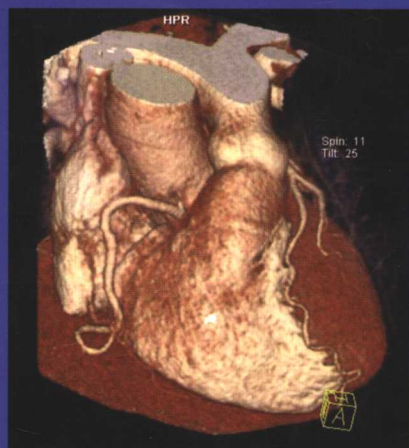


■ 主编 毛定飏 张国桢 滑炎卿

多层螺旋CT 冠状动脉成像



Coronary Artery Imaging
of Multislice Spiral CT

 科学技术文献出版社

多层螺旋 CT

冠状动脉成像

主 编 毛定飏 张国桢 滑炎卿

编 者 (以姓氏笔画为序)

丁其勇	毛定飏	王鸣鹏	朱 凤
吴威岚	陈 喆	张国桢	张大海
胡 非	曹永胜	滑炎卿	葛虢俊
谭德炎	潘溪江		

科学技术文献出版社

Scientific and Technical Documents Publishing House

北 京

图书在版编目(CIP)数据

多层螺旋CT冠状动脉成像/毛定飏等主编. —北京: 科学技术文献出版社, 2005.9

ISBN 7-5023-5079-9

I. 多… II. 毛… III. 冠状动脉造影—计算机X线扫描体层摄影 IV. R816.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第072344号

出 版 者 科学技术文献出版社
地 址 北京市复兴路15号(中央电视台西侧)/100038
图书编务部电话 (010)58882959,(010)58882958(传真)
图书发行部电话 (010)68514035(传真),(010)68514009
邮 购 部 电 话 (010)68515381,(010)58882952
网 址 <http://www.stdph.com>
E-mail: stdph@istic.ac.cn
策 划 编 辑 李 洁
责 任 编 辑 李 洁
责 任 校 对 唐 炜
责 任 出 版 王芳妮
发 行 者 科学技术文献出版社发行 全国各地新华书店经销
印 刷 者 北京地大彩印厂
版 (印) 次 2005年9月第1版第1次印刷
开 本 889 × 1194 16开
字 数 235千
印 张 11
印 数 1~4000册
定 价 68.00元

© 版权所有 违法必究

购买本社图书,凡字迹不清、缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责调换。

(京)新登字 130 号



内 容 简 介

本书共 9 章, 200 余幅图片, 以图文结合的形式, 介绍多层螺旋 CT 的最新进展、心脏和冠状动脉的 CT 解剖、冠状动脉 CT 成像的扫描技术和后处理方法、冠状动脉 CT 成像在冠心病中的应用, 并选择一些典型病例进行讨论, 以帮助读者提高实际诊断水平。本书不仅适合影像科医师阅读, 亦适于相应专业临床医师参考。

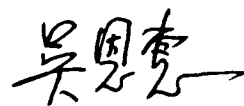
科学技术文献出版社是国家科学技术部系统唯一一家中央级综合性科技出版机构, 我们所有的努力都是为了使您增长知识和才干。

序 一

多层螺旋CT冠状动脉成像能清楚显示心脏及冠状动脉的解剖结构，又能很好显示冠状动脉粥样硬化改变，它的诊断价值已经得到充分肯定，其临床应用日趋广泛。目前国内还没有一本较为全面而系统介绍多层螺旋CT冠状动脉成像方面的专著。上海华东医院是国内最早进行这方面研究的单位之一，自2002年9月开展16层螺旋CT冠状动脉成像的临床应用以来，已完成了1500余例检查，作者总结了自己的诊断经验，又参考了国内外有关专著和大量文献，编著《多层螺旋CT冠状动脉成像》一书。该书的出版，可为广大医学影像学工作者和相关临床医师在临床、教学、科研工作上提供有益的参考和帮助。

全书用9章38节、20余万字、250余幅图片论述了心脏和冠状动脉的CT解剖、多层螺旋CT冠状动脉成像的检查方法和后处理技术，并详细介绍了冠状动脉各种疾病的CT表现与诊断。本书所有病例均来源于作者日常工作，同时又与冠状动脉造影和实验研究作了对照，符合临床实际。书中内容全面、系统，而且文字流畅，图文并茂，层次分明，易于理解。本书是一本难得的学术水平高、实用价值大、可读性强、具有先进水平的参考书。

由于多层螺旋CT冠状动脉成像的研究开展不久，许多方面还处于探索阶段，书中不尽人意之处在所难免，但我愿推荐本书给广大读者，并相信本书对开展、提高冠状动脉CT检查和诊断工作将起到良好的推动和促进作用。



序 二

心脏冠状动脉的CT成像是CT检查方法中的一项重要突破。最初出现于电子束CT (EBCT)。而今,基于螺旋扫描技术和多排探测器技术的多排螺旋CT更将心脏冠状动脉成像性能推上了一个新的台阶。尤其是16层螺旋CT的问世对于心脏及大血管疾病方面的检查,提供了满足临床需求的先决条件。

西门子公司医疗系统集团的医疗仪器设备是世界上一流的产品,其医疗器械设备的种类包括各个方面,CT仅仅是其中的一个产品,而16层以上的螺旋CT是世界上顶尖的CT产品。

作为华东地区的一所重要知名医疗机构,华东医院长期以来与西门子公司有良好的合作关系,也是西门子公司在中国的CT培训基地之一。两年多前,上海华东医院在中国首先购买了16层螺旋CT,并投入临床应用,他们在心脏冠状动脉CT成像方面积累了大量的经验并编写此书。我相信,该书的出版必将加快心脏及大血管CT检查和应用技术的推广和提高,并且也将有助于推进CT设备制造技术的进一步发展。



Dr. Bernd Ohnesorge
Vice President CT Marketing and Sales
伯恩·奥乃索格博士
西门子全球CT副总裁



前言

多层螺旋 CT (MSCT) 的发展取得了突破性进展, 其具有扫描速度快, 图像分辨力高的特点, 结合心电门控, 实现了冠状动脉成像, 扩展了 CT 在心血管病诊断中的应用范围和诊断能力。

本书是上海华东医院自 2002 年应用 Siemens Sensation 16 层螺旋 CT 对约 1500 例心血管病患者进行诊断检查的经验总结。全书共分 9 章, 第一章介绍多层螺旋 CT 的最新进展。第二章~第八章为 MSCT 在各类冠状动脉疾病诊断中的临床应用, 包括心脏和冠状动脉的 CT 解剖、冠状动脉成像的扫描技术和后处理方法、冠状动脉钙化的研究、对冠状动脉粥样硬化斑块的评价等。第九章我们选择了一些较为典型的病例进行讨论, 以帮助读者在实际诊断工作中, 掌握观察、分析图像和思考及诊断的方法。

多层螺旋 CT 冠状动脉成像具有无创性的优点, 且费用较低, 有突出的临床应用价值, 值得大力推广。但目前国内尚缺乏这方面较为系统的著作, 有鉴于此, 我们编写本书, 一方面是希望能对多层螺旋 CT 冠状动脉成像的研究起推动作用, 另一方面是希望能够起到“抛砖引玉”的作用, 出版更多、更好的参考书。

由于作者学识所限, 经验不足, 书中缺点、错误在所难免, 祈望读者不吝赐教。

毛定飏 张国桢 滑炎卿

于上海华东医院

2005 年 7 月

目 录

第一章	多层螺旋 CT 技术原理	1
第一节	多层 CT 探测器的类型和采集通道	3
第二节	多层 CT 的技术改进和螺距	8
第三节	多层螺旋 CT 的图像重建	13
第四节	多层螺旋 CT 扫描的图像质量	16
第五节	多层螺旋 CT 扫描的其他问题	20
第二章	心脏及冠状动脉的 CT 解剖	23
第一节	心脏的形态和结构	25
第二节	冠状动脉	29
第三节	心脏的静脉	46
第四节	心脏及冠状动脉的 CT 横断位解剖	47
第五节	MSCT 对冠状动脉解剖结构的显示能力	50
第三章	冠状动脉多层螺旋 CT 成像的条件	53
第一节	心电监视和螺旋扫描同步技术	55
第二节	适应性心脏容积重建	56
第三节	螺距	57
第四节	螺旋层面敏感性剖面图和空间分辨率	58
第五节	时间分辨率	59
第六节	放射剂量	60
第四章	冠状动脉 CT 成像影响因素及图像后处理	63
第一节	冠状动脉 MSCT 的检查步骤	65
第二节	冠状动脉 CT 成像质量的影响因素及扫描技术要点	66
第三节	图像后处理技术	71
第四节	冠状动脉 CT 成像的应用范围	75

»»	第五章	MSCT 对冠状动脉钙化的检测	77
	第一节	冠状动脉钙化的病理基础	79
	第二节	冠状动脉钙化的算法	79
	第三节	CT 计算钙化积分的变异性	82
	第四节	MSCT 与 EBCT 计算钙化积分的比较	83
	第五节	钙化积分的临床意义	83
»»	第六章	冠状动脉 MSCT 成像在冠心病中的应用	87
	第一节	冠状动脉粥样硬化的发生和发展	89
	第二节	MSCT 对冠状动脉管壁粥样硬化改变及管腔狭窄的显示	90
	第三节	MSCT 对冠状动脉粥样斑块成分的评价	95
	第四节	心功能分析	98
	第五节	不同类型冠心病的 CT 表现	100
	第六节	其他影像学技术对冠心病的检测	106
»»	第七章	MSCT 在冠状动脉内支架术的应用	113
	第一节	MSCT 在冠状动脉支架术前评价中的应用	115
	第二节	MSCT 在冠状动脉支架术后评价中的应用	117
	第三节	MSCT 在冠状动脉内支架术应用中的限制	122
»»	第八章	MSCT 在冠状动脉搭桥术中的应用	125
	第一节	扫描技术	127
	第二节	MSCT 在冠状动脉搭桥术前评价中的应用	127
	第三节	MSCT 在冠状动脉搭桥术后随访中的应用	132
	第四节	MSCT 应用于冠状动脉搭桥术的限制	134
»»	第九章	冠状动脉 CT 成像病例讨论	137
»»	附录		157
	附录 1	冠状动脉 MSCT 成像操作常规	159
	附录 2	华东医院 CT 冠状动脉钙化积分评估报告	161
	附录 3	华东医院 16 层螺旋 CT 冠状动脉成像诊断报告	164

第一章



多层螺旋CT技术原理

DUOCENG LUOXUAN
CT JISHU YUANLI

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 检查中占有了重要的位置。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病人大范围的、多个脏器的扫描检查。对于年老体弱而需要屏气扫描的病人,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、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,它经过几年来的临床使用,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(multislice spiral CT, MSCT)在临床应用的这年中,曾出现了多个不同的名称,它们是多层 CT (multisection 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名称应该是多层螺旋 CT(multi-slice CT, MSCT)。

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、GE、Philips 和 Siemens。下面的章节将以 4 层和 16 层 CT 为重点,介绍有关多层螺旋 CT 硬件方面的改进和基本概念等方面的问题。

第一节 多层 CT 探测器的类型和采集通道

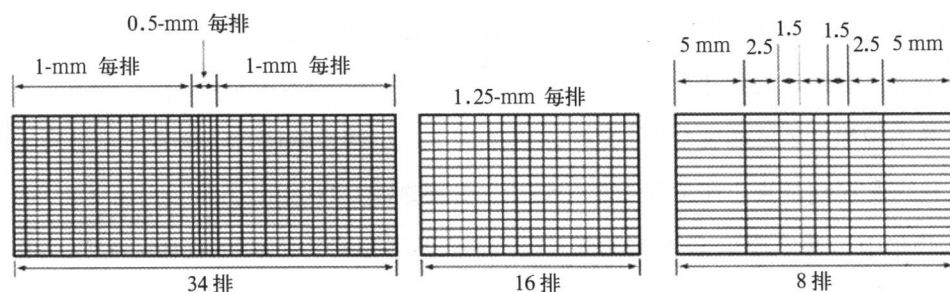
我们已知,单层螺旋 CT 采用 1 排探测器阵列,扫描机架围绕病人旋转 1 周,只得到 1 个扫描层,其扫描覆盖范围有限。而多层螺旋 CT 增加了探测器纵向排列的排数,以及 Z 轴方向探测器阵列的宽度,从而提高了一次旋转扫描的覆盖范围,使 CT 采集图像的效率大大提高。

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,下面我们将以 4 层螺旋 CT 为例,来阐述这方面的问题。

一、多层螺旋 CT 的探测器

各个厂家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,与光电两极管一起共

同组成探测器阵列。目前,国际上能生产高端 CT 产品的 4 个厂家,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 生产的 4 层探测器阵列被称为镶嵌型 (mosaic) 探测器阵列, Siemens 和 Philips 生产的 4 层探测器阵列被称为自适应型探测器阵列, Toshiba 生产的 4 层探测器阵列被称为混合型探测器阵列。在上述 4 家生产厂家中,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 0.5mm 4 排, 1.0mm 30 排,最大覆盖范围 32mm; GE 公司则采用 16 排 1.25mm 的探测器,最大覆盖范围 20mm;而 Philips 和 Siemens 公司采用了 8 排 1~5mm 的探测器,包括 4 对 1mm、1.5mm、2.5mm、5mm 的探测器,最大覆盖范围 20mm (图 1-1、表 1-1)。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



从左至右为 Toshiba、GE、Siemens 和 Philips

图 1-1 4 个厂家 4 层螺旋的 3 种探测器排列方式

表 1-1 4 种 4 层螺旋 CT 层厚选择范围

机器型号	层厚选择范围(mm)					
Toshiba Aquilion	4×0.5,	4×1,	4×2,	4×4,	4×8	
GE LightSpeed	4×1.25,	4×2.5,	4×3.75,	4×5,	2×7.5,	2×10
Philips(Marconi)	2×0.5,	4×1,	4×2.5,	4×5,	2×8,	2×10
Mx8000						
Siemens Somatom	2×0.5,	4×1,	4×2.5,	4×5,	2×8,	2×10
Plus4, Volume Zoom						

大致可分为两类,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,被称为等宽型, Z 轴方向的探测器宽度不相等,被称为不等宽型,而不论宽度如何变化,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则容易引起混淆。在上述生产厂家中,GE 属于等宽型探测器排列, Philips 和 Siemens 属于不等宽型探测器排列,而 Toshiba 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变革以来,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

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,各生产厂家对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0.75mm的探测器排组成,两侧各有1.5mm宽的探测器4排,总共24排,探测器阵列总计宽度24mm。每排探测器数量为672个,总共有探测器数量16128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0.625mm的探测器排,两侧则各排列1.25mm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20mm(图1-2)。每排的探测器数量为880个,探测器的总数为21120个。Siemens公司16层CT

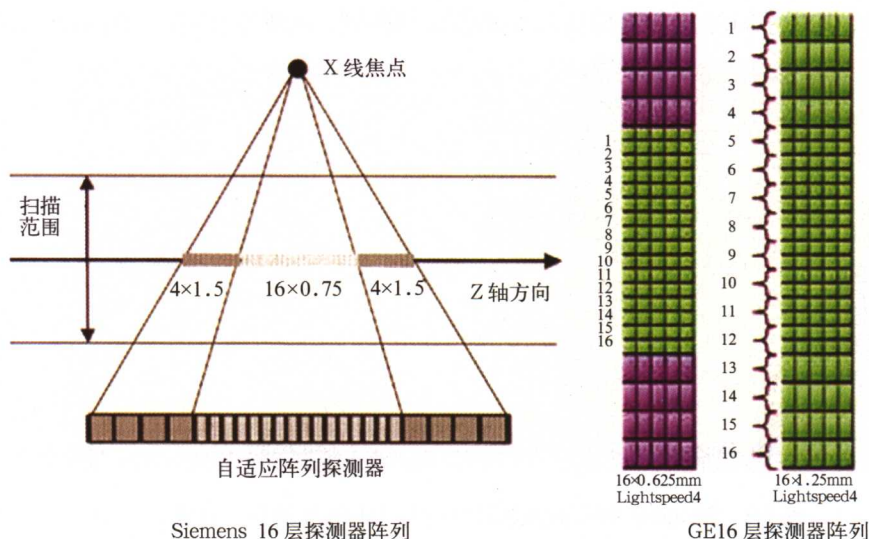


图 1-2 Siemens 和 GE 的 16 层探测器排列

的螺旋扫描模式有 $16 \times 0.75\text{mm}$, 可选的床移动速度范围是 $12 \sim 36\text{mm/s}$, 即螺距可选范围为 $8 \sim 24$ (或称为 $0.5 \sim 1.5$, 自由可选), 以及 $16 \times 1.5\text{mm}$, 可选的床移动速度范围是 $24 \sim 72\text{mm/s}$, 螺距可选范围是 $8 \sim 24$ (或 $0.5 \sim 1.5$)。GE 公司 16 层 CT 的螺旋扫描模式有 $16 \times 0.75\text{mm}$ (采用中间 16 排探测器), $16 \times 1.25\text{mm}$ (采用全部 24 排探测器)。

16 层螺旋 CT 探测器的材料仍由固体的稀土陶瓷材料组成。多层 CT 由于 Z 轴方向探测器阵列宽度和几何放大, 实际使用中探测器层的宽度会有所误差, 如 Siemens 公司的 16 层探测器阵列, 实际探测器层的宽度可达到标称值的近 2 倍, 即中间的探测器可达到 1.35mm/排 , 两侧的探测器可达到 2.7mm/排 。

CT 扫描的射线束其纵轴方向剖面类似梯形, 对单层 CT 而言, 梯形中全部射线都可被探测器利用, 而多层 CT 只有梯形平台处的射线对形成探测器信号才是有用的。另外, 其外侧形成的一个半影区被称为“无用”射线, 该半影随着层厚的减小而增加, 但随着同时获得层数增加

而减小。在实际应用中,半影区是由后准直器(病人侧)以及探测器内部自准直去除。从理论上说,多层螺旋与单层螺旋 CT 相比,一次旋转射线的总量有所增加,但该射线总量的增加可以减少在一个可以接受的范围内,并且由于 16 层 CT 一次旋转获得的层数增加,相对每层分配到的射线量也减少。目前,4 层螺旋 CT $4 \times 1\text{mm}$ 扫描模式时射线的利用率是 70%, $4 \times 2.5\text{mm}$ 时的射线利用率是 85%。16 层螺旋 CT $16 \times 0.75\text{mm}$ 扫描模式时射线的利用率是 82%, $16 \times 1.5\text{mm}$ 时的射线利用率是 89%。

Siemens 64 层 CT 称为 SOMATOM Sensation 64,采用 40 排探测器,64 层的数据采集系统,利用中间的 32 排探测器可获得 64 层/ 360° 同步的数据采集。64 层 CT 的 1 次旋转扫描时间又有所提高,最快可达到 0.33s。而在 Sensation 16 的心脏扫描模式,扫描速度是 0.42s/1 次旋转,其他扫描模式是 0.5s/1 次旋转。

SOMATOM Sensation 64 层探测器阵列的排列仍为不等宽方式,Z 轴方向的宽度为 28.8mm,总计探测器共 40 排,其中中间部分为 32 排 0.6mm 的探测器阵列,两侧各有 4 排 1.2mm 的探测器(图 1-3)。

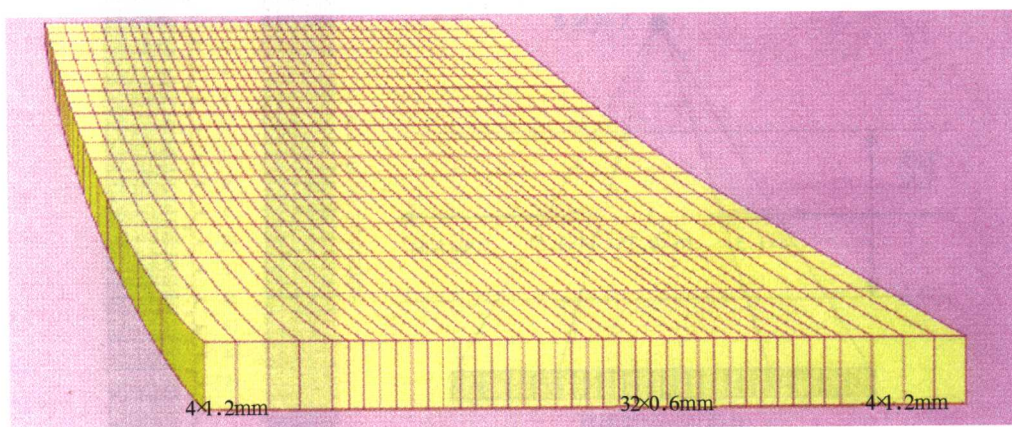


图 1-3 Siemens 64 层探测器阵列排列(中间为 32 排,两侧各 4 排)

Siemens 64 层探测器组成所采用的材料有所不同,其所用的超快速稀土陶瓷余辉消退速度比其他厂家使用的钇钼氧化物快约 400 倍,使得 64 层 CT 采用 Z 轴双倍采样有了技术基础保障。

GE 公司最新推出的 64 层 CT 被称为 LightSpeed VCT。它采用 64 排探测器阵列,每排探测器阵列的宽度为 0.625mm。探测器的排列方式仍旧恢复为等宽型,即探测器排列为 $64 \times 0.625\text{mm}$ 。探测器的 Z 轴方向宽度为 40mm,采用的材料被称为 Hilight 的固体稀土陶瓷(图 1-4)。1 次旋转

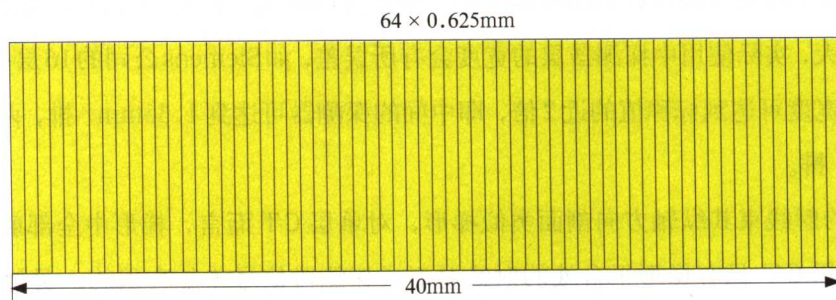


图 1-4 GE LightSpeed VCT $64 \times 0.625\text{mm}$

的最快扫描时间为0.35s,心脏扫描模式时的时间分辨率可达到44ms。

二、数据采集通道与层厚组合

单层螺旋CT或以前的非螺旋CT扫描机,通常只有1个数据采集通道(或称数据采集系统,data aquisition system,DAS),而4层螺旋CT则有4个数据采集通道,它们之间根据层厚选择的需要,通过电子开关切换,进行不同的组合,形成数据采集的输出。4层螺旋CT的DAS工作时,长轴方向的探测器形成4个通道同时采集数据,所有收集到的数据可以叠加,得到4个1相加等于1的扫描数据。如GE公司的16排探测器全部利用,可获得4幅5mm层厚的图像或2幅10mm层厚的图像。利用后准直器遮盖半个位于中心处的探测器,可获得两幅0.625mm的薄层图像。每个通道分别包括1、2、3排探测器,可分别获得1.25、2.5、3.75mm层厚的4幅图像。Toshiba公司的探测器阵列,利用中间4排探测器,可获得4幅0.5mm层厚的图像。34排全部利用,可获得4幅8mm层厚的图像。适当组合探测器的排列,可分别获得2、3、4、5、6、7mm层厚的4幅图像。Philips和Siemens公司的探测器阵列,如采用后准直器遮盖中心的两个探测器的各一半,可获得两层0.5mm层厚的图像。8排探测器全部利用,可获得4幅5mm或两幅8mm或10mm层厚的图像。后准直器遮盖1.5mm探测器的0.5mm,加上中间两排1mm的探测器,可获得4层1mm层厚的图像。后准直器打开至10mm宽度,并分别将1mm和1.5mm的两排探测器组合成一个通道,加上两侧的2.5mm探测器排,可获得4层2.5mm的图像。后准直器打开至20mm宽度,并将1mm、1.5mm、2.5mm 3排探测器组合成一个通道,加上两侧的5mm探测器,可获得4层5mm层厚的图像(图1-5)。

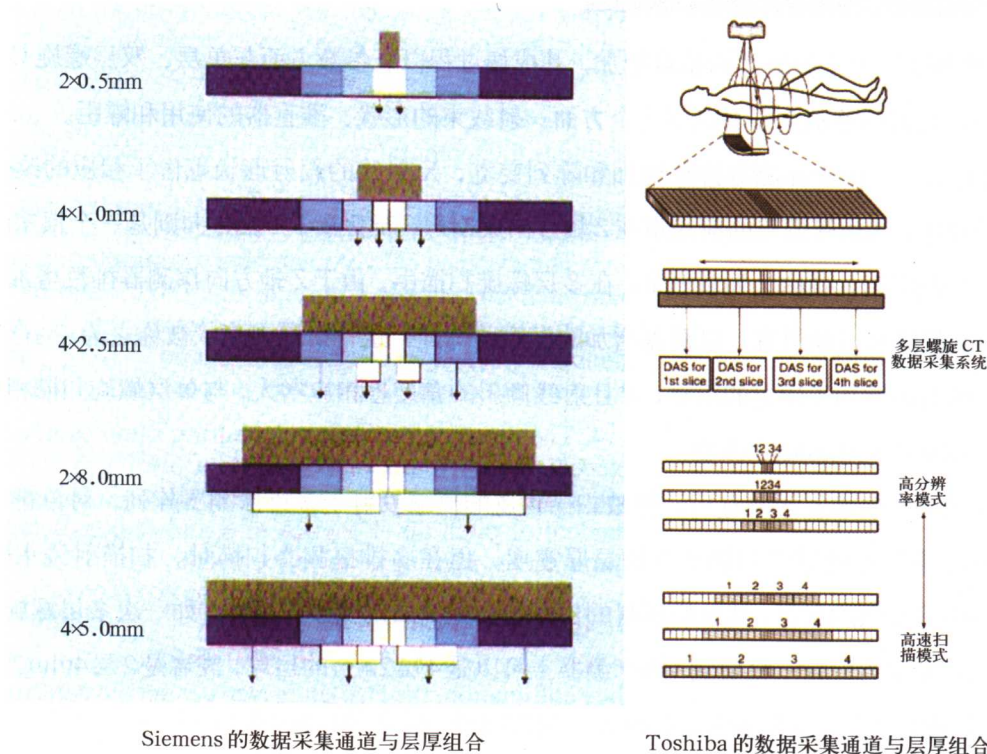


图1-5 Siemens和Toshiba 4层CT层厚组合方式

Siemens 的 16 层 CT 在螺旋扫描时,层厚的选择只有两种组合模式,一种是 $16 \times 0.75\text{mm}$, 可选择的床移动速度范围是 $12 \sim 36\text{mm/s}$, 即螺距可选范围为 $8 \sim 24$ (或称为 $0.5 \sim 1.5$, 自由可选), 另一种是 $16 \times 1.5\text{mm}$, 可选择的床移动速度范围是 $24 \sim 72\text{mm/s}$, 螺距可选范围是 $8 \sim 24$ (或 $0.5 \sim 1.5$)。在常规扫描方式中,根据采集信号的不同组合,可得到不同的层厚组合,即 0.75mm 、 1.5mm 、 3mm 、 4.5mm 、 9mm 和 12mm 。

Siemens 64 层 CT 采用了一些新技术,其扫描层厚的采集与 4 层或 16 层有所不同。根据上面的介绍我们知道, Siemens 64 层 CT 的探测器总共是 40 排,但 1 次旋转可获得 64 层图像,与层厚采集有关的主要是“Z 轴双倍数据采集技术”。Siemens 64 层 CT 探测器中间部分是 32 排,使用 Z 轴双倍偏转采样技术,在 $32 \times 0.6\text{mm}$ 的探测器上,利用电子束控球管中电子束的瞬时偏转,获得每次旋转 $64 \times 0.6\text{mm}$ 的图像,也就是说每 1 排探测器在 1 次旋转中获得 2 次扫描数据。其工作过程相当于两个 32 层同时工作,或 2 个 X 射线源同时工作,而最重要的是 Z 轴双倍偏转采样技术提高了 X 射线的利用效率。

第二节 多层 CT 的技术改进和螺距

一、多层螺旋 CT 的扫描技术

4 层螺旋 CT 由于探测器的排数增加,其成像过程以及参数方面与单层、双层螺旋 CT 相比也有所不同,它们的差别主要有以下几个方面:射线束的形状、准直器的使用和螺距。

4 层螺旋 CT 由于探测器排数增加和阵列变宽, X 射线的辐射形状也作了相应的改变。在单层螺旋扫描中,从球管发出的射线束在 Z 轴方向成扇形,而垂直于 Z 轴方向则是一个很窄的射线束(与所选层厚相等),被称之为扇形束;在多层螺旋扫描中,由于 Z 轴方向探测器排数增加,垂直于 Z 轴方向的射线束必须增宽,以覆盖增加的探测器阵列,这种射线束形状被称之为“小孔束”。小孔束在 Z 轴方向增加了辐射的距离,并且射线倾斜的角度也相应增大,与单层螺旋扫描相比,图像重建的内插算法也相应随之改变。

X 射线束由前准直器准直后,经被扫描物体的衰减投射于多排探测器阵列。对单排探测器而言,其射线束的宽度等于扫描所得的层厚宽度,但在多排探测器扫描时,扫描射线束的宽度并不决定扫描后得到的层厚,其最后所得的层厚是由探测器的宽度决定的。如一次多层螺旋扫描,采用的射线束宽度为 8mm , 投射到 4 排探测器上可以是 4 层 2mm 的层厚,或者是 2 层 4mm 、1 层 8mm 的层厚。从理论上说,如果不考虑探测器阵列的间隙,所采用的探测器阵列的宽度等于扫描所得的层厚,并可用下述等式表示: $d(\text{mm}) = D(\text{mm})/N$ 。上式中 d 是层厚或探测器的宽度, D 是射线束