

主 编 曹厚德

副主编 詹松华

现代医学 影像技术学

MODERN MEDICAL
IMAGING TECHNOLOGY



上海科学技术出版社

现代医学 影像技术学

MODERN MEDICAL
IMAGING TECHNOLOGY

主编
曹厚德
副主编
詹松华

上海科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

现代医学影像技术学/曹厚德主编. —上海: 上海科学技术出版社, 2016.9

ISBN 978-7-5478-3067-3

I. ①现… II. ①曹… III. ①影像诊断 IV. ①R445

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第102555号

现代医学影像技术学

主 编 曹厚德

副主编 詹松华

上海世纪出版股份有限公司 出版
上海科学技术出版社

(上海钦州南路71号 邮政编码200235)

上海世纪出版股份有限公司发行中心发行
200001 上海福建中路193号 www.ewen.co

上海中华商务联合印刷有限公司

开本 889×1194 1/16 印张 69.25 插页 4

字数:1500千字

2016年9月第1版 2016年9月第1次印刷

ISBN 978-7-5478-3067-3/R·1128

定价:298元

继承传统放射技术学要素
形成现代影像技术学体系
关注两者的内在逻辑联系

谨以此书纪念恩师

荣独山

教授

1901—1987

邹 仲

教授

1906—1993

内容提要

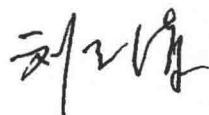
本书由我国著名影像学家曹厚德教授主持编写，分上、下两卷。上卷为影像技术学概论、各种成像技术及相关理论。影像技术学概论内容主要涵盖、学科的发展历史及瞻望、与相邻学科的关系、专业人员发展的空间及作者对学科体系建设的见解等。成像技术涉及传统X线摄影、数字化X线摄影、CT、MRI等多种成像技术。上卷部分对于医学图像的显示、记录也有详尽的介绍。此外，对于当前已成为影像技术发展热点的图像处理技术及计算机网络技术、数字化技术、大数据、云计算、影像组学等新的技术概念也均述及。下卷主要涵盖人体各系统的应用解剖及检查技术，检查技术包括普通X线摄影、造影检查及CT、MRI检查。

本书图文并茂，有图片约3 000幅；上卷主要阐述相关理论知识，下卷涵盖了各种检查的具体操作方法、部位，便于学习，可操作性强。本书由曹厚德教授和50余位中青专家历时十余年编写而成，得到了刘玉清院士、陈星荣教授、戴建平教授的盛赞，是一部从医学物理、影像技术、诊断学等不同角度系统介绍现代医学影像技术的巅峰之作，可作为医学影像工作者在临床、教学、研究方面的高级参考书，同时也可作为生物医学工程、临床医学工程等相关学科工作者的参考用书。

**贺曹厚德教授
主编的《现代医学影像技术学》出版**

首先祝贺由曹厚德教授主编的《现代医学影像技术学》即将出版。迄今，国内影像学专著颇多，但多为影像诊断学，有关技术学、工程学等的著作甚少。这部专著以技术学为主，但内容广泛，涉及诊断学、信息学和工程学，为一部颇具特色的高水平专著。

祝愿并相信，本专著的问世，对我国医学影像学科体系的整体发展将会起到积极作用，特表示衷心的祝贺。



中国医学科学院阜外医院 主任医师
北京协和医学院 教授
中国工程院 院士
2015年8月14日

贺曹厚德教授
主编的《现代医学影像技术学》出版

《现代医学影像技术学》是继邹仲教授和曹厚德教授主编的《X线检查技术》（上海科学技术出版社，1962年）出版约半个世纪后我国影像技术学界又一大盛举，本书的问世，将对我国医学影像学科体系的整体发展起到积极作用。可喜可贺！



中华放射学会名誉主任委员
复旦大学附属华山医院终身教授
2015年9月11日

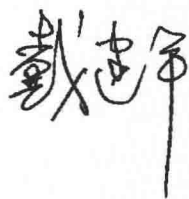
贺曹厚德教授 主编的《现代医学影像技术学》出版

欣闻曹厚德教授主编的《现代医学影像技术学》大作即将付梓，甚感高兴。

此书从医学物理、影像技术、诊断学等不同角度，系统介绍了现代医学影像技术的发展历程，从一个侧面反映了我国传统放射技术至现代影像技术的发展历史。该论著集趣味性、知识性于一体，不乏作者独到的见解，实为不可多得的跨世纪扛鼎之作。

相信该著作的出版必将填补国内空白，促进我国医学影像技术事业快速发展。

曹教授在影像技术事业上兢兢业业，孜孜不倦，成果显著。他锲而不舍，活到老学到老潜心钻研；他退而不休，干一行爱一行持之以恒。曹教授的治学精神永远值得我们学习，并将激励着影像技术工作者奋勇前进！



中华医学会副会长
中华放射学会前主任委员
美国医学科学院（IOM）外籍院士
中华国际医学交流基金会理事长
2015年9月8日于北京天坛医院

编审委员会成员及其他参编人员

主 编

曹厚德 复旦大学医学院附属华山医院静安分院

副主编

詹松华 上海中医药大学附属曙光医院

特邀审读专家

刘玉清 中国医学科学院阜外医院

戴建平 首都医科大学附属北京天坛医院

徐志成 美国南加州大学

编审委员会成员（以姓氏拼音为序）

陈克敏 上海交通大学医学院附属瑞金医院

程敬亮 郑州大学第一附属医院

冯晓源 复旦大学附属华山医院

高林峰 上海市疾病预防控制中心

顾晓丽 复旦大学医学院附属华山医院静安分院

何之彦 上海交通大学附属第一人民医院

江 浩 上海交通大学医学院附属瑞金医院

李 斌 上海交通大学附属第六人民医院

李惠民 上海交通大学医学院附属新华医院

李玉华 上海交通大学医学院附属新华医院

梁宗辉 复旦大学医学院附属华山医院静安分院

柳 澄	山东省医学影像学研究所
陆建平	第二军医大学附属长海医院
彭卫军	复旦大学附属肿瘤医院
钱建国	复旦大学附属华山医院
乔中伟	复旦大学附属儿科医院
汤光宇	同济大学附属第十人民医院
陶晓峰	上海交通大学医学院附属第九人民医院
汪登斌	上海交通大学医学院附属新华医院
王晨光	第二军医大学附属长征医院
王 悍	上海交通大学附属第一人民医院
王培军	同济大学附属同济医院
王忠敏	上海交通大学医学院附属瑞金医院
肖湘生	第二军医大学附属长征医院
许建荣	上海交通大学医学院附属仁济医院
杨 帆	华中科技大学同济医学院附属协和医院
杨世坝	上海交通大学附属第六人民医院
杨 午	北京万东医疗器械厂
叶剑定	上海交通大学附属胸科医院
余 强	上海交通大学医学院附属第九人民医院
曾蒙苏	复旦大学附属中山医院
张贵祥	上海交通大学附属第一人民医院
张闽光	上海中医药大学附属市中医医院
周康荣	复旦大学附属中山医院
赵永国	上海交通大学医学院附属瑞金医院
赵泽华	上海中医药大学附属普陀医院
郑建立	上海理工大学医疗器械食品学院
郑斯亚	上海健康医学院
朱 铭	上海交通大学医学院附属上海儿童医学中心
庄天戈	上海交通大学生命科学院

编写助理

赵洪波 第二军医大学附属长征医院

其他参编人员（以姓氏拼音为序）

毕 凡 蔡建凯 何文非 胡宝华 曲良勇 沈 纲 施玲华
 所世腾 唐 震 杨明英 姚秋英 苑翠红 张 妍 张安君

自序

光阴一如白驹过隙，倏忽与恩师邹仲教授合作编撰之《X线检查技术》出版已逾半世纪。值得欣慰者，莫过于当年阅读此书之莘莘学子多已成业界精英，并不乏教授及博士生导师者。再者，在已逝之半世纪中，影像技术专业经历了传统放射学至现代影像学的过渡，余有幸亲历及见证其过程。其时又恰逢生物医学工程学及临床医学工程学等相邻学科蓬勃兴起，个人有幸在日常医教研工作中均有所涉猎，为形成跨学科思维提供不二契机。深感在有生之年当将所学、所知及感悟借助笔墨以回馈社会。

希冀本书如滤筛，集前辈学术之精华；似容器，汇今人学养与才智。

写作过程不乏业内外贤达的关爱与鼓励、业界精英的支持与襄助，恕不一一列名致谢。

敝帚自珍，虽然本书已竭尽个人绵薄之力，广泛涉猎，由博返约；一言之立，旬月踌躇，但疏漏及不尽人意之处在所难免，敬祈业界贤达不吝赐教是幸！

聊记数语，谨以为序。

 谨识

2015年12月

目 录

上 卷

成像技术及相关理论

· 1 ·

第一篇

现代医学影像技术学概论

· 3 ·

- ▶ **第一章 绪论** / 5
 - 第一节 放射学的形成与发展 / 5
 - 第二节 我国放射影像技术的发展 / 8
 - 第三节 相关科学技术与放射学发展 / 16
 - 第四节 医学影像学的构成及与相邻学科的关系 / 18
- ▶ **第二章 关于医学影像** / 22
 - 第一节 关于“影像”和“图像”的概念 / 22
 - 第二节 医学影像的生成 / 23
 - 第三节 医学图像的分类 / 24
 - 第四节 模拟图像与数字图像 / 25
 - 第五节 医学图像信息 / 27
 - 第六节 X线影像信息的形成与传递 / 29
- ▶ **第三章 影像学检查体位操作的基本知识及技术要点** / 33
 - 第一节 常用基本术语 / 33
 - 第二节 定位标志 / 38
 - 第三节 体型与脏器位置的关系 / 39
 - 第四节 检查位置的命名 / 41
 - 第五节 体位选择及体位操作的“人本原则” / 41
 - 第六节 影像识别标记 / 42
 - 第七节 对影像学检查人员的岗位要求 / 42
 - 第八节 影像科危急值及紧急告知 / 44
- ▶ **第四章 医学图像的质量评价** / 46
 - 第一节 医学图像质量及其评价的意义 / 46
 - 第二节 传统放射学中的图像质量描述及评价 / 47

第三节 数字化图像质量的评价 / 48

▶ 第五章 对比剂使用概要 / 54

第一节 对比剂的概念及分类 / 54

第二节 碘对比剂的使用 / 55

第三节 钡对比剂的使用 / 58

第四节 钆对比剂的使用 / 59

第五节 胃肠道铁对比剂的使用 / 61

第六节 二氧化碳对比剂的使用 / 61

▶ 第六章 影像学检查中的放射防护 / 63

第一节 职业照射控制 / 64

第二节 医疗照射控制 / 65

第三节 儿童放射学的辐射防护 / 66

第四节 口腔放射学的辐射防护 / 68

第五节 妊娠与医疗照射 / 69

第六节 CT检查的剂量控制 / 70

第七节 介入放射学的剂量控制 / 72

▶ 参考文献 / 72

第二篇 传统X线摄影

• 75 •

▶ 第一章 概述 / 77

第一节 X线摄影的基本概念 / 77

第二节 X线影像的形成 / 77

▶ 第二章 传统X线摄影图像的基本要素 / 85

第一节 图像密度 / 85

第二节 图像对比度 / 88

第三节 图像细节 / 92

第四节 图像的失真 / 100

第五节 影像的视觉颗粒感（斑点感） / 102

▶ 第三章 X线成像相关理论基础 / 105

第一节 X线管焦点 / 105

第二节 X线束 / 110

第三节 散射线 / 112

▶ 第四章 特殊X线摄影 / 117

第一节 软射线摄影物理基础 / 117

第二节 直接放大摄影 / 119

第三节 传统体层摄影 / 121

▶ 参考文献 / 124

第三篇 数字化X线摄影技术

• 125 •

▶ 第一章 概述 / 127

第一节 数字化影像技术的优势 / 127

第二节 数字化影像技术的发展简史 / 129

第三节 关于DR命名的问题 / 130

► **第二章 用于历史X线照片数字化的数字化仪** / 132

第一节 视频扫描系统 / 132

第二节 激光扫描仪 / 133

► **第三章 数字化透视/摄影系统** / 134

第一节 概述 / 134

第二节 设备组成 / 135

第三节 图像后处理技术的应用 / 138

► **第四章 计算机X线摄影** / 139

第一节 CR系统的构成 / 139

第二节 CR成像原理 / 140

第三节 CR临床应用的优化 / 141

第四节 CR的应用技术 / 143

► **第五章 直接数字化X线摄影** / 144

第一节 DR探测器介绍 / 144

第二节 DR的基本分类 / 147

第三节 DR各种技术成像设备的应用评价 / 150

第四节 影响DR图像质量的要素及技术评估要点 / 152

第五节 DR设备的图像处理功能 / 153

► **第六章 数字减影血管造影** / 156

第一节 DSA的基本结构 / 157

第二节 DSA成像原理 / 159

第三节 DSA成像的技术方法 / 160

第四节 旋转DSA / 167

第五节 智能移动技术 / 169

第六节 多模式影像融合技术 / 170

第七节 智能引导技术 / 171

第八节 靶向透视技术 / 173

► **第七章 数字断层融合成像** / 175

第一节 DTS的成像原理 / 175

第二节 图像采集及操作流程 / 177

第三节 临床应用 / 178

► **第八章 数字化乳腺X线摄影** / 180

第一节 乳腺的解剖特征 / 180

第二节 乳腺X线图像质量的关注要点 / 181

第三节 乳腺成像链的进展 / 181

第四节 图像后处理技术 / 183

第五节 乳腺断层融合技术 / 184

第六节 光子计数数字化乳腺X线摄影 / 186

► **第九章 数字化X线摄影图像质量的评价** / 189

第一节 数字化X线摄影图像质量的客观评价 / 189

第二节 数字化影像质量的主观评价 / 197

► **参考文献** / 198

第四篇 CT成像技术

• 199 •

► **第一章 CT的发展历程** / 201

► **第二章 CT机的构成及发展** / 204

第一节 CT机的构成 / 204

第二节 CT的分代与发展 / 207

第三节 螺旋CT / 208

► **第三章 CT成像原理** / 210

- 第一节 CT成像基本原理 / 210
 - 第二节 若干基本概念 / 211
 - 第三节 CT图像重建技术 / 213
 - 第四节 CT基本扫描模式 / 215
-
- ▶ **第四章 CT技术在临床上的主要应用 / 217**
 - 第一节 基本扫描方式 / 217
 - 第二节 高分辨力扫描 / 218
 - 第三节 增强扫描的特殊应用 / 220
 - 第四节 CT技术的其他应用 / 226
-
- ▶ **第五章 CT图像表征 / 230**
 - 第一节 视窗技术 / 230
 - 第二节 测量 / 232
 - 第三节 三维可视化 / 234
-
- ▶ **第六章 图像质量评价与控制 / 239**
 - 第一节 空间分辨率 / 239
 - 第二节 低对比度分辨率 / 240
 - 第三节 时间分辨率 / 240
 - 第四节 噪声 / 241
 - 第五节 伪影 / 243
-
- ▶ **第七章 CT辐射剂量和低剂量技术 / 246**
-
- 第一节 CT辐射剂量的表述 / 246
 - 第二节 CT低剂量技术 / 248
 - 第三节 CT检查时辐射剂量的管理 / 250
 - 第四节 CT的辐射防护 / 252
-
- ▶ **第八章 能量CT / 254**
 - 第一节 能量CT成像的物理学基础和采集技术 / 254
 - 第二节 能量CT的临床应用 / 257
 - 第三节 能量CT亟待解决的问题 / 257
-
- ▶ **第九章 数字减影血管造影-计算机断层摄影 / 259**
 - 第一节 DSA-CT的成像原理 / 259
 - 第二节 图像数据处理流程 / 260
 - 第三节 DSA-CT的图像质量 / 261
 - 第四节 DSA-CT的应用限度 / 262
-
- ▶ **第十章 锥形束CT / 264**
 - 第一节 CBCT的成像原理 / 264
 - 第二节 CBCT的分类 / 265
 - 第三节 CBCT的临床应用 / 266
 - 第四节 目前CBCT存在的问题 / 267
-
- ▶ **参考文献 / 267**

第五篇

磁共振成像技术

• 269 •

- ▶ **第一章 磁共振设备 / 271**
 - 第一节 磁体和静磁场 / 271
 - 第二节 梯度场和梯度线圈 / 273
 - 第三节 射频系统：发射和接收线圈 / 273
 - 第四节 计算机系统：中央处理器数据处理系统和记录设备 / 274
 - 第五节 其他辅助设备 / 274
-
- ▶ **第二章 磁共振成像原理 / 276**
 - 第一节 磁共振成像的物理基础 / 276
 - 第二节 磁共振成像的基本理论 / 279

▶ **第三章 磁共振成像序列** / 282

第一节 基本成像序列 / 282

第二节 快速成像序列 / 289

第三节 成像序列的选择 / 293

▶ **第四章 磁共振成像参数选择及常用技术** / 295

第一节 成像参数的选择 / 295

第二节 磁共振成像常用技术 / 299

▶ **第五章 磁共振血管成像** / 304

第一节 流体特征及其成像 / 304

第二节 时间飞跃法 MRA / 305

第三节 相位对比法 MRA / 308

第四节 对比增强法 MRA / 310

第五节 其他 MRA 技术 / 311

▶ **第六章 磁共振其他成像技术** / 314

第一节 自由水和水成像 / 314

第二节 扩散与扩散成像 / 316

第三节 灌注成像与脑功能成像 / 319

第四节 化学位移和化学位移成像 / 322

第五节 磁敏感性和磁敏感加权成像 / 327

第六节 弹性成像 / 329

第七节 分子影像学 / 330

▶ **第七章 磁共振图像质量及伪影** / 333

第一节 组织的磁共振信号特点 / 333

第二节 磁共振图像质量控制 / 336

第三节 磁共振成像的伪影 / 338

▶ **第八章 MRI 临床应用的基本检查方法及安全性** / 342

第一节 MRI 临床应用基本方法 / 342

第二节 MRI 临床应用的安全性 / 343

▶ **参考文献** / 346

第六篇 医学图像的显示

• 347 •

▶ **第一章 视觉系统的生理学特性及对图像认知的影响** / 349

第一节 人眼的视觉特性 / 349

第二节 人眼视觉的最小视角与观片距离 / 351

第三节 人眼视觉范围及分辨力与观片亮度 / 352

▶ **第二章 观片灯箱的应用及相关理论** / 353

第一节 观片灯相关的技术概念 / 353

第二节 相关理论 / 354

第三节 现状及国家标准 / 355

第四节 新型观片灯 / 355

▶ **第三章 软阅读医学影像专业显示器** / 357

第一节 软阅读 / 357

第二节 专业显示器的分类 / 360

第三节 阴极射线管显示器 / 360

第四节 液晶显示器 / 362

第五节 不同类型显示器的比较 / 365

▶ **第四章 专业显示器的性能参数及临床应用的关注要点** / 368

第一节 亮度 / 368

第二节 空间分辨力及密度分辨力 / 369

第三节 对比度 / 372

第四节 响应时间 / 372

第五节 显示屏尺寸 / 373

第六节 可视角度 / 374

第七节 刷新率 / 374

第八节 显卡功能及接口类型 / 375

第九节 专业显示器的选用 / 376

► 第五章 图像显示的质量管理 / 379

第一节 质量管理的思路 / 379

第二节 质量管理的分级 / 380

第三节 显示器特性对显示质量的影响 / 380

第四节 质量管理的内容 / 381

第五节 专业显示器质量管理的评价标准 / 384

第六节 阅读环境控制 / 391

第七节 专业显示器的维护保养 / 393

► 参考文献 / 395

第七篇 医学图像的记录

• 397 •

► 第一章 概述 / 399

第一节 与记录介质相关的若干重要历史进程 / 399

第二节 多种记录介质并存的现状 / 400

第三节 医学影像胶片的种类 / 400

► 第二章 X线摄影胶片 / 402

第一节 X线摄影胶片结构 / 402

第二节 感光原理 / 404

第三节 感光胶片特性曲线 / 405

第四节 胶片的感光测定方法 / 407

第五节 胶片的保存 / 408

► 第三章 X线增感屏 / 409

第一节 发光机制 / 409

第二节 增感屏结构 / 411

第三节 增感屏分类 / 411

第四节 增感屏的性能 / 412

第五节 增感屏-胶片系统的信息通道理论 / 413

► 第四章 化学冲洗及自动洗片机 / 415

第一节 化学冲洗原理 / 415

第二节 自动洗片机的构成 / 416

► 第五章 医学图像打印 / 418

第一节 阴极射线管多幅相机打印技术与激光打印技术 / 418

第二节 激光成像打印技术的分类 / 419

第三节 激光相机工作原理 / 420

第四节 激光相机成像特性 / 421

第五节 激光胶片 / 421

第六节 激光打印网络系统 / 423

► 第六章 干式打印技术 / 424

第一节 干式打印机的主要类型及基本原理 / 424

第二节 干式激光打印和热敏打印技术的特点 / 428

第三节 干式打印技术临床应用的优势和不足 / 429

第四节 干式打印机技术运行的关注要点 / 431

第五节 干式胶片与影像片的保存 / 431

第六节 医学影像打印技术的发展 / 432

► 第七章 硬拷贝相机的应用质量检测 / 434

第一节 SMPTE检测卡 / 434

第二节 SMPTE质量检测内容和方法 / 435

► 第八章 电子胶片、光盘介质储存与纸介质打印技术 / 437