

画像随筆 肺を理解するためのいくつかのPitfall

佐藤 功*

宇多津病院放射線科画像診断センター
(前香川県立保健医療大学学長)

要旨

肺の正確な理解のためにいくつかのPitfallについて述べた。

・肺の分葉

不全分葉には二つの様式がある。CT画像上、線状影は必ずしも肺葉構造の完全分葉ではない。

・気管支分岐

気管支分岐には規則分岐と不規則分岐が存在する。肺門周囲領域の気管支・血管の間の領域は末梢肺である。

・末梢領域も分岐は同様

末梢領域も不同大分岐が存在する。肺泡隔壁は一つの隔壁を隣接肺泡どうしが共有する背中合わせ肺泡となっている。

・肺気腫と閉塞性障害

呼吸機能上1秒率は小葉中心性肺気腫で障害を受け、傍壁在性肺気腫では受け難い。傍壁在性肺気腫は肺の内層にも存在する。

・CT画像上の結節と、胸膜、肺実質

正常肺組織に囲まれる結節において、両側に2本の胸膜陥入の間が平滑の場合、結節の辺縁は臓側胸膜である。

Key Words : 肺形態 (pulmonary morphology), 気管支分岐様式 (bronchial branching system), 分葉 (lobation), 肺末梢構造 (lung peripheral structure), 肺気腫 (pulmonary emphysema)

1. はじめに

肺の基本的な解剖学的構造は医療関係者や学生に広く理解されている。しかしながら著明な成書に記載されていないが、事実と異なること、事実であっても本体の一部でしかないもの、等々、多くの医療関係者の注意の範疇から逸脱する事項が存在する。

本稿ではいくつかのPitfallとしての話題を提供したい。

2. 肺葉は分葉しているか

肺は分葉し、右では上、中、下葉の3葉で、一方左では上、下葉の2葉であることは大学以前の理科で習得される。しかし実際には肺葉が各々の領域で完全に分葉し

ているのは少なく、肺葉が連続する不全分葉が多い。すなわち肺の外側面が分葉していても、縦隔側では不全分葉の例もみられる (図1)。完全に分葉する頻度は、右肺の上葉と中葉との間 (小葉間裂)、右肺の上葉・中葉と下葉との間 (大葉間裂)、および左肺の上葉と下葉との間、などにおいていずれも20~30%程度である¹⁾。両側の肺葉がすべて完全に分葉することは極めてまれであろう。

不全分葉の領域では隣接する肺葉が連続しているが、構造は単一ではない。そこでは隣接する肺葉に何ら隔壁構造がなく連続する場合と、隣接はするが隔壁構造がある場合とがある。

胸膜の構造は弱拡大像的に見ると外層と内層の2層からなる。完全分葉の葉間では隣接する肺葉の各々の外層

*連絡先: 〒769-0205 香川県綾歌郡宇多津町浜5番丁66-1 宇多津病院放射線科画像診断センター 佐藤 功

E-mail: satoh@utz.or.jp

<受付日 2018年9月27日> <受理日 2018年11月12日>

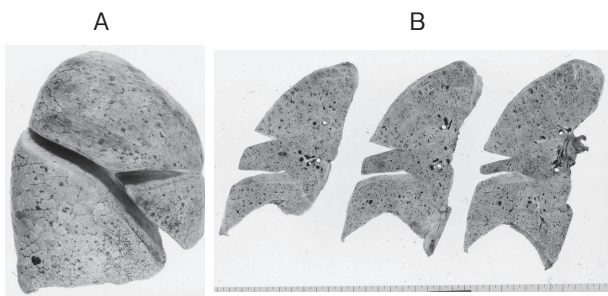


図1 分葉不全 (右肺)

- A 外側面
- B 前額断. 上葉, 中葉, 下葉の全てが外側では分葉するが, 縦隔側では不全分葉を呈している.

と内層が2枚ずつの4層からなる²⁾. しかし不全分葉の分葉部分では先ほどと同様であるが, 不全分葉の部分では外層と内層とが全く欠如する場合と, 外層が折れ曲がって連続するものの内層どうしが肺内へ連続する構造が存在する場合とがある (図2).

不全分葉の症例を提示する (図3). 隣接する肺葉の辺縁から分葉する部分では, 各々の内層どうしが肺内へ向かう. 体側の辺縁の不全分葉の部分では, 先ほどの肺内へ向かう内層どうしがとぎれとぎれとなり, その結果隣接する肺葉領域の隔壁構造が存在しない.

分葉不全領域の胸膜の2層構造は, 肺葉内の区域間, 区域内の小葉間の隔壁構造でも同様に隣接する構造の胸膜の内層どうしにより構成される同じ構成となっている (図4).

●肺葉, 区域, 小葉の広がり

- ・隔壁構造は必ずしも存在せず, 肉眼的には境界の確認は重要
- ・疾患の進展, 病変の場, 換気の変化を考慮

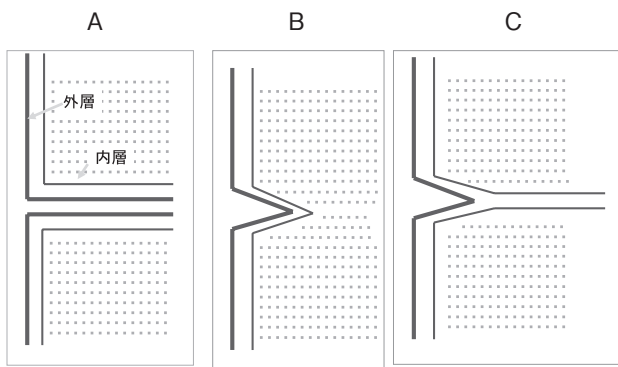


図2 分葉の模式図

- A 完全分葉. 隣接する肺葉の各々の胸膜が外層と内層とから成る.
- B 不全分葉. 外層, 内層ともに折れ曲がり, 内部は隔壁構造が欠損.
- C 不全分葉. 内層通しが肺内へ連続し, 隔壁構造を構成する.

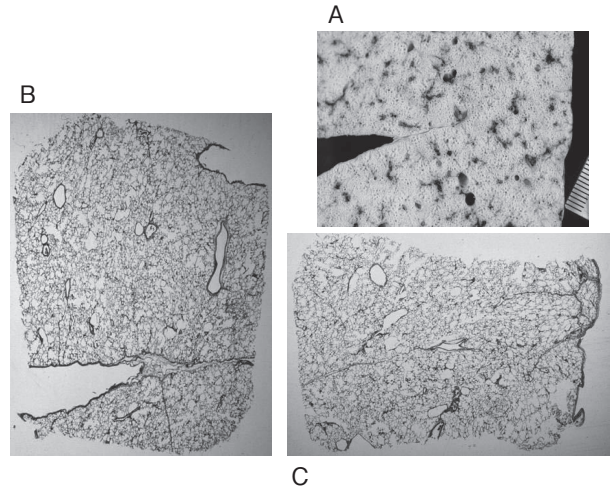


図3 上葉と下葉との不全分葉

- A 肺標本. 外側は分葉するが縦隔側が不全分葉.
- B 外側から隣接する肺葉の, 各内層が肺内へ連続する.
- C 縦隔側では内層の欠損する領域もみられる.

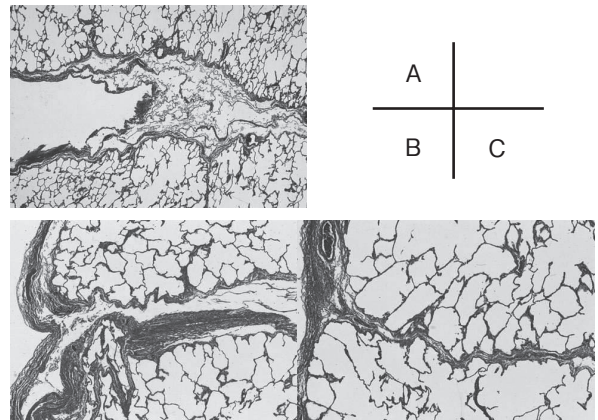


図4 肺の隔壁構造

- A 図3に示した葉間の構造である.
- B 肺葉内の区域間でも内層通しが肺内へ連続し, 葉間と同じ構造である.
- C 小葉間隔壁の構造も基本的に同じである.

3. 気管支の分岐は同大2分岐か

従来, 多くの成書では, 気管支分岐様式における分岐モデルでは同大分岐が示されている. しかしながら中枢から末梢まで同大分岐を繰り返す様式であれば肺胞群は胸膜直下のみとなろう. 実際の摘出肺, 切除肺を見るまでもなく肺全体に肺胞が存在する. 気管支の同大分岐と肺全体の肺胞の存在とは懸け離れた現象である. この肺全体に空気が存在する理由は以下のごとくである. すなわち肺葉ごとの中枢気管支から末梢気管支に至るまで, あらゆるレベルで不同大分岐が存在し, それが同大分岐の間の領域を, また肺門周囲の太い気管支や血管の間の肺胞群を支配する (図5). これらの不同大分岐の分岐を娘枝, あるいは側枝と称されてきた. 中枢気道では日常臨床のCT像で容易に観察できる (図6). 気管支と伴走する肺動脈も不同大分岐が存在する³⁾.

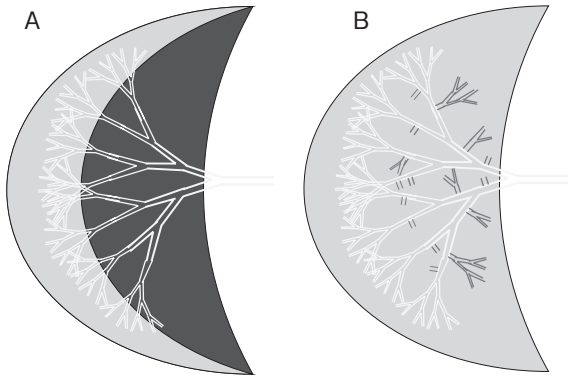


図5 分葉不全（右肺）

- A 同大分岐の末に肺胞を形成するのであれば、肺胞群は胸膜直下のみとなる。
- B 実際の肺では気管支のあらゆる分岐レベルで不同大分岐の分枝を分岐し、肺胞群を形成する。

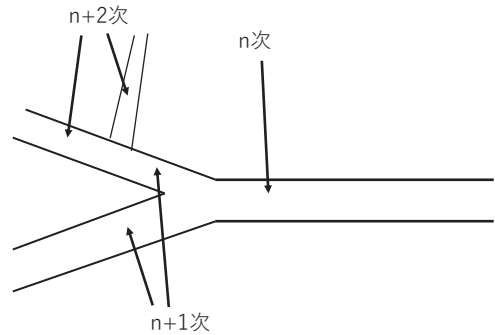


図7 分岐次数の確認

n次からの分岐次数はn+1次となる。しかしそこから不同大分岐があれば分岐したものと分岐後の元の分岐次数は両者ともにn+2次となる。その結果、n次から分岐したのちに不同大分岐をしないものと比較すると、同レベルであるのにも関わらず次数が異なることになる。

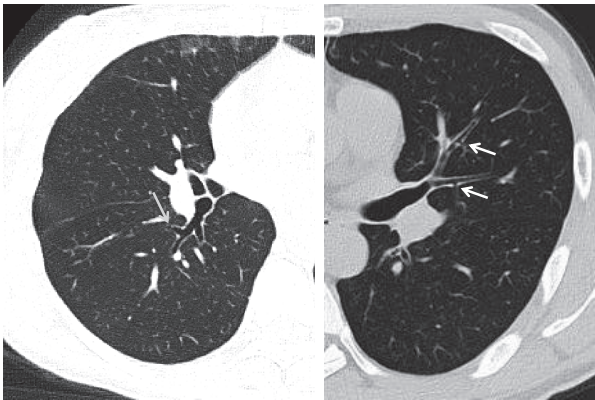


図6 CT画像上の不同大分岐

CTでは比較的中枢から分岐する不同大分岐(→)が確認可能である。

ここで問題になるのが分岐次数で、同定、数え方には2通りある。一つは同大分岐の次数を同定し、その気管支から分岐する不同大分岐を見るものと、他方は同大分岐、不同大分岐にかかわらず分岐ごとに次数が上がる(図7)というものである。

また解剖学的な次数の考え方としては、主として肺癌診療を扱う日本呼吸器内視鏡学会や肺癌学会などでは病巣位置の統一から、肺葉ごとに各肺葉支を起点とし、区域気管支、亜区域気管支からその末梢の同定している。一方、呼吸機能を考える上では気管を基に同大分岐ごとに次数が上がることを基本にしている。したがって前者の方式では同じ肺葉気管支でも上葉支と下葉支とで次数が異なり、そのために後者とは差異が生ずることになる。

気管支の分岐次数の例として終末細気管支を挙げ、気管支を0次として約15次分岐とすることがある。筆者は肺葉気管支を1次として終末細気管支までの次数を解析した結果、上葉気管支の不同大分岐で最も次数が小さいもので7~8次ほどであり、下葉肺底区の同大分岐の最も次数が多いもので23~25次ほどであった⁴⁾。

ここまで同大分岐と不同大分岐につき気管支に関して述べた。肺動脈や肺静脈についても同様の分岐様式がある。本稿では肺動脈について知見を紹介する。肺動脈は気管支と伴走してガス交換を行うが、不同大分岐の領域では肺動脈と気管支は伴走しない場合がみられる。図8に直角に不同大分岐する気管支に対し、隣接する領域から不同大分岐する肺動脈が血流を支配する例を提示する。

●気管支分岐様式

- ・気管支分岐には同大分岐とそれらの間を支配する不同大分岐から構成
- ・肺門の太い血管・気管支周囲は不同大分岐に支配される末梢領域
- ・気管支、血管の気流や血流の差異、領域による疾患の成り立ちの評価

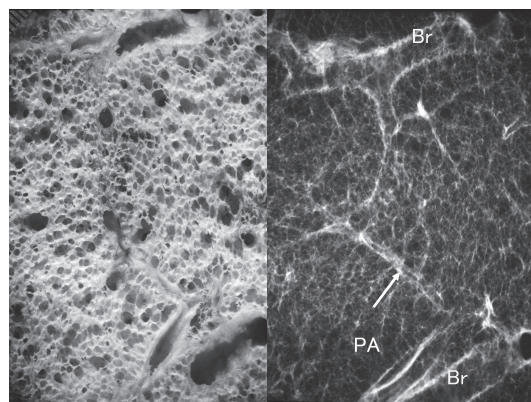


図8 不同大分岐領域の気管支と血管（肺標本とX線写真）

図の上方の気管支(Br)から不同大分岐する領域に対し、図の下方からの気管支(Br)に伴走する肺動脈の不同大分岐の分枝(PA)が血流を供給している。

4. 末梢領域も同大分岐か

これまで終末細気管支までの分岐について述べたが、呼吸細気管支以下の気腔領域、特に肺胞を隙間なく配置するには同大分岐のみでは不可能である。また従来の成書に記載される末梢領域の説明図が事実と異なることがあり、疾患の進展を考慮する場合に注意が必要である。

重要なこと、すなわち従来の記載の誤りは、この領域に存在する肺胞群は隣接や対向からの肺胞群と肺胞壁を共有している、すなわち互いに隣接する肺胞道、肺胞囊や肺胞群は、互いに共有する単一の肺胞隔壁、いわば背中合わせ肺胞で境されることである(図9)。そのため、肺胞間に存在するコーン孔など側副換気路を含め疾患の進展に関与するものと思われる。

●末梢領域

- ・分岐は不同大分岐
- ・肺胞は背中合わせ

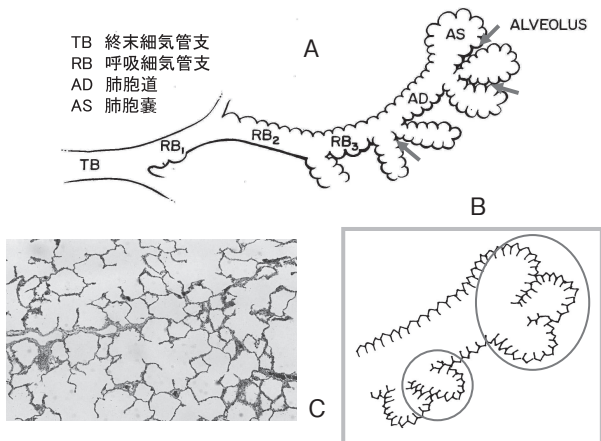


図9 末梢気道、気腔の分岐様式

- A 従来表記の模式図(TB: 終末細気管支, RB1 からRB3: 呼吸細気管支 1次から3次, AD: 肺胞道, AS: 肺胞囊)。矢印(→)の領域では隣接する肺胞同士が、各々肺胞間隔壁を有すると示される。
- B 実際は隣接する肺胞は隔壁構造を共有し、いわゆる背中合わせ肺胞として観察される。
- C Bで示した実際例である。

5. 肺気腫は閉塞性障害を呈するか

肺気腫は喫煙者に特有の疾患で慢性閉塞性肺疾患に大きな位置を占める⁵⁾。肺気腫にはいくつかの病型があるが、本稿では小葉中心性肺気腫と傍壁在肺気腫を挙げる(図10)。小葉中心性肺気腫は終末細気管支から呼吸細気管支に分岐する、いわゆる小葉中心部分の肺胞壁破壊を基として嚢胞性変化を生じるのに対し、傍壁在肺気腫は小葉の辺縁に位置する領域から発症する。小葉中心領域の肺胞群の破壊が生ずれば、その領域の細気管支は壁に軟骨を有していないことから、細気管支の周囲から気腔を保持すべき力の喪失により閉塞性障害をきたしやすくなる。一方傍壁在肺気腫では細気管支内腔の保持には無関係であることから閉塞性障害は来しにくい。肺の末梢構造である小葉の概念からは小葉中心性肺気腫に対し、傍壁在肺気腫という名称よりも小葉辺縁性肺気腫

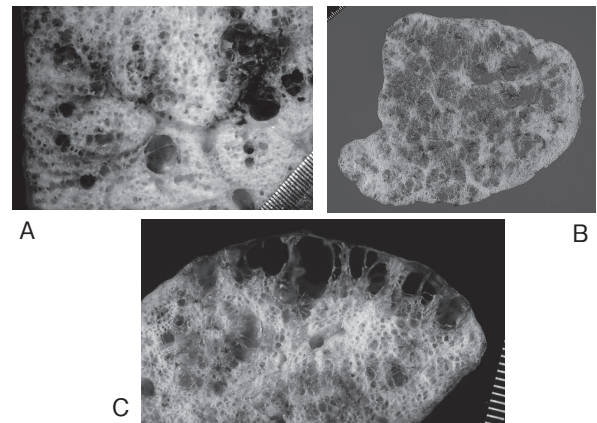


図10 末梢気道、気腔の分岐様式

- A 小葉中心性肺気腫の初期像。終末細気管支から1次呼吸細気管支に分岐する領域に肺胞の破壊と炭粉沈着を認める。
- B 小葉中心性肺気腫の進行例。胸膜直下と小葉間隔壁に接する肺胞群を除き、著明な肺胞破壊を認める。

とでも改称したほうが理解が得られやすいのかもしれない。

小葉の辺縁ということからみると、肺全体の辺縁、すなわち胸膜面がこれに相当し、日常臨床における画像では胸部CTではプラとも称され容易に認められる現象である。しかしながら肺全体が小葉により構成されているために、小葉辺縁は肺の内層にも存在することになる。すなわち傍壁在性肺気腫、すなわち小葉辺縁性肺気腫が肺の内層の小葉辺縁にも存在し、以前より示されていた⁶⁾。しかしこの現象がCTなどの画像診断技術が発達した今日まで顧みることがなされなかったことが不思議な事実と言わざるを得ない(図11)⁷⁾。過去の摘出肺標本を改めて観察すると、肺の内層の小葉辺縁に存在する肺気腫病変は容易に観察することができる(図12)。

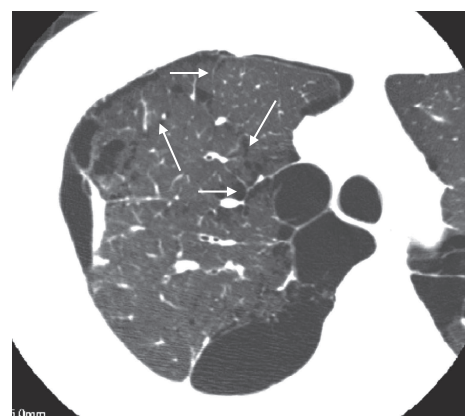


図11 傍壁在肺気腫例

胸膜直下と肺の内層の小葉辺縁部として、小葉間隔壁や血管に接する領域の低吸収域(→)を認める。

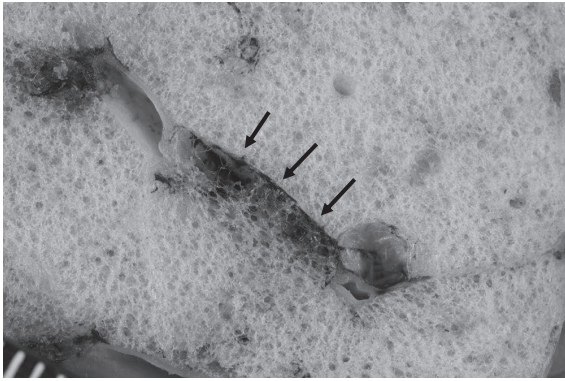


図 12 肺の内層に存在する傍壁性肺気腫の標本
小葉間隔壁(→)に接する領域の肺胞破壊と炭粉沈着を認める。

肺気腫の重症度分類は呼吸機能検査によってなされるが、一方でCT画像による評価も日常臨床では行われている。CT画像上、数mm単位で肺胞破壊による嚢胞変化が低吸収域として描出されるため、肺胞の破壊による画像上の低吸収域を障害を受けた肺気腫病変として評価することが可能となった。このためCT画像上、肺野全体に対する低吸収域の広さやその割合で肺気腫病変の程度を評価する動きが出てきた。しかしながらCT画像上の低吸収域の割合と呼吸機能の相関をみても、必ずしも一致しないことが確認できている。低吸収域が広くても呼吸機能が低下していない場合、あるいはその反対に低吸収域がそれほど広くなくても呼吸機能が低下している場合などが日常しばしば観察される。

その原因の一つは肺気腫病変の発症領域による違いにより、呼吸機能検査との乖離が生ずると推察される。単にCT画像上の低吸収域と呼吸機能は必ずしも関係していないと言及できよう。症例によれば臨床現場の主治医、画像診断医、呼吸機能検査担当技師等による討議が必要な場合がある。

●肺気腫

- ・小葉中心性肺気腫は1秒量低下が容易
- ・傍壁性肺気腫では低下しにくい
- ・肺の内層にも傍壁性肺気腫

6. 胸部CTでの孤立性結節は肺野内か

肺野で増大する肺癌の中では小細胞癌に代表されるように、圧排増殖性、すなわちあたかも入道雲の如く進展するものがある。一方腺癌の中では周囲の肺組織を引き込みながら、すなわち縮みの性格を有しながら増大するものがある。この場合の腺癌症例ではCT画像の特徴の一つとして周囲の血管や胸膜の引き込み像を認めることが多い。胸膜の引き込み像は画像上、線状の陰影を呈し胸膜陥入像と称される。

この過程でCT画像上の所見と切除肺標本の所見との

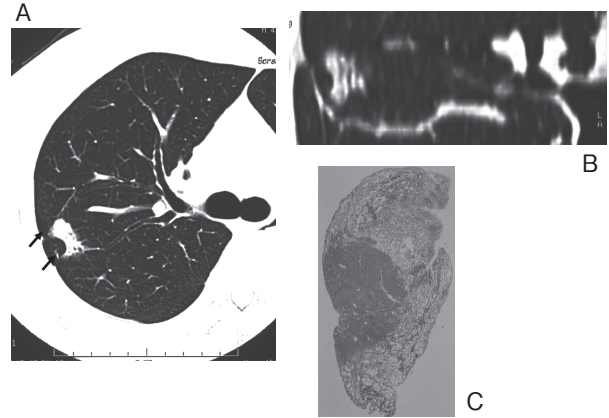


図 13 CT上は肺内結節であるが切除標本では胸膜直下の症例

- 肺内に見える結節影が線状の胸膜陥入像2本(→)が胸壁と連続している。
- 前額断像で胸壁と離れる結節性に、尾側の血管が胸壁と結節との間の肺に走行する。
- 切除標本では病巣が胸膜に広く接している。

間で、一見不思議とも思われる現象を生ずる場合がある。それは胸部CT画像上では肺内に存在するように描出されるものの、実際は胸膜と接して存在することである(図13)。

このような乖離現象の類推する成立過程を図14に示す。当初は胸膜に接する腺癌が縮みながら増大する時に、胸膜や血管を引き込むことで、それを支点として肺内へ向かって変位する。その時に横隔膜の上下運動による肺の容積変化により、尾側の肺組織が、癌と胸壁の間へ滑り込む。その結果、癌と胸壁の間を2本の胸膜陥入像に挟まれた肺が存在し、さらに典型的な場合では尾側から入り込む血管が癌と胸壁の間の肺野に認められる⁸⁾。

この様相を呈する癌では胸膜浸潤の可能性が高くなり、その結果胸膜播種を生ずるなどの予後不良の因子となり得ることである。

しかしながら本現象に対し、画像診断医や主治医などCT画像に対する立場と、切除肺標本に対する病理関係の立場、さらにその中間に位置する呼吸器外科医のCT画像と切除標本に同時に対する立場が、同一とならない場合が予想される。本現象の成立機序を理解し、そのことで患者の生命予後の差異を考慮する必要性が求められる可能性がある。

●肺野結節と周囲構造

- ・胸膜陥入像が結節影の両端ではその間の平滑部分は臓側胸膜面の可能性
- ・胸膜浸潤による予後の差異を考慮

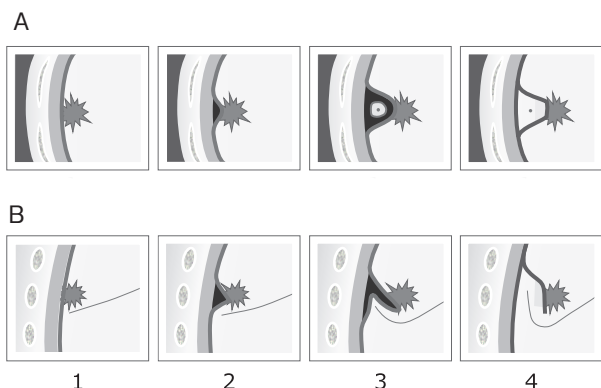


図 14 胸膜に接する病変が肺内へ変位する模式図（時間経過は 1 から 4 へ進行）

- A 横断層. 病巣が縮みの過程で肺内へ変位しながら尾側からの肺が滑り込む.
- B 前額断. 結節の尾側に血管があれば, 血管も結節と胸壁の間に滑り込む.

7. おわりに

既知のこととして共通の基盤に立脚していると思うことに対し、Pitfall の存在の一例を供覧した。

肺の形態と機能を理解するために、念頭に置くべき今後の課題として以下の事項を挙げたい。

- ・肺末梢構造の形態学的な把握
 - 気道と気腔の理解
- ・機能の画像化が必要
 - 生ずる病理学的変化の理解
- ・肺内における差の検討
 - 肺葉および領域

- ・病態の軽重の差の検討
 - 定量化と軽症例の検出

目の前に対峙する対象は既知のこととして理解できていることなのか否か、日常の診療、業務、研究に対し、常に注意することを忘れてはならない。

文 献

1. Yamashita H. Roentgenologic anatomy of the lung. Igakushoin, Tokyo, 46-58, 1978.
2. Satoh K, Sato A, Kobayashi T, Kawase Y, et al. Septal structure of incomplete interlobar fissures of the lung. Acad Radiol 3 (6) : 475-478, 1996.
3. 佐藤功, 小場弘之, 加藤誠也. 肺末梢構造 - 気管支・肺血管の分岐と小葉 -. 札幌医学雑誌 59 (6) : 561-573, 1990.
4. Satoh K, Kobayashi T, Mitani M, Kawase Y, et al. Regular and irregular dichotomies of bronchial branching in the human lung. Acad Radiol 3 (6) : 469-474, 1996.
5. Satoh K, Kobayashi T, Misao T, Hitani Y, et al. CT assessment of pulmonary emphysema in smokers. Chest 120 (3) : 725-729, 2001.
6. Heard BE. A pathological study of emphysema of the lungs with chronic bronchitis. Thorax 13 (2) : 136-149, 1958.
7. 丸山雄一郎. 比較的まれな肺疾患の画像診断. 症例 1. 日本胸部臨床 68 (10) : 950-953, 2009.
8. 佐藤功, 小林琢哉, 森泰胤, 外山芳弘 ほか. 胸膜直下肺癌と胸膜とに関する 3D-CT 再構成画像による解析. 気管支学 22 (6) : 421-425, 2000.

Pictorial Essay : Difficulties in Understanding Lung Structure

Katashi Satoh *

Diagnostic Imaging Center

Department of Radiology, Utazu Hospital

(previous President of Kagawa Prefectural University of Health Sciences)

Abstract

Some difficulties in understanding lung structure are described.

- Lobation of the lung

There are two patterns of incomplete lobation. Linear shadows on CT images do not necessarily represent the complete lobation of the borders of the lobes.

- Dichotomy of the bronchi

There is regular and irregular bronchial branching. Areas between bronchi or vessels in the hilar region are peripheral areas.

- Dichotomy in peripheral areas

There is also irregular separation. Septal walls of alveoli are composed of back-to-back alveoli.

- Pulmonary emphysema and obstructive disorders

On pulmonary function tests, FEV1.0 is involved in the centrilobular type, not in the paraseptal type. The paraseptal type exists in the inner region of the lung.

- Area of pulmonary nodules on CT and pleura or lung parenchyma

In images of pulmonary nodules with surrounding normal lung, the smooth margin with indentation on both sides is visceral pleura.

Key Words : pulmonary morphology, bronchial branching system, lobation, lung peripheral structure, pulmonary emphysema

*Correspondence to : Katashi Satoh, Diagnostic Imaging Center, Department of Radiology, Utazu Hospital,
5-66-1 Hama, Utazu-Cho, Ayauta-gun, Kagawa 769-0205, Japan
E-mail : satoh@utz.or.jp