



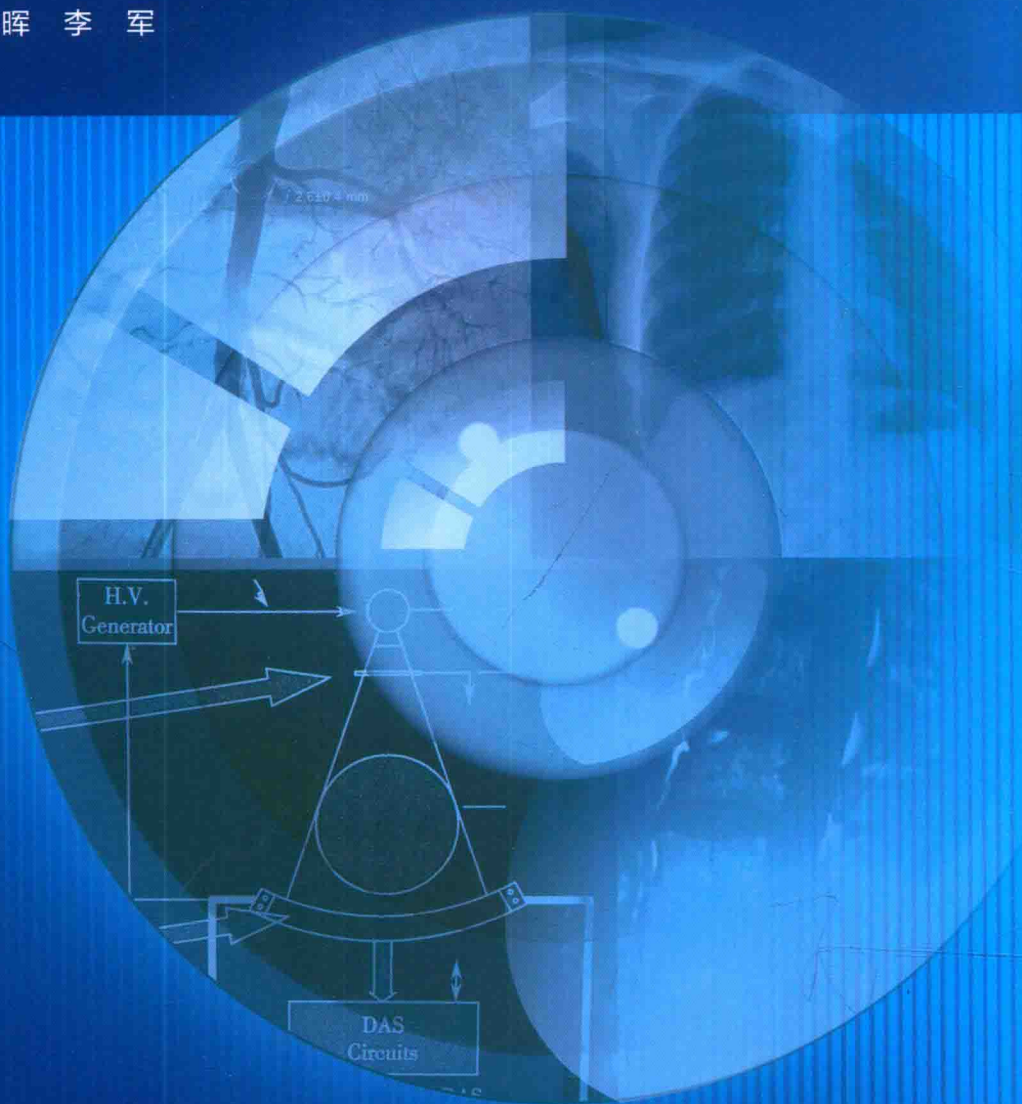
国家卫生和计划生育委员会“十三五”规划教材
专科医师核心能力提升导引丛书

供放射诊断与治疗学专业临床型研究生及专科医师用

医学影像设备学

主 编 | 李真林 雷子乔

副主编 | 赵雁鸣 张 晖 李 军



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

专科医师核心能力提升导引丛书

供放射诊断与治疗学专业临床型研究生及专科医师用

医学影像设备学

主 编 李真林 雷子乔

副主编 赵雁鸣 张 晖 李 军



人民卫生出版社

PEOPLE'S MEDICAL PUBLISHING HOUSE

图书在版编目(CIP)数据

医学影像设备学 / 李真林, 雷子乔主编. —北京: 人民卫生出版社, 2017

ISBN 978-7-117-25321-5

I. ①医… II. ①李… ②雷… III. ①影象诊断—医疗器械学—研究生—教材 IV. ①R445

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 260580 号

人卫智网	www.ipmph.com	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	www.pmph.com	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

主 编: 李真林 雷子乔

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: 三河市潮河印业有限公司

经 销: 新华书店

开 本: 850 × 1168 1/16 印张: 21

字 数: 635 千字

版 次: 2017 年 11 月第 1 版 2017 年 11 月第 1 版第 1 次印刷

标准书号: ISBN 978-7-117-25321-5/R · 25322

定 价: 89.00 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)

编者(以姓氏笔画为序)

马新武(山东省医学影像学研究所)

王红光(河北医科大学第四医院)

王玲(安徽医科大学第一附属医院)

朱险峰(牡丹江医学院)

刘义军(大连医科大学附属第一医院)

孙存杰(徐州医科大学附属医院)

李军(山东省千佛山医院)

李真林(四川大学华西医院)

杨晓鹏(郑州大学第一附属医院)

何玉圣(安徽省立医院)

何乐民(泰山医学院)

张晖(江苏省人民医院)

陈勇(兰州大学第一医院)

赵雁鸣(哈尔滨医科大学附属第二医院)

胥毅(山西医科大学第二医院)

唐鹤菡(四川大学华西医院)

常世杰(中国医科大学)

雷子乔(华中科技大学同济医学院附属协和医院)

霍力(北京协和医院)

编写秘书 王博(四川大学华西医院)

主编简介



李真林 硕士、硕士生导师，主任技师。四川大学华西医院放射科副主任。中华医学会影像技术分会候任主任委员，四川省医学会影像技术专业委员会主任委员；四川省医师协会放射技师分会会长，国际放射技师协会会员；四川省放射医学质控中心副主任，四川省有突出贡献的优秀专家，四川省卫计委学术技术带头人。获四川省科技进步一等奖（2013年），四川省卫生计生系统先进个人（2016年）。担任国家卫生和计划生育委员会“十三五”规划教材/全国高等学校教材《医学影像成像理论》主编。主编人民卫生出版社教材3本，专著2本，副主编3本，参编6本。任 *The British Journal of Radiology* 审稿人，《实用放射学杂志》《临床放射学杂志》《中华放射医学与防护杂志》等编委，《中华放射学杂志》《华西医学》等杂志审稿专家。以第一作者发表SCI论文6篇，共同第一作者3篇；中文核心期刊和Medline第一作者7篇，通讯作者31篇。以负责人申报并获得国家自然科学基金1项，省部级科研课题5项，川大教改课题1项。



雷子乔 影像医学与核医学专业博士，主任技师，硕士生导师。中华医学会影像技术分会第七届委员会委员兼副秘书长，第七届全国卫生标准委员会放射卫生标准专业委员会委员，国家卫生计生委人才中心全国卫生人才评价领域专家，中国医学装备协会CT工程技术专业委员会第四届常务委员，教育部学位与研究生教育发展中心研究生学位论文通讯评议专家，教育部科技评价与评审信息系统评审专家，湖北省医学会放射技术分会第七届委员会常委兼秘书，湖北省放射医学质量控制中心秘书，武汉市医学会第七届放射技术专业委员会副主任委员，《中华放射学杂志》审稿专家，《中华放射医学与防护杂志》第九届编辑委员会通讯编委。

从事教学工作二十余年。在国内外权威期刊及核心期刊发表论文二十余篇，其中SCI收录论文3篇，参与编写高校统编教材及专著十余部，主持两项湖北省自然科学基金面上项目及两项校级课题，参与多项国家级、省部级课题的研究，先后获得湖北省科技进步二等奖和武汉市科技进步奖2项。主要从事医学影像技术工作，对CT血管成像技术、低剂量成像技术及影像后处理技术有丰富的临床经验。

副主编简介



赵雁鸣 教授、主任技师，哈尔滨医科大学附属第二医院 CT 诊断科技师 长。中华医学会影像技术分会常委、CT 学组副组长，中国医学装备协会 CT 工程 技术专业委员会常务委员，中国医学装备协会 CT 应用技术专业委员会委员，黑 龙江省医学会影像技术学会主任委员，中华医学影像技术学会全国规范化培 训基地主任，黑龙江省“健康龙江行”医学专家，黑龙江省科技奖励专家评审 团成员。

参加医学影像技术工作 33 年，从事医学影像技术教学工作 27 年。擅长冠 状动脉 CTA 检查，冠状动脉联合头颈部血管 CTA 检查，静脉系 CTV 检查，全 身血管 CTA 检查，胃及结肠仿真内镜检查，小肠 CT 检查，泌尿系统检查，小儿心脏及大血管 CTA 检查。 荣获黑龙江省医疗卫生新技术应用一等奖 2 项、二等奖 2 项；发表 SCI 论文 3 篇；核心期刊二十余篇；主持 黑龙江省卫生厅科研课题 2 项。中华医学会影像技术分会《CT 检查操作规范专家共识》和《高端 CT 心脏 及大血管检查规范指南》专家。参编国家卫生和计划生育委员会“十三五”规划教材 4 部、《放射学高级教 程——放射医学技术》考试大纲 2 部、《实用医学影像技术》等论著 6 部。



张晖 软件工程硕士、高级工程师，担任江苏省人民医院临床医学工程处 工程技术科科长。长期从事医疗设备技术工作。主要工作方向为医学影像设 备特别是磁共振、CT、核医学及加速器等设备的原理、结构、扫描技术及质量 控制等。

工作以来长期进行大型影像设备的招标采购、安装调试、质量控制、新技 术应用、维护及质控工作。工作期间，积累了丰富的实践经验，能够深入理解 和掌握医学影像设备的原理、结构、扫描技术、质量控制等，工作成效显著。能较 好的对目前医院拥有的具有世界先进水平的数字化超高场磁共振、第三代双源 CT、PET/CT、大产量回旋加速器和具有调强型弧状照射功能的 LA 等设备进行管理、维护与应用开发。

多年来承担南京医科大学生物医学工程专业与影像专业本科生的专业理论课教学并指导毕业生论 文，2011 年被中华医学会医学工程分会评为中华优秀临床医学工程师。

副主编简介



李军 硕士研究生，副主任技师，泰山医学院硕士研究生导师，现任山东省千佛山医院影像科副主任。山东省医师协会临床工程师分会副主任委员，山东省医学会放射技术分会（委员）青年委员会副主任委员，山东省医学影像研究会影像技术分会副主任委员，山东省中西医结合学会影像学专业委员会委员，山东省预防医学会放射医学与防护专业委员会委员。

一直从事放射医学影像技术的临床、教学和科研工作，精通各种影像设备的管理、结构原理和特点。2015年获得中华医学会影像技术分会“全国优秀技师长”称号；2016年获得山东省卫计委优秀共产党员称号；参编人民卫生出版社《医学影像设备学》2部（副主编），山东省卫计委课题2项，在国内核心期刊发表论著数十篇，获得国家专利多项。

出版说明

为了进一步贯彻《国务院办公厅关于深化医教协同进一步推进医学教育改革与发展的意见》(国办发[2017]63号)的文件精神,推动新时期创新型人才培养,人民卫生出版社在全面分析其他专业研究生教材、系统调研放射诊断与治疗学专业研究生及专科医师核心需求的基础上,及时组织编写全国第一套放射诊断与治疗学专业研究生规划教材暨专科医师核心能力提升导引丛书。

全套教材共包括14种,全面覆盖了放射诊断与治疗学专业各学科领域。来自全国知名院校的近300位放射诊断与治疗学的专家以“解决读者临床中实际遇到的问题”为立足点,以“回顾、现状、展望”为线索,以培养和启发读者创新思维为编写原则,对疾病放射诊断与治疗的历史变迁进行了点评,对当前诊疗中的困惑、局限与不足进行了剖析,对相应领域的研究热点及发展趋势进行了探讨。

该套教材适用于放射诊断与治疗学专业临床型研究生及专科医师。

全国高等学校放射诊断与治疗学专业研究生规划教材 评审委员会名单

主任委员

金征宇

副主任委员

龚启勇 王绿化

委 员 (以姓氏笔画为序)

王 滨 王振常 王霄英 卢光明 申宝忠 冯晓源 吕 滨
刘士远 刘广月 刘爱连 许乙凯 李 欣 李真林 杨建勇
余永强 余建明 宋 彬 范占明 周纯武 徐海波 高剑波
崔建岭 梁长虹 韩 萍 程晓光 雷子乔

前 言

《医学影像设备学》是全国高等学校放射诊断与治疗学专业国家卫生和计划生育委员会“十三五”研究生规划教材。本书根据教材主编人会议精神设计编写思路和大纲,编写目的是在临床型研究生、专科医师临床技能和创新思维的培养过程中起到手电筒、导航系统的作用。本教材注重读者在临床实践中提出问题、分析问题、解决问题能力的启发与引导。

本书共8章,涵盖X线、CT、MRI、超声、核医学等医学影像设备的成像原理与系统构造。全书以影像设备的发展为脉络,详细介绍了各类设备的构造与功能、性能参数与检测、日常维护与保养,逐步构建现代医学影像设备管理体系。通过设备使用现状分析,指出现有设备的不足,以及与临床需求的差距,探讨影像设备未来发展方向。了解过去,剖析现在,展望未来,全面揭示医学影像设备的发展规律。回顾与展望是本书的重点,力求培养学生的独立思考能力;以临床需求出发,启迪学生的研发和创新思维。本书供全国高等院校放射诊断与治疗学专业研究生使用,也适用于医学影像技术和生物医学工程等专业研究生,以及放射诊断与治疗专科医师使用。

本教材编者由全国高校教师,医学院校附属三甲医院一线专家共同组成。来自临床的编者需长期任教《医学影像设备学》,具备影像设备教学能力和丰富的临床实践经验。本书经过编者的字斟句酌成稿,交叉互审和集中审阅成文;邀请多名影像医学研究生参与审校与修改,力求书本知识与临床工作需求相吻合。

医学影像设备学是一门交叉学科,其发展日新月异。由于作者的编写经验和水平有限,书中不足之处或差错在所难免,敬请读者批评指正,以便改进。

李真林

2017年10月

全国高等学校放射诊断与治疗学专业研究生规划教材

目 录

1	医学影像设备学	主 编	李真林	雷子乔			
		副主编	赵雁鸣	张 晖	李 军		
2	医学影像技术学	主 编	余建明	刘广月			
		副主编	倪红艳	李文美	钟镜联	陈 晶	
3	分子影像学	主 编	卢光明	徐海波			
		副主编	李亚明	沈 君	张 冬		
4	介入放射学	主 编	申宝忠	杨建勇			
		副主编	郑传胜	肖恩华			
5	肿瘤放射治疗学	主 编	王绿化				
		副主编	杨道科	王 平	张福泉	章 真	
6	头颈部放射诊断学	主 编	王振常	余永强			
		副主编	胡春洪	鲜军舫			
7	胸部放射诊断学	主 编	刘士远	高剑波			
		副主编	伍建林	陆普选			
8	心血管放射诊断学	主 编	吕 滨	范占明			
		副主编	夏黎明	胡红杰	王锡明		
9	腹部放射诊断学	主 编	宋 彬	韩 萍			
		副主编	李宏军	龙莉玲	严福华	赵心明	
10	肌骨系统放射诊断学	主 编	程晓光	崔建岭			
		副主编	吕 粟	陈建宇			
11	乳腺与生殖系统放射诊断学	主 编	王 滨	周纯武	许乙凯		
		副主编	王 良	薛华丹			
12	泌尿系统放射诊断学	主 编	王霄英	刘爱连			
		副主编	任 克	武志峰			
13	神经放射诊断学	主 编	龚启勇	冯晓源			
		副主编	高培毅	李坤成	于春水	朱文珍	
14	儿科放射诊断学	主 编	梁长虹	李 欣			
		副主编	邵剑波	宁 刚	张 靖		

目 录

第一章 总论	1	二、剂量	38
第一节 医学影像设备分类	1	三、设备的稳定性和操控性评估	40
一、辐射类设备	1	四、成本效益分析	41
二、非辐射类设备	1	第五节 X线成像设备安装、调试和验收	42
三、融合设备	2	一、场地规划与机房设计	42
第二节 医学影像设备学基础	2	二、设备的安装与调试	46
一、影像设备的发展历程	2	三、设备的验收	48
二、影像设备的现状与发展趋势	6	第六节 维护与保养	49
第三节 现代影像设备管理体系	13	一、X线设备日常维护与管理	49
一、影像设备管理机构	13	二、稳定性检测	50
二、影像设备购置可行性论证制度	14	三、影像质量控制	51
三、影像设备采购管理制度	14	四、常见故障分析	52
四、影像设备安装验收制度	15	第七节 X线设备发展趋势分析	53
五、影像设备使用及安全管理制度	15	一、X线设备的历史与现状	53
六、影像设备维护及维修管理制度	15	二、X线设备的临床需求	53
七、影像设备处置管理制度	16	三、X线设备的发展趋势	54
第二章 X线设备成像原理与系统构造	17	第三章 CT设备成像原理与系统构造	57
第一节 X线物理	17	第一节 CT成像原理	57
一、X线的产生	17	一、数字断层成像	57
二、X线的特性	17	二、X线的指数衰减规律	57
三、X线的辐射与防护	18	三、数据采集和图像重建算法	58
第二节 X线影像成像原理	19	四、CT图像的显示	61
一、普通X线影像成像原理	19	五、螺旋CT及算法	64
二、CR成像原理	20	六、多层螺旋CT	65
三、数字X线摄影成像原理	21	七、电子束CT、双源CT、能谱CT	67
四、数字减影血管造影	23	第二节 CT设备构造	71
五、乳腺X线摄影	25	一、机架和检查床的设计	71
第三节 医用X线机的基本构造	27	二、X线发生系统	72
一、X线管	27	三、准直器和滤过装置	78
二、高压发生装置	28	四、探测器系统	80
三、控制装置	30	五、数据重建、图像显示和控制单元	82
四、影像接收装置	31	六、附属设施	83
五、外围装置	33	第三节 CT成像设备性能评估体系	83
第四节 X线设备性能评估体系	34	一、设备成像性能评估	83
一、图像质量评估	34	二、剂量及其影响因素	87

三、设备稳定性评估	89	二、MRI 日常维护与保养	192
四、CT 综合效益分析	92	三、验收检测、状态检测、稳定性检测	193
第四节 CT 成像设备安装、调试和验收	93	四、维修后的质量保证	201
一、场地规划和机房设计	93	五、常见故障分析	201
二、设备的安装和调试	95	第六节 MRI 设备的发展趋势和展望	202
三、设备的验收	96	一、MRI 设备的历史和现状	202
第五节 CT 成像设备维保和检测	97	二、临床对未来 MRI 的期待	204
一、CT 日常使用规范	97	三、快速采样技术	207
二、CT 日常维护与保养	97	四、同步多层采样	210
三、验收检测、状态检测、稳定性检测	99	五、磁共振指纹打印	210
四、维修后的质量保证	103	六、专业磁共振	210
五、常见故障分析	104	第五章 超声设备构造与成像原理	214
第六节 CT 设备的未来发展趋势	106	第一节 医学超声成像原理	214
一、CT 设备的历史和现状	106	一、超声波	214
二、临床对未来 CT 设备期待	110	二、回声检测原理	214
三、CT 设备展望	111	三、超声显示方式	215
第四章 MRI 设备构造与成像原理	115	四、声束聚焦	219
第一节 磁共振成像的原理	115	五、电子线阵	220
一、磁性原子核	115	六、电子扇扫	220
二、静磁场对原子核的作用	116	七、多普勒技术	221
三、磁共振	120	第二节 超声设备的系统结构	226
四、弛豫	123	一、超声换能器	226
五、磁共振信号的产生	128	二、数字扫描转换器	228
六、空间编码	129	三、后处理系统及图像显示和记录终端	229
七、磁共振图像重建	136	四、各型超声设备	230
八、脉冲序列与加权成像	140	第三节 超声设备性能评估	230
第二节 MRI 成像设备的系统构造	149	一、图像质量评估	230
一、MRI 成像设备影像链	149	二、设备稳定性、操控性评估	231
二、主磁体系统	151	三、成本效益分析	232
三、梯度系统	156	第四节 超声设备维护、保养和检测	232
四、射频系统	159	一、超声日常使用规范	232
五、数字图像显示和控制单元	165	二、超声日常维护与保养	233
六、制冷单元和安全保障系统	168	三、超声设备的质量控制	234
七、其他附属设施	171	四、常见故障分析	238
第三节 MRI 成像设备性能评估体系	174	第五节 超声设备的发展趋势分析	239
一、MRI 图像质量评估	175	一、超声成像设备的历史和现状	239
二、稳定性、操控性评估	178	二、超声成像设备的临床需求	240
三、MRI 成本效益分析	179	三、超声成像设备的发展趋势	240
第四节 MRI 成像设备的安装、调试和 验收	180	第六章 核医学设备成像原理与系统构造	245
一、场地规划和机房设计	180	第一节 核医学设备成像原理	245
二、设备的安装与调试	187	一、核医学的定义与特点	245
三、设备的验收	188	二、原子核	245
第五节 MRI 成像设备的维保和检测	190	三、核素的衰变	246
一、MRI 日常使用规范	190	四、内放射	247
		五、药物的制备	249

六、核医学射线的检测与显像	249	一、发展简史与发展趋势	283
七、SPECT 成像原理	250	二、主要功能	284
八、PET 成像原理	250	三、分类	284
九、复合型成像原理	250	第二节 数字图像与通信标准	284
第二节 核医学成像设备的系统构造	251	第三节 图像存储与传输系统基本结构	286
一、整体结构	251	一、硬件结构	286
二、准直系统	252	二、软件结构	287
三、探头系统	255	第四节 应用	289
四、信号处理与计算系统	258	一、全院级 PACS 的规划和建设	289
五、机架系统	259	二、远程放射学系统	290
六、扫描床	260	三、医学影像云服务	291
七、采集工作站	260	第八章 辅助设备	293
八、后处理系统	261	第一节 医用胶片打印机	293
九、其他系统	261	一、胶片打印机历史和分类	293
第三节 核医学设备性能评估	262	二、胶片打印机原理与结构	294
一、图像质量的评估	262	三、胶片打印机性能参数	297
二、设备的稳定性、操控性评估	265	四、胶片打印机发展趋势	298
三、成本效益分析	268	第二节 医用高压注射器	299
第四节 核医学成像设备安装、调试和 验收	269	一、高压注射器分类、原理与结构	299
一、核医学成像设备场地规划和机房设计	269	二、高压注射器基本性能参数	301
二、设备的安装和调试	270	三、高压注射器常见故障及日常维护	302
三、设备的验收	273	四、高压注射器发展趋势	303
第五节 核医学成像设备维保和检测	273	第三节 医用图像显示器	303
一、核医学设备日常使用规范	273	一、医用图像显示器结构	303
二、核医学成像设备的日常维护与保养	274	二、医用图像显示器主要技术参数和功能	305
三、验收检测、状态检测、稳定性检测	275	三、医用图像显示器的信号输入接口和 驱动卡	306
四、维修后的质量保证	275	四、医用图像显示器的发展趋势	307
五、常见故障分析	276	第四节 心电门控与呼吸门控装置	307
第六节 核医学影像设备的发展	277	一、心电门控结构	307
一、核医学影像设备的历史发展与现状	277	二、心电门控的发展趋势	308
二、核医学影像设备的临床需求	277	三、呼吸门控结构	309
三、核医学影像设备发展展望	278	四、呼吸门控的发展趋势	309
第七章 PACS 及远程网络	283	参考文献	311
第一节 概述	283	中英文名词对照索引	313

第一章 总 论

完整的医疗包括诊断、治疗和监护。医生通过诊断确定人体生理上发生异常的原因,采用内科药物或者采取外科手术的方法,使患者机体获得结构或功能上的变化,致使患者总体功能好转,该过程称为治疗。医生需要监视疾病及治疗进程,并根据临床效果改进医疗方案。用于上述医学诊断和治疗的医疗设备或仪器统称为医用仪器设备。

医学影像设备是诊断检查设备,通过设备的检查能够寻找由疾病或损伤导致功能失常的原因,获取人体内部结构的有关信息,了解人体内部是否存在病变,病变的大小、形状、范围,以及与周围组织、器官的关系等。如计算机 X 线摄影成像设备、磁共振成像设备、超声成像设备和核医学设备等。

医学影像设备学的主要任务是研究医学影像设备的基本结构、成像原理、临床应用、质量保证和日常维护管理。

第一节 医学影像设备分类

医学影像设备种类繁多,可分为辐射类设备、非辐射类设备和融合设备。

一、辐射类设备

辐射类设备按照影像信息载体的不同,可以分为 X 线设备和核医学设备。

(一) X 线设备

X 线设备主要有 X 线机、数字 X 线摄影设备(DSA、CR、DR 等)和 CT 设备等。X 线设备是通过测量 X 线透过人体的衰减系数实现成像。在 X 线设备中,常规 X 线机图像分辨力较高,使用方便、价格较低,广泛应用于各级医疗机构。但获得的是人体各组织重叠在一起的二维图像,不能区分病变的深度,且对软组织病变的分辨力较低。数字 X 线设备可方便地进行图像的处理、存储、传输,便于接入 PACS,扩大了诊断范围,适用于胃肠和心脏等部位的诊断。DSA 设备由于能实时、清楚、准确地提供穿刺针和导线的位置、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。CT 图像具有较高的清晰度,空间分辨力可达 0.5mm,可分辨的组织密度差别为 0.5%,并可确定被检脏器的位置、大小和形态变化。CT 检查提供断层图像,避免普通 X 线影像各组织之间的重叠,扩展了 X 线设备的临床应用范围。

(二) 核医学设备

核医学设备主要有 γ 相机、SPECT 和 PET。核医学设备是通过有选择地测量摄入人体内的放射性核素所发出的 γ 射线实现人体成像的设备。

γ 相机既是显像仪器,又是功能仪器。临床上可用于人体脏器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,可获得组织器官常规水平位、矢状位、冠状位或某一角度的断层图像。在保证图像质量的同时,明显提高了诊断病变的定位能力。利用各种新开发的放射性药物,可对病灶进行定量分析。SPECT 在动态功能检查或早期诊断方面有其独到之处,其缺点是图像分辨力不如 X 线机和 CT,操作中要使用放射性药物。PET 是采用正电子放射性药物测定活体组织细胞各种代谢的变化、受体分布、体内抗原抗体的结合、乏氧、血流灌注及基因表达等状况,并以图像形式直观显示出来。一次检查可获得全身断层影像,PET 显像又被称为活体生化代谢图像。PET 适合于人体生理和功能方面的研究,尤其是对代谢功能的研究;其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,而且费用比较昂贵。

二、非辐射类设备

非辐射类设备根据影像信息载体的不同,可以分为超声成像设备和磁共振设备。

磁共振设备通过测量构成人体组织元素的原子核发出的 MR 信号实现人体成像。其空间分辨力一般为 0.5~1.7mm,不如 CT 高;但其软组织分

辨力优于 CT。可清楚显示软骨、肌肉、肌腱、脂肪、韧带、神经、血管等各种组织结构。MRI 设备可做任何方向的体层检查,可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,是具有较大发展前途和潜力的高技术医学影像设备。

超声诊断仪根据其显示方式不同,可分为 A 型(幅度显示)、B 型(灰度显示)、D 型(多普勒成像)、M 型(运动显示)等。目前医院中使用最多的是 B 型超声诊断仪,俗称 B 超,其横向分辨力可达到 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 20 世纪 90 年代以来广泛应用的超声技术。随着超声对比剂的发展,超声造影也成为近年来很受重视的新技术。临床上,超声设备在检查甲状腺、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。

X 线成像与 MR 成像、超声成像之间的一个重要区别是对人体有无危害。就 X 线来说,尽管现在已经显著降低了诊断用剂量,但其危害仍值得重视。实践表明,长期大量的电离辐射将增加癌症、白血病和白内障等疾病的发病率。而目前诊断用超声剂量还没有使受检者发生不良反应的报道。MRI 也无电离辐射,不存在辐射危害。

三、融合设备

融合设备主要包含 PET/CT, PET/MRI, DSA-CT。90 年代后期,随着图像技术的发展,核医学影像和 CT 影像相融合是整个核医学设备发展的方向。功能影像与解剖影像的相互完善与优势互补,形成了一种全新的影像学,即解剖-功能影像学。PET/CT 能将 PET 在细胞和分子水平反映的生理和病理特点与 CT 在组织水平反映的结构变化有机地结合在一起。二者的融合并不是 PET 和 CT 功能的简单相加,是同机图像融合。利用 X 线对核医学图像进行衰减校正的功能,都是各自原本不具备的功能。CT 影像与 PET 影像进行图像融合时,可进行 PET 和 CT 图像的精确定位,实现准确的同机图像融合。PET/CT 解决了核医学影像解剖结构不清晰的缺点,通过采取 CT 图像对核医学影像进行全能量的校正,使核医学影像真正达到量化的目的,可以更早期、灵敏、准确、客观的诊断和指导治疗多种疾病,对肿瘤的早期诊断、神经系统的功能检查和冠心病的诊断等起着越来越重要的作用。

通过 PET 与 MRI 的结合,有助于提高图像质

量和空间分辨率,鉴别软组织中的疾病细胞或癌细胞,较 PET/CT 而言提高了脑、骨髓病变的检出率。也正是由于 PET 和 MRI 的这种互补特性,一体化的 PET-MRI 扫描仪已进入临床应用阶段。

(李真林)

第二节 医学影像设备学基础

一、影像设备的发展历程

(一) 普通 X 线成像设备

传统 X 线放射学,始于 1895 年德国物理学家威廉·康纳德·伦琴(Wilhelm Konrad Rontgen)对 X 线的伟大发现。100 多年来,X 线机发生了巨大变化,尤其是近年来,随着电子、材料、工艺和计算机技术的迅速发展,引入了许多新的 X 线成像方式和成像技术,从而使 X 线成像发生了彻底的改变,也使 X 线成像的质量产生了质的飞跃。这是一个包括多学科理论、知识和技术的综合性医疗设备,它的发展经历了如下过程。

初始阶段 X 线机十分简单,用含气离子管产生 X 线。用蓄电池供电给感应线圈或用大的静电起电机产生供给离子管的电压,把产生的高压用裸线输送给离子 X 线管,无防电击和防散射线的措施。因此,X 线图像质量很差,只能拍摄密度差较大的部位,操作不安全,也不方便。

随着高真空技术的发展,1913 年由美国 Coolidge 研制成功第一只高真空热阴极、固定阳极 X 线管,并应用于 X 线发生器。1915 年,高压变压器和高压整流管相继投入使用。使 X 线发生器所产生的 X 线的量(管电流, mA)和质(管电压, kVp)均有了很大程度的改善和提高,并不断扩大了其在医学领域里的应用范围。随着电磁学的发展,X 线机的构造步入了电磁部件控制阶段,有了配合摄影、透视、治疗所需的机械结构和辅助设备,使 X 线进入了实用阶段。

1927 年,旋转阳极 X 线管研制成功。旋转阳极 X 线管因为其焦点小,输出功率高,增加了 X 线发生器的输出功率,改善了 X 线图像质量,为某些运动器官的 X 线检查创造了条件。同时 X 线检查设备不仅主要电路有较大改进和提高外,各种预示电路、稳压电路、保护电路也相继完善。高压发生器普遍使用单相全波整流方式,不仅提高了 X 线管的效率,而且改善了 X 线输出的质量。高压电缆也由裸露式发展为防电击式。机械和辅助设备

结构更加坚固灵活且操作简便。所有 X 线检查设备的 X 线防护有了进一步加强,使 X 线机进入了防电击、防散射、高功率、多功能的时期。

20 世纪 50 年代初出现了影像增强器、X 线电视成像系统,改变了 X 线图像的显示方法,实现了 X 线电视透视、电视摄影等新技术和新方法。随着 X 线发生器主机电路和机械结构的改进,各种操作实现了自动化或半自动化。高压发生器广泛采用高压硅堆整流器,连接成 3 相 6 管和 3 相 12 管整流电路,高压波形的波纹系数为 13.4% 或 3.4%,增强了 X 线发生器容量。控制电路采用新型电子器件、数字技术、集成电路、自动监视、检测装置和计算机系统等。实现了自动化或半自动化控制以及遥控透视和摄影等。机械结构更精密和灵活,并出现了悬吊架、C 型臂、U 型臂,制造出带片库胃肠检查床、多轨迹断层床、血管造影床、多功能摇篮床、压力注射器、自动准直器等。

20 世纪 70 年代初,X 线诊断设备随着第一台计算机断层成像 (computed tomography, CT) 扫描设备问世迎来了一次革命。CT 是将 X 线发生器的主机与扫描部件、转换组件、电子计算机、重建软件、存储和显示设备相结合的设备。它能准确地检测出一定厚度中的各种组织对 X 线衰减的微小差异,较精确地分辨出各种组织间的密度差。在此期间,中、高频 X 线发生器实用化,微型计算机已进入 X 线发生器各个电路,并控制各部件工作,从而推动了 X 线发生器向高自动化、高集成化、小型化、高精度和更加适用的方向发展。

20 世纪 80 年代初计算机摄影 (computed radiography, CR) 技术开始应用,90 年代末数字射线成像 (digital radiography, DR) 技术以及医学影像存储和传输系统 (picture archiving and communication system, PACS) 的引入,使 X 线成像特别是普通 X 线摄影数字化成为可能,为全数字化 X 线成像奠定了良好基础,数字化 X 线成像技术将成为主流,相信在不久的将来就会实现全数字化 X 线成像乃至全数字化医院。

平板探测器的问世,使普通 X 线摄影得到了改善和提高,心血管 X 线的成像方式发生了根本性改变。其中最主要的是由平板探测器替代了影像增强 - 电视链,所获取的原始图像质量较以往高出很多,并且采取了许多新的图像处理方法与技术,从而使最终的数字 X 线图像质量得到了很大的改善和提高。同时,检查所需要的 X 线剂量也有明显的降低,减少了被检者与操作者(尤其是介

入医师)所受的辐射剂量。

数字化的实现,尤其是 PACS 的应用以来,X 线图像的存储与传输发生了质的变化,存储与查阅方便、传送快捷、操作简单、便于教学和远程会诊等,大大减少了人力和物力,为放射科和医院带来了前所未有的便利和效率。

(二) CT 成像设备的发展

近几十年来,CT 成像设备的发展一直围绕着扫描速度(数据采集速度)、图像清晰度(空间和密度分辨率)及扫描范围(数据采集范围和方位)的和谐统一而进行。从 1972 年英国工程师 G.N.Housfield 发明头颅 CT 到 20 世纪 80 年代,CT 技术的发展主要在于扫描部位的延伸,从头部拓展到体部;从 20 世纪 80 年代到 90 年代,是扫描速度的发展,螺旋 CT 技术使横断 CT 演变成可以连续扫描的螺旋 CT,并且突破了亚秒扫描能力;20 世纪 90 年代至今,多层 CT 的临床应用,极大地拓展了 CT 的临床使用价值,从 4、16、32、64 层到 320 层 CT。CT 的硬件、软件技术经历了几次大的革命性进步。第一次是 1989 年,在 CT 旋转扫描的基础上采用了滑环技术和连续的进床技术,实现了螺旋扫描。第二次是 1998 年,多排螺旋 CT 问世,使机架 - 球管系统围绕人体旋转一圈能同时获得多幅断面图像,其价值在于较单排螺旋 CT 提高了扫描速度。第三次是 2004 年,推出的 64 层螺旋 CT,开创了容积采样成像的新纪元,使后处理技术在临床中的应用逐渐成熟起来,也改变了传统的显示方式。以 1 秒单器官、5 秒 (beat) 心脏、10 秒全身的检查,几乎对所有器官真正同时实现了扫描速度、覆盖范围和层厚的改善。第四次是 2005 年,推出的单源螺旋 CT 到双源螺旋 CT (dual source CT, DSCT)。DSCT 改变了目前常规使用的一个 X 线球管和一套探测器的 CT 成像系统,通过两套 X 线球管 - 探测器系统采集图像,突破了常规 CT 的局限性,提高了时间分辨率。

1. 非螺旋 CT (普通 CT) CT 扫描是指 X 线管和探测器同步围绕患者某一断面进行 360° 投影数据采集的过程。在滑环技术出现以前,CT 的扫描运动由于受 X 线管高压电缆、信号传输电缆等的牵制,只能在一定角度范围内旋转,扫描速度的提高受到限制。

第一代 CT 机采取旋转 / 平移方式进行扫描和收集信息。由于采用笔形 X 线束和只有 1~2 个探测器,所采数据少,所需时间长,图像质量差。第二代 CT 机将 X 线束改为扇形,探测器增至 30 个,扩大了扫描范围,增加了采集数据,图像质量有所