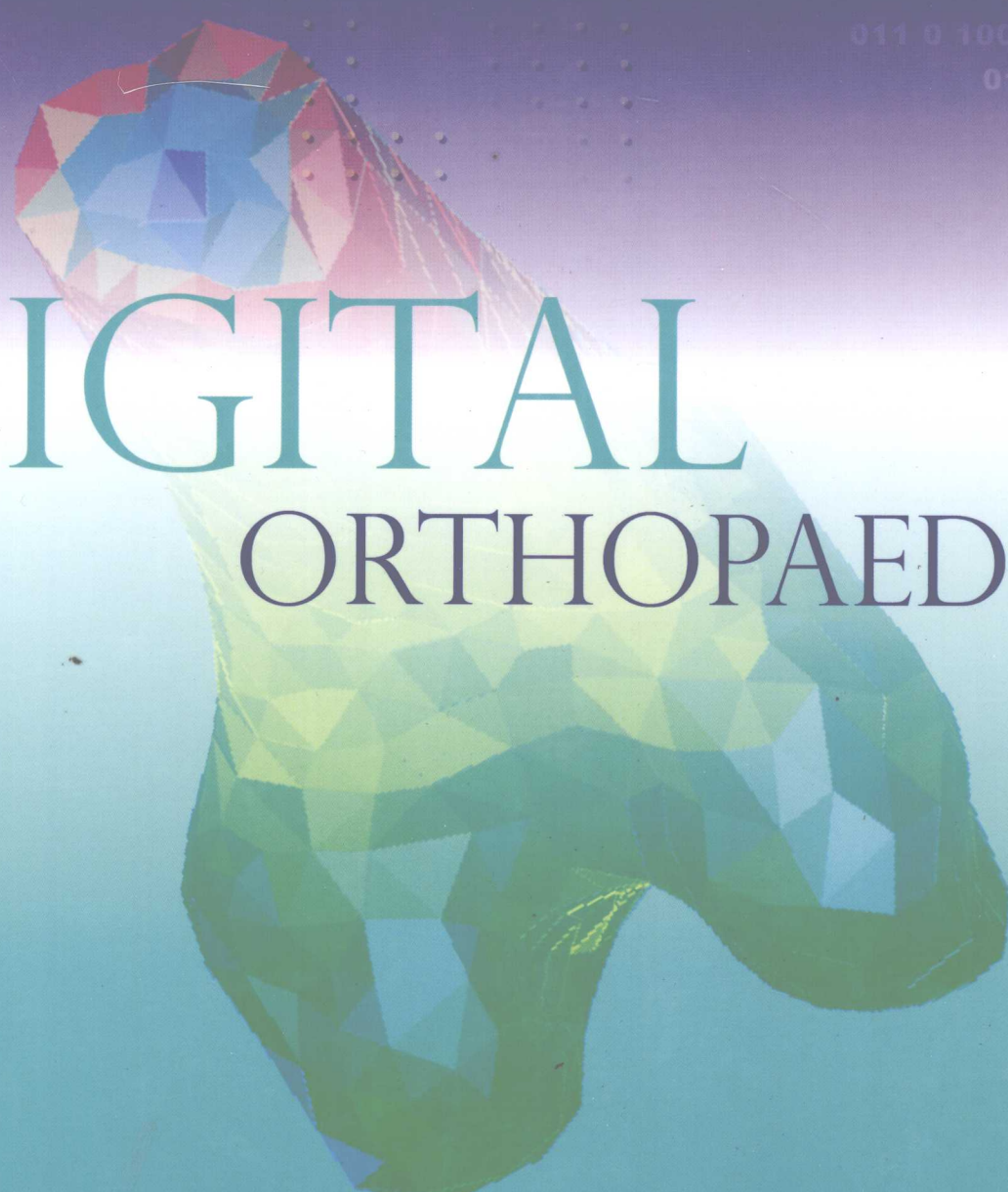


数字骨科学

主编 裴国献·张元智



DIGITAL ORTHOPAEDICS

 人民卫生出版社

*DIGITAL
ORTHOPAEDICS*

数字骨科学

主 编

裴国献 张元智

副主编

王成焘 李绍林 谢 叻

王 钢 余 斌



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

图书在版编目 (CIP) 数据

数字骨科学 / 裴国献等主编. — 北京: 人民卫生出版社, 2009. 6

ISBN 978-7-117-11360-1

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

中国版本图书馆CIP数据核字 (2009) 第036857号

门户网: www.pmph.com	出版物查询、网上书店
卫人网: www.hrhexam.com	执业护士、执业医师、 卫生资格考试培训

数字骨科学

主 编: 裴国献 张元智

出版发行: 人民卫生出版社 (中继线 010-67616688)

地 址: 北京市丰台区方庄芳群园 3 区 3 号楼

邮 编: 100078

E - mail: pmph@pmph.com

购书热线: 010-67605754 010-65264830

印 刷: 三河市宏达印刷有限公司

经 销: 新华书店

开 本: 889×1194 1/16 印张: 36.75

字 数: 1190千字

版 次: 2009年6月第 1 版 2009年6月第 1 版第1次印刷

标准书号: ISBN 978-7-117-11360-1/R·11361

定 价: 239.00元

版权所有, 侵权必究, 打击盗版举报电话: 010-87613394

(凡属印装质量问题请与本社销售部联系退换)



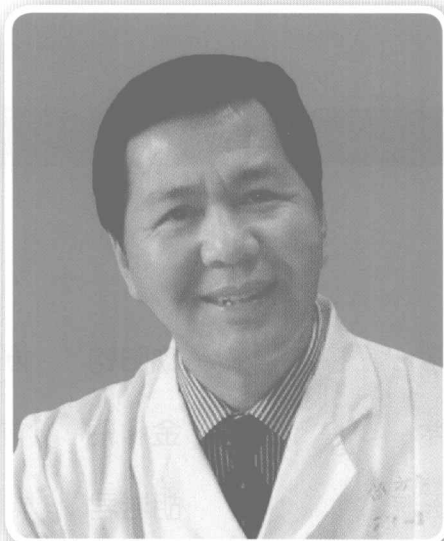
撰 者

(以姓氏笔画为序)

丁晓飞 南方医科大学
王 丹 南方医科大学
王军强 北京积水潭医院
王贵生 北京武警总医院
刘红艳 南方医科大学
苏秀云 南方医科大学
李 瑾 南方医科大学
李严兵 南华大学
李忠华 南方医科大学
张美超 南方医科大学
陆 声 成都军区昆明总医院

欧阳钧 南方医科大学
金 丹 南方医科大学
胡岩君 南方医科大学
相大勇 南方医科大学
秦笃烈 首都医科大学
原 林 南方医科大学
顾冬云 上海交通大学
唐 雷 南方医科大学
梅良斌 南方医科大学
扈延龄 南方医科大学
黎建伟 南方医科大学

DIGITAL 数字骨科科学
ORTHOPAEDICS



主编简介

裴国献 1954年10月生人。医学博士，教授，主任医师，博士研究生导师。曾任南方医科大学南方医院创伤骨科主任。现任第四军医大学西京骨科医院院长。在学术上曾任首届国际手与复合组织异体移植协会秘书长，现任该协会常务理事。目前还担任国务院学位委员会学科评议组成员、国家科技进步奖评审专家、国家自然科学基金评审专家、中华医学科技奖评审委员会评审专家、亚洲创伤骨科学会理事、中华医学会显微外科学分会候任主任委员、中华医学会骨科学分会创伤骨科学组副组长、《中华骨科杂志》常务编委、《中华创伤骨科杂志》总编辑等学术职务。

裴国献教授系国内著名的骨科及组织工程研究专家，创立了肢体严重战、创伤救治的多项新理论与新技术，形成了较为完整的理论及临床救治体系，取得多项具有国际先进、亚洲首例及国内领先的创新性成果。在国际上最先报道四肢同时离断再植成功；首创下肢严重创伤避免截肢的双桥式皮瓣移植修复新技术；成功地率先开展了亚洲第1、第2例（世界第3、第4例）异体手移植术，被评为2000年度“中国医药科技十大新闻”，为国内最早开展组织工程学研究之一；并在国际上率先提出血管、神经与组织工程化组织和器官同步构建的新理论，在大动物（恒河猴）体内分别成功构建出带血管、神经的组织工程骨，证实了这一理论的科学性与重要的临床价值。

主持国家重大基础研究项目（973）、国家高新技术发展项目（863）重大专项课题、国家自然科学基金重点基金、军队杰出青年科技基金等17项基金项目；以第一完成人共获得各类科技成果奖17项，其中国家科技进步二等奖1项、省（军队）科技成果一等奖3项、二等奖4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、“总后院士后备人选”、“军队科技金星”、“军队专业技术重大贡献奖”、“中央组织部直接联系掌握的高级专家”等多项国家级殊荣。

以第一作者及通讯作者在国内重点期刊发表论述156篇。创办中华医学会系列杂志《中华创伤骨科杂志》。先后主编《手外科解剖与临床》《同种异体骨移植》《组织工程学实验技术》《周围神经损伤基础与临床》《显微手外科学》《成人骨折学》《现代微创骨科学》和《南方战区高温高湿环境火器伤救治与卫勤保障》等8部专著。



DIGITAL 数字骨科科学
ORTHOPAEDICS

 主编简介

张元智 1964年3月生。医学博士，博士后，副主任医师。曾于南方医科大学南方医院创伤骨科工作。现任内蒙古医学院附属医院骨科主任医师，快速制造国家工程研究中心医学应用中心客座教授。

长期从事骨科临床工作，近年来主要从事数字骨科学研究，在国内率先完成了个性化椎弓根固定导航模板的设计，并将其与快速成形技术结合，成功应用于临床手术，收到了良好的效果；同时推出不同部位个性化手术导航模板的设计与应用；完成了数字中国人臂丛、腰丛局部解剖的三维重建研究；完成了数字化皮瓣、肌皮瓣、骨瓣的三维可视化研究。已有多篇相关研究结果在《Microsurgery》、《Surgical and Radiologic Anatomy》、《中华外科杂志》、《中华创伤骨科杂志》及《中华手外科杂志》等国内重点刊物上发表。

作为主要研究者参与了2004年广东省自然科学基金重点项目“臂丛神经无创性诊断的影像及数字化基础研究”和2008年广州市科技计划项目“数字化拟人可视技术在足踝创伤外科中的应用”等研究工作。

序 言

科技创新发展的火花，往往出现在学科间交叉碰撞的地带。《数字骨科学》这部专著融集了骨科学家、计算机学家、影像学家、生物力学家等多学科专家们的智慧，勇于探索新事物，在裴国献教授的组织领导下成为第一批敢于尝试“食螃蟹”的群体。经过艰辛的努力和实践，与骨科临床紧密结合，在涉及人体数据信息获取、图像色彩校正、图像质控、图像分割、图像配准、图像构建、快速成形、有限元素分析、计算机软件开发应用、计算机辅助导航、虚拟仿真技术应用等方面进行了大量工作。已经编制了部分医学教育课件，并结合临床骨科实际问题，为术式设计研讨、术后质量评估、手术虚拟仿真、疗效评价、手术导航、远程医疗等，展示了不少有价值的探索性成果。

当前，信息科学技术引发的数字化革命，已经深入到各个不同的领域，给人们带来了以往不可想象的效率和效益。信息科学与生命科学交叉领域出现的《数字医学》有望发展成为一门新兴的分支学科。但是创建新兴分支学科的先决条件目前尚未完全具备，尚须继续努力。必备条件中主要有四项：专业性学术组织、专业性学术队伍、专业性学术园地、系统完整的理论体系。

我国还没有正式的数字医学学术组织，只在2007年召开的“全国首届数字医学学术研讨会”后，成立过“中国数字医学研究联络组”。联络组仅是松散的民间组织形式，还不是正式的学术社团。2006年创刊出版的《中国数字医学》是发展前进中的里程碑性标志。不过，目前在这个园地里所培育的花卉品种还比较单一，虽然较见长于数字化医院管理的“一支独秀”，但是，在数字化医学应用和数字化工程技术有关的内容还相当欠缺。理论体系是新兴学科必须具备的基础。目前，除了在国内外期刊上发表了一定数量的学术论文外，也相继出版部分专著。但是上述学术成果与系统完整的理论体系建立的要求，还有很大的差距。

《数字骨科学》的面世，是新开拓的数字医学园地里破土而出的一株新苗，今后还需精心呵护培育，成长、开花，结出累累的丰硕成果。

中国工程院院士

南方医科大学教授

钟世镇

2008年冬于广州

前言

近 20 年来, 由于“数字医学”概念的提出及在医疗领域的全方位渗透, 这一信息科学目前已成为现代医学的重要组成部分, 特别在外科领域“数字医学”已对外科手术产生了重要变革。由于数字化技术的导入, 数字化医学成像系统及计算机系统可使影像模型化, 可将其任意变形或再修饰。同时, 通过计算机辅助系统可帮助术前计划、术中操作和术后评估。计算机辅助骨科手术 (computer assisted orthopaedics system, CAOS) 在人工关节、脊柱外科、创伤骨科等领域的迅速发展表明, CAOS 有可能成为未来骨科手术的标准治疗, 可以实现骨科手术的微创化、智能化; 近几年“医用机器人手术”已渐在脊柱外科、关节外科及创伤骨科等手术中应用, 已初显其微创、精确的优越性, 令人期待。钟世镇教授继美国、韩国之后在国内率先开展了“虚拟中国人”的人体切片建模研究工作, 为“中国数字人”和数字解剖的发展奠定了重要的基础, 实现了由平面解剖向立体解剖和数字解剖的发展, 并由此提出了“数字解剖学”的概念。

基于“数字医学”、人体虚拟技术及数字化技术 (包括计算机辅助手术及机器人手术) 已在骨科实际应用的现实, 有鉴于“数字解剖学”的概念, 我们对这一涉及面广、内容繁多的新兴交叉、前沿重大技术进行了理论凝析、宏观定位与学科归属, 提出了“数字骨科学”这一骨科学新分支的概念与观点, 以期将数字化技术与骨科学有机地结合在一起进行系统的研究与开发, 最终形成其自身完整的学科理论与临床体系, 不断促进骨科学的发展。在当今科学技术飞速发展的时代, 多学科融合、交叉是任一学科发展的必然途径与趋势。数字技术已渗透到医学的各个领域, 从而促进医学技术向个性化、精确化、微创化与远程化方向快速发展。数字骨科学的出现, 为骨科的临床与教学提供了全新的模式与手段, 实现了由二维到三维、由平面到立体、由静态到动态的技术转变。数字骨科学理论与技术的建立, 有望使骨科临床渐趋系统化、标准化、立体化与可视化。数字化技术将成为 21 世纪一名优秀医生的临床基本技能。然而, 正像钟世镇院士在本书序言中所述:《数字骨科学》的面世, 是新开拓的数字医学园地中破土而出的一株新苗, 今后还需精心呵护培育, 成长、开花, 结出累累的丰硕成果。

本书有骨科学家、影像学家、生物力学家等多学科 29 位作者联合编著。由于内容较新, 多为初作、新作, 某些章节内容还略显单薄, 故本书难免存在不成熟、不系统, 乃至不妥之处, 敬请同道不吝雅正。



2008 年冬 于西安

第一章 数字解剖学的问世

第一节 传统解剖学方法.....	2
一、制作人体教学标本	2
二、生物塑化技术在人体标本制作中的应用	3
三、人体断层解剖学的发展	3
第二节 断层影像解剖学研究	7
一、X线平片.....	7
二、计算机断层扫描	9
三、磁共振成像	11
四、CT三维重建在骨科中的应用	13
第三节 数字解剖学的提出	17

第二章 医学图像处理理论与技术

第一节 数字人图像处理概述	22
一、图像和视觉的基本概念	22
二、图像处理常用软件	25
第二节 图像质量标准与控制	27
一、图形图像文件格式	27
二、切削层距与像素的关系	31
三、数据的存储与备份	32
第三节 图像色彩的校正.....	33
一、色彩管理	33
二、数字人断层颜色及控制	35
第四节 图像配准技术	35
一、图像配准的基础理论	35
二、常用的医学配准方法	36
三、数字人研究中图像配准方法	37

第五节 医学图像的分割与分类	42
一、医学图像分割概述	42
二、数字人研究中图像分割方法	43

第三章 人体虚拟可视技术

第一节 人体标本冷冻切削技术	48
一、标本的遴选	48
二、标本的定型灌注	48
三、标本血管显示技术	49
四、标本包埋和定位	51
五、低温冷冻系统	53
第二节 基于序列断层图像的三维重建技术	54
一、三维重建技术概述	54
二、螺旋CT三维重建技术	55
三、Amira软件介绍	55
四、Mimics软件介绍	71
五、3D Med软件介绍	101
六、3D Slicer软件简介	102
七、其他	103
第三节 虚拟现实建模语言VRML简介	105
一、概述	105
二、基本原理	106
三、VRML的建模	106
四、虚拟现实开发工具Vrml Pad	107
五、VRML浏览器	107

第四章 数字人研究现状

第一节 解剖学——医学发展的基石	110
第二节 美国可视人计划	112
一、可视人计划的提出	112
二、可视人计划原始图像数据的获取	113
三、可视人计划原始图像数据的分割与分类	113
四、可视人计划应用规划	114
第三节 基于可视人计划的应用	114
一、可视人的突出进展	114
二、红骨髓虚拟仿真模型	116
三、可用于ESS培训的鼻窦精确模型	117

第四节 我国数字人研究发展概况	119
一、两次香山科学会议启动与推动数字人研究工作	119
二、中国数字人应用计划	121
第五节 超越可视人计划的数字人计划及其他国家的响应	121
一、美国数字人计划	121
二、韩国数字人计划	123
三、人类脑计划	123
四、数字人胚胎项目	124

第五章 数字化技术与骨科研究

第一节 骨科中的数字化技术	128
一、硬组织外科中的数字化技术	128
二、骨肌系统的力学仿真及其应用	159
第二节 虚拟现实技术及其应用	185
一、虚拟现实技术概述	185
二、虚拟现实技术研究现状	187
第三节 数字医学与骨科临床	208
一、骨科影像电子病历系统	208
二、人体骨折分类系统的软件开发与应用	213
三、面向骨科临床的计算机辅助诊断技术与应用	215

第六章 数字虚拟技术在骨科的初步应用

第一节 数字骨科学——新的分支学科	226
一、概念及理论的提出	226
二、数字骨科学的理论基础	226
三、数字虚拟技术在骨科应用研究的设想与实施	227
四、数字骨科学发展前景	229
第二节 骨与关节解剖结构的三维可视化	230
一、上肢骨	230
二、下肢骨	234
三、上肢肌肉解剖结构的三维可视化	237
四、下肢肌肉解剖结构的三维可视化	246
第三节 肩部骨折分类的三维可视化	256
一、锁骨骨折	256
二、肩胛骨骨折	261
第四节 上肢骨折分类的三维可视化	270
一、肱骨近端骨折	270

二、肱骨干骨折	273
三、肱骨远端骨折	273
四、肘部骨折、脱位	274
五、桡、尺骨骨干骨折	281
六、桡骨远端骨折	282
七、腕部骨折、脱位	283
第五节 骨盆及髋部骨折分类的三维可视化	290
一、骨盆骨折	290
二、髋臼骨折	299
第六节 下肢骨折分类的三维可视化	310
一、股骨颈骨折	310
二、股骨转子间骨折	311
三、股骨干骨折	314
四、股骨远端骨折	315
五、髌骨骨折	317
六、胫、腓骨近端骨折	319
七、胫、腓骨干骨折	329
第七节 足踝部骨折分类的三维可视化	330
一、踝部骨折、脱位	330
二、足部骨折、脱位	338
第八节 数字化皮瓣、肌瓣及骨瓣的可视化	346
一、数字化背阔肌皮瓣的可视化	346
二、数字化股前外侧皮瓣的可视化	351
三、数字化腓肠肌皮瓣的可视化	359
四、数字化足背皮瓣的可视化	362
五、数字化髂骨瓣的可视化	364
六、数字化腓骨瓣的可视化	364
第九节 周围神经的三维可视化	372
一、概述	372
二、臂丛神经的三维重建及可视化	373
三、腰骶丛神经的三维重建及可视化	378
四、腰丛神经断层解剖学及可视化研究	380
第十节 MR、CT影像三维重建膝关节及交叉韧带	385
一、科学计算可视化	385
二、科学计算可视化的含义与重要意义	385
三、科学计算可视化在医学上的应用	386
四、医学图像可视化技术重建膝关节及交叉韧带	386
第十一节 椎弓根进钉通道的数字解剖学研究	398
一、应用数字技术建立椎弓根进钉通道的分析方法	400

二、椎弓根进钉通道随水平面角变化的数字解剖学研究	409
三、腰椎椎弓根进钉通道、进钉点与椎体边界关系三维精确定位分析	421
四、胸椎椎弓根进钉通道、进钉点与椎体边界关系三维精确定位分析	437
五、中下颈椎椎弓根进钉通道、进钉点与椎体边界关系三维精确定位分析...	450
第十二节 快速成形技术在骨科的应用	460
一、快速成形技术的基本概念	460
二、快速成形技术的分类	462
三、快速成形的全过程	464
四、快速成形的发展趋势及在我国的应用现状	465
五、快速成形技术在个性化假体制造中的应用	470
六、快速成形技术在创伤骨科的应用	476
七、快速成形技术在髋关节外科的应用	480
八、快速成形技术在脊柱外科的应用	486
九、快速成形技术在骨组织工程中的应用	498

第七章 有限元分析在骨生物力学研究中的应用

第一节 有限元建模的基本概念与方法	502
一、有限元分析的发展过程	502
二、有限元仿真与有限元建模	502
三、有限元建模对象	503
四、有限元建模的目的	503
五、有限元建模的基本步骤	503
六、有限元建模的主要数据来源	504
七、有限元建模的主要方法	504
第二节 有限元分析在骨力学研究中的应用	505
一、骨骼力学性能分析	505
二、骨折内外固定器械及人工植入物的力学研究	506
三、手术评价与术式选择	506
四、有限元技术研究进展	507
五、有限元模型的优越性与局限性	507
六、有限元分析的前景与展望	508
第三节 人体物理参数的测量	508
一、骨骼材料性质测量	508
二、软骨材料性质测量	509
三、软组织材料性质测量	510
第四节 有限元建模及应用实例	510
一、颈前路蝶形钢板的力学性能评价	510
二、腰椎小关节接触模型的有限元分析	512

三、腰椎微创前路融合后不同固定方式生物力学特性的比较	512
四、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	521
五、骨盆三维有限元模型的建立及其分析	524
六、正常髌臼三维有限元模型的构建	529
七、髌臼后壁骨折有限元模型加载与应力分析	532
八、股骨-胫骨复合体模型在人体体重冲击下的运动力学响应研究	539

第八章 计算机辅助导航技术在骨科的应用

第一节 计算机辅助骨科手术概述	546
一、CAOS发展的简要历史回顾	546
二、CAOS在骨科手术应用中的导航定位方法	547
三、CAOS在骨科手术应用中的医用机器人技术	548
第二节 计算机辅助骨科手术的基本工作原理与应用原则	549
一、基本原理与概念	549
二、导航手术系统分类	551
三、计算机辅助骨科手术的基本工作原理与应用原则	556
第三节 计算机辅助骨科手术系统的组成与应用要点	557
一、CAOS的系统组成及基本设备	557
二、CAOS在临床手术中的关键技术	559
三、CAOS的操作要点	559
四、CAOS在临床应用中的优缺点	561
第四节 计算机辅助骨科手术的临床应用	562
一、计算机辅助脊柱手术	562
二、计算机辅助髌、膝关节置换手术	564
三、计算机辅助髋髌关节螺钉固定	565
四、计算机辅助髌臼骨折手术固定	566
五、计算机辅助骨盆环断裂手术	566
六、计算机辅助髓内针固定	567
七、计算机辅助骨折复位	567
八、计算机辅助在骨科其他领域的应用与进展	569
九、结论与展望	569
索引	571