

杨东林 毛亚杰 石爱华 编著

# 临床医学工程概论

LINCHUANGYIXUE  
GONGCHENGGAILUN

兵器工业出版社

# 临床医学工程概论

兵器工業出版社

## 内 容 提 要

本书系统介绍了医学仪器设备、医学影像设备、医学检验仪器的工作原理、基本结构及在医学上的应用和操作使用；全书约 27 万字，97 幅插图。内容的编排上分为临床医学工程、生物体的物理特性及物理因子的生理效应、医学仪器概述、生物电测量仪器、医用监护仪器、医用 X 射线机、医学超声仪器、心脏起搏器与除颤器 9 个章节，力求贯彻和落实专业培养目标，突出对学生创新意识、创新能力和批判性思维方式的培养。整套教材中各学科相关内容有机衔接、循序渐进，既防止各学科之间脱节，又避免了重复，为学习相关课程以及从事生物医学工程技术工作奠定了基础。

著 者 石 爱 华 杰 亚 毛 林 东 杨

### 图书在版编目 (CIP) 数据

临床医学工程概论/杨东林, 毛亚杰, 石爱华编著.

北京: 兵器工业出版社, 2007.8

ISBN 978-7-80172-921-7

I. 临… II. ①杨…②毛…③石 III. 临床医学—概论  
IV. R4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 130942 号

出版发行: 兵器工业出版社

发行电话: 010-68962596, 68962591

邮 编: 100089

社 址: 北京市海淀区车道沟 10 号

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京市登峰印刷厂

版 次: 2007 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

印 数: 1—550

责任编辑: 范小伊

封面设计: 李 晖

责任校对: 全 静

责任印制: 赵春云

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 11

字 数: 276 千字

定 价: 24.00 元

(版权所有 翻印必究 印装有误 负责调换)

# 前 言

临床医学工程技术是一门集基础医学、临床医学和工程技术为一体的科学。近年来,随着科学技术的进步,医学工程技术也得到了很大的发展,大量工程技术在医学领域得到广泛的应用,医疗仪器设备发展十分迅速,临床医学工程技术已成为一门重要学科。

为适应我国高等教育改革和发展需要,适应面向 21 世纪的要求,反映疾病的预防、诊断治疗技术手段的新成果,本书以医学基础和工程学的原理和方法为主导,阐述临床常用的医学仪器,对仪器的原理设计从医学工程学等多方面进行系统化论述,力求内容丰富而简明、层次清楚、文笔流畅、制图精良。全书共分 9 章,每一章都增加了新的科学内容,学科之间融合交叉。既能体现学科发展,又具有很强的科学性、系统性及可读性。

本书在编著过程中注重素质教育、创新能力与实践能力的培养。为学生知识、能力、素质协调发展创造条件。可供生命科学类的高校本科生、研究生,医疗器械专业的工程技术人员以及医院中的医技人员作为教科书或参考书。

本书在编著过程中参考了国内外多种相关资料并采用了一些插图,在此,对各书的作者对本书的贡献表示衷心的感谢。由于编者水平所限,书中缺点错误在所难免,敬请各位同仁及读者批评指正。

编者

2007.08



# 目 录

|                         |    |
|-------------------------|----|
| 第一章 临床医学工程              | 1  |
| 第一节 生物医学工程              | 1  |
| 一、生物医学工程和技术的发展史         | 1  |
| 二、生物医学工程的分类             | 3  |
| 三、生物医学工程的主要发展趋势         | 4  |
| 第二节 临床医学工程技术            | 6  |
| 一、生物电测量技术               | 6  |
| 二、生理参数测量技术              | 6  |
| 三、生化参数测量技术              | 6  |
| 四、超声医学测量技术              | 6  |
| 五、现代医学影像技术              | 7  |
| 六、其他医学工程新技术             | 7  |
| 第二章 生物体的物理特性及生物效应       | 9  |
| 第一节 生物体的电和电磁学特性及电磁场生物效应 | 9  |
| 一、细胞的生物电现象              | 9  |
| 二、生物体的电效应               | 12 |
| 第二节 人体磁场和磁场的生物效应        | 15 |
| 一、人体磁场和生物磁信号的产生         | 15 |
| 二、磁场的生物效应               | 15 |
| 三、磁场的医学应用               | 17 |
| 第三节 生物体的力学特性及力学的生物效应    | 18 |
| 一、骨的力学特性                | 18 |
| 二、循环生理的流体力学特性           | 19 |
| 三、生物体的声学特性和超声波的生物效应     | 22 |
| 第四节 生物体的热学特性和热的生物效应     | 23 |
| 一、机体温度及其热学特性            | 23 |
| 二、热的生物效应                | 24 |
| 第五节 生物体的光学特性和光的生物效应     | 24 |
| 一、生物体的光学特性和光的生物效应       | 24 |
| 二、激光的特性及其生物效应           | 25 |

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| 第六节 辐射及其生物效应 .....            | 26 |
| 一、电离辐射和非电离辐射 .....            | 26 |
| 二、辐射损伤现象 .....                | 26 |
| 第三章 医学仪器概述 .....              | 28 |
| 第一节 生物信息的测量 .....             | 28 |
| 一、生物体的构成 .....                | 28 |
| 二、人体控制功能的特点 .....             | 29 |
| 三、医学仪器测量的范围和特点 .....          | 29 |
| 四、生物信息的类型 .....               | 32 |
| 五、生物信息的检测与处理 .....            | 33 |
| 第二节 医学仪器的结构和工作方式 .....        | 33 |
| 一、医学测量仪器的基本构成 .....           | 33 |
| 二、医学测量仪器的工作方式 .....           | 35 |
| 第三节 医学仪器的特性和测量方法与分类 .....     | 36 |
| 一、医学仪器的主要技术特性 .....           | 36 |
| 二、医学仪器的特殊性 .....              | 37 |
| 三、医学仪器的测量方法分类 .....           | 38 |
| 四、典型的医学和生理参数 .....            | 39 |
| 五、医学仪器的分类 .....               | 40 |
| 第四章 生物电测量仪器 .....             | 42 |
| 第一节 心电测量和心电图机 .....           | 42 |
| 一、心电的产生基础 .....               | 42 |
| 二、正常人体体表心电图 .....             | 46 |
| 三、心电图导联 .....                 | 47 |
| 四、心电图机的临床应用 .....             | 49 |
| 五、心电图机的基本结构和心电图机的主要性能参数 ..... | 50 |
| 六、心电图机的使用 .....               | 53 |
| 第二节 脑电测量和脑电图仪器 .....          | 54 |
| 一、大脑皮层的电活动 .....              | 54 |
| 二、脑电图的产生机理 .....              | 56 |
| 三、脑电图机的导联 .....               | 57 |
| 四、脑电仪器的技术发展 .....             | 59 |
| 五、脑电仪器的临床应用 .....             | 60 |
| 第五章 医用监护仪器 .....              | 62 |
| 第一节 监护仪器概论 .....              | 62 |
| 一、监护仪器的作用 .....               | 62 |

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 二、监护仪器的临床应用范围         | 62  |
| 三、监护仪器的分类             | 63  |
| 四、自动监护系统的原理框图         | 63  |
| 五、现代监护系统的特点           | 65  |
| 第二节 监护仪器的监测项目和主要指标    | 65  |
| 一、监护仪器的监测项目           | 65  |
| 二、监护仪器的主要技术指标         | 67  |
| 第三节 常用病人监护系统的种类       | 68  |
| 一、危重病人的监护(ICU)        | 68  |
| 二、监护系统的分类             | 71  |
| 第四节 监护仪器的发展趋势         | 72  |
| 一、医用监护仪器的发展概况         | 72  |
| 二、监护仪器的主要发展方向         | 72  |
| 第六章 医用 X 射线机          | 75  |
| 第一节 X 射线机的基本工作原理      | 75  |
| 一、X 射线发生原理及基本认识       | 75  |
| 二、X 射线管               | 76  |
| 第二节 典型 X 射线机          | 80  |
| 一、X 射线机组成             | 80  |
| 二、荧光屏式透视用 X 射线机       | 82  |
| 三、摄影用 X 射线机           | 83  |
| 第三节 医用 X 射线电视系统       | 85  |
| 一、医用 X 射线电视系统概述       | 85  |
| 二、X 射线电视的系统组成         | 86  |
| 第四节 X 射线计算机体层成像       | 90  |
| 一、X-CT 成像技术的发展及临床应用   | 91  |
| 二、CT 成像技术原理           | 92  |
| 三、X-CT 扫描机系统组成        | 99  |
| 四、螺旋 CT               | 105 |
| 第五节 X 射线机的安装与维护       | 108 |
| 一、医用 X 射线机安装对机房位置的要求  | 108 |
| 二、医用 X 射线机对供电电源的要求    | 109 |
| 三、医用 X 射线机对地线的要求      | 110 |
| 四、医用 X 射线机的安装工作       | 110 |
| 五、医用 X 射线机通电试验要求和注意事项 | 111 |
| 六、医用 X 射线机的日常维护       | 111 |
| 第七章 医学超声仪器            | 112 |
| 第一节 概述                | 112 |



|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| 一、医学超声测量技术的发展 .....         | 112 |
| 二、医学超声测量技术的分类 .....         | 112 |
| 三、医学超声测量技术的特点 .....         | 114 |
| 四、超声测量技术在临床中的应用 .....       | 115 |
| 第二节 医学超声诊断的物理学基础 .....      | 116 |
| 一、超声波的基本概念 .....            | 116 |
| 二、超声波在人体组织中的传播 .....        | 118 |
| 第三节 超声波诊断仪器 .....           | 122 |
| 一、A 型超声诊断仪 .....            | 122 |
| 二、M 型超声诊断仪 .....            | 123 |
| 三、B 型超声诊断仪 .....            | 124 |
| 四、多普勒超声诊断 .....             | 125 |
| 第八章 磁共振医学图像诊断 .....         | 127 |
| 第一节 概述 .....                | 127 |
| 一、磁共振成像技术的发展 .....          | 127 |
| 二、磁共振成像的特点 .....            | 128 |
| 三、磁共振成像的局限性 .....           | 128 |
| 第二节 磁共振成像设备及其在临床医学的应用 ..... | 129 |
| 一、磁共振成像设备的组成 .....          | 129 |
| 二、磁共振成像技术在临床医学中的应用 .....    | 131 |
| 三、磁共振成像设备的安全使用 .....        | 134 |
| 第三节 主磁体系统 .....             | 135 |
| 一、主磁体系统 .....               | 135 |
| 二、梯度磁场系统 .....              | 138 |
| 三、射频场系统 .....               | 141 |
| 第四节 数据采集与图像重建 .....         | 144 |
| 一、数据采集 .....                | 145 |
| 二、图像重建 .....                | 147 |
| 第五节 计算机控制系统 .....           | 149 |
| 一、主计算机系统 .....              | 150 |
| 二、主计算机系统中运行的软件 .....        | 150 |
| 三、图像处理器 .....               | 152 |
| 四、图像显示 .....                | 152 |
| 第六节 磁场的屏蔽 .....             | 152 |
| 一、磁场与环境的相互影响 .....          | 152 |
| 二、主磁体屏蔽 .....               | 153 |
| 三、射频屏蔽 .....                | 154 |
| 四、梯度磁场屏蔽 .....              | 155 |



---

|                   |     |
|-------------------|-----|
| 第九章 心脏起搏器与除颤器     | 156 |
| 第一节 心脏起搏器的临床应用与发展 | 156 |
| 一、人工心脏电起搏器的特点     | 156 |
| 二、心脏起搏器的展望        | 157 |
| 三、人工心脏电起搏器的作用     | 157 |
| 四、心脏起搏器临床应用的适应症   | 158 |
| 第二节 临床应用的心脏起搏器的分类 | 158 |
| 一、心脏起搏器的分类        | 158 |
| 二、临床应用的各类心脏起搏器    | 159 |
| 三、心脏起搏器的几个参数      | 160 |
| 第三节 心脏除颤器         | 161 |
| 一、心脏除颤器的作用        | 161 |
| 二、心脏除颤器的一般原理      | 161 |
| 三、心脏除颤器的类型        | 162 |
| 四、心脏除颤器的主要性能指标    | 163 |
| 参考文献              | 164 |

# 第一章 临床医学工程

临床医学工程是生物医学工程的重要组成部分，它与其中各组成部分密切相关。近年来，随着科学技术的发展，大量新的工程技术在医学领域的广泛应用，使得医疗仪器设备发展十分迅猛。这使得从事临床医学工作的医生、护士、医技人员的诊断、治疗、检验、护理及科研等工作，除了基于他们的理论知识和临床经验之外，已越来越离不开先进的医疗仪器设备和正确的技术操作能力。临床医学工程为此提供最广泛、最全面、最有效的服务。临床医学工程已与医学科学息息相关、相互交融，成为现代化医疗机构必不可少的重要组成部分。

## 第一节 生物医学工程

生物医学工程是一门新兴的边缘学科。它运用生物科学、医学科学和工程科学的原理、技术及方法研究各种生物的结构、基因、遗传及其功能等，认识生命运动的规律（定量），并用以维持和促进人类的健康。它还运用现代工程技术探讨人体的生理和病理过程，研制开发为人类疾病的预防、诊断、治疗以及为人体辅助功能服务的各种医疗仪器、器械和装置系统。其间，生物技术、医学技术和工程技术相互结合、相互渗透，它融数学、物理、化学、光学、机械学、声学、电学、磁学、电子学等，以及生物学、医学各基础学科为一体，相互交叉、相互依存、相互联系，以求得更新的发展，解决更新的问题。

### 一、生物医学工程和技术的发展史

虽然生物医学工程的迅速发展是近 30 年的事情，但是将生物医学工程的基本原理和方法应用于生理学和医学领域却可追溯到几个世纪之前。

#### （一）从生理信号检测到数字化人体功能状态监测分析和辨识

16 世纪 Sanctorius (1561 ~ 1636) 研究发明了体温计和测定脉率的简陋装置，把新的测量技术应用于人体。17 世纪出现了有关人体生命如何工作的三个新理论“医学物理”、“医学化学”和“生机论”。18 世纪英国生理学家 Hales (1677 ~ 1761) 研究发明将导管接到动物的动、静脉内测量压力以探讨循环系统的动力学的方法，使更可靠的温度计和脉搏表得以研制成功。20 世纪能通过无创检测得到的生理信号主要是体温、血压、脉搏、呼吸、血氧饱和度和心电 (ECG)、脑电 (EEG)、肌电 (EMG) 等电生理信号。实践表明，真正要用它们来表征、评估人体功能状态，短时间的检测是不够的，必须做长时间连续动态的监测、分析，才有可能得到真正有用的信息。因此，24 小时心电图动态记录和分析系统、危重病人监护及数字化、多工位人体功能状态动态连续监测和分析系统等成为现代化医院必不可少的设备。

## (二) 从人工器官到组织工程(含生物人工器官)

20 世纪 60 年代到 80 年代中期,人们寄希望于人工器官,因此它成为生物医学工程崛起阶段的一个标志性领域。但由于机械型(材料型)人工器官不具备活性,功能单一,使用寿命较短,显著影响患者生存质量,且造成了沉重的医疗费用负担,因而不能满足缺损的组织器官的修复、重建需求。目前来看,将工程科学的原理和方法与生命科学的原理和方法相结合,认识正常的和病理的哺乳动物组织的结构-功能关系,并发展相应的具有生物活性的替代物,以恢复、维持提高人的健康是满足这一重大需求的最佳途径。用组织工程的原理和方法(尤其是微组织工程技术),可以在工程化的水平上设计、培养用于生理学、病理生理学、药理学和药物毒理学等研究的人源性组织(器官)模型,为这些学科领域的发展开辟新的途径,形成新的方法和平台技术。

## (三) 从传统的医学影像到数字化电路

医学影像包括医学成像系统和医学图像处理两部分。它是生物医学工程另一个标志性领域。

19 世纪末伦琴发现了 X 射线,居里夫妇发现了镭,都使医学的诊断及治疗有了新的进展。1972 年, X 射线计算机断层摄影(X-CT)系统问世从根本上解决了投影 X 射线成像中的影像重叠问题。当前 X-CT、核磁共振(MRI)、超声成像(B 超和数字化彩超)以及数字化 X 射线摄影四大影像技术已成为现代医学疾病诊断的主要依据。

从平面到立体、从静态到动态、从形态到功能、从宏观到微观、从单机到影像网络系统,这是 21 世纪医学影像发展的必然趋势。传统成像系统中复杂的模拟电路逐步由数字化电路取代。不仅如此,全球医疗危机引起医学目的的调整,医学的重心将从疾病的诊断、治疗前移到疾病的预防和控制,这使得分辨率虽然不高,但携带、使用方便的小型化医学影像技术和装置的发展,上升到了战略的地位。

在这方面,基于机体组织电阻抗特性变异的阻抗成像方法具有宽广的应用前景,当前主要是用于乳腺癌普查筛检的电阻抗扫描成像(BIS)和用作监护(尤其是颅脑创伤监护)的动态阻抗成像。而另一方面,超分辨率图像重建技术,使人们可以用低分辨率影像装置获得高分辨率图像,这一图像处理技术(软件)使得具有有限目标功能的小型化 X-CT 和超声图像装置的发展成为可能。这将成为 21 世纪初叶医学影像技术发展的新方向。

## (四) 从可植入机体的生物材料到生物功能材料

生物材料是生物医学工程的基础,而医用生物材料及其制品更是生物医学工程产业的重要组成部分。

可植入生物材料,经过 20 余年的研究,虽然在使用寿命方面非常有限,代价昂贵,但是由于活组织对生理环境负荷(生物学的/化学的/物理的/力学的等)的改变能通过自身的生命活动做出响应,而人工材料没有这种能力。因此,要想使可植入生物材料的性能有质的提高,就必须按照生物学原理设计材料,这就是生物功能材料或更进一步按生物学原理设计的材料。

## (五) 生物力学工程到力学生物学

生物力学是和生物医学工程同时兴起的交叉学科,是生物医学工程的基础之一。其内涵是将力学的原理和方法与生命科学的原理和方法相结合,认识生命过程的(定量)规律。

从 20 世纪 60 年代中期至 80 年代中期,生物力学的主要研究对象是生物组织、器官和



生理系统。冯元桢关于肺微循环的研究,形成了生物力学独特的方法学原则,这是生物力学作为一门独立的分支学科的标志。20 世纪 80 年代中期以来,生物力学从两个方面向生命科学深入,形成了生命科学的一个有机的组成部分。其中就有以生物力学作为技术平台,与医学影像和临床医学相结合,通过系统建模、定量分析、数值模拟、优化个体化的手术方案融入个体化医疗之中。目前,生物力学已深入到亚细胞过程、生物大分子之间的相互作用、单分子水平的结构-功能关系(DNA 力学-蛋白质力学),以及以蛋白质分子为主体的各种分子器件的自组装、去组装、重组装和重建等微观领域。除了力的直接作用外,它通过力学-化学耦合作用、力-电耦合作用等实现其生物学效应。

上述情况实际已形成了一门新兴的边缘性的综合学科,它已超出了“生物学”、“医学”以及“医学电子学”的范畴,这就是现今的“生物医学工程学”。

## 二、生物医学工程的分类

生物医学工程是近年来发展十分迅速的新兴学科,它所涉及的领域包括生物学、医学、物理学、电子学、光学、计算机学等多个学科。随着科学技术的发展,学科领域还在进一步扩大。目前较为明显的学科分支主要有以下四类。

### (一) 生物工程

生物工程又称生物技术,它是涉及应用生物科学和工程学的一个领域,在医学上的应用前景非常广阔。在新药、激素、抗生素及疫苗等的生产,能源与化学饲料的生产,农作物品种的改良以及改善环境和废物管理等方面,生物工程都发挥着重要作用。目前,生物工业已作为一种新兴的工业体系发展起来,生物工程被认为是将主导 21 世纪的技术。生物工程与医学密切相关的生物工程领域有细胞工程、基因工程、微生物工程和酶工程等。

### (二) 生物医学材料和人工器官

生物医学材料是材料科学的一个重要分支。它在医药学上的应用为医学、药学和生物学等学科的发展提供了丰富的物质基础;反过来这些学科的进步又不断地推动生物医学材料的进一步发展。由于生物医学材料对于探索人类生命奥秘,保障人类健康长寿做出和即将做出的重大贡献,它已经成为生物医学工程学的四大支柱之一。生物医学材料研究的最终目的是用它们来代替和修复人体器官和组织并实现其生理功能。人工器官从 1940 年开始用于临床至今,除大脑之外几乎对所有的人工器官都已进行了研究和应用。在经济发达的国家利用生物医学材料制造医疗用品和人工器官已经十分普遍,在我国也越来越受到重视。但是,生命体的器官具有生长、再生和修复的能力,从这个基点出发来评价目前的生物医学材料和人工器官都显得很不完善,因为它们仅能代行或模拟生物体的某些性能。为了使生物医学材料与机体组织界面能在长期功能作用下保持稳定,并参与物质代谢,充分发挥正常生理作用,生物医学材料和人工器官的生物活化的研究具有十分诱人的发展前景。

### (三) 临床医学工程

临床医学工程是生物医学工程的一个重要分支,几十年来,医疗仪器设备发展非常迅速,医疗仪器设备的数量、质量、科技含量都以惊人的速度发展,对提高医院医疗水平起着重要的作用。应用现代工程技术理论研究解决临床医学中的问题,为医学提供越来越新颖、精良的技术手段及医疗设备,充分发挥医疗仪器设备在临床中的作用。例如医用传感器、医学测量仪器、治疗仪器、医学检验与实验装置、医学影像设备、临床监护装置、病理分析及



药剂分析装置、手术装置、生物材料与人工器官以及计算机在医学中的应用等。

#### (四) 康复工程

康复工程指应用生物医学工程的技术原理和技术方法,研究有关功能障碍的预防、评定和处理(治疗、训练),使体弱者及残疾人失去或部分失去的机体功能得以恢复和补偿,达到康复的目的。例如,助听装置、助视装置、假肢及康复训练器械等。

### 三、生物医学工程的主要发展趋势

生命科学永远是人类最重要的科学研究领域,而生物医学技术及其仪器是人类认识生命现象的最重要的工具。生物医学的发展有赖于生物医学技术和仪器的进步,同时,生物医学技术的发展又不断地为生物医学的研究提出大量的新课题。随着生物医学和各种科学技术的进步,随着工程技术在医学领域的进一步应用,必将带动生物医学工程的发展,其主要发展趋势可以概括为以下几个方面。

#### (一) 组织工程

(1) 种子细胞体系设计和规模扩增。

(2) 可降解材料构架设计、设备。

(3) 材料构架表面活性性处理。

(4) 力学环境可调控的活组织工程化培养系统(三维动态)——生物反应器:发展具有对生物分子和组织成分识别能力的生物传感器,进而促进细胞水平的生物检测与分析技术,使生物医学测量向微观领域扩展。

(5) 相关检测技术:发展具有对生物分子和组织成分有识别能力的生物传感器,进而促进细胞水平的生物检测与分析技术,使生物医学测量向微观领域扩展。

(6) 工程化培养组织性能可植入标准:仿造生物体自身功能,尤其是模拟人类视觉、听觉、嗅觉、味觉与触觉等功能,提出测量技术的新方法、新思路和发现新的测量原理。通过新的生物传感原理的研究,开发新的传感器如仿生传感器。

而从我国的需求来看,应优先发展:

(1) 体外支持型生物人工肝。

(2) 中枢神经缺损修复。

(3) 体外/内置型组织工程化胰岛。

(4) 关节面缺损修复、重建。

(5) 组织工程血管(尤其是直径小于6mm的小血管)。

(6) 骨缺损修复、重建。

(7) 软组织缺损修复、重建。

(8) 组织工程人工心瓣。

#### (二) 医学影像和数字化医疗

(1) 发展医学成像技术与仪器,提高组织结构成像的质量,特别是提高空间分辨力和成像速度,同时应扩大功能成像的质量,用以获得人体某些功能活动的空间分布信息,并发展三维图像显示和图像存档与远程通信技术。

(2) 成像技术软件,尤其是临床问题解决方案与专家系统相结合的软件的研究开发,强化医学影像软件自主知识产权。尤其是伪像处理、多模态图像配准、医学影像与电生理想

像一体化和 FPACS 等基础研究有一定积累的领域。

(3) 发展基于新成像原理的有限功能目标的医学影像技术和装置。如电阻抗动态成像系统, 电阻抗扫描成像技术和装置等。

(4) 超声成像探头研制和数字化超声图像重建技术相结合, 形成功能目标互补的数字化彩超系列产品, 满足不同的需求。

(5) 发展低剂量可移动式 X 射线数字成像系统和床旁 X-CT。

(6) 数字化全病区个体医学信息监测、分析系统和网络技术等。

(7) 发展无拘束及适合家庭使用的生物测量与监护技术及仪器。

### (三) 超声治疗技术

当前超声治疗技术正处于大发展前期阶段, 以高强度聚焦超声肿瘤治疗技术为突破口, 我国已居世界领先水平。在扩大、巩固这一优势, 进入全球市场的同时, 将超声治疗技术应用于常见病(如妇女常见病等)、慢性病、老年退行性病变(如骨质疏松等)的防治, 将有重大的社会意义和经济前景。

### (四) 加强多学科交叉研究, 加速采用各种新技术和新材料

(1) 表面处理技术, 如表面梯度修饰、表面活性组装等。

(2) 器件和构件制备技术。

(3) 具有免疫屏障功能的可介入/植入材料和器件。

### (五) 个体化医学临床工程系统

个体化医学临床工程系统包括个体化手术优化设计、植入物个体化优化设计、靶向治疗个体化设计等。

### (六) 现代社会流行病的急救治疗技术和装置

(1) 心脑血管疾病的急救、治疗技术和装置。

(2) 呼吸系统疾病急救和治疗技术和装置。

(3) 新型肿瘤治疗技术和装置。主要是基于物理原理的无创或微创治疗技术和装置。

### (七) 生物传感器、生物芯片和生物刺激系统

生物传感器、生物芯片和生物刺激系统主要是发展床旁生化检测、分析系统、功能层次不同的体液化学组分和蛋白质检测系统; 发展蛋白质芯片、细胞芯片、芯片实验室以及高生物相容性的可植入芯片等。通过完善仪器的功能, 使之能代替或部分代替医生及护士的功能, 注意人-机工程的运用, 使测量仪器实现自动化与智能化。

### (八) 神经工程和脑-机接口技术

神经工程是神经科学与工程科学相结合形成的新型交叉学科。

(1) 基于脑-机接口技术的康复工程技术和装置。

(2) 以癫痫猝发预防、缓解、调控老年痴呆和帕金森氏综合症为目标, 以脑-机接口技术和可植入芯片相结合为主体的技术和装置。

(3) 将人作为一个输入与输出系统, 研究人与环境的通信, 并在微观生理(细胞与生物大分子)、器官与系统三个层次上及其内在联系中研究人与疾病、生命与运动、人与环境、人与自然的的关系, 并通过测量与仪器技术使其定量化、模型化, 从而实现对疾病、环境

与自然的调控。

## 第二节 临床医学工程技术

电子技术、计算机技术、信号与图像处理技术、通信技术、生物传感器技术的飞速发展以及工程技术与临床医学的紧密结合,推动了现代医疗仪器的发展,研制开发和生产了大量的多种多样的医疗仪器设备,为临床医学科学的发展做出了重大贡献。临床医学工程技术大致可分以下几方面内容。

### 一、生物电测量技术

在生物医学领域,通常将生物机体在进行生理活动时所显示出的电现象称为生物电现象,生物电现象在生物界是普遍存在的,其中以伴随神经、肌肉(包括骨骼肌、平滑肌和心肌)和感觉器官活动的电变化最受关注,并成为现代电生理学的主要研究内容。

人体不同部位的生物电测量与记录,能反映相应部位的兴奋性变化,是临床诊断的重要依据。例如心电变化的测量与记录是现代医学诊断心脏疾病的主要手段;脑电的测量与记录是探测脑部肿瘤和癫痫发作的重要依据;肌电的测量与记录有助于诊断肌肉萎缩和肌肉神经支配疾病等。

医学研究及临床应用中常用的生物电测量仪器有心电图机、高频心电图分析仪、心电地形图仪、脑电图机、肌电仪、眼电图、眼震电图、视网膜电图、胃电图、生理记录仪等。

### 二、生理参数测量技术

生理参数通常是指人体中的各种物理量,包括几何量(如位移等)、运动学量(如振动等)、能量(如温度等)以及更复杂的量(如流量等)。生理参数测量及仪器类别很多,不同类型的测量装置需要针对各种不同的物理变量选用不同类型的物理传感器。有时,某些物理变量常被转换成另一物理变量后,由相应的传感器检测。在人体生理参数的测量中常用的仪器有电子血压计、脉搏测量仪、心音测量仪、血流测量仪、血流量计、多普勒血流仪、电子体温计、呼吸流量计、呼吸监测仪、血液流变仪等。

### 三、生化参数测量技术

生化参数测量所涉及的内容很广,各种有关生物机体的化学结构和物质代谢的测量都属于生化参数测量。它对了解生命过程的特征、生物机体的生理病理变化机制和各种疾病的诊断等都有重要意义。现今医院中,为了诊断疾病所做的各种检查中生化参数测量占2/3以上,血液、尿及其他体液的生化分析,已成为疾病诊断必不可少的指标。

生化参数测量实质上就是生化分析,医院中叫做临床检验。常见的仪器有血气分析仪、经皮血气监测仪、电解质分析仪、生化分析仪等。

### 四、超声医学测量技术

医学超声测量技术是利用超声波的有关物理特性为医学科学直接或间接服务的一种现代测量技术。



医学超声测量技术在 20 世纪取得了极大的发展。40 年代, A 型超声脉冲回声测量技术用于探查人体, 从而研制出 A 型超声测量仪。50 年代, 开始用超声脉冲回声成像测量技术, 从事获得人体切面声像图即 B 型成像的研究; 用 M 型测量法研究心脏活动, 从而研制出 M 型超声测量仪 (或称超声心动图); 用超声多普勒测量技术, 研制出连续波超声多普勒诊断仪, 用于心脏和血管病变的研究。60 年代实时 B 型成像仪问世, B 型成像技术取得重大进步。70 年代, 以 B 型成像技术为代表的超声成像技术取得极大的发展, 特别是数字扫描变换器和处理器的出现, 把 B 型成像技术推向以计算机数字图像处理为主导的, 功能强、自动化程度高、图像质量好的新水平。80 年代, 双功超声诊断仪及彩色血流成像仪相继推出。90 年代, 超声探头结构和声束的时空处理技术发展迅速, 机器更新换代频繁, 介入超声、全数字化电脑成像、三维成像技术不断取得进展, 使整个医学超声测量技术及其相应仪器推向新的发展高潮。

医学超声技术已成为现代临床医学应用中, 最普遍、必不可少的重要部分, 它包括超声波诊断技术和超声波治疗技术。常用设备有 A 型超声测量仪、M 型超声测量仪、B 型超声测量仪、超声彩色血流成像仪、多普勒超声诊断仪、超声多普勒显像仪等。

## 五、现代医学影像技术

医学影像成像是借助于某种介质 (如 X 射线、电磁场、超声波、放射性核素等) 与人体的相互作用, 把人体内部组织、器官的形态结构、密度、功能等, 以影像的方式表现出来, 提供给诊断医生, 使医生能根据自己的知识和经验针对医学影像中所提供的信息进行判断, 从而对病人的健康状况进行判断的一门科学技术。所以医学影像是临床诊断、治疗和医学研究的一个重要领域。

医学影像由于含有极其丰富的人体信息, 能以非常直观的形式向人们展示人体内部组织结构、形态或脏器的功能等, 因此, 医学成像技术已成为医学研究及临床诊断中最活跃的领域之一。常见的医学影像技术及设备有 X 射线诊断设备、X 射线电视系统、数字减影血管造影、计算机断层成像、超声医学成像、磁共振成像、核医学成像等。

## 六、其他医学工程新技术

### (一) 医用激光新技术

激光以其独特的发光机理及具备奇特的物理性能, 迅速广泛应用于工农业、国防、交通、科研及文化艺术等诸方面。而激光新技术在医学领域的应用更为迅速, 各种医用激光器如雨后春笋般诞生。它不仅广泛应用于医学教学、科研及实验等方面, 而且还逐渐渗透于医疗的预防、诊断、治疗和检验等的各科之中。“激光医学”已成为医学重要的分支学科, 解决了某些传统医学难以解决的问题。激光的优异特性主要表现在高方向性、高亮度性、高单色性及高相干性等。与其他普通光源相比, 这些特性的同项比较的优异程度不是成百倍成千倍地增长, 而是成万倍甚至成亿倍地增长。激光照射生物组织, 会产生一系列的生物学效应, 主要有光热效应、机械压强效应、光化学效应, 电磁场效应及生物刺激效应等。目前医用激光器已成为临床新颖有效的治疗和诊断设备。例如用于手术切割、组织烧灼、凝结止血、光针穴位照射、局部扩照等治疗手段, 还可用于光敏诊断治疗肿瘤、激光血细胞计数、激光显微光谱分析、激光全息照相诊断、激光多普勒血流测速等医学新技术。



## （二）医用电子直线加速技术

医用电子直线加速技术是 20 世纪 60 年代产生的治疗肿瘤的新技术。它的技术原理主要是利用超高频电磁波电场以直线轨道加速电子，从而形成高能电子射线，然后用它轰击重金属靶。此时，一方面它减速和改变行进方向，产生韧致辐射，另一方面又会产生 X 射线。高能电子射线及 X 射线以电离辐射的形式作用于肌体，肿瘤细胞对其特别敏感，所以被杀伤，而正常细胞组织受害较小，故能达到治疗肿瘤的目的。医用电子直线加速器与传统的肿瘤放射治疗设备比较，具有剂量控制率高，剂量均匀度好，性能稳定，使用操作安全，患者反应小等优点，而且对深部肿瘤治疗效果较好，目前已越来越广泛应用于恶性肿瘤的放射治疗。另外，它也可应用于消毒灭菌以及人体内元素含量分析等。

## （三）体外冲击波碎石技术

20 世纪 80 年代由德国 Dornier 公司首先研制成功体外冲击波碎石机，用于治疗肾结石并取得了较好的效果，为在体外非手术治疗泌尿系及胆系结石开创了成功的先例。体外冲击波碎石机产生的冲击波是一种高频脉冲压力波，它的频带较宽，作用于物体时会产生较大的拉伸应力，击中结石时，由于结石质地既密又硬，足够大的拉伸应力可使得结石碎裂破坏之后排出体外。但人体其他正常组织由于结构较松软，抗拉伸应力能力较强，故不易损伤。该项医疗新技术出现后，很快在世界上得到广泛的推广应用。

## （四）医用内窥镜技术

内窥镜是一种可插入人体体腔和脏器内腔直接观察、诊断或治疗病变的医用光学仪器。它通过人体自然开口或小的皮肤切口插入体腔对其内表面直接成像。利用光学的内镜，能使人眼直接看到人体内部脏器的组织形态，从而提高了诊断的准确性。内镜的诊疗优势，已成为医学界的共识。

自从 1806 年法国医生 Phillipp Bozzini 设计制造了尿道膀胱内窥镜以来，内镜的发展经历了漫长的道路，从早期的硬质镜（硬直管镜）到后来的可半曲式内镜，发展到现今的软镜（软管内镜）。到目前为止，凡是人体内与外界相通的空腔器官都有专门的内窥镜，甚至连一些封闭的体腔（如关节腔、腹腔等）也有相应的内窥镜。

历史上内窥镜的发展有两个重要的里程碑：一是 1957 年美国 Hirschowitz 发明了光学纤维胃及十二指肠镜，纤维镜的出现使内镜由硬质镜发展到软镜，并使内镜照明问题得以完善解决；二是电子显像技术与内镜的结合，使内镜图像传送到电视监视器的荧光屏上，提高了内镜使用效果。在内镜的使用上，从早期的一般内镜检查发展到内镜治疗阶段。80 年代末电视腹腔镜外科的出现标志着内镜外科发展到一个新时期。

由于内窥镜在诊断中创伤小，诊断准确率高，会在相当长时间内占主流地位。纵观医用内窥镜的发展趋势，减少创伤一直是内窥镜发展的主旋律。随着技术的不断进步，纤维内窥镜正朝细小化及采用多种传感器方向发展，新的电子视频内窥镜采用更微型的 CCD 及图像实时高速处理技术，使微创诊疗技术产生了飞跃发展，在临床上的应用更加广泛。已成为临床诊疗中的必要手段，具有很高的应用价值。医用内镜的种类很多，目前临床上用得最多的是光导纤维内镜（纤镜），而最有发展潜力的是电子内镜。