



面向 21 世纪课程教材
Textbook Series for 21st Century

全国高等医药院校教材
供医学影像学专业用

医学影像设备学

主编 张里仁



人民卫生出版社

面向 21 世纪课程教材
全国高等医药院校教材
供医学影像学专业用

医学影像设备学

主编 张里仁

编者 (以姓氏笔画为序)

伍于添 (中山医科大学)

李庆刚 (哈尔滨医科大学)

沈克涵 (天津医科大学)

张里仁 (泰山医学院)

林意群 (第一军医大学)

徐 跃 (泰山医学院)

人 民 卫 生 出 版 社

医学影像设备学

主 编：张 里 仁

出版发行：人民卫生出版社（中继线 67616688）

地 址：（100078）北京市丰台区方庄芳群园 3 区 3 号楼

网 址：<http://www.pmph.com>

E - mail：pmph@pmph.com

印 刷：北京市卫顺印刷厂

经 销：新华书店

开 本：850×1168 1/16 印张：14.5

字 数：301 千字

版 次：2000 年 11 月第 1 版 2001 年 3 月第 1 版第 2 次印刷

印 数：5 051—15 065

标准书号：ISBN 7-117-03903-5/R·3904

定 价：18.50 元

著作权所有，请勿擅自用本书制作各类出版物，违者必究

（凡属质量问题请与本社发行部联系退换）

1183/15

全国高等医药院校医学影像学专业规划教材出版说明

为了适应我国高等医药院校医学影像学教育的改革和发展,满足教学需要,卫生部教材办公室于1999年4月组织成立了高等医药院校医学影像学专业教材评审委员会,并决定组织编写面向21世纪医学影像学专业规划教材。根据医学影像学专业的业务培养目标,即培养具有基础医学、临床医学和现代医学影像学的基本理论知识及能力,能在医疗卫生单位从事医学影像诊断、介入放射学和医学成像技术等方面的医学高级专门人才的要求,评委会讨论确定了医学影像学专业规划教材的品种和编写原则。此套教材亦是国家教育部《面向21世纪医学影像专业课程体系与教学手段的改革》课题的重要组成部分。它除供本科医学影像学专业教学使用外,亦可供专科医学影像学专业和从事医学影像方面工作的临床医生选用。本套教材共7种,教材目录如下:

- | | |
|--------------|-------|
| 1. 人体断面解剖学 | 姜树学主编 |
| 2. 医学影像物理学 | 张泽宝主编 |
| 3. 医学电子学基础 | 高翠霞主编 |
| 4. 医学影像设备学 | 张里仁主编 |
| 5. 医学影像检查技术学 | 张云亭主编 |
| 6. 医学影像诊断学 | 吴恩惠主编 |
| 7. 介入放射学 | 郭启勇主编 |

以上教材均由人民卫生出版社出版。

卫生部教材办公室

全国高等医药院校医学影像学专业教材评审委员会

主任委员:吴恩惠

委员(以姓氏笔画为序)

于树江	白人驹	刘望彭
张雪林	孟俊非	袁聿德
郭启勇		

秘书:白人驹

前 言

《医学影像设备学》是由卫生部教材办公室组织编写,供高等医药院校医学影像学专业使用的规划教材。该教材根据专业培养目标的要求,结合教学与临床实践,考虑到我国医学影像设备的应用现状和发展前景,参阅国内外有关资料编写而成。

全书共分七章。第一章,医学影像设备学概论,简要介绍医学影像设备的发展历程和分类,使学生对该领域的历史和现状有概括的了解。第二章至第七章,分别介绍诊断用X线机、数字X线摄影、X线CT、磁共振、超声与核医学等成像设备的基本结构、功能和应用特点,为学习相关课程和将来从事临床实践准备必要的基础知识。

该书在内容处理上,力求做到把握主题,选材适当,循序渐进,便于学生学习;加强与本专业其他教材之间的紧密联系,互相呼应,互相配合。在内容编排、文字组织、图表应用等方面,力求做到概念清楚、条理分明、语言通顺、形象直观,能启发学生理解和分析问题,培养学生科学性、创造性思维,以增强学生发现问题、解决问题的能力。

在编写过程中,哈尔滨医科大学、天津医科大学、中山医科大学、第一军医大学和泰山医学院等编者所在单位领导和同志们给予了多方面的关心、支持与帮助;泰山医学院陈鹤声教授对全书提出了许多指导性的意见并审阅了部分书稿,天津医科大学倪充老师帮助绘制了第三章的插图,第一军医大学余晓镔讲师、南京军区总医院陈堤高级工程师和中国人民解放军总医院李德军工程师分别为编写第四章和第五章提供了许多有价值的资料;还有一些专家、教师和医务工作者提出了许多宝贵意见和建议,在此一并表示诚挚的感谢。

由于我们的水平所限,书中不足之处在所难免,恳请广大师生和同行以及关心我们工作的朋友们给予批评指正,以便再版时修改、提高。

编 者
2000年5月

目 录

第一章 医学影像设备学概论	(1)
第一节 医学影像设备发展历程	(1)
一、常规 X 线设备问世,为放射学的建立奠定了基础	(1)
二、X 线 CT 机的诞生,标志着医学影像设备的革命性进展	(2)
三、现代医学影像设备体系的建立	(2)
四、我国医学影像设备发展简况	(4)
第二节 医学影像设备分类	(4)
一、医学影像诊断设备	(5)
二、医学影像治疗设备	(10)
第三节 图像存储、传输系统和远程放射学系统	(12)
一、图像存储、传输系统	(12)
二、远程放射学系统	(13)
第二章 诊断用 X 线机	(15)
第一节 概述	(15)
一、诊断用 X 线机发展史与现状	(15)
二、诊断用 X 线机的组成	(17)
第二节 诊断用 X 线机各论	(17)
一、透视用 X 线机	(17)
二、普通摄影用 X 线机	(22)
三、消化道造影用 X 线机	(27)
四、胸部摄影用 X 线机	(29)
五、心血管造影用 X 线机	(31)
六、其他诊断用 X 线机	(38)
第三节 诊断用 X 线管与高压发生装置	(43)
一、诊断用 X 线管	(43)
二、高压发生装置	(50)
第四节 单相全波 X 线机	(57)
一、主要技术参数	(58)
二、电路结构特点	(59)
三、基本电路原理	(59)
第五节 电容充放电 X 线机	(66)
一、概述	(66)

二、基本结构	(67)
第六节 中频 X 线机	(68)
一、中频机与工频机的比较	(69)
二、直流逆变电源	(70)
三、中频 X 线机结构及工作原理	(73)
第三章 数字 X 线成像设备	(75)
第一节 概述	(75)
一、数字 X 线成像设备的发展	(75)
二、影像信号的数字化	(77)
第二节 计算机 X 线摄影系统	(77)
一、CR 的基本组成和工作原理	(77)
二、影像板	(78)
三、读取装置	(80)
四、计算机图像处理	(82)
五、图像储存和记录装置	(87)
第三节 数字 X 线摄影系统	(89)
一、DR 的基本结构和工作原理	(89)
二、直接数字 X 线摄影系统	(90)
第四节 数字减影血管造影系统	(95)
一、DSA 的基本组成和原理	(95)
二、DSA 的工作方式	(96)
三、DSA 对设备的特殊要求和技术措施	(100)
第四章 计算机体层成像设备	(108)
第一节 概述	(108)
一、CT 的发展历史	(108)
二、CT 技术的发展趋势	(112)
三、CT 临床应用的新技术	(113)
第二节 CT 扫描成像系统	(114)
一、X 线管	(114)
二、探测器	(118)
三、准直器	(123)
四、滤过器	(123)
五、数据采集系统(DAS)	(124)
六、多幅照相机	(127)
七、CT 设备的计算机	(128)
第三节 螺旋 CT	(128)
一、概述	(128)
二、螺旋扫描装置	(131)

第四节 超高速 CT 机	(134)
一、概述	(134)
二、超高速 CT 的结构	(135)
第五章 磁共振成像设备	(139)
第一节 概述	(139)
第二节 磁体系统	(141)
一、永久磁体	(142)
二、常导磁体	(142)
三、超导磁体	(145)
四、场强的选择	(147)
第三节 梯度磁场系统	(148)
一、梯度场的产生	(148)
二、梯度场线圈	(150)
三、梯度场的参数	(151)
第四节 射频系统	(153)
一、发射线圈	(153)
二、发射通道	(156)
三、接收线圈	(159)
四、接收通道	(162)
第五节 计算机系统	(165)
一、梯度磁场的控制	(166)
二、射频脉冲的控制	(167)
三、图像重建	(167)
四、图像显示	(168)
第六章 超声成像设备	(171)
第一节 概述	(171)
一、超声成像设备发展史	(171)
二、超声诊断仪的基本结构	(172)
三、超声诊断仪的类型	(182)
第二节 A 型及 M 型超声诊断仪	(184)
一、A 型超声诊断仪	(184)
二、M 型超声诊断仪	(185)
第三节 二维切面超声诊断仪	(187)
一、二维切面超声诊断仪的类型	(187)
二、机械扇形扫查和机械径向扫查	(188)
三、电子线阵	(191)
四、电子扇扫	(194)

第四节 超声多普勒系统	(197)
一、D型超声诊断仪	(197)
二、超声彩色血流成像系统	(201)
三、全数字化技术	(202)
第七章 核医学成像设备	(205)
第一节 概述	(205)
一、核医学成像设备发展史	(205)
二、设备的分类及应用特点	(206)
三、核医学成像设备的新进展	(208)
第二节 γ 照相机	(209)
一、 γ 照相机的基本结构与工作原理	(209)
二、准直器	(212)
三、闪烁晶体	(214)
四、光电倍增管	(215)
第三节 单光子发射型计算机体层设备	(215)
一、SPECT 的基本结构与工作原理	(215)
二、探测器	(216)
三、机架	(217)
四、控制台	(217)
五、计算机	(218)
六、外围设备	(219)
七、主要技术指标	(219)
第四节 正电子发射型计算机体层设备	(220)
一、PET 的基本结构与工作原理	(220)
二、探测器	(222)
三、机架	(223)
四、计算机与外围设备	(223)
附录	(224)

第一章 医学影像设备学概论

张里仁 徐跃 泰山医学院

20 世纪,记录了放射学的兴起、形成和不断发展的历史,同时也记载着医学影像设备孕育、产生和不断创新的过程。本章将对医学影像设备的发展历程作一概括的回顾,对各类医学影像设备的成像及应用特点等作一简要的叙述。在 21 世纪,作为现代医学影像设备的一个重要的发展趋势,图像存储、传输系统和远程放射学系统将会得到长足进步和普遍应用,为此,本章对这方面的知识也将予以适当介绍。

第一节 医学影像设备发展历程

一、常规 X 线设备问世,为放射学的建立奠定了基础

1895 年 11 月 8 日,德国物理学家伦琴(Wilhelm Conrad Roentgen,1845~1923)在做真空管高压放电实验时,发现了一种肉眼看不见、但具有很强的贯穿本领、能使某些物质发荧光和使胶片感光的新射线,即 X 射线或称 X 线。伦琴的工作是在极其简陋的条件下进行的,然而他的这一伟大发现却震撼了全世界,掀开了世界科技史上重要的一页。接着,他又为其夫人拍摄了手骨照片,这是世界上第一幅 X 线照片。为此,伦琴于 1901 年 12 月 10 日荣获首次诺贝尔物理学奖。世人为纪念他的不朽功绩,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临床,首先是用于骨折和体内异物的诊断,以后又逐步用于人体各部分的检查。与此同时,X 线设备相继出现。1896 年,德国西门子公司研制出世界上第一支 X 线球管。20 世纪 10~20 年代,出现了常规 X 线机。其后,由于 X 线机械(主要是 X 线管和变压器)和相关的仪器、设备及人工造影剂的不断开发利用,尤其是体层装置、影像增强器、连续摄影、快速换片机、电视、电影和录像记录系统的应用,到 20 世纪 60 年代中、末期,已形成了较完整的学科体系,称为放射诊断学或放射学(radiology)。

放射学,通过摄片和透视两大类 X 线设备与技术的适当选择及综合应用,证明 X 线适用于全身各系统包括呼吸、循环、泌尿生殖、骨骼、中枢神经和五官等疾病的检查,可提供重要的和确切的诊断信息,已成为临床医学中不可缺少的重要组成部分。X 线机,这一技术密集型产品,作为医学影像设备大家庭中的一名老成员,至今仍是有效的临床检查设备之一;它在综合影像诊断中特别是对肺、骨骼、胃肠道和心血管

(尤其是冠状动脉)的诊断,仍占有重要的或主导地位。

二、X线 CT 机的诞生,标志着医学影像设备的革命性进展

1972年,英国工程师汉斯菲尔德(G.N.Hounsfield)首次研制成功世界上第一台用于颅脑的CT扫描机。这是电子技术、计算机技术和X线技术相结合的产物;它的问世,是1895年X线发现以来医学影像设备的一个革命性进展,为现代医学影像设备学奠定了基础。CT机以横断面体层成像,无前后影像重叠,不受层面上下组织的干扰;同时由于密度分辨率显著提高,能分辨出0.1%~0.5% X线衰减系数的差异,比传统的X线检查高10~20倍;还能以数字形式(CT值)作定量分析。近30年来,CT设备更新了四代,扫描时间由最初的3~5min缩短至1~5s,空间分辨率也提高到0.1mm量级。CT设备与技术在医学影像诊断中占有重要地位,而对颅脑、腹部的肝、胆、胰和后腹膜腔肾、肾上腺等病变的诊断则占主导地位。20世纪80年代先后研制开发的超高速CT、螺旋型CT,使其临床应用范围和诊断效果进一步扩大和提高。

20世纪80年代初用于临床的磁共振成像(MRI)设备,是一种崭新的非电离辐射式医学成像设备。MRI设备的密度分辨率高,调整梯度磁场的方向和方式,可直接摄取横、冠、矢状断面和斜位等不同体位的体层图像,是其优于CT的特点之一。迄今,MRI已广泛用于全身各系统,其中以中枢神经、心血管系统、肢体关节和盆腔等效果最好;近年来,腹部诊断效果已接近和达到CT水平,脑影像的分辨率在常规扫描时间下提高了数千倍,显微成像的分辨率达到50~10 μ m,现已成为医学影像诊断设备中最重要的组成部分。生物体MR波谱分析(MRS)具有研究机体物质代谢的功能和潜力,今后如能实现MRI与MRS结合的临床应用,将会引起医学诊断学上一个新的突破。

数字减影血管造影(DSA)和计算机X线摄影(CR)是20世纪80年代开发的数字式成像设备与技术。前者具有少创、实时成像、对比分辨率高、安全、简便等特点,从而扩大了血管造影的应用范围。后者具有减少曝光量和宽容度大等优点,更重要的是可作为数字化图像纳入PACS。而X线实时高分辨率成像板将是最具革命性、最有发展前途的医学影像设备之一。

20世纪50年代和60年代,超声和放射性核素设备与技术相继出现,当时在医学上的应用往往各成系统。1972年X线CT的开发,使医学影像设备与技术进入了一个以计算机和体层成像相结合、以图像重建为基础的新阶段。20世纪70年代末80年代初,超声CT、放射性核素CT、MRCT和数字X线成像设备与技术逐步兴起,并应用于临床。尽管这些设备的成像参数、诊断原理和检查方法各不相同,但其结果都是形成某种图像,依此进行诊断。在此基础上形成了医学影像诊断学。

三、现代医学影像设备体系的建立

伴随着医学影像诊断设备的不断发展,介入放射学系统自20世纪60年代兴起,于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。因其具有安全、简便、经济等特点,深受医生和病人的普遍重视与欢迎,现仍处于不断发展和完善的过

表 1-1 医学影像设备发展简史

19 世纪		20 世纪					
		10~40 年代	50 年代	60 年代	70 年代	80 年代	90 年代
发现 X 线(1895)	发射超声成功 (1917)	闪烁扫描(1951)	X 线 TV(1960)	X 线 CT(1972)	DF、DSA(1980)	CT:	90 年代
发现轴的放射性 (1896)	X 线机(10~20 年 代)	荧光增强器 (1954)	六脉冲高压发生 器(1963)	超声 CT(1974)	CR(1982)	多层 CT	
X 线球管(1896)	增感屏(1930)	B 超(1954)	热成像设备 (1963)	电子扫描(1975)	多普勒图像 (1982)	组合式 CT CT 内镜	
	电子显微镜(透 射)(1932)	γ 相机(1957)	介入放射学系统 (1964)	小型回旋加速器 (1978)	PACS(1982)	数字成像: 旋转 DSA	
	旋转阳极 X 线管 (1938)	红维胃镜(1958)		SPECT、PET (1979)	螺旋扫描 CT (1983)	DDR	
	A 超(1942)			DR(70 年代末)	UFCT(1983)	MRI:	
	发现磁共振现象 (1946)			MRI(1979)	电子内镜(1983)	开放型 MR	
					超声内镜(80 年代 初)	FMR	
					超导 MRI(1985)	核医学: 微型摄像机	
						SRS: 全数字闪烁相机	
						γ-刀	
						X-刀	

程之中。20世纪90年代倍受人们瞩目的立体定向放射外科学设备与技术,由于它可以不作开颅手术而治疗一些脑疾患,很受欢迎,全世界都在积极开发和应用这种高新的设备与技术。介入放射学与立体定向放射外科学系统,两者都是由医学影像设备与技术给以引导或定位来实施治疗的设备,所以也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。

表 1-1 列出了医学影像设备发展概况。

四、我国医学影像设备发展简况

有关 X 线的知识传入我国较早。19 世纪末,当时在山东登州一教会学校任教的美国传教士,在他编译的中文本讲义《光学摘要》中已编入关于 X 线的内容。

在我国,X 线设备的引进最早是在 1911 年,由英籍医生康特(H. B. Kent)捐赠给河北省中华医院(今开滦医院)一架小型 X 线机,其 X 线管为冷阴极式三极管,高压裸露。到 1915 年,上海少数医院也有了 X 线机用于临床。

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,1953 年起以“和平号”命名,并批量生产。1954 年,上海复旦大学试制成功固定阳极 X 线管。同年,上海精密医疗器械厂试制成功钨酸钙增感屏。1958 年,X 线摄影胶片在上海感光胶片厂制成并投入批量生产。到 20 世纪 60 年代,国产的旋转阳极 X 线管在上海医疗器械九厂诞生。

虽然我国的 X 线机制造业起步于 20 世纪 50 年代,但由于当时在技术上一直处于封闭状态,尽管在 60 年代生产的 X 线机容量已达到 1000mA 级别,而与之相关的技术和功能的改进、提高却不大,处于缓慢发展的时期。改革开放后,随着国民经济的飞速发展与科技进步,加强了科技领域的国际交流,使我国在常规 X 线机及其它医学影像设备的研制与开发方面均取得了长足的进步。

1973 年,上海第二医学院附属瑞金医院与有关单位合作,试制成功钨靶软组织摄影 X 线机。1978 年,上海医疗器械研究所与有关工厂、医院合作,研制成稀土材料增感屏,在第一届全国科技大会上该项目获重大科技成果奖。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 装置研制成功,开始与国外大公司合作批量生产,并开始使用国产 X 线管,整个 CT 的国产化率达到 80%,标志着我国自己研制和生产大型 X 线 CT 装置的能力有了大幅度提高。近期,我国又先后开发出永磁型和超导型 MRI、X-刀、全身 γ -刀设备等。

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 年代初已形成较为完整的规模,且在某些方面有了新的突破。

第二节 医学影像设备分类

现代医学影像设备可分为两大类,即医学影像诊断设备和医学影像治疗设备。

一、医学影像诊断设备

按照影像信息的载体来区分,现代医学影像系统主要有以下几种类型:①X线成像;②磁共振成像;③超声成像;④核医学成像;⑤热成像;⑥光学成像(医用内镜成像)。

(一)X线成像设备

X线成像是通过测量穿透人体的X线来实现人体成像的。此类设备主要有X线机、数字X线摄影设备(DSA、CR、DR等)和X线计算机体层(X线CT)设备等。

以X线作为医学影像信息的载体,出于两方面的考虑,即分辨率和衰减系数。从分辨率来看,为了获得有价值的影像,辐射波长应小于 1.0cm 。另一方面,当辐射波通过人体时,应呈现衰减特性。若衰减过大,则当测量透过人体的辐射波时,由于噪声的存在,很可能导致测量结果失去意义;反之,若辐射波透过人体时几乎无衰减,则因无法实现精确的测量而失效。对于波长范围为 $1\times 10^{-12}\sim 5\times 10^{-11}\text{m}$ 的X线,其对应的光子能量是 $1.0\text{MeV}\sim 250\text{keV}$,该波长比所要求的图像分辨率短得多;射线沿着直线传播,且穿过人体时对大部分组织呈现明显的衰减差别。显然,这是较适合成像的波段,现在被广泛应用于X线诊断中。

在X线成像设备中,X线机分辨率较高,可达到 $10\text{LP}/\text{mm}$,且使用方便、价格较低,是目前各级医院中使用最普遍的设备之一。但它得到的是人体不同深度组织信息叠加在一起的平面像,所以病变的深度很难区分,且对软组织不够敏感。数字X线摄影设备可以提高影像的分辨率,有利于发现微细病变,且扩大了诊断范围,更容易进行胃肠和心脏等部位的观察。X线计算机体层的空间分辨率可以小于 0.5mm ,能分辨组织的密度差别达到 0.5% ,可确定受检脏器的位置、大小和形态变化,经过图像重建可得到清晰度很高的图像。

X线成像反映的是人体组织的密度变化,显示的是脏器的形态,而对脏器功能和动态方面的检测较差。

(二)磁共振成像设备

磁共振成像(MRI)设备,通过测量构成人体组织的元素原子核的磁共振信号,实现人体成像。物质的磁共振现象早在20世纪40年代即被发现,只是后来由于计算机技术的飞速发展,才使磁共振计算机体层(MRCT)在医学影像学上得以应用,而成为人体测量的新工具。

MRI的空间分辨率一般为 $0.5\sim 1.7\text{mm}$,不如X线CT;但它的密度分辨率远远好于X线CT,在MR图像上可显示软组织、肌肉、肌腱、脂肪、韧带、神经、血管等各自特色。此外它还有一些特殊的优点:①MR成像剖面的定位完全是通过调节磁场,用电子方式确定的,因此能完全自由地按照要求选择剖面图;②MR对软组织的对比度比X线CT优越,能非常清楚地显示脑灰质与白质;③MR信号含有较丰富的有关受检体生理、生化特性的信息,而X线CT只能提供密度测量值;④MR还有一个特殊的本领,它能在活体组织中探测体内的化学性质。估计以后MR信号还有可能提

供关于内部器官或细胞新陈代谢方面的信息;⑤MR 成像不用电离辐射,目前尚未发现它对人体危害的报道。

当然,MRI 也有一些不足之处:①虽然近年来成像速度已有很大提高,一幅 256×256 像素的图像成像时间已从数分钟缩短到 2s 左右,但与 X 线 CT 相比,成像时间仍较长;②植入金属的病人,特别是植入心脏起搏器的心脏病病人,不能进行 MR 检查;③设备购置与运行费用较昂贵。

总之,MRI 设备可作任何方向的体层检查,可望反映人体分子水平的生理、生化等方面的功能特性,对某些疾病(如肿瘤)可作早期或超早期诊断,是一种很有发展前途和潜力的高技术设备。

(三) 超声成像设备

超声成像设备分为利用超声回波的超声诊断仪和利用超声透射的超声计算机体层两大类。超声诊断仪根据其显示方式不同,可以分为 A 型(幅度显示)、B 型(切面显示)、C 型(亮度显示)、M 型(运动显示)、P 型(平面目标显示)等。目前医院中用得最多的是 B 型超声诊断仪,俗称 B 超,其横向分辨率可达到 2mm 以内,所得到的软组织图像清晰而富有层次。利用超声多普勒系统,可实现各种血流参数的测量,是近年来广泛应用的又一种超声技术。临床上,超声仪器在甲状腺、乳房、心血管、肝脏、胆囊、泌尿科和妇产科等方面有其独到之处。至于超声计算机体层,目前所需扫描时间较长,且分辨率低,有待于进一步改进与提高;但由于它是一种无损伤和非侵入式的检测设备,所以很有希望成为影像诊断中的重要设备。

利用超声作为医学影像信息的载体,从分辨率考虑,其波长也应小于 1.0cm,才有可能适于人体研究。因此,我们利用的超声频率应高于 0.15MHz;但是,频率太高将导致过分衰减。所以,对于较深部位的成像,人们总是选用 1.0~3.0MHz 之间的频率;而对于较浅部位如眼球,可选用 20 MHz 的声频。与 X 线不同,超声成像通常是利用回波(反射波)成像,由已知的声速来计算传播深度。应当指出,在适用于软组织成像的波段内,空气对声波呈现明显的衰减特性;而 X 线则不存在这一问题,空气对 X 线的衰减作用可忽略不计。因此,人体的某些部位不能用超声作检查,特别是肺部。幸而整个胸部并非全被肺部所覆盖,左胸的前面有一个叫做心脏槽口的非覆盖区,通过这个“窗口”仍可用超声(如超声扇扫诊断仪)检查疾病,这种检查正在日益受到重视。

X 线成像与超声成像是当前用得最为普遍的两种检查方法,对人体有无危害是它们之间的一个重要区别。就 X 线来说,尽管现在已经显著地降低了诊断用剂量,但其危害性仍不容忽视;实践表明,它将导致癌症、白血病和白内障等疾病的发病率增加。而从现有资料来看,目前诊断用超声剂量还未有使受检者发生不良反应的报道。

此外,X 线在体内沿直线传播,不受组织差异的影响,是其有利的一面;但不利的一面是难以有选择地对所指定的平面成像。对超声波来说,不同物质的折射率变化范围相当大,这将造成影像失真;但它在绝大部分组织中的传播速度是相近的,骨骼

和含有空气的组织(如肺)除外。超声波和 X 线这些不同的辐射特性,确定了各自最适宜的临床应用范围。例如,超声脉冲回波法适用于腹内结构或心脏的显像,而利用 X 线对腹部检查只能显示极少的内部器官(若采用 X 线造影法,也可有选择地对特定器官显像);对于胸腔,因肺部含有空气而不宜用超声检查,用 X 线则可获得较为满意的结果。

(四)核医学成像设备

核医学成像设备,通过有选择地测量摄入体内的放射性核素所放出的 γ 射线,实现人体成像。此类设备主要有 γ 相机、单光子发射型计算机体层(SPECT)和正电子发射型计算机体层(PET)。

γ 相机既是显像仪器,又是功能仪器。临床上可用它对脏器进行静态或动态照相检查;动态照相主要用于心血管疾病的检查。SPECT 具有 γ 相机的全部功能,又增加了体层成像功能,所以明显提高了诊断病变的定位能力;加上各种新开发出来的放射性药物,从而在临床上得到日益广泛的应用。SPECT 在动态功能检查或早期诊断方面有其独到之处,缺点是图像清晰度不如 X 线 CT,操作中要使用放射性药物,比较麻烦。PET 可以用人体物质组成元素(如 ^{15}O 、 ^{11}C 、 ^{13}N 等)来制造放射性药物,特别适合作人体生理和功能方面的研究,尤其是对脑神经功能的研究;缺点是在其附近需要有生产半衰期较短的放射性核素的加速器和建立放射化学实验室,临床使用时须有多人之为服务等。

核医学成像只需极低浓度的放射性物质,这与 X 线成像时口服硫酸钡不同。一般说,核医学成像的横向分辨率很难达到 1.0cm;且图像比较模糊,这是因为有限的光子数目所致。相比之下,X 线成像具有高分辨率和低量子噪声。但是,X 线成像所显示的只是解剖学结构,这会使人们对疾病过程的认识受到局限。

作为核医学成像设备发展的新动向,PET 将日益受到人们的重视,因为它是目前惟一能提供神经活动信息的医学仪器。

(五)热成像设备

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

研究人体的温度分布,对于了解人体生理状况、诊断疾病具有重要意义。影响体表温度的因素很多,最主要的是皮下毛细血管网的血流情况。血流受控于棘状血管舒缩中心,其四肢的交感神经系统主要控制着血管舒缩的节律。因此,利用热成像,首先可以评价血流分布是否正常;其次,评价交感神经系统的活动;第三,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。此外,前后皮肤温度还受其他因素的影响,如伤痛感受器、化学受体、丘脑下部等。由于出汗而形成的局部热蒸发损失,也须予以考虑。

医用热成像设备一般包括红外成像、红外照相、红外摄像和光机扫描成像等。光机扫描热成像仪将人体的热像转变为连续变化的图像电信号,经放大处理即可在显示器上显示可见的热像。其温度分辨率可达 0.1~0.01K,且具有灵敏度高、空间分

辨率高等优点；目前已成功地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，最后把反映温度情况的电像转变为视频信号输出。热释电摄像机在整个红外光谱区响应相当平稳，又无需制冷，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像仪差的缺陷，有待于进一步完善与提高。

体内以电磁波方式向外传播的热辐射，其中含有微波成分。微波成像系统借助于体外的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以实现温度测量。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，就能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有各种各样的原因，因此，热成像设备所提供的信息仅能是一种提示和参考，还不是一种十分满意的诊断结果。

(六) 医用内镜

前述各种医学影像设备虽然在某种程度上能显示出人体的内部组织形态，但这种显示是间接的、非直观的。真正能做到直观的仪器，目前唯有内镜。利用光学的光学内镜，能使人眼直接看到人体内脏器官的组织形态，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。

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。

以胃肠内镜为例，光导纤维内镜是由头端部直径为7.9~12.8mm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，它由远端弯角、抽吸和送水的各种控制件及工作钳孔组成。纤镜的头端部还包括目镜。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30000~50000根光学纤维构成，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，光导纤维内镜在不断发展与完善，而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的优势，在医学界倍受青睐。

电子内镜的功能比光导纤维内镜多得多，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、图像与病人数据记录系统及附属装置组成。其最大的特点是采用CCD电荷耦合器将观察到的物像由光信号转换成电信号，并传输到视频中心进行处理，达到最终显示的目的。传输到屏幕上的图像还可记录下来，用视