

江苏省高等医学院校医学影像学专业统编教材

CT诊断学

主编 王 绪

第二军医大学出版社

江苏省高等医学院校医学影像学专业统编教材

CT诊断学

R814.4M/X

第二军医大学出版社

江苏省高等医学院校医学影像学专业统编教材

CT 诊断学

王 绪 主编

第二军医大学出版社

内 容 提 要

计算机体层摄影术(computed tomography, CT)虽然只有 20 多年的历史,但因临床实用价值极高,现已普及至广大县医院和少数乡镇医院。CT 已成为现代医学不可缺少的诊疗工具。为了普及 CT 知识,满足青年医师和基层单位医务工作者的学习要求,特编写了这本简明扼要的教材,供医学影像专业、临床医学专业使用。全书共 9 篇 51 章 164 节,38.4 万字,对全身各系统的 CT 检查方法、正常 CT 解剖、常见疾病的诊断要点作了比较全面的叙述。本书不仅可作教材使用,也可供临床各科医师、研究生、进修生及实习生学习使用。

图书在版编目(CIP)数据

CT 诊断学/王绪主编. —上海:第二军医大学出版社,2000.3

ISBN 7-81060-060-5

I. CT… II. 王… III. 计算机 X 线扫描体层摄影-诊断学 IV. R814.42

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 13195 号

CT 诊断学

主 编:王 绪

责任编辑:吴 进 程春开

第二军医大学出版社出版

(上海市翔殷路 800 号 邮政编码:200433)

全国各地新华书店经销

徐州医学院学报编辑部微机室排版 徐州医学院印刷厂印刷

开本:787 mm×1 092 mm 1/16 印张:15 字数:384 000

2000 年 3 月第 1 版 2000 年 3 月第 1 次印刷

印数:1~5 000

ISBN 7-81060-060-5/R·049

定价:23.00 元

江苏省高等医学院校医学影像学专业统编教材

编辑委员会(按姓氏笔画为序)

主任委员 刘玉清

副主任委员 刘庚年 吴恩惠 陈星荣 闵鹏秋

高玉洁 徐家兴 戴建平

委 员 王云钊 刘子江 华伯勋 肖官惠

陈炽贤 郭俊渊

审校委员会(按姓氏笔画为序)

主任委员 王钟琪

副主任委员 冯 亮 钱铭辉 蔡锡类

委 员 宋兆琪 沈复兴 贺志浩 钱云铉

韩修龄 谢大钊

编辑组(按姓氏笔画为序)

丁 乙 王 绪 尹青山 李麟荪 陈祖培 胡振民

《CT 诊断学》编委会

主 编 王 绪

副主编 徐 凯 黄庆娟 郭 亮

编 委 (按姓氏笔画为序)

王小宁 (南京医科大学)

王 绪 (徐州医学院)

孙向东 (徐州医学院)

朱元业 (徐州医学院)

任忠清 (徐州医学院)

邵国良 (苏州医学院)

荣玉涛 (徐州医学院)

郝敬明 (徐州第四人民医院)

徐 凯 (徐州医学院)

郭 亮 (苏州医学院)

黄庆娟 (南京医科大学)

程广军 (徐州医学院)

谢道海 (苏州医学院)

序

自 1895 年伦琴发现 X 线以来, X 线就被广泛应用于医学影像诊断。随着科学技术的不断发展, 医学影像的技术与设备也在不断改进与提高, 尤为突出的是, 1969 年 Hounsfield 等发明的计算机体层摄影机(CT)与 1973 年 Lauterbur 等人报道利用核磁共振原理成像的技术(简称磁共振成像, MRI), 使医学影像学有了迅猛发展。影像的显示从二维走向三维。而从 1964 年发展起来的介入放射学更使原来只从影像上作诊断的医技医师转为既诊断又治疗的临床医师。因此, 原来单纯的 X 线诊断学已远远不能满足教学的需要。

1995 年我们江苏省 5 所设有医学影像专业的高等医学院校在南京共同商讨了如何把现有的医学影像学专业办好, 通过多次讨论明确了培养要求与目标, 编写了教学大纲, 决定统编教材, 包括:《X 线诊断学》、《CT 诊断学》、《磁共振诊断学》、《介入放射学》、《医学影像解剖学》、《医学影像设备与技术学》与《实习指南》, 共 7 本。

我们认为“X 线诊断学”是医学影像学的基础, 在首先学好它的基础上, 同时交叉学习 CT 与 MRI, 既分系统又有同步比较的作用。学者不乱, 教者容易, 这就是我们分别编书的原委。在编写过程中得到江苏省卫生厅、江苏省高教委、江苏省医学会及南京医科大学、南京铁道医学院、苏州医学院、南通医学院、徐州医学院及各附属医院的领导多方面支持和关心, 在此特意感谢!

由于时间与经验的关系, 虽然各主编均在努力工作, 但不足之处仍在所难免, 欢迎各方面提出宝贵意见, 以便在教学中及以后再版时修订。

李麟书

1999 年 5 月于南京

前 言

CT 诊断学是一门新兴学科,它是研究人体断层图像,通过密度差的对比,系统观察,结合临床资料进行综合诊断。通过本课程的教学,要求着重获得 CT 诊断的基础知识,了解 CT 的基本结构和基本原理,掌握基本概念和应用范围,熟悉人体的 CT 解剖和有关病理学知识,能对常见病、多发病作出正确诊断。

本书是根据江苏省医学影像学专业教材编辑组制定的《CT 诊断学教学大纲》要求编写的,本教材计划教学总学时为 60 学时,其中讲课 32 学时,实习 28 学时。在教学过程中,各院校可根据实际情况,适当调整教学时数。

本课程的教学需理论联系实际,结合解剖标本、教学片、幻灯片、录像片等形象教学,突出重点,兼顾一般。结合部分实际病例,进行启发式教学,着重阐明 CT 表现的病理解剖学基础,与其他影像学方法的联系和比较,指出 CT 诊断的价值和限度。实习课要在理论指导下进行,重点培养学生的独立阅片能力,组织必要的讨论、答疑、复习。考试应依学生对本课程基本知识的理解、掌握和阅片能力进行评定。

在本教材编写过程中,得到徐州医学院、徐州医学院附属医院、徐州医学院医学影像系及省内兄弟院校领导的大力支持和帮助,编辑组丁乙、尹青山、李麟荪、陈祖培与胡振民等教授予以热情指导,王德杭、胡春洪、滕泉军、彭卫斌、施裕新 5 位主任提出宝贵意见,特别是李麟荪教授亲自作序,徐州医学院学报编辑部工作人员及研究生蒋晓东、胡春峰、曹爱红、史艳侠医师也做了大量校对工作,在此一并致谢。因水平所限,本教材的缺点和错误在所难免,恳请各位指正,以便改进。

王 绪

1999 年 5 月于徐州

目 录

第一篇 总 论

第一章 CT的原理与结构	(1)
第一节 CT的基本结构	(1)
第二节 CT的工作原理	(1)
第二章 CT图像的显示和影响因素	(3)
第一节 CT图像的显示	(3)
第二节 影响因素	(3)
第三章 CT机的发展	(6)
第四章 CT扫描方法与技术	(7)

第二篇 颅脑 CT 诊断

第一章 检查方法	(8)
第一节 CT平扫	(8)
第二节 增强扫描	(10)
第三节 特殊检查	(10)
第二章 颅脑正常 CT表现	(12)
第三章 颅脑先天性畸形	(13)
第一节 脑的正常发育	(13)
第二节 器官源性发育畸形	(13)
第三节 组织源性发育畸形	(16)
第四章 颅内肿瘤	(18)
第一节 总 论	(18)
第二节 神经胶质瘤	(20)
第三节 脑膜瘤	(24)
第四节 垂体瘤	(25)
第五节 颅咽管瘤	(26)
第六节 脑神经瘤	(27)
第七节 血管母细胞瘤	(28)

第八节 松果体瘤	(29)
第九节 胚生殖细胞肿瘤	(29)
第十节 颅内转移瘤	(31)
第十一节 其他肿瘤	(31)
第五章 脑血管疾病	(33)
第一节 缺血性脑疾病	(33)
第二节 脑出血	(35)
第三节 血管病变	(36)
第六章 颅脑损伤	(39)
第一节 头皮及颅骨损伤	(39)
第二节 颅内血肿	(39)
第三节 脑挫裂伤	(41)
第四节 弥漫性脑白质病	(41)
第五节 脑外伤并发症	(41)
第七章 颅内感染	(43)
第一节 化脓性细菌感染	(43)
第二节 非化脓性细菌感染	(44)
第三节 颅内真菌感染	(45)
第四节 病毒感染	(46)
第五节 寄生虫感染	(46)
第六节 艾滋病	(48)
第八章 脑萎缩和脑积水	(49)
第一节 脑萎缩	(49)
第二节 脑积水	(50)
第九章 脑白质病和其他脑实质疾病	(52)
第一节 脱髓鞘性病变	(52)
第二节 髓鞘形成不良性病变	(53)
第三节 其他疾病	(54)

第三篇 五官 CT 诊断

第一章 眼 部	(55)
第一节 检查方法	(55)
第二节 正常 CT 表现	(55)
第三节 异常 CT 表现	(56)
第四节 眼部疾病 CT 表现	(57)
第二章 耳 部	(63)
第一节 检查方法	(63)
第二节 正常 CT 表现	(63)
第三节 耳部疾病 CT 诊断	(65)
第三章 鼻与鼻窦	(70)
第一节 检查方法	(70)
第二节 正常 CT 表现	(70)
第三节 鼻与鼻窦疾病 CT 表现	(71)
第四章 颌面部涎腺疾病	(74)
第一节 检查方法	(74)
第二节 正常 CT 表现	(74)
第三节 颌面部涎腺疾病 CT 诊断	(74)
第五章 咽喉部	(77)
第一节 检查方法	(77)
第二节 正常 CT 表现	(77)
第三节 咽喉部疾病 CT 诊断	(79)
第六章 甲状腺和甲状旁腺	(82)
第一节 检查方法	(82)
第二节 正常 CT 表现	(82)
第三节 甲状腺和甲状旁腺疾病	(82)

第四篇 胸部 CT 诊断

第一章 检查方法	(84)
----------------	------

第二章 胸部正常 CT 解剖

第一节 纵隔主要层面的 CT 解剖	(86)
-------------------------	------

第二节 纵隔重要间隙的 CT 解剖	(88)
-------------------------	------

第三节 纵隔淋巴结的 CT 解剖	(88)
------------------------	------

第四节 肺门的 CT 解剖	(89)
---------------------	------

第五节 肺的 CT 解剖	(90)
--------------------	------

第六节 胸膜的 CT 解剖	(90)
---------------------	------

第三章 肺部疾病

第一节 先天性异常	(91)
-----------------	------

第二节 肺 炎	(91)
---------------	------

第三节 放射性肺炎	(92)
-----------------	------

第四节 肺脓肿	(92)
---------------	------

第五节 肺结核	(92)
---------------	------

第六节 原发性支气管肺癌	(93)
--------------------	------

第七节 肺转移瘤	(96)
----------------	------

第八节 气管肿瘤	(96)
----------------	------

第九节 成人呼吸窘迫综合征	(96)
---------------------	------

第十节 肺梗死	(97)
---------------	------

第十一节 肺部其他疾病	(97)
-------------------	------

第四章 纵隔肿瘤

第五章 胸膜和胸壁疾病

第六章 心血管疾病

第七章 横膈疾病

第八章 胸部 CT 的评价

第五篇 腹部 CT 诊断

第一章 检查方法	(108)
----------------	-------

第一节 肝	(108)
-------------	-------

第二节 胆 道	(110)
---------------	-------

第三节 脾	(110)
-------------	-------

第四节 胰 腺.....	(111)	第七节 脾梗死.....	(142)
第五节 肾.....	(111)	第八节 脾囊肿.....	(142)
第六节 肾上腺.....	(111)	第六章 肾.....	(143)
第七节 消化管.....	(112)	第一节 正常 CT 解剖和变异	
第八节 腹膜腔与腹膜后隙.....	(112)		(143)
第二章 肝.....	(113)	第二节 肾先天性畸形.....	(144)
第一节 正常解剖和变异.....	(113)	第三节 肾恶性肿瘤.....	(145)
第二节 肝恶性肿瘤.....	(115)	第四节 肾良性肿瘤.....	(147)
第三节 肝血管瘤和其他良性		第五节 肾囊肿类疾病.....	(148)
占位性病变.....	(119)	第六节 肾感染性疾病.....	(149)
第四节 肝感染性病变.....	(121)	第七节 肾外伤.....	(151)
第五节 肝弥漫性病变.....	(123)	第七章 肾上腺.....	(152)
第六节 肝血管病变.....	(124)	第一节 正常 CT 解剖.....	(152)
第七节 肝外伤.....	(124)	第二节 CT 的应用及诊断原则	
第三章 胆 道.....	(126)		(152)
第一节 正常 CT 解剖.....	(126)	第三节 原发性醛固酮增多症	
第二节 先天性发育异常.....	(126)		(152)
第三节 胆系恶性肿瘤.....	(127)	第四节 库欣综合征.....	(153)
第四节 胆囊良性病变.....	(128)	第五节 嗜铬细胞瘤.....	(154)
第五节 胆系结石.....	(129)	第六节 神经母细胞瘤.....	(155)
第六节 胆系炎症.....	(129)	第七节 肾上腺髓质脂肪瘤.....	(155)
第七节 梗阻性黄疸.....	(130)	第八节 无功能性皮质腺瘤及	
第四章 胰 腺.....	(133)	腺癌.....	(155)
第一节 正常 CT 解剖.....	(133)	第九节 肾上腺转移瘤.....	(156)
第二节 胰腺炎.....	(133)	第十节 肾上腺囊肿.....	(156)
第三节 胰腺肿瘤.....	(135)	第十一节 肾上腺结核.....	(156)
第四节 胰腺囊肿.....	(137)	第八章 消化管.....	(157)
第五章 脾.....	(138)	第一节 食 管.....	(157)
第一节 脾的正常解剖.....	(138)	第二节 胃.....	(158)
第二节 脾的先天变异.....	(138)	第三节 小 肠.....	(160)
第三节 脾恶性肿瘤.....	(139)	第四节 结肠和直肠.....	(161)
第四节 脾良性肿瘤.....	(140)	第九章 腹膜腔与腹膜后隙.....	(163)
第五节 脾外伤.....	(141)	第一节 正常 CT 解剖.....	(163)
第六节 脾感染.....	(141)	第二节 腹腔积液.....	(163)

第三节	腹腔脓肿	(164)
第四节	腹膜后感染	(165)
第五节	腹膜后恶性肿瘤	(165)
第六节	腹膜后良性肿瘤	(166)
第七节	腹膜后血肿	(167)

第六篇 盆腔 CT 诊断

第一章	检查方法	(168)
第二章	正常 CT 解剖	(169)
第一节	男性盆腔	(169)
第二节	女性盆腔	(169)
第三章	膀胱和输尿管	(170)
第一节	正常 CT 解剖和变异	(170)
第二节	膀胱和输尿管疾病	(170)
第四章	前列腺和精囊	(173)
第一节	正常解剖	(173)
第二节	前列腺和精囊疾病	(173)
第五章	睾丸	(176)
第一节	正常解剖和变异	(176)
第二节	睾丸疾病	(176)
第六章	子宫和卵巢	(178)
第一节	正常解剖和变异	(178)
第二节	子宫和卵巢疾病	(178)

第七篇 脊柱与脊髓 CT 诊断

第一章	检查方法	(183)
第二章	脊柱和脊髓正常 CT 解剖	(185)
第三章	脊柱和脊髓 CT 检查的适应证	(188)
第四章	脊椎病变	(189)

第一节	椎间盘突出	(189)
第二节	椎小关节病	(190)
第三节	腰椎峡部崩裂	(191)
第四节	脊椎结核	(192)
第五节	脊柱损伤	(193)
第六节	椎管狭窄	(196)
第七节	脊椎肿瘤	(197)
第八节	脊柱裂	(199)
第九节	椎管内病变	(200)

第八篇 四肢骨关节及软组织 CT 诊断

第一章	检查方法及适应证	(206)
第二章	骨与关节	(208)
第一节	正常 CT 表现	(208)
第二节	常见病 CT 表现	(208)

第九篇 介入 CT

第一章	介入 CT 的器械	(220)
第二章	诊断性介入 CT	(222)
第一节	胸部疾病 CT 导向穿刺活检	(222)
第二节	腹部疾病 CT 导向穿刺活检	(223)
第三节	骨骼与肌肉的 CT 导向穿刺活检	(226)
第四节	脑部 CT 导向穿刺活检	(226)
第三章	治疗性介入 CT	(228)

第一篇 总 论

利用 X 线进行计算机体层摄影术,即 computed tomography,简称 CT。它是由亨斯菲尔德(Hounsfield) 1969 年发明,1972 年公布于世的重大科技成果,是自 1895 年伦琴(Röntgen)发现 X 线后又一次重大医学技术革新。与普通 X 线相比较,CT 的密度分辨率高,能识别组织间微小的密度差异;CT 的解剖学图像是真正的体层图像,可直接显示常规 X 线检查所无法观察到的结构和病变。20 多年来的临床实践证明:CT 已成为现代医学不可缺少的诊断工具,对疾病的诊断与鉴别诊断、治疗与疗效观察均有重要意义。为此,Hounsfield 获得了 1979 年诺贝尔医学生理学奖。

第一章 CT 的原理与结构

第一节 CT 的基本结构

CT 的主要结构包括两大部分,即 X 线体层扫描装置和计算机系统,前者包括 X 线发生器(变压器与 X 线管)与探测器(接受与检测穿过人体的 X 线);后者包括数据采集系统、中央处理系统、磁盘机与操作台等。图像显示器与照相机等则属于附属设备。

X 线管和探测器分别安装于能够旋转的扫描机架上,位于被扫描人体的两侧,方向相对。当 X 线穿过人体某一层面时,未被人体吸收的剩余 X 线即被对应的探测器所接收,并变成模拟信号,通过模/数转换,变成数字信号,输入计算机的中央处理系统;处理后的结果再送入磁盘贮存或经过数/模转换处理后经显示器显示图像,并由照相机摄片后以供医生诊断(图 1-1)。

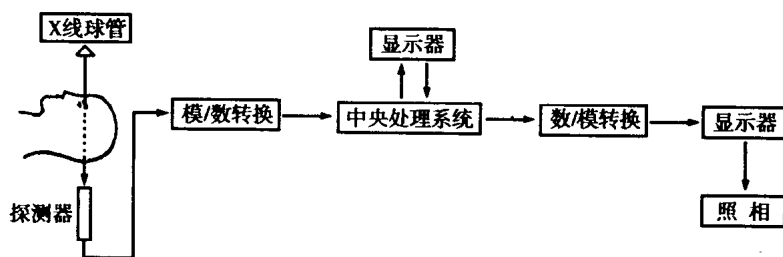


图 1-1 CT 的基本结构

第二节 CT 的工作原理

CT 利用人体的正常或异常组织对 X 线的吸收能力不同这一特性,将人体某一选定层面分成许多立方形小块(256×256 或 512×512 个体素)。旋转发射的 X 线对这些体素进行扫描后可测出每一体素的 X 线吸收值(CT 值),再经数/模转换,使各个体素不同的 CT 值变成相应像

素的不同灰度,即为该扫描层面不同密度的黑白图像。事实上,CT 扫描每一个平面所得出的 CT 值常在数万至数十万之间,运算相当复杂,图像重建方法也有许多种(如直接法、单纯法、逐次近似法、Fourier 法等),因涉及的数学原理和公式繁多,在此不作叙述。

第二章 CT 图像的显示和影响因素

第一节 CT 图像的显示

CT 将扫描层面中的每个像素转变成为不同灰度(灰阶)的相应光点,显示于监视屏上,就成了受检层面的 CT 图像。显然,在同一显示平面上,像素的数目愈多,像素愈小,图像就愈细致,愈清晰;反之,像素愈大,数目愈小,图像质量就差而模糊。像素的多少取决于矩阵(matrix)的大小。目前 CT 机的矩阵多为 $240 \times 240 = 57\,600$, $256 \times 256 = 65\,536$ 或 $512 \times 512 = 262\,144$ 等,其乘积为每个矩阵所包含的像素数。

第二节 影响因素

一、CT 值

X 线透射人体时会发生光电吸收与康普顿效应,从而使 X 线能量被吸收减弱。每种组织对 X 线的吸收系数又称衰减系数(值),计算繁杂。为了计算方便,Hounsfield 对 X 线吸收系数的表达方式作了调整,即把水的 CT 值定为 0,则空气为 $-1\,000$,致密骨为 $+1\,000$,人体组织的 CT 值就在 $\pm 1\,000$ 内变化,分为 2 000 个相对单位,这个相对单位称为 CT 值,用 Hu 表示。CT 值(CT number)表示 X 线衰减系数。对 X 线吸收能力大,线性衰减系数大,CT 值也就大,相应的组织密度高;反之,CT 值小,密度就低。CT 值反映不同组织的 X 线衰减系数,是以水为 0 的相对值而并非绝对值。计算公式如下:

$$\text{CT 值(Hu)} = \frac{\mu_X - \mu_W}{\mu_W} \times 1\,000$$

上式表示 CT 值与吸收系数之间的关系,式中 μ_X 为人体 X 线吸收系数, μ_W 为水的 X 线吸收系数。例如,人体软组织 CT 值为 40 Hu 左右,新鲜血液约 50 ~ 60 Hu,钙化灶约为 200 Hu,脂肪约为 $-80 \sim -100$ Hu。必须指出,CT 值不是绝对数,可受多种因素影响,如 X 线机型、管电压、外周环境等。

二、窗宽与窗位

CT 能识别人体内 2 000 个不同灰阶的密度差别,而人的眼睛却只能分辨 16 个灰阶度。因此,人眼在 CT 图像上能分辨的 CT 值应为 125 Hu($2\,000/16$)。换句话说,人体内不同组织 CT 值只有相差 125 Hu 以上,才能为人眼所识别。人体软组织 CT 值多变化在 20 ~ 50 Hu 之间,人眼就无法识别。为此,必须进行分段观察,才能使 CT 的优点反映出来。观察的 CT 值范围,人们称之为窗宽(window width);观察的中心 CT 值即为窗位(window level)或窗中心(window center)。

(一)窗宽

指 CT 图像所显示的 CT 值范围。在此 CT 值范围内的组织结构按其密度高低从白到黑分为 16 个灰阶以供观察对比。例如,窗宽选定为 100 Hu,则人眼可分辨的 CT 值为 $100/16 = 6.25$

Hu, 即 2 种组织 CT 值相差在 6.25 Hu 以上者即可为人眼所识别。因此,窗宽的宽窄直接影响图像的清晰度与对比度。如果使用窄的窗宽,则显示的 CT 值范围小,每一灰阶代表的 CT 值幅度小,对比度强,适于观察密度接近的组织结构(如脑组织)。反之,如果使用宽的窗宽,则显示的 CT 值范围大,每一灰阶代表的 CT 值幅度大,则图像对比度差,但密度均匀,适于观察密度差别大的结构(如骨与软组织)。

(二)窗位(窗中心)

指窗宽范围内均值或中心值。比如一幅 CT 图像,窗宽为 100 Hu,窗位选在 0 Hu;则以窗位为中心(0 Hu),向上包括 + 50 Hu,向下包括 - 50 Hu,凡是在这个 100 Hu 范围内的组织均可显示出来并为人眼所识别。凡是大于 + 50 Hu 的组织均为白色;凡是小于 - 50 Hu 的组织均为黑色,其密度差异无法显示。人眼只能识别 ± 50 Hu 范围内的 CT 值,每一个灰阶的 CT 值范围是 $100/16 = 6.25$ Hu。原则上说窗位应该等于或接近需要观察的 CT 值;窗宽应能反映该组织或病变的 CT 值变化范围。常见部位窗宽与窗位应用参考见表 1-1。

表 1-1 各部位 CT 扫描窗宽与窗位应用技术参考条件(Hu)

部 位	窗 位	窗 宽
肺	- 500 ~ - 750	1 000 ~ 2 000
纵隔	30 ~ 50	300 ~ 600
肝、胆、胰	30 ~ 45	200 ~ 300*
肾	30 ~ 35	300 ~ 350
肾上腺	10 ~ 30	300 ~ 500
盆腔	10 ~ 35	300 ~ 500
脑、脊髓	30 ~ 50	300 ~ 600
椎间盘	80 ~ 100	450 ~ 600
骨骼	500 ~ 800	1 000 ~ 2 000

* 肝可使用窄窗宽 40 ~ 150 Hu 以观察细小病变

三、空间分辨率与密度分辨率

(一)空间分辨率

指区分 2 个相邻物体最小距离的能力。它取决于像素大小与 X 线光子数。像素越小,光子数越多,则图像越清晰,空间分辨率越高。

(二)密度分辨率

指区分不同组织密度差异的能力,又称对比分辨率,通常指图像黑白对比度。密度分辨率也与像素大小和 X 线光子数有关,当像素变小(矩阵数增大)时,密度分辨率下降;当 X 线量增大时,则密度分辨率提高。

(三)空间分辨率与密度分辨率的关系

二者是一对相互制约的因素。CT 空间分辨率是在密度分辨率大于 10% 时所能显示的最小细节,一般为像素的 1.5 倍。为了提高空间分辨率,需要增大矩阵;但每一个像素的 X 线量又相对减少,密度分辨率必然要下降。为此需要增大 X 线量进行补偿。但是, X 线量又不可能无限制地扩大(受机器容量与人体接受 X 线量的允许范围所制约)。因此要提高空间分辨率,必然要牺牲密度分辨率。二者如何形成最佳配合,则需要根据不同部位与不同组织而定。例如,对于脑部疾病的诊断,因正常脑组织密度差异小,应该使用小的矩阵(256 × 256),以提高密

度分辨率;而对于脊椎与中耳等处,组织密度差异大,可使用较大的矩阵(512×512),以提高空间分辨率,便于观察细微的解剖结构。

一般来说,CT 图像空间分辨率不如 X 线平片高,但密度分辨率则比 X 线平片高得多。随着 CT 机器性能的提高与改进,空间分辨率与密度分辨率也在提高。

四、部分容积效应

又称体积效应或体积平均值效应。像素是 CT 图像的最基本单位,但是与像素相对应的体素有时并非由一种密度组织结构所构成。因此,该像素的 CT 值乃是不同组织的平均值,它不能如实反映其中任何一种物质的 CT 值,人们称这种物理现象为部分容积效应。例如,测得高密度(骨)中的低密度灶,CT 值因有骨的影响,必然偏高。相反,测量低密度组织(肺)中的高密度灶,CT 值必然因肺的影响而偏低。为了克服部分容积效应的影响,可用薄层 CT 扫描(层厚小于 3 mm)予以克服。

五、伪影

指的是被扫描物体并不存在,而出现于 CT 图像上的各种假性阴影。病人的移动或生理运动(肠蠕动、心跳等)所致伪影,称之为运动伪影;病人体内金属异物(义齿、银夹等)可导致高对比伪影;人体内高密度组织与低密度组织相邻,可出现射线硬化伪影;机器故障也可形成环形伪影。

六、噪声

影响密度分辨率的主要因素是 CT 扫描过程中产生的噪声,噪声的大小与图像质量呈负相关。噪声误差较大的图像,因像素的 CT 值误差较大,可产生雪花样斑点,影响诊断。噪声的来源较多,探测器的种类与质量、电子线路元件、X 线散射性、机械性能等都是噪声的来源。例如,X 线管电流越大,噪声越小;探测器的转换率越高,噪声也就越低;重建矩阵大,像素小,噪声也小。噪声水平可用标准差 STD 来测量,如某一感兴趣区(ROI)测量一个 10 mm 层厚的水模,10 mm $\times$ 10 mm 图像的 STD 应小于 10。一般规定 CT 值和 STD 值的误差应在 ± 5 的范围内。

第三章 CT 机的发展

由于 CT 机的构造、性能与扫描方式各有不同,现根据它们的发展次序分为 5 代:

1. 第 1 代 单个探测器平移、旋转式扫描机。X 线管发出很细的 X 线束(铅笔芯状),穿过人体,经衰减后为探测器所接受,每 1° 角平移扫描 1 次,直至旋转 180° 为止,每次扫描时间长达 5 min 以上。因为扫描速度慢,采集数据少,图像质量差,现已废弃。

2. 第 2 代 多探测器平移旋转式扫描机。多探测器代替单一探测器,扇形 X 线束代替笔形线束,从而缩短了扫描时间,每次扫描时间为 6 ~ 20 s。但是,由于人体内生理运动,伪影太多,仅能用于颅脑 CT 扫描,现已废弃。

3. 第 3 代 多探测器旋转、旋转式扫描机。X 线管发射出较宽的扇形 X 线束(30° 以上),超过人体宽度,并为数百乃至上千个探测器所接收。X 线管与探测器同步旋转运动。每次扫描时间缩短到 5 s 以内,伪影减少,图像质量明显提高。适用于包括颅脑在内的全身 CT 扫描机,是目前通用机型。

4. 第 4 代 多探测器固定而 X 线管旋转式扫描机。将 1 000 ~ 2 000 个探测器排列成一周圈,X 线管在内作 360° 旋转,扫描速度提高至 2 s 一层,伪影消失,图像质量提高。

5. 第 5 代 超快速 CT 扫描机(ultrafast computed tomography, UFCT)。由电子枪发射高速电子束,经电磁线圈聚焦,再经偏转线圈改变方向,并进行旋转后投射到机架(病人)下方 4 排 216° 的靶环上,产生 X 线束,对病人进行 CT 扫描,并由两排数百个探测器所接收,这些探测器也排列成 216° 环,与靶环相对。因有 4 个靶环和 2 排探测器,做一次扫描可产生 8 幅图像,扫描时间为 50 ms,间隔时间为 8 ms,在 1 s 内可进行 17 次扫描。UFCT 具有 CT 电影功能,适用于心脏、冠状动脉检查,特别是儿童、意识不清的患者尤为方便。缺点是价格昂贵,图像质量没有突出优点,部分功能可以用螺旋 CT 机取代,限制了它的发展和普及。

6. 螺旋 CT 扫描机 滑环式螺旋 CT 扫描机是 20 世纪 90 年代兴起的一种新机型。普通的第 3 代或第 4 代扫描机需用电缆连接 X 线管和探测器,进行扫描工作时电缆和机架一起旋转,范围不超过 540° 。下一次扫描就要反方向旋转,限制了扫描与成像时间,不能进行整个体段的容积扫描。直至 20 世纪 80 年代末,人们设计出机架脱离电缆进行滑环式扫描,这使 CT 机发展获得了突破性进展。当今推崇的螺旋 CT 扫描机虽然属于第 3 代扫描模式,但可以进行整个体段的连续扫描,可不停地移动病人进入扫描机架内作螺旋轨迹体段数据采集。因获取了体段的所有像素数据,可以如同 MRI 一样进行任意方向层面的图像重建。可以进行三维立体重建、CT 血管造影及模拟内镜检查,使 CT 机的发展又上了一个新的台阶。螺旋 CT 扫描机的主要优点是扫描速度快,节省造影剂用量,避免了层面与层面之间的病灶遗漏,扩大了 CT 检查范围,是当今 CT 机发展的主流。