

CT

主编 王鸣鹏

检查技术学

CT
Jiancha
Jishuxue

CT 检查技术学

主编 王鸣鹏

编写人员

(按姓氏笔画为序)

王鸣鹏	上海华东医院
王敏杰	第二军医大学附属长海医院
吴威岚	上海华东医院
何 沙	北京阜外医院
张绍斌	上海第二医科大学附属瑞金医院
林晓珠	上海第二医科大学附属瑞金医院
胡 非	上海华东医院
钱 滨	复旦大学附属儿科医院
高振龙	中国医科大学附属第一医院
曹永胜	西门子公司中国医疗部

復旦大學出版社

图书在版编目(CIP)数据

CT 检查技术学/王鸣鹏主编. —上海:复旦大学出版社,2004.7
ISBN 7-309-03936-X

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 024366 号

CT 检查技术学

王鸣鹏 主编

出版发行 **复旦大学出版社**

上海市国权路 579 号 邮编 200433

86-21-65118853(发行部) 86-21-65109143(邮购)

fupnet@fudanpress.com <http://www.fudanpress.com>

责任编辑 贺琦

装帧设计 马晓霞

总编辑 高若海

出品人 贺圣遂

印刷 上海华业装潢印刷厂

开本 787 × 1092 1/16

印张 29.25 插页 6

字数 711 千

版次 2004 年 7 月第一版第一次印刷

印数 1—2 000

书号 ISBN 7-309-03936-X/R · 838

定价 68.00 元

如有印装质量问题, 请向复旦大学出版社发行部调换。

版权所有 侵权必究

内 容 提 要

本书分为基础篇、临床篇两部分,内容以基础理论和临床应用并重,书末附有英汉 CT 技术专业词汇。

基础篇着重讲述 CT 的基本原理和与 CT 基本概念有关的名词解释、重要硬件的基本原理等。内容包括 CT 发明和发展的历史、计算机和数字图像的基础、CT 机的基本结构、各代 CT 机的特点、现代 CT 机的进展(包括 16 层 CT 的扫描和成像原理)和容积扫描、CT 机的主要技术性能指标、CT 的成像原理、CT 图像的重建方法、CT 三维图像重组的基本原理、CT 图像的质量、CT 扫描质量控制的方法等。基础篇的内容基本涵盖了目前 CT 知识领域的全部内容,具有相当的深度和广度,并对一些难以理解的内容和复杂的理论问题,尽可能用浅显、通俗的语言加以叙述,以达到深入浅出的目的。

临床篇的篇幅大体和基础篇相等,基本内容包括 CT 扫描检查基础知识、常规 CT 各部位扫描技术、单层和多层螺旋扫描检查技术、三维成像方法的原理和临床应用、CT 图像的阅读和分析基础等。临床篇着重于实用性,常规 CT 检查方法中基本包括了常用的和少见的检查部位,并适当地配图以及加入标准层面的解剖线图和照片,使本书更具实用性。CT 三维图像重组是最近几年发展起来的,本书特辟一章,全面叙述三维成像的临床应用,着重讲解三维成像图像处理方法,临床应用的范例和临床应用的价值。质量控制基本从方法学入手,使读者便于掌握,并具有使用参考价值。

临床篇的最后部分提供了一些常见疾病的诊断要点,目的是为更好实施 CT 的检查打下一些基础,适应形势发展的需要,并为一些有经验的技术员业务素质的提高提供有价值的学习参考资料。

本书除可供临床应用参考以外,也适合各类院校做教材使用。

前 言

CT 近几年发展很快,尤其是多层 CT 出现以后,至本书定稿时已有 64 层的 CT 问世。应该说 CT 发展 30 多年,不管其基本原理还是临床应用都已成熟,编写一本有关 CT 应用技术方面的专著也已势在必行。纵观市场上现有的有关 CT 应用技术方面的书籍,抑或是浅尝辄止,抑或是兼收并蓄,尚缺少一本较为全面、深入且实用的 CT 应用技术方面的专著,故本书仅打算在这方面作一种尝试。

本书在编写过程中,得到了各方诸多人士的帮助和支持,他们是华东医院 CT 室的张国桢教授,对于本书的编写和出版自始至终给予的关心和帮助;交通大学的庄天戈教授,对本书基础篇作了仔细审阅并提出宝贵意见;中山医院的周康荣教授,为本书的出版热情联系;中华影像技术学会主任委员燕树林主任对本书撰写、出版的策划和鼓励;科内同事蒋亦兵、杨厚培、叶军、祝淑芳、金秀、沈纲、李骋等在编写工作和收集资料等方面的支持和理解;西门子公司曹永胜、刘彦、余准等提供大量新技术资料和有益的建议以及对本书出版工作的支持,在此对于上述人士,以及曾经帮助于我而未能提及的人士,一并表示衷心的感谢。

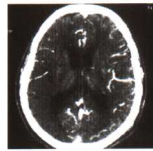
由于本人的经验有限,收集资料也不够全面,书中肯定还有许多不足与错误之处,恭请各位读者多多提出批评,以便再版时改进。

王一鸣

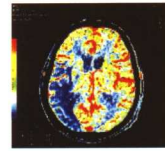
2004 年 3 月于上海



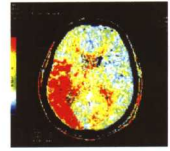
插图1 容积三维成像 (VRT)



A. 发病5小时，右侧顶叶局部强化较少



B. 灌注CT显示右侧顶叶局部大片脑血流(CBF)减低区



C. 右侧顶叶局部平均通过时间(MTT)延长

插图2 颅脑CT和灌注图像

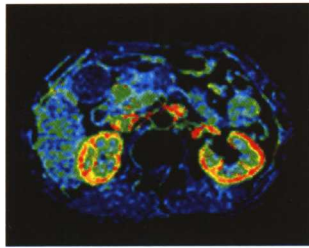
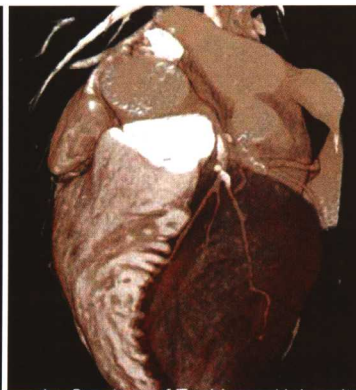


插图3 体部CT灌注



A. 黑白图



B. 伪彩图

插图4 心脏CT三维成像

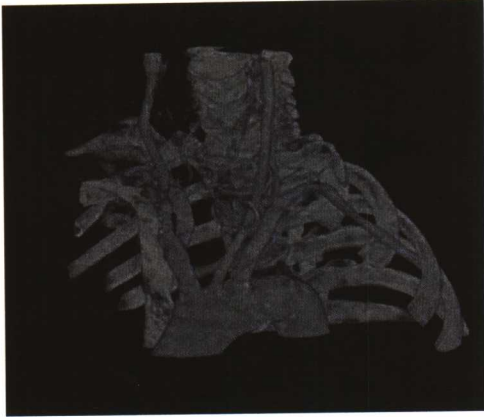
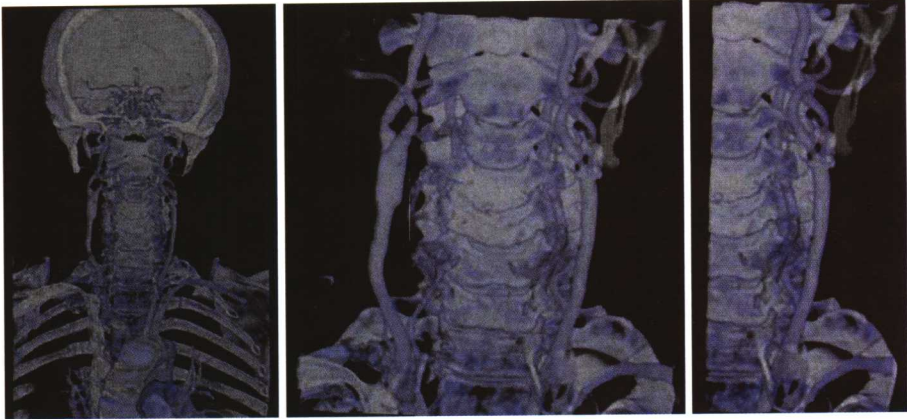


插图5 头颈部CTA显示正常颈部血管



A. 显示全部颈部血管

B. 颈部血管局部放大

C. 左侧颈部血管放大

插图6 头、颈部CT血管造影，显示颈部血管以及头、颈部的骨性解剖结构

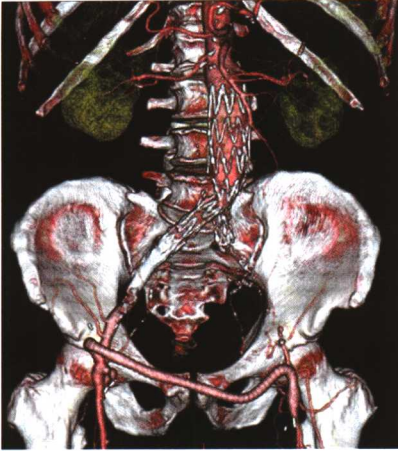
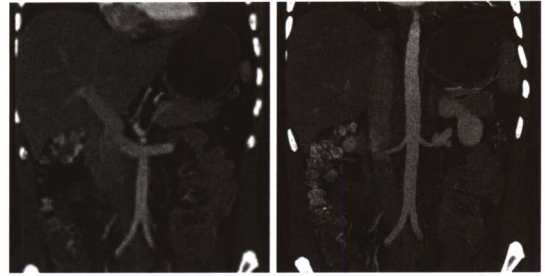
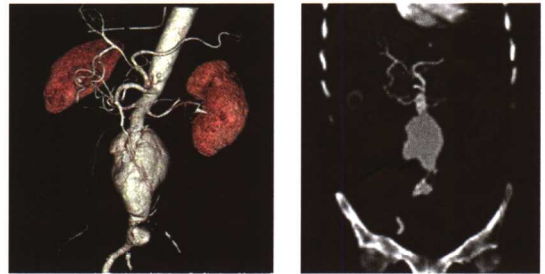


插图 7
腹部 CTA，显示腹主动脉及支架

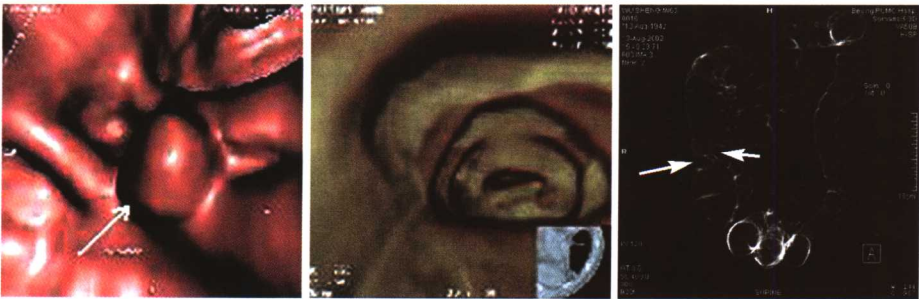


A. 腹部冠状面 MPR，显示大部肝脏和部分血管
B. 腹部冠状面 MPR，显示主要血管



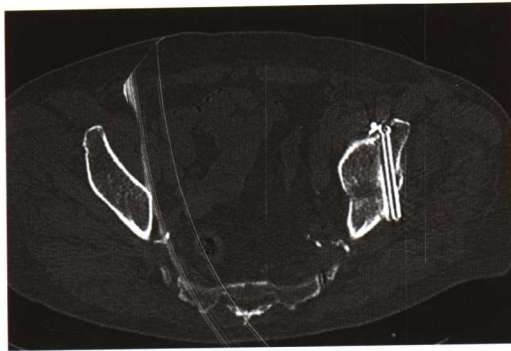
C. 腹主动脉瘤的 VRT 图像
D. 腹主动脉瘤的 MPVR 图像

插图 8 腹腔 MPR、MPVR 和 SSD

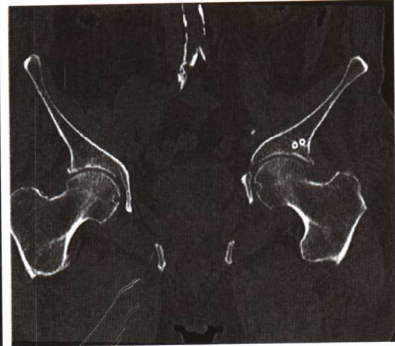


A. 结肠息肉（箭头所示）
B. 结肠狭窄
C. 升结肠癌（箭头所示）

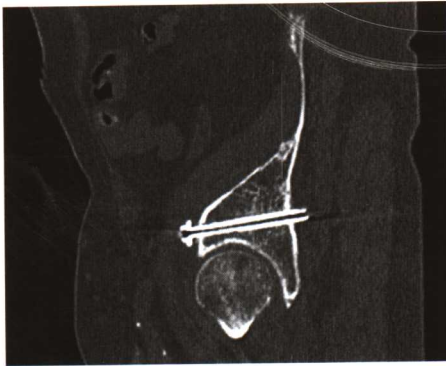
插图 9 CT 仿真结肠镜和透视法结肠成像



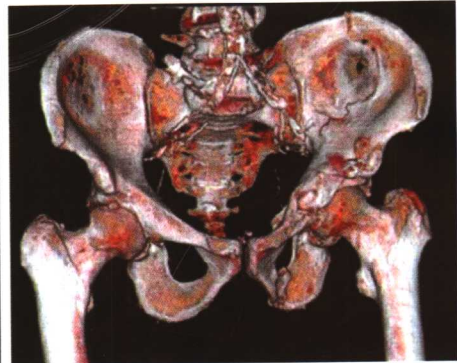
A. 常规横断面



B. 冠状面 MPR



C. 矢状面 MPR



D. 全骨盆 SSD 成像

插图 10 骨盆 CT 扫描横断面、MPR 和 SSD



A. 冠状面 MPR



B. 矢状面 MPR



C. 膝关节 SSD 成像

插图 11 膝关节 CT 扫描 MPR 和 SSD

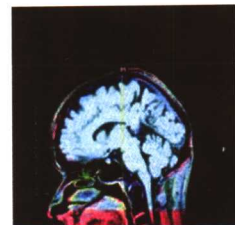


插图 12

MRI 与核医学图像融合

目 录

基 础 篇

1	CT 成像技术概论	3
2	CT 计算机应用基础	16
3	CT 机的基本结构和性能	30
4	CT 机的技术性能指标及安装使用	53
5	单层螺旋 CT 扫描机	66
6	4 层螺旋 CT 扫描机	77
7	16 层螺旋 CT 扫描机	91
8	超高速 CT 以及移动式 CT	99
9	CT 透视和亚秒扫描	108
10	CT 的成像原理和图像重建	114
11	CT 三维成像基础	131
12	CT 的成像质量和影响因素	159
13	CT 扫描的影像质量控制	176
14	CT 的照相机及胶片	193

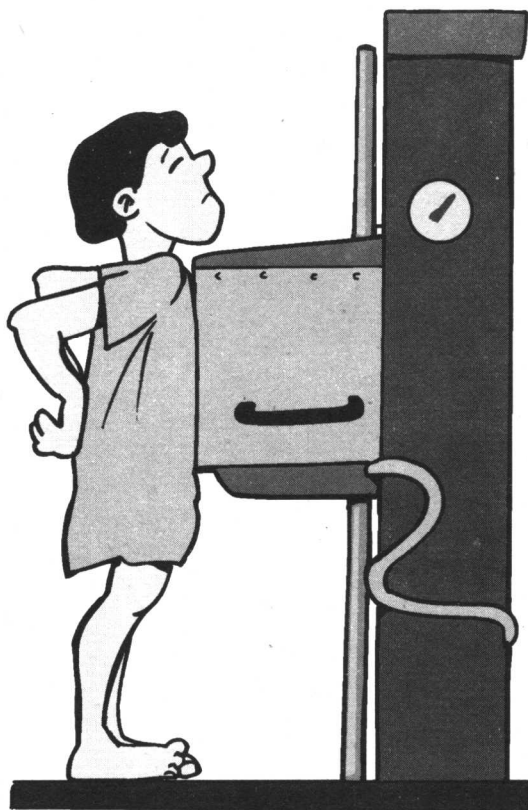
临 床 篇

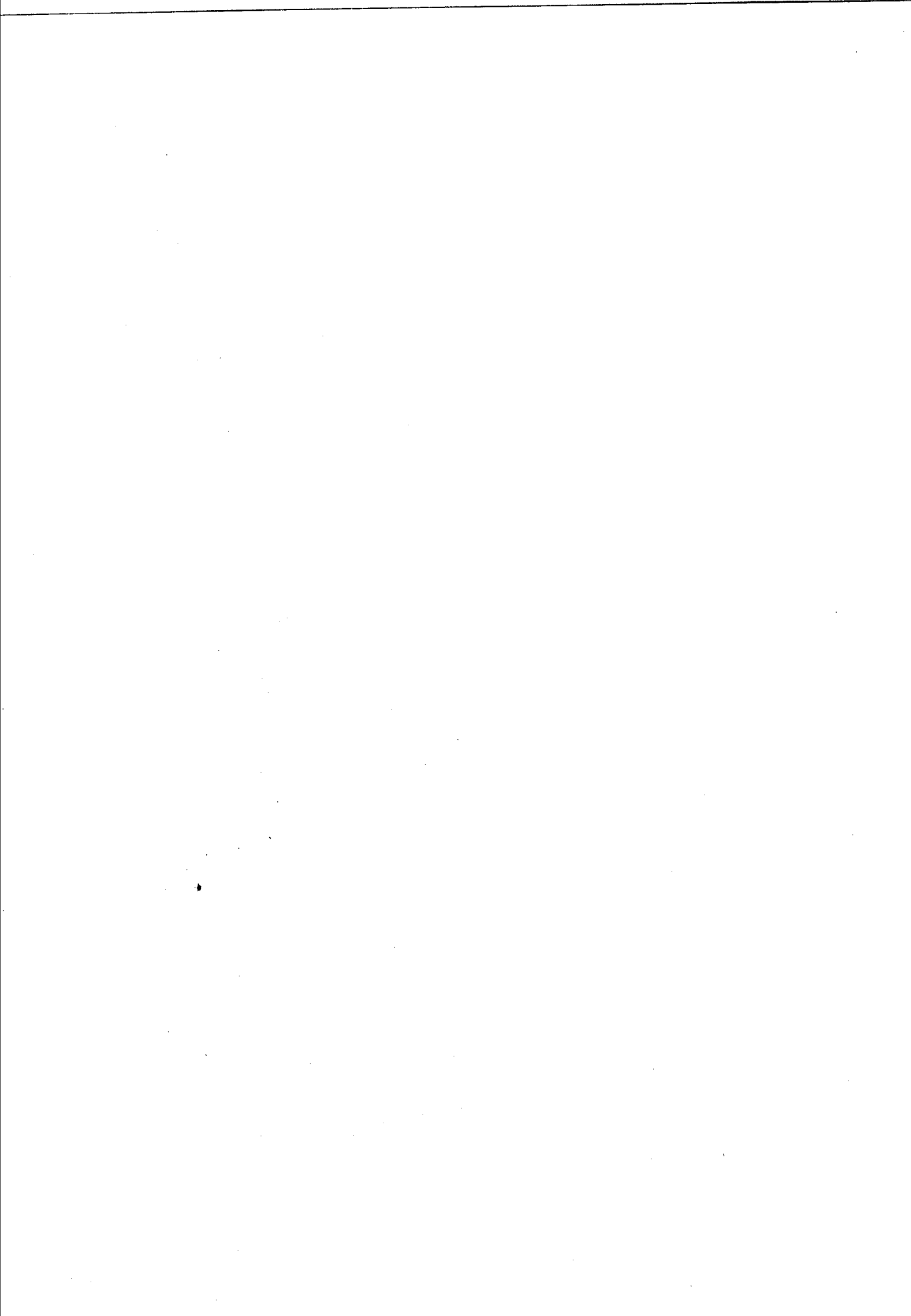
15	CT 扫描检查技术基础	211
16	颅脑、五官及颈部的扫描技术	233
17	胸部、腹部扫描技术	267
18	脊椎及四肢的扫描技术	304

2 目 录

19	单层螺旋 CT 扫描检查技术	313
20	4 层螺旋 CT 扫描检查技术	325
21	三维成像及图像后处理的临床应用	353
22	CT 图像的阅读和分析基础	375
23	颅脑、五官和喉颈部常见疾病的诊断要点	385
24	胸部常见疾病的诊断要点	407
25	腹部和盆腔疾病的诊断要点	422
26	脊椎、四肢和软组织疾病的诊断要点	445
	参考文献	452
	附录 英汉 CT 技术专业词汇	455

基 础 篇





1

CT 成像技术概论

1.1 CT 的发明和应用

1.1.1 CT 的发明和诞生

1.1.2 CT 发展各个时期的重要人物

1.1.3 CT 30 年的发展和各代 CT 机的特点

1.1.4 CT 的应用

1.1.5 CT 的优点和局限性

1.2 CT 机基本工作概况

1.2.1 CT 数据的采集

1.2.2 图像的重建

1.2.3 图像的显示、存储和传输

近一个世纪以来,医学影像领域发生了巨大的变化,尤其表现在诊断方法和设备制造方面。而 CT 的发明,则是继伦琴(Wilhelm Conrad Roentgen)1895 年发现 X 线以来医学 X 线诊断方面最重要的突破,被称为 20 世纪医学影像领域最伟大的发明之一。

1.1 CT 的发明和应用

CT 是计算机断层摄影术(computed tomography, CT)的简称,其英文名称还有 computerized tomography。另外,在 CT 的发展过程中还曾经被称为:计算机辅助断层摄影(computer aided tomography, CAT),计算机横断面层摄影(computerized transverse tomography, CTT),计算机横断面轴向体层摄影(computerized transverse axial tomography, CTAT)等。

1.1.1 CT 的发明和诞生

对 CT 的研究可追溯到 1967 年。那时,CT 的发明人亨斯菲尔德(Godfrey Newbold Hounsfield)在英国 EMI 公司实验研究中心从事计算机和重建技术研究工作。在研究模式识别技术时亨斯菲尔德认识到,如果 X 线从各个方向通过一个物体,并且对所有这些衰减的 X 线作测量,那么就有可能得到这个物体内部的信息。并且,该信息可用图像的形式提供给放射诊断医生。

最初的图像重建是在实验室里做的。在图像的重建中亨斯菲尔德发现了一些问题,就是透过被扫描物体的 X 线束各个部分形成了数学上的联立方程式。经多次研究实验后,采用了一个合适的数学模型使计算机程序化,结果重建出了第 1 幅完整的图像。

由于实验的成功并且在英国卫生部门的支持下,一台采用伽马射线的实验设备诞生了。

当时,由于实验设备的射线输出量太低,重建一幅图像花了9天时间,计算机读取这幅图像花了2.5h。后来改用X线,结果大为改观,精确度提高,但处理这幅图像也花了1天的时间。

1971年9月,第1台CT扫描机安装于Atkinson-Morley医院,在安普鲁斯(Ambrose)医生的指导下做临床实验。每一幅图像的处理时间减少到20min左右。后来,借助微处理器使一幅图像的处理时间减少到4.5min,CT的临床实验获得了成功。

1972年4月,亨斯菲尔德和安普鲁斯一起,在英国放射学研究院年会上宣读了关于CT的第1篇论文。同年11月,在芝加哥的北美放射年会(RSNA)上也宣读了他们的论文,向全世界宣布CT的诞生。

1974年,美国George Town医学中心的工程师莱德雷(Ledley)设计出了全身CT扫描机,使CT不仅可用于颅脑,而且还可用于全身各个部位的影像学检查。

1.1.2 CT发展各个时期的重要人物

CT从发明至今的30多年进程中,众多的科学家、学者和工程师等为CT的发展作出了贡献,其中,重要的人物有亨斯菲尔德等。

(1) 亨斯菲尔德(Godfrey Newbold Hounsfield)

亨斯菲尔德1919年出生于英国的诺丁汉。早年,就读于电子学和电子机械工程。1951年,亨斯菲尔德进入EMI公司,先从事雷达方面的工作,后转入计算机技术的研究工作,他早期计算机的研究成果是EMIDEC 1100商用计算机。1967年,他开始从事计算机模式识别和识别技术。在这项工作的基础上,通过研究他发现X线从各个方向通过一个物体,并且对所有这些衰减的X线作测量,就能得到这个物体内部的信息,并且,该信息可用三维图像的形式供放射诊断医生诊断疾病使用。在英国卫生部门的支持下,他建立了一台专用的实验设备,该设备采用钨作为放射源,并安装了晶体探测器。由于伽马射线的输出量太低,扫描一个物体需要9天,计算机重建28000个测量数据的图像也需要2.5h,后来,在改用X线源后,扫描和重建图像时间缩短到一天。为了检验这台设备的使用性能,英国Atkinson-Morley医院的放射学顾问安普鲁斯医生加入了这项研究。亨斯菲尔德和安普鲁斯一起,将一个人脑的标本做了扫描,结果发现,该图像能够明确区分人脑的肿瘤组织和脑的灰、白质。对照实验采用了新鲜的小牛脑,结果清楚地显示了脑室和松果体。另外还做了猪肾脏的横断面扫描实验。1971年9月,第1台CT扫描机安装于Atkinson-Morley医院,在安普鲁斯医生的指导下做临床实验。每一幅图像的处理时间减少到20min左右。后来,借助微处理器使一幅图像的处理时间减少到4.5min,CT的临床实验获得了成功。1972年,这台设备接受了第1个检查病人,该病人被怀疑脑部有肿瘤,检查结果显示该病人患的是脑囊肿。此后,陆续做了多个临床实验,证明CT扫描检查能够明确区分正常和异常的组织。由于他们的成就,亨斯菲尔德于1972年获得了与工程学诺贝尔奖齐名的McRobert奖。1979年亨斯菲尔德和在塔夫茨大学从事CT图像重建研究工作的考迈克(Allan Macleod Cormack)教授一起,获得了诺贝尔医学生理学奖。

(2) 考迈克(Allan Macleod Cormack)

考迈克教授1924年出生于南非的Johannesburg。早年在开普顿大学任教,其间曾在剑桥大学研究核物理。后来,考迈克教授移居美国,在哈佛大学做过短期的研究工作,以后转

到塔夫茨大学物理系。考迈克教授部分解决了 CT 图像重建方面的数学问题。

(3) 莱德雷 (Robert Ledley)

莱德雷于 1948 年在纽约大学获口腔外科博士学位,1949 年获得哥伦比亚大学理论物理硕士学位。在医疗仪器方面,他拥有超过 60 项的专利,并且著述丰富。由于发明了全身 CT 扫描仪,1990 年,被美国发明者肖像馆列入发明者行列。1997 年,获得了由美国总统颁发的“科学技术杰出贡献”技术奖。目前,他是 Georgetown 大学医学中心国家生物医学研究基金会的主任。

(4) 克莱恩德 (Willi Kalender)

克莱恩德博士是德国人,1979 年在美国威斯康星大学获医学物理博士学位。1979 ~ 1995 年在德国西门子公司医疗部研究实验室工作,1988 ~ 1995 年任医疗部主任。1991 年开始出任美国威斯康星大学助教,1993 ~ 1995 年在德国慕尼黑大学任讲师。1995 年提升为教授,并出任德国纽伦堡大学医学物理学院院长。他主要的研究领域是医学影像诊断,尤其是容积扫描方法的研究,其他还有骨密度扫描、心肺疾病和射线防护。1988 年开始他和来自瑞典的 Peter Vock 教授一起,致力于螺旋 CT 方面的研究工作。至今为止,他已发表论文和论文摘要近 300 篇,其中最著名的是 1989 年在北美放射年会上发表的《螺旋 CT 扫描的临床应用》,后经修改发表于 1990 年 7 月的《美国放射学杂志》上。他的最大贡献是促进了 CT 扫描技术的发展,提出了容积扫描理论并应用于实践,使 CT 机的发展又上了一个台阶。

1.1.3 CT 30 年的发展和各代 CT 机的特点

CT 由于有其他常规 X 线设备所无法比拟的优点,问世以后发展迅速,其在世界上发达国家以及我国都已相当普及。CT 从发明至今 30 多年的发展进程,大致可分为两个阶段:第 1 阶段是 CT 的初创和成熟时期,这个时期大约维持 18 年。在这个阶段内,CT 机迅速由只局限于头部的扫描,发展到可应用于人体的各个部位,并且 CT 的设备制造技术也不断发展。早期的 CT 机探测器只有数个,计算机处理图像的速度也较慢,整个扫描过程要花相当长的时间(图 1-1)。以后,CT 机逐步发展到第 3 代、第 4 代,探测器增加到数百个,甚至到第 4 代的 1 000 多个,最短的扫描时间也缩短到了 1 s,扫描和成像速度大大加快,图像的质量也不断提高(图 1-2)。在临床应用方面,随着经验的积累,也逐步确立了大量疾病的 CT 诊断方法和标准。最先确立的是神经系统的 CT 诊断价值,使一些过去需依赖常规 X 线气脑和脑血管造影的病人,免除了这些检查之苦。其他如胸部也不只局限于 X 线平片和体层检查,支气管造影等一些较为痛苦的检查方法也逐步弃而不用。腹部方面更是由于 CT 的介入,大大扩展了放射诊断的视野。第 2 阶段是与近 10 余年计算机技术的飞速发展和 CT 制造技术的发展分不开的。堪称为 CT 发展里程碑的技术进步是螺旋 CT 扫描技术的出现,由于改变了以往 CT 的扫描方式,使 CT 扫描数据采集的完整性和扫描速度方面大大地前进了一步。它摒弃了传统的扫描模式,使高压电缆从机架中解放了出来;另外,适应螺旋式扫描的图像重建算法也获得成功,促使了 CT 扫描方式革命性的成功。最近几年,在原来单层螺旋扫描的基础上,又出现了多层螺旋扫描。多层螺旋扫描的扫描速度更快,可做以前 CT 检查的盲区——心脏,图像质量也进一步提高。依靠计算机技术,CT 制造厂家还开发了众多的应用软件,大大扩展了 CT 的临床应用范围和方便了操作使用。另外,在螺旋 CT 扫描出现之前,CT 制造商还推出了电子束扫描 CT (electric beam CT, EBCT),该 CT 机采用不同于

6 基础篇

非螺旋 CT 的硬件结构,发出的 X 线束由偏转线圈偏转,然后发射到阳极靶面,一次扫描能得到 8 层图像,扫描时间最短可达 0.25 s,可用于心脏成像。在临床实验研究方面,人们开发的最小的 CT 机能扫描小鼠甚至更小的动物(图 1-3,14)。总之,现代的 CT 机不仅硬件方面有了很大的发展,其他很多方面诸如应用软件也有很大的进步,使 CT 的临床应用有了更广阔的范围。

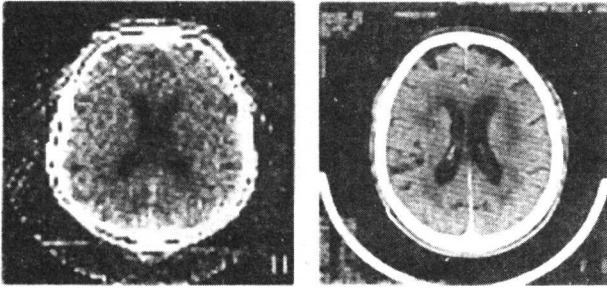


图 1-1 左图是 CT 发明初期的颅脑 CT 图像,右图是现在的颅脑 CT 图像

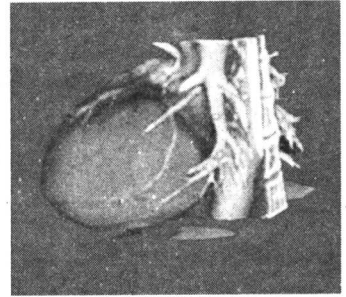
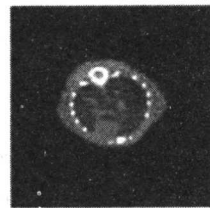


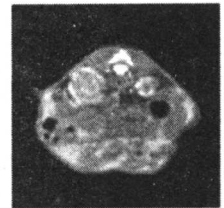
图 1-2 多层螺旋 CT 的心脏三维图像



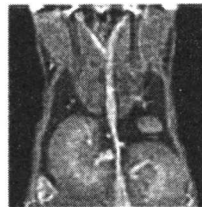
图 1-3 主要用于实验室研究的微型 CT 扫描仪



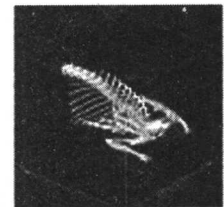
小鼠心、肺



肾脏



腹部冠状面



三维图像

图 1-4 应用微型 CT 扫描仪扫描小鼠

20 世纪 70 年代 CT 机问世以来,根据其发展的时序和构造性能,大致可分成 5 代,而发展到螺旋扫描方式的 CT 机则一般不再以“代”称呼,现将各代 CT 机的主要特点叙述如下。

(1) 第 1 代 CT 扫描机

第 1 代 CT 机为旋转-平移扫描方式,多属头颅专用机(图 1-5)。X 线管是油冷固定阳极,扫描 X 线束为笔形束,探测器一般是 2~3 个。扫描时,X 线管和探测器环绕病人作旋转和同步直线平移运动,X 线管每次旋转 1° ,同时沿旋转反方向作直线运动扫描。下一次扫描,再旋转 1° 并重复前述扫描动作,直至完成 180° 以内的 180 个平行投影值。这种 CT 机结构的缺点是射线利用率很低,扫描时间长,一个断面需 3~5 min。