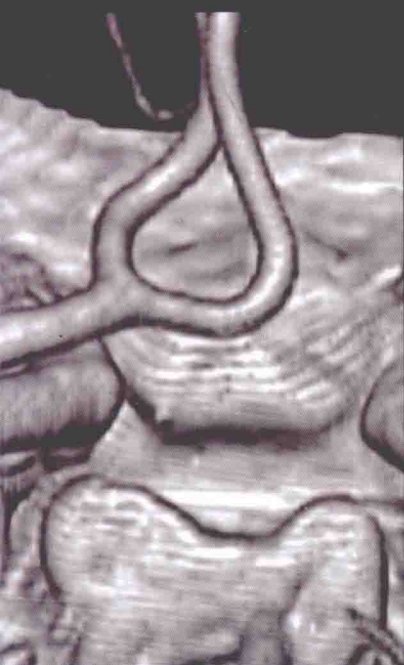


ALEXANDER C. MAMOURIAN

CT成像

基本原理、伪影与误区

CT IMAGING Practical Physics, Artifacts and Pitfalls



主编 [美] 亚历山大·C·马利瑞安
主译 王 骏 刘小艳 李秀娟
主审 周 桔 刘丹木

天津出版传媒集团

天津科技翻译出版有限公司

CT Imaging
Practical Physics, Artifacts and Pitfalls

CT 成像

基本原理、伪影与误区

主 编 [美]亚历山大·C·马利瑞安
主 译 王 骏 刘小艳 李秀娟
主 审 周 桔 刘丹木

天津出版传媒集团



天津科技翻译出版有限公司

著作权合同登记号:图字 02 - 2014 - 57

图书在版编目(CIP)数据

CT 成像:基本原理、伪影与误区/(美)马利瑞安(Mamourian, A. C.)主编;王骏等译. —天津:天津科技翻译出版有限公司,2015.1

书名原文:CT imaging:practical physics, artifacts and pitfalls

ISBN 978 - 7 - 5433 - 3453 - 3

I. ①C… II. ①马… ②王… III. ①计算机 X 线扫描体层摄影
IV. ①R814.42

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 236588 号

CT Imaging: Practical Physics, Artifacts and Pitfalls (9780199782604) written by Alexander C. Mamourian was originally published in English in 2013.

Copyright © Oxford University Press 2013.

All rights reserved. No production, copy or translation of this publication may be made without written permission.

This translation is published by arrangement with Oxford University Press.

Oxford University Press did not participate in the translation of this article.

This book may not be sold outside the People's Republic of China.

中文简体字版权属于天津科技翻译出版有限公司。

授权单位:Oxford Publishing Limited

出版:天津科技翻译出版有限公司

出版人:刘庆

地址:天津市南开区白堤路 244 号

邮政编码:300192

电话:022 - 87894896

传真:022 - 87895650

网址:www. tsttpc. com

印刷:唐山新苑印务有限公司

发行:全国新华书店

版本记录:787 × 1092 16 开本 11.25 印张 150 千字

2015 年 1 月第 1 版 2015 年 1 月第 1 次印刷

定价:88.00 元

(如发现印装问题,可与出版社调换)

中文版前言

想想自己从医已近 30 年、兼职教学也已 10 余年,有幸见证了整个医学影像学界的发展,特别是近 20 年来所发生的巨大变化,尤其是在我国更为明显。而所有这些质的变化要归功于该领域临床学科的第一人:高弗雷·豪斯费尔德(Godfrey Hounsfield),他将当时仅能透视、拍片进行模拟成像的单一放射科模式跨越式发展为数字成像的大型综合性医学影像模式。当今的 CT 应用又早已今非昔比,在为受检者提供早发现、早诊断、早治疗的过程中,CT 技术朝着更快(检查速度越来越快)、更高(图像质量越来越高)、更强(后处理功能越来越强),以及绿色 X 线(单个层面的 X 线剂量越来越低)的方向发展,而且还在不断地向深层次探索(诸如虚拟平扫、灌注成像、能谱技术等)。

然而,就是在这样一个看似无比优越的、无比强大的外表下,CT 也存在着不少的认识误区,并在无形之中发展成为最大的非自然辐射源,在为人类带来贡献的同时,也相应地增加了不少人为的副作用。为此,这就需要对当今这一特定历史发展阶段的 CT 进行全方位、深层次的梳理与认识,尤其是要在利用最低的 X 线辐射剂量下获得能够满足医学影像诊断及临床医师需求的 CT 图像,并做到受检者 X 线剂量个体化、检查方案最优化,以充分满足不同生理特点、病理特性的受检者的需求。

一个偶然的时机,我接到天津科技翻译出版有限公司姜晓婷编辑的邀请,希望我有时间能够翻译一些专业著作出版发行。这着实让我喜出望外,因为之前姜编辑在杂志社的时候有过多次联系,合作得非常愉快;另外,此前我早就拜读过天津科技翻译出版有限公司出版的医学影像相关译著,感觉确实不错,且我自 1995 年以来分别在《国外医学临床放射学分册》、《国外医学医院管理分册》、《国外医学放射医学核医学分册》杂志上发表过诸多的译文与综述,正好可以展示才华,在译著上一试高低。

经姜编辑推荐,我们决定翻译这本由 Oxford 公司出版、亚历山大·C·马利瑞安(Alexander C. Mamourian)主编的《CT 成像:基本原理、伪影与误区》一书,恰好我在同期也出版过类似的原创学术专著《医学影像成像技术案例对照辨析》一书,大有偶遇知己的感觉,加之 Oxford 公司也是我所熟悉的

全球著名出版社,也曾拜读过他们所出版的学术专著,于是欣然答应并得到了我的南方医科大学医学影像本科学生以及英语专业老师的巨大支持与鼎力相助,在短时间内四易其稿后,再由编辑润色、加工,付梓出版。

纵览全书,在当今大的学术历史背景下,亚历山大·C·马利瑞安谈到了CT成像历史和物理学基础、辐射安全与风险,心脏、神经系统、体部成像技术,以及伪影与诊断误区等,字里行间中透出作者的博学与严谨,深层次的全面分析更是值得我们很好地学习与借鉴,特别是作者对知识产权以及人类辛勤劳动的尊重与人文理念更是值得效仿,这恰恰验证了我国的一句古训:以人为镜可以知不足。

说到作者的博学,从书中便可窥见一斑。全书涉及物理学知识、放射防护、医学知识,以及放射医师和影像诊断医师等诸多相关知识,所有这些综合知识再一次证明了知识无界限、无极限。这从另一个角度说明人才的培养亟需多元化,亟需多模态地不断学习与完善。八小时之外的功夫铸就人生差异,只有这样才能有资格称得上“敬业”二字。

当然,由于任何语言都是丰富多彩的,在不同的背景下所表达的含意有可能不完全相同,特别是在递进程度上更是如此,即使是同一个词也存在着不同的翻译方法,加之此书是我第一主译的首部学术专著,更有可能存在着翻译与理解上的不足与偏差,恳请同仁在百忙之中通过 E-mail: yingsong@sina.com 或登录我的个人网站<医学影像健康网>(www.mih365.com)发来您的高见,对您的关爱在此先表示诚挚的敬意!

最后,感谢出版社编辑们的支持与帮助,感谢所有参与该书翻译和审核的师生与同行们所付出的辛勤劳动,同时,更希望该译本的出版发行能使全国同仁受益,这才是我们全体翻译人员莫大的安慰与荣幸。

谢谢大家!

全军医学影像中心
南京军区南京总医院医学影像科
南京大学附属金陵医院 王骏 敬上
2014年5月7日生日于南京马群

前言

我可以说,计算机断层扫描(computed tomography,CT)和我的事业一同起步。在第一批CT装置进入大多数医院的那年,我成为放射科的一名住院医师。当时,我深入地了解CT的物理原理,然而在接下来30年的岁月中,CT的结构和功能在不知不觉中变得越来越复杂。在很长的一段时间里,MR引起了公众的关注,但是在CT领域里,一些之前无法想象的研究,如心脏和颅脑的CT血管成像,已经成为常规的临床实践。依靠日益强大的硬件和软件设备,CT的潜能有可能被更充分地挖掘出来并得以发展。大多数制造商为他们的CT装备提供了一个巧妙的界面,而这种界面足以使人们相信一切尽在掌控中。但是,由于X线对患者存在着潜在的伤害,用户还是必须懂得CT的基本原理,以及明确这类机器的特定功能。例如,根据不久前的一则报道,上百例患者在进行脑灌注检查时接受了过量的X线辐射。虽然这件事引起了轩然大波,但是这一不寻常的高辐射剂量事件最终归咎于医师的好心和善意。过去为了减少患者的X线辐射剂量,通常使用不规范软件,但这种措施仅仅用于不包括灌注在内的特殊检查申请。

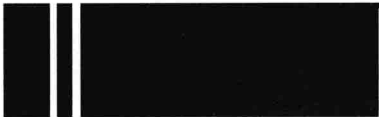
我们从没想将这部著作设计为关于CT的历史、物理原理、扫描技术的确定教材。我们的目的是为放射科的住院医师、医务人员、技师等提供一系列基于我们自身经验的、关于现代CT成像的有用建议。能够和我的合著者共事是一件非常荣幸的事,这是由这个领域的专家组成的全明星团队。我们诚挚地希望,这部著作如同新车操作指南一样对你们有所帮助。一本新车操作指南不仅仅有充分的信息指导你维修发动机,而且也会为你提供一些小常识,比如夏令时制来临时如何重置时钟或如何更换机油。

在第1章中,我们回顾了CT硬件设备的有关知识,因为早期的扫描机结构及原理都很简单,所以更容易理解,这是一个良好的开端。接下来的各个章节以此为基础。第2章回顾了X线辐射剂量的术语及辐射剂量减少的有关问题。第3章综合描述了应用于心脏CT的先进技术。在接下来的4~8章中你可以随时安排阅读其中的内容,因为我们会讨论一些实例,这其中的大部分包括适用于特定的物理伪影和误区的实用物理学的讨论。在最后一章列有10个问题,你可以在开始或结束这部著作时关注这10个问题,

看看自己对于这些问题的想法。由于这部著作把一些基本原理编排其中,在日常实践中,你可以随身携带此书,适时翻阅相关章节,去解决日常工作中出现的关于 CT 辐射剂量、检查方案、伪影等问题。

假如你从这本著作里一无所获,你应该确保在第 2 章中学习 CT 辐射剂量的术语。在当今这个病患维权意识不断提升的时代,理解 CT 中的辐射剂量已经变得比以往任何时候都重要。同时,还需理解 CT 的使用和未来减少辐射剂量而使用新软件的有效性。我们希望本部著作将有利于你在获得最优质的 CT 图像的同时,使患者尽可能接受最低的辐射剂量。

亚历山大·C·马利瑞安



致 谢

我要感谢来自新罕布什尔州的谢丽尔·贝戈西安(Cheryl Boghosian)和尼尔·罗斯(Neil Roth),感谢他们多年来的热情款待、无私的帮助和真挚的友情,以及近期为我提供了有效的时间和空间,使这部著作得以顺利完成。我的真诚致谢还要献给牛津大学出版社的安德里亚·希尔 (Andrea Seils),每一位作者都应该为他拥有一位能力超群的编辑感到无比庆幸。对于罗伯特·施博赖泽(Robert Spetzler)博士和贝洛神经医学研究所的全体人员,给予我的灵感和良机以完成这部著作,我将永远心存感激!

目 录

第 1 章	CT 成像历史和物理学基础	1
第 2 章	辐射安全与风险	27
第 3 章	心脏 CT 成像技术	41
第 4 章	心脏 CT 伪影与误区	53
第 5 章	神经系统 CT 伪影	85
第 6 章	神经系统 CT 误区	107
第 7 章	体部 CT 伪影	143
第 8 章	体部 CT 误区	155
第 9 章	问题测试	161
索 引		165

第1章

CT成像历史和物理学基础

Alexander C. Mamourian

100多年前威尔姆·伦琴(Wilhelm Roentgen)发现了X线,翻开了医学影像诊断领域的惊人篇章。他的发现在物理和化学领域都产生了影响,和开始相比,X线在医学应用中显示了明显优势,在他的第1篇报道发表几个月内,第1个临床影像摄于遥远的新罕布什尔州的汉诺威。这张特定事件的照片提醒了人们早期的X线使用者在考虑X线副作用方面是多么不成熟(图1-1)。我们只希望后

辈回顾我们使用计算机断层扫描(computed tomography,CT)时,不会觉得我们跟我们的前辈一样,又犯了同样的错误。

尽管X线平片在长骨结构和胸部初步检查上可以提供一定参考,但对于脑、骨盆或者腹部疾病的诊断价值却很少。这是因为传统X线影像反映的是射线经过所有组织后在X线源和胶片之间的净衰减量(图1-2至图1-4)。

X线不能区分密度相近的组织的部分原

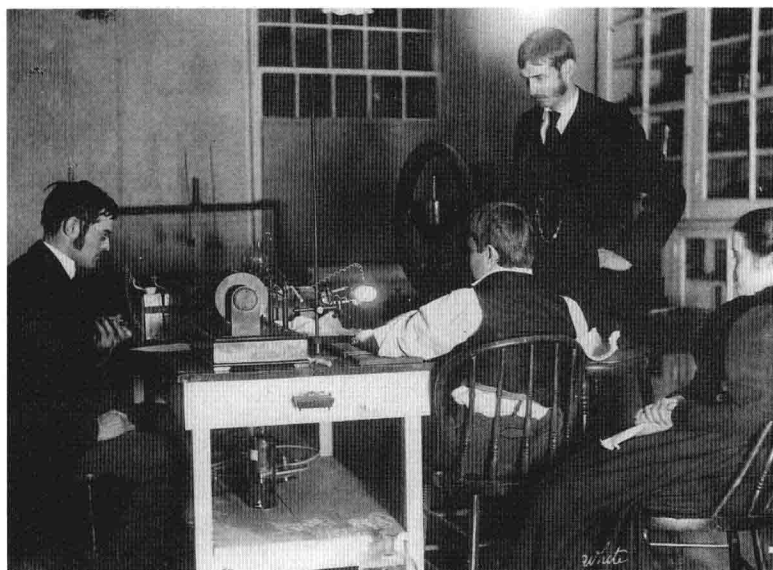


图1-1 这幅图体现了早期X线检查的状况。注意是用怀表在测量曝光时间(左边),而且患者和观察者没有任何类型的防辐射防护。X线阴极球管(置于患者臂膀上方,他背对着摄影者坐着)借自Dartmouth大学的物理学院。虽然这台仪器已经出现毁损,但仍可以有效地显示患者的腕部结构。

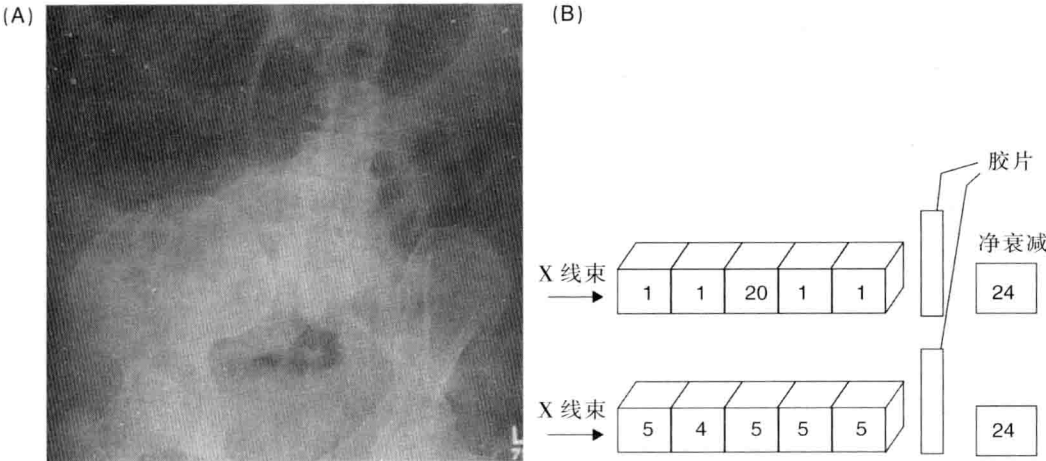


图1-2 虽然X线图像(A)能够显示骨组织、软组织和气体之间的对比度,但它不能有效地显示相似衰减值的组织间的对比。在这幅图像中,不能分别区分胰、肝和肾,因为被邻近相似密度的组织混淆了。部分原因是因为X线图像只能显示在X线源和胶片或探测器之间所有组织的衰减值。图(B)是数学分析显示,两排不同衰减的物体在传统X线图像上其总衰减值是相同的。

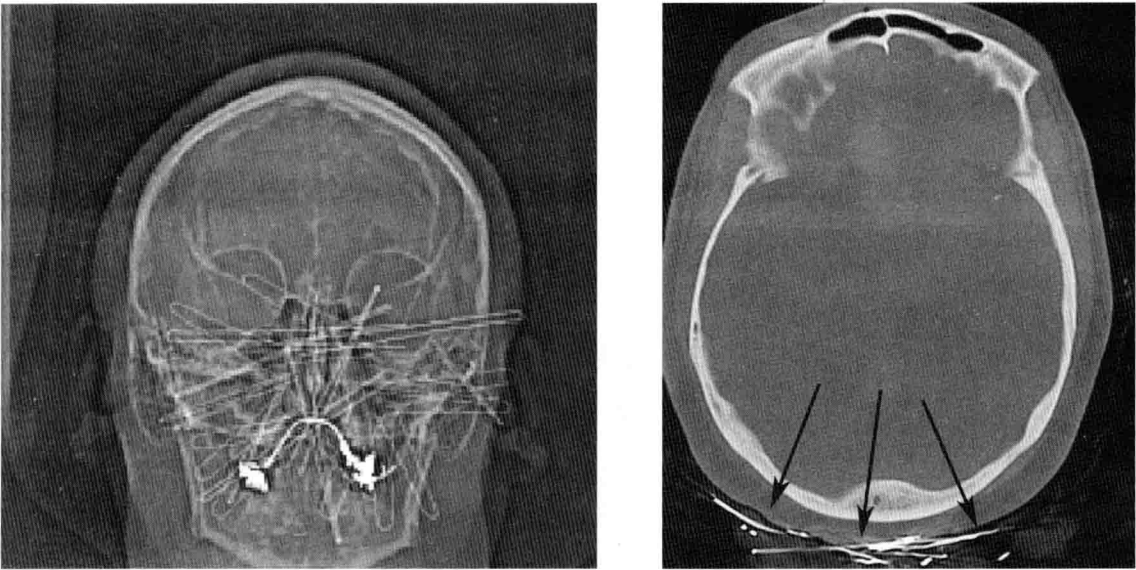


图1-3和图1-4 即使有足够的影像对比度,普通胶片的另一个明显的局限是不能显示深度。例如,这一幅头颅平片乍一看患者的头部满是金属针(图1-3)。这是因为X线影像是用二维图像显示三维物体,图像上的每一点反映的是位于X线源和胶片上与之对应点之间所有物体的衰减值总和。虽然在这幅图像中你能很清楚地看见许多金属针在颅骨中重叠,但你不能分辨出它们是在颅骨顶部、颅骨后面还是颅骨内(或许来源于可恶的设备因素)。患者的CT图像表明,幸运的是,这是患者颅骨外部的发夹(图1-4,箭头所示)。

因是因为其使用条件是X线束要足够宽,宽到一次覆盖人体所有解剖结构的程度。正是因为这个宽X线束的使用条件,胶片捕获的大量X线束从原始路径发生折射,这些散射线限制了相似组织间的对比。早期摄影者也发现了这个问题,在发明CT之前,许多学者提出了很多如何提高X线图像组织对比度的解决方案。最有效的方法是使用一个把X线球管和胶片盒连在一起的设备,这样利用一个固定的旋转支点,整个设备就可绕着患者前后左右地相对运动。但这种方法只在一定程度上是有效的,因为支点平面的上下附近的组织也不能照清楚(图1-5),这种技术被称作简单的X线体层摄影。在我还是住院医师时,为了更好地显示肾脏和颞颌关节,我们使用了这种技术,由于支点平面的组织是相对静止的焦点,这样图像的锐利度就明显优于传统X线摄影。

然而,CT比简单X线断层摄影具有诸多优势。这是因为CT不仅提高了组织对比度,而且

第一次实现了对患者进行横断面观察。在某种意义上,CT对组织对比的高灵敏度是在进行数据采集时使用非常窄的X线束过程中的意外发现(图1-6)。不像用于平片摄影的宽X线束,这种窄X线束明显降低了散射线。由于医师对传统X线图像更为熟悉,早期CT图像也像伦琴开始时的X线图像一样引人注目。

在高弗雷·豪斯费尔德(Godfrey Hounsfield)发表第1篇报道6年后,他被授予1979年的诺贝尔医学奖,以此正式认可CT为人类健康事业带来的福利。阿伦·考麦克(Allan Cormack)也一起分享了该奖项,用以表彰他在CT图像重建过程中的贡献。但并不是这项举世瞩目的大奖引起了人们对这项新成像设备的关注。在诺贝尔奖被授予时,全球范围内已经有超过1000台CT投入使用或已经预定。

高弗雷·豪斯费尔德发明CT时,他正受雇于一家专注于音乐及音乐硬件的英国EMI(电子音像公司)公司。虽然现在EMI更以其与埃维斯·普里斯利(Elvis Presley)和披头士乐队

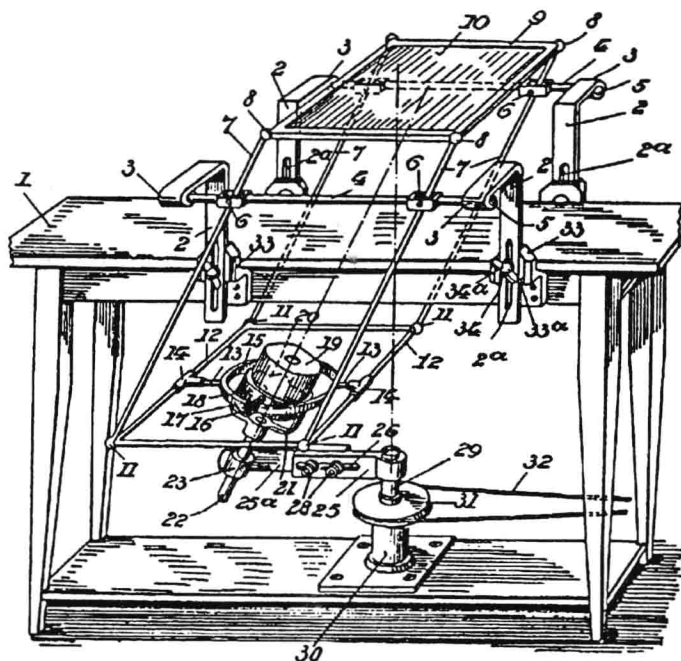


图1-5 此图展示了断层摄影设备的复杂机制。在这项设计中,X线球管在患者床下,而胶片在床上。底部的传送带驱动整个装置前后运动。(From AG Filler. The history, development and impact of computed imaging in neurological diagnosis and neurosurgery: CT, MRI, and DTI. Doi:10.103/npre.2009.3267.5)



图1-6 早期的脑部CT图像可以使操作者观察到一位伴有结节状硬化患者脑部中脑室脑脊液(CSF)的低衰减值和脑室壁钙化的高衰减值。

(the Beatles)的合作被熟知,但它那时只不过是一家有望培养未来明星的小唱片公司。EMI制造各种类型电子硬件,从唱片机到无线电发报机。正是对电子领域的广泛兴趣加上音乐公司提供的充足的资金支持,为豪斯费尔德提供了由音乐转向CT成像研究的机会。在他的实验室,他配置了一个用来测量单束 γ 射线穿过体模后射线衰减的设备和一个简单的探测器。当然, γ 射线会发生天然辐射,因此,在这个设备中只配置了一个有限放射性元素,而没有使用X线球管。

通过仔细测量 γ 射线穿过体模后的衰减量,然后围绕物体小角度旋转,重复这些步骤进行多次测量,豪斯费尔德指出,用外部测量数据可以重建出一个固体体模的内部结构。虽然现在CT已很普遍,但在当时这种看到不透明物体内部结构的能力就类似超人能够看穿坚固的墙壁的超能力。豪斯费尔德借助那个时代的计算机,用数学算法将装置收集到

的巨大数据转换成了图像(图1-7和图1-8)。

CT最初被认为是已有的X线体层摄影的改良,因此被称作计算机体层摄影,或更确切地说是计算机轴位体层摄影,又名CAT扫描。这个缩写通常会和宠物猫(非双关语)幽默地混在一起,最终缩写为CT。为了纪念豪斯费尔德的这项伟大成像工具,用他的名字命名了CT衰减值的单位“豪斯费尔德 unit”,缩写成“HU”。

从豪斯费尔德的早期试验阶段开始,他的这项设备的医学意义是显而易见的,EMI也支持他在这方面的研究。但这项设备要真正投入到临床诊断摄影的使用中还需改进,因为那时的计算机辅助原始数据重建要花很长的时间。要满足临床需求,快速数据重建是十分必要的。因此为了纪念阿伦·考麦克在加速CT数据重建方面的贡献,他也被共同授予了1979年的诺贝尔奖。

和其他的科技进步一样,考麦克的研究比CT的发明面世其实早很多年。在从南美开普顿以核物理学家的身份辞职后,考麦克在附近一家医院负责放射治疗的监督工作,这比豪斯费尔德的工作早20年。没有任何的医学背景,他对他的责任充满新鲜感并且对那时的治疗方案很是困惑。他先假设人体组成是均一的,显然这不是真的。他认为如果能够知道不同组织的特定X线衰减值,这对治疗和诊断都会大有裨益。考麦克最后在1963年发表了关于这个课题的文章,这比豪斯费尔德关于他设备的第1篇论文早了近10年。在考麦克的获奖演讲中,他解释说在他的论文刚发表后,受到很少关注,除了瑞士雪崩预测中心希望这项成果能够对他们的研究有价值,但是没有。

轴位与螺旋CT成像

虽然早期CT扫描在那个时代引人瞩目,但他们采集数据的“平移-旋转”法的确很慢。

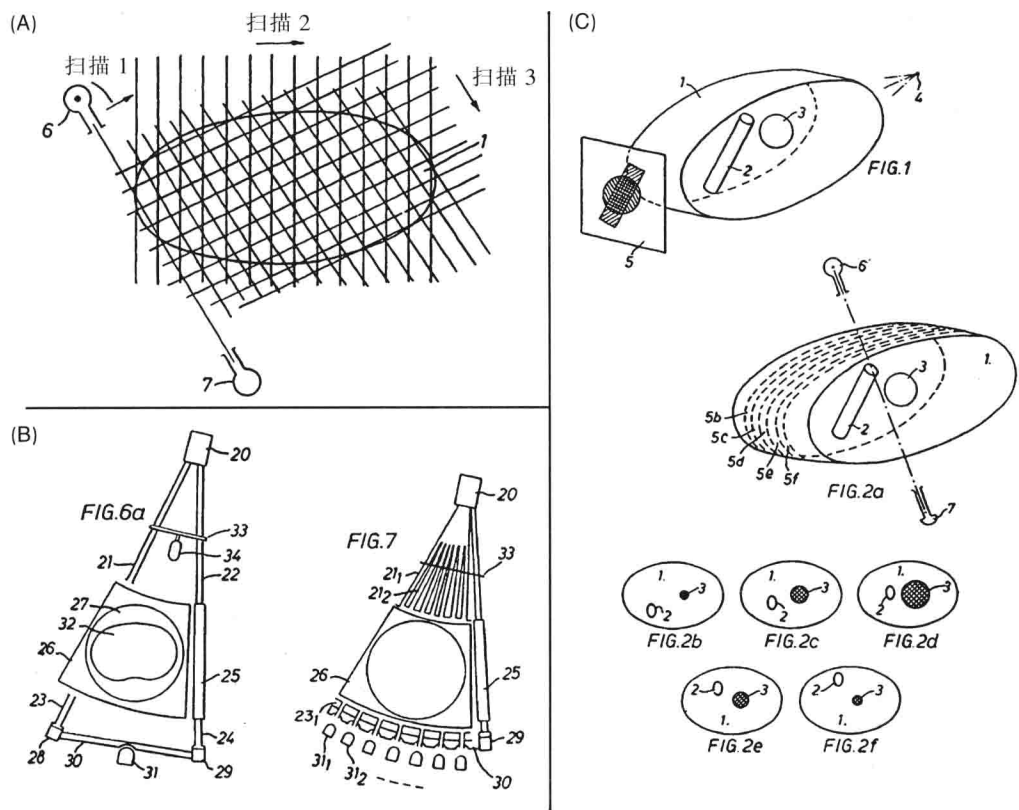


图1-7 豪斯费尔德的专利包括一个数据线性图示(A),这是通过平移-旋转法采集到的,图示只有三个不同的角度。(From AG Filler. The history, development and impact of computed imaging in neurological diagnosis and neurosurgery: CT, MRI, and DTI. Doi:10.103/npre.2009.3267.5)

例如,80×80矩阵采集脑部2个厚层(大于10mm)大约需要耗时5min。虽然在那个时代这项技术很出色,但是操作者认为除了脑部成像,对其他部位的成像也不够充分。

即使有这些局限性,早期的EMI CT扫描仪是很贵的,在1978年大约需要\$300 000,这吸引了世界许多制造商的注意。企图在新的利益市场建立立足点参与他们之间的竞争。由于这种协力合作,制造商提供了更快、更好的部件,CT扫描时间也迅速缩短,因此,EMI CT很快就被淘汰了。

这种第一代扫描仪很快被宽X线和宽排探测器的第二代CT机淘汰。不久以后,第二代扫描仪被第三代超越了,第三代扫描仪消除

了横向平移运动。现在的扇形X线束配合弧形探测器(图1-9)可围绕患者不停地旋转扫描。这种设计能够协调大功率X线球管,不仅是轴位扫描,也包括螺旋成像以及宽排探测器阵列,因此在现行扫描仪中它依然保持着优势。由于这些部件能够一起旋转,因此很好地保持了宽探测器阵列和大功率X线球管的匹配旋转。

早期的CT部件,唯一可用的成像技术就是轴位扫描和逐层扫描。在患者进入到一个扫描层面的位置时,旋转1周可以将1个层面的数据信息采集完整,因此后期能够更好地抓住轴位扫描模式成像。虽然轴位扫描在特定条件下有一定优势并且仍然可以应用于

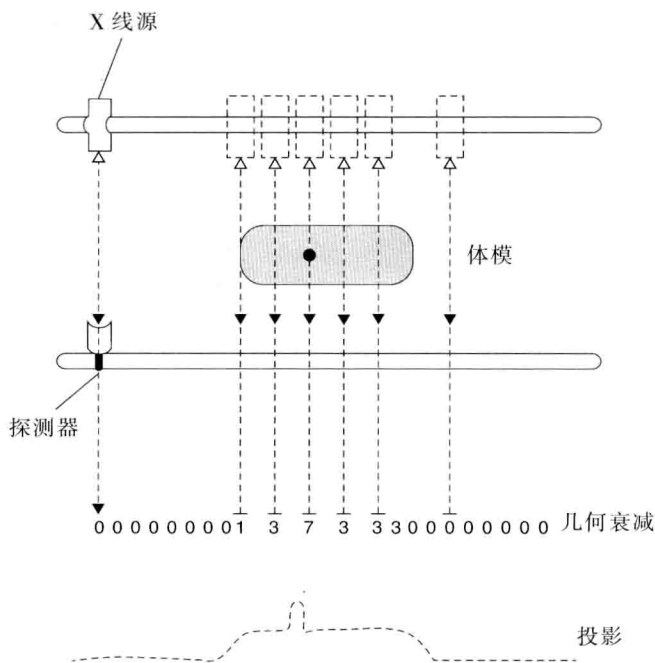


图1-8 这个图说明了接通电极后 γ 射线穿过包着铝棒的水模的过程。在CT术语中,这种运动被称作“平移”。每一束射线穿过该物体后,整个装置就会自动旋转 1° ,然后继续采集其他的投影。因此,第一代CT扫描仪的这种运动被称作“平移-旋转”。横线下面的数字表示被探测器采集到的衰减值,这能够用以图像重建。正如横线下面的投影值,这些信息可以用图标表示。第一代CT图像重建采用几何重建法,但是后来所有的CT重建采用投影重建技术,被称作反投影法,或者更特别的叫作滤波反投影法,因为后来证明这种方法比那个时代计算机的单纯几何重建要快很多。

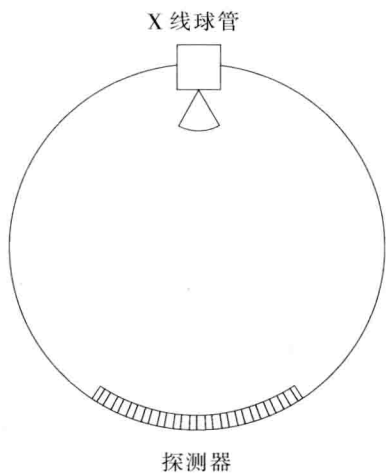


图1-9 第三代CT扫描仪中球管和探测器的组装方式。不像平移-旋转法,在这种设计中,球管和探测器围绕患者做环形旋转。早期的这种设计使用单排探测器,而现行的CT扫描仪也使用了相同的设计,除了又合并使用了每排有几百个独立探测器的多排探测器。

扫描仪,但是它比螺旋扫描花费时间更长,因为患者是逐层移动,与实际扫描时间相比浪费许多时间。

早期的扫描仪只有单排探测器,当降低一半层厚扫描时却需要2倍的扫描时间。这是因为扫描了相同的解剖结构却采用了更薄的层面,如同迈着更小的步子走相同的路程。单层轴位扫描还有其他的局限性,并且很多来源于过长的扫描时间。例如,如果在逐层扫描过程中患者移动,在图像重建中层与层之间会出现失真偏移或阶梯状伪影(图1-10)。

在轴位CT扫描中,患者移动是很讨厌和麻烦的,这也是困扰了CT扫描人员10年多的问题,因此在1990年螺旋CT扫描技术被引进时就备受瞩目。现在患者移动是CT扫描的需要。这一CT成像的创新方法归功于维利·科琳达(Willi Kalender),“spiral”和后来的“helical”术语用以描述患者移动时旋转X线束的扫描路径(图1-11)。

螺旋成像最初受限于扫描仪硬件,一次

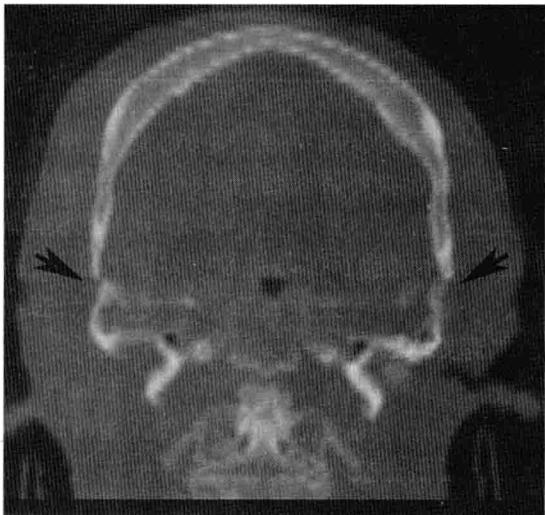


图1-10 颅骨的不规则形状(箭头所示)是由于在轴位扫描期间患者移动造成的。

扫描中只能覆盖解剖结构的一部分,因为连接X线球管和扫描架的导线会被缠绕。终于,CT硬件得以改善,进一步凸显了螺旋扫描的优势,使扫描架的连续旋转成为可能,CT扫描时间也迅速降低。通过使用滑环装置连接球管和探测器以分别接通电源和数据资料,这就实现了扫描架的连续旋转。这不是一项只适用于CT的发明,滑环装置在坦克炮台和家庭电视天线中已经得到普遍使用

(图1-12和图1-13)。

当我们使用CT轴位扫描模式时,每一层的数据进行图像重建时均作为独立的信息。在螺旋模式中,由于X线束相对移动患者的扫描有一个倾斜度,每1个轴位层面的重建必须使用不止一个层面的数据。这种轴位层面或者是其他层面的衰减值,都能够利用螺旋扫描期间测得的数据进行估计。这个过程用已知组织的衰减值估计周围组织,但仅仅是邻近组织的数据,叫作内插。这和房子未进入市场买卖之前估价的方法很像。为了使估价更加可靠,估价者事实上不会简单地把房屋各部分的价值加起来来决定它的市场价值。评估的卖价几乎都是基于具有可比性的邻近房子的当下售价。例如,如果在过去一年里你周边房子都有交易价格,你房子估价的可靠性会高于你在缅因州偏远周边所卖的自建的10房豪宅,因为在那最近的可比较的房子在很远的镇上。同样的原理也适用于螺旋成像。邻近的螺旋线圈在一起,它们的估计值会更精确,以内插值替代的衰减值出现在组织中而没有直接出现在扫描轨迹。这就解释了为什么使用小螺距会得到更好的分辨力,因为小螺距允许在短距离内使用内插。万一螺距值小于曾使用值,螺旋扫描重叠允许扫描仪不止一次测量一些组织的衰减值,这会

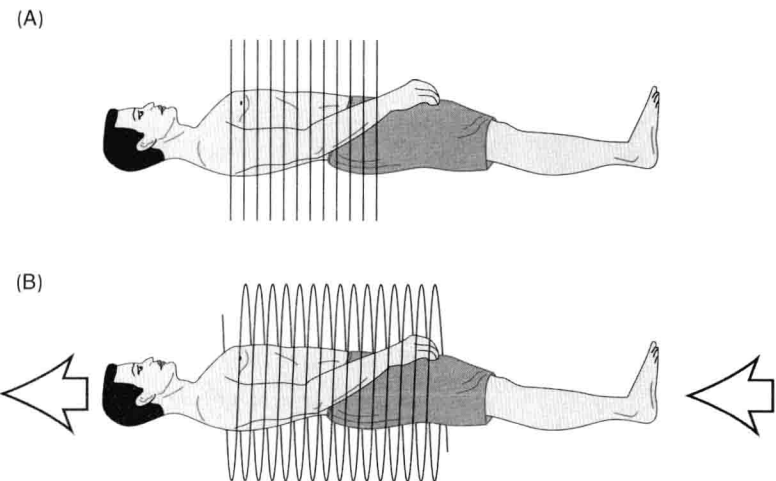


图1-11 轴位扫描时(A),CT扫描架在垂直患者的平面上仅仅旋转一次。螺旋扫描时(B),扫描架也是一样的旋转,不过在患者床架移向扫描架中心时扫描架持续旋转。这两种同时发生的运动的结合(也就是球管持续旋转和患者前移)导致X线束在穿过患者时是倾斜的。这种X线轨迹可以被描述为“helical”,因为“helical”也隐含直径持续改变,故术语“spiral”被“helical”替代。

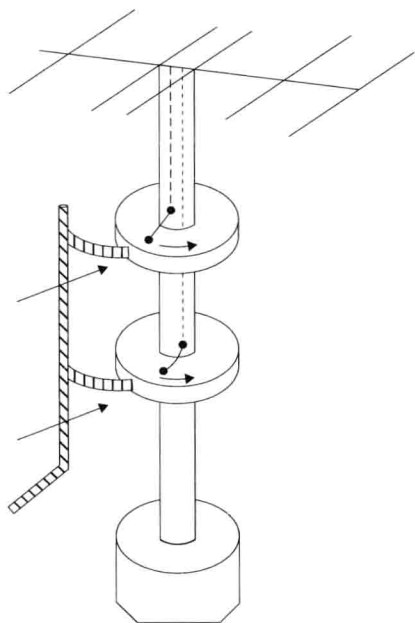


图1-12 现在很多人难以相信,但是有一段时间TV信号是被固定在房顶的固定天线自由接收的。当然TV图像的质量与信号接收强度有关,也就意味着对于远离发射源的农村家庭,好的TV信号需要敏感的天线。为了使天线的方向最优,需要在天线旋转时观看图像。最好的办法是站在客厅里的电视机旁调整天线方向,可以一边旋转天线一边观看电视图像。通过在天线轴连接滑环(箭头所示),天线可以直接旋转而不用担心需要爬上房顶打开天线变形器。在佛蒙特州冬天寒冷的夜晚这将会非常舒适。

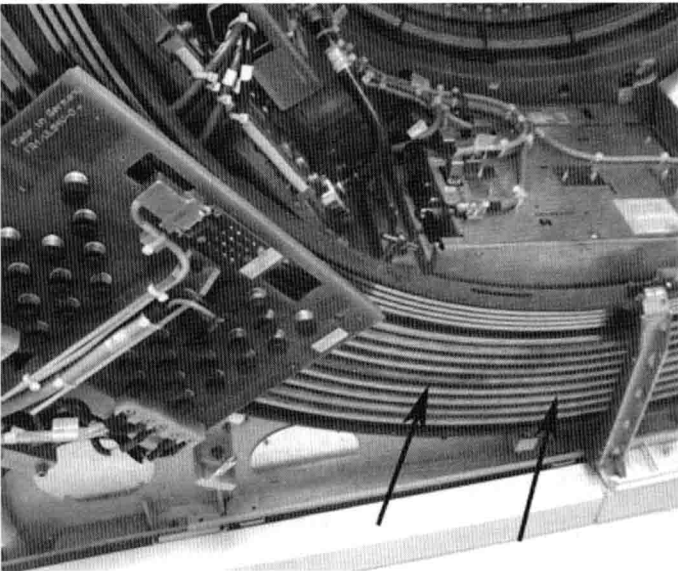


图1-13 CT扫描仪的滑环(箭头所示)。接触部分固定在大的、运行在传导性金属轨道的金属板上,在整个机架自由旋转时滑环提供电力和传送数据。

减少误差,但这是以时间和患者受辐射的剂量为代价的。

多排探测器CT: 射线校准与探测器校准的比较

现代CT扫描带给我们最大的进步是在螺旋扫描中增加了探测器的排数。众所周知,第一代EMI CT扫描仪当时在一次扫描中也获得1层以上的图像,尽管基本原理在不同代CT有所改变,但多排探测器并不是CT的新概念。这些早期的平移-旋转扫描仪,一次围绕患者的旋转扫描需要5min,因此两个探测器的使用可大大地减少总扫描时间。然而在第二和第三代CT的设计中,为了节约成本和降低重建复杂性弃用了第二排探测器。

EMI扫描仪出现后20年,艾尔森(Elscent)再次引入多排探测器,但在当时其原理是为了降低螺旋扫描中的球管发热问题。后来随着滑环扫描仪的到来,在进行大范围螺旋扫描时,因为持续的扫描导致X线球管过热,许多医院都经历过机械自动关闭。一旦发生,需要扫描强制中断为球管冷却提供时间。这常