



国家卫生和计划生育委员会“十二五”规划教材
全国高等医药教材建设研究会“十二五”规划教材
全国高职高专院校教材

供医学影像技术专业用

医学影像设备学

第3版

主 编 黄祥国 李 燕

副主编 裴作升 黄泉荣



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



国家卫生和计划生育委员会“十二五”规划教材
全国高等医药教材建设研究会“十二五”规划教材
全国高职高专院校教材

供医学影像技术专业用

医学影像 设备学

第3版

主 编 黄祥国 李 燕

副 主 编 裴作升 黄泉荣

编 者 (以姓氏笔画为序)

马敬研 (天津医学高等专科学校)

王衍子 (山东医学高等专科学校)

王晓敏 (天津医科大学)

史晓霞 (内蒙古科技大学包头医
学院)

李 燕 (雅安职业技术学院)

何乐民 (泰山医学院)

陈海岩 (山东万杰医学院)

罗烈斌 (南阳医学高等专科学校)

黄泉荣 (浙江医学高等专科学校)

黄祥国 (永州职业技术学院)

蒋彬斌 (永州职业技术学院)

蔡惠芳 (北京卫生职业学院)

裴作升 (襄阳职业技术学院)

人民卫生出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

医学影像设备学 / 黄祥国, 李燕主编. —3 版. —北京:
人民卫生出版社, 2014

ISBN 978-7-117-19035-0

I. ①医… II. ①黄…②李… III. ①影象诊断 - 医
疗器械学 - 高等职业教育 - 教材 IV. ① R445

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 156213 号

人卫社官网	www.pmph.com	出版物查询, 在线购书
人卫医学网	www.ipmph.com	医学考试辅导, 医学数 据库服务, 医学教育资 源, 大众健康资讯

版权所有, 侵权必究!

医学影像设备学
第 3 版

主 编: 黄祥国 李 燕

出版发行: 人民卫生出版社 (中继线 010-59780011)

地 址: 北京市朝阳区潘家园南里 19 号

邮 编: 100021

E - mail: pmph@pmph.com

购书热线: 010-59787592 010-59787584 010-65264830

印 刷: 尚艺印装有限公司

经 销: 新华书店

开 本: 850×1168 1/16 印张: 24 插页: 10

字 数: 660 千字

版 次: 2002 年 9 月第 1 版 2014 年 8 月第 3 版

2014 年 8 月第 3 版第 1 次印刷 (总第 12 次印刷)

标准书号: ISBN 978-7-117-19035-0/R · 19036

定 价: 55.00 元

打击盗版举报电话: 010-59787491 E-mail: WQ@pmph.com

(凡属印装质量问题请与本社市场营销中心联系退换)

出版说明

为了认真贯彻落实十八届三中全会“加快现代职业教育体系建设,深化产教融合、校企合作,培养高素质劳动者和技能型人才”,和国务院常务会议关于“发展职业教育是促进转方式、调结构和民生改善的战略举措”精神,全国高等医药教材建设研究会和人民卫生出版社在教育部、国家卫生和计划生育委员会的领导和支持下,成立了新一届全国高职高专医学影像技术专业教育教材建设评审委员会,并启动了全国高职高专医学影像技术专业第三轮规划教材修订工作。

按照《医药卫生中长期人才发展规划(2011—2020年)》、《教育部关于“十二五”职业教育教材建设的若干意见》等文件精神,随着我国医药卫生事业和卫生职业教育事业的快速发展,高职高专医学生的培养目标、方法和内容有了新的变化,教材编写也要不断改革、创新,健全课程体系、完善课程结构、优化教材门类,进一步提高教材的思想性、科学性、先进性、启发性、适用性。为此,第三轮教材修订紧紧围绕高职高专医学影像技术专业培养目标,突出专业特色,注重整体优化,以“三基”为基础强调技能培养,以“五性”为重点突出适用性,以岗位为导向、以就业为目标、以技能为核心、以服务为宗旨,力图充分体现职业教育特色,进一步打造我国高职高专医学影像技术专业精品教材,推动专业发展。

全国高职高专医学影像技术专业卫生部规划教材第一轮共8种于2002年8月出版,第二轮教材共10种于2010年9月出版,均为教育部、卫生部国家级规划教材。第三轮教材是在上一轮教材使用基础上,经过认真调研、论证,结合高职高专的教学特点进行修订的。第三轮教材修订坚持传承与创新的统一,坚持教材立体化建设发展方向,突出实用性,力求体现高职高专教育特色。在坚持教育部职业教育“五个对接”基础上,教材编写进一步突出医学影像技术专业教育和医学教育的“五个对接”:和人对接,体现以人为本;和社会对接;和临床过程对接,实现“早临床、多临床、反复临床”;和先进技术和手段对接;和行业准入对接。注重提高学生的职业素养和实际工作能力,使学生毕业后能独立、正确处理与专业相关的临床常见实际问题。

在全国卫生职业教育教学指导委员会、全国高等医药教材建设研究会和全国高职高专医学影像技术专业教育教材建设评审委员会的组织和指导下,对第三轮教材内容反复修改,对体例形式也进行统一规范,并设置了学习目标、本章小结、思考题等模块,同时鼓励各教材结合自身内容特点在正文中以插入文本框的形式增设一定篇幅的拓展内容,如“知识拓展”、“课堂互动”、“案例分析”等,以便于教师开展形式多样的教学活动,拓宽学生视野,提升教学效果。为了帮助学生有效掌握课本知识,熟练操作技能,增强学习效果,适应各级各类考试,本轮教材配套了实训与学习指导。此外,本轮教材还配套了网络增值服务内容,在人卫医学网教育频道(edu.ipmph.com)平台上,大量难以在纸质教材中表现出来的内容围绕教材形成便捷的在线数字化资源教学包,为教师提供教学素材支撑,为学生提供学习资源服务。

本轮修订全国高职高专医学影像技术专业规划教材共11种,其中新增《医学影像解剖学》。全部为国家卫生和计划生育委员会“十二五”国家规划教材,5种为教育部“十二五”职业教育国家规划教材,将于2014年6月陆续出版。

教材目录

序号	教材名称	版次	主编	配套教材
1	影像电子学基础	3	鲁 雯 曹家龙	√
2	放射物理与防护*	3	王鹏程 李迅茹	
3	医学影像解剖学	1	刘秀平 赵江民	√
4	医学影像成像原理*	3	张晓康 张卫萍	√
5	医学影像设备学	3	黄祥国 李 燕	√
6	医学影像检查技术*	3	李 萌 樊先茂	√
7	医学影像诊断学*	3	夏瑞明 刘林祥	√
8	超声诊断学	2	周进祝 李彩娟	√
9	介入放射学基础	2	卢 川 杜耀明	√
10	核医学	2	王 辉	√
11	放射治疗技术*	3	姚 原	√

注:*者为教育部“十二五”职业教育国家规划教材

全国高职高专医学影像技术专业教育教材建设 评审委员会名单

主任委员 周进祝 李 萌

副主任委员 赵汉英 吕国荣 王鸣鹏 石明国 余建明

秘 书 长 窦天舒

委 员 (按姓氏汉语拼音排序)

樊先茂 李迅茹 路 阳 唐陶富 徐秀芳

薛敏娜 殷国生 张卫萍 张晓康 张雪君

秘 书 裴中惠

网络增值服务（数字配套教材）编者名单

主 编 黄祥国 李 燕

副主编 史晓霞 蔡惠芳

编 者 （以姓氏笔画为序）

马敬研（天津医学高等专科学校）

王衍子（山东医学高等专科学校）

王晓敏（天津医科大学）

史晓霞（内蒙古科技大学包头医学院）

李 燕（雅安职业技术学院）

何乐民（泰山医学院）

陈海岩（山东万杰医学院）

罗烈斌（南阳医学高等专科学校）

黄泉荣（浙江医学高等专科学校）

黄祥国（永州职业技术学院）

蒋彬斌（永州职业技术学院）

蔡惠芳（北京卫生职业学院）

裴作升（襄阳职业技术学院）

前言

《医学影像设备学》第3版是国家卫生和计划生育委员会“十二五”规划教材,由全国高等医药教材建设研究会组织编写。在总结第2版的基础上,根据高素质技能型人才培养目标,结合教学实际和临床实践,以“必需、够用、实用”为原则取舍内容,删繁就简;按照医学影像设备的结构逻辑、电路逻辑和相互关联度,以及学习者认知规律编排章节顺序。全书整体上强调“三基”,即基础理论、基本知识和基本实践技能;体现“五性”,即思想性、科学性、先进性、启发性、适应性;进一步突出医学影像技术专业特色,使之更加符合培养高素质技能型人才的要求。

全书共分十一章。第一章绪论,简要介绍了医学影像设备的发展历程和分类;第二章至第七章,对各类X线机、CR、DR、DSA、CT等X线设备的基本结构、工作原理、电路分析、使用与维护等作了重点阐述;第八章至第十章分别介绍了磁共振、超声和核医学成像设备;第十一章对PACS作了简要介绍;为满足不同学历层次读者的学习要求,书后还附有相关知识拓展和部分X线机电路图。全书在内容上力求把握主题,选材适当,同时注重与其他专业课程之间的紧密联系,使读者具有较为系统和扎实的医学影像设备知识结构,具有较强的设备操作和使用技能,为学习其他专业课程和从事临床实践奠定基础。

本书以医学影像技术专业专科教学为基础,采用模块化结构,具有较强的可塑性,可以满足医学影像技术专业不同学历层次的教学需要,也可以作为在职培训教材和临床实践参考用书。

本书是集体智慧的结晶,参加编写的有13位编者,每一章节都由多位编者共同完成,章后编者署名皆以姓氏笔画为序。在整书编写过程中,永州职业技术学院、辽东学院医学院、山东医学高等专科学校等单位的领导和老师们给予了多方面的关心、支持和帮助,在此一并致谢。同时,对为本书提出许多宝贵意见和建议的专家、教师、医务工作者,及为本书积累经验和提供参考的第2版教材和参考文献的编写人员,表示最诚挚的敬意和衷心的感谢。

医学影像设备的发展日新月异,加之编写经验和水平有限,书中不足之处在所难免,敬请读者们批评指正。

编者

2014年5月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 医学影像设备的发展历程	1
第二节 医学影像设备的分类	4
第二章 诊断用 X 线机基本装置	8
第一节 诊断用 X 线机概论	8
第二节 医用 X 线管装置	12
第三节 高压发生装置	26
第四节 控制装置	35
第五节 医用 X 线电视系统	49
第六节 机械辅助装置	59
第三章 常规 X 线机	72
第一节 概述	72
第二节 电源电路	75
第三节 X 线管灯丝加热电路	78
第四节 高压初级电路	84
第五节 高压次级电路	91
第六节 X 线管安全保护电路	95
第七节 限时电路	102
第八节 操作控制电路	108
第九节 X 线机使用与维护	115
第四章 程控 X 线机	126
第一节 整机概述	126
第二节 单元电路分析	130
第三节 安装与调试	166
第五章 高频 X 线机	168
第一节 概述	168
第二节 直流逆变电源	171
第三节 高频 X 线机的使用	174
第四节 高频 X 线机的电路分析	176
第六章 数字 X 线设备	196
第一节 计算机 X 线摄影装置	197
第二节 数字 X 线摄影装置	205

第三节 数字减影血管造影装置	210
第四节 激光相机	218
第七章 X 线计算机体层成像设备	223
第一节 概述	223
第二节 扫描系统	227
第三节 计算机系统、图像显示与存储系统	237
第四节 螺旋 CT	241
第五节 CT 的使用与维护	251
第八章 磁共振成像设备	256
第一节 概述	256
第二节 主磁体系统	260
第三节 梯度磁场系统	266
第四节 射频发射与接收系统	269
第五节 计算机系统	273
第六节 磁场的屏蔽	274
第七节 超导及低温系统	276
第八节 MR 设备的使用与维护	280
第九章 超声成像设备	283
第一节 概述	283
第二节 超声探头	287
第三节 A 型和 M 型超声诊断仪	292
第四节 B 型超声诊断仪	293
第五节 超声多普勒成像仪	298
第六节 超声诊断仪的使用与维护	302
第十章 核医学成像设备	304
第一节 概述	304
第二节 γ 照相机	306
第三节 单光子发射型计算机体层设备	312
第四节 正电子发射型计算机体层设备	316
第五节 核医学成像设备的使用与维护	319
第十一章 医学图像存储与通讯系统	321
第一节 概述	321
第二节 DICOM 标准	324
第三节 PACS 基本结构	327
参考文献	335
附录一 相关知识拓展	336
第一节 诊断用 X 线机的临床应用	336

第二节 其他专用 X 线机	338
第三节 F ₇₈ -Ⅲ A 型 X 线机整机分析	345
附录二 附图	369
附图 2-1 F ₃₀ -Ⅱ F 型 X 线机电路图	
附图 2-2 XG-200 型 X 线机电路图	
附图 2-3 F ₇₈ -Ⅲ A 型 X 线机电路图	
附图 2-4 FSK302-1A 型 X 线机微机板电路图	
附图 2-5 FSK302-1A 型 X 线机系统图	
附图 2-6 FSK302-1A 型 X 线机床控制电路图	
附图 2-7 FSK302-1A 型 X 线机点片控制电路图	
附图 2-8 HF50R 高频 X 线机电源系统联络板	
附图 2-9 HF50R 高频 X 线机电源板	
附图 2-10 HF50R 高频 X 线机下位计算机 CPU 电路(a)	
附图 2-11 HF50R 高频 X 线机下位计算机 CPU 电路(b)	
附图 2-12 HF50R 高频 X 线机上位计算机 CPU 电路	
附图 2-13 HF50R 高频 X 线机键盘操作及液晶显示电路	
附图 2-14 HF50R 高频 X 线机管电压调整电路	
附图 2-15 HF50R 高频 X 线机管电流调整电路	
附图 2-16 HF50R 高频 X 线机灯丝逆变与驱动电路	
附图 2-17 HF50R 高频 X 线机旋转阳极启动电路	
附图 2-18 HF50R 高频 X 线机接口电路图	
附图 2-19 HF50R 高频 X 线机整机系统联络图	
中英文名词对照索引	370

第一章 绪 论



学习目标

1. 熟悉医学影像设备的分类。
2. 了解医学影像设备的发展历程。

图像科学是现代科学技术领域中的一个重要分支,它包括图像的形成、获取、传输、存储、处理、分析与识别等研究内容。生物医学图像学(biomedical imaging, BMI)是图像科学研究领域的重要学科,是20世纪生物医学工程(biomedical engineering, BME)领域发展最为迅速的学科之一。在BMI研究中包含以下两个相对独立的研究方向:医学成像系统(medical imaging system)和医学图像处理(medical image processing)。医学成像系统主要研究生物医学图像(简称医学图像)的形成过程,包括对成像原理、成像设备、成像系统分析等问题的研究。医学图像处理是指对已经获得的医学图像作进一步的分析处理,其目的或者是使原来不够清晰的图像复原;或者是为了突出图像中的某些特征信息;或者是对图像作模式分类,等等。由于医学图像能提供生物体内脏器、组织、细胞甚至分子水平的相关信息,能以非常直观的形式向人们展示人体内部的结构形态与脏器功能,已成为临床诊断最重要的手段之一。

医学成像系统涉及理学、工学、医学等各个学科领域,是生物医学、物理学、电子技术、计算机技术、材料科学与精细加工等多种高新技术相互渗透的产物,其成像设备的种类日益增多,结构也越来越复杂,20世纪90年代已形成较为完整的医学影像设备体系,医学影像设备学也由此建立。

医学影像设备学以医学图像形成过程中的成像设备为研究对象,以成像设备的基本构造、工作原理、维护保养、安装维修、使用方法、操作规程等为研究内容,已成为BME领域中的一门新的学科,也是医学影像技术专业必修的课程之一。

第一节 医学影像设备的发展历程

自1895年德国物理学家伦琴(Wilhelm Conrad Rontgen)发现X线(X-ray)并用X线为其夫人拍摄了世界上第一张X线照片,X线便广泛应用于多个领域,特别是在临床诊断上发挥着极其重要的作用。在此后的一百多年中,随着现代科学技术的进步,特别是计算机技术的发展,各种医学影像设备不断涌现,临床诊断的准确性、敏感性、特异性、快速性、无创伤性不断提高,并已从单一的常规X线机发展到包括X线计算机体层成像(X-ray computed tomography, X-CT)(简称CT)、磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)、超声(ultrasonography, US)成像、 γ 闪烁成像(γ -scintigraphy)、发射型计算机体层成像(emission computed tomography, ECT)如单光子发射型计算机体层成像(single photon emission computed tomography, SPECT)和正电子发射型计算机体层成像(positron emission computed tomography, PET或PET)等多种设备组成的医学影像设备



体系;开拓了医学影像诊断学(diagnostic imageology)以及在动态监视下诊断和治疗的介入放射学(interventional radiology)等。

一、常规 X 线设备的发展

1895 年 11 月 8 日,伦琴(1845-1923)在真空管高压放电实验中,意外地发现了一种不可见的、具有很强穿透能力的并能使某些物质发光和使胶片感光的 X 线。伦琴当时的工作条件极其简陋,但 X 线的发现却震撼了全世界,为世界科技史增添了光辉的一页,开启了医学影像设备的发展历程。为此,伦琴于 1901 年 12 月 10 日荣获了首次诺贝尔物理学奖。世人为了纪念他的不朽功绩,又将 X 线称为伦琴射线或伦琴线。

X 线发现伊始即用于医学领域。由于人体各组织的密度、厚度不同,故对 X 线的吸收程度亦不同,透过人体被检部位后的 X 线辐射强度就有差别。根据 X 线的荧光效应和感光效应,荧光屏或 X 线胶片接受辐射强度不同的 X 线后就会形成具有一定黑白对比度的图像。在开始阶段,X 线检查仅局限于密度差别较大的骨折、体内异物等诊断,以后才逐步应用于人体各部分的检查。与此同时,各种 X 线设备相继出现,并逐步得到发展和改进。1896 年,研制出了第一支 X 线管;20 世纪 10~20 年代,出现了常规 X 线机这一常规 X 线设备。此后,由于 X 线管、高压发生器、相关的仪器和装置以及人工对比剂的不断开发应用,尤其是体层摄影装置、连续摄影、快速换片机、高压注射器、影像增强器(image intensifier, I.I)、X 线电视系统(X-TV)的应用,到 20 世纪 60 年代中末期,已初步形成放射诊断学这一学科体系。

单一或组合运用各常规 X 线设备进行透视和摄影两大基本功能进行放射诊断,可获得重要的、较为确切的诊断信息。X 线可用于人体各系统如呼吸、循环、泌尿生殖、骨骼、中枢神经及颌面五官等疾病的检查。常规 X 线设备是医学影像设备大家庭中的一名老成员,至今仍是基本的、有效的临床检查设备之一;尤其对骨骼系统、呼吸系统、胃肠道以及心血管系统疾病的诊断,仍然占有重要和主导作用。

二、X-CT 设备的诞生

1972 年,英国工程师豪斯菲尔德(G.N.Hounsfield)在英国放射学会上宣布了世界上首台用于颅脑检查的 X-CT 设备研制成功。并于 1979 年与美国物理学家柯玛克(A.M.Cormack)共同荣获了诺贝尔生理学或医学奖。X-CT 是电子技术、计算机技术和 X 线技术相结合的产物,其图像密度分辨力和空间分辨力较高,引起了医学界的极大关注并得到广泛应用,促进了医学影像技术的发展,被誉为自伦琴发现 X 线以来的又一里程碑,为现代医学影像设备体系的建立奠定了基础。

X-CT 以横断面体层成像为主,不受层面上下组织的干扰;同时由于密度分辨力显著提高,能分辨出 0.1%~0.5% 的 X 线衰减差异,比常规 X 线检查高 10~20 倍;还能以 CT 值作定量分析。近 30 年来,X-CT 设备更新了五代,扫描时间由最初的 3~5 分钟缩短到 0.5 秒甚至更短,空间分辨力也提高到 0.1mm 量级以上。X-CT 设备与技术在医学影像诊断中占有十分重要的地位,尤其对颅脑及腹部的肝、胆、胰和后腹腔、肾、肾上腺等病变的影像诊断占有主导地位。20 世纪 80 年代,先后研制开发的超高速 CT(ultra-fast CT, UFCT)、螺旋 CT(helical/spiral CT, SCT),以及目前已大量投入临床应用的多层螺旋 CT(multi-slice CT, MSCT),使其临床应用范围和诊断效率进一步扩大和提高。

20 世纪 80 年代初开始应用于临床的 MRI 设备,是一种新型的、非电离辐射式的医学影像设备。1946 年,美国斯坦福大学物理系的布洛赫(F.Bloch)教授和哈佛大学的珀塞尔(E.M.Purcell)教授领导的研究小组同时独立发现了核磁共振(nuclear magnetic resonance, NMR)现象,即含奇数质子或中子的原子核自身可产生自旋运动,自旋的运动产生磁矩(magnetic moment),并在其



周围形成一个小磁场。为此,他们两人共同荣获了 1952 年的诺贝尔物理学奖。1972 年,美国科学家劳特伯(Paul Lauterbur)成功地获得了 NMR 图像,使 NMR 成像得到了长足的发展,为此他和英国科学家曼斯菲尔德(Petter Mansfield)共同荣获 2003 年的诺贝尔生理学或医学奖。自 20 世纪 80 年代初 NMR 成像用于临床以来,为了与 ECT 等核医学成像相区别,改称为磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)或 MR 成像。在此期间, MRI 发展十分迅速。

MRI 是利用含奇数电荷的原子核在磁场内共振所产生的信号,经计算机重建成像的一种影像技术。MRI 图像的软组织分辨力高,调整梯度磁场的方向和方式,可直接获取横、冠、矢状断面和斜位等不同体位的体层图像。迄今, MRI 已广泛用于全身各系统的影像检查,其中以中枢神经系统、心血管系统和盆腔实质脏器、四肢关节和软组织等效果最好;近年来, MRI 腹部诊断效果已达到优于 CT 的水平,颅脑图像的分辨力在常规扫描时间下提高了数千倍,显微成像的分辨力达到 50~10 μ m,现已成为医学影像诊断设备重要的组成部分之一。生物体 MR 波谱分析(magnetic resonance spectroscopy, MRS)具有无创伤性地检查机体物质代谢的功能和潜力。功能 MRI(functional MRI, FMRI)主要用于研究脑组织的生理解剖,并为脑部手术设计提供各部分脑组织的功能区分布情况,以及诊断早期脑梗死。

数字减影血管造影(digital subtraction angiography, DSA)和计算机 X 线摄影(computer radiography, CR)是 20 世纪 80 年代开发并开始应用的数字 X 线设备。CR 设备中,用影像板(imaging plate, IP)代替传统的胶片,具有图像宽容度大的特点; DSA 具有微创、适时成像、对比分辨力高、安全、简便等特点,从而扩大了血管造影的应用范围。 DSA 和 CR 都可以获得数字化图像,并可方便接入医学图像存储与通讯系统(picture archiving and communication system, PACS)。20 世纪 90 年代中期,随着 X 线实时高分辨力平板探测器(flat panel detector, FPD)的发明,数字 X 线摄影(digital radiography, DR)设备也逐步兴起,并逐步应用于临床诊断。20 世纪 50~60 年代,超声和核医学设备相继出现,并各成系统。

1972 年 X-CT 的研制成功,使医学影像设备进入了一个以计算机图像重建为基础的体层成像新时代。20 世纪 70 年代末 80 年代初,超声 CT、ECT 也相继研制成功并开始临床应用。这些设备的成像参数、诊断机制和检查方法各不相同,可分别获得形态或功能图像信息。为同时获得形态图像和功能图像,出现了 PET 与 X-CT、MRI 相互融合的设备,如 PET-CT、PET-MRI,它们可将形态图像和功能图像融合,提高了影像诊断的敏感性和特异性。

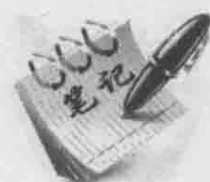
三、现代医学影像设备体系的建立

随着 X 线机、X-CT、MRI、US 和核医学设备的不断发展,介入放射学自 20 世纪 60 年代兴起,20 世纪 70 年代中期逐步应用于临床,近年来尤以介入治疗进展迅速。因其具有微创、安全、经济等特点,深受医师和患者的重视与欢迎,现正处于不断发展和完善的过程之中。20 世纪 90 年代备受人们瞩目的立体定向放射外科(stereotactic radiosurgery, SRS)设备,用于放射治疗设备治疗时的定位。常用的有⁶⁰Co、医用直线加速器、 γ -刀(γ -knife)和 X-刀(X-knife)等,由于它们可不作开颅手术而治疗一些脑部肿瘤和其他一些病变,深受临床青睐。介入放射学设备和立体定向放射外科学设备都是由医学影像设备给予引导和定位来实施治疗的设备,两者都属于医学影像设备的范畴。

综上所述,多种类型的医学影像诊断设备与医学影像治疗设备相结合,共同构成了现代医学影像设备体系。

四、我国医学影像设备的发展简况

19 世纪末,美国传教士将 X 线的知识传入我国,在其编译的中文讲义《光学摘要》中编入了关于 X 线的内容。



1911年,英籍医师康特(H.B.Kent)捐赠给河北省中华医院(今开滦医院)一台小型X线机。这是我国第一台小型X线机,其X线管为冷阴极式三极管,高压裸露。到1915年,上海少数医院也引进了X线机。

1951年,上海精密医疗器械厂首先试制200mA四管单相全波整流X线机,到1953年以“和平号”命名,并批量生产。

1973年,上海第二医学院附属瑞金医院等单位研制出乳腺摄影X线机。1983年,第一台颅脑CT试制成功。1988年,第二代颅脑CT问世。1990年,第三代全身CT研制成功,并与国外大公司合作批量生产,整个CT的国产化率达到80%(X线管亦为国产)。1989年以来,我国又先后研制出永磁型和超导型MRI、X-刀、全身 γ -刀等设备。

总之,我国医学影像设备的开发和应用,虽然起步较晚,但进展迅速,到20世纪90年代初已形成较完整的规模,且在某些方面有了突破性进展。

第二节 医学影像设备的分类

现代医学影像设备按使用目的可分为医学影像诊断设备和医学影像治疗设备两大类。

一、医学影像诊断设备

医学影像诊断设备主要用于临床疾病检查和诊断,按照图像信息载体的不同可分为:①X线设备,包括X线机和X-CT设备;②MRI设备;③US设备;④核医学设备;⑤热成像设备;⑥医用光学设备(医学内镜)。

(一) X线设备

X线设备以穿透人体的X线为图像信息载体,是通过测量透射X线来实现人体成像的。常见的X线设备有出现最早、发展历程最长的常规X线机;有以CR、DR、DSA等为代表的数字X线设备;有能获取人体断面图像的X-CT等。

用X线作为图像信息的载体,应考虑两个制约因素,即分辨力和衰减系数。从分辨力来看,为了获得有价值的图像,X线波长应小于1.0cm。另一方面,X线通过人体时,将被衰减。若衰减过大,在测量透过人体的X线时,由于噪声的存在,很可能导致测量结果失去意义;反之,若X线透过人体时几乎无衰减,则因无法区分人体对X线的衰减,也使测量结果失去意义。只有波长为 $1.0 \times 10^{-12} \sim 5.0 \times 10^{-11} \text{m}$ 的X线(对应1.0~250keV),其波长比所要求的图像分辨力短得多,并沿直线传播,且穿过人体时对大部分组织呈现明显的衰减差别,才能应用于X线诊断。

在X线设备中,常规X线机图像分辨力较高,可达10LP/mm,且使用方便,价格较低,广泛应用于各级医院。但它得到的是人体不同深度组织叠加在一起的二维平面图像,故病变组织深度很难区分,且对软组织病变的分辨力低。数字X线设备可提高图像的分辨力,有利于发现微细病变,扩大了诊断范围,便于进行胃肠道和心脏等部位的诊断。CT图像的空间分辨力可达到0.5mm,可分辨组织的密度差别为0.5%,并可确定被检脏器的位置、大小和形态变化。

除X线设备外,US设备、MRI设备、核医学设备在各级医院应用也很普遍。这些设备将在后续章节专门阐述,下面简单介绍热成像设备和医学内镜。

(二) 热成像设备

热成像设备是通过测量体表红外信号和体内的微波信号,实现人体成像的设备。红外辐射与温度有关,因此又可以说,热成像就是利用温度信息成像的技术。

研究人体温度的分布,对了解人体生理状况、诊断疾病具有重要意义。影响人体表面温度的因素很多,其中最主要的是皮下毛细血管网的血流情况;此外,皮肤温度还受其他因素的影响,如疼痛感受器、化学受体、丘脑下部等。由于出汗而形成的局部热蒸发损失,也需予以考虑。



由于血流主要受控于中枢神经系统,其四肢的交感神经系统主要控制着血管舒缩的节律,因此,热成像设备的用途是:①评价血流分布是否正常;②评价交感神经系统的活动;③研究皮下组织所增加的代谢热或动脉血流通过热传导使体温升高的情况。

医用热成像设备一般包括红外成像、红外照相照像、红外摄像和光机扫描成像等。光机扫描热成像仪是将人体的热像转变为连续变化的图像电信号,经放大处理后在显示器显示可见的热像。其温度分辨率为 $0.1\sim 0.01\text{K}$,且具有灵敏度高、空间分辨力高等优点;目前已用于乳腺癌的普查和诊断、血管瘤和血管闭塞情况的检查和诊断,以及妊娠的早期诊断等。还有一种热释电摄像机,将输入的热辐射由红外透镜聚焦,在摄像管靶面上产生空间和强度变化与热体温度分布相同的电荷图形,最后把反映温度变化情况的电信号转变为视频信号输出。热释电摄像机在整个红外光谱区相应相当平稳,又无需无须制冷,具有电子扫描、能与电视兼容等优点,是一种很有发展前途的热成像系统。但目前它存在着灵敏度低、工作距离近、性能指标比光机扫描热成像仪差的缺点,有待于进一步完善和提高。

体内以电磁波方式向外传播的热辐射,其中含有微波成分。微波成像系统借助体外微波天线接收体内传出的微波,并通过高灵敏度的热辐射计实现体内温度测量。如测量某一特定频率的信号,即可得到从体表到某一深度的平均温度;若采用多波段辐射计,并对测量数据作适当处理,就可推断出不同深度组织的温度。如以温度为参变量,则可获得不同深度的体层图像。

由于引起人体组织温度的异常分布原因很多,因此,热成像设备得不到准确的诊断结果,它所提供的信息仅供提示和参考。

(三) 医学内镜

目前,只有医学内镜能直观地观察人体内部器官的形态,而前述的各种医学影像设备只能间接地显示人体组织的形态或功能。利用医学内镜,可直接观察人体内脏空腔器官的黏膜组织形态和病变,从而提高诊断的准确性。内镜的诊疗优势,已成为医学界的共识。

医用内镜的种类很多,以往临床上用得最多的是光导纤维内镜(纤镜),而目前最有发展潜力的是电子内镜,它正在世界范围内普及。

以胃肠纤维内镜为例,光导纤维内镜是由头端部直径为 $7.9\sim 12.8\text{mm}$ 的可弯插入管,以及将光源和头端部连接起来的连接管组成。头端部可以手持,它由目镜、远端弯角、抽吸和送水的各种控制件及工作钳孔组成。在可弯曲的套管中,密封有传像束和导光束,它们将头端和末端连接在一起。导光束将来自光源的光传输到内镜的末端以照明视物;传像束将图像作为反射光传回到目镜。导光束和传像束由 $30\,000\sim 50\,000$ 根光学纤维组成,它们即使在弯曲时也能进行双向光传输。传像束要连贯地排列,使每根纤维在内镜头、尾两端的相对位置保持一致,以便在目镜中重建一幅十分逼真的图像。

光导纤维内镜的出现,使医用内镜无论在功能和用途方面,还是在对人体脏器的适用性方面,都取得了突破性的进展。数十年来,光导纤维内镜不断发展完善,且以其性能的稳定性、技术的可靠性、种类的系统性、装置的小型性、使用的方便性以及性能价格比的可接受性等诸多优势,在医学界备受青睐。

电子内镜应用了微电子和计算机等高新技术,其功能比光导纤维内镜更强大,是内镜的一大进步。它主要由内镜、光源、视频处理中心、视频显示系统、图像与患者数据记录系统及附属装置组成。其最大的优点是采用电荷耦合器件(charge coupled device, CCD)摄像机将观察到的物像转换成电信号,并传输到视频中心进行处理,达到最终显示的目的。传输到显示器上的图像还可记录下来,用视频打印机打印;也可传输到另一场所同时观察,并可放大 $80\sim 100$ 倍以观察微小病变,图像记录系统可将其记录保存、打印成图像,亦可传输到异处同时进行观察。

超声内镜是将超声探头和内镜连接在一起。在内镜的引导下,将超声探头送入体内进行扫描,所得到的信息更加清晰和准确。目前此类设备主要用线性和扇形两种扫描方式。



激光内镜和三维内镜还处于发展之中,激光内镜是将诊断与治疗结合在一起的新一代内镜。三维内镜可提供立体图像,可使许多高难度手术得以顺利实施,为手术安全提供可靠保证,使医学内镜技术迈上了一个新的台阶。

二、医学影像治疗设备

(一) 介入放射学设备

介入放射学是在 20 世纪 70 年代初期以 Seldinger 技术为基础而发展起来的一个微创医学的分支,是以影像诊断学为基础,并在影像设备的导向下,利用经皮穿刺和导管技术等,对一些疾病进行非手术治疗或者用以取得组织学、细菌学、生理和生化材料,以明确病变性质。

医学影像设备的导向是完成介入治疗的关键,主要有 X-TV、US、X-CT 和 MRI。20 世纪 80 年代初发展起来的 DSA 设备问世后,由于它能实时、清楚、准确地向术者提供穿刺针和导管的位置、局部血管或生理管道系统的结构、介入治疗后栓塞或扩张的效果等有关介入诊疗的信息,因而具有很大的优越性,目前 DSA 设备已基本取代了常规心血管造影设备。而计算机的发展,使 DSA 设备向智能化、网络化、综合快速数据处理能力、无胶片处理方式,以及尽可能低的 X 线剂量和操作方便的界面、灵活的图像后处理技术等方向发展,从而为介入放射学提供了有力的保证。

介入性导管应具备以下条件:①合适的几何造型及硬度;②较好的弹性和柔韧性;③扭力顺应性小(为减小扭力顺应性,管壁置入金属网);④形状具有记忆性;⑤血液与组织相容性;⑥可进行高温、高压消毒或化学消毒;⑦可进行放射性跟踪;⑧管壁光滑、管腔满足流量压力的要求,摩擦系数适宜。根据用途不同,介入性导管可分诊断用导管和治疗用导管两类。前者包括心血管、脑血管造影导管,肝、肾、胰、脾等内脏器官用导管十余种。这种导管要有一定耐压性和满足大流量的要求(15~25ml/s)。后者包括消化道治疗导管、肿瘤化疗用导管、射频消融导管、溶栓导管、二尖瓣球囊扩张导管等。

导管附件有用于血管或腔管的内支架(stent);有用于永久性栓塞的弹簧圈(coil);以及用于引导导管的导丝(guild-wire)等。其中内支架又可分为自扩式、球囊扩张式和热记忆式三种。

在 21 世纪,应用微电子、分子生物学和基因工程的新成果,集多功能如内镜、超声、血流压力测量等于一体的新一代治疗导管及传输装置将进一步发展;生物适应性良好的材料、内支架、留置用导管的研制和临床应用将有助于进一步提高介入治疗水平。开放式 MRI 设备及其相配套器具的开发以及超声的配合使用,将使介入治疗向低辐射或无辐射方向发展。医学影像设备的不断开发与进步,如实时和立体成像引导下的介入性操作,以及新的抗癌药物、栓塞剂和基因疗法的应用,将进一步提高介入治疗的精度与疗效。

(二) 立体定向放射外科设备

立体定向放射外科或称立体定向放射治疗(stereotactic radiotherapy, SRT),是一门新的医疗技术。它是利用现代 X-CT、MRI 或 DSA 设备,加上立体定向头架装置对颅内病变区作高精度定位;经过专用治疗计划系统(具有三维显示和计算功能的计算机)作出最优治疗计划;运用边缘尖锐的小截面光子束(MeV 级)以等中心照射方式聚焦于病变区(位于等中心处),按治疗计划作单平面或多个非共面的单次或多次剂量照射。照射时,由于照射野边缘剂量下降很陡,就像用刀切一样,所以,用 γ 射线时称为 γ -刀,用 X 线时称为 X-刀;但它并不是将病变切除,而是用放射线杀死肿瘤细胞。

γ -刀的主体结构是一个半球形金属屏蔽系统,其中排列着 201 个 ^{60}Co 源,每个 ^{60}Co 源均配有双重不锈钢屏蔽,它所发出的 γ 射线经准直校正后,形成一个狭光束,聚焦于半球的中心。准直分为内外两层,外层与 ^{60}Co 源一起固定于主机内。内准直为半球形头盔,根据孔洞直径分为 4mm、8mm、14mm、18mm 四种,以适应不同大小的病变。也可以通过部分准直孔来适应不同形

