

文章编号: 1002-0446(2003)03-0255-04

机器人技术在中医正骨手术中的应用研究*

王田苗¹ 李伟¹ 刘达¹ 刘敬猛¹ 胡磊¹ 余传仁²

(1. 北京航空航天大学机器人研究所 北京 100083; 2. 河南洛阳正骨医院 河南 471002)

摘要: 本文介绍了一套自行开发的机器人辅助正骨医疗手术平台系统. 系统由计算机辅助手术规划软件和正骨机器人两大部分组成, 其中计算机辅助手术规划软件可以采集患者骨折处的 X 光图像, 机器人则在医生的控制下完成拉伸牵引、旋转、模拟手法复位等动作, 使患者骨折处闭合复位. 本系统能够代替医生在 X 光辐射环境下进行正骨手术, 避免射线对医生身体的损伤, 同时提高了手术效率、手术精度和安全性. 系统已成功地应用于临床.

关键词: 正骨手术; 机器人辅助; 临床应用

中图分类号: TP24 **文献标识码:** B

STUDY OF ROBOT-ASSISTED ORTHOPEDIC OPERATION

WANG Tian-miao¹ LI Wei¹ LIU Da¹ LIU Jing-meng¹ HU Lei¹ YU Chuan-ren²

(1. Robotics Institute, Beijing University of Aero. & Astro., Beijing 100083

2. Luoyang Zhenggu Hospital, Luoyang, Henan Province 471002)

Abstract: In this paper, a robot-assisted orthopedic operation system is introduced. The system consists of the surgery planning software and the orthopedic robot. With the surgery planning software, doctor can collect the X-ray images at the fracture of the patient. The robot makes the fracture site of patient close and reposition, through a serial of movements such as pulling, rotation, and reposition. The robot replaced the doctors to work in the radiant environment, and improved the efficiency, accuracy and security of the operation. This system has been successfully applied to the clinical applications.

Keywords: orthopedic operation, robot-assisted, clinical application

1 引言(Introduction)

随着机器人高新技术的发展, 机器人的应用领域已不再局限于传统的制造业, 其在服务领域的应用正日益受到人们的关注. 医疗外科机器人正是在这种背景下产生, 并越来越受到关注. 优点是提高手术的质量、减少手术创伤, 缩短病人的恢复周期, 降低病人和医院的开支等. 对新一代手术设备的开发与研制, 对人工假体的设计, 对医学的教学与研究, 对临床或家庭的护理及康复工程等方面的发展也将产生深远的影响^[1-4].

医疗外科机器人研究和开发引起了西方许多发达国家如美国、法国、德国、意大利、日本等国政府和学术界的极大关注, 并投入了大量的人力和财力. 美国在国家自然科学基金(NSF)支持下成立了以

Johns Hopkins University (JHU)、麻省理工学院(MIT)、Carnegie Mellon University(CMU)为核心的研究中心, 制定出较大规模的研究计划, 提出了计算机集成外科(Computer Integrated Surgery)概念, 认为其影响力可与计算机集成制造相比拟, 并相继研制出用于显微眼科手术的 Steady Hand 机器人系统和用于肾穿刺手术的 PAKY 机器人系统. 美国国防部已经立项, 开展基于遥操作的外科研究(Telepresence Surgery), 用于战伤模拟、手术培训、解剖教学. 法国国家科学研究中心开展了医疗外科仿真、规划和导引系统的研究工作. 欧共体也将机器人辅助外科手术及虚拟外科手术仿真系统作为重点研究发展的项目之一.

国内方面, 北京航空航天大学与清华大学、解放军海军总医院合作, 在国内率先开展医用机器人领

域的研究与开发,研制的机器人辅助无框架脑外科立体定向手术系统,已成功完成上百例临床手术^[5]。在同一时期,哈尔滨工业大学、北京理工大学等单位也开展了医疗机器人的研究。与国外相比,国内医疗机器人的研究规模和范围较小,机器人功能相对简单,能够执行的手术种类少,临床实验少。在推广方面尚未形成商业化运作的产品。

2 系统结构(System structure)

辅助正骨医疗机器人的研究,是在国内国外医疗髓内钉内固定技术已有了一定发展的基础上提出来的。目前,在治疗大腿骨折时,多在“x”射线下,对患者进行手术,这对医生会产生极大的伤害。尤其是在长期有害的环境中手术,严重损害医生身体健康。同时,大腿强有力的肌肉,也增加医生的工作量和患者的痛苦。因此,有必要根据医生的手术特点和现有的医学技术,研制机器人来辅助医生手术,利用机器人代替医生在危险环境下手术,避免射线对医生身体的损伤和减轻医生的劳动强度,缩短手术时间,提高手术精度。

正骨手术根据手术实施的位置不同分为股骨、胫骨等多种,手术难度也不尽相同,其中以股骨手术最困难,本系统正是针对的股骨手术。股骨正骨手术主要分为两部分:先在股骨一端的骨节末端打一个孔,置入一根长度与股骨长度相仿的钢管,然后在股骨一端打一个与管成 45° 角的穿孔,另一端打两个与管垂直的穿孔,以便置入固定钢管的固定钉。

手术时,先要将病人上身绑在手术床上,两个医生各拽住病人的一条腿,称之为拉伸。然后有一个医生侧向固定病人的病腿,使之保持一个固定的位置,称之为复位。拉伸、复位完成后主治医生使用手电钻在股骨上打孔。由于股骨部分肌肉较多、外形复杂,主治医生不能用肉眼直接观测到手电钻钻入的位置,必须经常将手电钻退出来,使用x光机观察进入的情况,根据情况确定下次进入的方向和深度。因此手术时间长,参与的医生较多,医生会长时间受到x光的照射。而且麻药无法到达骨髓腔内部,手电钻多次进出骨髓腔,极大的增加了病人的痛苦。

针对这种情况,辅助正骨医疗机器人将拉伸、复位、钻孔、x光机控制基于一身,将医生和手术现场隔离开来,避免了x光对医生的照射,同时减少了参与手术的医生人数,理论上只需要一名医生就可完成手术。

值得注意的是,由于我们在系统设计过程中采

用了模块化的设计思想。模块化设计是指在产品设计中统筹考虑产品系统,把其中含有相同或相似功能的单元分离出来,用标准化原理进行同一、归并、简化,以通用单元的形式独立存在,这种通用单元即为模块,对模块进行合理和有效组合即为模块化设计。模块化的机器人产品符合快速、柔性、可重组和廉价的现代生产技术发展趋势,特别能满足不同外科手术的要求。

正骨辅助医疗机器人由模块和模块关节组成。其中模块具有标准化的机械与电气接口,方便模块间连接;模块关节由直流伺服电机驱动,并集成有减速机构和控制器。针对腿部正骨手术的特点,辅助正骨医疗机器人系统可分为六个模块机构(如图1所示),这六个模块之间相互独立,每个模块可以单独完成各自的工作。同时,各个模块可以相互组合,完成不同类型和要求的手术,它们的作用分别是:

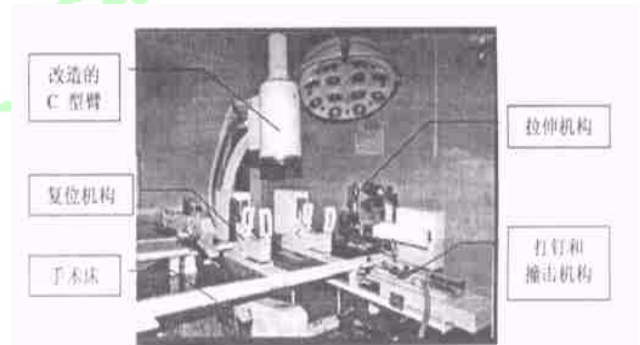


图1 辅助正骨医疗机器人系统结构

Fig. 1 Structure of the robot-assisted orthopedic operation system

- (1) 手术床——支撑病人,在平面内粗定位;
- (2) 改造的C型臂——可远距离控制完成三自由度运动,从不同角度拍摄腿骨图像;
- (3) 复位机构——使骨折上下两段中心对齐;
- (4) 拉伸机构——将患处腿骨沿轴线拉开,避免骨折处重叠;
- (5) 打钉机构——调整打钉、钻孔时的姿态;
- (6) 撞击机构——打入髓内钉。

医生使用这套系统的过程是:病人固定在手术床上,手术医生首先使用拉伸机构将患者骨折处的腿骨拉开,然后使用复位机构使骨折上下两段中心对齐;固定好这一姿态后,医生调整打钉机构对准进针位置,控制撞击机构打入髓内钉。整个手术过程中,医生在主控计算机上完成手术的规划,并通过C型臂拍摄的图像来监视手术的安全,利用控制台控

制各个机构的运动. 因此避免射线的长期辐射, 节省了大量的人力.

3 控制系统设计 (Design of the control system)

正骨辅助医疗机器人的控制系统由可编程控制器(PLC)、PC 机、单片机三大部分构成, 核心是可编程控制器. 可编程控制器控制继电器, 继电器控制电机电源的开闭, 从而控制电机的转动. 电机的驱动使用开关电源和继电器. 控制面板上的数字量控制由单片机系统负责. 单片机系统的 MCU 采用 89C52, 存储器外扩 64K 闪存 FLASH, 端口外扩一片 8255A, 通信模块采用 8253 和 8251. 为提高单片机系统的可靠性, 还采用一片硬件狗 TL7705A. 控制系统结构如图 2 所示.

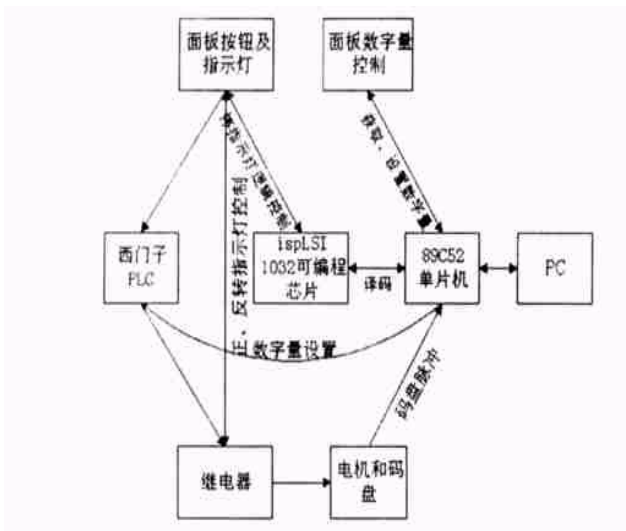


图 2 正骨辅助医疗机器人控制系统结构

Fig. 2 Structure of the control system

4 人机交互软件设计 (Design of the interface software)

正骨辅助医疗机器人主要为了解决医生在手术过程中减小射线辐射以及实现手术控制自动化的问题, 而人机交互软件的设计和实现, 则为医生在新的手术方式下工作提供了必不可少的观察、测量从而进行决策的窗口, 并且实现了电子病历的管理.

考虑到人机交互软件直接面对医生, 以及手术的实际要求等诸多特殊的背景, 设计将软件划分为三大功能模块: 病例管理、图像处理、手术规划, 软件的流程图如图 3 所示.

4.1 病例管理

手术离不开病例, 随着计算机的发展, 电子病例

及其管理已经成为医疗发展的一个趋势. 在正骨辅助医疗机器人人机交互软件中, 就为医生提供了方便的病例管理手段. 医生可通过一些简单的操作, 对病例进行必不可少的操作, 如新建、修改和查询等. 手术过程中的图像可以随时保存在特定的文件夹下, 并自动编号, 便于查询.

4.2 图像处理

本软件的图像处理主要解决了普通监视器同一时间只可以观察一幅平面视图的弊端, 将医生正在观察的方向的 X 光图像动态的显示出来, 同时, 把 C 型臂转动前的那一位置的图像静态的显示在动态图像的旁边, 使医生可以根据两幅图像来进行判断和手术. 所以, 从某种程度上说, 本软件部分解决了三维显示的问题.

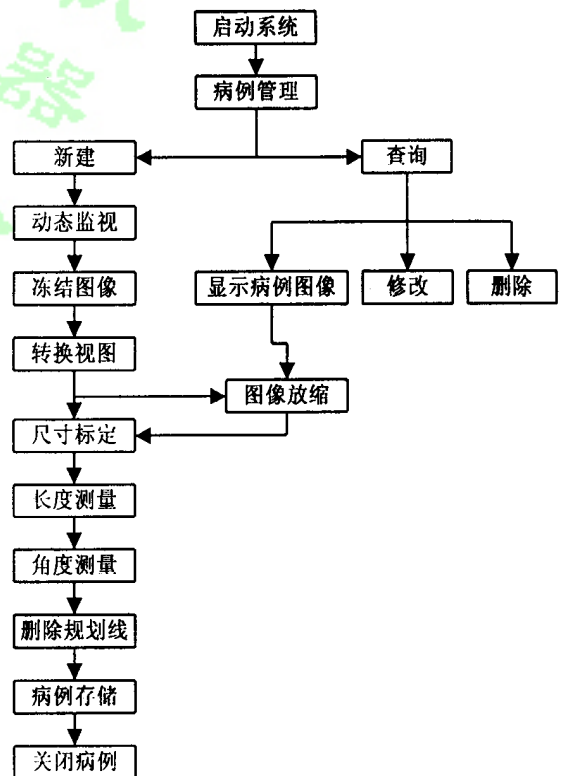


图 3 操作系统软件的流程图

Fig. 3 Flow chart of the software of the operation system

另外, 医生在操作过程中, 还需要直观的了解手术机械的位置和进度, 所以, 在动态显示的视图区, 医生还可以根据需要, 随时切换用于观察机械运动的普通图像和照射病人的 X 光图像.

4.3 手术规划

软件的手术规划功能, 是为了提高手术的精确度, 保证手术的顺利而设计的一项重要功能. 手术规划主要任务有: 尺寸标定、长度测量、角度测量. 尺寸

标定是将 X 光图像中两点尺寸与实际尺寸进行比较从而标定出 C 型臂的光学模型,在此基础上可以通过测量图像上的点,得出实际的长度或者角度值.医生有了这些数据作为参考,进行决策将更加容

易.另外,医生手术过程中的规划线可随图像一起保存,医生可以随时查看先前所规划的路线,以便做出进一步的决定.

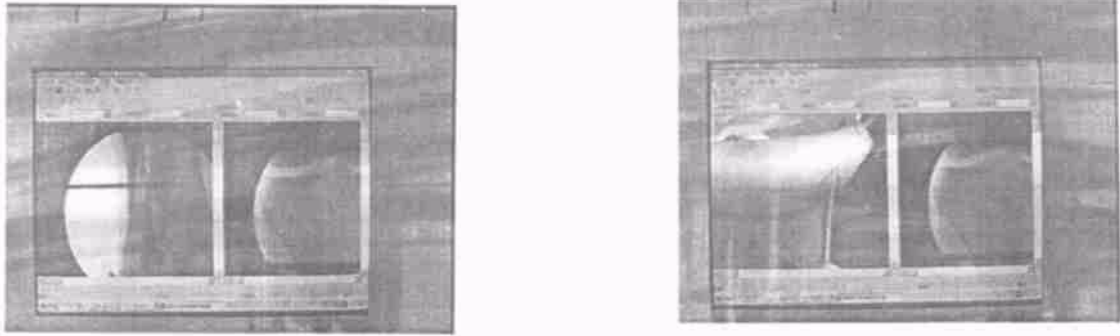


图 4 动态图像显示

Fig. 4 Dynamic view

5 结论(Conclusion)

本系统于 2001 年 5 月底根据设计装配调试成功,在调试中,洛阳院方提出一系列改进意见,在双方的努力下,系统于 7 月中旬通过了系统模块验收以及模拟手术的验收.2001 年 10 月 15 日,本系统于洛阳正骨医院成功地完成了我国首例机器人辅助正骨手术.

正骨辅助医疗机器人系统是在辅助医疗正骨机电系统领域探索的第一步,它的初步成功,为我们今后进行进一步的探索打下了坚实基础.

展望未来,我们在本系统上还有很大的发展前景.例如机械本体自动化程度的进一步提高,图像处理方面进行 X 光图像的三位重构,直接给医生提供三维的立体图像.我们相信,有国家高技术多年研究成果的积累,有我国具体医疗环境的迫切需要,我国医疗外科机器人在骨科方面的研究一定能得到蓬勃的发展,这不仅对我国自己的高技术医疗器械民族

工业的发展有直接振兴的作用,而且对提高我国现有医疗的水平将产生深远的影响.

参考文献 (References)

- [1] 蔡鹤皋. 机器人将是 21 世纪技术发展的热点[J]. 中国机械工程, 2000, 11(1-2): 58-60
- [2] 王田苗, 宗光华, 张启先. 新应用领域的机器人——医疗外科机器人[J]. 机器人, 1996, 18(增刊): 603-606
- [3] 林良明, 丁洪. 机器人技术在医疗和福利工程中的应用研究[J]. 世界医疗器械, 1997, 3(1): 46-50
- [4] Paol Dario. Robotics for Medical Applications [J]. IEEE Robotics & Automation Magazine, September 1996, 44-55
- [5] 陈梦东. 医疗外科机器人集成系统的研究 [D]. 北京: 北京航空航天大学博士, 1998

作者简介:

王田苗 (1960-), 男, 博士生导师, 研究领域: 医疗外科机器人技术, 遥操作机器人技术.

李 伟 (1977-), 男, 硕士研究生, 研究领域: 医疗外科机器人技术.