

能谱CT

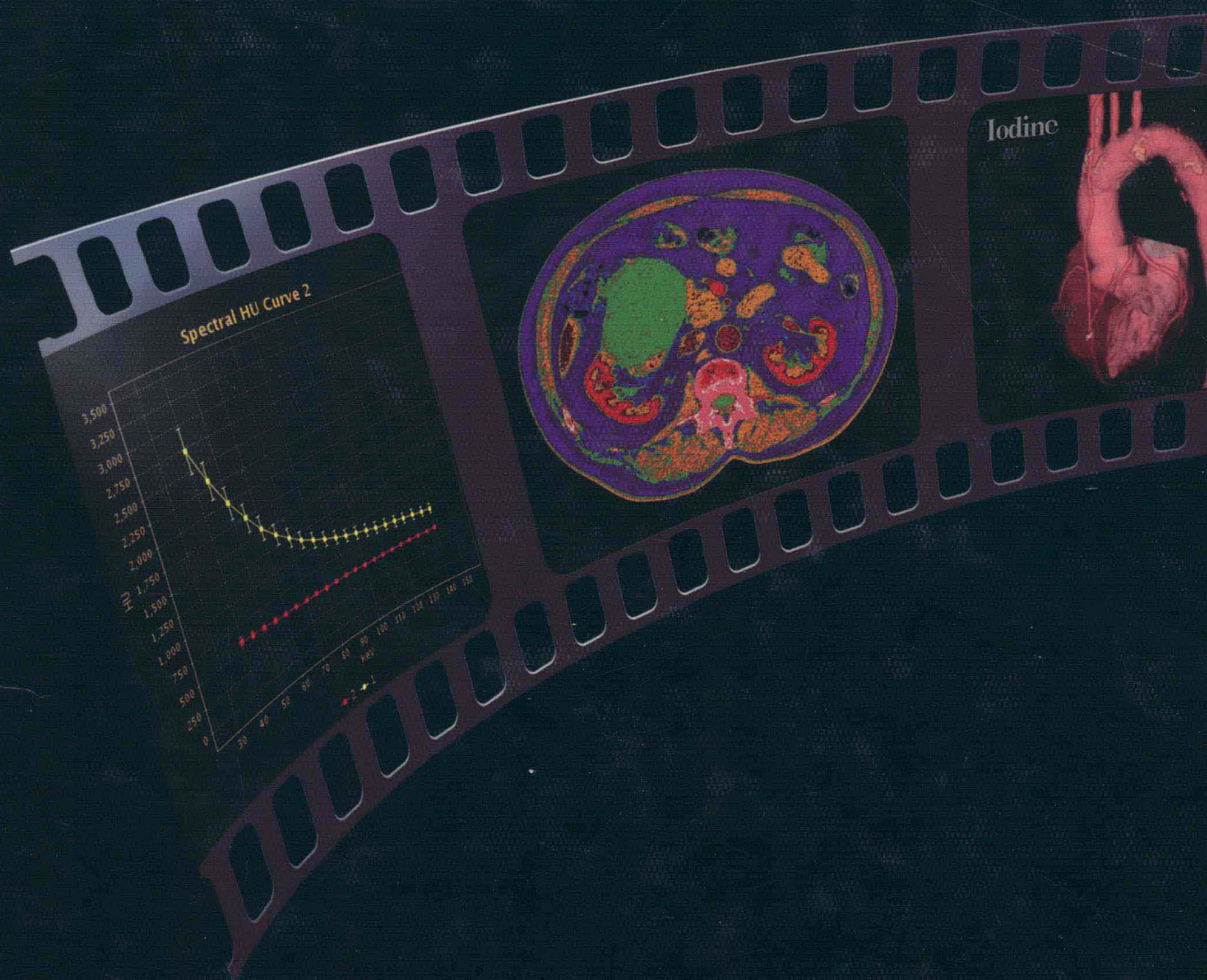
临床应用图谱

Atlas of Clinical Applications of Spectral CT

主 编 刘爱连 沈 云

副主编 董 越 苗延巍

高 娜 曹会志



人民军医出版社

PEOPLE'S MILITARY MEDICAL PRESS

能谱 CT 临床应用图谱

Atlas of Clinical Applications of Spectral CT

主 编 刘爱连 沈 云

副主编 董 越 苗延巍 高 娜 曹会志

编 委 (以姓氏笔画为序)

上野惠子	马春梅	王 升	王 兵	王丽君
王绍武	王海涛	王微微	包如意	刘 丹
刘 婷	刘义军	刘爱连	刘静红	孙 博
孙美玉	李春风	李剑颖	李智勇	町田志彦
汪禾青	沈 云	初建国	张 婷	张丽娜
张茂伟	张竞文	陈 靖	苗延巍	林茂盛
郑邵微	赵 力	郝 丽	倪鸣飞	郭 宁
郭 英	高 娜	唐乐梅	浦仁旺	曹会志
葛 莹	董 越	鞠 烨		

作者单位
大连医科大学附属第一医院
东京女子医科大学东医疗中心
GE 中国 CT 影像研究中心



人民军医出版社

PEOPLE'S MILITARY MEDICAL PRESS

北 京

图书在版编目 (CIP) 数据

能谱 CT 临床应用图谱 / 刘爱连, 沈 云主编, -- 北京: 人民军医出版社, 2012.8
ISBN 978-7-5091-6052-7

I . ①能… II . ①刘…②沈… III . ①能谱 - 计算机 X 线扫描体层摄影 - 图谱 IV . ① R814.42-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 199023 号

策划编辑: 高爱英 文字编辑: 刘海芳 高 磊 责任审读: 谢秀英

出版发行: 人民军医出版社 经销: 新华书店

通信地址: 北京市 100036 信箱 188 分箱 邮编: 100036

质量反馈电话: (010) 51927290; (010) 51927283

邮购电话: (010) 51927252

策划编辑电话: (010) 51927242

网址: www.pmmp.com.cn

印刷: 北京天宇星印刷厂 装订: 恒兴印装有限公司

开本: 889mm × 1194mm 1/16

印张: 22 字数: 643 千字

版、印次: 2012 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

印数: 0001 - 2000

定价: 198.00 元

版权所有 侵权必究

购买本社图书, 凡有缺、倒、脱页者, 本社负责调换



刘爱连, 大连医科大学影像系副主任, 大连医科大学附属第一医院放射教研室主任、放射科主任、主任医师、教授、硕士生导师。1985年毕业于中国医科大学医疗系, 毕业后在大连医科大学附属第一医院放射科从事放射诊断及相关的教学和科研工作至今, 期间先后就读大连医科大学研究生院获硕士学位, 就读中国医科大学获博士学位。擅长消化、泌尿及生殖系统疾病的 CT/MR 诊断, 注重 CT/MR 新技术的临床应用。2010 年引进能谱 CT 后, 组织和带领大连医科大学附属第一医院放射科团队积极探索能谱 CT 在各个系统的临床应用及科研价值, 13 篇研究成果被 RSNA2012 收录。其中多篇文章陆续被《中华放射学杂志》及《中国医学影像技术》等杂志录用。

目前兼任中国医师协会放射分会全国委员; 中华医学会放射分会 MR 学组通讯委员; 中国女医师协会影像分会常委; 中国医学装备协会磁共振成像装备与技术专业委员会常委; 中华医学会辽宁省放射分会常委; 中华医学会大连市放射分会副主任委员; 辽宁省医学影像质量控制中心副主任委员; 辽宁省肿瘤影像质控中心常委; 大连市医学影像质控中心主任委员。担任《实用放射学杂志》、《中国临床医学影像杂志》、《医师进修杂志》、《中国实用护理杂志》编委; 《中华放射学杂志》审稿专家、《中国医学影像学杂志》、《磁共振杂志》通讯编委等职。先后主持或参加各级科研课题 20 项, 其中国家自然科学基金 1 项、国家高技术研究发展计划(863 计划)1 项、并获辽宁省政府科技进步 2、3 等奖、辽宁省教育成果 2 等奖。发表学术论文 40 余篇, 副主编及参编医学专著 7 部。

能谱 CT 是继螺旋 CT 和多排 CT 之后的又一重大的 CT 革命。与单一参数的常规 CT 相比,基物质图像、单能量图像、能谱曲线等多参数成像是能谱 CT 最显著的特征,其独特的多参数成像模式与常规 CT 诊断模式有很大的不同,故理解和熟悉其成像原理、影像表现与应用价值会对 CT 诊断和应用带来很大的帮助。

该书作为国内外的第一本有关能谱 CT 的临床应用图谱,共由 9 章 40 节 201 个病例组成,以图谱形式全面介绍了能谱 CT 的影像表现与应用价值。第 1 章主要回顾了 CT,特别是能量 CT 发展的历程;深入剖析了单源瞬时 kVp 切换能谱成像的基本原理,并介绍了实现该技术所必需的硬件平台、图像分析平台和能量解析技术。第 2 章到第 9 章以丰富的病例为基础的图谱形式全面介绍了能谱 CT 的 4 大应用,即能谱技术去除金属伪影及硬化伪影的临床应用,能谱技术在低对比结构显示、小病灶检出、微细结构显示中的临床应用,能谱技术在血管成像中的临床应用,以及能谱技术的综合临床应用。主要涉及头颈部、胸部、心脏、腹部、骨骼肌肉等领域,从综合诊断的角度阐述了 CT 能谱成像在医源性置入物术后评估、血管性病变以及肿瘤性病变等方面的应用;揭示了 CT 能谱成像在优化图像质量、提高病灶检出率和疾病鉴别能力方面的价值。

本书可作为使用能谱 CT 的影像工作者的案头读物,同时可作为影像科、设备科、临床和其他科室以及医学院校师生的参考书,也可作为想系统了解能谱 CT 临床应用的同行们的入门书。

自 1972 年英国科学家 Hounsfield 博士利用 X 射线成像的原理研制成功横断面成像 CT 并用于临床以来, CT 技术已经经历了数次飞跃式的发展, 其中包括螺旋 CT 的出现和多排探测器 CT 的应用。目前多排 CT 在技术探索层面可以总结为两类, 一个是扫描单位时间里范围的扩大, 不论是从探测器宽度, 还是更快的旋转速度, 提高了临床检查的效率、图像质量和时间分辨率; 另一个就是图像信息丰富性层面的探索, 一次检查, 提供更多的诊断信息, 从研究和临床角度都能让医生和患者受益。以单源瞬时 kVp 切换和宝石探测器为核心的能谱 CT 实际归属于后一种发展方向, 利用整个成像环节的变革, 获得不同 X 线能谱的图像, 为 CT 的发展注入新的生机。任何事物要发展, 都要有内在的动力和追求, 让 CT 图像能够提供更多的临床诊断信息可以说是推动能谱发展的内动力。也让放射学者对 CT 的明天有了多彩的梦想。

组织 X 线吸收率因为 X 线能量不同发生改变, 利用这个物理原理, 使用相应的技术达到能谱分析的目的, 那么 CT 能谱分析能够带来什么结果? 带着以上的问题认真阅读了刘爱连教授主编的《能谱 CT 临床应用图谱》一书, 她利用能谱 CT 得到的临床应用经验, 从多个角度揭示了能谱在临床应用的现状, 将能谱 CT 以真实的面目展现在众人面前。新技术的发展成熟需要一代人甚至几代人花更长的时间去反复探索, 希望能谱成像能像螺旋 CT 的血管成像那样, 像多排 CT 的冠脉成像那样, 为影像学诊断提供新的技术手段, 为影像学科研提供新的技术平台, 为开辟 CT 技术新纪元添砖加瓦。

在此, 祝贺刘爱连教授主编的《能谱 CT 临床应用图谱》顺利出版发行, 为广大放射学同行了解能谱 CT 提供了一条途径, 我相信阅读完此书之后, 将会对能谱 CT 有更深入的理解和认识, 从而为客观评判其临床应用价值提供一些帮助。有鉴于此, 欣然应邀为序。

中国医科大学 副校长

中国医科大学附属盛京医院 院长

郭启厚 教授

序

二

CT 技术发展的前 40 年, 经历过 10 年的实验室阶段, 10 年的非螺旋 (全身成像) 时代, 10 年的螺旋 (血管成像) 时代以及 10 年多排 (冠脉成像) 快速发展阶段, 每一个阶段 CT 都会带来前一个阶段不可触及的临床应用, 下一个 10 年也应该带来以前 CT 不能涉足的应用。此时, 每个人都在勾画着未来 CT 的蓝图, CT 还能为我们提供什么? 空间分辨率、密度分辨率还是时间分辨率? 不可否认这些都很关键, 因为它们是形态学观察不可或缺的因素。但 CT 还需要功能学的信息, 帮助医生更好地研究组织定性。所以当能谱概念提出的时候, 从事影像医学数十年的经验告诉我, CT 迎来了发展的又一个契机。以单源瞬时 kVp 切换为核心技术的能谱 CT 适应了 CT 发展的需求, 代表了 CT 发展的方向。能谱成像通过瞬时的 kVp 切换 (GSI) 进行扫描, 就很容易得到单能量成像及其他多参数的图像或信息, 利用不同物质的不同衰减的性质, 一下子就把应用范围扩大了。同时, 与单一参数的常规 CT 相比, 基物质图像、单能量图像、能谱曲线等多参数成像是能谱 CT 最显著的特征, 其独特的多参数成像模式与常用的 CT 诊断模式有很大的不同, 故理解和熟悉其成像原理、影像表现与应用价值会对 CT 诊断和应用带来很大的帮助。

在这个时候, 我们读到了由刘爱连教授主编的《能谱 CT 临床应用图谱》, 这部专著是国内外第一部有关能谱 CT 临床应用的图谱, 大连医科大学附属一院为这部图谱提供了非常丰富的临床应用的病例, 从综合诊断的角度阐述了 CT 能谱成像在医源性置入物术后评估、血管性病变以及肿瘤性病变等方面的应用; 揭示了 CT 能谱成像在优化图像质量、提高病灶检出率和疾病鉴别能力方面的价值。

总之, 这是一部既有深度又有广度, 形式新颖的专著, 读后受益匪浅。这部专著不仅可作为能谱 CT 用户的案头读物, 同时对于每一位想系统了解能谱 CT 的同行也是一本非常值得一读的入门书。

大连医科大学附属第一医院 放射科

高志谨 教授

CT 的诞生在探索人类奥秘的过程中,跨出了历史性的一大步,加速了放射学的发展,从此医生可以身临其境地观察患者体内的解剖结构,发现和诊断疾病。之后 CT 从非螺旋时代步入螺旋时代,从 16 排发展到 64 排,中间硬件、软件都有了显著的变化,同时 CT 发展之路的争论愈演愈烈,多样化的设计、巧妙的构想让我们对 CT 的未来萌生着种种的憧憬。纵观 64 排 CT 技术发展趋势,出现了横向、纵向两个发展理念,横向主要针对扫描速度和临床应用的开发,体现在时间分辨率的不断提升和探测器覆盖范围的增宽:从“更快的图像时间分辨率”的诠释,到“更宽的探测器覆盖范围”的延伸。纵向主要体现在提高图像所含带的诊断信息,更充分的挖掘病灶的性质,能谱 CT 显然在追求纵向延伸方面已走的很远。

自 CT 诞生伊始,对于能量 CT 的概念与构想就已在一代又一代 CT 人的脑海中萌芽、扎根,鉴于技术条件的限制,作为能量 CT 的终极目标——能谱 CT 一直停滞在实验室研究阶段,未能进入临床应用。直到 2009 年基于单源瞬时 kVp 切换的能谱技术的成熟,能谱 CT 才真正进入临床应用。能谱成像是 CT 领域的突破性进展,代表了后 64 排时代 CT 发展的重要风向标。作为引领当今 CT 技术前沿的能谱 CT,与常规 CT 相比其最显著的特征就是以多参数成像为基础的综合诊断模式。与单一参数的常规 CT 相比,基物质图像、单能量图像、能谱曲线等多参数成像是能谱 CT 最显著的特征,其独特的多参数成像模式与常规 CT 诊断模式有很大的不同,故理解和熟悉其成像原理、影像表现与应用价值会对 CT 诊断和应用带来很大的帮助。

随着能谱 CT 的逐渐推广应用,在临床工作中非常需要能直观介绍能谱 CT 临床应用的书籍。作为国内常规使用能谱 CT 的医院,我们总结了有关能谱 CT 的临床应用的经验和体会,以丰富病例为基础的图谱的形式编写了此书。

本书为了更加突出能谱 CT 的优势,体现其与常规 CT 的不同,重点就能谱成像及能谱综合分析平台的临床应用进行总结。该书作为国内外的第一本有关能谱 CT 的临床应用图谱,共由 9 章 40 节 201 个病例组成,以病例图谱形式全面介绍了能谱 CT 的临床应用价值。第 1 章共有 3 节主要回顾了 CT,特别是能量 CT 发展的历程;深入剖析了单源瞬时 kVp 切换能谱成像的基本原理,并介绍了实现该技术所必需的硬件平台、图像分析平台和解析技术。第 2 章到第 9 章分别以丰富的病例为基础的图谱形式全面介绍了能谱 CT 的临床应用。第 2 章共 3 节 20 个病例,介绍了金属置入物术后去除金属伪影及非金属的硬化伪影去除的临床应用。第 3 章共 4 节 13 个病例,介绍了能谱技术在低对比结构显示、小病灶检出、微细结构显示中的临床应用。第 4 章共 6 节 30 个病例,介绍了能谱技术在血管成像中的临床应用,包括能谱技术在正常及异常细小动脉成像,在低对比的静脉成像,在血管介入治疗后复查以及在冠状动脉和心脏成像中的临床应用。第 5 章至第 8 章共 19 节 117 个病例,全面介绍了能谱综合分析平台在头颈部、胸部、腹部、骨骼肌肉系统的临床应用,包括能谱曲线、基物质成像、物质分离及定量技术的应用,揭示了 CT 能谱成像在优化图像质量、提高病灶检出



前言

率和疾病鉴别能力方面的价值。第 9 章共 5 节 21 个病例,初探了能谱曲线在肿瘤同源性分析中的临床应用价值。在编写过程中尤其注重与常规 CT 的影像进行对比,显示出能谱 CT 的优势。循循渐进地将丰富的能谱综合分析参数逐一引入每个病例的定性、定量分析中,以便读者对能谱综合分析平台的临床应用价值的理解。

虽然我们使用能谱 CT 的时间比较短,涉及的领域也不够全面,但参与本书编著的各方工作人员还是以极大的热情和严谨的态度认真地完成了本图谱的撰写。希望通过本图谱的出版,能为拓展能谱 CT 的临床研究和应用提供借鉴和帮助,以利于今后不断地积累和总结经验,进一步探索和挖掘 CT 能谱成像的潜在价值。然而,限于编写者的认识和经验,图谱中某些观点和提法不一定全面和完全恰当,可能会存在一些不妥或不当之处,还有待今后加以不断的改进和完善。

本图谱可作为能谱 CT 影像工作者的案头读物,同时可作为影像科、设备科、临床和其他科室以及医学院校师生的参考书,也可作为系统了解能谱 CT 临床应用的同行们的入门书。

本图谱的编写过程中得到了郭启勇教授、郎志谨教授等的大力支持、指导和诸多帮助,并给本书作序,在此表示衷心的感谢!

刘爱连

2012 年 8 月 8 日

第 1 章 能谱成像的基本原理和临床应用概述	1
第一节 能谱 CT 的由来和发展	2
一、CT 的发展史	2
二、能量 CT 的发展史	4
三、能量 CT 成为主流影像模式的必然性	5
第二节 能谱成像的技术基础	6
一、能谱成像的理论基础	6
二、能谱成像技术的硬件平台	10
三、双能减影与能谱成像的区别	12
四、能谱成像扫描剂量的优化	13
第三节 能谱成像的分析平台和临床应用	18
一、物质分离	18
二、单能量图像	21
三、能谱曲线	22
四、有效原子序数	23
五、能谱图像分析工具	26
第 2 章 能谱技术去除伪影的临床应用	29
第一节 金属置入物术后去除伪影	30
一、脑动脉瘤弹簧圈栓塞术后 (图 2-1)	30
二、气管插管术后 (图 2-2)	32
三、鼻咽癌义齿伪影 (图 2-3)	33
四、齿科修复术后 (图 2-4)	34
五、脊柱骨折内固定术后 (图 2-5)	36
六、骨折愈合情况评估 (图 2-6)	38
七、股骨骨折术后 (图 2-7)	40
八、髋关节置换术后 (图 2-8)	41
九、髋关节置换术后松动 (图 2-9)	42
十、髋关节置换术后及膀胱癌 (图 2-10)	44
十一、膝关节置换术后 (图 2-11)	45
十二、膝关节置换术后并发症评估 (图 2-12)	46
第二节 非金属置入物去除伪影	48
一、颅底硬化伪影 (图 2-13)	48
二、颈根部硬化伪影 (图 2-14)	50
三、上腔静脉对比剂硬化伪影 (图 2-15)	51
四、肝转移瘤粒子置入术后硬化伪影 (图 2-16)	52
第三节 述评	54
一、骨科金属置入物术后评估	54
二、非骨科金属置入物伪影去除	55

三、非置入物伪影的去除	55
第3章 能谱技术对病变最佳显示的临床应用	57
第一节 能谱技术在低对比结构显示中的临床应用	58
一、硬腭占位的最佳显示 (图 3-1)	58
二、下咽癌病变范围的最佳显示 (图 3-2)	60
三、乏血供肝细胞癌血供的最佳显示 (图 3-3)	62
第二节 能谱技术在小病灶检出中的临床应用	64
一、脑转移瘤的最佳显示 (图 3-4)	64
二、肝脏小转移瘤的最佳显示 (图 3-5)	66
三、小膀胱癌的最佳显示 (图 3-6)	68
第三节 能谱技术在微细结构显示中的临床应用	70
一、结节性甲状腺肿微小乳头结构的最佳显示 (图 3-7)	70
二、甲状腺癌微小乳头结构的最佳显示 (图 3-8)	72
三、甲状腺癌微小簇状钙化的最佳显示 (图 3-9)	74
四、乳腺癌邻近胸壁浸润的最佳显示 (图 3-10)	76
五、乳腺癌微小钙化的最佳显示 (图 3-11)	78
六、小肝癌假包膜的最佳显示 (图 3-12)	80
七、囊性肾癌微小壁结节的最佳显示 (图 3-13)	82
第四节 述评	84
一、低对比结构的显示	84
二、小病灶的检出	84
三、微细结构的显示	84
第4章 能谱技术在血管成像中的临床应用	87
第一节 能谱技术在正常动脉成像中的临床应用	88
一、胆囊动脉 (图 4-1)	88
二、直肠动脉 (图 4-2)	90
三、低剂量对比剂显示腹腔动脉 (图 4-3)	92
第二节 能谱技术在异常动脉成像中的临床应用	94
一、手部动脉 (图 4-4)	94
二、肺癌的供血支气管动脉 (图 4-5)	96
三、支气管动脉畸形 (图 4-6)	98
四、肺隔离症 (图 4-7)	100
五、肝细胞癌的肝外供血动脉 (图 4-8)	101
六、乏血供肝细胞癌供血动脉 (图 4-9)	102
七、肝脓肿推挤肝动脉 (图 4-10)	104
八、胃癌供血动脉 (图 4-11)	106
九、胰腺癌侵及动脉 (图 4-12)	108
十、小肠间质瘤供血动脉 (图 4-13)	109
十一、小肠淋巴瘤供血动脉 (图 4-14)	110
十二、升结肠癌供血动脉 (图 4-15)	111
十三、下肢动脉硬化症 (图 4-16)	112
第三节 能谱技术在静脉成像中的临床应用	114

一、正常门静脉及肝静脉 (图 4-17)	114
二、门静脉血栓 (图 4-18)	115
三、胰腺癌侵及肠系膜上静脉 (图 4-19)	116
四、腹腔淋巴瘤侵及门静脉 (图 4-20)	117
五、胃癌腹膜后转移侵及肾静脉 (图 4-21)	118
六、下肢静脉血栓 (图 4-22)	120
七、下肢静脉血栓 (图 4-23)	121
第四节 能谱技术在血管介入治疗后复查的临床应用	122
一、脾动脉瘤介入术后 (图 4-24)	122
二、肾动脉支架术后 (图 4-25)	124
三、腹主动脉瘤支架内瘘 (图 4-26)	126
第五节 能谱技术在冠脉成像中的临床应用	128
一、冠脉斑块成分分析 (图 4-27)	128
二、冠脉支架的能谱分析 (图 4-28)	130
三、冠脉严重钙化的能谱分析 (图 4-29)	131
四、心肌梗死及心肌能谱 (图 4-30)	132
第六节 述评	134
一、正常细小动脉的显示	134
二、异常动脉的显示	134
三、静脉成像中的临床应用	134
四、血管介入术后复查	135
五、冠脉成像中的应用	135
第 5 章 能谱技术在头颈部的临床应用	137
第一节 能谱技术在头颈部的应用	138
一、额颞脑挫裂伤的检出 (图 5-1)	138
二、腮腺良恶性结节的鉴别 (图 5-2)	140
第二节 能谱技术在甲状腺病变的应用	142
一、异位甲状腺的检出 (图 5-3)	142
二、甲状腺良恶性结节的鉴别 (图 5-4)	144
三、甲状腺脓肿范围确定 (图 5-5)	146
四、甲状腺摄碘能力的评估 (图 5-6)	148
第三节 述评	150
一、提高病变的对比度及检出率	150
二、器官组织功能评估	150
三、丰富肿瘤病变定性诊断的信息	151
四、病变界限及范围的确定	151
第 6 章 能谱技术在胸部的综合临床应用	153
第一节 能谱技术在肺内病变的应用	154
一、肺癌和肺结核的鉴别 (图 6-1)	154
二、肺小结节血供的评估 (图 6-2)	156
三、肺癌与肺不张的鉴别 (图 6-3)	158
四、肺癌疗效的评估 (图 6-4)	160

第二节 能谱技术对肺灌注的评估	162
一、肺癌致肺灌注异常的评估 (图 6-5)	162
二、肺栓塞微小栓子的检出 (图 6-6)	164
三、肺栓塞疗效的评估 (图 6-7)	166
第三节 能谱技术在纵隔病变的应用	168
一、纵隔囊性病变的鉴别 (图 6-8)	168
二、前纵隔占位的鉴别 (图 6-9)	170
三、食管癌疗效的评估 (图 6-10)	172
第四节 述评	174
一、低 keV 单能量下提高病变对比度	174
二、肺和纵隔占位性病变的应用	174
三、肺动脉栓塞	174
四、能谱 CT 灌注成像的研究	175
五、能谱 CT 通气成像的研究	175
六、尘肺的应用	175
第 7 章 能谱技术在腹部的综合临床应用	177
第一节 能谱技术在肝脏病变的临床应用	178
一、脂肪肝的评估 (图 7-1)	178
二、肝内富血供病变的鉴别 (图 7-2)	180
三、肝内乏血供病变的鉴别 (图 7-3)	182
四、肝细胞癌碘油栓塞术后的评估 (图 7-4)	184
五、脂肪肝伴小肝癌的诊断 (图 7-5)	186
第二节 能谱技术在胰腺病变的临床应用	188
一、急性坏死性胰腺炎的评估 (图 7-6)	188
二、慢性肿块型胰腺炎和胰腺癌的鉴别 (图 7-7)	190
三、胰腺囊性病变的鉴别 (图 7-8)	192
第三节 能谱技术在胆系病变的临床应用	194
一、胆囊阴性结石的诊断 (图 7-9)	194
二、胆囊阴性结石的检出 (图 7-10)	196
三、胆囊混合型结石的检出 (图 7-11)	198
四、肝胆管泥沙结石的检出 (图 7-12)	200
五、胆囊息肉的诊断 (图 7-13)	202
六、胆囊壁局限增厚的鉴别 (图 7-14)	204
七、合并钙化肝门胆管腺癌的血供评估 (图 7-15)	206
八、胆管癌胆道支架再狭窄的评估 (图 7-16)	208
九、胰头癌胆道支架术后复发的评估 (图 7-17)	210
第四节 能谱技术在胃肠道病变的应用	212
一、良恶性胃窦壁增厚的鉴别 (图 7-18)	212
二、结肠良恶性肿瘤的鉴别 (图 7-19)	214
三、胃肿瘤侵犯范围的判定 (图 7-20)	216
四、结肠肿瘤侵犯深度的判定 (图 7-21)	218
五、胃癌化疗疗效的评估 (图 7-22)	220
六、腹腔钙化与肠道对比剂的鉴别 (图 7-23)	222

第五节 能谱技术在肾脏病变的临床应用	224
一、肾脏等密度囊肿的诊断 (图 7-24)	224
二、肾脏高密度囊肿的诊断 (图 7-25)	226
三、肾脏错构瘤的诊断 (图 7-26)	228
四、肾脏乏脂性错构瘤的诊断 (图 7-27)	230
五、囊性肾癌的诊断 (图 7-28)	232
六、肾癌分级的判定 (图 7-29)	234
七、肾脏富血供病变的鉴别 (图 7-30)	236
八、肾脏乏血供病变的鉴别 (图 7-31)	238
九、肾盂结石 CTU 后检出 (图 7-32)	240
十、肾盏结石虚拟平扫 (图 7-33)	242
十一、肾盂巨大结石成分的判定 (图 7-34)	243
第六节 能谱技术在肾上腺病变的应用	244
一、肾上腺典型皮质腺瘤的诊断 (图 7-35)	244
二、肾上腺病变的鉴别 (图 7-36)	246
第七节 能谱技术在盆腔病变的应用	248
一、膀胱血肿和膀胱肿瘤的鉴别 (图 7-37)	248
二、膀胱壁占位的鉴别 (图 7-38)	250
三、卵巢囊性病变的鉴别 (图 7-39)	252
第八节 述评	254
一、去金属及硬化伪影在腹部的应用	254
二、最佳单 keV 成像在腹部的应用	254
三、能谱曲线在腹部的应用	254
四、物质分离与基物质成像在腹部的应用	255
五、物质分离与定量分析在腹部的应用	255
第 8 章 能谱技术在骨肌的综合临床应用	257
第一节 能谱技术在骨密度评估的临床应用	258
一、腰椎骨密度的评估 (图 8-1)	258
二、乳腺癌内分泌治疗后骨密度的评估 (图 8-2)	260
三、骨折内固定术后骨密度评估 (图 8-3)	262
第二节 能谱技术在骨肿瘤诊疗的临床应用	264
一、跟骨软骨母细胞瘤合并动脉瘤样骨囊肿的诊断 (图 8-4)	264
二、多发溶骨性转移瘤的诊断 (图 8-5)	266
三、多发成骨性转移瘤的诊断 (图 8-6)	268
四、溶骨性转移瘤与许莫氏结节的鉴别 (图 8-7)	270
五、肺癌骨转移瘤治疗的评估 (图 8-8)	272
六、骨髓瘤治疗的评估 (图 8-9)	274
第三节 能谱技术在软组织病变的临床应用	276
一、腰椎间盘突出症的诊断 (图 8-10)	276
二、上臂脂肪瘤的诊断 (图 8-11)	278
三、下肢恶性软组织肿瘤范围的确定 (图 8-12)	280
四、腹股沟血肿的诊断 (图 8-13)	282
五、痛风结节的检出和定性 (图 8-14)	284

第四节 述评	286
一、骨密度评估	286
二、骨肿瘤的诊断和疗效评估	286
三、软组织病变的诊断	287
第 9 章 能谱技术在肿瘤源性分析中的综合临床应用	289
第一节 原发灶与淋巴结的同源性分析	290
一、中央型肺癌并纵隔淋巴结转移 (图 9-1)	290
二、乳腺癌并腋窝淋巴结转移 (图 9-2)	292
三、胃癌并肝脏及腹膜后淋巴结转移 (图 9-3)	294
第二节 不同器官病变的同源性分析	296
一、直肠癌并肝脏转移 (图 9-4)	296
二、胰腺癌并肝脏转移 (图 9-5)	298
三、肺癌并肾转移 (图 9-6)	300
四、前列腺癌并多发转移瘤 (图 9-7)	302
五、左肾和胰腺转移 (图 9-8)	304
六、胃癌和原发性肝细胞癌 (图 9-9)	306
七、肾癌和肝血管瘤 (图 9-10)	308
第三节 邻近器官病变的同源性分析	310
一、胰腺癌和脾梗死 (图 9-11)	310
二、膀胱癌和前列腺增生 (图 9-12)	312
第四节 同一性质病变的同源性分析	314
一、非霍奇金淋巴瘤的同源性分析 (图 9-13)	314
二、浆膜腔积液的同源性分析 (图 9-14)	316
第五节 述评	318
一、相邻器官病变来源判定	318
二、肿瘤侵犯范围的评估	318
三、淋巴结转移的判断	318
四、远隔器官转移的判断	319
五、同一性质病变的同源判断	319
附录 A CT 能谱成像检查流程	320
一、扫描流程与协议	320
二、能谱 CT 图像重建和分析	321
三、能谱 CT 图像的数据分析	322
四、能谱 CT 图像的传输、摄片、存储	323
附录 B 能谱 CT 扫描参数一览表	324
附录 C 技术术语	327
参考文献	331
索引	335

第一节 能谱CT的由来和发展

一、CT的发展史

1895 年，德国科学家伦琴发现了 X 射线，首次使人眼能看到人体内部结构，从而奠定了现代医学影像学的基础。1972 年英国科学家 Hounsfield 博士研制成功的横断面成像 CT 震动世界，它把人体组织以最直观的图像显示出来，将疾病的临床诊治提高到一个新的阶段。

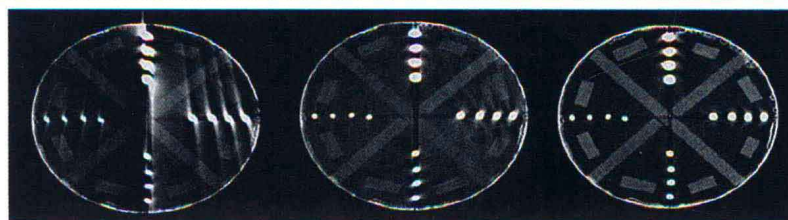
在螺旋 CT 诞生之前，根据 CT 发展的时序和结构特点，大致分成 5 代。第 1 代 CT 机为平移 / 旋转扫描方式，属头颅专用机，具有 1 个球管和 1 个探测器，扫描 X 线束为笔形束；第 2 代 CT 也属于平移 / 旋转方式，使用较小角度的扇形 X 线束，并采用多个探测器单元；第 3 代 CT 为旋转 / 旋转方式，由 1 个球管（扇形 X 线束： $30^{\circ} \sim 60^{\circ}$ ）及单排探测器（600 ~ 1 000 探测单元）组成；第 4 代 CT 为固定 / 旋转方式，探测器固定，分布在 360° 的圆周上，只有球管在旋转，X

线束的扇形角比第 3 代 CT 扫描机更大；第 5 代 CT 为电子束扫描方式，由 1 个电子枪、偏转线圈和处于真空中的环形排列的 4 个钨靶组成。发展到螺旋扫描 CT 后，采用滑环技术，沿人体长轴连续匀速旋转，扫描床同步匀速递进，扫描轨迹呈螺旋状前进，可快速、不间断地完成容积扫描。在 CT 发展进程中，探测器和重建技术的变革起了关键的作用（图 1-1，图 1-2）。

回顾 CT 发展的前 40 年（图 1-3），第 1 个 10 年（1969 - 1978 年）主要以头部 CT 检查为主，10 年的实验室研究；第 2 个 10 年（1979 - 1988 年）主要以全身 CT 检查为主，10 年的非螺旋时代；第 3 个 10 年（1989 - 1998 年）主要以 CT 的血管成像检查为主，10 年的螺旋时代；第 4 个 10 年（1999 - 2008 年）主要以 CT 的心脏冠脉成像检查为主，10 年为多排螺旋快速发展阶段；每一个阶段 CT 都会带来一个以前不可触及的临床应用，下一个 10 年（后多排时代）也应该带来以前 CT 不能涉足的应用。



螺旋成像 (1990 年)

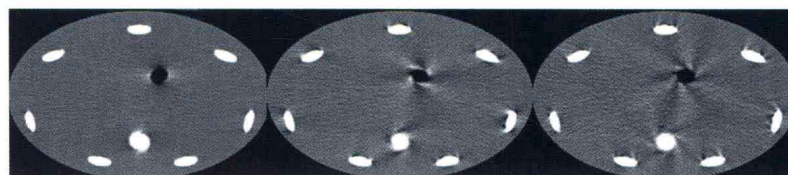


不采用螺旋插值技术

采用螺旋插值技术

轴扫

多排螺旋成像 (1996 年)

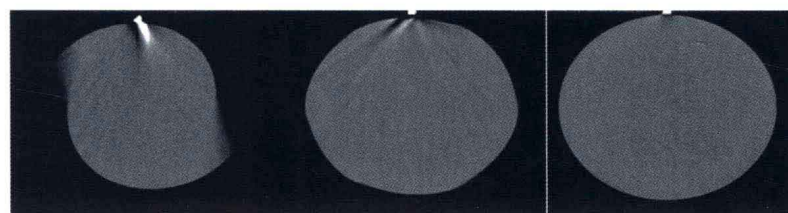


螺距: 2
(2.5mm/转, 3.75mm)

螺距: 4
(10mm/转, 3.75mm)

螺距: 6
(15mm/转, 4.76mm)

多扇区心脏成像 (1999 年)



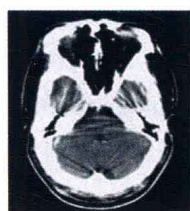
半扫描

多扇区扫描

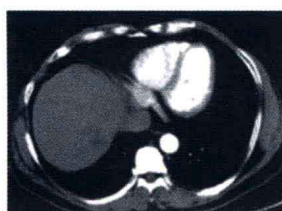
静止

图 1-2 不同重建技术的体模研究

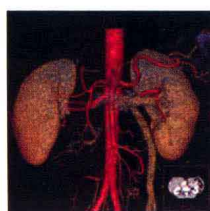
从单排螺旋 CT 到多排螺旋 CT, 再发展到冠脉成像, 重建技术发挥着重要的作用



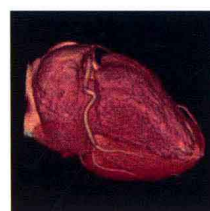
实验室阶段
头部检查
Xenon Gas
第 1 个 10 年
(1969 — 1978)



非螺旋 CT 时代
全身检查
Xenon Gas
第 2 个 10 年
(1979 — 1988)



螺旋 CT 时代
血管成像
HiLight Ceramic
第 3 个 10 年
(1989 — 1998)



多排 CT 时代
冠脉成像
HiLight Matrix
第 4 个 10 年
(1999 — 2008)



能谱 CT 时代
多参数成像
Gemstone Detector
第 5 个 10 年
(2009 —)



图 1-3 CT 的发展历程

CT 的发展历程先后经历了实验室阶段、非螺旋 CT 阶段、螺旋 CT 阶段、多排 CT 阶段, 如今正沿着能量研究的阶段发展