

高等医药院校教材

供医学影像学专业用

X线摄影学

第二版

袁聿德 主编

3
)

人民卫生出版社

高等医药院校教材

供医学影像学专业用

X 线 摄 影 学

第 二 版

曹厚德/于燕树林 主编

编者

袁聿德 (泰山医学院)

李月卿 (泰山医学院)

朱延好 (泰山医学院)

冯树理 (泰山医学院)

王昌元 (泰山医学院)

于兹喜 (泰山医学院)

徐 惠 (泰山医学院)

燕树林 (北京同仁医院)

曹厚德 (上海静安区中心医院)

主审:

范 焱 (北京医科大学第一附属医院)

人 民 卫 生 出 版 社

X 线 摄 影 学

第 二 版

袁 聿 德 主 编

人 民 卫 生 出 版 社 出 版 发 行

(100078 北 京 市 丰 台 区 方 庄 芳 群 园 3 区 3 号 楼)

北 京 人 卫 印 刷 厂 印 刷

新 华 书 店 经 销

787 × 1092 16 开 本 19.5 印 张 440 千 字

1993 年 3 月 第 1 版 1999 年 7 月 第 2 版 第 4 次 印 刷

印 数: 9 121—14 120

ISBN 7-117-03336-3/R · 3337 定 价: 21.00 元

(凡 属 质 量 问 题 请 与 本 社 发 行 部 联 系 退 换)

著 作 权 所 有, 请 勿 擅 自 用 本 书 制 作 各 类 出 版 物, 违 者 必 究。

编写说明

为满足我国高等医药院校医学影像学专业教学需要,1990年人民卫生出版社组织有关院校编写了第一套医学影像学专业教材(共6种),在20多所医学院校教学中使用。在当时,这套教材对发展我国医学影像学专业教育事业起到了重要作用。近年来,随着医学影像诊疗手段的飞速发展,教材中有些内容已较为陈旧,无法满足目前的教学需要,经卫生部教材办公室与开设医学影像学专业的主要院校共同研究,决定对第一版教材进行修订,确定了修订教材的品种,并在修订过程中着重强调了教材修订应紧紧围绕培养目标,突出各学科的基本理论、基本知识、基本技能,同时又反映学科的新进展。目前,卫生部教材办公室正在进行医学影像学专业规划教材编写的组织工作,本次修订的教材共三种,作为规划教材正式出版前的过渡品种,供医学影像学及相关专业选用。

教材目录如下:

- | | |
|---------------|--------|
| 1. 影像核医学(第二版) | 裴著果 主编 |
| 2. 超声诊断学(第二版) | 王纯正 主编 |
| 3. X线摄影学(第二版) | 袁聿德 主编 |

以上教材均由人民卫生出版社出版。

卫生部教材办公室

第二版前言

《X线摄影学》自1993年出版以来，经高等医学院校医学影像学专业教学实践应用，提出了一些修改意见。随着医学影像学的发展，也需补充一些新的知识和新的技术，故撰写本书的第二版。

自1993年以来设立医学影像学本科专业的高等医学院校已增加到近40所，故本书用量较大，同时又急需供学生用。由于时间仓促，编者水平受限，再加之医学影像学发展很快，本书一定存在不足之处。希望使用本书的老师、同学及广大读者，多提宝贵意见，以便再版时修改，使之不断完善，不断提高。

袁章德

1998.4.15

目 录

第一篇 X 线摄影学理论

第一章 医学影像理论	1
第一节 信号与系统基础	1
一、信号的描述	1
二、系统的描述	5
第二节 影像质量评价概论	6
一、主观评价法	6
二、客观评价法	7
三、综合评价像质研究	7
第三节 光学传递函数简介	8
一、空间频率和调制度	8
二、光学传递函数	10
第四节 卷积计算成像和光学传递函数的数学表达式	12
一、点扩散函数	12
二、线扩散函数	13
三、卷积计算成像	17
四、光学传递函数的数学表达式	18
五、X 线成像系统的非线性及其线性变换	22
六、单脉冲函数的傅氏变换的物理意义	22
七、成像系统的调制传递函数	23
第五节 调制传递函数的测试方法	24
一、对比度测定法	24
二、傅氏变换法	27
第六节 X 线照片斑点	33
一、斑点的概念	33
二、均方根值	34
三、自相关函数	37
四、Wiener 频谱	38
第七节 信息理论及 ROC 曲线	41
一、概率基础	41
二、信息理论	46
三、ROC 曲线	48
第二章 X 线照片影像的形成	50
第一节 X 线对比度	50
一、概念	50
二、影响 X 线对比度的因素	51

三、对比度指数	51
四、X 线对比度的观察法	52
第二节 X 线影像传递与照片的形成	53
第三节 光学对比度	53
一、概念	53
二、影响光学对比度的因素	55
第三章 X 线照片模糊分析	59
第一节 X 线管焦点	59
一、概念	59
二、X 线管焦点成像性能的主要参量	66
第二节 几何学模糊	72
一、焦点、肢体和胶片之间的投影关系	72
二、模糊的阈值及允许放大率	73
三、中心 X 线	74
四、影像的失真	75
五、切线投影	76
第三节 散射线	77
一、散射线引起的照片对比度损失	77
二、被照体厚度与散射线	78
三、照射野和散射线	79
四、散射线的抑制	80
五、散射线的排除	81
第四节 被照体的运动模糊	89
一、运动产生的模糊	89
二、运动的 MTF	90
三、运动模糊的应用	91
第五节 感光系统产生的模糊	91
第六节 分辨率	94
一、影像的锐利度	94
二、分辨率	94
第四章 X 线摄影条件	98
第一节 X 线摄影效果与 n 值	98
第二节 X 线摄影条件基本因素和应用	99
一、管电压和管电流	99
二、管电流和摄影时间	100
三、摄影距离	100
四、增感屏和胶片	101
五、滤线栅和照射野	102
第三节 X 线摄影条件表	102
一、变动管电压法	102
二、固定管电压法	102

三、Siemens 条件表及 X 线摄影条件规范化	102
第五章 体位设计	110
一、头部 Towne 摄影法	110
二、胸骨正位像的摄影法	112
第六章 优质 X 线照片的条件	113
第一节 照片斑点	113
第二节 适当的密度	115
第三节 明显的对比度	116
第四节 良好的锐利度	116
第七章 X 线检查的体位和方向	118
第一节 解剖学的基准线、面	118
第二节 身体各部位的方向和位置	118
一、一般的方向和位置	118
二、四肢的方向和位置	118
第三节 体位	119
一、基本体位	119
二、四肢体位	121
第四节 摄影方向	121
一、一般的摄影方向	121
二、四肢的摄影方向	122
三、头部的摄影方向	123
四、其它方向	123
第五节 头部摄影用的基准点、线、面	123
一、基准点	123
二、基准线	123
三、基准面	124
第八章 X 线造影检查概要	125
第一节 造影剂的种类及用途	125
第二节 药敏试验、造影中发生意外和急救措施简介	127
一、药敏试验	127
二、造影中发生意外和急救措施简介	128
第九章 X 线特殊检查概要	130
第一节 体层摄影	130
一、概述	130
二、原理	131
三、背景模糊度	135
四、体层厚度	137
五、体层面厚度的测定	139
六、同时多层体层摄影	141
第二节 高千伏摄影	142
一、原理	142

二、设备	143
三、优缺点	143
第三节 软 X 线摄影	144
一、原理	144
二、设备	145
第四节 X 线放大摄影	145
一、放大率的计算	146
二、焦点与放大率的关系	147
三、设备	148

第二篇 X 线照片冲洗化学

第十章 概论	149
第一节 摄影的发明与发展	149
一、摄影的发明	149
二、摄影技术的发展与感光工业的诞生	149
第二节 X 线信息影像形成与传递的过程	150
第十一章 医用 X 线胶片	151
第一节 医用 X 线胶片种类	151
一、一般摄影用 X 线胶片	151
二、多幅相机和激光相机成像胶片	151
三、影像增强器记录胶片	151
四、特种胶片	151
第二节 医用 X 线胶片结构	152
一、乳剂层	152
二、片基	155
三、附加层	156
第三节 扁平颗粒胶片结构	156
第十二章 医用 X 线胶片的感光测定	158
第一节 概述	158
一、胶片的照相性能	158
二、感光测定的定义与应用	158
第二节 感光测定的条件	158
第三节 光学密度及其测量	160
一、光学密度	160
二、光学密度值测量方法	161
第四节 胶片特性曲线	162
一、特性曲线的定义	162
二、特性曲线的组成	162
三、特性曲线的特性值	162
四、特性曲线的比较	166
第五节 医用 X 线胶片感光测定法	167

一、感光仪测定法	167
二、X 线阶段曝光测定法	168
第十三章 增感屏	172
第一节 增感屏的结构与种类	172
一、增感屏的结构	172
二、增感屏的种类	174
第二节 增感屏的性能	175
一、增感作用	176
二、影响增感作用的因素	176
三、增感屏对影像效果的影响	177
第十四章 增感屏-胶片系统的调制传递功能及扁平颗粒技术	180
第一节 增感屏-胶片系统的调制传递功能	180
一、测定屏-片系统调制传递函数 (MTF) 的意义	180
二、屏-片体系 MTF 测定	180
三、MTF 分析	182
第二节 扁平颗粒技术	184
一、屏-片体系信息传递功能下降的原因	184
二、扁平颗粒技术	185
第十五章 感光机理	188
第一节 感光原理与潜影形成	188
一、感光原理	188
二、潜影的形成	188
三、X 线照射下的潜影特点	190
第二节 感光现象	191
一、互易律失效	191
二、间歇曝光效应	191
三、反转现象	191
四、亚尔培特效应	191
五、静电效应	191
六、压力效应	192
第十六章 显影	193
第一节 显影液的组成	193
一、显影剂	193
二、显影液辅助成分	195
三、PQ 型 X 线胶片显影液性能	197
四、常用 X 线胶片显影液配方	197
第二节 显影反应与机理	198
一、显影反应	198
二、显影机理	200
三、显影的进行过程	201
第十七章 显影的后处理	204

第一节 中间处理	204
第二节 定影	204
一、定影的意义	204
二、定影液的组成	204
三、定影的化学反应	206
四、定影速率	207
五、常用 X 线定影液配方	208
第三节 水洗与干燥	209
一、水洗的目的	209
二、水洗速率	209
三、水洗效果的判断	210
四、干燥	211
第十八章 照片自动冲洗技术	212
第一节 自动冲洗技术概述	212
一、自动冲洗机	212
二、自动冲洗的 X 线胶片	214
三、自动冲洗套药	215
四、自动冲洗技术的优缺点	216
第二节 照片自动冲洗显影药液的管理	216
一、显影液的配制	216
二、显影管理的内容与方法	217
第三节 自动冲洗显影后处理的管理	221
一、定影的管理	221
二、水洗的管理	222
三、干燥的管理	222
第十九章 数字成像激光打印技术	223
第一节 湿式激光打印机	223
一、基本结构与工作原理	223
二、性能	225
第二节 干式激光打印机	226
一、结构	226
二、性能	227
三、医用干式胶片	230

第三篇 X 线摄影位置学

第二十章 骨骼系统摄影	234
第一节 上肢	234
手后前位	234
手侧位	234
手后前斜位	234
手前后斜位	235
腕关节后前位	235

腕关节侧位	235
尺骨、桡骨前后位	236
尺骨、桡骨侧位	236
肘关节前后位	236
肘关节侧位	237
肱骨前后位	237
肱骨侧位	237
肩关节前后位	237
肩关节侧位	238
肩胛骨前后位	238
肩胛骨侧卧位	238
锁骨后前位	238
肩锁关节后前位	239
第二节 下肢	239
足前后位	239
足前后内斜位	239
足前后外斜位	240
足外侧位	240
足趾前后位	240
足趾内斜位	241
跟骨底跟轴位	241
跟骨外侧位	241
踝关节前后位	241
踝关节外侧位	242
胫骨和腓骨前后位	242
胫骨和腓骨外侧位	242
膝关节前后位	243
膝关节后前位	243
膝关节外侧位	243
股骨前后位	244
股骨侧卧侧位	244
髌关节前后位	244
髌关节和股骨颈侧位	245
髌关节和股骨颈后前斜位	245
第三节 头部	245
头颅后前位	246
头颅前后位	247
头颅侧位	247
枕骨和颞骨岩部前后位	248
颅底颌下顶位	248
蝶鞍侧位	248
蝶鞍后前位	249
视神经孔后前位 (Rhese 位)	249

面骨后前 45°角位	250
面骨前后位	250
颧弓顶颌斜位	250
眼眶后前位	251
鼻骨轴位	251
鼻骨侧位	251
下颌骨俯卧侧位	252
下颌骨体部后前位	252
下颌骨体部、支部和颞颌关节后前位	252
颞颌关节侧位	253
颞骨乳突侧位——劳氏 (Law) 位	253
颞骨乳突伦氏 (Runström) 位	254
颞骨岩部轴位——梅氏 (Mayer) 位	254
颞骨岩部后前斜位——斯氏 (Stenvers) 位	254
颞骨岩部前后位——汤氏 (Towne) 位	254
颞骨茎突前后位	255
颞骨茎突侧位 (张口)	255
副鼻窦华氏 (Waters) 位	255
副鼻窦柯氏 (Caldwell) 位	256
副鼻窦侧位	256
蝶窦顶颌位 (张口)	256
第四节 脊柱	257
第 1 和第 2 颈椎前后位	258
第 3 至第 7 颈椎前后位	259
颈椎侧位	259
颈椎椎间孔前后斜位	259
胸椎前后位	260
胸椎侧位	260
腰椎前后位	260
腰椎侧位	261
腰椎椎弓根和椎间关节前后斜位	261
腰骶关节前后位	262
腰骶关节侧位	262
骶骨前后位	263
骶骨侧位	263
尾骨前后位	263
尾骨侧位	263
骶髂关节前后位	264
骶髂关节前后斜位	264
第五节 胸骨和胸锁关节	264
胸骨后前斜位	264
胸骨侧位	265
胸锁关节后前斜位	265

胸锁关节侧位	266
第六节 肋骨	266
膈上肋骨后前位	266
膈上肋骨前后位	266
膈上肋骨前后斜位	266
膈上肋骨后前斜位	267
膈下肋骨前后位	267
膈下肋骨前后斜位	267
第七节 骨盆	268
骨盆前后位	268
骨盆侧位	268
耻骨和坐骨后前位	269
第二十一章 呼吸系统摄影	270
肺后前位	270
肺前后位	270
肺仰卧前后位	270
肺侧位	271
肺侧卧后前位	271
肺仰卧侧位	271
肺前凸位	272
第二十二章 消化系统摄影	273
腹部前后位	273
腹部前后立位或后前立位	273
先天性肛门闭锁摄影法	273
右上腹部(胆囊区)后前位	274
第二十三章 循环系统摄影	275
心脏和大血管后前位	275
心脏和大血管侧位	275
心脏和大血管右前斜位	275
心脏和大血管左前斜位	276
第二十四章 泌尿系统摄影	277
尿路仰卧前后位	277
尿路后前立位	277
尿路侧卧位	278
膀胱仰卧前后位	278
膀胱左斜位	278
膀胱右斜位	278
膀胱侧位	279
尿道前后位	279
附录 医学影像质量管理简介	280
一、前言	280
二、质量管理的基本概念	280

三、质量管理的实施要点	281
四、质量管理的主要内容	281
五、有关影像技术质量管理的法令、法规	282
实验	284
一、X 线管有效焦点的测试	284
二、X 线管焦点的极限分辨率和伪影的测试	285
三、管电压在摄影中的作用	287
四、高千伏摄影	288
五、体层摄影原理及照射角和体层厚度的关系	289
六、X 线管运行轨迹与方向依赖性的测试	290
七、乳突许氏位及梅氏位摄影	290
八、气管、支气管体层摄影	291
九、X 线胶片特性曲线的制作	292
十、X 线胶片特性值的测定	293
十一、显影液的特性测定	294

第一篇 X 线摄影学理论

第一章 医学影像理论

医学影像技术是借助于某种介质（如 X 线、电磁场、超声波等）与人体的相互作用，把人体内部组织器官的结构及其密度，以影像的方式表现出来，提供给诊断医师，使医师能根据自己的知识和经验针对医学影像中所提供的信息进行判断，从而对被检病人的健康状况进行判断的一门科学技术。这也就是说，从本质上来看，影像诊断医师的诊断过程是根据其医学知识和临床经验，通过医学影像对被检体的空间形态和密度的反映，判断被检体是否异常及异常程度的过程。例如，如果被检组织的形态发生变化，则表明发生空间占位性病变；如果被检组织的密度发生变化，则有可能发生器质性病变。从这个意义上讲，医学影像技术研究的根本出发点是为诊断医师提供清晰可辨的人体内部组织结构的影像信息，使诊断医生尽可能地对被检体的检查作出准确的诊断；如若不然，则很可能会导致误诊或漏诊，危及病人的生命和健康。

医学影像理论这一学科的主要目的是让大家了解医学成像系统（其中主要是 X 线成像系统）的成像基本原理，理解成像系统的分析方法，并掌握评价成像系统成像性能的基本方法。

要学好这门课，必须要有比较扎实的信号与系统分析的理论知识，学会系统分析的方法，并能灵活地运用系统评价的方法对成像系统的成像性能进行评估。

第一节 信号与系统基础

人类在改造社会和自然的过程中，相互之间通过语言、文字、数据、图像等交流信息。通常信息是通过一定形式的信号来传送的，如电视台的图文信息就是通过电磁波信号传向四面八方的。可见信号是信息的载体，信号是信息的内涵。

所谓系统是指相互依赖、相互作用的若干事物组成的、具有特定功能的整体。它广泛存在于自然界、人类社会和工程技术领域，如脑、躯干、四肢、内脏等相互依赖、相互作用构成了人体系统；再如交通系统、通讯系统等都是由相互联系的若干部分构成的有特定功能的整体。

系统理论包括系统分析与系统综合（设计）两方面的内容。系统分析是对已知的系统的各种特性的分析，而综合则是根据需求去设计构成一满足性能要求的系统。

信号的产生、传输、加工与处理均离不开相应的系统，而系统也一定与信号有关，系统的分析也离不开信号的分析。因此信号与系统的关系十分密切，有关的理论是相互渗透的。信号与系统所包含的内容十分广泛，这里我们仅对其中几个基本概念和最基本的理论进行简要的描述。

一、信号的描述

信号可以是时间的函数，也可以是空间的函数，还可以是空间和时间的二元函数，甚

至是变换域中变量的函数。它可以用函数式、曲线或图像来描述。对于医学成像系统来说，它所处理的信号主要是一元二维的平面图像信号（如 X 线影像、普通 CT、MRI 影像等），也可能是一元三维的空间图像信号（如螺旋 CT 影像），还可能是二元二维的动态图像信号。

（一）信号分类

1. 确定信号与随机性信号 若信号可以用确定性曲线、图形或数学解析式来准确描述，则该信号为确定性信号；若信号不遵循确定性的规律，则该信号为随机性信号。像平常家用电器所用的交流电信号属于确定信号，像马路上的噪声、人流，其强度和频谱因时因地而异，且无法准确预测，因此是随机信号。

随机信号是客观存在的信号，它服从统计规律。

2. 连续信号与离散信号 连续时间信号如图 1-1 (A) 所示，它描述的函数定义域是连续的。离散时间信号描述函数的定义域是某些离散点的集合，如图 1-1 (B) 所示的离散时间信号 $f(n)$ ，函数只在某些离散点才有意义。这些离散点可以均匀分布，也可以不均匀分布。

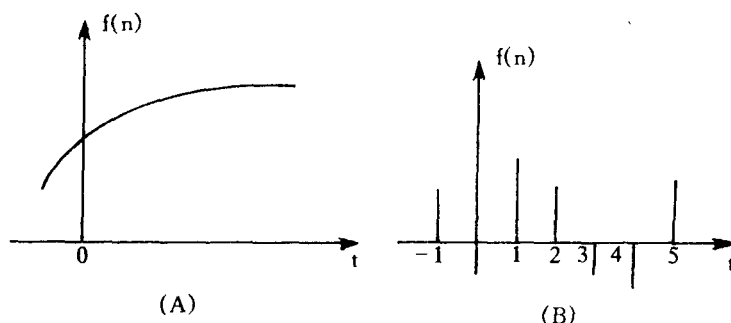


图 1-1 连续时间信号与离散信号

离散信号可以是客观实际的离散信号，也可以是连续信号的抽样信号。需要牢记的一点是：离散信号是指其描述的函数的定义域是离散的；若描述函数的值域则称信号为量化取值信号。

3. 周期信号与非周期信号 对于连续信号，若存在 $T > 0$ ，使得

$$f(t + rT) = f(t) \quad (1.1)$$

其中 r 为整数， t 为时间。

对于离散信号，若存在大于零的正整数 N ，使得

$$f(n + rN) = f(n) \quad (1.2)$$

其中 N, r 为整数。则称 $f(t)$ 、 $f(n)$ 为周期性信号， T 、 N 分别为 $f(t)$ 与 $f(n)$ 的周期。

对于周期信号，知道了它一个周期内的变化过程，就可以确定它整个定义域内的信号取值。通常把连续信号的 $[0, T]$ 范围叫做主值区间；相应的离散信号在 $0 \sim N-1$ 的范围内叫做主值区间。

不满足式 (1.1) 或 (1.2) 的信号则为非周期信号。

（二）某些特殊信号

在多种多样的信号中，有一些常见的信号，由它们可以组成许多复杂的信号。它们