

高等医学职业技术教育教材

供医学影像技术、影像诊断专业用

医学 影像 设备学

主编 黄泉荣



人民卫生出版社

高等医学职业技术教育教材

供医学影像技术、影像诊断专业用

医学影像设备学

主编 黄泉荣

副主编 张继武 耿杰

编者（按姓氏笔画为序）

张继武 洪国惠 郭荣军

姚建新 耿杰 高以钧

黄泉荣 樊先茂

人民卫生出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

医学影像设备学/黄泉荣主编. —北京:
人民卫生出版社, 2001
ISBN 7-117-04511-6

I. 医... II. 黄... III. 影像-诊断-医疗器械-
医学院校-教材 IV. R445

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 045062 号

医学影像设备学

主 编: 黄 泉 荣

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: 北京市安泰印刷厂

经 销: 新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 33.5

字 数: 781 千字

版 次: 2001 年 9 月第 1 版 2001 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

印 数: 00 001—3 050

标准书号: ISBN 7-117-04511-6/R·4512

定 价: 42.00 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)

前 言

本教材主要是为医学影像专业的高等职业技术、大专（大专函授）教学用书的空缺而编写的。针对高等职业教育的培养目标及课程建设的意见，按照科学性、启发性、实用性的原则，围绕高职教学要有一定的知识面和实用、够用的特点，通过教学能使具有影像各科设备的原理、结构与维护的基本知识和实用性的技能。

本教材虽近乎涉及医学成像各科，但还是以 X 线成像装置为主要，其医用诊断 X 线机的部分比较经典，主要取材于《X 线机构造及维修》（山东科技出版社出版），技能的训练主要通过对 X 线机的使用、维护、检修的实验过程中完成。其它成像设备主要讲述原理为主，没有对电子电路具体展开，作为必要的知识面传授。由于高等职业、大专（函授）的技能掌握，必须有一定的理论知识作为基础，因此，在介绍每一类成像设备之前都安排相关的物理学基础补充，各地可根据前期开设《影像物理学》的课时数作取舍。“高职”影像技术专业的总学时约需 180 学时，理论和实验 3:2。大专、（大专函授）的总学时约 80 学时，以讲述成像原理为主，展开一台 X 线机电路加以分析和实验。

在教材的编写过程中，浙江省医学职业技术学院的领导和老师们给予了大力支持，西门子公司顾忠琪高级维修工程师、沈阳东大阿尔派数字医疗系统有限公司的张继武总工程师提供了宝贵资料，参与编写的老师有山东济南卫校的耿杰老师、江苏南京卫校的姚建新老师、四川雅安卫校的樊先茂老师、浙江绍兴文理学院医学院的郭荣军老师、江苏盐城卫校的洪国惠老师、广东肇庆卫校的高以钧老师、浙江医学职业技术学院的黄泉荣老师，参与的具体章节在相关的文章后列出。对他们为本教材作出的辛勤劳动表示感谢！对本教材所取材著作（参考文献）的各位作者，特别是《X 线机构造及维修》的作者们表示崇高的敬意。

由于医学高职教育是教育改革的新生事物，用书又比较迫切，编写得比较粗糙，恳请各校老师、同学，各位同行对教材中的缺点、错误提出批评指正，以便修改。谢谢各位了！

编 者

2001 年 3 月

目 录

第一篇 医学成像设备总论

第一章 医学影像设备概论	1
第一节 医学成像技术的分类	1
第二节 医学影像发展简史	4
第三节 医学影像技术展望	5
第四节 医学成像系统的评价	6

第二篇 医学图像数字处理

第二章 医学图像处理	11
第一节 医学图像处理概述	11
第二节 人眼的视觉特点	14
第三节 医学图像的数字处理	16
第四节 图像质量的评价指标	19
第三章 图像存档与通信系统 (PACS)	22
第一节 概述	22
第二节 PACS 的基本功能和系统组成	23
第三节 图像数据量的确定	27
第四节 PACS 的一般要求	27

第三篇 X 线成像装置

第四章 X 线及 X 线机	29
第一节 X 线的物理学基础	29
第二节 X 线机的组成及分类	41
第三节 X 线机的发展简史	48
第四节 X 线的检查方法与应用	50
第五章 医用诊断 X 线管	52
第一节 固定阳极 X 线管	52

第二节	X线管的焦点	54
第三节	旋转阳极 X线管	57
第四节	特殊 X线管	59
第五节	X线管的特性与规格	61
第六节	X线管管套	67
第七节	X线管的检验与使用	69
第六章	X线机的高压部件	72
第一节	高压变压器	72
第二节	灯丝加热变压器	78
第三节	高压整流元件	81
第四节	高压交换闸	83
第五节	高压电缆	84
第六节	变压器油及常用绝缘材料	89
第七章	X线机的低压部件	92
第一节	自耦变压器	92
第二节	谐振式磁饱和稳压器	94
第三节	空间电荷抵偿变压器	95
第四节	接触器与继电器	98
第五节	电动机	104
第六节	常用控制开关	107
第七节	限时器与延时器	110
第八节	常用仪表	115
第八章	机械辅助装置	118
第一节	X线管组件支持装置	118
第二节	滤线器	120
第三节	遮线器	123
第四节	透视装置	124
第五节	诊视床	126
第六节	适时摄影装置	133
第七节	遥控床	136
第九章	X线机基本电路	139
第一节	概述	139
第二节	电源电路	140
第三节	X线管灯丝加热电路	144
第四节	高压变压器初级电路	147

第五节	高压变压器次级及管电流测量电路	154
第六节	X线管安全保护电路	161
第七节	限时电路	166
第八节	控制电路	168
第十章	X线机整机电路分析	170
第一节	SF50 IA型 X线机电路	170
第二节	F30-ⅡF型 X线机电路	177
第三节	F78-ⅢA型 X线机电路	187
第四节	KB-500型 X线机电路	212
第五节	XG-500型 X线机电路	233
第十一章	X线影像增强器与 X线电视	253
第一节	X线电视概述	253
第二节	X线影像增强器	254
第三节	X线电视简介	260
第四节	X线电视摄像与显像	263
第十二章	心血管造影设备	271
第一节	对 X线发生系统的要求	271
第二节	专用支架和导管床	273
第三节	高压注射器	274
第四节	快速换片机	275
第五节	数字减影血管造影 (DSA)	276
第十三章	X线 CT 装置	280
第一节	概述	280
第二节	CT 的成像原理	282
第三节	CT 的基本结构	286
第四节	螺旋 CT 和螺旋扫描	294
第五节	CT 图像质量及影响因素	298
第六节	CT 的安装与维护	301
第十四章	其他类型的 X线机	304
第一节	牙科 X线机	304
第二节	软 X线机	306
第三节	电容充放电 X线机	306
第四节	中频 X线机	308
第五节	数字 X线摄影装置	316

第六节	微机控制的 X 线机	326
第七节	手术 X 线机	327

第四篇 其他成像装置

第十五章	超声成像装置	329
第一节	超声医学成像概述	329
第二节	超声物理学基础	330
第三节	超声成像原理	340
第四节	超声换能器	347
第五节	超声诊断仪的维护	357
第十六章	磁共振成像装置	360
第一节	磁共振成像概述	360
第二节	磁共振的物理学基础	362
第三节	磁共振成像系统	369
第四节	磁共振成像原理	379
第五节	磁共振成像质量影响因素	385
第十七章	核医学成像装置	387
第一节	核医学成像概述	387
第二节	核医学物理学基础	388
第三节	核医学成像原理	394
第四节	γ 照相机	397
第五节	单光子发射型 CT	403
第六节	正电子发射型 CT	405
第十八章	其他成像装置	409
第一节	医用光学内窥镜	409
第二节	激光医学影像技术	413
第三节	红外线成像技术	418
第四节	微波成像技术	420
第十九章	照相机与洗片机	422
第一节	多幅照相机	422
第二节	激光照相机	423
第三节	洗片机	426
第二十章	图像显示器	431

第一节	图像显示概述	431
第二节	CRT 显示器	431
第三节	液晶显示器	450
第四节	等离子显示器	457
第五节	其他平板显示器	458
第二十一章	X 线机的安装与维护	461
第一节	X 线机的机房	461
第二节	X 线机的供电电源	464
第三节	X 线机的接地装置	467
第四节	X 线机的机件安装	470
第五节	X 线机的通电试验与参数调整	477
第六节	X 线机的维护	486
第二十二章	X 线机与 X 线电视的检修	489
第一节	电路故障与检修方法	489
第二节	低压电路常见故障及检修	491
第三节	高压电路常见故障及检修	498
第四节	整机故障综合分析及检修	500
第五节	X 线电视系统常见故障分析	503

第一篇 医学成像设备总论

第一章 医学影像设备概论

现代医学的飞速发展促使其探测方法和显示手段趋于更精确、更直观、更完善，于是，一门内容极其丰富、技术极其先进的学科——生物医学影像学，占据了现代医学领域的重要位置。

众所共知，人们所获得的信息约有 70% 是从视觉感知的，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的结构形态、成分或脏器的功能。因此，医学成像已成为医学研究及诊断技术中最活跃的领域之一。人体是由组织和器官构成的，它们主要包括软组织、水、骨骼和气体，其中水占 80% 是主要成分。此外，人体内还存在着各种微量元素，例如甲状腺中的碘、肝中的磷、血液中的铁等。医学成像的目的就是通过各种方式探测人体，获得人体内部结构功能等信息转变为各种图像在监视器上显示出来，进行医学研究和诊断。计算机断层技术（CT）的诞生和发展，改变了医学成像传统概念，现代医学任何专业已都无法离开医学影像学。医学成像技术和设备的快速发展，使现代医学影像学已呈现出综合性、互补性的大学科特点。

生物医学影像学的内容包括图像的形成、获取、传输、存储、处理、分析、识别与应用等。可归为三大部分：医学成像技术、医学影像处理技术和医学影像临床应用技术。医学成像技术是指图像形成的过程，主要任务是根据临床的需求或医学研究的需要，对成像机制、成像设备、成像系统的分析等问题的研究，将生物体内感兴趣的信息提取出来，并以图像的形式进行显示。被提取的信息可以是形态的、成分的、功能的或是温度等，信息载体可以是电磁波或机械波，所显示的形式可以是一维到多维的等不同层次的图像。医学影像处理技术是指对已经获得的图像作进一步的处理，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。医学影像临床应用技术是在诊断和治疗的具体过程中需要解决的医学问题，根据各种医学影像的特点，在临床上以最敏感的信息、最快的速度 and 最经济的手段获得以数字表明的客观资料达到最客观诊断目的，帮助最优治疗方案的选择、确定和实施。它是学科研究的实际应用，即学科研究的最终目的。

第一节 医学成像技术的分类

目前，根据生物医学影像学所研究的内容和层次，按其理论和技术的不同，可将这

门学科的范畴划分为两大领域：一是以研究生物体微观结构为主要对象的分学科，称为生物医学显微影像学；二是以人体宏观解剖结构及功能为研究对象的分学科，称为现代医学影像学。现代医学成像系统若按其信息载体可分为以下几种基本类型：

- (1) X线成像：测量穿过人体的 X 线。
- (2) 核医学成像：测量放射性药物在体内放射出的 γ 射线。
- (3) 超声成像：测量人体内对超声的反射波或透射波。
- (4) 磁共振成像：测量人体组织中同类元素原子核的磁共振信号。
- (5) 热、微波成像：测量体表的红外信号和体内的微波辐射信号。
- (6) 光学成像：直接利用光学及电视技术，观察人体部分器官的形态。

一、X 线医学成像

到目前为止，各种 X 线图像数目占临床影像总图数的 70%~80%。1895 年伦琴发现 X 线，通过 X 线人们第一次看到皮肤内的骨骼。三个月后，两位英国外科医生借助前一天受伤妇女手指的 X 线照片，成功地从手指中取出了不慎插入的铁针，开创了影像学诊断的先例。但 X 线初期的应用检查只限于观察有自然对比的影像，人工对比是在 1920 年造影剂发明以后开始的。以后的近百年里，X 线图像随着其它学科的发展，在灵敏度、分辨率以及解决影像重叠问题等方面都得到了显著地改变。1952 年，影像增强电视系统使 X 线诊断实现了“明室观察，隔室操作”的愿望。近几年，在 X 线直接成像方面的最重要发展是采用影像板来代替感光底片以及直接固体数字化成像。1972 年英国 EMI 公司的工程师 Hounsfield 发明的电子计算机 X 线体层扫描技术 (X-CT)，它以密度的高分辨率和无重叠的横断位图像显示出普通检查所不能显示的病变，显著地提高了临床诊断的正确性和效率。至今，CT 技术几经发展，已进入第五代的应用。1989 年，螺旋 CT 问世，使 CT 技术在临床应用上又有新的发展。CT 技术是医学影像学发展史上里程碑式的建树。

二、超声医学成像

超声成像设备在医院中应用，大概仅次于投影 X 线机的成像设备。目前临床上使用的超声成像系统（即 B 型超声显像仪）大多是采用脉冲回波方式成像。即，用一个短暂的电脉冲激励换能器晶片，使之振动产生超声波并射入体内，进入人体的超声波在遇到组织界面时，就会产生较强的回波信号。于是，根据接收到的回波信号就可以直接获取扫描平面上的人体结构图像，超声成像的突出优点是对人体无损、无创、无电离辐射，同时它又能提供人体断面实时的动态图像。广泛地用在心脏或腹部的检查。除了断面成像外，借助经典的多普勒原理进行超声血流测量，用于对心血管与脑血管疾病等诊断。

80 年代初问世的超声彩色血流图 (CFM) 是目前临床上使用的高档超声诊断仪。它的特点是把血流信息叠加到二维 B 型图像上。在一张图像上既能看到脏器的解剖形态，又能看到动态血流，它在心血管疾病的诊断中发挥了很大的作用。

用于成像的超声波其波长必须小于 1.0cm，频率高于 0.15MHz 才具有分辨率，可在人体检查上应用，因为超声波在人体组织中的衰减与声频近似成反比关系，根据探查

组织的深度及分辨率要求灵活选用超声波频率。对于腹部等较深部位的成像，人们总是选用 1.0~3.0MHz 之间的频率；而对于穿越长度较短的部位成像，如眼部或其他浅部组织，声频可达 20MHz。用于血管内超声探头频率高达 40MHz。

三、核医学成像

放射性核素成像是把某种放射性同位素标记在药物上，然后引入病人体内，当它被人体组织吸收后，人体自身便成了辐射源。放射性同位素在衰变的过程中，将向体外放射 γ 射线。为使 γ 射线射出体外时不致过分衰减， γ 射线的能量应足够高，但也不宜过高，否则检测数据很困难而不易成像。核医学成像中所使用的 γ 射线的能量范围一般在 25keV~1.0MeV 之间，这与 X 线成像时应用的能量相近，但平均能量要高些。人们可以用核子探测器在体外定量地观察这些放射性同位素在体内和细胞内转移速度和数量的差异及变化而产生特征图像。从所得的放射性同位素图像中，提供了脏器的形状、大小、功能和血流量的动态测定指标，以及测量病变部位的范围，能反映体内生理、生化和病理过程，可以显示出组织、器官的功能等，这是其他成像系统所不易做到的。因此，尽管图像的分辨率比较低（约为 1cm 左右），仍是临床诊断中的重要工具。

放射性核素成像技术发展很快，最早采用的仪器是 1951 年的放射性同位素扫描仪（即闪烁扫描仪）。1958 年，美国人 Angr 研制的 γ 闪烁照相机具有快速显像的本领，使得核素影像诊断从静态进入到动态观察，能指示脏器的生理代谢功能。80 年代初，放射性核素扫描与 CT 技术结合起来，研制出发射型计算机断层扫描术（ECT）。不仅能动态观察各种脏器形态、功能和代谢的变化，而且能进行断层、立体显像。

发射型 CT（ECT）可分为单光子发射型 CT（ECT）与正电子 CT（PET）两类。两者的数据采集原理不相同，目前，ECT 在临床上已得到较广泛的应用。PET 有许多引人注目的地方，用它来研究人脑功能等，有其独特的优点。但由于 PET 系统价格昂贵，目前只在少数实验室或综合性医院的研究中心使用。

四、磁共振成像（MRI）

1945 年美国学者 Bloch 和 Purcell 首先发现了磁共振现象，由此产生的磁共振谱学被广泛地用作对物质的非破坏性分析方法。磁共振用作医学成像是 1973 年 P. C. Lauterbur 做出了仿真模块的二维磁共振图像之后，直到 80 年代才被快速地发展起来成为医学影像新技术。

这种技术实际上是以磁场值标记人体内共振核的位置，通过原子核对外界磁力的反应来获取被检体化学信息的一种全新方法。它所构成的图像被 Damadian（纽约州立大学最早发表有关 NMR 成像论文的教授）称之为“化学性图像”。MR 图像可反映原子、分子水平，可揭示人体内新陈代谢等生理、生化过程的早期变化，因而有人认为它有可能改变用病理解剖表达疾病的传统概念。从理论上讲，MR 技术可以实现多核种的成像，但目前在临床上仅使用 H 核，这是由于人体组织含有大量水分，一个水分子中就有两个氢原子。在实验室中已实现了人体中 Fe、Na、P 等元素的 MR 信号检测。

磁共振成像的突出优点是对人体无创、无电离辐射，成像的参数和方法也较多，也可以对人体组织做出形态与功能两方面的诊断。此外，磁共振图像的分辨率比较高，而

且可以较容易地获取人体的三维图像。

五、可见光学医学影像

光学医学影像是指可见光医学成像影像学，主要是内窥镜技术。它提供了方便、直观和费用较为低廉的诊断方法。自从1958年第一台纤维胃镜诞生以来，至今制成了光纤内镜、电子内镜、超声内镜、激光内镜等各种不同性能的内窥镜。电子内镜抛弃了光导纤维传像的方式，在镜头端装有一只微型电视摄像机，由电荷耦合器件将顶端物镜所成的图像变换为电视信号，再经转换为光学图像。对腔内状态既可直接屏幕展示，供多人同时观察；也可用磁带录相机录相或打印机输出；还可直接夹取活体组织进行活检、止血和局部病灶治疗，代之外科手术。目前，内窥镜的使用范围已由消化道扩展到泌尿、循环、呼吸、生殖等多个系统，以及腹腔、耳、喉、血管、关节腔等器官。

激光是一种特殊的光源，用它制成的激光纤维内镜已成功地用于支气管癌、肺癌等疾病的腔内诊治。激光全息摄影技术能神奇地复原出被摄体的立体图像，激光透照影像能很好地显示体内异物和骨骼畸形。这些检查技术有的已用于临床诊断。

六、红外、微波医学成像

红外医学影像主要用于人体浅表疾病的探查，其主要技术可分为被动成像方式的红外热像术和主动成像方式的红外摄影术。

红外医学成像的最大优点，一是对人体无辐射损害；二是不会因检查而引起人体状态的变化；三是操作方法简便、经济，是一种具有应用前途的医学影像检查方法。

微波是指波长从0.1mm（亚毫米波）到1m（米波）波段的电磁波（300MHz~300GHz），除利用微波热效应制成的各种临床治疗仪器外，微波还是CT机的一种理想能源，也可作为显微镜的“光源”。近年来微波医学成像技术在不断进步，不断开发出特有优势的装置。

除了上述各种成像系统外，还有利用人体组织的电阻抗成像等。

第二节 医学影像发展简史

从历史发展的过程看，有些成像系统，是紧随着某种基本的物理现象发现之后出现的，例如投影X线成像系统。有些成像系统，基本原理早已证实，但实用还有高速计算机等技术的发展，如X线CT。有些成像系统还与军事技术研究的突破密切相关。例如超声仪器的发展。核医学成像 γ 光子检测器等又是核反应技术的副产品。

人体成像的历史要追溯到1895年伦琴发现X线之后，从30年代起，X线成像技术的发展只是在部件方面，而非X线成像原理。

第二次世界大战以后，核医学和医用超声技术开始临床应用。它们提供了无创伤地显示疾病的新手段。1972年X线计算机断层设备（X线CT）的问世，在X线CT的启发下，不同能源的CT机也相继问世，如单光子发射CT（ECT）、正电子CT（PET）、数字减影血管造影CT（DSACT）、超声CT（UCT）、磁共振CT（MRI）等。

从影像诊断技术的发展来看，70年代初期主要是传统X线影像、核医学及超声；从信号角度来看，均是以模拟方式进行数据处理的。但由于计算机技术迅速发展和数字影像技术的导入，80年代所有的影像诊断技术领域，均向数字化急速发展，对所有的装置均实现了用计算机存贮图像。传统的X线影像也开始迈入数字化行列，1980年出现了DF，1982年开始研制CR。DDR的问世，使常规X线诊断技术的应用范围进一步缩小。目前，医学成像技术仍不断变革之中，一方面要努力改进前述各种系统的性能，另一方面则应探索新的成像技术。

第三节 医学影像技术展望

现代医学影像学未来发展趋向是，在保证人身安全的前提下，努力改进信息传递方式，提高信息传递效率并开创新的信息表达方式，提高图像显示质量；其最终的医疗意义，不外是更精确地发现人体组织初期病理变化，为早期诊断、早期治疗提供依据。

一、开发超高分辨率的显示系统

这种系统类似于胶片屏幕图像，使之能够对多达 2560×2048 像素的图像中的微小细节进行研究。每个像素用12bit灰度值或覆盖信息进行贮存，这样便能做到以更精确的方法收集形态学方面的定性、定量的信息。

二、提高影像设备的性能并增加新的功能

分析各种影像技术的成像原理，磁共振具有进一步探索微观结构变化的可能性，测定分子三维空间结构图像的磁共振波谱成像（MRS）虽还比较年轻，但它是今后若干年内一项引人注目的科研开发课题。

在超声医学成像技术方面，扫描制式发展成256个阵元的线阵型和相控型的多晶电子扫描；探头的高频和形状多样化；彩色血流成像（CFM）研究高速和低速血流测量新方法；开展腔内超声成像和术中超声成像；数字处理三维图显示；目前高性能的CFM和超声CT正在研制中；进一步开展介入性超声和CFM的临床应用等，皆成为超声医学的重要课题。

X-CT是唯一能显示0.1mm以下细节的诊断手段。但它仍面临着继续提高空间分辨率和扫描速度的问题，以重点研究疾病在新陈代谢方面的变化，以便在组织学上的镜下改变之前作出疾病的诊断。然而，它的造价之高昂又对性能的改善起着制约作用，因此，如何降低其成本也成为技术上需要解决的问题。

核医学成像则是可对脏器功能和代谢的多种检查。可见光成像通过染色可提高观察灵敏度。

三、医学影像各种数字化

医学影像处理的方法有两种：模拟法和数字法。光学系统成像和电视技术的图像都属于模拟（并行）成像方式；而计算机化的各种医学影像如X-CT、MRI、DSA、ECT、

超声、微波等都是采用数字方法给出图像信息的。目前，数字方法成像的比例越来越大，这归功于计算机的图像处理技术的成熟，为了适应综合影像诊断技术发展的需要，性能良好的综合数字图像诊断装置（TDIS）。它是将 X 线 CT、CR、RI、US、MRI 等图像技术综合利用的诊断系统（图 1-1）。随着计算机技术、数字图像处理技术及其他相关技术的发展，医学成像系统将向着从模拟图像到数字图像、从平面图像到立体图像、从局部图像到整体图像、从宏观图像到微观图像、从静态图像到动态图像、从形态图像到功能图像、从单一图像到综合图像等方向发展。用归纳的术语说，这就是要获得多时相（动态）图像、多维数图像、多参数图像、多模式图像以供临床多种诊断指标（包括病灶检测、定性，脏器功能评估，血流估计等）、治疗（包括三维定位、体积计算、外科手术规划等）的多种参考以及多地域显示观察。

整体图像：如 ECT 的全身骨显影等。微观的如分子水平的水成像等。

多参数图像：磁共振成像中在不同的成像条件下可以获得同一断面但分别反映质子密度、弛豫时间 T_1 或 T_2 的图像，这就是多参数成像的一个例子。针对不同的需要不断研究新的成像方法，并研究发现那些对疾病诊断敏感的成像参数，也将成为研究的热点，它将为医学影像开辟更广泛的应用领域。

多模式图像：不同的成像方式（如 X-CT, MRI, PET 成像等）具有它们各自的特点。不同来源的图像分别携带着不同的信息。例如，X-CT 与 MRI 图像所提供的人体断面解剖结构是很清晰的，而在反映脏器的功能方面，放射性同位素又有其独到之处。如果我们把不同来源的图像经过一定的坐标变换后融合在一起，医生就能从一幅图像上同时获得关于病人脏器的解剖形态与功能的多种信息。

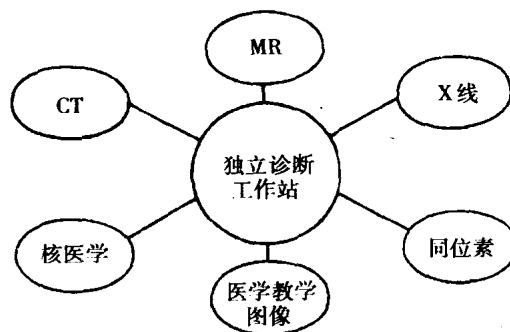


图 1-1 独立诊断工作站联网系统

四、医学影像存贮和通讯系统（PACS）

数字图像具有模拟图像无法比拟的优点。它不但具有高分辨率和好的图像品质，也有利于图像的远距离传送。将医学影像处理技术和通讯技术结合起来，开发出图像存贮和传输系统（PACS）。医院中各科室检查病人形成的图像信息，都以数字量存贮入中央计算机，当需要观察图像时，只需在终端机上指令提取，即可将该病人的全部图像显示在该科室的显示器上，PACS 不仅可在一所医院里使用，也可由几所医院用通讯网络形成联机，互相会诊。以光盘记录数字图像的手段取代传统的金属银胶片的无胶片医院一定会相继出现。

第四节 医学成像系统的评价

纵观上面提到的各种成像方式，它们在成像原理、成像参数及适用范围等方面各不

相同。实际上，这些不同的成像系统并不能互相取代，在临床应用中起着相互补充的作用。因此，在评价一个成像系统时，应从各个不同角度全面分析成像系统的优缺点，并指明其临床适用的范围。

一、电磁波透射成像的分析

我们可以将医学成像的模式或方法粗略地分为两类：在大多数情况下，医学影像的获得有赖于某种形式的能量与人体组织相互作用的物理过程（如 X 线成像、超声成像、磁共振成像等主动的形式）；也有一些医学影像是反映人体生命过程中自身发出的某种信息（如红外成像等被动的形式）。

在用透射方法成像时，并不是所有的电磁波都可以用来进行医学成像。需要考虑的主要因素是分辨率与衰减，从分辨率的角度考虑，用于成像的辐射波的波长至少应小于 1.0cm。图 1-2 中波长大于 1.0cm 的无线电波自然是不能用于成像的。

此外，当射线照射人体时，人体组织会将其部分吸收或散射，或者说对射线起到了某种衰减作用。如果衰减得过多，那么只有少量射线透过人体，很难检测到。反之，若几乎毫无衰减地透过人体，也是不可能得到对比清晰的图像。因为图像的对比度是靠经过一定的衰减后射线强度的差异来形成的。红外、可见光及紫外线照射人体时产生过度的衰减，不能用于透射成像。适度的波长是 5~0.01nm，这个频段中电磁波的光子能量约为 25keV 至 1.0MeV。

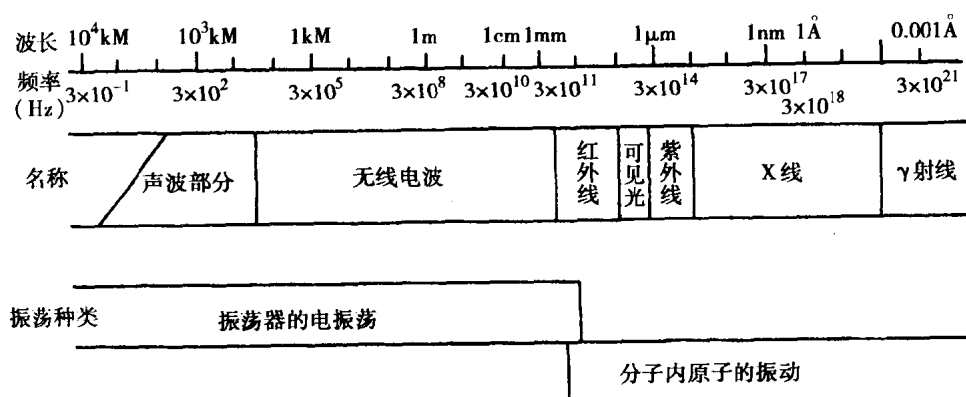


图 1-2 电磁波谱

二、超声成像与 X 线成像的比较

由于超声波与 X 线在人体组织中的传播过程不同，因而这两种不同的成像方式有明显不同的特点。

目前临床上使用的超声仪器都是采用反射成像的方法。在反射成像系统中，可以根据超声波往返传播的时间来决定探查的深度。据测定，超声波在水中或大多数人体组织中的传播速度约为 1540m/s。在体内传播 1cm 距离的时间约为 $67 \mu\text{s}$ ，在这个数量级的时间内，现代电子技术完全有能力区分来自人体不同深度处的回波信号。也就是说，超声成像可直接获取三维空间中某一特定点的信息，这也正是通过超声成像方法可方便地

获取人体断面图像的主要原因。显然，在 X 线成像系统中是做不到这一点的。

医学诊断用的超声波其波长一般选择在 0.5mm 左右，它在人体中传播时将发生衍射，从而造成图像分辨率的降低。它是超声成像制约因素。在 X 线成像中，射线的波长短，它在人体中传播时不发生衍射且传播速度与人体组织基本无关，这是能获得高分辨率图像的原因。

此外，X 线与超声在人体中不同的传播特性也决定了它们各自在临床中的适用范围。例如，脉冲回波式超声对观察实质性脏器的软组织结构是很合适的，对胸腔检查时，超声波方法就不行了（气体介面反射）。相反，用 X 线来探查胸腔则是很成功的，但探查腹部时则很难分辨出内部的脏器（软组织分辨差）。上述例子告诉我们，超声与 X 线成像适用于不同的部位，而在许多情况下它们起到了互补的作用。

三、解剖形态学成像与功能成像

X 线成像所能显示的是人体结构的解剖学形态，对疾病的诊断也主要是根据形态上的密度变化，它较难在病理研究中发挥作用。尽管放射性同位素图像的分辨率是比较低的，但是它能直接提示脏器功能，特别是代谢方面的问题，功能成像在临床诊断与医学研究中已越来越显示出其作用。

功能成像一般可分为有源的和无源的两类。将某种放射性物质引入体内，通过在体外检测其辐射能量来判断某个脏器的功能，属于有源的方法。直接检测人体在生命过程中产生的围绕人体的物理场及各种辐射，同样可用于脏器功能的检查，这种方法属于无源的方法。例如，测定红外热辐射可了解皮肤毛细血管中的血流状态，人体电场与磁场的测定可用于判断心脏、大脑和肌肉的生物电活动等等。尽管许多功能成像方法得到的图像分辨率比较低，但它所提供的关于脏器功能方面的信息却越来越得到人们的重视。

值得提出的是，磁共振图像不仅能提供组织形态方面的信息，而且可以提供有关脏器功能及组织化学特性方面的信息，并具有较高的图像分辨率，是一种很理想的成像方法。

四、对人体的安全性

在评价医学成像系统时，一个需要特别注意的问题是对人体的安全性。电离辐射对人体造成的损伤可大致分为两种：一种属于对照射躯体的直接损伤，如局部发红、脱发、有可能增加某些疾病（如白血病）的发病率等；另一种损伤是属于遗传性的，可能会影响到下几代。考虑到 X 线对人体可能的伤害，进行 X 线检查时应尽可能设法减少对人体的照射剂量。

放射性同位素成像也会给人体造成电离辐射。但在评价两者对人体的损伤时，应注意其差别。在 X 线摄影中，尽管辐射的强度相对比较大，但病人只是在一个很短的时间里接受照射。放射性同位素成像用的放射性材料的浓度虽然是很低的，但放射性药物在人体的照射则会持续一段时间，直至其排出体外或衰变完了。因此，在选择放射性材料时要考虑的一个重要因素是要求其具有较短的半衰期。

目前已有的统计数据表明，诊断中使用的超声波照射水平不会对人体造成伤害。由于超声成像中对人体无损、无创，因而在临床中得到了越来越广泛的应用。特别是对那