

肺炎所見の評価と COVID-19 肺炎の CT 所見

市川宏紀*1 川口真矢*2

*1 大垣市民病院診療検査科 *2 大垣市民病院放射線診断科

key words : CT, COVID-19, 画像診断, ウイルス性肺炎, すりガラス影

要 旨

肺感染症における CT 検査は多大な情報量をもたらす画像検査であるが、画像診断単体で肺炎の起炎菌が何であるか診断することは難しい。しかし、日本医学放射線学会監修の画像診断ガイドライン 2021 年版において、ウイルス性肺炎と細菌性肺炎との鑑別に CT が役立つ可能性があるとされている。肺炎像は consolidation とすりガラス影という名称の陰影が描出され、この二つは陰影の濃さで区別される。細菌性肺炎は consolidation を呈するのに対し、ウイルス性肺炎はすりガラス影が主体の肺炎像を呈することが多い。肺炎像としてのすりガラス影の分布を分類すると小葉中心性とびまん性の分布に分けられ、ウイルス性肺炎である COVID-19 肺炎は後者の分布であることが多い。すりガラス影自体も限局したすりガラス影 (ground-glass opacity; GGO) のほか、crazy paving pattern や halo sign といった特徴のある陰影があり形状は多岐にわたる。高分解能 CT などを用いて陰影を細かく評価することで肺炎の鑑別はある程度可能であり、行動歴や身体所見、採血データを併せると、より確実性が高い診断を行うことが可能である。

はじめに

肺感染症診療では画像検査は主に胸部単純 X 線写真と胸部 CT が行われる。なかでも胸部 CT 検査は非常に情報量が多く、肺野の状態を俯瞰的かつ正確に知ることができる唯一の検査である。昨今では新型コロナ

ウイルス感染症 (corona virus disease-19; COVID-19) が流行し、胸部 CT を撮像する機会が増加している。肺感染症の起炎菌は多岐にわたり、画像所見も多彩であるため、胸部 CT 単独では起炎菌が何であるか診断することは難しい。しかし、特徴的な画像所見を呈することが多い細菌性肺炎、マイコプラズマ肺炎やウイルス性肺炎などの非定型肺炎は CT でも鑑別できることがある。本稿では肺炎所見の評価のしかたと COVID-19 肺炎の胸部 CT 所見について解説する。

1 胸部 CT

胸部 CT での評価対象は肺野だけではなく、縦隔、リンパ節、胸膜・横隔膜、骨、可視範囲の腹腔内臓器などである。呼吸器系画像診断においては造影剤を用いない単純 CT が施行されることが多い。撮影された画像は一般的に 5 mm スライス厚で提供されることが多く、一度のスキャンで縦隔条件 (縦隔組織や大血管が見やすい条件) と肺野条件 (胸郭内肺病変が見やすい条件) が画像再構成される。昨今の発展した CT では多断面再構成 (multi-planner reconstruction; MPR) 等で 3 次的に観察でき、より多くの情報量を得ることができる。また、びまん性肺疾患などではスライス厚を 2 mm 以下、有効視野を 15~20 cm に拡大、高周波強調などの画像再構成を行う高分解能 CT (High-Resolution CT; HRCT) で評価されることも多い。高分解能 CT では小葉内の病変まで観察が可能で、陰影の分布の状態を評価することで肺感染症の鑑別に利用できる。

2 すりガラス影と consolidation

すりガラス影は陰影の中でも肺野に霞がかかったような淡い陰影のことを指し、肺血管を透見できるような淡い濃度上昇として描出される。すりガラス影のなかでも特に範囲が限局しているすりガラス影のことを ground-glass opacity; GGO と表現する。

consolidation はすりガラス影より濃く、肺血管が透見できない陰影のことをいい、肺胞内の空気が滲出液などによって置換された状態である。肺内で肺構造の破壊を伴わないため、肺容積の減少を認めない。陰影の濃さとしては consolidation > すりガラス影であり

(図 1)、組織密度と各種肺病変の関係を表したのが図 2 である。肺血管を透見できない consolidation の組織密度 (等過度) を 1.0 とすると正常肺は 0.1 前後である。すりガラス影といわれる肺野濃度上昇は、正常肺に近いものから consolidation に近いものまで幅広く使われている¹⁾。

すりガラス影はその陰影分布により、さらに細分化される。小葉、肺胞レベルの病変形状により分類され、肺炎像の分布のほとんどが小葉中心性とびまん性に分けられる。

小葉中心性すりガラス影は小葉辺縁の構造と病変が一定の距離を保つ状態である²⁾。CT 画像上は気管支

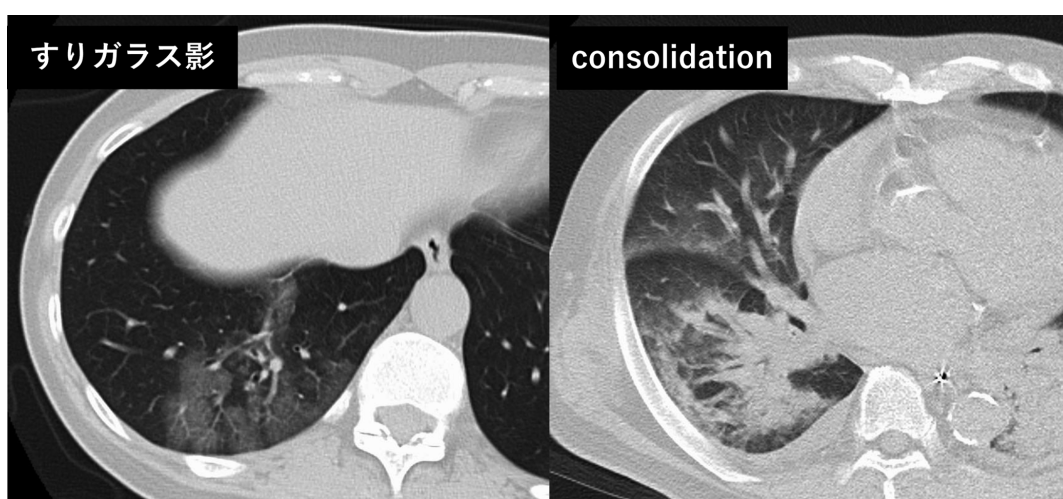


図 1 すりガラス影と consolidation

すりガラス影は肺血管が透見できる程度の淡い陰影である。consolidation は陰影内部に肺血管が確認できない (透見できない) くらい濃い陰影である。
(筆者自験例)

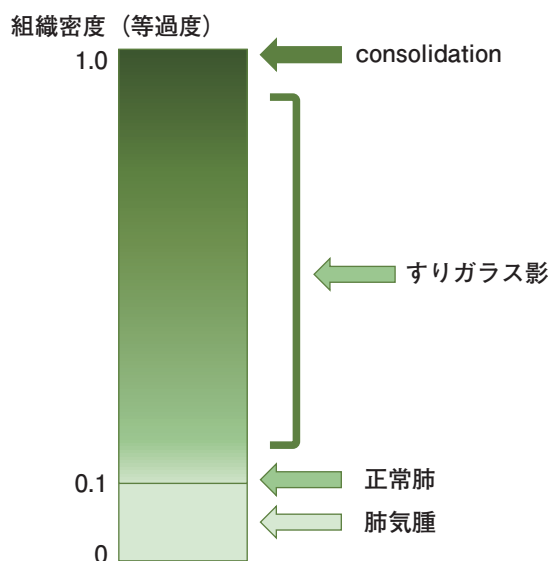


図 2 組織密度と CT 所見

(筆者作成：文献 3 より一部改変)

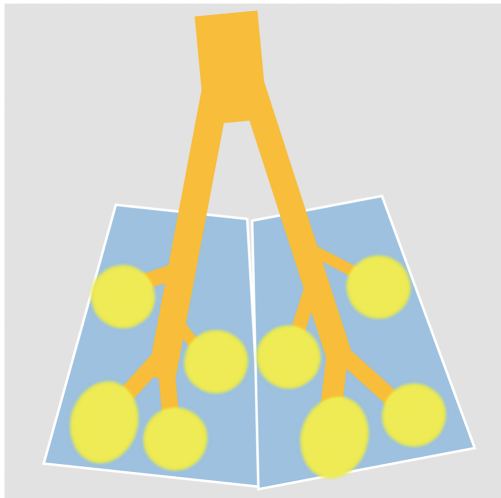


図3 小葉中心性すりガラス影の肺胞イメージ
(筆者作成)

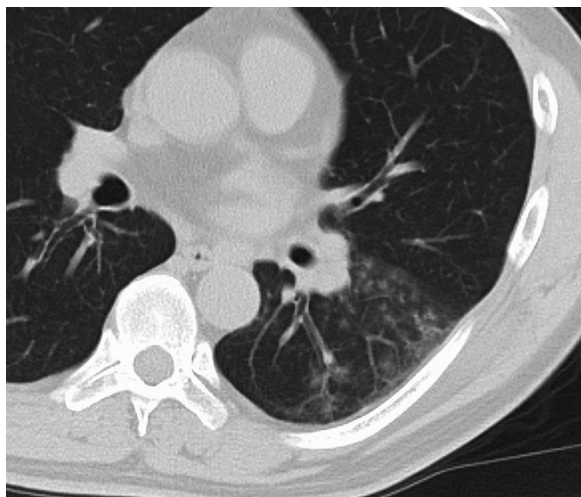


図4 気管支肺炎 80代歳男性 発熱にて救急搬送
左下葉 S6 領域に気管支周囲のぼたん雪状の淡い陰影（小葉中心性）が認められる。
(筆者自験例)

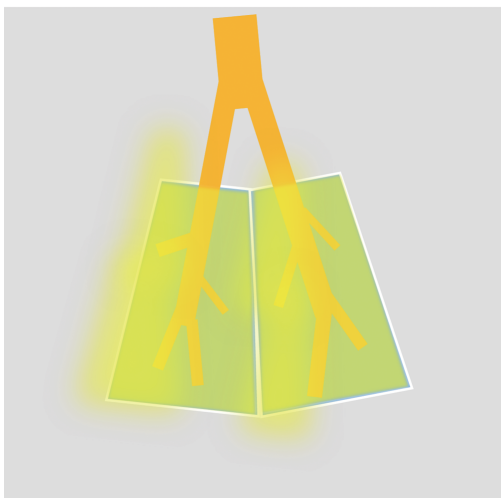


図5 びまん性すりガラス影の肺胞イメージ
(筆者作成)

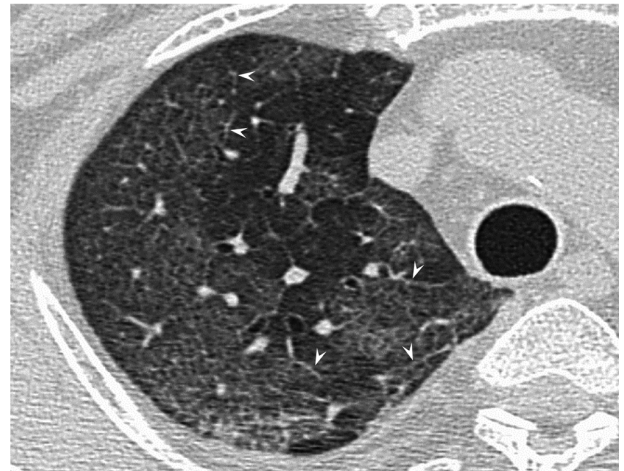


図6 COVID-19肺炎 70代男性 呼吸苦にて受診
右上葉に小葉間隔壁肥厚（矢頭）を伴うびまん性すりガラス影を認める。
(筆者自験例)

に沿った、淡いポツポツとした陰影で描出される（[図3](#)、[図4](#)）。小葉中心性すりガラス影は経気道性の病変が主体であり、細菌性肺炎のすりガラス影は小葉中心性分布を呈することが多い。他の主な疾患としては気管支肺炎、過敏性肺臓炎、細菌による呼吸器感染症やマイコプラズマ肺炎、膠原病に伴う細気管支病変（関節リウマチや Sjögren 症候群など）があげられる。

一方で、びまん性すりガラス影は小葉全体に病変が広がる状態であり、小葉間隔壁により隣の小葉へ広がらない陰影のことを示す（[図4](#)、[図5](#)）³⁾。COVID-19肺炎を含むウイルス性肺炎に典型的な陰影である。その他、間質性肺炎（[図6](#)）、好酸球性肺炎、その他炎症以外の疾患（薬剤性肺炎、肺水腫、肺胞出血）などが鑑別にあがるが、細菌性肺炎でも認めることもあり疾患は多岐にわたる。

3 細菌性肺炎と非定型肺炎

呼吸器感染症に関わる各種ガイドラインでも、両者の鑑別診断基準については症状や臨床および検査所見から鑑別を行うこととしているが、胸部単純X線写真を含めて画像診断の項目は含まれていない。非定型肺炎はマイコプラズマ肺炎やクラミドフィラ肺炎などが含まれるが、ウイルス性肺炎が非定型肺炎に含まれるかは、ガイドラインや文献によって解釈が異なっている。本稿ではウイルス性肺炎は非定型肺炎に含まれるものとして概説する。肺炎球菌性肺炎とマイコプラズマによる肺炎のCT所見については多数の報告があ

り、日本医学放射線学会監修の画像診断ガイドライン 2021 年版では細菌性肺炎とマイコプラズマ肺炎の CT 所見には異なる所見が多く見られ、鑑別には CT が推奨されている⁴⁾。肺炎球菌性肺炎、マイコプラズマ肺炎、インフルエンザ肺炎についてはその特徴がある程度確立されているが、その他の多くの起炎微生物については特徴的な CT 所見は乏しく、画像所見のみから診断することは困難であることも多い。

採血データとしては、一般的に細菌性肺炎は白血球増多、C 反応性蛋白 (C-reactive protein; CRP) の上昇が特徴とされる。一方、ウイルス性肺炎では白血球増多はなく、CRP の上昇のみが見られる。ただし、ウイルス性肺炎と細菌性肺炎が合併すると、この原則が崩れるので注意が必要である。

画像上の鑑別点として、細菌性肺炎は consolidation を呈するのに対して、ウイルス性肺炎はすりガラス影を呈することが多い。陰影の範囲は、細菌性肺炎は区域性に広がることが多く、ウイルス性肺炎は非区域性に分布することが多い。Miyashita らは肺炎球菌肺炎とマイコプラズマ肺炎の所見を比較した検討を行い、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高頻度に認められたとしている⁵⁾。Ono らはインフルエンザウイルス肺炎と肺炎球菌性肺炎の CT 所見の比較検討を行っており、インフルエンザウイルス肺炎では「すりガラス影」と「網状影」を高頻度で認め、肺炎球菌性肺炎では「consolidation」と「気管支内粘液栓」および「小葉中心性粒状影」を高頻度で認め、それぞれ有意差が認められた⁵⁾。アデノウイルスなど他のウイルス性肺炎でもインフルエンザウイルス肺炎と同様の所見を呈することが多く、画像診断ガイドラインではウイルス性肺炎と細菌性肺炎との鑑別に CT が役立つ可能性があるとしている⁴⁾。しかし採血データと同様にウイルス性肺炎と細菌性肺炎との混合感染例では区域性の consolidation を認め、純ウイルス性肺炎と区別されたとされており、consolidation が認められてもウイルス性肺炎を否定することはできないので注意が必要である。

4 COVID-19 肺炎の CT 所見

COVID-19 肺炎はウイルス性肺炎に分類されるが、インフルエンザウイルス肺炎など他のウイルス性肺炎も酷似した CT 所見を呈する。前述の通りびまん性す

りガラス影が中心となる肺炎像を呈することが多い。CT 所見のみでは COVID-19 肺炎とインフルエンザウイルス肺炎などの鑑別は困難である。

ウイルス性肺炎像の分布として多く見られるのが「多発性のすりガラス影」と「末梢胸膜直下に優位な分布」である。COVID-19 肺炎の文献に絞ると、世界的な流行初期の文献によれば 80~99% が両側陰影、54~79% は肺野末梢側に分布、有症候例の 80% に CT で肺炎所見を認めたとされ、無症候例でも 54% に CT で肺炎所見が見られるとされている^{6~8)}。しかし、昨今流行しているオミクロン株では、肺炎像を呈する割合はデルタ株と比較して 0.24~0.38 倍となっており、COVID-19 罹患者でも肺炎を見ることは少なくなっている⁹⁾。



図7 発症 2 日後の COVID-19 肺炎 70 代女性 発熱・咳
右上葉胸膜直下に斑状のすりガラス影を認める。consolidation のような濃い陰影や胸水は認められない。
(筆者自験例)



図8 発症 8 日後の COVID-19 肺炎
胸膜直下優位のすりガラス影は拡大し両側に出現している。陰影内には crazy paving pattern のほか気管支透亮像を呈する consolidation も混在している (矢印)。
(筆者自験例)

陰影の経時的な変化としては発症から1~3週間ですりガラス影から浸潤影に変化するとされており、進行時期による肺野所見の変化も報告されている^{2),9)}。発症から7日以内の初期ではすりガラス影が主体で、気管支の歪みや胸水貯留は稀である(図7)。8~14日の進行期では86.4%にすりガラス影と網状影の混在が見られ、air-bronchogram(気管支透亮像)を伴うconsolidationが81.8%で見られた。線維化や器質化も90.9%で見られ、胸水の発生もほとんどの症例で確認できたという(図8)。Zhouらは網状影や線維化は炎症吸収が反映された所見であるとしている⁹⁾。

インフルエンザウイルス肺炎でも同様であり、初期はGGOが出現し、進行すると多発GGOやcrazy paving pattern(appearance)と呼ばれる網目状のすりガラス影(メロンの皮様所見)、consolidationが出現する。

COVID-19肺炎ではすりガラス影の形状も多様である。COVID-19肺炎関連の文献では共通して、円形GGO、斑状GGO、crazy paving pattern、halo signなど数パターンの陰影が報告されている(図9~13)。

Gian, Kamalらなどの報告によると、COVID-19罹患患者のうち、肺炎像が描出された症例の100%でGGOを認めており、形状は円形GGOが59.6%、斑状GGO

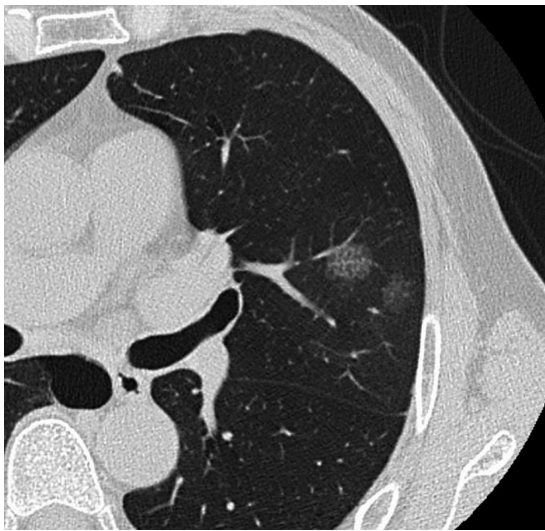


図9 円形GGO COVID-19肺炎 50代男性 発熱
左上葉に円形のすりガラス影を2カ所認める。
(筆者自験例)

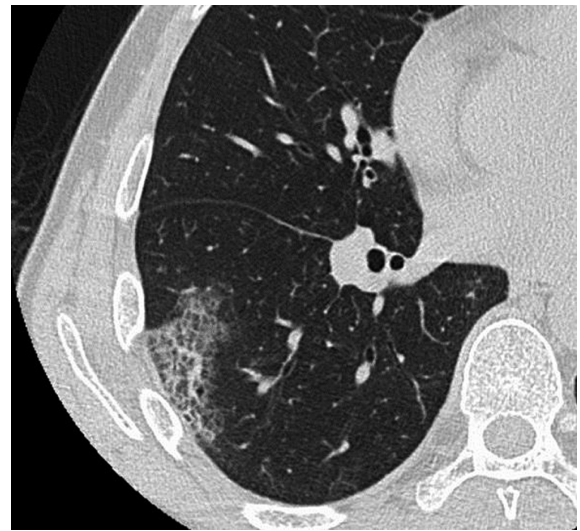


図10 斑状GGO COVID-19肺炎 60代女性 発熱・咳
右下葉胸膜直下に斑状のすりガラス影を認める。
(筆者自験例)



図11 crazy paving pattern COVID-19肺炎 60代女性 発熱・咳
メロンの皮様所見とも呼ばれる。GGOの中に網目状の構造が描出される。GGOのやや進行した所見である。
(筆者自験例)

が40~86%で見られたとされている^{7,10)}。しかし、円形と斑状の線引きが曖昧であり、文献によって円形はすべて斑状に含まれている。他にはすりガラス影の内部に網状影が介在する crazy paving pattern や結節の周囲に見られる淡いすりガラス影 (halo sign) と呼ばれる形状のすりガラス影も高率で認められている。一方、細菌性肺炎で比較的良好に見られるリンパ節腫大や

胸水といった所見はほとんど見られず、鑑別する上での一助となり得る (表1)。

また、オランダ放射線科学会より報告された CO-RADS (COVID-19 Reporting and Data System) や 北米放射線学会から報告された The RSNA expert consensus statement などといった、CTにより肺炎像を評価し、COVID-19 診断を行うスケールも報告されて

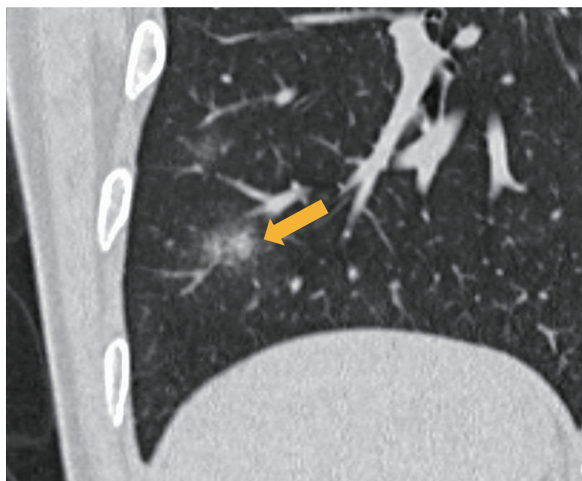


図12 Halo sign COVID-19 肺炎 50代男性 発熱
結節影の周囲に円形すりガラス影を認める。
(筆者自験例)

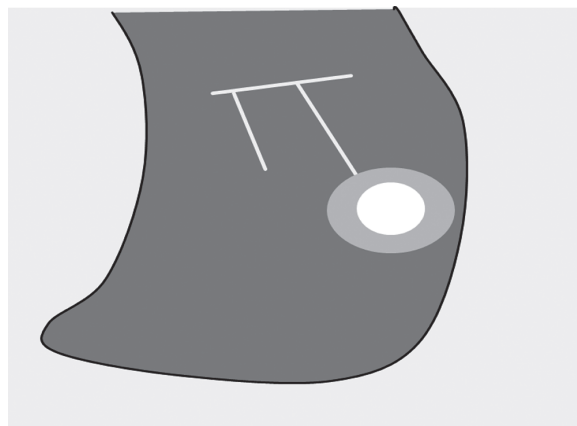


図13 Halo sign のシェーマ

中心部に結節状の濃い陰影があり、周囲に淡いすりガラス影がみられるイメージである。
(筆者作成)

表1 Guan らがまとめた COVID-19 肺炎の CT 所見の割合

Findings	Percentage [%]
GGO (すりガラス影)	100
Crazy-paving (メロンの皮様所見)	89.36
Consolidation	63.83
Stripe (索状影)	57.45
Air-bronchogram (気管支透亮像)	76.6
Pulmonary nodules	2.13
Secondary tuberculosis (二次性結核)	4.26
Cavity (空洞)	0
Enlarged mediastinal lymph node (リンパ節腫大)	0
Pleural effusion (胸水)	0

(文献7より一部可変)

表2 CO-RADS が提示する典型例と非典型例

typical	atypical	very atypical
胸膜直下の分布	中枢側や気管支周囲の分布	空洞, 石灰化
多発 GGO	小葉中心性	腫瘤
crazy paving pattern	リンパ節腫大	結節様
halo sign		tree-in-bud (樹枝状の結節影)
spider web pattern (網目状の陰影)		胸膜肥厚
すりガラス影と consolidation の混在		
境界不明瞭		
Vascular thickening (陰影周囲の血管拡大)		

(文献11より一部可変)

いる^{11,12)}。「CO-RADS」ではCOVID-19肺炎として、典型例と非典型例で分類したCT所見を提示している(表2)。陰影の分布としては胸膜直下の分布、陰影の形状としては多発GGOの他、crazy paving patternやhalo sign、辺縁や周囲の変化として陰影の境界不明瞭やvascular thickening(陰影周囲の血管拡大)があげられる。非典型例としては、中枢側や気管支周囲の分布、小葉中心性すりガラス影、リンパ節腫大、空洞、石灰化、胸膜肥厚があがる。

5 肺炎と間違えやすいCT所見

肺野内の炎症所見として間違えやすいCT所見をいくつか紹介する。肺野内のすりガラス影を呈する疾患は炎症だけではない。比較的良好に目にする肺野陰影としては、含気不良や重力効果による肺野濃度上昇や肺水腫があげられる。含気不良や重力効果による肺野濃度上昇は健常者であっても描出されうるCT所見であり、肺底部背側にすりガラス影が見られることが多い。

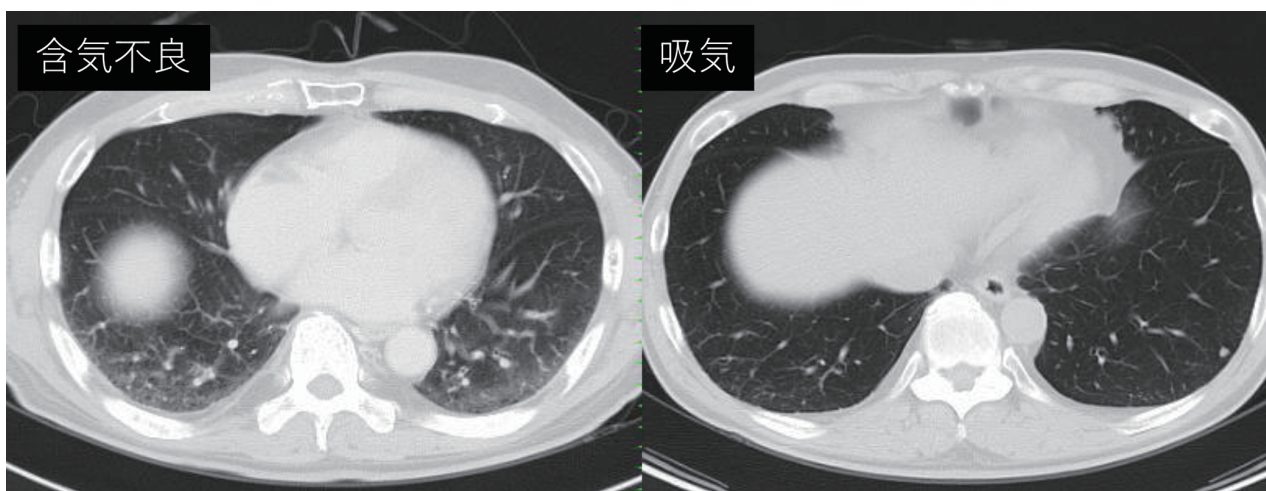


図14 含気不良による肺野濃度上昇

70代男性 発熱で救急受診。同一患者の肺底部付近の画像であるが、含気不良例では肺の容積が低下し、両肺野の背側にすりガラス影と肺血管の拡張が認められる。吸気で再撮影するとすりガラス影は消失した。
(筆者自験例)

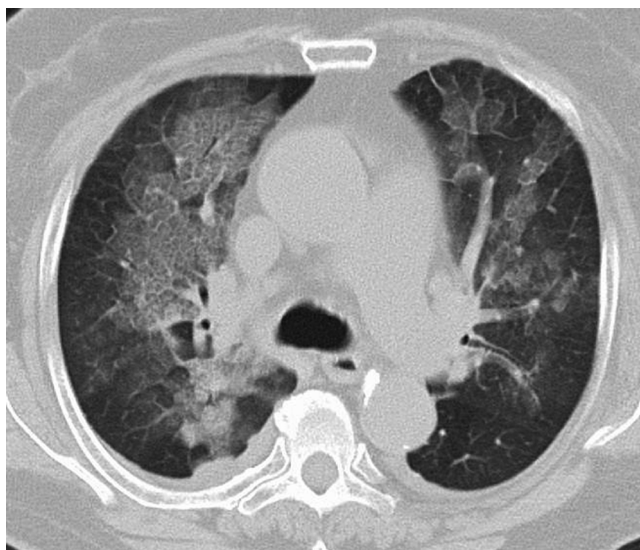


図15 心原性肺水腫

80代女性 呼吸困難で救急受診。両側に斑状のすりガラス影を認める。陰影内には小葉間隔壁肥厚やcrazy paving patternを認めるが、陰影の分布は中枢側優位であり、両側に胸水を認める。採血上、炎症反応上昇が乏しく心原性肺水腫の診断となった。
(筆者自験例)

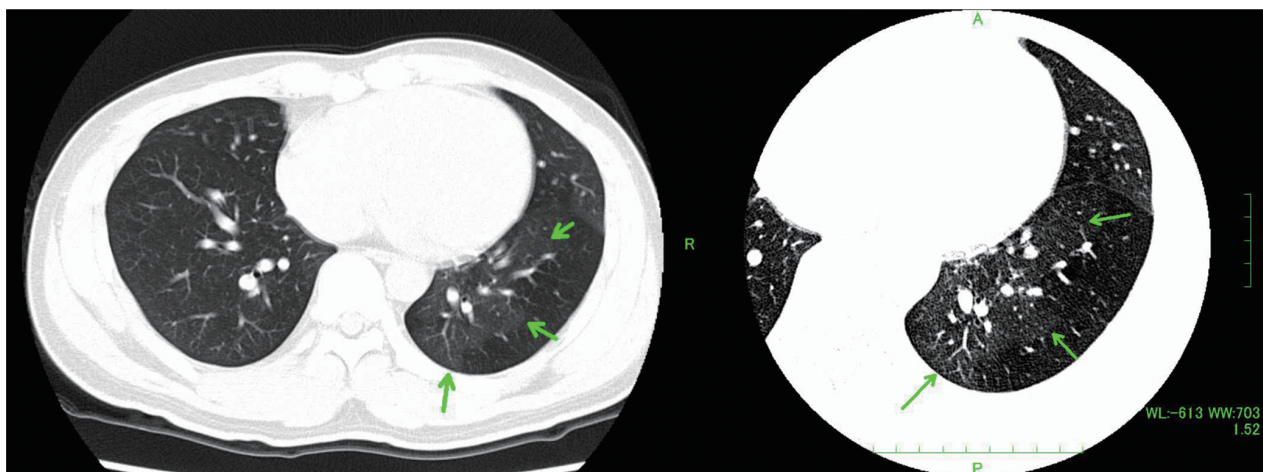


図 16 Swyer-James 症候群

20代男性 発熱で救急受診。左下葉縦隔側（矢印）は健側の右肺と同様の濃度を示し、左下葉末梢は透過性が亢進している。幼少期に肺炎治療の既往があった。
ウインドウレベルを調整することで所見が明確になる。
（筆者自験例）

CT 検査では通常仰臥位で検査を行うが、横隔膜の挙上や重力により肺底部背側の静脈やリンパ管圧が高まり、肺末梢間質の容積が増えることにより、すりガラス状に描出される¹³⁾。含気不良に対しては吸気息止め再撮影をし、重力効果では腹臥位や側臥位で撮影すると陰影が消失する（図 14）。

肺水腫は両側肺門周囲の分布や重力加重部分分布を呈するすりガラス影や consolidation として描出される。肺水腫では重症度によって多様な CT 所見が見られるが、軽微なものだと平滑な小葉間隔壁肥厚像、斑状あるいはびまん性のすりガラス影、crazy paving pattern などが見られ、胸膜直下や葉間膜周囲は構造が保たれる（スペアされる）傾向にある（図 15）。特徴としては胸水が貯留し、consolidation 内部の気管支透亮像は見えづらいたことがあげられる。また、原因解除による速やかな陰影改善が見られる¹⁴⁾。

また、淡いすりガラス陰影を呈する疾患として、まれではあるが Swyer-James 症候群も鑑別にあげると良い。Swyer-James 症候群は感染後の閉塞性細気管支炎の結果として、片側性の透過性亢進を来す疾患である。Swyer-James 症候群は図 16 のように一見すると縦隔側の淡い斑状のすりガラス影に見えるが、末梢側の肺野濃度が低下（透過性の亢進）しているため、相対的に周囲の正常肺実質が斑状のすりガラス影に見える。肺野の濃度低下を来した部位は、幼少期の呼吸器感染の既往により、気管支変形、air-trapping により、2 次的に血行障害・血流の低下が生じる¹⁵⁾。

まとめ

今回、肺炎所見の評価のしかたと COVID-19 肺炎の CT 所見について解説した。肺感染症の CT 所見は多様であり、CT 画像検査のみで確定診断を得ることは困難で診断情報としての価値は決して高くはない。しかし、高分解能 CT などで肺野の陰影を細かく読み解くと細菌性肺炎と COVID-19 肺炎を含むウイルス性肺炎の鑑別ができるように、ある程度の肺炎の鑑別は可能である。また、昨今の COVID-19 肺炎において CT での肺炎像描出の割合が低下しているとはいえ、重症度や進行時期の判別には有効である。行動歴や身体所見、採血データを併せるとより確実性が高くなることを念頭において、鑑別に臨むことが重要だと考える。

利益相反自己申告：申告すべきものなし

文 献

- 1) 村田喜代史, 上甲 剛, 村山貞之, 編.: 胸部の CT 第 4 版, 東京: メディカル・サイエンス・インターナショナル, 2018: 108-110.
- 2) 村田喜代史, 上甲 剛, 村山貞之, 編.: 胸部の CT 第 4 版, 東京: メディカル・サイエンス・インターナショナル, 2018: 103-106.
- 3) 村田喜代史, 上甲 剛, 村山貞之, 編.: 胸部の CT 第 4 版, 東京: メディカル・サイエンス・インターナショナル, 2018: 395.
- 4) 日本医学放射線学会, 編.: BQ17 細菌性肺炎と非定型肺炎の鑑別に CT は有効か?: 画像診断ガイドライン 2021 年版.

- 東京：金原出版，2021：110-111.
- 5) Ono A, F Okada, S Tanaka, et al. : A comparative study of thin-section CT findings between seasonal influenza virus pneumonia and Streptococcus pneumonia. *Br J Radiol* 2014; 87 : doi (20140051).
 - 6) X. Zhao, B. Liu, Y. Yu, et al. : The characteristics and clinical value of chest CT images of novel coronavirus pneumonia. *Clinical Radiology* 2020; 75(5) : 335-340.
 - 7) Guan CS, Zhi Bin, Shuo Yan, et al : Imaging feature of Coronavirus disease 2019 (COVID-19) : Evaluation on Thin-Section CT. *Acad Radiol* 2020; 27(5) : 609-613.
 - 8) Shohei Inui, Akira Fujikawa, Motoyuki Jithu, et al. : Chest CT Findings in Cases from the Cruise Ship “Diamond Princess” with Coronavirus Disease 2019 (COVID-19). *Radiol Cardiothorac Imaging* 2020; 17 : doi (2020200110).
 - 9) Shuchang Zhou, Yujin Wang, Tingting Zhu, et al. : CT Features of Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) Pneumonia in 62 Patients in Wuhan, China. *AJR Am J Roentgenol* 2020; Mar 5 : 1-8.
 - 10) Kamal Kant Sahu, Amos Lai, Ajay Kumar Mishara, et al. : An update on CT chest findings in coronavirus disease-19 (COVID-19) *Heart & Lung* 2020; 49(5) : 442-443.
 - 11) Prokop M, van Everdingen, van Rees Vellinga, et al. : CO-RADS-A categorical CT assessment scheme for patients with suspected COVID-19 : Definition and Evaluation. *Radiology* 2020; 296(2) : 245-467.
 - 12) Scott Simpson, Fernando U. Kay, Suhny Abbara, et al. : Radiological Society of North America Expert Consensus Document on Reporting Chest CT Findings Related to COVID-19 : Endorsed by the Society of Thoracic Radiology, the American College of Radiology, and RSNA. *Radiology Cardiothorac Imaging* 2020; 2(2) : doi (10.1097/RTI.0000000000000524).
 - 13) VERSUS研究会監修，平野 透，井田義宏，石風呂実，他編. : 超実践マニュアルCT. 東京：医療科学社，2006 : 147-179.
 - 14) 村田喜代史，上甲 剛，村山貞之，編. : 胸部のCT第4版. 東京：メディカル・サイエンス・インターナショナル，2018 : 760-761.
 - 15) 濱田 哲，月野光博：シリーズ一目瞭然！目で診る症例. *日内会誌* 2019; 108 : 1617-1619.

参考 URL

- ‡1) NIID 国立感染症研究所「SARS-CoV-2 の変異株 B.1.1.529 系統（オミクロン株）について（第8報）」<https://www.niid.go.jp/niid/ja/2019-ncov/2551-cepr/10989-cepr-b11529-8.html> (2022/12/1)
- ‡2) 厚生労働省「新型コロナウイルス感染症（COVID-19）診療の手引き・第1版」<https://ajhc.or.jp/siryo/20200317-covid19.pdf> (2022/12/1)