

高等医药院校规划教材

供医学影像技术及相关专业使用

医学影像检查技术

主 编 刘宗彬 刘海洋



科学出版社

高等医药院校规划教材
供医学影像技术及相关专业使用

医学影像检查技术

主 编 刘宗彬 刘海洋

副主编 曹 阳

编 委 (按姓氏汉语拼音排序)

敖开忠 襄阳市襄州区人民医院
曹 阳 白城医学高等专科学校
郝 莹 白城医学高等专科学校
黄科峰 中国人民解放军第四七七医院
焦德琼 白城医学高等专科学校
金德昊 延边大学附属医院
蓝天明 白城市中心医院
李 锋 襄阳市中心医院
刘东辉 白城医学高等专科学校
刘海洋 襄阳职业技术学院
刘洪鹏 白城医学高等专科学校附属医院
刘宗彬 白城医学高等专科学校
罗凤媛 江西卫生职业学院
邵立军 承德市双滦区人民医院
王 飞 襄阳职业技术学院
王 勇 襄樊市第一人民医院
王吉林 通榆县中医院
王江涛 襄阳市中心医院
吴 丹 江西卫生职业学院
杨义耀 襄阳职业技术学院

科 学 出 版 社

北 京

· 版权所有 侵权必究 ·

举报电话：010-64030229；010-64034315；13501151303（打假办）

内 容 简 介

医学影像检查技术是医学影像技术专业的核心课程。本教材共七章，包括绪论、X线摄影条件基本知识、X线摄影检查基本知识及基本概念、X线摄影检查基本操作、X线摄影检查技术、CT检查、磁共振成像检查等。本教材的参考学时130学时，理论与实践比为1：1.2，各学校可根据教学计划适当调整。

本教材可供医学影像技术专业使用。

图书在版编目（CIP）数据

医学影像检查技术 / 刘宗彬, 刘海洋主编. —北京: 科学出版社, 2017.6
高等医药院校规划教材

ISBN 978-7-03-053038-7

I. 医… II. ①刘… ②刘… III. 影像诊断—高等学校—教材 IV. R445

中国版本图书馆CIP数据核字（2017）第118149号

责任编辑：丁海燕 / 责任校对：彭涛

责任印制：赵博 / 封面设计：铭轩堂

版权所有，违者必究。未经本社许可，数字图书馆不得使用

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码：100717

<http://www.sciencep.com>

北京利丰雅高长城印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2017年6月第一版 开本：787×1092 1/16

2017年6月第一次印刷 印张：17

字数：403 000

定价：79.80元

（如有印装质量问题，我社负责调换）

前 言

《医学影像检查技术》是根据2014年8月科学出版社在贵阳召开的医学影像技术专业教材主编、副主编会议精神编写的。本教材的编写,依据高等职业教育特点,实用技能型人才的培养目标,注重体现职业素质教育特点,注重“三基”(基本理论、基本知识、基本技能),特别强调培养学生的职业技能,并体现“五性”(思想性、科学性、先进性、启发性、适应性)原则,概括来说就是实用性。

医学影像检查技术是医学影像技术专业的核心课程。在教材编写,本着基础知识、基础理论够用、简单易懂,实践技能操作与临床技师无缝对接,参考相应的《放射技师工作质量标准》,着重培养学生的实践技能。在内容上,本教材与该专业其他内容统一规划,避免重复,对一些临床上应用较少或已经被其他检查取代的检查进行适当取舍。

由于医学影像技术本科学生数及专升本人数的增加,图像管理与质量控制内容未列入本教材。本教材参考学时为130学时,理论与实践比为1:1.2,各学校可根据情况适当调整。本教材在编写过程中得到科学出版社的具体指导和帮助,同时也得到相关医院专家和全国医学影像职业技术教育研究会的各位专家的建议和指导,在此一并感谢。

由于编者水平有限,教材难免存在的不足之处,恳请各位读者多提宝贵意见,以便再版时改进。

刘宗彬 刘海洋

2016年8月

目 录

概论	1
第一章 X线摄影条件基本知识	3
第一节 感光效应与其影响因素	3
第二节 摄影条件的制订与应用	8
第三节 优质 X线影像图片的标准	13
第二章 X线摄影检查基本知识及基本概念	18
第一节 解剖学的基本知识及基本概念	18
第二节 X线摄影方向、摄影体位的基本知识及基本概念	19
第三节 X线摄影体表定位标志	23
第四节 X线影像图片标记	27
第三章 X线摄影检查基本知识	32
第一节 X线摄影检查步骤和原则	32
第二节 X线摄影检查装置的基本操作	35
第四章 X线摄影检查技术	40
第一节 四肢摄影检查	41
第二节 头颅摄影检查	68
第三节 脊柱摄影检查	79
第四节 骨盆摄影检查	94
第五节 胸部摄影检查	96
第六节 腹部摄影检查	104
第七节 急诊 X线摄影检查	108
第八节 床旁 X线摄影检查	112
第九节 牙 X线摄影检查	115
第十节 乳腺 X线检查技术	123
第十一节 X线造影检查技术	129
第五章 CT 检查	143
第一节 CT 成像技术概述	143
第二节 CT 成像原理	147
第三节 CT 图像处理	148
第四节 CT 图像质量	152
第五节 CT 检查技术	155

第六节 CT 检查临床应用·····	163
第六章 磁共振成像检查·····	196
第一节 磁共振成像技术概述·····	196
第二节 磁共振成像的物理原理·····	198
第三节 磁共振成像序列·····	206
第四节 磁共振成像及辅助技术·····	212
第五节 磁共振血管成像·····	227
第六节 磁共振成像的图像质量控制及伪影处理·····	231
第七节 磁共振成像检查技术·····	235
第八节 磁共振成像检查技术临床应用·····	240
参考文献·····	263
彩图·····	封三

概 论

医学影像检查技术是由多门学科交叉发展而形成的一门边缘学科，它是利用各种成像设备，最大限度地提取人体解剖结构、病理学、生理、生化及代谢信息的影像资料的方法。

医学影像检查技术包括 X 线检查技术、数字 X 线检查技术、CT 检查技术、MRI 检查技术、超声检查技术、影像核医学检查技术。

普通 X 线检查技术：分为普通检查和特殊检查。①普通检查指透视和普通 X 线摄影，适合具有良好的自然对比组织或器官的检查。自 1895 年 11 月伦琴发现 X 线至今，因其操作简便，可多轴位观察被检部位，尤其是观察活动器官的活动情况，结果立即出来及价格低廉而深受基层医院欢迎；但也存在着图像细节不清，图像不能长期保存及辐射较大等缺点，因此临床应用越来越少，目前在一些大型医院已不做为诊断依据，只用于筛查和辅助检查。普通 X 线摄影又称平片，与透视相比，空间分辨力提高，对细节显示较清楚，照片可较长时间保存，用于会诊和对病变动态观察。缺点是一幅照片仅是保留瞬间的影像，与透视具有互补性，可根据情况选用和配套应用。②特殊检查是指特殊摄影可达到某种特殊诊断要求的摄影技术。目前在临床上应用的有高千伏摄影、体层摄影、软 X 线摄影。已淘汰不用的有 X 线记波摄影、荧光缩影、硒静电干板摄影、放大摄影、立体摄影。体层摄影，随着 CT 的发展，应用亦越来越少，国外对数字体层应用有相应的报道，目前国内尚未引入，由于 CT 扫描设备及计算机的快速发展，重建技术应用的便利，国内数字体层摄影发展空间并不大，造影检查是向体内引入造影剂（对比介质）所实施的检查方法，利用对比剂人为地使器官或组织产生密度的差异，适合没有良好自然对比的部位（如胃肠道、血管等），多数对比剂有不良反应，应用时掌握好适应证，并做好急救的准备。

数字 X 线检查技术：包括计算机 X 线摄影（CR）、平板探测器（FPD）成像的数字 X 线摄影（DR）和数字减影血管造影（DSA）。

CT 检查技术：计算机 X 线体层摄影（CT）是英国工程师霍斯费尔德于 1969 年设计成功，1972 年应用于临床。CT 是 X 线束对人体检查部位一定厚度的层面进行扫描。由探测器接受透过该层面的 X 线，转变为可见光后，由光电转换器转变为数字，输入计算机处理，然后重建解剖图像。1974 年全身 CT 问世；1978 年国内引入 CT，1983 年电子束 CT（EBCT）研制成功；1985 年滑环技术应用于 CT，实现了单方向连续旋转扫描；1989 年螺旋 CT 问世；1993 年双排 CT 问世；1998 年 4 排 CT 问世，每周旋转时间达 0.5 秒；2001 年 16 层 CT 问世；2003 年 64 层 CT 问世，每周旋转时间达 0.33 秒；2005 年双源 CT 问世；2007 年，320 层 CT、256 层 CT、128 层 CT 问世。

随着扫描速度的增快和空间分辨率提高，动态容积扫描能力和心脏冠脉成像功能大大提高，而 CT 灌注成像技术的开发，是 CT 检查技术由单一的形态学诊断向功能性诊断技术发展的重要标志。

MRI 检查技术：1946 年美国哈佛大学的伯塞尔和斯坦福大学的布洛赫各自领导的科研小组独立地发现了磁共振现象并接收到弛豫信号，此后在物理学、化学等方面广泛应用，尤其是对物质结构分析上有较大的贡献，1952 年获得诺贝尔物理学奖。此后，达马迪安、劳特布尔、马斯菲尔德等在磁共振成像技术上做出了重要贡献。1977 年世界上第一台 MR 成

像装置建成，获取质子密度加权像，1978 年获得头部和腹部的断层图像；1980 年获得了头部矢状位和冠状位图像。近年来随着电子技术、低温技术、超导技术、计算机及成像技术不断发展，场强 1.5T、2.0T、3.0T 相继应用于临床，呼吸门控、心电门控技术的应用扩大了 MRI 检查范围，而磁共振频谱分析（MRS）、磁共振功能成像（fMRI）为临床诊断提供了更多的信息。

除此之外，超声检查技术、核医学检查技术[单光子发射计算机断层成像技术（SPECT）和正电子发射断层成像技术（PET）]都是重要的医学检查技术，这些检查技术与上述各种检查技术共同构成医学影像检查技术体系。

医学影像检查技术是为临床获取有价值的影像信息，这些检查技术各有所长，各有不足，它们相互弥补，选择上遵循简便、安全、费用低廉且能满足诊断需要为原则。技术人员在检查过程中，要严格按照标准进行操作，以获得临床需要的优质图像资料，同时也要在操作过程中对患者表现出人文关怀，提高职业素养，比如语言关心，动作快捷而轻柔，主动做好防护，对患者家属心情给予理解，使患者和家属最大限度地配合，达到检查的目的。

第一章 X线摄影条件基本知识

课堂学习目标

1. 掌握 X 线感光效应基本概念、影响 X 线感光效应的主要感光因素；掌握 X 线摄影条件制订的基础理论知识；掌握优质 X 线照片的基本标准。
2. 熟悉“自动曝光仪”的应用；熟悉数字化 X 线摄影 CR、DR 曝光条件的制订和应用方法。
3. 了解影像噪声的形成因素。

一幅优质合格的 X 线影像图片，除了严格按照标准人体解剖学要求和 X 线成像原理设计摄影体位，还需要具备调节最佳的 X 线摄影条件。

第一节 感光效应与其影响因素

感光效应是指 X 线通过人体被检部位后，使影像接收器系统感应有效的 X 线信息，并由此产生有价值的影像效果。即 X 线摄影后的影像效果称为“感光效应”。影像接收器（IR）系统包括透视荧光屏装置、透视影像增强器系统、增感屏与胶片组合装置、IP 系统、DR 探测器系统等。

感光因素，是指与感光效应有关的因素。可以说：成像过程中所有的环节都是感光因素。无论是模拟 X 线摄影还是数字 X 线摄影，还是在暗室进行照片处理，还是用激光打印机及被检体的构造都与感光因素密切相关。

进行 X 线摄影检查时，X 线摄影条件是以指数函数法则为基础理论，即 X 线束经被检部位不同程度的吸收，透过的不同强度的 X 线使影像接收器系统（IR）进行“感光”，经过处理用 E 表示。由于到达影像接收器各个的位置 E 值都不一样，所以形成影像图片上不同位置的密度值也不尽相同，由此形成临床诊断所需要的影像。X 线摄影感光效应与感光因素之间的关系用式（1-1）表示。

$$E = K \cdot \frac{V^n \cdot I \cdot t \cdot S \cdot f \cdot Z}{r^2 \cdot B \cdot D_a} \cdot e^{-\mu d} \quad (1-1)$$

式中：V 代表管电压（kV）；n 代表管电压指数；I 代表管电流（mA）；t 代表曝光时间；S 代表影像接收器系统的敏感度（X 线胶片的感光度、不同探测器的转换率等）；f 代表增感屏的增感率，Z 代表阳极靶物质原子序数；r 代表摄影距离（cm）；B 代表滤线栅曝光量倍数； D_a 代表照射野的面积；e 代表自然对数底（常数）； μ 代表被检组织 X 线吸收系数；d 代表被检部位的厚度（cm）；K 代表其余相对固定不变的感光因素（如电源条件、整流方式、X 线输出效率、后处理条件等）。

从式（1-1）中我们发现，此公式仅表明“感光效应”与“感光因素”之间的近似关系及影响情况。

由式（1-1）我们发现，影响感光效应的感光因素多而复杂，根据这些因素的变动性，

可将其分为两类：即经常变动的因素与相对固定的因素。式中管电压、管电流、曝光时间和摄影距离四个参数是在 X 线摄影检查过程中，需要随时根据被检者的年龄、体型、生理和病理状况灵活变动的因素；而在一定时期内相对固定的因素，例如增感屏的增感率、滤线栅的曝光量倍数、影像接收器系统的敏感度、阳极靶物质原子序数、电源条件、整流方式、X 线机输出效率、后处理条件等。为了方便计算，将相对固定的因素都包含在感光效应公式的 K 内，又将管电压、管电流、曝光时间和摄影距离这四个感光因素称为狭义上的“X 线摄影条件”，又称“曝光参数”。因此，感光效应公式可简化为式（1-2）

$$E = K \cdot \frac{V^n \cdot I \cdot t}{r^2} \quad (1-2)$$

在影响感光效应的各种感光因素中，任一因素的变化都将影响感光效应，为保证影像图像效果所需的感光效应不变，在其中一个因素变化后必须相应调整其余参数。

为了获得保证影像效果的感光效应，在 X 线摄影检查时，影像技师要对被检部位的组织密度类型（如骨骼、肌肉、脂肪和肺等）、组织厚度、病变的病理类型（如增生性、破坏性等）及年龄、体型等情况做出初步判断，再灵活运用曝光参数，即可获得高质量的影像图片。

一、管电压与管电流量

在 X 线检查过程中，管电压代表 X 线束的穿透能力，不同的管电压决定了被检体吸收 X 线或透过 X 线的多少，也就是说决定了影像图像的对比度和层次，可见管电压也是影响光学密度值的重要感光因素。

实验证实，感光效应与管电压的 n 次方成正比，这一指数函数关系反映了管电压对感光效应的影响程度，同时在摄影检查中起着重要作用。在诊断用 X 线的能量范围内， n 值随着管电压升高而下降，其变化范围在 2~6；不用增感屏时，其 n 值在 2 以下。由此可见，管电压越高，其产生的 X 线穿透力越强，影像图片层次越丰富，影像图片信息量就越多，但影像图片对比度相对变小，产生的散射线也增多；反之，管电压越低，其以上影像效果相反。

在模拟 X 线摄影检查时，影像技师主要是根据临床需要和被检者肢体部位组织、厚薄等因素来选用恰当的管电压（表 1-1-1）。另外，对于不同的年龄段、不同的病理情况，也需要在 X 线摄影时对管电压与管电流量进行恰当地调整（表 1-1-2 和表 1-1-3）。

表 1-1-1 模拟 X 线摄影各部位管电压选择参考数值

管电压 (kV)	摄影部位	管电压 (kV)	摄影部位
25~35	乳腺、甲状腺	80~120	头颅、胸椎、腰椎、腹部
40~50	四肢、肩关节	125~150	胸部、心脏大血管
60~70	颈椎、乳突、胸部（床边）		

表 1-1-2 模拟 X 线摄影不同年龄段管电压与管电流量选择参考数值

年龄 (岁)	管电压与管电流量占的百分比	年龄 (岁)	管电压与管电流量占的百分比
新生儿	30	8~9	70
1 岁以内	40	10~11	80
2~3	50	12~14	90
5~4	60	15~55	100
6~7	65	55 以上	因人而异

表 1-1-3 模拟 X 线摄影不同病理情况管电压与管电流量选择参考数值

病理情况	管电压与管电流量的调整	病理情况	管电压与管电流量的调整
成骨性骨质改变	增加 5kV	溶骨性骨质改变	减少 5kV
骨硬化	增加 8kV	骨萎缩	减少 30%原管电流量
脓胸、液气胸、胸腔积液	增加 6kV	骨囊肿	减少 5kV
肺实质病变、肺不张	增加 5kV	结核性关节炎、类风湿关节炎	减少 5kV
胸廓形成术	增加 8kV	脑积水	减少 20%原管电流量
肺气肿、气胸	减少 5kV	骨质疏松或脱钙病变	减少 25%原管电流量

管电流量（单位 mAs）为管电流（单位 mA）与曝光时间（单位 s）的乘积，工作中习惯称为毫安秒，主要用来调整影像图片的黑白度，即光学密度。

在其他因素固定的前提下，管电压和管电流量的关系和调整，可用式（1-3）来表示。

$$E = K \cdot V^n \cdot Q = K \cdot V^n \cdot I \cdot t \quad (1-3)$$

式中： Q 代表管电流量； I 代表管电流； t 代表曝光时间。

例如，在其他因素不变的前提下，投照某部位所用的管电压为 V_1 ，管电流量为 Q_1 ，若选用的管电压为 V_2 ，那么所需要的管电流量 Q_2 用式（1-4）表示。

$$Q_2 = \frac{V_1^n \cdot Q_1}{V_2^n} = K_v \cdot Q_1 \quad (1-4)$$

式中： K_v 称为管电压系数，在 40~100kV 的管电压指数， $n \approx 4$ ，在 100~150kV 的管电压指数， $n \approx 3$ ，所换算出的管电压系数 K_v 如图 1-1-1 所示。

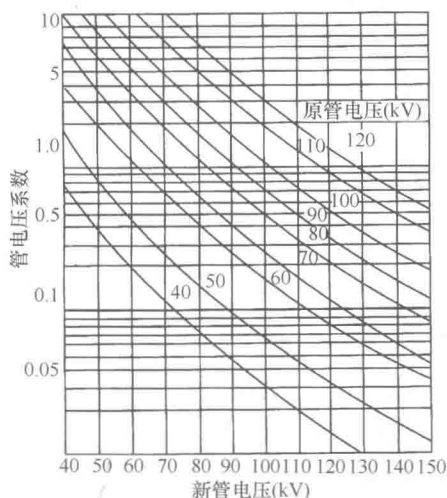


图 1-1-1 管电压系数变化图

【例题】

原用 70kV 的管电压，70mAs 的管电流量进行摄影检查，若改用 90kV 的管电压摄影检查，在其他条件不变的情况时，求新的管电流量值。

解：由上图可知，原 70kV 换成 90kV 的管电压系数约为 0.4，根据式（1-5），将数值代入其内，即管电流量值为 $Q_2 = K_v \times Q_1 = 0.4 \times 70 = 28\text{mAs}$

$$Q_2 = \frac{V_1^n \cdot Q_1}{V_2^n} = K_v \cdot Q_1 \quad (1-5)$$

此外，管电压波形不同，X线输出量也有差异。例如：单相全波整流方式的 60kV，三相六脉冲式的 55kV 与三相十二脉冲式的 52kV，所获得的感光效应大致相同，但影像图片对比与层次还是有所不同的。

二、摄影距离

X线管焦点至影像接收器的距离，简称为焦-片距（Focus-Film Distance, FFD），即摄影距离。在模拟 X 线摄影中，摄影距离是指 X 线管焦点至胶片的距离；在 CR 摄影中，摄影距离是指 X 线管焦点至 IP 的距离；在 DR 摄影中，摄影距离是指 X 线管焦点至平板探测器的距离。

在感光量计算公式中，摄影距离用 r 来表示。在摄影检查的有效范围内，穿过被检体的 X 线到达影像接收器，得到的感光量与摄影距离 r 的平方成反比。

(1) 当其他条件固定时，摄影距离 r 和管电流量 Q 之间的关系，可用式 (1-6) 来表示。

$$Q_2 = \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2 \cdot Q_1 \quad (1-6)$$

式中： Q_1 、 r_1 分别代表原管电流量与摄影距离； Q_2 、 r_2 分别代表新的管电流量与摄影距离。

(2) 当其他条件固定时，摄影距离 r 和管电压 V 之间的关系，可用式 (1-7) 来表示。

$$\frac{V_1^n}{V_2^n} = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 \quad (1-7)$$

式中： V_1 、 r_1 分别代表原管电压与摄影距离， V_2 、 r_2 分别代表新的管电压与摄影距离。

【例题】

某部位进行 X 线摄影，原用管电压 80kV，管电流 300mA。曝光时间为 0.10s，摄影距离 100cm。现将摄影距离调整为 50cm，在其他条件不变的情况下，计算管电流应调整为多少？

解：根据式 (1-8) 将数值代入公式为

$$Q_2 = \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2 \cdot Q_1 \quad (1-8)$$

$$Q_2 = \left(\frac{50\text{cm}}{100\text{cm}}\right)^2 \cdot 300\text{mA} \cdot 0.10\text{s} = 7.5\text{mAs}$$

$$I_2 = \frac{7.5\text{mAs}}{0.10\text{s}} = 75\text{mA}$$

三、影像接收器

射线接收器是个广义的概念。其种类很多，主要用来检测射线的能量分布，也可用来检测射线的强度。而影像成像探测器是专指用于 X 线摄影接受的装置。其功能是穿透被检

体的 X 线到达影像接收器后, 通过一系列处理能形成二维的数字矩阵, 或形成二维的连续的密度值 (灰度值), 经过图像处理和显像处理可获得可见影像。

目前影像接收器种类有模拟的和数字的。模拟的影像接收器主要指屏-片系统; 数字的影像接收器主要指 CR 系统的 IP 和 DR 系统的 FPD。屏-片系统因增感屏与胶片种类不同, 对感光效应公式的 E 值影响较大; IP 和 FPD 因种类和结构不同, 对感光效应公式的 E 值影响也较大。所以, 在制订 X 线摄影曝光条件时, 影像技师必须充分考虑这一点。

四、滤线栅

X 线摄影时, 被照体产生散射线, 使照片影像的灰雾度增加、对比度降低。所以在 X 线摄影检查中时, 使用滤线栅来消除散射线, 改善影像图片的质量。一般认为, 肢体厚度超过 15cm、管电压超过 60kV 时就考虑应用滤线栅。

使用滤线栅不仅吸收了散射线, 而且还吸收掉一部分原 X 线量。因此, 影像技师在 X 线摄影检查时, 必须考虑滤线栅的曝光量倍数 B 见式 (1-9)。

$$B = \frac{I_1}{I_2} \quad (1-9)$$

式中: I_1 、 I_2 分别表示获得同一密度影像下应用与不应用滤线栅的曝光量。同一性能的滤线栅的 B 值越小越好, B 值一般为 2~6。

滤线栅性能还有很多参量, 其中栅比 R 和工艺质量在实际临床 X 线摄影检查中最为重要。栅条高度与栅条间距之间的比称为栅比。栅比小, 曝光倍数小; 生产工艺质量好, 曝光倍数小。例如常见的 R 值有 6:1、8:1、12:1、16:1 等多种。可见栅比越大, 其吸收散射线的能力越强。在 X 线摄影检查中, 采用的管电压越高, 使用滤线栅的栅比就越大。根据日本放射技术界的研究, 所用滤线栅的栅比与摄影管电压的选择可参照如下关系: 60kV 时用 6:1; 70kV 时用 7:1; 80kV 时用 8:1; 100kV 时用 10:1; 高电压摄影时用交叉式滤线栅等。

影像技师在日常工作中, 使用滤线栅时应注意: ①使用聚焦式滤线栅时, 不宜将滤线栅反置。因为反置后的滤线栅铅条与原发射线成一定角度, 滤线栅边缘部分原发 X 射线被大量吸收, 只有中心线周围可通过 X 线, 而两边密度小且不均匀; ②中心线应对准滤线栅中线, 左右不偏移 3cm, 否则原发射线与铅条成一定角度而被吸收; ③使用聚焦式滤线栅时, 焦点至滤线栅的距离在允许的范围内, 否则边缘区的原发射线被吸收, 影像图片上密度不均; ④在倾斜 X 线管时, 倾斜方向只能与铅条排列方向相平行, 否则 X 线因与铅条成一定角度而被吸收; ⑤在使用调速活动式滤线栅时, 应调好其运动速度, 一般应使运动时间长于曝光时间的 1/5, 以免照片出现铅条影。

五、照射野

照射野是指通过 X 线管窗口的 X 线束所投照的范围, 照射野的大小, 与 X 线照片的对比度、影像密度都有很重要的关系。

被照体是一个散射体, 被照体的厚度越大, 照射野越大, 则被检体产生的散射线就越多。随着 X 线管电压的增高, 这个现象就更加明显。据研究, 照射野在 100~200cm² 以上

时,散射线含有率急剧增加;照射野在 $600\sim 700\text{cm}^2$ 时,散射线含有率趋于饱和。X 线摄影检查时,应将 X 线的照射野减少到被照体部位最小的程度范围,以利于减少对被检者和工作人员的辐射损伤,提高影像图片的清晰度。在一般情况下,X 线摄影检查时照射野范围应比影像接收器稍小,以使胶片周围不接受 X 线,从而达到提高影像图像质量的目的。

六、屏-片系统

模拟 X 线摄影检查时,屏-片系统组合情况将影响获得影像图片的影像密度、对比度、清晰度及信息量的多少。首先要考虑屏-片系统的匹配性,即增感屏光谱与胶片感色性的匹配程度。其次,更换屏片组合时,特别是更换增感屏时,要充分注意增感屏的性能,尤其是增感屏的增感率(S)。

更换不同增感率的增感屏后,其曝光量的调整关系为式(1-10)。

$$Q_2 = S_1 \cdot \frac{Q_1}{S_2} \quad (1-10)$$

式中: S_1 、 Q_1 分别表示更换前的增感率与曝光量; S_2 、 Q_2 分别表示更换后的增感率与曝光量。

在实际临床应用中,把增感率为 40 的 CaWO_4 中速增感屏,在某管电压下其增感率为基准数,其他增感屏的增感率都用与它的比率来表示,此比率称为相对感度。如稀土类 $\text{GdO}_2\text{S}:\text{Tb}$ 屏是中速 CaWO_4 屏的 4.5 倍,常称其相对感度为 450。鉴于近几年来屏-片系统技术的发展,最近国际放射界把原来相对感度为 200 的屏片体系的感度作为感度基准。即相对感度基准提高了。

七、胶片冲洗条件

当使用传统暗室冲洗或自动洗片机处理 X 线照片时,由于显影液性能不同,对影响感光效应的效果也略不相同。显影液性能主要取决于溶液的配方、pH 和温度,当然显影时间长短也有关系。一般来说,高浓度配方、高 pH、高液温显影效果好。

第二节 摄影条件的制订与应用

制订合适的 X 线摄影检查条件表,首先要综合考虑被检部位的密度、厚度、有效原子序数、病变的病理类型,年龄、体型情况等身体因素,还要考虑增感屏、胶片、滤线栅、显影液、IP 及 FPD 性能等感光因素,其中 X 线摄影检查中需要经常灵活调整的感光因素为管电压、管电流、曝光时间和摄影距离。

X 线摄影检查条件表的制订方法大体可分为四类。

一、变动管电压法

变动管电压法是指把摄影或感光因素中除被检肢体厚度、管电压之外所有各种因素相对固定,即作为常数,再根据被检肢体厚度选用相对应管电压的一种 X 线摄影检查方法。

美国 X 线摄影技师 Jermen 在 1926~1947 年介绍了这种摄影检查方法,之后应用广泛,因而也称之为“美国法”。在我国放射界,数字影像设备出现之前也普遍应用该法。其 X 线摄影检查条件的相互关系用式(1-11)表示。

$$V=2d+c \quad (1-11)$$

式中: V 代表管电压, d 代表被照体厚度(cm), c 代表常数。此方法简单易行,被检肢体厚度每增加 1cm,管电压就增加 2kV。 c 虽是常数,但不同肢体部位有较大变化,四肢骨的 c 值为 30 左右,腰椎的 c 值为 26 左右,头部的 c 值为 24 左右。

二、固定管电压法

在 X 线摄影检查中,为了保证对被检部位有足够穿透力的前提下,将所选的管电压值进行固定,通过管电流量或曝光时间的变化来实现合适的感光效应,称之为“固定管电压法”。固定管电压法 1955 年由 Funchs 提出,并在临床运用。20 世纪 70 年代,许多国家的 X 线工作人员多采用这种方法。在同一管电压下,因为被检体的组织密度、厚度或线性吸收系数不同,则相同管电流量或曝光时间所透过的 X 线量也不同,即感光效应不同。若管电流量或曝光时间随被检体的组织密度、厚度或线性吸收系数不同而相应增减,则可实现对感光效应或影像密度的补偿,即同一管电压下,对不同组织密度、厚度或线性吸收系数的被检体摄影实现基本相同的感光效应。

固定管电压法中所用的管电压有一个前提条件就是必须保证对被检部位有足够的穿透力。若管电压值不足, X 线束无法透过被检部位,管电流量或曝光时间再大对感光效应或光学密度的补偿也无意义。因此,这种方法所选用的管电压值比变动管电压法时同样被检部位一般要高 10~20kV,而所需的 mAs 作相应的降低。例如,头颅侧位摄影检查时管电压值为 65~70kV,100mAs 即可获得合适的感光效应或光学密度,若采用固定管电压法,则管电压值至少达到 80kV,而获得合适的感光效应或光学密度所需的管电流量降为 40mAs 左右。此外,因管电压值较高,在操作时应注意选用合适的滤线栅,以减少散射线引起的异常灰雾。

固定管电压法操作简便而且减少了较厚部位的曝光量,有利于提高工作效率、降低被检者的 X 线剂量,也有利于提高 X 线影像图片质量。现代 X 线机常采用的电离室或光电计自控曝光摄影技术,均属于“固定管电压法”。

三、对数率法

对数率法是指通过对数变换恰当地选择、处理 X 线摄影检查时各感光因素的平衡关系,从而使 X 线照片能获得恰到好处的光学密度值和最大信息量的方法。该方法是由西门子公司公司的 F. Claalen 研究并提出了一份条件表,故又称西门子条件表或点数法。

该方法是利用电子计算机数据存储量大、运算迅速准确的特点,将影响 X 线感光效应 E 的感光因素转换成相应的对数值,即“点数”,然后通过应用程序进行运算得出规范化的摄影条件。由于影响 X 线感光效应 E 的感光因素很多,常把管电压(r)、管电流(I)、摄影距离(r)这三大因素先变换成相对应的对数率点数,而其他感光因素统一用系数 K 的对数率点数表示[式(1-12)]。

$$E = K \cdot \frac{V^n \cdot I \cdot t}{r^2} \quad (1-12)$$

式中：K 代表常数， n 为随管电压而变化的指数，由实验得出的 n 值在 2~6 变化。对上式两边同时进行常用对数运算，得式 (1-13)

$$\lg E = \lg K + n \lg V + \lg(I \cdot t) - 2 \lg r \quad (1-13)$$

式 (1-13) 将 X 线感光效应 E 看作是管电压 (V)、管电流 (I)、摄影距离 (r) 这三大因素和其他感光因素 K 的对数值之和，从而将获得合适 X 线感光效应 E 原需进行的乘、除、指数等复杂运算简化为加减法。因 $\lg K$ 代表了三大因素之外所有的感光因素，因此其中任何感光因素发生变化，尤其是组织病理类型、厚薄、重要器材性能发生变化时， $\lg K$ 必须作相应修正，由此还需要引出一些重要的修正点数。

此法虽考虑了诸多感光因素，并换算成对数点数进行规范化设置，有利于控制合适的感光效应，但因计算复杂，未在实际工作中推广使用。

四、自动曝控制的应用

自动曝光控制是指在 X 线摄影检查时，将探测器置于被检部位及影像接收器之间，通过监测透过被检部位到达影像接收器的 X 线量，控制仪通过反馈机制控制 X 线的曝光时间，从而实现对各部位合适 X 线曝光量的控制。从本质上讲，自动曝光技术属于“固定管电压法”。

20 世纪 20 年代发明了自动曝光控制系统，40 年代开始应用于胸部 X 线摄影检查，50 年代已有 X 线机配备通用型自动曝光控制装置，可使自动曝光技术应用于各部位及各体位检查。

根据探测器的种类，自动曝光控制装置分为电离室式和光电计式。光电计式自动装置所使用的探测器为平板荧光材料，X 线在其中产生荧光，荧光经反射后传输给光电管，转化为电信号输出。电离室控制器所使用的探测器为平板电离室，X 线在电离室中使气体电离，产生的电离电荷量被收集放大而产生电信号。一般电离室设定左野、中野、右野三个照射野。X 线摄影检查时，不同的体位就需要选择不同的照射野，同时应合理选择电离室密度补偿值，以保证影像图片的质量。表 1-2-1 为部分不同体位的电离室摄影照射野选择及参考条件。

表 1-2-1 电离室照射野选择及参考条件

体位	照射野选择	管电压 (kV)	管电流 (mA)	预置曝光时间 (s)	实际曝光时间 (s)	密度补偿值
胸部正位	双侧野	126	200	0.01	0.01	0
胸部侧位	中野	126	200	0.05	0.05	+1
胸椎正位	中野	85	200	1.0	0.6	0
胸椎侧位	中野	110	200	1.0	0.6	0
腰椎正位	中野	85	200	1.0	0.6	0
腰椎侧位	中野	110	200	1.0	0.6	+2
骶髂关节	中野	80	200	1.0	0.6	0
腹部正位	双侧野	85	200	1.0	0.6	0
骨盆正位	中野	85	200	1.0	0.6	0

自动曝光控制 X 线机的曝光量,操作简单,尤其是与自动洗片机配套使用,可以保证影像图片的光学密度。X 线影像质量不仅与管电流量有关,还决定于曝光管电压。因此,影像技师使用自动曝光控制装置时,必须根据被检体情况变化选择合适的管电压,从而保证高质量的 X 线影像图片。

五、数字化 X 线摄影条件的应用

随着影像设备科研技术的飞速发展,CR、DR 等数字化 X 线摄影的临床应用也日趋普及。数字化 X 线摄影条件中,有关管电压、管电流量、摄影距离、滤线栅、照射野等参数的计算方法,与模拟 X 线摄影技术相同。由于数字 X 线设备中接受带有被检者信息的 X 线接受器不同,对所得到的影像可以进行图像后处理,所以数字化 X 线摄影条件的选择有其独特的优越性。

数字化 X 线摄影时影像接收器均不相同,如 CR 系统中的 IP,DR 系统中的 FPD,与模拟成像时的屏-片系统在性能上有所差异。DR 设备的图像后处理设施与配套的 X 线机设备连接在一起,成为一个成像系统;而 CR 的图像后处理设施与 X 线机设备是两个独立的成像系统,未有任何连接。故 CR 与 DR 的曝光条件也有较大差异。

现在 CR、DR 等数字化 X 线摄影条件及后处理参数均处于自动模式或半自动模式,点击计算机图像处理界面,可显示根据探测器的性能及检查部位的要求确定摄影条件的具体数值,从而获得符合临床诊断要求的影像。如果不满意当前图像效果,可进行图像后处理,达到优质影像效果。

数字化 X 线摄影虽然有图像后处理功能,可对检查时曝光过度或曝光不足的图像进行矫正处理,但影像技师还要正确把握被检部位密度、厚度、病变的类型、年龄、体型情况等因素,充分考虑 CR 系统中的 IP、DR 系统中的 FPD 和观片灯(或阅读器)系统的性能,选择合适的管电压、管电流、曝光时间及摄影距离还是尤为重要,需要我们认真面对。

(一) CR 曝光条件的制订与应用

CR 系统与 DR 系统最大区别在于 CR 的后处理系统和影像接收器(IP)是独立的系统,与 X 线机未有任何连接。

成像板(IP)是记录 X 线影像的载体,阅读器是读出成像板(IP)信息并转换信息的装置,作为 CR 成像系统中的两个重要环节,成像板(IP)和阅读器系统对感光系统起着举足轻重的作用。

成像板(IP)的性能与感光效应的关系取决于成像板(IP)涂层中的光激励发光(PSL)物质的性能。①PSL 物质对 X 线照射的能量响应程度或 PSL 物质的发光强度:PSL 物质的发光强度与感光效应成正比关系,在一定范围内与管电流量成反比关系。②PSL 维持时间:PSL 维持时间应与扫描读取信息的速度匹配,PSL 维持时间过短会导致感光效应降低,而 PSL 维持时间过长则增加影像模糊度。

阅读器性能对感光效应的关系取决于:①激光束在 IP 板荧光层上的散射程度,其依赖于 IP 物质对激光的响应特征,激光束在 IP 板荧光层上的散射程度强则感光效应强;②激光束的直径大小不同,激光束的直径与感光效应成正比关系;③电子系统,尤其是光电倍增管的响应程度,保证模数转换的高效率,模数转换的效率则感光效应强。