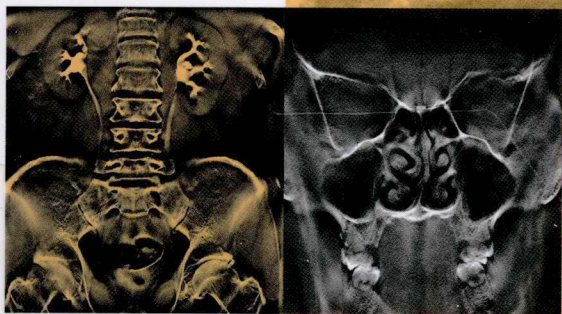


Atlas of
Digital Tomosynthesis Imaging
and Diagnosis

数字化体层摄影 与诊断图谱

主编/田 军 宋少娟



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

Atlas of
Digital Tomosynthesis Imaging
and Diagnosis

数字化体层摄影 与诊断图谱

主 编 田 军 宋少娟

副主编 巩武贤 张 翼 张殿星 孙 博

编 者 (按姓氏笔画排序)

方 冬	山东省立医院	李春卫	山东省医学影像学研究所
田 军	山东省医学影像学研究所	宋少娟	山东省医学影像学研究所
田 野	山东省医学影像学研究所	张 翼	山东省医学影像学研究所
巩武贤	山东省医学影像学研究所	张宗欣	山东省医学影像学研究所
孙 博	山东省医学影像学研究所	张殿星	山东省医学影像学研究所
李大鹏	山东省医学影像学研究所	黄世廷	山东省医学影像学研究所

人民卫生出版社

图书在版编目(CIP)数据

数字化体层摄影与诊断图谱 / 田军等主编. —北京:
人民卫生出版社, 2012.11

ISBN 978-7-117-16421-4

I. ①数… II. ①田… III. ①医学摄影 IV. ①R445

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 229696 号

门户网: www.pmph.com 出版物查询、网上书店

卫人网: www.ipmph.com 护士、医师、药师、中医师、卫生资格考试培训

版权所有, 侵权必究!

数字化体层摄影与诊断图谱

主 编: 田 军 宋少娟

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: 010-67605754 010-65264830

010-59787586 010-59787592

印 刷: 中国农业出版社印刷厂

经 销: 新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 10

字 数: 243 千字

版 次: 2012 年 11 月第 1 版 2012 年 11 月第 1 版第 1 次印刷

标准书号: ISBN 978-7-117-16421-4/R·16422

定 价: 58.00 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销售中心联系退换)

数字化体层摄影是在传统体层摄影的几何原理基础上,结合平板探测器技术与数字图像重建算法开发的新型体层成像方法。该技术采用回顾性重建方式,一次采集可以重建多个层面的影像,解决了常规 X 线摄像的组织重叠问题,并且辐射剂量与检查成本均较低,因此成为当今常规 X 线检查的延伸和补充手段。

本书共分七章,第一章介绍体层摄影基础与数字化体层原理;第二章至第六章介绍数字化体层摄影的临床应用,根据人体不同部位的解剖学特点阐述数字化体层摄影的优势和适应证;第七章介绍颌面部曲面体层摄影的应用。书中以大量图片示例,详细介绍数字化体层常用部位的体层摄影方法和常见疾病体层图像并配以简要的诊断说明。

传统放射技术与计算机的结合,使医学影像学诊疗技术有了质的飞跃。数字化体层成像技术是在传统体层摄影的几何原理基础上,结合平板探测器技术与数字图像重建算法开发的新型体层成像方法。该技术采用回顾性重建方式,仅一次曝光就可以重建出多个层面的影像,克服了传统体层摄影一次曝光只能获得一层图像的缺点,使体层摄影技术重新焕发生机。由于其能够解决常规 X 线影像的组织重叠问题,并具有相对较小的辐射剂量与较低的检查成本,因此将成为常规 X 线检查的必要补充手段。目前,该技术在胸部成像、骨关节成像、乳腺成像、血管成像、牙科成像等方面有很大的应用空间。

当前,国内数字化体层摄影设备的装备配置数量逐步增加,其在影像诊断学中发挥的作用也受到了专业技术人员的认同。相对于其他影像学检查手段,国内数字化体层诊断方面的专著还相对较少。由山东省医学影像学研究所田军教授和宋少娟副教授主编并组织相关中青年专业人员,以本单位临床病例资料为主,参阅国内外大量文献编写而成的《数字化体层摄影与诊断图谱》,根据人体不同部位解剖特点和影像特点阐述数字化体层摄影的优势和适应证,详细介绍了数字化体层常用部位的摄影操作方法和图像示例,并配以常见疾病图片和诊断说明,其内容翔实、图文并茂,具有鲜明的时代特征。

本书可作为影像科专业人员以及其他临床科室、医学院校师生的专业参考书。希望本书能对我国医学影像学诊断技术,尤其是常规 X 线影像诊断学与摄影技术的发展起到积极的推动作用。



山东省医学影像学研究所 所长

2012 年 7 月 17 日

前 言

近年来随着平板探测器技术的飞速发展,体层摄影技术经过脱胎换骨并以新的面貌——数字化体层摄影而诞生。数字化体层摄影作为现代X线检查方法的创新,实现了一次革命性的技术飞跃,它以经济实用和辐射剂量低的优势成为一种新的断面成像技术而应用于临床。数字化体层摄影作为大平板X线机附加的一项独特的功能,弥补了常规X线检查的诸多不足,它能够克服组织重叠、解决复杂部位和深在部位的投照与诊断问题,特别在骨关节、胸部和五官科等领域具有广泛的用途。数字化体层技术由日本首先研发,2006年推向市场,次年始进入我国,至今已有近6年的历史。目前国内具备数字化体层设备的医院已有近百家,相关设备百余台,而且还在呈几何式增长。然而,至今有关数字化体层摄影的参考书籍却较缺乏。山东省医学影像学研究所的同行们在临床应用数字化体层摄影4年多的时间里和从事相关研究中积累了丰富的资料,通过收集整理近年来的科研资料和临床资料,综合国内外文献,编写完成了《数字化体层摄影与诊断图谱》一书,本书的特点是来自实践、用于实践,紧扣临床应用这个主线,图文并茂,采用大量图片阐明数字化体层摄影的适应证、操作方法和一些相关疾病的诊断要点。

本书共分七章,第一章介绍体层摄影基础与数字化体层原理;第二章至第六章介绍数字化体层摄影的临床应用和成像技术,根据人体不同部位的解剖特点和影像特点阐述数字化体层摄影的优势和适应证,并详细介绍了数字化体层常用部位的体层摄影方法和具有代表性的正常图像。各部位还配以常见疾病体层图像和笔者遇到的一些罕见病的体层图像,辅以简要的诊断说明。书中以大量图片示例,便于读者借鉴和参考、举一反三及尽快掌握数字化体层技术操作和诊断要点,通过阅读本书能够学以致用。鉴于数字化的体层摄影也包括曲面体层,故在本书第七章单独对此做了阐述,由山东省立医院口腔科方冬医师撰写。

本书在编写过程中得到岛津(中国)有限公司的支持和帮助,特别是蔡文晶女士给予了技术指导,西门子公司李晓燕女士提供了部分乳腺图像资料,使本书的内容更加丰富,在此特致谢忱。

由于水平和经验有限,书中错误和不足在所难免,恳请广大同行和读者给予批评指正。

编 者

2012年7月

目 录

第一章 数字化体层摄影原理与基础	1
第一节 体层摄影发展历史.....	1
第二节 体层摄影原理.....	4
一、模拟 X 线体层摄影原理	4
二、数字化体层摄影原理.....	5
三、DTS 与 CT 成像的比较	9
四、曲面体层摄影的原理.....	11
五、DTS 技术展望	14
六、相关名词术语解释.....	15
第二章 头颅与五官	16
第一节 头颅.....	16
一、颅骨及颅底.....	16
二、蝶鞍.....	18
三、内听道.....	19
第二节 五官.....	21
一、中内耳及乳突.....	21
二、茎突.....	22
三、鼻骨.....	24
四、眼眶.....	25
五、鼻窦.....	26
六、鼻咽腔.....	27
七、喉.....	29
八、下颌骨及颞颌关节.....	29
第三章 胸部	32
第一节 呼吸系统.....	32
一、气管、主支气管	32

二、肺	36
第二节 骨性胸廓	44
一、肋骨	44
二、胸骨与胸锁关节	48
第三节 乳腺	52
第四章 脊柱	61
第一节 颈椎	61
第二节 胸椎	63
第三节 腰椎	65
第四节 骶尾椎	66
第五章 骨盆与四肢	69
第一节 骨盆	69
一、骶髂关节	69
二、髌臼与髌骨	71
三、耻骨与坐骨	72
第二节 上肢	74
一、手	74
二、腕骨与腕关节	76
三、肘关节	81
四、肩关节	82
第三节 下肢	85
一、跖趾骨	85
二、楔状骨与骰骨	88
三、足舟骨	89
四、距骨	91
五、跟骨	92
六、踝关节	94
七、膝关节	96
八、髋关节	101
第六章 腹部	105
第一节 肠道系统	105
一、空、回肠	105
二、结肠	106
第二节 胆道系统	107

第三节 泌尿系统.....	109
一、肾盂.....	109
二、输尿管.....	110
三、膀胱.....	111
 第七章 颌面部曲面体层.....	113
第一节 颌骨及颞下颌关节.....	113
第二节 颞骨茎突.....	133
第三节 腮腺与下颌下腺.....	136
 参考文献.....	147

第一节 体层摄影发展历史

自 1895 年伦琴发现 X 线后, X 线摄影技术开始应用于临床医学, 使形态诊断学得到了划时代的发展。但由于 X 线摄影原理是利用射线的穿透性将三维结构投影到二维胶片上显示, 因此丢失了深度信息, 造成密度、结构不同的各层组织在影像上相互重叠, 给诊断带来了一定困难。为了解决这一问题, 20 世纪初人们开始研究一种可以清楚地拍摄人体某一层组织影像的特殊摄影方法, 称为体层摄影。根据成像原理, 体层摄影的发展可以划分为模拟体层摄影与数字化体层摄影两个阶段。

模拟体层摄影理论最早由法国人 Bocage 提出, 1930 年意大利人 Vallebona 将这种方法应用于临床。当时的体层摄影装置是利用 X 线球管与胶片做同步反向直线运动来摄取与人体纵轴平行的某一层组织。在运动过程中, 位于断体层面的图像因相对位置不变, 图像保持清晰, 而非断体层面的影像因相对运动变得模糊。随着现代工业的发展, 1951 年法国首先制出多轨迹体层摄影装置, 球管运动轨迹由单一直线发展成圆、椭圆及内圆摆线等多种轨迹, 使背景组织影像模糊程度产生了不同的变化, 增加了成像的多样性。我国从 20 世纪 60 年代开始引进多轨迹体层摄影机, 70 年代开始自主研发生产。当时体层摄影主要用于气管、支气管、喉、内耳等部位的检查。

模拟体层摄影技术的应用使当时的影像学诊断水平有了跨越式的进步, 病变检出率明显提高。但该技术还存在以下显著的缺点: 第一, 一次成像运动只能获得一个层面的影像。要想获得其他层面的影像, 必须重复这个过程, 势必降低工作效率, 并增加受检者的辐射剂量。第二, 人体结构复杂, 个体差异较大, 目标层面的位置, 即体层面高度不易确定, 这需要技术人员对人体解剖非常熟悉。即便如此, 一次曝光就能获得目标层面的影像也非易事。第三, 根据体层摄影原理, 该技术只是通过球管与胶片的相对运动, 把非体层面的图像变模糊, 并不能完全消除模糊影像对断体层面的干扰, 因此图像质量不高。

解决以上问题, 成为当时体层摄影技术研究的主要方向。为了获得多个层面图像, 20 世纪 30 年代中期发明了可以安装三层暗盒的体层摄影装置, 即一次成像可以同时获得三层图像。后经相关学者不断改进, 陆续设计了各种多层暗盒装置, 并付诸临床应用。但由于暗盒叠加, 使 X 线在通过暗盒时强度受到大幅度衰减, 散射线也逐渐增加, 导致照片的对比度下降, 图像质量变差。从成像原理上看, 上述方法还属于模拟体层摄影技术。

数字化体层摄影最早可以追溯到 1933 年,荷兰人 Ziedes 从理论上证明可以通过一系列离散的多角度投影数据重建出任意层面的图像。1969 年,约翰霍普金森大学的 Garrison 等人以 Ziedses 提出的多层成像理论为基础,设计了一台“三维 X 线摄影装置”,通过球管与暗盒呈同方向的平行移动获得一系列的 X 线图像,再利用回顾性的重建得到物体任意深度层面的图像。1972 年 Grant 发明了通过旋转成像重建任意位置层面图像的方法,并创造了“tomosynthesis”一词,意思是回顾重建出无限数量的任意体层影像,这就是现代数字化体层摄影的概念。只是受当时技术条件所限,尤其是计算机和探测器等设备性能的限制,只能使用比较原始的手段和模拟的方法来实验其理论,如:幻灯法、影像增强器法、编码孔法等,该技术一直未能应用于临床。

20 世纪 70 年代后期,计算机技术的进步使体层成像研究的重点逐步转向了计算机断层摄影技术(computed tomography, CT)。到了 90 年代,由于 CT 在临床的广泛应用,以胶片为影像载体的模拟体层摄影技术渐渐淡出历史舞台。从表面上看,体层摄影的研究似乎停滞不前,但事实上,CT 重建算法的研究为后来数字化体层成像的继续发展提供了理论基础。而大尺寸数字平板探测器的发明,则为数字化体层成像设备研发提供了必要条件。数字平板探测器具有大感光面积、连续读写信息,高量子检出率(detective quantum efficiency, DQE)的特性,恰能满足数字化体层摄影所需的低剂量、高频率的成像要求。1993 年, Matsuo 采用基于滤波综合数字断层扫描成像算法重建出人体的每一层断层图像。2006 年后,岛津、西门子、GE、Hologic 等公司相继推出了商品化的附加于平板 X 线机的数字化体层摄影装置,并开始应用于临床(图 1-1、图 1-2)。以岛津 Sonialvison Safire 平板 X 线机所具有的数字体层成像功能为例,其采集及重建矩阵分别达到 2880×2880 和 1440×1440 ,采集速度最快达 2.5 秒,采用 75 次脉冲低剂量曝光,最小重建间距 0.5mm,层厚一般为 10~20mm、最小可达 2mm,一次采集可获得 75 幅图像。

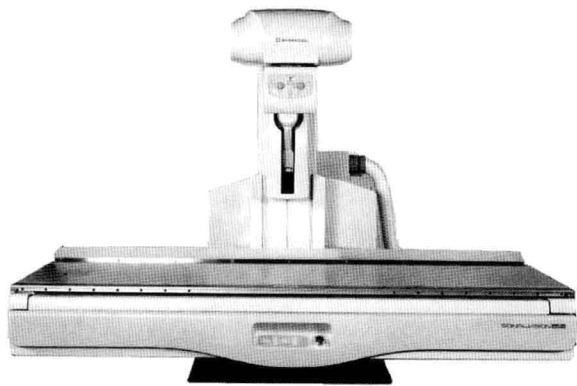


图 1-1 Sonialvison Safire 数字化体层成像装置

数字化体层摄影由于在成像层面上具有较高的空间分辨率,对一些自然对比好的器官,如肺部的结节、肿块、空洞、气管和左右支气管等一些病变的显示具有较好效果;对于骨关节病变,如平片难以确定的骨折、金属物植入后的摄片检查,也具有很大的优越性。通过增加人工对比的方法也可以将体层摄影技术用于腹部脏器的检查,如静脉肾盂造影、胆系造影和肠道造影等,对于上述部位组织重叠和气体干扰引起的不确定影像有很好的排

除和肯定作用。目前,已经发现其在胸部成像、骨关节成像、乳腺成像、血管成像等方面有很大的应用空间。

曲面体层摄影(pantomography 或 panoramic radiography)是体层摄影技术中的一个分支,主要用于口腔颌面的疾病诊断。其成像方式是将类似椭圆形的颌骨置于 X 线球管与探测器之间,两者围绕颌骨并按照其弧度作顺时针同步旋转,从而获得颌骨的弧形体层面影像,这一弧形体层面亦被称为聚焦槽(focal trough)或聚焦面(in-focus layer)。20 世纪 40 年代末,芬兰赫尔辛基大学的 Yrjö Veli Paatero 对 X 线曲面体层摄影理论进行了系统研究(图 1-3)。1958 年首台商业化的曲面体层机投放市场;1996 年,德国 Sirona 厂制造出首台数字曲面体层机 Orthophos Plus DS。

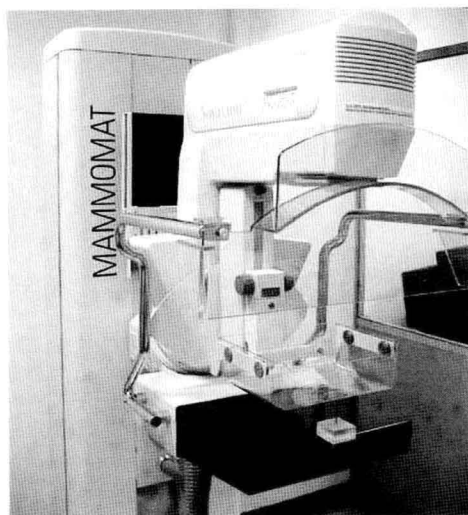


图 1-2 MAMMOMAT Novation^{DR} 数字化乳腺体层摄影装置

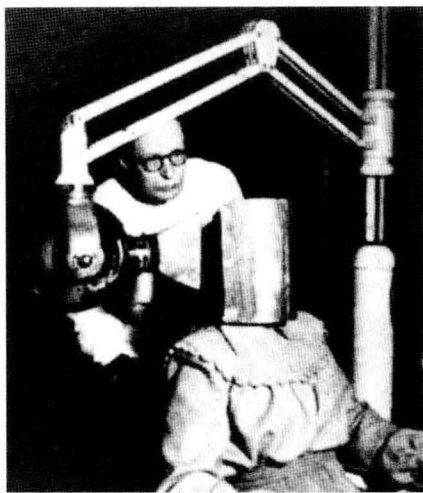


图 1-3 芬兰的 Yrjö Veli Paatero 及其实现曲面体层摄影的原始方案

数字化曲面体层机除常规的颌骨曲面体层摄影外,一般还包括颞下颌关节曲面体层、局部牙列曲面体层、正交曲面体层等摄影程序。为了满足口腔临床对颌骨、牙齿进行三维成像的需求并严格遵守 ALARA 原则(as low as reasonably achievable, 意即“可以达到的尽可能低的辐射剂量”),新型的数字化曲面体层机,如芬兰 Planmeca ProMax 3D,还搭载了非晶硅平板探测器,以进行锥形束容积体层成像(cone beam volumetric tomography, CBVT),也称锥形束 CT(cone beam computed tomography, CBCT),成为数字曲面体层-牙颌面锥形束 CT 一体机,功能更为强大(图 1-4)。

数字化曲面体层摄影已广泛应用于口腔颌面疾病的检查和诊断,如各年龄组初诊患者治疗前的常规检查;颌骨囊肿及良、恶性肿瘤的诊断;牙萌出、数量异常的病因检查;确定

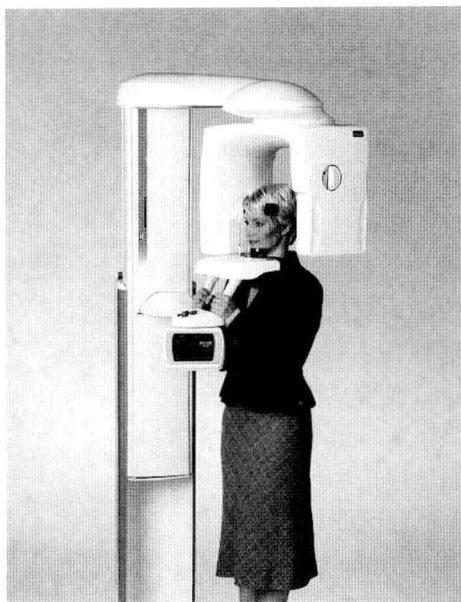


图 1-4 数字曲面体层 - 牙颌面锥形束
CT 一体机 ProMax 3D

第三磨牙(智齿)是否需要拔除;颞下颌关节骨质破坏类疾病的诊断;颞下颌关节骨性强直、脱位的诊断;颌面部畸形的病因;颌骨骨髓炎的诊断;下牙槽神经感觉异常的病因;累及颌面部的系统性疾病诊断;颌面部骨折诊断;确定牙源性上颌窦疾病的病源牙;口腔种植的常规检查;唾液腺造影(包括腮腺及下颌下腺)摄片;茎突综合征的诊断。

第二节 体层摄影原理

一、模拟 X 线体层摄影原理

X 线管与胶片围绕支点做同步反向运动,运动轨迹可以是直线、圆、椭圆或内圆摆线等。在运动过程中,X 线连续发射,所有投影都融合到一张胶片上,见图 1-5A。支点层面内结构的投影能在运动的胶片上保持相对静止,而非支点层面内结构的投影因不能与胶片运动同步而弥散成模糊影像,模糊程度与其距运动支点层面的距离成正比。最终形成的图像能突出显示支点层面(包含兴趣结构)的图像而抑制与兴趣结构重叠的上下组织结构的影像。直线体层摄影原理如图 1-5B 所示。

X 线管从 E 位移动到 F 位时,胶片与 X 线管作平行相向匀速运动,其中心点从 E' 位移动到 F' 位。则有:

$$E'F' = \frac{n}{m} \cdot EF$$

支点层面内的 O 点的投影也从 E' 移动到 F',即始终投影在胶片的固定位置上。平行于 E'F' 的支点层面内的任意一点 Q,其在胶片上的投影从 M' 移动到 b 点:

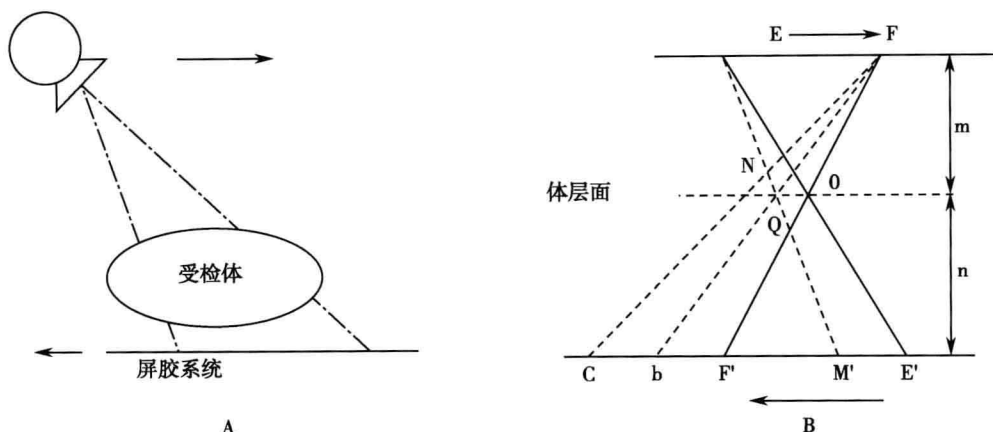


图 1-5 模拟 X 线体层摄影原理

$$M'b = \frac{n}{m} \cdot EF = E'F'$$

可见, 支点层面内的任一点在胶片上都有固定的投影点 (未发生位移), 即整个体层面均可清晰显像。而体层面以外的点, 如 N 点, 其投影移动距离:

$$M'C \neq \frac{n}{m} \cdot EF, M'E \neq \frac{n}{m} \cdot EF$$

因此, 层面外的结构在胶片上不能形成清晰图像, 而变为模糊阴影。

在整个体层运动中, X 线管、支点和接受介质中心必须时刻保持直线关系, 要靠连杆的刚性来保证。另外, 焦点至支点和支点至接受介质中心的距离之比必须保持相等, 以保证指定层影像在接受介质上有始终一致的放大量。这称为体层摄影的直线定则和定比定则, 是体层成像的基本原则。经典的体层运动方式包括平行运动方式 (焦点 - 支点距离变化) 和弧形运动方式 (焦点 - 支点距离固定)。两种方式均可形成直线、圆、椭圆、内圆摆线、螺旋线等多种运动轨迹。

由原理可知, 模拟体层摄影能够进行深度定位, 能够减轻重叠结构的干扰, 提高兴趣结构的对比度, 但它的不足之处在于:

1. 运动支点的高度决定了指定层的位置, 一次成像运动只能获得一个层面的影像, 要想获得多个层面的影像, 必须多次重复这个过程。
2. 人体结构复杂, 个体差异大, 兴趣层面的层深不易确定, 需要操作者对人体解剖结构非常熟悉。即便使用了多种确定层深的方法, 如平片法、解剖学法、透视法及几何学法等, 仍很难一次性获得设想层面的影像, 一般采取连续多层面摄影的方法, 而这也增加了受检者的辐射剂量。
3. 图像受层外结构模糊影像的干扰较大, 指定层结构的显示不够清晰。

二、数字化体层摄影原理

数字化体层摄影 (digital tomosynthesis, DTS) 又称体层合成摄影、断层融合成像或容积成像等, 其基本原理是在 X 线穿行轨迹中允许产生任意数量的目的层, X 线球管在移动的

位置上多角度连续投照,球管与探测器做平行于患者的同步反向运动,一系列的投影图像被快速采集,使用像素偏移-叠加或滤波反投影的程序完成图像重建,任何设定高度的断层图像均可被重建出来。图 1-6 直观地给出了 DTS 获取原始图像信息的原理:假设黑白两个肿块在 z 轴方向上完全重叠,单角度投照获得的图像中,这两种组织重叠,势必会造成漏诊或误诊。当经过多角度投照以后,两个肿块的位置信息得以分别呈现,这与模拟体层摄影的原理是类似的。

从原理得知,想要使不同深度的物体被更好地分离开,就必须进行大角度投照。换句话说,角度变化范围会直接影响到系统的深度分辨率。从图 1-7 中可以直观看出,假设上下两个肿块距离较近,或者上方肿块体积远大于下方肿块时,扫描角度过小,则两者无法从获得图像中得到区分,只有当扫描角度够大时才能避免重叠或者完全覆盖的情况发生。

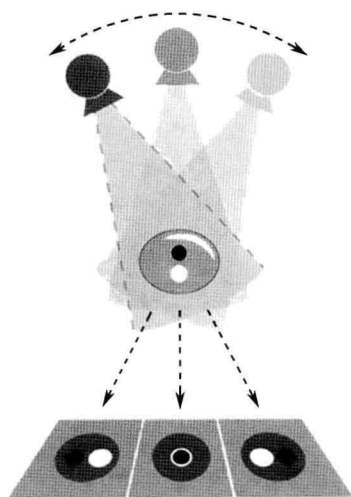


图 1-6 DTS 成像示意图

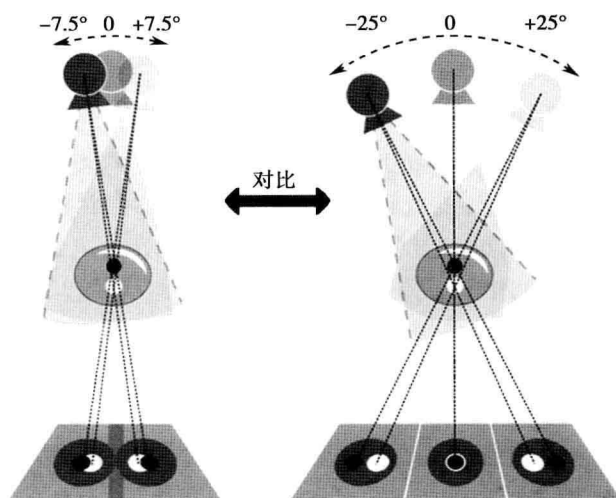


图 1-7 角度变化对深度分辨率的影响

从球管运动的几何轨迹看, DTS 与模拟体层摄影类似,但实质上, DTS 并非只是对图像进行了数字化,而是采用了全新的图像重建算法。表 1-1 列举了 DTS 与模拟体层摄影的主要区别。

表 1-1 DTS 与模拟体层摄影的区别

	DTS	模拟体层
采集方式	球管与平板做相对反向运动	球管与平板做相对反向运动
图像特性	间接获得(重建)	直接获得(曝光)
图像数量	多层面图像	单一层面图像(焦点层面)
可重复性	可任意重复	不能重复

根据图像重建算法不同,可以分为位移叠加法、滤波反投影法、迭代算法等。后两种算法是在 CT 重建算法的基础上发展而来的,虽然也称为体层摄影,但其原理类似于 CT,或者称为有限角度投影的断层成像。

1. 位移叠加法(shift and add, SAA) SAA 是比较直观简便的重建方法,计算量较小。它将物体不同角度的投影图像根据兴趣层面的位置运用计算机图像处理手段进行适当移位配准,然后叠加来产生指定层面的清晰图像。仅用一组投影数据可以回顾性重建出任意深度的层面图像。

X 线管与探测器在互相平行的平面上围绕一个支点在有限角度内以某种轨迹,如直线做同步相反运动,并做有限次数的曝光。探测器记录存储多个不同角度下的投影信息。位于两者之间人体的内部结构的放大率仅依赖于其距探测器的高度,而与探测器或 X 线管的瞬时运动位置无关。对于支点以外某层面的结构,根据其距探测器的不同高度,在 X 线管运动的不同位置,其投影与探测器有不同程度的相对偏移,计算出偏移量并利用计算机数字图像处理技术使所有投影数据归位对正(使指定层面的结构影像配准)并叠加,该层面的影像特征就被增强而其他层面的特征因错位叠加而模糊,于是得到该层面的清晰图像。运动过程中支点层面内结构的投影的移动与探测器的移动同步,没有相对位移可以直接叠加,这相当于模拟体层摄影的过程。

由图 1-8 可直观地理解 SAA 的基本原理。在不同的投影角度,支点外某层面内的三角形结构投影在探测器的不同位置,而支点层面内的圆形结构的投影与探测器的相对位置没有变化,见图 1-8A。若将三幅投影直接叠加(无位移),三角形结构因投影分散而不能清晰成像;圆形结构因不同角度的投影完全重叠而成较清晰图像,见图 1-8B;如果将三幅投影图像进行适当位移后再叠加则可以得到三角形结构的较清晰图像,见图 1-8C。从数学计算过程看,SAA 算法只有在 X 线源的运动轨迹与探测器平行时才有效,其重建过程的实质就是反投影重建法的一种特例。

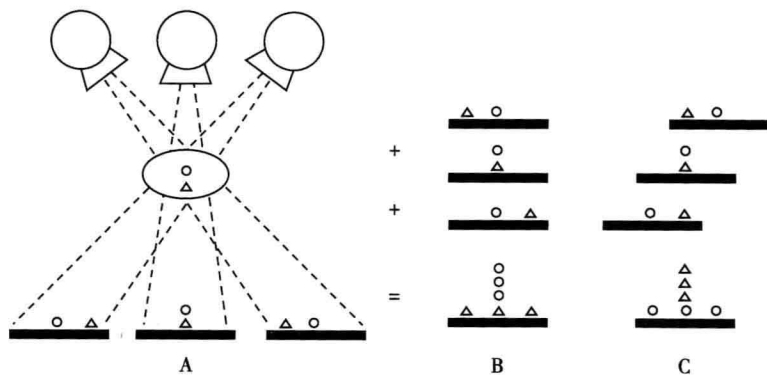


图 1-8 位移叠加法重建原理

利用 SAA 算法重构的图像质量与传统体层摄影区别不大,层外组织由于位移效应变得模糊,会对观察的层面产生干扰,其程度依赖于各层面的投影几何关系。要排除这些干扰,就必须改进算法或者采用全新重建方法,直接获得各层面结构。这也是数字化体层成像技术算法研究的重点。目前比较成熟的方法是先对投射像进行滤波处理,再重构断层图像,

这就是滤波反投影法。

2. 滤波反投影算法(filter back projection, FBP) FBP 算法源于反投影(back projection, BP)算法,是 CT 成像常用的重建算法。该算法的核心内容是:断层平面中某一点的密度值可看做这一平面内所有经过该点的射线投影之和的平均值。因此该点密度可以利用穿过其所有射线的投影值反过来估算,成像环节被看做一个以原像为输入、重建后图像为输出的成像系统,见图 1-9。



图 1-9 “反投影重建”成像系统

投影定理,也称作中心切片定理是图像重建算法的基础。某一图像 $f(x, y)$ 在视角 ϕ 时的投影 $P_\phi(x_r)$ 的一维傅里叶变换是 $f(x, y)$ 的二维傅里叶变换 $F(\omega_1, \omega_2) = \hat{F}(\rho, \phi)$ 的一个切片,切片与 ω_1 轴相交成 ϕ 角,且通过坐标原点,见图 1-10。

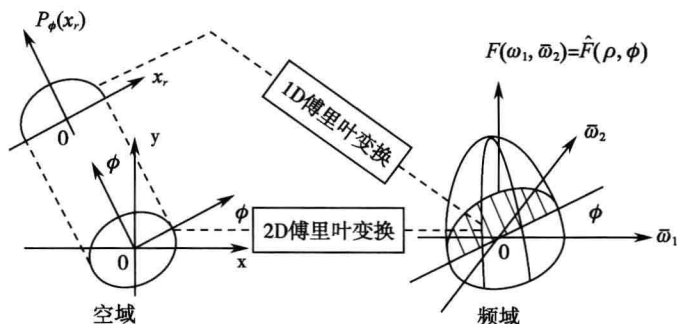


图 1-10 投影定理示意图

根据投影定理,投影图像重建的流程为:采集图同视角下的投影(理论上应为 180° 的连续采样),求出各投影的一维傅里叶变换,即图像二维傅里叶变换的各切片,汇集成图像的二维傅里叶变换,利用傅里叶反变换重建出图像。

对于 DTS, BP 算法的缺点类似于 SAA 法,无法排除断层外组织的干扰。要除去干扰,可以在反投影重建以前先对投影数据进行修正,校正点扩散函数,即与特定的滤波函数进行卷积,再把修正后的投影数据进行反投影运算而求出原始图像。这就是 FBP 算法,如图 1-11。

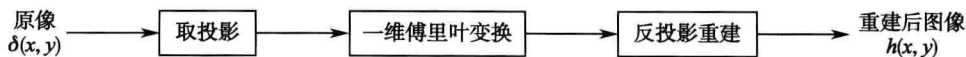


图 1-11 “滤波反投影”重建系统

DTS 使用的是锥形 X 线束,直线轨迹扫描,相对于 CT 采用的 360° 或 180° 物体完全投影采样来说, DTS 对物体是不完全采样,属于有限角度下的图像重建。由于投影数据并不满足 FBP 算法的要求,需要先对原始投影数据进行插值,将其重排成平行束,再利用 FBP 算法进行重建,这样一次扫描结束后就可以对整个物体进行任意断层成像。FBP 由于计算速度快,成为当前 DTS 设备采用的主要图像重建算法,其中 FeldKamp 算法是一种近似算法。