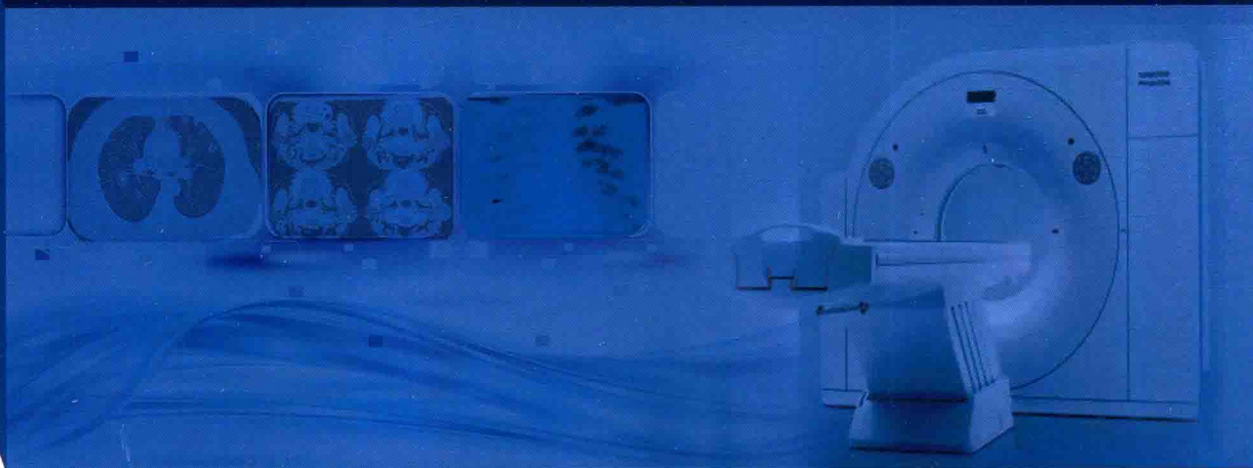


国家卫生和计划生育委员会“十三五”规划教材配套教材  
全国高等学校配套教材



供医学影像技术专业用

# 医学影像设备学 学习指导与习题集



主 编 韩丰谈 石明国



副主编 赵雁鸣 朱险峰 王红光



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

国家卫生和计划生育委员会“十三五”规划教材配套教材  
全国高等学校配套教材

供医学影像技术专业用

# 医学影像设备学 学习指导与习题集

**主 编** 韩丰谈 石明国

**副主编** 赵雁鸣 朱险峰 王红光

**编 委** (以姓氏笔画为序)

王红光 (河北医科大学)

石明国 (第四军医大学)

田宗武 (长沙医学院)

冯祥太 (石河子大学)

曲保忠 (吉林医药学院)

吕庆波 (新乡医学院三全学院)

朱险峰 (牡丹江医学院)

孙存杰 (徐州医学院)

李林枫 (天津医科大学)

李哲旭 (上海健康医学院)

吴 颀 (赣南医学院)

何乐民 (泰山医学院)

陈建方 (蚌埠医学院)

国志义 (吉林大学)

赵海涛 (第四军医大学)

赵雁鸣 (哈尔滨医科大学)

胡鹏志 (中南大学)

段 炼 (长治医学院)

董艳军 (滨州医学院)

韩丰谈 (泰山医学院)

韩闽生 (河北大学)

谭 威 (锦州医科大学)

魏君臣 (济宁医学院)

**编写秘书** 赵海涛 何乐民 (兼)

人民卫生出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

医学影像设备学学习指导与习题集/韩丰谈,石明国主编.

—北京:人民卫生出版社,2016

全国高等学校医学影像技术专业第一轮规划教材配套教材

ISBN 978-7-117-23243-2

I. ①医… II. ①韩…②石… III. ①影象诊断-医疗器械学-高等学校-教学参考资料 IV. ①R445

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 220169 号

人卫智网	<a href="http://www.ipmph.com">www.ipmph.com</a>	医学教育、学术、考试、健康, 购书智慧智能综合服务平台
人卫官网	<a href="http://www.pmph.com">www.pmph.com</a>	人卫官方资讯发布平台

版权所有,侵权必究!

## 医学影像设备学学习指导与习题集

主 编:韩丰谈 石明国

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](mailto:pmph@pmph.com)

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

印 刷:北京市艺辉印刷有限公司

经 销:新华书店

开 本:787×1092 1/16 印张:15

字 数:356 千字

版 次:2017 年 1 月第 1 版 2017 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

标准书号:ISBN 978-7-117-23243-2/R·23244

定 价:30.00 元

打击盗版举报电话:010-59787491 E-mail: [WQ@pmph.com](mailto: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)

国家卫生和计划生育委员会“十三五”规划教材配套教材、全国高等学校配套教材《医学影像设备学学习指导与习题集》可供医学影像技术专业本科生,也可作为工程技术人员培训的参考书。

本书以医学影像技术专业的培养目标为依据,注重素质教育,遵循专业培养目标。以“厚基础,强技能”为特色。编写中以“三基”(基础理论、基本知识、基本技能)、“五性”(思想性、科学性、先进性、启发性、实用性)和三特定(特定的对象、特定的要求、特定的时限)为原则。学习指导旨在让学生把握住各章节的重点、克服相应的难点。习题集旨在让学生通过解答各章节的名词解释、填空、单项选择和简答题等题型,强化巩固各章节的重要知识点。

本书对应纸质教材,共分九章。各章节按掌握、熟悉、了解分别点明了各知识点的分量,指明了重点和难点内容,并通过一定量的习题,达到复习、巩固重要知识点的目的。

本书编写过程中得到了人民卫生出版社的鼎力协助,泰山医学院的齐现英老师、上海交通大学的郭睿老师为本书的编写做了大量工作,在此一并表示感谢。

由于时间仓促,作者水平有限,书中缺点、错误在所难免,希望读者批评指正,以便改进。

韩丰谈

2016年05月

## 第一章

### 绪论 1

- 一、学习目标 1
- 二、重点和难点内容 1
- 三、习题 6
- 四、参考答案 8

## 第二章

### 普通 X 线成像设备 10

#### 第一节 医用 X 线机的基本结构 10

- 一、学习目标 10
- 二、重点和难点内容 10
- 三、习题 12
- 四、参考答案 14

#### 第二节 X 线管装置 16

- 一、学习目标 16
- 二、重点和难点内容 16
- 三、习题 19
- 四、参考答案 21

#### 第三节 高压发生装置 23

- 一、学习目标 23
- 二、重点和难点内容 24
- 三、习题 26
- 四、参考答案 32

#### 第四节 X 线机基本电路 35

- 一、学习目标 35
- 二、重点和难点内容 35
- 三、习题 37
- 四、参考答案 38

#### 第五节 其他 X 线机及 X 线机的维护与典型故障分析 39

- 一、学习目标 39

二、重点和难点内容	39
三、习题	45
四、参考答案	50
<b>计算机 X 线摄影成像设备</b>	<b>56</b>
<b>第一节 概述</b>	<b>56</b>
一、学习目标	56
二、重点和难点内容	56
三、习题	57
四、参考答案	58
<b>第二节 普通 CR 的基本组成与原理</b>	<b>58</b>
一、学习目标	58
二、重点和难点内容	59
三、习题	59
四、参考答案	60
<b>第三节 CR 图像的处理技术</b>	<b>61</b>
一、学习目标	61
二、重点和难点内容	61
三、习题	61
四、参考答案	62
<b>第四节 CR 的产品主要技术参数的意义</b>	<b>63</b>
一、学习目标	63
二、重点和难点内容	63
三、习题	63
四、参考答案	64
<b>第五节 CR 系统的质量控制</b>	<b>65</b>
一、学习目标	65
二、重点和难点内容	65
三、习题	65
四、参考答案	66

	<b>第六节 CR 常见故障维修实例</b>	67
	一、学习目标	67
	二、重点和难点内容	67
	三、习题	67
	四、参考答案	68
<b>第四章</b>	<b>数字化 X 线摄影设备</b>	69
	一、学习目标	69
	二、重点和难点内容	69
	三、习题	72
	四、参考答案	77
<b>第五章</b>	<b>数字减影血管造影成像设备</b>	84
	一、学习目标	84
	二、重点和难点内容	84
	三、习题	86
	四、参考答案	89
<b>第六章</b>	<b>计算机体层成像设备</b>	91
	<b>第一节 CT 的发展历程</b>	91
	一、学习目标	91
	二、重点和难点内容	91
	三、习题	93
	四、参考答案	93
	<b>第二节 CT 扫描机的基本结构</b>	94
	一、学习目标	94
	二、重点和难点内容	94
	三、习题	96
	四、参考答案	102

<b>第三节 CT 扫描机的软件结构</b>	104
一、学习目标	104
二、重点和难点内容	104
三、习题	104
四、参考答案	105
<b>第四节 滑环 CT 结构和螺旋 CT 结构</b>	106
一、学习目标	106
二、重点和难点内容	106
三、习题	108
四、参考答案	109
<b>第五节 多层螺旋 CT 的基本结构及特点</b>	110
一、学习目标	110
二、重点和难点内容	110
三、习题	111
四、参考答案	112
<b>第六节 CT 的性能参数</b>	113
一、学习目标	113
二、重点和难点内容	113
三、习题	115
四、参考答案	116
<b>第七节 CT 设备的安装调试</b>	117
一、学习目标	117
二、重点和难点内容	117
三、习题	121
四、参考答案	127
<b>第八节 CT 的主要性能参数检测和控制</b>	130
一、学习目标	130
二、重点和难点内容	130
三、习题	133
四、参考答案	135
<b>第九节 CT 设备常见故障及检修方法</b>	136
一、学习目标	136



二、重点和难点内容	137
三、习题	140
四、参考答案	146

## 第七章 磁共振成像设备 150

### 第一节 MRI 设备的基本结构 150

一、学习目标	150
二、重点和难点内容	150
三、习题	153
四、参考答案	158

### 第二节 MRI 设备的保障体系 160

一、学习目标	160
二、重点和难点内容	161
三、习题	163
四、参考答案	167

### 第三节 MRI 设备的性能参数与选购 170

一、学习目标	170
二、重点和难点内容	170
三、习题	171
四、参考答案	176

### 第四节 MRI 设备的安装调试 178

一、学习目标	178
二、重点和难点内容	178
三、习题	179
四、参考答案	180

### 第五节 MRI 设备的主要性能参数检测和

#### 质量控制 181

一、学习目标	181
二、重点和难点内容	181
三、习题	183
四、参考答案	187

第六节 MRI 设备常见故障及检修方法	189
一、学习目标	189
二、重点与难点内容	189
三、习题	189
四、参考答案	190
核医学成像设备	191
第一节 基本结构和分类	191
一、学习目标	191
二、重点和难点内容	191
三、习题	193
四、参考答案	195
第二节 $\gamma$ 照相机	197
一、学习目标	197
二、重点和难点内容	197
三、习题	198
四、参考答案	200
第三节 单光子发射型计算机断层设备	202
一、学习目标	202
二、重点和难点内容	202
三、习题	203
四、参考答案	206
第四节 正电子发射型计算机断层显像仪	207
一、学习目标	207
二、重点和难点内容	207
三、习题	209
四、参考答案	211
第五节 融合成像系统	213
一、学习目标	213
二、重点和难点内容	213

三、习题	214
四、参考答案	215

## 第九章 辅助成像设备 217

一、学习目标	217
二、重点和难点内容	217
三、习题	217
四、参考答案	221

## 一、学习目标

1. **掌握** X线机、CT和MRI设备的发展概况。
2. **熟悉** 核医学成像设备的发展。
3. **了解** 超声成像设备的发展。

## 二、重点和难点内容

### (一) X线机的发展

X线机的发展经历了五个阶段:①初始阶段;②实用阶段;③提高完善阶段;④影像增强器阶段;⑤数字化阶段。

### (二) CT设备的发展

**1. 提高速度** 主要包括提高扫描速度和提高重建及处理速度两方面。CT扫描速度越快越能清晰地定格人体运动器官,这一点对心脏扫描、急症和小儿的检查尤为关键。早期CT主要在提高轴向扫描速度方面做文章,随着多层螺旋CT的发展,如何提高容积扫描速度越来越为人们所关注。而重建和处理速度的提高则为提高工作效率提供了前提条件。

重建和处理速度的提高得益于计算机技术的飞速发展。普遍采用的是并行处理、多工作站流水作业,利用多处理器的工作站,采用SCSI硬盘阵列存储数据。在传输方面普遍采用光缆传输、千兆网络传输。为了适应3D功能和特殊诊断的需要,研发了专用的图像处理软件,从而大大提高了大数据量下的处理速度,提高了医生的工作效率,减小了劳动强度。

#### 2. 提高图像质量

(1)空间分辨率(spatial resolution):是指在高对比度条件下(对比度差异大于10%),鉴别出细微差别的能力,是图像中可辨认的临界物体空间几何长度的最小极限,即对细微结构的分辨率。对于一个容积扫描,它还应该包括垂直于纵轴的平面内的空间分辨率;即轴向断层扫描的空间分辨率。它与探测器的密度相关,探测器的密度越高,则分辨率越高;在探测器密度一定的情况下,采用X-Y平面飞焦点技术可以使获得的原始数据加倍,从而使分辨率大大提高,最高可达0.2mm或24Lp/cm。

(2)Z轴空间分辨率:在单排探测器阶段Z轴空间分辨率是很低的,它的高低与

轴向扫描的厚度成反比,厚度越小,重建出来的Z轴平面的图像分辨率越高。在多层螺旋CT诞生后,由于探测器排与排之间的间隔与单排探测器单元之间的间隔相同,并且扫描可以采用无间隙的容积扫描,所以Z轴平面的图像可以达到和轴位断层相同的分辨率,这就是所谓的各向同性。同样,Z轴飞焦点技术可以使Z轴方向的数据加倍,相当于CT探测器的排数加倍,从而使Z轴平面的图像分辨率也达到了0.2mm或24Lp/cm。

(3)时间分辨率:是指CT扫描图像分辨运动器官部位的能力。在多层螺旋CT时代,因为容积扫描的出现,时间分辨率又分为:轴向时间分辨率和Z轴时间分辨率。轴向时间分辨率:垂直于纵轴的平面内的时间分辨率;也可以理解为轴向扫描时间的倒数,但通常就直接用扫描时间来表示,当然扫描时间越短越好。为了获得快速的扫描,有的采用气动驱动技术使旋转一圈的时间缩短到0.27秒,有的采用双源技术将两套数据叠加,从而使获得重建图像所需要的扫描时间缩短为83ms。Z轴时间分辨率:传统CT的Z向数据是通过一层一层的轴位数据叠加获得的,在Z轴方向没有时间上的一致性,对于普通多层CT可以在较短的时间内完成这种数据的叠加,这就是它的时间分辨率,实际上对于普通多层CT来讲,所谓Z轴时间分辨率也就是容积时间分辨率,即完成整个扫描所需要的时间,但是对于320排CT则不同,由于探测器宽度足以覆盖整个器官,它在Z轴方向的数据是同时获得的,因此Z轴方向上没有时间差异。

### 3. 拓展应用范围

(1)心脏扫描:心脏扫描是随着多层螺旋速度加快,特别是64排CT出现以后迅速发展起来的。因为心脏是运动器官,为了显示心脏尤其是冠脉图像,CT的扫描速度必须非常快,一般来说只有小于0.5秒/圈的CT机,才能较好的完成心脏扫描。

心脏成像通常使用半重建算法(cardiac half reconstruction,CHR)即心脏单扇区重建技术来提高时间分辨率,在一个心动周期中,以设定相位为中心,提取240°的数据(180°加上X线扇角)来进行重建。心脏多扇区重建利用心电门控技术从不同的心动周期和不同排列的探测器,收集同一相位但不同角度的原始数据,从原有的单扇区中划分出多个同一相位的小扇区,从而达到提高有效时间分辨率的目的。

双源CT轴向时间分辨率可达75ms,可在一个心动周期完成扫描而无需采用多扇区重建,从而获得更逼真的图像。

(2)灌注成像(CT perfusion imaging):灌注(perfusion)是血流通过毛细血管网时,将携带的氧和营养物质输送给组织细胞的重要功能。利用影像学技术进行灌注成像可测量局部组织血液灌注,了解其血流动力学及功能变化,对临床诊断及治疗均有重要参考价值。其理论基础是核医学放射性示踪剂稀释原理和中心容积定律: $BF = BV/MTT$ 。增强CT所用碘对比剂基本符合非弥散性示踪剂的要求,可以根据时间-密度曲线(time density curve, TDC)计算BF、BV、MTT等参数。CT灌注成像在显示形态学变化的同时反映生理功能的改变,是一种功能成像。目前经常使用的有脑组织灌注成像、肝灌注成像等。

(3)双能量成像:能量CT成像的基本原理是X线与物质相互作用时的衰减定律。在早期的X线性质的研究中我们已知,相同能量的单能谱射线与单一物质相互作用时,其衰减值是不变的,但用两种有差值的不同能谱对一种物质进行照射后,可利用已知的某一物质

的衰减值,以及使用不同辐射能衰减值的差值来计算衰减差,最终由计算机图像处理系统完成双能图像的重建。简单地说就是利用不同穿透力的两种射线扫描同一部位,得出不同的图像相减以后可以看到用一种射线扫描看不到的东西,特别是密度差别不大的软组织如肌腱韧带等。

双能量技术的关键是如何实现能量的分离:可以利用 X 线管实现能量分离;可以利用探测器实现能量分离;可以用单源实现能量分离;也可以用双源实现能量分离。目前在 CT 临床应用中的双能成像方法主要有两种:一种是双源 CT 扫描机,它采用两个 X 线辐射源产生两种不同的辐射能量对病人进行扫描检查;另一种是高分辨率 CT 机(HRCT)为代表,它采用单个 X 线辐射源,利用专门设计的高压发生器,使其瞬间产生高低不同的辐射能,达到双能 CT 检查的目的。

(4) 仿真内镜(virtual endoscope)技术:CT 仿真内镜技术是以容积扫描为基础,对图像信息进行特殊的三维后处理,重建出的图像效果类似于纤维内镜所见,称为 CT 仿真内镜。

#### 4. 减少辐射剂量

(1) 硬件方面:提高 CT 探测器的灵敏度和宽度,目前探测器已发展到第四代。第一代:气体探测器;第二代:晶体探测器;第三代:固态陶瓷探测器;第四代:光子探测器。灵敏度、信噪比一代比一代高,而且出现了能覆盖单个器官的宽体探测器。

普遍采用高频 X 线机,配合适当的准直器和滤过器,减小软射线的危害。

(2) 软件方面:管电流调制技术;四维实时剂量调节技术;前瞻性心电门控能减少 CTCA 的病人辐射剂量的一半以上。

经过全球多中心研究证实,使用迭代技术可以仅使用相当于原来 40% ~ 50% 的剂量,即可获得较原来更好的图像质量。该技术可以应用于包括血管、心脏在内的各种 CT 检查。由于现代计算机技术的发展,虽然迭代技术需要大量的数据运算,但现在的迭代重建速度很快,可以常规应用于临床。

### (三) MRI 设备的发展

**1. 磁体** 是 MRI 设备的核心部件之一,近年来,磁体向高场强、短腔磁体、开放式及专用机方向发展。2000 年美国 FDA 已批准全身 3T 系统用于临床。4T 系统已得到 FDA 无明显危险的许可。在 7T、9.4T 系统已用于动物实验,目前 1.5T 的磁共振系统最短磁体长度仅为 1.2m,超导开放式磁体的场强已达到 1.0T,用于脑功能研究的垂直开放超导 3.0T 也将面世,高场系统近年来在世界市场占据的份额正在逐步提高。另一方面低场开放式设备的市场状况一直较好,随着高、中场设备的技术不断移植到低场开放型设备,低场设备的功能与图像质量也不断改善,成为 MRI 设备中具有较好的性能/价格比的主流机型。各公司用于关节、心脏、血管(特别是肢体血管)等部位的专用 MRI 设备已陆续有市售,其中有不少是由其他的较小的公司独立开发的小型专用 MRI 设备。

**2. 梯度** 磁场梯度是 MRI 系统的关键问题,它在很大程度上决定了系统的性能,是提高 MRI 速度的关键。近年来梯度技术有了明显的进步。使用级联脉宽调制(PWM)功率级构成的增强梯度放大器已可提供 2000V 的输出电压,500A 输出电流的能力,能支持任意形状的梯度脉冲波形,支持各种高速、实时应用。使用目标场设计方法,对梯度线圈

电感进行优化,可实现高速通断、幅度更高的梯度线圈。对全身应用,梯度强度达到 $45\text{mT/m}$ ,爬升时间至 $200\text{ms}$ ,切换率达到 $200\text{mT}/(\text{m}\cdot\text{ms})$ 。随着对梯度线圈更高的性能要求,对梯度线圈的长度、功率损耗、缓解刺激神经末梢及声学噪声等方面提出更高的要求,最近在梯度线圈设计方面已提出一些新的方法。

**3. 射频系统** 射频系统的线圈技术经历了线性极化线圈、圆形极化或者正交线圈、相控阵线圈及全景化一体线圈 Tim 技术几个阶段,加上多通道采集技术的发展,使得 MRI 图像的分辨率、扫描速度与对比度有了前所未有的质的飞跃。对于超高场 MRI 系统,高频线圈的发展基本与高场磁体结构的发展同步。多元阵列式全景线圈的发展十分迅速,支持并行扫描的线圈技术发展也很迅速;目前已能支持最优化的 4、8、16、32、64 个接收通道的配置;支持 3~4 倍的图像采集加速,3MHz 带宽/通道的射频系统,模数转换器(ADC)速度极大提高,进行全数字化采集(混频-滤波-模拟处理环节)。高性能的射频系统可获得更高的图像质量,信噪比增加,更好地支持功能成像和磁共振特殊成像的应用。

**4. 采集技术和重建系统** MRI 系统技术的改进,系统实时能力的提高使现在 MRI 扫描采集和重建的数据量大幅度增加。现代脉冲序列和扫描技术设计集中于更高采集效率的方法。近年来非线性 K 空间轨迹技术、K 空间数据共享技术、不完整数据的采集、与并行成像技术有关的重建方法都是当前十分活跃的领域。随着计算机技术的迅猛发展,目前重建速度达到 1700 幅/秒,实现在线处理。

**5. 软件技术的发展** 临床应用和科研,是 MRI 的灵魂,随着 MRI 系统硬件的发展,各种新软件层出不穷,充分展示了 MRI 在提前预知疾病、及早发现疾病、全面评估疾病、进行疾病治疗等全方位应用上的新技术进展。

消除 MRI 最难克服的运动伪影、金属伪影和磁敏感伪影的 PROPELLER (BLADE) 技术。实现高分辨率实时 MR-DSA,可以使全身任何部位的血管都能获得分辨率高于 DSA 的血管增强信息(空间分辨率可达 $250\mu\text{m}$ ,可多达 50 个时相)。实现超早期乳腺微小病变的诊断和鉴别诊断的技术,可以实现双侧乳腺的矢状位、轴位高时间分辨率、高空间分辨率同时成像,可以一次对比剂完成双侧乳腺上百层采集,得到双侧乳腺造影增强的信息,不但如此,还可以对任何不同时相的影像进行减影,从而更加清楚的了解病变的增强情况,相信此先进技术很快会受到临床科室的广泛欢迎。LAVA (VIBE、THRIVE) 技术,可以实现腹部三维容积超快速多期动态增强检查,从而敏感地发现早期微小病灶。MRS 的主要发展有:多体素 3D MRS,在 3.0T 系统已开拓了多种核频谱的功能,目前已可实用者有 $^{31}\text{P}$ 、 $^{13}\text{C}$ 、 $^{19}\text{F}$ 、 $^{23}\text{Na}$  频谱等。前几年已实现的多体素 MRS 等已经在高场设备上普及。扩散张量成像是增加采集方向(55~256 个方向),克服成像结构内的水各向异性扩散特征的成像方法,目前主要用于脑白质束成像。由于采集方向增加和分辨力提高,现已可获得三维的白质束图像。fMRI 已经在高场设备上普及,如多层显示的脑功能性成像;实时显示的 fMRI;3D 重建的 fMRI 等。MR 心肌灌注成像(含应力性灌注成像)已经普及,且在部分厂家已将其推广到 1.0T 设备上;采用 K-空间螺旋采集的 MRA 可获得极好的冠状动脉显示,且可进行 3D 重建等。

#### (四) 核医学成像设备的发展

核医学成像设备最早出现在 1951 年,由卡森研制成第一台线性扫描机。扫描机由闪

闪烁探头、电子测量电路、同步记录装置和机械扫描装置构成。闪烁探头在人体表面作弓字形匀速运动,连续进行计数率的定点测量、移位和同步记录,再通过打印机将体内的放射性分布图打印出来供分析诊断。虽然扫描机只能进行静态成像,并且空间分辨率和扫描速度都很低,但在此后的二十多年中一直作为核医学的成像设备使用。

1957年由 Hal. O. Anger 研制成功的  $\gamma$  相机是第一次用一次成像技术代替逐点扫描方式的扫描机,是核医学成像设备突破性的进步。与扫描机相同的是, $\gamma$  相机也是探测发射单光子  $\gamma$  射线的放射性核素。Anger 型的  $\gamma$  相机由直径达 40cm 的大视野探头、机架、扫描床和采集处理计算机构成。大视野的探头可以进行静态、动态和全身扫描,使核医学成像检查的应用领域得到极大扩展。直到现在  $\gamma$  相机仍然在核医学的影像检查中占有一席之地。

1974年基于 Anger 型  $\gamma$  相机的 SPECT 面世。SPECT 是在  $\gamma$  相机的机架上安装了旋转装置,使探头可以围绕受检者身体旋转,进行断层图像采集所必须的  $360^\circ$  扫描。SPECT 消除了不同体层放射性的重叠干扰,可以单独观察某一体层内的放射性分布,不仅有利于发现深部和较小的病变,还能更准确地进行放射性分布的定量分析,又一次大幅提高了核医学成像的地位。

与 SPECT 几乎同时出现的另一类核医学成像设备是 PET。与 SPECT 的不同处在于, PET 探测的是发射正电子的放射性核素。其利用围绕受检者对向分布的多对探头采集一对来自正电子湮没辐射的  $\gamma$  光子进行符合成像。由于发射正电子的同位素如碳、氮、氧和氟所合成的示踪化合物与人体内自然存在的物质接近,可实际参与人体的生理生化和代谢过程,可以更早期地从分子水平发现病变。因此在肿瘤、神经和心血管领域获得了深入广泛的应用。值得指出的是在双探头 SPECT 系统上安装符合探测电路及相应的处理软件,就可以用 SPECT 实现部分 PET 扫描功能,从而降低了检查费用。

SPECT 和 PET 目前已经成为核医学乃至分子影像检查主要的成像设备。但核医学成像检查仍未解决的问题是图像的空间分辨率较低,并且是功能成像,对病灶的解剖分布和空间位置关系显示不很清晰。此外, $\gamma$  光子在受检者体内存在的衰减问题仅依靠 SPECT 或 PET 自身的图像也无法解决。基于这两个原因,自 2000 年以来,已经将这两类设备与 X 线 CT 相结合,构成了 SPECT/CT 和 PET/CT 这样的混合型影像设备。X 线 CT 的引入不仅解决了上述空间定位和衰减校正问题,还提供了 CT 自身的诊断优势,从而把两类影像检查的优点相互结合,生成融合图像,优势互补,使受检者一次检查即可得到丰富的诊断信息,有效提高了医学影像检查的准确度和效率,也能减低受检者的检查和治疗费用支出。

SPECT 和 PET 目前研究和发展的方向包括:进一步改进系统灵敏度和空间分辨率、提高图像重建速度和精度、增强与 CT 的融合能力、采用呼吸和心电门控等手段获得“运动”时相的图像、扩展临床应用功能等等。通过这些研究可以逐渐克服核医学成像设备的固有缺点,使其更有效地发挥功能代谢成像的优势,为临床提供更清晰和准确的检查结果。

## (五) 超声成像设备的发展

第二次世界大战结束后,声纳技术的关键——超声脉冲回声技术在医学超声诊断中



获得了发展。50年代初以脉冲回声技术为基础的A型超声诊断仪研制成功,使超声脉冲反射技术得以在医学上应用。尽管A型超声只能粗略表明组织内部层内结构及间距,但其无创检测仍然让医学工作者对其提供的信息给予关注。其后逐步发展起来的M型超声诊断仪和B型超声断层显像仪也都是以超声脉冲回声技术为基础的,M型和B型超声诊断仪是当前医学超声诊断中应用最广泛的,超声脉冲回声技术也是现代生物医学超声工程研究中最重要的一种技术。

与X线等其他物理医学成像方法相比,超声脉冲回声法使医学检测的灵敏度、信息量获得很大的提高,避免了辐照危害,提高了安全性,医学超声成像从A型超声发展到显示解剖结构的黑白B型超声成像技术,又发展到显示动态血流的频谱和彩色多普勒技术,70年代初推出了世界上第一台适用于临床的彩色血流二维显像装置,引起了超声界的震动,被称为超声诊断乃至医学影像技术的一次革命。近二十年来多普勒超声诊断技术发展极为迅速,现已成为心血管系统疾病诊断和其他系统脏器血液循环情况观察必不可少的工具。超声医学不仅在影像诊断学获得长足的发展,并不断演化催生出超声治疗学和介入诊断治疗学,把超声无创、实时诊断融入治疗中,如超声引导下穿刺活检或治疗,术中监测,或高能聚集超声治疗肿瘤等。

随着微电子技术和超高速计算机技术的发展,超声在医学领域的涉及面愈来愈广泛,超声医学仪器的种类繁多,20世纪90年代以来,彩色超声血流显像仪已进入实时、多功能、高性能阶段,基本满足临床诊断需求。尤其近二十年来综合技术的发展,出现了数字化“彩超”,使超声诊断技术可以为医生更加方便地观察人体内部组织状态提供实时、全面的信息,宽频、高频和密集阵元等高精尖材料技术也使超声换能器的发射和采集完成性能跳跃。近年来,超声矩阵换能器突破了瓶颈技术,可以实时获得空间声束的信息,从而实现了心脏实时三维显像的超声技术的一次大革命,动态三维超声成像及实时三维超声成像为广大的医学工作者和受检者带来全新的超声图像新模式。

目前,各种新型成像技术不断涌现,并在临床获得较好的应用,如组织多普勒成像,组织应变和应变率成像,超声造影显像,组织谐波成像及三维实时成像等,使超声诊断组织病理状态、血流灌注和运动力学等方面提供了更精确、更敏感的信息,为临床提供了非常有意义的指导。超声诊断和介入治疗将随着科学技术进步,得到更好的发展和应用。

### 三、习 题

#### (一) 名词解释

1. CR
2. DSA
3. DR
4. PACS
5. CT
6. MRI