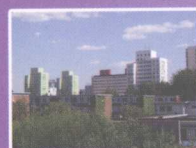


社区卫生服务专业人员岗位培训系列教材



X线专业人员 培训教材

第2版

主编 唐光健 孙永光

北京大学医学出版社

中国书画函授大学肇庆分校建校二十周年纪念册



中国书画函授大学

肇庆分校建校二十周年纪念册

肇庆分校

肇庆分校建校二十周年纪念册

肇庆分校建校二十周年纪念册

社区卫生服务专业人员岗位培训系列教材

X 线专业人员培训教材

(第二版)

主 编 唐光健 孙永光

编者名单 (按姓氏汉语拼音排序)

白荣杰	北京积水潭医院放射科
陈启航	北京医院放射科
程克斌	北京积水潭医院放射科
程晓光	北京积水潭医院放射科
高树明	北京市海淀区医院影像科
胡立斌	北京市海淀区医院影像科
李大胜	北京市海淀区医院影像科
刘 霞	北京积水潭医院放射科
孙永光	北京市海淀区医院影像科
唐光健	北京大学第一医院影像科
燕树林	北京市同仁医院放射科

北京大学医学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

X线专业人员培训教材 (第二版) /唐光健, 孙永光主编.

—北京: 北京大学医学出版社, 2009.9

(社区卫生服务专业人员岗位培训系列教材)

ISBN 978-7-81116-684-2

I. X… II. ①唐…②孙… III. X射线诊断—技术培训—教材 IV. R814

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 134365 号

X线专业人员培训教材 (第二版)

主 编: 唐光健 孙永光

出版发行: 北京大学医学出版社 (电话: 010-82802230)

地 址: (100191) 北京市海淀区学院路 38 号 北京大学医学部院内

网 址: <http://www.pumpress.com.cn>

E - mail: booksale@bjmu.edu.cn

印 刷: 北京画中画印刷有限公司

经 销: 新华书店

责任编辑: 邱 阳 责任校对: 杜 悦 责任印制: 郭桂兰

开 本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 13 字数: 332 千字

版 次: 2009 年 9 月第 2 版 2009 年 9 月第 1 次印刷 印数: 1—6000 册

书 号: ISBN 978-7-81116-684-2

定 价: 35.00 元

版权所有, 违者必究

(凡属质量问题请与本社发行部联系退换)

《社区卫生服务专业人员岗位培训系列教材》 评审委员会名单

主任委员 金大鹏

副主任委员 (按姓氏汉语拼音排序)

陈秋立	郭玉芬	黄立勋	黄顺玲	黄小玲
刘玉芹	秦海涛	隋枝叶	乌 兰	杨鸿生
姚 云	赵万华	赵忠厚	周惠明	周英杰

委 员 (按姓氏汉语拼音排序)

陈 路	陈 运	陈秀华	陈永忠	陈元鸿
董朝光	耿文奎	何堡玉	李建光	刘铭山
刘志远	龙开超	彭 伟	钱卫国	舒 流
孙振霖	王 辉	乌渊盛	徐庆锋	许铁峰
杨 颖	伊沙克·阿合买提江			岳 萍
张长安	邹 宪			

《社区卫生服务专业人员岗位培训系列教材》

编审委员会名单

主任委员 周东海
副主任委员 贾明艳 吕一平 蒋保季
专家委员 (按姓氏汉语拼音排序)
黄永禧 李建国 李新球
时 清 孙永光 唐光健
王茂斌 王育琴 杨 虎
周维金 左大鹏

第二版序

我国卫生事业正处于改革与发展的关键时期。《中共中央国务院关于深化医药卫生体制改革的意见》明确提出要“建立住院医师规范化培训制度，加强社区卫生人才和农村卫生人才培养”。这为我国的医学教育提供了难得的历史发展机遇，也提出了新的任务和更高的要求。

建立以社区卫生服务为基础的新型城市医疗卫生服务体系是我国卫生事业发展的重要任务。近几年，为加快社区卫生服务建设，培养全科医师和社区护士，国家和各级政府投入了大量人力物力，使社区卫生服务工作得到了长足的发展。但是，我们必须清楚地看到，人才问题仍然是目前社区卫生服务健康发展的重要制约因素。培养大批素质高、能力强、扎根基层的社区卫生专业人才，是各级政府和卫生机构一项长期而艰巨的任务。

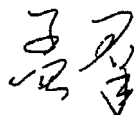
社区卫生服务主要是以维护社区居民健康为中心，提供疾病预防控制等公共卫生服务、一般常见病及多发病的初级诊疗服务、慢性病管理和康复服务等，逐步承担起居民健康“守门人”的职责。要承担起如此重任，必须充分发挥社区卫生团队服务的特色。在社区卫生人才培养上，不仅要培养全科医师和社区护士，还要加强检验、康复等其他专业卫生技术人员的培训，更新他们的观念和服务模式，提高知识水平，规范技能操作，培养以全科医师为核心，以社区预防保健医师、社区护士以及其他专业技术人员相互配合的社区卫生服务团队，才能实现为居民提供连续、及时、便捷的高质量卫生服务的目标。也只有团队素质得到全面提升，才能保证社区卫生服务工作的健康可持续发展。

卫生部科教司根据社区卫生服务发展对社区各专业人才的需求，借鉴北京等省市开展社区康复等7个专业岗位人员岗位培训的做法和经验，制订并颁发了康复、口腔、X线、超声、药学、心电图、检验专业岗位的岗位培训大纲，指导各省、市、自治区开展相应的培训工作。

为配合卫生部工作，北京市卫生局和北京医学教育协会以卫生部颁布的社区康复等7个专业岗位培训大纲为依据，在总结北京地区使用上述专业岗位培训教材的基础上，组织专家对第一版系列教材进行全面修订。现在出版的社区康复等7个专业岗位培训新版教材，以社区需求为导向，以社区专业人员应掌握的基本知识、基本技能为核心，强调教材的实用性和可操作性，体现了社区特色。应该说，这套教材既是北京多年来开展岗位培训工作的实践的结晶，也是我国立足当前社区卫生人才培养需要的一次可贵探索和创新。

我希望这套教材能在社区卫生人员的岗位培训中发挥应有的作用，也期待本套教材在使用的过程中不断得到完善。希望编者能够及时听取多方面的意见，特别是社区基层人员的反映，作为今后修订、补充和完善的依据，不断提高社区卫生人员培训教材的质量和水平。

最后，向为编写这套教材付出大量心血和辛勤劳动的专家致以崇高的敬意和真诚的谢意！



2009年6月

第二版前言

社区卫生专业人员的培训已进行3年了，在广大社区医生的努力下，专业水平有了一定的提高。与其他专业一样，社区X线专业人员的工作条件仍较为简单，但却负担着维护社区群众健康的重要任务。他们既是医生又是技术员，还要兼负着设备保养与维护的工作。他们在日常工作中不仅要對常见病、多发病进行常规X线的检查诊断，也会接触到康复病人带来的CT或MR等影像资料。

改革30年来，我国在各方面均出现了飞速发展，社区卫生机构虽然相对较为滞后，但毕竟是在21世纪，在迅速发展的时代背景下，社区医疗水平迅速进展的时期迟早是要到来的。

因此，在第二版的编写中，除对常规X线的内容作了一些调整与补充，更换了一些质量较差的图像外，我们保留了医学影像新技术的原理及临床应用的简单介绍，并改写了其中的难点，如MR原理等的部分内容，使之更容易理解，让社区专业人员更容易学习，初步达到能够看懂CT、MRI影像，了解CT、MRI的临床应用特点的水平，能够根据常规X线检查提供的线索建议患者选择这些检查方法，使病情及时得到诊断。

希望这本教材能够对社区X线专业人员提高专业水平，更好地为社区群众服务起到应有的作用。

唐光健 孙永光
2009年9月

第一版序

2004年全国卫生工作会议指出，建设一支党和人民信得过的卫生医疗队伍，是卫生事业改革与发展取得成功的关键。这支队伍的思想、品德、作风、能力和水平决定着我国卫生事业的未来。

医疗卫生行业联系千家万户，与广大人民群众切身利益密切相关。而我国现状是卫生技术人才匮乏，整体素质不高，在农村和城市社区尤为突出。这将直接影响到卫生事业的可持续发展。

中共中央《关于进一步加强人才工作的决定》，强调要树立人才资源是第一资源观念，卫生战线要把加快卫生人才培养作为保证卫生事业可持续发展的关键因素和基础条件，切实抓好人才培养、吸引和用好三个环节，探索新形势下加快人才培养，特别是农村和城市社区人才培养的新路子。

为了确保北京市社区卫生服务健康可持续发展，提高社区卫生服务团队各专业人员整体素质，在1999年启动的全科医学培训工程以培养全科医师、社区护士和社区防保医师为主的基础上，2004年北京市卫生局决定在海淀区辖区内启动社区中医师、口腔医师、X线、检验、药学、B超、心电图、康复、精神卫生九个社区卫生服务专业岗位人员的岗位培训、考试持证聘任上岗试点工作，社区中医专业岗位培训考试持证聘任上岗试点由北京市中医管理局直接组织实施。

我们组织了九个专业的专家组，深入社区进行调研和论证，相继制订出各专业的“岗位标准”、“岗位培训考试大纲”，并编辑出版“社区卫生服务专业岗位人员培训系列教材”，由北京大学医学出版社正式出版。（中医教材由中央电大出版社出版）

这套系列培训教材打破了传统各专业教材的系统性和完整性，突出了社区卫生服务专业岗位特点，根据社区各专业岗位工作需要和居民的需求，进行内容的整合重组，强调教材的针对性和实用性。具有鲜明社区特色和编写特点，目前我国尚未见到同类教材，它对北京市社区卫生服务各类专业人才培养和社区卫生服务工作健康发展，将起到推动作用，对全国也可能有一定借鉴意义。

由于这是一项开拓性、创新性工作，系列教材肯定会存在很多缺陷，在试点过程中我们会认真总结经验，倾听各方意见和建议，不断完善教材内容，在全新的社区各类专业岗位培训领域拓展创新，取得更大成绩。

顾问 金大鹏
2004年9月

第一版前言

在编写这本辅导教材之前，我们对部分社区医院作了一次调查。人数少，任务重，担负着从投照、冲洗胶片到诊断，有时还要对放射设备做维护与简单故障排除的任务，是目前多数社区医院放射医生工作的现状。虽然 X 线设备多较简单，但在社区医院放射科检查的病人却并非都是常见病的病人。针对这种情况与市卫生局的要求，我们编写了这本辅导教材。

在教材中，我们设置了 8 章，将重点放在常规 X 线常见病，如骨与关节、呼吸、循环系统等疾病的诊断上。由于较少开展造影检查，我们将消化道造影、尿路造影放在一章内，并在这一章内对常用造影剂作了较为详细的介绍。从临床实用出发，本书还设置了腹平片的诊断一章，将腹平片的一些异常表现，特别是急腹症的诊断收入章内。在这些章节中，针对社区放射科医生的特点，还编写了投照技术与照片评判的内容。虽然大多数社区医院放射科没有 CT 等现代大型影像设备，但作为放射科医生，常要接触 CT、MRI 的影像材料，这就要求社区医生熟悉这些影像，并对目前影像医学的进展有一定的了解。颅脑的影像诊断及影像新技术的基本概念两章就是为这一目的设置的。在总论一章中，除 X 线的基本理论外，还增加了关于 X 线设备、胶片以及投照等方面较为详细的内容，也是针对社区放射科医生特点的。

总之，我们希望通过这本教材，能够对广大社区放射科医生的学习与提高有所帮助。当然，更高水平的提高还需要参考其他内容更丰富的教科书与论著。

唐光健 孙永光

2004 年 7 月

目 录

第一章 总论	1
第一节 X线的产生与性质	1
第二节 X线成像与X线胶片影像的质量	4
第三节 X线的防护	10
第四节 X线摄影技术概述	12
第五节 X线照片冲洗技术	20
第二章 骨骼和肌肉系统	22
第一节 检查方法选择	22
第二节 骨关节X线解剖	25
第三节 骨关节病变的基本X线征象	29
第四节 骨关节创伤	35
第五节 骨关节感染和结核	41
第六节 椎间盘病变	51
第七节 慢性关节病	52
第八节 骨与软组织肿瘤	55
第三章 呼吸系统	62
第一节 胸部影像学检查	62
第二节 正常影像解剖	65
第三节 肺与纵隔的基本病变	68
第四节 肺炎	70
第五节 肺脓肿	72
第六节 肺结核	72
第七节 支气管扩张	75
第八节 胸部外伤	75
第九节 气胸与胸腔积液	77
第十节 肺肿瘤与纵隔肿块	78
第四章 心脏与大血管	82
第一节 投照与正常影像解剖	82
第二节 心脏增大与肺血改变	87
第三节 常见心肺疾病	91
第四节 心包疾病	94
第五章 腹部平片	96
第一节 临床应用、投照与正常影像解剖	96
第二节 异常气体	98

第三节	异常致密影	100
第四节	软组织异常	102
第六章	造影检查	103
第一节	造影剂	103
第二节	消化道造影	105
第三节	常见消化道疾病的 X 线表现及诊断	110
第四节	尿路造影	118
第七章	颅脑	123
第一节	头颅平片	123
第二节	CT 平扫	127
第八章	影像新技术的基本概念	139
第一节	CT	139
第二节	MRI	144
第三节	DSA	152
第四节	CR 与 DR	154
第九章	技能操作指导	160
第一节	一般操作要领	160
第二节	各系统投照	161
第三节	造影检查	166
第四节	颅脑投照	170
附录	参考病例	171
附件	社区 X 线专业人员岗位培训大纲	193
第二版	编后记	195

第一章 总 论

第一节 X线的产生与性质

一、X线的产生

德国物理学家威尔姆·康拉德·伦琴（Wilhelm Conrad Röntgen）于1895年11月在进行阴极射线实验时注意到射线管附近的氰亚铂酸钡的小屏上发出微光，经过研究，确定是射线管中的某种射线所致，因为对这种射线了解甚少，故称之为X射线，意为未知射线。次年1月X线被命名为伦琴射线。

（一）X线的产生

当X线管两极间有高压时，阴极钨丝放散出的电子获得能量，以高速冲向阳极，由于阳极的阻止作用，使电子骤然减速而产生X线。

X线产生的条件必须具备以下3个条件，即电子源、高速运行的电子与高速电子的骤然减速。

1. 电子源 钨丝通过电流加热后，即放散出电子。这些电子在灯丝周围形成空间电荷，也称电子云。

2. 高速电子的产生 灯钨丝放散出来的电子，要以高速冲击阳极，还必须有两个条件：① 必须在X线管的阴极和阳极间加以高压降，两极间的电位差使电子向阳极加速；② 为防止电子与空气分子冲击而减速，X线管必须保持高度真空。

3. 电子的骤然减速 高速电子的骤然减速，是阳极阻止的结果。此时电子的少部分能量转换为X线，而大部分转换为热。因为阳极需要承受高速电子的冲击并吸收大部分电子骤然减速时产生的热，所以靶物质（焦点面），一般都用高原子序数、高熔点的钨制成。阳极的作用有两个，阻击高速电子；完成高压电路的回路。

（二）X线的放射方式

高速电子在钨靶上丢失能量时，有两种不同的放射方式产生出X线，即连续X线和特性X线。

1. 连续放射 当高速电子接近原子核时，电子（带负电荷）由于受核电场（正电荷）的吸引，偏离原来的方向。在方向改变时，电子因丢失能量而减速，此时电子所丢失的能量直接以光子的形式放射出去。这样产生的X线为连续X线，即在一定范围内由不同能量的光子组成的X线。每个光量子的能量，决定于：① 电子接近核的情况；② 电子的能量；③ 核电荷。这也是X线硬化现象的基础。

2. 特性放射 特性X线是高速电子冲击靶物质内层轨道电子而产生的。当高速电子撞击到阳极靶原子的内层（K层）电子时，芯电子（内层电子）获得了高速电子的能量而发生跃迁进入外层（L层）轨道。但它是不稳定的，很快回落到原内层轨道，将能量以X线光子的形式释放出来，这种放射的X线频带窄、不连续，称为K特性放射。

在X线诊断能量范围内，X线管电压在70 kV以下不产生K特性X线；80~150 kV范围内的K特性X线占10%~28%；150 kV以上特性的X线减少。

二、X线的性质

(一) X线的本质

1. X线的本质 X线本质是一种电磁波。它与无线电波、可见光、 γ 射线一样都具有一定的波长和频率。由于X线光子能量大，可使物质产生电离，故又属于电磁波中的电离辐射。

2. X线的二重性 X线与其他电磁波一样，具有波动和微粒的二重性。X线的波动主要表现在以一定的波长和频率在空间传播；它的微粒性主要表现为光子形式，在辐射和吸收时具有能量、质量和动量。波动和微粒二重性是X线的客观属性，在不同条件下表现的侧重点会有所不同。如X线在传播中发生的反射、干涉、衍射等现象，突出表现了它的波动性；在与物质作用发生能量交换时，又突出了微粒性的表现。

(二) X线的特性

1. 物理效应 体现为穿透性、荧光作用、热作用、干涉、衍射、反射、折射、电离作用。

2. 化学效应 感光作用、着色作用。

3. 生物效应 生物细胞在一定量的X线照射下，可产生抑制、损伤、甚至坏死。

三、X线产生的效率与强度

(一) X线产生的效率

产生X线所消耗的总能量与阴极电子能量之比，称作X线发生效率。例如，在X线诊断领域内，当管电压为100 kV，靶物质为钨(W，原子序数是74)时，X线产生的效率为0.8%，99.2%则为产生的热量。

(二) X线强度

1. X线强度的定义 X线强度是在垂直于X线束的单位面积上，在单位时间内通过的光子数和能量的总和，即线束中的光子数乘以每个光子的能量。在实际应用中，常以量与质的乘积表示X线强度。量是线束中的光子数，质则是光子的能量（也称穿透力）。连续X线波谱中每条曲线下的面积表示连续X线的总强度。

2. 影响X线强度的因素

- 靶物质：在一定的管电压和管电流下，放射量的多少决定于靶物质。靶物质的原子序数越高，产生X线的效率就越高。X线管选用钨或钨合金作为靶物质。
- 管电压(kV)：X线光子的能量，取决于冲击电子的能量大小，而电子的能量又由管电压kV来确定。所以，管电压决定产生X线的能量，或X线的质。
- 管电流(mA)：管电流的大小并不决定X线的质。但是在管电压一定时，X线强度决定于管电流。因为管电流愈大，冲击阳极靶面的电子数愈多，产生的X线光子数就多。
- 高压波形：X线发生器产生的高压都是脉动式的。由于不同的整流方式，单相全波、三相六脉冲、三相十二脉冲、变频发生器等，所产生的高压波形的脉动率有很大区别。而X线光子能量取决于X线的最短波长，即决定于管电压的峰值，当整流后的脉动电压越接近峰值，其X线强度越大。

四、X 线与物质的相互作用

X 线在穿过被照体时, 与被照体物质相互作用, 在作用的过程中 X 线的能量逐渐减弱, 这一过程即 X 线的衰减。其衰减规律遵循以下公式:

$$I = I_0 \times e^{-\mu l}$$

式中 I 为初始 X 线强度, I_0 为被衰减后的 X 线强度, μ 为被照体物质的 X 线密度, l 为 X 线穿过被照体路径的长度或被照体的厚度, e 为自然对数。从上式可以看出, 衰减后的 X 线强度与初始 X 线强度成正比, 与被照体物质的 X 线密度及 X 线在被照体内走行的距离或被照体的厚度成反比。

X 线与物质的相互作用形式有: 相干散射、光电效应、康普顿效应、电子对效应、光核反应等。X 线诊断领域, 主要涉及光电效应和康普顿效应。

(一) 光电效应

X 线与物质相互作用时, X 线光子能量全部给予了物质原子的壳层电子。获得能量的电子摆脱原子核的束缚, 成为自由电子。而 X 线光子则被物质的原子吸收。这一过程称为光电效应。

光电效应在 X 线摄影中的实际意义:

- 光电效应不产生有效的散射, 对胶片不产生灰雾。
- 光电效应可增加射线对比度。X 线影像的对比, 产生于不同组织的吸收差异, 这种吸收差别愈大, 则对比度愈高。
- 在光电效应中, 因光子的能量全部被吸收, 这就使患者接受的照射量比任何其他作用都多。为了减少对患者的照射, 在适当的情况下, 要采用高能量的射线。

(二) 康普顿效应

康普顿效应也称散射效应或康普顿散射。它是 X 线诊断能量范围内, X 线与物质相互作用的另一种主要形式。当一个光子击脱原子外层轨道上的电子时, 入射光子就被偏转, 以新的方向散射出去。光子的能量一部分作为反冲电子的动能, 而绝大部分以散射光子 (图 1-1) 的形式释放。

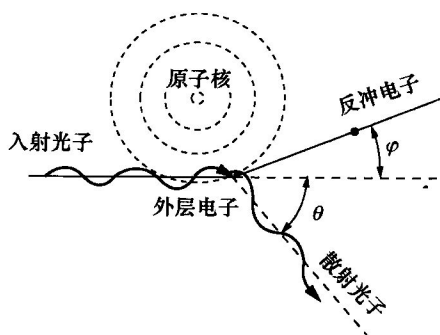


图 1-1 康普顿效应

射入的 X 线光子撞击到靶原子的外层电子, 使其脱离轨道形成反冲电子, 而 X 线光子的运行方向偏转, 能量减弱, 成为散射线。 θ 即为散射角, 其大小与靶物质及 X 线的强度相关。

在摄影中所遇到的散射线, 几乎都是来自这种散射。因为散射吸收是光子和物质相互作用的主要形式之一, 所以在实际工作中我们无法避免散射线的产生, 而只能想办法消除或减少它的影响。

（三）相互作用效应产生的几率

在诊断X线能量范围内，相干散射占5%，光电效应占70%，康普顿效应占25%。它们之间的相互比率将随能量、物质原子序数等因素的改变而变化。就人体而言，脂肪和肌肉的原子序数要低于骨骼。常用造影剂碘和钡属于高原子序数的元素。脂肪和肌肉除了很低的光子能量之外，散射作用是主要的；造影剂的原子序数高，以光电效应为主；骨骼的作用形式在低能量时主要是光电作用，而在高能量时则以散射作用为主。

总之，X线和物质的各种相互作用都有其重要性，就X线摄影而言，各种作用的结果，都造成了X线强度的减弱，这是X线影像形成的基本原理。

第二节 X线成像与X线胶片影像的质量

一、X线影像的形成过程

（一）X线影像的形成与传递

X线透过被照体时，由于物体的吸收、散射而减弱，透射线仍能按原方向直进，作用在某种接受介质上，从而形成了可见的X线影像。如果把被照体作为信息源，X线作为信息载体，那么，X线诊断的过程就是一个信息传递与转换的过程。

X线信息影像的形成与传递分为5个阶段。

- 第1阶段：X线对三维空间的被照体进行照射，从而取得载有被照体信息成分的强度不均匀分布。此阶段信息形成的质与量，取决于被照体因素（原子序数、密度、厚度）和射线因素（线质、线量、散射线）等。应当指出，X线影像是在此阶段形成的，只是不能为肉眼识别，将其称为X线信息影像。
- 第2阶段：将不均匀的X线强度分布，通过接受介质（增感屏—胶片体系，以下简称屏—片体系）、荧光屏影像增强器系统、电影等转换为二维的光强度分布。如果以屏—片体系作为接受介质，那么这个荧光强度分布传递给胶片，形成银颗粒的分布（潜影形成），再经显影处理成为二维光学密度的分布。此阶段的信息传递转换功能取决于荧光体特性、胶片特性及显影条件。此阶段是把不可见的X线信息影像转换成可见密度影像的中心环节。
- 第3阶段：借助看片灯，将密度分布转换成可见光的空间分布，然后投影到视网膜。此阶段信息传递的质量，取决于看片灯亮度、色光、观察环境以及视力。
- 第4阶段：通过视网膜上明暗相间的图案，形成视觉的影像。
- 第5阶段：最后通过识别、判断作出评价或诊断。此阶段信息传递取决于医师的学历、知识、经验、记忆和鉴别能力。

X线摄影目的，就是掌握和控制X线影像形成的条件，准确、大量地从被照体中取得有用的信息，并真实地转换成可见影像。其中有两个关键环节，一是当X线通过被照体时，究竟以多大程度把客观的信息准确地传递出来；二是从信息接受介质来讲，又以何种程度把信息真实地再现成可见影像。

（二）X线照片影像的形成

X线透过被照体时，由于被照体对X线的吸收、散射而减弱，透射线仍按原方向直进

(散射线不形成影像), 作用于屏一片体系, 经显影加工后, 形成了密度不等的 X 线照片影像。

X 线照片影像, 是利用 X 线具有的穿透、荧光、感光等特性, 以及被照体对 X 线吸收的差异而形成的。

概括地讲, 构成照片影像的 5 个要素是: 密度、对比度、锐利度、颗粒度及失真度, 前 4 项为构成照片影像的物理因素, 后者为构成照片影像的几何因素。

二、照片影像密度

(一) 照片影像密度的概念

当照片置于观察器(灯)上时, 可以看到一幅黑白相间的影像。人们把这种黑化程度称为照片影像的密度或黑化度。确切地讲, 当入射光强度为 I_0 , 透射光强度为 I , 则透光率为 I/I_0 , 阻光率为透光率的倒数 I_0/I 。密度(D)即是阻光率以 10 为底的对数:

$$D = \lg \frac{I_0}{I}$$

人眼对影像密度的识别范围在 0.25~2.0 之间, 此即诊断密度范围, 借助强度灯可以提高识别高密度影像的能力。

(二) 影响照片密度的因素

1. 照射量 在正确曝光下, 照射量与密度成正比, 但在曝光过度或不足时, 相对应的密度变化小于照射量变化, 这说明影像密度的大小取决于照射量因素, 还决定于胶片对其照射量的反应特性。

2. 管电压 由于作用于胶片的 X 线感光效应与管电压的 n 次方成正比。所以当胶片对其响应处于线性关系时, 密度的变化则与管电压的 n 次方成比例。管电压从 40 kV 增加到 150 kV 时, n 的变化从 4 降到 2。所以, 使用低电压技术摄影时, 管电压对照片密度的影响要大于高电压技术。高电压摄影时, 摄影条件选择的通融性要大; 低电压摄影时, 管电压选择要严格, 宽容度小。

3. 摄影距离 X 线强度的扩散遵循反平方定律。所以, 作用在胶片上的感光效应与摄影距离的平方成反比。

4. 增感屏—胶片系统 在 X 线摄影中, 增感屏与胶片组合使用, 其相对感度高, 影像密度大。

5. 被照体厚度、密度 照片密度随被照体的厚度、密度增高而降低。人体除肺以外, 各脏器的密度大体接近于 1。肺不能单以厚度来决定其吸收程度, 这是因为肺在不同吸气程度时, 对照片密度的影响不同。肺的吸气位摄影与呼气位摄影要获得同一密度影像, X 线量差 30%~40%。

6. 照片冲洗因素 X 线照片影像密度的变化, 除上述因素之外, 与照片的显影加工条件有密切关系。如显影液特性、显影温度、冲洗机的显影液、定影液的补充量等。

(三) 适当密度的定义

符合诊断要求的照片密度, 应适当且层次丰富。一张照片影像的最低密度部分, 不低于人眼能辨别的最低密度, 而影像密度高的部分又能清晰地显示出细节来, 这样的照片密度就是适当的, 其密度范围在 0.25~2.0 之间。