

MO理论与技术丛书

人体骨骼

数字模型仿真学

RENTI GUGE

SHUZI MOXING FANGZHENXUE

张春才 苏佳灿 禹宝庆 主编



第二军医大学出版社

R322.7

ZCC

C.1

MO 理论与技术丛书

127137

人体骨骼数字模型仿真学

顾 问 王正国 卢世璧 郭世绂 刘植珊 王亦璁
雍宜民 张铁良 王继芳 杨大智
主 编 张春才 苏佳灿 禹宝庆
副主编 王保华 吴建国 陈为民 孙天胜
主 审 丁祖泉

第二军医大学出版社

内 容 简 介

本书系统地阐述了医学仿真学理论及其在骨科领域的应用,全面地介绍了医学仿真学的发展过程,以丰富的文字和精美的图片进行说明。紧密结合基础研究与临床工作的需要,介绍计算机仿真学在骨科领域应用中的研究成果与最新进展。全书共分3篇12章。第一篇是基础知识。第一章介绍医学仿真学相关理论、有限元原理和基本分析步骤;第二章介绍人体组织三维建模基本原理,并简要介绍VHP计划;第三章介绍MedVol软件的界面和使用方法;第四章介绍CT原理及其在三维建模中应注意的事项;第五章为骨骼运动系统概论。第二篇是应用篇。以大量图片展示各类骨骼的解剖形态、重建步骤、重建图形,其中对部分骨骼给出有限元分析的实例。第三篇是附录。介绍有限元分析软件。

本书适合大专院校医学、生物学领域的研究生、骨科临床医生或者从事医学仿真学研究的医学工程科研人员阅读。

图书在版编目(CIP)数据

人体骨骼数字模型仿真学/张春才,苏佳灿,禹宝庆主编. —上海:第二军医大学出版社, 2004.9

ISBN 7-81060-367-1

I.人... II.①张...②苏...③禹... III.人体-骨骼-数字仿真 IV.R322.7-39

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第010941号

责任编辑 吕芳萍 李春德

人体骨骼数字模型仿真学

主编 张春才 苏佳灿 禹宝庆

第二军医大学出版社出版发行

上海市翔殷路818号 邮政编码:200433

电话/传真:021-65493093

全国各地新华书店经销

莱芜市圣龙印务书刊有限责任公司印刷

开本:787×1092 1/16 印张:17.75 字数:400千字

2004年9月第1版 2004年9月第1次印刷

印数:1~2100

ISBN 7-81060-367-1/R·282

定价(精):168.00元

作者简介



张春才，男，汉族，1948年3月出生，1976年毕业于第二军医大学。现任第二军医大学附属长海医院骨科主任医师、教授、博士生导师，享受政府特殊津贴。

20年来，受卢世璧、戴克戎、赵定麟等教授的发明之启迪，有志于形状记忆合金、骨与关节损伤及内固定的研究。1990年，在中华骨科杂志、中华外科杂志上首先将镍-钛形状记忆合金命名为“生物记忆材料”，并结合临床需要，将若干设计思想应用于临床，不同程度地解决了相关临床难题。例如：聚髌器的应用将严重粉碎性髌骨骨折聚合于解剖位，避免与减少了“部分与全髌切除术”；天鹅型记忆接骨器用于管状骨骨不连及骨折的治疗，发现了“一无骨痂、二无骨萎缩、三无应力遮挡效应”的骨样板状替代现象；血管记忆栓塞器、骨盆与髌臼三维记忆内固定系统的研制与应用，为复杂性骨盆、髌臼骨折的治疗，提供了简便、有效的新技术，尤其对中青年病人可避免关节置换、减少残疾。

在求知上，与同仁和学生，发现了记忆接骨 (memory osteosynthesis, MO) 现象，创建了MO假说理论与实用技术，力图多方求证其本质，尽力使之实用于平时与战时相结合的创伤救治系统。曾获国家发明四等奖1项、“八五”军队重大科技成果奖1项、解放军科技进步二等奖3项、全国发明展金、银、铜奖、世界发明IFIA——人类健康奖等4项、上海市发明创造专利二等奖1项、上海市优秀发明一等奖2项、国家发明专利与实用新型专利共22项。

作者简介



苏佳灿，男，汉族，1976年8月出生，1999年毕业于第二军医大学军医系，获学士学位。同年免试直升攻读硕士学位，2001年提前攻读博士学位，师从张春才教授。主要从事创伤基础与临床研究，结合生物记忆材料及其临床相关应用的研究与设计，主攻骨骼数字模型仿真、记忆力场环境下的新的骨愈合模式及相关手术仿真模拟相结合的临床研究。在上述研究中，积极求证导师张春才教授提出的记忆接骨(memory osteosynthesis, MO)假说理论。作为共同完成人获得军队科技进步二等奖1项，专利6项。担任《中国临床康复》等多家杂志常务编委或编委职务。在核心期刊上发表论文30余篇，主译《形状记忆材料》1部，参编学术专著4部。

作者简介



禹宝庆，男，满族，1965年3月出生，1989年第二军医大学军医系毕业，获学士学位。1995年第二军医大学骨科硕士研究生毕业，获硕士学位。2001年获临床医学博士学位。现为第二军医大学附属长海医院骨科副主任医师、副教授。国际AO内固定学会会员。专业特长：骨创伤、显微外科、手外科。在断肢、断指再植、周围神经损伤的修复以及骨与关节损伤的治疗等方面积累了较为丰富的经验。在生物记忆材料的基础和临床研究方面，兴趣浓厚，参与探索、求证MO假说。作为共同完成人或第一完成人取得的成果获国家发明四等奖二项、军队科技进步奖二等奖2项、军队医疗成果三等奖1项、专利2项。主编《现代髓内钉外科学》，参与5部专著的编写工作，发表论文30余篇。

编写人员名单

编者 (按姓氏笔画排序)

万 岷	第二军医大学附属长海医院	博士
干阜生	安徽阜阳市人民医院	教授
王 岩	解放军总医院	教授
王志伟	第二军医大学附属长海医院	博士
王保华	上海图美克医学软件科技研究所	硕士
王冠军	第二军医大学附属长海医院	硕士
王家让	湖南省人民医院	教授
王家林	第二军医大学附属长海医院	硕士
王振昊	解放军第153医院	主任医师
王爱民	第三军医大学附属大坪医院	教授
王敏杰	第二军医大学附属长海医院	副教授
王满宜	北京大学医学部第四临床医学院	教授
邓小明	第二军医大学附属长海医院	教授
叶文琴	第二军医大学附属长海医院	教授
田纪青	浙江田氏伤科医院	院长
达国祖	兰州市西脉记忆合金研究所	高级工程师
刘 一	吉林大学白求恩医学部第一附属医院	教授
刘 洋	第二军医大学附属长海医院	硕士
吕德成	大连医科大学附属第一医院	教授
孙天胜	北京军区总医院	教授
孙剑伟	第二军医大学附属长海医院	硕士
纪 方	第二军医大学附属长海医院	副教授
许金廉	第二军医大学教保处	副教授
许硕贵	第二军医大学附属长海医院	博士
吴岳嵩	第二军医大学附属长海医院	教授
吴建国	同济大学生命科学与技术学院	副教授
苏佳灿	第二军医大学附属长海医院	博士
杨金堂	山东诸城人民医院	主任医师
李 明	第二军医大学附属长海医院	教授
李文锐	广东韶关市第一人民医院	教授
李格当	内蒙古武警总队医院	硕士
连小峰	第二军医大学附属长海医院	硕士
汪滋民	第二军医大学附属长海医院	博士
沈宏兴	第二军医大学附属长海医院	博士

沈惠良	首都医科大学宣武医院	教授
张 蕾	南京理工大学	学士
张力成	温州医学院第三附属医院	教授
张春才	第二军医大学附属长海医院	教授
张秋林	第二军医大学附属长海医院	博士
张雪松	解放军总医院	博士后
张德胜	上海钢铁研究所	高级工程师
陈 强	第二军医大学附属长海医院	硕士
陈为民	江苏姜堰市人民医院	讲师
陈学强	同济大学生命科学与技术学院	硕士
陈建芳	第二军医大学附属长海医院	主管护师
陈峥嵘	复旦大学附属中山医院	教授
陈维华	上海杨浦区市东医院	讲师
周 嫣	第二军医大学附属长海医院	博士
周东生	山东省立医院骨科	教授
苟三怀	第二军医大学附属长征医院	教授
郑文忠	解放军第180医院	教授
郑银旺	浙江温州市第三人民医院	教授
侯铁胜	第二军医大学附属长海医院	教授
姜保国	北京大学人民医院	教授
禹宝庆	第二军医大学附属长海医院	副教授
赵 杰	第二军医大学附属长海医院	副教授
赵继军	第二军医大学附属长海医院	教授
项耀均	第二军医大学附属长海医院	教授
骆 刚	解放军第88医院	硕士
徐 灿	第二军医大学附属长海医院	博士
徐卫东	第二军医大学附属长海医院	副教授
袁 文	第二军医大学附属长征医院	教授
顾立强	第一军医大学附属南方医院	教授
高堂成	南京军医科学院附属414医院	硕士
高德华	第二军医大学附属长海医院	主管护师
梁雨田	解放军总医院	教授
傅青格	第二军医大学附属长海医院	博士
程传苗	第二军医大学附属长海医院	教授
熊 进	南京大学附属鼓楼医院	教授
蔡郑东	第二军医大学附属长海医院	教授
蔡晓冰	第二军医大学附属长海医院	硕士
裴福兴	四川大学华西医院	教授
薛昭军	天津航空航天学院	硕士

创造性应用计算机仿真技术，
建立人体骨骼数字模型仿真学，
为促进临床骨科学发展做出重
要贡献。

祝张喜才教授等主编的“人体骨
骼数字模型仿真学”出版

王正国
2004.2.25.

路曼曼其修遠兮

吾將上下而求索

屈原《離騷》

有感於探索精神

卢世璧

设计合理，技术先进

数据可信，系统分析

开发创新，论证明确

祝贺“人体骨骼数字模型仿真学”出版

郭世绂
2004年2月

我国著名骨科专家 郭世绂教授题词

序

早在20世纪50年代，我国即已开始将计算机仿真应用于若干重要领域，并取得了十分惊人的成绩。而在医学研究方面，就世界范围而言，也只是始于近年。但其发展迅速，而且已经发挥了相当重要的作用。继美国之后，我国于本世纪初，先后提供了6个虚拟可视人数据集，以明快的步伐迈入了21世纪。

《人体骨骼数字模型仿真学》的作者们紧随其后，从临床实践中的问题和需要出发，经过科学的分析和思考，进行了不同角度的研究与探索，发表了相关的生物记忆力学、生物力学和临床应用方面的研究论文，颇具特色。而该书的出版则更表明了他们“从头越”的决心。可以预见他们在踏上这一新的研究平台以后，将逐渐带给我们一个又一个与骨外科相关的开创性成果。

外科是依靠手术来治疗疾病的学科。因此从一开始，外科即面临着如何在消除疾病的同时，尽可能减少手术造成的医源性创伤，亦即保护组织，最终充分恢复机体的功能。这一“消除”与“保护”的关系无时无刻不存在于外科治疗之中。它不仅涉及手术局部，而且也影响全身，包括精神因素在内。可以说：“在任何外科创伤应急状态下，达到和保持最佳的内环境稳定状态”应是外科所必须遵循的基本原则。

这一原则在欧美等发达国家，有了惊人的、相关领域的具体体现：如数字远程医学会诊、微创治疗乃至遥控机器人手术。这标志着人类已进入一个数字医学迅速发展的时代。由此可见，前述的计算机仿真研究的前景极其长远、意义十分重大。相信这一著作的问世，不仅使读者得到许多先进的现代科学知识，而且也会激发有志于此的科学工作者们积极投身于这项科研工作中来，从而推动临床医学更为理性与稳固的发展。



2004年2月23日

前 言

随着计算机及其软件的飞速发展，人类社会与自然科学进入了数字世界，在各个领域里，以前所未有的速度奇迹般地将“神话”变为现实：探索火星、窥探粒子、决胜千里、漫游人体等等。

人世间，生命与健康是最可宝贵的。

在医学骨科领域里，人体骨骼、肌肉、神经运动的奥秘，仍存在着太多的迷宫和诱惑；生命与健康的呼唤；跨学科的交叉；人类智慧的无限追求，使创新成为推动骨科领域科技迅速发展的强大动力与源泉。

对从事骨科基础研究与临床工作的人员，如何重建骨骼解剖形态？如何康复伤病员生理功能？如何使伤病员的获益远远大于所付出的代价？这些思考，令我们将医学问题与计算机、软件、金属、建筑、桥梁、仿生、虚拟等方面的知识联姻，力图研究出一套将名医普遍化、手术智能化、质量效益化的数字系统。尽管这是我们的雏形构思，但在三维记忆力场中与上述思考相结合的研究，在临床治疗复杂性骨盆、髌臼、脊柱骨折及骨不连等方面，发现新的骨愈合现象、令人满意的疗效，以及致残的病人尚未获得良好生活质量等若干临床难题，鼓励着我们向深层次探索。

鉴于此，我们首先从基础的第一步开始，决心撰写一部《人体骨骼数字模型仿真学》。

《人体骨骼数字模型仿真学》是一门以多学科理论为基础、以计算机及其软件为工具进行骨骼实验研究的学科，是现代医学基础与临床研究的又一新的发展方向。它具有科学的先验性，可探索复杂系统深层次的规律性与临床问题的相关性。本书首次展现了系统、完整的高精度人体骨骼数字模型仿真；实现各种固定器械的自由放置；模拟不同条件下骨骼受力情况；随意平滑处理，研究骨骼细微

表面的受力；采用图形渲染算法，使图形真实感更强，同时降低了对硬件的要求；实现三维立体视觉；直接导入Ansys进行力学分析或用其他建模软件进行修改和完善，为辅助诊断和手术仿真模拟系统的开发奠定了基础。

第一篇是基础知识。第一章介绍医学仿真学相关理论、有限元原理和基本分析步骤；第二章介绍人体组织三维建模基本原理，并简要介绍VHP计划；第三章介绍MedVol软件的界面和使用方法；第四章介绍CT原理及其在三维建模中的注意事项；第五章是骨骼运动系统概论。

第二篇是应用篇。应用大量图片展示各类骨骼的解剖形态、重建步骤、重建图形，并给出部分骨骼有限元分析的实例。

第三篇是附录。它主要介绍有限元分析软件。

本书适合医学院校从事骨科领域研究的研究生、博士生阅读，亦是临床医生开卷有益的参考书。

在本书的撰写过程中，得到了第三军医大学吴灿校长；第二军医大学黄伟灿副校长；上海长海医院李静院长、邱长荣政委、方国恩副院长、医教部连斌主任的大力支持和关心，特此鸣谢。

衷心感谢中国工程院王正国院士、卢世璧院士；骨科老前辈郭世绂、刘植珊、王亦璁、雍宜民、张铁良、王继芳、杨大智教授。正是他们的悉心指导与严谨的科学精神，促使我们有了探索的勇气。

科技的发展，知识的更新，令我们的水平总是与客观要求存在着差异，错误与不妥之处，衷心希望读者斧正，不胜感谢。

诚望本书能为我国的骨科创伤医学、生物材料学、人体动态运动学、数字模型手术仿真学更进一步的交叉和发展带来启迪与火花。

第二军医大学长海医院骨科
张春才于上海

2004年2月18日

目 录

第一篇 总 论

第一章 概述	(3)
第一节 计算机仿真学简介	(3)
一、仿真的类型	(3)
二、计算仿真的发展和意义	(5)
三、计算机仿真的基本方法	(6)
第二节 医学仿真简介	(6)
一、手术仿真	(6)
二、功能仿真	(9)
三、过程仿真	(11)
第三节 有限元简介	(11)
第四节 有限元法分析步骤	(12)
第五节 常用有限元分析软件介绍	(12)
第六节 有限元分析系统的发展现状与展望	(16)
第二章 人体组织数字模型构建的理论基础	(20)
第一节 三维建模的重要方法——可视化技术	(20)
一、体视化技术的发展	(20)
二、体视化技术的应用	(21)
三、大力推动我国可视化技术的发展	(23)
第二节 医学研究上的登月计划——虚拟人计划	(23)
一、背景	(24)
二、数据集的应用	(24)
三、从数据集到数据库	(25)
四、未来的创新计划	(25)
五、长期目标	(25)
第三节 人体组织三维有限元分析的研究及应用	(26)
一、固定义齿	(39)
二、可摘局部义齿	(40)
三、全口义齿	(40)
第三章 MedVol 软件简介	(42)
第一节 MedVol 软件的背景知识	(42)
一、可视化技术概述	(42)
二、MFC 架构简介	(49)
第二节 MedVol 软件主要功能介绍	(61)
第三节 MedVol 软件的应用范围	(67)

第四章 CT的发展及其在数字模型仿真学中的应用	(68)
第一节 CT的诞生	(68)
第二节 CT的基本结构和工作原理	(68)
一、X线扫描机架系统结构	(68)
二、计算机系统	(69)
三、螺旋CT	(69)
第三节 与CT扫描和CT图像相关的概念	(70)
一、CT值	(70)
二、窗口技术	(71)
三、空间分辨率	(71)
四、对比度分辨率	(71)
五、伪影	(71)
六、部分容积效应	(71)
七、螺距	(72)
八、有效层厚	(72)
九、重建间距	(72)
第四节 多层螺旋CT带来的诊断模式转变	(72)
一、显示方式的转变	(72)
二、信息的融合	(73)
三、计算机辅助检测	(73)
第五节 CT的临床应用	(73)
一、颅脑CT扫描	(73)
二、头颈部CT扫描	(73)
三、胸部CT扫描	(73)
四、腹部CT扫描	(73)
五、盆腔CT扫描	(73)
六、脊柱CT扫描	(73)
第六节 本课题研究使用的CT简介	(74)
第五章 骨骼运动系统	(75)
第一节 概论	(75)
第二节 骨骼的形态	(75)
第三节 骨骼的构造和功能	(76)
第四节 骨骼的理化特性	(78)
第五节 骨骼的表面标志	(78)
一、骨面的突起	(78)
二、骨面的凹陷	(79)
三、骨的腔洞	(79)
四、骨端的标志	(79)
第六节 骨折的定义、成因、分类及其骨折段的移位	(79)

一、骨折的定义和成因	(79)
二、骨折的分类	(80)
三、骨折段的移位	(81)

第二篇 各 论

第六章 四肢管状骨的数字模型构建	(85)
第一节 肱骨	(85)
一、解剖特征	(85)
二、常见肱骨骨折	(86)
三、模型构建	(88)
四、模型应用实例	(90)
第二节 尺骨	(95)
一、解剖特征	(95)
二、常见尺骨骨折	(95)
三、模型构建	(98)
四、模型应用实例	(101)
第三节 桡骨	(102)
一、解剖特征	(102)
二、常见桡骨骨折	(103)
三、模型构建	(104)
四、模型应用实例	(107)
第四节 股骨	(111)
一、解剖特征	(111)
二、常见股骨骨折	(112)
三、模型构建	(113)
四、模型应用实例	(117)
第五节 胫骨	(118)
一、解剖特征	(118)
二、常见胫骨骨折	(119)
三、模型构建	(120)
四、模型应用实例	(123)
第六节 腓骨	(124)
一、解剖特征	(124)
二、常见腓骨骨折	(124)
三、模型构建	(124)
四、模型应用实例	(127)
第七章 髌骨及骨盆的三维数字模型构建	(130)
第一节 髌骨	(130)
一、解剖特征	(130)

二、常见腕骨骨折	(131)
三、模型构建	(133)
四、模型应用实例	(133)
第二节 骨盆	(138)
一、解剖特征	(138)
二、常见骨盆损伤	(139)
三、模型构建	(140)
四、模型应用实例	(143)
第八章 手和足部骨的三维数字模型构建	(144)
第一节 腕骨	(144)
一、解剖特征	(144)
二、常见腕骨骨折	(144)
三、模型构建	(145)
第二节 掌骨和指骨	(145)
一、解剖特征	(145)
二、常见掌骨和指骨损伤	(146)
三、模型构建	(146)
四、模型应用说明	(151)
第三节 跗骨	(152)
一、解剖特征	(152)
二、常见跗骨骨折	(153)
三、模型构建	(154)
四、模型应用说明	(164)
第四节 跖骨和趾骨	(165)
一、解剖特征	(165)
二、常见跖骨和趾骨损伤	(165)
三、模型构建	(166)
四、模型应用说明	(168)
第九章 脊椎的三维数字模型构建	(169)
第一节 脊柱概述	(169)
第二节 颈椎	(171)
一、解剖特征	(171)
二、常见颈椎损伤	(173)
三、模型构建	(174)
四、模型应用实例	(179)
第三节、胸椎	(181)
一、解剖特征	(181)
二、常见胸椎和腰椎损伤	(182)
三、模型构建	(183)