



中国临床医学

Chinese Journal of Clinical Medicine

ISSN 1008-6358

CN 31-1794/R

基于胸部CT影像学表现的肺部感染病原体的评估与甄别

金文婷, 马玉燕, 王萌冉, 姚雨濛, 黄英男, 张尧, 王青青, 李冰, 缪青, 苏逸, 蔡思诗, 李娜, 骆煜, 潘珏, 胡必杰

引用本文:

金文婷, 马玉燕, 王萌冉, 等. 基于胸部CT影像学表现的肺部感染病原体的评估与甄别[J]. 中国临床医学, 2020, 27(4): 543–548.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2020.20201746>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

免疫抑制宿主并发肺部感染的临床诊治进展

Clinical status of immunocompromised host complicated with pulmonary infection

中国临床医学. 2018, 25(1): 137–140 <https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2018.20170883>

炎症细胞因子与肺部感染关系的研究进展

Research progresses of roles of inflammatory cytokines in pulmonary infection

中国临床医学. 2018, 25(1): 132–136 <https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2018.20170620>

宏基因二代测序技术对脊柱感染病原学诊断的价值

Etiological diagnostic value of metagenomic next-generation sequencing in spinal infection

中国临床医学. 2020, 27(4): 567–571 <https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2020.20200987>

宏基因二代测序技术辅助诊断波氏假阿利什霉肺部感染1例报告

Pulmonary infection caused by *Pseudallescheria boydii* diagnosed by metagenomic next-generation sequencing: a case report

中国临床医学. 2020, 27(4): 572–574 <https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2020.20200975>

宏基因二代测序技术对非结核分枝杆菌感染病原学诊断的价值

Etiological diagnostic value of metagenomic next-generation sequencing in non-tuberculous mycobacteria infection

中国临床医学. 2020, 27(4): 559–562 <https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2020.20201289>

DOI:10.12025/j.issn.1008-6358.2020.20201746

基于胸部 CT 影像学表现的肺部感染病原体的评估与甄别

金文婷, 马玉燕, 王萌冉, 姚雨濛, 黄英男, 张 尧, 王青青, 李 冰, 缪 青, 苏 逸, 蔡思诗, 李 娜, 骆 煜, 潘 珏, 胡必杰*

复旦大学附属中山医院感染病科, 上海 200032

[摘要] 肺部感染是造成死亡人数最多的感染性疾病, 早期快速、准确的病原学诊断、精准治疗是改善肺部感染预后、降低死亡率的关键。有些病原体引起的肺部感染病灶, 可在胸部 CT 表现出一定的特征。因此, 根据病灶形态、大小、数量、变化速度, 临床可评估和甄别引起肺部感染可能的病原体。本文就肺部感染相关胸部 CT 常见和重要的影像学特征进行述评, 旨在提升临床医生对评估肺部感染病原体、合理使用抗菌药物及改善肺部感染预后的能力。

[关键词] 肺部感染; 胸部 CT; 病原体; 影像特征

[中图分类号] R 563 **[文献标志码]** A

Evaluation and identification of pathogens of pulmonary infection based on chest CT imaging features

JIN Wen-ting, MA Yu-yan, WANG Meng-ran, YAO Yu-meng, HUANG Ying-nan, ZHANG Yao, WANG Qing-qing, LI Bing, MIAO Qing, SU Yi, CAI Si-shi, LI Na, LUO Yu, PAN Jue, HU Bi-jie*

Department of Infectious Diseases, Zhongshan Hospital, Fudan University, Shanghai 200032, China

[Abstract] Pulmonary infection is the infectious diseases that causes the most deaths. Early, rapid, accurate pathogenic diagnosis and precise treatment are essential for improving the prognosis of pulmonary infection and reducing mortality. Pulmonary infection caused by certain pathogens has specific features on chest CT scans. Possible pathogens can be speculated by CT image features (including the shape, size, number, and changing speed of the lesions) combined with medical history of the patients. This article introduces the common and important imaging features of chest CT scans related to pulmonary infection in order to develop doctors' ability of evaluating pathogens of pulmonary infection, rational application of antibacterial drugs and improving the prognosis of lung infection.

[Key Words] pulmonary infection; chest CT scanning; pathogen; imaging features

肺部感染是造成死亡人数最多的感染性疾病, 其病原体种类繁多而复杂。2016 年, 在全球范围内各年龄人群中, 肺部感染导致了超过 230 万例患者死亡, 其中包括 652 572 例 5 岁以下儿童及 1 080 958 例 70 岁以上的老年人^[1], 是重大的公共卫生负担。早期快速、准确的病原学诊断, 及时目标性抗感染治疗, 是改善肺部感染预后、降低病死率的关键^[2]。但因下呼吸道标本采集困难, 常规涂片、培养等敏感性低, 分枝杆菌培养周期长等因素, 常导致临床治疗方案缺乏病原学诊断或线索。尤其是重症感染和特殊病原体引起的感染, 因不能明确或推测可能的病原体, 无法早期、精准选择抗感

染药物, 治疗失败率较高。

胸部 CT 分辨率高, 可展示肺部解剖结构和病灶的细微变化。有研究^[3-5]显示不少特定病原体引起的肺部感染病灶, 在胸部 CT 影像学的表现具有一定特征性, 包括病灶形态、部位、数量、大小、变化速度及对治疗的反应, 借此可以推测可能的病原体。而如何提高肺部感染病原体诊断的准确性, 有赖于对特定病原体胸部 CT 影像特征的分析。本文介绍肺部感染相关胸部 CT 常见和重要的影像学特征, 旨在提升我国临床医生对评估肺部感染病原体、合理使用抗菌药物和改善肺部感染预后的重视度和能力。

[收稿日期] 2020-08-07

[接受日期] 2020-08-19

[基金项目] 复旦大学附属中山医院临床研究专项基金(2018ZSLC06). Supported by Clinical Research Funds of Zhongshan Hospital, Fudan University(2018ZSLC06).

[作者简介] 金文婷, 硕士, 主治医师. E-mail: jin.wenting@zs-hospital.sh.cn

* 通信作者(Corresponding author). Tel: 021-64041990, E-mail: hu.bijie@zs-hospital.sh.cn

1 渗出和实变为主病灶

肺部实变由肺泡腔内渗出物增多后气体减少所致。当实变累及整个肺叶时,表现为“大叶性肺炎”,常见于肺炎链球菌及肺炎克雷伯菌引起的肺

部感染^[6]。除了常见的细菌性肺炎外,以渗出和实变为主病灶还可见于其他少见或不典型病原体及病毒引起的肺部感染,如鹦鹉热衣原体(图 1A)、腺病毒(图 1B)、隐球菌(图 1C)、曲霉菌(图 1D、1E)等。

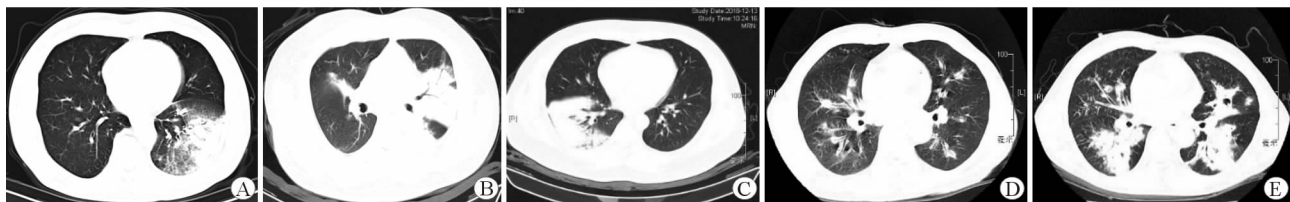


图1 渗出和实变表现的肺部感染病灶胸部CT影像

A: 鹦鹉热衣原体肺炎,患者67岁,男性,发热1周,胸部CT示左肺下叶大片渗出,部分实变;B: 腺病毒肺炎,患者,30岁,男性,发热10 d,胸部CT示左肺实变伴支气管充气征,右肺中叶少许实变;C: 肺隐球菌病(肺炎型),患者,39岁,男性,反复咳嗽、咳痰20余天,胸部CT示右下肺大片实变影;D、E: 急性肺曲霉病,患者,56岁,男性,海绵厂工人,发热、咳嗽伴胸闷气急3周余,胸部CT示双肺多发沿支气管分布渗出、实变影(D),10 d后病灶明显增大,部分伴空洞形成(E)

部分非感染性肺病的胸部CT也可呈现实变和渗出,如隐源性机化性肺炎、脂质肺炎、肺泡蛋白质沉积症(pulmonary alveolar proteinosis, PAP)及部分肺腺癌和肺淋巴瘤等。隐源性机化性肺炎CT(图 2A)常表现为双侧或单侧斑片状实变影,分布于肺周边部位,呈复发性或游走性^[7]。脂质肺炎则以中叶及下叶混有脂肪低密度区的实变为特征,可伴支气管充气征,亦有磨玻璃影、铺路石征、小叶间隔增厚等表现^[8]。PAP影像学特征(图 2B)表现为双肺磨玻璃斑片影,地图状分布,伴小叶间隔增厚呈现铺路石征,亦可表现为实变影,但相对少见^[9]。

2 磨玻璃影

磨玻璃影(ground glass opacity, GGO)指肺部局灶性或弥漫性、模糊的不透明影,病理学上可对应炎细胞或液体渗出引起的肺泡不完全填充,或感染引起肺水肿、使肺泡中遗留空气,或间质的炎细胞浸润(间质性肺炎)。另外,在肺泡性肺炎吸收阶段,随着炎症消散,肺泡恢复通气,此时影像学上也可表现为GGO。病毒、非典型病原体和肺孢子菌引

起的肺部感染通常表现为GGO^[10]。病毒感染多发病于秋冬季,抗菌药物治疗无效,病灶扩展迅速;耶氏肺孢子菌肺炎多有明显的免疫受损基础,CT(图 3A)多表现为双肺弥漫分布的GGO,甚至可为HIV感染者的首发表现。GGO伴散在的小叶间隔增厚和小叶内间隔增厚,称为“铺路石”。新型冠状病毒肺炎CT(图 3B、3C)可表现此征象,累及单侧或双侧的胸膜下病变^[11]。

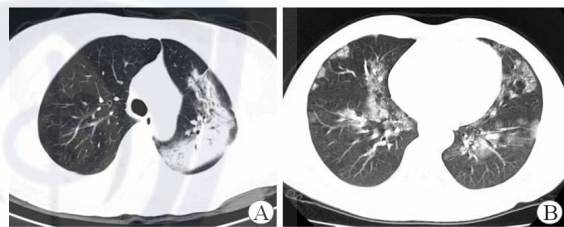


图2 渗出和实变表现的肺部非感染病灶胸部CT影像

A: 隐源性机化性肺炎,患者,53岁,女性,咳嗽、咳痰伴低热20 d,胸部CT示左肺上叶片状高密度实变影,边界模糊,部分病灶内见支气管充气征,部分病灶贴近胸膜,可见反晕轮征、胸膜牵拉;B: PAP,患者,49岁,男性,体检发现两肺阴影10 d,胸部CT示两肺多发斑片状渗出影,边界欠清,内部密度不均



图3 磨玻璃影表现的肺部感染病灶胸部CT影像

A: 耶氏肺孢子菌肺炎,患者,51岁,男性,既往有淋巴瘤化疗史,发热咳嗽2个月,胸部CT示两肺弥漫性磨玻璃影;B、C: COVID-19,患者,65岁,男性,隔离期间出现乏力、咳嗽症状,COVID-19核酸检测阳性,发病第3天胸部CT示双肺多叶胸膜下分布的弥漫性磨玻璃影(B),发病第5天双肺病灶迅速进展至实变(C)

需注意鉴别非感染性肺病引起的 GGO,如过敏性肺炎、肺水肿、肺出血、PAP、脱屑型间质性肺炎、亚急性弥漫性肺泡损伤、细支气管肺泡癌、机化性肺炎和结节病等。若局灶性 GGO 由炎症导致,一般可在 3 个月内消失;若持续存在且进展缓慢并出现空洞,则应考虑细支气管肺泡癌可能^[12]。

3 结节性病灶

肺结节指直径小于 3 cm、边界清晰的圆形病灶。根据结节密度不同,可分为实性结节、非实性结节和磨玻璃结节(ground glass nodule, GGN)。结节病灶在临床非常常见,且经常偶然发现。临床

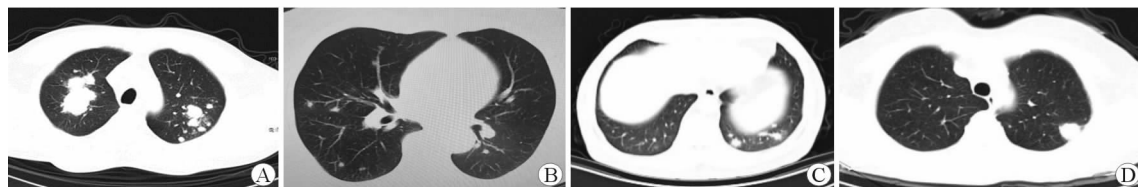


图 4 结节、团块病灶表现的肺部感染病灶胸部 CT 影像

A:肺结核,患者,44岁,男性,胸部CT示双上肺多发结节、团块,最大直径4~5 cm,周围有卫星灶;B:水痘-带状疱疹病毒肺炎,患者,52岁,女性,干咳3个月,胸部CT示双肺各叶多发小结节;C:肺隐球菌病,患者,67岁,男性,体检发现多发结节,胸部CT示左肺下叶多发小结节,贴近胸膜分布,周围晕征;D:球孢子菌病,患者,52岁,女性,胸部CT示左上肺单发结节,直径约2 cm

在非感染性疾病中,单发结节需考虑肺恶性肿瘤、错构瘤、血管畸形、类风湿结节等,多发结节则需考虑韦格纳肉芽肿、ANCA相关性血管炎、脂质肺炎、结节病、淋巴瘤(图5)等^[13]。

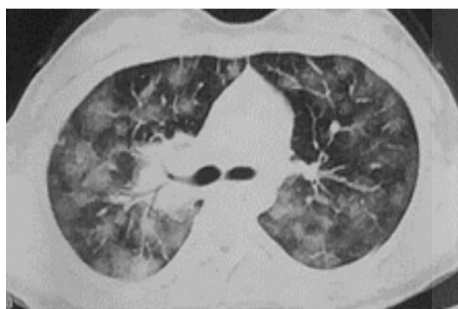


图 5 结节病灶表现的肺部非感染病灶胸部 CT 影像

患者,28岁,女性,T细胞淋巴瘤化疗后,发现肺部多发结节4个月,胸部CT示双肺多发 GGN

4 空洞性病灶

肺空洞指肺实变或肿块或结节内充满气体的部分,由各种原因引起肺实质坏死、液化并随支气管排出并吸入气体形成^[16-18]。根据形态和数量,可分为偏心性和中心性空洞、厚壁和薄壁空洞、单发和多发空洞。引起肺空洞的病因,包括感染性疾病、肿瘤性疾病、结缔组织疾病和血管性疾病等。

可通过结节大小、数量、密度、变化速度、有无钙化,判断结节的性质。

在感染性疾病中,肺结节最常见于分枝杆菌(图4A)和真菌引起的肉芽肿性病变。血行播散如脓毒性菌栓、部分病毒如水痘带状疱疹病毒(图4B)可引起多发结节,其他包括脓毒症结节、肺脓肿、球形肺炎等^[13]。隐球菌结节好发于双下肺外侧带贴近胸膜处,边缘可出现毛刺、分叶或合并晕征,常为多发结节^[14](图4C)。球孢子菌感染是北美的地方性真菌病,约30%呈现结节样病灶,多为单发,直径2~4 cm,部分有空洞^[15](图4D)。

在感染性疾病中,细菌、分枝杆菌、真菌、寄生虫均可引起肺空洞。常见细菌包括肺炎克雷伯菌和金黄色葡萄球菌。金黄色葡萄球菌可通过血行播散引起脓毒性肺栓子。来自于体循环的栓子聚集在肺动脉树,引起多发的伴或不伴空洞的结节或以胸膜为基底的楔形病灶(图6A)。40%~45%肺结核可呈现肺空洞,常表现为纤维厚壁空洞且伴有周围卫星灶,多位于上叶尖后段和下叶背段。非结核分枝杆菌肺病可表现为肺空洞病灶(图6B、6C),堪萨斯分枝杆菌肺病典型的CT表现为多发薄壁空洞^[19]。慢性空洞型肺曲霉病(图6D)的典型CT表现为多个厚壁或薄壁空洞,可含真菌球或不规则腔内容物,伴有空洞外周纤维化、肺实变、胸膜增厚和肺叶纤维毁损^[20]。

5 弥漫性粟粒病灶

弥漫性粟粒病灶以肺部弥漫性微小结节为特点,结节直径为1~3 mm,边界清楚或模糊。粟粒样结节因病菌、尘粒或肿瘤细胞等经气道、血行播散于肺组织后引起组织反应或增殖而形成。根据结节播散来源,可将其分为血源性结节、淋巴管周围结节、小气道疾病结节和小叶中心结节(如过敏性肺炎)。

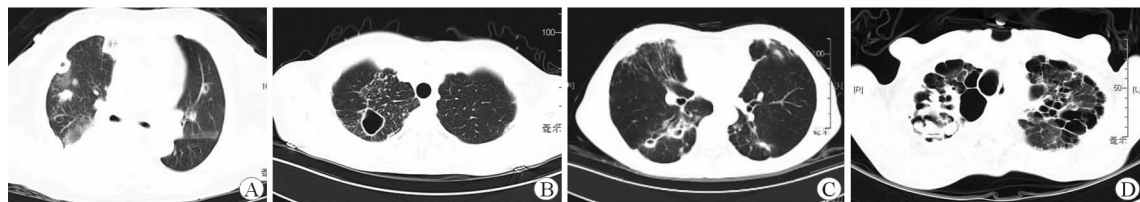


图6 空洞病灶表现的肺部感染病灶胸部CT影像

A:金黄色葡萄球菌肺炎,患者,73岁,女性,外伤后左膝关节肿胀、疼痛数月,发热、咳嗽12 d,胸部CT示双肺多发结节、空洞病灶;B:非结核分枝杆菌肺炎(堪萨斯分枝杆菌),患者,43岁,女性,反复咳嗽、咳痰6个月,胸部CT示双上肺多发小结节,右上肺薄壁空洞;C:非结核分枝杆菌肺炎(脓肿分枝杆菌),患者,63岁,男性,反复咯血10年余,加重10 d,胸部CT示支气管扩张,双肺多发结节、空洞病灶;D:慢性纤维性肺曲霉病,患者,63岁,男性,有COPD史,发热伴咳嗽、咳黄痰3个月,半乳甘露聚糖试验0.57 $\mu\text{g/mL}$,胸部CT示双肺多发囊泡状透亮影

胸部CT表现为弥漫性粟粒型病灶最常见的感染性疾病为血行播散性肺结核,可在小血管末端形成随机分布的、大小一致的小结节^[21](图7A);淋巴管周围结节最常见于结节病、尘肺,主要分布在小叶间隔、支气管血管束周围的肺间质,也可见于淋巴瘤患者(图7B)等。结节病在不同疾病阶段也可表现出完全不同的影像学改变^[22]。尘肺病例可出

现以双上肺为主、直径2~5 mm的弥漫性粟粒型病灶(图7C),通常病程较长,有粉尘吸入的职业史^[23]。小气道疾病结节见于感染性细支气管炎、弥漫性泛细支气管炎(图7D)等,为终末细支气管的黏液栓塞及扩张。其中泛细支气管炎^[24]是主要局限于呼吸性细支气管及邻近小叶中央区域的慢性炎症,可引起严重的呼吸功能障碍。

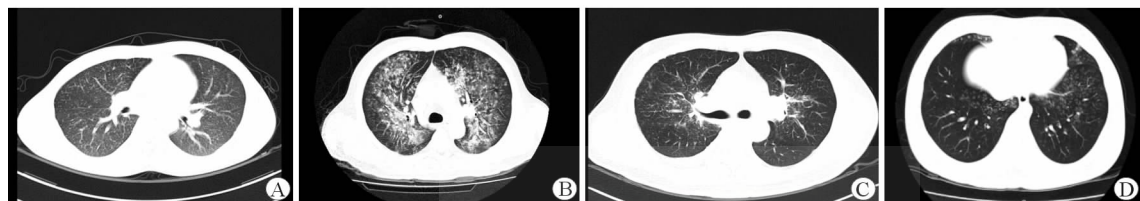


图7 粟粒样病灶表现的肺部感染(A)和非感染(B~D)病灶胸部CT影像

A:血行播散性肺结核,患者,28岁,男性,发热1个月,胸部CT示双肺粟粒样改变;B:肺淋巴瘤,患者,59岁,男性,反复发热3个月余,胸部CT示两肺见斑片状及大片状模糊阴影,边界不清;C:结节病,患者,44岁,男性,乏力3个月,发现淋巴结增大3个月,胸部CT示右肺及左肺上叶近肺门处见粟粒样斑片模糊影,小叶间隔稍增厚,两侧肺门处软组织影增多,伴双侧颈根部、纵膈、心膈角多发淋巴结肿大;D:弥漫性泛细支气管炎,患者,15岁,男性,有慢性鼻窦炎病史,反复间断发热伴黄脓痰2年余,胸部CT示右肺中叶、下叶及左肺成片微小结节灶

6 与肺部感染相关的胸部CT相关征象

6.1 晕轮征 晕轮征指肺实性结节或肿块周围有环形磨玻璃影,在组织病理学中,中央的实性结节可能代表了肺梗死的病灶,周围的磨玻璃影表示存在肺泡内出血^[25]。典型的晕轮征最常见于具有血管侵袭性真菌感染患者的胸部CT,如侵袭性肺曲霉病、肺毛霉病,且晕轮征通常出现于感染后的早期,会随着疾病的进展而消失。除感染性疾病外,晕轮征还可见于部分免疫功能正常的原位肺腺癌、肉芽肿性血管炎、肺淀粉样变及出血性转移性肺肿瘤等患者的胸部CT。

6.2 反晕轮征 反晕轮征指病灶中心为磨玻璃影,周围围绕新月形或环形实变,部分病灶在中心磨玻璃影内存在不规则、相互交叉的线状影,形似鸟巢,因此又称为“鸟巢征”^[3]。反晕轮征常见于隐

源性机化性肺炎(图8B),但侵袭性真菌感染、耶氏肺孢子菌肺炎、韦格纳肉芽肿、结节病、脂质性肺炎等疾病的胸部CT也可出现反晕轮征。

6.3 空气新月征 空气新月征指实质性结节或肿块与周围腔壁之间由聚集成新月形或半环形的空气相隔开的现象。该征象通常与侵袭性曲霉菌病相关^[26],一般见于感染后的恢复阶段,提示患者预后良好。另外,空气新月征也可见于部分肺结核、肺脓肿及肺肿瘤等患者的胸部CT。

6.4 Monod征 Monod征又称为真菌球征,与空气新月征不同,多见于有囊性纤维化或慢性空洞性肺部疾病(如肺结核、肺曲霉病等)的免疫功能正常的患者预先存在的肺部空洞中(图8B)。由于真菌球受到重力的影响,真菌球会随体位改变而变化^[27]。Monod征并非曲霉菌感染的特异性表现,也可见于其他情况,如空洞内赘生物、腔内血块和韦

格纳肉芽肿。

6.5 树芽征 树芽征指病变累及细支气管以下的小气道,CT 表现为直径 2~4 mm 的小叶中心结节和与之相连的线状分枝影,形如树芽而得名。临床上常见于沿支气管分布的炎症或细支气管炎,炎症或细支气管感染的支气管内扩散的绝大多数病例中均可见,也可见于肺结核、NTM、病毒感染、吸入性肺炎等疾病的胸部 CT^[28-29]。

6.6 麦圈征(开放支气管征) 麦圈征是中心透明的肺结节,类似于谷物早餐“麦圈”。由于气道周围肿瘤性或非肿瘤细胞的增殖,常见于肺腺癌(图 8C)和肺朗格汉斯细胞组织细胞增多,偶见于真菌感染、淋巴瘤、类风湿结节和肉芽肿性多血管炎^[30-31]。

6.7 指套征 指套征指扩张的支气管低密度黏液栓形成,呈管状、树枝状或卵圆形,常见于变应性支气管肺曲霉病(allergic bronchopulmonary aspergillosis,

ABPA,图 8D)、囊性纤维化、支气管闭锁等。

6.8 蜂窝肺 肺气肿患者出现肺炎时,因肺炎致低密度区所致实变,看上去似乎有多个腔,这种外观也被称为“瑞士奶酪状”。如果以低密度区域为主,则像蜂窝样,通常吸收相对缓慢。假空洞和假蜂窝肺需与真空洞、真蜂窝肺相鉴别^[32]。

6.9 银河征 银河征也叫银河结节,多见于良性病变,用于描述结节病中的肺实质结节,周围有许多小间质结节,类似银河系。胸部 CT 示无数小结节围着大结节边缘,也可见于活动性结核^[33-34]。

6.10 冻肉征 冻肉征是肺内病变多种密度影混合存在,由高密度气腔实变、略高密度磨玻璃样致密影、低密度马赛克区及介入其间正常的肺组成,胸部 CT 上形式冻肉样。此征象常被认为是亚急性超敏性肺炎的特异性征象,但也可见于其他疾病,如结节病、呼吸性细支气管炎、支原体肺炎^[35-36]。

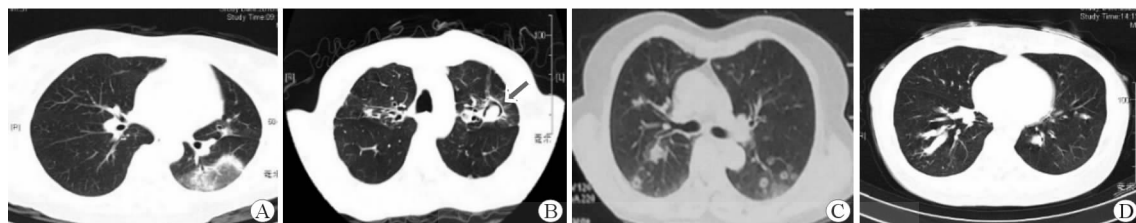


图 8 与肺部感染相关的特殊的胸部 CT 相关征象

A: 隐源性机化性肺炎,患者,53 岁,女性,咳嗽、咳痰伴低热 20 d,胸部 CT 示左肺上叶片状高密度实变影,边界模糊,部分病灶内见支气管充气征,部分病灶贴近胸膜,可见反晕轮征、胸膜牵拉;B: 慢性纤维空洞性肺曲霉病,患者,40 岁,男性,既往有肺结核病史,发现两肺空洞伴间断痰血 5 年余,胸部 CT 可见左肺上叶曲霉菌球(箭头所示);C: 肺腺癌,患者,55 岁,女性,反复咳嗽咳白痰半年余,胸部 CT 示双肺多发大小不同的中心透明结节;D: 变应性支气管肺曲霉病(ABPA),患者,60 岁,女性,反复咳嗽咳痰气促 2 年余,加重 1 周,胸部 CT 示右肺下叶树枝状密度增高影

综上所述,根据胸部 CT 展示的病灶形态、部位、数量、大小、变化速度及对治疗的反应,可评估和甄别肺部感染可能的病原体。快速、方便地判断肺部感染的可能病原体或获得相关病原体的线索,是胸部 CT 的突出优势。学习积累常见和重要病原体引起的肺部感染所对应的胸部 CT 影像学上某些特征,有助于显著提升评估病原体的准确率。但是,胸部 CT 不能代替病原学诊断技术,如细菌培养技术、微生物核酸检测技术。诊治肺部感染的临床实践中,仍应积极争取采集优质的微生物标本,进行相应的病原学检测。

参考文献

[1] TROEGER C, BLACKER B, KHALIL I A, et al. Estimates of the global, regional, and national morbidity, mortality, and aetiologies of lower respiratory infections in 195 countries, 1990-2016: a systematic analysis for the Global

Burden of Disease Study 2016[J]. Lancet Infect Dis, 2018, 18(11):1191-1210.

[2] NADERI H, SHEYBANI F, SARVGHAD M, et al. Etiological diagnosis of community-acquired pneumonia in adult patients: a prospective hospital-based study in Mashhad, Iran [J]. Jundishapur J Microbiol, 2015, 8(8):e22780.

[3] NAMBU A, OZAWA K, KOBAYASHI N, et al. Imaging of community-acquired pneumonia: Roles of imaging examinations, imaging diagnosis of specific pathogens and discrimination from noninfectious diseases [J]. World J Radiol, 2014, 6(10):779-793.

[4] CHU H Q, LI B, ZHAO L, et al. Chest imaging comparison between non-tuberculous and tuberculosis mycobacteria in sputum acid fast bacilli smear-positive patients[J]. Eur Rev Med Pharmacol Sci, 2015, 19(13):2429-2439.

[5] BAI H X, HSIEH B, XIONG Z, et al. Performance of radiologists in differentiating COVID-19 from non-COVID-19 viral pneumonia at chest CT[J]. Radiology, 2020, 296(2):

- E46-E54.
- [6] MÜLLER N L, FRANQUET T, LEE K S, et al. Imaging of pulmonary infections [M]. Philadelphia: Lipponcott Williams & Wilkins, 2007.
 - [7] DRAKOPANAGIOTAKIS F, PASCHALAKI K, ABU-HIJLEH M, et al. Cryptogenic and secondary organizing pneumonia: clinical presentation, radiographic findings, treatment response, and prognosis [J]. Chest, 2011, 139 (4):893-900.
 - [8] MARCHIORI E, ZANETTI G, MANO C M, et al. Exogenous lipid pneumonia. Clinical and radiological manifestations [J]. Respir Med, 2011, 105(5):659-666.
 - [9] ISHII H, TRAPNELL B C, TAZAWA R, et al. Comparative study of high-resolution CT findings between autoimmune and secondary pulmonary alveolar proteinosis [J]. Chest, 2009, 136(5):1348-1355.
 - [10] MILLER W T, SHAH R M. Isolated diffuse ground-glass opacity in thoracic CT: causes and clinical presentations [J]. AJR Am J Roentgenol, 2005, 184(2):613-622.
 - [11] SHI H, HAN X, JIANG N, et al. Radiological findings from 81 patients with COVID-19 pneumonia in Wuhan, China: a descriptive study [J]. Lancet Infect Dis, 2020, 20 (4): 425-434.
 - [12] HANSELL D M. Thin-section CT of the lungs: the Hinterland of normal [J]. Radiology, 2010, 256 (3): 695-711.
 - [13] CRUICKSHANK A, STIELER G, AMEER F. Evaluation of the solitary pulmonary nodule [J]. Intern Med J, 2019, 49 (3):306-315.
 - [14] 苏逸, 马玉燕, 金文婷, 等. 63例免疫功能正常患者肺隐球菌病的治疗和预后 [J]. 中华医院感染学杂志, 2018, 28 (12):1806-1810.
 - [15] ALY F Z, MILLIUS R, SOBONYA R, et al. Cytologic diagnosis of coccidioidomycosis: spectrum of findings in Southern Arizona patients over a 10 year period [J]. Diagn Cytopathol, 2016, 44(3):195-200.
 - [16] MACMAHON H, NAIDICH D P, GOO J M, et al. Guidelines for management of incidental pulmonary nodules detected on CT images: from the Fleischner Society 2017 [J]. Radiology, 2017, 284(1):228-243.
 - [17] GADKOWSKI L B, STOUT J E. Cavitory pulmonary disease [J]. Clin Microbiol Rev, 2008, 21(2):305-333.
 - [18] MORTENSEN K H, BABAR J L, BALAN A. Multidetector CT of pulmonary cavitation: filling in the holes [J]. Clin Radiol, 2015, 70(4):446-456.
 - [19] ZVETINA J R, DEMOS T C, MALIWAN N, et al. Pulmonary cavitations in *Mycobacterium kansasii*: distinctions from *M. tuberculosis* [J]. AJR Am J Roentgenol, 1984, 143(1):127-130.
 - [20] BAYU A P, MALCOLM D R, DAVID W D. Diagnostic aspects of chronic pulmonary aspergillosis: present and new directions [J]. Curr Fungal Infect Rep, 2019, 13:292-300.
 - [21] NACHIAPPAN A C, RAHBAR K, SHI X, et al. Pulmonary tuberculosis: role of radiology in diagnosis and management [J]. Radiographics, 2017, 37(1):52-72.
 - [22] NUNES H, UZUNHAN Y, GILLE T, et al. Imaging of sarcoidosis of the airways and lung parenchyma and correlation with lung function [J]. Eur Respir J, 2012, 40 (3):750-765.
 - [23] ZHUANG L, LIU X, HU C, et al. Pulmonary lymphangitic carcinomatosis in liver carcinoma: a rare case report and literature review [J]. World J Surg Oncol, 2014, 12:66.
 - [24] HOMMA S, SAKAMOTO S, KAWABATA M, et al. Comparative clinicopathology of obliterative bronchiolitis and diffuse panbronchiolitis [J]. Respiration, 2006, 73 (4): 481-487.
 - [25] SHIBUYA K, ANDO T, HASEGAWA C, et al. Pathophysiology of pulmonary aspergillosis [J]. J Infect Chemother, 2004, 10(3):138-145.
 - [26] FRANQUET T, MÜLLER N L, GIMÉNEZ A, et al. Spectrum of pulmonary aspergillosis: histologic, clinical, and radiologic findings [J]. Radiographics, 2001, 21 (4): 825-837.
 - [27] RAJU S, GHOSH S, MEHTA A C. Chest CT signs in pulmonary disease: a pictorial review [J]. Chest, 2017, 151 (6):1356-1374.
 - [28] MILLER W T, PANOSIAN J S. Causes and imaging patterns of tree-in-bud opacities [J]. Chest, 2013, 144(6): 1883-1892.
 - [29] IM J G, ITOH H, SHIM Y S, et al. Pulmonary tuberculosis: CT findings—early active disease and sequential change with antituberculous therapy [J]. Radiology, 1993, 186(3):653-660.
 - [30] CHOU S H, KICKS G, KANNE J P, et al. Cheerio sign [J]. J Thorac Imaging, 2013, 28(1):W4.
 - [31] PATSIOS D, ROBERTS H C, PAUL N S, et al. Pictorial review of the many faces of bronchioloalveolar cell carcinoma [J]. Br J Radiol, 2007, 80(960):1015-1023.
 - [32] HUERTA A, CRISAFULLI E, MENÉNDEZ R, et al. Pneumonic and nonpneumonic exacerbations of COPD: inflammatory response and clinical characteristics [J]. Chest, 2013, 144(4):1134-1142.
 - [33] NAKATSU M, HATABU H, MORIKAWA K, et al. Large coalescent parenchymal nodules in pulmonary sarcoidosis: “sarcoid galaxy” sign [J]. AJR Am J Roentgenol, 2002, 178 (6):1389-1393.
 - [34] HEO J N, CHOI Y W, JEON S C, et al. Pulmonary tuberculosis: another disease showing clusters of small nodules [J]. AJR Am J Roentgenol, 2005, 184(2):639-642.
 - [35] GOTWAY M B, REDDY G P, WEBB W R, et al. High-resolution CT of the lung: patterns of disease and differential diagnoses [J]. Radiol Clin North Am, 2005, 43(3):513-542, viii.
 - [36] DEVAKONDA A, RAOOF S, SUNG A, et al. Bronchiolar disorders: a clinical-radiological diagnostic algorithm [J]. Chest, 2010, 137(4):938-951.