



第 2 版

心脏 CT 一点通

心血管多层螺旋 CT 入门

Cardiac CT Made Easy

An Introduction to Cardiovascular
Multidetector Computed Tomography

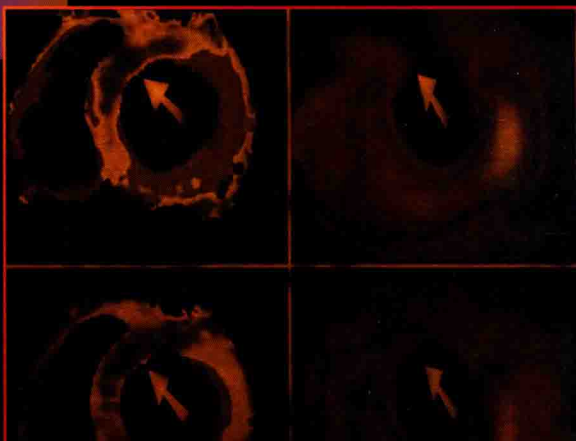
原 著 Paul Schoenhagen Carl J. Schultz Sandra S. Halliburton

主 译 马晓海

副主译 王怡宁 赵 蕾

 CRC Press
Taylor & Francis Group

 人民卫生出版社
PEOPLE'S MEDICAL PUBLISHING HOUSE



第 2 版

心脏 CT 一点通

心血管多层螺旋 CT 入门

Cardiac CT Made Easy

An Introduction to Cardiovascular
Multidetector Computed Tomography

原 著 Paul Schoenhagen
Carl J. Schultz
Sandra S. Halliburton

主 译 马晓海

副主译 王怡宁 赵 蕾

人民卫生出版社

Cardiac CT Made Easy: An Introduction to Cardiovascular Multidetector Computed Tomography, 2/E

Edited by Paul Schoenhagen, Carl J. Schultz and Sandra S. Halliburton

ISBN: 978-1-4822-1421-5

Copyright © 2014 by Taylor & Francis Group, LLC

Authorized translation from English language edition published by CRC Press, part of Taylor & Francis Group LLC. All rights reserved. 本书原版由 Taylor & Francis 出版集团旗下 CRC 出版公司出版, 并经其授权翻译出版。版权所有, 侵权必究。

People's Medical Publishing House is authorized to publish and distribute exclusively the Chinese (Simplified Characters) language edition. This edition is authorized for sale throughout Mainland of China. No part of the publication may be reproduced or distributed by any means, or stored in a database or retrieval system, without the prior written permission of the publisher. 本书中文简体翻译版授权由人民卫生出版社独家出版并在限在中国大陆地区销售。未经出版者书面许可, 不得以任何方式复制或发行本书的任何部分。

Copies of this book sold without a Taylor & Francis sticker on the cover are unauthorized and illegal. 本书封面贴有 Taylor & Francis 公司防伪标签, 无标签者不得销售。

图字: 01-2015-7661

图书在版编目(CIP)数据

心脏 CT 一点通: 心血管多层螺旋 CT 入门 / (美) 保罗·修恩哈根 (Paul Schoenhagen) 著; 马晓海主译. —北京: 人民卫生出版社, 2017
ISBN 978-7-117-24701-6

I. ①心… II. ①保…②马… III. ①心脏病—计算机 X 线扫描
体层摄影 IV. ①R541.04

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 180254 号

人卫智网 www.ipmph.com 医学教育、学术、考试、健康,
购书智慧智能综合服务平台
人卫官网 www.pmph.com 人卫官方资讯发布平台

版权所有, 侵权必究!

心脏 CT 一点通 心血管多层螺旋 CT 入门

主 译: 马晓海

出版发行: 人民卫生出版社(中继线 010-59780011)

地 址: 北京市朝阳区潘家园南里 19 号

邮 编: 100021

E - mail: pmph@pmph.com

购书热线: 010-59787592 010-59787584 010-65264830

印 刷: 北京顶佳世纪印刷有限公司

经 销: 新华书店

开 本: 710×1000 1/16 印张: 22 字数: 394 千字

版 次: 2017 年 9 月第 1 版 2017 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

标准书号: ISBN 978-7-117-24701-6/R·24702

定 价: 138.00 元

打击盗版举报电话: 010-59787491 E-mail: WQ@pmph.com

(凡属印装质量问题请与本社市场营销中心联系退换)

作者名单

Stephan Achenbach MD

University of Erlangen
Erlangen, Germany

Dominik Fleischmann MD

Department of Radiology
Stanford University
Stanford, California

Sandra S Halliburton PhD

Imaging Institute and Heart and
Vascular Institute
Cleveland Clinic
Cleveland, Ohio

Kheng-Thye Ho MD

Heart Consultants Pte Ltd
Mount Alvernia Hospital
Singapore

Xiaohai Ma MD, PhD

Department of Radiology
Beijing Anzhen Hospital
Capital Medical University
Beijing, China

Paul Schoenhagen MD

Imaging Institute and Heart & Vascular
Institute
Cleveland Clinic
Cleveland, Ohio

Carl J Schultz MD

Department of Cardiology
Erasmus MC
Rotterdam, Netherlands
and
Royal Perth Hospital and School of
Medicine and Pharmacology
University of Western Australia
Perth, Western Australia

Zhaoqi Zhang MD

Department of Radiology
Beijing Anzhen Hospital
Capital Medical University
Beijing, China

前 言

CT 已经被认为开启了心血管疾病影像诊断的新纪元。现代 CT 成像技术和空间分辨率的持续增加可以对快速跳动的心脏进行稳定的成像，因此对成像的适应证范围不断扩大。适应证范围已经从最初的冠心病筛查（如冠状动脉钙化积分成像可以对斑块的形态和成分进行分析）扩展到指导心血管病的现代介入治疗技术。例如，CT 图像可以提供成功进行经皮主动脉瓣置换术 (TAVI) 最重要的详细测量信息。基于我们这些年见到的巨大的进展，我们相信 CT 将继续在心血管疾病诊断和治疗中发挥重要的作用，每一位致力于心血管疾病诊断和治疗的参与者都应该充分了解这种新成像技术的能力。

心脏 CT 成像的解读需要专业知识。心脏科医师需要了解 CT 成像技术、图像重建工具、典型征象以及伪影特征等，而对放射科医师的要求更高，需要对心脏解剖、功能和病理生理知识有更深入的理解。第 2 版的《心脏 CT 一点通：心血管多层螺旋 CT 入门》(简称《心脏 CT 一点通》)正是出于此目的而编写。既介绍了每位医师需要掌握的基础知识，同时介绍了新技术的进展，并更多的引入了心脏 CT 应用的临床内容。该书结构清晰，文字严谨，并提供了大量典型病例的图像。该书将成为新迈入此行的专业人员非常有用的工具书，对那些需要在该领域进一步提高的医师也是有用的参考工具。

同时，第 2 版的《心脏 CT 一点通》也会有助于优化心脏 CT 的应用，提高对确诊或疑诊心脏疾病的诊治水平。在此，我衷心感谢作者和编辑对本书所做的贡献。

Stephan Achenbach, MD, FACC, FESC, FSCCT

德国爱尔兰根大学内科学教授

目 录

第一部分 多排计算机断层成像(MDCT)技术原理

第 1 章 心血管 MDCT 简介	3
第 2 章 CT 正常心血管解剖	7
2.1 心腔	7
2.2 腔静脉和肺静脉	7
2.3 肺动脉	9
2.4 主动脉	11
2.4.1 主动脉根部	11
2.4.2 主动脉	15
2.5 冠状动脉	16
2.6 心外结构: 肺和纵隔	24
第 3 章 多排 CT 的技术介绍	28
3.1 数据采集	28
3.1.1 当前的 CT 设备	28
3.1.2 ECG 连接	28
3.1.3 采集模式	30
3.1.4 管电流调节	31
3.1.5 提高时间分辨率的图像重建技术	31
3.1.6 射线剂量	32
3.1.7 对比剂	32
3.1.8 心率控制: β 受体阻滞剂	34

3.1.9 血管扩张剂:硝酸甘油	35
3.1.10 扫描计划	35
3.2 图像重建和报告	35
3.2.1 轴位和重建图像	36
3.2.2 图像伪影	40

第二部分 心血管疾病临床应用

第4章 心腔和心肌疾患	51
4.1 心肌病	51
4.1.1 非缺血性心肌病	51
4.1.2 缺血性心肌病	62
4.2 其他心脏和心肌改变	65
4.2.1 心肌炎	65
4.2.2 非缺血性心房和心室室壁瘤及憩室	67
4.2.3 心房和心室血栓形成	68
4.2.4 脂肪瘤样肥厚	70
第5章 心包疾病	81
第6章 心脏瓣膜病	99
第7章 CT在介入治疗术前方案制定中的价值	119
第8章 冠状动脉及静脉疾病	137
8.1 冠状动脉疾患	140
8.1.1 动脉粥样硬化性冠心病	140
8.2 心肌负荷/静息灌注	158
8.2.1 静态和动态CT灌注成像	160
8.2.2 CT心肌灌注成像的伪影	161
8.2.3 CT心肌灌注序列	161
8.2.4 CT心肌灌注成像图像分析	164
8.2.5 CT心肌灌注的系统评价	164

8.2.6 灌注结果定量分析	169
8.3 冠状静脉和冠状静脉窦	176
8.3.1 其他应用	179
第9章 肺循环疾病	189
9.1 肺动脉疾病	189
9.2 肺静脉疾病	190
第10章 主动脉疾病	197
10.1 急性主动脉综合征	197
10.1.1 定义	197
10.1.2 形态分类	198
10.1.3 定位和范围	201
10.1.4 诊断意见	202
10.1.5 鉴别诊断(胸痛三联症)	204
10.1.6 治疗适应证	204
10.2 主动脉瘤疾病	206
10.3 腔内支架	209
10.4 主动脉手术术式	210
10.5 非主动脉手术术前成像	211
10.6 其他	213
第11章 外周血管疾病	260
11.1 下肢CT血管造影	260
第12章 心脏肿瘤	265
第13章 成人先天性心脏病	276
13.1 心腔和心肌	276
13.2 心包疾病	278
13.3 瓣膜病	278
13.4 冠状动脉异常	278
13.5 冠状静脉和冠状静脉窦瘤	283
13.6 肺静脉疾病	283

13.7 主动脉疾病	283
13.8 动静脉分流缺损	297
参考文献	303
缩略语	337

第一部分

多排计算机断层成像(MDCT) 技术原理

第 1 章

心血管 MDCT 简介

CT 诊断用途的发现源于 20 世纪 70 年代物理学领域的快速发展。自此, CT 开始应用于心血管疾病的诊断。应用范围包括一些常见的适应证, 如对主动脉、肺动脉和冠状动脉的评估, 也包括一些创新应用, 如对微创心血管外科和经导管介入手术的评估。

——基于 2005 年出版的《心血管多排 CT 图谱和手册》的内容, 第一版《心脏 CT 一点通》于 2006 年出版, 并在 2008 年出版了其电子版。从第一次出版至今, 心血管 CT 成像技术已经得到了快速发展和广泛应用。此次修改和更新的《心脏 CT 一点通》新版本中, 囊括了这些技术的进步和所积累的临床经验。综合了包括北美、欧洲和亚洲先进心血管成像的新成果, 也涵盖了对最新临床研究结果的解读。

本书保持了每个章节以简明扼要的形式介绍心血管 CT 图像的特点。具体内容包括 MDCT 的成像原理及其心血管临床应用、扫描技术的实践, 以及常见心血管疾病的临床表现。文中对其他成像技术如常规血管造影、血管内超声、MRI 和超声心动等的简要介绍和比较, 有利于我们了解 CT 在特殊临床问题评估中的作用和局限性。本书伴有大量精选的图片作为注解, 并对一些关键发现进行了重点阐释。这些图像的不断修改和扩充, 也充分体现了“后 64 排 CT”时代设备和应用程序的进步。

心血管 CT 成像弥补了普通 X 线平面成像的不足。平面成像方式, 包括胸部 X 线和常规血管造影技术, 将三维的立体结构投射成二维的平面结构。图像反映了组织结构在 X 线管球和探测器之间对 X 线的吸收程度, 该技术限制了对不同组织成分的鉴别, 以及对组织三维关系的理解。而 CT 的基本概念是对薄层图像通过多平面技术的重建, 这些图像获取自围绕患者的 X 线管球和探测器的旋转, 从而根据不同组织成分对 X 线的吸收不同而断层成像。从整个扫描野获取的图像(z 轴)结合 3D 容积数据, 即利用特定的工作站对数据进行多平面重建(图 1.1)。

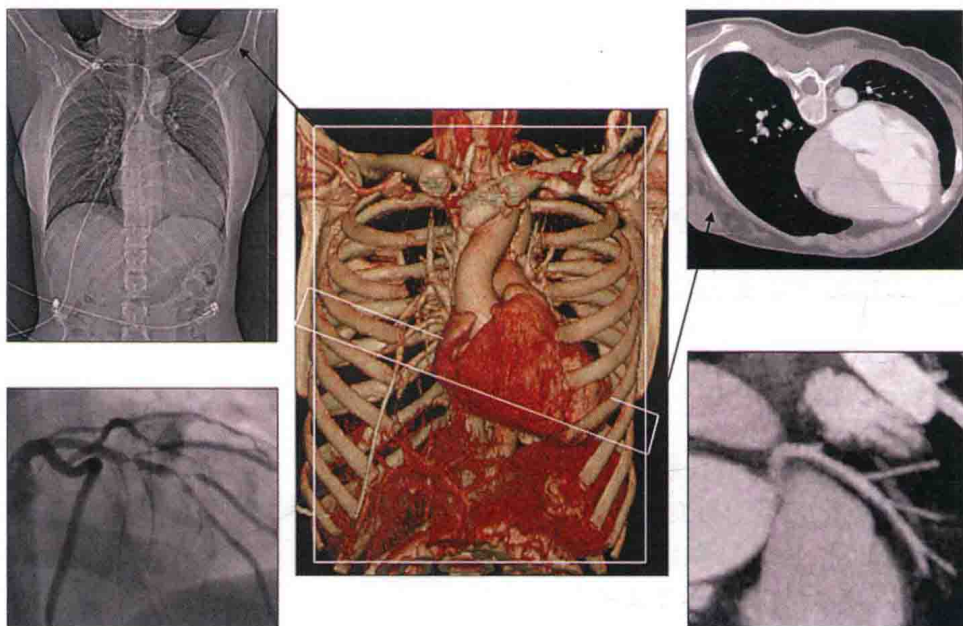


图 1.1 平面成像和断层成像

图中央显示了胸部的 3D 容积再现 CT 图像。左边和右边的图像分别显示了平面成像和断层成像。标准胸片(左上角)是心腔的平面投影。左下的图像显示了冠脉内注入造影剂的选择性冠脉造影。然而,与胸部 X 线平片一样,血管造影同样是平面成像,显示出冠脉内注入造影剂后的平面投影。心腔的断层 CT 成像(右上图)和冠脉 CT 成像(右下图)显示了平面成像所不能显示的细节

CT 的优势在于部分克服了较低的时间分辨率或过长的数据采集时间(图 1.2)。这样,相对大的静态器官(如肝和肾)以及可以短暂冻结的运动器官(如肺)不再过度依赖于时间分辨率。然而,因为心脏在心动周期中快速和持续的运动,过长的采集时间增加了运动伪影(图像搏动)。因此特定的心血管 CT 系统的发展需要最佳的采集时间和图像采集的融合。

最初的心血管成像主要是利用电子束 CT(EBCT)。快速震荡的 X 线束被投射到静态的、包绕患者的钨靶环。EBCT 不需要 X 线源围绕患者进行机械旋转,所以具有较高的时间分辨率。然而,这些设备几乎完全被多排螺旋 CT(MDCT)所替代了。在 MDCT 系统,包含 X 线管球和探测器的机架围绕患者高速旋转。最初的单探测器系统,于 1972 年开始进行体部成像,受制于非常低的转速和过长的采集时间,并不能进行心脏 CT 成像。近年来,快速机架旋转,更薄的准直探测器线,同步心电图成像,以及机架旋转致多层采集技术,均是现代心血管 CT 成像系统的进步。在过去 10 年中,越来越快的多层探测器(8、16、64、256 以及 320 层)相继出现。2008 年上市的

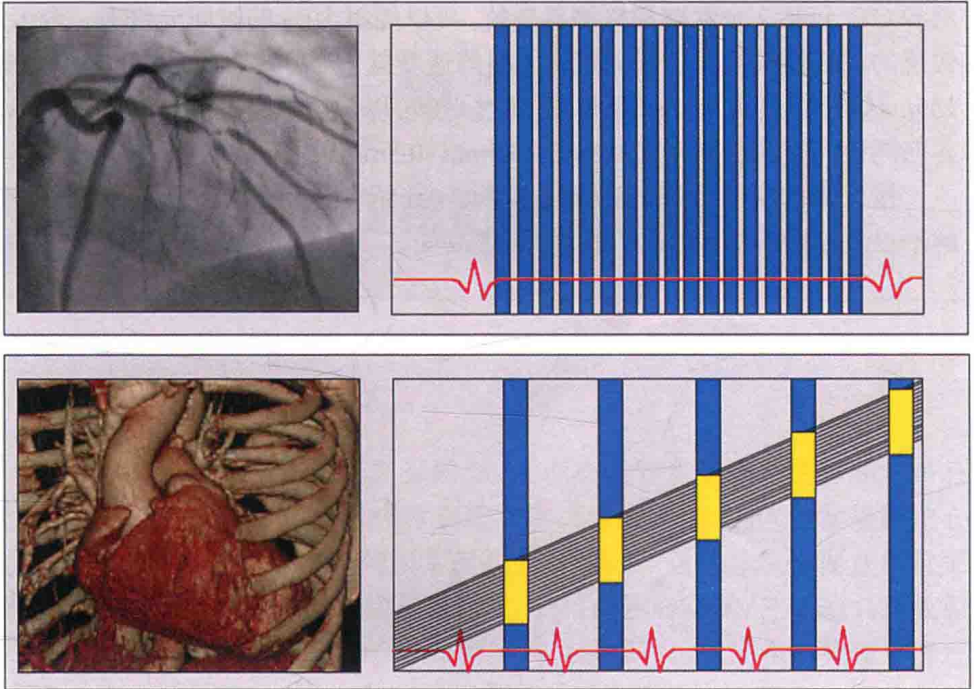


图 1.2 图像采集时间和采集窗

上排图像中，垂直条显示血管造影电影为一次心动周期内获得的多帧图像。获得单个平面图像的时间约为 10ms，等同于实时成像。相对的，如图的下半部所示，CT 图像的采集时间更长，采集时间点为心动周期的舒张末期。应用多探测器的最小时间分辨率分别是 135ms(单源)和 75ms(双源)

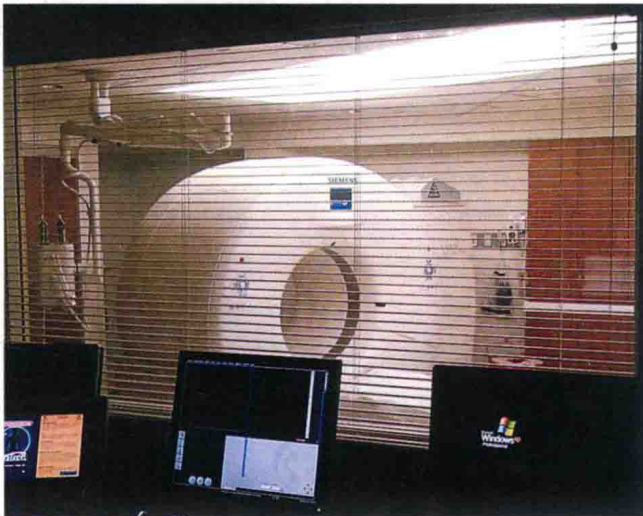


图 1.3 多排螺旋 CT(MDCT)

此图显示第二代双源 CT 控制室拍的照片。现代 CT 可以获得每圈 320 层的转速，最小层厚可以低于 0.75mm，空间分辨率约 0.5mm

双源 CT, 包括 2 个管球和探测器系统, 可以缩短 50% 的时间分辨率。今天, 快速的扫描模式可以使机架旋转 1 圈的速度低于 270ms, 缩短时间分辨率至 135ms (单源) 甚至 75ms (双源)。现代 CT 可以最小采集线宽 0.5~0.625ms, 各向同性的空间分辨率在 0.5mm×0.5mm×0.5mm (图 1.3)。

接下来的章节围绕 CT 的技术层面, 介绍扫描、图像评价、正常心血管解剖以及不同疾病 MDCT 显示的病理改变。

第 2 章

CT 正常心血管解剖

因为心血管结构在胸腔里呈斜型，所以心血管影像也是选择和超声心动图一致的斜位的图像平面进行重建。在二维成像模式下（如常规超声心动图，大多数磁共振成像序列和常规的血管造影），这些成像平面在图像采集过程中获取。对于三维成像模式（CT，三维超声心动图，三维磁共振成像序列和血管造影成像），三维容积数据和斜位成像可以在图像后处理分析过程中形成。下面将介绍常见的重建层面及所见心脏结构。

2.1 心腔

左、右心腔通常在两腔心、三腔心、四腔心和短轴层面观察（图 2.1）。

- 左室两腔心层面与右前斜位（RAO）血管造影图像一致（图 2.2）。与血管造影不同的是，CT（包括 MRI 和超声心动图）可以观察到心腔内对比剂充盈和室壁情况。
- 左室三腔心层面包括左心房（LA）、左心室和主动脉根部，它可以显示左室、二尖瓣和左室流出道（LVOT）的关系，也可以据此对主动脉根部的情况进行重建（图 2.3）。
- 左室四腔心层面可以同时左对左室和右室、左房和右房以及房室瓣情况（二尖瓣和三尖瓣）进行观察（图 2.4、图 2.5）。
- 当采集到整个心动周期的数据（回顾性心电门控），并且在舒张末期和收缩末期重建后，可以在短轴层面对左室和右室功能进行定量测量（图 2.6、图 2.7）。

2.2 腔静脉和肺静脉

- 躯体上部和下部的静脉分别回流至上腔静脉（SVC）和下腔静脉（IVC）



图 2.1 标准心腔位置

如图,心腔的标准位置包括两腔心层面(左上图)、三腔心层面(右下图)、四腔心层面(左下图)和短轴层面(右上图)

(图 2.8)。SVC 和 IVC 沿头 - 足方向走行,所以单纯轴位图像足以显示腔静脉走行,而不需要 3D 重建。

- 此外,冠脉血管的回流是通过冠状静脉窦回流至右心房(图 2.9)。它位于右心房的下内侧面,其属支经常与冠状动脉并行。最大的属支在左心房下部,由走行在左侧房室沟(与左回旋支并行)的心大静脉延续而来,并汇入在前室间沟与左前降支伴行的静脉共同汇合形成。
- 肺内的静脉汇入肺静脉并回流至左心房。静脉呈水平走行。每一肺叶均有独立的回流静脉,并在肺门部融合。因此正常情况下有两根左肺静脉(左舌叶 / 中叶静脉是左上肺静脉的分支)汇合成左肺静脉干,同样有两根右肺静脉汇入左房,而右肺中叶静脉通常是右上肺