

数字化影像新技术的 临床应用

SHUZHUA YINGXIANG XINJISHU
DE LINCHUANG YINGYONG

主 编 苏续清

 人民军医出版社
PEOPLE'S MILITARY MEDICAL PRESS

数字化影像新技术的临床应用

SHUZHUA YINGXIANG XINJISHU DE LINCHUANGYINGYONG

主 编 苏续清

副主编 (以编写章节为序)

霍福涛 刘奉立 姜进军 李善春
生琦瑞

编 者 (以姓氏笔画为序)

于金科	于本霞	王 涛	王卫为
王云强	王凤江	王志业	王洪波
王桂乐	王福江	公佩友	石 磊
生琦瑞	刘奉立	刘京礼	刘爱丽
祁延芳	苏续清	李学华	李洪伦
李善春	宋雪鹏	张秀珍	林乐军
郑世财	郑延波	姜 宏	姜文进
姜进军	耿军祖	徐志英	高鲁生
黄生传	曹伯峰	盖玉斋	隋 星
董建军	谢海柱	霍福涛	



人民军医出版社

People's Military Medical Press

图书在版编目(CIP)数据

数字化影像新技术的临床应用/苏续清主编. —北京:人民军医出版社,2007.1

ISBN 978-7-5091-0673-0

I. 数… II 苏… III. 数字技术—应用—影像诊断 IV. R445

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 150671 号

策划编辑:高爱英 文字编辑:高爱英 责任审读:黄树兵

出版人:齐学进

出版发行:人民军医出版社 经销:新华书店

通信地址:北京市 100036 信箱 188 分箱 邮编:100036

电话:(010)66882586(发行部)、51927290(总编室)

传真:(010)68222916(发行部)、66882583(办公室)

网址:www.pmp.com.cn

印刷:三河市春园印刷有限公司 装订:春园装订厂

开本:787mm×1092mm 1/16

印张:17.25·彩页 8 面 字数:408 千字

版、印次:2007 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

印数:0001~3000

定价:70.00 元

版权所有 侵权必究

购买本社图书,凡有缺、倒、脱页者,本社负责调换

电话:(010)66882585、51927252

内 容 提 要

这是一部介绍医学数字化影像新技术和其临床应用的专业参考书。作者结合丰富的临床经验和国内外参考文献,按照产生影像的能量源不同,对 X 线、CT、MRI、US、SPECT、PET-CT 及影像介入诊疗等数字化设备和成像原理进行简单介绍的基础上,重点对数字化影像新技术的临床应用进行了详细阐述,并在最后对计算机辅助诊断技术进行了介绍。本书文字精炼,配图 500 余幅,是影像学医师和临床医师重要的案头参考书。

前言

医学影像数字化是影像医学发展史上的里程碑。在 2002 年第 88 届北美放射学会年会开幕会上,大会主席 Bryan 发言的题目是“放射学的数字化革命(The Digital Revolution in Radiology)”,这是向世界宣示放射学领域的数字化时代已经到来。2003 年,上海市科委、《文汇报》共同发起的“改变上海市民生活的十项科技”评选活动中,“医学数字影像”以第十位名列榜中,表明中国的医学数字影像已经步入全面普及应用阶段。

医学影像数字化设备的成像技术都有着一个共同特点,即都以计算机为基础把图像信息数字化,并实时实施图像信息后处理,从多平面、多轴位了解人体解剖与功能状况及其病理变化,使影像诊断从大体解剖形态学向生理性、功能性、代谢性和(或)基因成像的技术过渡。

2000 年以来,我院投入使用大批影像数字化设备,影像信息成几十倍、几百倍的增长,影像的空间显示能力大大增强,提高了疾病诊断的符合率,推动了全院各科室科研工作的顺利开展,使医院迈进了山东省乃至全国卫生系统的先进行列。

我院影像中心是名副其实的“大影像”,含“四科五室”:有介入放射科(设床位 24 张)、超声科、核医学科、放射治疗科,以及 X 线室、CT 室、MRI 室、导管室和医学工程室。共有医技护理人员 120 余名,高级专业技术人员 32 名。各科室间行政工作配合默契,业务技术相互印证,已成为支持全院临床诊疗工作的广阔平台,并开展多项科研,收获颇丰。2004、2005 年影像中心曾先后荣获烟台市总工会、山东省总工会及中华全国总工会授予的“模范职工小家”称号。这次在医院领导的大力支持下,我院影像中心组织有关专家对近几年工作进行认真总结,并参考有关文献,结合数字化设备的基本构造、成像原理及其临床使用状况,编著此书供同道参考,不当之处,期盼指教。

苏续清

2006 年 8 月

目 录

第一章 医学影像学新进展	1
第一节 设备进展简介 (1)	
第二节 新技术概述 (11)	
第三节 常用基本概念 (18)	
第二章 X线数字化影像新技术的临床应用	22
第一节 X线数字摄影 (22)	
第二节 X线数字化透视——数字化胃肠造影机 (27)	
第三节 数字减影血管造影 (28)	
第四节 计算机X线断层摄影 (30)	
第五节 电子束CT (73)	
第三章 磁共振数字化影像新技术的临床应用	83
第一节 磁体封闭式磁共振成像 (84)	
第二节 磁体开放式磁共振成像 (107)	
第四章 超声波数字化影像新技术的临床应用	110
第一节 小器官超声 (111)	
第二节 心脏超声 (122)	
第三节 腹部超声 (146)	
第四节 外周血管超声 (150)	
第五节 妇产超声 (156)	
第五章 核素扫描数字化影像新技术的临床应用	160
第一节 单光子发射型计算机体层扫描技术 (160)	
第二节 正电子发射体层成像技术 (174)	
第三节 图像融合技术 (186)	
第六章 影像介入诊疗技术	205
第一节 血管性介入诊疗技术 (205)	
第二节 非血管性介入诊疗技术 (211)	

第三节 介入性超声技术 (227)

第四节 放射性核素治疗 (245)

第七章 计算机辅助诊断或检测————— 260

第一章 医学影像学新进展

第一节 设备进展简介

20 世纪 70 年代至 21 世纪初,医学影像数字化新设备的创新日新月异,数字化影像新技术的研发也蓬勃发展。现在把广泛用于临床的数字化影像设备简单介绍如下。

一、X 线 机

传统 X 线检查的必备设备。主要用于胸腹部透视、消化道钡餐检查、空气(钡剂)灌肠和常规 X 线摄影(屏胶组合)。现已有全数字化 X 线机,主要用于胃肠造影(DSI)、数字减影血管造影(DSA)和直接数字化 X 线摄影(DR);还有一些专用数字化 X 线机,如钼铑双靶乳腺摄影(图 1-1-1)、全景颌面体层摄影(图 1-1-2)等。

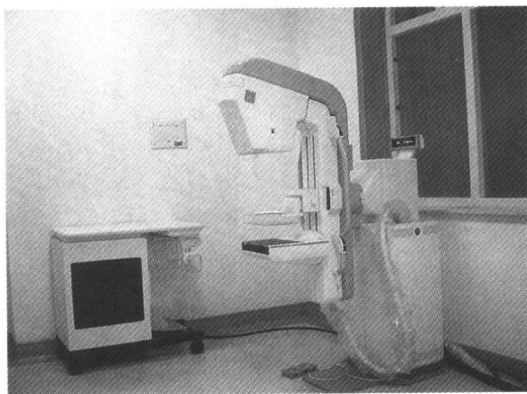


图 1-1-1 钼铑双靶全数字乳腺摄影机

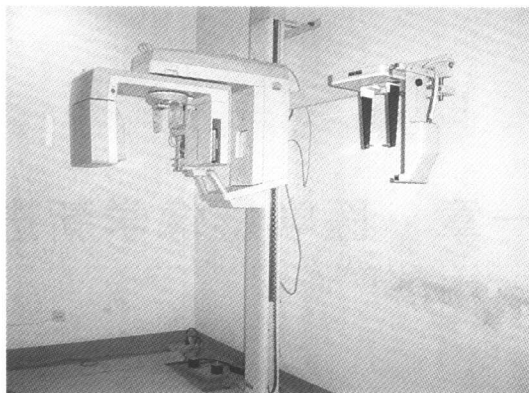
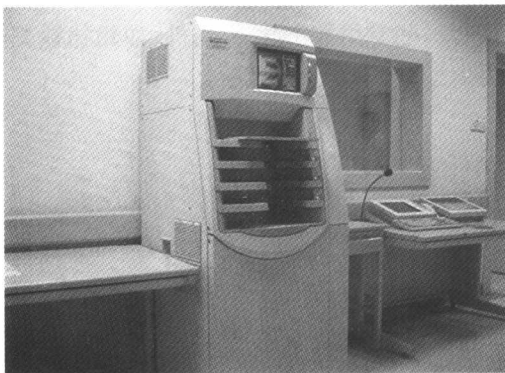


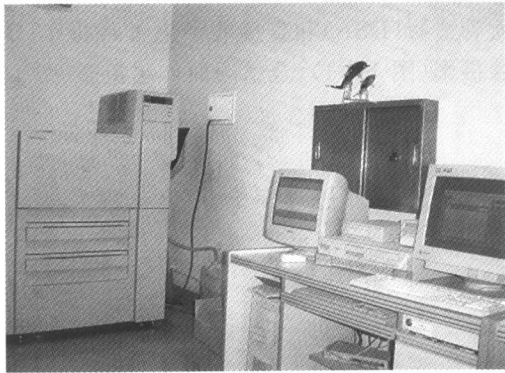
图 1-1-2 全景颌面体层摄影机

二、计算机 X 线摄影

计算机 X 线摄影(computed radiography, CR),利用影像信息记录板(IP)存储 X 线穿透人体所产生的潜影,用激光扫描读取时 IP 发出辉光被自由跟踪的集光器收集,经光电转换器转换成电信号,后经放大再由模拟/数字转换器转换成影像信息,输入图像后处理工作站作灰阶和窗位调整,打印出符合诊断要求的激光相片,最后再把数据存入磁带、磁盘和光盘内保存(图 1-1-3)。



A



B

图 1-1-3 计算机 X 线摄影系统

A. IP 阅读器;B. 激光相机与储存系统

在医学影像学实践中,尽管 X 线摄片是应用最早和最普遍的成像方式,但却是最后实现数字化的检查方法。CR 系统降低了 X 线照射剂量,且其 IP 结构形同照片暗盒,可与原有 X 线摄影设备匹配工作,放射技师无需再训练即可操作。CR 将放射科的一切摄片检查均实现了数字化,如胃肠点片、血管造影、尿路造影、乳腺摄影、体层摄影、床边摄影等。CR

还具有多种后处理功能,如病灶测量、局部放大、对比度翻转、影像边缘增强和多幅显示等,扩大了诊断信息量,提高了照片对比度,使甲级片率达85%以上,降低了废片率,也减轻了工作人员的劳动强度。CR成为放射学数字化发展史上的里程碑。

三、直接数字板X线成像

直接数字板X线成像(direct digital radiography, DR),是近几年才发展起来的全新的数字化成像技术。平板数字探测器(flat panel detector, FPD)研制成功并应用于临床在成像技术上是一个飞跃,它可将X线信号直接迅速转变为可视信号。FPD有直接方式与间接方式两种类型。直接方式的检测元件多用无定形硅加薄膜晶体管,检测器晶体的厚度较薄,转换速度快。直接方式FPD的量子检测效率(DQE)略低于间接方式,应用中需使用较高电压,导致噪声增加,但其空间分辨率优于间接方式。间接方式FPD采用碘化铯或硫氧化钆,其稳定性较好,但其空间分辨率比直接方式略差。

FPD代替了传统X线设备中由影像增强器、摄像头、光电系统和模/数转换器等构成的影像链(图1-1-4)。直接数字化取代模/数转换器而避免了影像链上诸多环节对影像产生的影响,减少了图像的噪声和失真,提高了影像的对比度和分辨率。采集工作站可以进行快速实时信号处理、存储和显示,并自动将图像传至后处理工作站,通过调节窗宽窗位扩展影像的动态范围,5s即可获得图像(每幅图像大约8MB,其矩阵为 $2K \times 2K$,1400多个灰阶,14比特的图像数字转换,层次丰富)。上述过程完成后扫描控制器自动对采集板内的感应介质进行恢复,整个过程约10s。

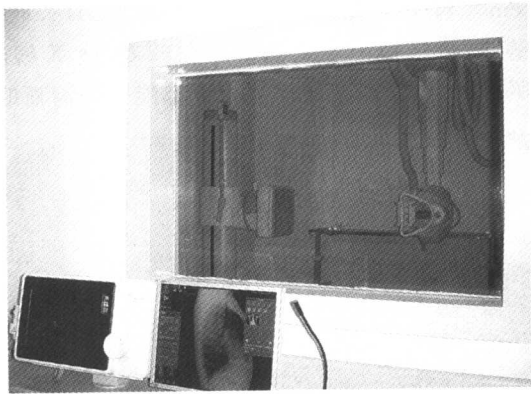


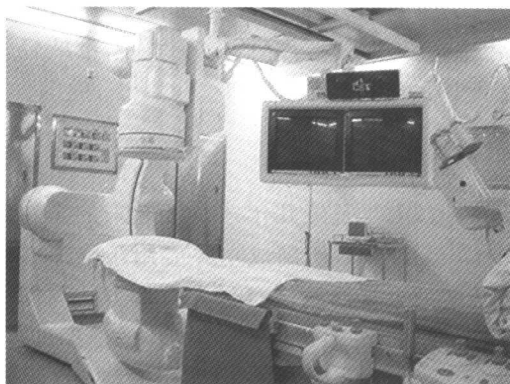
图 1-1-4 DR 摄影系统

观察窗内为摄片系统—FPD与X线机,窗外为操作台

四、数字减影血管造影

数字减影血管造影(digital subtraction angiography, DSA),分传统血管造影和DSA,两者手术操作方法基本相同,前者直接在X线胶片上显示血管影像,后者是通过计算机处理后的数字化影像(图1-1-5AB)。

DSA的基本原理是,将不透X线的含碘造影剂注入血管后,把探测到的X线信息输入



A



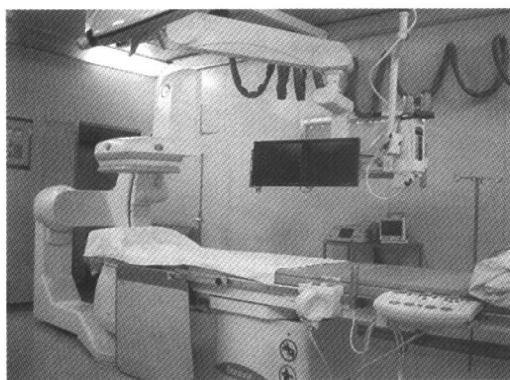
B

图 1-1-5 传统 DSA

A. 图使用影像增强器的主机;B. 图为操作台

计算机,模/数转换器将模拟信号数字化,把在造影剂抵达感兴趣区前摄取的无血管影像作为“蒙片”,把造影剂抵达感兴趣区时摄取的含血管的影像作为“被减影片”,将蒙片与被减影片的数据相减,去除背景结构的影像数据,再经数/模转换器把数字信号还原成图像,即产生了只显示血管影像的减影片。亦常常用“时间减影”消除背景中的骨骼影像。

新近又有平板式全数字化血管造影机应用于临床(图 1-1-6AB),其具有超大面积数字化平板探测器(FPD,41cm×41cm),像素矩阵高达 2048×2048,取代了传统影像链的所有组成部分,减少了影像链模/数转换中产生的噪声和畸变,使 X 线信号得到最大限度的利用,既大幅度降低 X 线照射剂量,又能在任何背景下都能获得清晰的血管造影和减影图像。



A



B

图 1-1-6 平板式全数字化血管造影机

A. 为主机,数字平板代替了影像增强器;B. 为操作台

DSA 的 FPD 和 DR 系统的 FPD 一样,也有直接和间接两种方式。直接和间接型 FPD 其时间分辨率均可达到 7.5 帧~30 帧/s,足以满足血管造影的要求。随着图像处理技术的

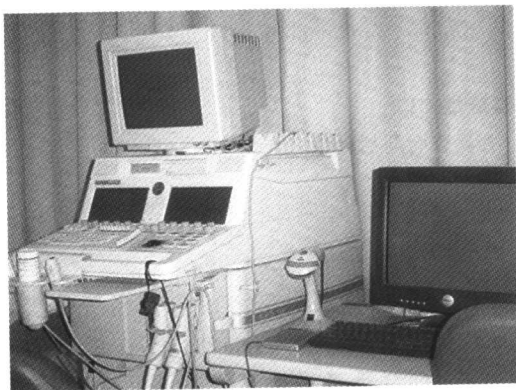
进步,实时减影功能已普及,最新研制的快速旋转三维成像技术、四维导航仿真内镜技术、能量减影技术等,也在逐步进入临床实用阶段。

五、超声诊断技术

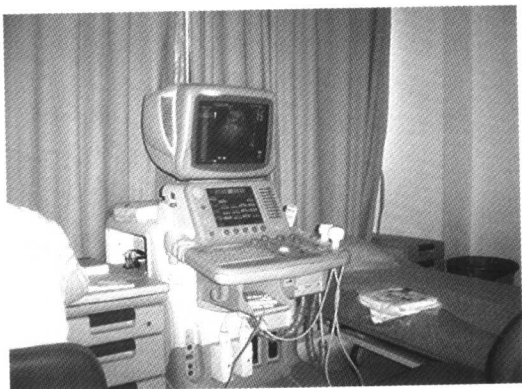
超声诊断技术以超声波为能量,其机械波动频率为 $2 \times 10^4 \sim 2 \times 10^{10}$ 赫兹。20 世纪 50 年代用于临床的 A 型超声(示波诊断),以波幅高低表示回波幅度,探头在一个位置上只能探测组织器官的一条线,即只反映人体组织空间的一维信息。20 世纪 70 年代超声显像(B 型超声诊断),以亮度表示回波幅度,实时 B 超能以黑白图像观察人体器官的动态二维图像,可做纵、横、斜切面的扫查。图像清楚直观,大大提高了诊断准确性。20 世纪 80 年代兴起的超声多普勒显像(D 型超声诊断),利用多普勒信号传递人体组织的运动信息,使多普勒血流显像技术结合二维超声检查,提高了对疾病的诊断与鉴别诊断能力。

彩超技术的发展和数字扫描变换器及数字波束形成器的应用,标志着超声诊断设备经历过模拟、模拟和数字混合及全数字化三个发展阶段。数字波束形成器精度高,系统活动度大,稳定性能好,因而获得比模拟方式更清晰的图像。

现在普及应用的彩超,有以 B 模式和彩色血流图结合的双套工作系统,并可有 M 模式提供组织界面的实践活动曲线,D 模式获取组织空间一维运动信息及其他超声诊断模式,使彩超成为既可了解人体解剖学信息,又可了解组织运动学信息的设备。自 20 世纪 90 年代起,借助计算机图像处理技术,在采集二维图像的同时,采集与该图像有关的位置信息,将图像与位置信息同步输入计算机,重建出三维超声图像。由于图像处理速度与信息存储量大提高,三维成像技术发展迅速,动态三维成像主要观察心脏及血流情况;静态三维成像主要观察活动幅度较少的脏器如眼球、肝脏、膀胱、妊娠子宫和胎儿等。近几年发展起来的介入超声,经食管、直肠、膀胱、阴道,分别对心脏、前列腺、子宫等做近距离探测,减少了干扰,增加了图像清晰度,能检出较小病灶(图 1-1-7AB)。



A



B

图 1-1-7 彩色多普勒

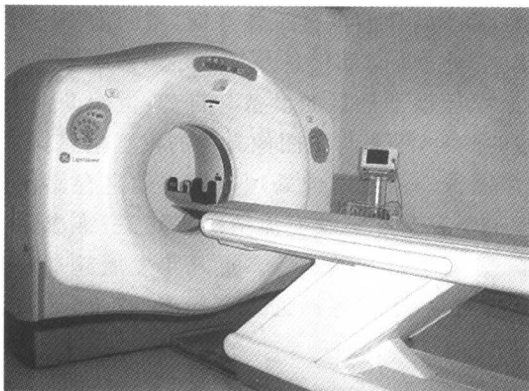
A. 为心脏彩色多普勒;B. 为腹部彩色多普勒

六、计算机断层摄影

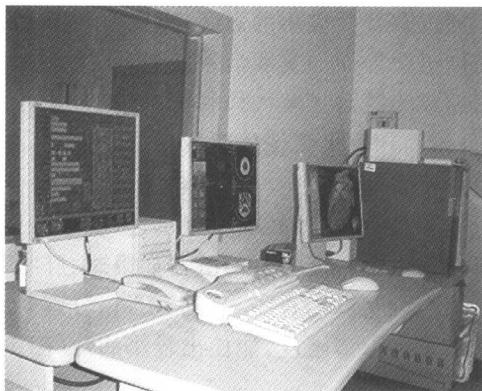
计算机断层摄影(computed tomography, CT),也以 X 线作为能量源。1973 年 CT 的问世从根本上改变了 X 线诊断面貌,开创了影像医学向数字化发展的先河。至 20 世纪 80 年代后期 CT 技术趋于成熟,滑环技术和螺旋扫描不但缩短了扫描时间,同时提供了高质量的 CT 图像。重建技术、灌注成像、仿真内镜等,已被普遍应用于临床。

近几年推出的多层螺旋 CT(4 层-16 层-64 层),代表着现代 CT 技术的更高水平(图 1-1-8)。多层 CT 横断扫描所获取的各向同性三维数据,可进行多种方位的重建(又称图像重组)。重建出来的轴位像、冠状切面和矢状切面图像,都具有同一性的空间和时间分辨率,实现了病灶立体形态的真实观察。

此外,多层 CT 扫描覆盖范围扩大,20s 左右即可完成胸腹部扫描,扫描速度加快,对搏动的心脏和蠕动的胃肠道也可进行 CT 检查,其微创与操作的简便,也易使患者接受,现被广泛用于体检、头胸腹部血管成像和冠心病的筛查等。



A



B

图 1-1-8 16 层螺旋 CT

A. 为主机的扫描机架与床;B. 为操作台与后处理工作站

七、电子束 CT

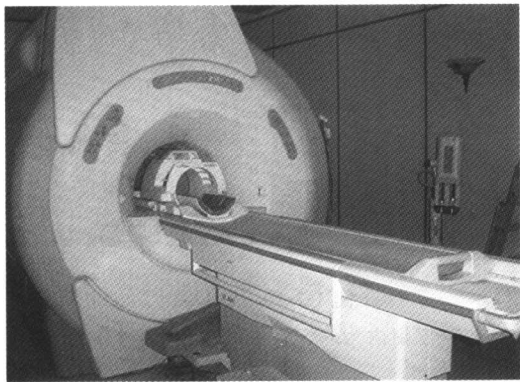
电子束 CT(electron beam CT, EBCT),是 CT 的一种特殊类型。1983 年首先在美国用于临床,现全球安装近 200 台,中国 10 余台。EBCT 与常规 CT 的主要区别在于 X 线的产生源。常规 CT 是用 X 线管球发射 X 线,由扫描架环绕患者做机械性往复运动,实现对靶器官的扫描。EBCT 则是由电子枪发射电子束,通过电子枪内的偏转线圈,使电子束轰击扫描架上的钨靶环,产生往返运动的 X 线束对靶器官进行扫描。由于 EBCT 电子束扫描钨靶环的速度远高于普通 CT 扫描架的机械旋转运动的速度,所以 EBCT 的成像时间缩短至 0.1s 左右,因而用 EBCT 检查运动中的器官如心脏大血管,均能得到清楚的图像,实现了电影 CT,带来 CT 技术的又一次革命。EBCT 的主要检查方式有容积扫描、电影检查及血流检查,也有平扫和增强两种扫描方式。

EBCT 所提供的高空间、高时间分辨率的图像,能清楚观察主动脉、肺动脉、冠状动脉和心房心室的结构形态,并可获得器官组织的灌注及血流动力学资料,实现了实时电影对心脏大血管的检查。美国的 EBCT 大部分用于冠心病的早期防治,除能对冠状动脉钙化进行定量分析,增强时还可检出非钙化性软斑块。因此 EBCT 在冠心病、瓣膜病、心肌病、心脏肿瘤、心包疾患、先天性心脏病、肺动脉血栓栓塞以及大血管疾病的诊断中均发挥重要作用。一次屏气即能完成扫描,对小儿、老年人和重症患者均可进行检查。

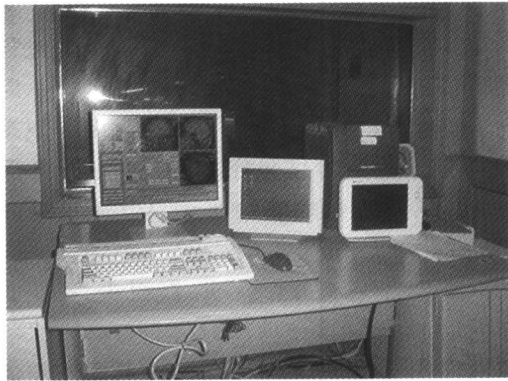
e-Speed 电子束 CT,是近期由 GE 公司向全球同步推出的新一代 EBCT,它结合了 EBCT 和多层面螺旋 CT 的优点,扫描速度最快可达 33ms,比多层 CT 缩短了 10 多倍,图像空间分辨率提高到 14Lp/cm,是以往 EBCT 的 2 倍,建立了 CT 心脏血管无创影像诊断的金标准,成为动态影像用于临床的最好手段,使心脏门诊筛查和常规检查成为现实。同时 e-Speed 拥有多层面 CT 的所有功能,可用于全身各部位检查,并可进行多种模式的重建,如 MIP、MPR、SSD 和 VE 等,还可配置低剂量肺普查技术,肺结节分析软件和 CT 结肠普查软件等,创造性地将业已领先的多层面 CT 检查与电子枪技术结合起来,开创了新一代影像检查与诊断的新技术。

八、磁共振成像

磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI),是以外加磁场为能量源,即把人体置于强磁场内,细胞核中的质子在高频无线电波作用下,产生核磁共振现象,以此用于临床检查的一种新的影像学诊断方法。以外加磁场的能量大小,有超低场强($\leq 0.1\text{T}$)、低场强($\leq 0.5\text{T}$)、中场强($\leq 1\text{T}$)、高场强($\geq 1.5\text{T}$)几种(图 1-1-9AB)。磁体则有永磁、常导、超导和封闭与开放式磁体的差别。



A



B

图 1-1-9 1.5T 磁共振设备
A. 1.5T MRI 主机; B. 操作台

1980 年世界首台商用 MRI 问世,我国 1984 年引进第一台磁共振设备。现在国内已有千余台。各项检查技术快速发展成熟,磁共振的快速成像、血管成像、灌注成像、功能成像、弥散成像、水成像以及脂肪抑制成像、波谱分析和增强造影等,已知的成像参数多达 10 余

种,有百种以上的脉冲序列组合,其成像潜力十分巨大。且其图像分辨较高,对软组织的对比观察是影像学检查中最好的方法,能区分脑白质、灰质,能分辨肌肉、肌腱、筋膜、脂肪和软骨等。

近年来,MRI 在磁场强度方面趋向于向低场强($\leq 0.5\text{ T}$)和极高场强($\geq 3.0\text{ T}$)发展。由于电子学、梯度场及射频场的开发应用,扩大了 MRI 的应用范围,特别是双梯度 MR 进入实用阶段后,使 MRI 技术步入高速度、高清晰度及大范围的新境界。双梯度技术是指梯度场与切换率分别由两个梯度线圈决定:小线圈的梯度场/切换率为 40 mT/m , 150 mT/m/ms ;大线圈的梯度场/切换率为 23 mT/m , 80 mT/m/ms 。两个梯度场可根据视野(Fov)不同而自动切换,当 Fov 超过 40 cm 时则自动改用大线圈。此外,MRI 可任意方向直接切层成像,无观察死角。近几年开发应用的容积扫描,可行各种平面、曲面和不规则切面的实时重建。心电图门控和快速扫描也已可使 MRI 对心脏大血管搏动、瓣膜开闭、心肌缺血和管腔狭窄等进行无创性检查。

九、单光子发射计算机断层显像

单光子发射计算机断层显像(single photon emission computed tomography, SPECT),以核素所具有的辐射为能量源,是核医学科主要显像设备之一。1979 年世界首台 SPECT 应用于临床。1983 年我国陆续引进,现已超过 350 台。核医学又称原子医学,是示踪原子活动的新技术,为分子生物学与核医学相结合的产物,是和平利用核能的新领域。核素(同位素)显像过程,是利用放射性显像剂在不同器官之间,或同一器官不同组织细胞之间,存在着放射性示踪剂浓度的差别。其原因是不同器官或同一器官不同组织细胞之间,血流分布不同,功能状态不一,代谢水平各异,从而对显像剂的摄取、保留、转运和清除等过程各不相同。在静态显像图中,病变部位示踪剂浓度低于或高于周围正常组织,则分别被称为阴性显像(冷区显像)或阳性显像(热区显像),据此判断病变的有无及其范围与性质。



图 1-1-10 SPECT

观察窗内为双探头主机,窗外为操作台

SPECT 通常分单探头、双探头、三探头等,探头多利于多角度、多层面、短时间采集数据(图 1-1-10)。探头在计算机控制下绕人体做 $180^\circ \sim 360^\circ$ 旋转,将采集的数据经计算机重建,获得检查器官的轴位、冠状位、矢状位以及三维断层图像。

十、正电子发射计算机断层显像

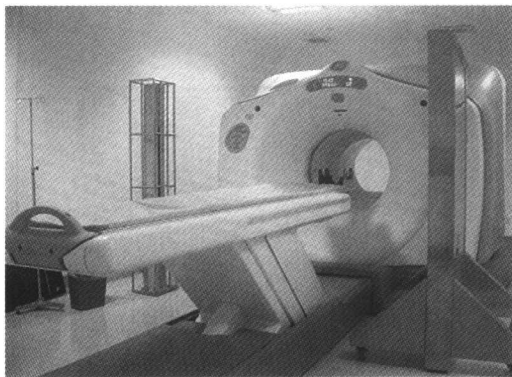
正电子发射计算机断层显像(positron emission tomography, PET),也是利用核素的辐射,是目前在体外获取体内组织代谢和(或)从分子生物学水平反映细胞功能变化的最佳影像学检查方法。1975 年世界上第一台 PET 面世,但其应用技术日趋成熟是在 1990 年以

后。中国科学院高能物理研究所于1986年成功研制出第一台PET样机,使我国跻身于为数不多的可生产PET设备的国家之列,1992年研制了第一代2环PET-BOI,1996年生产出第二代4环结构的PET产品。现在我国正在研制32环BGO PET,其空间分辨率可达5mm。1995年山东省淄博万杰医院首家引进PET,到2002年国内已建立10多家PET诊疗中心,近几年安装PET的医院明显增多。

PET显像所应用的是正电子发射体放射性核素,包括: ^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{15}O 和 ^{18}F 等, ^{18}F 与H的性能十分相似,当进入人体后一方面参与生物分子代谢,另一方面发射高能 γ 射线,因而被PET探测到其在人体组织细胞中的分布范围及其浓度。 γ 射线是正电子 β^+ 粒子在湮没辐射中形成的一对方向相反(180°)能量相等(511KeV)的两个光子。PET探测系统中除电子准直器外,还有符合探测电路,其作用是将同时进入两个闪烁探测器的两个 γ 光子作为有效射线记录下来,只要这两个信号小于 10^{-8}s ,则被符合电路确定为一个有用的事件,否则就不予以接受,这样可排除一些散射光子的进入。正电子核素作为显像剂必须用回旋加速器生产,其物理半衰期很短,加之不发射 β^- 粒子,对受检查者辐射剂量少,允许反复多次检查,特别是 ^{11}C 、 ^{15}O 等核素,是人体生物分子所含元素的核素,因而对于研究生理生化和许多病理过程均有重要意义。

十一、PET-CT

PET-CT是一种复合成像装置,即把CT扫描器和PET扫描器结合在一个扫描架内,共用一张扫描床(图1-1-11),是近几年迅速发展起来的医学影像设备之一,迄今在全球已经安装400余台,在中国已安装50多台。PET-CT检查使临床诊断和治疗效果均得到明显提高。



A



B

图 1-1-11 PET-CT

A. 主机的扫描架与床;B. 操作台

目前PET-CT中的PET和CT用各自的探测器,采集的图像数据不在一个平面,所以需要定期对两种图像的匹配进行调整以保证图像质量。CT扫描仪提供高质量的解剖图像,PET扫描仪提供高质量的功能图像,再通过一台高档计算机和专用软件融合两个装置采集的数据,这些装置互相结合便构成PET-CT图像(图1-1-12)。

患者躺在一张于 PET 和 CT 之间移动的扫描床上,检查中不用搬动就可以准确地记录 PET 和 CT 检查所获得的图像,即 CT 的解剖图像和 PET 的功能图像,而独特的融合技术则显示出 PET-CT 的形态功能图像,以前所未有过的方式观察到体内的组织代谢情况,早期发现病灶,做出定位和定性诊断。PET-CT 图像和常规的 ECT 或 PET 图像的最大区别是,PET-CT 能够进行心脏门控图像的精确衰减校正,这样能够真正完成心脏功能定量计算和冠状动脉成像。可以看出,随着多层螺旋 CT 在 PET-CT 中的应用,必将使 PET-CT 成为肿瘤、心血管和神经系统等疾病诊断的重要仪器。

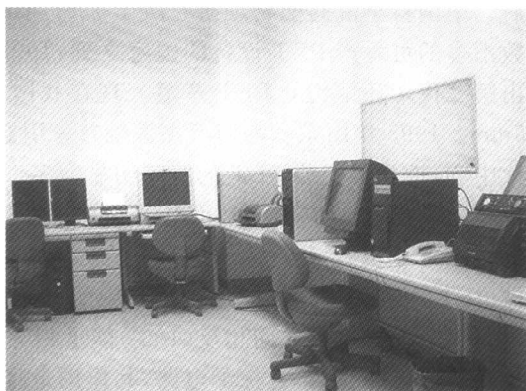


图 1-1-12 PET-CT 的图像融合系统

十二、医用回旋加速器

医用回旋加速器是生产 PET 检查所需要的正电子显像剂的必备设备(图 1-1-13)。1955 年首台医用回旋加速器在伦敦安装并应用于医学研究。至 20 世纪 70 年代后期,才开发出适合医院就地生产短寿命正电子核素的小型医用回旋加速器,目前全世界约有 200 多台投入临床使用。因为正电子显像剂多用 ^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{15}O 、 ^{18}F 等正电子核素进行标记,由于这些正电子核素的半衰期较短,多者十几个小时,少者仅十几分钟,为满足检查需要,故必须使用医用回旋加速器适时生产,并要在较短时间内标记成为检查所需的正电子显像剂(图 1-1-14),而且每天可进行多次生产以满足临床检查的需要。

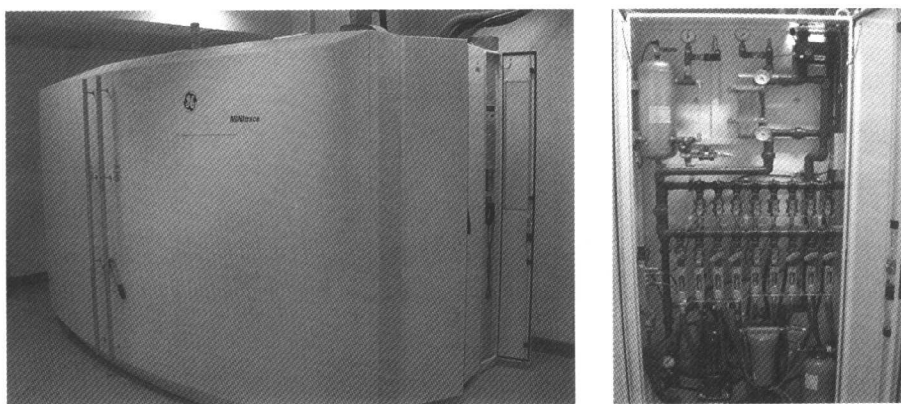


图 1-1-13 医用回旋加速器

医用回旋加速器是“粒子加速器”的一种,通常根据加速离子的种类,将其分为“正、负离子”回旋加速器和“单、多个粒子”加速器,正电子核素一般通过回旋加速器来生产。其工作原理是,利用一定形式的电磁场,使带电粒子在真空系统内不断运动加速,使其速度达每秒