



国家卫生和计划生育委员会“十二五”规划教材
全国高等医药教材建设研究会“十二五”规划教材
全国高职高专院校教材

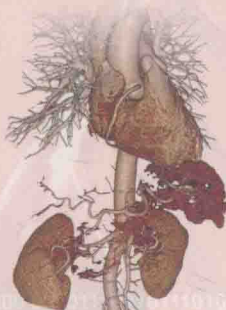
供医学影像技术专业用

医学影像成像原理

第3版

主 编 张晓康 张卫萍

副主编 王晓艳 张 欣 雍国富



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



国家卫生和计划生育委员会“十二五”规划教材
全国高等医药教材建设研究会“十二五”规划教材
全国高职高专院校教材

供医学影像技术专业用

医学影像 成像原理

第3版

主 编 张晓康 张卫萍

副主编 王晓艳 张 欣 雍国富

编 者 (以姓氏笔画为序)

王 涛 (天津市第三中心医院)

王晓艳 (泰山医学院)

陈 凝 (江苏建康职业学院)

张卫萍 (江西医学高等专科学校)

张 欣 (郑州大学附属郑州中心医院)

张晓康 (辽东学院)

杨 蓉 (红河卫生职业学院)

曹 琰 (山东医学高等专科学校)

韩 立 (天津医科大学)

雍国富 (遵义医药高等专科学校)

人民卫生出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

医学影像成像原理 / 张晓康, 张卫萍主编. —3 版.
—北京: 人民卫生出版社, 2014
ISBN 978-7-117-19036-7

I. ①医… II. ①张… ②张… III. ①医学摄影—高等职业教育—教材 IV. ①R445

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 118906 号

人卫社官网	www.pmph.com	出版物查询, 在线购书
人卫医学网	www.ipmph.com	医学考试辅导, 医学数据库服务, 医学教育资源, 大众健康资讯

版权所有, 侵权必究!

医学影像成像原理
第 3 版

主 编: 张晓康 张卫萍
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: 北京市安泰印刷厂
经 销: 新华书店
开 本: 850×1168 1/16 印张: 14
字 数: 385 千字
版 次: 2002 年 9 月第 1 版 2014 年 8 月第 3 版
2014 年 8 月第 3 版第 1 次印刷 (总第 9 次印刷)
标准书号: ISBN 978-7-117-19036-7/R · 19037
定 价: 30.00 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)

出版说明

为了认真贯彻落实十八届三中全会“加快现代职业教育体系建设,深化产教融合、校企合作,培养高素质劳动者和技能型人才”,和国务院常务会议关于“发展职业教育是促进转方式、调结构和民生改善的战略举措”精神,全国高等医药教材建设研究会和人民卫生出版社在教育部、国家卫生和计划生育委员会的领导和支持下,成立了新一届全国高职高专医学影像技术专业教育教材建设评审委员会,并启动了全国高职高专医学影像技术专业第三轮规划教材修订工作。

按照《医药卫生中长期人才发展规划(2011—2020年)》、《教育部关于“十二五”职业教育教材建设的若干意见》等文件精神,随着我国医药卫生事业和卫生职业教育事业的快速发展,高职高专医学生的培养目标、方法和内容有了新的变化,教材编写也要不断改革、创新,健全课程体系、完善课程结构、优化教材门类,进一步提高教材的思想性、科学性、先进性、启发性、适用性。为此,第三轮教材修订紧紧围绕高职高专医学影像技术专业培养目标,突出专业特色,注重整体优化,以“三基”为基础强调技能培养,以“五性”为重点突出适用性,以岗位为导向、以就业为目标、以技能为核心、以服务为宗旨,力图充分体现职业教育特色,进一步打造我国高职高专医学影像技术专业精品教材,推动专业发展。

全国高职高专医学影像技术专业卫生部规划教材第一轮共8种于2002年8月出版,第二轮教材共10种于2010年9月出版,均为教育部、卫生部国家级规划教材。第三轮教材是在上一轮教材使用基础上,经过认真调研、论证,结合高职高专的教学特点进行修订的。第三轮教材修订坚持传承与创新的统一,坚持教材立体化建设发展方向,突出实用性,力求体现高职高专教育特色。在坚持教育部职业教育“五个对接”基础上,教材编写进一步突出医学影像技术专业教育和医学教育的“五个对接”:和人对接,体现以人为本;和社会对接;和临床过程对接,实现“早临床、多临床、反复临床”;和先进技术和手段对接;和行业准入对接。注重提高学生的职业素养和实际工作能力,使学生毕业后能独立、正确处理与专业相关的临床常见实际问题。

在全国卫生职业教育教学指导委员会、全国高等医药教材建设研究会和全国高职高专医学影像技术专业教育教材建设评审委员会的组织和指导下,对第三轮教材内容反复修改,对体例形式也进行统一规范,并设置了学习目标、本章小结、思考题等模块,同时鼓励各教材结合自身内容特点在正文中以插入文本框的形式增设一定篇幅的拓展内容,如“知识拓展”、“课堂互动”、“案例分析”等,以便于教师开展形式多样的教学活动,拓宽学生视野,提升教学效果。为了帮助学生有效掌握课本知识,熟练操作技能,增强学习效果,适应各级各类考试,本轮教材配套了实训与学习指导。此外,本轮教材还配套了网络增值服务内容,在人卫医学网教育频道(edu.ipmph.com)平台上,大量难以在纸质教材中表现出来的内容围绕教材形成便捷的在线数字化资源教学包,为教师提供教学素材支撑,为学生提供学习资源服务。

本轮修订全国高职高专医学影像技术专业规划教材共11种,其中新增《医学影像解剖学》。全部为国家卫生和计划生育委员会“十二五”国家规划教材,5种为教育部“十二五”职业教育国家规划立项教材,将于2014年6月陆续出版。

教材目录

序号	教材名称	版次	主编	配套教材
1	影像电子学基础	3	鲁 雯 曹家龙	√
2	放射物理与防护*	3	王鹏程 李迅茹	
3	医学影像解剖学	1	刘秀平 赵江民	√
4	医学影像成像原理*	3	张晓康 张卫萍	√
5	医学影像设备学	3	黄祥国 李 燕	√
6	医学影像检查技术*	3	李 萌 樊先茂	√
7	医学影像诊断学*	3	夏瑞明 刘林祥	√
8	超声诊断学	2	周进祝 李彩娟	√
9	介入放射学基础	2	卢 川 杜耀明	√
10	核医学	2	王 辉	√
11	放射治疗技术*	3	姚 原	√

注:*者为教育部“十二五”职业教育国家规划立项教材

全国高职高专医学影像技术专业教育教材建设 评审委员会名单

主任委员 周进祝 李 萌

副主任委员 赵汉英 吕国荣 王鸣鹏 石明国 余建明

秘书长 窦天舒

委员 (按姓氏汉语拼音排序)

樊先茂 李迅茹 路 阳 唐陶富 徐秀芳

薛敏娜 殷国生 张卫萍 张晓康 张雪君

秘书 裴中惠

网络增值服务（数字配套教材）编者名单

主 编 王晓艳 张晓康

副主编 张卫萍 曹 琰

编 者（以姓氏笔画为序）

王 涛（天津市第三中心医院）

王晓艳（泰山医学院）

陈 凝（江苏建康职业学院）

张卫萍（江西医学高等专科学校）

张 欣（郑州大学附属郑州中心医院）

张晓康（辽东学院）

杨 蓉（红河卫生职业学院）

曹 琰（山东医学高等专科学校）

韩 立（天津医科大学）

雍国富（遵义医药高等专科学校）

全国高职高专医学影像技术专业第3版教材《医学影像成像原理》是国家卫生和计划生育委员会“十二五”国家级规划教材,是全国高等医药教材建设研究会规划教材。本教材根据2013年8月全国高等医药教材建设研究会、人民卫生出版社在上海召开的全国高职高专医学影像技术专业第三轮规划教材主编人会议精神编写。在编写过程中,遵循主编人会议的编写指导思想,充分体现“三基、五性、三特定”的编写原则,紧紧围绕医学影像技术专业职称考试及大型设备上岗证考试大纲。

本教材在第2版基础上,适当调整内容,全书共八章,各章按序分别为:概述、模拟X线成像、计算机X线成像、数字X线成像、数字减影血管造影、计算机X线体层成像、磁共振成像、图像存储与传输。在教材编写中,根据专业人才培养目标,突出人才岗位技能需求,注重引进新知识、新技术,体现实用性和先进性,比如:在计算机X线体层成像中,增加了16排和16排以上螺旋CT及能谱CT的成像理论等,同时遵循整体优化的原则,尽量避免与其他教材的重复。在编写内容上力求循序渐进、深入浅出、条理清晰、易学易懂易用,精练阐明医学影像成像的原因道理。为方便教师实践教学,教材附有实验项目及实验报告。为配合教材的使用和学生自主学习的需要,配有《学习指导与习题集》和网络增值服务。

教材编写人员均来自从事本专业教学一线的教师和经验丰富的临床医学影像专家。在编写过程中得到了全体参编人员所在单位的大力支持,在此表示感谢!

由于水平有限,编写过程中,难免会有不足之处,诚恳希望读者批评指正,以便改进。

张晓康 张卫萍

2014年3月

第一章	概述	1
第一节	医学影像成像原理与发展	1
	一、医学影像成像原理概念	1
	二、医学影像技术的发展	1
第二节	医学影像成像原理研究内容与学习要求	2
	一、医学影像成像原理研究内容	2
	二、学习意义与要求	4
第三节	医学影像成像基本知识	5
	一、医学影像成像的三要素	5
	二、模拟图像与数字图像	6
	三、数字图像的基本处理	7
	四、数字成像常用的概念	9
第二章	模拟 X 线成像	13
第一节	模拟 X 线成像的基本条件	13
	一、模拟 X 线成像的信息载体	13
	二、模拟 X 线成像的信息源	21
	三、模拟 X 线成像的信息接收器	22
第二节	X 线胶片的感光与冲洗原理	36
	一、X 线胶片的感光原理	36
	二、X 线胶片的冲洗原理	38
第三节	模拟 X 线影像的形成与传递	39
	一、模拟 X 线影像的形成	39
	二、模拟 X 线影像的传递	41
第四节	X 线照片影像形成及其影响因素	42
	一、照片影像密度	42
	二、照片影像对比度	44
	三、照片影像锐利度	52
	四、照片影像颗粒度	55
	五、照片影像失真度	57
第三章	计算机 X 线成像	60
第一节	CR 成像基本条件	60
	一、X 线机	61
	二、成像板	61
	三、影像阅读器	63
	四、影像处理工作站	63

第二节	CR 系统工作流程与成像原理	63
一、CR 系统工作流程	63	
二、CR 系统成像原理	65	
第三节	CR 系统的图像处理	65
一、与检测功能有关的处理	66	
二、与显示功能有关的处理	67	
第四节	CR 影像质量标准与影响因素	70
一、CR 影像质量标准	70	
二、影响 CR 影像质量的因素	71	
第四章	数字 X 线成像	73
第一节	DR 成像基本条件	73
一、直接转换型探测器	74	
二、间接转换型探测器	75	
第二节	DR 成像原理与工作流程	76
一、非晶硒(a-Se)DR	76	
二、非晶硅(a-Si)DR	77	
三、CCD 摄像机	77	
四、多丝正比电离室	78	
第三节	DR 影像质量标准与影响因素	78
一、DR 影像质量标准	78	
二、影响 DR 影像质量的因素	79	
第四节	数字图像打印原理	79
一、热敏打印	79	
二、干式激光打印	81	
第五章	数字减影血管造影	84
第一节	数字减影血管造影的成像方式与基本原理	85
一、数字减影血管造影的成像方式	85	
二、数字减影血管造影的成像过程及高压注射器	86	
三、数字减影血管造影的基本原理	87	
第二节	数字减影血管造影的图像处理与图像质量	91
一、数字减影血管造影的图像处理功能	91	
二、数字减影血管造影的图像质量影响因素	92	
第六章	计算机 X 线体层成像	97
第一节	概述	97
一、CT 简史	97	
二、CT 成像的特点	97	
三、CT 的临床应用	99	
四、CT 图像形成概念	99	
第二节	CT 成像的基本硬件与类型	101
一、CT 成像的基本硬件	101	

二、CT 机的基本类型与特点	102
第三节 CT 成像原理	109
一、CT 机的成像过程	109
二、CT 成像原理	110
第四节 CT 图像重建	114
一、螺旋 CT 的图像重建预处理	114
二、CT 图像重建方法	116
第五节 CT 图像处理	120
一、CT 定位及显示功能处理	120
二、CT 图像后处理技术	122
第六节 CT 图像质量	125
一、CT 图像质量评价	125
二、影响 CT 图像质量的因素	125
第七章 磁共振成像	131
第一节 磁共振成像工作流程	131
一、磁共振成像定义及特点	131
二、磁共振成像基本硬件	132
三、磁共振成像工作流程	133
第二节 磁共振成像原理	134
一、发生磁共振现象的基本条件	134
二、磁共振信号的产生	139
三、磁共振信号的空间定位	144
四、磁共振的加权成像	147
五、K 空间的基本概念	148
第三节 磁共振成像序列	149
一、脉冲序列	149
二、自旋回波脉冲序列	152
三、快速自旋回波脉冲序列	153
四、反转恢复脉冲序列	154
五、梯度回波脉冲序列	155
六、回波平面成像序列	156
第四节 血流的磁共振信号特点	158
一、常见的血流形式	158
二、表现为低信号的血流	158
三、表现为高信号的血流	159
四、MRA 成像方法	160
第五节 磁共振图像质量	161
一、磁共振图像质量的评价指标	161
二、影响磁共振信号强度的因素	163
第六节 磁共振成像新技术	165
一、MR 弥散成像	165
二、MR 灌注成像	166

三、MR 功能成像	166
四、化学移位成像	167
五、其他新磁共振成像技术	167
第八章 图像存储与传输	169
第一节 医院影像信息系统概述	169
一、PACS 概念	169
二、PACS 发展	170
第二节 PACS 标准	171
一、标准化进程	171
二、功能规范	172
第三节 PACS 结构与工作流程	173
一、PACS 的类型	173
二、PACS 的结构	175
三、PACS 工作流程	177
第四节 PACS 应用与管理	178
一、PACS 应用	178
二、PACS 管理	179
三、远程放射学	180
附录一 医学影像成像原理实验	182
实验一 X 线影像的观察	182
实验二 X 线胶片特性曲线的制作及特性值测试	182
实验三 增感屏增感率的测试	183
实验四 X 线管有效焦点的测试	183
实验五 照射野的线量分布	184
实验六 X 线管焦点极限分辨力的测试	185
实验七 X 线照片影像的几何学模糊	185
实验八 数字成像原理(CR、DR 见习)	186
实验九 计算机 X 线体层成像原理(CT 见习)	187
实验十 磁共振成像原理(MRI 见习)	187
实验十一 PACS 系统原理	187
实验报告	189
参考文献	201
中英文名词对照索引	202

第一章 概述



学习目标

1. 掌握医学影像成像方法的三要素即信息载体、信息源(被检体)与信息接收器,明确X线成像与磁共振成像的共性与区别。
2. 熟悉医学影像成像原理的概念与研究内容;学习《医学影像成像原理》意义与要求;模拟图像与数字图像的区别以及数字成像的概念。
3. 了解医学影像技术的发展;不同类型成像技术条件的异同。

随着科学技术的飞速发展,各种高科技的医学成像技术不断涌现,医学影像学已成当今医学领域中发展变化最快的一门学科。医学影像能提供人体内器官、组织的图像,能以非常直观的形式展示人体内部的结构形态与脏器功能,已成为临床诊断最重要的手段之一。先进的医学影像技术为临床医生的诊断及治疗提供了丰富的信息,同时也进一步提高了临床诊治水平。

医学影像学主要包括医学影像诊断和医学影像技术两大部分,医学影像诊断主要是通过医学影像图像,了解人体被检部位解剖、生理功能及病理变化,为被检者描述医学影像图像信息或提供诊断。医学影像技术主要是通过影像设备、成像方法等获取优质医学影像图像。

第一节 医学影像成像原理与发展

一、医学影像成像原理概念

医学影像技术涉及医学、理学、工学等各个学科领域,是生物医学、物理学、电子技术、计算机技术、材料科学与精细加工等多种高新技术相互渗透的组合。医学影像成像原理是研究各种医学影像设备成像的基本原理及过程的一门科学,是医学影像技术重要组成部分,是医学影像学等相关专业的专业基础课。

二、医学影像技术的发展

1895年11月8日德国物理学家威廉·康拉德·伦琴在做实验中发现了X射线,同年12月22日伦琴用X射线拍摄了其夫人手的一张照片,照片上清晰显示出伦琴夫人的手指骨,这张世界第一张X射线照片的诞生,标记着医学影像技术的开始。1901年伦琴因为发现了X射线荣获该年度的诺贝尔物理学奖。

在随后的若干年中,医学影像技术不断发展,其中包括软片(胶片)、增感屏、旋转阳极X射线管、滤线栅、影像增强管、自动洗片机等,以及体层摄影、荧光缩影、硒静电摄影、放大摄影、软X射线摄影、造影检查技术等的应用。



1971年9月英国工程师豪斯菲尔德(G.N Hounsfield)成功研制出世界第一台计算机体层成像(Computed Tomography, CT)设备, CT的发明是医学影像技术发展的里程碑。豪斯菲尔德也因此获得了1979年诺贝尔医学生理学奖。近几年, CT设备发展迅速, 相继研制出螺旋CT、多层螺旋CT、双源CT及能谱CT等。

1977年美国威斯康星大学的Mistretta小组和亚利桑那大学的Nadelman小组研制成功数字减影血管造影(digital subtraction angiography, DSA)技术, 使血管造影技术应用于全身各部位的血管及各部位经血管性的介入治疗。

1946年美国物理学家布洛赫(F-Bloch)和普塞尔(E-Purcell)发现了核磁共振(以下简称磁共振)现象, 由此, 两人在1952年获得诺贝尔物理学奖。根据磁共振现象, 英国科学家P-Mansfield进一步发展了有关在稳定磁场中使用附加梯度磁场的理论, 为磁共振成像技术从理论到应用奠定了基础。1973年美国科学家P-Lauterbur利用磁共振原理获得一幅二维的磁共振图像。P-Mansfield和P-Lauterbur也由此获得2003年诺贝尔医学和生理学奖。英国科学家Mallard、Hutchison和Lauterbur又经过几年的研究, 终于在1978年获得了第一幅人体头部磁共振图像, 1980年全身磁共振设备研制成功, 并应用于临床。由于磁共振成像是无电离辐射成像, 具有其他医学成像技术不可比拟的优越性, 已成为非常重要的医学影像检查手段。目前, 已有高场强、开放式磁共振设备应用于临床。

1983年日本富士公司研制出存储荧光体方式的计算机X线摄影(computed radiography, CR), 使传统的模拟X线摄影进入了数字X线摄影时代。1997年以后数字X线摄影(digital radiography, DR)设备相继研制成功, 为医学影像学数字化奠定了基础, 医学影像数字化也是未来医学影像技术的发展方向。

第二节 医学影像成像原理研究内容与学习要求

一、医学影像成像原理研究内容

医学影像成像原理主要研究各种医学成像技术的原理, 本书着重介绍模拟X线成像的基本原理、数字X线成像的基本原理、计算机X线体层成像的基本原理、磁共振成像的基本原理及医学影像存储与传输。

(一) 模拟X线成像

模拟X线成像是利用X线与物质作用产生衰减的特性, 当相同强度入射的X线通过人体时, 由于人体组织密度与厚度不同, X线衰减也不相同, 因此, 透过人体的X线强度不同, 形成了X线强度的差异。具有强度差异的X线作用于胶片或荧光屏, 使胶片感光或使荧光屏产生不同亮度的荧光。经感光的胶片通过胶片的冲洗, 形成了X线照片影像, 此过程为X线摄影检查; 荧光屏产生不同亮度的荧光就形成了传统X线透视的影像, 此过程为X线透视检查。

X线摄影和X线透视可以显示被照人体的正常或异常解剖结构, 可以显示人体组织病理改变, 为临床医生诊断提供参考。X线摄影是一种常用的检查方法, 其优点影像较清晰; 空间分辨力高; 照片可以长久保存以便随访被检者, 跟踪对照不同时间拍摄的照片, 了解病情的发展; 被检者接受的X线照射剂量少等。缺点是不能观察被检者的动态和功能, 并且密度分辨力低, 观察角度不灵活。临床上多用于各系统的平片检查和造影检查。X线透视也是一种常用的X线检查方法, 其优点经济、简便、成像速度快; 可以多角度观察、很灵活; 还可以显示人体器官的动态及功能。缺点是影像清晰度较差; 小病灶易漏掉; 空间分辨力较低; 影像不能长久保存; 被检者接受X线剂量较多等。临床上常用于骨折接骨复位、取异物等。

模拟X线成像一旦形成, 不可以对影像进行任何改变。所以对摄影条件和冲洗条件要求很



严格。模拟 X 线成像最大的缺点是影像密度和对比的动态范围有限,其影像信息又为模拟量,所以不能利用计算机进行处理,更不能对影像进行后处理。随着医学影像技术的发展,模拟 X 线成像逐渐完成使命,退出历史舞台。

(二) 数字 X 线成像

随着电子计算机的飞速发展,数字 X 线成像技术在 20 世纪 70 年代就已应用于临床。首先应用于临床的是计算机 X 线成像,也称计算机 X 线摄影(CR)。CR 是利用成像板替代模拟 X 线成像中的胶片,以储存荧光体方式储存影像信息,然后通过影像阅读装置读取影像信息,再经过处理器调整影像,使影像更加符合诊断要求,最后使影像显示在显示器上,根据需要可以直接打印照片,也可以把影像储存在计算机的硬盘里,还可以使影像传输等。CR 系统中的成像板本身没有显像功能,但它可以反复用上万次,方便、快捷、灵活、耐用。CR 的图像清晰,密度分辨率较高,应用于各系统的 X 平片检查,造影检查等。由于 CR 可以对图像进行后处理,所以经常用于床边摄影和急诊摄影。

数字 X 线成像另一个应用就是直接数字摄影(direct digital radiography,DDR)或称数字摄影(DR),DR 是在计算机控制下,利用探测器接收 X 线信息,直接转换数字信号,并在显示器上直接显示图像。数字摄影技术使病人受照射剂量更小;时间分辨率明显提高,在曝光后几秒内即可显示图像;具有更高的动态范围,量子检出效率(detective quantum efficiency,DQE)和调制传递函数(modulation transfer function,MTF)性能更好;能覆盖更大的对比度范围,使图像层次更丰富;操作方便快捷,省时省力,提高工作效率。并具有双能减影、融合断层、自动无缝拼接技术等图像后处理技术,广泛应用于各系统的平片检查和造影检查。

数字减影血管造影(DSA)技术也是数字 X 线成像的重要组成部分,其特点是在计算机控制下,能够减掉与诊断无关的各种组织影像,只保留血管造影的图像,临床上主要应用于血管造影检查。

(三) 计算机 X 线体层成像

模拟 X 线成像和数字 X 线成像的图像都是二维的重叠影像,由于各种组织之间影像的重叠,给诊断带来了一定的困难。为了避免各种组织之间影像的重叠,早在 1921 年匈牙利人提出了体层摄影理论。计算机 X 线体层成像(CT),是由 X 线经过准直器形成很细的直线射束,用以穿透人体被检测层面。经人体薄层内器官或组织衰减后射出的 X 线束到达检测器,检测器将含有一定图像信息的 X 线转变为相应的电信号。通过测量电路将电信号放大,由 A/D 转换器变为数字信号,送给计算机处理系统处理。计算机系统按照设计好的图像重建方法,对数字信号进行一系列的计算和处理,得出人体层面上器官或组织密度数值分布情况。把计算出的器官或组织密度数值按电视监视器扫描制式进行编码,在屏幕上依据不同器官或组织的吸收系数表示出不同的灰度,显示人体这一层面上的器官或组织的图像。它以高密度分辨、无重叠的清晰的体层图像,显示出普通 X 线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。

CT 最大的特点是能够获得各种组织、器官的断面图像。在常规计算机体层成像技术中,由于它的密度分辨率高,可以分辨人体组织内微小的差别,使影像诊断的范围扩大,对于以往普通 X 线无法检查的软组织等组织器官,CT 都能显示。在 CT 增强扫描中,CT 除了能分辨血管的解剖结构以外,还能观察血管与病灶之间的关系、病灶部位的血供和血流动力学的一些变化。利用 CT 计算机软件提供的标尺和距离测量等功能,CT 可进行人体多个部位的穿刺活检定位,其准确性优于常规 X 线透视下的定位穿刺。利用 CT 的三维成像软件,CT 可形成人体各部位的三维图像。如颅骨和颌面部,为外科制订手术方案和选择手术途径提供直观的影像学资料,该方法尤其适合颌面部的整形外科手术。利用 X 线的衰减,CT 可做各种定量计算工作,如 CT 值测量等。在老年骨质疏松患者中,利用 X 线的衰减及计算,可测量人体内某一部位的骨矿含量情况。通过对心脏冠状动脉钙化的测量,还有助于临床上冠心病的诊断。此外,CT 还有助于放射



治疗计划的制订和治疗效果的评价等。目前,多层螺旋 CT 的应用,极大地提高了扫描速度,可以观察心脏大血管的动态图像。

(四) 磁共振成像

磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)是利用射频脉冲对置于主磁场中人体内的核子自旋进行激发,经过一系列技术采集产生的信号,通过计算机重建成像的一种成像技术。

与其他成像技术相比,磁共振成像具有以下特点:以射频脉冲作为成像的能量源,无电离辐射,对人体安全、无创伤;对脑组织和软组织分辨力极佳,能清楚地显示脑灰质、脑白质、肌肉、肌腱、脂肪及软骨等组织的解剖结构和病变形态;可以多方位成像即对被检查部位进行轴位、矢状位、冠状位及任何斜方位的成像;多参数、多序列成像,图像的种类根据临床的要求而多样性;能够对器官功能成像和组织生物化学方面进行分析。由于磁共振成像具备上述特点,在临床应用方面显示出强大的优势,并得到广泛地应用。例如:磁共振成像具有较高的软组织对比度,适合于中枢神经系统、关节软骨、软组织和血管等检查。但当前磁共振成像的空间分辨力和时间分辨力还远远低于 CT,对肺、冠状动脉的检查不如 CT,对钙化的检出率较低。

(五) 医学影像存储与传输

医学影像技术的发展经历了从模拟到数字的发展历程,医学影像的存储形式也有质的飞跃。长期以来,模拟影像主要的存储形式为 X 线照片,购买胶片需要大量资金,存储 X 线照片还需要大的空间,X 线照片一般不能长期保存,更不利于远距离传输。随着现代医学科技的发展,数字化与信息技术越来越广泛地应用于医学领域,其突出表现是越来越多的成像设备向数学转化。数字化影像便于保存、传输与复制,可融入医院的网络环境,也可以实现远程会诊,还可以同其他数据进行整合,通过数字图像处理技术可获取更多的信息,实现医学影像信息资源共享。

总之,各种医学影像成像技术都有各自的特点,目前没有任何一种成像技术可以完全取代其他成像技术,我们在今后学习中要深刻理解和掌握不同成像技术的不同特点,分析成像过程、成像方式、成像原理以及影响成像质量的因素。掌握各种成像技术的临床应用,以便合理地选择和运用医学影像检查方法,及时为被检者的身体状况做出判断,并减轻被检者的经济负担。

二、学习意义与要求

随着计算机技术和电子技术的快速发展,医学影像学技术日新月异。目前,在大型综合性医院,医学影像技术职业岗位分工较细,可分为:X 线摄影技术、CT 扫描检查技术、MRI 扫描操作技术、DSA 操作技术、介入放射技术、影像设备维修保养、放疗操作技术、放射性核素显像操作技术等职业岗位群。还有一些专科如泌尿外科、骨科、口腔、计划生育等与影像技术相关的职业岗位。基层医疗单位影像科医技没有明确分工,医学影像从业人员职业岗位有传统 X 线诊断与检查技术、超声诊断检查技术、CT 诊断与扫描操作技术等。掌握医学影像成像原理是从事医学影像诊断、技术及相关专业岗位的必备基础,其通过各种成像过程,阐述成像的原因道理,以获得优质图像,以更好的进行医学影像诊断。因此,《医学影像成像原理》是医学影像技术专业的一门重要专业基础课程。

随着医疗体制改革的深入,医疗服务水平不断提高,人们对医疗服务质量要求也越来越高,从而要求医学影像技术专业人员必须具备良好的职业素养和较高的职业能力。在职业素养方面要求学生通过专业学习具有:①良好的思想政治修养、职业道德和社会责任感;②较强的表达能力和人际沟通能力;③良好的自我管理 with 团队管理能力;④良好的身心素质和环境适应能力;⑤自主学习新知识和新技能的能力;⑥在工作实践中分析问题、解决问题的能力;⑦良好的信息搜集与处理能力;⑧一定的英语应用能力和计算机基本操作技能。在职业技能方面,通过《医学影像成像原理》的学习,重点要求学生:①掌握模拟 X 线成像、CR、DR、CT、MR 成像过程



与成像原理;②掌握各种影像检查技术的图像后处理技术,对图像质量能够进行分析处理、储存和打印;③掌握各种成像参数对图像质量的影响,能够获得优质图像,以更好的进行医学影像诊断。

第三节 医学影像成像基本知识

一、医学影像成像的三要素

现代医学成像按其信息载体可分为:X线成像、磁共振成像、超声成像、放射性核素成像以及其他成像(其中“超声成像”和“放射性核素成像”两部分内容在各自相应的教材中编写)。X线成像又分为模拟X线成像、数字X线成像与X线计算机体层成像。对于X线成像、磁共振成像的共同之处在于:成像均需要一个成像系统,即将信息载体表现出来的信号加以处理,形成表现信息影像的系统。如:成像程序为能量→信息信号→检测→图像形成。因此,医学影像成像方法均需要三大要素:成像的信息载体、信息源(被检体)与信息接收器。

分析X线成像、磁共振成像,在成像方法需要的三大要素中,其信息载体均是提供能量的电磁波,但是X线成像、磁共振成像技术,其电磁波的来源不同,与人体组织结构的关联是不一样的。

(一) 信息载体

1. X线成像 X线是X线成像过程中,人体组织结构信息的载体。

X线与可见光、红外线、紫外线、 γ 射线完全相同,都是电磁波,只不过X线的频率很高,约在 $3 \times 10^{16} \text{Hz} \sim 3 \times 10^{19} \text{Hz}$ 之间,波长很短,约在 $10^{-2} \text{nm} \sim 10 \text{nm}$ 之间。X线的产生原理是由阴极灯丝发射出的高速电子束和阳极靶面相互作用的结果。在真空条件下高千伏的电场产生的高速电子流与靶物质的原子核和内层轨道电子作用,分别产生连续X线和特征X线。从X线管发出的X线束与靶面物质的原子序数(Z)、管电流(mAs)、管电压(kV)及高压波形有关。

在X线成像中,当管电压一定时,X线管发出的X线束的强度(I_0)是基本均匀的,其穿过人体不同组织时由于各种组织对X线的衰减程度(μ)不同,致使透过各种组织到达影像接收器的X线强度(I)不同,即影像信息就有了不同,因此可以说X线是我们人体组织结构信息的载体。光子能量越大,X线的波长越短,穿透物质的能力越强。X线对人体不同组织穿透性能的差别,是X线摄影和透视的基础。

2. 磁共振成像 射频电磁波是MRI过程中,人体组织结构信息的载体。

射频电磁波是由MRI射频系统中,射频线圈(发射线圈)实施的射频(RF)激励。在静磁场(B_0)中被检体中的原子核(^1H)受到一定频率的射频(RF)电磁波作用时,在 ^1H 的能级之间发生共振跃迁,产生磁共振(MR)现象。 ^1H 吸收射频电磁波能量跃迁之后,当RF停止后又会释放出能量恢复到初始状态,产生MR信号,再用MR接收装置(线圈)采集这些MR信号。MR信号产生必须具备三个基本条件:即能产生共振跃迁的原子核(^1H)、静磁场(B_0)及产生一定频率电磁波的射频磁场,射频电磁波是产生和传递MR信号的信息载体。

(二) 信息源

1. X线成像 人体由骨骼、肌肉、脂肪等构成,而骨骼由胶体蛋白和钙质组成,钙质占50%~60%;软组织内水占75%,还有蛋白质、脂肪及糖类等。X线成像由于各种组织结构的原子序数(Z)、密度(ρ)不同,形成了对X线的衰减系数(μ)不同。在《放射物理与防护》中讲述过X线与物质的作用,X线成像是X线束进入人体后,一部分被人体组织结构吸收和散射,另一部分透过人体沿原方向向前传播。X线通过人体组织时是按照指数规律衰减的,即:

$$I = I_0 \cdot e^{-\mu d} \quad (1-1)$$

