

文章编号: 1004-7220(2021)03-0348-03

潜心数字设计, 奉献医用工程 ——缅怀导师王成焘教授

陈晓军, 林艳萍, 姚振强

(上海交通大学 机械与动力工程学院, 上海 200030)

中图分类号: R 318.01 文献标志码: A

DOI: 10.16156/j.1004-7220.2021.03.007

王成焘教授是我国著名的机械工程专家, 毕生致力于机械学科发展、推进机械工程与医学临床工程的结合, 开创了制造领域与医学领域结合的成功范例, 是人体摩擦学、数字骨科学、医学 3D 打印、人体生物力学、临床数字化领域的开拓者和实践者。先后主持完成国家自然科学基金重点项目 2 项、面上项目 12 项; 主持完成国家部委和上海市科技项目 11 项、国际合作项目 8 项。先后获得国家科技进步二等奖、上海科技进步一等奖等国家级和省部级奖励 7 项; 先后出版《现代机械设计——思想与方法》、《人体骨肌系统生物力学》、《人体生物摩擦学》、《骨科植入物工程学》等专著 20 部。2021 年 5 月 22 日, 王成焘教授因病医治无效, 在上海交通大学医学院附属第九人民医院去世, 我国医用工程学界失去了一位医工结合的学术大师。

王成焘教授 1940 年 1 月出生于天津, 1962 年从上海交通大学内燃机车专业本科毕业后一直留校任教; 1981 年 7 月作为我国改革开放后的早期访问学者, 公派赴德国卡尔斯鲁厄大学进行为期近三年的访问学习, 主修数字化设计技术。回国以后, 王成焘教授瞄准医工结合的技术前沿, 在我国率先开展人工关节技术研究, 成功申请了中国科学院基金(国家自然科学基金前身)“人工关节的摩擦学机理研究”项目并获批准立项, 这是当时中国第一个把摩擦学和医学相结合的交叉科学研究项目, 也是王成焘教授开辟医工交叉研究的一个转折点。在

步态周期内的润滑状态分析以及人工假体与骨骼腔体结合界面力学行为等方面, 开展了基础理论研究及优化设计研究。1987 年后, 王成焘教授与上海第九人民医院骨科戴尅戎教授团队合作, 开展了个性化人工关节定制技术与临床置换技术的研究; 重点开展了骨骼影像的边界识别与数字化提取、骨骼结构的数字化重建、假体的生物力学优化设计与配合、人体骨骼基于数字模型的快速原型技术、假体置换工具设计与置换过程仿真等。个性化人工关节这项医工交叉结合的研究成果, 于 1998 年完成了第一台定制式人工关节置换的临床手术, 2001 年获得上海市科技进步奖一等奖。随后获得了国家药监局颁发的各种许可证件, 正式为临床提供个性化人工关节, 2004 年这一成果获得了国家科技进步奖二等奖(如图 1 所示为其典型应用病例)。

王成焘教授和戴尅戎教授的医工合作研究成果引起了医学界的广泛关注, 植入物的数字化设计与制造技术和个性化手术的计算机辅助规划技术, 先后在上海第九人民医院口腔科和整形外科、上海第一人民医院、瑞金医院等单位得到推广。2002 年, 王成焘教授与上海第九人民医院口腔颌面外科张志愿教授、沈国芳教授开始了长期深入的医工合作研究, 针对不同手术部位和手术类型, 开发了口腔外科、颅颌面外科等多种专业手术规划和手术导航软件, 研发了“颅颌面外科手术导航系统”产品, 并完成技术检测, 由企业完成产业转化, 手术导航

收稿日期: 2021-05-31

作者简介: 陈晓军, 上海交通大学研究员, 王成焘教授 2003 级博士生, 2006 级博士后; 林艳萍, 上海交通大学副研究员, 王成焘教授 2002 级博士生; 姚振强, 上海交通大学长聘教授, 王成焘教授 1986 级硕士生。

产品取得了 CE 国际认证和国家食品药品监督管理局 SFDA 认证,在临床得到了广泛应用(如图 2 所

示),相关研究成果两次获得上海市科技进步二等奖。临床医生们基于这一技术平台提出了 7 项在



图 1 个性化假体与植入物数字制造系统的典型临床应用病例

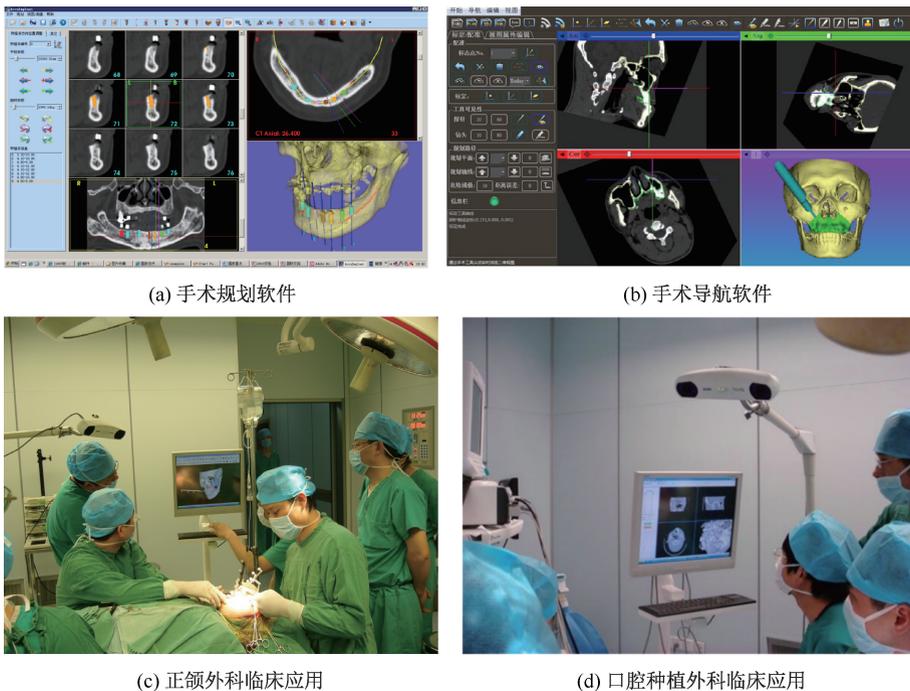


图 2 自主研发的手术规划与导航系统及其临床应用

全世界口腔外科界创新的导航手术,助力我国口腔外科数字临床技术处于国际领先地位。2005年,王成焘教授和上海五官科医院合作,完成了颅颌面手术规划和数字化网板成型制作。基于手术规划和数字制造技术进行颅骨破损修复的临床技术,被列为2005年上海临床医学的重大成果之一,在上海及其周边地区获得了广泛的推广。2009年,王成焘教授的科研团队和同济大学附属东方医院黄远亮教授合作,实现了计算机辅助种植牙手术规划和数字导板的CAD/CAM技术,使我国种植牙精确手术技术从完全依赖国外转化为可以依靠自主开发技术,填补了国内这项技术的空白。2010年,王成焘教授又和北京大学口腔医院、上海第九人民医院口腔科合作开展了口腔颌面外科虚拟手术训练系统的研究,进一步丰富了临床手术数字技术系统的内容。

在医工结合的基础研究方面,王成焘教授2006年申报并获批国家自然科学基金生命学部重点项目“中国力学虚拟人研究”,通过在计算机中建立一个虚拟的人体骨肌系统,以完成设计者所希望的人体典型行为运动模拟,然后通过生物力学分析给出所需要的各种力学信息;研究成果在2010年初通过验收,被专家评定为优秀结题项目。随后建立了中国力学虚拟人网站,进一步推进中国力学虚拟人产品的研发与产业化。2009~2011年,王成焘教授主持承担了国家自然科学基金重点国际合作项目“亚洲人种髌、膝关节特性研究与人工髌、膝关节基本设计”。当时,全球人工关节产品主要由美欧公司按西方人种设计,因东西方人种和文化的差异,临

床实践证明在关节解剖形态、行为运动、关节力学方面均与亚洲患者不尽匹配。王成焘教授通过与日本名古屋工业大学藤本英雄教授进行深入合作,以中日两国医工领域专家为主,开展了亚洲人种髌、膝关节解剖特性、行为运动、关节力学、关节摩擦学等基础研究,据此完成了亚洲人种人工髌、膝关节基础设计,并通过亚太人工关节学会专家评估,使其成为亚洲人工髌、膝关节产品进一步开发的基本依据。

近年来,王成焘教授一直致力于数字医学的开拓、发展及临床应用转化,擘画了我国数字医学技术路线图并付诸实践。王成焘教授带领团队提出了基于人工智能的医学图像计算算法,利用3D打印和虚拟现实/增强现实/混合现实技术,发展了数字化智能诊断与手术规划、个性化手术导板与植入物设计与制造等核心技术,实现了医学图像引导下的术中精准导航及手术机器人系统集成,探索了利用数字化手术室和数字化模型进行医学影像数据交流和开展数字化康复等关键技术。研究成果在北京天坛医院等多家医疗单位得到应用。王成焘教授为推进我国数字医学向智能医学的发展,进行了不懈努力,并打造了一支年富力强、勇于创新、团结协作、医工理多学科交叉、产学研全方位合作的研究队伍,为提升我国数字化、智能化医疗器械的研发水平做出了卓越贡献。

斯人虽去,风范长存。王成焘教授对科学满腔热忱和对事业一丝不苟的精神,将永远激励我们在推进医工结合发展的道路上不断进取。