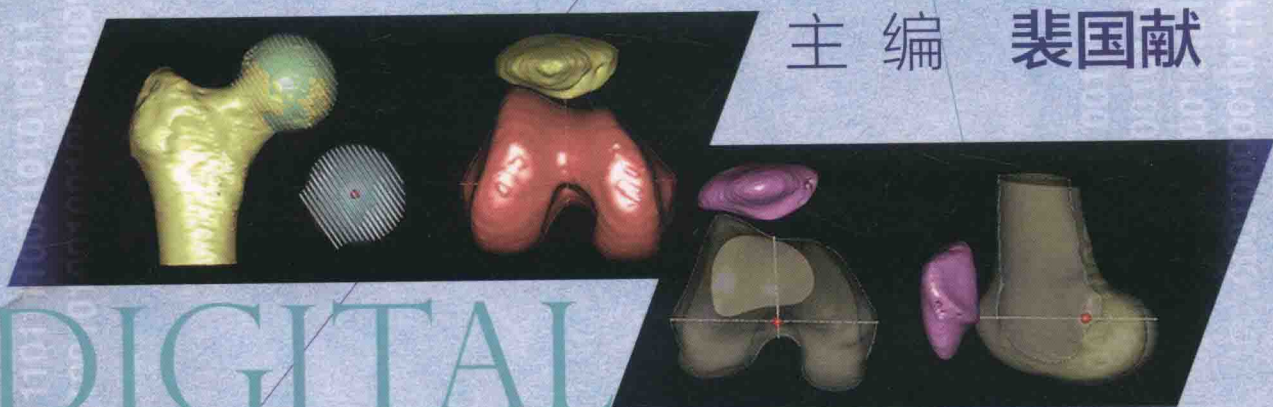


数字骨科学

第2版

主编 裴国献



DIGITAL

ORTHOPAEDICS



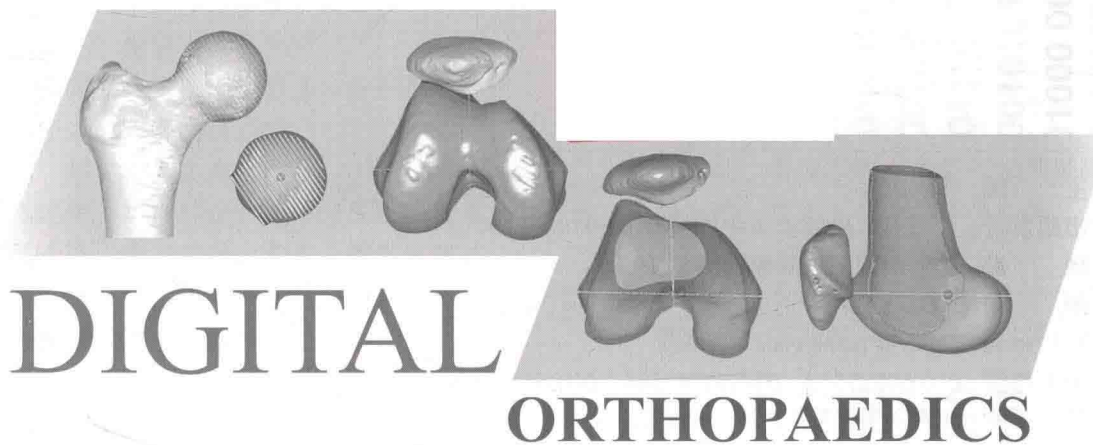
人民卫生出版社
PEOPLE'S MEDICAL PUBLISHING HOUSE

数字骨科学

(第2版)

主 编 裴国献

副主编 王 丹 苏秀云 李佩渊 张元智 陆 声



DIGITAL

ORTHOPAEDICS

人民卫生出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

数字骨科学 / 裴国献主编. — 2 版. — 北京: 人民卫生出版社,
2016

ISBN 978-7-117-23048-3

I. ①数… II. ①裴… III. ①数字技术 - 应用 - 骨科学
IV. ①R68-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 188157 号

人卫智网 www.ipmph.com 医学教育、学术、考试、健康,
购书智慧智能综合服务平台
人卫官网 www.pmph.com 人卫官方资讯发布平台

版权所有, 侵权必究!

数字骨科学
(第 2 版)

主 编: 裴国献

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: 北京人卫印刷厂

经 销: 新华书店

开 本: 889×1194 1/16 印张: 36

字 数: 1064 千字

版 次: 2009 年 6 月第 1 版 2016 年 10 月第 2 版

2016 年 10 月第 2 版第 1 次印刷 (总第 2 次印刷)

标准书号: ISBN 978-7-117-23048-3/R · 23049

定 价: 298.00 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(以姓氏笔画为序)

- | | | | |
|-------------|-------------------|--------------|--------------|
| 王 丹 | 郑州大学第一附属医院 | 张美超 | 南方医科大学 |
| 王 豫 | 北京航空航天大学 | 张维杰 | 西安交通大学 |
| 王民良 | 国立勤益科技大学 | 陆 声 | 成都军区昆明总医院 |
| 王成焘 | 上海交通大学 | 陈晓军 | 上海交通大学 |
| 王军强 | 北京积水潭医院 | 陈雁西 | 同济大学附属东方医院 |
| 付 军 | 第四军医大学第一附属医院 | 范新宇 | 成都军区昆明总医院 |
| 史蒂史·尼可拉(法国) | 远距微创手术中心 | 林艳萍 | 上海交通大学 |
| 毕 龙 | 第四军医大学第一附属医院 | 罗马凯特·毕斯特(印度) | 劳勃博士公司 |
| 刘 建 | 第四军医大学第一附属医院 | 周 跃 | 第三军医大学第二附属医院 |
| 刘亚雄 | 西安交通大学 | 孟国林 | 第四军医大学第一附属医院 |
| 许伟华 | 华中科技大学同济医学院附属协和医院 | 贺友林 | 美国 MOST 公司 |
| 严亚波 | 第四军医大学第一附属医院 | 秦 勉 | 西安交通大学 |
| 苏秀云 | 中国人民解放军第三〇七医院 | 袁 志 | 第四军医大学第一附属医院 |
| 李志军 | 内蒙古医科大学 | 顾冬云 | 上海交通大学 |
| 李佩渊 | 秀传医疗社团法人秀传纪念医院 | 徐永清 | 成都军区昆明总医院 |
| 李涤尘 | 西安交通大学 | 高 洪 | 上海市第六人民医院 |
| 连 苓 | 西安交通大学 | 郭 征 | 第四军医大学第一附属医院 |
| 杨述华 | 华中科技大学同济医学院附属协和医院 | 桑宏勋 | 南方医科大学深圳医院 |
| 吴子祥 | 第四军医大学第一附属医院 | 谢 叻 | 上海交通大学 |
| 张 鹤 | 第三军医大学第二附属医院 | 赖景义 | 台湾中央大学 |
| 张元智 | 内蒙古医科大学 | 裴国献 | 第四军医大学第一附属医院 |
| 张少杰 | 内蒙古医科大学 | | |

主编简介



裴国献 医学博士,主任医师,军队专业技术二级,文职一级教授,博士研究生导师。现任第四军医大学西京骨科医院院长、全军骨科研究所所长、《中华创伤骨科杂志》总编辑。曾先后担任第五届国务院学位委员会学科评议组成员、国家生物材料与组织器官修复主题专家组成员、国家科学技术进步奖评审专家、国家自然科学基金委员会评审专家、中华医学科技奖评审专家、国际首届复合组织异体移植学会秘书长、亚洲创伤骨科学会理事、中华医学会医学工程学分会数字骨科学组组长、中华医学会显微外科学

分会第七届委员会主任委员等学术职务。

主编专著 16 部,以第一作者及通讯作者发表 SCI 36 篇;主持国家 863 重大专项、国家 973 项目、国家自然科学基金重点项目、军队杰出中青年人才基金、军队重点基金等 21 项。以第一完成人获成果奖 15 项,其中国家科技进步二等奖 1 项、省(军队)科技进步一等奖 3 项、教育部自然科学一等奖 1 项、全军重大科技成果奖 2 项,国家发明专利 6 项。先后被授予“全国首届中青年医学科技之星”、“国家级有突出贡献的中青年科学技术专家”、“全国百千万人才工程首批人选”等称号;2000 年获“军队科技金星”;2001 年被总后勤部确定为首批“总后院士后备人选”;2002 年获“军队专业技术重大贡献奖”;2003 年获“军队优秀人才 I 类岗位津贴”;2006 年被中央组织部批准为“中央直接掌握联系的高级专家”;2014 年领衔骨科团队荣获总后勤部“三星人才创新团队”奖。

副主编简介



王丹 医学博士。现任郑州大学第一附属医院副主任医师,副教授。兼任中华医学会医学工程学分会数字骨科学组委员,国际矫形与创伤外科学会(SICOT)中国部青年委员会委员,河南省医学会骨科学分会青年委员、创伤学组和基础医学组委员,河南省脊柱脊髓损伤学会常委,河南省康复医学会脊柱畸形分会委员,河南省脊柱畸形诊治中心专家组核心成员,河南省股骨头坏死诊治中心专家组核心成员。

一直从事骨科、数字骨科的临床应用和科学研究。主要专业方向:颈椎病、腰椎间盘突出症、腰椎管狭窄症、腰椎滑脱症、胸椎管狭窄症、脊柱骨折、脊柱肿瘤及脊柱畸形等的治疗,对脊柱外科一些高难度手术如脊柱侧弯矫形手术,脊柱后凸畸形的一期后路截骨矫形术等有成功的治疗经验。

目前承担省厅级科研项目 2 项,以主要成员参加 1 项国家自然科学基金的研究工作。获省部级科研成果一等奖 1 项、厅级科研成果一等奖 1 项,在国内外核心期刊发表专业论文 21 篇,参编参译《数字骨科学》、《数字化骨折分类》、《坎贝尔骨科手术学》、《洛克伍德-格林成人骨折》等著作 5 部。

副主编简介



苏秀云 医学博士、博士后。现任解放军第 307 医院骨科副主任医师。兼任中华医学会医学工程分会数字骨科学组委员兼秘书,基础工作委员会副主任委员;中华医学会数字医学分会青年委员;中华医学会北京骨科分会基础学组委员;SICOT 中国部创伤学会委员;世界华人生物医学工程协会会员;国际 AO 创伤学会会员。

在临床工作中创造性地将现代计算机技术与传统骨科相结合,进行国内新兴前沿学科——“数字骨科学”研究。承担博士后基金 1 项,参与省部级课题 4 项。发表论文 16 篇,以第一作者发表论文 7 篇,SCI 收录 3 篇,核心期刊 4 篇。主编著作 1 部,参编译著 7 部。

副主编简介



李佩渊 教授。现任台湾秀传纪念医院院长,外科专科医师、骨科专科医师、外伤科专科医师证照。目前为台湾骨科创伤医学会理事长(TOTA,2014—2016),国际骨折内固定协会亚太创伤分会台湾区主席(Chairperson-Taiwan Council-AOTAP,2015—2018)。学术方面主要致力于数字骨科学的发展及医材的转化研究,同时为台湾骨科器材发展协会(TODDA)及台湾医疗器材创新发展协会(TMDIDA)两医材产业转译组织的理事长(2014—2016)。

副主编简介



张元智 医学博士、博士后,教授、主任医师、硕士生导师。现任内蒙古自治区数字转化医学工程技术研究中心主任,内蒙古医科大学数字医学中心主任。兼任中华医学会医学工程分会数字骨科学组委员,内蒙古数字转化医学学会理事长,《中华创伤骨科杂志》通讯编委,第五批草原英才。

近年来主要从事计算机辅助骨科手术及精准骨科手术计划等研究,在国内率先开展系列骨科个性化导航模板的设计及应用。承担国家自然科学基金3项(主持2项,第二责任人1项)、主持内蒙古自治区自

然自然科学基金2项。在国内外学术期刊上发表论文80余篇,其中SCI收录文章12篇。已有多篇相关研究结果在《Spine》、《The Journal of Arthroplasty》、《European Spine Journal》、《Journal of Shoulder and Elbow Surgery》、《Microsurgery》、《The International Journal of Medical Robotics and Computer Assisted Surgery》、《Surgical and Radiologic Anatomy》、《中华骨科杂志》、《中华外科杂志》、《中华创伤杂志》、《中华创伤骨科杂志》及《中华手外科杂志》等期刊上发表。

副主编简介



陆 声 医学博士,教授、博士研究生导师。现任成都军区昆明总医院附属骨科医院、全军创伤骨科研究所副主任。兼任中华医学会数字医学分会委员,中华医学会医学工程分会数字骨科学组委员,中华医学会骨科分会青年委员,中华医学会骨科分会关节学组关节炎工作组委员,中国康复医学会骨与关节及风湿病委员会委员,云南省医学会数字医学分会主任委员,云南省医学会骨科分会委员,解放军骨科专业委员会创伤骨科分会委员,《中华创伤杂志英文版》和《实用骨科杂志》编委,《中华创伤骨科杂志》和《中

国骨与关节杂志》通讯编委。

第一作者及通信作者发表论文 80 余篇,其中 SCI 收录 9 篇;副主编专著三本,参加编写专著 6 本(其中国外专著 1 本);申请国家发明专利 10 项,其中 5 项已授权;第一完成人获比利时 Mimics 创新一等奖 1 项、云南省科技进步一等奖 1 项、云南省科技进步二等奖 3 项;主要完成人获中华医学科技奖二等奖 1 项,军队医疗成果二等奖 1 项,云南省科技进步二等奖 1 项;云南省中青年学术技术带头人,成都军区卫生杰出人才。主持国家自然科学基金面上项目 1 项、云南省社会发展基金重点项目 1 项、云南省社会发展基金面上项目 3 项,成都军区十二五面上课题 1 项;主要成员参与、云南省创新团队、全军重点课题各一项。

第2版序一



“第一个吃螃蟹的人一定是个勇士”。十年前,这部专著的主编人裴国献教授就敢于提出“数字骨科学”的新概念。“纸上得来终觉浅,绝知此事要躬行”,他组织了优异的学术团队,身体力行,率先垂范,2008年在人民卫生出版社的支持下编辑出版了《数字骨科学》专著。2011年在中华医学会医学工程学分会领导下,创建了第一个全国性的学术团体“数字骨科学组”,并担任了组长。《数字骨科学》已成为骨科学发展最为迅速、新技术含量最高的亚专科之一,具有巨大的发展前景。“独留巧思传千古”,为推动数字骨科技术的临床应用,他又组织有关专家,编写了这部《数字骨科学》第2版。

“博采众长独辟蹊径;陶铸千古自成一家”。本版在第1版的基础上,增加了“计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助制造(CAM)”、“增材制造技术”、“逆向工程技术”、“3D打印技术”、“与机器人结合技术”等内容。重点介绍了近年来,数字骨科技术的临床研究与实际应用。阐明了与时俱进,与新技术结合,是骨科学发展的重要方向。

“泰山不让土壤,故能成其大;河海不择细流,故能就其深”。这部专著的作者们,来自五湖四海、诸子百家,在学科交叉地带创新发展。由临床骨科医师们提出救死扶伤急需提高的问题;与基础研究有关的医用生物力学、材料科学、计算机技术学者们共同完成宏伟的盛举。“近水楼台先得月”、“春江水暖鸭先知”,我有幸优先看到《数字骨科学》第2版的书稿,可喜可贺,欣为之序!

中国工程院资深院士
南方医科大学教授
2016年元月于广州

A handwritten signature in black ink, which appears to be '于世镇'.

第 2 版序二



21 世纪以来,计算机辅助设计(computer aided design,CAD)与计算机辅助制造(computer aided manufacturing,CAM)、图像技术、逆向工程、3D 打印、有限元分析、手术导航、虚拟仿真、机器人手术等数字化技术不断地扩大临床应用的广度和深度,从而不断改变现代医学的基本面貌,促进现代医学逐渐迈入数字化时代。数字医学技术与理念的发展在短短几十年中已然渗透到医学的各个领域,推动医学科学的各个基础与临床分支学科的技术、设备与理念,乃至医院建设与管理飞速发展,并促进医学科学朝着以“精确化、个性化、微创化和远程化”为主要特征的现代医学方向高速发展。其中具有代表性的是国内外一大批从事骨科

数字医学的基础研究人员、临床专家和工程技术人员之间的交叉合作,将数字医学技术引入骨科领域,并在不断探索下形成了独特的数字化骨科技术与理念。

《数字骨科学》一书,以骨科临床需求为基础,依托计算机等先进数字化技术,涉及生物力学、人体解剖学、机械工程学等众多学科,是骨科临床技术与数字技术紧密整合的多学科专家集体智慧的结晶,数字骨科技术的临床应用正在将骨科手术技术和诊断技术提高到一个新的层面上。


国内的数字医学技术,尤其是数字化骨科技术的发展,在短短数十年间,迅速发展和不断完善,在骨科领域的重要地位已不可替代,推动了手术设计、导航、会诊与手术的精准化、远程化进步,提高了难治性创伤、肿瘤、畸形的诊疗效果。3D 打印技术的医学应用使骨科诊疗的个性化需求得以满足。生物 3D 打印在骨科研究领域的应用为骨、软骨、肌肉、韧带等组织损坏的再生与修复开辟了全新的解决途径;数字化手术导航的应用使骨科手术的精确程度大幅提高,也体现了骨科医疗技术个性化的发展方向;手术机器人在骨外科的高难、精细手术中扮演着重要的角色,它不但减轻外科医生们的手术负担,也增强了手术的效率 and 成功率;还有很多诸如逆向工程技术,骨组织三维图像技术与图像融合技术应用于术前规划、术中操作和术后管理;计算机虚拟手术使虚拟现实技术和生物力学反馈技术逼真地模拟手术过程,不仅能提高手术成功率,而且还能更迅速有效地培养、训练年轻医生的手术技巧,提高了人才培养的效率和质量。

随着国内人民生活水平的提高和温饱问题的逐步改善,人民生活的四个重要元素正在演变为衣、食、住、行、医五项要素,人民对医疗服务的要求日渐提高。这给我们带来了机遇,也带来了严峻的挑战。目前,国内数字骨科医学领域依然存在诸多问题,各级医学和工程学技术人员对于需求互不了解,能够把握医、工两个领域知识和技能的人员仍然匮乏。尽管已经成立了一些医工结合的科研机构,出版了一些医工结合的理论著作,但依然不够成熟,不少方面还处于起步阶段。然而,21世纪又必然是数字医学技术大展宏图的新时代,这就形成了主观能力与客观需求之间的巨大鸿沟。

《数字骨科学》第2版的出版,将为介绍与普及数字骨科学领域医工交叉的新成果、新知识和促进医、工之间的沟通、理解作出贡献。感谢辛勤编撰本书的工程学和医学专家们的辛勤劳动!

中国工程院院士

上海交通大学医学院附属第九人民医院终身教授、名誉院长



2016年7月

第 2 版前言

20 年来数字骨科技术已有了长足的发展。2006 年我们提出了“数字骨科学”的概念,旨在将用于骨科领域种类繁多、内容宽泛的数字化技术属性归类、凝炼提升,以便于数字化技术在骨科领域更高、更快的发展。近 10 年来“数字骨科学”概念的理论支撑、意义价值,已在骨科临床得到了充分的验证与展示。“数字骨科学”作为骨科学的重要分支与组成,已成为骨科学学科发展最为迅速、新技术含量最高的亚专科之一,具有巨大的发展前景。

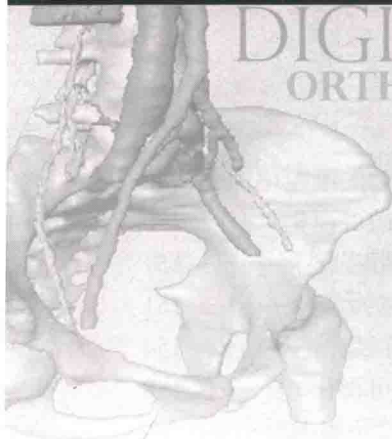
2008 年我们编撰出版了《数字骨科学》一书,由人民卫生出版社出版。近年来,数字骨科学有了迅猛的发展,新的设备陆续问世,新的技术层出不穷,特别是数字骨科技术全面的临床应用,更为近年来数字骨科学的一大进展。为了及时介绍数字骨科学的最新理论、知识与技术,更有效地推动数字骨科技术的临床应用,对此,我们特组织有关专家编写了这部《数字骨科学》第 2 版。

本版分为三篇:第一篇数字骨科学基础;第二篇数字骨科学研究;第三篇数字骨科学应用,共计 18 章。在第 1 版的基础上,第 2 版增加了“计算机辅助设计(CAD)与计算机辅助制造(CAM)”、“增材制造技术”、“逆向工程技术”等近几年发展迅速、在临床已得到实际应用的技术。本版另一最大特点就是作为一整篇专题,重点介绍了近几年数字骨科技术在临床的应用研究与实际应用。如数字化皮瓣、肌瓣及骨瓣、穿支皮瓣及周围神经的三维可视化应用研究;3D 打印骨科模型的应用;手术导航模板的设计与应用、计算机辅助骨科术前规划与虚拟手术;扩增实境技术在数字骨科中的应用;计算机辅助导航骨科技术在骨折、脊柱外科、髌、膝关节置换术及骨肿瘤手术中的应用;机器人在创伤骨科、脊柱外科及关节外科手术中的实际应用等,这些都是近几年数字骨科的最新进展。这些新技术的应用,扩大了骨科手术的范围,提升了骨科手术的质量,充分体现了骨科个性化、精准化手术的最新治疗理念与要求,是骨科学发展的重要方向。

本书是系统介绍数字骨科技术的专著,反映了数字骨科技术最近几年来的最新进展,代表了目前国际上该领域的最新技术水平。本书作者由生物力学、材料学、3D 打印、基础研究与临床骨科医师组成,是一部系统、新颖、实用的权威性专著,有较强的实际参考价值。在本书付梓之际,特别感谢为本书付出辛勤劳动的各位编者、研究生及人民卫生出版社编辑的悉心指导和全力支持。本书不妥之处,还望同道不吝雅正,以便再版时予以更正和补充。

裴国献

2016 年 5 月于西安



目 录

第一篇 数字骨科学基础

第一章 数字骨科学的建立	3
第一节 数字骨科学建立	3
第二节 数字骨科学的范围	3
第三节 数字骨科学的现状	4
第四节 数字骨科学的发展趋势	4
第二章 数字医学图像基础	8
第一节 数字医学图像基本设备	8
一、X线	8
二、CT	8
三、MRI	8
第二节 数字图像基础	9
一、视觉和图像的基本概念	9
二、图像处理常用软件	9
第三节 图像标准	10
一、像素、分辨率和像素尺寸	10
二、颜色深度	10
三、图像文件的色彩模式	10
四、图像格式	11
五、DICOM 格式	11
第四节 中国数字人图像质量控制	12
一、切削层距与像素的关系	12
二、色彩管理	12
三、数据存储与备份	12
第五节 图像配准	13
一、医学图像配准基础理论	13
二、医学图像配准方法	13
三、连续断层图像的配准	14
四、中国数字人连续断层图像配准	14
第六节 图像分割	15
一、医学图像分割概述	15

二、数字人研究中图像分割方法	17
第三章 虚拟现实技术	19
第一节 基于序列断层图像的三维重建技术	19
一、三维重建技术概述	19
二、螺旋 CT 三维重建技术	19
三、Amira 软件介绍	20
四、Mimics 软件介绍	35
五、3D Med 软件介绍	60
六、3D Slicer 软件简介	62
七、其他	63
第二节 虚拟现实建模语言 VRML 简介	64
一、概述	64
二、基本原理	65
三、VRML 的建模	66
四、虚拟现实开发工具 VmrlPad	66
五、VRML 浏览器	66
第四章 有限元分析技术	69
第一节 生物力学概论	69
一、皮质物的生物力学	69
二、松质物的生物力学	70
三、物的生物力学	70
第二节 有限元分析的基本概念与方法	72
一、有限元分析的发展过程	73
二、有限元分析中的关键问题	75
三、有限元分析的对象	76
四、有限元分析的基本步骤	77
第五章 计算机辅助设计(CAD)与计算机辅助制造技术(CAM)	87
第一节 CAD/CAM 的基本概念	87
第二节 CAD/CAM 技术的应用	96

第六章 增材制造技术	105	二、数字化股前外侧皮瓣的可视化	140
第一节 增材制造的基本原理	105	三、数字化腓肠肌皮瓣的可视化	150
第二节 增材制造的工艺方法	107	四、数字化足背皮瓣的可视化	151
第三节 增材制造技术的发展	110	五、数字化髂骨瓣的可视化	151
第四节 增材制造技术的应用	110	六、数字化腓骨瓣的可视化	154
第七章 逆向工程技术	114	第三节 穿支皮瓣的三维可视化	158
第一节 逆向工程的基本理论	114	一、穿支皮瓣的相关概念及临床	
一、逆向工程的概念	114	应用原则	158
二、逆向工程的主要流程	114	二、穿支皮瓣的数字化构建	159
三、逆向工程的应用领域	114	三、数字化穿支皮瓣的临床应用	165
第二节 数据采集方法	115	第四节 周围神经的三维可视化	167
一、几种数字化方法的介绍	115	一、概述	167
二、两种最常见的数据采集		二、臂丛神经的三维重建及	
方式比较	116	可视化	168
第三节 利用逆向工程 CAD 软件		三、腰骶丛神经的三维重建及	
进行模型重建	116	可视化	172
一、曲面重建方法	116	四、腰丛神经断层解剖学及可视化	
二、模型重建的流程	117	研究	174
三、几种逆向工程 CAD 软件的		第五节 数字技术在儿童颈椎椎弓根	
介绍与比较	117	螺钉内固定术中的应用研究	177
四、模型重建过程中关键步骤	118	一、应用数字技术对儿童寰枢椎椎弓根	
		形态及其置钉方式的初步研究	178
		二、儿童下颈椎(C ₃ ~C ₇)椎弓根螺钉内	
		固定置入术的数字化研究	181
		三、个性化导航模板辅助儿童颈椎椎	
		弓根螺钉置入与徒手置入	187
		第十章 有限元仿真在骨科生物力学	
		研究中的应用	193
		第一节 骨科三维有限元力学	
		仿真建模	193
		一、获取模型对象的空间结构	
		坐标	193
		二、有限元几何结构模型的三维	
		重建	194
		三、有限元分析模型的建立	194
		四、模型的初步分析和有效性	
		验证	195
		第二节 有限元建模及实例	195
		一、不同材料属性分配梯度对椎体	
		有限元模型力学性能的影响	195
		二、应用 Mimics 软件辅助重建人体	
		胸廓三维有限元模型的研究	196
		三、不同长度远端锁钉对不稳定桡骨	
		远端骨折内固定系统的影响	197
第八章 骨科中的数字化技术研究	123		
第一节 骨科硬组织数字化技术	123		
一、计算机辅助术前手术规划	123		
二、手术导板及个体化植入物	124		
三、手术导航技术	125		
四、手术机器人技术	126		
五、手术室信息集成技术	126		
六、计算机辅助术后评估与			
康复规划	127		
七、虚拟现实与虚拟手术	128		
第二节 虚拟现实技术及其应用	128		
一、虚拟现实技术概述	128		
二、虚拟现实研究现状	129		
三、虚拟手术系统	130		
四、膝关节知识系统建立及			
运动仿真	131		
第九章 数字技术在骨科的初步应用	138		
第一节 数字化皮瓣、肌瓣及骨瓣的			
可视化	138		
一、数字化背阔肌皮瓣的可视化	138		

四、颈前路蝶型钢板的有限元法 分析.....	200	原理.....	275
五、一种新型寰枢前路锁定钢板 系统的力学稳定性.....	202	三、快速成型制造的特点	276
六、腰椎小关节接触模型的有限元 分析.....	204	第二节 快速成型技术的应用	276
七、腰椎微创前路融合后不同固定 方式生物力学特性的比较.....	206	一、快速成型技术在个性化植入物 制造中的应用.....	276
八、骨质疏松椎体增强后对相邻椎体 生物力学影响的有限元研究.....	210	二、快速成型技术在骨组织工程支架 制造中的应用.....	278
第三篇 数字骨科学应用		三、快速成型技术在创伤骨科的 应用.....	280
第十一章 数字化骨折分类	217	四、快速成型技术在关节外科的 应用.....	286
第一节 数字化骨折分类的产生及 意义.....	217	五、快速成型技术在脊柱外科的 应用.....	297
第二节 肩胛带与上肢数字化骨折 分类.....	218	六、3D 打印导板在骨肿瘤切除重建 手术中的应用.....	305
一、肩胛骨骨折分类	218	七、快速成型技术在关节软骨损伤 修复中的探索.....	311
二、锁骨骨折 Craig 分类	223	第十三章 逆向工程技术在骨科的 应用	318
三、肩锁关节脱位 Rockwood 分类	230	第一节 逆向工程在个性化假体 设计中的应用.....	318
四、肩关节脱位解剖分类	232	一、基于逆向工程的个性化假体 设计过程.....	318
五、肱骨骨折分类	236	二、逆向工程在个性化假体中的 应用.....	319
六、肘关节脱位	240	第二节 基于逆向工程技术的骨修复 研究.....	323
七、尺桡骨骨折分类	242	一、逆向工程技术的骨与关节的 结构特征获取.....	323
八、腕、手部骨折分类	246	二、基于逆向工程的骨与关节的 设计与应用.....	326
第三节 脊柱数字化骨折分类	248	第十四章 计算机辅助骨科术前 规划与虚拟手术	332
一、颈椎骨折分类	248	第一节 计算机辅助术前规划概述	332
二、胸腰椎骨折分类	254	一、计算机辅助骨科术前评估 临床价值.....	332
第四节 骨盆与髌臼数字化骨折 分类.....	258	二、结合二维、三维影像与模型的 骨组织显示与操作.....	333
一、骨盆骨折分类	258	三、仿真术中作业的术前评估与 规划.....	334
二、髌臼骨折分类	262	第二节 计算机辅助骨科术前规划 系统.....	337
三、骶骨骨折 Denis 分类	265	一、TraumaCad 软件	337
第五节 下肢数字化骨折分类	266	二、M3D 医学可视化平台	341
一、股骨骨折分类	266		
二、胫腓骨骨折分类	269		
三、踝关节骨折分类	270		
四、足部骨折分类	272		
第十二章 快速成型技术在骨科的 应用	275		
第一节 快速成型技术概念	275		
一、快速成型技术的产生	275		
二、快速成型技术的基本成型			