

CR、DR 成像技术学

Imaging Technique of Computed
Radiography and Digital Radiography

主 编 余建明 牛延涛

国内**第一部**系统论述CR、DR成像技术的**专著**
全面**阐述**CR、DR的结构性能、成像原理和临床应用
兼具**系统性、理论性、逻辑性和实用性**
引领我国医学影像技术全面进入数字化时代

CE, DR 成像技术学

Theory and Technology of Computed
Radiography and Digital Radiography

主编 王 健 副主编 王 健 王 健
主审 王 健 王 健 王 健 王 健
主审 王 健 王 健 王 健 王 健
主审 王 健 王 健 王 健 王 健

CR、DR成像技术学

Imaging Technique of Computed Radiography
and Digital Radiography

主 编 余建明 牛延涛



中国医药科技出版社

内 容 提 要

CR、DR 成像技术使医学影像技术全面进入数字化时代，现我国已广泛应用于临床并逐渐向基层医疗机构普及。

本书作为我国首部系统论述 CR、DR 成像技术的专著，共分为五篇三十七章，系统地就数字 X 线成像的基本理论、成像技术到 CR、DR 的结构性能、成像原理和临床应用进行了全面论述。

本书适用于医学影像技术工作者和相关专业教师、学生。

图书在版编目 (CIP) 数据

CR、DR 成像技术学/余建明，牛延涛主编. —北京：中国医药科技出版社，
2009. 9

ISBN 978 - 7 - 5067 - 4200 - 9

I. C… II. ①余…②牛… III. 计算机 X 线扫描体层摄影 IV. R814. 42

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 163619 号

美术编辑 陈君杞

版式设计 郭小平

出版 中国医药科技出版社

地址 北京市海淀区文慧园北路甲 22 号

邮编 100082

电话 发行：010 - 62227427 邮购：010 - 62236938

网址 www.cspyp.cn

规格 787 × 1092mm $\frac{1}{16}$

印张 57 $\frac{1}{4}$

字数 1211 千字

版次 2009 年 9 月第 1 版

印次 2009 年 9 月第 1 次印刷

印刷 北京季蜂印刷有限公司

经销 全国各地新华书店

书号 ISBN 978 - 7 - 5067 - 4200 - 9

定价 128.00 元

本社图书如存在印装质量问题请与本社联系调换

编 委 会

主 编 余建明 牛延涛
副主编 雷子乔 国志义 夏 骏
郑金龙 陈 兴

编 者 (按姓氏笔画为序)

孔祥闯 (华中科技大学同济医学院附属协和医院)
牛延涛 (首都医科大学附属北京同仁医院)
王 骏 (南京军区总医院)
刘云福 (首都医科大学附属北京同仁医院)
朱 乐 (华中科技大学同济医学院附属协和医院)
余建明 (华中科技大学同济医学院附属协和医院)
吴红英 (华中科技大学同济医学院附属协和医院)
吴继军 (华中科技大学同济医学院附属协和医院)
张富利 (北京军区总医院)
李清军 (加拿大安大略省 Humber River Reginal 医院)
杨 明 (华中科技大学同济医学院附属协和医院)
肖文峰 (山东滨州医学院附属医院)
迟 彬 (华中科技大学同济医学院附属协和医院)
陈 兴 (湖北省黄石市中医院)
陈葆竑 (华中科技大学同济医学院附属协和医院)
周选民 (湖北省十堰市太和医院)
国志义 (吉林大学第二医院)
郑金龙 (华中科技大学同济医学院附属协和医院)
胡 立 (华中科技大学同济医学院附属协和医院)
夏 骏 (广东省中山市中山火炬开发区医院)
雷子乔 (华中科技大学同济医学院附属协和医院)
綦维维 (北京大学人民医院)
戴 文 (华中科技大学同济医学院附属协和医院)
戴 克 (武汉长江医院)

序

CR、DR 成像技术已广泛地应用于临床，基本上取代了传统的模拟 X 线摄影检查，使得医学影像技术全面进入数字化时代。然而，至今国内还没有一部系统的论述 CR、DR 成像技术的专著。这样，临床影像技术工作者缺乏相应的参考书籍，医学影像专业的大中专学生也缺乏相应的教辅教材。本书的问世填补了国内的空白，对临床影像技术工作者和医学影像专业的学生无疑有很大的帮助。

本书循序渐进地论述了 CR、DR 的成像技术，从 X 线的基本理论、数字成像的基本理论、数字图像的形成、数字图像的处理和评价，到 CR、DR 的结构性能、成像原理和临床应用进行了全面而系统的阐述，本书具有系统性、理论性、逻辑性和实用性。本书的特点是：

1. 系统地论述了 CR 和 DR 成像技术。
2. 全面阐述了 CR 和 DR 成像的理论基础。
3. 详细剖析了数字 X 线成像的理论，数字图像的形成、处理和评价。
4. 作者借鉴了相关学科的理论，如：电子技术、光电子技术、数字图像技术、激光技术等，来充实和完善本书的理论基础。
5. 全面介绍了 CR 和 DR 的临床操作技术、影像处理技术和图像质量控制技术。
6. 本书深入浅出，既有理论性又有实用性，能从每项操作技术中找到理论支撑，使得临床实用技术有根有据。
7. 本书图文并茂，具有可读性。
8. 本书始终贯穿一条主线——以临床实用为目的。

有鉴于此，本书对临床第一线的医学影像技术工作者是一部非常实用的工具书，对医学影像专业的学生是一部难得的教材参考书，希望本专著能在培养医学影像技术专业的人才方面发挥出应有的价值和作用。

冯敢生
2009 年 5 月

前 言

CR、DR 成像技术已经在我国使用了多年，现在逐渐向基层医疗机构普及。然而，至今还没有一部系统地叙述 CR、DR 成像技术的专著问世，给临床工作和影像专业教学都带来一定的缺憾。编者出于对专业的热爱，对影像技术学科的敬业，对医学影像技术的责任感和使命感，萌发出编写一部叙述 CR、DR 成像技术的专著的想法，争取对业内有所贡献。编者历经数年，广泛地收集国内外的相关资料，大量地阅读相关的著作，不断地总结 CR、DR 在临床实践中使用的经验，终于使本书面世，填补了国内的一项空白。

本书分为五篇三十七章，第一篇为数字 X 线成像的基本理论，叙述了经典的 X 线成像理论，辐射损伤与防护，电子技术和光电子技术，数字图像基础、形成、处理、显示和评价等；第二篇为 CR 成像技术，叙述了 CR 系统的组成、成像原理、影像处理、质量控制、临床应用、性能测试和验收等；第三篇为 DR 成像技术，叙述了 DR 的系统组成，非晶硒平板探测器成像技术，非晶硅平板探测器成像技术，CCD 探测器成像技术，线扫描探测器成像技术，DR 特殊成像技术，DR 操作技术，乳腺的 DR 成像技术和 DR 的计算机辅助诊断等内容；第四篇为医用激光打印技术与 PACS，叙述了医用激光成像技术，热敏成像技术，激光成像质量控制以及 PACS 的相关技术内容；第五篇为体位摄影技术，叙述了 X 线摄影的基础知识，骨骼系统的 X 线摄影体位，胸腹部 X 线摄影体位等内容。

本书遵循专著的系统性、理论性、科学性、实用性和创新性的原则，紧紧地围绕 CR、DR 成像技术这个中心组织材料，从实用技术的角度出发，深入浅出。著作的论述从 CR、DR 成像的相关理论知识，逐渐过渡到临床的实用技术，让叙述的理论有实践验证，临床的实用技术又有理论支撑，做到了前后呼应，紧密衔接，使实用的技术理论化，理论的知识实用化，做到理论密切地与实践相结合。本书借鉴了其他学科的相关理论，如电子技术和光电子技术，数字图像的基础理论，数字图像的形成、显示和处理以及评价等；同时，本书也叙述了编者本人的实践体会，如 CR 的图像质量控制、CR 的临床应用、DR 的操作技术和激光成像的质量控制等。本书吸收了与 CR、DR 成像技术密切相关的新技术，内容丰富，论述透彻，逻辑性强，图文并茂，具有实用性和可读性，以上这些都是本书的特色。

本书适用于医学影像技术工作者以及医学影像专业的大、中专学生，是一部较好的从事 CR、DR 的临床工作人员的工具书。

本书在编写过程中得到颜辛志、黄陈、孙啸天、罗雄等同志的帮助，在此一并表示衷心的感谢。

由于编者的学识水平和工作经验有限，书中难免存在错误、疏忽和不足之处，敬请广大读者批评指正，不吝赐教。

余建明

2008年10月28日 于武汉

目 录

CONTENTS

第一篇 数字 X 线成像的基本理论

第一章 物质基本结构及其性质	(3)
第一节 原子核及核外结构	(3)
一、原子	(3)
二、原子核	(3)
三、核外结构	(4)
第二节 原子能级	(6)
第三节 能量与辐射	(8)
一、概述	(8)
二、能量	(8)
三、辐射	(11)
四、电磁波谱	(13)
第四节 能量放射	(14)
第二章 X 线的产生及其特性	(16)
第一节 X 线的产生	(16)
一、X 线产生的条件	(16)
二、X 线产生的过程	(18)
第二节 X 线的辐射谱线	(19)
一、韧致放射 (连续放射)	(19)
二、标识放射 (特征放射)	(21)
三、影响 X 线辐射谱线的因素	(23)
第三节 X 线的穿透作用	(23)
一、概述	(23)
二、光子的射程	(23)
三、半价层	(24)

四、X 线束的质量	(25)
五、滤过作用	(25)
六、散射的穿透作用	(26)
七、穿透	(26)
第四节 X 线的质与量	(27)
一、X 线波长与管电压	(27)
二、X 线的质	(27)
三、X 线的量	(28)
第五节 X 线的本质	(29)
一、X 线的微粒性	(29)
二、X 线的波动性	(30)
三、X 线的二象性及其统一	(30)
第六节 X 线的特性	(31)
一、物理效应	(31)
二、化学效应	(32)
三、生物作用	(32)
第三章 X 线在物质中的衰减	(33)
第一节 X 线的衰减	(33)
一、距离的衰减	(33)
二、物质吸收的衰减	(33)
三、影响衰减的因素	(34)
四、物质的 X 线衰减规律	(36)
第二节 单能射线在物质中的衰减	(38)
第三节 连续射线在物质中的衰减	(40)
一、连续射线在物质中的衰减	(40)
二、X 线的滤过	(41)
第四节 人体对 X 线的衰减	(42)
一、人体的构成元素和组织密度	(42)
二、人体对 X 线的衰减	(43)
第四章 辐射损伤与 X 线防护	(46)
第一节 电离辐射对生物体的作用原理	(46)
一、概述	(46)
二、原发作用	(46)

三、继发作用	(49)
第二节 影响电离辐射致生物效应的因素	(50)
一、电离辐射致生物效应的分类	(50)
二、影响辐射致生物效应的因素	(52)
第三节 电离辐射的远后效应	(56)
一、致癌效应	(56)
二、放射性白内障	(58)
三、永久不育	(59)
四、胎内受照效应	(59)
五、遗传效应	(60)
第四节 辐射剂量及其单位	(60)
一、吸收剂量及其单位	(60)
二、吸收剂量率及其单位	(61)
三、吸收剂量与照射量的关系	(61)
四、比释动能和比释动能率及其单位	(63)
五、吸收剂量、比释动能及照射量之间的关系	(63)
六、当量剂量	(66)
七、有效剂量	(67)
八、集体当量剂量和集体有效剂量	(69)
第五节 X 线的防护	(70)
一、防护的基本原则	(70)
二、外照射防护的一般措施	(71)
三、外照射的屏蔽防护	(71)
四、外照射的个人防护	(79)
第五章 电子技术	(80)
第一节 半导体二极管	(80)
一、半导体基本知识	(80)
二、PN 结的形成及特性	(84)
三、半导体二极管	(88)
四、特殊二极管	(91)
第二节 半导体三极管	(94)
一、三极管的结构和类型	(94)
二、三极管的放大作用	(95)
三、三极管的特性曲线	(97)

四、三极管的主要参数	(99)
第三节 场效应管	(99)
一、结型场效应管	(100)
二、砷化镓金属-半导体型	(105)
三、金属-氧化物-半导体型	(106)
第四节 单结晶体管与晶闸管	(109)
一、单结晶体管	(109)
二、晶闸管	(111)
第五节 电子放大	(113)
一、集成运算放大器	(114)
二、功率放大	(118)
三、反馈	(119)

第六章 光电子技术

第一节 概 述	(122)
第二节 光的特性	(125)
一、光的传播	(125)
二、光的反射与折射	(126)
三、光的吸收与散射	(127)
四、光的干涉与衍射	(128)
第三节 光的镜向成像技术	(129)
一、概述	(129)
二、特点	(130)
三、光的度量	(131)
四、光的量子性	(132)
第四节 光电探测器	(133)
一、光电管	(133)
二、光电倍增管	(134)
三、光敏电阻	(134)
四、光敏二极管和光敏晶体管	(137)
五、光电池	(140)
第五节 集成光学	(142)
一、概述	(142)
二、平面光波导的结构	(143)
三、平面光波导的性能	(144)

四、无源光波导器件·····	(146)
五、集成光学调制器与光开关·····	(150)
第六节 光电子集成技术·····	(153)
一、光电子集成器的特点·····	(153)
二、单片集成的光发射机与接收机·····	(156)
三、光电子集成器在光纤系统中的应用·····	(157)
第七节 光存储技术·····	(158)
一、光盘存储的基本原理和分类·····	(158)
二、光盘驱动器的基本结构·····	(160)
第八节 光纤技术·····	(163)
一、概述·····	(163)
二、光纤·····	(164)
三、光缆·····	(167)
四、光无源器件·····	(168)
五、光纤应用·····	(171)
第九节 激光技术·····	(173)
一、激光的产生·····	(173)
二、激光器结构·····	(178)
三、激光束的特征·····	(181)
四、常用激光器·····	(184)
第七章 数字图像基础知识 ·····	(200)
第一节 数字图像理论·····	(200)
一、图像信号·····	(200)
二、图像信号数字化·····	(201)
三、图像取样·····	(201)
四、图像量化·····	(202)
五、图像编码·····	(204)
第二节 数字逻辑电路·····	(211)
一、逻辑代数·····	(211)
二、基本逻辑关系·····	(212)
三、逻辑函数表示法·····	(214)
四、逻辑代数规则·····	(214)
五、数字逻辑电路·····	(215)
第三节 模拟与数字·····	(221)

一、模拟	(221)
二、数字	(222)
第四节 矩阵与像素	(223)
一、矩阵	(223)
二、像素	(223)
第五节 数字成像常用术语	(225)
第八章 数字图像形成	(227)
第一节 数字图像采集	(227)
第二节 数字图像量化	(227)
第三节 数字图像转换	(228)
第四节 数字图像获取形式	(229)
一、过渡方式	(229)
二、间接方式	(229)
三、直接方式	(230)
第九章 数字图像处理	(231)
第一节 概 论	(231)
一、数字图像处理的主要内容	(231)
二、数字图像处理的基本概念	(232)
三、数字图像处理的基本类型	(233)
四、数字图像处理的内容	(234)
五、数字图像处理的基本特点	(235)
六、数字图像处理的优点	(236)
七、数字图像处理的应用	(237)
第二节 图像识别	(238)
第三节 图像增强	(240)
一、灰度变换增强	(241)
二、空间域滤波增强	(244)
三、频域滤波增强	(245)
四、彩色增强	(246)
五、图像的掩膜处理	(247)
六、空间变化增强	(248)
第四节 图像复原	(248)
第五节 图像分割	(249)

第六节 图像融合	(251)
一、融合的基本概念	(251)
二、融合技术	(252)
第七节 图像重建	(256)
一、概述	(256)
二、多平面重建	(257)
三、表面阴影显示	(259)
四、最大密度投影	(261)
五、容积再现法	(264)
六、仿真内镜成像	(266)
第八节 图像后处理	(268)
一、降低噪声	(268)
二、低通滤波法	(270)
三、图像锐化	(270)
四、窗口技术调节	(270)
五、图像兴趣区处理	(271)
第十章 数字图像显示技术	(272)
第一节 阴极射线管显示器	(272)
第二节 液晶显示器	(273)
一、概述	(273)
二、扭曲向列型液晶显示器	(275)
三、超扭曲向列型液晶显示器	(278)
四、二端有源矩阵液晶显示器	(279)
五、三端有源矩阵液晶显示	(280)
第三节 等离子体显示器	(282)
一、概述	(282)
二、气体放电机理	(283)
三、单色等离子显示器	(284)
四、彩色等离子体显示器	(286)
第四节 电致发光显示器	(287)
一、概述	(287)
二、交流薄膜电致发光显示器	(288)
三、发光二极管	(290)
第五节 平板型阴极射线管与场发射显示器	(290)

一、平板型阴极射线管	(290)
二、场发射阴极	(291)
三、场发射显示	(292)
第十一章 数字图像的评价	(301)
第一节 概 述	(301)
第二节 调制传递函数	(302)
一、MTF 概念	(302)
二、MTF 原理	(302)
三、MTF 的测试方法	(306)
四、临床意义	(310)
第三节 威纳频谱	(311)
一、概念	(311)
二、威纳频谱的内容	(312)
三、威纳频谱的物理意义	(312)
第四节 NEQ 与 DQE	(314)
一、概念	(314)
二、原理	(315)
三、测试方法	(315)
四、临床意义	(317)
第五节 ROC 曲线	(320)
一、概述	(320)
二、ROC 曲线基本原理	(321)
三、ROC 曲线	(324)
四、ROC 曲线的种类和评价	(325)
五、临床意义	(327)

第二篇 CR 成像技术

第十二章 CR 系统的组成及其特性	(331)
第一节 CR 系统的基本组成	(331)
一、概述	(331)
二、成像板	(333)
三、成像板阅读仪	(333)

四、信息记录系统和影像预视系统	(334)
五、影像后处理工作站	(334)
六、影像的阅读与打印设备	(335)
第二节 成像板的组成及其特性	(335)
一、CR 系统与屏-片体系的对比	(335)
二、成像板的特性与影像质量	(337)
三、成像板的特性曲线响应	(341)
第三节 CR 系统阅读器的样式与功能	(341)
一、激光源与强度控制	(342)
二、线束成型光学装置	(342)
三、线束偏导装置	(343)
四、传输环节	(343)
五、集光器	(343)
六、滤光器	(344)
七、光电探测器	(344)
八、模拟电子器件	(345)
九、模数转换器 (ADC)	(345)
十、影像缓冲器	(346)
十一、擦除装置	(346)
第四节 CR 技术的新进展	(346)
一、双面阅读技术	(346)
二、结构化存贮荧光体	(347)
三、线扫描	(347)
四、其他新发展	(348)
第十三章 CR 的成像原理	(349)
第一节 CR 的基本原理	(349)
一、CR 的原理	(349)
二、CR 的流程	(349)
三、柜式机工作流程	(350)
四、台式机工作流程	(351)
第二节 存贮荧光体的原理	(351)
一、PSP 影像采集	(352)
二、成像板的特性	(353)
三、稀土的添加和吸收过程	(353)