

LINCHUANG SHUZI GUKEXUE

临床数字骨科学

——创新理论体系与临床应用

主 审 钟世镇

名誉主编 刘 坚 刘景发

主 编 尹庆水 章 莹 王成焘 夏 虹 万 磊



人民军医出版社

PEOPLE'S MILITARY MEDICAL PRESS

临床数字骨科学

——创新理论体系与临床应用

LINCHUANG SHUZI GUKEXUE

主 审	钟世镇				
名誉主编	刘 坚	刘景发			
主 编	尹庆水	章 莹	王成焘	夏 虹	万 磊
副 主 编	丁焕文	陆 声	艾福志	唐 雷	齐向东
	谢 叻	吴增晖	黄华扬		
编 者	(以姓氏拼音为序)				
	艾福志	白朝晖	柏 瑞	鲍苏苏	陈 娜
	陈晓军	丁焕文	韩立新	黄华扬	黄山东
	李凭跃	李忠华	梁绮玲	林 山	林艳萍
	刘恩志	刘 娟	陆 声	马立敏	马向阳
	欧陕兴	彭丰平	齐向东	钱 民	沈洪园
	唐 雷	万 磊	王成焘	王冬梅	王建华
	王新宇	王智运	吴增晖	夏 虹	肖 进
	谢 叻	杨进城	尹庆水	张美超	张 涛
	张 余	章 凯	章 莹	郑小飞	钟世镇
主编助理	白朝晖	陈 娜			



人民军医出版社

PEOPLE'S MILITARY MEDICAL PRESS

北 京

图书在版编目(CIP)数据

临床数字骨科学——创新理论体系与临床应用 / 尹庆水等主编. — 北京: 人民军医出版社, 2011.12
ISBN 978-7-5091-5299-7

I. ①临… II. ①尹… 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 (2011) 第 213195 号

策划编辑: 黄建松 王海燕 姚磊 文字编辑: 李欢 朱华萍 苗新芳 责任审读: 周晓洲
出版人: 石虹

出版发行: 人民军医出版社 经销: 新华书店

通信地址: 北京市 100036 信箱 188 分箱 邮编: 100036

质量反馈电话: (010) 51927290; (010) 51927283

邮购电话: (010) 51927252

策划编辑电话: (010) 51927300-8057

网址: www.pmmp.com.cn

印、装: 三河市春园印刷有限公司

开本: 889mm × 1194mm 1/16

印张: 23.25 字数: 630 千字

版、印次: 2011 年 12 月第 1 版第 1 次印刷

印数: 0001-2500

定价: 198.00 元

版权所有 侵权必究
购买本社图书, 凡有缺、倒、脱页者, 本社负责调换

序 一

“活水源流随处满，东风花柳逐时新”。为追求治病救人的完美理想，应该找到治疗疾病更新、更有效、更快捷的方法。信息科学数字化技术的迅猛发展，给医学的进步带来前所未有的挑战和机遇。“同阅一卷书，各自领其奥；同作一题文，各自擅其妙”，是畏惧它与传统观念的差异，还是找到交叉融合创新的突破点，不同的人们，有不同的选择。

“采得百花成蜜后，为谁辛苦为谁甜”。欣喜地看到广州军区广州总医院骨科医院的专家们，深刻领悟集成创新的理念，广泛采用新装备、新技术，融会贯通，为我所用。特别是自 2004 年以来，引进了数字医学技术，结合临床骨科的实践，短短几年的时间，取得了优异的成绩。不仅能应用于骨科相关的创伤、脊柱、关节、肿瘤等分支学科，开展了 300 余例临床病例的救治；而且还能将此项技术，应用于骨科器械的设计、改良及开发。数字医学的理念和技术，已在骨科手术的个体化、可视化、精准化方面，走出了一条扎实可行、行之有效的路子，取得了丰硕的成果，为骨科的同道们做出了好榜样。

“老树春深发新枝”。据我所知，广州军区广州总医院骨科医院，是全国全军骨科领域著名的老单位，在传统的骨科治疗，特别是上颈椎手术方面，有特长、有优势、有建树。看今朝，得到信息科学春风的吹拂，这株苍劲挺拔的老树，又萌发出数字化技术的新枝，更加枝繁叶茂，硕果累累。现在，尹庆水教授等专家组织全国的同道们，编写出版了《临床数字骨科学》专著。这部专著，有探索、实践性的经验，有开拓、创新性的亮点，有规律、原则性的理论；这部专著，能为广大骨科同仁们提供学习、提高的优异平台和工具。可喜可贺，并为之序。



（注：钟世镇，中国工程院院士、南方医科大学教授，我国著名解剖学家）

2011 年 10 月

序 二

在医学领域，基础研究与临床研究好像是两条平行线，各有轨迹；但回顾医学发展史，重大成果、重要突破的获得无不来自于两者在某一点的成功交叉与融合，基础研究与临床研究互为启发，互为推动，互为因果，互为转化，促使了医学理论体系的发展、诊治手段的更新以及治疗技术水平的提高，最终使广大病人受益。

临床数字骨科学的发展也遵循了这样的规律。在生命科学有意识地引入信息科学的观念、成果和技术，从而更好更快地推动医学发展，并促进了数字医学诞生、发展的同时，临床医疗各领域也都在积极地作相关的探索，取得了很多可喜的成绩。

广州军区广州总医院骨科医院在数字骨科学方面的作为就是一个很好的范例。自 2004 年开始，他们涉入此领域的研究，采用反求工程和快速成型技术成功定制骨组织工程支架，并有效应用于临床。近几年来，他们采用计算机辅助设计—快速成型 (computer aided design — rapid prototyping, CAD—RP) 技术治疗包括创伤骨科、脊柱外科、骨关节科、骨肿瘤科等分支学科的各类患者 300 余例，均取得了满意的临床治疗效果；同时，还将该技术用于骨科器材的设计、改良及开发，也取得了良好的效益。更难得的是，面对先进观念与技术带来的成绩与喜悦，他们不吝于和大家分享、交流。由尹庆水教授牵头，组织全国各地临床数字骨科的专家们共同编撰的《临床数字骨科学》一书，以现代计算机技术、数字医学及数字解剖学为基础，紧密结合骨科临床，全面清晰地阐述了数字技术在复杂骨折、四肢畸形矫形、手外科、脊柱外科、骨肿瘤治疗、骨组织工程修复、骨科康复和骨科医疗器械改良和开发中的应用，有很强的科学性、实用性和指导性。相信会对临床骨科的发展，尤其是临床数字骨科的进步，起到很好的推动作用。



(注：张绍祥，第三军医大学教授，我国著名解剖学家，中华医学会数字医学分会主任委员)

2011 年 10 月

前言

自 20 世纪 60 年代始，电子计算机的普及应用以及现代通信技术与计算机的有机结合，为世界带来了第五次信息技术革命，也为我们开启了信息时代的大门。从实验室走出来的电子计算机，不仅以 PC（个人计算机）的姿态走进了家庭，更在工业、农业、建筑业等领域大展身手。可以说，数字化技术引发了一场范围广泛、影响深远的革命，而且这场革命仍在继续。

在这样的背景下，数字化方向成为临床医学发展的一个重要内容，是大势所趋，更是必须作为。我们看到，数字化与现代医学的交融结合，促进了数字化医院管理、数字化医学信息、数字化诊疗手段的创新和发展，并最终催生了数字医学的诞生；而影像学、解剖学等许多“老”学科，能够“老树发芽换新颜，枝繁叶茂更著花”，发展成为数字影像学、数字解剖学、人体骨骼数字模型仿真学等“新”学科，更是数字化技术的直接功劳。

回顾近年来骨科学在数字化方面的发展，在国外，瑞士伯尔尼大学缪乐生物力学研究所 Lutz-Peter Nolte 博士于 1995 年在伯尔尼组织举办计算机辅助骨科手术研讨会（computer aided orthopaedics surgery-symposium），与会代表就计算机辅助骨科手术的相关问题展开国际交流；在国内，在临床诊治方面则有很多敢于探索且确有突破的先行者，如上海第九人民医院的戴尅戎院士，早在 2001 年就发表了有关计算机辅助定制型人工关节治疗Ⅲ期减压性骨坏死的临床病例报告，2003 年上海交通大学的王成焘教授发表了有关个性化人工髋关节设计与制造的相关文章，2004 年西京医院的王臻教授基于快速成型技术的个性化人工股骨髁关节面的研究也见诸报道，2005 年广州军区广州总医院的丁焕文教授率先完成了个体化组织工程支架 CAD 与 RP 制造方法的研究等等。

而在国内数字骨科界尤其值得称道的，首推钟世镇院士等老一辈专家，高瞻远瞩，站在学科发展的高度适时提出“数字医学”和“数字解剖学”等新概念；继之则有裴国献教授于 2008 年首次提出了“数字骨科学”这一骨科学新分支的概念，并编著出版《数字骨科学》，将数字化技术与骨科学结合在一起进行研究，为数字骨科学的发展作出开拓性的贡献。

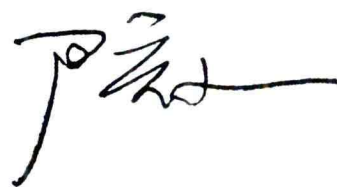
广州军区广州总医院骨科医院在老一辈专家的启迪和影响下，在王成焘教授和华南理工大学王迎军教授的无私帮助下，与同道们紧密合作，于 2004 年开始进行数字骨科学的相关研究。2005 年，丁焕文教授采用反求工程和快速成型技术精确定制骨组织工程支架取得成功，并有效应用于临床，取得满意的治疗效果。随后，尹庆水、章莹、万磊、丁焕文、张余和黄山东等骨科临床专家于 2007 年开始将 CAD-RP 技术广泛应用于骨科领域各分支学科，如创伤骨科、脊柱外科、骨关节科、骨肿瘤科以及手外科等，深入研究，积极探索，勇于实践，不断创新，先后采用基于 CAD-RP 技术的复杂四肢骨折个性化治疗、脊柱畸形矫形、复杂寰枢椎脱位手术、骨肿瘤个体化切除和重建、四肢畸形个性化矫形以及股骨头坏死个性化人工股骨头置换手术等方法治疗患者 300 余例，疗效显著。同时，我们还将该技术用于骨科器械的设计、改良及评估，效果很好。实践证实，数字骨科学为骨科临床提供了全新的治疗模式和手段，使骨科医师对上述伤病的治疗从传统的经验粗略行为向数字化精准行为转变，从而保证了骨科手术的个体化、精确性和安全性。

钟世镇院士经常告诫我们，“数字医学的研究要以临床为主”，数字骨科学也一定要面向临床，造福病人。虽然目前数字骨科学的临床应用在全国各地均有不同程度的开展，但相较于数字医学领域中的数字化医院

管理、数字影像学 and 数字解剖学等学科的如火如荼之态势，其发展的广度、深度和速度均相形见绌，远未达到应有的理想水平。因此我们要秉承恩师钟世镇院士的谆谆教诲，把握稍纵即逝的机遇。虽然临床数字骨科学“小荷才露尖尖角”，尚属起步阶段，在实践应用中也还存在许多未能解决的问题，但只要我们正视现实和差距，有敢为天下先的气魄和海纳百川的胸怀，以及对患者极端负责任的精神和严谨的治学态度，脚踏实地，积极作为，临床数字骨科学势必会得到更好、更快的发展。

鉴于此，我们组织全国各地从事临床数字骨科学的专家和同道们，共同撰写《临床数字骨科学》，旨在介绍和总结数字化骨科临床诊治新经验，推广和普及数字化医学知识和技术，以此提高骨科医师的数字化诊疗技术水平。本书以现代计算机技术为依托，以数字医学相关基础知识以及数字解剖学理念为基础，以数字骨科学的基本框架为引导，紧贴骨科临床，集中展示数字骨科学的临床研究和应用成果，其中对数字技术在复杂骨折治疗、四肢畸形矫形、手外科、脊柱外科、骨肿瘤治疗、骨组织工程修复、骨科康复以及骨科医疗器械改良和开发中的应用等方面进行了重点阐述，立足临床，注重实践，可操作性和实用性很强。

但是，数字骨科学毕竟是一门新兴学科，对其深入的探索和研究就是不断发现问题、解决问题的否定之否定过程，加之我们对跨学科、交叉学科的了解不甚全面和充分，著者的认识程度参差不齐，撰写水平和写作风格各异，若存在粗疏、矛盾、错漏、偏颇之处，敬请各位同道不吝赐教，大力斧正，当为编著者之福，亦为临床数字骨科学发展之幸。



（注：尹庆水，广州军区广州总医院骨科医院院长）

2011 年 10 月

目 录

第一篇 数字医学概述 /1

第 1 章 数字医学定义及起源 /3

第一节 数字医学定义 /3

第二节 数字医学起源与发展 /5

第 2 章 数字医学新技术 /9

第一节 医学成像、处理及建模技术 /9

第二节 计算机辅助临床治疗技术 /12

第三节 医用机器人与临床应用技术 /17

第四节 计算机辅助康复治疗技术 /20

第二篇 数字骨科学概述 /23

第 3 章 数字骨科学的概念及常用技术 /25

第一节 数字骨科学的定义及起源 /25

第二节 数字人与数字解剖学 /27

第三节 数字化 X 线摄影技术 /33

第四节 计算机断层扫描及三维重建技术 /36

第五节 磁共振成像技术 /42

第六节 医学图像配准技术 /48

第七节 有限元技术 /51

第八节 计算机辅助设计 /57

第九节 快速成型技术 /60

第十节 计算机仿真和虚拟手术技术 /67

第十一节 计算机辅助手术导航技术 /70

第十二节 机器人辅助手术技术 /76

第十三节 数字化制造技术 /79

第 4 章 数字技术在骨科应用的基本功能 /96

第一节 计算机辅助解剖建模和三维重建技术 /96

- 第二节 计算机辅助设计－快速成型技术 /98
- 第三节 数字化置钉导向模板设计 /100
- 第四节 个性化假体的 CAD/CAM /103
- 第五节 数字化骨科置入物 /107
- 第六节 数字化骨科组织工程技术 /113
- 第七节 基于虚拟现实技术的仿真手术 /115
- 第八节 骨肌系统生物力学数字仿真技术 /118

第三篇 数字骨科临床应用方法学 /139

第5章 骨科数字技术的相关硬件 /141

- 第一节 数字骨科硬件设备及功能 /141
- 第二节 激光快速成型机 /144
- 第三节 生物力学试验机 /147

第6章 骨科数字技术的相关软件 /153

- 第一节 Simpleware 软件 /153
- 第二节 Mimics 软件 /164
- 第三节 Geomagic 软件 /167
- 第四节 SuperImage 软件 /169
- 第五节 Abaqus 软件 /172

第四篇 数字技术在骨科的临床应用 /177

第7章 数字技术在创伤骨科的应用 /179

- 第一节 数字技术在肩、肘、腕关节骨折的应用 /179
- 第二节 数字技术在股骨颈骨折及股骨粗隆间骨折的应用 /183
- 第三节 数字技术在股骨干上骨折、胫骨平台骨折、踝关节骨折的应用 /187
- 第四节 数字技术在跟骨骨折的应用 /190
- 第五节 数字技术在骶髂复合体损伤的应用 /192

第8章 数字技术在四肢畸形矫形的应用 /197

- 第一节 数字技术在上肢畸形个性化矫治的应用 /197
- 第二节 数字技术在髋臼发育不良个性化矫治的应用 /200
- 第三节 数字技术在严重膝关节侧翻畸形个性化截骨矫形的应用 /206
- 第四节 数字技术在胫骨上段畸形个性化矫正的应用 /209

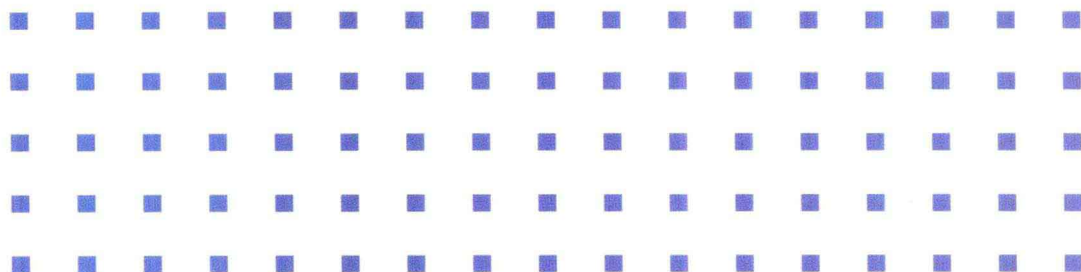
第9章 数字技术在脊柱外科的应用 /212

- 第一节 数字技术在复杂寰枢椎脱位治疗的应用 /212
- 第二节 数字技术在脊柱侧弯畸形治疗的应用 /217
- 第三节 数字技术在脊柱后凸畸形治疗的应用 /222
- 第四节 数字技术在儿童颈椎及上颈椎手术的应用 /225

第五节	计算机辅助导航模板在脊柱外科的应用	/230
第 10 章	数字技术在骨肿瘤治疗的应用	/250
第一节	骨盆肿瘤的个性化切除与重建	/250
第二节	数字技术在四肢骨肿瘤保肢手术的应用	/253
第三节	数字化肿瘤重建假体的研制及其应用	/256
第四节	数字技术在恶性骨肿瘤手术治疗的综合应用	/259
第 11 章	手术导航系统在骨科的应用	/269
第一节	手术导航系统在脊柱外科的应用	/269
第二节	手术导航系统在关节外科的应用	/284
第三节	手术导航技术的不足及展望	/292
第 12 章	数字技术在骨科组织工程修复的应用	/297
第一节	计算机辅助组织解剖建模和三维重建	/298
第二节	计算机辅助组织工程支架设计和制作	/301
第三节	计算机辅助组织置入	/309
第 13 章	数字技术在骨科康复的应用	/316
第一节	概述	/316
第二节	数字技术在骨科康复评定的应用	/317
第三节	数字技术在骨科康复治疗的应用	/320
第四节	数字技术在骨科康复研究和管理的应用	/325
第 14 章	数字技术在骨科医疗器械设计、改良、评估的应用	/327
第一节	医疗器械数字化设计的原理与方法	/327
第二节	数字技术在经口寰枢椎复位钢板内固定系统设计与改良的应用	/330
第三节	逆行交锁髓内钉和微创内固定系统的三维造型和手术模拟	/339
第四节	颈椎一体化钢板融合器的数字化研究	/341
第五节	JERP 系统的相关数字化研究	/345
附录 A	汉英名称对照表	/351
附录 B	英汉名称对照表	/355
附录 C	英文缩写一览表	/359

PART 1

第一篇 数字医学概述



第 1 章 数字医学定义及起源

第一节 数字医学定义

一、数字医学的基本概念

随着全球信息化、数字化的迅猛发展和不断深入，数字化技术不仅给人们的生活和工作方式带来巨大变化，同时也引发了医学模式的深刻变革。

“数字医学”的“数字”二字指的是计算机科学、信息技术、网络技术等数字化技术，“数字医学”即是指医学与计算机科学、信息技术、网络技术等数字化技术相融合而形成的新医学科学和新医疗技术。从广义上来讲，数字化技术与整个医学科技领域相互交叉，互为渗透，因此，数字化医疗设备的研发与应用、医疗管理信息系统和临床信息系统的开发与实施、数字化医院的建设与管理、临床医疗技术的数字化、区域医疗协同与信息资源共享、远程医疗会诊与远程医学教育、基础医学各个分支学科的数字技术应用、疾病预防控制与公共卫生管理的数字化等等，都应属于数字医学的范畴。从狭义上理解，数字医学主要关注和强调的是研究、应用数字医疗技术，也就是在临床医学领域充分运用计算机科学、数字化手段来进行新的探索 and 创造，包括计算机辅助原有医疗技术的实施以及提供全新的数字医疗技术，借以实现更加精确可靠的诊断和更为准确有效的治疗。诚然，这一过程还涉及临床医学工程、基础医学相关学科（如人体解剖学、生理学、病理学、药理学、生物化学和分子生物学）等的交叉与协作。

目前，数字医学正以其崭新的科学理念、坚实的理论基础、先进的诊疗模式和广泛的临床应用向世人证明，传统医学的时代已经一去不复返了，取而代之的是与人类信息时代、太空时代、纳米时代相生相随的数字医学，也就是说，21 世纪的医学就是数字化医学。凭借功能强大的数字技术，医学科

学犹如插上一双高飞的翅膀，二者水乳交融，有机结合，最终形成了拥有强大功能、具有广阔发展前景的多学科交叉的学科——数字医学。

二、数字医学的组成

数字医学包括了四大组成部分：数字化医政管理、数字化临床应用、数字化医学教育和数字化医学工程技术。

1. 数字化医政管理 利用计算机技术、网络技术、信息技术、数据库技术等对医疗行政日常事务进行组织、联系、沟通、管理。其内容涵盖医疗机构信息化、公共卫生信息化、卫生管理信息化、药品供应与监管信息化、医疗保障信息化、区域卫生信息化、城乡居民健康管理信息化等。

2. 数字化临床应用 借助计算机重建技术、数字化影像学处理技术、三维 (three-dimensional, 3D) 仿真虚拟技术、有限元分析 (finite element analysis, FEA)、计算机辅助设计 (computer aided design, CAD) 与计算机辅助制造 (computer aided manufacturing, CAM) 技术、人体骨骼快速建模和快速成型 (rapid prototyping, RP) 技术、计算机辅助手术导航技术、机器人辅助手术技术等数字技术对疾病进行临床诊断和治疗、疗效预测以及相关基础研究，其内容囊括了临床诊断、术式设计、手术虚拟仿真、疗效评价、手术导航和远程医疗等。

3. 数字化医学教育 利用互联网技术、流媒体技术、三维动画技术、多媒体技术、人机互动技术等辅助进行医学教育。其内容包括电子书籍的开发、电子在线文献库的管理与维护、远程医学教育的开展、基于虚拟现实的手术培训系统的应用、医学多媒体光盘的编制、医学影像视频的在线浏览以及医学在线论坛的组织等。

4. 数字化医学工程技术 利用计算机数据处理

技术、图像识别技术、图像配准技术、计算机自动化技术等去辅助医学工程学科在各层次上对人体系统状态变化的研究，并运用工程技术手段控制此类变化。其内容涵盖数字化仪器设备的研制和升级，人体信息的获取、压缩、传输、配准、分割、导航以及虚拟仿真等与医学联系有关的技术。

三、数字医学与卫生信息化

数字医学与卫生信息化两者之间有着千丝万缕的联系，有时它们所指的就是一个概念，有时却各有含义和侧重点。

数字医学是计算机科学、信息技术与医学相互渗透、交叉、融合而形成的，是利用计算机技术辅助解决医学研究和临床问题的新技术和新手段。因此其侧重点在于数字化技术的医学实践应用，其内容包括数字化技术在临床医学、基础医学、预防医学、医学工程、康复医学、医院管理、卫生管理等各个分支领域的广泛应用。简而言之，数字医学就是广泛深入应用数字化技术的医学。

卫生信息化是经济社会发展的信息化在卫生工作方方面面的推进和实现，包括信息技术在卫生工

作各个专业领域的广泛应用、卫生信息资源的深入开发利用、卫生信息服务产业的悄然兴起等等。因此其侧重点在于以下方面：医疗机构信息化、公共卫生信息化、卫生管理信息化、药品供应与监管信息化、医疗保障信息化、区域卫生信息化以及城乡居民健康管理信息化等。

总的来说，卫生信息化和数字医学都离不开信息技术和数字技术，离不开网络化和多媒体化，都是在原有的基础上对现代数字技术的深入开展和广泛应用。但二者的着眼点有所不同：数字医学注重医学科技领域的创新和发展，卫生信息化则强调卫生工作的管理和建设；二者的内涵、目的也不完全一致：卫生信息化站在宏观的管理高度，以医药卫生工作信息化为主要内容，以提供领导决策为要义；数字医学则以数字化技术在医学领域的应用为主要内容，以提供优质、高效的诊疗服务为己任。可以说，数字医学是一个理念、一种模式、一门学科，卫生信息化是一种导向、一面旗帜、一项变革，它们师出同门，理出同宗，相互依赖，相互促进，共同为推动医药卫生事业的发展贡献力量。

(尹庆水 钟世镇 唐 雷 李忠华)

第二节 数字医学起源与发展

一、科技革命与计算机技术

发端于二百多年前的第一次科技革命——工业革命将人类带入“蒸汽时代”，极大地提高了社会生产力；第二次科技革命使人类步入电气时代，实现了科学与技术的真正结合；第三次科技革命是迄今为止人类历史上规模最大、影响最为深远的一次科技革命，它将人类带入以原子能、电子计算机和空间技术的广泛应用为主要标志的“信息时代”和“太空时代”，大大加速了现代生产力的发展，成为推动人类进步的巨大动力之一。其中最具划时代意义的是电子计算机技术的迅速发展和广泛应用。20世纪40年代后期出现第一代计算机——电子管计算机；1959年诞生了运算速度达每秒100万次以上的晶体管计算机；60年代中期，运算速度达每秒千万次的集成电路问世，其第四代大规模集成电路在70年代设计成功，运算速度可达每秒1.5亿次；80年代出现智能计算机；90年代光子计算机、生物计算机横空出世……这场由电子计算机引发的数字技术革命已深入到科学研究、军事技术、工农业生产、文化教育等现代社会的各个领域，医学科学也因此步入了“数字时代”。

二、数字技术与医学的融合

电子计算机技术的迅猛发展，加快了数字技术与传统医学相融合的步伐，有力地推动了医学科学领域的数字化进程。医学数字化的起步，当推20世纪70年代X线和计算机断层成像（computed tomography, CT）的问世，率先实现早期医学图像的数字化、可视化。随后接踵而至的磁共振成像（magnetic resonance image, MRI）、数字减影血管造影（digital subtraction angiography, DSA）、正电子发射型计算机断层显像（positron emission tomography, PET）、单光子发射计算机断层成像术（single-photon emission computed tomography, SPECT）等数字化图像及功能性显示技术陆续登场，在临床诊断和治疗等方面发挥极其重要的作用。数字图像处理技术最早出现于20世纪50年代，它通过计算机对图像进行除噪声、图像增强、复原、切割、提取、编码和压缩等处理以获得高清晰度、高质量的图像。20世纪70年代初期，英国电气工程师G.

N. Hounsfield发明计算机断层扫描仪。1981年，日本富士公司的高野正雄首次提出数字化X线摄影技术，为医学放射学领域提供数字化选择，使常规X线技术进入数字化时代。DSA是对血管造影的影像进行数字化处理，删除不需要的组织影像而仅保留血管影像的技术，其应用为心血管疾病及肿瘤的诊断和治疗开辟一个全新的领域。目前较为先进的医学影像检查技术还包括MRI、PET、SPECT、三维超声技术等，都离不开数字化技术的发展和應用。

作为与数字技术最早融合的医学分支领域，医学影像学成为发展最快的学科之一，新技术、新设备、新成果不断涌现，临床应用范围不断拓宽，逐步形成了先进的数字化医学影像学。而新型计算机控制系统和网络的出现如集散控制系统（distributed control system, DCS）、现场总线（field bus）、工业以太网（industrial ethernet）、计算机技术、控制技术、网络技术、管理技术等整合和集成，网格计算（grid computing）、并行处理（parallel computing）、网络存储（network storage）以及最新的分布式处理（distributed computing）——云计算（cloud computing）的推出，还有面向服务的架构（service-oriented architecture, SOA）的提出，都将进一步推动数字医学的发展。目前，由计算机、数据通信以及网络技术所引发的数字化技术革命正在以前所未有的速度深入到基础医学、临床医学、预防医学等各个学科领域，多角度、全方位地覆盖医学科研、教学和临床的各个环节，深刻影响着医务人员工作、学习、生活的习惯、方式和理念。

三、数字医学在我国的发展概况

近年来，数字医学已经成为国内医学界、科技界、信息产业界一个广为流传的新概念。许多科研单位相继成立专门的数字医学研究机构，如数学医学教育部工程研究中心、复旦大学数字医学研究中心、南方医科大学数字医学研究室、浙江大学数字医疗工程研究中心等，致力于推进数字医学的理论研究和临床应用。大批从事生物医学工程学、基础医学、临床医学和计算机科学的专家学者先后在北京、上海、重庆、郑州、烟台、厦门等地纷纷开展数字化虚拟人体、三维图像重建、外科手术辅助决策系统等方面的科学研究，发展势头良好。以数字医学研究和临床应用为主题的学术大会或专题研讨

会,如第10届中国科协年会数字医学专题研讨会(河南郑州)、中国工程院第11次工程前沿数字医学研讨会(北京)、2007数字医学论坛(福建厦门)、2009数字医学论坛(山东烟台)以及首次数字骨科国际研讨会(广东广州)等的成功举行,极大地促进了数字医学在我国的迅速兴起和蓬勃发展,加快了数字医学研究与应用的步伐,同时也将数字医学的视野扩展到数字医院、数字医学工程、数字医疗技术、数字化基础医学研究等各个方面。2006年,

《中国数字医学》的创刊标志着国内第一本数字医学专业学术期刊的诞生,数字医学的研究和交流有了专门的园地和窗口;2009年,国内第一部系统介绍和阐述数字医学的专著——《数字医学概论》正式与读者见面,为数字医学学科理论体系的建立奠定了基础。总之,随着数字技术在我国迅速兴起,数字医学的研究和发展已经达到前所未有的广度和深度,具体表现在以下几个方面。

1. 数字医学工程技术方面的发展 我国数字化医疗设备的开发和利用虽然起步较晚,但进展迅速,越来越多的高科技数字化仪器设备进入医疗机构,成为临床诊疗的主要技术资源和建设现代化医院的标准。一些先进的数字医疗成像技术如多排CT、高场强MRI、PET/CT等在国内迅速推广应用,医学分子影像学逐步受到人们的关注,影像诊断由定性诊断向定量诊断方向转变,放射影像诊断与介入治疗相互融合,图像导向放疗技术和超声聚焦治疗系统在专科治疗中大显身手,这些新型数字医学工程技术作为临床上必不可少的诊疗手段,在疾病诊断、疗效评估、手术指导、放射治疗等方面发挥着重要的作用。

2. 数字化医政管理方面的发展 经过20余年的建设和发展,国内数字化医政管理工作已初具规模。目前我国医疗机构信息化已进入普及和深入发展阶段,国内自行研制的医学信息系统种类繁多、应用广泛,主要包括医院信息系统(hospital information system, HIS)、医疗保险信息系统、农村合作医疗信息系统、公共卫生信息系统等。在医院管理方面,数字化技术对医院各部门的资源,包括人事、财政、物资、医务、护理、药局、辅助科室进行灵活调配和平衡,保证临床数据信息的高度共享,提高了医务人员的工作效率,提升了医院的管理水平,收到良好的经济效益和社会效益。目前

一些大型医院致力于从医院管理信息系统(hospital management information system, HMIS)向临床信息系统(clinical information system, CIS)的发展,通过运用基于计算机的病人记录(computer-based patient record, CPR)、图像归档和通信系统(picture archiving and communication system, PACS)、实验室信息系统(laboratory information system, LIS)、远程会诊系统等实现以病人为中心的交互式网络信息服务功能。在卫生行政管理方面,我国目前已初步构建了覆盖全国的公共卫生信息网络,网络直报系统的建设极大地提高了报告的及时性,应急决策机制和应急指挥系统的建立和完善在重大公共卫生事件的应急和防控工作中发挥了重大作用。在区域卫生信息化方面,新医改目标下以居民健康档案为核心的区域卫生信息网络建设正处于起步阶段,多个区域健康信息系统在一些一线城市投入试运行,区域医疗的可行性已经得到验证。

3. 数字化医学教育方面的发展 数字技术改变了传统的医学教育模式。目前普遍应用的医学多媒体教学实现数据、文字、声音、图像等多种媒体的信息传递,突破时间、空间的限制,促进了医学教学内容、方法和形式的现代化。现代远程医学教育近年来在我国发展迅速,“卫星卫生科技教育网”和“全军远程医学信息网”相继建立,为包括贫困地区在内的卫生技术人员构建专业的医学教育平台;一些专业医学网站、医学在线论坛的悄然兴起也为人们提供灵活便捷、经济实用的个性化远程教育服务;计算机技术与医学模拟教学的结合如虚拟手术培训系统等在国内受到广泛关注,越来越多的计算机模拟新产品应用于医学教学和考试中;国内各大医学图书馆的数字化建设亦开展得如火如荼,信息资源存储、加工、检索、共享和管理的数字化使医学图书馆的教育职能得到了真正体现。

4. 数字化临床应用方面的发展 随着数字医学技术在临床医疗领域应用的不断深入,传统医学正朝着以个性化、精确化、微创化和远程化为主要特征的现代医学方向发展。在我国,数字医学影像技术和数字医疗设备在临床医疗中的应用日渐广泛,基于数字医学图像的计算机辅助诊断技术、基于知识库的计算机辅助诊断技术、计算机辅助检测系统、计算机辅助治疗技术等也越来越多地应用于临床诊疗过程中。如:虚拟人体研究为创伤骨科、微创外科、

神经外科、整形外科、口腔科等提供崭新的技术平台,通过三维重建和导航技术处理的虚拟内镜使医师对心脏、脑血管、骨骼、口腔、肿瘤等的数字化检测和虚拟研究成为可能,在外科手术的术前和手术过程中应用外科辅助决策系统以提高手术的精确性和安全性,数字化手术室的建立,中医临床诊治中计算机辅助系统的开发和应用等等,都开拓了临床医疗的新天地,为临床诊断的准确及时、临床治疗的精确有效以及医疗质量和安全的保障提高给予强有力的技术支持。

四、结语

随着信息科技、网络技术发展和3G时代的到来,以数字医学、信息与生命科学等命名的各类基础研究机构、综合开发机构以及文化出版机构先后成立,在数字医学的基础研究、科研开发和应用推广等方面起到重要的启蒙和推动作用,为数字医学在未来医学教育、医学研究和临床应用等方面打开

一扇巨大的科技之门,为数字医学的产业化发展奠定坚实的基础。数字化技术也将成为21世纪优秀医师必须掌握的基本技能。过去,即使是经验再丰富的医学专家,也不可能脱离医学影像学的辅助;将来,要想更加客观、精准、高效地诊断和治疗疾病,同样离不开数字技术的运用。数字医学的产生、壮大和发展必将极大地推动整个医学领域的学科发展,促进临床诊疗水平的整体提高,从而更好地为患者提供先进、优质的医疗服务。推动数字医学的发展,实际上是推动整个医学科技领域和整个卫生事业的信息化和数字化,是推动信息技术发展与医疗卫生发展的全面互动、互求和互助,是推动多项新型科技成果在医疗领域的广泛应用与结合,从而使我们能够在当今的信息时代和生命科学世纪更好地抓住机遇,造福人类社会。

(钟世镇 尹庆水 唐 雷 万 磊 白朝晖)