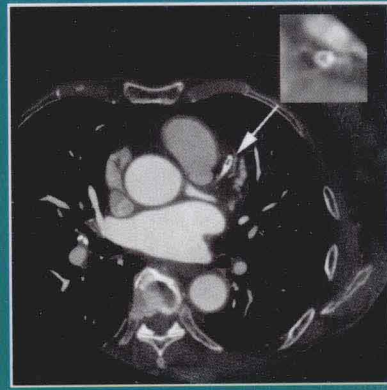
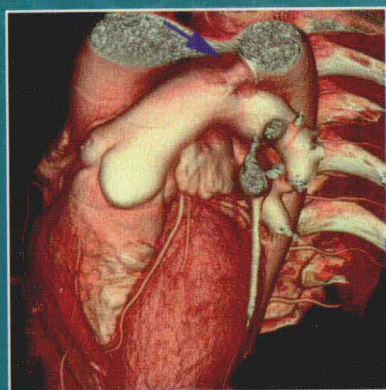


主 编 / 毛定飏 张国桢 滑炎卿

Cardiac and Coronary Arterial
Imaging of Multi-slice Spiral CT

多层螺旋CT 心脏和冠状动脉成像



人民军医出版社
PEOPLE'S MILITARY MEDICAL PRESS

第2版 2009年10月第1次印刷 16开 144页

Cardiac and Coronary Arterial
Imaging of Multislice Spiral CT

多层螺旋CT

心脏和冠状动脉成像



Elsevier
www.elsevier.com

多层螺旋 CT

心脏和冠状动脉成像

Cardiac and Coronary Arterial
Imaging of Multi-slice Spiral CT

主 编 毛定飏 张国桢 滑炎卿



人民军医出版社

PEOPLE'S MILITARY MEDICAL PRESS

北 京

图书在版编目 (CIP) 数据

多层螺旋CT心脏和冠状动脉成像/毛定飏, 张国桢, 滑炎卿主编. --北京: 人民军医出版社, 2011.8

ISBN 978-7-5091-4982-9

I. ①多… II. ①毛…②张…③滑… III. ①心血管造影-计算机X线扫描体层摄影-诊断学
②冠状动脉造影-计算机X线扫描体层摄影-诊断学 IV. ①R816.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 158688 号

策划编辑: 高爱英 文字编辑: 黄维佳 责任审读: 陈晓平

出版人: 石虹

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) 51927300-8172

网址: www.pmmp.com.cn

印、装: 三河市春园印刷有限公司

开本: 787 mm × 1092 mm 1/16

印张: 19.25 字数: 388 千字

版、印次: 2011 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

印数: 0001—2000

定价: 158.00 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

内 容 提 要

本书在对心脏和冠状动脉多层螺旋 CT 的扫描方法、操作要点和技巧进行详细讲解的基础上,对心脏和冠状动脉 CTA 的报告书写、心脏及冠状动脉的 CT 解剖及其与动脉造影的对照等进行了系统阐述,进而详细介绍了层螺旋 CT 在评价易损性斑块、心肌梗死、心功能、冠状动脉内支架、冠状动脉旁路移植、房间隔病变、心脏传导系统、左心房及肺静脉、冠状静脉、心包疾病、主动脉瓣及主动脉疾病、先天性心脏病等方面的应用。本书内容系统全面,图文并茂,适合心血管临床医师和影像科医师参考阅读。

编者名单

主 编 毛定飏 张国桢 滑炎卿

编 者 (以姓氏笔画为序)

- 王鸣鹏 复旦大学附属华东医院
- 王锡明 山东省医学影像学研究所
- 毛定飏 复旦大学附属华东医院
- 史凯蕾 复旦大学附属华东医院
- 朱 凤 复旦大学附属华东医院
- 齐 琳 复旦大学附属华东医院
- 李 铭 复旦大学附属华东医院
- 李传资 海南省农垦总医院
- 吴 昊 复旦大学附属华东医院
- 吴威岚 复旦大学附属华东医院
- 张 辉 复旦大学附属华东医院
- 张国桢 复旦大学附属华东医院
- 赵泽华 上海中医药大学附属普陀医院
- 胡 非 复旦大学附属华东医院
- 唐 平 复旦大学附属华东医院
- 康 瑜 复旦大学附属中山医院
- 葛云明 复旦大学附属华东医院
- 葛琥俊 复旦大学附属华东医院
- 滑炎卿 复旦大学附属华东医院

近年来影像学发展迅速，以 CT 为例，自 1998 年多层螺旋 CT 问世以来，迄今 64 层螺旋 CT 和双源 CT 已较广泛应用于国内大型医疗单位，256 层和 320 层螺旋 CT 也已初步进入临床。新一代 CT 空间分辨率、扫描速度和覆盖范围等均有明显提高，进一步扩展了临床应用范围，现已成为心血管（包括冠状动脉）疾病检诊的主要影像学技术之一。多层螺旋 CT 的诊断以横断面成像为基础，多平面重建和三维重建质量和技术进一步提高，为医师从三维立体影像中分析、认识病变提供了优良条件。但应该对 CT 扫描的射线剂量予以重视，尤其对儿童和生育期女性，应严格掌握 CT 检诊适应证的选择。

上海复旦大学附属华东医院自 2002 年起先后引进了 16 层、64 层、宝石 CT，在心脏 CT 检诊领域积累了丰富的经验，由毛定飏、张国桢、滑炎卿三位主任医师主编并组织 17 位编者编写的《多层螺旋 CT 心脏和冠状动脉成像》一书即将面世。全书精选图片 570 余幅，分 18 章系统阐述了多层螺旋 CT 的最新进展及其在心脏和冠状动脉疾病诊断中的应用。本书基础与临床并重、理论与实践相结合，可谓图文并茂，是一部颇具特色的专著。

由衷地希望本书的出版，对提高心脏和冠状动脉 CT 影像检诊水平、促进心脏和冠状动脉 CT 诊疗技术的规范化，进而提高影像科和临床医师临床诊疗水平，起到积极的推动作用。



2011 年 7 月 1 日

心脏及冠状动脉 CT 是目前医学影像界发展较为迅速的一个领域，新的研究和临床应用越来越多，为医师提供了越来越多的心脏和冠状动脉诊断信息。

尽管多层螺旋 CT 应用于心脏及冠状动脉已有 10 年，但在国内系统阐述心脏和冠状动脉 CT 的书籍尚属少见，为了适应临床发展的需要，我们归纳整理了近 10 年的病例，并参考相关文献，结合临床经验，为大家奉献此书。本书力求简明、实用，尽量以图片的形式表达，所涉及的内容包括多层螺旋 CT 的技术原理、扫描方法及报告书写、冠状动脉的正常解剖及变异、冠状动脉钙化的 CT 影像、冠状动脉 CT 成像与常规冠状动脉造影的对比、CT 在评价斑块易损性方面的进展、CT 对心传导系统的显示、CT 在电生理治疗中的应用、先天性心脏病的 CT 诊断等，将心脏 CT 的基本理论及最新进展全面、翔实地展示给读者，希望能帮助从事该领域工作的临床医师和影像科医师理解图像的获取方式，掌握观察、分析图像的方法和诊断思路。

在本书的编写过程中，承蒙国内放射学前辈中国医学科学院阜外医院刘玉清院士为本书作序、审阅部分章节，并提出宝贵意见。此外，图像后处理、书稿的整理和打印等工作还得到华东医院放射科全体医师和技术员的大力协助。在此表示衷心感谢。

心脏 CT 具有无创的优点，费用较低，有突出的临床应用价值，值得大力推广。当然，由于心脏 CT 的快速发展和我们认识上的偏差，书中的一些观点可能还需要不断的修正和改进，希望广大读者不吝赐教。

毛定飏 张国桢 滑炎卿

2011 年 7 月 1 日

于复旦大学附属华东医院

第 1 章 多层螺旋 CT 的技术原理	1
第一节 多层螺旋 CT 探测器的类型和采集通道	1
一、多层螺旋 CT 的探测器	2
二、数据采集通道与层厚组合	3
第二节 多层螺旋 CT 的技术改进和螺距	4
一、多层螺旋 CT 的扫描技术	4
二、多层螺旋 CT 的螺距	5
三、多层螺旋 CT 硬件和设计的改进	6
第三节 多层螺旋 CT 的图像重建	7
一、螺旋 CT 扫描的图像重建	7
二、4 层螺旋 CT 的图像重建方法	8
三、16 层螺旋 CT 的图像重建方法	9
第四节 多层螺旋 CT 扫描的图像质量	9
一、多层螺旋 CT 的空间和密度分辨率	9
二、噪声、螺距与成像质量	10
三、16 层螺旋 CT 重建图像的质量	11
第五节 多层螺旋 CT 和心脏 CT 应用的进展	11
一、256 层、320 层、宝石和双源 CT	11
二、多层螺旋 CT 的心脏成像	12
第 2 章 心脏 CT 的扫描方法及报告书写	19
第一节 心脏 CT 血管成像的检查步骤	19
一、患者的选择	19
二、患者的准备	19
三、对比剂的注射	20
四、延迟时间	20
五、扫描范围和扫描条件	22
六、图像重建	22
第二节 图像后处理	23
一、多平面重组	23

二、曲面重建	23
三、最大密度投影法	24
四、容积再现	24
五、CT 仿真内镜	24
第三节 心脏 CT 血管成像读片和报告书写	25
一、判断图像质量和辨别伪影	25
二、判断斑块及狭窄程度	26
三、心脏结构	26
四、心外的其他所见	26
第 3 章 冠状动脉正常解剖及变异	29
第一节 冠状动脉解剖	30
一、主动脉根部	30
二、左冠状动脉及其分支	31
三、右冠状动脉及其分支	35
四、冠状动脉的分布类型	40
第二节 冠状动脉变异	42
一、心肌桥和壁冠状动脉	42
二、冠状动脉瘘	45
三、冠状动脉起源异常	48
四、其他变异	56
五、冠状动脉变异的临床意义及 CT 诊断价值	57
第三节 多层螺旋 CT 对冠状动脉的显示能力	58
第 4 章 冠状动脉钙化的 CT 影像	61
第一节 冠状动脉钙化的病理基础	61
第二节 冠状动脉钙化的算法	62
一、Agatston 算法	62
二、容积算法	62
三、质量算法	63
第三节 CT 计算钙化积分的变异性	63
第四节 多层螺旋 CT 与电子束 CT 计算钙化积分的比较	64
第五节 钙化积分的临床意义	65
一、冠状动脉钙化积分被用来反映冠状动脉上的钙总量	65
二、冠状动脉钙化的随访	67
三、钙化积分与其他因素的结合	67
四、钙化积分的局限	68

第5章 冠状动脉 CT 成像与常规冠状动脉造影的对比	70
第一节 冠状动脉造影常用投照体位	70
一、左冠状动脉及其分支的造影体位	70
二、右冠状动脉及其分支的造影体位	74
第二节 CT 对冠状动脉管壁粥样硬化改变及管腔狭窄或扩张的显示	76
第三节 CT 与常规冠状动脉造影的对照	79
第6章 冠状动脉易损斑块的多层螺旋 CT 特征	85
第一节 动脉粥样硬化斑块的病理改变	85
第二节 易损斑块的 CT 特征	86
一、血管重构	86
二、点状钙化	88
三、斑块密度	89
四、其他特征	92
第三节 多层螺旋 CT 在判断斑块易损性中的作用及局限	95
第7章 多层螺旋 CT 对心肌梗死的评价	100
第一节 心肌梗死的病理改变	100
第二节 心肌梗死的多层螺旋 CT 表现	101
一、直接征象	101
二、间接征象	104
第三节 心肌梗死后并发症的多层螺旋 CT 表现	111
第四节 急性和慢性心肌梗死的不同 CT 表现	114
第五节 应用多层螺旋 CT 评价心肌梗死的价值	115
第8章 多层螺旋 CT 心功能分析及心肌灌注	117
第一节 CT 心功能分析	117
一、多层螺旋 CT 心功能分析	117
二、多层螺旋 CT 与其他影像学技术的比较	120
三、多层螺旋 CT 的局限	121
第二节 CT 心肌灌注	121
一、心肌灌注成像的重要性	122
二、心肌灌注成像的病理生理基础	122
三、心肌灌注成像技术	122
四、CT 心肌灌注的优势	124
五、CT 心肌灌注图像的分析	124

第 9 章 多层螺旋 CT 在冠状动脉内支架术的应用 129

第一节 多层螺旋 CT 在冠状动脉支架术前评价中的应用	129
第二节 多层螺旋 CT 在冠状动脉支架术后评价中的应用	132
一、对支架有无血栓形成、再狭窄及闭塞等情况的显示	132
二、对原有冠状动脉疾病进展情况的显示	137
三、心肌灌注和心功能评价	140
四、对并发症的显示	140
第三节 多层螺旋 CT 在冠状动脉内支架术应用中的限制	141

第 10 章 多层螺旋 CT 在冠状动脉旁路移植术的应用 147

第一节 扫描技术	148
第二节 多层螺旋 CT 在冠状动脉旁路移植术前评价中的应用	148
一、检测升主动脉疾病	148
二、反映颈动脉病变的情况	150
三、显示瓣膜的病变	150
四、反映冠状动脉病变的情况	151
五、了解桥血管的情况	152
第三节 多层螺旋 CT 在冠状动脉旁路移植术后随访中的应用	154
一、桥血管通畅情况	154
二、原有冠状动脉疾病进展情况	156
三、心肌灌注及心功能评价	156
四、多层螺旋 CT 应用于冠状动脉旁路移植术的限制	156

第 11 章 多层螺旋 CT 对房间隔病变的检测 161

第一节 卵圆孔未闭	161
一、概述	161
二、CT 诊断	163
三、CT 与其他检查方法的比较	167
第二节 房间隔瘤	167
一、概述	167
二、CT 诊断	168
第三节 房间隔脂肪瘤样肥厚	173
一、概述	173
二、CT 诊断	173

第 12 章 多层螺旋 CT 对心脏传导系统及其解剖标志的显示	177
第一节 传导系统的相关解剖	178
第二节 传导系统的血供	183
第三节 其他潜在的致心律失常的结构	186
一、左上腔静脉	186
二、房间隔脂肪瘤样肥厚	186
三、心内神经节	186
四、心肌瘢痕	187
第 13 章 左心房及肺静脉的 CT 研究	189
第一节 左 心 房	189
第二节 肺 静 脉	193
第三节 肺静脉异位引流	195
第四节 CT 的作用	196
第五节 各种影像技术的比较	197
一、常规心血管造影	197
二、超声	198
三、MRI 及 MRA	198
四、多层螺旋 CT	198
第 14 章 冠状静脉的多层螺旋 CT 研究	200
第一节 冠状静脉窦系统的胚胎起源	200
第二节 冠状静脉的解剖	200
第三节 冠状静脉的变异和畸形	203
一、冠状窦的变异	203
二、冠状窦属支静脉异常的判定	205
第四节 冠状静脉 CT 成像的应用	206
第 15 章 多层螺旋 CT 对心包疾病的检测	209
第一节 心包及相关结构正常所见	209
一、心包	209
二、心包窦、隐窝	210
第二节 心 包 疾 病	213
一、急性心包炎	213
二、缩窄性心包炎	215
三、心包积液	215
四、心包囊肿	218

五、心包缺如	220
六、心包肿瘤	220
第 16 章 心腔血栓的多层螺旋 CT 表现	226
第一节 左心室血栓	226
第二节 左心房血栓	229
第三节 右心室血栓	234
第四节 右心房血栓	237
第 17 章 主动脉瓣及主动脉疾病的多层螺旋 CT 诊断	240
第一节 主动脉瓣疾病	240
一、主动脉瓣狭窄	241
二、主动脉瓣关闭不全	244
三、主动脉窦动脉瘤	245
四、先天性主动脉瓣畸形	245
五、CT 在瓣膜术中的应用	245
第二节 主动脉先天畸形	248
一、先天性主动脉弓畸形	248
二、动脉导管未闭	250
三、主动脉缩窄	252
第三节 主动脉夹层及动脉瘤	253
一、主动脉夹层	253
二、主动脉壁间血肿	256
三、穿透性动脉粥样硬化性溃疡	258
四、主动脉瘤	258
第四节 大动脉炎	262
第 18 章 先天性心脏病的 CT 诊断	265
第一节 先天性心脏病的检查技术	265
第二节 先天性心脏病的多层螺旋 CT 成像技术	266
一、患者准备	266
二、心电门控技术	266
三、降低辐射剂量的方法	266
第三节 多层螺旋 CT 在心脏大血管疾病中的应用	269
一、诊断优势	269
二、检查指征	269

第四节 先天性心脏病的 CT 临床应用	270
一、房间隔缺损	270
二、室间隔缺损	271
三、动脉导管未闭	273
四、先天性肺动脉狭窄	275
五、法洛四联症	276
六、一侧肺动脉缺如	278
七、先天性主动脉狭窄	279
八、主动脉缩窄	280
九、主动脉弓离断	282
十、右心室双出口	283
十一、完全型大动脉转位	285
十二、矫正型大动脉转位	286
十三、肺静脉异位引流	287
十四、先天性冠状动脉瘘	288
十五、冠状动脉起源异常	289

多层螺旋 CT 的技术原理

自 20 世纪 80 年代末 90 年代初螺旋 CT 扫描方法问世以来,螺旋扫描方式已在医学影像的 CT 检查中占有了重要地位。但在实际应用中,以前的单层螺旋扫描还存在着一些不足,如单层螺旋扫描采用大螺距可增加扫描覆盖范围,但随之而来的是纵向分辨率降低、图像质量下降,使某些检查(如 CT 血管造影、三维成像和多平面重组)的成像质量不佳。由于单层螺旋扫描的覆盖范围较小,还不能适应大面积创伤患者大范围、多脏器的扫描检查。对于年老体弱而需要屏气扫描的患者,其扫描范围还是有限。此外,单层螺旋扫描采用 180° 线性内插算法,噪声较高,分辨率仍然不及非螺旋扫描 CT。

多层螺旋 CT,已有的商品机型包括 4 层、8 层和 16 层,而目前已有一次旋转扫描层数达 40 层、64 层的螺旋 CT 机投入临床应用。其中,4 层多层螺旋 CT 于 1998 年由部分 CT 机制造商在北美放射年会上首先推出,经过十几年来临床使用,多层螺旋 CT 临床应用的优点和发展前景已被国际上一致公认。简单说来,多层螺旋 CT 的设计思想是基于单层螺旋的概念,来源于单层螺旋临床实践的需要,而它的发展则是来自于双排探测器技术。多层螺旋 CT (multi-slice spiral CT, MSCT) 在临床应用的这些年中,曾出现了多个不同的名称,它们是多层 CT (multi-section CT, MSCT)、多探测器 CT (multi-detector CT)、多排 CT (multi-row CT) 和多排探测器 CT (multi-detector row CT),但应用较多且比较科学的命名应该是多层螺旋 CT。

多层螺旋 CT 的基本结构同第 3 代 CT,硬件方面与单层螺旋 CT 相比两者最主要的差别是探测器系统和数据采集系统,另外还有一些与多层螺旋 CT 相关成像性能方面基本概念的差别,以及软件应用方面的扩展。目前世界上能制造 4 层以上螺旋 CT 机的厂商主要有 4 家,它们是 Toshiba 公司、GE 公司、Philips 公司和 Siemens 公司。下面将介绍有关多层螺旋 CT 硬件方面的改进和基本概念等内容。

第一节 多层螺旋 CT 探测器的类型和采集通道

单层螺旋 CT 采用 1 排探测器阵列,扫描机架围绕患者旋转一周,只得到 1 个扫描层,其扫描覆盖范围有限。而多层螺旋 CT 增加了探测器纵向排列的排数,以及 Z 轴方向探测器阵列的宽度,从而提高了一次旋转扫描的覆盖范围,使 CT 采集图像的效率大大提高。

由于多家公司在不同多层螺旋 CT 探测器的排列和分配上有所区别,因而产生了一系列的应用问题和理论问题,下面以 4 层螺旋 CT 为例,来阐述这方面的内容。

一、多层螺旋 CT 的探测器

各个厂商生产探测器的材料一般都采用转换效率高的稀土陶瓷闪烁晶体,与光电二极管一起共同组成探测器阵列。目前,国际上能生产高端 CT 产品的 4 家厂商,各自生产的 4 层螺旋 CT 的探测器阵列排数各不相同,所使用的名称也各异。如 GE 公司生产的 4 层探测器阵列称为镶嵌型(mosaic)探测器阵列, Siemens 公司和 Philips 公司生产的 4 层探测器阵列称为自适应型探测器阵列, Toshiba 公司生产的 4 层探测器阵列称为混合型探测器阵列。在上述 4 家生产厂商中,关于探测器的排列主要有 3 种方式。如 Toshiba 公司的多层螺旋 CT 有 34 排探测器,其中 0.5 mm 4 排, 1.0 mm 30 排,最大覆盖范围 32 mm; GE 公司则采用 16 排 1.25 mm 的探测器,最大覆盖范围 20 mm;而 Philips 公司和 Siemens 公司采用了 8 排 1 ~ 5 mm 的探测器,包括 4 对 1 mm、1.5 mm、2.5 mm、5 mm 的探测器,最大覆盖范围 20 mm。根据探测器阵列每排的宽度和排列方式,多层螺旋 CT 探测器的排列方式大致可分为两类,即等宽型和不等宽型探测器阵列,即 Z 轴方向的探测器宽度相等,称为等宽型;Z 轴方向的探测器宽度不相等,则称为不等宽型,但不论宽度如何变化,这两种类型的排列都是对称的,有些文献中采用对称和不对称来分类就很容易引起混淆。在上述生产厂商中, GE 公司生产的属于等宽型探测器排列, Philips 公司生产的和 Siemens 公司生产的属于不等宽型探测器排列,而 Toshiba 公司生产的严格地说也应该属于不等宽型。等宽型探测器阵列的代表为 GE 公司,而不等宽型探测器阵列的代表为 Siemens 公司。自 4 层螺旋 CT 对探测器的排数和排列进行改革以来,有关两类不同排列探测器的应用上的利弊也由此产生。从实用意义上讲,等宽型探测器排列的层厚组合较为灵活,但是外周的 4 排探测器只能组合成 1 个宽探测器阵列使用,并且过多的探测器排间隔会造成有效信息的丢失。而不等宽型探测器的优点是在使用宽层厚时,探测器的间隙较少,射线的利用率较高。以 Siemens 公司的探测器为例,其无法产生数据的探测器间隙只有 7 个,缺点是层厚组合不如等宽型探测器灵活。从发展的眼光看,在单排探测器扫描时射线束是一束窄束射线,它与探测器之间可以不考虑射线束的角度问题,而在多排探测器情况下,投射到探测器的射线束是一束较宽的、有一定角度的宽束射线,对于平面布局的探测器而言,探测器阵列两侧接收到的射线会因角度(斜射线)的关系而产生切断效应,即所谓的“死角”(dead angle)。所以,在多排探测器的设计中,为提高射线的利用效率,通常采用弧形排列。

16 层 CT 占领市场较早的是 Siemens 公司和 GE 公司,各生产厂商对 16 层 CT 探测器的设计与排列各不相同。目前,由 Siemens 公司推出的 16 层 CT 机的探测器阵列仍为不等宽型,探测器阵列中间部分为 16 排宽度均为 0.75 mm 的探测器排组成,两侧各有 1.5 mm 宽的探测器 4 排,总共 24 排,探测器阵列总计宽度 24 mm。每排探测器数量为 672 个,总共有探测器数量 16 128 个。GE 公司推出的 16 层 CT 机的探测器阵列也改为不等宽型,探测器阵列中间部分为 16 排宽度为 0.625 mm 的探测器排,两侧则各排列 1.25 mm 宽的探测器 4 排,总计探测器排数也是 24 排,探测器阵列总计宽度 20 mm。每排的探测器数量为 880 个,探测器的总数为 21 120 个。Siemens 公司 16 层 CT 的螺旋扫描模式有 16×0.75 mm,