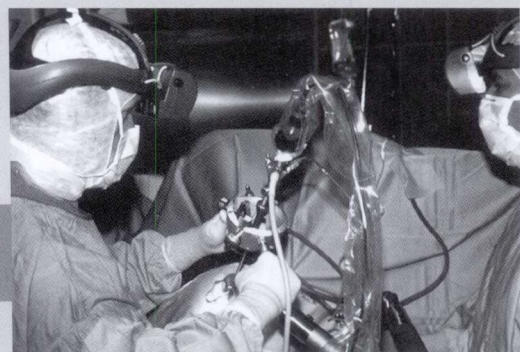


图 1-3-5 增加了视觉检测定位装置的第五代主动定向机器人

参考文献

- [1] Gildenberg PL. The birth of stereotactic surgery : a personal retrospective. Neurosurgery,2004,54(1):198-208.
- [2] Laitinen LV. Personal memories of the history of stereotactic neurosurgery. Neurosurgery,2004,55(6) : 1420-1429.
- [3] Gildenberg PL, Tasker RR. Textbook of stereotactic and functional neurosurgery. New York:Mcgraw-Hill, 1996 : 5-19.
- [4] Heilbrum MP, Roberts TS, Apuzzo MLT, et al. Preliminary experience with Brown-Roberts-Wells (BRW) computerized tomography stereotaxic guidance system. J Neurosurg,1983, 59 : 217-222.
- [5] Leksell L, Leksell D, Schwebel J. Stereotaxis and Nuclear Magnetic resonance. J Neurol Neurosurg Psychiatry, 1985, 48 : 14-18.
- [6] Gerdes JS, Hitshon PW, Neerangun W, et al. Computed tomography versus magnetic resonance imaging in stereotactic localization. Stereotact Funct Neurosurg, 1994, 63 : 124-129.
- [7] Gildenberg PL, Tasker RR. Textbook of stereotactic and functional neurosurgery I. McGraw-Hill : New York, 1998 : 1133-1217.
- [8] Zhao YD, Zhao YL. Neurosurgery in the people's of China : A century's review. Neurosurgery,2002,51 : 468-477.
- [9] 许建平. 二十五年来我国立体定向和功能性神经外科的兴起和发展. 立体定向和功能性神经外科杂志, 1990, 3 (1): 3-5.
- [10] 田增民, 赵全军, 杜吉祥, 等. 机器人辅助无框架立体定向手术. 中国微侵袭神经外科杂志, 2000, 5 (3): 129-130.
- [11] 汪业汉. 立体定向外科进展. 中华神经外科杂志, 2000, 16 (增刊): 86-91.
- [12] 傅先明, 牛朝诗. 立体定向和功能性神经外科学. 合肥 : 安徽科学技术出版社, 2004 : 1-74.
- [13] 刘宗惠. 实用立体定向及功能性神经外科学. 北京 : 人民军医出版社, 2006 : 107-129.

第二章



立体定向脑组织活检技术总论
