



# 胸部 CT 诊断学

殷泽富 主编

山东科学技术出版社

# 胸部 CT 诊断学

殷泽富 主编

山东科学技术出版社

主 编 殷泽富  
副 主 编 张忻宇 张传玉  
编 者 殷泽富 张忻宇 张传玉 王学淳  
张 通 杨祖文 王振光 刘红光  
摄 影 李克瑞

责任编辑 陈 刚  
终 审 刘韶明

## 胸部 CT 诊断学

殷泽富 主编

\*

山东科学技术出版社出版发行  
(济南市玉函路 邮政编码 250002)  
山东荣成市印刷厂印刷

\*

787×1092毫米 16开本 14.5印张 18插页 320千字  
1996年8月第1版 1996年8月第1次印刷  
印数:1—4000

ISBN7-5331-1640-2  
R·478 定价 38.50元

## 前 言

CT 在胸部的应用较颅脑晚若干年,并且应用范围受到一定限制。这主要由于早期的 CT 机扫描速度慢,难以克服呼吸和心脏搏动引起的伪影。但以后随着 CT 机技术性能的提高,CT 在诊断胸部疾病中的应用范围日益扩大,尤其是超高速螺旋 CT 的问世使胸部 CT 诊断技术迅速发展,成为胸部疾病的重要影象诊断方法。同时,有关胸部 CT 诊断的研究成果迅猛增加,不论是检查技术,还是对各种疾病 CT 表现的认识都有突破性进展。总结已经取得的成果,促进胸部 CT 诊断水平的提高是编写本书的主要动机。

本书是在总结大量确诊病例及临床经验教训的基础上,参考国内外文献编写而成。适于 CT 或放射科医师、CT 检查技术人员、与胸部疾病有关的临床医师及影象系学生应用。本书在内容上力求反映 90 年代 CT 发展的最新成果。在分析疾病的 CT 表现时尽可能与病理基础相联系,并对 CT 表现的诊断价值给予评价,以加深对 CT 征象的理解。在编排上以解剖部位和 CT 影象特征为基础进行分类,以便于鉴别诊断时分析比较。除常见病外,书中尚列入了部分罕见和少见病。此外,对少数处于研究或试验阶段的 CT 诊断技术作了简单介绍,可供科研时参考。

由于作者水平所限,书中难免存在某些缺点、错误,敬请读者批评指正。

殷泽富

1995 年 11 月

# 目 录

第一章 总论 .....	1	淋巴管瘤 .....	40
第一节 CT 对胸部疾病的诊断价值与限度 .....	1	间质性肿瘤 .....	40
第二节 CT 图象的特点 .....	2	支气管囊肿 .....	41
第三节 影响 CT 图象的因素 .....	4	食管囊肿 .....	42
第二章 检查方法 .....	7	神经源性肿瘤 .....	42
第一节 扫描方法 .....	7	副神经节瘤 .....	43
第二节 技术参数 .....	8	髓外造血症 .....	43
第三节 造影剂 .....	9	脊膜膨出 .....	43
第三章 正常胸部的 CT 表现 .....	13	神经性肠囊肿 .....	44
第四章 CT 诊断的基本原理 .....	15	第五节 纵隔炎症 .....	44
第一节 CT 诊断的基本步骤 .....	15	急性纵隔炎 .....	44
第二节 病变基本性质的分析原则 .....	17	慢性纵隔炎 .....	45
第三节 胸部基本病变的 CT 表现 .....	19	第六节 其他纵隔病变 .....	45
第五章 纵隔疾病 .....	20	纵隔积气 .....	45
第一节 检查指征与方法 .....	20	纵隔内出血 .....	45
第二节 纵隔解剖与 CT 表现 .....	21	第七节 纵隔肿块性病变的鉴别诊断 .....	46
第三节 胸内淋巴结与淋巴结肿大性病 变 .....	26	第六章 肺支气管疾病 .....	51
正常解剖与 CT 表现 .....	26	第一节 检查指征与方法 .....	51
恶性淋巴瘤 .....	27	第二节 正常解剖与 CT 表现 .....	53
淋巴结转移瘤 .....	29	第三节 先天性肺支气管疾病 .....	59
纵隔淋巴结核 .....	30	肺不发育和发育不全 .....	59
结节病 .....	30	肺隔离症 .....	60
矽肺引起的淋巴结肿大 .....	31	先天性大叶肺气肿 .....	61
淋巴血管滤泡增生 .....	31	先天性肺支气管源性囊肿 .....	61
其他原因的淋巴结肿大 .....	31	先天性支气管闭锁 .....	62
第四节 纵隔肿瘤和肿瘤样病变 .....	31	先天性囊腺瘤样畸形 .....	63
脂肪瘤与含脂肪组织的肿块 .....	32	先天性支气管扩张 .....	64
甲状腺肿瘤与甲状腺肿大 .....	33	第四节 肺不张 .....	64
甲状腺癌和甲状腺增生 .....	35	第五节 肺气肿 .....	69
胸腺肿瘤与肿瘤样病变 .....	36	第六节 肺弥漫性病变 .....	72
生殖细胞瘤 .....	38	第七节 肺水肿和肺出血 .....	76
		肺水肿 .....	76
		肺出血 .....	78
		第八节 肺炎和肺脓肿 .....	79

大叶性肺炎 .....	79	韦氏肉芽肿 .....	120
支气管肺炎(小叶性肺炎) .....	80	第十节 白塞氏综合征 .....	121
急性间质性肺炎 .....	82	第十一节 胸部淀粉样变 .....	122
肺脓肿 .....	84	第十二节 尘肺 .....	123
血源性肺脓肿 .....	85	石棉肺 .....	123
肺炎性假瘤 .....	86	矽肺 .....	124
第九节 慢性肺泡疾病 .....	86	煤尘肺 .....	125
肺泡蛋白沉着症 .....	87	第十三节 细支气管炎 .....	126
肺泡微石症 .....	87	弥漫性全细支气管炎 .....	126
类脂质性肺炎 .....	88	伴机化性肺炎的闭塞性细支气管炎 .....	126
第十节 肺结核 .....	89	第十四节 成人呼吸窘迫综合征 .....	126
原发性肺结核 .....	93	<b>第八章 肺肿瘤</b> .....	128
继发性肺结核 .....	95	第一节 孤立性肺结节 .....	128
第十一节 肺部非典型分支杆菌病 .....	97	第二节 肺良性肿瘤与肿瘤样结节 .....	131
第十二节 肺部霉菌感染与蕈状菌病 .....	98	脂肪瘤 .....	131
肺部霉菌病 .....	98	错构瘤 .....	132
蕈状菌病 .....	98	血管瘤 .....	132
第十三节 气管、支气管疾病 .....	99	软骨瘤 .....	133
先天性气管狭窄 .....	99	第三节 支气管腺瘤 .....	133
气管、支气管巨大症 .....	100	第四节 肺癌 .....	134
复发性多软骨炎 .....	100	第五节 特殊类型肺癌 .....	141
支气管结石 .....	101	细支气管肺泡癌 .....	141
气管、支气管淀粉样变性 .....	101	胶样癌 .....	143
粘液嵌塞症 .....	102	肺上沟癌 .....	143
气管、支气管异物 .....	103	第六节 CT 对肺癌分期的价值 .....	143
囊性纤维化 .....	103	第七节 CT 对于肺癌复发的诊断价值 .....	145
支气管扩张 .....	104	第八节 肺非上皮性恶性肿瘤 .....	145
支气管结核 .....	105	肺肉瘤 .....	145
慢性支气管炎 .....	106	肺部淋巴瘤 .....	145
气管肿瘤 .....	107	恶性纤维组织细胞瘤 .....	146
<b>第七章 慢性间质性肺病</b> .....	109	第九节 肺部转移瘤 .....	146
第一节 间质性肺病的影象分析 .....	109	血源性转移瘤 .....	146
第二节 特发性肺间质纤维化 .....	110	淋巴道转移瘤 .....	147
第三节 结节病 .....	112	肺子宫内膜异位症 .....	147
第四节 肺淋巴管平滑肌瘤病 .....	114	<b>第九章 胸部损伤和肺栓塞</b> .....	148
第五节 肺组织细胞病 X .....	115	第一节 胸部钝性外伤 .....	148
第六节 过敏性肺炎 .....	116	第二节 放射性肺损伤 .....	149
第七节 淋巴细胞性间质性肺炎 .....	117	第三节 药物诱导性肺部损伤 .....	150
第八节 血管免疫母细胞性淋巴结病 .....	118	第四节 肺切除术后的胸腔变化 .....	150
第九节 结缔组织病 .....	119	第五节 肺扭转 .....	151
类风湿性肺病 .....	119		
系统性红斑狼疮 .....	120		

第六节 肺栓塞 .....	152	第五节 食管癌 .....	187
<b>第十章 心脏和胸部大血管疾病</b> .....	154	第六节 CT 在食管癌分期中的价值与 限度 .....	189
第一节 检查指征与方法 .....	154	第七节 胃底贲门癌 .....	190
第二节 正常解剖与 CT 表现 .....	155	<b>第十二章 胸膜疾病</b> .....	192
第三节 心脏疾病 .....	156	第一节 检查指征与方法 .....	192
心脏功能异常 .....	157	第二节 正常解剖与 CT 表现 .....	192
心肌病变 .....	158	第三节 胸膜病变的 CT 分析 .....	193
先天性心脏病和瓣膜病变 .....	160	第四节 胸腔积液 .....	194
心肌含铁血黄素沉着症 .....	162	第五节 胸膜肥厚和钙化 .....	195
心脏肿瘤 .....	162	第六节 脓胸 .....	195
第四节 心包疾病 .....	164	第七节 胸膜结核 .....	196
先天性心包异常 .....	164	第八节 支气管胸膜瘘与化脓性病变 .....	197
心包积液 .....	166	第九节 胸膜肿瘤 .....	198
心包增厚与钙化 .....	167	胸膜间皮瘤 .....	198
心包炎 .....	167	胸膜转移性肿瘤 .....	200
心包肿瘤 .....	169	第十节 石棉肺的胸膜改变 .....	200
第五节 主动脉疾病 .....	170	第十一节 气胸 .....	201
胸主动脉及其分支先天性异常 .....	171	<b>第十三章 胸壁疾病</b> .....	203
胸主动脉瘤 .....	173	第一节 检查指征与方法 .....	203
冠状动脉搭桥术后 .....	177	第二节 正常解剖与 CT 表现 .....	203
第六节 胸腔静脉疾病 .....	179	第三节 胸壁先天性异常 .....	204
先天性异常 .....	179	第四节 胸壁骨肿瘤 .....	205
静脉梗阻与血栓形成 .....	180	第五节 胸壁软组织肿瘤 .....	206
第七节 肺血管疾病 .....	180	第六节 乳房疾病 .....	206
先天性异常 .....	180	<b>第十四章 CT 介入技术和肿瘤治疗 计划</b> .....	209
肺静脉曲张 .....	181	第一节 CT 导向经皮穿刺活检 .....	209
肺动脉狭窄 .....	181	第二节 CT 导向经皮引流术 .....	211
<b>第十一章 食管疾病</b> .....	182	第三节 CT 在制定肿瘤治疗计划中的 应用 .....	213
第一节 检查指征与方法 .....	182	<b>主要参考文献</b> .....	215
第二节 正常解剖与 CT 表现 .....	183		
第三节 非肿瘤性疾病 .....	184		
第四节 良性肿瘤 .....	186		

# 第一章 总 论

CT 应用于临床工作以来, 早期即已广泛用于颅脑和腹部疾病的诊断, 而胸部疾病诊断应用相对较少。80 年代中期以后, 随着 CT 技术的进步, CT 在胸部疾病的诊断中应用日益广泛, 尤其是电影 CT 和超高速螺旋 CT 以及高分辨率扫描技术的应用, 进一步扩大了 CT 在胸部疾病诊断中的应用范围。

## 第一节 CT 对胸部疾病的诊断 价值与限度

### 一、CT 对胸部疾病的诊断价值

#### (一) 纵隔疾病的诊断

纵隔因缺乏天然对比, 普通胸片或体层检查难以分辨纵隔内器官或组织的确切界限及其内部的密度差别, 多数病变只有引起纵隔轮廓改变, 或突出于纵隔轮廓之外时才能在普通 X 线上发现。CT 具有高密度分辨率, 对纵隔脂肪组织内数毫米大小的淋巴结或其他病灶即能显示。横断面 CT 图象常可准确显示病变的解剖部位及其与邻近结构的关系。纵隔脂肪瘤、血肿及部分畸胎瘤通常可据其在 CT 图象上的特征性密度改变做出定性诊断。CT 能显示部分神经源性肿瘤的椎管外、椎管内及椎间孔部分, 有助于定性诊断。增强扫描可明确区分血管性与非血管性、囊性与实质性肿块, 肿块内有无坏死、囊变、出血等情况, 缩小鉴别诊断范围。

#### (二) 肺部疾病的诊断

1. 发现隐蔽部位病变 肺尖区、心后区、膈上区、膈肌后、纵隔旁、胸膜下及气管内等部位由于图象重迭或对比度较差, 当病灶直径小于 2~3cm 时在胸片上难以发现, 这些部位在普通 X 线上称作隐蔽区。而 CT 为横断面图象, 没有重迭并且密度分辨率较高, 直径 2mm 大小的结节病变即可显示, 对发现隐蔽部位病变的敏感性显著高于普通 X 线检查。

2. 确定肺癌分期 CT 能准确显示肺门、纵隔淋巴结肿大的部位和程度, 确定肿瘤与纵隔结构或胸壁的关系, 以及有无胸内转移等情况, 对确定肺癌分期, 选择治疗方案有着重要意义。

3. 弥漫性间质性肺病的诊断 高分辨率 CT 扫描可显示次级肺小叶的结构改变及病变在小叶内的分布特征, 对弥漫性间质性肺病的诊断具有重要价值。多数病变可明确诊断或提示诊断, 部分病变可缩小鉴别诊断范围。

4. 支气管扩张的诊断 薄层 CT 扫描对诊断支气管扩张的敏感性和准确性与支气管造影相近。对于确定支气管扩张的部位、范围、程度及分型都比较准确。对非手术治疗者可代替支气管造影。

#### (三) 心脏大血管疾病的诊断

在心脏大血管疾病中, CT 最早用于夹层动脉瘤的诊断, 多数病例可确诊, 与主动脉造影有互补作用。对假性动脉瘤的诊断优于其他影象技术。CT 横断面图象对发现大血管先天性异常极为有利, 静脉



造影连续动态扫描多数病例可确立诊断。CT 对心脏和心包肿瘤的诊断价值与 MRI 相似, 而优于其他影象检查技术。对心包炎的诊断, CT 在各种影象检查技术中是最佳方法, 不仅能敏感地发现少量心包积液或轻度心包肥厚, 而且通过增强扫描显示心包膜有无强化, 可区分炎性与非炎性心包积液。此外, 电影 CT 和超高速螺旋 CT 对心肌病变和先天性心脏病, 以及冠状动脉搭桥术后的随访观察也有重要诊断价值。

#### (四) 胸部其他疾病的诊断

CT 对诊断胸膜病变的敏感性和准确性高于其他影象技术。尤其对区分胸膜、胸膜下肺组织或胸膜外病变的准确性较高。发现胸腔积液的敏感性极高, 胸腔内 100ml 积液即可在 CT 上显示, 对新发生的胸腔积血可确诊。CT 可明确显示胸壁病变与周围组织的关系 (如推移或浸润), 确定某些病变的特殊来源 (如骨源性、脂肪性)。可确定食道病变与周围结构的关系, 以及恶性肿瘤对纵隔结构的侵犯。CT 对确定邻膈肌病变是来自膈上、膈肌或膈下亦有重要价值, 多数病变可明确诊断。

#### 二、CT 诊断胸部疾病的局限性

由于 CT 空间分辨率较低, 除横断面以外的各平面图象重建质量差以及平均容积效应等因素, CT 诊断胸部疾病有其局限性, 表现在: ①小病灶由于平均容积效应的影响, 其 CT 密度与实际相差较大, 因而不能真实反映病变的特征。薄层扫描虽有一定帮助, 但仍不能完全消除这种影响。②密度相差较大的相邻结构边缘失真或变形对诊断有一定影响。③横断面以外各平面图象重建质量较差, 使 CT 在这些轴线上不能准确分辨病灶的边界。④CT 对气管、支气管和食道粘膜病变的敏感性极低。⑤由于扫描时呼吸不均匀, 有时可使某些

病变所在层面漏扫, 造成漏诊。

## 第二节 CT 图象的特点

与普通 X 线相比, CT 的主要特点为横断面成象和高密度分辨率。CT 图象清晰, 没有重迭, 从而克服了普通平片的影象重迭问题和普通体层影象模糊的缺陷。形成这一差别的主要原因是由于 CT 与普通 X 线的成象原理不同。普通 X 线为直接成象, 而 CT 为电子计算机控制的数字成象。为正确理解 CT 图象特点, 应简单介绍一下 CT 的成象原理。

### 一、CT 的成象原理

CT 机包括计算机控制系统和扫描装置, 后者主要由 X 线球管、探测器及扫描床构成。X 线球管和探测器跨过被扫描物体。每一次扫描都可获得一系列读数。X 线球管发出 X 线到被扫描物体并被吸收, 透过的光子由被扫描物体后的探测器吸收。同时用一参考探测器记录 X 线球管的射线强度。透过的射线和参考射线都被分别转变成电流信号, 即所谓的光电转换。这些电流作为扫描信息输入计算机, 然后这些输出的电流由模/数转换器转换成数字, 这一系列数字被排列成行与列, 即数字矩阵, 储存于磁盘中。不同的扫描机有不同的数字矩阵, 从  $160 \times 160$  到  $512 \times 512$  个不等。矩阵中每个数字表示单位容积的吸收系数 (或称衰减系数), 即象素。然后, 这些吸收系数经数/模转换器于阴极射线管 (CRT) 显示器上显出该层面的 CT 图象, 也就是通过计算机应用适当的程序重建了该层面的图象, 也可用快速打印机将各个吸收系数印出, 成为数字矩阵。

### 二、分辨率

分辨率是反映图象特点的重要参数。密度分辨率、空间分辨率和时间分辨率是

评价图象功能的三个重要因素。

### (一) 密度分辨率

密度分辨率也叫做对比分辨率，表示区分密度差别的程度。CT 的密度分辨率大大超过了普通 X 线照片的密度分辨率，能分辨出吸收系数 0.1%~0.5% 的差异。

影响密度分辨率的主要因素是层厚和所检测的光子数。层厚减小而不增加射线剂量会降低密度分辨率，而增加光子流（剂量）会改善密度分辨率。

### (二) 空间分辨率

空间分辨率是指分辨细线状结构的能力。通常用所能分辨每 cm 内的线对数 (LP/cm) 来表示。普通 CT 图象的空间分辨率只有 6.25LP/cm，高分辨率 CT 可达 10LP/cm，但仍低于普通 X 线。空间分辨率由扫描装置的性能所决定，如探测器的孔径数、分辨滤过效果、象素大小等。但扫描参数和图象重建方法可影响 CT 空间分辨率。薄层扫描、高空间分辨率算法（如骨算法）重建、靶重建可使象素缩小，从而使空间分辨率有所提高。

### (三) 时间分辨率

时间分辨率是探测系统产生预定质量的图象所需要的时间长度，与之类似的概念为探测系统在很短的间隔期内重复检查的能力。时间分辨率的一个限制因素是由 X 线球管造成的，在大部分现代 CT 机中，球管受到的负荷较普通 X 线检查大得多。

## 三、CT 值

CT 的一个重要优点就是密度分辨率高，大大超过了普通 X 线照片的密度分辨率，能分辨出密度差别很小的组织。为了明确表示组织密度的大小，引入了 CT 值。

### (一) CT 值的概念

CT 值表示所测量的每个单位容积的所有吸收值的数学平均数。计算机对从多个方向扫描所得的信息进行计算，得出每

个单位容积的 X 线吸收系数 ( $\mu$  值)，再将这个  $\mu$  值换算成 CT 值，作为表示组织密度的统一单位。

### (二) CT 值的单位与计算

CT 值的计算公式如下：

$$\text{CT 值} = \frac{\mu - \mu_w}{\mu_w} \times \alpha$$

$\mu$  表示所测组织的衰减系数， $\mu_w$  为水的衰减系数， $\alpha$  为分度因数，等于 1000。采用亨氏单位，CT 值的符号为 Hu。

$\mu_w = 1$ ； $\mu_b$  表示骨的衰减系数，为 1.9~2.0； $\mu_a$  表示空气的衰减系数，为 0.0013 $\approx$ 0。将上述衰减系数分别代入 CT 值计算公式，可分别计算出水、骨、空气的 CT 值。

$$\begin{aligned} \text{水的 CT 值} &= \frac{\mu_w - \mu_w}{\mu_w} \times 1000 \\ &= \frac{1 - 1}{1} \times 1000 \\ &= 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{骨的 CT 值} &= \frac{\mu_b - \mu_w}{\mu_w} \times 1000 \\ &= \frac{2 - 1}{1} \times 1000 \\ &= +1000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{空气的 CT 值} &= \frac{\mu_a - \mu_w}{\mu_w} \times 1000 \\ &= \frac{0 - 1}{1} \times 1000 \\ &= -1000 \end{aligned}$$

将人体组织的 CT 值界限定为 2000 个分度，上界为骨的 CT 值，为 +1000Hu，下界为空气的 CT 值，为 -1000Hu。CT 值每变化一个 Hu，相当于 0.1% 衰减系数的变化。

CT 值并不是绝对不变的数值，与 X 线管电压有关，是指某扫描所用电压下的 CT 值。因此，在比较不同 CT 装置所得同一组织的 CT 值时，应了解所用的管电压，否则会出现错误。某一正常或病理组织的

CT 值还受部分容积效应的影响。

### (三) CT 值的测定

在图象上测定 CT 值的范围可大可小,甚至可测出小到象素的 CT 值,从而使人体组织微小的密度差得到灵敏的定量分析。

测定 CT 值时要注意:①既要测定病变部位,也要测定正常部位的 CT 值,以便进行对比;②测定 CT 值要选定病变有代表性的部位,如病变密度大致均匀,应分别在中央区 and 边缘区选点测定,如病变为囊实性则应同时测定囊性和实性部分;③测定时要避开有伪影的部位;④要选择适当大小的测定范围,以免在病变密度不均时所选范围过大造成标准差增大,致所测 CT 值不能反映病变各个部位的特征;⑤如果同时作了平扫及增强扫描,两者的层厚要一致,测定部位及范围也要一致,以正确显示强化程度。

### (四) CT 值的意义

由 CT 值的计算公式可以看出,CT 值可反映各种组织的 X 线衰减系数,但并不是绝对值,而是以水的 CT 值为 0 的相对值。同时,它又受许多因素的影响,同一组织的 CT 值因受 CT 装置、扫描条件、邻近组织等不同因素的影响而不同。因此,在评价某一病变或正常组织的 CT 值时应考虑到这些因素的影响。

在 CT 诊断中引入 CT 值的概念,从而有可能对病变的密度变化进行定量分析。纯脂肪组织、水、软组织内的钙化或骨化,肝、脾、脑、肾等实质性器官内的新鲜血肿通常可根据其特殊的 CT 值作出明确诊断。然而,多数组织的 CT 值之间互相重叠,故 CT 值不能作为判断组织成分的绝对依据。

## 第三节 影响 CT 图象的因素

### 一、窗宽与窗位

#### (一) 窗宽与窗位的概念

人体组织的 CT 值范围有 2000 个分度(有的设备可达 4000 个分度),而人眼的分辨率是有限的,仅能分辨 16 个灰阶。如在 CRT 上用 2000 个不同灰阶来表达这 2000 个分度,则图象层次多,人眼无法观察。如 CRT 上的图象由这 16 个灰阶来反映全部 2000 个分度,则人眼所能分辨的 CT 值是  $2000 \div 16 = 125\text{Hu}$ 。两种组织的 CT 值差别小于  $125\text{Hu}$ ,人眼即不能分辨。为了能够观察图象的细节,分辨 CT 值差别较小的两种组织,应采用不同的窗宽来观察 CRT 上的图象。窗宽是指 CRT 图象上所包括的 16 个灰阶的 CT 值范围。如用  $300\text{Hu}$  的窗宽观察,则可分辨的 CT 值为  $300 \div 16$ ,即  $18.75\text{Hu}$ ,两种组织的差别超过  $18.75\text{Hu}$  即可分辨。

窗位是指灰阶的中心点,或叫做窗中心。由于不同组织的 CT 值不同,因此要观察某一组织的细节,应以该组织的 CT 值为中心进行观察。如要观察纵隔软组织,把窗位定在  $+35\text{Hu}$ ,用  $300\text{Hu}$  的窗宽,则 CRT 图象上 16 个灰阶的 CT 值范围为  $-115 \sim +185\text{Hu}$ ,凡 CT 值在此范围的组织可清楚显示。CT 值高于  $+185\text{Hu}$  的组织灰阶与  $+185\text{Hu}$  相同,图象呈白色。CT 值低于  $-115\text{Hu}$  的组织灰阶与  $-115\text{Hu}$  相同,图象呈黑色。凡 CT 值低于  $-115\text{Hu}$  和高于  $+185\text{Hu}$  的组织在图象上均不能确切显示。如要观察骨质、肺组织、胸膜等则需用不同的窗宽与窗位。因此,在同一幅图象上,可通过调节窗宽与窗位观察到不同结构。

#### (二) 调窗原则

为了更好地观察CT图象,获得更多的诊断信息,要针对所要观察的组织适当地调节窗宽与窗位。窄窗宽能减少半影(边缘)效应,并在视觉上增大被观察的结构,增加图象对比;但窗范围以外的组织结构可能显示不充分或被忽略。如用宽窗宽,较小的密度差别人眼不能分辨,因而在视觉上变成了均一性的密度,从而降低了密度分辨率。

### (三) 胸部常用的图象窗

胸部组织的密度差别很大,因此,观察不同结构需用各种不同的图象窗。

1. 软组织窗 窗位20~60Hu,窗宽为250~500Hu。该窗主要用于显示纵隔大血管、心脏、淋巴结、气管、支气管、食管、肺门等结构,亦可观察胸腔、胸壁等软组织。

2. 肺窗 窗位-550~-850Hu,窗宽为1000~1600Hu。该窗主要用于观察肺实质及气管、支气管。

3. 骨窗 窗位150~300Hu,窗宽为1000~3000Hu。该窗用以观察骨质改变。

4. 胸膜窗 窗位0~-200Hu,窗宽为2000~2500Hu。此窗虽然图象对比度较差,但能观察到较多结构,更好地显示胸膜到肺门的过渡区。

另外,利用双窗功能,可同时显示软组织和肺实质。

### 二、伪影

伪影是指在扫描过程中产生的与病变无关的某些异常影象,形成原因概括分为两大类:一类与CT设备有关;另一类与被扫描物体有关,包括身体或器官活动、解剖结构、体内异物和被扫描者体外结构所致的伪影。在诊断过程中,应正确认识和分析不同伪影及其产生的原因,以免造成误诊或漏诊。下面重点介绍与诊断关系比较密切的常见伪影及其形成原因。

### (一) 部分容积效应

CT图象是具有一定厚度的断面图象。某区同一扫描层面内常含有两种或两种以上密度不同、横行走行而又相互重迭的组织,由于射线吸收与象素的吸收系数之平均值成比例,故在该区所测的CT值不能代表其中任何一种组织的CT值,而是数种组织CT值的平均数,该现象即称为部分容积效应。如果病变大于或等于层面厚度,且病变充满整个层面内,所测CT值能如实反映该病变的CT值;如果病变小于层面厚度,病变虽可显示,但由于部分容积效应的影响,所测CT值并不能真实反映该病变的密度特点。病变密度高于周围组织且其厚度小于层面厚度时,则所测CT值比实际小;病变密度低于周围密度且其厚度小于层面厚度时,则所测CT值比实际大。因此,对于小于层厚的病变来说,其CT值可能不准确。如需较准确地测定CT值,则应降低层面厚度。例如软组织密度的肺结节与周围含气肺组织之间差异大,在扫描直径较小的肺结节时,部分容积效应常影响诊断。所以,不能片面强调CT值。降低层面厚度在纵轴上减少了部分容积伪影,但在横断面上结节边缘仍有伪影。因此,最可靠的CT值来自远离组织界面的象素。

### (二) 线束硬化

线束硬化伪影起因于射线通过身体时其低能量光子的优先吸收,在CT机应用的千伏范围内,低能量光子优先吸收。这样,当射线穿过人体时,平均射线光子能量逐渐增加,接近X线行程结束时,X线的吸收比开始时少。但是,重建程序接受单色射线,并把射线强度的任何改变归因于组织成分的改变,而不是平均光子能量转换的结果。这样,此吸收系数出现错误,并且图象上看到的密度也出现错误。组织

深度增加,射线硬度加大。由于较大硬度的线束在每个象素中较少吸收,身体中心的CT值较低。射线硬化在大的吸收区如骨和造影剂表现尤为突出。此效果存在于整个图象中,除有大量硬化(如骨附近)外,通常感觉不到图象上有任何质量差别。这差别可通过应用特殊滤过或应用特殊矫正算法得到补偿。但胸部因每层之间壁厚厚度、纵隔厚度、骨量及肺含气均不相同,故不得用简单方法矫正。

### (三) 脏器运动(呼吸与心搏)

胸部CT扫描中,最常见的伪影为横膈的呼吸运动和心搏。运动降低了空间分辨率,在运动界面切线上,重建的图象产生条状伪影。条状伪影起因于重建算法不能处理接近运动结构边缘所测象素的不一致的吸收值。在CT扫描时,一扇形束必须对经常改变其位置的运动器官作多个切线扫描,因此,投影不再准确地重建于正确的位置上。由于器官运动可歪曲整个投影,所产生的伪影可扩展到整个扫描平面,形成星状条纹的密度干扰。这些区域的伪影显示正性和负性振幅的密度改变。左心室壁因为其强有力的收缩和心壁与邻近的肺之间的高对比,伪影尤为明显。传播到左侧胸腔积液的心脏运动在积液和肺的界面上引起条状伪影。在定位象上,心脏运动导致心影呈波纹状外观,沿左心缘尤为突出。在心脏扫描中,吸收值的变化可类似钙化。通常,这些伪影在不同窗位下均可见到。呼吸运动引起图象模糊,有时引起图象重影,肺血管的重影可误为管壁增厚、扩张的支气管。

病人躯体运动亦可造成伪影,因此,扫描前应教会病人如何屏气,嘱病人不要活动躯体,必要时可增加扫描速度。对小儿、严重外伤或其他不能合作的病人,可使用镇静剂,必要时使用全身麻醉。

### (四) 金属异物

病人体表或体内的金属物如外科夹、起搏器电缆和电极及假瓣膜常引起放射条状伪影。这是因为在图象重建时金属物与周围组织密度差别太大,通过这些物体的投影会改变吸收值的测量,严重者可影响诊断。金属物的运动更进一步加重伪影。因此,扫描前应去除体外金属异物。

### (五) 视野外身体部分

图象重建程序假定所有的X线束的吸收出现于中心视野,如果肩部或身体其他部分伸到此视野外,在重建的图象上就会出现错误,表现为条纹状伪影。胸部扫描时,如病人双手下垂于胸部两侧可形成伪影,在CT图象上表现为双上肢内侧区的密度减低,此时应嘱病人双手抱头再行扫描。

### (六) 设备

1. 环状伪影 单个或多个环状影同时出现,多个环状影同时出现时呈同心圆排列。环状伪影常见于探测器、数模转换器损坏或从探测器至中央计算机信号传递过程中电缆接口的某一部分松脱、探测器漂移、光谱改变等。

2. 条状伪影 指在扫描视野内出现条状高或低密度影,可为一条或多条,平行排列,也可呈不规则排列。条状伪影多为探测器、数模转换器故障和线束硬化所致。采样不足所致者为细条纹,线束硬化所致者为粗条纹。

3. 点状伪影 位于扫描野的中心,实际上为环状伪影的一种特殊表现。另外,还见于球管不在中心位置和CT机使用前未作校准。点状伪影常呈黑或白色点状。

4. 混合状伪影 环状和条状伪影同时出现。产生原因很复杂。

5. 指纹状伪影 在球管极度衰老时出现,一般很少见到。

## 第二章 检查方法

### 第一节 扫描方法

扫描方法需依据所要检查的病变及诊断目的而定。

#### 一、普通扫描

普通扫描亦称平扫，指不施加特殊条件，对病人定位后直接进行扫描，是胸部CT检查的常规方法。

#### 二、增强扫描

增强扫描是指经静脉给予造影剂后再进行扫描。增强扫描主要有两个目的：一是，为增加组织对比度。有些病变平扫时呈等密度（病变密度与周围正常组织密度相同），给予造影剂后，由于病变组织与正常组织内造影剂浓度不同，有可能使对比度增加。二是，为了解病变的血供情况。增强扫描后组织密度较平扫增高称为强化。一般血供丰富、血管床透性较大的组织强化明显，坏死、囊变、出血等由于无血管供应不强化。

#### 三、快速连续扫描

快速连续扫描是对某一兴趣区层面自动作多次快速扫描，扫描次数可预先选择。这种扫描方法有两种用途：一是用作动态研究，记录增强扫描时兴趣区层面某一时相中造影剂浓度的变化，如夹层动脉瘤的CT扫描；二是用来研究心脏某一部位随时间变化的情况，可与心电图相配合。

#### 四、动态扫描（CT血管造影）

首先选择扫描的起始部位和终止部

位，确定层面厚度和其他一切必要的扫描条件，注射造影剂后立即扫描。整个扫描过程自动按确定的部位、条件逐层进行。在扫描结束后再逐一处理和显示图象。此法可用来观察造影剂在某血管内的动态改变，如观察移植血管的血流是否通畅。

#### 五、高分辨率扫描

虽然空间分辨率是CT扫描装置的固有性能，但改变扫描方式可使空间分辨率在一定范围内达到最高值。高分辨率CT扫描技术主要包括薄层厚（1~2mm）扫描和高分辨率算法重建图象。靶重建使象素缩小，也使空间分辨率提高。此外，高分辨率扫描技术尚包括小视野、大矩阵、增加峰电压及扫描电流。

在胸部，高分辨率扫描常用于弥漫性间质性肺病及肺和纵隔结节性病变的检查。

#### 六、心电门控扫描

用心电图控制作同步CT扫描即为心电门控扫描，主要用于心脏病变的检查。心电门控CT图象能显示心脏收缩期或舒张期心腔的改变、心室壁收缩力以及各期的室壁厚度。心电门控扫描的目的是为了获得心脏的“静止”图象。每一幅图象理论上仅表示所选择的心动周期的某一期相（如舒张末期）。关于心电门控扫描的具体问题将在第十章第一节中详细叙述。

#### 七、电影CT扫描

电影CT扫描系统由聚焦电子束组成。该电子束沿着4个钨靶中的一个旋转

210°角从而形成扇形辐射束,在50ms内同时产生一对扫描。此对扫描被校准进入两个并排的8mm厚的层面。扫描延迟8ms,4个靶环的系列扫描在224ms内完成8个连续断面,可在立体CT矩阵中获得从心尖至心底多个连续横断层面的影象,并可获得真实的三维图象。万向扫描床可在任意方向上旋转及倾斜25°,允许以各种角度对病人扫描。通常可使用3种扫描方法:

1. 流量法 在心动周期的同一期相内得到连续心电图触发对比增强扫描。扫描可在心动周期的任意期相被触发。此法主要用于显示心脏解剖结构和分析血流模式。

2. 电影法 在连续50ms扫描中从2~8平面获得包括整个心搏的扫描。这些影象可以在心动周期的各期相内获得。然后用闭路法再现,以证实实时心功能。此法用于分析心肌功能、心壁运动、计算心室容量、心搏出量和射血分数。

3. 容量法 随着进床可得到两个连续层面的扫描。可扫描整个兴趣区并在任何运算——检测轴方向上进行影象重建。

## 第二节 技术参数

### 一、层厚

CT图象是具有一定厚度的断层图象。层厚是指每一扫描层面组织的厚度。选择层厚应根据病变情况及实际需要而定。胸部常规扫描层厚为8~10mm。但小病灶层厚需缩小。一般原则为层厚应小于病灶直径的一半。否则,由于部分容积效应的影响将使病灶的影象失真或变形。应注意的是,如果减小层厚而不增加射线剂量则会降低密度分辨率。

### 二、层距

层距是指两个扫描层面之间的距离。

胸部检查一般常规用8~10mm层厚,8~10mm层距连续扫完整个胸部。这种层距与层厚相等的扫描方式称连续扫描。如果病变较大,可增加层距扫描,使层距大于层厚(如10mm层厚,15mm层距,有5mm漏扫),此称间断扫描。有时选用层距小于层厚,使上下相邻两层面的部分结构重迭,称为重迭扫描。重迭扫描能更细致地观察肺及支气管的解剖及显示细微病变,有利于冠矢状位图象的重建。

### 三、扫描速度

扫描速度指扫描一个层面时,采集数据所占用的时间。现在的CT设备都能在数秒内完成一个层面的扫描。根据不同设备,一般选用中等的扫描速度即可。扫描速度过快则往往需要缩小X线球管的旋转角度减少投影数,也就是减少采集的数据。这样,将增加图象噪音,不可避免地影响图象的准确性,降低图象的分辨率。因此,一般不鼓励常规使用3秒以下的扫描时间。但对不能屏气和不合作的病人可提高扫描速度,以减少呼吸造成的伪影。对肥胖病人,为了提高图象的分辨率,可延长扫描时间。

### 四、视野

视野即图象的重建范围。目前,常用CT图象的数字矩阵有256×256、320×320和512×512。理想的象素大小为0.6~1.0mm。象素的大小取决于重建范围的大小。如果重建范围大,象素也大,空间分辨率降低。计算象素大小的方法是用选定的重建范围大小(重建范围的直径)除以矩阵单行象素数即得出象素的大小。现代CT机可根据病人身体的大小选择重建范围。如果重建范围选择不当或想提高图象某一区域的空间分辨率并起到该区域图象放大的效果,可以应用扫描原始数据按要求的范围重建图象,以缩小象素的面积

从而提高空间分辨率。此方法称为图象重建放大。重建放大与扫描后单纯放大不同,后者不能缩小象素的面积,但能减少矩阵的数目,图象放得越大,越不清晰。

### 五、电压和电流

大部分 CT 机在工作过程中使用的 X 线能量很高,界于 120~140kV 之间,并经过了大量的过滤。如果 X 线射线能量太低,所产生的 X 线效力就低,在限定时间内不能产生足够量的光子。此外,产生的许多低能量 X 线在穿过组织时被衰减,与高能光子比较,光束硬化效应显得更突出。一般应保持电压稳定,因为电压的变化将影响 CT 值的测定。

在 CT 检查中,常根据不同情况使用不同大小的电流。增大电流(X 线剂量)可增加检测器吸收的光子数,提高信噪比,相对降低了噪声。从而能分辨出更小的密度差别,即提高了密度分辨率。对肥胖病人或超薄层扫描,或受检部位较厚、结构重迭较多的情况,可适当增大电流。

## 第三节 造影剂

静脉造影增强扫描有助于提高组织对比,了解血供特性以及显示心脏、大血管病变,但造影剂有一定毒副作用,并增加了检查时间和费用,故应严格掌握应用指征,选择最恰当的造影方法。

### 一、应用指征

一般来说,静脉内使用造影剂的指征为:

1. 确定肿块的血供特性。如了解肿块的强化程度或区别肿块为实性或囊性。
2. 鉴别血管性与非血管性肿块。如确定肿块是血管瘤、动脉瘤或血管畸形还是实质性肿瘤。
3. 了解大血管本身的变化。如有无血

栓、夹层的存在。

4. 了解肺门、纵隔肿块或肿大淋巴结与胸腔大血管的关系。

5. 提高病变的检出率。如寻找被胸腔积液掩盖的胸膜肿块或其他病变,显示包在不张肺组织内的肿块等。

## 二、应用方法

### (一) 静脉法

通过静脉给予造影剂是 CT 检查中应用造影剂的基本途径。

1. 静脉滴注法 此法造影剂用量较大,一般用 30%~60% 的泛影葡胺 150~300ml,以每分钟 20~30ml 的速度从静脉内滴入。滴注法的特点为:在缓慢滴注过程中,大部分造影剂分布到细胞外间隙或通过肾脏排泄掉,很难使血液中的造影剂达到理想浓度。并且由于滴注时间较长,造影剂在组织器官内均匀充盈,不易形成明显对比。故此法目前已很少单独应用。

2. 快速注射法(Bolus 法) 此法是在短时间内将足量的造影剂快速注入静脉内。以泛影葡胺为例,通常用 60% 的泛影葡胺 100ml,在 1min 内通过上肢前臂正中静脉注入。此法目前应用最为广泛,不仅能产生理想的组织对比,而且可产生明显的强化期相(效应期、非平衡期和平衡期)。根据检查目的不同可在注射开始后 30s~1min 开始扫描。

3. 混合法 此法是将 Bolus 法与静脉滴注法结合应用的一种注射技术。用小剂量(25~50ml)作 Bolus 注射后再通过 18 或 19 号针快速滴注 30% 的泛影葡胺 300ml,这样在滴注过程中一般可获得 12~18 次扫描。此法兼有两者之优点,即快速注射的理想效果与在不同平面上获得多次扫描的方便。有时也可先用大剂量静脉滴注后,再用小剂量快速静脉注射。此法适用于扫描范围较大或扫描时间较长者。



### (二) 口服法

胸部 CT 扫描常规不用口服造影剂。但有时用来显示食管憩室、食管瘘和膈疝，或用于贲门手术后胃与脓腔的鉴别。

### 三、药物动力学

对比增强既依赖剂量，也依赖不同的药物动力学因素（如血液动力学、亲水性、亲脂性、渗透性、蛋白结合等）。现在广泛应用的非离子型造影剂有良好的耐受性，有高的肾廓清率和低蛋白结合率（ $<1\%$ ）。造影剂几乎均匀分布到细胞外间隙，大部分未结合的造影剂从血管腔经毛细血管壁扩散到组织间隙内，然后通过肾小球滤过从肾脏排出。与渗透作用有关的肾小管重吸收功能导致肾小管和集合管中造影剂浓度增加而有利于诊断。高蛋白结合率将防止肾小球快速过滤并促使肝细胞主动摄取造影剂。最终，造影剂被分泌到胆管。由于这种排除过程，血浆造影剂浓度下降。然后，造影剂从组织间隙到血管内，直到完全排出。

在 CT 图象上，根据动、静脉内碘含量的差别可分为三个期相：快速注射效应期、非平衡期和平衡期。只有用快速注射法才能出现快速注射效应期，血管得到最大限度增强。该期仅持续约 40~60s。非平衡期约在快速注射或快速滴注相对大量的造影剂后 1min 左右出现。平衡期出现时，动、静脉内碘含量差异极小，此期出现的时间相当于快速注射后 2min 或滴注末了。通常在快速注射效应期和非平衡期的信息对诊断意义较大。此时扫描可明确显示病变的血供情况。并且快速注射法能产生最理想的血管增强效果。在平衡期内则只能观察病变的形态和范围。

### 四、选择造影剂的原则

#### (一) 选择标准

理想的造影剂是在一定的容量内含有最大量的碘而粘稠度和渗透度最小，前者保证了最大的强化效果，粘稠度小有利于快速注射，渗透度小可降低副反应的发生率及严重程度。

表 2-1 静脉内造影剂碘含量、粘稠度与渗透度比较

分类	品名	主要成分	碘含量 mg/ml	粘稠度 (37℃)		渗透度 (37℃)	
				mPa.s	NS/m <sup>2</sup>	mol/L	mol/kg <sub>水</sub>
离子型	Conray60	碘酞葡胺	282	4.0	—	1.84	—
	Conray400		400	4.1~5.0	—	2.1	—
	Renografin60	泛影葡胺	288	3.9	—	1.52	—
	Renografin76		370	9.0	—	1.94	—
	Hypaque50	泛影钠	300	2.3	—	1.58	—
	Hypaque76		370	9.0	—	—	—
非离子型	优维显 Ultravist240	碘普罗铵 Iopromide	240	2.8	—	0.36	—
	Ultravist300		300	4.6	0.46	0.51	610
	Ultravist370		370	9.5	0.81	0.77	770
	欧乃派克 (Omnipaque)	碘苯六醇 Iohexol	300	—	0.61	0.64	640
			350	—	1.06	—	780
	碘必乐 (Iopamiro)	碘异肽醇 Iopamidol	300	—	0.47	—	676
			370	8.6	0.94	0.97	796

从上表看出，Conray400 有很大优越性，其含碘量高而粘稠度较低，适用于一次大量快速注射法。泛影葡胺的毒性、刺激性较低，但粘稠度较大，作 Bolus 注射时

手推比较困难。另外，优维显虽然粘稠度略高，但为非离子型造影剂，渗透压小，毒性最低，故应用日益广泛。

#### (二) 应用剂量