

LIN CHUANG YI XUE YING XIANG

临床医学影像

主编 刘 明 孙常防 安方敬 夏同敬 颜士峰



天津科学技术出版社

临床医学影像

主编 刘 明 孙常防 安方敬
夏同敬 颜士峰

天津科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

临床医学影像/刘明等主编. —天津:天津科学技术出版社,2010.7
ISBN 978-7-5308-5893-6

I. ①临… II. ①刘… III. ①影像诊断 IV.
①R445

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 139747 号

责任编辑:郑东红

责任印制:王 莹

天津科学技术出版社出版

出版人:蔡 颢

天津市西康路 35 号 邮编 300051

电话 (022)23332693(编辑室) 23332393(发行部)

网址:www.tjkjcs.com.cn

新华书店经销

泰安开发区成大印刷厂印刷

开本 850 × 1168 1/32 印张 8.75 字数 220 000

2010 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

定价:28.00 元

主 编 刘 明 孙常防 安方敬 夏同敬 颜士峰
副主编 徐 军 罗 涛 杨文江 李骥征 马宝荣
赵吉强 闫景伟 曹平勇

编 委 (以姓氏笔画为序)

马宝荣	山东省泰山医学院附属医院
刘 明	山东省泰山医院
孙常防	山东省泰山医院
安方敬	山东省泰山医院
闫景伟	山东省菏泽市中医医院
杨文江	山东省文登整骨医院
李骥征	山东省泰安市中心医院
罗 涛	山东省胜利油田中心医院
赵吉强	山东省泰安市口腔医院
徐 军	山东省泰安市中心医院
夏同敬	山东省文登整骨医院
曹平勇	山东省新矿集团孙村煤矿医院
颜士峰	山东省新矿集团华丰煤矿医院

前 言

近年来,影像医学成为现代医疗工作中的重要支柱。为了反映当前影像医学最新研究进展,更好的为临床制定治疗方案提供客观依据,我们在繁忙的工作之余,广泛收集国内外近期文献,认真总结自身经验,编写成《临床医学影像》一书。

全书共分8章。第一章至第四章介绍了X线成像技术、计算机体层成像、单光子发射断层显像技术、磁共振成像技术;第五至第八章介绍了中枢神经系统与头颈部、胸部、腹部与盆部、骨骼与肌肉系统等影像学检查新技术、新理论以及影像学诊断要点。

由于水平所限,书中缺点、错误在所难免。我们真诚地欢迎各位读者多提宝贵意见。

刘 明

2010年5月

目 录

第一章 X 线成像技术	1
第一节 普通 X 线成像	1
第二节 数字 X 线成像	29
第三节 数字减影血管造影	38
第四节 X 线诊断的原则和方法	41
第二章 计算机体层成像	44
第一节 CT 成像基本原理、设备与方法	44
第二节 仿真内镜	49
第三节 造影剂	52
第四节 CT 的检查技术	54
第五节 CT 诊断的临床应用	65
第三章 单光子发射断层显像 (ECT) 技术	67
第一节 放射性核素显像的基本原理与设备	68
第二节 放射性药物	74
第三节 检查方法	78
第四节 放射性核素显像方法	81
第五节 放射性核素显像在临床上的应用	83
第四章 磁共振成像 (MRI) 技术	97
第一节 MRI 成像原理与设备	97
第二节 MRI 图像特点	99
第三节 MRI 检查技术	100
第四节 MRI 检查前的注意事项	109

第五章 中枢神经系统与头颈部 X 线诊断	111
第一节 中枢神经系统.....	111
第二节 头颈部.....	128
第六章 胸部 X 线诊断	142
第一节 肺与纵隔.....	142
第二节 心脏与大血管.....	166
第三节 乳腺.....	183
第七章 腹部与盆部 X 线诊断	195
第一节 食管与胃肠道.....	195
第二节 肝脏、胆系、胰腺、脾脏	211
第三节 泌尿系统与肾上腺.....	228
第四节 女性生殖系统.....	235
第五节 男性生殖系统.....	240
第八章 骨骼与肌肉系统 X 线诊断	243
第一节 骨与软组织.....	243
第二节 关节.....	264

第一章 X 线成像技术

医学影像检查技术是由多门学科交叉而形成的应用性很强的技术。特别是 1972 年 Hounsfield 设计的计算机 X 线体层扫描 (computed tomography, CT) 成像装置的问世,使医学影像检查技术发生了一次革命性的变化,其进步程度具有里程碑性的意义。随着医疗器械工业水平的提高,尤其是电子技术及计算机技术向医学影像领域的大量渗透,迎来了数字医学影像时代,设备更新换代周期缩短,新的检查技术不断地出现。使医学影像检查技术逐步完善和加快发展。从而使医学影像检查技术在临床医疗工作中发挥更加重要的作用。

第一节 普通 X 线成像

一、X 线成像基本原理与设备

(一) X 线的产生

1. X 线的产生 一般说来,高速行进的电子流被物质阻挡即可产生 X 线。具体讲,X 线是真空管内高速行进的电子流轰击钨靶时产生的。为此,X 线发生装置主要包括 X 线管、变压器和操作台。

X 线管为一高真空的二极管,杯状的阴极内装有灯丝,阳极由呈斜面的钨靶和附属散热装置组成。变压器包括降压变压器,为向 X 线管灯丝提供电源,一般电压在 12V 以下;和升压变压器以向 X 线管两极提供高压电,需 40kV ~ 150kV。操作台主要为调节

电压、电流和曝光时间而设置的电压表、电流表、时计和调节旋钮等。在 X 线管、变压器和操作台之间以电缆相连。

X 线的发生过程是向 X 线管灯丝供电、加热,在阴极附近产生自由电子,当向 X 线管两极提供高压电时,阴极与阳极间的电势差陡增,电子以高速由阴极向阳极行进,轰击阳极钨靶而发生能量转换,其中 1% 以下的能量转换为 X 线,99% 以上转换为热能。X 线主要由 X 线管窗口发射,热能由散热设施散发。

2. X 线的性质和特性 X 线是一种波长很短的电磁波,波长范围为 $0.006 \sim 500\text{\AA}$ ($1\text{\AA} = 10^{-8}\text{cm}$)。目前 X 线诊断常用的 X 线波长范围为 $0.08 \sim 0.31\text{\AA}$ (相当于 $40 \sim 150$ 千伏时),X 线还具有与 X 线成像相关的下列几个特征:

(1) 穿透性: X 线波长极短,具有强穿透力,能穿透可见光不能穿透的物质并在穿透过程中被物质不同程度地吸收(即衰减)。X 线的穿透力与 X 线管电压密切相关,电压愈高,穿透力愈强。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发出荧光,使波长极短的 X 线转换成波长长的可见荧光,这种转换叫做荧光效应。荧光效应是透视检查的基础。

(3) 感光效应: 涂有卤化银的胶片,经 X 线照射后,感光而产生潜影,经显、定影处理,感光的卤化银中的银离子(Ag^+)被还原成金属银(Ag),并沉积于胶片的胶膜内。此金属银的微粒在胶片上呈黑色。而未感光的卤化银,在定影过程中,从 X 线胶片上被清除,因而显出胶片片基的透明本色。依金属银沉积的多少,便产生了从黑至白不同灰度的影像。感光效应是 X 线摄影的基础。

(4) 电离效应: X 线穿过任何物质都可使之电离,而产生电离效应。空气的电离程度与空气所吸收 X 线的量呈正比,因而通过测量空气电离的程度可测 X 线的量。X 线射入人体,也可产生电离效应,引起生物学方面的改变,即生物效应,是放射治疗的基础,

也是进行 X 线检查时需要注意防护的原因。

(二) X 线成像的基本原理

X 线成像的基本原理一方面是基于 X 线的特性,即其穿透性、荧光效应和感光效应;另一方面是基于人体组织之间有密度和厚度的差异。由于这种差异,当 X 线穿透人体时被吸收的程度不同,产生了黑白对比不同的影像。这种由组织自然结构差异而形成的对比,称为自然对比。

由此可见 X 线图像的形成,是基于以下 3 个基本条件:首先, X 线具有一定的穿透力,能穿透人体的组织结构;第二,被穿透的组织结构,存在着密度和厚度的差异, X 线在穿通过程中被吸收的量不同,以致剩余下来的 X 线量有差别;第三,这个有差别的剩余 X 线,是不可见的,经过显像过程,例如用 X 线片显示,就能获得具有黑白对比、层次差异的 X 线图像。

传统 X 线检查可区分四种密度:高密度的有骨组织和钙化灶等,在 X 线片上呈白色;中等密度的有软骨、肌肉、神经、实质器官、结缔组织以及体液等,在 X 线片上呈灰白色;较低密度的有脂肪组织,在 X 线片上呈灰黑色;低密度的为气体,在 X 线片上呈黑色。病变可使人体组织密度发生改变。例如,肺结核病变可在低密度的肺组织内产生中等密度的纤维化改变和高密度的钙化灶,在胸片上,于肺的黑影的背景上出现代表病变的灰影和白影。因此,组织密度不同的病变可产生相应的病理 X 线影像。

人体组织结构和器官形态不同,厚度也不一样。厚的部分,吸收 X 线多,透过的 X 线少,薄的部分则相反,于是在 X 线片和荧屏上显示出黑白对比和明暗差别的影像。所以, X 线成像与组织结构和器官厚度也有关。

由此可见,密度和厚度的差别是产生影像对比的基础,是 X 线成像的基本条件。而密度与厚度在成像中所起的作用要看哪一个占优势。例如,肋骨密度高但厚度小,而心脏大血管系软组织,

为中等密度,但厚度大,因而心脏大血管在 X 线胸片上影像反而比肋骨影像白。

二、X 线成像设备

(一) X 线机

1. 普通摄影 X 线机

(1) X 线管支持装置:用于将 X 线管锁定在摄影所需的位置和角度,根据摄影的需要,X 线管可以做上、下、左、右和前、后的移动,且能绕 X 线管的长轴和短轴转动。普通摄影 X 线机的 X 线管支持装置包括立柱式和悬吊式两种。

1) 立柱式支持装置:其结构有两种方式。

a. 天地轨立柱式:主要组件有无轨、地轨和立柱。适应不同角度摄影的需要。

b. 双地轨立柱式:主要结构与天地轨立柱式相同,不同的是该立柱没有天轨,而用两条平行的地轨来支持立柱,以达到平稳移动的目的。

2) 悬吊式支持装置:也称为天轨悬吊式支持装置,主要用于大型固定式 X 线设备。其主要组件有天轨、滑车、伸缩器和球管横臂等。

(2) 摄影床:主要用于摄影时安置病人进行 X 线摄影。摄影床由床架、床面构成。

(3) 滤线器:是为消除散射线的影响、减轻 X 线照片的灰雾度、提高影像质量而设计的一种摄影辅助装置。

1) 滤线栅:滤线栅是滤线器的主要组件,也称为滤线板,有平行式、聚焦式和交叉式三种。

①结构:聚焦式滤线栅的结构是由许多薄铅条和纸条交替排列黏合而成的平板;②技术参数:焦距:是指聚焦式滤线栅的焦点与滤线栅中心的垂直距离。栅比:是指滤线栅铅条高度与铅条间距离之比。该值越大,吸收散射线的效果越好,目前有 10: 1、12

: 1、14: 1 等几种;③栅密度(number of strips): 是指每 1cm 中所含铅条数目。常用滤线栅的栅密度为 40 ~ 80 条/cm。

2) 滤线器的种类: 滤线器可分为固定滤线器和活动滤线器两大类。

①固定滤线器: 固定滤线器是指在摄影时固定不动的滤线栅。

②活动滤线器: 活动滤线器是指滤线栅在摄影前的瞬间开始运动, 直至摄影结束为止。运动方向与铅条方向垂直, 这样既能吸收散射线, 胶片上又不会留下铅条阴影。基本组件包括滤线栅、驱动装置、暗盒托盘及控制电器等。

3) 滤线器的注意事项:

①使用聚焦式滤线栅时, 应避免滤线栅反置。反置的滤线栅栅板铅条与 X 线束不平行, 可大量吸收 X 线而使胶片感光不均匀。

②X 线中心线须对准滤线栅中线, 左右偏移不应超过 3cm, 否则 X 线的斜射线与铅条倾角不一致百被大量吸收。

③需要倾斜 X 线管摄影时, 倾斜方向应与铅条排列方向一致, 否则 X 线被大量吸收。

④使用聚焦式滤线栅时, 焦点至滤线栅的距离应在允许的范围, 否则边缘区域 X 线被大量吸收。

⑤使用调速活动滤线器时, 预调运动速度一般比曝光时间长 $1/5$ 。

⑥依据所用管电压的高低来选择合适的滤线栅, 常规千伏摄影选用的滤线栅栅比在 5: 1 ~ 8: 1 之间, 高千伏摄影多选用栅比在 10: 1 ~ 12: 1 之间的滤线栅。

(4) 胸片架: 是拍摄胸部 X 线照片的专用装置。多为立式摄影架, 包括基座和暗盒托架。

2. 胃肠道造影 X 线机

(1) 胃肠道造影 X 线机的结构: 胃肠道造影 X 线机主要由检

查床、X 线管装置、X 线高压装置、监视系统、点片装置、压迫器及附件等组成。

检查床可以横向或纵向移动,还可呈 90° 地立位或逆向倾斜,方便体位的变化来观察病变的显示情况。观察系统可以是荧光屏 (fluorescent screen),也可以是影像增强电视系统 (image intensifier TV system)。目前,胃肠道造影 X 线机大都采用电视系统,可根据病人的体厚自动调节透视条件,实现明室环境下的遥控操作。

(2) 胃肠道造影 X 线机的分类:根据胃肠道造影装置结构的不同,可分为有暗盒式和无暗盒式两种。

1) 有暗盒式:此种装置的机械结构和监视系结合为一体,现已少用。

2) 无暗盒式:也称为片库式,是现今大多数胃肠道造影 X 线机采用的方式。造影装置一般装配在检查床上,与 X 线管装置、X 线电视系统组合成一体。它由供片盒、胶片传送机构、增感屏和收片盒等组成。

3. 床旁摄影 X 线机 床旁摄影 X 线机是对患者进行床边 X 线摄影的 X 线机。特点是:流动性,对电源要求不高。主要由控制装置、高压发生器、机架等组成。

(二) X 线管

1. 固定阳极 X 线管 固定阳极 X 线管的结构包括阳极、阴极和玻璃壳三部分。

(1) 阳极:由阳极头、阳极帽、阳极柄三部分组成。

1) 阳极头:由靶面和阳极体组成。靶面承受电子轰击,靶面的工作温度较高,通常都用钨制成。称为钨靶。钨具有熔点高 (3370°C)、原子序数大 (74)、蒸气率低的特点。因钨的导热率低,多把导热系数大的由无氧铜制成的阳极体与钨靶焊接在一起。以便提高阳极头的散热效率。

2) 阳极帽:由含钨粉的无氧铜制成,其主要作用是吸收二次

电子散射 X 线。

3) 阳极柄:由无氧铜制成,是阳极引出管外的部分,它和阳极头的铜体相连,浸在变压器油中,经过与油之间的热传导将阳极头产生的热量传导出,来提高阳极的散热效率。

(2) 阴极:包括灯丝、阴极头、阴极套和玻璃芯柱。其作用是发射电子并对轰击靶面的电子进行聚焦,形成 X 线管的实际焦点。

1) 灯丝:大部分 X 线管灯丝由钨绕制成螺旋状。钨有较大的电子发射能力和较高的熔点,高温下通常不易蒸发,其伸展性好,易加工成细丝。

为了提高 X 线管的使用效率,大部分 X 线管的阴极均装有条灯丝,称为双焦点。一条较长,形成大焦点;一条较短,形成小焦点。

2) 阴极头:又称为聚焦槽或集射槽,由纯铁或镍制成,灯丝装在其中。

(3) 玻璃壳:又称管壳,用来支撑阴、阳两极和保持管内的真空度。一般采用熔点高、绝缘强度大、膨胀系数小的钼组硬质玻璃制成。

固定阳极 X 线管的主要缺点是焦点尺寸大、瞬间负荷功率小,目前多为旋转阳极 X 线管取代。

2. 旋转阳极 X 线管

(1) 靶面:靶面中心固定在钼杆(转轴)上,钼杆另一端与转子相连。靶面倾角在 $6^{\circ} \sim 17.5^{\circ}$ 之间。通常采用铱钨合金(含铱 10% ~ 20%)做靶面,钼或石墨做靶基,构成复合靶。

(2) 转子:由无氧铜管制成,在转子周围加一旋转磁场后,转子发生转动。为增加热辐射,多将转子表面黑化。转轴装入由无氧铜或纯铁制成的轴承套中,两端装有两只轴承。转子的转速越高,电子束在某点停留的时间就越短,靶面温差也就越小,X 线管

的功率也越大。超过 8500r/min 为高速旋转阳极 X 线管。

(3) 轴承: 由耐热合金钢制成, 以承受较高的工作温度 (400℃)。为了避免过多的热量传导到轴承, 支撑阳极靶面的钼杆外径较细, 或者采用管状, 以减少热传导, 使大部分热量通过转子表面辐射出去。

3. 特殊的 X 线管

(1) 栅控 X 线管

1) 结构: 栅控 X 线管是在普通 X 线管的阴极和阳极之间加上一个控制栅极, 又称为三极 X 线管。在栅极上加一个相对阴极灯丝而言一定大小的负电位或负脉冲电压, 管电流截止, 不产生 X 线; 在负电位或负脉冲消失, 管电流导通时, 产生 X 线。栅控 X 线管除了阴极结构特殊外其他部分与普通 X 线管相同。栅控 X 线管的阴极在聚焦槽中装有灯丝, 灯丝前方装有栅极, 灯丝与栅极之间相互绝缘, 栅极电位就加在灯丝和聚焦极之间。

2) 特性

①灯丝发热特性;

②截止特性;

③时间控制特性。

栅控 X 线管可使患者和操作人员接受的 X 线辐射剂量减少、X 线管负载降低、使用寿命延长以及 X 线影像的模糊度降低、清晰度提高等优点, 通常应用于血管造影 X 线机、电容充放电 X 线机等方面。

(2) 软 X 线管

1) 输出窗口: 通常采用铍, 也有采用钼 - 钒合金。软 X 线管以铍制成输出窗口, 可辐射出较大剂量的软 X 线。

2) 阳极靶面: 软 X 线管的阳极靶材料通常采用钼 (molybdenum, 原子序数 42, 熔点 2622℃) 制成。最新的机型有钼 - 铑 (rhodium) 双靶, 铑靶主要用于致密乳腺检查。

3)极间距离缩短:软 X 线管的管电压较低,因空间电荷的影响,管电流较小。为了改善其灯丝发射特性,可以缩短阴极与阳极间的距离,使极间场强增大,以降低空间电荷的影响。普通 X 线管的极间距离一般为 17mm 左右,而软 X 线管的极间距离一般为 10 ~ 13mm。

(3)金属陶瓷旋转阳极 X 线管:这种 X 线管的灯丝和阳极靶面与普通旋转阳极 X 线管类似,只是玻璃壳改为由金属和陶瓷组合而成,其间的过渡材料采用铌(Nb),用铜焊接。金属陶瓷旋转阳极 X 线管寿命长,可提高 X 线管的负荷,并可在低 kV 条件下使用较高的 mA 进行摄影。

(三)X 线发生器

1. 高压变压器 高压变压器是产生高电压并为 X 线管提供高压电能的器件。

(1)构造:高压变压器包括铁心、初级绕组、次级绕组、绝缘物质及固定件。

1)铁心:高压变压器的铁心采用闭合式导磁体,以 0.35mm 厚的热轧硅钢片(D41 ~ D43)或冷轧硅钢片(D310 ~ D340)剪成不同宽度的矩形条叠成阶梯形状,以减少涡流损失,每片表面涂上一层很薄的绝缘漆。

2)初级绕组:初级绕组通过的电流较大,然而其电压不高,对绝缘物质要求也不太严格。通常采用厚度为 0.12mm 的电缆纸或多层 0.02mm 的电容器纸。

3)次级绕组:次级绕组通过的电流较小,通常在 1000mA 以下,因此,多采用直径较小的油性或高强度漆包线绕制。次级输出的电压较高,其总匝数在数万到数十万之间,因此,常绕成匝数相同的两个绕组,初级与次级间必须有良好的绝缘。初、次级变压比多在 1: 500 的范围内。每个绕组呈阶梯状绕成数十层,层间电压一般可达到 1000 ~ 1500V。

4)次级绕组的中心接地:高压变压器次级均采用两个线圈串联,中心点接地,这样可使高压变压器的总绝缘要求降低一半。

(2)工作原理:X线管高压变压器与普通高压变压器工作原理相同,空载时的损耗可忽略不计,初、次级之间电压和匝数之间的关系应为:

$$U_1/U_2 = N_1/N_2 = K$$

初级电压 U_1 与次级电压 U_2 之比等于初级线圈匝数 N_1 与次级线圈匝数 N_2 之比, K 称为变压器常数。

在变压器的输入电压为定值时,要获得较高的输出电压,应增加次级绕组匝数;反之,则要减少次级绕组的匝数。在透视或摄影时,如需获得不同的千伏值,只需改变高压变压器的输入电压值即可。

2. 灯丝变压器 灯丝变压器是供 X 线管灯丝加热用的降压变压器,一般功率 100W 左右。

3. 高压整流器 高压整流器是将高压变压器次级输出的交流电压变为脉冲直流电压的电子元件。目前 X 线机的高压整流器均采用半导体器件,它将高压变压器次级输出的交流电变成脉冲直流电流。高压整流器供电给 X 线管两极,使 X 线管始终保持阳极为正、阴极为负。

4. 高压电缆、高压插头及插座 大中型 X 线机的高压发生器和 X 线管需要特制的高压电缆,高压插头及插座是连接高压电缆、高压发生器和 X 线管的器件。

5. 中、高频 X 线发生器

(1)概述:工频 X 线机已有 100 多年的历史,其 X 线发生器有许多缺陷,如体积和重量大、输出波形纹波系数高、X 线剂量不稳定、曝光量的准确性和重复性差、软射线成分多等。近年来高频高压发生器技术得到迅速的发展,使 X 线机的性能更高,安全性更好,操作更方便。