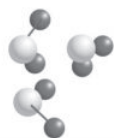




SHUZI
ZHENJIUXUE
GAILUN

数字针灸学概论

主编◎张红星



SHUZI
ZHENJIUXUE
GAILUN

数字针灸学概论

主编◎张红星

图书在版编目 (CIP) 数据

数字针灸学概论 / 张红星主编. — 武汉 : 湖北科学技术出版社, 2018.6

ISBN 978-7-5706-0190-5

I. ①数… II. ①张… III. ①数字技术—应用—
针灸学 IV. ①R245-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 063454 号

责任编辑: 陈兰平

封面设计: 胡 博

出版发行: 湖北科学技术出版社

地 址: 武汉市雄楚大街 268 号
(湖北出版文化城 B 座 13-14 层)

邮 编: 430070

电 话: 027-87679468

网 址: <http://www.hbstp.com.cn>

印 刷: 武汉图物印刷有限公司

邮 编: 430073

开 本 700×1000 1/16 12.5 印张 3 插页

版 次 2018 年 6 月第 1 版

2018 年 6 月第 1 次印刷

字 数 300 千字

定 价 45.00 元

(本书如有印装问题, 可找本社市场部更换)

《数字针灸学概论》编委会

主 编：张红星（武汉市中西医结合医院）

副主编：徐派的（湖北中医药大学）

刘 融（武汉科技大学附属普仁医院）

编 委：（以下编委名单按照姓氏笔画排序，排序不分先后）

毛 玮（武汉大学人民医院）

牛 犇（武汉科技大学附属普仁医院）

王 丹（湖北中医药大学）

王计雨（湖北中医药大学）

刘冰寒（长江航运总医院）

刘贵祥（武汉刘三屋中医骨伤医院）

刘灵光（美国针灸东方医学院 AAAOM）

刘晓君（湖北中医药大学）

刘之浩（武汉刘三屋中医骨伤医院）

沈玉杰（武汉科技大学附属普仁医院）

余长江（武汉科技大学附属普仁医院）

吴启梅（武汉刘三屋中医骨伤医院）

范建超（湖北中医药大学）

周 丽（湖北中医药大学）

胡小军（武汉科技大学附属普仁医院）

康朝霞（湖北中医药大学）

韩永丽（湖北中医药大学）

蔡 毅（武汉大学健康学院、全球健康研究中心、一带一路健康研究院）

潘小丽（湖北中医药大学）

校 对：毛 玮 刘晓君

主编简介

张红星，男，医学博士，博士后，主任医师，教授，博士生导师。现任武汉市中西医结合医院院长，中国针灸学会常务理事，湖北省针灸学会理事长，第二届全国百名杰出青年中医，享受国务院特殊津贴专家。



针灸学，作为一门颇具特色的传统医学学科，以其丰富文化底蕴活跃于各种文字作品，以其近乎无创的治疗手段深受国人推崇，以其可靠的临床疗效风靡世界。随着时代的发展，针灸医生面临着更高的要求与更多的挑战。即便针灸在治疗疾病上确有奇效，研究者仍面临很多问题亟待解决，例如：经络腧穴的本质仍未达成共识，经络的走行以及经络与脏腑的相关性并未明确等。由此可见，针灸的基础研究方向仍然相对落后。在现代科学支撑的西方医学涌入国内后，传统医学的生存现状令人堪忧。我辈中人如何传承针灸学这一传统中医学智慧结晶并将其发扬光大？这就需要将传统医学与现代科学技术相结合，从现代科学的角度去理解针灸这门艺术，让广大的针灸医生群体及针灸爱好者，更容易也更透彻地理解与学习这门古老而神秘的学科。

近年来，“数字医学”概念的提出及其在医学领域各方面的应用使得这一新兴学科成为现代医学的重要研究方向。在“互联网+”的热潮中，3D打印、VR、AR等可视化技术得到极大发展，这些新兴技术在医学领域发挥了极其重要的作用，极大地拓展了医学的教学方法，丰富了医学的内涵，提高了人们对于疾病的认识，为临床科研开辟了一条新的路径。在当今科技飞速发展的时代，多学科融合、交叉是科学发展的必经途径与必然趋势。基于“数字医学”、人体虚拟可视化技术及数字化技术（包括计算机辅助技术及机器人技术等）日趋发展成熟，数字技术已然渗透到医学科学的各个领域，促进医学技术向可视化、个性化、精确化、远程化快速发展。

该书在影像学数据采集、图像处理和三维重建、有限元分析和虚拟仿真、图像引导针灸操作导航技术、3D打印技术、虚拟现实技术、人工智能和机器学习技术等方面进行了大量的探索工作，结合传统中医学针灸经典文献发掘技术，对涉及面广、内容繁杂的交叉学科及上述前沿技术进行理论凝析、科学释义、宏观定位及学科融合，首次提出“数字针灸学”这一概念，将传统中医学瑰宝——针灸学与数字化技术有机结合，系统研发探究，最终形成“数字针灸学”完整的理论体系，将极大地促进针灸学现代化的发展，开辟针灸学现代化之路，为针灸学

的科研教学及临床发展提供全新的模式与手段，实现由二维到三维、由平面到立体、由静态到动态、由书本到实践、由枯燥到生动的华丽转变。数字针灸学的提出为广大针灸医生以及针灸爱好者提供了理解、学习针灸学的新方法，为针灸数字化、标准化、规范化提供了新希望，为我国针灸学的研究发展提供了新思路。

该书援经据典，集思广益，希望其出版能够为广大针灸临床工作者、爱好者与学习者提供一部学研俱佳的作品，以飨同仁。期待针灸学在我辈中人的努力下能够繁荣蓬勃地传承、发展与创新！

张红星

2018年6月

| | |
|----------------------------|----|
| 第一章 总论 | 1 |
| 数字针灸学：针灸学未来发展新突破 | 2 |
| 第二章 影像学数据采集 | 9 |
| 第一节 X线摄影的基本原理与相关输出 | 10 |
| 一、X线的产生及特性 | 10 |
| 二、X线的成像 | 10 |
| 三、X线检查技术 | 11 |
| 四、X线图像质量和影响因素 | 12 |
| 第二节 CT成像的基本原理与相关输出 | 14 |
| 一、CT成像设备及基本原理 | 14 |
| 二、CT的图像特点 | 15 |
| 三、CT扫描技术 | 15 |
| 四、CT图像质量和影响因素 | 16 |
| 第三节 MR成像的基本原理与相关输出 | 17 |
| 一、MR基本结构及成像原理 | 18 |
| 二、MR图像特点 | 19 |
| 三、MR图像质量影响因素 | 20 |
| 第四节 DSA成像的基本原理与相关输出 | 23 |
| 一、DSA成像原理 | 23 |
| 二、DSA成像设备基本结构及成像方法 | 24 |
| 三、DSA图像质量的影响因素 | 26 |
| 第五节 医学超声成像的基本原理与相关输出 | 27 |
| 一、医学超声成像原理 | 28 |
| 二、医学超声成像类型及设备基本结构 | 28 |
| 三、3D超声成像技术 | 31 |

| | |
|---|-----------|
| 第六节 核医学显像的基本原理与相关输出 | 31 |
| 一、PET 成像原理 | 32 |
| 二、PET 的基本结构 | 33 |
| 三、PET 的主要性能指标 | 34 |
| 四、图像融合与 PET / CT | 35 |
| 第七节 医学影像学与针灸 | 36 |
| 第三章 医学图形图像处理技术 | 40 |
| 第一节 医学图像的基本概念 | 41 |
| 一、图像和图形 | 41 |
| 二、像素和体素 | 42 |
| 三、分辨率和比例 | 44 |
| 四、颜色深度与色彩模式 | 44 |
| 五、图像格式 | 45 |
| 第二节 医学图像的增强和运算 | 46 |
| 一、图像滤波操作 | 46 |
| 二、伪彩和假彩 | 46 |
| 三、图像的代数运算（图像叠加、相减等） | 47 |
| 四、图像的几何运算（图像的平移、旋转等） | 47 |
| 第三节 医学图像的浏览 | 47 |
| 一、图像直方图 | 47 |
| 二、窗宽窗位及调整 | 48 |
| 三、体数据的正交断层浏览 | 49 |
| 四、体数据的任意断层浏览 | 49 |
| 五、基于像素和体素的测量 | 50 |
| 第四节 医学图像的配准 | 50 |
| 一、图像配准的概念 | 50 |
| 二、二维医学图像的配准 | 51 |
| 三、三维体数据的配准和融合 | 52 |
| 四、2D / 3D 的配准 | 53 |
| 五、中国数字人连续断层图像的配准 | 53 |
| 六、多模体数据的空间配准（PET-CT、PET-MRI、CT 与 MRI） | 54 |
| 第五节 医学图像的分割 | 55 |

| | |
|------------------------------|-----------|
| 一、图像分割的概念 | 55 |
| 二、阈值分割 | 55 |
| 三、边缘检测 | 56 |
| 四、区域增长 | 56 |
| 五、形态学操作 | 56 |
| 六、医学图像分割的特点 | 56 |
| 第六节 医学图像可视化及三维模型重建 | 58 |
| 一、三维图像与医学影像可视化 | 58 |
| 二、平行投影、正交投影与视点 | 59 |
| 三、MIP 与体渲染 | 59 |
| 四、基于连续断层图像的三维表面模型重建 | 61 |
| 五、基于空间点云数据的三维表面模型重建 | 62 |
| 第四章 针灸学的数字化信息 | 64 |
| 第一节 针灸数字化的概念及主要内容 | 65 |
| 第二节 针灸数字化的发展现状 | 65 |
| 第三节 针灸信息资源数字化的步骤 | 66 |
| 第四节 针灸数字化的作用及现实意义 | 67 |
| 第五节 针灸学的可视化挖掘 | 68 |
| 一、可视化的概念 | 68 |
| 二、可视化技术及实施步骤 | 68 |
| 三、针灸学的可视化 | 69 |
| 四、针灸学的可视化应用 | 69 |
| 第五章 传统中医学针灸文献挖掘 | 72 |
| 第一节 传统中医学针灸文献发展现状 | 73 |
| 第二节 针灸古籍文献挖掘 | 76 |
| 一、针灸古籍的归类整理 | 76 |
| 二、经络腧穴的主治规律 | 77 |
| 三、针灸治疗辨证及组穴规律 | 80 |
| 四、针灸治疗病症及医案整理 | 80 |
| 第三节 针灸现代文献研究挖掘 | 82 |
| 一、针灸适宜病症疾病谱挖掘 | 82 |

| | |
|------------------------------------|-----------|
| 二、针灸治疗优化方案挖掘 | 83 |
| 三、针灸辨证施治体系挖掘 | 83 |
| 四、针灸治疗的质量评价及疗效分析挖掘 | 84 |
| 第四节 小结 | 85 |
| 第六章 图像引导下的针灸导航技术 | 88 |
| 第一节 图像引导下的针灸导航技术概论 | 89 |
| 第二节 针灸导航技术的发展现状 | 90 |
| 第三节 针灸导航技术的基本原理 | 91 |
| 第四节 针灸导航系统的组成和关键技术 | 92 |
| 一、针灸导航系统的组成 | 92 |
| 二、针灸导航系统的关键技术 | 92 |
| 第五节 医用机器人在针灸导航中的应用 | 95 |
| 一、医用机器人的发展现状 | 95 |
| 二、医用机器人的分类 | 96 |
| 第六节 针灸导航系统在针灸临床中的应用与展望 | 97 |
| 第七章 3D 打印技术在数字针灸学中的应用 | 98 |
| 第一节 3D 打印技术的基本原理及发展历史 | 99 |
| 一、3D 打印技术的概念 | 99 |
| 二、3D 打印技术基本原理 | 99 |
| 三、3D 打印的发展历史 | 100 |
| 第二节 3D 打印设备的类型及其在医学应用中的选择 | 101 |
| 一、3D 打印在外科手术中的应用 | 101 |
| 二、3D 打印在个性化医疗器械打印中的应用 | 102 |
| 三、3D 打印在组织工程学中的应用 | 102 |
| 四、3D 打印在教学及基础科研中的应用 | 103 |
| 第三节 3D 打印成型技术 | 104 |
| 一、熔融沉积成型 | 104 |
| 二、光固化 | 104 |
| 三、选择性激光烧结 | 105 |
| 四、电子束熔化成型 (EBM) | 108 |
| 五、金属液滴喷射 /DLP | 110 |

| | |
|---|------------|
| 第四节 3D 打印针灸规划模型及其临床应用 | 112 |
| 一、3D 打印制作肺叶模型的应用 | 112 |
| 二、3D 打印制作下颌骨模型的应用 | 113 |
| 三、3D 打印制作颅骨病损模型的应用 | 114 |
| 四、3D 打印制作肝脏病变模型的应用 | 116 |
| 第五节 3D 打印在针灸领域的应用 | 117 |
| 第八章 虚拟现实 (VR/AR/MR) 与数字针灸学 | 121 |
| 第一节 虚拟现实技术概述 | 123 |
| 一、虚拟现实技术的特征 | 124 |
| 二、虚拟现实系统的分类 | 125 |
| 三、虚拟现实的系统组成和关键技术 | 126 |
| 第二节 增强现实技术概述 | 129 |
| 一、AR 的特征 | 130 |
| 二、AR 的系统分类和组成 | 130 |
| 三、AR 的关键技术 | 133 |
| 第三节 混合现实技术概述 | 136 |
| 一、MR 的特征 | 137 |
| 二、MR 的关键技术 | 137 |
| 第四节 VR、AR 及 MR 三者的联系 | 138 |
| 第五节 VR、AR 及 MR 三者的发展与应用 | 139 |
| 一、VR 的发展与应用 | 139 |
| 二、AR 的发展与应用 | 149 |
| 三、MR 的发展与应用 | 154 |
| 第九章 大数据与云计算 | 159 |
| 第一节 大数据概述 | 160 |
| 一、大数据的概念 | 160 |
| 二、大数据的关键技术 | 161 |
| 三、大数据的应用 | 163 |
| 第二节 云计算概述 | 164 |
| 一、云计算的概念 | 164 |

| | |
|---------------------------------------|------------|
| 二、云计算技术的应用 | 166 |
| 三、云计算的前景 | 168 |
| 第三节 大数据与云计算的关系 | 168 |
| 第四节 大数据思维与中医理论的共性 | 169 |
| 一、重视整体分析 | 169 |
| 二、重视相关关系 | 169 |
| 三、重视规律研究 | 170 |
| 第五节 大数据与云计算在针灸研究中的展望 | 170 |
| 第十章 医用机器人和人工智能在数字针灸学中的应用 | 173 |
| 第一节 医用机器人概述 | 174 |
| 一、机器人概述 | 174 |
| 二、医用机器人的定义和分类 | 175 |
| 三、医用机器人的发展新趋势 | 177 |
| 第二节 医用机器人应用现状 | 178 |
| 一、常见医用机器人 | 178 |
| 二、医用机器人的共性技术 | 182 |
| 三、医用机器人的应用优缺点 | 184 |
| 第三节 人工智能 | 185 |
| 一、人工智能的定义与概况 | 185 |
| 二、人工智能的原理 | 186 |
| 三、人工智能在医学中的应用趋势 | 188 |
| 第四节 针灸机器人和人工智能在数字针灸学中的实现和展望 | 190 |
| 一、我国医用机器人和人工智能在数字针灸学中的发展现状 | 190 |
| 二、人工智能针灸机器人在数字针灸学中的实现与展望 | 192 |

第一章

总论

ZONGLUN

数字针灸学： 针灸学未来发展新突破

数字针灸学是运用计算机和虚拟现实技术将针灸学的知识体系进行数字化处理，实现信息医学、生物技术、计算机技术、移动网络技术、虚拟现实技术等学科与传统针灸学之间相互交叉、综合发展的前沿性学科，它必将成为针灸学史上的一次飞跃。为针灸科研、教学、临床应用开启全新的思路与篇章。

传统针灸学认为经络与内部的脏腑器官之气相通，人体脏腑之气是由经络输注，经络系统的作用不仅是反映人体正常生理功能和病理状态的变化，还可以通过经络诊断各种疾病，并应用指导临床的实践，是中医针灸学的核心内容。腧穴是经络气血聚集、出入体表、施行针刺的特定部位，与经络、脏腑、气血的活动有密切关系。而传统中医针灸学中的经络系统以及腧穴的概念比较抽象。针刺手法的描述也缺乏大数据下可迭代参数的支持，使针灸学传承发展始终很难有新的突破。随着针灸的国际化发展，针灸学教学、规范化操作、教育教学和针灸临床都急需找寻突破的关键：将针灸学与现代先进的科学技术成果相结合，形成一门全新的学科——数字针灸学。

数字针灸学是在数字医学（计算机信息技术与生命科学结合而产生的交叉学科）框架下，由信息医学、计算机科学、人体组织工程学、生物学、信息工程学、材料学、人体解剖学科与针灸学之间相互交叉、综合发展的前沿性学科。运用生物技术、计算机技术、混合现实（AR/VR）技术、移动网络技术、大数据和云计算、人工智能、机器学习等数字化技术研究和发​​展针灸学。

数字针灸学作为一门新型的学科，有一系列完善的学科分支体系支撑，形成一个神经网络结构，包括：数字针灸学数据库、三维有限元模型仿真、图像处理 and 三维重建技术、混合现实（AR/VR）技术、生物 3D 打印、大数据和云计算、智能终端装备、人工智能、新产品、新技术研发与转化、针灸操作规范标准的建立等模块（图 1-1），是现代科技与传统中医学不断发展应运而生的新兴学科，并以此全新的学科为平台，促进经络腧穴实质研究，从而阐明脏腑、经络和腧穴之间的联系，为针灸治疗机理探讨提供全新的依据。

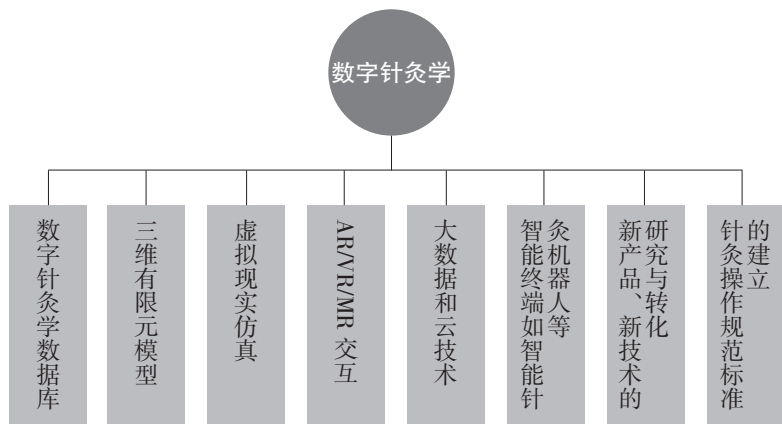


图 1-1 数字针灸学分支

（一）数字针灸学数据库和三维图像重建技术

数据库 (database) 技术在数字针灸学领域中, 是管理针灸学信息系统、查询分析系统、决策支持系统等各类信息系统的核心部分, 是进行科学研究和决策管理的重要技术手段, 也是实现经络腧穴三维图像重建的前提条件。数字针灸学数据库, 要求针灸数据库从综合型数据库到完善智能型数据库转变, 建立起诸如针灸古籍数据、现代针灸数据、针灸临床数据、针灸实验数据等资料汇集的针灸专业型数据库, 与此同时要求具备数字化、智能化功能, 更加全面立体, 包括完整的生物学信息, 使针灸数据信息处理能力的技术性、专业性、学科交叉性增强。

腧穴是人体脏腑经络气血输注出入的特殊部位, 也是疾病的反应点和治疗的刺激点。目前经络系统以及腧穴的概念仍比较抽象, 缺乏三维立体的清晰可观的几何结构。临床针灸学的发展有赖于对腧穴的正确三维空间定位和几何形态结构的精确显示与描述。在当今信息时代, 各个学科相互渗透、跨学科综合发展的趋势越来越明显。针灸学的发展离不开对信息技术、计算机技术以及现代医学成果的借鉴, 将数字化虚拟人引入针灸学领域, 用三维数字化方式表达针灸学, 不仅是学科发展自己的需要, 而且按照针灸学发展历程, 这也是必然结果, 因为针灸学发展之初, 立体表达的思想就初见端倪。宋代王惟一研究创铸了针灸铜人孔穴模型, 开始认识针灸腧穴的形态, 对针灸学的发展产生了深远的影响。因此研究腧穴的空间结构是阐明经络功能的重要基础, 结合数字化虚拟手段, 可以实现经络腧穴三维空间结构的可视化, 这使得针灸学的认识与研究进入了一个划时代的发展阶段。

通过搜集现有尸体标本、病患以及正常自愿者的 CT、MRI、B 超的容积数据,

并借鉴现有国内外数字人体数据库，采集并导入包含完整经络腧穴生物学信息数据（采用针灸学古典医籍和现代著作的精华，将经络走行，腧穴的定位、解剖、功效、主治、操作等各项内容）整合为较完善的“数字化人体经络腧穴数据库”。

（二）数字针灸学的发展

1989年美国首先提出“可视化人体计划”(Visible Human Project, VHP)以来^[3]，数字化虚拟人体研究发展迅速。其具体指通过先进的信息技术和生物技术相结合的方式，将采自真实人体的形态学、生物物理学等数据信息及高级计算算法整合成一个研究环境，研究人体对外界各种刺激的反应，实现人体的数字化描述^[4-5]。韩国、日本 21 世纪初也相继投入数字化虚拟人体研究中，如韩国可视人(Visible Korean Human, VKH)计划、大阪虚拟人体项目(VHPO)等等^[6]。2001 年 11 月于北京召开了香山科学会议第 174 次学术讨论会，启动了我国数字化虚拟人体研究，跟踪科学研究前沿^[7]。由此数字化虚拟人体的研究日益得到重视，虚拟人技术吸取了信息医学、计算机学、图形图像学、虚拟现实技术等先进科学技术手段，它的研究开发为针灸学科的数字化提供了可能，运用三维图形逼真表达经络腧穴形态和针刺过程，阐明脏腑、经络及腧穴之间的联系——即将数字化与传统针灸学相结合，将是针灸学未来的发展趋势^[8]，也必将发展为一个新兴的学科——数字针灸学。

（三）数字针灸学可实现经络腧穴的突破

腧穴是人体脏腑经络气血输注出入的特殊部位，也是疾病的反应点和治疗的刺激点。目前经络系统以及腧穴的概念仍比较抽象，缺乏三维立体的清晰可观的几何结构。临床针灸学的发展有赖于对腧穴的正确三维空间定位和几何形态结构的精确显示与描述^[9]。数字针灸学包括建立包含完整生物学信息的人体经络腧穴数据库：通过搜集现有尸体标本、病患以及正常自愿者的 CT、MRI、B 超的容积数据，并借鉴现有国内外数字人体数据库，采集并导入包含完整经络腧穴生物学信息数据（采用针灸学古典医籍和现代著作的精华，将经络走行，腧穴的定位、解剖、功效、主治、操作等各项内容），整合为较完善的“数字针灸学人体数据库”。在数字技术迅猛发展的当下，数字针灸学可借助虚拟现实技术、智能移动终端等设备实现虚拟信息与现实的交互，通过三维建模、场景融合等帮助我们建立对经络腧穴全新的整体的认识，借助计算机的定量分析计算和精确模拟，将人体结构和功能信息数字化与可视化，以三维形式显示人体解剖结构的骨骼、肌肉、神经、血管等组织的大小、形状、位置及各器官间的相互空间关系，使人类在认识人体基本结构，脏腑经络气血灌注形式，甚至