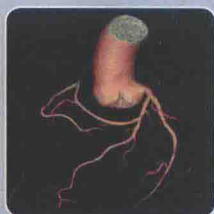
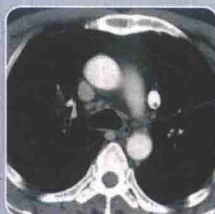
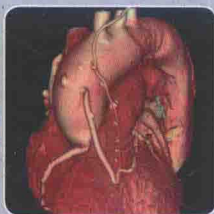


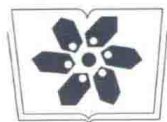
CT快速入门丛书

心血管系统 CT诊断

主 审 李坤成 段 青 刘文亚
主 编 薛蕴菁 杜祥颖 邢 艳
副主编 张 璋 李小虎 汪 芳 郭 英



 科学出版社



CT 快速入门丛书

中国科学院科学出版基金资助出版

心血管系统 CT 诊断

主 审 李坤成 段 青 刘文亚
主 编 薛蕴菁 杜祥瑞 邢 艳
副主编 张 璋 李小虎 汪 芳
郭 英

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书系统介绍了心血管系统 CT 成像基础知识、技术及新进展,以及心血管系统的 CT 诊断和临床应用。第 1 章主要介绍了 CT 设备、心血管 CT 成像原理、图像后处理技术、碘对比剂使用原则及心血管系统 CT 成像新进展;第 2~8 章分别系统介绍了全身各部位血管的解剖和变异,以及不同心血管疾病的 CT 表现、诊断要点、鉴别诊断、知识拓展等。本书内容丰富、通俗易懂、实用性强,可作为医学影像工作者,特别是低年资心血管系统 CT 影像医生的“口袋书”,也可供临床心内科、心外科医生,以及规范化培训医生和医学影像学专业的学生等学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

心血管系统CT诊断 / 薛蕴菁, 杜祥瑞, 邢艳主编. —北京: 科学出版社, 2017.9

(CT快速入门丛书)

ISBN 978-7-03-054053-9

I. 心… II. ①薛… ②杜… ③邢… III. 心脏血管疾病-计算机X线扫描体层摄影-诊断 IV. R816.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第182682号

责任编辑: 马晓伟 高爱英 / 责任校对: 张小霞

责任印制: 肖 兴 / 封面设计: 吴朝洪

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

北京汇瑞嘉合文化发展有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2017年9月第一版 开本: 787×1092 1/32

2017年9月第一次印刷 印张: 8 3/8

字数: 210 000

定价: 58.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

《CT快速入门丛书》编委会

编委 (按姓氏笔画排序)

王志群 ¹	王玲玲*	王霄英 ²	邢艳 ³	刘斌 ⁴	刘文亚 ³
刘爱连 ⁵	严福华 ⁹	杜祥颖 ⁶	李铭 ⁷	李小虎 ⁴	李坤成 ⁶
李剑颖*	汪芳 ¹⁰	汪禾青 ⁵	沈云*	张璋 ⁸	张云亭 ⁸
张丽娜 ⁵	张国楨 ⁷	陈克敏 ⁹	林晓珠 ⁹	罗娅红 ¹¹	周诚 ¹²
赵丽琴 ¹³	赵雪松 ⁹	段青 ¹⁴	贺文 ¹³	贾永军 ¹⁵	徐文坚 ¹⁶
徐学勤 ⁹	高艳 ⁶	郭英*	郭钹 ¹²	郭小超 ²	唐磊 ¹⁷
崔久法 ¹⁶	董诚 ¹⁶	董越 ¹¹	蒋炯*	薛蕴菁 ¹⁴	

编委单位

- 1 北京中医药大学东方医院
 - 2 北京大学第一医院
 - 3 新疆医科大学第一附属医院
 - 4 安徽医科大学第一附属医院
 - 5 大连医科大学附属第一医院
 - 6 首都医科大学宣武医院
 - 7 复旦大学附属华东医院
 - 8 天津医科大学总医院
 - 9 上海交通大学医学院附属瑞金医院
 - 10 宁夏回族自治区人民医院
 - 11 辽宁省肿瘤医院
 - 12 北京医院
 - 13 首都医科大学附属北京友谊医院
 - 14 福建医科大学附属协和医院
 - 15 陕西中医药大学附属医院
 - 16 青岛大学附属医院
 - 17 北京大学肿瘤医院
- * GE 医疗中国 CT 影像研究中心

《心血管系统CT诊断》编写人员

主 审

李坤成 首都医科大学宣武医院

段 青 福建医科大学附属协和医院

刘文亚 新疆医科大学第一附属医院

主 编

薛蕴菁 福建医科大学附属协和医院

杜祥颖 首都医科大学宣武医院

邢 艳 新疆医科大学第一附属医院

副主编

张 璋 天津医科大学总医院

李小虎 安徽医科大学第一附属医院

汪 芳 宁夏回族自治区人民医院

郭 英 GE 医疗中国 CT 影像研究中心

编 者 (按姓氏笔画排序)

陈光亮 福建医科大学附属协和医院

陈智勇 福建医科大学附属协和医院

郑金妹 福建医科大学附属协和医院

戚 晋 福建医科大学附属协和医院

耿 华 GE 医疗中国 CT 影像研究中心

蒋 炯 GE 医疗中国 CT 影像研究中心

曾 芳 福建医科大学附属协和医院

绘 图

马心怡

《CT快速入门丛书》序

作为一位世纪老人，一名有幸能与北美放射学会（RSNA，始建于1915年）同龄的放射学工作者，我非常荣幸地见证了医学影像学百年以来的发展历程与脚步。

近一个世纪，放射学界经历了无数激动人心的时刻，产生了很多具有跨时代意义的发明创造，已经成为临床医学中发展最快的学科。这些发明正在以前所未有的速度改变着医学影像者的工作方式，同时极大地影响了整个医疗行业的发展。然而在诸多具有历史意义的技术革新中，CT（computed tomography）的问世毫无疑问是一个里程碑。

自亨斯菲尔德先生于1972年发明世界上第一台CT机起，计算机体层显像技术就成为医学影像界的焦点。在海内外同仁的共同努力下，经过几十年的发展，CT从当年的旋转平移式发展成今天的多排螺旋式。第一代CT机起初只能对头部进行成像，接下来又经历了体部及全身成像、快速成像、心血管成像及能量成像等发展阶段，使影像诊断工作从早期基于解剖形态的单一模式发展成如今基于形态、功能的多参数诊断模式。CT技术早已被广大医疗同行认可，并日趋成为现代医学诊断技术中不可或缺的中坚力量。

1979年，在我担任北京医院放射科主任期间，北京医院引进了国内第一台全身CT机，由此我有幸成为国内同行中第一个“吃螃蟹”的人。为了能与广大同仁分享自己的经验，我们于1985年编写了国内最早的CT专著之一——《临床体部CT诊断学》，之后又在该书

的基础上进行扩充形成了《临床 CT 诊断学》。正如我之前所说，医学影像学的发展速度是惊人的，CT 技术的更新换代也是日新月异的，这两本书已经不能满足目前 CT 工作的需要。并且，对本专业刚入门的年轻人来说，浩如烟海的知识与信息会使他们觉得眼花缭乱、无从下手。令人欣慰的是，《CT 快速入门丛书》作为一套初级宝典，为引领新人入门提供了一条捷径。该丛书按人体部位（颅脑和头颈部、胸部、消化系统、泌尿生殖系统、骨关节肌肉系统、心血管系统）及从技术与临床的角度进行分册，以最新且全面的 CT 知识为框架，以生动的病例为基础，深入浅出地为初学者讲述临床中最常见、最重要疾病的一般表现，使年轻医生能够全面、系统、有的放矢地进行学习。该丛书汇集了大量的影像图、简约线条图及示意图，以方便读者理解和记忆。

最后，衷心感谢为编写该丛书而辛勤付出的青年学者，是他们用临床工作中摸索出的经验和体会为后来人点燃了一盏引航明灯。在此，由衷希望《CT 快速入门丛书》的出版能和祖国放射医学界年轻人的培养教育工作相辅相成、相得益彰。

北京医院放射科 教授

李果珍

2017 年 3 月 9 日

前 言

多层螺旋 CT 的问世，为心血管系统 CT 成像带来了革命性的突破。近十年来，随着 CT 软硬件技术的推陈出新，从 64 排 CT 发展到目前的 320 排 CT、双源 CT、Revolution CT 等，心血管系统 CT 成像的临床应用前景越加广阔，心血管系统 CT 成像成为大多数心脏大血管疾病筛查、诊断与随访的重要检查手段，并能够为心血管功能的定量评估提供影像学信息。为使临床相关科室，尤其是心内科和心外科医生能够更好地开展心血管 CT 成像检查、做好质量控制，同时掌握心血管 CT 成像的适应证，了解心脏大血管常见疾病的 CT 血管成像（CTA）表现，我们编写了这本便于携带的“口袋书”。

本书共 8 章，全面介绍了 CT 设备、心血管系统 CT 扫描和图像后处理技术、低剂量扫描和图像质量控制、对比剂应用原则、心血管基本解剖和变异，以及全身各部位大血管常见疾病的 CT 表现、诊断要点及知识拓展，重点阐述了心血管系统 CTA 的临床实用性；作为一本影像专业的参考书，本书简洁、系统、实用，且加入众多表格和图片。

书中图片来自于不同的 CT 设备和后处理工作站，为了便于读者理解和记忆，本书采用手工和电脑绘制的形式提供了大量色彩丰富的示意图。本书经多次讨论、修改，并对图片进行及时更新，在此向全体参编人员表示衷心的感谢！同时感谢马心怡、张硕等在图片绘制方面给予的指导！

希望本书能够对影像专业医学生、影像科医生及相关学科的临床医生，尤其是基层医院影像科医生的日常工作提供帮助。由于编者认识水平有限，书中疏漏之处，恳请广大读者批评指正！

福建医科大学附属协和医院

薛蕴菁

2017年8月

目 录

第 1 章 心血管系统 CT 成像基本技术、成像原理及最新技术进展	1
第一节 心血管系统 CT 技术的发展历史	1
第二节 心血管系统 CT 成像原理与技术进展	7
第三节 心血管系统 CT 图像后处理技术	20
第四节 CT 辐射剂量与碘对比剂应用规范	26
第 2 章 心脏常见病变的 CT 影像表现及诊断思路	30
第一节 心血管的胚胎发育	30
第二节 先天性心脏病的分段诊断	34
第三节 正常心脏多层螺旋 CT 表现	41
第四节 心肌病	45
第五节 先天性心血管疾病	51
第六节 后天性心血管疾病	69
第七节 心脏肿瘤	77
第 3 章 冠状动脉病变的 CT 诊断	81
第一节 正常解剖及先天变异	81
第二节 冠状动脉粥样硬化	90
第三节 冠状动脉瘘	102
第四节 冠状动脉先天异常	105
第五节 冠状动脉瘤	113
第六节 CTA 在冠状动脉血运重建术后的应用	115
第七节 冠状动脉成像新技术及低剂量成像	121
第八节 比较影像学	130

第 4 章 头颈部血管常见病变的 CT 诊断	133
第一节 头颈部血管 CTA 常规扫描方案	133
第二节 正常解剖和先天变异	135
第三节 动脉硬化	141
第四节 动脉瘤	143
第五节 静脉畸形	146
第六节 脑动静脉畸形	147
第七节 颈内动脉海绵窦瘘	149
第八节 烟雾病	151
第九节 静脉窦血栓形成	153
第十节 动脉夹层	155
第 5 章 肺血管常见病变的 CT 诊断	157
第一节 肺动脉 CTA 常规扫描方案	157
第二节 肺血管正常解剖和先天变异	161
第三节 肺动脉高压	162
第四节 肺动脉栓塞	165
第五节 肺动静脉畸形	168
第六节 肺隔离症	170
第 6 章 胸、腹主动脉常见病变的 CT 诊断	173
第一节 胸、腹主动脉 CTA 常规扫描方案	173
第二节 正常解剖和先天变异	176
第三节 主动脉瘤	179
第四节 主动脉夹层	184
第五节 主动脉粥样硬化	189
第六节 主动脉缩窄和离断	192
第七节 大动脉炎	197
第八节 马方综合征	200
第九节 主动脉损伤	202

第十节	主动脉壁间血肿和穿透性溃疡	204
第 7 章	腹部主要血管常见病变的 CT 诊断	208
第一节	腹部主要血管 CTA 常规扫描方案	208
第二节	正常解剖和先天变异	211
第三节	肠系膜血管	215
第四节	门静脉病变	222
第五节	肝动、静脉病变	227
第六节	肾血管	232
第七节	腔静脉	237
第 8 章	下肢血管常见病变的 CT 诊断	240
第一节	下肢血管 CTA 常规扫描方案	240
第二节	下肢血管正常解剖和变异	243
第三节	下肢动脉粥样硬化	246
第四节	下肢血栓闭塞性脉管炎	249
第五节	下肢动静脉瘘	251
第六节	下肢深静脉血栓	254

第 1 章

心血管系统 CT 成像基本技术、 成像原理及最新技术进展

第一节 心血管系统 CT 技术的发展历史

Hounsfield 博士发明 CT 时, CT 只能用于头部扫描。第一台体部 CT 机是 Robert S. Ledley 设计的 ACTA (automatic computerized transverse axial) 扫描仪, 这台扫描仪的探测器上有 30 个光电倍增管, 需 9 次平移 / 旋转完成一次扫描。自第一台 CT 机问世以来, CT 技术迅猛发展, 扫描速度从最早的几百秒缩短到亚秒, 层厚从 10mm 减小到 0.625mm, 而探测器排数则从单排增加到 64 排、128 排、256 排、320 排。在螺旋 CT 诞生之前, 根据 CT 发展的时序和结构特点, CT 机大致分成五代, 而发展到螺旋扫描 CT 机后, 则不再以代划分, 统称为螺旋 CT。

第一代 CT 机为旋转 / 平移扫描方式, 属头颅专用机, 具有一个球管和一个探测器 (图 1-1A)。第二代 CT 机也属于旋转 / 平移方式, 但是使用较小角度的扇形 X 线束, 并采用多个探测器单元 (图 1-1B)。第三代 CT 机由一个球管 (扇形 X 线束: $30^{\circ} \sim 60^{\circ}$) 及单排探测器 (600 ~ 1000 探测单元) 组成。与前二代 CT 机不同的是, 它不需要平移运动, 每旋转一周 (360°) 即可获得一个层面图像 (图 1-1C)。第四代 CT 机的扫描方式只有球管在旋转, 此类 CT 机具有更多的探测器, 分布在 360° 的圆周上。扫描时, 探

测器固定，球管围绕患者做 360° 的旋转（图 1-1D）。前四代 CT 机上都无法开展心脏扫描。

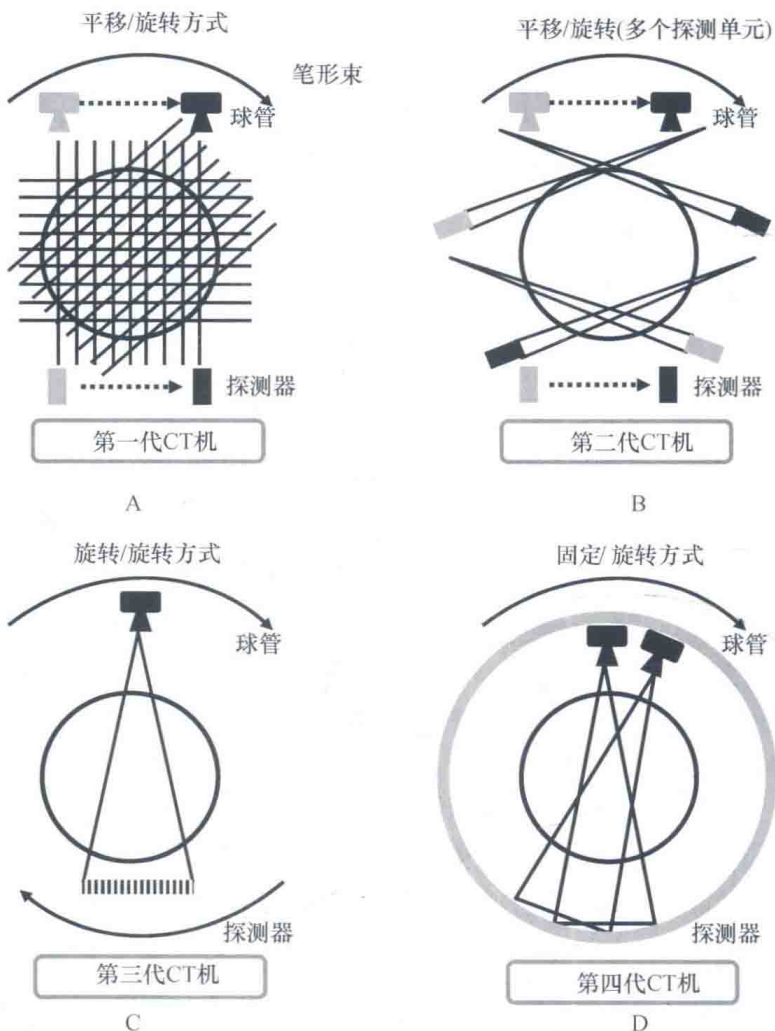


图 1-1 第一代至第四代 CT 机的成像示意图

20 世纪 80 年代初，第五代 CT 机，即电子束 CT (EBCT) 机，

使冠状动脉的CT成像得以实现,当时的电子束CT机大多数只能做一些无创性的冠状动脉钙化评价,其他应用如冠状动脉狭窄的评估等仍非常有限。电子束CT机的X线产生方式与传统的X线机完全不同。电子束CT机由一个电子枪、偏转线圈和处于真空中的环形排列的4个钨靶组成(图1-2)。扫描时,电子束沿X线管轴向加速,电磁线圈将电子束聚焦,并利用磁场使电子束瞬时偏转,分别轰击4个钨靶。这种方法产生的旋转X线穿透人体后由两组探测器接收,这两组探测器平行排列于扫描机架上部210°范围内。图像重建过程则和普通CT机基本相同。电子束CT机的特点是扫描速度很快:50~100毫秒/层,适用于心脏领域的诊断。



图1-2 第五代CT机的成像示意图

尽管EBCT有极大的影响,但这项技术也受到诸多的限制。随着螺旋CT的迅速发展,EBCT已逐渐销声匿迹。

1989年在旋转/旋转扫描技术的基础上,人们通过采用滑环技术和连续进床的理念,开发出螺旋CT。文献报道最早利用螺旋CT进行心脏扫描是在1992年,通过1秒/周旋转、2mm层厚、30s连续的螺旋扫描得到原始数据,采用投影角度每次增加45°的数据进行图像重建,最终得到120幅时间上连续的图像。从这120幅图像中,心脏舒张期的图像数据被提取出来并在Z轴方向上排序,然后用三维容积再现(VR)重建出冠状动脉影像。用这种重建方式得到的图像虽然空间分辨率有较大局限性,但这是人们第一次看到的三维CT冠状动脉图像。此后,通过提高球管旋转速度,引入心电(ECG)门

控技术和三维容积重建,螺旋CT的图像质量得到进一步改善。1999年,4排螺旋CT被研发出来,旋转速度提高到0.5秒/周,冠状动脉图像质量得到进一步提高,心脏CT进入多排螺旋CT的高速发展期。之后在短短的几年内,相继推出了8排、16排、32排、40排和64排。64排螺旋CT是CT心脏成像的一个里程碑。64排螺旋CT可以在不到5s的时间内完成心脏扫描,使心脏CT成为临床常规(图1-3)。如今的多排螺旋CT已经发展到320排,可以在一个心动周期内完成全心扫描。但是宽体探测器存在锥形束伪影问题,使宽体探测器的图像质量受到极大的挑战。

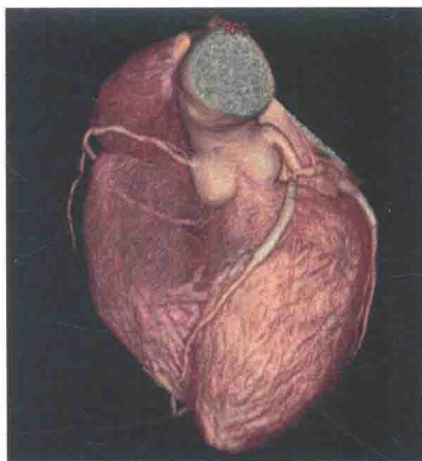


图 1-3 64 排 CT 心脏 VR 图像

64排螺旋CT采集的心脏CTA图像,清晰显示冠状动脉及其2~3级分支,清晰显示支架(此图为左前降支和左回旋支的支架)

目前GE(general electric)公司最新推出的Revolution CT具备16cm宝石宽体探测器、0.28秒/周的球管旋转速度、29ms的有效时间分辨率、0.23mm的空间分辨率、自适应迭代重建技术(ASiR-V)和多物质能谱等优势,并最大限度地减轻了锥形束伪影及散射线伪影的干扰(图1-4)。

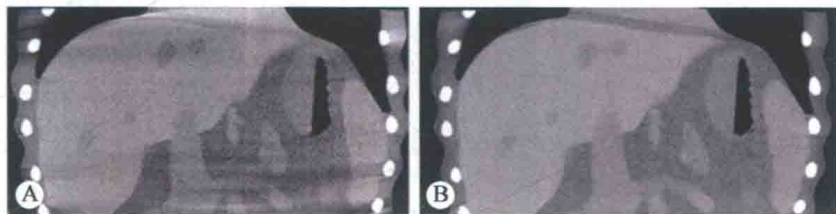


图 1-4 宽体探测器 CT 的锥形束伪影

A. 传统宽体探测器 Z 轴 16cm 轴扫，体模，冠状位图像可见明显的锥形束伪影及散射线干扰伪影；B. Revolution CT 宽体探测器 Z 轴 16cm 轴扫，体模，冠状位图像，锥形束伪影及散射线干扰伪影明显减少

在心脏成像上，Revolution CT 可以做到任何心率、心律下，使用一次轴扫实现一站式心脏成像（在一个心动周期中，采集全期相数据，同时获得心脏影像解剖和心功能信息）。其优点在于：彻底消除错层伪影、提高心肌灌注评价的准确性、减少碘对比剂用量，甚至可以在自由呼吸的情况下完成心脏扫描。

西门子公司推出了第三代双源 CT（SOMATOM Force CT），它具备 0.25 秒 / 周的机架旋转速度、双球管、双探测器、66ms 物理单扇区时间分辨率等特点，覆盖范围突破了探测器宽度的限制，达到了 80cm。另外，秉承了第二代双源大螺距的特色，扫描速度达到 73.7cm/s，实现了高清、低辐射、超快速 CT 成像，可以在任意心率或心律不齐的状态下进行心血管 CTA 成像（图 1-5），对于无法服药控制心率的患者，采用大螺距螺旋扫描或前瞻性心电门控技术轴扫；对于心律不齐或需进行心功能评估、心肌灌注成像的患者，采用回顾性心电门控技术联合螺旋扫描，在心血管成像方面也具有广阔的应用前景。