



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

全国高等学校医学规划教材
国家精品课程教材

(供临床·基础·预防·护理·检验·口腔等专业用)

医学影像学

第2版

主编 孟俊非



高等教育出版社
Higher Education Press



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

全国高等学校医学规划教材

国家精品课程教材

(供临床·基础·预防·护理·检验·口腔等专业用)

医学影像学

第2版

主 编 孟俊非

副主编 龚洪翰 戴建平

编者 (以姓氏笔画为序)

王绍武(大连医科大学)

朱 铭(上海交通大学)

张晓鹏(北京大学)

余深平(中山大学)

孟俊非(中山大学)

储成凤(东南大学)

戴建平(首都医科大学)

叶滨宾(中山大学)

刘斯润(暨南大学)

吴凤林(南方医科大学)

宋 彬(四川大学)

龚洪翰(南昌大学)

漆剑频(华中科技大学)

主编助理 刘斯润



高等教育出版社

Higher Education Press

内容简介

医学影像学包括影像诊断学及介入影像学。其中影像诊断学包括放射诊断学(X线、CT、MR等)和超声诊断学。全书分为6篇。在总论篇中主要讲述了X线成像、计算机体层成像、磁共振成像、超声成像和介入影像学的基本概念和原理,介绍了影像诊断中的对比剂及其应用,并讨论了影像的分析与诊断的思维方法和阅读影像学诊断报告的基本原则和步骤。在“胸部”、“腹部”、“骨、关节和软组织”、“中枢神经系统和头颈部”等4篇中,按系统分为若干章,主要是据X线征象将疾病分类讲述,将X线、CT、MR和超声的内容完全融合在一起。在介入影像学篇中主要介绍介入影像学的方法在各系统疾病诊治中的应用。

与本书相配套的教学资源库,使用该教材的师生可登陆高等教育出版社网站(new. hep. com. cn)下载使用。

本书适合医学各专业的学生使用,也可作为医学影像学专业研究生入学考试和执业医师考试的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

医学影像学/孟俊非主编. —2版. —北京:高等教育出版社,2009. 2

供临床·基础·预防·护理·检验·口腔等专业用

ISBN 978-7-04-025416-7

I. 医… II. 孟… III. 影像诊断-医学院校-教材
IV. R445

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 195905 号

策划编辑	秦致中	责任编辑	秦致中	封面设计	张楠
版式设计	马敬茹	责任校对	殷然	责任印制	韩刚

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100120
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京鑫丰华彩印有限公司

开 本 889×1194 1/16
印 张 26
字 数 820 000
插 页 1

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2004 年 3 月第 1 版
2009 年 2 月第 2 版
印 次 2009 年 2 月第 1 次印刷
定 价 49.50 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 25416-00

前 言

根据高等教育出版社实施的精品战略的核心内容——立体化教材建设的新观念、新思维,我们编写了全国高等学校医学规划教材《医学影像学》。所谓立体化精品教材,一是在学术上、内容上和表现方式上具有先进性;二是充分考虑使用对象(教师和学生)的现实状况和实际需要;三是不仅有主教材,还有相应的辅助教材,形成一个使用更加方便、学习更加自主的教学环境。

医学影像学包括影像诊断学及介入影像学。其中影像诊断学包括放射诊断学(X线、CT、MRI等)和超声诊断学。考虑到CT、MRI和USG与X线一样已成为临床医生必须具备的知识和技能,也为了体现大影像学的概念,与国际医学影像学教学接轨,本书在总论中分别简介了X线、CT、MRI、超声影像诊断和介入影像学的基本知识,在各论中主要是据X线征象将疾病分类讲述,将X线、CT、MRI和USG的内容完全融合在一起,而不再将它们分章、分节或分段讲述。

本书在内容安排上除总论和介入影像学外按解剖部位分为4篇,每篇再按系统分为若干章,如骨关节和软组织篇分为骨、关节、脊柱和软组织4章。这样编排条理比较清楚,便于学生将所学的知识分门别类,有利于理解、记忆和使用。检查方法只在每章后部讲述,并对各种方法的长处和不足以及选用原则进行讨论,内容从简,只求学生了解各部位、各种疾病可用及适用哪些检查方法和正确的检查流程,不求学生了解其操作细节。为了减少篇幅和避免与其他课程在内容上的重复,本书不提或少提大体解剖和相应的生理、生物化学知识,各系统的影像解剖也重在以图解的方式展现给学生,便于学生读懂、理解和记忆。

在各章节中,本教材尝试从征象入手将临床思维向影像学思维转换,先讲基本影像学征象,再以征象为基础将常见的典型疾病按其征象分类介绍,以便学生能用所学过的相关知识和所掌握的基本影像学征象去分析和理解疾病,给学生一个思考的空间,培养学生观察影像学图像的主动思维,也便于学生记忆和理解。在具体病变的讲述上,以适合课堂教学的形式,先展示、描述典型病例图像,让学生有感性认识,再从病理出发解释影像学所见,最后结合临床并简要讨论诊断和鉴别诊断。本书附图600余幅,约占全书篇幅的40%,尽量将影像学知识用具体的图像介绍给学生,还原医学影像学以形象、直观、生动的本来面目,帮助学生掌握从感性到理性的思维过程,去主动认识和理解所学的知识。由于以影像学方法为导引的介入技术的迅速发展和普及,其在诊断和治疗上的地位越发重要,本教材除在总论中对介入影像学的原理及基本方法作一简介外,还独立成篇讲述其在疾病诊治中的应用。

本书在每章的开始有重点内容提示,章后有中英文小结,不仅可帮助学生梳理所学的知识,也有利于学生学习影像学的英文词汇。书后附有参考读物、相关的医学影像学网站,有助于学生自学和复习。

我们将1版教材书后附的光盘、与教材配套的多媒体课件和其他一些教学资源制作成“医学影像学教学资源库”,使用本教材的师生可以登录高等教育出版社网站下载。

本书适合医学各专业学生学习医学影像学使用,也可作为医学影像学专业研究生入学考试和执业医师考试的参考用书。

首都医科大学天坛医院艾林医师,中山大学附属第一医院郭文波医师、蔡香然医师、高振华医师在本书1版的编写过程中做了大量的文字修订、选图与制图等工作。在2版的编写中中山大学附属第一医院的贺李医师、北京大学肿瘤医院孙应实医师又做了大量工作,在此一并致谢!

编写立体化精品教材对我们全体编者都是第一次,虽竭尽全力,但仍有不尽如人意之处,缺点甚至错误也在所难免,诚恳祈望各位读者批评指正,以期再版时修正补充。

主编 孟俊非

2008年9月于广州

目 录

第一篇 总 论

第一章 X线成像	3	六、磁共振对比增强	23
第一节 X线的产生与性质	3	七、磁共振血管成像	23
一、X线的产生	3	第四节 正常组织和某些病理组织的 MR	
二、X线的性质	3	信号	25
第二节 X线成像原理	4	第四章 超声成像	27
第三节 X线成像设备及检查技术	5	第一节 超声波物理基础	27
一、X线发生装置	5	第二节 超声成像基本原理	28
二、X线接收装置及检查技术	5	一、M型超声	28
第四节 X线检查的安全性和防护	8	二、B型超声	29
第二章 计算机体层成像(CT)	10	三、频谱多普勒超声	29
第一节 CT的基本知识	10	四、彩色多普勒血流显像	30
第二节 CT的分类	13	五、实时三维超声	30
一、常规CT	13	第三节 组织回声的描述	30
二、螺旋CT	13	一、组织回声强度的描述	30
三、电子束CT	14	二、组织回声分布的描述	31
第三节 CT的检查方法	14	三、回声形态的描述	31
一、平扫	15	四、某些特殊征象的描述	31
二、增强扫描	15	第四节 人体不同组织或器官的超声图像	32
三、造影CT扫描	16	第五节 超声图像的观察与分析	32
四、特殊扫描方法	16	一、B型图像	32
第四节 图像后处理技术	17	二、多普勒频谱	33
第五节 阅读CT片的一般顺序和注意		三、彩色多普勒	33
事项	17	第五章 影像诊断中的对比剂	35
第三章 磁共振成像	19	第一节 X线对比剂	35
第一节 MRI的基本原理	19	一、阳性对比剂	35
第二节 MRI的基本设备	19	二、阴性对比剂	35
一、主磁体	19	三、X线对比剂的安全性和对比剂反应	35
二、梯度线圈	20	第二节 磁共振对比剂	37
三、射频线圈	20	一、非特异性细胞外液间隙对比剂	37
第三节 影响信号强度的因素	20	二、由单核-巨噬细胞系统清除的对比剂	38
一、质子密度	20	三、肝胆系对比剂	38
二、液体的流动	21	第三节 超声对比剂	38
三、纵向弛豫时间	21	一、右心显影对比剂	38
四、横向弛豫时间	21	二、左心显影对比剂	39
五、脉冲序列	21	三、心肌显影对比剂	39
		第六章 影像的分析与诊断	40

第七章 如何阅读影像检查报告	43
第八章 介入影像学	45
第一节 影像设备	45
第二节 器械、介入治疗材料和药物、基本技术	45
一、器械	45
二、介入治疗材料及药物	47
三、基本技术	47
第三节 临床应用	48
一、血管造影术	48
二、血管性介入治疗	48
三、非血管性介入治疗	49

第四节 介入操作的反应和并发症	49
第九章 图像存储和传输系统	51
第一节 PACS 发展的历程和现状	51
第二节 PACS 的基本结构和组成	51
一、数字化图像的采集	52
二、网络架构	52
三、数字化图像的压缩、存储和管理	52
四、图像信息的处理	53
五、与 HIS 和 RIS 的集成	53
第三节 PACS 的临床应用	54
第四节 对未来 PACS 系统的展望	54

第二篇 胸部

第一章 肺与纵隔	59
第一节 肺与纵隔的正常影像解剖	59
一、肺野与肺门	59
二、肺叶与肺段	59
三、气管与支气管	61
四、纵隔与横膈	62
五、胸膜与胸壁	65
第二节 肺与纵隔病变的基本影像学征象	66
一、肺的异常影像学征象	66
二、支气管的异常影像学征象	70
三、肺门的异常影像学征象	73
四、纵隔的异常影像学征象	74
五、胸膜的异常影像学征象	75
六、横膈的异常影像学征象	77
第三节 肺与纵隔疾病的影像学诊断	78
一、局限性病变	78
二、弥漫性病变	95
第四节 影像学检查方法的比较和选择	98
第二章 心脏和大血管	101
第一节 心脏和大血管的正常影像解剖	101
一、X 线平片	101
二、USG	104
三、MRI	104
四、CT	105
五、心血管造影	105

第二节 心脏和大血管病变的基本影像学征象	107
一、心脏位置异常	107
二、心脏大小异常	107
三、肺循环的基本病变和影像学征象	109
四、体循环大血管病变的基本影像学征象	111
五、心脏和大血管结构异常的基本影像学征象	112
第三节 心脏和大血管疾病的影像学诊断	115
一、有肺淤血改变的心脏病	115
二、有肺充血改变的心脏病	116
三、有肺缺血改变的心脏病	119
四、肺血基本正常的心脏病	120
五、心包病变	121
第四节 心脏和大血管疾病影像学检查方法的比较和选择	123

第三章 乳腺	125
第一节 乳腺的正常影像解剖	125
第二节 乳腺病变的基本影像学征象	126
一、形态和结构的异常	126
二、钙化	127
三、肿块	127
四、乳腺疾病影像学检查方法的比较和选择	129

第三篇 腹部

第一章 急腹症	133
第一节 与急腹症有关的正常影像解剖	133
一、腹壁和盆壁	133
二、实质脏器	133

三、空腔脏器	133
第二节 急腹症的基本影像学征象	134
一、异常气体	134
二、腹腔积液	134

三、腹腔内钙化	135	五、脾脏	174
四、腹腔内肿块影	135	第二节 肝脏	175
五、腹腔或腹膜后脓肿	135	一、肝脏病变的基本影像学征象	175
六、下胸部异常	135	二、肝脏疾病的影像学诊断	182
七、骨骼异常	135	三、肝脏疾病影像学检查方法的比较和选择	193
第三节 常见急腹症的影像学诊断	135	第三节 胆道系统	194
一、肠梗阻	135	一、胆道系统病变的基本影像学征象	194
二、肠套叠	138	二、胆道系统疾病的影像学诊断	194
三、胃肠道穿孔	140	三、胆道系统疾病影像学检查方法的比较和选择	204
四、急性阑尾炎	141	第四节 胰腺	205
五、腹部外伤	142	一、胰腺病变的基本影像学征象	205
第四节 急腹症影像学检查方法的比较和选择	142	二、胰腺疾病的影像学诊断	207
第二章 食管和胃肠道	144	三、胰腺疾病影像学检查方法的比较和选择	210
第一节 食管和胃肠道的正常影像解剖	144	第五节 脾脏	212
一、食管	144	一、脾脏病变的基本影像学征象	212
二、胃	144	二、脾脏疾病影像学检查方法的比较和选择	213
三、十二指肠	146	第四章 泌尿系统、肾上腺与腹膜后间隙	215
四、小肠	146	第一节 泌尿系统	215
五、大肠	147	一、泌尿系统的正常影像解剖	215
第二节 食管和胃肠道病变的基本影像学征象	147	二、泌尿系统病变的基本影像学征象	217
一、管壁改变	147	三、泌尿系统疾病的影像学诊断	222
二、黏膜皱襞改变	149	第二节 肾上腺	227
三、管腔改变	150	一、肾上腺的正常影像解剖	227
四、位置和移动度改变	150	二、肾上腺病变的基本影像学征象	228
五、管腔外改变	150	第三节 腹膜后间隙	229
六、功能性改变	150	一、腹膜后间隙的正常影像解剖	229
第三节 食管和胃肠道常见疾病的影像学诊断	151	二、腹膜后间隙病变的基本影像学征象	230
一、局限性隆起和凹陷	151	第四节 影像学检查方法的比较和选择	230
二、弥漫性病变	161	一、泌尿系统	230
三、异常扩张	165	二、肾上腺与腹膜后间隙	231
第四节 食管和胃肠道影像学检查方法的比较和选择	166	第五章 生殖系统	232
第三章 肝、胆、胰、脾	168	第一节 女性生殖系统	232
第一节 肝、胆、胰、脾的正常影像解剖	168	一、女性生殖系统的正常影像解剖	232
一、上腹部不同横断层面解剖与影像	168	二、女性生殖系统病变的基本影像学征象	234
二、肝脏	169	三、女性生殖系统疾病的影像学诊断	239
三、胆道系统	172	第二节 男性生殖系统	242
四、胰腺	173	一、男性生殖系统的正常影像解剖	242
		二、男性生殖系统病变的基本影像学征象	242
		第三节 生殖系统疾病影像学检查方法的比较和选择	245

第四篇 骨、关节和软组织

第一章 骨	249	一、骨的结构与基本影像	249
第一节 骨的正常影像解剖	249	二、骨的生长发育	250

三、长骨的影像解剖	250	第四节 脊柱疾病影像学检查方法的比较和选择	292
四、短骨、扁骨、不规则骨的影像解剖	251	第三章 关节	294
第二节 骨病变的基本影像学征象及其病理基础	251	第一节 关节的正常影像解剖	294
一、骨密度与信号改变	252	第二节 关节病变的基本影像学征象	295
二、骨膜改变	255	一、关节肿胀	295
三、骨形态改变	256	二、关节间隙异常	295
第三节 骨创伤	257	三、关节软骨下骨吸收及骨性关节面下骨吸收	296
一、骨折的影像学检查与诊断	257	四、关节破坏	296
二、骨折的并发症	259	五、骨性关节面下囊状变	297
三、骨折的整复和愈合	260	六、关节骨质增生硬化及骨赘	297
第四节 骨骼系统疾病的影像学诊断	261	七、关节强直	297
一、单发局灶性骨密度或信号改变	261	八、关节脱位	298
二、多发局灶性骨密度或信号改变	269	九、关节内游离体	298
三、全身性骨质改变	273	十、关节旁软组织肿块	298
四、骨髓的改变	276	第三节 关节疾病的影像学诊断	299
五、全身性骨外形改变	277	一、关节骨质破坏	299
第五节 骨骼系统疾病影像学检查方法的比较和选择	278	二、关节骨质增生和骨赘	302
第二章 脊柱	280	三、关节脱位	303
第一节 脊柱的正常影像解剖	280	四、关节旁软组织肿块	304
一、X线平片	280	五、半月板与肌腱韧带损伤	306
二、CT	280	第四节 关节疾病影像学检查方法的比较和选择	307
三、MRI	281	第四章 软组织	309
四、常见变异及易误诊为病变的征象	281	第一节 软组织的正常影像解剖	309
第二节 脊柱病变的基本影像学征象	282	第二节 软组织病变的基本影像学征象	309
一、椎体的形态与结构异常	282	一、软组织钙化与骨化	310
二、椎体的密度或信号异常	283	二、软组织肿块	310
三、椎间盘(隙)异常	283	三、脂肪密度或信号影	311
四、椎弓根的异常	284	四、软组织内气体	312
五、椎旁软组织的改变	285	五、软组织肿胀	312
第三节 脊柱疾病的影像学诊断	285	第三节 软组织疾病影像学检查方法的比较和选择	312
一、脊椎局灶性骨密度或信号改变	285		
二、椎间盘病变	287		
三、脊柱外形的改变	289		
第五篇 中枢神经系统和头颈部			
第一章 脑	317	三、脑萎缩	322
第一节 脑的正常影像解剖	317	四、坏死与囊变	322
一、脑膜	317	五、钙化	323
二、脑	317	六、占位征	323
三、脑血管	318	第三节 颅脑疾病的影像学诊断	324
四、脑室、蛛网膜下腔和脑池	321	一、脑内病变	324
第二节 颅脑病变的基本影像学征象	322	二、脑外病变	330
一、脑内外病变定位征	322	第四节 颅脑疾病影像学检查方法的比较和选择	335
二、脑积水	322		

第二章 脊髓	337	第三章 头颈部	346
第一节 脊髓的正常影像解剖	337	第一节 头颈部的正常影像解剖	346
第二节 脊髓病变的基本影像学征象	338	一、眼部	346
一、脊髓增粗	338	二、耳和颞部	347
二、脊髓萎缩	339	三、鼻和鼻窦	348
三、囊变	339	四、咽喉部	350
四、钙化	339	五、颈部	351
五、占位征	340	第二节 头颈部病变的基本影像学征象	352
第三节 脊髓疾病的影像学诊断	340	一、眼部	352
一、髓内病变	340	二、耳和颞部	356
二、髓外硬膜下病变	342	三、鼻和鼻窦	358
三、先天畸形	344	四、咽喉部	360
第四节 脊髓疾病影像学检查方法的比较 和选择	344	五、颈部	363
 第六篇 介入影像学的临床应用			
第一章 中枢和头颈部	369	第五节 腹腔脓肿穿刺引流术	383
第一节 急性脑梗塞动脉内溶栓治疗	369	第六节 食管狭窄扩张术和支架放置术	384
第二节 颅内动脉瘤介入栓塞治疗	370	第七节 脾动脉栓塞治疗	384
第三节 脑动静脉畸形介入栓塞治疗	370	第八节 阻塞性黄疸介入治疗	385
第二章 呼吸系统	372	第九节 胆系残留结石介入治疗	386
第一节 大咯血介入栓塞治疗	372	第十节 经皮腹腔神经丛阻滞术	386
第二节 肺栓塞介入治疗	373	第五章 泌尿系统	388
第三节 支气管肺癌介入治疗	373	第一节 肾动脉成形术和支架放置术	388
第四节 气管、支气管支架放置术	374	第二节 经皮穿刺尿路引流	389
第三章 循环系统	376	第三节 前列腺肥大介入治疗	389
第一节 心脏瓣膜成形术	376	第四节 肾癌介入栓塞治疗	389
第二节 先天性心脏病介入治疗	376	第六章 盆腔介入治疗	391
第三节 冠状动脉病变介入治疗	377	第一节 盆腔大出血介入栓塞治疗	391
第四节 外周动脉狭窄和闭塞介入治疗	377	第二节 子宫肌瘤介入栓塞治疗	391
第四章 消化系统	380	第三节 输卵管再通术	392
第一节 消化道出血介入治疗	380	第七章 骨骼、肌肉系统	393
第二节 肝癌经导管动脉化疗栓塞	381	第一节 股骨头缺血性坏死介入治疗	393
第三节 经颈静脉肝内门体支架分流术	382	第二节 经皮穿刺腰椎间盘突出切割术和 腰椎间盘溶解术	393
第四节 腹腔囊肿穿刺引流术	383		
医学影像学中英文名词对照	395		
参考读物	400		
相关医学影像学 internet 站点	402		

第一篇

总 论



第一章 X 线 成 像

学习目标和重点内容提示:

1. 掌握 X 线成像原理。
2. 熟悉 X 线的性质、X 线检查的安全性和防护知识。
3. 了解常用的 X 线检查技术。

几乎在 1895 年德国科学家伦琴(Wilhelm Conrad Rontgen)发现 X 线的当时就被应用于显示人体的结构,从而开创了医学影像学的先河。经过一百余年的发展,X 线设备从简单的气体放电管和荧光屏变成集成机械、电子、自动化、计算机、数字化技术的高科技设备,能满足临床上日益增长的各种要求。近半个世纪来各种新的影像学方法层出不穷,极大地扩展了医学影像学的能力和视野,目前医学影像学包括诊断和介入两大分支,影像学方法包括 X 线、CT、MR、超声和核医学。尽管如此,各种形式的 X 线成像仍是最基本的、检查病人人数最多的、临床应用最广泛的医学影像学检查手段。X 线诊断学是我们学习医学影像学的基础。

第一节 X 线的产生与性质

一、X 线的产生

常规 X 线摄影、透视和计算机体层成像(CT)都是利用 X 线来产生影像。X 线产生于高速运动的电子受原子阻挡而急剧减速时。当今影像诊断所用的 X 线均产生于 X 线管(X-ray tube),又称球管。X 线管为一真空二极管,阴极为灯丝,阳极为呈斜面的由钨、钼或钨钼合金制成的靶面。灯丝在阴极电源的加热下周围形成自由电子云,当在 X 线管两极施加高电压时,自由电子由阴极向阳极运动,高速撞击靶面。高速运动的电子受靶物质原子的阻挡而发生能量转换,约 1% 的能量转变为 X 线,而 99% 以上的能量转变为热能。所产生的 X 线小部分由 X 线管窗口射出,而大部分为 X 线管壁和 X 线管套所吸收。所产生的热量为靶面的承托物(常为铜制)所吸收并传导至管外散发(图 1-1-1)。

二、X 线的性质

X 线的本质是电磁波,用于 X 线成像的波长范围是 0.031~0.008 nm。在电磁波谱中其波长位于 γ 射线和紫外线之间,短于可见光的波长,肉眼看不见。X 线除具有一般电磁波的性质外,由

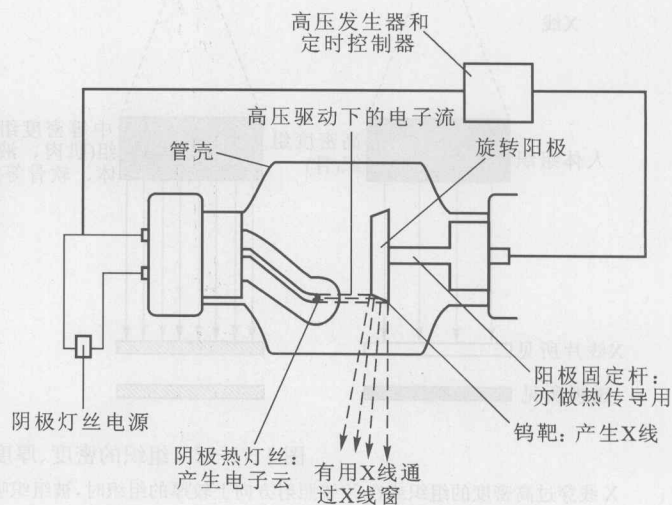


图 1-1-1 X 线管构造示意图

于其波长短、能量高而具有一些特性。

穿透性:X线能穿透可见光不能透过的物体,如人体。在穿透的过程中部分X线被物体所吸收,即衰减作用(attenuation)。X线管两极的电压越高,其产生的X线波长越短,能量越高,其穿透能力越强。X线的穿透能力还与被照射物体的密度和射线方向上的厚度有关,密度高、厚度大的物体X线不易穿透,衰减增加。X线的穿透性和物体对X线的衰减作用是X线成像的基础。

感光效应:X线像可见光一样使照相底片中的溴化银感光形成银盐的潜影,它也可使影像板(image plate, IP)感光形成电荷的潜影或使数字化平板探测器产生电信号。前者经显影和定影处理可得到胶片上的黑白影像,后者经模-数转换可得到数字化图像。该效应是X线摄影的基础。

荧光效应:X线能激发荧光物质发出可见光,这是X线透视的基础。另外,通常在X线摄影暗盒中,胶片被夹在两张荧光物质制成的增感屏中间。在曝光时,X线直接使胶片感光的同时,增感屏受X线激发的荧光大大增强了X线的感光作用。

电离效应:X线可使受照射的物质发生电离。X线照射生物体可引起生物学方面的改变,为生物效应。

第二节 X线成像原理

X线的穿透能力和被照射物对X线的衰减作用是X线成像的基本条件。应用于诊断的X线波长是 $0.031\sim 0.008\text{ nm}$ (相当于管电压 $40\sim 150\text{ kV}$),此波长的X线既能穿透人体又可部分为人体组织所吸收。人体是由不同密度、不同形态大小的器官和组织构成。按密度来分,人体组织大致可分为四类:骨和钙化组织密度最高;软组织(包括肌肉、软骨、实质器官、神经组织、结缔组织和体液等)属中等密度;脂肪属低密度;呼吸器官、胃肠道和体内其他含气腔隙内的气体属极低密度(图1-1-2)。密度高、厚度大的组织和器官对X线吸收多,反之亦然。

在X线摄影时,当一定的X线穿过密度高或(和)厚度大的组织器官时,被吸收的多,落在胶片、IP板和平板探测器上的就少,所产生的感光银盐或所形成的电信号相应也少,最后产生的影像就淡而白;而同样的X线穿过密度低或(和)厚度小的组织器官时,被吸收的少,落在胶片、IP板和平板探测器上的X线就多,所

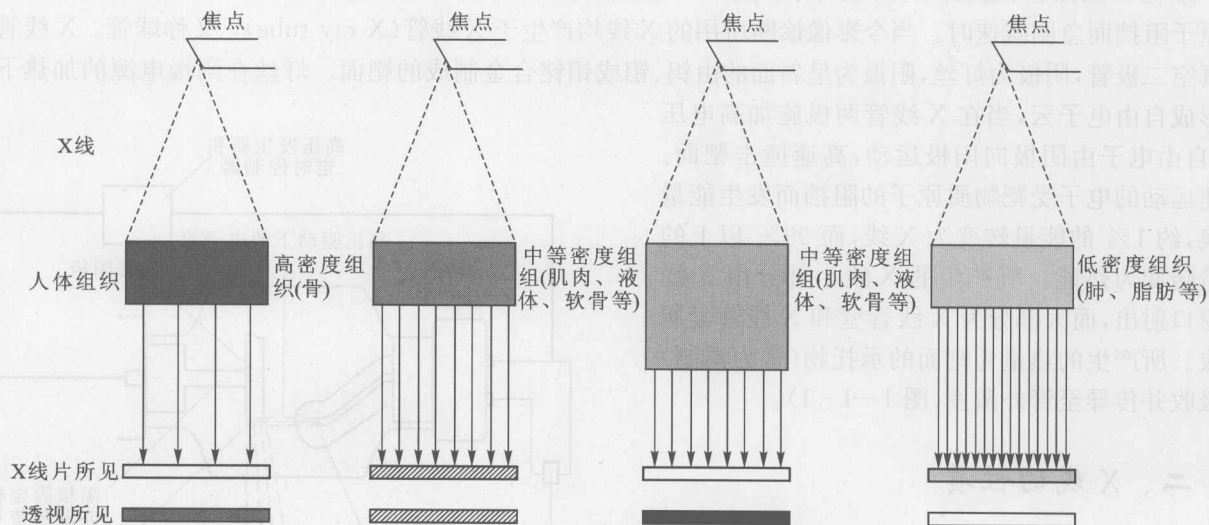


图1-1-2 组织的密度、厚度与X线影像密度的关系

X线穿过高密度的组织或在X线照射方向上较厚的组织时,被组织吸收的多,能到达胶片的X线就少,感光的银盐少,经显影、定影后还原的银盐就少,在X线片上呈淡白的影像(影像密度高);同理,荧光屏产生的荧光少,在荧光屏上的影像暗黑。如组织密度低或薄,产生的影像则相反

产生的感光银盐或电信号相应也多,最后产生的影像就浓而黑(图 1-1-2)。X 线照片上可见体外部分影像最浓黑,含气的肺呈黑色,脂肪呈灰黑色,软组织呈灰白色而骨和钙化灶为白色(图 1-1-3)。在 X 线透视时,现象与 X 线片上的正相反,由于荧光屏接收 X 线越多发光越亮,密度高、厚度大的组织或器官形成浓黑的影像,而密度低或(和)薄的组织器官形成白亮的影像(图 1-1-2、图 1-1-3)。

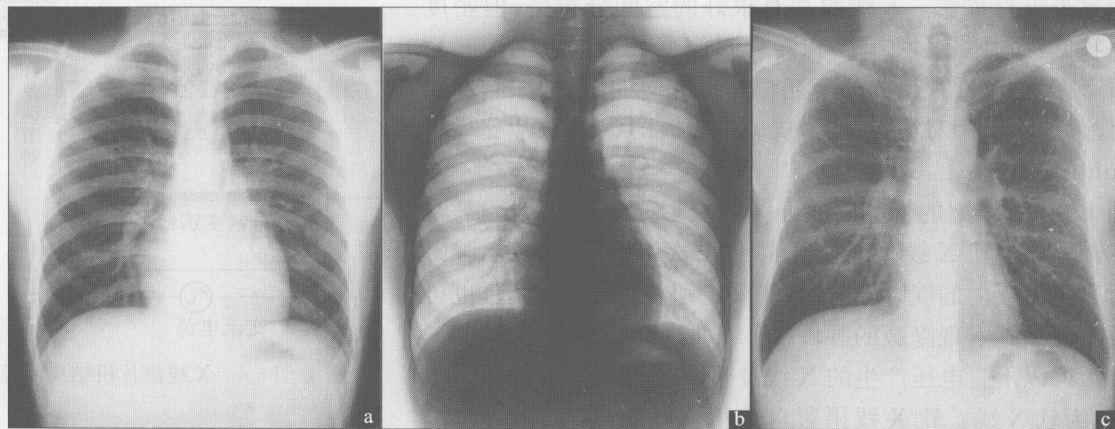


图 1-1-3 正常胸部后前位 X 线影像

在胸片上可见骨、肌肉、脂肪(肩部皮下)及肺(主要含空气)四种组织,其中含气的肺组织密度最低,其次是脂肪,再次为肌肉,骨的密度最高。由于肋骨很薄,所以密度不是很高,而纵隔虽为软组织,但因其在 X 线投照方向上厚度大,故其影像密度仍很高。高千伏片示纵隔内的气管、支气管影及被心脏、膈掩盖的肺纹理均清晰可见

a:胸部 X 线照片;b:胸部透视所见;c:另一人胸部高千伏照片

在对 X 线照片影像的描述上,我们将白而亮的影像称为高密度影像,将黑而暗的影像称为低密度影像(在透视时则相反)。在胸片上,含气的肺为低密度,而肋骨和纵隔为高密度。影像密度的概念与物理学上的密度概念不同,前者是组织器官的物理学密度和它在 X 线投照方向上的厚度的综合结果。如果在 X 线投照方向上有多种组织器官,则形成的影像密度是这些组织器官各自的物理密度和厚度的综合。实际上 X 线片上的影像大多数是多种组织器官影像的重叠。

病变能改变组织器官的形态、大小和密度,因而能产生 X 线影像变化,如肺癌能在肺野内形成中等密度的肿块影,骨肿瘤破坏骨质而形成中等密度的骨质缺损影。

第三节 X 线成像设备及检查技术

一、X 线发生装置

产生 X 线的关键部件是 X 线管,为了使其工作,要有向阴极灯丝提供加热电流的灯丝变压器,和向 X 线管两极提供高电压的高压变压器。为了适应不同的摄影或透视的需要 X 线的质和量要能够被调节。X 线的质即其穿透力,决定于加在 X 线管两端的电压,X 线的量决定于灯丝电流的大小,因此需要调节 X 线管电压和灯丝电流的装置。为了控制曝光时间,还要有时间控制装置(图 1-1-4)。现代的 X 线摄片机是一个复杂的高科技设备,主要由 X 线管、高压发生器、控制台、机架和检查床等部分组成(图 1-1-5)。

二、X 线接收装置及检查技术

(一) X 线摄影

1. 平片(包括高电压摄影及软射线摄影)

X线摄影(radiography)是用X线胶片来记录穿过人体后的X线,感光后的胶片经显影和定影过程形成黑白的X线照片。为了减少X线量和缩短曝光时间,常将X线胶片放在带有增感屏的暗盒来进行摄影。X线照片有很好的空间分辨率,但密度分辨率较低,而且是各种组织和器官影像重叠的二维图像。为了克服影像重叠,常须摄取两个互相垂直方向的照片,如胸部的正、侧位片。不使用对比剂、用常规方法摄取的X线照片称为平片(plain film)。

用120 kV以上的管电压进行X线摄影称为高千伏摄影,常用于胸部。高千伏X线穿透力强、影像层次丰富,可在显示肺野的同时显示纵隔内的气管、支气管影及心脏后方的肺纹理,也可以透过实变的肺发现隐蔽的肿块(图1-1-3)。

40 kV以下管电压产生的X线波长较长、能量较低、穿透力较弱,称为软X线。软X线摄影可获得良好的软组织X线片,常用于乳腺、阴茎等部位。软X线摄影要用专用的软X线机(钼或钼-铍靶X线机)、专用的增感屏和胶片。

体层摄影可获取选定层面的清晰图像并在一定程度上避免其前后结构的干扰,由于CT和MRI的应用,现已少用体层摄影。

过去曾经应用的放大摄影和荧光缩影现已基本不用。

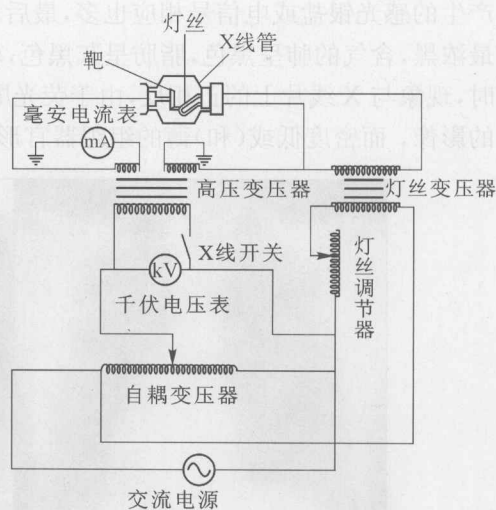


图 1-1-4 X线摄片机结构示意图

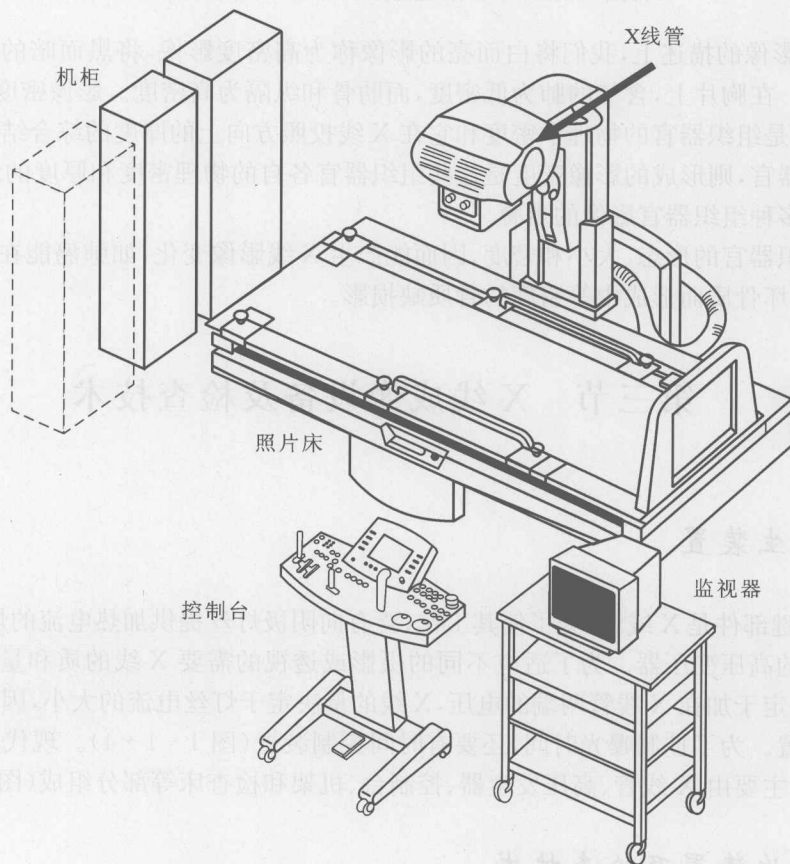


图 1-1-5 X线摄片机

2. 造影检查

影像密度的差别,称为对比。由于人体组织器官的密度和 X 线方向上的厚度不同,在 X 线片上或荧光屏上可形成有对比的图像。这种自然存在的对比称为天然对比。然而人体内很多器官或结构间缺乏天然对比,如腹部脏器间。为了显示这些器官或结构,可将密度高于或低于这些器官或结构的物质引入其内或分布于其周围,使其影像形成对比,此为人工对比。这种检查方法称为造影检查。所引入的物质称为对比剂(contrast media)。造影检查扩大了 X 线检查的应用范围,如口服硫酸钡制剂可以显示消化道的腔内情况;经静脉注入有机碘对比剂可以显示肾盏、肾盂、输尿管和膀胱。

(二) X 线透视

过去透视(fluoroscopy)须在暗室进行,现多应用影像增强电视系统,影像亮度大大提高,可在明室操作。透视操作简便、费用低,可以立即得到图像,可以变换角度从多方位观察,可以了解器官的动态变化,如心脏的搏动、胃肠道的蠕动等;但透视难于观察对比度小、密度大的部位,如头颅、盆腔等。

(三) 数字化 X 线成像

将 X 线影像数字化使之可用计算机进行存储、分析和传输称为数字化 X 线成像(digital radiography, DR)。X 线可直接转换为数字信号或先形成模拟图像再转换为数字图像。数字化 X 线成像包括计算机 X 线摄影(computed radiography, CR)、平板探测器(flat panel detectors)数字化 X 线摄影、数字化动态 X 线成像和数字减影血管造影(digital subtraction angiography, DSA)。广义地讲,CT 也是一种数字化 X 线成像技术。

1. CR

CR 是使用可以记录 X 线影像并可由激光读出 X 线影像信息的影像板(IP),经 X 线曝光及读出处理,形成数字化 X 线影像。当 X 线穿过被照物体后射到 IP 时,X 线被 IP 成像层的荧光颗粒吸收,后者释放出电子,其中部分电子散布在成像层内呈半稳定状态,形成潜影(信息采集);当用激光照射已有潜影的 IP 时,半稳定状态的电子转变为光子,即发生光激发发光现象,光子可用光电倍增管检测到,并被转化为电信号,这些代表模拟信息的电信号再经模-数(A/D)转换器转化为数字信号(信息读出);然后数字信号被传送到计算机进行处理和存储(图 1-1-6)。图像可通过显示器观察,也可以用激光打印机打印出照片。

CR 是实现数字化 X 线成像的途径之一。由于采用计算机技术对图像进行后处理如灰阶处理、窗位处理等,可以得到适于诊断的最佳影像,增加了图像显示信息的层次,提高了图像的分辨和显示能力。其不足是时间分辨率尚较差,不能用于器官的动态显示。另外,其空间分辨率不如常规 X 线摄影的图像。

2. 平板探测器数字化 X 线成像

平板探测器数字化 X 线摄影(曾经称为 DR)是用平板状探测器代替普通 X 线摄影的暗盒。探测器可直接将 X 线转换为电信号(非晶硒数字平板)或先将 X 线转变为可见光再转换为电信号(非晶硅数字平板),从而完成影像的数字化。它可以完成 X 线摄影,也可以代替影像增强器用于透视和动态图像检出(图 1-1-7)。相对于 CR 而言,平板探测器数字化 X 线摄影是一种直接数字化成像技术。和 CR 图像相比,它的图像具有更高的空间分辨率、更大的曝光宽容度、更好的时间分辨率,可据临床需要用计算机进行各种后处理,并具有开发应用诸如能量减影、三维合成等高级临床功能的潜力。

3. 数字化动态 X 线成像

目前常用的数字动态成像有三种方式:

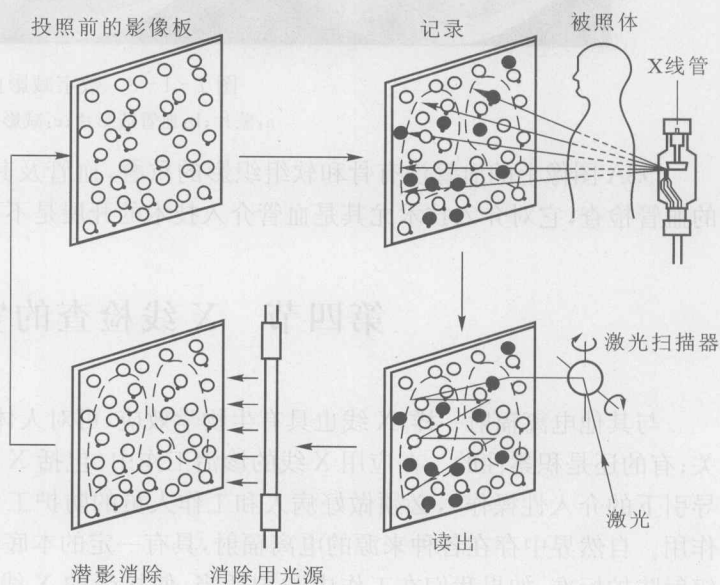


图 1-1-6 CR 的 IP 板工作原理示意图

①穿过人体的 X 线进入影像增强器,后者可将荧光屏上的影像亮度大大提高,可用摄像机将影像摄下再将视频信号经过模-数转换变成数字信号后直接进入计算机。②用电荷耦合器件(CCD)摄取影像增强器上的荧光图像,并转换成数字信号,再由计算机处理。以上两种方式可以得到动态的透视图像,是数字化胃肠机和常规心血管造影机的基础。③用数字平板探测器获得动态图像,这种方式获得的图像动态范围极宽,所需 X 线剂量也远低于前两种方式,目前已成功地应用在心血管造影机上(图 1-1-7)。

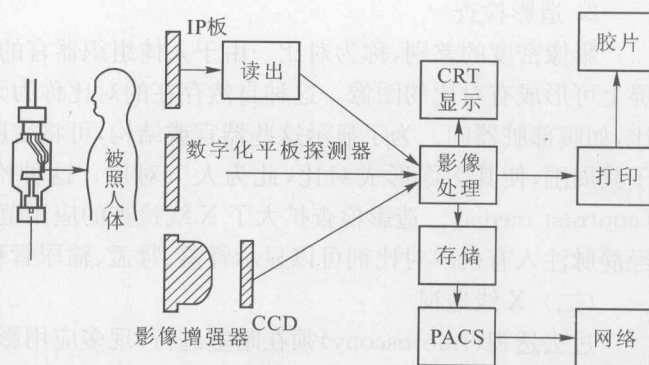


图 1-1-7 数字化 X 线成像的流程图

4. DSA

DSA(digital subtraction angiography, 数字减影血管造影)是广泛应用于血管造影机和数字胃肠机等 X 线成像设备的高级应用功能。行血管造影并用数字化动态 X 线成像设备在对比剂到达目标血管—血管内出现对比剂—血管内对比剂浓度达高峰—对比剂被廓清这段时间内获得一系列的多幅数字化图像,就可用计算机在数字化图像之间进行减影处理。具体做法是取一幅血管内不含对比剂的图像作为蒙片和一幅含对比剂的同一部位的图像,将这两幅图像的数字矩阵经计算机相减,两幅图像的相同的数字矩阵亦即相同的影像互相抵消,剩下的只有在一幅图像上才有的含对比剂的血管影像,而两幅图像上都有的骨骼和软组织影均消失或部分消失,达到了减影或部分减影的目的。因减影用的两幅图像是在不同时间内取得,所以称为时间减影法(图 1-1-8)。

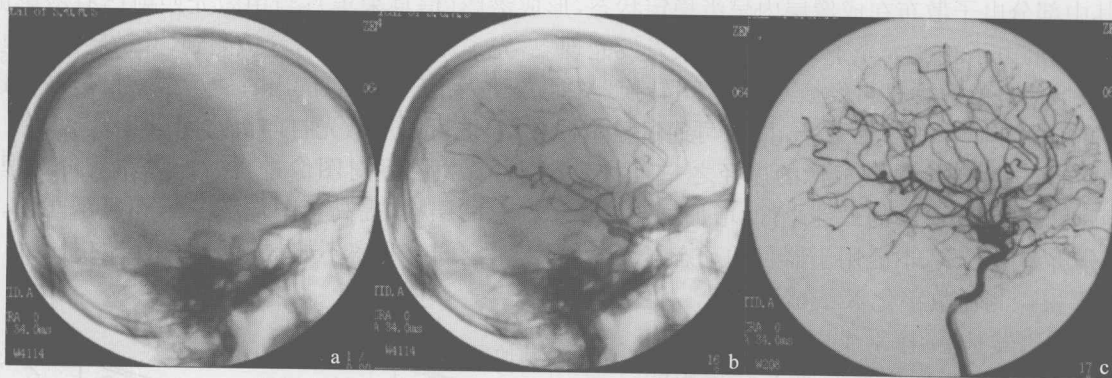


图 1-1-8 数字减影血管造影

a: 蒙片; b: 血管造影片; c: 减影后的血管影像

DSA 图像上的血管没有骨和软组织影的重叠,血管及其病变显示清楚。DSA 适于心脏和全身各部位的血管检查,它对介入技术尤其是血管介入技术的开展是不可缺少的。

第四节 X 线检查的安全性和防护

与其他电离辐射一样,X 线也具有生物学效应,可对人体产生一定的损伤作用,其中有的损伤与剂量有关;有的还是积累性的。在应用 X 线的诊治工作中(包括 X 线透视、X 线摄影、CT、DSA 检查和 X 线或 CT 导引下的介入性操作),必须做好病人和工作人员的防护工作,避免不必要的损害,更好地发挥 X 线检查的作用。自然界中存在各种来源的电离辐射,具有一定的本底辐射剂量。现代的各种 X 线设备都符合严格的辐射防护标准,如果我们在工作中防护适当,使接受的 X 线量限制在容许的范围之内,则其影响是不重要的。我们不应因正确使用 X 线的检查产生顾虑或恐惧。