

# 医学数字成像技术

胡军武 主编

湖北科学技术出版社



YIXUE  
SHUZI  
CHENGXIANG  
JISHU



↑↓ 胡军武 主编

湖北科学技术出版社

# 医学数字成像技术



YIXUE  
SHUZI  
CHENGXIANG  
JISHU



图书在版编目 (CIP) 数据

医学数字成像技术 / 胡军武主编. — 武汉: 湖北科学技术出版社, 2001.9  
ISBN 7-5352-2644-2

I. 医… II. 胡… III. 影像—诊断—图像处理—计算机应用 IV. R445

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 022188 号

医学数字成像技术	© 胡军武 主编
责任编辑: 蔡荣春 冯友仁	封面设计: 王 梅
出版发行: 湖北科学技术出版社	电话: 86782508
地 址: 武汉市武昌黄鹄路 75 号	邮编: 430077
印 刷: 武汉市科普教育印刷厂	邮编: 430035
787mm × 1092mm 16 开 34 印张 5 插页 825 千字	2001 年 9 月第 1 版 2001 年 9 月第 1 次印刷
印数: 1-3 000	
ISBN 7-5352-2644-2 / R · 577	定价: 88.00 元
本书如有印装质量问题 可找承印厂更换	

主编:胡军武

主审:漆剑频 周燕发

王承缘 曾祥阶

副主编:夏黎明 郑国勤 王明甫 王勇

执行副主编:彭振军

编委:(以姓氏笔画为序)

丁晖	王明甫	王勇	冯定义
李钧	李晓白	朱芳	肖明
邹明丽	郑国勤	张芳	张江帆
张进华	赵明	胡军武	柳建华
夏黎明	黄文华	彭振军	

## 序 言

现代医学影像技术学的发展日新月异,越发显示出它在诊断与治疗方面的重要性。21世纪医学影像技术学进入了数字化时代,如此人们也越来越渴望对现代医学影像技术学的基础——数字成像技术的了解。

由华中科技大学同济医学院附属同济医院胡军武主编的这本《医学数字成像技术》,正是基于这一需要和渴望。我认为这本书编辑的目的,旨在推动对现代医学影像技术学基础的普及,以便能及时把握住影像数字化时代的脉搏。

这本书编写体现出的特点是:

1. 抓住了当前医学影像技术学的特点——数字成像技术。
2. 读者针对性很强——符合我国医学影像技术人员的需要和水平。
3. 涵盖了现代医学影像技术学的所有领域——CR、DR、CT、MRI、DSA 成像;超声成像;核医学成像以及数字图像的传输技术。
4. 全书贯穿了一条主线——技术与诊断的融合。
5. 建立了综合图像诊断技术背景下的检查概念——疾病诊断检查方法的选择。

我有幸先睹为快。它为我们提供了数字成像技术的基础知识和临床应用的大量信息,深入浅出、简洁明了,对我国医学影像技术人员来讲是一本难得的通用的参考书,值得一读。为此,我把这本书推荐给大家。

特别值得一提的是,本书的编者都是中青年学者,真乃“后生可畏”。我们这支医学影像技术队伍正需要有更多的“后生”成长起来,并把握住影像数字化时代的脉搏。同时,我们也要感谢他们辛勤的努力,为我们提供了这本可供借鉴的专业参考书。当然,我们还希望有更多的医学影像技术专业参考书的问世。

最后,希望大家在读取这本书时有所收获和提高。

燕树林  
2001年4月

# 前 言

医学数字成像是—门新兴的成像技术,它内容广泛、技术炳然,而且原理各异。医学数字成像技术应用于临床始于20世纪70年代末,20多年来,在机器设备、成像方法、科学研究以及临床应用诸方面均有突飞猛进的发展。医学数字成像技术在我国起步较晚,设备、技术与发达国家相比差距较大。但由于其卓越的成像性能以及对患者的近乎无创伤检查,备受医务人员和患者的青睐,而且有深入发展和广泛应用的趋势。我们通过学习并搜集了国内外的有关资料及先进技术,以基本原理和成像理论为基础,结合自己的实践经验,着重阐述了诸技术的临床应用、图像处理以及质量控制等方面的基本操作技能。力求通俗易懂、简洁明了。希望本书能对数字成像技术的应用和普及有所裨益。

本书共分十三章,第一章介绍了医学数字成像技术的内容以及诸技术发展动态。第二章介绍了数字成像技术的基础,包括计算机简介,数据采集,图像显示、存储、后处理以及图像质量的相关知识。第三章介绍了计算机X线摄影的原理、应用和图像处理等有关内容。第四章简要介绍了狭义的数字X线摄影的组成、原理及临床应用。第五章介绍了直接数字X线摄影的有关技术。第六章介绍了计算机体层摄影各部分的组成与功能、工作原理、图像的采集与存储以及临床应用等技术。第七章介绍磁共振成像的有关技术。第八章介绍了数字减影血管造影的有关技术。第九章介绍有关超声成像内容。第十章介绍了核医学显像的相关技术。第十一章介绍图像存储和传输系统的相关知识。第十二章简要介绍了数字图像的打印设备。第十三章介绍了疾病诊断的选择方法。

本书承华中科技大学同济医学院附属同济医院放射学教研室漆剑频教授、周燕发教授、王承焯教授及同济医学院附属协和医院曾祥阶教授审阅,并提出了许多宝贵意见。我国著名的医学影像技术专家燕树林教授对本书给予了极大的支持和关注,并欣然作序。该书在编写过程中,还得到了其他许多同道和朋友们的真诚帮助和热情关怀,在此,一并致以衷心的感谢。

由于我们的业务水平和经验有限,学识浅薄,加之医学数字成像技术的日新月异,本书难免存在不少缺点和错误,恳请同道们批评指正。

胡军武

2001年春于武汉

# 目 录

第一章 绪论	1
第二章 数字成像技术的基础	4
第一节 计算机系统简介	4
一、计算机的过去与未来	4
二、计算机软件的发展演变	5
三、计算机的应用	7
四、计算机的组成	8
五、计算机的层次结构	14
六、医疗影像设备计算机	15
第二节 数据采集	16
一、采集数据系统的组成	16
二、数据的采集原理	17
三、A/D 转换器和 D/A 转换器	18
四、数字图像的表达要素	19
第三节 图像显示	20
一、观察数字图像的要点	20
二、图像的显示方法	21
第四节 图像存储	23
一、硬盘存储	23
二、软盘存储	23
三、磁带存储	24
四、光盘存储	24
五、磁盘阵列存储	24
第五节 图像后处理	24
一、窗宽与窗位	25
二、边缘增强	26
三、对比度增强	26
四、多平面重建	27
五、最大强度投影	27
六、表面重建	29
七、仿真内窥镜	29
第六节 图像质量	29
一、噪声	30
二、信噪比	31
三、对比度	31

四、分辨力	33
五、伪影	34
第三章 计算机 X 线摄影	35
第一节 CR 系统的组成与作用	35
一、X 线机	35
二、成像板	36
三、影像阅读处理器	37
四、监视器	37
五、存储装置	37
第二节 CR 的工作原理	38
一、IP 的工作原理	38
二、IP 的特征	38
三、影像阅读处理器的工作原理	41
第三节 CR 图像的存储	47
第四节 CR 图像的后处理	49
一、谐调处理	50
二、空间频率处理	50
三、减影处理	52
第五节 CR 的临床应用	54
一、CR 在头颈部的应用	55
二、CR 在胸部的应用	60
三、CR 在腹部的应用	63
四、CR 在四肢骨骼中的应用	67
五、CR 的其他应用	75
第六节 CR 图像的质量控制	77
一、决定 CR 系统的响应性的因素	78
二、CR 系统的噪声对影像质量的影响	78
三、能量减影的影像质量	80
第四章 数字 X 线摄影	82
第一节 DR 系统的组成及结构	82
一、DR 成像链	82
二、数字化链组成	91
第二节 DR 的工作原理	91
一、影像增强管的工作原理	91
二、X 线摄像管的工作原理	91
第三节 DR 图像的显示、存储和后处理	94
第四节 DR 图像质量控制	94
一、影像增强管的质量控制	95
二、X 线摄像机的质量控制	96
三、曝光参数的选择	97

第五节 DR 的临床应用 .....	98
一、DR 在血管造影中的应用 .....	98
二、DR 在胸部的应用 .....	98
三、DR 在骨关节系统的应用 .....	99
四、DR 在消化系统中的应用 .....	99
<b>第五章 直接数字摄影</b> .....	<b>100</b>
第一节 DDR 系统组成和功能 .....	100
第二节 DDR 的工作原理 .....	102
一、X 线数字影像的探测方法 .....	102
二、平板探测器的工作原理 .....	104
三、X 线转换方式 .....	105
四、平板探测器的性能 .....	106
五、平板探测器的主要特点 .....	108
第三节 DDR 与 DR、CR 的区别 .....	109
一、成像原理 .....	110
二、图像质量 .....	110
三、曝光剂量 .....	111
四、工作效率 .....	111
五、系统兼容性 .....	111
第四节 DDR 的临床应用 .....	112
一、计算机辅助定位 .....	112
二、断层扫描 .....	112
三、能量减影 .....	112
四、超低剂量透视显影 .....	112
<b>第六章 计算机体层摄影</b> .....	<b>113</b>
第一节 CT 的组成与功能 .....	114
一、扫描系统 .....	114
二、检查床 .....	120
三、扫描控制系统 .....	120
四、计算机系统 .....	121
五、操作控制系统 .....	122
六、各代 CT 机的特点 .....	122
第二节 CT 的工作原理 .....	125
一、CT 成像的基本原理 .....	125
二、CT 图像重建原理 .....	127
三、CT 图像和 CT 值 .....	129
第三节 CT 图像的采集方法 .....	130
一、采集方式 .....	130
二、检查技术 .....	131
第四节 CT 图像的存储 .....	133

一、系统硬盘 .....	133
二、磁带机 .....	134
三、磁光盘 .....	134
四、光盘 .....	134
五、软盘 .....	134
六、其他 .....	134
第五节 CT 图像的后处理 .....	135
一、窗口技术 .....	135
二、兴趣区的测量和确定 .....	136
三、图像重建技术 .....	137
四、CT 血管造影重建 .....	138
五、CT 脑血流灌注成像 .....	138
第六节 CT 的临床应用 .....	138
一、颅脑 CT 扫描技术 .....	138
二、眼部 CT 扫描技术 .....	142
三、耳部 CT 扫描技术 .....	144
四、鼻和鼻窦 CT 扫描技术 .....	145
五、面部 CT 扫描技术 .....	148
六、喉部 CT 扫描技术 .....	150
七、甲状腺 CT 扫描技术 .....	151
八、颈部 CT 扫描技术 .....	151
九、胸部 CT 扫描 .....	152
十、腹部 CT 扫描 .....	155
十一、盆腔 CT 扫描 .....	162
十二、脊柱 CT 扫描技术 .....	163
十三、介入性 CT .....	164
第七节 CT 图像的质量控制 .....	165
一、空间分辨力 .....	165
二、密度分辨力 .....	165
三、时间分辨力 .....	166
四、噪声 .....	166
五、伪影 .....	166
第七章 磁共振成像 .....	168
第一节 MRI 系统的组成与功能 .....	168
一、主磁体系统 .....	168
二、梯度磁场系统 .....	170
三、射频系统 .....	170
四、计算机及数据处理系统 .....	172
五、辅助设备 .....	173
第二节 MRI 的基本原理 .....	173

一、MRI 的物理学基础 .....	173
二、磁共振影像形成的基本原理 .....	179
第三节 MRI 的数据采集方法 .....	202
一、梯度磁场 .....	203
二、成像层面选择 .....	203
三、成像平面内的信号定位 .....	204
四、MR 的二维采集成像 .....	205
五、MR 的三维容积采集成像 .....	206
六、多层面采集成像 .....	207
七、K 空间及其在 MR 信号采集中的应用 .....	208
第四节 MRI 的临床应用 .....	214
一、MRI 检查前准备及适应证和禁忌证 .....	214
二、中枢神经系统 MRI 成像技术 .....	215
三、胸部 MRI 成像技术 .....	235
四、腹部及盆腔 MRI 成像技术 .....	242
五、四肢关节 MRI .....	250
第五节 MRI 的图像质量控制 .....	253
一、噪声及信噪比 .....	253
二、对比度 .....	255
三、空间分辨力 .....	255
四、伪影 .....	255
<b>第八章 数字减影血管造影</b> .....	<b>259</b>
第一节 DSA 系统的组成与功能 .....	259
一、X 线系统 .....	259
二、计算机及控制系统 .....	261
第二节 DSA 系统的工作原理及减影方式 .....	262
一、DSA 的工作原理 .....	262
二、DSA 的减影方式 .....	263
第三节 图像采集 .....	269
一、术前准备 .....	269
二、患者资料的输入 .....	269
三、造影的选择 .....	269
四、曝光的控制 .....	270
五、高压注射器的选择 .....	271
六、蒙片的选择 .....	272
第四节 图像的处理及成像的方式 .....	272
一、图像的处理 .....	272
二、DSA 的成像方式 .....	276
第五节 DSA 的临床应用 .....	277
一、DSA 的头颈部的应用 .....	277

二、DSA 在胸部的应用 .....	280
三、DSA 在腹部的应用 .....	282
四、DSA 在盆腔及四肢的应用 .....	285
第六节 DSA 图像质量控制 .....	287
一、影响 DSA 图像质量的因素 .....	287
二、噪声及信噪比 .....	287
三、分辨力 .....	288
四、伪影 .....	289
五、质量保证体系 .....	290
六、DSA 检查中的辐射剂量 .....	290
<b>第九章 超声成像</b> .....	291
<b>第一节 超声成像系统的组成与功能</b> .....	291
一、超声探头 .....	291
二、超声发射器和接受器 .....	292
三、数字扫描转换器 .....	292
四、控制面板 .....	292
五、显示器 .....	293
六、图像存储器 .....	293
<b>第二节 超声成像的工作原理</b> .....	293
一、B 型超声成像法 .....	293
二、M 型超声成像法 .....	294
三、频谱多普勒超声诊断法 .....	295
四、彩色多普勒血流速度成像法 .....	298
五、彩色多普勒能量图成像法 .....	300
六、多普勒组织成像、多普勒组织能量成像与彩色多普勒速度能量图 .....	301
七、三维超声成像法 .....	301
八、组织谐波成像和造影谐波成像 .....	303
九、其他超声成像法 .....	304
<b>第三节 超声影像信号的采集方式</b> .....	304
一、普通超声探头采集图像 .....	304
二、腔内探头采集图像 .....	305
三、血管内探头采集图像 .....	305
四、超高频体素探头采集图像 .....	305
五、三维图像的采集与三维容积探头 .....	305
<b>第四节 超声影像的存储</b> .....	306
一、照相记录 .....	306
二、图像打印记录 .....	306
三、多幅照相机记录 .....	306
四、磁带录像记录 .....	306
五、磁盘记录 .....	307

六、磁光盘记录 .....	307
七、硬盘记录器 .....	307
八、计算机采集记录 .....	307
第五节 超声影像的处理技术 .....	307
一、声学密度测定 .....	307
二、彩色室壁运动技术 .....	308
三、多普勒组织成像 .....	308
四、组织谐波和造影谐波成像技术 .....	308
五、全景超声成像彩阶 .....	308
六、彩阶超声显示 .....	308
第六节 超声影像的临床应用 .....	309
一、颅脑疾病的超声诊断 .....	309
二、心脏疾病的超声诊断 .....	310
三、腹部疾病的超声诊断 .....	326
四、妇产科疾病的超声诊断 .....	360
五、浅表器官疾病的超声诊断 .....	373
六、外周血管疾病的超声诊断 .....	381
七、介入超声 .....	385
八、三维超声成像 .....	387
第十章 核医学显像 .....	389
第一节 $\gamma$ 照相机成像 .....	390
一、 $\gamma$ 照相机的组成和工作原理 .....	390
二、 $\gamma$ 照相机——计算机系统 .....	393
三、图像的采集 .....	395
四、图像的处理 .....	397
五、图像的显示 .....	400
第二节 发射型计算机断层显像 .....	401
一、单光子发射型计算机断层(SPECT) .....	402
二、正电子发射型计算机断层(PET) .....	408
第三节 核医学显像的临床应用 .....	410
一、核医学成像的基本原理、种类和特点 .....	410
二、神经系统的应用 .....	412
三、内分泌系统的应用 .....	418
四、心血管系统的应用 .....	422
五、骨、关节系统的应用 .....	426
六、肿瘤与炎症 .....	429
七、消化系统的应用 .....	433
八、呼吸系统的应用 .....	438
九、泌尿系统的应用 .....	440
十、血液和淋巴系统的应用 .....	442

第四节 核医学影像的质量控制	445
一、 $\gamma$ 照相机的质量控制	445
二、 $\gamma$ 照相机的操作检查和注意事项	451
三、SPECT的质量控制	452
四、SPECT的衰减校正	455
五、SPECT操作检查及注意事项	456
第十一章 图像存储和传输系统	457
第一节 PACS的组成	457
一、PACS的主要组成部分	458
二、PACS的分类	458
三、简便小型的PACS网络结构	460
四、中型PACS的网络结构	461
第二节 PACS的工作原理	462
一、PACS的工作原理	463
二、PACS的工作模块	463
第三节 PACS图像的采集	464
一、胶片影像的采集	464
二、视频信号的采集	464
三、数字图像的采集	464
第四节 PACS的图像存储和管理	464
一、PACS的图像存储	465
二、PACS的图像压缩	468
三、PACS的数据库管理	470
第五节 PACS的图像传输	471
一、计算机网络基础	471
二、PACS的网络结构	472
三、医学数字影像传输	474
第六节 PACS的图像显示和处理	476
一、医学图像的查询、显示和诊断系统	476
二、数字化的精度	478
三、影像重现的几种方法	478
第七节 PACS的临床应用	480
一、PACS的优越性	480
二、远程医学	480
三、远程放射学	481
四、RIS、HIS、PACS的关系	482
五、电子病历系统	482
第八节 我国目前的PACS状况	485
第十二章 数字图像的打印设备	487
第一节 激光打印机	487

一、结构与功能 .....	487
二、激光打印机的分类 .....	488
三、激光打印机的特性 .....	489
四、激光打印机的工作原理 .....	490
五、激光打印机故障及排除 .....	490
第二节 干式热敏打印机 .....	491
一、结构与功能 .....	491
二、干式热敏打印机的分类 .....	492
三、干式热敏打印机的特能 .....	493
四、干式热敏打印机的工作原理 .....	494
第十三章 疾病诊断检查方法的选择 .....	496
第一节 神经系统疾病 .....	496
一、正常变异与发育异常 .....	496
二、炎症和感染 .....	497
三、肿瘤和肿瘤样病变 .....	497
四、结石和钙化 .....	499
五、出血和梗塞 .....	500
六、创伤和异物 .....	500
第二节 五官及颈面部系统疾病 .....	501
一、正常变异与发育异常 .....	501
二、炎症和感染 .....	501
三、肿瘤和肿瘤样病变 .....	502
四、结石和钙化 .....	503
五、创伤和异物 .....	504
第三节 呼吸系统疾病 .....	504
一、正常变异与发育异常 .....	504
二、炎症和感染 .....	504
三、肿瘤和肿瘤样病变 .....	505
四、结石和钙化 .....	506
五、出血和梗塞 .....	506
六、创伤和异物 .....	506
第四节 循环系统疾病 .....	507
一、正常变异与发育异常 .....	507
二、炎症和感染 .....	507
三、肿瘤和肿瘤样病变 .....	507
四、出血和梗塞 .....	508
第五节 消化系统疾病 .....	508
一、正常变异与发育异常 .....	508
二、炎症和感染 .....	509
三、肿瘤和肿瘤样病变 .....	510

四、结石和钙化 .....	512
五、出血和梗塞 .....	513
六、创伤和异物 .....	513
<b>第六节 泌尿生殖系统疾病</b> .....	513
一、正常变异与发育异常 .....	513
二、炎症和感染 .....	514
三、肿瘤和肿瘤样病变 .....	515
四、结石和钙化 .....	516
五、创伤和异物 .....	517
<b>第七节 肌骨系统疾病</b> .....	517
一、正常变异与发育异常 .....	517
二、炎症和感染 .....	517
三、肿瘤和肿瘤样病变 .....	518
四、结石和钙化 .....	519
五、出血和梗塞 .....	520
<b>参考文献</b> .....	521

# 第一章 绪 论

德国物理学家伦琴(Wilhelm Conrad Röntgen)于1895年11月8日发现X线至今已有100多年。这期间放射设备迅速发展,放射条件日臻完善,放射技术日新月异。特别近些年来,医学影像设备又有一些新的发展动向。第一动向是,技术的发展充实与完善了设备的硬件与软件功能;第二个动向是高档设备的技术指标主要用于临床研究与功能的开发,代表了生产厂家的技术实力,低档设备则在努力充实与不断提高硬件的性能,并且迅速把高、中档设备较成熟的功能与软件移植过来,从而显著改善了低档设备的性能指标,拓宽了低档设备的适用范围。

数字成像技术内容广泛,技术炯然,原理各异,它包括计算机X线摄影(computed radiography, CR)、数字X线摄影(digital radiography, DR)、直接数字X线摄影(direct digital radiography, DDR)、计算机体层摄影(computed tomography, CT)、磁共振成像(magnetic resonance image, MRI)、数字减影血管造影(digital subtraction angiography, DSA)、超声成像(ultrasonography, USG)、 $\gamma$ 闪烁成像( $\gamma$ -scintigraphy)、单光子发射体层成像(single photon emission computed tomography, SPECT)、正电子发射体层成像(positron emission tomography, PET)和图像存储与传输系统(picture archiving and communicating system, PACS)等新的成像技术。这些成像技术有一个共同的特点,即以计算机为基础,使图像信息数字化,我们可以尽可能地对其实施图像信息后处理。这使医学影像技术发生了巨大的变化。

20世纪80年代初,CR在把传统的X线摄影数字化,DR是计算机数字化能力与常规X线摄影相结合的产物。所不同的是数字化方式不一样,但究其原理和成像过程仍属间接数字影像技术,不是最终发展方向。DDR是20世纪90年代开始开发的直接数字成像技术,它是采用平板探测器将X线信息直接数字化,不存在任何的中间过程。数字图像不仅可以方便地将图像“冻结”在荧光屏上,而且可以进行各种各样的图像后处理。

在CT方面,宽探测器多层采集螺旋CT已于1998年度推出,它与普通的螺旋CT相比较,主要区别在于探测器在Z轴方向的宽度和列数不同,进而决定了扫描的最薄层厚、最短采集时间并且较普通螺旋CT更薄、更短。它较好的解决了层厚与扫描剂量的关系、X线管热容量对连续扫描时间的限制、以及对重建图像质量、微细结构显示功能等问题。在扫描参数方面,多层螺旋CT比普通的螺旋CT采用了更大的螺距(1.25:1~8:1),更薄的层厚(0.5mm),更快的进床速度(100mm/s)和更长的扫描距离(达180cm)。另外,多层螺旋CT还提高了时间分辨率(可小于100ms)、低对比分辨率(降低了30%以上的Ma值)、空间分辨率(24Lp/cm),降低了层面间的重叠效应(螺距为3:1仅有4%的重叠)、对比剂的使用剂量(大约可减少