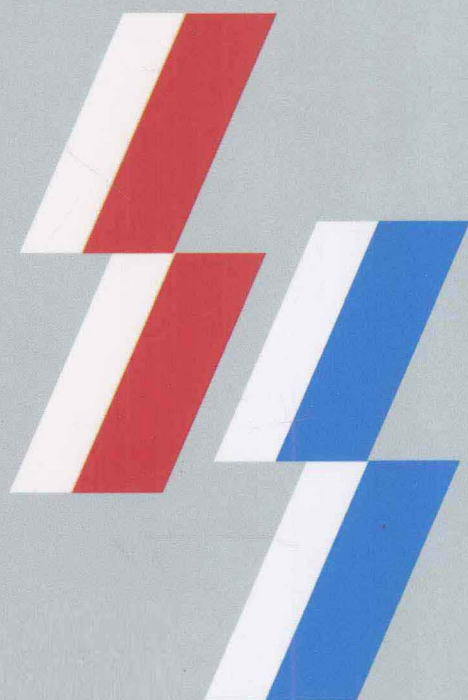


LINCHUANG CHANGJIAN
JIBING CT ZHENDUAN

临床常见疾病CT诊断

主编 朱云霞 丁承宗 刘淑玲 李国栋



吉林科学技术出版社

临床常见疾病 CT 诊断

朱云霞 丁承宗 刘淑玲 李国栋 主 编

吉林科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

临床常见疾病 CT 诊断/朱云霞等主编.—长春:吉林科学技术出版社,2009.6

ISBN 978-7-5384-4237-3

I. 临… II. 朱… III. 计算机 X 线扫描体层摄影—诊断
IV. R814.42

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 075302 号

临床常见疾病 CT 诊断

主编:朱云霞 丁承宗 刘淑玲 李国栋

责任编辑:赵 鹏 王旭辉 封面设计:李宪孟

*

吉林科学技术出版社出版、发行

长春市东文印刷厂印刷

*

787×1092 毫米 16 开本 17 印张 420 000 字

2009 年 6 月第 1 版 2009 年 6 月第 1 次印刷

定价:22.00 元

ISBN 978-7-5384-4237-3

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题,可寄本社退换。

社址 长春市人民大街 4646 号 邮编 130021

电话 0431-85630195

电子信箱 pinqiao6688@163.com

网址 www.jlstp.com 实名 吉林科学技术出版社

主 编 朱云霞 丁承宗 刘淑玲 李国栋

副主编 王 瑛 王 智 王建国 陈 超

韩 凉 王建宁 孟凡颖 田 红

前 言

随着科学技术的飞速发展,医学影像学从传统的放射诊断学发展成具有超声成像、CT、MRI、核素检查、介入放射学等诸多门类的综合学科,CT 诊断在影像诊断中占有非常重要的地位。

CT 作为一种影像诊断技术在我国近几年得到迅速的普及和发展。高科技的发展,使得新型 CT 不断出现,我国已有许多基层医院都引进了螺旋 CT,因此在我国 CT 诊断也由普及向提高发展。目前 CT 急需解决的问题是广大 CT 工作者的诊断水平如何逐步提高,遇到较困难的诊断问题如何解决。为此,我们邀请在 CT 诊断方面有专长并有真才实学的专家编写此书,主要目的是为了读者工作与学习的需要,使 CT 诊断能更好地为临床服务,解决医疗工作中一些实际问题,提供有用的信息和参考资料。

我们注意到影像检查方法的统一性与完整性这一基本原则,在编写时既注意到了 CT 的诊断价值,也部分评价了 CT 检查在所有影像检查方法如常规普通 X 线检查、超声、MRI 等中的地位。我们的目的是更好地为 CT 工作者服务,解决医疗和学习中一些实际问题。所以,我们在编写过程中,将有些基础性的或进展较快的章节进行了详述,有些比较明确的内容简要进行了归纳。CT 检查的护理对 CT 检查和诊断越来越重要,所以本书以较大的篇幅进行了总结。近年来 CT 在口腔医学领域的应用也越来越多,我们在本书作为一章进行了介绍。由于编者学术水平的限制和写作风格的差异,所以缺点错误也在所难免,真切祈望同道批评指正。

编 者

2009 年 2 月

目 录

第一章 CT 概述	(1)
第一节 CT 成像基本原理	(1)
第二节 CT 检查技术	(2)
第三节 螺旋 CT 的进展	(3)
第四节 CT 图像分析与疾病诊断	(14)
第二章 胸部疾病 CT 诊断	(17)
第一节 CT 检查方法	(17)
第二节 CT 诊断	(18)
第三章 心脏及大血管疾病 CT 诊断	(36)
第一节 心脏 CT 成像	(36)
第二节 冠状动脉粥样硬化性心脏病疾病的 CT 应用	(41)
第三节 其他心脏大血管疾病	(44)
第四章 腹部疾病 CT 诊断	(50)
第一节 CT 检查方法	(50)
第二节 疾病 CT 诊断	(52)
第五章 泌尿生殖系统疾病 CT 诊断	(74)
第一节 CT 检查方法	(74)
第二节 疾病 CT 表现	(77)
第六章 骨关节系统疾病 CT 诊断	(94)
第一节 CT 检查方法	(94)
第二节 骨关节疾病 CT 表现	(94)
第三节 骨与关节创伤的 CT 诊断	(101)
第七章 脑血管病与颅脑外伤 CT 诊断	(116)
第一节 CT 检查方法及应用价值	(116)
第二节 疾病 CT 诊断	(119)
第八章 中枢神经系统肿瘤 CT 诊断	(125)
第一节 神经胶质瘤	(125)
第二节 脑膜瘤	(126)
第三节 生殖细胞瘤	(127)
第四节 转移性肿瘤	(128)
第五节 鞍区及其周围的常见肿瘤	(130)
第六节 桥小脑角区常见肿瘤	(132)
第七节 后颅窝常见肿瘤	(132)
第八节 急性脱髓鞘脑病	(133)
第九章 颈面部疾病 CT 诊断	(135)
第一节 CT 检查方法	(135)

第二节 疾病诊断·····	(137)
第十章 常见口腔颌面部疾病 CT 诊断·····	(151)
第一节 螺旋 CT 的检查方法和应用价值·····	(151)
第二节 螺旋 CT 于口腔颌面部外伤的应用·····	(152)
第三节 螺旋 CT 于口腔颌面部外科疾病的应用·····	(155)
第四节 螺旋 CT 于口腔颌面部肿瘤诊治中的应用·····	(157)
第五节 螺旋 CT 于口腔正畸治疗中的的应用·····	(158)
第六节 螺旋 CT 技术在口腔种植牙的应用·····	(161)
第十一章 CT 检查护理技术·····	(166)
第一节 急救患者 CT 检查的护理·····	(166)
第二节 颅脑外伤患者的护理·····	(166)
第三节 小儿患者的护理·····	(168)
第四节 老年患者的护理·····	(170)
第五节 各部位 CT 检查的护理技术·····	(173)
第六节 CT 强化的护理技术·····	(173)
第七节 CT 室护理纠纷防范·····	(177)
第十二章 CT 灌注成像技术应用进展·····	(181)
第一节 CT 灌注成像简介·····	(181)
第二节 CT 灌注成像的基本原理·····	(182)
第三节 CT 灌注成像于颅脑疾病的应用·····	(183)
第四节 CT 灌注成像于鼻咽癌的应用·····	(192)
第五节 多层螺旋 CT 灌注成像在乳腺疾病中的应用·····	(194)
第六节 多层螺旋 CT 灌注成像技术在肺部疾病的应用·····	(196)
第七节 多层螺旋 CT 灌注成像技术在肝脏疾病中的应用·····	(198)
第八节 胰腺疾病的 CT 灌注成像·····	(202)
第九节 多层螺旋 CT 灌注成像对肾脏疾病的研究进展·····	(205)
第十节 盆腔肿瘤多层螺旋 CT 灌注成像的研究进展·····	(209)
第十一节 骨肿瘤多层螺旋 CT 灌注成像·····	(211)
第十二节 CT 心肌灌注成像·····	(214)
第十三章 放射科护理操作技术·····	(220)
第一节 X 线检查护理操作技术·····	(220)
第二节 计算机体层扫描护理操作技术·····	(238)
第三节 磁共振成像检查护理操作技术·····	(247)
第四节 介入治疗护理操作技术·····	(254)

第一章 CT 概述

第一节 CT 成像基本原理

CT 是用 X 线束对人体检查部位一定厚度的层面进行扫描,由探测器接收该层面上各个不同方向的人体组织对 X 线的衰减系数,经模/数转换输入计算机,通过计算机处理后得到扫描层面的组织衰减系数的数字矩阵,再将矩阵内的数值通过数/模转换,用黑白不同的灰度等级在荧光屏上显示出来,即构成 CT 图像。根据检查部位的组织成分和密度差异,CT 图像重建要使用合适的数学演算方式,常用的有标准演算法、软组织算法和骨算法等。图像演算方式选择不当会降低图像的分辨率。

一、体素和像素

CT 图像是假定将人体某一部位有一定厚度的层面分成按矩阵排列的若干个小的立方体,即基本单元,以一个 CT 值综合代表每个单元内的物质密度,这些小单元即称为体素。同样,与体素相对应,一幅 CT 图像是由许多按矩阵排列的小单元组成,这些组成图像的基本单元被称为像素。像素实际上是体素在成像时的表现,像素越小,图像的分辨率越高。

二、矩阵

矩阵表示一个横成行、纵成列的数字阵列,将受检层面分割为若干小立方体,这些小立方体即为体素。当图像面积为一固定值时,像素尺寸越小,组成 CT 图像的矩阵越大,图像的清晰度就越高。目前多数 CT 图像的矩阵为 512×512 。

三、空间分辨率

又称高对比度分辨率,在保证一定密度差的前提下,显示待分辨组织几何形态的能力。CT 图像的空间分辨率不如 X 线图像高。

四、密度分辨率

是指能分辨两种组织之间最小密度差异的能力。CT 的密度分辨率一般比普通 X 线高 10~20 倍。

五、CT 值

体素的相对 X 线衰减度(即该体素组织对 X 线的吸收系数),表现为相应像素的 CT 值,单位为亨氏单位(HU)。规定以水的 CT 值为 0HU,骨皮质最高,为 1000HU,空气最低,为 -1000HU,人体中密度不同的各种组织的 CT 值则居于 -1000~1000HU 的 2000 个分度之间。

六、窗宽与窗位

人体组织 CT 值范围有 2000 个分度,但人眼一般仅能分辨 16 个灰阶。

1. 窗宽 指图像上 16 个灰阶所包括的 CT 值范围,在此 CT 值范围内的组织均以不同的模拟灰度显示,CT 值高于此范围的组织均显示为白色,而 CT 值低于此范围的组织均显示为黑色。窗宽的大小直接影响图像的对比度,加大窗宽,图像层次增多,组织对比减少;缩

窄窗宽图像层次减少,对比增加。

2. 窗位 又称窗中心,为窗的中心位置,一般应选择欲观察组织的 CT 值为中心。窗位的高低影响图像的亮度,提高窗位图像变黑,降低窗位则图像变白。

总之,要获得较清晰且能满足诊断要求的 CT 图像,必须选用合适的窗宽窗位。

七、伪影

伪影是指在扫描或信息处理过程中,由于某一种或几种原因而出现的人体本身并不存在而图像中却显示出来的各种不同类型的影像,主要包括运动伪影、高密度伪影和机器故障伪影等。伪影影响图像质量,扫描时如出现应查明原因、尽量避免,诊断时应注意与病变相鉴别。

八、部分容积效应

在同一扫描层面内含有两种以上不同密度的物质时,所测 CT 值是它们的平均值,不能如实反映其中任何一种物质的 CT 值,这种现象称为部分容积效应。在 CT 扫描中,凡小于层厚的病变,其 CT 值受层厚内其他组织的影响,所测出的 CT 值不能代表病变的真正 CT 值:如在高密度组织中较小的低密度病灶,其 CT 值偏高;反之,在低密度组织中的较小的高密度病灶,其 CT 值偏低。

(丁承宗 王 智)

第二节 CT 检查技术

一、平扫

平扫又称为普通扫描或非增强扫描,是指不用对比剂增强或造影的扫描。扫描方位多采用横断层面,检查颅脑以及头面部病变有时可加用冠状面扫描。CT 扫描过程中,患者要制动,对儿童或不合作的患者可用镇静剂甚至麻醉药物。胸、腹部 CT 检查扫描前应训练患者练习屏气,避免因呼吸运动产生伪影。腹盆部扫描患者需口服对比剂。

二、增强扫描

指血管内注射对比剂后再行扫描的方法。目的是提高病变组织同正常组织的密度差,以显示平扫上未被显示或显示不清的病变,通过病变有无强化及强化类型,有助于病变的定性。根据注射对比剂后扫描方法的不同,可分为常规增强扫描、动态增强扫描、延迟增强扫描、双期或多期增强扫描等方式。

三、造影 CT 检查

造影 CT 检查是指对某一器官或结构进行造影再行扫描的方法,它能更好地显示器官结构和发现病变。可分为血管造影 CT 和非血管造影 CT 两种。常用的如动脉性门静脉造影 CT 和脊髓造影 CT 等。

四、特殊扫描

1. 薄层扫描 一般是指扫描层厚小于 5mm 的扫描。其优点是减少了部分容积效应,能更好地显示病变的细节,一般用于检查较小的病灶或组织器官。如需进行三维重组图像等后处理,亦需用薄层扫描,扫描层厚越薄,重建图像质量越高。

2. 重叠扫描 扫描时设置层距小于层厚,使相邻的扫描层面有部分重叠。重叠扫描可减少部分容积效应,避免遗漏小的病灶,但重叠越多,患者接受的 X 线剂量越大。

3. 靶扫描 是指对感兴趣区进行局部扫描的方法,可明显提高空间分辨率,主要用于肺小结节、内耳、垂体及肾上腺等小病灶或小器官的检查。

4. 高分辨率 CT 扫描采用薄层扫描、高空间分辨率算法重建及特殊的滤过处理,可取得有良好空间分辨率的 CT 图像,对显示小病灶及细微结构优于常规 CT 扫描。常用于肺部弥漫性间质性 or 结节性病变、垂体、内耳和肾上腺等检查。

五、螺旋 CT 检查

螺旋 CT 是 CT 发展史上一个重要的里程碑。与常规 CT 扫描不同,螺旋 CT 扫描时,检查床沿纵轴方向匀速移动,同时 X 线球管连续旋转式曝光,采集的扫描数据分布在一个连续的螺旋形空间内,因此螺旋 CT 扫描又称容积 CT 扫描。螺旋 CT 扫描具有很多优点:

1. 扫描速度快,大多数检查可在患者一次屏气时间内完成,可有效减少呼吸运动伪影,方便危重患者及婴幼儿患者的检查,并可一次注射对比剂后完成器官的多期扫描,有利于病灶的检出和定性。

2. 容积数据可避免小病灶的遗漏。

3. 可进行高质量的任意层面的二维图像、多平面重建、三维重建图像、CT 血管造影、CT 灌注成像和 CT 仿真内镜成像等图像后处理,丰富并拓展了 CT 的应用范围,诊断准确性也有很大提高。

近年来出现并迅速在临床应用的多层螺旋 CT 技术,进一步完善了上述功能。

(王 瑛 王 智)

第三节 螺旋 CT 的进展

多层螺旋 CT 的问世,是 CT 发展史上的又一个里程碑,极大地扩展了 CT 的应用范围和诊断水平。它具有单层螺旋 CT 相对于普通 CT 的所有优点,而且有了实质性的飞跃,包括:①扫描范围更长;②扫描时间更短,最快扫描速度已达 0.23s/周;③Z 轴分辨率高,最小层厚为 0.3mm 或更薄;4. 时间分辨率高,可用于心脏等动态器官成像。

多层螺旋 CT 比单层螺旋 CT 可获得更薄的层厚,以更短的时间行更长范围的扫描;所得容积信息更为丰富,进一步改善横断层面重组图像的分辨率,并可得到“各向同性”,即冠状面或矢状面重组图像与横断面图像分辨力相同的图像;更快的数据采集和图像重建,缩短了成像时间,可行实时成像,实现了 CT 透视。

CT 技术的发展有下列优势:①给应用带来很大方便:检查时间缩短,增加了患者的流通量;对危重患者更为适合,能一次快速完成全身扫描;有利于运动器官的成像和动态观察;对比增强检查时,易于获得感兴趣器官或结构的多期相表现特征;获得连续层面图像,可避免遗漏小病灶。②带来图像显示模式上的变化:扫描所得容积数据经计算机后处理,可进行多平面重组、三维立体显示;切割技术可只使某些感兴趣器官或病变显影;仿真内镜技术可无创地模拟纤维内镜检查的过程;CT 血管造影的准确性更高。③可行 CT 灌注成像,了解器官的血流灌注状态。当前主要用于急性或超急性脑缺血的诊断、脑梗死缺血半暗带的判断以及肿瘤新生血管的观察。

多层螺旋 CT 技术还允许使用较低的剂量用于肺癌、结肠癌、冠状动脉等多种疾病的筛查。

一、多层螺旋 CT 技术和临床应用进展

近年来 CT 技术发展迅速。1998 年多层螺旋 CT(MSCT)的开发应用,是继滑环技术出现以来 CT 史上的一项重要进展,扫描范围进一步扩大,时间分辨率和体轴方向的空间分辨率均显著提高。当前 4~16 层 MSCT 在国内诸多医院已相继应用并获得良好的效果。自 2005 年起,32~64 层及 64 层以上的 MSCT 也已进入临床。

多年来,CT 成像技术的发展一直围绕解决扫描速度、清晰度及扫描范围三个制约因素的协同发展。MSCT 的开发,使三者即分辨率(薄层厚)、覆盖面和速度有机结合起来,根据临床需要通过探测器阵列下方的电子开关,启动中央小部分、较大部分或全部探测器,获得探测器的不同组合,形成不同层厚的扫描,得以达到高分辨、高速或广覆盖的要求。

MSCT 具有以下优点:①扫描速度提高,检查效率提高 10% 以上;②图像质量明显提高,主要是 Z 轴方向空间分辨率及时间分辨率的提高;③与单层螺旋 CT 对比,扫描信息量提高了多倍,尤其利于观察小病灶和微小病灶。MSCT 一次扫描完成原始数据采集后,可进行任意位置和层厚的高质量图像重建和三维成像。原始扫描层厚越薄,则三维成像的质量越好。现应用于结肠或支气管的仿真内镜三维成像,对微小病变的检诊能力已接近内镜;④降低 X 线管的损耗,可节省增强扫描时的对比剂用量。MSCT 无间断地大量采集数据,可准确地追踪对比剂的流程。MSCT 能在造影剂到达病灶后,自动进行扫描,从而可减少对比剂用量,降低辐射量并可提高 CT 的增强效应。

MSCT 除在探测器结构和数据处理系统(DAS)两方面的改进外,还可进行多种图像重要技术,如多层面重建(MPR)、最大密度投影(MIP)、表面遮盖技术(SSD)、容积漫游技术(VRT)、曲面重建(CPR)及仿真内镜等。此外,MSCT 还可实施部分部位的功能成像,如心功能、脑灌注、腹部脏器灌注及肺功能成像等。

总之,新一代 MSCT 保证了复杂扫描程序的稳定性和可行性,快速大范围的扫描方案可进一步减少对比剂用量,提高动脉期增强效果,减少静脉影重叠,提高了血管成像质量。

由于上述硬软件条件的改进,MSCT 临床应用范围及诊断效果明显提高。例如肺孤立性小结节的检诊、间质纤维化病变分析、肺血管成像对肺栓塞的诊断、支气管树成像;内耳微细结构的显示;不同部位仿真内镜效果明显提高;冠状动脉成像,尤其最近 64 层及以上 MSCT 可清楚地显示冠状动脉分支(直径 $\geq 1.5\text{mm}$),已由筛查技术达到诊断水平。同时,MSCT 可进一步增加单位时间内的检查病例数量,提高临床应用的效价比。另外,低剂量 MSCT 已开始应用于某些疾病,如肺癌、结肠癌和冠心病的人群普查。但也应该指出,MSCT 的临床应用,尤其是对儿童,应把握好适应证,尽量避免不必要的大范围检查和多脏器扫描,以减少 X 线辐射对人体的损伤效应。

二、CT 设备的技术进展

计算机体层摄影术(CT)是传统 X 线摄影和计算机技术结合的一项医疗诊断产品,它的出现是医学影像学发展史上的重大革命。1972 年 CT 诞生,1974 年出现全身 CT,1985 年出现滑环机,1992 年出现双层螺旋 CT,1998 年出现四层螺旋 CT,2000 年出现 8 层 CT,2001 年出现 16 层 CT,到现在的 64 层,乃至新上市的 320 层 CT,CT 设备技术发展迅猛,它

始终在向更快的扫描速度、更薄的扫描层厚和更宽的覆盖范围的方向发展。近十余年来,CT设备技术的进展主要表现在探测器、球管、软件系统等的不断进步。

1. 探测器技术的发展 在探测器材料的选择上,主要有钨酸镭晶体探测器、GOS 晶体探测器和稀土陶瓷探测器,由于稀土陶瓷探测器吸收率高(99%以上)、稳定性好且不易受环境温度的影响,因此被广泛的应用于高档多层螺旋 CT。探测器技术发展向着宽体、薄层的方向发展。覆盖宽度越来越大,层厚越来越小,会使影像质量更佳,扫描速度得到很大的提升。最早的单层 CT 探测器覆盖宽度只有 10mm,最薄物理采集层厚也只能达到 10mm。多层螺旋 CT 采用了阵列探测器每一单列的探测器采集层厚可达到亚毫米,阵列探测器的组合覆盖宽度最早达到 20mm 甚至 32mm,现在 64 排 CT 的覆盖宽度可达 40mm。最薄物理采集层厚依据不同厂家可做到高分辨率的亚毫米层厚 0.5mm,甚至达到更薄的 0.3mm。现在 64 排 CT 在 10s 内即可以做全身的检查,同时所得到的图像都是高分辨率的亚毫米层厚。在单层 CT 中,扫描速度、图像质量和覆盖范围这三者之间相互矛盾、相互制约、相互影响,而随着探测器技术的发展,在多层螺旋 CT 中,这三者实现了有效的统一,临床检查能够同时实现薄层、快速、大范围的采集,很大程度上拓展了临床的应用。

2. 球管的技术发展 CT 机的 X 线球管与普通的 X 线球管相同,为高真空度的二极管,分为固定阳极和旋转阳极两种。当前的第三、第四代 CT 装置使用的是旋转阳极球管,可使热能均匀地分布在整个圆形靶面上,起到了保护靶面的作用并有助于散热。在单层 CT 上,球管的热容量和散热率比较低,在检查中若要进行大范围或薄层扫描就需要球管冷却等待。随着多层 CT 的出现,扫描覆盖范围增大、层厚变薄,球管设计也逐渐走向大热容量、高散热率和高毫安输出的方向,以保证能进行薄层、快速和大范围检查,并同时得到高质量的图像。

目前在多层 CT 上,球管设计有两种发展趋势:分别为大功率高毫安输出球管和小热容量高散热率球管。采用航天散热材料以增加阳极散热效率,电子束过滤器技术可减少 30% 的阳极靶面产热。面积达 200mm^2 的超大阳极靶面和 100kW 的高压发生器,最大输出功率达 800mA 时可连续曝光 5s,在管电流 670mA 的情况下可连续曝光长达 20s,确保了高速超薄层采集图像的质量。Siemens 推出的专利技术 Straton 电子束控金属球管,它根据电子束 CT 原理,采用球管阳极直接冷却的一种新型高散热率球管。其结构类似一个小型电子束 CT,所有的旋转轴承位于金属真空部件外,钨钼钨三种金属制成的阳极靶盘和无磁性的不锈钢管壳整合在一起,阳极靶盘背面作为管壳的一部分直接植入到冷却油中,极大的提高了散热效率。工作时管壳和阳极靶盘同步高速旋转形成球管的旋转阳极,位于阴极端旋转轴中心的阴极灯丝发射的电子束,经偏转线圈聚焦和偏转后准确到达阳极靶盘的焦点面上产生 X 射线。Straton 球管的散热效率达到 $4.7\text{MHu}/\text{min}$,和阳极产生的热量大致相当,因此阳极不再有热量积累,也无需考虑阳极的热容量,故又称 OM 球管,它的最大特点就是可以保证长时间的扫描而无需球管冷却等待。

3. 软件技术进展 随着计算机技术飞速发展,也为 CT 的发展提供了广阔的空间。多层 CT 薄层、快速、大范围的应用,从图像扫描、数据采集、传输、后处理等都将面临庞大的数据流,提高医生的工作效率、减轻医生的读片负担成为迫切需求。近 10 年来,各生产厂家致力于改进和完善多层螺旋 CT 的临床应用软件,尤其是心脏、冠脉成像软件的开发。多层螺旋 CT 的快速扫描能力对心脏这一动态器官成像提供了前所未有的潜力。为改善心脏影像的时间分辨力,可以采用前瞻性心电门控或回顾性心电门控方式相结合。采用低 X 线剂量

技术作心脏形态学的透视或电影显示。各生产厂家可以提供心脏功能的分析软件,精确定量分析如心脏容量、射血分数、室壁运动等参数。对于冠状动脉的显示是近期的热点技术之一。多层螺旋 CT 可能利用多维功能显示各支冠状动脉的形态信息,如狭窄、粥样斑块与溃疡及钙化斑块等。还可利用血管内镜的功能,显示冠状动脉腔内的改变;利用四维显示的功能,可以对感兴趣的冠状动脉节段作管腔内、外及室壁自身的多轴向显示。冠状动脉钙化积分以往主要是电子束 CT 的功能。多层螺旋 CT 综合各种显示技术及专用软件,随着成像速度与软件分析能力的提高,多层螺旋 CT 已经取代或部分取代电子束 CT 的这一功能,成为冠状动脉狭窄的介入治疗与搭桥手术适应症的相对廉价的筛选方法。冠状动脉自身纤细特别是存在狭窄与粥样斑块和钙化时,加上心脏搏动的影响,以往应用血管内镜技术显示很困难,影像也不理想。多层螺旋 CT 可以采集以往常规单层 CT 作三维显示时四倍以上的信息,完成血管内镜和四维方式显示更多的细节。除此之外,各生产厂家还在图像三维重建、智能血管分析、仿真内镜等软件技术处理上有了飞速的进步。

CT 设备技术的发展为临床研究提供了丰富可靠的信息。多层螺旋 CT 的临床应用,将采用大面积探测器锥形束 CT,使得一次轴向扫描能够覆盖整个器官或多个器官,这样的技术目前已经开发成功。采用平板探测器技术的 CT 目前还没有出现商品,因此锥形束 CT 是很有前途的技术。目前的 256 层及 320 层 CT 做到了一圈扫描覆盖整个心脏,由于平板技术还有待进一步地提高,因此,近阶段的未来,平板锥形束 CT 尚不能有商品化的产品。

三、CT 新技术的临床应用

1. CT 灌注成像技术 CT 灌注成像的理论基础为核医学的放射性示踪剂稀释原理和中心容积定律。Miles 等认为,碘对比剂与放射性示踪剂具有相同的药代动力学,因此放射性核素的示踪原理可用于动态 CT 的研究。CT 灌注是基于静脉内团注对比剂后分析动脉、组织以及必要时包括静脉之间强化的关系,以了解该层面组织脏器的灌注情况。经静脉注射对比剂,同时对选定的某一层或多层进行动态扫描,获得该兴趣层面内每一像素的时间-密度曲线(TDC),其变化反映的是对比剂在该器官中浓度的变化,即碘聚集量的变化,从而间接反映组织灌注量的变化。根据该曲线利用不同的数学模型,用 Perfusion CT 或 Functional CT 等商用软件包计算出血流量(BF)、血容量(BV)、对比剂平均通过时间(MTT)、对比剂峰值时间(TTP)、表面通透性(PS)等灌注参数,并给色阶赋值,形成灌注图像。CT 灌注成像技术已广泛用于临床,如肿瘤灌注成像、脑缺血性疾病灌注成像、心肌灌注成像、肺栓塞灌注成像、肾脏缺血性疾病灌注成像、正常肝脏与肝硬化的 CT 灌注测量等。肿瘤 CT 动态增强和灌注成像指标与肿瘤血管生成、肿瘤增殖细胞核抗原等高度相关。

2. CT 血管造影 多层螺旋 CT 短时间内完成大覆盖范围的连续扫描,加上计算机后处理功能的提高,使得 CT 血管造影(CTA)成为可能。CTA 图像重建和显示方法主要有:表面显示(SSD)和容积再现(VR)、最大密度投影(MIP)、曲面重建(CPR)、多平面重组(MPR)等,2 种以上图像重建方法结合,可提高 CTA 显示血管病变的准确性。CTA 广泛用于全身各部位血管结构的显示,由于多层螺旋 CT 大范围薄层采集的各向同性,血管造影图像质量好,在一定程度上可以替代常规血管造影检查。

CTA 已成为诊断脑血管疾病的重要方法之一,为临床预测脑血管事件的风险、治疗后的随访观察等提供重要信息。CTA 对头颈部动脉主支的显示与数字减影血管造影(DSA)相似,对于脑动脉瘤的诊断,CTA 比 DSA 更敏感、更准确。由于 CTA 不能动态观察脑的血

循环过程,在显示颅内末梢小血管方面不能完全替代 DSA,操作者扫描及重建技术运用的熟练程度也将影响图像质量。

冠状动脉无创性 CTA 检查越来越受到临床重视。多层螺旋 CT 和电子束 CT 是显示冠状动脉粥样硬化斑块的唯一方法,现已证实,尚未完全钙化的软斑块是更危险因素。由于心脏处于不停的收缩舒张活动中,常规多层螺旋 CT 扫描扫描时间相对较长,采用回顾性心电图(ECG)门控技术,对患者心率快慢和心律是否整齐依赖性较大,心率 70 次/min 以上的病例检查成功率较低。目前 CT 多层螺旋 CT 技术已经可以用于各种心率和心律不齐患者的检查,且图像清晰可靠。CTA 对于血管内支架置入前后的检查可实现二维(2D)与三维(3D)分析,后者更能真实地显示血管腔及内支架置入后的形态学表现。

3. CT 仿真内镜 CT 仿真内镜(CTVE)是螺旋 CT 容积扫描得到的图像数据经后处理后,重建出空腔器官内表面的立体图像,类似于纤维内镜所见。螺旋 CT 连续扫描获得的容积数据重建出立体图像是 CTVE 的基础,在此基础上调节 CT 值阈值及透明度,使不需要观察的组织透明度为 100%,从而消除其伪影,而需要观察的组织透明度为 0,从而保留其图像,再调节人工伪彩,即可获得 CTVE 图像。CTVE 可用于观察气管支气管、胃肠道、鼻腔、鼻窦、鼻咽、喉、膀胱、血管等腔道器官。

4. 多平面重建与表面三维重建 螺旋 CT 连续扫描获得的数据是多平面重建及三维重建技术的基础,利用螺旋 CT 扫描获得的容积数据,经计算机重组可形成横断、冠状、矢状及任意平面图像,以及脏器表面结构各种三维图像如 MIP、SSD、VR 图像等。主要临床应用于骨性结构、含气器官、腹腔脏器和肿瘤等。骨和含气结构与周围组织自然密度差异较大,平扫即易于形成高质量的重建图像,有利于空间关系和复杂结构的显示。腹腔脏器和血供丰富的肿瘤需静脉注射对比剂后使其密度增高,与邻近组织结构间密度差加大,通过重建,可清晰显示肿瘤的部位、形态、血供及其与周围结构的毗邻关系。

近年来 CT 设备和技术得到了快速发展,尤其是多层螺旋 CT 和容积 CT 的出现,使 CT 正朝着更低的 X 线剂量、更快的采集与重组速度、更便捷多样的重组处理技术以及更好的病人舒适度发展。多层螺旋 CT 发展主要有两个方面:超宽探测器多层螺旋 CT 和平板探测器 CT。电子束 CT 由于多层螺旋 CT 技术的发展和其价格方面的劣势,其在心血管疾病成像方面的优势将不再明显。

四、螺旋 CT 的临床应用价值

1. 头部及颈部的应用 头颈部血管成像,尤其是动脉系统的成像,可用于对各类脑血管病(如狭窄、闭塞及畸形等)及颈部血管病变(如动脉粥样硬化性疾病、大动脉炎、动静脉畸形等)的诊断,也可用于评价颅内肿瘤的血供情况及肿瘤压迫和侵犯血管的情况。头部灌注成像,可用于脑梗塞的超早期诊断,并有望用于脑肿瘤性疾病的定性诊断。利用骨窗的多平面重建及表面阴影遮盖(SSD),可用于观察复杂颅骨骨折的范围及程度。

MSCT 的高空间分辨率有利于颅底、眼、耳、鼻、喉等区域精细结构的显示和测量,如中耳及内耳结构的显示。利用中耳仿真内窥镜及内耳容积漫游技术(VRT)重建更可以模拟术中所见的解剖结构及病变部位。对于空腔结构,如口咽、鼻咽及副鼻窦等的显示,仿真内镜也有着重要的作用,其与 VRT 的结合使用可以更好的显示病变。此外,VRT 技术尚可用于评价面部及颈部占位性病变(颈动脉体瘤、甲状腺腺瘤等)的供血特点及其与颈部大血管的位置关系等。

2. 胸部的应用 相关软件的开发,使肺小结节的详细分析和随诊成为可能,并可以获得有关小结节的最大径、最小径、形态细节、平均密度和体积等数据。在肺栓塞这类死亡率相当高的肺动脉疾病中,MSCT 凭借其高敏感性及高特异性的特点,已取代了传统的核素显像诊断方法,已经成为肺栓塞诊断的金标准。MSCT 在肺静脉疾病中的诊断价值目前尚在探索中,现已取得初步成果。支气管疾病,特别是主气道及左、右主支气管的疾患,可利用 VRT 或仿真内镜方法进行准确定位,如气管异物、气管内新生物、各种病因引起的气道狭窄等;此外,肺内占位是否导致气道狭窄目前也可以利用曲面重建及多平面重建的方法进行观察,进而有助于明确病变的良恶性。

3. 腹部的应用 空腔脏器的腔内病变可以利用仿真内镜成像方法进行观察,再辅以合理的腔内充盈物(空气、阴性或阳性液性对比剂)。目前,胃、结肠仿真内镜成像已经广泛应用于临床,在胃癌、结肠癌、结肠炎症性病变、结肠息肉等疾病的诊断和随访中起到了越来越重要的作用。MSCT 在腹部的应用还包括:腹腔内实质性脏器占位性病变可切除性的评价;肝移植术受体及供体肝脏情况的术前评价,如血管受压移位情况、肿瘤与周围重要脏器的位置关系;胰胆管系统疾病(结石、肿瘤等)的成像,尤其是梗阻扩张的胰胆管系统。此外,肝脏、胰腺、肾脏等脏器灌注成像已经在临床逐渐开展,其临床意义有待于深入发掘和研究。

4. 大血管疾病中的应用 MSCT 可以清晰地观察到血管的狭窄、闭塞、管壁钙化及软斑块的数目、形态及范围等,用于确诊各种原因引起的主动脉瘤和主动脉夹层,确定病变范围,对支架或置换血管的情况及术后病情进行随访,诊断上肢及下肢动脉粥样硬化性或外伤所致的动脉疾病,及下肢深静脉血栓等。

5. 心脏的应用 高旋转速度、后门控技术及多段重建算法使冠状动脉 MSCT 成像成为可能。目前这项技术主要应用于冠状动脉狭窄、闭塞、管壁斑块的显示和分析;支架、搭桥术后评价支架或搭桥血管情况。目前已开发出的心脏应用软件还可用于心功能分析,如计算射血分数等。此外,对于先天性心脏病和心肌病等心脏疾患,还可以利用多期、多层面重建等方法对心肌壁结构进行观察和显示。

6. 盆腔 由于盆腔血管位置较深,使用超声方法较难发现和确认病变,因此可以利用 MSCT 更好地显示盆腔动静脉病变,如动脉粥样硬化及深静脉血栓等。盆腔占位性病变,如前列腺、卵巢占位性病变的范围,及其与周围脏器的位置关系也可以借助 MSCT 予以明确。

7. 脊柱及四肢 MSCT 对骨骼的骨质和形态变化显示较以往的 CT 图像更为清晰、准确。与脊髓造影相结合的脊髓成像,在利用多层面重建、最大密度投影(MIP)及 SSD 等重建方法后,可使病变位置的显示更加直观和完整。

五、双源 CT 成像技术及其临床应用的新进展

自英国工程师 Hounsfield 于 1972 年研制成功第一台 CT 机开始,医学影像领域出现了一次又一次的技术革命。2004 年以前,CT 技术的发展主要是在球管和探测器运动方式以及射线束覆盖范围上的变革,直至 2005 年西门子推出全球首台双源 CT(DSCT),使得 CT 成像技术有了更进一步的发展,CT 心血管成像才能与数字减影血管造影(DSA)相媲美,并极大地降低了常规 CT 心血管成像假阳性的概率,满足了临床诊断和科研的需要。目前 DSCT 机除开展一些常规检查外,主要用于心血管检查、肺结节的计算机辅助检测、胸痛三联征检查、体部灌注成像和结肠仿真内镜等,均取得了良好的效果。目前开展的研究性工作主要是利用独有的双能量成像技术,包括体内结石成分及性质的鉴别、肌腱与韧带的 CT 重

建成像、急性肺栓塞的早期诊断。

1. DSCT 的开发背景 CT 自诞生后很快就被应用于临床检查,尤其是螺旋 CT 出现后被广泛应用于人体各个部位的检查和诊断。但对于运动器官如肺、胃肠道、大动脉,尤其是心脏来说,一次检查必须要求在有限的时间内完成,且要尽可能保证扫描期间患者无呼吸运动。否则,轻者会出现影像模糊、锯齿状伪影,重者根本得不到具有诊断意义的图像,检查无法完成。另外,空间分辨率也是一个重要参数,同样影响诊断的正确率。

64 层螺旋 CT 机出现以后,上述问题基本得到了解决,最难的心脏检查也可以在 10s 内完成。然而对于高心率(>70 次/min)的患者,由于普通 CT 机时间分辨率的限制,常需要做必要的临床准备或静坐,待心率降低并趋于平稳后(一般控制在 $60\sim 65$ 次/min)方可进行检查,以确保成功。DSCT 出现以前,时间分辨率主要通过“硬性”的办法来解决,即通过提高机架的旋转速度来实现。但这需要过硬的机械制造工艺作支持,如转速为 $420\text{ms}/360^\circ$ 螺旋 CT 的离心力为 $17G$, $330\text{ms}/360^\circ$ 的离心力为 $28G$ 。从心脏动力学分析,冻结心脏的理想时间分辨率要 $<100\text{ms}/360^\circ$,而从成像理论上讲,现代 CT 进行 180° 数据成像需要扫描机架的旋转速度为 $200\text{ms}/360^\circ$,如此高速的旋转其离心力高达 $75G$,单凭目前的机械工艺水平还达不到如此高的要求。研发者们也意识到了这点,在“硬性”技术无法突破时,他们同时采用了另一种“软性”的解决办法:利用“多扇区重建技术”,通过多个心动周期间断扫描,加上同步间歇式数据采集来叠加重建出一幅图像,从而相对提高时间分辨率。但由于扫描时间长、不同心动周期叠加会导致重建的图像发生畸变,所以获得的心脏影像往往不够理想,且患者所受辐射剂量也大大增加。

鉴于以上技术限制,西门子抛开了传统的技术理念,在成熟的 SOMATOM Sensation 64 技术和 Straton 零兆金属球管的基础上,在机架内整合了两套 64 层图像数据采集系统,使得整个机架在完成 90° 旋转后即可获得一幅优质影像。机架旋转 1 周为 0.33s ,但只需完成 90° 旋转后即可完成图像采集,所以其时间分辨率达到了 83ms ,实现了单扇区数据的采集和重建,克服了“多扇区重建技术”带来的诸多弊端,极大地提升了图像质量,提高了诊断正确率,这套装置即为世人瞩目的 DSCT。

2. DSCT 主要结构 DSCT 整机基本构成包括 2 个主机电气柜(1 主 1 辅)、机架、检查床、水冷系统、成像控制系统(ICS)、图像重建系统(IRS)及图像后处理系统等。核心部分主要是 2 套既相互独立,又相互联系的数据采集系统。主要有 2 个相互独立的高压发生器 A 和 B,2 个 Straton 零兆金属球管 A 和 B,2 组超高速稀土陶瓷探测器 A 和 B 及 2 套相对应的数据采集装置 A 和 B 组成。除 2 套探测器因受机架内可利用有效空间的限制,横向上的长度不同,故而导致有效探测野(FOV)不同外,其余同类部件完全相同。

高压发生器 2 个,每个最高功率可达 80kW ,当 DSCT 2 套采集系统同时工作时,最高功率可达 160kW ,远高于普通 64 层 CT 机。

X 线球管 2 个,球管 A 和球管 B 均是西门子拥有专利技术的 Straton 零兆金属球管,最大电压 14kV ,最大功率 80kW ,最大电流 666mA ,包括 X 射线管组件、偏转电子系统和冷却装置。转子部分直接由发动机驱动,并在较大程度上旋转对称。阴极带有可选择设置的独立发射系统、偏转电子系统,实现了 Z 轴方向上的飞焦点技术,焦点额定值为 0.6×0.6 及 0.8×0.9 。冷却系统是单独的机械组件,不同于 X 射线管组件,通过可以弯曲的油管相连。阳极靶面直接与循环油相接触,因而实现阳极直接冷却,阳极热容量高达 $6.5\text{MHU}/\text{min}$ 堪

称“零兆球管”。用户在使用中完全不必再为球管的热容量担心,可以实现高功率、大范围的连续扫描,甚至可以在保证空间分辨率的前提下一次性完成对患者的全身扫描。

2 组超高速稀土陶瓷探测器,每组均由 40 排探测器组成,中间 32 排准直宽度为 0.6mm,两边各有 4 排准直宽度为 1.2mm 的探测器。其中一个弧度为约 60° 的主探测器组,且与球管 A 相对应,另一个弧度为约 32° 的辅助探测器组,与球管 B 相对应。由于机架内部空间有限,使得 2 套探测器横向长度不同,因此扫描覆盖野不同:A 探测器 FOV 为 5cm,B 探测器 FOV 为 26cm。此外,每一组探测器纵向覆盖的等中心宽度为 28.8mm,可用的有效组合为 $32\text{mm} \times 0.6\text{mm}$ 和 $24\text{mm} \times 1.2\text{mm}$,每种组合可重建出的层厚分别为:0.6、0.75、1.0、1.5、2.0、3.0、4.0、5.0、6.0、7.0、8.0、10mm 和 1.5、2.0、3.0、4.0、5.0、6.0、7.0、8.0、10mm。单从探测器组合上看最多 1 次只能获得 32 层图像,但通过西门子公司 Straton 零兆金属球管 Z 轴方向上的飞焦点技术,连续以 0.6mm 准直宽度获得的 32 层数据,可组合成等中心取样厚度为 0.3mm 的 64 层图像,实现 32 排探测器 64 排的功能。

DSCT 具有 78cm 的大机架孔径及 200cm 的扫描范围,扩展了临床的应用范围。机架运动部分和诸多螺旋 CT 一样,采用了碳刷和低压滑环技术,但不同的是旋转部分采用了电磁直接驱动技术,在相关软件控制下实现了 3 种旋转方式:330ms/ 360° 、500ms/ 360° 和 1000ms/ 360° 。电磁直接驱动在大大降低机械运动噪音的同时,又能在极短的时间内达到心脏检查时 330ms/ 360° 的最高旋转速度,缩短了扫描时间,提高了工作效率。

3. DSCT 的工作原理 DSCT 有两种工作模式,即单源模式和双源模式,均可通过控制台进行相关设置。单源模式时主要数据采集与重建系统 A 工作,数据采集与重建系统 B 处于关闭状态。此时与一台普通 64 层 CT 机无异,即由球管 A 发射 X 射线,经受检者衰减后被探测器 A 接收,然后再经相应的图像处理和重建后产生相应部位的 CT 图像。1 次扫描(即 1 个采集周期)球管和探测器组至少要旋转 180° 才能获得足够的数据,重建出图像,最多可获得 64 层图像。定位像及头颈部、胸腹部及四肢等一些常规平扫、增强扫描常采用单源模式。

双源模式时,2 套数据采集与重建系统同时工作,2 套球管与探测器组合,各自独立发射及接收射线,独立完成图像处理,但在图像重建时,由 2 套采集系统获得的数据既可以重建出 2 组独立的图像,也可以重建出 1 组融合的图像,前者 1 个采集周期与单源模式相同,即球管和探测器组至少要旋转 180° ,主要用于骨骼及钙化的分离、鉴别组织与胶原成分等;后者 1 个采集周期球管和探测器组只需旋转 90° ,由 2 组数据采集系统获得的 2 组数据经相应的数学运算、组合后即可实现单源下旋转 180° 的效果,但时间分辨率提高了 1 倍,主要用于心脏等时间分辨率要求极高的检查。

4. DSCT 的临床应用 DSCT 单从结构上看与普通 CT 机差别不大,但从临床应用分析的某些方面却有着普通 CT 机不可比拟的优势。

(1) 心脏成像:DSCT 最大的优势在于心脏成像方面。因为拥有 2 套数据采集系统,从而机架只需旋转 90° 就能完成数据采集,实现了 83ms 的时间分辨率,与单源 64 层 CT 机的 165ms 时间分辨率相比几乎提高了 1 倍,使得在任何心率情况下成像成为可能,并能达到理想的临床诊断价值:用 DSCT 行心脏成像,DSCT 能获得冠状动脉高质量的具有诊断价值的图像;冠心病(CHD)患者在不进行任何心率干预的条件下用 DSCT 进行冠状动脉检查,冠状动脉细节能达到诊断要求。与普通单源 64 层排 CT 机不同,在适应性心电图剂量调控