

特集 感染症 —肺炎—

Topics 3

画像

—画像からどこまで病因・病態を
説明しうるか？—

酒井 文和 / 渡邊 祐亮 / 岡野奈々美

要旨：肺炎は、病原体と宿主の相互作用の上になりたつ病態であり、病原体の毒力と宿主反応性のバランスのの両者に影響される。画像所見は肺炎病態の表現であり、その解析には病原体の性質と宿主反応性の両者に対する深い理解が必要であるが、肺炎の病態と画像の解釈の間にはまだ大きなギャップがあり、今後さらに研究が必要である。

キーワード：肺炎, 病原体, 宿主免疫, CT

Pneumonia, Infectious agent, Host immunity, CT

連絡先：酒井 文和
〒350-1298 埼玉県日高市山根 1397-1
埼玉医科大学国際医療センター画像診断科
(E-mail: fmksakai@yahoo.co.jp)

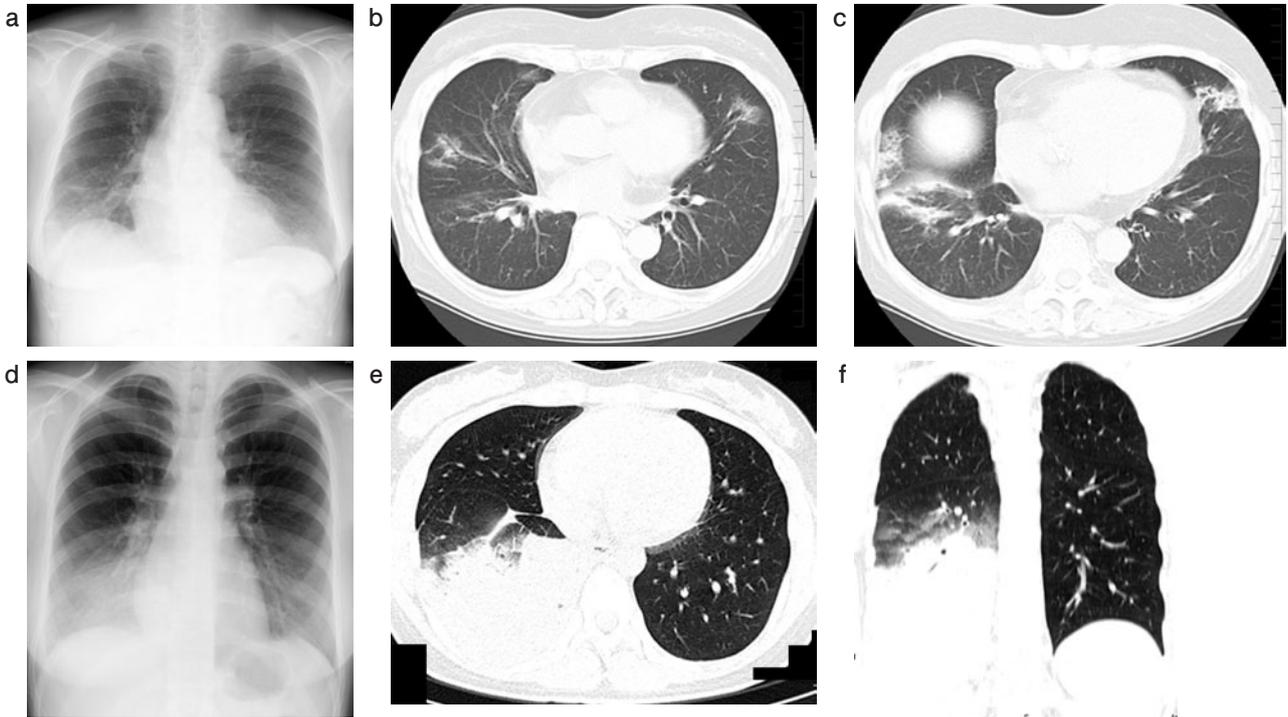


図1 (a~c) 気管支肺炎, モラクセラ肺炎. (a) 胸部単純X線撮影. 両側下肺に気管支血管束に沿って広がる浸潤影を認める. (b) 胸部CT. 気管支血管束に沿った斑状の浸潤影を認める. (c) 胸部CT. 気管支壁の肥厚と気管支血管束に沿う浸潤影を認める. (d~f) 大葉性肺炎, 肺炎球菌肺炎. (d) 胸部単純X線撮影. 心拡大を認める. 右下肺には浸潤影を認める. 肺野の容積減少. (e) 胸部高分解能CT (HRCT). 右肺に比較的均一な内部構造をもつ浸潤影を認める. (f) 冠状断再構成CT像. 病変の広がり, 右下葉全般であることがわかる.

はじめに

肺炎といってもその病態には, 多彩なものが含まれる. 宿主の免疫状態によるものでは, 市中肺炎, 院内感染肺炎, nursing home-acquired pneumonia などに分類される. また病原体別のものである. 細菌性肺炎, 真菌肺炎, ウイルス肺炎, クラミドフィラ肺炎, マイコプラズマ肺炎などがある. また病態面からいえば, どのような生体の反応が肺炎発症に関わっているかが重要である. 本稿では, これらの肺炎の病因診断, 病態診断に画像診断がどの程度有益な情報を与えるかという観点から, 肺炎の画像所見を記載したい.

肺炎の画像はどこまで病理像を反映するか

細菌性肺炎は, 大葉性肺炎と巣状肺炎に分類されるが, 経気道散布を示すものが気管支肺炎であり, 血行散布を示すものが感染性塞栓である. 細菌性肺炎においては, その病理形態像は主に肺胞腔内の浸出性病変で, 多核好中球の浸出を主体にする. 気管支肺炎では, 気管支周囲に小葉単位, 細葉単位に浸出性病変がみられ, 病変が高度になると比較的大きな局面を形成する. また大葉性肺炎では, 浸出性病変は, 主に気管支以外の肺胞間の交通路 (Kohn pore など) を経由して肺内に広がり, 最終的には融合して一葉に至る大きな浸潤巣の局面を形成する. したがってこれらの細菌性肺炎の分布は, 気管支肺動脈沿いあるいは区域性, 葉性の分布をとる傾向がある.

ウイルス肺炎では, 細気管支炎と局所性のびまん性肺

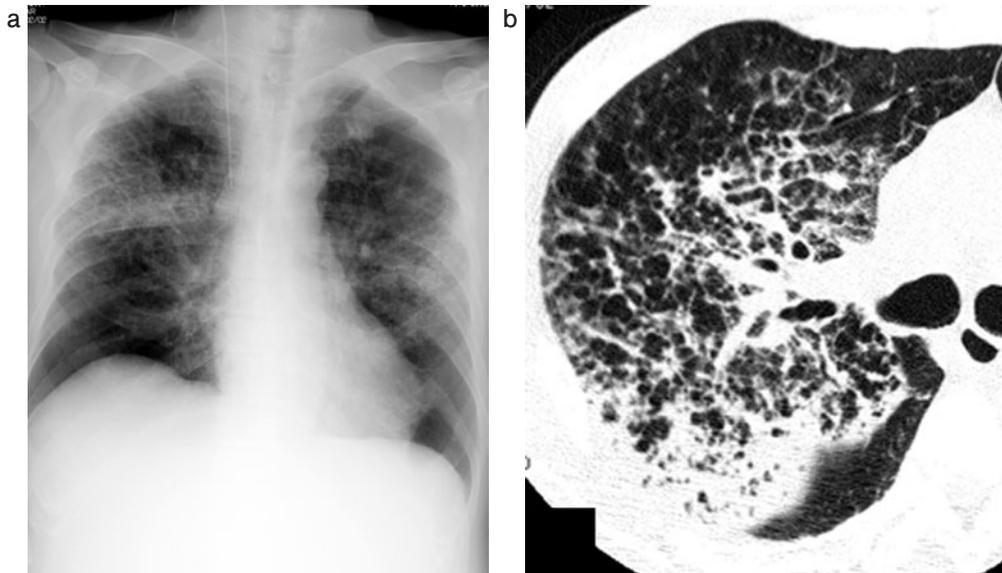


図2 swiss cheese appearance. (a) 胸部単純X線撮影. 胸部単純撮影では, 両肺の容積は増加, 右下肺に浸潤影を認めるが, その内部は不均一である. (b) HRCT. 既存の肺気腫のために網状陰影があるかのように見える. 間質性肺炎や蜂巢肺と誤ってはいけない.

胞障害 (DAD) 所見である. またマイコプラズマ肺炎は, 細気管支炎とその周囲の間質および肺胞腔内の浸出病変を主体とする. ニューモシスチス肺炎では, *Pneumocystis* 病原体が肺胞腔内に充満しており肺胞腔内充填性病変であるが, DAD が続発することがある. 重症肺炎により肺に続発性した DAD は, その他の原因による DAD と病理学的には変わるところはない.

肺炎の画像所見

肺炎の画像所見は, 上記の病理像を反映している. すなわち細菌性肺炎では, 肺胞腔内病変を反映して, 濃厚な浸潤影を形成するが, 不十分な肺胞充填性病変ではすりガラス陰影を示すので, 浸潤影の辺縁部では, しばしばすりガラス陰影が混在する. 気管支肺炎では気道壁の肥厚を伴い気管支血管束周囲に分布する斑状のすりガラ

ス陰影とその融合像が主体になる (図 1a~c). 大葉性肺炎 (図 1d~f) では, 区域性または非区域性に分布する浸潤影とその融合による大きな局面を形成する浸潤影であるが, 浸潤影の周囲では, すりガラス陰影や気管支壁の肥厚を伴う. 浸潤影内部には気管支透亮像を伴う. 既存の肺破壊性病変が存在すると, 肺炎の画像が修飾を受けることがある. 肺気腫に肺炎が合併すると肺気腫部分には浸出病変が起きないので, 多嚢胞性陰影を示し, 蜂巢肺や間質性肺炎に類似することがあるので注意を要する (図 2).

1. 肺炎球菌性肺炎

肺炎球菌性肺炎は, 病原体が判明している市中肺炎のなかでは, 最も頻度が高いとされる. 病的には, 典型的な肺胞腔内浸出病変を示す. 大葉性肺炎, 気管支肺炎 (小葉性肺炎) いずれの形態もとらうる (図 1). したがってその画像所見は, 一葉に及ぶ均一な大葉性肺炎から小葉大の浸潤影まで, さまざまである^{1)~3)}. 気管支壁の肥

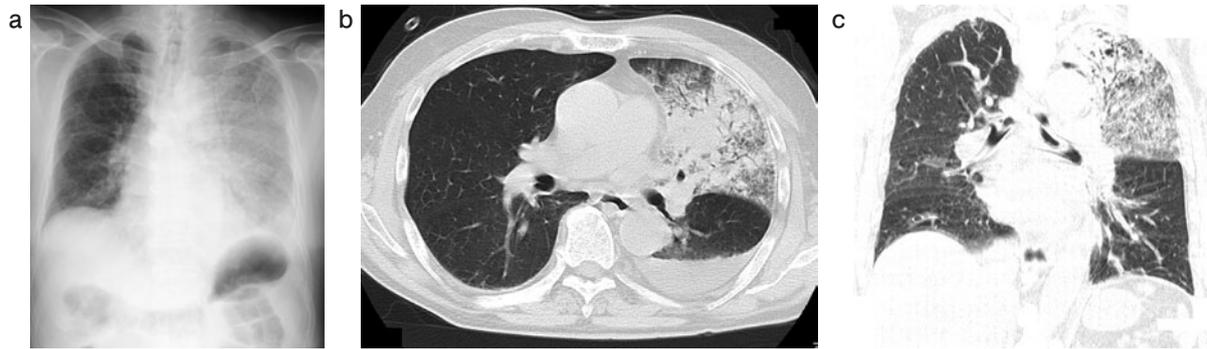


図3 レジオネラ肺炎. (a) 胸部単純 X 線撮影. 左上から中肺野に比較的不均一な浸潤影の広がり認める. (b) 胸部 HRCT. 左上葉に比較的広範な葉性分布を示すすりガラス陰影内部の反回枝領域に、斑状の浸潤影を認める. (c) 胸部 CT 冠状断再構成. 病変は右上葉に病変が存在することが明瞭である.



図4 インフルエンザ桿菌肺炎. (a) 胸部単純 X 線撮影. 両肺に斑状の浸潤影を認める. (b) 胸部 CT. 両肺で、気管支壁の肥厚を認め、両肺に多発結節陰影や斑状の浸潤影がみられる. (c) HRCT. 肺野で、気管支壁の肥厚を認め、肺野に多発結節陰影や斑状の浸潤影がみられる.

厚を示す。また浸潤影の辺縁部では、細気管支壁の肥厚を伴う。またその他の菌種の合併感染があると画像がやや異なった像を示すと記載されている²⁾。

2. レジオネラ肺炎

レジオネラ肺炎は、診断の遅れや抗菌薬選択の誤りにより重症化し、死に至る肺炎として恐れられてきたが、最近、尿中抗原による簡便で的確な診断法の進歩により、診断は比較的容易になってきた⁴⁾。しかし、尿中抗原で診断できるのは、血清型 1 型のみであり、尿中抗原陰性のレジオネラ肺炎の存在には、常に注意を払う必要がある。

我々の 38 例の CT を中心とする画像所見の検討⁵⁾やその他の報告⁶⁾では、その 1/3 程度で肺炎球菌肺炎と全く区別がつかない陰影を形成するが、2/3 程度の症例で比較的特徴的な所見を示し、その診断を疑う契機になる。細菌性肺炎としては、すりガラス陰影が広範で、主に反回枝領域の多小葉性浸潤影が重畳して、陰影が不均一な

内部構造を持つ印象を受ける (図 3)。これは、肺炎球菌性肺炎が、比較的単調で均一な構造をもつ浸潤影を示す点とやや異なる点である。

3. その他の細菌性肺炎⁷⁾⁸⁾

緑膿菌やインフルエンザ桿菌などのグラム陰性桿菌による肺炎は、しばしば院内感染肺炎の臨床像を示す。画像上も気管支肺炎による多発性小葉大浸潤影の集簇としてみられる (図 4)。レスピレーター装着者の緑膿菌肺炎はしばしば、広範な両側性気管支肺炎による多発結節陰影を示し、重症化する。肺炎桿菌性肺炎は、教科書的には、激しい出血性肺炎により罹患肺葉の容積増大 (bulging fissure sign) を示すとされる。ブドウ球菌肺炎や嫌気性細菌感染症では、陰影内部に壊死による空洞を伴うことが多い。

4. 非細菌性肺炎

マイコプラズマ肺炎やウイルス肺炎、クラミドフィラ肺炎では、細菌性肺炎と異なり、小葉中心性粒状陰影や

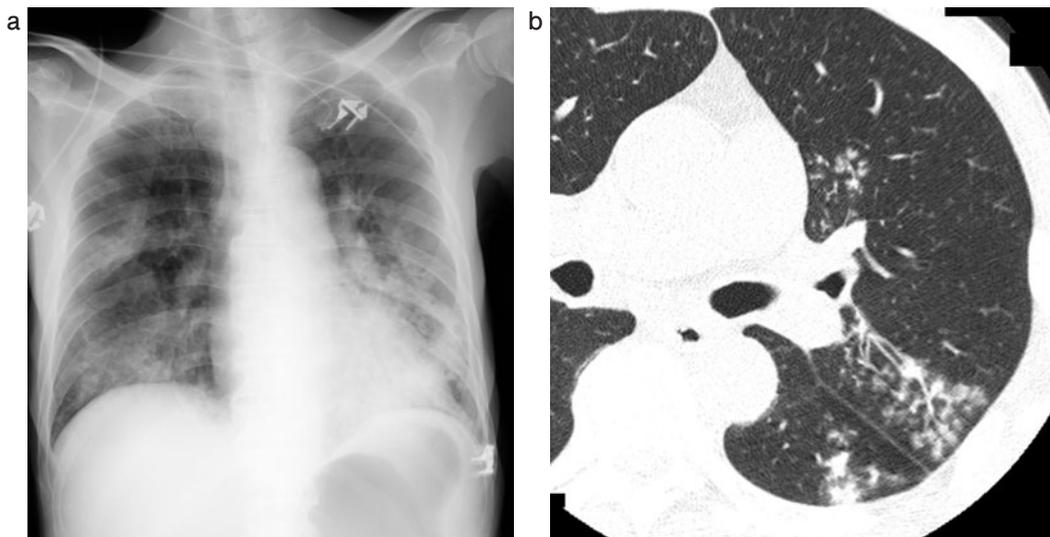


図5 マイコプラズマ肺炎. (a) 胸部単純X線撮影. 両肺に斑状の浸潤影がみられる. (b) 胸部HRCT. 細葉中心性の辺縁の不明瞭な小陰影がみられ, 細気管支中心性の肺炎と思われる.

気管支血管束肥厚, 小葉性すりガラス陰影が高い頻度で見られると報告されている¹¹⁹⁻¹²¹(図5). 一方では, クラミドフィラ肺炎は, マイコプラズマ肺炎に比べて気管支壁の肥厚や小葉中心性陰影の頻度が低く, また小葉性すりガラス陰影や浸潤影の頻度が高く, むしろ6球菌性肺炎に類似すると報告されている⁹. また季節性インフルエンザおよびH1N1インフルエンザ肺炎(図6)やアデノウイルスでは, 高頻度に小葉内網状陰影がみられると報告されているが, この所見の病理学的背景は十分に明らかにされていない. また細菌性肺炎との混合感染では, 浸潤影が高頻度にみられ, 純系ウイルス肺炎とはやや異なった画像を示すとされる.

ニューモシスチス肺炎(PCP)は, 両肺に広範なすりガラス陰影を示す(図7)が, その基礎疾患によって, 宿主応答が異なることが知られている^{122,123}. *Pneumocystis jirovecii*は, まれに肉芽腫性反応をきたして腫瘤陰影を示したり, 浸潤影を示すことがあるが, どのような

宿主反応性の差がその背後にあるかは十分に解明されていない. しかし, *P. jirovecii*それ自体には組織障害性が少なく, PCPの病態を決定しているのは, 宿主側の反応様式であることが知られている¹⁴. すなわちHIV陽性患者のPCPは宿主反応性が低く, 肺炎の病像は比較的軽症であるのに対して, 非HIV患者では, 宿主反応が高度で重症の炎症を呈しやすい. これが画像にどのように表れるかについてのストレートな説明はなされていないが, Tokudaらは, HIV陽性患者のPCPとリウマチ患者で治療により免疫不全が誘導された患者でのPCPの画像に相違があるとして, 何らかの病態の相違が示されている可能性を示唆している. また同様に免疫不全患者の日和見感染症として重要なサイトメガロウイルス(cytomegalovirus)肺炎(図8)は, PCP同様に広範なすりガラス陰影や小葉中心性粒状陰影などを示すが, 浸潤影など非典型的な所見を示すこともまれではない. またHIV陽性患者では, PCPとサイトメガロウイ

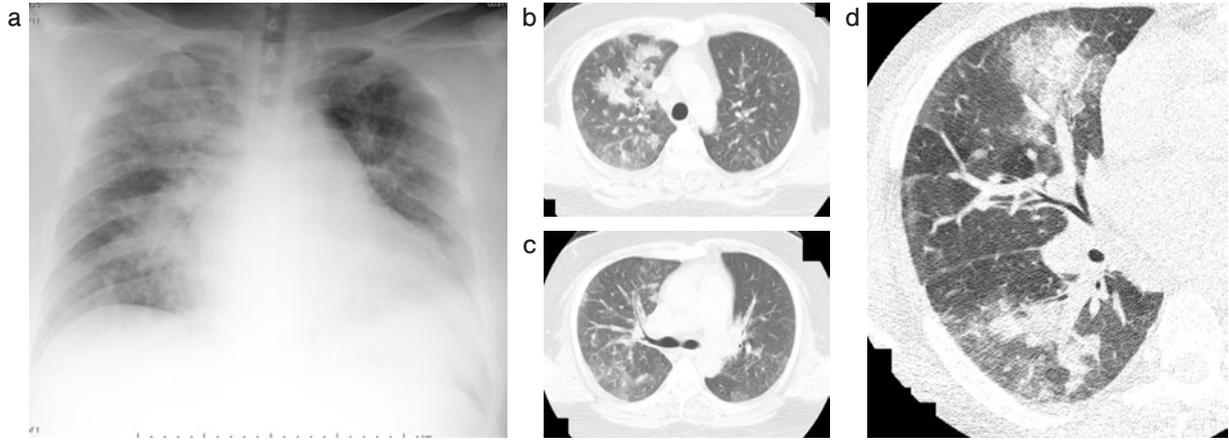


図6 季節性インフルエンザ肺炎. (a) 胸部単純X線撮影. 両肺に斑状のすりガラス陰影ないし浸潤影を認める. (b) 胸部CT. 両肺に斑状のすりガラス陰影や結節陰影がみられる. (c) 胸部CT. 両肺に斑状のすりガラス陰影や結節陰影がみられる. (d) 胸部HRCT. 気管支血管束沿いの斑状のすりガラス陰影を認める.



図7 ニューモシスチス肺炎. HRCT. 両肺に広範なすりガラス陰影がみられる.

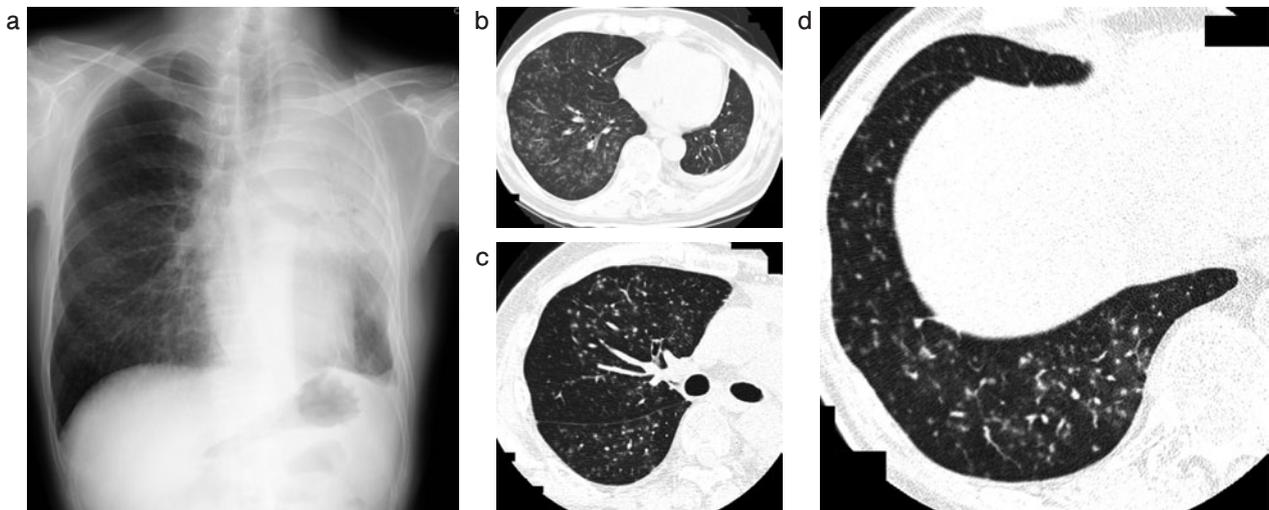


図8 サイトメガロウイルス肺炎. (a) 胸部単純X線撮影. 左上肺の透過性低下は、胸腺腫に対する放射線治療の影響と考えられる. 右肺下肺優位にすりガラス陰影がみられる. (b) 胸部CT. 右肺優位に多発性に小葉中心性にすりガラス陰影を認める. (c) 胸部HRCT. 右肺では、多発性に結節陰影やすりガラス陰影がみられる. 病変の分布は小葉中心性である. (d) 胸部HRCT. 右肺では、多発性に結節陰影やすりガラス陰影がみられる. 病変の分布は小葉中心性である.

ルスの重感染も少なくない。

Yanagawa ら¹⁵⁾は *Cryptococcus* 感染症においても、リウマチ患者ではHIV陽性患者や免疫正常者とは異なって、胸膜直下の分布よりは肺野の内層に優位の陰影分布を示すことを見いだしており、画像所見が肺炎などの感染症の病態や宿主反応性の相違の何らかの表現である可能性が示唆されているが、陰影の分布や形態と病態の関連については今後の検討が必要である。

画像で肺炎と類似疾患（非感染症）の鑑別はどこまで可能か

種々の非感染性疾患が肺炎に類似した画像を示すことが知られている。特に免疫不全患者では、すりガラス陰影を広範に示す感染症があり、薬剤性肺障害やその他の非感染性疾患との鑑別が重要になる¹⁶⁾¹⁷⁾。また担癌個体では、腫瘍の進展も鑑別疾患として重要になる

HRCTによる感染性疾患と非感染性疾患の鑑別において最も重要な所見は小葉中心性結節¹⁶⁾、陰影の区域性分布¹⁸⁾、区域気管支を中心とした楔状浸潤影、粘液栓による分岐状陰影¹⁶⁾¹⁸⁾¹⁹⁾などと記載されている。小葉中心性分岐状構造は非感染性炎症性疾患ではみられない²⁰⁾。白血病、悪性リンパ腫、癌性リンパ管症などの悪性腫瘍では気管支血管束の肥厚、結節、リンパ節腫大の頻度が高い。

画像所見から病原体をどこまで推定しうるか

18例の細菌性肺炎と14例の非定型肺炎のCTを比較した結果⁹⁾では、非定型肺炎は、小葉単位のすりガラス影とconsolidation、および小葉中心性粒状影を示しやすい傾向にあった。クラミドフィラ肺炎24例、マイコプラズマ肺炎30例、肺炎球菌肺炎41例の画像所見の比較⁹⁾では、気管支血管束肥厚や小葉中心性粒状影の所見は、マイコプラズマ肺炎およびクラミドフィラ肺炎で頻度が高い⁹⁾。94例の細菌性肺炎（うち肺炎球菌65例）と31例の非定型肺炎（うちマイコプラズマ肺炎20例、クラミドフィラ肺炎7例）についてCT所見を比較検討¹¹⁾したところ、小葉中心性粒状影、気管支血管束肥厚、小葉性すりガラス影が非定型肺炎で有意に高頻度に認められ

細菌性肺炎との相違点であったが、クラミドフィラ肺炎と細菌性肺炎との区別は困難であった。細菌性肺炎35例、マイコプラズマ肺炎28例、ウイルス肺炎9例を含む計114例のCT所見の比較では、マイコプラズマ肺炎とウイルス肺炎では、細菌性肺炎と比較して小葉中心性粒状影を高頻度で認め、ウイルス肺炎ではconsolidationが認められなかった¹⁰⁾。ウイルス肺炎93例と細菌性肺炎22例のCT所見の検討では、細菌性肺炎に比べてウイルス肺炎ではびまん性のすりガラス影あるいはconsolidationが高頻度で認められた²¹⁾。Miyashita²²⁾およびNei²³⁾の報告でも、マイコプラズマ肺炎では気管支壁肥厚と小葉中心性粒状影が有意に高頻度に認められる。以上を総合すると、気管支壁肥厚および小葉中心性粒状影の所見は、細菌性肺炎と非定型肺炎を鑑別するうえで有用であると思われる。クラミドフィラ肺炎は、画像による肺炎球菌肺炎との鑑別は困難とされている⁹⁾²⁴⁾。

季節性および新型インフルエンザ肺炎に関しては、CT像で小葉内網状影を認めることが多いとされる²⁵⁻²⁷⁾。細菌性肺炎との混合感染例では区域性のconsolidationを認め、純ウイルス肺炎と区別されうるとの報告もみられる²⁵⁾。インフルエンザ以外の他のウイルス肺炎でも、同様な所見（小葉内網状影）の報告が多い。これらの所見は、ウイルス肺炎と細菌性肺炎との鑑別に役立つ¹⁰⁾²⁵⁾。

細菌性肺炎の起炎菌の画像による鑑別では、肺炎球菌のように大葉性肺炎をきたしやすい傾向のある菌と、インフルエンザ桿菌や緑膿菌のように気管支肺炎を主体とする菌種があり、ある程度の画像の相違がある。我々の検討によるレジオネラ肺炎の画像的特徴については、前述したとおりである

肺炎の合併症の診断

肺炎の合併症としてあげられるものに、肺炎随伴胸水、膿胸（図9）、肺化膿症（膿瘍）（図10）、重症肺炎に続発するARDS（DAD）などがある。肺炎随伴性胸水と膿胸の鑑別には、胸水穿刺による胸水の検索が必須であり、画像診断による鑑別には限界がある。肺化膿症では、化膿性炎症により、腫瘤陰影やその内部の空洞、あるいは造影CTによる造影不良域の出現を認める点が、特徴的である。重症肺炎による肺のサイトカインストームの結果、DADが続発するが、初期の浸出期では、非心原性肺水腫の画像を示す。



図9 細菌性膿胸. (a) 胸部単純X線撮影. 左胸腔は完全に透過性が低下している. (b) 胸部造影CT. 左胸腔には、被包化された胸水を認め、胸膜肥厚もみられる. (c) 胸部造影CT 冠状断再構成. 左胸腔には、被包化された胸水を認め、胸膜肥厚もみられる.

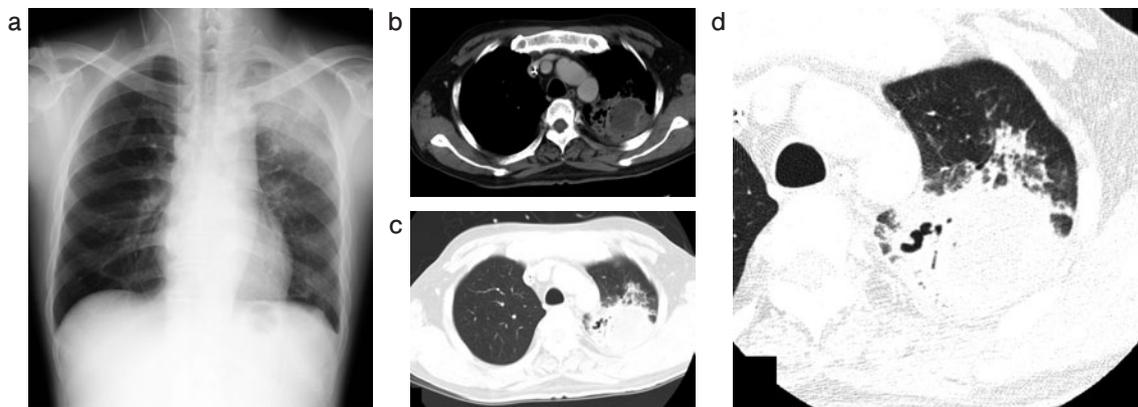


図10 細菌性膿瘍. (a) 胸部単純X線撮影 右上肺に異常陰影がみられる. (b) 胸部造影CT. 造影CTでは、内部低吸収を示す腫瘤が左上葉にみられ、空洞もみられる. (c) 胸部CT 肺野条件. (d) 胸部HRCT. 肺野条件.

おわりに

肺炎の画像は、起炎菌の相違、それに対する宿主反応性の相違に規定されるはずである。しかし、画像所見には、非特異的な所見も多く、肺炎の病態、宿主反応の相違と相関させるにはまだまだギャップが大きく、今後これらのギャップを埋めるべく画像所見の解析が必要である。

参考文献

- 1) Haroon A, et al. Pulmonary computed tomography findings in 39 cases of *Streptococcus pneumoniae* pneumonia. *Intern Med* 2012; 51: 3343-9.
- 2) Okada F, et al. Thin-section CT findings of patients with acute *Streptococcus pneumoniae* pneumonia with and without concurrent infection. *Br J Radiol* 2012; 85: e357-64.
- 3) Yagihashi K, et al. Correlations between computed tomography findings and clinical manifestations of *Streptococcus pneumoniae* pneumonia. *Jpn J Radiol* 2011; 29: 423-8
- 4) Kim KW, et al. Chest computed tomographic findings and clinical features of legionella pneumonia. *J Comput Assist Tomogr* 2007; 31: 950-5.
- 5) Sakai F, et al. Computed tomographic features of *Legionella pneumophila* pneumonia in 38 cases. *J Comput Assist Tomogr* 2007; 31: 125-31.
- 6) Yu H, et al. Computed tomographic features of 23 sporadic cases with *Legionella pneumophila* pneumonia. *Eur J Radiol* 2010; 74: e73-8.
- 7) Okada F, et al. High-resolution CT findings in *Streptococcus milleri* pulmonary infection. *Clin Radiol* 2013; 68: e331-7.

- 8) Okada F, et al. Pulmonary thin-section CT findings in acute *Moraxella catarrhalis* pulmonary infection. *Br J Radiol* 2011; 84: 1109-14.
- 9) Nambu A, et al. *Chlamydia pneumoniae*: comparison with findings of *Mycoplasma pneumoniae* and *Streptococcus pneumoniae* at thin-section CT. *Radiology* 2006; 238: 330-8.
- 10) Reittner P, et al. Pneumonia: high-resolution CT findings in 114 patients. *Eur Radiol* 2003; 13: 515-21.
- 11) Ito I, et al. Differentiation of bacterial and non-bacterial community-acquired pneumonia by thin-section computed tomography. *Eur J Radiol* 2009; 72: 388-95.
- 12) Shorr AF, et al. Pulmonary infiltrates in the non-HIV-infected immunocompromised patient: etiologies, diagnostic strategies, and outcomes. *Chest* 125: 260-71, 2004.
- 13) Emoto T, et al. HRCT findings of pulmonary complications in non-AIDS immunocompromised patients: are they useful in differential diagnosis? *Radiat Med* 2003; 21: 7-15.
- 14) Tokuda H, et al. Clinical and radiological features of *Pneumocystis pneumonia* in patients with rheumatoid arthritis, in comparison with methotrexate pneumonitis and *Pneumocystis pneumonia* in acquired immunodeficiency syndrome: a multicenter study. *Intern Med* 2008; 47: 915-23.
- 15) Yanagawa N, et al. Pulmonary cryptococcosis in rheumatoid arthritis (RA) patients: Comparison of imaging characteristics among RA, acquired immunodeficiency syndrome, and immunocompetent patients. *Eur J Radiol* 2013; 82: 2035-42.
- 16) Tomiyama N, et al. Acute parenchymal lung disease in immunocompetent patients: diagnostic accuracy of high-resolution CT. *AJR Am J Roentgenol* 2000; 174: 1745-50.
- 17) Brown MJ, et al. Acute lung disease in the immunocompromised host: CT and pathologic examination findings. *Radiology* 1994; 190: 247-54.
- 18) Johkoh T, et al. Usefulness of high-resolution CT for differential diagnosis of multi-focal pulmonary consolidation. *Radiat Med* 1996; 14: 139-46.
- 19) Tanaka N, et al. High resolution CT findings in community-acquired pneumonia. *J Comput Assist Tomogr* 1996; 20: 600-8.
- 20) Aquino SL, et al. Tree-in-bud pattern: frequency and significance on thin-section CT. *J Comput Assist Tomogr* 1996; 20: 594-9.
- 21) Miller WT Jr, et al. CT of viral lower respiratory tract infections in adults: comparison among viral organisms and between viral and bacterial infections. *AJR Am J Roentgenol* 2011; 197: 1088-95.
- 22) Miyashita N, et al. Radiographic features of *Mycoplasma pneumoniae pneumonia*: differential diagnosis and performance timing. *BMC Med Imaging* 2009; 9: 7.
- 23) Nei T, et al. *Mycoplasma pneumoniae pneumonia*: differential diagnosis by computerized tomography. *Intern Med* 2007; 46: 1083-7.
- 24) Okada F, et al. *Chlamydia pneumoniae pneumonia* and *Mycoplasma pneumoniae pneumonia*: comparison of clinical findings and CT findings. *J Comput Assist Tomogr* 2005; 29: 626-32.
- 25) Fujita J, et al. Chest CT findings of influenza virus-associated pneumonia in 12 adult patients. *Influenza Other Respi Viruses* 2007; 1: 183-7.
- 26) Agarwal PP, et al. Chest radiographic and CT findings in novel swine-origin influenza A (H1N1) virus (S-OIV) infection. *AJR Am J Roentgenol* 2009; 193: 1488-93.
- 27) Marchiori E, et al. High-resolution computed tomography findings from adult patient with influenza A (H1N1) virus-associated pneumonia. *Eur J Radiol* 2010; 74: 93-8.

Abstract

Pneumonia: Approach to a pathophysiologic background with imaging

Fumikazu Sakai, Yusuke Watanabe and Nanami Okano

Department of Diagnostic Radiology, Saitama International Medical Center, Saitama Medical University

Imaging findings are manifestation interactions between an infectious agent and host reaction and may be affected by the virulency of infectious agents and altered states of host immunity. Some gap between changes of interaction and imaging manifestations may be found; however, it seems mandatory to understand the fundamentals of immunology and the protection of respiratory infection.