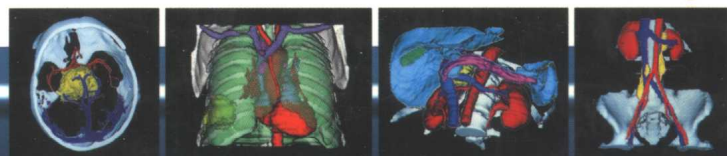
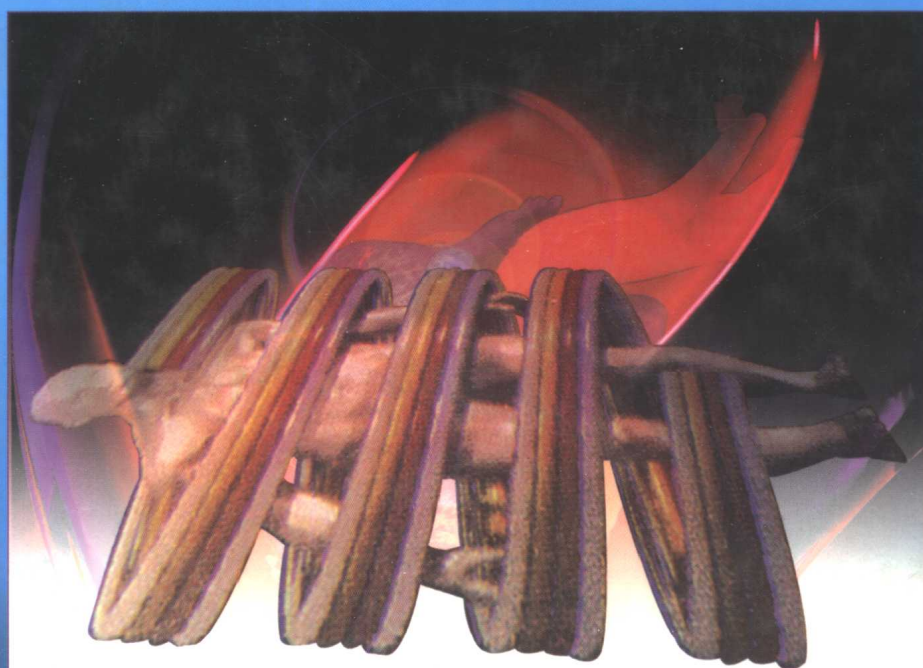


螺旋CT 诊断学

主编 吴沛宏 卢丽霞 黄毅



广东科技出版社

螺旋 CT 诊断学

主 编 吴沛宏 卢丽霞 黄 毅

副主编 李子平 桑林毅 江勋源

主 审 方昆豪 赵廉忠

编 委 (以姓氏笔画为序)

王玉河	王 琰	卢丽霞	叶伟军	全显跃	江勋源
许晓矛	乔 颖	吕衍春	刘福生	吴沛宏	李子平
李 立	李贻卓	李顶夫	阮超美	伍尧泮	苏炎城
张伟章	张金娥	张益民	张 岩	张福君	张振锋
杨贤卫	卓水清	范卫君	陈 林	罗建东	赵 明
郑庆生	郑 列	钟 悦	桑林毅	莫运仙	徐志斌
崔 冰	黄 毅	黄金华	龚素茹	麻桂林	谢 琦

广东科技出版社

• 广 州 •

内 容 提 要

本书由九个章节及一个索引部分组成。为力求实用,因此摒弃了一般常规CT书从解剖、病理到CT表现等重复的写作方法,而以螺旋CT在临床诊断中的应用为重点,从螺旋CT成像原理到其在各个系统疾病中独有的应用价值一一作了系统的介绍,并专辟章节论述三维CT、CT血管造影、CT内镜、CT模拟现实技术、CT灌注成像、经动脉螺旋CT血管造影成像等新的CT成像技术,以及多层螺旋CT和电子束CT的基本原理、临床应用价值及发展前景。此外,详细介绍了CT造影剂的临床应用以及毒、副反应的抢救和处理等方面的内容。本书是各位作者根据大量临床实践资料并结合螺旋CT的最新动态而写成,每个章节均可作为独立章节来阅读。本书内容新颖、资料充实、风格简明,适合于影像科及其它临床各学科的医师阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

螺旋CT诊断学/吴沛宏等主编. —广州:广东科技出版社, 2000.8

ISBN 7-5359-2533-2

I. 螺… II. 吴… III. 计算机X线扫描体层摄影…
诊断学 IV. R814.42

中国版本图书馆CIP数据核字(2000)第17510号

出版发行:广东科技出版社

(广州市环市东路水荫路11号 邮码:510075)

E-mail:gdkjzbb@21cn.com

出版人:黄达全

经 销:广东新华发行集团股份有限公司

制 版:广州培基印刷镭射分色有限公司

印 刷:广东东莞新丰印刷有限公司

(广东省东莞市凤岗天堂围 邮码:511751)

规 格:850mm×1168mm 1/16 印张20.5 字数612千

版 次:2000年8月第1版

2000年8月第1次印刷

印 数:1~3 000册

定 价:200.00元

如发现因印装质量问题影响阅读,请与承印厂联系调换。

序 1

螺旋CT是CT发展历史上的一个里程碑。其扫描速度与图像重建快,并能取得无间隔的容积数据,使得能在任意位置,以任意间隔进行回顾性重建,加之先进而强大的后处理功能,可实现直观的彩色三维立体显示及CT血管造影;不同程度的透明技术和导航技术的应用,可以行仿真内镜等检查,改变并改善了器官及病变的显示方式。这些CT技术的新进展,令螺旋CT备受推崇,并在临床上广泛应用。许多临床及放射科医师希望能有一部实用的,内容上具有螺旋CT特色的专著来指导日常工作。

为满足广大读者的需要,中山医科大学吴沛宏、卢丽霞、李子平教授及广州市第一医院黄毅教授组织广东省几家大医院有螺旋CT使用经验的多位放射学专家,根据多年的临床实践和积累的大量图片资料进行总结,编写了这部《全身螺旋CT诊断学》,在完成初稿后又经著名放射学专家方昆豪教授审阅,使本书更为完美。

本书有60余万字,螺旋CT的各类图像照片1000余幅,选入病种达300种之多。为力求实用,避免重复,没有采用一般CT书籍惯用的按临床、病理、CT表现、诊断与鉴别诊断等层次的书写方法,而是着重介绍螺旋CT特有的应用原理,方法和价值,以及在各个系统疾病诊断中的优势和技术推荐。三维CT、CT模拟现实技术、CT内镜、CT灌注成像、经动脉插管CT动脉造影技术和临床应用均有详细介绍。

本书内容充实、新颖,文字流畅,图片清晰,符合国内实际,可读性强,实用性强。本书详细介绍了国内外螺旋CT相关技术的新进展,是一部有相当学术水平的高级参考书,可供医学影像学专业及临床各科医务工作者参考。

我愿将本书推荐给广大读者。

螺旋CT在硬件和软件上仍在飞速发展,新技术将不断出现,而且在编写中也难免有不足之处,望海内外同道们不吝批评指正,共同提高。

吴恩惠

1999年10月1日

序 2

螺旋CT是CT技术上的一大飞跃。扫描速度快、能获取容积图像数据并可以用任意间隔回顾性重建轴面图像,使过去CT无法实现的CT三维成像、CT血管成像得以实现,发展出CT仿真内窥镜、CT透视与CT实时成像等更为崭新的技术。由于这些划时代的进展,近年来螺旋CT备受推崇,应用日益广泛。螺旋CT已逐渐取代普通CT在影像学领域的主流地位。

从目前国内富裕地区的县市级医院CT设备更新换代的信息上来看,螺旋CT已成为大多数医院的第一选择,并在我国迅速推广。因此,为了适应螺旋CT这一迅速发展的趋势及广大影像学医师和临床医师再学习和更新CT知识的需要,编写一部紧跟时代发展并适合我国实际情况的《螺旋CT诊断学》就成为摆在影像学界面前的一个重要任务。

中山医科大学肿瘤医院是国内较早应用全身CT和螺旋CT的医院。自1994年引进双螺旋CT迄今,已积累了螺旋CT资料10余万例,这是本书材料的主要来源。为了从多个侧面反映螺旋CT临床应用的全貌,使本书内容更臻完善,他们又联合中山医科大学附属第一医院、广东省人民医院、广州中医药大学附属广东省中医院、广州市第一人民医院等综合医院参与编写。参与编写的都是各医院具有较丰富经验和勇于探索、创新及努力钻研的中青年专家。因此该书也是由该方面的中青年专家,根据他们多年来开展螺旋CT临床工作的实践经验和所积累的大量照片资料,集体编辑而成的一部全面、系统的螺旋CT著作。

本书分9章40节,60万余字,螺旋CT照片图1000余幅,可称图文并茂。书中为了避免与传统CT诊断学在内容上的重复,除第一、二、三章介绍螺旋CT基本原理和CT多平面重建、三维CT、CT血管造影、CT内镜及CT透视、CT灌注成像等新的特殊成像技术和第九章专门讨论动脉造影螺旋CT的应用外,其余各章均以螺旋CT在常规临床应用上的优势为中心,分别评述全身各部位螺旋CT检查的技术特点和临床应用的价值。

我逐句逐图阅读过全书书稿,深感其内容新颖、材料丰富,既有相关理论知识的阐述和国内外先进成就的介绍,又有自己独到的经验总结和研究成果的引证,充分反映了当前国内外螺旋CT诊断的新概念、新特点和新趋势,确为一部有相当学术水平和实用价值的高级参考书。

我愿向广大读者推荐此书,并相信它的出版对开展螺旋CT工作的同仁们能提供切切实实的帮助;也有助于对其他影像学工作者和临床医师了解螺旋CT临床应用的概况。

由于编者和审阅者的经验和水平限制,该书还难免有不足之处。在推荐此书的同时,我衷心希望同行专家和读者能对其提出宝贵意见和积极建议,以便再版时参考、修改和补充。

方 昆 豪

1999年10月20日

前言

20世纪90年代,普通常规CT逐渐被螺旋CT取代,这是CT发展史上又一重大进步。螺旋CT的特点是扫描速度快,一次憋气即可获得胸部甚至胸腹部全部容积扫描资料,避免了常规CT因呼吸运动而造成的病变遗漏,并能在注射造影剂的“黄金”时期进行CT扫描,使螺旋CT血管造影成为一个重要的应用领域。三维成像、仿真内镜等功能更受临床医师的欢迎和赏识。

螺旋CT在中国已引进上百台,在各大医疗中心已渐普及。中山医科大学肿瘤医院应用CT已有17年历史。自1994年引进双螺旋CT后,共积累了10余万例螺旋CT扫描的经验。中山医科大学附属一院及广州市第一医院等均为国内较早应用螺旋CT的医院,具有丰富的经验。为满足广大读者学习和掌握螺旋CT临床应用知识的迫切需要,笔者组织国内该方面二十余位专家及影像工作者,根据自己的经验和资料,并吸纳国内外学者的先进经验和最新成果,从介绍原理、概念入手,以常见病变的临床应用为重点,编写了这本专著,希望对螺旋CT的普及和应用有所裨益。

全书共分九章,根据螺旋CT的特点及优势,重点介绍了头颈部、胸腹部螺旋CT的应用情况。螺旋CT的软件及硬件的迅速发展,能够获得常规CT难以比拟的三维图像、CT血管造影、CT仿真内镜和CT透视技术,故本书专辟一章详细介绍。本书书末还附有索引,便于进行查找。

医学影像学领域的发展日新月异,编写一本紧跟时代发展的专著是非常困难的。本书于1998年10月完稿,由于螺旋CT技术发展迅速,为使本书更趋完善、充实,更具先进性,在多位影像学专家和广东科技出版社的热情关心和支持下,增添了有关螺旋CT最新技术进展和应用的章节和内容,如动脉造影螺旋CT、CT模拟现实技术、CT透视、CT灌注成像、多层CT及螺旋CT与电子束CT的比较等。因此,作者对本书未能及时与读者见面表示深切的歉意,并对一直关心本书的读者们表示衷心的感谢。

在本书的编写过程中,得到了吴恩惠教授热情帮助和悉心指导。吴恩惠教授对本书提出了许多宝贵、具体的意见。在此,我们表示深深的感谢和无限的敬意。

我们感谢郑国梁教授、曾其祥教授长期以来对我们的谆谆教诲。

本书的编写还得到了方昆豪教授、许达生教授、林浩皋教授的热情指导和帮助。我们在此表示衷心感谢。

我们还感谢陈苑琴帮助整理文本,卓水清及徐志斌帮助图片摄影,感谢中山医科大学肿瘤医院影像介入科全体工作人员给予的大力支持。

鉴于编者的经验和水平所限,书中难免会有一些缺点和错误,我们诚恳地希望读者批评和指正。

1999年是我国放射学的奠基人和开拓者,也是我们的老院长、老主任谢志光教授华诞一百周年。我们谨以此书献给:

我国放射学的一代宗师——谢志光教授!

吴沛宏

1999年10月

于中山医科大学肿瘤防治中心

目 录

第一章 螺旋 CT 的基本知识和最新进展	1
第一节 基本原理及图像后处理的特殊功能	1
一、基本原理和知识	1
二、螺旋 CT 图像后处理的特殊功能	4
第二节 螺旋 CT 的技术条件	7
一、滑环扫描架	7
二、探测器	8
三、高压发生器与 X 线球管	8
第三节 螺旋 CT 的优势及最新技术进展	8
一、螺旋 CT 的优势	8
二、螺旋 CT 发展的三部曲	9
三、多层螺旋 CT 主要技术简介	10
四、多层螺旋 CT 的临床应用优势	10
五、多层螺旋 CT 的综合评价	11
第四节 螺旋 CT 与电子束 CT 的比较	11
一、电子束 CT 的原理与结构	11
二、螺旋 CT 与电子束 CT 的比较	13
第二章 螺旋 CT 检查中造影剂的应用	15
第一节 CT 造影剂及其副作用的处理	15
一、CT 造影剂的种类与结构	15
二、造影剂的体内过程	15
三、碘造影剂毒副作用的防治	16
第二节 造影剂的药代动力学	19
一、CT 造影检查的历史与现状	19
二、单期相注射法和双期相注射法	20
第三节 CT 造影增强扫描的临床应用	20
一、头部和颈部	20
二、胸部	21
三、肝脏	21
四、胰腺	22
五、肾脏	22
六、腹主动脉	24
七、脾脏	24
八、膀胱	25
第三章 三维 CT、CT 血管造影、CT 内镜、CT 透视及 CT 灌注成像	26
第一节 三维 CT、CT 血管造影、CT 多平面重组简介	26
第二节 三维 CT、CT 血管造影、CT 多平面重组的成像方法	26
一、扫描方法	26
二、造影方法	27
三、成像方法	27
第三节 三维 CT、CT 多平面重组及 CT 血管造影的临床应用	34
一、3DCT 的临床应用	34

二、SCTA的临床应用	50
三、MPR的临床应用	69
第四节 CT 仿真内镜成像技术及临床应用	74
一、CT 仿真内镜的成像原理	74
二、CT 仿真内镜的成像方法和步骤	74
三、CT 仿真内镜成像的表现与临床应用	75
第五节 CT 透视(实时图像显示)	80
一、CT 透视的基本原理	80
二、CT 实时显示或CT 透视的临床应用	80
第六节 三维虚拟现实在外科学中的应用	81
一、虚拟现实(VR)概述	81
二、VR 在外科手术规划中的应用	82
三、VR 在外科学中的应用前景及局限	83
第七节 CT 灌注成像的原理及临床应用	86
一、基本原理及方法	87
二、临床应用	89
三、存在的问题及展望	90
第四章 脑部及头颈部螺旋CT	96
第一节 螺旋CT 在颅脑及头颈部应用的优势及技术推介	96
一、螺旋CT 在颅脑及头颈部应用的优势	96
二、颅脑及头颈部螺旋CT 扫描的技术推介	96
第二节 螺旋CT 在颅脑疾病诊断上的应用	98
一、颅脑疾病的多维成像	98
二、颅脑疾病的SCT 血管造影	98
第三节 螺旋CT 在头颈部疾病诊断上的应用	107
一、颅底区疾病	107
二、鼻咽肿瘤	108
三、鼻窦疾病	127
四、口腔和口咽疾病	127
五、耳部疾病	128
六、腮腺疾病	128
七、喉癌	135
八、甲状腺疾病	136
九、颈部血管性疾病和神经源性肿瘤	136
十、颈部淋巴结疾病	136
第五章 胸部螺旋CT	149
第一节 螺旋CT 在胸部疾病应用的优势及技术推介	149
一、螺旋CT 在胸部疾病应用的优势	149
二、胸部螺旋CT 的技术推介	150
第二节 正常肺的HRCT 解剖	151
一、正常气管及支气管	151
二、正常肺血管	151
三、小叶间隔及叶间裂	151
四、肺小叶	151
第三节 螺旋CT 对支气管肺癌的诊断价值	153
一、孤立性肺结节	153

二、中央型肺癌的 CT 诊断	158
三、特殊类型肺癌的 CT 表现	161
四、肺癌的临床分期	162
五、螺旋 CT 在外科及放射治疗前模拟定位中的应用	164
六、肺癌术后复发	164
第四节 螺旋 CT 对转移性肺结节的诊断价值	167
第五节 螺旋 CT 及 HRCT 对肺部感染性病变的诊断价值	167
一、肺结核	167
二、支气管扩张	168
三、肺真菌感染	169
第六节 螺旋 CT 及 HRCT 在肺间质病变诊断中的应用	169
一、放射性肺损伤	169
二、间质性肺炎	170
第七节 螺旋 CT 在纵隔病变诊断上的应用	171
一、正常结构在螺旋 CT 显示上的假象和变异	171
二、纵隔 CT 血管成像(SCTA)的应用	172
三、纵隔肿瘤的螺旋 CT 评价	173
第六章 腹部螺旋 CT	179
第一节 螺旋 CT 在腹部疾病应用的优势及技术推介	179
一、螺旋 CT 在腹部疾病应用的优势	179
二、腹部螺旋 CT 的技术推介	179
三、腹部常规检查	182
四、胸部、腹部、盆腔联合扫描	182
五、正常结构在螺旋扫描上显示的特殊情况	183
第二节 螺旋 CT 在肝脏疾病诊断上的应用	185
一、肝脏螺旋 CT 增强扫描	185
二、肝脏肿瘤的螺旋 CT 评价	186
三、肝脏良性肿瘤和肿瘤样病变	187
四、肝脏恶性肿瘤	191
五、肝脏弥漫性实质病变	196
六、肝脏局灶性实质疾病	200
七、肝脏脉管系统受累	200
第三节 螺旋 CT 在胰腺及胆道疾病诊断上的应用	204
一、胰、胆道螺旋 CT 扫描方案	205
二、胰腺肿瘤	205
三、胆道梗阻性病变	212
四、术后评价	220
五、急性胰腺炎	220
六、假性囊肿	220
七、慢性胰腺炎	220
第四节 螺旋 CT 在脾脏疾病诊断上的应用	224
一、脾脏螺旋 CT 扫描方案	224
二、脾脏正常结构在螺旋 CT 扫描上的特征	224
三、脾脏肿瘤	225
四、感染性疾病	225
五、外伤	225
六、血管疾病	227

第五节 肾脏螺旋 CT 的应用评价	227
一、检查技术	227
二、肾脏正常 CT 解剖	229
三、肾脏囊性病变	229
四、肾肿瘤	229
五、肾血管性病变	241
六、肾脏炎性病变	241
七、肾绞痛与肾外伤	244
八、活检及手术方案的制定	245
九、肾移植	245
第六节 肾上腺螺旋 CT	248
第七节 腹膜肿瘤和腹膜后肿瘤螺旋 CT 的应用	252
一、螺旋 CT 检查技术和方法	252
二、腹膜肿瘤的螺旋 CT 诊断	252
三、腹膜后肿瘤的螺旋 CT 诊断	256
第七章 盆腔螺旋 CT	266
第一节 螺旋 CT 在盆腔疾病应用的优势及技术推介	266
一、螺旋 CT 在盆腔疾病应用的优势	266
二、技术推介	266
第二节 螺旋 CT 在妇科肿瘤诊断上的应用	267
一、卵巢癌	267
二、宫颈癌	270
三、子宫内膜癌或子宫体癌	270
四、其他妇科肿瘤	270
第三节 螺旋 CT 在膀胱和前列腺肿瘤诊断上的应用	274
一、膀胱肿瘤	274
二、前列腺癌	274
第四节 螺旋 CT 在盆腔其他病变诊断上的应用	274
一、尿路结石	274
二、女性盆腔炎性病变	277
第八章 骨骼、肌肉系统螺旋 CT	278
第一节 螺旋 CT 在骨骼、肌肉系统上应用的优势及技术推介	278
一、螺旋 CT 在骨骼、肌肉系统上应用的优势	278
二、技术推介	278
第二节 螺旋 CT 在骨创伤诊断上的应用	280
一、肩创伤	280
二、胸骨及胸锁关节创伤	280
三、腕部创伤	281
四、肘部创伤	281
五、膝部创伤	281
六、踝部创伤	283
七、脊柱创伤	283
八、骨盆创伤	287
九、颌面创伤	287
第三节 螺旋 CT 在软组织及肌肉病变诊断上的应用	291
一、炎症和感染性病变	291

二、肿块性病变	292
第四节 螺旋 CT 在骨肿瘤和炎性病变诊断上的应用	295
一、骨肿瘤	295
二、骨髓炎	299
第九章 动脉造影螺旋 CT	302
第一节 肝脏动脉造影螺旋 CT 扫描	302
一、SCTAP、SCTHA 检查方法	302
二、肝动脉造影螺旋 CT 与双期增强扫描的比较	302
三、微小肝癌	306
四、SCTAP、SCTHA 的正常或良性“灌注异常”	309
五、经药盒行 SCTHA	310
六、小结	310
第二节 胰腺动脉造影螺旋 CT 扫描	310
索引	315

第一章 螺旋CT的基本知识和最新进展

螺旋CT采集数据的方式和图像重建方法与普通CT不同,螺旋CT扫描是基于一些CT软硬件系统技术革新基础上得以实施的。本章主要介绍有关螺旋CT的基本原理、图像后处理的特殊功能及技术条件、螺旋CT的优势及最新发展(包括多层螺旋CT),最后简要叙述电子束CT的技术特点和临床应用。

第一节 基本原理及图像后处理的特殊功能

一、基本原理和知识

(一) 螺旋CT (Spiral CT, SCT) 的概念

常规CT扫描采取停-进原则,即CT扫描采集数据时,病人扫描部位处于静止状态,第一次扫描采集结束时检查床移动至下一层面,再进行第二次扫描采集数据。如此反复进行,每次扫描只能产生一幅横断面图像。

与常规CT扫描不同,螺旋CT扫描时,病人躺在检查床上以恒速通过CT机架,同时X线球管连续旋转并曝光。这样采集的扫描数据分布在一个连续的螺旋形空间内,所以螺旋CT扫描亦称容积CT扫描(Volume CT scanning)^[1, 2]。螺旋的意思为扫描过程中围绕病人旋转的X线束的轨迹呈螺旋状(图1-1-1)。

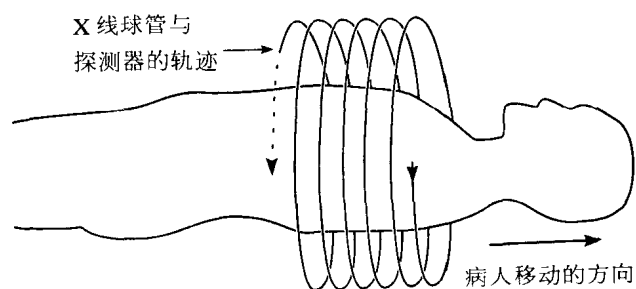


图1-1-1 螺旋CT扫描示意图

(二) 图像重建算法

螺旋扫描数据获得以后,采集的原始数据如按常规方法直接重建,可导致切层厚度不均或倾斜,引起部分容积效应。故需采用新的重建方法——内插算法(Interpolation algorithm)。其简单原理是将相邻的螺旋层面间原始数据进行投影数据的内插运算,然后利用传统的滤波反投影方法重建横断面图像^[1, 2](图1-1-2)。这种重建方式有以下优点:在作回顾性重建时,能任意选择层面位置和层面间隔重建横断面图像,因此可在不增加X线照射量的同时得到任意重叠的图像;重建时间较短,每幅图像的重建仅需要1s~5s。一般应用的内插法有以下几种:

1. 360° 线性内插法(360° Linear interpolation algorithm) 即在X线球管旋转360°的螺旋层面之间进行螺旋投影数据的线性内插处理,此重建算法可使图像噪声降低,但容易使层厚敏感曲线(Section sensitivity profile, SSP)增宽,从而产生容积效应和伪影,导致图像纵向分辨率(Longitudinal resolution)降低^[3, 4]。

2. 180° 线性内插法(180° Linear interpolation algorithm) 与180° 高位内插法(180° Higher-order interpolation algorithm) 重新安排投影数据并在180° 完成内插运算。因所采用的原始数据更接近垂直的断面,并减少了重建每幅图像的原始数据(图1-1-3),从而降低了容积效应和伪影,增加了纵向分辨率,并可行螺距(Pitch)大于1的螺旋扫描,以增加螺旋扫描的范围(图1-1-4)。但因减少了重建的数据,图像噪声有所增加^[3]。

Pitch是指螺旋扫描时球管旋转一圈检查床移动的距离与X线准直器宽度(即层厚)的比值,是影响螺旋扫描的重要技术参数。

(三) 图像的质量和特性

1. 噪声(Noise) 图像噪声是根据结构均匀兴趣区的像素值的标准偏差(Standard deviation)来测

定的。实验表明,在准直器宽度及射线剂量相同的前提下,360°线性内插法的象素噪声(Pixels noise)比常规CT扫描降低17%~18%,其原因是螺旋CT与常规CT相比,前者X线光子接收量相对增加。180°内插法因X线光子接收量减少,其象素噪声比360°内插法增加12%~13%(线性内插法)与29%(高位内插法)。如果X线球管功率小而致不能提高射线剂量,则可形成可视噪声,这一问题可随着大功率X线球管的应用而得到解决^[3]。

2. 低对比分辨率(Low-contrast resolution) 如上所述,在扫描条件完全相同的前提下,螺旋CT的X线光子接受量比常规CT相对增加。因此用360°线性内插法重建图像的低对比分辨率比常规CT增加14%~19%,故螺旋CT更适合于软组织的检查。

3. 层厚敏感曲线(SSP) SSP是指横断层面厚度轮廓的特性曲线。它是螺旋CT的特征参数,它决定着图像的纵向分辨率。通常用一条接近矩形的曲线表示它,其测量值一般是指曲线半高点的宽度(Full width half maximum, FWHM)。FWHM值的增大,可产生容积效应和伪影,导致纵向分辨率降低。理论上被观察物体的断层厚度与FWHM是完全相等的。但因受到几何模糊与二次辐射的限制,即使常规CT也只能使两者接近相等,螺旋CT则变化更大。螺旋CT的实验数据表明,随床速和准直器宽度的不同SSP可有相应程度的变化。当准直器宽度=10mm时,如床速与准直器宽度相等(Pitch=1),则SSP的半高点最大宽度(FWHM)在360°内插法时增大约30%,180°内插法时无明显增大;当床速为准直器宽度的0.7时(Pitch=0.7),使用360°内插法,FWHM只增大10%;当床速是准直器宽度的2倍时(Pitch=2),使用360°内插法,FWHM增加1倍多,使用180°内插法仅增加40%(图1-1-5)。当准直器宽度≤2.5mm时,不论Pitch=1或=2,使用360°或180°内插法,FWHM都无明显增大(图1-1-6)。因此,在螺旋CT扫描时,如用较大准直器宽度,应尽量采用Pitch≤1或180°内插法;当准直器宽度较小时,可选用Pitch≥1和360°内插法。这样便可保证纵向分辨率尽可能少受影响^[3-5]。

4. 伪影(Artifact) 指在被扫描物体中并不存在而在图像中却显示出来的各种不同类型的影像。与螺旋CT有关的伪影有内插伪影与阶梯状伪影^[6, 7]。

(1) 内插伪影(Interpolation artifact): 也叫做散裂伪影(Break-up artifact),是由于内插运算所致,为螺旋CT特有。多出现在横断面图像密度差别很大的两种组织接触面间,如骨边缘与软组织间,表现为接触面不规则的散裂状伪影。这种伪影多在准直器宽度和Pitch较大时出现,因此在临床实践中一般选用较小的Pitch。

(2) 阶梯状伪影("Stairstep" artifact): 亦为螺旋CT特有。此伪影在二维与三维重建图像的纵向结构上最显著。准直器宽度与床距(Table increment)对阶梯状伪影影响较大。床距是指球管旋转一周检查床移动的距离。床距和准直器宽度越大,阶梯状伪影越明显。线性与非线性内插法均可出现阶梯状伪影。

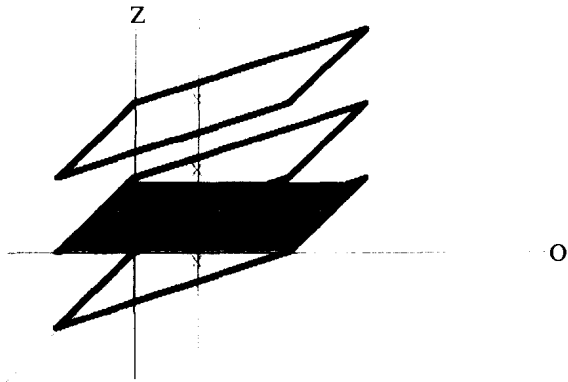
(四) 技术参数的选择

与常规CT相比,螺旋CT扫描时,操作者可选择更多的扫描参数来影响图像质量。如扫描时间、准直器宽度及Pitch等。另外在图像重建时,还可选择横断面图像的间隔。

1. 扫描时间 扫描时间取决于病人屏气能力与螺旋CT机的性能。有的CT机仅有一次螺旋扫描的编程,扫描之后重新编程需几分钟,对屏气能力差、不能在一次螺旋扫描时间内一次屏气的病人,会明显延长扫描时间,影响增强检查的质量。有的CT机则具备多螺旋扫描序列的编程,可连续作2次~3次螺旋扫描,单次扫描后允许病人有短暂的呼吸间歇(图1-1-7),这对不能长时间屏气的病人或大范围扫描(如胸部与腹部联合扫描等),虽然扫描时间延长也可获得高质量的图像。

如果用降低球管电流的方法来延长螺旋扫描时间,会增加图像噪声,不利于腹部、盆腔等密度较高部位的扫描及需用薄层(2mm~3mm)扫描的螺旋CT血管造影(Spiral CT angiography, SCTA)。因此,最好是将扫描范围分为较小的亚段来分次扫描,这样既可给病人以短暂的呼吸间歇,又可使球管有足够的冷却时间,实现较高球管电流的扫描。

2. 准直器宽度与床速 准直器宽度视所扫描的部位与器官而定。以下的准直器宽度适用于螺旋扫描



T

图 1-1-2 螺旋CT横断面图像重建(内插法)示意图

黑色平面为内插法重建出的横断面,白色平面为用采集数据直接重建的断面

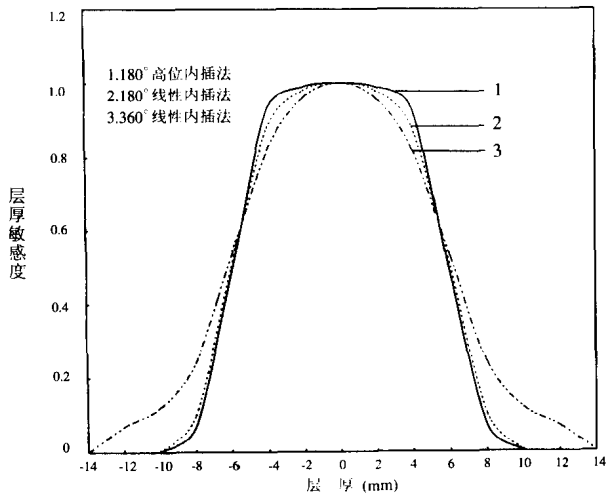


图 1-1-4 层厚=10mm, Pitch=1时,三种内插法所得的层厚敏感曲线(SSP)示意图

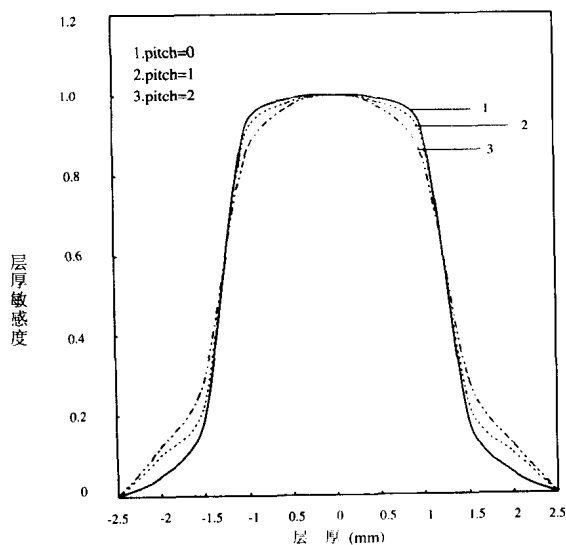


图 1-1-6 层厚=2.5mm, 360°内插法时,不同Pitch所得的层厚敏感曲线(SSP)示意图

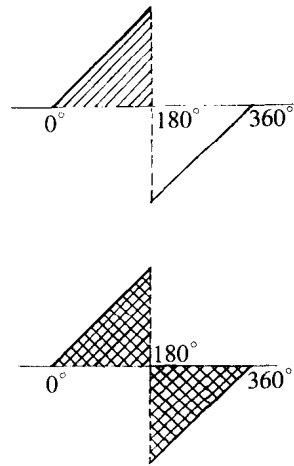


图 1-1-3 180°内插法与360°内插法重建所用的螺旋扫描区域直观示意图

斜线区为180°内插法所用的螺旋扫描区域。网线区为360°内插所用的螺旋扫描区域

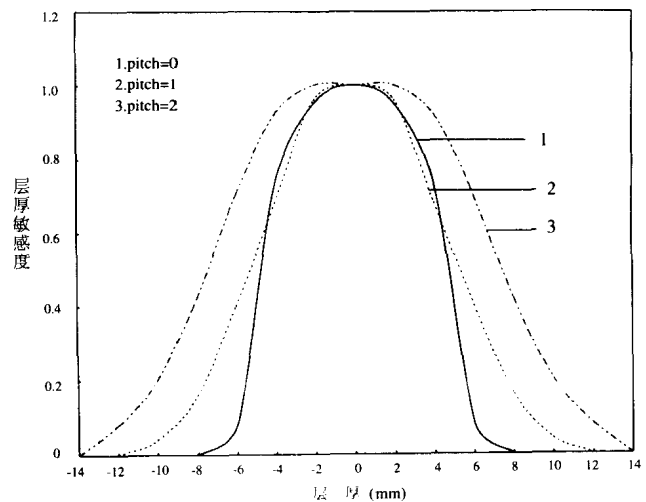


图 1-1-5 层厚=10mm, 360°内插法时,不同Pitch所得的层厚敏感曲线(SSP)示意图

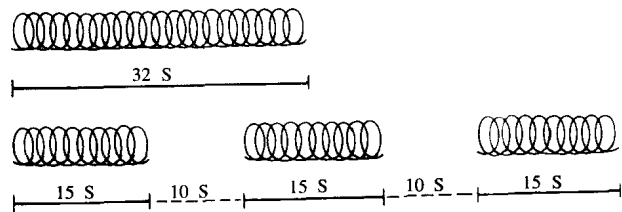


图 1-1-7 单个与多个螺旋CT扫描方法

与常规CT扫描: 2mm~3mm用于小的结构,如肾动脉与小肺结节等,颈部常规用5mm,胸部8mm~10mm,腹部8mm~10mm。

如果球管旋转一周的时间为1s,床距可称为床速。此时,床距=螺距×准直器宽度。一般设定床距=准直器宽度 (pitch=1)。如果床距为准直器宽度的2倍 (pitch=2),使用180°内插法,虽然纵向分辨率稍降低,但还是可以接受的。

表1-1列出了床距与准直器宽度的不同组合所能获得的扫描覆盖范围,有助于操作者选定螺旋扫描参数。扫描覆盖范围为床速与螺旋扫描时间的乘积。

用较小的准直器宽度扫描,如果用180°内插法,可选用的Pitch为2。如用30s扫描时间扫描15cm长的范围,球管旋转一周的时间为1s,床速定为5mm/s。可选择5mm准直器宽度与Pitch为1,或3mm准直器宽度与Pitch为1.67。这2种组合都可得到相同的扫描范围。分辨率要求较高的螺旋扫描如CT血管造影(CTA),应选择3mm的准直器宽度。因3mm准直器宽度与1.67的pitch的有效层面厚度小于5mm准直器宽度与Pitch为1的有效层面厚度。但噪声是不可避免的。因较小的准直器宽度,用180°内插法可增加噪声,另外若延长螺旋扫描时间而降低球管电流亦使噪声增加。

表 1-1 扫描时间为 30s, 不同准直器宽度、床速与螺距组合所得的扫描范围

准直器 宽 度	床 速 (mm/s)															
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
2mm	6cm (1.0)	9cm (1.5)	12cm (2.0)													
3mm		9cm (1.0)	12cm (1.33)	15cm (1.67)	18cm (2.0)											
4mm			12cm (1.0)	15cm (1.25)	18cm (1.5)	21cm (1.75)	24cm (2.0)									
5mm				15cm (1.0)	18cm (1.2)	21cm (1.4)	24cm (1.6)	27cm (1.8)	30cm (2.0)							
7mm						21cm (1.0)	24cm (1.14)	27cm (1.29)	30cm (1.43)	33cm (1.57)	36cm (1.71)	39cm (1.86)	42cm (2.0)			
8mm							24cm (1.0)	27cm (1.12)	30cm (1.25)	33cm (1.37)	36cm (1.5)	39cm (1.62)	42cm (1.75)	45cm (1.87)	48cm (2.0)	

注: 球管每旋转 360° 的时间为 1 秒, 括号内的数据为螺距。

3. 重建间隔 重建间隔是指相邻两层面中心之间的距离,亦称为层距。它决定重建过程所需的时间、重建图像数目、图像储存的内存空间与纵向分辨率。重建间隔越小,重建过程所需的时间越长,重建图像数目越多(图1-1-8),图像储存所需的内存空间越大,但可得到高度重叠的横断面图像而提高纵向分辨率。因此,重建间隔减小可在不增加X线照射量的同时提高纵向分辨率(图1-1-9)。理论与实践表明,每一准直器宽度重建1幅图像适用于常规诊断;每一准直器宽度重建2幅~3幅图像可接近理论上的最大纵向分辨率,适用于三维图像重建。

重建间隔减小还可提高小病灶的检出率。如图1-1-8所示:重建间隔与准直器宽度相同,各层图像间无重叠,若病灶中心正好在2层图像之间,可因部分容积效应而显示不清。取重建间隔为1/2准直器宽度,重建图像间有50%重叠,病灶可落在重叠层面的中心而被显示。

二、螺旋CT图像后处理的特殊功能

螺旋CT扫描获得的容积数据除可得到高质量的横断面图像外,还可行多平面重组(Multiplanar reformation, MPR)与三维重建(3 dimensional reconstruction, 3D)。2种图像处理功能均是在横断图像基础上,对某些或全部扫描层面进行重组与重建。第一步是进行图像数据的纵向内插运算,使各向异性的

体素 (Voxels) 转化为各向同性的体素 (图 1-1-10), 再行进一步的图像数据后处理。整个过程由特殊的计算机软件系统完成。

各向异性的体素指在横切面上沿Z轴方向的高度大于其它方向的高度。各向同性的体素指在横切面上3个方向的高度相等。

(一) 多平面重组

常规CT扫描亦具此功能, 是利用计算机将各个不同层面的像素 (Pixels) 重新排列的技术, 与图像重建是完全不同的概念。重建是用计算机对原始数据进行运算得到显示数据矩阵 (Matrix)。重组是将已有的各层面中的有关显示数据取出来重新组合成为新的层面: 矢状面、冠状面、斜面及任意曲面的图像。常规CT扫描要得到高质量的重组图像, 须先行重叠的薄层扫描, 增加了病人X线照射量, 若体部扫描, 须严格控制病人呼吸深浅度。螺旋CT一次屏气采集原始数据, 重建高度重叠的横断面图像, 进一步重组出高质量的多平面图像, 不增加X线照射量, 亦排除了呼吸运动伪影影响。但无论常规CT还是螺旋CT扫描, 重组的图像质量比不上直接重建的图像质量。

曲面重组 (Curved planar reformation) 是一种特殊的多平面重组方式: 在横断图像、矢状、冠状重组图像及三维图像上指定曲面, 然后将其延伸到整个采集到的数据系列。曲面重组图像上的灰阶代表着X线衰减值, 可以显示血管行程的连续性, 使血管重叠所造成的混淆消除。对于观察可能掩盖部分通畅管腔的偏心性钙化或可能掩盖靶血管的重叠结构非常有用。

(二) 三维重建

1. 三维重建的概念与技术 螺旋CT扫描工作方式除了比常规CT扫描有更高的工作效率外, 更重要的是获得了三维的信息, 增加了信息处理内容和灵活性, 可得到真正的三维重建图像。

三维重建是指螺旋CT扫描所获得的原始数据经计算机程序处理, 在X、Y轴的二维图像上对Z轴 (立体轴) 进行投影转换及负影显示处理, 以重建出直观的立体图形^[8]。具体技术有: 表面遮盖显示 (Shaded surface display, SSD)、最大密度投影 (Maximum intensity projection, MIP)、最小密度投影 (Minimum intensity projection, MinP)、腔内重建技术、容积显示 (Volume rendering)、射线总和投影 (Ray-sum projection) 等。其中 SSD 与 MIP 应用最广泛。

(1) 表面遮盖显示 (SSD): 通过确定兴趣区所要显示结构的实际密度所包含的最高和最低CT值, 设定最高及最低阈值水平, 然后标定兴趣区所要显示的结构, 重建程序将根据代表该结构密度范围对所有邻近像素进行识别, 将阈值范围内的连续性像素构筑成单个的三维结构模型, 产生一个标记的成像源以显示用灰阶编码的表面显示图像。可以用多个CT阈值进行 SSD, 并对不同CT值的结构用彩色显示。SSD 能极好地显示复杂结构, 尤其是结构重叠区域的三维关系。但是这种以CT阈值为参数的图像处理, 丧失了大量与X线衰减有关的信息, 对设定阈值以外的像素不能显示, 小的血管也难以显示, 重度狭窄可表现为血管腔闭塞, 血管壁钙化和管腔内造影不能区分, 所以对狭窄的管径和长度有可能显示不清, 尤其在只设定单一阈值水平而不是阈值范围时。

(2) 最大密度投影 (MIP): 经过纵向内插处理的图像数据的矩阵在预先选择的视角上根据投影射线上的容积数据产生图像 (图 1-1-11)。在三维投影显示图上对每条射线上的最高密度进行编码, 因此 MIP 灰阶就能够反映相对的X线衰减值。它不同于 SSD 法, 无CT阈值选择, 保证了信息无遗漏, 微小的密度变化也可以得到适当的显示。MIP 重建的立体图像可沿一固定轴连续旋转, 得到多角度 MIP 图, 形成电影图像链。沿 X 轴旋转的 MIP 称为 MIPx, 沿 Y、Z 轴旋转的分别称为 MIPy、MIPz。

MIP 可以得到类似血管造影的图像, 即使是小的血管, 由于它设定的CT值高于邻近组织, 可以清楚显示。严重的狭窄与闭塞、血管壁钙化斑与管腔内的造影剂亦可以区分开来。此法的单纯投影成像不能对深在的结构关系进行编码, 因此对重叠的血管不能显示, 且不能清楚地显示解剖结构的三维空间关系。这一缺陷可以用绕轴旋转的 MIP 使深部结构的关系得到适当显示来克服。

(3) 最小密度投影 (MinP): 此技术是在三维投影显示图上对每条射线上的最小密度进行编码, 其原

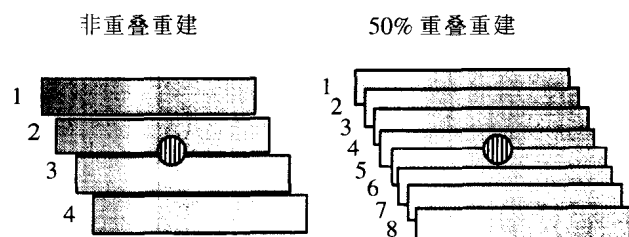


图 1-1-8 螺旋 CT 横断面 2 种重建 (非重叠重建与重叠重建) 结果示意图

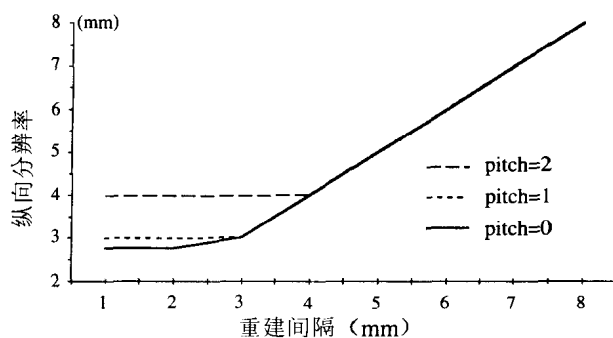


图 1-1-9 重建间隔与纵向分辨率关系

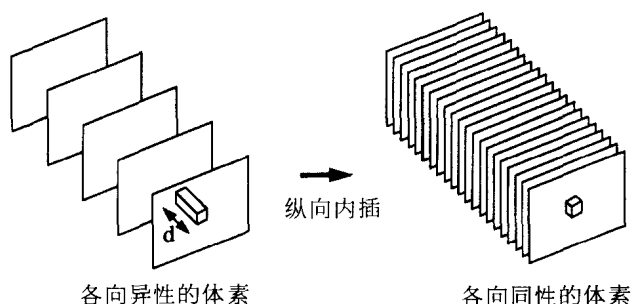


图 1-1-10 螺旋 CT 特殊重建的第一步: 纵向内插处理

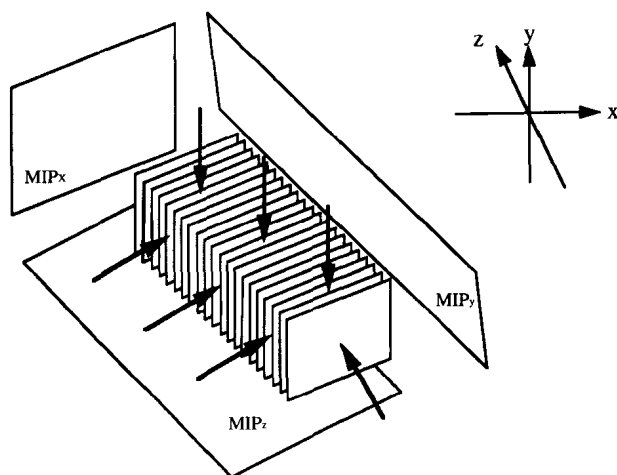


图 1-1-11 最大密度投影成像示意图

理与 MIP 相似。主要用于气道的显示, 偶尔也用于肝脏增强后肝内扩张胆管时显示。

(4) 腔内重建技术: 在螺旋 CT 连续扫描获得的容积数据基础上调整 CT 阈值及组织透明度, 使不需要观察的组织透明度为 100%, 从而消除其影像; 而需要观察的组织透明度为 0, 从而保留其图像。再调节人工伪彩, 即可获得类似纤维内镜观察的仿真色彩。并依靠导航方法显示管腔内改变, 故亦称为仿真内镜技术 (Virtual endoscopy, VE)。可用于鼻腔、鼻窦、喉、气管、支气管、结肠、膀胱、主动脉腔壁的显示观察。

(5) 容积显示 (Volume rendering): 此技术的特点是将所有的容积数据用于三维图像显示, 而上述重建技术只利用约 10% 的容积数据。它主要优点是能显示重叠的组织结构和血管腔, 提供了正常组织、肿瘤和血管较全面的三维空间关系。但由于数据多, 占用计算机容量较大, 重建较慢。

(6) 射线总和投影 (Ray-sum projection): 显示沿观察者视线上的总和像素值 (Pixels value), 能显示组织内部结构, 类似透视图像, 对显示重叠血管和空腔脏器十分有利。

高密度结构如骨、金属植入体或显著强化的脏器实质均可在 MIP 与某些 SSD 上掩盖靶结构, 需用手工或半自动化方法去除这些高密度结构。较快的手工操作方法是成将容积分成多片, 对每片进行从头向足方向 (Z 轴方向) 的 MIP, 在每一片上勾划出兴趣区, 并扩展到代表该片的所有横断面上。半自动化技术应用三维图像的连续性确定阈值范围内的连续像素, 以手动方法将“种子”置入欲除去区域的代表性横断面图像上, 然后扩展到预置 CT 值范围内的像素。

2. 影响三维图像质量的因素 准直器宽度、床距、重建间隔、三维重建技术及操作者的操作技巧等因素可影响三维重建图像质量。