

The background of the cover features a light blue gradient. At the top, there is a horizontal band of binary code (0s and 1s). Below this, a faint, stylized diagram of a human knee joint is visible, showing the femur, tibia, and patella. Overlaid on this diagram are several thick, dark blue, curved lines that sweep across the lower half of the cover, creating a sense of motion and technology.

计算机导航技术在膝关节 韧带重建中的应用

王大平 主编



科学出版社

计算机导航技术在膝关节 韧带重建中的应用

王立明 王 强

北京积水潭医院 骨科 北京 100035

计算机导航技术在膝关节 韧带重建中的应用

主 编 王大平

副主编 陆 伟 熊建义 柳海峰

编 者 (按姓氏拼音排序)

冯文哲 顾洪生 郭岱琦 李 皓

李文翠 刘国平 刘健全 柳海峰

陆 伟 欧阳侃 王大平 熊建义

杨 雷 尤 微 朱伟民

科 学 出 版 社

北 京

· 版权所有 侵权必究 ·

举报电话:010-64030229;010-64034315;13501151303(打假办)

内 容 简 介

本书从临床角度出发,通过展现大量临床资料,采用手术图谱的方式,直观介绍了计算机导航技术的基本原理、操作步骤,并且分章节详细介绍了计算机导航技术在前、后交叉韧带、侧副韧带重建手术中的具体应用,以及术前和术后需要面对的问题、解决方法。我们力求通过本书的介绍,使读者对计算机导航技术的手术技巧及操作流程一目了然,从而起到“看图识术”的作用。

图书在版编目(CIP)数据

计算机导航技术在膝关节韧带重建中的应用 / 王大平主编. —北京:科学出版社,2012.4

ISBN 978-7-03-033885-3

I. 计… II. 王… III. 计算机技术-应用-膝关节-关节韧带-关节损伤-治疗 IV. R686.5.05-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 046907 号

责任编辑:王 颖 秦致中 李国红 / 责任校对:李 影

责任印制:刘士平 / 封面设计:范璧合

版权所有,违者必究。未经本社许可,数字图书馆不得使用

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京天时彩色印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2012 年 4 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2012 年 4 月第一次印刷 印张:7 1/4

字数:164 000

定价:88.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

近年来随着骨科学和运动医学的飞速发展,“关节镜下手术”和“微创手术”的概念越来越为骨科和运动医学科专家们所接受。如何能提高关节镜手术的准确性,又可以规避手术风险是每一位骨科医生都希望达到的理想境界,也是迫切需要解决的问题。近年来,数字医学技术的迅猛发展,特别是导航辅助手术、可视化手术操作的实现,为解决该问题提供了一个研究方向,展现出巨大的发展潜力。我们较早地在手术中引入导航概念,将导航与关节镜下手术结合,发现导航技术对于关节镜下膝关节韧带重建,特别是在前、后交叉韧带重建手术中表现出明显的优势,能消除关节镜二维视野的限制,更加准确地定位,规避手术风险,并且导航技术应用在膝关节内外侧副韧带、后外侧角重建手术中,较传统手术方式更加微创,大大提高了手术的精准度,使微创技术更上一层楼。然而,导航辅助手术毕竟是一项新兴技术,手术初期我们遇到各种问题,早期开展这项技术困难较多。为了让有志运动医学微创技术的同道少走弯路,尽快地掌握这门技术,我们编写了《计算机导航技术在膝关节韧带重建中的应用》一书,将我们的经验与广大的运动医学医生分享,这是我们编写这本书的初衷。

本书的编写特点就是从临床角度出发,总结我们近5年来的临床资料,并参考国内外近年来在关节镜等方面的新进展,采用手术图谱的方式,直观地介绍导航技术的基本原理、操作步骤,分章节详细介绍了导航技术在前、后交叉韧带、侧副韧带重建手术中的具体应用,术前和术中需要面对的问题和解决方法,使读者对导航技术的手术技巧及操作流程一目了然,从而起到“看图识术”的作用。希望读者能通过此书对导航手术有较为系统的了解,缩短学习曲线,发挥出该技术应有的优势。

限于编者水平和阅读的局限性,在编写过程中会有不少疏漏和错误,敬请广大读者批评指正。

编 者
2012年3月

目 录

序

前言

第一章 计算机导航技术基本知识	(1)
第一节 计算机辅助导航的应用与研究进展	(1)
第二节 计算机导航技术在运动医学中的应用	(10)
第二章 计算机导航系统的组成与工作流程	(13)
第一节 计算机导航系统的基本工具	(13)
第二节 计算机导航系统的准备及工作流程	(16)
第三章 计算机导航技术在膝关节前交叉韧带重建手术中的应用	(30)
第一节 膝关节前交叉韧带损伤的概述	(30)
第二节 膝关节前交叉韧带损伤的治疗进展	(31)
第三节 导航辅助计算机系统对前交叉韧带重建术的意义	(39)
第四节 前交叉韧带的应用解剖及损伤的诊断	(40)
第五节 计算机导航辅助关节镜下前交叉韧带单束重建手术操作与技术	(44)
第六节 计算机导航辅助关节镜下前交叉韧带双束重建手术操作与技术	(58)
第四章 计算机导航技术在膝关节后交叉韧带重建手术中的应用	(64)
第一节 膝关节后交叉韧带损伤的概述	(64)
第二节 膝关节后交叉韧带损伤的治疗进展	(64)
第三节 导航系统对膝关节后交叉韧带重建术的意义	(68)
第四节 膝关节后交叉韧带的运动医学应用解剖及损伤的诊断	(69)
第五节 计算机导航辅助关节镜下后交叉韧带重建手术操作与技术	(72)
第五章 计算机导航技术在膝关节内侧副韧带重建手术中的应用	(82)
第一节 膝关节内侧副韧带损伤的概述	(82)
第二节 膝关节内侧副韧带损伤的治疗进展	(83)
第三节 膝关节内侧副韧带的运动医学应用解剖及损伤的诊断	(85)
第四节 计算机导航辅助膝关节内侧副韧带重建手术操作与技术	(87)
第六章 计算机导航技术在膝关节后外侧结构重建手术中的应用	(93)
第一节 膝关节后外侧结构损伤的概述	(93)
第二节 膝关节后外侧结构损伤的治疗进展	(93)
第三节 膝关节后外侧结构的运动医学应用解剖及损伤的诊断	(97)
第四节 计算机导航辅助关节镜下膝关节腘肌腱重建手术操作与技术	(100)
第五节 计算机导航辅助关节镜下膝关节外侧副韧带及腘腓韧带重建手术操作与技术	(104)

第一章 计算机导航技术基本知识

第一节 计算机辅助导航的应用与研究进展

近十年来,随着计算机技术和精密机械自动控制技术的日益成熟,医学影像设备质量的不断提高,结合计算机医学图像处理及三维可视化、医用机器人、空间三维定位导航系统和临床手术,由定量诊断、手术模拟和预测、立体定向导航和远程医疗等组成的计算机辅助外科手术(Computer Assisted Surgery,CAS)系统已成为生物工程研究的热门领域之一。它可以对图像进行三维重建和融合,术前充分评估患者的情况,规划手术路径、方案,模拟手术,术中追踪手术器械,引导手术,确定手术范围,从而使外科手术更加精确、安全和微创化(图 1-1-1~图 1-1-6)。

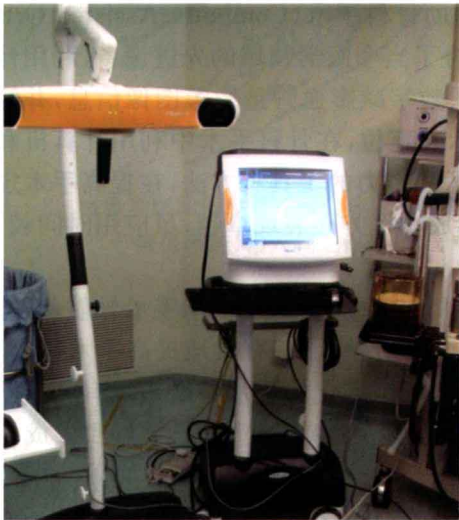


图 1-1-1 骨科手术导航设备

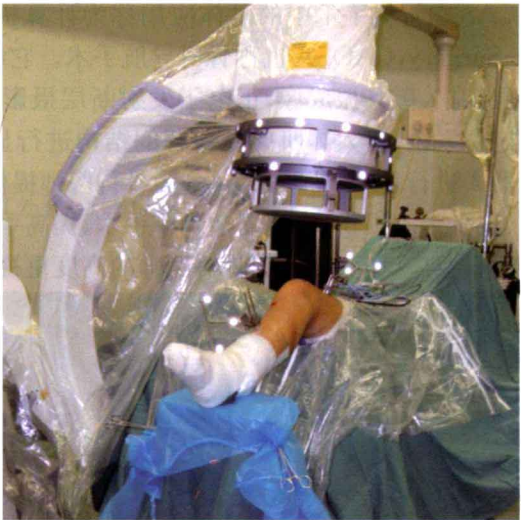


图 1-1-2 C 型臂 X 光机



图 1-1-3 导航手术中的影像学



图 1-1-4 导航指导术中定位

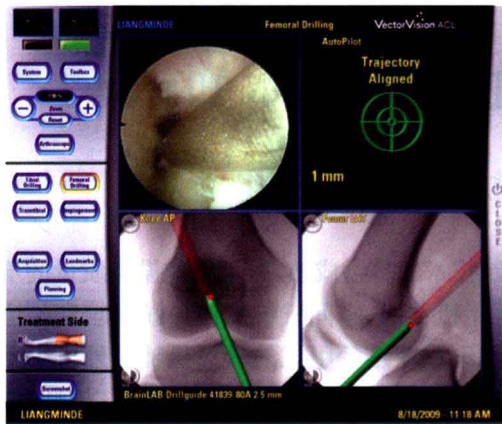


图 1-1-5 导航辅助下即时指导手术

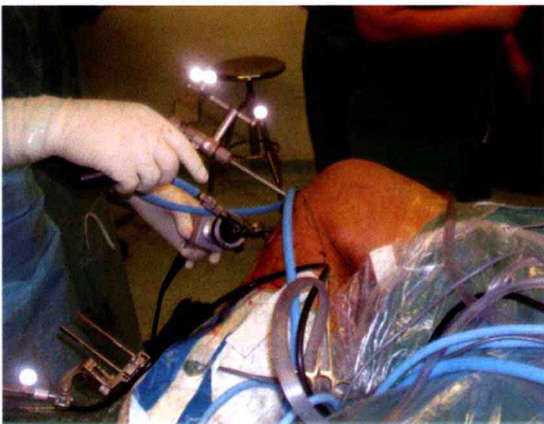


图 1-1-6 导航指导术中的操作

CAS 在骨科手术中的具体应用称为计算机辅助骨科手术 (Computer-Assisted Orthopedic Surgery, CAOS), 也称骨科导航手术。它综合了当今医学领域的先进设备, 利用计算机断层扫描、磁共振成像、正电子发射断层摄影术、数字减影血管造影等图像信息, 并结合立体定位系统, 对人体肌肉骨骼解剖结构进行显示和定位, 在骨科手术中利用计算机和医用机器人进行手术干预。CAOS 为骨科医师提供了强有力的工具和方法, 在提高手术定位精度、减少手术损伤、实施复杂骨科手术、提高手术成功率方面表现卓越, 虽应用时间较短, 但应用日益广泛, 受到各国骨科医师的高度重视。

手术导航在临床手术中的应用可以带来如下几大益处: ①通过使用手术导航, 延伸了医生有限的视觉范围。通过在外科手术中引入图像的引导, 能够有效地提高手术精度, 缩短手术时间, 减少手术创口以及并发症的发生。②全程数字化的手术导航系统有利于网络传输与数字存储, 使远程手术协作、手术规划仿真、教学及诊疗全过程记录与回放成为可能。计算机辅助导航系统使外科手术迅速、安全、准确, 导航系统的数字化、实时化和智能化是未来的发展方向。当然目前手术导航系统仍处在发展阶段, 在使用中仍存在很多实际问题, 需要结合医生的经验及计算机技术、数字化医疗图像设备的逐步完善。



图 1-1-7 计算机导航系统

(一) 导航系统的工作原理及组成

工作原理: 手术导航系统是利用数字化扫描技术所得到的患者术前影像信息 (CT、MRI、C 型臂影像等) 通过媒介体输入到系统的核心——功能强大的计算机工作站, 经过高速运算处理后重建患者的三维模型影像, 手术医生即可操作相关软件 (神经外科、脊柱外科、耳鼻喉科、整形外科等), 在此影像基础上进行术前计划, 并可设定多条手术计划路线 (图 1-1-7, 图 1-1-8)。

通过导航系统, 可以在实际手术过程中通过系统红外线摄像头动态追踪手术器械相对患者解剖结构的

当前位置(图 1-1-9),并明确提示患者的影像资料,手术医生通过显示屏从各个方位观察到当前的手术入路以及各种参数(角度、深度等)。从而最大限度地避开危险区,在最短的时间内到达靶点,减少手术创伤以及并发症,完成真正意义上的微创手术。

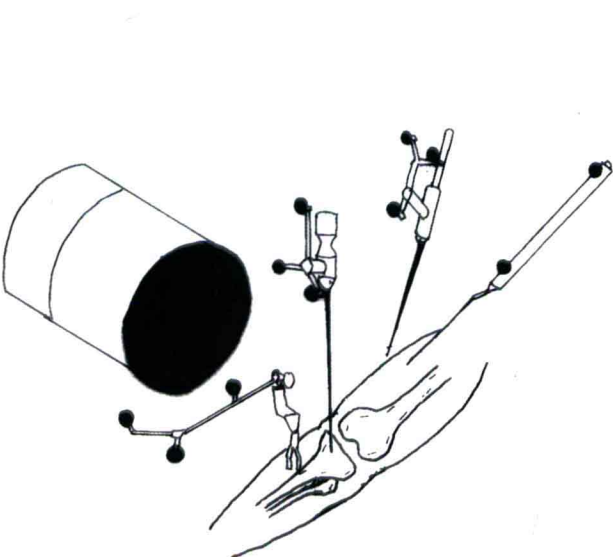


图 1-1-8 将患者影像信息通过媒介体(工作站+红外线摄像系统)输入到工作站

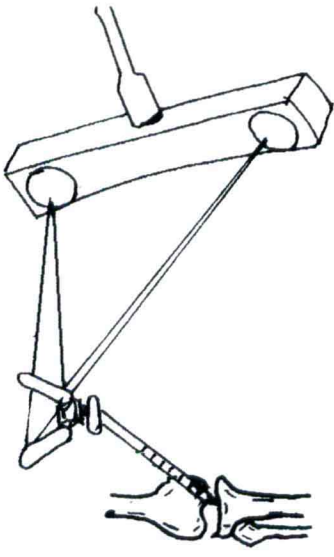


图 1-1-9 红外线摄像头动态追踪手术器械相对患者解剖结构的当前位置

(二) 手术导航系统的基本构成

手术导航系统中使用的设备一般包括:位置跟踪设备,手术器械,患者及手术导航服务器(图像处理与显示,位置信息采集与显示,与其他系统协调与通讯等)。利用注册方法,将各设备的坐标系统一在一个坐标系下,以手术器械与手术图像的位置关系,对手术器械进行定位与跟踪,并在图像系统中显示出来(图 1-1-10)。

手术导航系统基本构成主要有以下几个方面:①手术导航工具用于发射或反射光信号以确定手术工具的位置。②位置跟踪仪是通过接受光信号来监视跟踪手术器械的位置(图 1-1-11)。③监视器用于反映手术器械的位置和患者的影像资料。④工作站可将虚拟坐标系与实际坐标系通过计算匹配(图 1-1-12)。



图 1-1-10 导航下实施手术,规避风险,减少手术创伤

(三) 导航技术的发展历史

导航技术的最早应用是 1907 年 Horsley 和 Clarke 在小动物身上的实验研究。由于利用体外解剖标志位置来确定体内位置,精度较差,不能应用于人体手术。直到 1947 年,Spiegel 和 Wycis 采用一种被称为“气脑造影术”的图像技术给软组织标志予以空间定位,才首次开创了导航系统在人体手术中的应用。20 世纪 50 年代至 60 年代,导航系统开始广泛

应用于丘脑切开手术中,但这一时期的导航系统都是基于平面影像。CT 技术的出现和发展,使得三维空间定位成为可能,为导航系统的发展提供了广阔的空间。近 20 年来,各种导航系统相继问世,并逐渐应用于临床。



图 1-1-11 导航工作站及位置跟踪仪

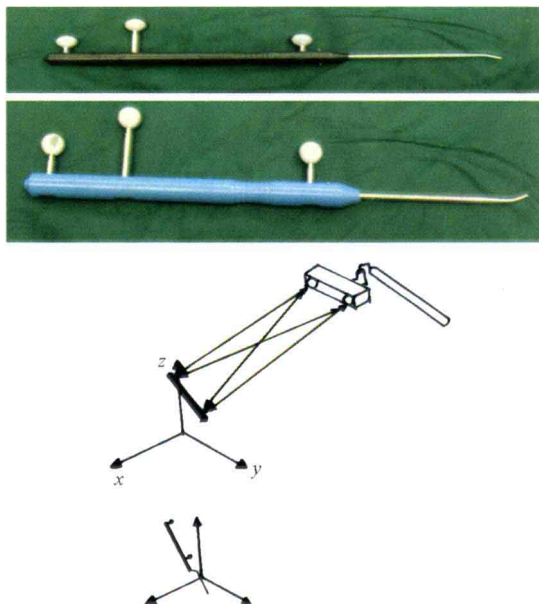


图 1-1-12 通过跟踪导航工具,将虚拟坐标系与实际坐标系通过计算匹配后指导手术

最简单的影像导引系统仅由头部定位框架和有标志点的影像所组成,只能用于术前计划。进一步的发展是有臂系统,即用数字化机械臂作为空间定位设备,不仅能用于术前规划,还可用于术中导航,这类产品中最具代表性的是加拿大 ISG Technology 公司的观察棒 (Viewing Wand)。该类产品由于机械臂的使用给手术医师带来了不便。更进一步的系统成为自由漂浮系统,即无臂系统,这类系统在患者和影像之间没有机械臂相连,而是用光学、电磁感应等方法来联系患者和影像,追踪并记录手术器械的位置。目前最新的影像引导系统是机器人手术显微镜,即机器人根据术前制定的方案自动调整手术显微镜的位置,利用机器人做手术。

(四) 导航系统的分类

1. 按交互方式分类

所有的 CAS 系统均是导航工具与手术环境(包括医生)的交互操作,从而实现一定的空间位置关系。按照交互方式的不同,将手术导航系统分为主动式、半主动式、被动式 3 种。被动式手术导航系统占据主要的市场份额。

(1) 手术机器人可归为主动式导航系统,这是因为机器人在实施手术的过程中完全凭借机器手进行操作,不需要手术医生的人工干预。机器人可以按照手术计划进行精确的手术操作,但目前机器人在灵活性方面却往往难以满足手术的复杂性要求,因而限制了手术机器人的临床推广应用。

(2) 半主动式导航系统属于第 2 代机器人手术系统,多数处于实验研究阶段,尚未见临

床应用报道。它允许医生在机器人控制的安全范围内随意移动手术工具,但如果手术超越此安全范围,系统将终止操作。该系统不但确保了手术的安全性,还充分发挥了人手的灵活性,有待进一步研究、应用。

(3) 被动式导航系统在手术过程中起辅助作用,仅仅控制手术工具的空间运动轨迹,最终的手术操作还要靠手术医生来完成(图 1-1-13,图 1-1-14)。空间立体定位技术是其关键技术,可确定手术器械与患者解剖结构之间的空间位置关系。实现该方法主要有光学定位法、电磁定位法、超声定位法和机械手定位法等。

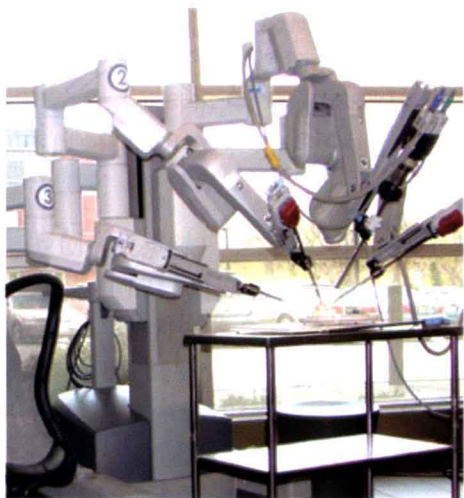


图 1-1-13 达芬奇手术操作系统(被动式导航系统)



图 1-1-14 被动式导航系统手术决定者为手术医师

2. 按照被动系统是否采用术前 CT 分类

按照被动系统是否采用术前 CT 分为需影像的系统 and 无需影像的系统。无需影像系统还有两个亚型:①以标志结合点动力性建模的系统;②以三维骨建模为基础的系统。

3. 按导航信号分类

(1) 光学定位(红外线):是目前使用最广、精度最高的主流定位方法,以 CCD 摄像机作为传感器,利用安装在手术器械上的发光二极管发出的红外线的空间位置,判断手术器械的位置和姿态,指导医生完成操作。典型的精度为 1mm。优点是手术器械更换方便、体积小、易操作、可跟踪多个目标、速度快,缺点是易受手术室背景光线和其他反射物的干扰、价格昂贵(图 1-1-15)。

(2) 磁(电场)定位:利用每个电磁产生的线圈定义一个空间方向,共 3 个线圈,然后根据已知的对位关系就可以确定目标的空间位置。精度较高一般为 3mm。优点是价格相对较低、体积小、不被遮挡,缺点是工作范围小、易受铁磁性物体的干扰。

(3) 机械定位法:即机械手,至少有 6 个自由度,且每个关节均有编码器,可通过其几何模型和关节编码器的瞬时值计算出与机械手相连的手术器械位置。机械定位法是最早应用到 CAOS 系统的定位方法,典型精度为 2~3mm。优点是技术成熟可靠、可在特定位置夹持手术器械,缺点是系统庞大、无法跟踪移动物体、自由运动有限。

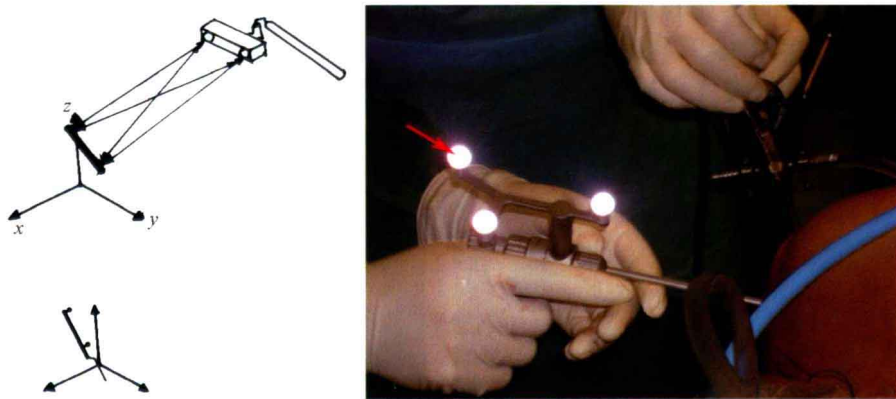


图 1-1-15 光学定位

箭头示手术器械上的反射子在强闪光下的反射信号

(4) 声学(超声信号)定位:在手术器械上放置 N 个(≥ 3)超声发射器,通过测定超声波的传播时间来计算发射器与接收器间的距离,从而计算出手术器械的位置和姿态。精度一般为 5mm。声学(超声信号)定位具有价格便宜、校准方便的优点,但易受环境的影响,精度差,存在遮挡干扰现象。

现在的手术导航仪主要使用红外光学系统作为定位装置,主要是因为分辨准确,可三维定位,不受手术室内其他设备干扰,比起过去的导航有很多优点。其优点有:①主/被动红外光作为定位光源,不受自然光影响;②可全自动识别手术器械;③可自我诊断,方便知道导航的精确度;④可无线遥控,操作简单迅速;⑤方便的手术器械注册,可使自己的手术器械变成导航示踪器;⑥大视野摄像跟踪系统使操作的限制明显减少。

(五) 导航系统在临床中的应用

CAS 系统从一出现,就不断得到临床应用的检验。许多报道描述了相关的各种应用步骤。最优到达病灶、确定切除程度、保证完成既定手术方案和保护非病态重要结构等,在任何手术中都是基本原则。这些原则是微创手术的重点,手术导航系统是这些原则的重要保障。下面是 CAS 系统在各种临床中的主要应用。

1. 神经外科手术

切除颅内肿瘤可能是计算机辅助手术系统最普遍的应用。由于人脑的特殊性,颅内病灶是不能直接看到的。对于颅内肿瘤,首先要精确确定肿瘤位置,在图形工作站上计划最佳手术路径。预先在患者头部做出标记,一旦在手术室中的配准工作完成,立体定位系统可以准确指导开颅位置和深度,引导精密仪器通过头颅的一个小孔进入大脑组织。小孔切口的位置、形状和大小都被裁剪得最优。手术中尽可能避开大脑中的重要组织器官,如主要血管和运动中枢。导航系统可以跟踪手术仪器的位置,使医生在显示器上监视仪器是否按最优路径到达病灶。病灶的切除基于同样的技术完成。

2. 血管畸形手术

由于血管解剖关系清楚,手术导航系统在血管手术中的应用(如动脉瘤切除)可能收获不多。但传统病理学无法反映血管畸形,像动静脉相连的畸形,考虑到它们特殊的血管结

构,术中切除畸形血管有大出血的危险。通过 DSA 或 MRI,建立血管及其周边组织的整合数据库,术前计划可用来确定畸形血管位置。在术中对已知标志点的识别会进一步增加医生的信心。对于深部 AVM 进行手术路线优化,如同在神经外科手术中描述的那样,可指导医生以最小损伤周边组织到达畸形血管,手术导航可以起到减少手术失误的作用。

3. 内镜手术

20 世纪 90 年代,内镜手术取得了明显进展,其微创的优点被广泛接受。但内镜视野有限,医生不能观察到他所正在做的一切,并且不易获知内镜的精确位置。内镜与 CAS 结合能产生很好的效果,通过立体定位,可将内镜得到的图像与标准的医学图像组合,完成对局部图像的定向。尽管内镜是微创的,由于其深入人体内部,其错误定向的潜在风险很高。如果导航系统能提供一个简单的术前计划,沿某一路径能顺序到达所有的囊肿,就能使它们被分别开窗,那么,错误定向和不完全治疗的担心就大大减小了。

4. 耳鼻喉科手术

在耳鼻喉科手术中,鼻窦区的手术空间十分狭小,视神经和动脉血管均属易损的危险结构。在大多数情况下,由于患者的头部不被头环固定,因此需要系统跟踪头部的运动。临床应用中最大的问题是配准。传统的方法是利用解剖标志点,而在耳鼻喉科手术中,这些标志点恰恰是病变区域。研究表明,使用一种配准方法难以达到要求,组合配准是发展的趋势。

5. 计算机辅助骨科技术的临床应用

计算机辅助骨科技术目前来说运用的比较成熟,其开始于欧洲和北美洲,于 2000 年 2 月开始联合召开 CAOS 年会。由于骨骼的特殊性,此项技术在骨科领域发展迅猛,在脊柱外科、髋、膝关节置换,前交叉韧带重建,骨盆及长骨干骨折等方面开始应用,已经成为微创外科的一部分,促进了微创外科的发展。

(1) CAOS 在脊柱外科的应用:椎弓根螺钉内固定方面,是目前 CAOS 在脊柱外科领域发展最快,应用最广的领域。CAOS 是从 20 世纪 90 年代开始的,当时神经外科应用的脑立体定向导航手术显示了很大的优势,在此技术应用于神经外科的脊柱手术时被骨科医生所关注。20 世纪 90 年代初,Foley 等首先分别进行了导航系统在脊柱外科领域中应用的尝试。他们最早在实验室进行了计算机辅助下的椎弓根螺钉内固定术实验,并于 1995 年在芬兰赫尔辛基实施了世界第 1 例计算机辅助导航下的腰椎椎弓根螺钉内固定术。此后相关实验研究和临床应用报道逐渐增多。计算机辅助手术增强了手术显示度,增加了内置物安放准确性,显示出较好的优越性,但是延长了手术时间,更多的经验有待总结(图 1-1-16)。

(2) CAOS 在关节方面的应用:在关节置换方面,有研究结果显示,应用 CAOS 进行关节置换较传统手术有较高的准确性。早期以美国 Taylor 为首开发的 Robodoc 系统最为典型,于 1991 年首次成功应用于全髋关节置换术。此后 CAOS 在髋、膝关节置换方面的研究应用逐渐增多,近年也有大宗病例应用研究的报道。应用 CAOS 系统行全髋置换,髋臼假体外展角度的变异减少,假体与人体更匹配,安装过程也更精确,手术质量明显提高,对避免术后一些并发症有着重要意义。

(3) 韧带的重建方面:在膝关节交叉韧带的重建方面,Dessene 等最早将该技术应用于前交叉韧带重建手术,取得满意手术效果。Klos 等介绍了前交叉韧带重建术中应用 CAOS 精确定位移植前交叉韧带,较传统方法更安全准确。Picard 等在体外模拟应用导航系统与

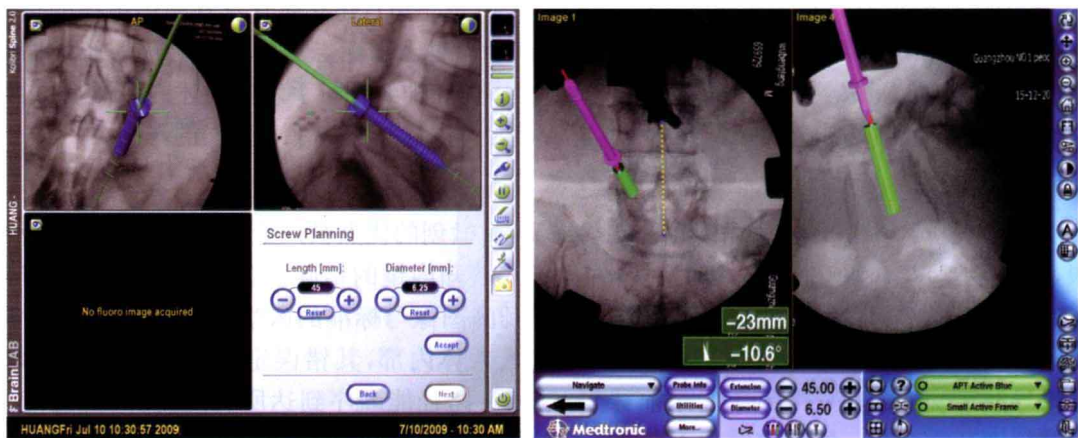


图 1-1-16 导航系统运用于椎弓根螺钉内固定术

传统关节镜下行膝关节前交叉韧带重建术进行随机对照实验分析,通过对术前设定的理想位置点与实际手术骨孔之间的距离测量显示,导航系统比传统关节镜手术更精确,两组间有统计学差异(图 1-1-17)。

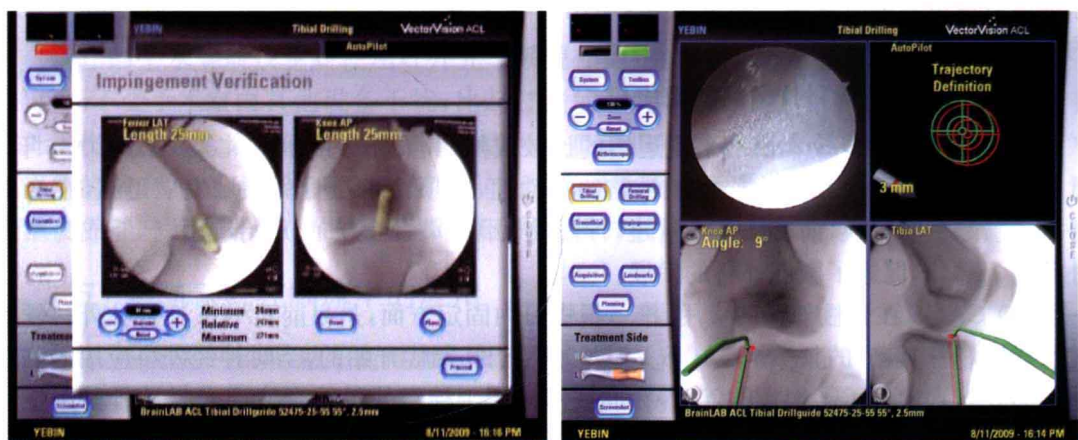


图 1-1-17 导航系统运用于膝关节前交叉韧带重建

(4) 骨折髓内钉内固定方面:1997 年首先报道计算机辅助下的髓内钉远端锁钉技术,近年这方面的应用逐渐增多,且已证实其可以缩短手术时间并减少射线的照射,甚至手术过程中完全不用 C 型臂 X 线机透视。Hazan 等报道在行股骨骨折带锁髓内钉内固定术中应用 CAOS 系统全部锁钉一次锁准,而且缩短了手术时间,术中射线的暴露明显减少。但目前缺乏大宗临床病例的报道,有待进一步研究。

(5) 骨盆骨折方面:Hufner 等开发新的 CAOS 软件系统应用于骨盆环骨折复位内固定手术,与直视下对骨折块复位比较,两组的残余错位程度和旋转角度差异不大,无统计学意义。髌臼骨折方面 Kahler 等研究应用 CAOS 对髌臼骨折进行螺钉内固定,有 95%的螺钉与目标的差异小于 5mm,且 90%的螺钉可以经皮植入。髌臼骨折类型复杂,多为粉碎性,且解剖位置深,暴露困难,若选择切开复位内固定术,合适的手术入路是手术成功的关键。而螺旋 CT 的多维重建为此类骨折的诊治提供了一种新的手段,对手术方案的制定有重要

参考作用。王坤正等还认为,由于容积重建技术包含了髌臼骨折术后骨质内、外部结构的信息,因此是目前显示髌臼术后形态的最佳方法,对骨折术后疗效判断有较高的价值。研究发现通过计算机图像处理技术可将儿童各时期髌关节的正位 X 线叠加在一起,以了解髌臼的形态变化。阿良等通过此法证明,8 岁后髌臼仍发育不良即应行矫正手术。手术前对股骨头、髌臼形态和头臼关系的三维观察,可为手术方案的制定提供客观依据。

(6) 跟骨和肩胛骨骨折方面:张英泽等报道利用计算机辅助跟骨骨折复位,取得了初步结果。他们根据术前的跟骨模型,用计算机控制机器人进行挤压塑形,结果显示恢复了粉碎性跟骨骨折的基本正常外形。郝毅等对成人肩胛骨的颈部、肩胛冈的基底部和肩胛骨外侧缘进行三维观测后指出,这些部位可以接受钢板螺钉内固定。但这些只是初步的研究,有待进一步发展。

(7) 长骨骨折复位方面:Grutzner 等应用 CAOS 对模型长骨骨折复位及微创固定系统固定进行探讨,显示其微创、精确的优越性。Zheng 等进行无透视下计算机辅助骨干骨折闭合复位的实验研究,平均误差约 1mm。在这方面虽然有所研究,但其可发展的空间很大。

(六) 计算机辅助骨科技术的应用价值和优点

准确的复位有利于骨折的愈合和功能恢复,小儿畸形的合理矫正有利于正常的生长发育,假体的安放决定了手术效果和使用寿命,这些都对操作的可预见性和精确性提出了要求,计算机辅助骨科技术提高了操作的精确性和安全性,对以往依靠医生的经验和机械模具的操作提出了挑战。

初步的临床实践表明这项技术具有广阔的发展前景,它具有以下几个优点:①丰富了微创骨科的内容,减轻了患者的痛苦;②可以使骨科医生未雨绸缪,进行详尽的术前计划;③相对于传统手术,CAOS 更加安全、有效;④缩短了医生和患者接触射线的的时间;⑤由于创伤小,减少了输血需要以及相应的并发症。

(七) 计算机辅助骨科技术存在问题

计算机辅助骨科技术为患者提供了高质量的医疗服务,它的优点是显而易见的。由于这是一项高科技产物,技术含量高,计算机辅助骨科技术系统的性价比是首先需要考虑的问题。如同 C 型臂、关节镜等设备一样,从设计到临床广泛使用,都要经历一个成熟的过程,计算机辅助骨科手术系统目前也存在着一些问题。每一套手术系统的硬件都需要专有的软件来支持,目前尚达不到应用一套硬件设备来进行多种骨科手术之目的。如果同时开展几种 CAOS,则需要购买相应的设备,因而价格也十分昂贵。

在计算机辅助骨科技术的过程中,任何一个环节出现偏差都将影响到系统的精确性,立体定位和配准是系统精确性的关键。如果出现偏差,医生术中则不能准确判断术前计划好的一些解剖位置。例如固定于骨骼上的固定器由于操作发生位置变化,系统配准发生变化,做出错误的信息反馈,错误的引导医生导致手术失败。这些都属于技术上的问题,有待于外科医生和工程师共同解决。如果手术过程中手术定位器械配准发生变化,则会出现错误信息,引导手术失败(图 1-1-18)。

影像漂移是导航系统的最大弊病,即手术进行中组织结构移位导致的导航系统影像与真实位置的误差,其发生率高达 66%。CAOS 操作复杂,要求具有很高的专业性;临床应用经验不足,任何不正确的操作反而导致手术时间延长;更可怕的是不正确的导航信息会增



图 1-1-18 计算机辅助骨科技术在手术中的应用

如果手术过程中手术定位器械配准发生变化,则会出现错误信息,引导手术失败

加手术风险,甚至导致手术失败。因此,应用 CAOS 的医生必须深入理解导航系统的基本原理,熟悉所用导航系统的特点与不足,最大限度的降低对导航信息的误解,同时还必须具有丰富的临床经验,必要时传统手术加以灵活应对,这样才能充分体现 CAOS 应有的价值。

(八) 计算机辅助骨科技术的展望

手术导航的数字化、实时化、智能化是未来发展的方向,导航系统的自动认知模式将会进一步提高手术的实用性和效率。如今的显微镜、内窥镜、神经电生理、超声等外部设备的影像都能输入导航系统,并与导航影像同步显示在液晶触摸屏上,可采用的导航设备有超声、显微镜、内窥镜、激光等,也可联合几种设备,以提高导航的精度和灵活性。将 CT、MRI、血管造影和正电子发射断层摄影术(PET)等多模三维图像融合在一起,利用消隐或透明等显示技术,可形成含有解剖结构和生理功能信息的四维(或多维)图像。目前已成功地实现与功能性影像如磁共振功能成像(MRI)的融合,可在术中确定脑部各功能区,以避免损伤。

展望未来,随着计算机技术的发展及计算机图像处理技术的不断提高,计算机辅助骨科技术应用会越来越广泛。如果很好的解决了价格、系统准确性以及人机交互的问题,计算机辅助骨科技术作为一种常规骨科手术方法就指日可待了。

第二节 计算机导航技术在运动医学中的应用

目前,计算机辅助手术导航技术在关节外科的应用主要集中于髋、膝关节置换和膝关节交叉韧带重建方面。髋、膝关节置换的应用多以骨病为研究对象,而针对关节创伤需关节置换的较少。有研究结果显示,应用计算机辅助手术导航技术行关节置换较传统手术有较高的准确性。早期以美国 Taylor 为首开发的 Robodoc 系统最为典型,于 1991 年首次成功应用于全髋关节置换术。此后导航技术在髋、膝关节置换方面的应用研究逐渐增多,近年也有大宗病例应用研究的报道。Jenny 等对两组各 100 例患者分别行导航下和常规人工膝关节置换的对照研究,前者的假体优良率为 33%,后者为 15%。Bathis 等报道对随机的

80 例患者分组作膝关节置换术,发现导航组中 96% 的下肢力线偏差在 3° 以内,而常规组仅 78%。Hsieh 等报道对 36 例患者随机进行在计算机辅助图像导航、传统切开方法或 CT 导航下行髁臼周截骨,并进行 2 年随访临床研究,显示计算机辅助图像导航组无副损伤、无骨坏死,而出血量、形态及功能改善等方面各组无明显区别。国内在这方面研究应用较晚,罕见大宗病例应用报道。

在膝关节交叉韧带的重建方面,目前计算机导航系统多通过 CT 和 X 线透视采集图像。应用 CT 多需在手术前采集图像,术中进行匹配;而 X 线透视可在术中直接进行采集和匹配,不同的方法各有其优缺点。对于膝关节韧带重建技术来说,因膝关节韧带重建手术需在术中不停变换关节活动度,选择 X 线即时图像相对更准确。Dessene 等最早将该技术应用于前交叉韧带重建手术,取得满意手术效果。Klos 等介绍了前交叉韧带重建术中应用计算机辅助手术导航技术精确定位移植前交叉韧带,较传统方法更安全准确。王雪松等报道分别选用 40 例患者进行导航下和关节镜下重建前交叉韧带,结果显示导航组骨隧道位置更接近前交叉韧带的解剖位置(图 1-2-1)。

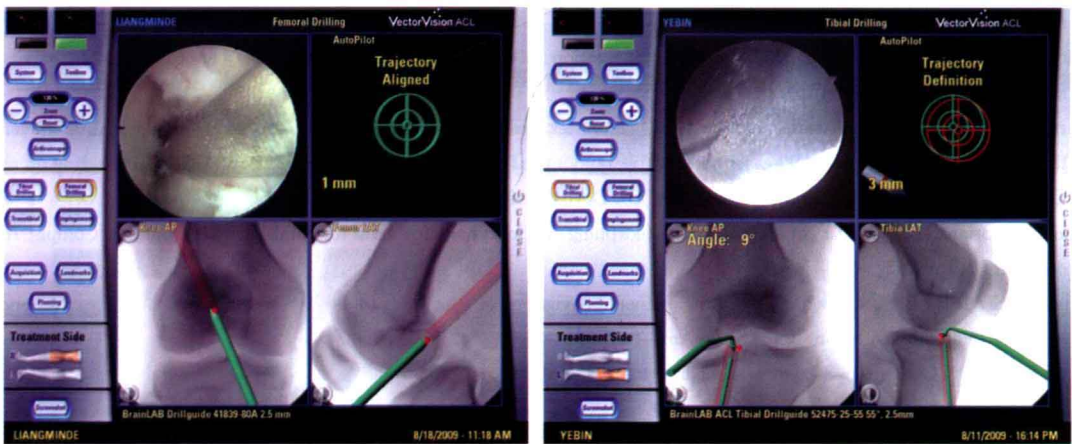


图 1-2-1 导航系统使得前交叉韧带定位更加准确

总之,计算机辅助导航系统使运动医学科手术迅速、安全、准确,随着计算机和电脑图像处理系统的发展,该技术将会辅助医生完成更多运动医学科疑难与复杂手术。但我们必须注意每一项新技术的应用都有一个学习和熟悉的过程,不能因为应用过程中遇到挫折就轻易放弃,同时计算机导航系统仅是一个“外科助手”,必须在医生严格而专业化的监控下工作,才能及时纠正偏差,避免发生不良后果。计算机导航技术也需在不断的实践中得到提高和发展。

参考文献

- 杨永宏,郑杰. 2005. 计算机辅助导航系统及其骨科应用. 中华创伤骨科杂志,7(7):614-616
- 喻忠,王黎明. 2005. 骨科手术导航系统研究现状. 国际骨科学杂志,26(3):140-143
- Amin DV,Kanade T,Digioia AM,et al. 2003. Ultrasound registration of the bone surface for surgical navigation. Comput Aided Surg,8:116
- Amiot LP,Poulin F. 2004. Computed tomography-based navigation for hip,knee, and spine surgery. Clin Orthop Relat Res,77-86
- Delp SI,Stulberg SD,Davies B,et al. 1998. Computer assisted knee replacement. Clin Orthop,(354):49-56