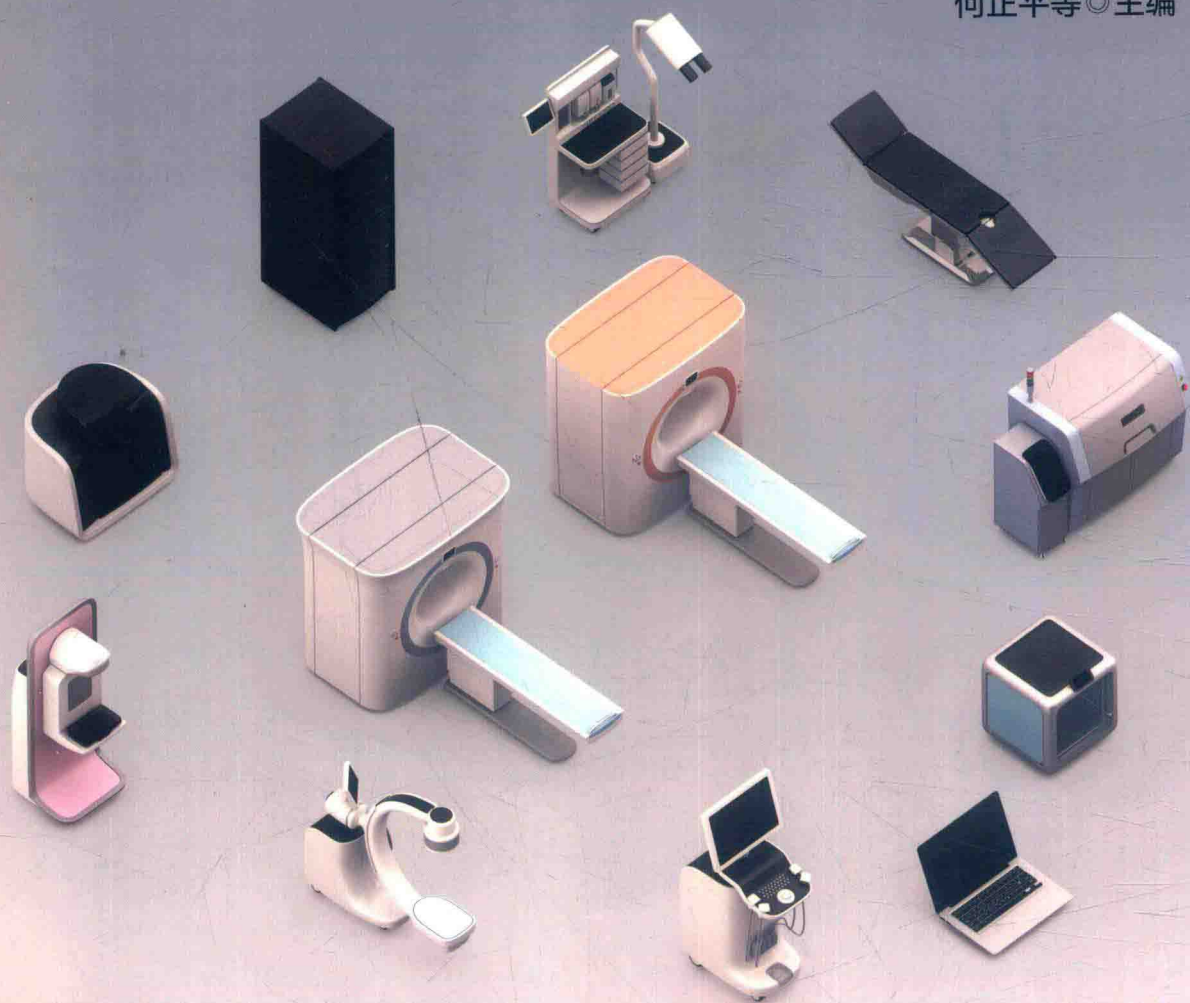


实用医学影像 诊疗指南

何正平等◎主编



实用医学影像诊疗指南

何正平等◎主编

图书在版编目 (C I P) 数据

实用医学影像诊疗指南 / 何正平等主编. -- 长春 :
吉林科学技术出版社, 2018.5
ISBN 978-7-5578-4396-0

I. ①实… II. ①何… III. ①影象诊断—指南 IV.
①R445-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第106526号

实用医学影像诊疗指南

主 编	何正平等
出 版 人	李 梁
责任编辑	史明忠 杨超然
封面设计	长春创意广告图文制作有限责任公司
制 版	长春创意广告图文制作有限责任公司
幅面尺寸	185mm×260mm
字 数	510千字
印 张	26.56
印 数	650册
版 次	2019年3月第2版
印 次	2019年3月第2版第1次印刷

出 版	吉林科学技术出版社
发 行	吉林科学技术出版社
地 址	长春市人民大街4646号
邮 编	130021
发行部电话/传真	0431-85651759
储运部电话	0431-86059116
编辑部电话	0431-85677817
网 址	www.jlstp.net
印 刷	虎彩印艺股份有限公司

书 号	ISBN 978-7-5578-4396-0
定 价	105.00元

如有印装质量问题 可寄出版社调换
因本书作者较多,联系未果,如作者看到此声明,请尽快来电或来函与编辑部联系,以便商洽相应稿酬支付事宜。
版权所有 翻印必究 举报电话:0431-85677817

前 言

影像学的不断发展使得影像学检查已渗透到了临床各个科室各种疾病的诊断工作中，在知识爆炸的今天，科技水平取得了突飞猛进的发展，特别是在医学方面的进展更是日新月异，医学影像在现代临床诊断、治疗中发挥着举足轻重的作用。随着科学技术的发展，医学影像为疾病的诊断提供了很大的科学和直观的依据，不但提高了诊断水平，也为临床能更早、更准确地发现病变，制订治疗方案提供了帮助，并带动了影像学从形态学诊断向功能状态和代谢水平诊断发展。影像诊断不仅需要熟悉和掌握各种疾病在不同成像技术和检查方法中的异常表现和诊断要点，还要了解和比较不同成像技术和检查方法的各自优势和限度，明确它们的适应范围、诊断能力和价值。

本书共分二篇，详细介绍了 CT、超声内容。本书在内容选择、文字组织、图表应用等方面，努力做到循序渐进、概念清楚、重点突出、层次分明、结构严谨、语言简洁流畅、图像清晰典型、图文并茂。为广大医师，尤其是基层医务工作者，医学本科生和研究生提供一部资料新、内容全、专业性强、临床实用价值较高的参考书。

本书尽可能把最新的研究成果呈献给读者，但限于水平，谬误之处在所难免，恳请广大读者来信、来函批评指正。

目 录

第一篇 CT

第一章 CT 成像技术	2
第一节 概论	2
第二节 普通 CT	7
第三节 螺旋 CT1	2
第四节 电子束 CT	21
第五节 CT 扫描技术	23
第六节 图像处理 (Image Handling)	35
第七节 CT 图像质量控制	55
第八节 CT 临床应用	61
第二章 头颈部疾病的 CT 表现	84
第一节 眼部常见疾病的 CT 表现	84
第二节 耳部常见疾病的 CT 表现	91
第三节 鼻和鼻窦常见疾病的 CT 表现	95
第四节 咽部常见疾病的 CT 表现	98
第五节 喉部常见疾病的 CT 表现	99
第六节 口腔颌面部常见疾病的 CT 表现	100
第七节 颈部常见疾病的 CT 表现	103
第三章 中枢神经系统疾病的 CT 表现	110
第四章 呼吸系统常见疾病的 CT 表现	132
第五章 循环系统疾病的 CT 表现	158
第六章 消化系统疾病的 CT 表现	169
第七章 泌尿系统常见疾病的 CT 表现	202
第八章 骨骼肌肉系统疾病的 CT 表现	218

第二篇 超声

第九章 超声成像基础	237
第一节 超声成像物理基础	237
第二节 超声成像原理	241
第三节 超声诊断仪工作原理	244
第四节 声学对比剂	248
第五节 超声检查规范与声像图描述方法	250
第六节 超声检查基本手法与观察内容	254
第七节 超声图像质量控制	256
第十章 头颅与浅表器官超声检查技术	263
第一节 颅脑超声检查技术	263
第二节 眼部超声检查技术	266
第三节 涎腺超声检查技术	267

第四节 甲状腺和甲状旁腺超声检查技术	268
第五节 乳腺超声检查技术	268
第六节 浅淋巴结超声检查技术	269
第七节 阴囊超声检查技术	270
第十一章 心脏超声检查技术	272
第一节 经胸壁常规超声心动图检查技术	272
第二节 经食管超声心动图检查技术	275
第三节 特殊检查技术	278
第十二章 胸腹部超声检查技术	287
第一节 胸部超声检查技术	287
第二节 肝脏超声检查技术	288
第三节 胆道超声检查技术	290
第四节 胰腺超声检查技术	292
第五节 脾脏超声检查技术	294
第六节 胃肠道超声检查	296
第七节 腹壁、腹腔、腹膜及腹膜后超声检查技术	299
第八节 泌尿系统、肾上腺超声检查技术	300
第十三章 颈部、腹部与肢体血管超声检查技术	303
第一节 颈部血管超声检查技术	303
第二节 腹部血管检查技术	304
第三节 肢体血管超声检查技术	306
第十四章 骨关节与软组织超声检查技术	308
第一节 骨与关节检查技术	308
第二节 软组织检查技术	309
第十五章 介入性超声	311
第一节 适应证与禁忌证	311
第二节 超声引导穿刺术的基本技术	311
第十六章 颅脑疾病的超声表现	313
第十七章 胸部疾病的超声表现	316
第一节 胸膜疾病	316
第二节 胸壁疾病	319
第三节 肺部疾病	321
第四节 纵隔常见疾病	325
第十八章 心脏、大血管疾病的超声表现	329
第一节 先天性心脏病	329
第二节 心脏瓣膜病	335
第三节 心肌和心包疾病	340
第四节 心脏肿瘤、心内血栓和赘生物	345
第五节 腹部大血管疾病	351
第十九章 外周血管疾病的超声表现	354
第一节 颈部血管疾病	354
第二节 四肢血管疾病	357
第二十章 肝脏疾病的超声表现	360
第一节 局灶性肝病	360

第二节 肝脏弥漫性病变.....	369
第二十一章 胆道疾病的超声表现.....	374
第一节 胆管疾病.....	374
第二节 胆囊疾病.....	377
第二十二章 胰腺疾病的超声表现.....	382
第一节 胰腺炎.....	382
第二节 胰腺囊肿.....	384
第三节 胰腺肿瘤.....	385
第二十三章 脾疾病的超声表现.....	389
第二十四章 肾、输尿管和膀胱疾病的超声表现.....	396
第一节 肾.....	396
第二节 输尿管疾病.....	404
第三节 膀胱.....	406
第二十五章 腹膜后间隙、肾上腺疾病的超声表现.....	408
第一节 后腹壁疾病.....	408
第二节 肾上腺肿瘤.....	411
第二十六章 胃肠疾病的超声表现.....	414
第一节 胃部疾病.....	414
第二节 肠道肿瘤.....	420

第一篇 CT

第一章 CT 成像技术

第一节 概论

一、CT 产生与发展

CT(Computed Tomography) 又称为计算机 X 线体层摄影。是计算机控制、X 线成像、电子机械技术和数学科学相结合的产物。CT 检查简便、安全、无创伤,能获得质量好、诊断价值高的图像。随相关技术的快速发展,CT 机的性能越来越好,功能也越来越多,临床应用范围也越来越广,已成为临床成熟、必不可少的检查手段。

(一)CT 的产生

自从 X 射线发现后,医学上就开始用它来探测人体疾病。但是,由于人体内有些器官对 X 线的吸收差别极小,因此,X 射线对那些前后重叠的组织病变就难以发现。于是,美国与英国的科学家开始了寻找一种新的东西来弥补用 X 线技术检查人体病变的不足。

1963 年,美国物理学家科马克发现人体不同的组织对 X 线的透过率有所不同,在研究中还得出了一些有关的计算公式,这些公式为后来 CT 的应用奠定了理论基础。

1967 年,英国电子工程师亨斯菲尔德(Hounsfield)在并不知道科马克研究成果的情况下,也开始了研制一种新技术的工作。首先研究了模式的识别,然后制作了一台能加强 X 射线放射源的简单的扫描装置,即后来的 CT,用于对人的头部进行实验性扫描测量。后来,他又用这种装置去测量全身,获得了同样的效果。

1971 年 9 月,亨斯菲尔德又与一位神经放射学家合作,在伦敦郊外一家医院安装了他设计制造的这种装置,开始了头部检查。10 月 4 日,医院用它检查了第一个患者。患者在完全清醒的情况下朝天仰卧,X 线管装在患者的上方,绕检查部位转动,同时在患者下方装一计数器,使人体各部位对 X 线吸收的多少反应在计数器上,再经过电子计算机的处理,使人体各部位的图像从荧屏上显示出来。这次试验非常成功。

1972 年 4 月,亨斯菲尔德在英国放射学年会上首次公布了这一结果,正式宣告了 CT 的诞生。这一消息引起科技界的极大震动,CT 的研制成功被誉为自伦琴发现 X 射线以后,放射诊断学上最重要的成就。因此,亨斯菲尔德和科马克共同获得 1979 年诺贝尔生理学或医学奖。而今,CT 已广泛运用于医疗诊断上。

(二)CT 发展

CT 一经问世,便进入到发展的快车道。围绕缩短扫描时间、提高图像质量两个焦点,相关产品不断更新换代,技术含量不断提高,从而使 CT 的临床应用越来越广、价值越来越大。通常,根据其发展的时序和结构特点,大致分成五代,而发展到螺旋扫描方式的 CT 机后,则不再以代称呼。

1. 第一代 CT

第一代 CT 机为旋转-平移扫描方式,属头颅专用机。X 线球管是油冷固定阳极,扫描 X 射线束为笔形束,探测器一般是 2~3 个。扫描时 X 线球管和探测器环绕患者作旋转和同步直线平移运动, X 线球管每次旋转 10°,同时沿旋转反方向作直线运动扫描。下一次扫描,再旋转 10°并重复前面所述的扫描动作,直至完成 180°以内的 180 个平行投影值。这种 CT 机结构的缺点是扫描时间长,一个断面需 3 分钟~5 分钟。

2. 第二代 CT

第二代 CT 机仍为旋转-平移扫描方式,扫描 X 射线束由笔形改为 5°~20°的小扇形束,探测器增加到 3~30 个,平移扫描后的旋转角度由 10°提高到扇形射线束夹角的度数,扫描的时间缩短到 20~90 秒。第二代 CT 与第一代 CT 机相比缩小了探测器的孔径、加大了矩阵、提高了采样的精确性,使图像质量有了明显的改善。这种扫描方式的主要缺点是:由于探测器排列成直线,对于扇形的射线束而言,其中,心和边缘部分的测量值不相等,需要作扫描后的校正,以避免伪影的出现,否则影响图像的质量。

3. 第三代 CT

第三代 CT 机改变了扫描方式,为旋转/旋转方式。X 射线束是 30°~45°较宽的扇形束,探测器数目增加到 300~800 个,扫描时间进一步缩短到 2~9 秒或更短。这种方式探测器或探测器阵列排列成彼此无空隙的弧形,数据的采集以 X 线管为焦点,随着 X 线管的旋转得到不同方位的投影,这种排列使扇形束的中心和边缘与探测器距离相等,无需作距离测量差异的校正。这种扫描方式的缺点是:扫描时需要每一个相邻探测器的灵敏度差异进行校正。否则由于同步旋转的扫描运动会产生环形伪影。所谓的旋转/旋转方式是 X 线球管作 360°旋转扫描后, X 线球管和探测器系统仍需要反向回到初始扫描位置,再作第二次扫描。近年发展的螺旋 CT(spiral CT, helical CT) 扫描方式,其基本结构仍归类为第三代 CT 扫描机。但是,它采用了滑环技术(slip ring technique),取消了往复的旋转,是单向的连续旋转。

4. 第四代 CT

第四代 CT 机的扫描方式只有球管的旋转。X 射线束的扇形角比第三代 CT 扫描机更大,达 50°~90°。因此,减少了 X 线球管的负载,使扫描速度可达 1~5 秒。此类 CT 机具有更多的探测器,可达 600~1500 个,分布在 360°的圆周上。扫描时,没有探测器运动,只有球管围绕患者作 360°的旋转。第四代扫描方式与第三代的不同之处在于,对于每一个探测器来说所得的投影值,相当于以该探测器为焦点,由 X 线球管旋转扫描一个扇形面而获得,故此扫描方式也被称为反扇束扫描。第四代 CT 机的探测器可获得多个方向的投影数据,故能较好地克服环形伪影。但随着第三代 CT 机探测器稳定性的提高,并在软件上采用了相应的措施后,第四代 CT 机探测器数量多且在扫描中不能充分发挥作用,相对于第三代 CT 机它已无明显的优越性。

5. 第五代 CT

1983 年,美国 Douglas boyd 博士开发出超高速扫描的第五代 CT-电子束 CT(EBCT),并应用于临床。用电子束的扫描替代了机械运动扫描,使扫描速度提高到以毫秒为单位。为心脏、大血管及冠状动脉疾病的检查提供了有力的武器。第五代 CT 又称电子束 CT(electron beam CT, EBCT),它的结构明显不同于前几代 CT 机。它是由一个电子束 X 射线管,一组由 864 个固

定探测器阵列和一个采集、整理、数据显示的计算机系统构成。最大的差别是X射线发射部分，它有一个电子枪、偏转线圈和处于真空中的半圆形钨靶组成。扫描时，电子束沿X射线管轴向加速，电磁线圈将电子束聚焦，并利用磁场使电子束瞬时偏转，分别轰击4个钨靶。扫描时间为30ms、50ms和100ms。由于探测器是排成两排2160的环形，一次扫描可得两层图像，且由于一次扫描分别轰击4个靶面，故总计1次扫描可得8个层面的图像。

6. 螺旋CT

1985年，代替馈电电缆的滑环技术应用于CT机器，使CT的单方向连续扫描成为现实。1989年，在应用滑环的基础上螺旋扫描技术问世，由传统二维采样的CT扫描模式进展为三维采样，不仅大大缩短了患者检查时间，而且使各种真正三维重建图像（如CTA、内镜技术等）成为CT的新显示技术，从而进一步充实、丰富和提高了CT机器的性能。

螺旋CT机改变了以往扫描方式，是连续单向的旋转。射线束仍为大扇束。单层螺旋CT的螺旋扫描时间通常是1秒，而多层螺旋扫描的最短时间为0.37秒，随着双源CT的应用，一次扫描时间更短。单层螺旋CT的探测器数目与第三代CT机相比没有数量上的增加和材料的改变。

7. 双源CT

两套X射线的发生装置和两套探测器系统呈一定角度安装在同一平面，进行同步扫描。两套X射线球管既可发射同样电压的射线也可以发射不同射线的射线，从而实现数据的整合或分离。不同的两组数据对同一器官组织的分辨能力是不一样的，通过两组不同能量的数据从而可以分离普通CT所不能分离或显示的组织结构。即能量成像。如果是两组数据以同样的电压的电流值扫描则可以将两组数据进行整合，快速获得同一部位的组织结构形态，突破普通CT的速度极限。

由于双源CT将扫描速度和扫描效率大大提高，所以明显缩短了检查时间，也就意味着受检者接收的X射线量大大减少。与常规多层螺旋CT相比（以64层螺旋CT为例）可以降低70%~90%的X射线剂量。

当然，也有人把以上的发展归为几个发展阶段：

第一阶段：从CT的产生开始，到20世纪70年代中期扇形束扫描技术的应用，实现了CT从单纯头颅扫描到全身扫描的跨越。

第二阶段：20世纪80年代中期“滑环技术”的应用，实现了单层CT的快速扫描，即螺旋扫描。

第三阶段：多排探测器的应用实现了快速容积扫描，即多层扫描。多排探测器的应用标志着CT技术的最新发展方向，随双源64排CT机的使用，其价值更为明显。目前，已有公司正在开发平板探测器（flat panel detector, FPD）的CT扫描机，Z轴覆盖宽度达300mm，一次旋转即可完成一个器官的扫描，真正实现容积扫描（volume scan），随克服锥形束伪影重建算法的建立，以及数据采集系统的改进，预计在不远的将来将会投入市场。

8. “代”与CT机器评价的关系

CT的分代是一种极不严格的划分方法，它仅仅是以问世的时间先后来划分，它们之间的区分是以X线束的形态、探测器的多少与排列、X线球管与探测器之间的运动关系以及X线的产生方式为基础的。这种划分并不能完全代表CT机器的优劣。无疑，第一、二代CT是较落后的机器，图像质量差，扫描时间长且仅能作颅脑检查，所以目前，都已被淘汰。五代CT因应

用范围较窄,且价格昂贵目前,尚难以推广普及。因此,焦点似乎落在三、四代CT的比较上,实际上三代与四代CT的区分并不在优劣上,两者的不同仅仅是扫描方式之间的差别。

现在CT机器应主要从以下几点来进行评价:

①图像质量,图像质量的评价又取决于空间和密度分辨率的高低、伪影和噪声的消除程度;
②扫描速度;③有无螺旋扫描及螺旋扫描的质量;④图像的后处理功能;⑤X线球管的热容量及寿命(即累计曝光次数);⑥计算机的计算速度与容量等。

而上述各点的优劣与三代或四代CT的扫描方式差别毫无关系。如都是同一厂家的第三代CT,由于球管的差别、计算机性能的差别、是否应用滑环技术以及有无螺旋扫描功能,扫描速度、图像质量及扫描后各种处理功能会相差很多。厂家的状态也很能说明这个问题,如Picker公司一直仅研究和生产四代CT, Siemens、Elscint 等公司则仅研究生产三代CT而不涉足四代CT的开发。

发展到多层螺旋CT,由于应用了价格昂贵的高质量探测器,如果继续采用四代CT的扫描模式,Z轴上多达数十排探测器,造价将会成倍的增长,要么增加成本,要么由于造价昂贵失去市场竞争力。所以,原来研制四代CT的厂家多层CT不得不采用三代扫描模式设计制造新的多层螺旋CT。

二、CT 应用评价

自20世纪80年代初期全身CT投入临床应用以来,CT已成为多种临床疾病检查的重要手段,其检查范围几乎包括人体的每1个部位。

CT最早应用于中枢神经系统的检查,由于CT图像分辨率高、定位准确,临床常把CT作为颅脑外伤和新生儿颅脑疾病的首选检查方式。CT对颅内肿瘤、脑出血、脑梗死、颅内感染及寄生虫病、脑萎缩、脑积水和脱髓鞘疾病等具有较大的诊断价值。CT的应用已替代了颅脑X线造影检查,如:气脑造影、脑室造影等。但对于脑血管畸形的诊断,CT则不如数字减影血管造影(DSA);对于颅底及后颅窝病变的显示则不如磁共振(magnetic resonance imaging, MRI)。

随着螺旋CT的广泛应用,CT检查已成为五官和颈部疾病的重要诊断手段。CT检查骨关节系统,不仅可获得无重叠的断面图像,还可分辨组织内细微结构,并可观察软组织的改变。对眼眶和眼球良恶性肿瘤、眼肌病变、乳突及内耳病变和先天性畸形、鼻窦和鼻腔的炎症及肿瘤、鼻咽部肿瘤尤其是鼻咽癌、喉部肿瘤、甲状腺肿瘤以及颈部肿块等有较好的定位、定量和定性能力,已成为常规的检查方法。

CT可用于诊断气道、肺、纵隔、胸膜、膈肌、心脏、心包和主动脉疾病等。CT对于支气管肺癌的早期诊断和显示肺癌的内部结构,观察肺门和纵隔有无淋巴结转移、淋巴结核,以及纵隔肿瘤的准确定位等较普通X线摄影具有显著的优越性;亦可较好地显示肺间质和实质性病变。CT观察心包疾患、显示主动脉瘤和主动脉夹层的真假腔等亦有较大的优势,同时还可较好地显示冠状动脉和心瓣膜的钙化、大血管壁的钙化。

CT还可用于肝、胆、胰、脾、肾、肾上腺、膀胱、前列腺、子宫及附件、腹腔及腹膜后病变的诊断,对于明确占位病变的部位、大小以及与邻近组织结构的关系、淋巴结有无转移等具有重要的作用。对于炎症和外伤性病变亦能较好显示。对于胃肠道病变,CT可较好地显示

肿瘤向胃肠腔外侵犯的情况，以及向邻近和远处转移的情况。但显示胃肠道腔内病变应以胃肠道钡剂检查为首选。

随着多层螺旋 CT(multislice CT, MSCT) 的应用，对比剂安全性的提高，CT 在胸腹部的应用进一步拓展。心脏、大血管以及外周血管的 CT 成像更符合临床诊断需要；肝脏多期扫描更有利于病灶的检出和定性；胃肠道仿真内镜成像技术的应用丰富了消化系统的检查方法。

CT 可用于脊柱病变，如椎管狭窄、椎间盘突出、脊椎肿瘤和脊柱外伤的诊断，但显示脊髓病变不如 MRI 敏感。对于骨关节病变，CT 可显示骨肿瘤的内部结构和肿瘤对软组织的侵犯范围，补充普通 X 线摄影的不足。对于骨关节面骨皮质、皮质下改变、关节内积液、积气，CT 具有较高的敏感性。在判断半月板、骨软骨病变、早期骨坏死方面不如 MRI 敏感。

此外，CT 还可引导穿刺活检和对疾病进行治疗，如肺部孤立小病灶的穿刺活检，椎间盘突出的消融术等。骨矿物质含量和冠状动脉钙化的定量测定，有助于临床对骨质疏松症和冠心病的诊断。CT 的定形、定位测量，如 X 刀、 γ 刀术前以及放射治疗前的 CT 检查。疗效评估，如内、外科治疗以及介入治疗后的 CT 复查等。功能检查，如颅脑、甲状腺、肝脏以及胰腺的 CT 灌注成像。随着 CT 硬件和软件的不断开发，计算机处理图像的速度不断提高，CT 的临床应用范围将更加广泛。

CT 的优势表现在：

1. CT 图像的密度分辨率高

CT 与其他影像学检查相比，其图像的密度分辨率仅低于磁共振图像，比常规 X 线影像的密度分辨率高 20 倍。CT 图像的密度分辨率高，是因成像的 X 线束到达探测器前，已被准直器严格准直，散射线少，图像伪影少；数据采集系统的灵敏度高，数据在转换过程中损失小；CT 图像为数字影像，可通过调节窗宽和窗位满足各种观察的需要。CT 检查在一些部位具有独特的优势。如肺部检查，CT 明显优于 MRI、B 超以及常规 X 线摄影。

2. 对病灶的定位、定性准确

CT 检查可获得无层面外组织结构干扰的横断面图像。与常规 X 线体层影像相比，CT 图像的层厚准确，图像清晰；与常规 X 线图像相比，无组织结构重叠。使用 CT 测量功能进行的 CT 引导下穿刺活检，其准确性优于普通透视下的定位穿刺。CT 横断图像通过计算机的后处理可获得冠状位、矢状位图像，为疾病的诊断提供多方位的观察，使病灶的定位和定性更准确。

3. 为临床提供直观可靠的影像学资料

根据临床需要对病灶进行动态扫描，可观察病灶部位的血供和血流动力学变化。如动态扫描和灌注成像等。利用后处理软件对原始数据进行多方位重组，获得的二维和三维图像，可为外科制定手术方案和选择手术路径提供直观的影像学资料。使用 CT 的定量分析功能，可知病灶部位增强前后的 CT 值变化情况，为疾病的定性诊断提供可靠的依据。骨矿含量和冠状动脉钙化的定量测定，有助于临床对骨质疏松和冠心病的诊断。

CT 检查虽然有广泛的适应性，但并非所有疾病都适合作 CT 检查。如胃肠道的炎症和溃疡等，由于病变早期仅累及黏膜层和肌层，CT 检查很难发现病变，故适宜作钡餐检查；多排 CT 拓展了 CT 在心脏冠状动脉方面的检查空间，但心脏冠状动脉 CT 检查常受患者心率和屏气配合的限制。如患者心率超过 90 次 / 分或心率不齐，一般不适宜作 CT 冠脉成像检查。若患者不能

较长时间屏气或屏气不配合,所作的心脏冠状动脉 CT 图像大多无诊断价值;CT 检查在脊髓、神经系统方面,也明显不如 MRI 检查;CT 检查以形态学诊断为主,功能性检查尚处于发展阶段,不能提供生化方面的资料。

随着多层螺旋 CT 多期扫描的广泛应用,过量 X 线对受检者的辐射已引起人们的普遍关注。一些部位可首选无辐射的 B 超或 MRI 检查。

第二节 普通 CT

一、基本构造

CT 成像过程是通过控制台指令,使高压发生器工作而产生高压,高压使 X 线球管发射 X 线;X 线束被准直后对被检体某一层面进行透射,经探测器测得透过层面 X 线量衰减,经计算机处理获得一组完整数据投影,再将其转换成数字信号,传输到主计算机;由主计算机计算出该层面组织各单位容积的吸收系数,并排列成数字矩阵,而后转换成模拟信号;最后,在显示器上以不同灰阶形式显示该层面的断面图像。这一过程需要构成 CT 的各个系统来共同完成。

CT 基本构造主要包括扫描系统,计算机系统,其他附属设备 and 应用软件。

(一) 扫描系统

扫描系统主要由扫描机架、检查床、X 线管球、高压发生器、探测器阵列、准直器及滤过器等组成。

1. 扫描机架

扫描机架是 X 线球管、准直器、数据采集系统、机械传动装置,以及控制电路的载体,是 CT 数据采集的关键部分。机架扫描孔径决定成像的扫描几何,常规多为 70cm。机架机械精度一定要精确,以保证采样处理所需要的精度,并且稳定性能要好,以克服高速旋转所致离心力的影响。另外,为满足成角度扫描的需要,扫描机架可倾斜 $\pm 20^\circ$ 或 $\pm 30^\circ$ 。机架内,通过滑环给管球供电,通过光电转换实现数据传输。

2. 检查床

检查床,它可由扫描机架和操作台上相应按钮做上下升降和进退等动作,部分 CT 扫描可沿人体横轴力方向左右摆动,以便在扫描过程中将要扫描的器官置于同一层面内扫描。在扫描过程中则由主计算机和 SCU 控制。

检查床在扫描过程中要求有很高的精度,绝对误差不允许超过 0.5mm。特别是对 1mm 的薄层扫描,检查床进给精度要求更高。另外,检查床的进退还应有准确的重复性,如扫描过程中有时要对兴趣区反复扫描,每次扫描,检查床必须能准确地到达同一层面。这就要求检查床不仅要有一定机械精度,控制信号也必须准确无误。在连续旋转式 CT 机(或螺旋 CT 机)中,床面还必须在扫描控制系统的控制下作恒速运动,其速度的准确性和稳定性直接影响图像质量。

3. X 线高压发生器

高压值的变化直接影响 X 线能量变化,X 线能量又直接影响人体各组织的吸收系数。决定

扫描持续时间长短是管球的热容量及发生器的容量，高压发生器的稳定性要好，功率要高。一般为 30 ~ 60kw，并附加稳压装置。

4. X 线球管

X 线球管的结构与普通 X 线机球管基本相同，分固定阳极球管和旋转阳极球管。早期 CT 机都配备固定阳极球管，但不能满足高毫安和连续扫描的需求，目前，已被旋转阳极球管所取代。旋转阳极 X 线球管的功率较大，管电流可以达到 100 ~ 600ma。管电流大，短时间内就可以提供足够的 X 线剂量，满足 CT 快速、连续扫描的需求。管球的热容量也要大，目前，最大达 7.5MHU，散热率较高。管球的焦点通常为 0.5 ~ 1.2mm。管球散热通常采用油冷和风冷方式。

5. 准直器

在 X 线管保护套里有阳极靶面，X 线束仅从窗口射出，CT 扫描仅需要非常小的扇形放射源，它必须能够调节 Z 轴方向厚度，以得到不同的扫描层厚，并抑制散射线，减少患者辐射，提高图像质量。CT 机一般有两套准直器，一套在 X 线球管侧称前准直器，控制放射源；另一套在探测器一侧，称后准直器。在扫描控制电路 (SCU) 控制下，根据主计算机指令，前准直器在 Z 轴方向可有 1mm、2mm、5mm、8mm 的层面宽度和 10mm 的标准宽度，其他层面厚度为 3mm、6mm、7mm、9mm，也应能够被选择。前准直器在 X 轴方向的长度 (d) 决定射线束的扇形角度 (a)。不同代的 CT 机及不同机型的 a 或 d 会有差异。后准直器主要起到减少散射线，减少读数误差，与前准直器配合，完成切层厚度的作用。SCU 控制准直器的要求是：前、后准直器在 Z 轴方向绝对平行；扇形束必须覆盖探测器排列在 X 方向的满范围；放射源焦点到每一个探测器距离相等。因为在三代 CT 以后，焦点尺寸很小，经过滤器和前被直器的调整，X 线束具有很好方向性。探测器窗口很小，中心射线以外的散射线很难到达探头，并且，因扫描速度加快，前后准直器的协调也难以同步，影响到接收质量，所以不加后准直器。

6. 过滤器

具有一定能量的电子接近靶原子核附近时，在核电场力作用下会改变运动的速度和方向，电子会因能量的减小而离开碰撞点，在此过程中，该电子能量的损失变为连续的放射。由于每个电子的能量并不一定相等，碰撞方式也不相同，(有的是发生一次碰撞，有的多次碰撞。) 因此，转变为光子的能量也不相等，所以 X 线是不同波长形成连续光谱。而 CT 扫描必须要求 X 线束为能量均匀的硬射线，所以从球管发出 X 线必须进行过滤。过滤器的功能：第一，吸收软射线；第二，使射线束变为能量分布均匀的硬射线。

7. 探测器

是一种能量转换装置。一般 CT 常用的探测器为两种基本类型，一种是收集电离电荷的探测器，有气体和固体探测器两种。气体探测器主要有电离室，正比计数器、盖革计数器等。固体探测器主要是半导体探测，另一种是闪烁晶体探测器。无论哪种探测器必须具备以下条件：

电源：电源适应性强，不同电压均能正常使用，有良好均匀性。

社会范围：动态范围宽。强弱信号都能检测，灵敏度高。

余晖时间：余晖时间短，截止性能好。

稳定性：成分稳定，受理化因素影响小、寿命长。

体积：体积小、空间配置容易。

气体探测器技术应用的是气体电离室，它是在一个公共压力下的探测器管套内，排列着数百个至数千个单独通道所组成的，每一个通道为一个最小单元。电离室的两个电子阴极被连到高压电源，另一个阳极连接到电流 / 电压转换电路。当 X 线进入探测器，极板间氙气被电离，形成带电离子，在电场作用下，带电离子沿着场线形移动形成电流。该电流在外电路电阻中就会产生一个电压信号，输送到检测电路。

目前，CT 机上所用的气体探测器多采用化学性能稳定的惰性气体氙气 (Xenon, 符号 Xe) 或氪气 (Krypton, 符号 Kr) 等。气体探测器稳定性好，几何利用率高，但光子转换率低，因此，通常使用高压气体 (10 ~ 15 个大气压)，提高气体分子密度，增加电离概率，增强灵敏度。对气体探测器的要求是：探测器密封性能好、有足够的机械强度、极板精度高、各通道气体压力相等、容积相等。

闪烁晶体探测器是利用某些晶体受射线照射后发光的特性制成的，组成部分是闪烁晶体，光导及光电倍增管等。当 X 线照射晶体后，原子接收 X 线光量子的能量，产生激发或电离，处于激发状态的原子返回到基态时，释放能量，这种能量以荧光光子的形态出现 (荧光现象)。这种荧光经光导传给光电倍增管的光电阴极上，其上的光电敏感物质发出光电子，光电子经聚焦投射到光电倍增管的联极，经联极的光电倍增作用，光电子数大增，然后打在阳极上，并在输出电阻上形成一个电压脉冲 (该脉冲幅度与被探测器单元探测到的放射强度成正比)，再经前置放大后，反馈到检测电路。

常用的闪烁晶体有碘化钠 (NaI)、碘化铂 (CsI)、锗酸铋 (BGO) 等。BGO 具有残光少，转换效率高，易加工不易潮解，不易老化，性能稳定等优点，因而被很多种 CT 机所采用。

8. A/D 转换器

A/D 转换器，从探测器所获得的信号是一个脉动的模拟信号，经缓冲处理后送至对数 - 双坡积分板，进行积分放大，然后经 A/D 转换器转变为数字信号后才能被计算机识别处理，因此，A/D 转换器在 DAS 系统中起着重要作用，常用的 A/D 转换器有两种，逐次逼近式和双积分式。

(二) 计算机系统

CT 机的计算机系统为主计算机和阵列计算机两部分组成。主计算机是中央处理系统，它与 MCU、SCU、HCU 等各部分利用 I/O 接口，通过数据系统总线进行双向通信，从而控制 CT 整个系统的正常工作。其主要功能有：

1. 扫描监控，存储扫描所输入的数据；
2. CT 值的校正和输入数据的扩展，即进行插值处理；
3. 图像的重建控制及图像后处理；
4. CT 自身故障诊断。

阵列处理器 (array processor, 简称 AP) 是 20 世纪 60 年代发展起来的计算机技术。CT 扫描速度快、数据量大、成像质量要求高，并要求实时重建，普通计算机难以完成这项工作，因此，必须由专用的数据处理设备 - 阵列处理器来完成。它与主计算机相连，在其控制下高速进行数据运算 (每秒可达数十兆次)，本身不独立工作。在 AP 系统中有多条总线，如数据总线，进行加法浮点运算的输入输出总线、进行乘法浮点运算的输入输出总线等。

无论是主计算机还是阵列处理器，其运行必须由软件支持，CT 机的计算机系统中，最基

本的功能软件是控制 CT 机进行扫描,然后把探测器所获得的数据进行重建,在显示器上显示出图像。

(三) 扫描控制系统 (scan control unit, 简称 SCU)

设置在扫描机架内。扫描控制系统自身的中央处理器 (CPU), 连接在数据总线和控制总线上, 接收来自主计算机的各种操作指令和向主计算机输送数据。I/O 接口一般采用串行方式, 通过接口, 使主计算机与各功能组之间进行信息分配, 实现双向通信。CT 机的扫描过程都是在主计算机控制下, 由扫描控制系统来完成的。主计算机的扫描程序软件与扫描控制系统的监控程序、测试单元和初始化始终保持着双向通信。扫描控制系统控制的硬件主要有调整单元、脉冲控制、旋转控制和遮光板控制等。像扫描旋转停止、复位电路、控制检查床升降移动及扫描架倾斜; 扫描旋转运动, 控制检查床的水平进退运动和 X 线的发生; 扫描的开始和中断等都由调整单元控制。机架里面设有各种检测探头, 如旋转速度检测、机架倾角、床面位置等, 将检测信号通过数据总线传给主计算机, 主计算机通过控制总线给扫描控制系统发出指令。扫描控制系统对扫描旋转的控制通过角度脉冲的角度来实现, 每度有 8 个角度脉冲, 旋转一周 (360°) 则产生 2 880 个角度脉冲。旋转速度器接收来自光栅的角度脉冲, 以进行速度的测量和位置探测。旋转速度从开始到结束在测量范围内必须是非常精确的恒定位。CT 旋转部分需要的主要条件是: 测量范围内的恒定速度、旋转系统的位置信息、信号发生到开始测量的软件程序控制、必要的硬件监视和安全装置、紧急制动电路。扫描控制系统对准直器的调节是根据主计算机的预设层厚, 相关电路自动调节准直器缝隙间距, 控制扫描层厚。

(四) 其他设备

1. 图像显示 (image display) 和记录系统 (record system)

图像显示由操作台上的 CRT 屏显示, 现有一部分 CT 机配有工作站 (workstation), 也可在工作站的显屏上显示, 记录系统由硬盘, 又称磁盘机, 外部存储器等组成。

2. 操作台

是操作员与计算机对话的工作平台。扫描参数的编辑、设定、扫描过程的控制、观察分析、患者资料的输入及机器故障诊断均在 OC 平台上完成。操作台一般有两个显示屏、一个显示图像, 一个与键盘配合, 实现人机对话, 现在有一部分 CT 机只有一个屏。所有的工作都在其上进行。有一部分 CT 机使用一个触屏与一个 CRT 屏。无论采用什么方式, 总的功能都是一样的, 即进行人机对话, 完成扫描工作, 观看扫描的结果 - 图像, 了解机器工作状况, 发现故障, 即时处理; 进行图像存取与后处理及照相等。

3. 其他附属设备

CT 机通常配备一些附属设备, 以协助完成检查工作。如激光打印机、洗片机、高压注射器等。

(五) 应用软件

应用软件包括基本功能软件和特殊功能软件。基本功能软件包括扫描、照相、图像储存和清盘 (从硬盘中清除图像) 等软件。作用是完成图像处理和机器故障分析等。CT 基本功能是在同一个管理程序控制下, 几个彼此独立的基本功能软件, 相互协调, 共同执行的结果。

特殊功能软件种类繁多, 并且在不断的开发和改进。常用的软件有: 动态扫描、快速连续扫描、定位扫描、目标扫描、图像过滤、高分辨率扫描、图像三维重建、图像多平面重组、虚