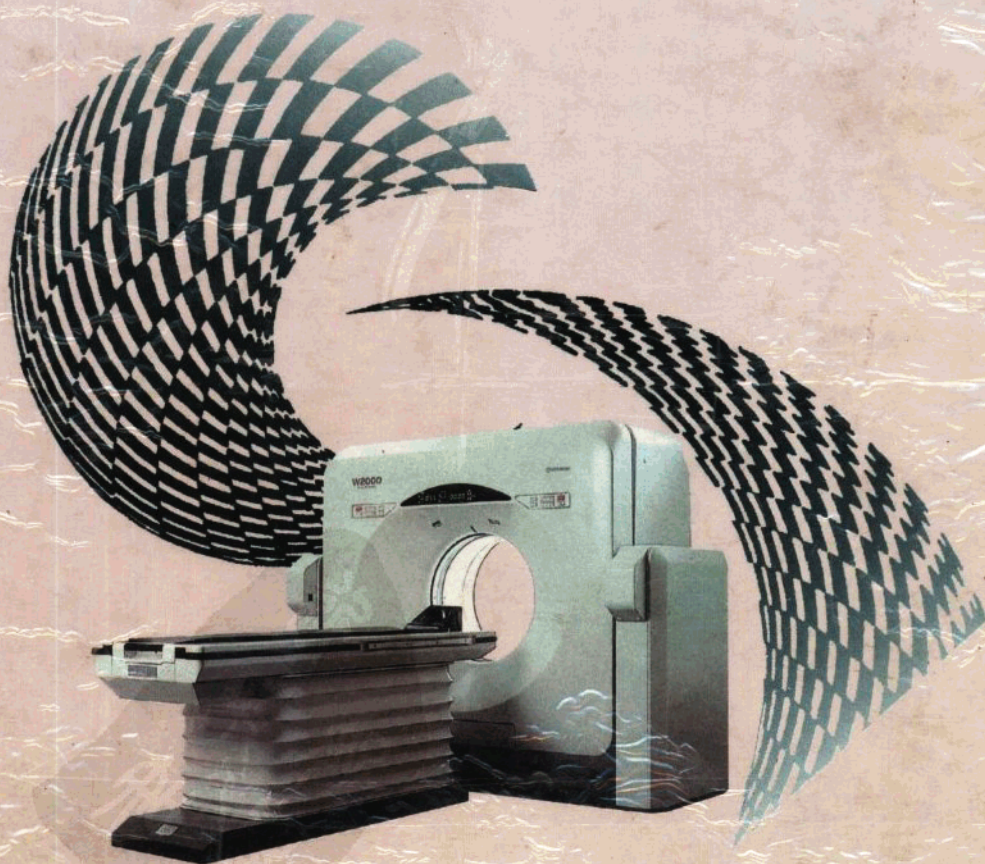


螺旋 CT 与三维图像 诊断学

LUOXUANCITYUSANWEITUXIANG
ZHENDUANXUE

刘怀军 主编



河北科学技术出版社

螺旋 CT 与三维图像诊断学

刘怀军 主编



河北科学技术出版社

《螺旋 CT 与三维图像诊断学》编委会

顾 问 吴恩惠

主 编 刘怀军

副 主 编 王藏海

编 委 刘怀军 王藏海 杨 桦 冯平勇 李渡斌 李彦格
郭平珍 徐宝生 郑历明 汪国石 王铁钢 王效恩
肖志军 张 宁 史振阳 秦瑞平 刘增品 耿左军

图片摄制 田秀英 张国然 于国璋

螺旋 CT 与三维图像诊断学

刘怀军 主编

河北科学技术出版社出版发行 (石家庄市北马路 45 号)

河北新华印刷三厂印刷 新华书店经销

880×1194 毫米 1/16 15.5 印张 400,000 字 1996 年 12 月第 1 版
1996 年 12 月第 1 次印刷 印数: 1-2000 定价: 86.00 元

ISBN 7-5375-1673-1/R · 333

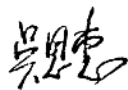
(如发现印装质量问题, 请寄回我厂调换)

序

螺旋 CT 扫描是 CT 扫描成像技术中的突破性进展。由于扫描时间短,扫描无层隔,可得到容积扫描信息,因而能获得清晰的多维重建图像。行三维图像重建,能立体地显示解剖结构及病变,毗邻关系明确。CT 内视技术可起到内窥镜的作用,所以有 CT 内窥镜 (CT Endoscopy) 之说;另一个功能是 CT 血管造影。这些成像技术明显提高了影像诊断的水平,引起了人们的关注与兴趣。有关 CT 诊断学著作在国内已出版多部,但缺少螺旋 CT 扫描的诊断学专著。河北医科大学刘怀军教授,总结了 1994 年以来螺旋 CT 扫描的实践经验,撰写成本书,以满足读者了解螺旋 CT 扫描的需要。

本书由基础和临床应用两部分组成。前者介绍螺旋 CT 扫描原理和不同的扫描技术,后者包括螺旋 CT 扫描在头颈部、胸部、腹部和脊柱等方面的应用,着重介绍了不同器官、结构及其病变的三维图像重建、CT 内视技术和 CT 血管造影等。本书是以不同疾病病例的螺旋扫描图像和图解展示给读者的,避免了过多的文字描述,一目了然,易于理解,这是本书在编写上的特点。

正如作者在前言中所提到的,实践时间尚短,经验有限,而且螺旋 CT 扫描技术仍在发展,所以本书缺点与不足在所难免,但我还是愿意把本书推荐给读者。相信本书对医疗、教学和科研会起到它应有的作用。



1996 年 8 月于天津

前言

螺旋 CT 扫描与三维图像诊断学是在普通 CT 检查技术基础上又一次技术性飞跃,从概念的提出到临床应用才几年时间,我国从 90 年代初引进螺旋 CT 设备,目前已有经验介绍和成果报道。由于它具有扫描时间短,无层隔,短时间内一次可完成大区域性扫描,MPR 和三维重建后图像细腻、失真度小等优点,能提供与大体标本相媲美的影像效果,所以越来越受到广大医务工作者和医学影像专业人员的高度重视,具有较高的临床实用价值和研究开发价值。同时螺旋 CT 扫描又具有高分辨率功能(HRCT)以及三维重建后的 CT 内视法等功能,所以它对于研究肺部微细结构和微小病变及内耳等部位疾病有明显的优势,已引起同仁瞩目,前景广阔。

作者自 1994 年使用日立 CT - W2000 型滑环 CT 扫描装置(HITACHI CT - W2000),该机常规扫描检查时间为 1 秒,轴向空间分辨率达 0.4mm,可以进行极为高精度的任意断面变换(MPR: Multi Planar Reconstruction)和三维显示。本书全部病例均系该设备所做,两年来积累了很多经验,也遇到了很多问题。鉴于国内无这方面的专著,作者根据一些经验体会,结合文献编写了本书,以供同道参考。作者学识有限,谬误肯定存在,望各位前辈和同道不吝赐教。篇幅所限,除书中所列参考文献外,还有若干条参考文献未能一一例检,望请谅解。

本书在写作方式上参考了国内外有关书籍,主要以图示为主,用图注的方式帮助读者理解影像所见,但因为断面解剖知识和三维立体解剖知识的不足可能会给该拙作带来缺陷,恕容作者在进一步积累经验的基础上逐步完善和提高。

本书病例图片是河北医科大学附属第二医院放射科同道们日常工作的积累,王改琴、范香兰、倪新英、史朝霞、雷建明、柳安、李林芳、屈长强等同志都做了大量的工作,王克岐、王永生、马长祥、李淑芝、张玉清等教授在编著此书过程中给予指导和帮助,在此表示感谢。另外还得到了郭进民先生、太阳交易(株)川野先生和日立(株)松村先生的大力协助和支持,特别是松村先生提供的图片更是为本书添色不少,在这里也表示谢意。

作者

1996年7月于石家庄

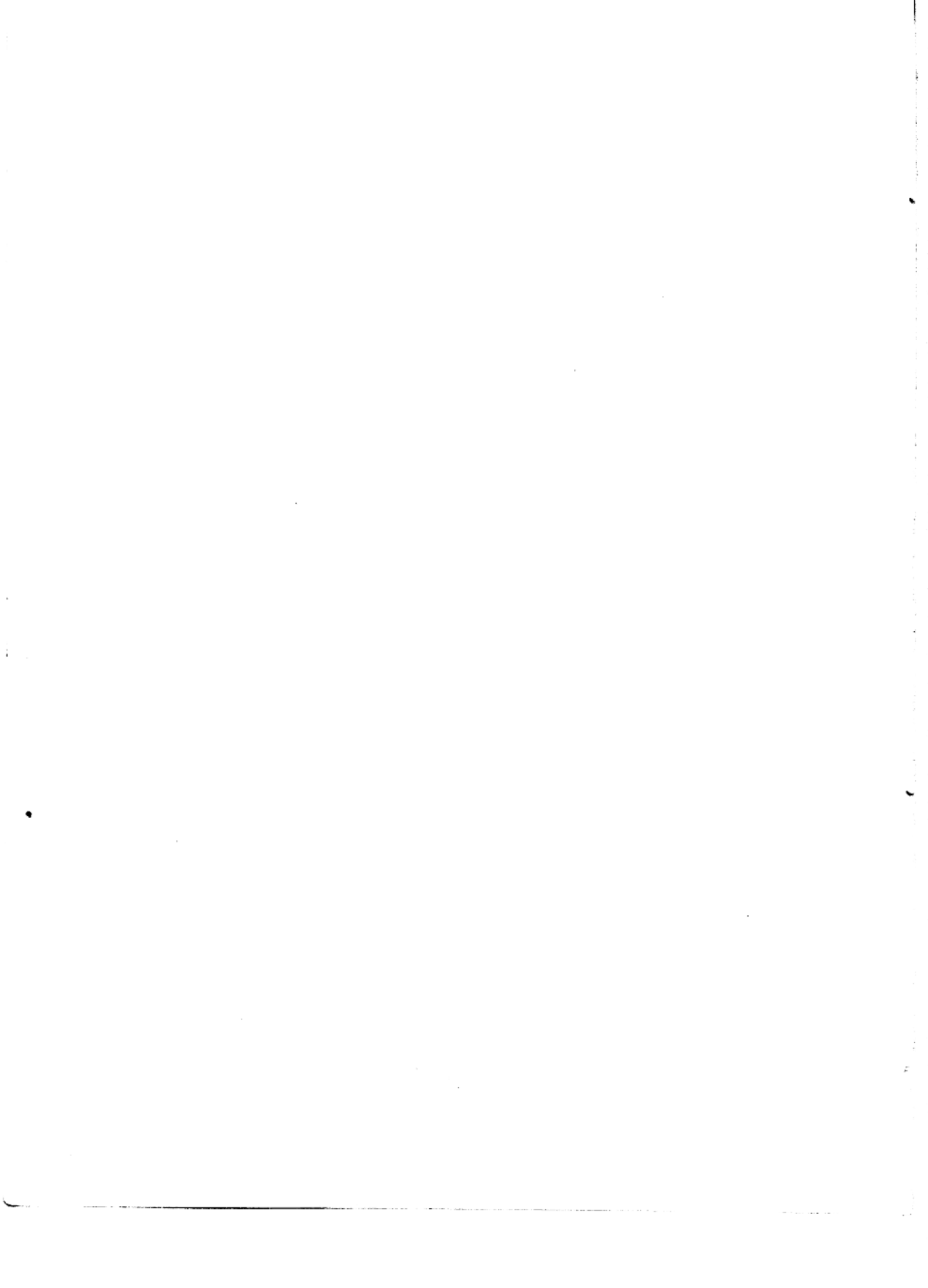
目录

第一章 基础部分	(1)
第一节 螺旋 CT 原理与扫描技术(Spinal CT, Helical CT 或 Volumetric CT Scan)	(3)
一、原理	(3)
二、扫描技术	(7)
三、三维图像重建及其他显示功能	(8)
四、三维图像内视法(CT 内视镜 - CT endoscopy mode)	(9)
第二节 螺旋 CT 血管造影技术(Spiral CT Angiography)	(11)
一、螺旋 CT 血管造影技术	(11)
二、临床应用	(12)
第三节 螺旋 CT 增强扫描技术(Spiral CT Contrast Scan)	(13)
一、对比剂	(13)
二、螺旋 CT 增强扫描技术与方法	(14)
三、快速静脉注射增强 CT 扫描时对比剂对肾脏等器官的作用	(16)
四、碘对比剂的副作用与预防处理	(17)
第四节 动态螺旋 CT 扫描技术(Dynamic Volumetric CT Scan)	(19)
一、扫描技术与方法	(19)
二、临床应用	(20)
第二章 临床应用	(21)
第一节 头、颈部(Head and Neck)	(23)
一、正常表现	(24)
二、颅、颈部疾病	(39)
(一) 颅脑外伤	(39)
(二) 脑血管疾病	(48)
(三) 颅脑肿瘤	(57)
(四) 颅脑发育畸形	(91)
(五) 颈部应用	(95)
第二节 胸部(Chest)	(99)
一、正常表现	(100)
(一) 正常肺野、肺门、纵隔及支气管树的三维成像	(100)

(二)尸体标本螺旋 CT 扫描心脏及大血管三维成像	(101)
二、胸部疾病	(103)
(一)支气管病变	(103)
(二)特发性肺动脉扩张症	(106)
(三)肺部肿瘤	(107)
(四)右肺下叶炎症	(131)
(五)右侧膈疝	(133)
(六)心脏 CT 内视法	(136)
(七)大动脉炎症候群	(137)
(八)胸主动脉瘤	(138)
第三节 腹部 (Abdomen)	(139)
一、正常表现	(143)
二、腹部疾病	(149)
(一)肝肿瘤	(149)
(二)肝细胞癌	(151)
(三)胆石症	(151)
(四)胰头癌	(152)
(五)肾动脉狭窄	(153)
(六)肾癌	(153)
(七)肾囊肿	(164)
(八)肾上腺肿瘤	(166)
(九)马蹄肾	(169)
(十)腹主动脉瘤	(173)
(十一)子宫肌瘤	(180)
第四节 脊柱 (Spine)	(183)
一、正常表现	(184)
二、脊柱疾病	(187)
(一)右侧横突孔狭窄	(187)
(二)腰椎压缩性骨折	(188)
(三)胸椎骨折、错位、脊髓横断	(191)
(四)腰椎滑脱	(197)
(五)脊柱炎性疾病	(203)
主要参考文献	(233)

第一章

基础部分



第一节

螺旋 CT 原理与扫描技术

(Spiral CT, Helical CT 或 Volumetric CT Scan)

自 70 年代初 CT 问世后, 20 年来随着微电子学和计算机技术的迅速发展, CT 设备也得到开发和完善。现代 CT 设备是放射诊断学、临床医学、生物医学工程学、计算机与微电子学等诸多学科相结合的产物, 大体上具有两种先进趋势: 滑环扫描技术 (Slip ring type CT scanner) 和高分辨 CT 扫描技术。而滑环扫描技术又引发了快速扫描 (High speed scan) 和螺旋 CT 扫描技术 (Spiral CT-SCT)。螺旋 CT 扫描就是近几年内开发的新技术, 它具有速度快、覆盖面广、无间隙、采集容积数据, 便于进行各种方式、各个角度的影像重建等优点。所以, 它很快应用于全身各个系统。目前, 我国已引进了这类高档 CT 设备, 并积累了一定的经验。

一、原 理

传统的 CT 扫描装置, 是以供电电缆向 X 线管球等部件实施供电的, 因此, 每一层面扫描时, 总是需要背着电缆周而复始地进行运动, 并需要急加速、急减速和停止。在每两层扫描之间需耽搁 5~10 秒。这无形中就限制了 CT 扫描图像的质量和某些适应症。为解决这一难题, 当今的高档 CT 设备在其供电部——即连续转动的 CT 心脏部, 采用了高度可靠的滑环结构。通过滑环供电方式, 扫描时 CT 的心脏部只圆滑地向一个方向平稳地转动, 不需要给转动系统增加额外的负担, 可以实施稳定的快速扫描。实施螺旋 CT 扫描时, X 线管及探测器连续 360° 旋转并产生 X 线束, 与此同时, 检查床也在纵轴方向连续匀速移动, 短时间内对体轴方向进行大范围的扫描, 也可以说是大容量扫描, 并获得容积扫描数据, 每 360° 的床移为一典型层厚, 这样对于被扫描区域 X 线束所运行的轨迹呈螺旋状——即螺旋 CT 扫描技术 (见图 1~4)。

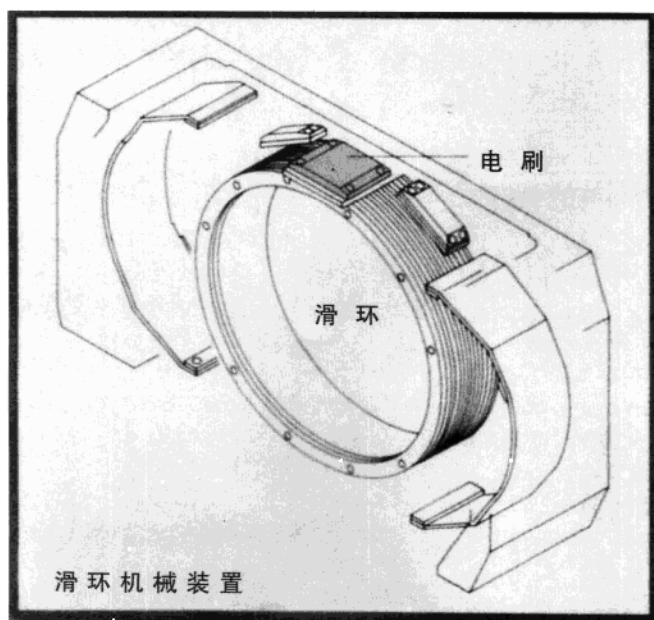


图1 滑环技术示意图

CT 的供电电缆被新的技术所取代，X 线管和相对应的探测器以滑环方式连续运转，减少了机械性磨损，提高了图像质量。

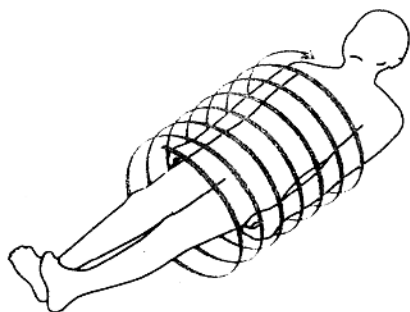


图2 螺旋 CT 扫描时的螺旋状断层示意图

它可以在短时间内连续做大容量扫描，减少了因身体器官运动所造成的伪影，显著地提高了图像质量。

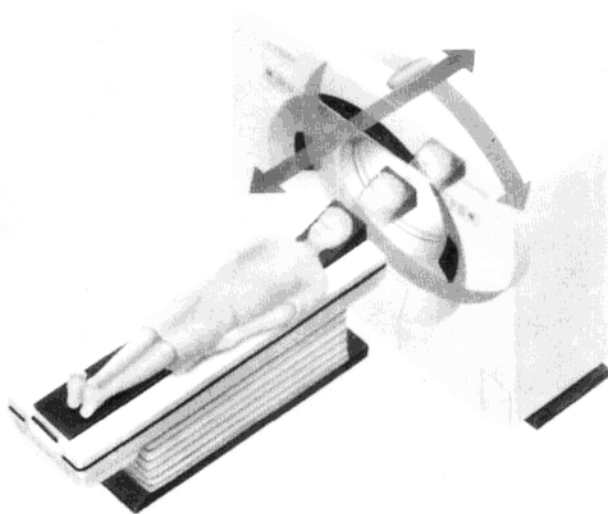


图 3 CT-W2000 扫描设备示意图

当实施扫描时, X 线管以滑环连续移动, 可进行任意区域的 CT 扫描。

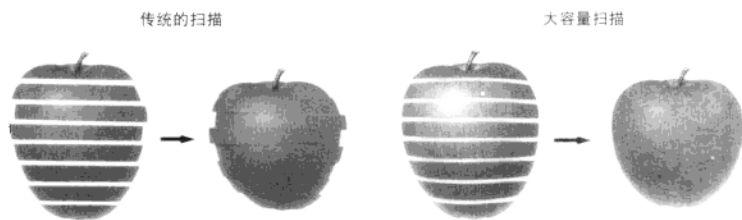


图 4 采用传统 CT 扫描技术和螺旋 CT 扫描技术扫描后的不同成像效果

传统 CT 扫描因扫描时间长, 整个扫描过程是分次进行的, 存在着片间间隔, 故重建后的图像粗糙、失真。而螺旋 CT 扫描改善了这一点, 其整个扫描过程是快速、连续性的薄层扫描, 所以其图像质量高, 无失真现象。

螺旋 CT 实施扫描时重新安排投影数据在 180° 完成内插运算,以缩小每个图像螺旋扫描的范围,避免了平均容积伪影的影响。也就是说,由于图像数据是从超过 360° 的螺旋扫描层面任一部分所获得,所以要想得到高精度的横断面图像就需要使用内插运算技术。这种技术最简单的方法是相邻螺旋圈间螺旋投影数据的线性内插处理,避免了平均容积伪影的影响,并因采用了 180° 内插处理,限制了 X 线管功率和使用大热容量的 X 线管,所以大大减少了图像噪声的影响。大容量扫描是以扫描测试与检查病床移动同时进行,没有时间上的浪费,可以在短时间内进行大范围的 CT 扫描。这种大容量扫描的特长是以扫描装置每转动一次的检查病床的移动量与连续 CT 扫描时间之积来决定扫描范围。使用滑环的连续转动扫描器,实现了扫描的暂停时间为 0 秒,因不似传统 CT 由于扫描反转而停止,可以进行无测试时间浪费的连续动态 CT 扫描,明显地提高了图像分辨率,节省了扫描时间,方便了患者(见图 5~7)。

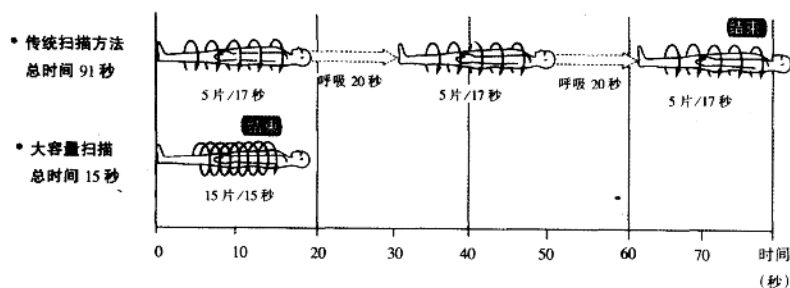


图 5 传统 CT 扫描方法与螺旋 CT 扫描的时间比较

传统 CT 扫描 15 层时需时间 91 秒;螺旋 CT 扫描同样也扫描 15 层只需要时间 15 秒。

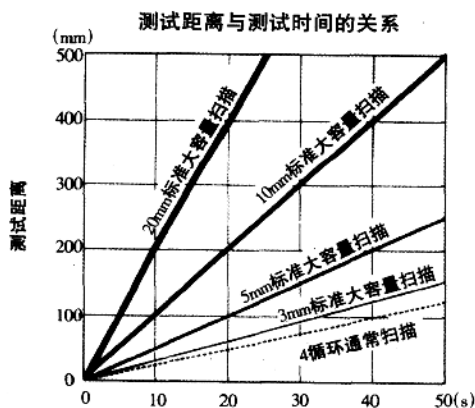


图 6 测试距离与测试时间的关系

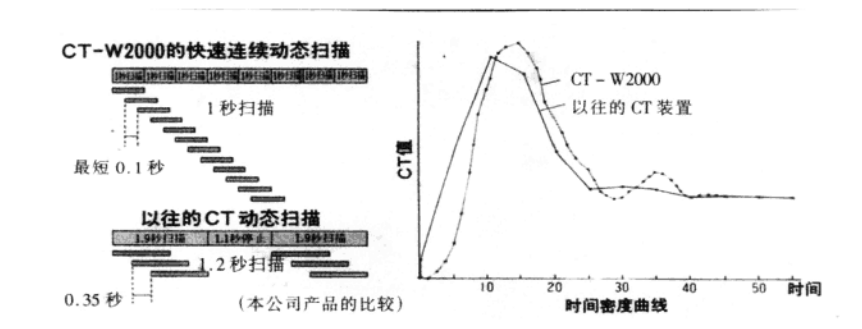


图7 日立公司生产的各种CT设备的比较
充分显示了螺旋CT所实施的快速连续扫描的优点和先进性。

总之,螺旋CT扫描基于它的诸多特点,在临床应用中充分显示了优于传统CT设备的方方面面。也就是说因为螺旋CT扫描时没有扫描间隔时间,能在很短的时间内做大容量(大范围)扫描,人体的任何一个部位和器官几乎都可以用一次螺旋扫描来完成。而且还可以任意选择重建间隔,在感兴趣的部位重建图像,即使是比较微小的病变也能在一次检查中发现。又由于它采用的是容积数据技术,扫描时注射少量对比剂就能获得扫描区的容积数据,使三维成像技术得到极好的利用,并可根据需要做出任意的MPR重建,以利于病变的空间显示。可以说,螺旋CT大大拓宽了CT的适应症及应用价值,解决了一些普通CT所无法解决的问题,是一项应用前景非常广阔的新技术。但它也存在一些缺点,如做大范围薄层扫描时,X线管损耗大、要求高、价格贵,X线量也大,需要进一步改革和完善。

二、扫描技术

螺旋CT扫描方法在很大程度上与传统CT有共性,但因设备的某些结构与传统CT有根本的不同,它通过大容量X线管采取滑环式的连续转动扫描器,实现了扫描间隔的暂停时间为0秒,因此,可以进行无测试时间浪费的连续动态扫描,并能准确地捕捉造影效果的时效变化。一般当今应用的螺旋CT扫描设备都能进行30~50秒的长时间连续动态扫描数据测试,并通过这种无间隙的、理想的连续数据再构成时间差仅有0.1秒的高质量CT图像。这样在实施扫描时,应根据被检部位和临床医师不同的要求以及影像诊断医师的诊断需要,而区别对待。扫描前应首先向患者介绍注意事项和要求。不论做何种位置的扫描均应先做单纯CT扫描,然后再根据需要选择不同方式的增强CT扫描。扫描条件也应因人而异,一般情况下成人体部CT扫描用120kV、100~250mA。又因各厂家的CT设备所具有的功能和条件

不同而有所差异。作者医院使用的是 HITACHI(日立) CT - W2000 Volume Scan 设备,有效视野 $160 \sim 480\text{mm}\Phi$ 、机架倾斜角度 $\pm 30^\circ$,常用为 120kV 、 $100 \sim 250\text{mA}$,层厚 $5 \sim 10\text{mm}$ 。做螺旋扫描时在一次屏气状况下于 $24 \sim 50$ 秒内做 $24 \sim 50\text{cm}$ 范围的区域性 CT 扫描(10mm 层厚无间隔扫描)。其具体部位的 CT 扫描详见临床应用章节。HITACHI CT - W2000 Volume Scan(日立 CT - W2000) 型 CT 扫描方式为滑环旋转方式,连续多层面扫描 $R/R \pm$ 偏移检测方式,扫描时间档次设置较多,为 0.6 、 1.0 、 2.0 、 4.0 秒;有效视野(FOV)为 $\Phi 16$ 、 20 、 25 、 30 、 35 、 42 、 48cm 共 7 个可供选择视野;层面厚度为 1 、 2 、 5 、 10mm ,常用 5mm 和 10mm ;X 线管装置系专用 2000KHu (1420KJ)焦点为 0.6×0.75 、 $1.0 \times 1.5\text{mm}$ 的高热容量 X 线管,其 X 线产生方式为连续 X 线(高频率倒相器),操作时 X 线管电压 100 、 120 、 130kV ,管电流 $50 \sim 350\text{mA}$ (120kV 时);中央处理装置采用多处理系统,主处理器 32bit ;用 580MB 磁盘进行图像存储,存储容量大,可存储 $1000 \sim 1360$ 帧图像和原始数据;图像再构成矩阵为 512×512 、 320×320 两种规格,图像显示器采用 1124 线无交织方式的高精细监视器,显示矩阵为高精细的 1024×1024 矩阵。即使在分割多帧显示中,也能从 512×512 矩阵精密运算中得出高性能的 CT 图像,而且无损于图像质量。另外,还通过使用高频率倒相器的稳定的连续 X 线数据取样和细节距氬气检测器(768),发挥了空间分辨率为 0.4mm ,密度分辨率为 2mm (0.5%)的特色图像质量性能;图像再构成时间 $5 \sim 10$ 秒,将滑环 CT 连续产生的众多测试数据与扫描并行快速运算,以极短的时间就能观察到 CT 图像,大大方便了医疗的需要。

螺旋 CT 扫描方法是一种在传统 CT 扫描技术应用的基础上涌现出来的一种新技术,两者有共同点也各有独到之处,其扫描方法还应根据需要具体选择适当的技术参数,这样图像质量会更好。它在血管造影方面的应用经验还有待于进一步完善、提高和总结。

三、三维图像重建及其他显示功能

(一)三维图像重建与显示

近年来,由于计算机软件技术的不断开发利用和快速运算处理技术的进步,同时可以对许多医学影像进行综合性处理,能够很容易地显示解剖学和病理生理变化等诸方面的情况。又由于提高了基本的数据收集的效率,比如:螺旋 CT 扫描就是依靠 X 线管的连续运转和体轴的连续移动的组合,在极短的时间内完成了多层数据的收集,从而得到了体轴方向的具有良好分辨率的容积扫描。在制作三维立体图像时可以例举出“多相位扫描”、“容积透视法”和“最大强度投影法”等。其中多相位扫描法是把物体的表面形状,用多角形的集合立体显示。由于它以物体的表面为对象,不具有内部结构的数据,所以不能做切出和内部透视等。容积扫描法是含有物体内部结构的显示方法,故能够做任意断面的切出或行内部透视法观察,而且还能将 CT 值加上颜色,从而能更准确地显示解剖学构造。最大强度投影法(MIP:

Maximum Intensity Projection) 是具有较高的解像度,同时又保持了原有的 CT 值,可以改变其对比性,由于不显示纵向的信息,所以又可以通过改变视点连续显示复数的影像,从而得到立体感,进而将容积透视法的影像和 MIP 的影像合成,则可以得到具有高解像度的三维图像,结合临床做出病态解析、诊断,这种方法可以清楚地显示出肺血管与支气管、肝、肺内病变与血管的三维结构,使医学影像诊断又进入一个崭新的天地。

三维图像显示机能还包括:①容量和体积的测量。②三维空间的二点间距离测量。③三维空间的二直线间的角度测量等功能。这些功能的开发利用大大方便了临床医学的需要,特别是在神经外科领域的应用更加广泛,它可以在三维图像上测量其具体的空间位置,为脑立体定向手术选择最佳方案。如:脑基底动脉环的动脉瘤通过三维图像的空间定位测量,可确切地显示动脉瘤的形态、大小、部位、毗邻关系等,并通过动脉瘤中心点 a 到颅骨表面的三点(b、c、d)间距离的测量,引导脑立体定向手术的实施。也可以利用这一技术通过脑血管作为标志,进行脑功能性病变的立体定向手术。

目前,带有三维图像功能的 CT 设备,一般都可以实施三维图像的形状制作,以通过其形状和位置的变化,而达到更清楚地显示病变全貌的目的。这些技术包括:①三维图像的掘削(洞穴式)观察。②三维图像的画面切削处理,以达到显示病变局部的效果。③切断法显示。④移动法显示。⑤回转法显示。⑥放大和缩小法显示。⑦欠损修复法显示。⑧皮肤合成法显示等。

随着计算机软件不断开发利用,目前已有高速、高精度三维图像问世,它能在极短的时间内(100 帧 CT 图像的三维重建时间大约为 1 分钟)同时显示骨骼、软组织脏器、血管和表皮等三维结构,而且操作简便。

(二) MPR 图像显示与应用

螺旋 CT 扫描解决了普通 CT 扫描时的层隔问题,因系大容量扫描,从开始到结束的整个测试数据都是连续的。因此不需要增加被检查者的额外负担,就能以任意检查床节距得到图像间的连续性良好的众多图像,从一次扫描数据里算出几次以上的 CT 图像,由于各图像之间连续良好,故可获得同直接影一样的高精度矢、冠状图像和随意角度的断面图像,比如,MPR 图像(Multi Planar Reconstruction)显示。通过重建处理可以获得良好的、细腻的冠状面和矢状面图像,真实地再现了病变的部位与全貌,特别是对肝肾之间的占位病变和椎管内占位病变的显示,更具有独到之处,大大方便了临床的需要,为拟定手术方案和判断手术预后提供了可靠资料。

四、三维图像内视法(CT 内视镜—CT endoscopy mode)

自从螺旋 CT 应用以来,使其临床应用价值越来越大,尤其是采用薄层扫描技术后,能使被检部位所采集的信息较为全面,能在原有断面的基础上做 MPR 和三维图像显示,更重要的是能做到 CT 内视镜,使单纯的 CT 断面显示升华到三维立体显示和一些血管、气管的腔内观察,达到了腔内视法的目的,拓宽了临床应用范围。这一技术越来越受到广大医学影像学医师和