

放射学

上册

刘玉清 李铁一 陈炽贤 主编

吴恩惠 吕大劳 副主编

人民卫生出版社

放 射 学

(上 册)

主 编

刘玉清 李铁一 陈炽贤

副 主 编

吴恩惠 吕大劳

人 民 卫 生 出 版 社

编写人员

(按姓氏笔划为序)

- 马大庆 (首都医科大学北京友谊医院)
史蓉芳 (中国医学科学院北京阜外医院)
吕大劳 (天津第二医学院)
朱杰敏 (中国医学科学院北京阜外医院)
刘汉英 (中国医学科学院北京阜外医院)
刘玉清 (中国医学科学院北京阜外医院)
刘秀杰 (中国医学科学院北京阜外医院)
祁吉 (天津医学院)
吴恩惠 (天津医学院)
吴振华 (中国医科大学第二临床学院)
苏惠群 (中国医科大学第二临床学院)
邹秋水 (北京医科大学放射学教研室)
严洪珍 (中国协和医科大学)
李铁一 (首都医科大学北京友谊医院)
李益群 (中国医学科学院北京阜外医院)
陈丽英 (中国医科大学第二临床学院)
陈炽贤 (中国医科大学第二临床学院)
杭俊德 (中国医科大学第二临床学院)
赵常江 (天津医学院口腔医院)
洪应中 (上海医科大学中山医院)
郭启勇 (中国医科大学第二临床学院)
贺能树 (天津医学院)
谢永明 (中国协和医科大学)
冀景玲 (首都医科大学北京友谊医院)
戴汝平 (中国医学科学院北京阜外医院)

绘图

陈桂芳 董迈 徐国成 韩秋生 王凤珍 张丹怡 王序

前 言

近几年医学影像学有了日新月异的发展，国家教委先后批准在一部分高等医学院校设立医学影像学专业，并招收本科生。本书即为此专业教学参考用的专业课教材。

1989年11月、1990年4月、1991年5月、1991年8月曾先后在天津、沈阳、泰安和北京共召开四次开办医学影像专业院校的领导和放射学界专家参加的会议，确定专业课和教材的名称、参考学时数和教材编写大纲，并组成编写小组确定教材编写的分工。

本书共分上、中、下三册共九篇，上册包括总论、呼吸系统和循环系统，中册包括消化系统、泌尿系统和生殖系统，下册包括骨关节系统、中枢神经系统和五官系统。根据教学计划的安排，超声和影像核医学不包括在本书内，而另行编写专门教材，但为评价各种不同成像手段的优缺点，本书有关章节也略有涉及。

本书总论是按各种不同成像手段作纵向介绍，而各论中各系统疾病的放射诊断则为横向介绍，并对各种成像手段的作用进行评价。介入放射学内容在各系统的有关疾病中亦作了叙述。

这样，可以使读者对某一疾病从影像诊断流程和优化选择原则到必要和可能的介入放射学技术的选择和应用，有一个全面的系统的了解。本书教学参考学时数为450学时 $\pm 10\%$ ，具体学时数由各校根据本校具体情况自行决定，推荐的讲授与实习比例为1:1或1:1.5。

本书编写过程中得到卫生部教材办公室和人民卫生出版社的热情帮助和具体指导，中国医科大学教务处在组织联系出版，以及中国医科大学教务处医美室为本书绘制插图，作了大量工作。在此，致以衷心谢意。总论第六章CR和PACS内容承日本奈良医科大学放射科打田日出夫教授、前田要副技师长提供资料，谨致谢忱。

本书邀请了许多国内知名的放射学专家亲自参加和组织写稿。在编写过程中，由于时间紧，任务急，内容多和作者分散，难以作到互审和外审。因此，遗漏或错误在所难免。诚恳希望使用本教材的教师、医师和学生批评指正，为修订本书时参考。

编 者

1992年6月

目 录

第一篇 总 论

第一章	X 线诊断	2
第一节	X 线的发现、产生和特性	2
第二节	X 线影像形成的原理和密度	4
第三节	X 线检查方法	7
第四节	造影剂	10
第五节	X 线诊断原则和步骤	16
第六节	X 线检查中的防护	17
第二章	CT	18
第一节	CT 发展概况	18
第二节	CT 基本结构与成像原理	19
第三节	CT 装置	23
第四节	CT 图像与 CT 值	25
第五节	CT 检查方法	29
第六节	CT 图像分析	31
第七节	CT 诊断的价值与限度	33
第三章	数字减影血管造影 (DSA)	34
第一节	DF 及其物理学基础	35
第二节	DSA 影像的获取和处理	41
第三节	DSA 的临床应用	49
第四章	磁共振成像	55
第一节	磁共振成像发展概况	55
第二节	磁共振成像的基本原理	55
第三节	磁共振成像技术	64
第四节	MRI 图像的特点	72
第五节	磁共振成像的设备	78
第六节	MRI 的临床应用	81
第七节	MRI 的新进展与发展前景	87
第五章	介入放射学	88
第一节	血管介入技术	88
第二节	非血管介入技术	118
第六章	医学影像学新进展——电算 X 线摄影术和图像储存及 传输系统	133
第一节	电算 X 线摄影术	133
第二节	图像储存和传输系统	144

第二篇 呼 吸 系 统

第一章 检查方法	151
第一节 常规 X 线检查	151
第二节 特殊 X 线检查	152
第三节 造影检查	153
第四节 CT 检查	154
第五节 超声检查	154
第六节 磁共振检查	154
第七节 数字减影血管造影检查	155
第八节 核医学检查	155
第二章 应用解剖学	155
第三章 胸部正常影像解剖	164
第一节 胸廓	164
第二节 气管和支气管	166
第三节 肺	168
第四节 胸膜	172
第五节 纵隔	172
第六节 膈	173
第四章 基本病变的 X 线表现	174
第一节 支气管阻塞性改变	174
第二节 肺部病变	175
第三节 肺门的改变	178
第四节 胸膜病变	178
第五节 纵隔的改变	180
第六节 膈的改变	181
第五章 气管支气管疾病	182
第一节 先天性气管、支气管狭窄	182
第二节 巨气管支气管症	183
第三节 先天性支气管囊肿	184
第四节 慢性支气管炎	185
第五节 支气管扩张	186
第六节 气管、支气管异物	188
第七节 支气管结石	189
第六章 肺部疾病	190
第一节 先天性肺发育异常	190
第二节 肺部炎症	193
第三节 肺结核	201
第四节 肺肿瘤	209
第五节 肺霉菌病	218
第六节 寄生虫病	222
第七节 尘肺	225

第八节	胸部外伤	231
第九节	结缔组织疾病的肺部表现	233
第十节	肺出血性疾病	240
第十一节	肺血液循环障碍性疾病	241
第十二节	原因不明的肺疾病	249
第十三节	造血系统及网状内皮系统疾病的肺部改变	255
第十四节	变态反应引起的肺部疾病	259
第七章	胸膜病变	264
第一节	胸膜炎	264
第二节	化脓性胸膜炎又名脓胸	265
第三节	胸膜肿瘤	265
第八章	纵隔疾病	266
第一节	纵隔炎症	266
第二节	纵隔气肿	268
第三节	纵隔血肿	269
第四节	纵隔肿瘤与囊肿及肿瘤样病变	269
第九章	膈的疾病	285
第一节	膈疝	285
第二节	膈膨升	286
第三节	膈下脓肿	286
第四节	膈肌肿瘤	287
第十章	胸部手术后的改变及并发症	287
第一节	胸部手术后改变	287
第二节	胸部手术后的并发症	288
第十一章	胸部 CT	288
第一节	胸部 CT 检查的适应证	289
第二节	胸部 CT 检查技术和方法	289
第三节	正常胸部 CT 影像解剖	290
第四节	胸部常见疾病的 CT 表现	294
第十二章	胸部磁共振成像	302
第一节	引言	302
第二节	胸部磁共振扫描的适应证	303
第三节	胸部磁共振扫描的技术和方法	305
第四节	纵隔的 MRI 诊断	305
第五节	肺部疾病的 MRI 表现	307
第六节	胸壁及胸膜病变的 MRI 表现	309
第十三章	介入放射学在呼吸系统的应用	309
第一节	引言	309
第二节	肺及纵隔的活检技术	310
第三节	肺动脉栓塞术	312
第四节	支气管动脉造影、栓塞术及药物灌注治疗	313

第三篇 循环系统

第一章	心脏大血管放射学检查方法	316
第一节	普通 X 线检查	316
第二节	心血管造影和 DSA	318
第二章	正常心脏大血管的放射学表现	323
第一节	不同体位正常心脏大血管的放射学表现	323
第二节	肺门和肺血管纹理分析	329
第三节	心脏大血管搏动	330
第四节	心脏大血管 X 线测量	331
第三章	心脏大血管异常的基本放射学征象	336
第一节	心脏和房室增大的 X 线征象	336
第二节	胸部主要血管异常的 X 线征象	339
第三节	肺循环异常的 X 线分析	340
第四节	心脏移位和位置异常	343
第五节	心血管造影异常的分析	349
第四章	超声心动图检查	351
第一节	检查方法	351
第二节	适应证及诊断	354
第三节	评价	355
第五章	放射性核素检查	355
第一节	检查方法	355
第二节	适应证及诊断	358
第三节	评价	360
第六章	CT 和 MRI	361
第一节	CT 检查方法	361
第二节	CT 检查的适应证和诊断	362
第三节	CT 检查的评价	362
第四节	MRI 检查方法	362
第五节	MRI 检查的适应证和诊断	363
第六节	MRI 检查的评价	363
第七章	后得性心脏病	364
第一节	风湿性心脏病	364
第二节	冠状动脉粥样硬化性心脏病 (冠心病)	372
第三节	高血压和高血压性心脏病	377
第四节	肺源性心脏病	379
第五节	心肌病	383
第八章	心包炎和心包积液	390
第九章	主动脉疾病	394
第一节	胸主动脉瘤及主动脉夹层	394
第二节	大动脉炎	400
第十章	先天性心血管病	406

第一节	先天性房间隔缺损	406
第二节	室间隔缺损	409
第三节	动脉导管未闭	415
第四节	先天性肺动脉狭窄	419
第五节	法乐四联症	422
第六节	先天性主动脉缩窄	426
第七节	先天性主动脉弓及头臂动脉畸形	430
第十一章	冠状动脉的介入治疗	435
第一节	经皮穿刺冠状动脉腔内成形术	435
第二节	冠状动脉内溶栓术	437
第十二章	心脏瓣膜病的介入性治疗	439
第一节	二尖瓣球囊成形术	439
第二节	肺动脉瓣球囊成形术	442
第三节	主动脉瓣成形术	445
第十三章	动脉腔内成形术及溶栓术	447
第一节	外周动脉腔内成形术	447
第二节	外周动脉溶栓术	449
第三节	肾动脉腔内成形术	451
第四节	主动脉腔内成形术	452
第十四章	经皮穿刺下腔静脉成形术	454

第一篇 总 论

影像诊断学 (medical imageology) 是阐明利用影像表现的特点在临床医学上进行诊断工作的一门临床科学。在现代医学的临床诊断工作中,除了询问病史和以视诊、触诊、听诊和叩诊为基础的体检之外,还要采用许多其他检查方法,如实验室检查、影像学检查和病理组织检查等,以便尽早作出正确的诊断。不同的检查方法所要解决的问题不同。了解每种检查方法的特点及其应用原理、应用范围、诊断效果和发展方向,对于正确选择和运用这些方法以解决诊断上的问题具有重要意义。

影像学检查是一种特殊的检查方法,它是借助于不同的成像手段使人体内部器官和结构显出影像,从而了解人体解剖与生理功能状况以及病理变化,以达到诊断的目的。因此,影像学检查是一种特殊的“视诊”,可以看到人体内部的解剖结构,如脑、脊髓、心肺、肝胆胰、胃肠道、泌尿器官和骨关节等,及其部分生理功能,因此,它有特殊的诊断效果。影像学检查是观察活体器官和组织的形态及功能最好的方法。所以,它已广泛应用于临床诊断工作之中。

影像诊断学是一门年轻的临床学科,在临床医学中应用还不到 100 年。自伦琴 (W. C. Röntgen) 发现 X 线以后不久,在医学上就被用于对人体检查,进行疾病诊断,从而形成了 X 线诊断 (X-ray diagnosis) 的新学科,并奠定了影像医学 (medical imageology) 的基础。X 线诊断直到目前仍是影像医学中的主要内容,应用普遍。50 年代到 60 年代开始应用超声与核素扫描进行人体检查,出现了超声成像 (ultrasonography, USG) 和 γ 闪烁成像 (γ -scintigraphy)。70 年代以后又相继出现了 X 线电算体层成像 (X-ray computed tomography, X-Ray CT 或 CT)、磁共振成像 (magnetic resonance imaging, MRI) 和发射体层成像 (emission computed tomography, ECT) 如单光子发射体层成像 (single photon emission computed tomography, SPECT) 与正电子发射体层成像 (positron emission tomography, PET) 等新的成像技术。这样,就形成了包括 X 线诊断的影像诊断学。这些成像技术的成像原理与方法不同,诊断价值与限度亦各异,但它们是互为补充的。

70 年代在影像诊断的基础上,在影像工具的监视下,从病变区采集标本或对某些疾病进行治疗迅速兴起,形成了介入放射学 (interventional radiology)。这样,就使影像诊断学发展为影像医学的新局面。使本学科的工作内容大大扩展,成为临床医学中离不开的重要支柱。

学习影像医学的目的在于了解这些成像技术的基本成像原理、方法和图像特点,掌握图像的观察、分析与诊断方法,及不同成像技术在疾病诊断中的价值与限度,以便发挥不同成像技术在诊断中的优势,并尽早地作出正确的诊断。

本教材将重点介绍 X 线、CT、MRI 和介入性放射学等内容。

第一章 X 线 诊 断

第一节 X线的发现、产生和特性

一、X 线的发现

X 线是德国物理学家伦琴在 1895 年 11 月 8 日发现的。当时，他在暗室内用高压电流通过低压气体的克鲁克斯管作阴极射线的研究，偶然发现克鲁克斯管附近的一块表面涂有铂氰化钡结晶的纸板上发生荧光。进一步研究证明，荧光是由高电压电流通过克鲁克斯管时产生的一种看不见的新射线所引起。这种射线能穿透普通光线所不能穿透的纸板，并能作用于荧光屏而产生荧光。进一步实验，发现这种射线也能透过木板，即使一本厚书，也能透过而使荧光屏发亮。对重金属如铜、铁、铅等则不易透过。当伦琴将手放在管和荧光屏之间时，在荧屏上看到肌肉透亮，而骨骼则为黑影。他还发现这种新的射线具有摄影作用，可把手在照相玻璃板上摄成照片。伦琴将他的发现于 1896 年 1 月 23 日正式公布于世，由于不明了这种射线的性质，所以伦琴把这种射线称为 X 线，科学界又称之为伦琴线。X 线的伟大发现，无论是在近代科学理论上或在应用技术上，特别是对医学科学领域内的不断创新和突破都有十分重大的意义。

二、X 线的产生

X 线是由高速运行的电子群撞击物质突然被阻时产生的。因此，它的产生，必须具备以下 3 个条件：①自由活动的电子群；②电子群以高速运行；③电子群在高速运行时突然受阻。

X 线机的类型虽不同，但基本构造不外 X 线管、变压器和控制器三部分。

1. X 线管 近代 X 线管是热阴极真空管。阴极是钨制灯丝，阳极为钨靶。以低电压电流（6~12 伏），通过阴极灯丝，灯丝发热而产生电子群。阳极的钨靶用以阻挡快速运行的电子群。在 X 线管的两极加以高电压（40~150kV，一般为 40~90kV），则电子群以高速从阴极向阳极运行，撞击钨靶突然受阻，而产生 X 线和大量的热能。钨原子序数和原子量高，具有高度放射 X 线性能，且可容大量的热能（熔点为 3400℃）。钨靶嵌在铜制阳极体上，使热能更快散失，因为铜的热传导率很高。

2. 变压器 变压器主要由一个铁心，一个初级线圈和一个次级线圈所构成。当交流电向初级线圈输入时，则次级线圈输出的电压可按照两个线圈的比例升高或降低。在 X 线机中，以高压变压器供应高压电于 X 线管两极，并以降压变压器即灯丝变压器，供应低压电流于阴极灯丝。

3. 控制器 使用 X 线机时，必须有一定的控制装置方能调节所需要的各种技术条件。控制器内装有许多电钮、电表、电阻和自偶变压器，主要用以调节通过 X 线管两极的电压和通过阴极灯丝的电流，分别控制 X 线的质和量。控制器内还装有调节曝光时间的计时器。

X 线的质决定于电子运行的速度及其撞击钨靶后动能所耗损的程度。改变高压变压

器的电压，即可调节电子运行的速度。电压越高，电子的运行速度越快，动能消耗越多，则由 X 线管发射的 X 线波长越短，穿透力也越强。通过 X 线管的电压很高，以 kv 计。X 线的量则取决于通过 X 线管的电流大小，亦即撞击在钨靶上的电子数量。改变灯丝

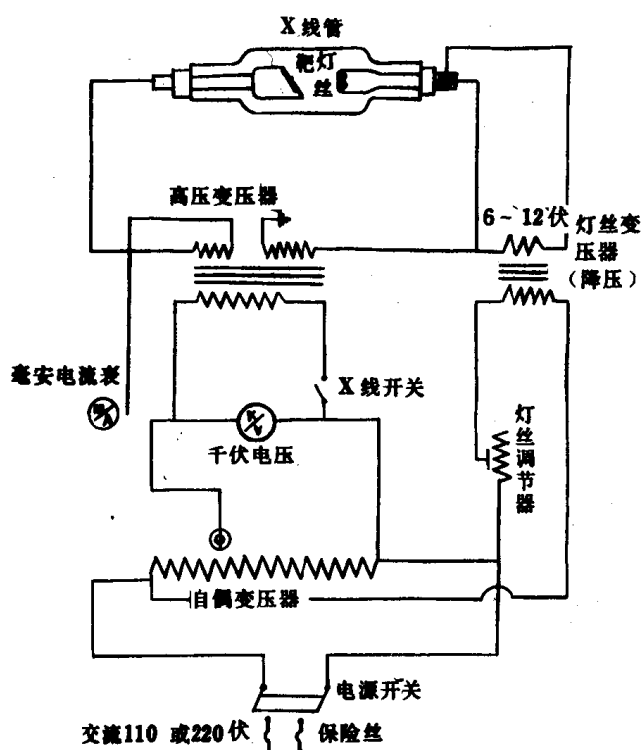


图 1-1-1 x 线机主部件示意图

的热量，即可调节电子发生的数量（灯丝的热能是由灯丝加热变压器的电流所供应）。电流越大，则灯丝越热，电子越多，撞击在钨靶上的电子数量也越多。通过 X 线管的电流很小，以毫安计。

在 X 线管、变压器和控制台之间以电缆相连。X 线机主要部件及线路见图 1-1-1。

X 线的发生程序是接通电源，经过降压变压器供 X 线管灯丝加热，而产生自由电子并云集在阴极附近。当升压变压器向 X 线管两极提供高压电时，阴极与阳极间的电势差陡增，处于活跃状态的自由电子，受强有力的吸引，成束以高速由阴极向阳极行进，撞击阳极钨靶原子结构。此时发生了能量转换，其中约 1% 以下的能量形成了 X 线，其余 99% 以上则转换为热

能。前者主要由 X 线管窗口发射，后者由散热设施散发。

三、X 线的特性

X 线是波长很短的电磁波，以光的速度沿直线前进，其波长范围为 $0.0006 \sim 50\text{nm}$ 。目前 X 线诊断常用的 X 线波长范围为 $0.008 \sim 0.031\text{nm}$ 。（相当于 $40 \sim 150\text{kv}$ ），在电磁辐射谱中，居 γ 射线与紫外线之间，比可见光的波长要短得多，肉眼看不见。

除上述一般物理性质外，X 线还具有以下几方面与 X 线成像相关的特性：

1. 穿透性 X 线波长很短，具有很强的穿透力，能穿透一般可见光不能穿透的各种不同密度的物质，并在穿通过程中受到一定程度的吸收。X 线的穿透力与 X 线管电压密切相关，电压愈高，所产生的 X 线的波长愈短，穿透力也愈强。反之，电压低，所产生的 X 线波长长，其穿透力也较弱。另一方面，X 线的穿透力还与被照体的密度和厚度相关。X 线穿透性是 X 线成像的基础。

2. 荧光效应 X 线能激发荧光物质（如硫化锌镉及钨酸钙等），使产生肉眼可见的荧光。即 X 线作用于荧光物质，使波长短的 X 线转换成波长较长的荧光，这种转换叫做荧光效应。这个特性是进行透视检查的基础。

3. 摄影效应 涂有溴化银的胶片经 X 线照射后，可以感光，产生潜影，经显、定影处理，感光的溴化银离子 (Ag^+)，被还原成金属银 (Ag)，并沉淀于胶片的胶膜内。此

金属银的微粒，在胶片上呈黑色。而未感光的溴化银在定影及冲洗过程中，从X线胶片上被洗掉，因而显出胶片片基的透明本色。依金属银沉淀的多少，便产生了黑和白的影像。所以，摄影效应是X线摄影的基础。

4. 电离效应 当X线通过任何物质而被吸收时，都将产生电离作用，使组成物质的分子分解成为正负离子。X线通过空气时，可使空气产生正负离子而成为导体。因为空气的电离程度，即其所产生的正负离子量同空气所吸收的X线量成正比，所以可以利用测量电离的程度来计算X线的量。

X线射过机体而被吸收时，就同体内物质产生相互作用，由属于物理性质的电离作用开始，随即在体液和细胞内引起一系列的化学作用，终于使机体和细胞产生生理和生物方面的改变。X线对机体细胞组织的生物效应主要是损害作用，其损害的程度依吸收X线量的大小而定。微量或少量的X线可以对机体不产生明显的影响；超过一定的剂量将引起明显的改变，但仍然可以恢复；大量或过量的X线则导致严重的不可恢复的损害。X线对机体的生物效应是用以作放射治疗的基本原理。同时X线的生物效应也指导X线检查和治疗的防护措施。

第二节 X线影像形成的原理和密度

一、X线影像形成的原理

X线之所以能使人体在荧光屏上或胶片上形成影像，一方面是基于X线的特性，即其穿透性、荧光效应和摄影效应；另一方面是基于人体组织有密度和厚度的差别。由于存在这种差别，当X线透过人体各种不同组织结构时，它被吸收的程度不同，所以达到荧光屏或X线片上的X线量即有差异。这样，在荧光屏或X线片上就形成黑白对比不同的影像。

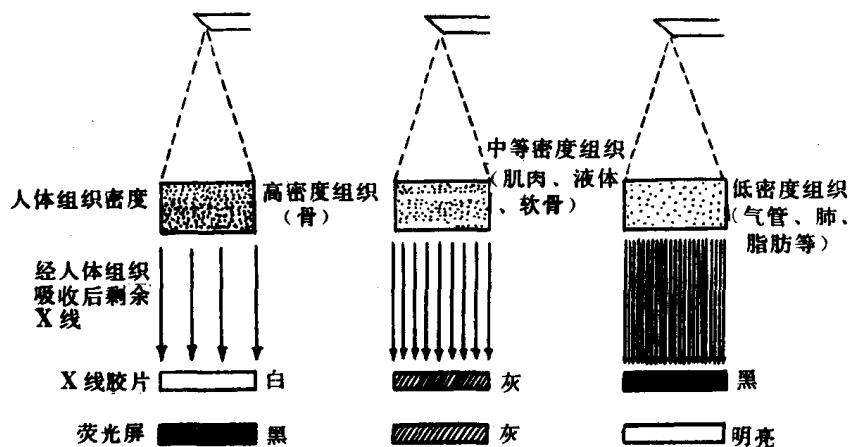


图 1-1-2 不同密度组织（厚度相同）与X线成像的关系，X线穿透低密度组织时，被吸收少，剩余X线多，使X线胶片感光多，经光化学反应还原的金属银也多，故X线胶片呈黑影；使荧光屏产生荧光多，故荧光屏上也就明亮。高密度组织则恰相反。

因此，X线影像的形成，应具备以下三个基本条件：首先，X线应具有一定的穿透力，这样才能穿透被照射的组织结构；第二，被穿透的组织结构，必须存在着密度和厚度的差异，这样，在穿透过程中被吸收后剩余下来的X线量，才会有差别的；第三，这个

有差别的剩余 X 线，仍是不可见的，还必须经过显像这一过程，例如经 X 线照片或荧光屏显像，才能显示出具有黑白对比和层次差异的 X 线影像。

X 线穿透密度不同的组织时，密度高的组织被吸收的多，密度低的组织被吸收的少，因而剩余的 X 线量就出现差别，从而形成黑白对比的 X 线影像（图 1-1-2）。

X 线穿透厚度不同的组织或器官时，厚的部分吸收 X 线多，薄的部分吸收 X 线少，因而剩余的 X 线量就出现差别（图 1-1-3）。

事实上、密度和厚度这两个因素经常是综合地影响 X 线成像的。

二、密 度

（一）物质密度与影像密度 物质

密度即单位体积中原子的数目，取决于组成物质的原子种类。物质密度与其本身的比重成正比。物质的密度高，比重大，吸收的 X 线也多，影像在照片上呈白影，在荧光屏上黑暗。反之，物质的密度低，比重小，吸收的 X 线也少，影像在照片上则呈黑影，在荧光屏上明亮。由此可见、照片上的白影与黑影或荧光屏上的暗与明都直接反映物质密度的高低。在术语中，通常用密度的高与低来表达影像的白与黑。例如用高密度、中等密度和低密度或不透明、半透明、透明等术语表示物质的密度。人体组织密度发生改变时，则用密度增高或密度减低来表达。由此可见，物质密度和其影像密度是一致的。

但是，X 线照片上的黑影与白影，还与被照器官与组织的厚度有关，即影像密度也受厚度的影响。

（二）天然对比与人工对比

1. 天然对比 根据密度的高低即比重的大小，人体组织可概括分为骨骼、软组织（包括液体）、脂肪和存在于人体内的气体四类。这种由人体不同组织间天然存在的密度差别所显示的对比，称为天然对比。兹将它们的比重和 X 线吸收比例列于表 1-1-1 如下：

表 1-1-1 人体组织的比重和 X 线吸收比例

组 织	比重（以水的比重为 1.0 计算）	吸收比例（以应用电压 60kv 所产生的 X 线计算）
骨骼	1.9	5.0
各种软组织（包括液体）	1.01~1.06	1.01~1.10
脂肪	0.92	0.5
气体	0.0013	0.001

关于它们的显影和密度对比情况，详述如下：

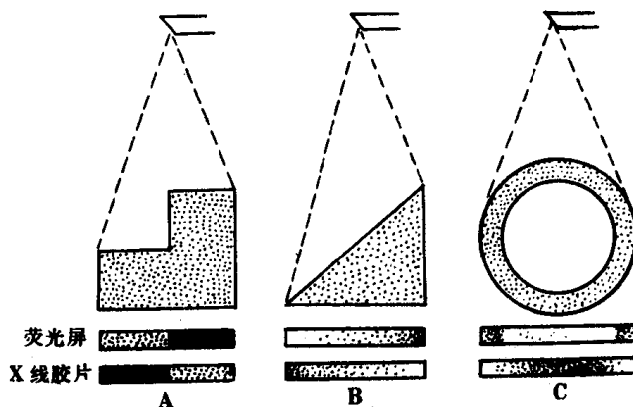


图 1-1-3 不同厚度组织（密度相同）与 X 线成像的关系
A. X 线透过梯形体时，厚的部分 X 线吸收多，透过的少，照片上呈白影，薄的部分相反，呈黑影。白影与黑影间界限分明。荧光屏上，则恰好相反
B. X 线透过三角形体时，其吸收及成影与梯形体情况相似，但黑白影是逐步过渡的，无清楚界限。荧光屏所见相反
C. X 线透过管状体时，其外周部分 X 线吸收多，透过的少，呈白影，其中间部分呈黑影，白影与黑影间分界较为清楚。荧光屏所见相反

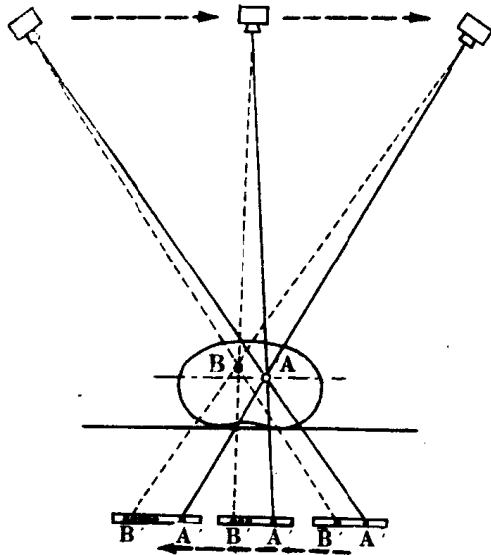


图 1-1-4 体层摄影原理示意图

在曝光时，X 线管与胶片作相反方向移动，而移动的轴心即在选定层面的平面上。结果，在被检查的部位内，只有选定的一层结构始终投影在胶片上的固定位置，从而使该层面的结构清楚显影，而其前后各层结构则因曝光时，在胶片上投影的位置不断移动而成模糊影像

(1) 骨骼：骨骼含有 68% 钙质，而钙 ($_{20}\text{Ca}^{40}$) 的原子序数为 20，原子量为 40，所以骨骼比重最高，吸收 X 线最多，同其他三种组织都形成明显的对比。在 X 线上，骨骼的骨质感光最少，因而显示为密度高的阴影，简称致密阴影。由于骨骼中骨皮质的结构较松骨质排列为密集，因而其阴影更为致密。

(2) 软组织和液体：人体结构大部分由软组织和液体所组成。软组织包括皮肤、肌肉、结缔组织、淋巴组织、内脏组织（心、肝、脾、肾、脑等）和软骨等；液体包括血液、淋巴液、脑脊液、体液和分泌液（胃液、尿等）。这些都是由不同成分的氢 ($_{1}\text{H}^1$)、碳 ($_{6}\text{C}^{12}$)、氮 ($_{7}\text{N}^{14}$) 和氧 ($_{8}\text{O}^{16}$) 等原子所组成。它们的比重和吸收比例都同水大致相似，在 X 线上都呈同等的中等密度或半透明阴影，同骨骼和气体呈明显的对比。

(3) 脂肪组织：脂肪组织是软组织的一种，也是由不同成分的氢、氧、碳等原子所组成。但由于在每个单位体积内的原子数目较少，排列较其他各种软组织为稀疏，因此在密度和比重上有一定的差别。不过由于这个差别不大，故只有应用适当的 X 线，才能使它同“软组织”显示出较为明显的对比，但其密度仅较“软组织”稍低。

(4) 气体：气体也是由上述几种原子所组成，但由于非常稀疏，所以吸收 X 线最少，同其他组织都有明显的对比，呈密度低或透明阴影。

在人体各部结构中天然对比现象以胸部最为明显。在 X 线上，胸部周围软组织显示中等密度的半透明阴影，肌肉同皮下脂肪稍有差别，肋骨呈致密阴影，肺野呈密度低的透明阴影。由软组织组成的心脏阴影的密度比肋骨还要高，这是由于心脏的厚度比肋骨大很多倍所致。在四肢中，密度高的骨骼阴影同其周围由肌肉所形成的中等密度阴影也存在着明显的天然对比。

2. 人工对比 虽然人体各部具有不同程度的天然对比，在胸部和四肢较为明显，在腹腔或颅腔则较差，但是，就在胸部和四肢的部分组织、器官或结构也不能完全依靠天然对比显影。这是由于人体各部组织或器官内或它们之间大都是由多种密度大致相同的软组织和液体所组成，因而要使这些组织或结构分别显影，就必须应用特殊方法，加入对比物质而予以“造影”。所以人工对比法也称造影法，对比物质称造影剂 (contrast media)。

人工对比造影的应用：按人工方法将一种造影剂——可用比重低的气体，也可用比重高的钡或碘剂——导入所要检查的结构或器官内或其周围，使之同周围的结构产生对比显影（造影检查）的应用，现已可使人体多数的结构和器官显影，从而大大地扩展了 X 线检查的范围。

第三节 X线检查方法

X线检查方法可分为普通检查、特殊检查和造影检查三类。普通检查包括透视和X线摄影,是X线检查中最早应用和最基本的方法。后来,在普通检查方法的基础上又创造了多种特殊摄影和各种造影检查方法,特别是近些年来更为突出,从而为人体各部位的结构和器官显影,开辟了新的途径。分别叙述如下:

一、普通检查

(一) 透视 fluoroscopy 是一种简便而常用的检查方法。透视时,需将检查的部位置于X线管和荧光屏之间。除观察形态外还可观察器官的活动,如呼吸运动,心脏和大血管的搏动,胃肠道的蠕动和排空等。

一般透视在荧光屏上所显示阴影的亮度不够强,较轻微和细致的结构或改变不易显示,较厚和较密实的部位则基本不易透过而清楚显影,所以透视最适用于胸部以观察肺、心脏和大血管。在骨骼系统一般限于观察四肢骨骼的明显病变如骨折、脱位等;对颅骨、脊柱、骨盆等均不适用。对腹部病变,除观察膈下积气和胃肠道梗阻、积气、积液以及致密的异物外。一般不作透视,但在进行胃肠道钡餐检查和钡剂灌肠时就必须应用透视。

透视的优点在于比较经济方便,而且当时即可得出初步结果,还可以直接观察器官的运动功能。其主要缺点为不能显示轻微改变和观察厚部位,而且不能留有永久的记录,以供随时观察或复查时比较。

一般透视工作在暗室中进行,故在工作开始前应充分做好眼的暗适应,否则轻微改变会被遗漏。暗适应需10分钟左右。使用影像增强装置,荧光屏亮度大大提高,透视可不在暗室中进行。

在检查前,应简单告诉被检查者透视的步骤和目的,并尽量脱去有扣子或较厚的衣服,除去一切外物如饰物、膏药、敷料等,以免产生混淆阴影引起误诊。

(二) 摄影 radiography 也是一种常用的主要检查方法。摄影时,需将受检部分置于X线管与胶片之间,并贴近胶片,固定不动。胸部和腹部摄片时需停止呼吸,否则影像模糊。摄片时,也须将外物如饰物和敷料等除去,以免造成混淆的阴影。

摄影可用于人体任何部位。常用的投照位置为正位,其次为侧位;在不少部位如四肢和脊柱等,需要同时摄正、侧位。其他的投照位置包括斜位、切线位和轴位等。

摄影的优点在于能使人体厚、薄的各部结构较清晰地显示于X线片上,并可作永久记录,以便随时研究或在复查时作对照、比较,以观察病情的演变。缺点是检查的区域为胶片大小所限制,不能观察运动功能而且费用较大。

在实际工作中,透视和摄影是相互辅助而应用的,一方的优点即是另一方的缺点,因此,常常两者并用,取长补短,以使诊断更为全面正确。

二、特殊摄影检查

(一) 体层摄影 普通X线照片是X线投照路径上所有影像重叠在一起的总和投影。有兴趣层面上的影像因与其前、后影像重叠,而不能清晰显示。体层摄影(tomography)则可通过特殊的装置和操作获得某一选定层面上组织结构的影像,而不属

于该选定层面的结构则在投影过程中被模糊掉。其原理如图 1-1-4 所示。体层摄影常用于明确平片难于显示、重叠较多和处于较深部位的病变，多用于了解病变内部结构有无破坏、空洞或钙化，边缘是否锐利以及病变的确切部位和范围；显示气管、支气管腔有无狭窄，堵塞或扩张；配合造影检查以观察选定层面的结构与病变。

(二) 荧光缩影 (间接摄影 fluororadiography) 荧光缩影是将被检查部位的阴影显示于荧光屏上，再以照相机将屏上的影像摄成缩小的照片。在荧光屏上产生明亮的影像需要毫安较大的 X 线机 (100~500mA)。缩影片大小可为 35、70 和 100mm。在 35 和 70mm 的小片上，不易看到细节，须用适当的放大设备来观察。在缩影片上发现问题，还须摄大片详加研究。

荧光缩影最常用于大量的肺部集体检查，这种方法可以代替常规透视检查，包括医院和诊疗机构中的胸部透视。它不仅比透视的效率 high，使被检查者和工作人员所受的射线量远为减少，并且还可留作记录。

(三) 放大摄影 放大摄影 (magnification radiography) 是根据投影学原理，将检查部位和 X 线片之间的距离增加，使投照的影像扩大，但较模糊失真。应用小的 X 线管焦点 (0.3mm)，可以减少 X 线束的扩散作用，使扩大的阴影比较清晰。摄片时，X 线管同胶片的距离为 100~150cm，检查部位同胶片相距依所需要的放大率而定。放大率可以下列公式计算：

$$\text{放大率} = \frac{\text{靶片距}}{\text{靶物距}}$$

这种放大摄影可用于显示细致结构，从而观察有无早期和细微的改变。

(四) 记波摄影 常规 X 线摄片只能记录器官某一瞬间的状态，而不能显示其活动情况。记波摄影 (kymography) 的目的是使器官的活动如心脏大血管的搏动、膈的升降、胃的蠕动等在片上成为波形而加以观察。记波摄影的特殊装置是一个由许多横行宽铅条所组成的格栅，每个铅条宽 12mm，中间隔有 0.4mm 的裂隙 (木条)。将此格栅置于身体和胶片之间，摄片时胶片在格栅后等速均匀向下移动 11mm 距离 (图 1-1-5A)。这时格栅前的器官活动如心脏大血管的搏动，在每裂隙间都呈现为锯齿状波记录在 X 线片上。这种方法称为阶段性记波摄影，常用于心脏大血管的检查。对胃肠蠕动、膈运动也可应用。

另一种记波方式是胶片固定而格栅移动，称为连续性记波摄影 (图 1-1-5B)。它所记录的波形为不同时期不同点综合而成。因此不能用以观察同一点在不同时期的改变。

(五) 高千伏摄影 高千伏摄影 (high KV radiography) 是用高于 120kv 的管电压进行摄影。常为 120~150kv。需用高电压小焦点 X 线管，特殊的滤线器和计时装置。由于 X 线穿透力强，能穿过被照射的所有组织，可在致密影象中显示出被隐蔽的病变。

(六) 软 X 线摄影 软 X 线摄影 (soft ray radiography) 是用钼靶、铜靶或铬靶 X 线管用低的管电压以产生软 X 线进行摄影。由于波长长，软组织的影象分辨率高。软 X 线摄影多用于女性乳腺摄影，显影效果好。

(七) 硒静电 X 线摄影 硒静电 X 线摄影又称干板摄影 (xeroradiography) 是利用半导体硒的光电导特性进行摄影。用充电的特制硒板代替胶片，然后进行摄影。用特制的显影粉显影，再转印在纸上，加温固定，即于纸上出现与 X 线片上影象相似的影像。对观察软组织，例如乳腺较好。由于手续繁，不稳定，受辐射线量大且效果不如胶片，而