



Title	心原性肺水腫の胸部X線診断
Author(s)	松山, 正也; 大滝, 誠; 斎藤, 拓郎 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1999, 59(6), p. 223-230
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/17692
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

心原性肺水腫の胸部X線診断

松山 正也 大滝 誠 斎藤 拓郎 飯野美佐子 加納 雅美

東海大学医学部放射線科学教室

Radiographic Diagnosis of Cardiogenic Pulmonary Edema

Seiya Matsuyama, Makoto Ootaki, Takuro Saito, Misako Iino and Masami Kano

Development of pulmonary edema (increased extravascular lung water) is a common and sometimes life-threatening clinical problem in critical-care unit patients. There are three principal causes: cardiac failure, overhydration, and increased pulmonary capillary permeability.

Among these, cardiogenic edema consists of left heart failure and overhydration. Determining the specific cause of any given case of pulmonary edema is important and leads to more rapid and definitive treatment. A plain chest film can often explicate the cause of edema with a high degree of accuracy if careful attention is given to certain radiographic features.

The principal features useful for correctly determining the cause of edema in a high percentage of cases are the distribution of pulmonary blood flow, distribution of pulmonary edema, and vascular pedicle width. Ancillary features are pulmonary blood volume, bronchial cuffing, septal lines, pleural effusion, and air bronchograms. Cardiac size and shape as well as specific intracardiac calcifications could also help distinguish cardiogenic from noncardiogenic pulmonary edema.

Research Code No. : 506

Key words : Thorax, radiography; Heart, failure; Pulmonary edema

Received Jan. 25, 1999

Department of Radiology, Tokai University School of Medicine

本論文は第34回日本医学放射線学会秋季臨床大会(1998年10月)の教育講演: Common diseaseの画像診断(1. 胸部単純)において、「心原性肺水腫のX線診断」の演題で発表されたもので、日本医学放射線学会誌編集委員会より執筆依頼した。

はじめに

肺水腫(肺血管外液の増加)は日常臨床でしばしば遭遇し、ただちに適切な処置が行われないと生命の危険を招くに至る重篤な病態である^{1)~4)}。その成因を明らかにすることは治療方針の決定や予後を知る上できわめて大切である。

肺水腫の原因には大別して1)心疾患(心筋異常, 弁膜異常など), 2)体循環血液量の異常増加(過剰輸液, 腎不全によるナトリウムや水の過剰停留), 3)肺毛細血管の透過性亢進(外傷, 感染などによる肺毛細血管障害など)に大別される³⁾。

心原性肺水腫(またはhydrostatic edema)はこの中で, 肺毛細管圧の上昇によるものであり, 臨床的には左心不全や腎不全などによる体循環血液量増加などによる。一方, 非心原性肺水腫は肺毛細血管内皮の障害による毛細血管の透過性亢進によるもので, 急性または成人呼吸促迫症候群(ARDS)がその代表であり, 病理学的にはびまん性肺胞障害(DAD)である。しかし, 前者の場合にも, 肺の毛細血管の異常な圧上昇は毛細血管内皮の障害を招き, 二次的な毛細血管の透過性亢進をきたすようになり, さらに進行すると肺胞上皮も障害されて肺胞性水腫となる⁴⁾。したがって, ここではこの様な二次的变化のおこる以前のいわゆる心原性肺水腫のX線変化についてのべる。

肺水腫の鑑別における胸部X線の役割

心原性肺水腫の原因究明のために, 集中治療室(ICU)や冠動脈疾患集中治療室(CCU)などではスワン・ガンツカテーテルを肺動脈内に挿入して, 心拍出量の測定や, 肺動脈楔入圧“wedge” pressureの測定が行われることがあるが, 侵襲的であり日常の診療では利用し難い。これに対して単純X線写真は非侵襲的であり簡便で鋭敏な検査法として, 肺水腫の早期診断とその治療, 経過観察に利用できるのが実際の検査であるといえる。しかし, 肺水腫の成因を胸部X線写真のみで見分けることは必ずしも容易ではなく, 病歴, 理学的所見, 症状や経過などを参考とすべきである。

心原性(体液過剰を含む)肺水腫と非心原性肺水腫の胸部X線上の鑑別に利用される特徴的な所見として, 1)肺血流パ

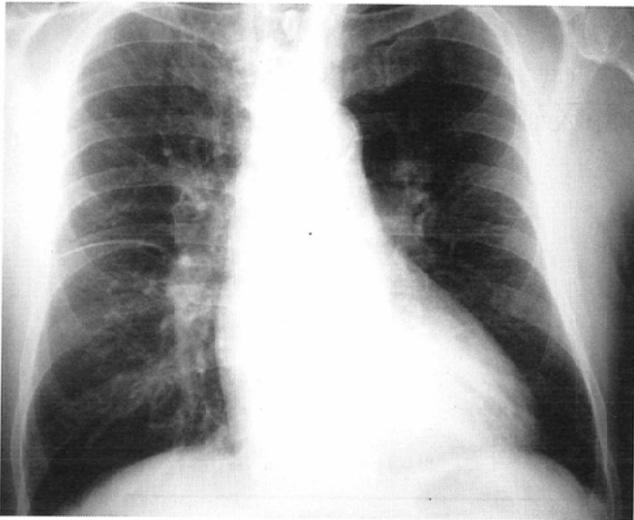


Fig. 1 A 64-year-old man in acute heart failure with interstitial pulmonary edema. Pulmonary blood flow is balanced (equalization). Pulmonary vessels are indistinct, and the minor fissure is thickened.

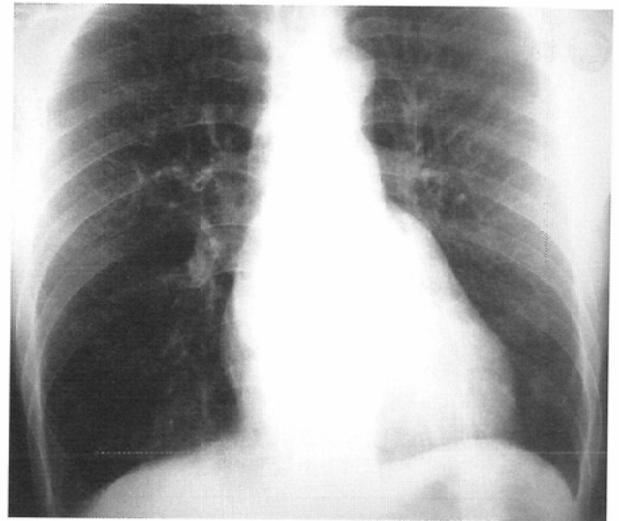


Fig. 2 A 67-year-old man with mitral stenosis. Pulmonary blood flow is inverted (cephalization).

ターン(肺血管分布), 2)血管柄幅, 3)肺水腫の分布, 4)心容積とその形, などがあげられる。その他, 肺血流量, septal lines, bronchial cuffing, air bronchogram, 肺容量, などの所見も参考となる。

本稿では心原性肺水腫の胸部X線上にみられるこれらの特徴とその鑑別上のポイントについてのべる。

胸部X線所見

1. 肺血流分布と肺血管

心原性肺水腫の成因として最も重要なものは肺静脈圧(肺毛細血管圧, 左心房圧)の上昇(左心不全)である。肺静脈圧の変化と肺血管陰影の変化とはよく相関することが知られている^{1),2),4)}。肺血流は立位正常(肺静脈圧5~10mmHg)では, 重力の影響を強く受けて下肺野優位で上肺野で少なく, それに対応して肺血管陰影も下肺野で太く数も多い^{1),3),4)}(caudalization, normal)。肺静脈圧の上昇(左心不全)と共に, それまで下肺野を流れていた血液の一部が上肺野へ向かう(redistribution)ようになるため, 壁の薄い上肺静脈がまず拡大しそれに連れて肺動脈も拡大するようになる。従って肺血管陰影は上・下肺野で大きさも, 数もほぼ均等(equalization³⁾, balanced⁴⁾)となる(Fig. 1)。さらに肺静脈圧が上昇すると下肺野では肺血管は狭小化し上肺野ではさらに拡大して正常と逆転(cephalization³⁾, inverted⁴⁾)する(Fig.

Table 1 Mean left atrial pressure (MLAP) and pulmonary vessels¹⁾

Pulmonary vessels	MLAP (mmHg)
Normal	5 - 10
Equalization	10 - 15
Cephalization	15 - 25
Int. edema	25 - 35
Alv. edema	35 -

Int.: interstitial, Alv.: alveolar.

2)。この下肺野での肺血管の狭小化は, 肺毛細血管周囲の水腫による肺血管抵抗の上昇と, 二次的な肺血管の攣縮によるものとされており, 慢性の左心不全(僧帽弁狭窄など)で最も良く観察される。急性左心不全(急性心筋梗塞など)では下肺動脈の攣縮はおこらず肺血管の cephalization は通常みられない。実際にX線上でのこの様な肺血管のパターンと肺静脈圧(肺動脈楔入圧 wedge pressure)との関係は平行することが知られている(Table 1)。

このような肺血管陰影の変化は, あくまでも立位または座位の写真でみられるものであって, 臥位では肺血管陰影は正常でも上下肺野の血管陰影は均等(equalization)となるからである。しかし慢性左心不全でみられる肺血管の上肺野優位(cephalization)は多くの場合下肺野末梢肺動脈の攣縮が恒常的であるため臥位でも見られることが多い。また肺静脈圧の上昇に伴う肺水腫は治療により肺静脈圧が低下しても12~24時間吸収が遅れることも知っておくべきである⁴⁾。Milneら³⁾による心疾患での肺水腫例の検討では肺血管陰影の逆転“inverted flow”は50%, 均等化“balanced flow”が40%をしめ, また腎不全による循環血液量の増大による肺水腫例の80%が“balanced”であったとのべている。また, 非心原性肺水腫例では肺血管は正常の分布を示すものが多かったと述べている。したがって肺水腫の診断時における肺血流分布の診断はその鑑別に有用である。

2. 血管柄, vascular pedicle

心不全では右心不全が加わると上大静脈や奇静脈の拡大がみられ, また胸部正面X線写真での上縦隔の幅(血管柄幅^{5),6)})は体循環血液量とよく相関することが知られている。血管柄幅の計測には, 正面で正中線から左鎖骨下動脈起始部外縁までの距離と, 右主気管支レベルでの正中線から上大静脈外縁までの距離(両者は正常ではほぼ等しい^{5),7)})の和である^{5),6)}(Fig. 3)(Fig. 4A, B)。その幅は正常では43~53mm(48±1SD)であり³⁾, 体循環血液量とよく相関し, その幅0.5cmの変化は体循環血液量の1.0 lの変化に相当するという^{6),8)}。

この血管柄の計測には正しい正面撮影がなされた写真を

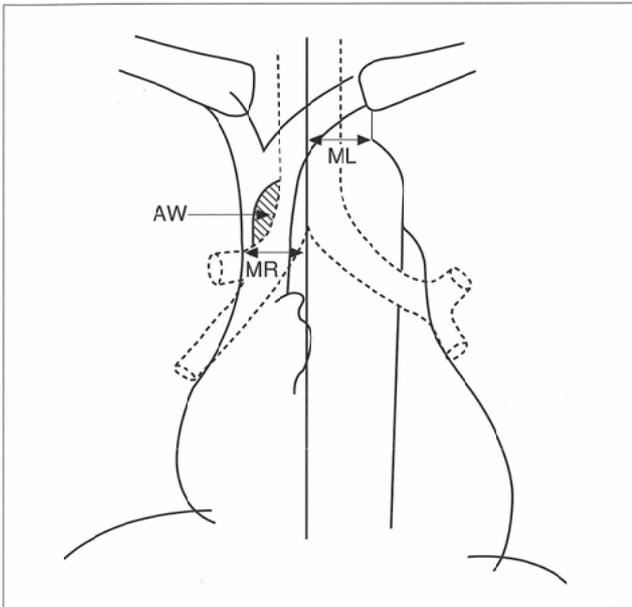


Fig. 3 Diagram of the vascular pedicle width and azygos width. Vascular pedicle width (VPW) is the sum of the distances of ML (midline to branching of the left subclavian artery from the aorta) and MR (midline to the point at which the SVC crosses the right main bronchus). $VPW = MR + ML$. Azygos width (AW) is measured across its maximum diameter.

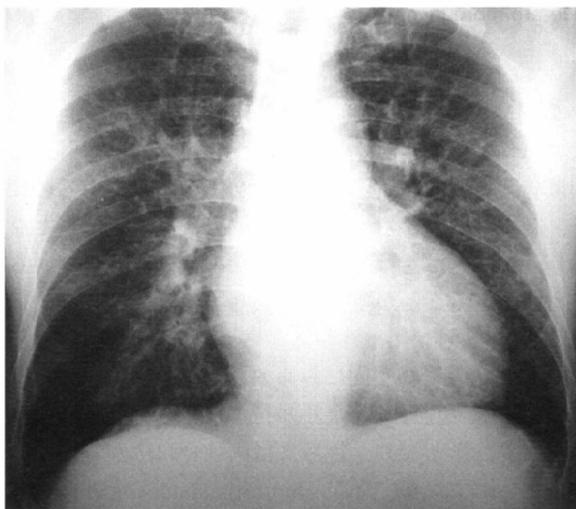
用いるべきで、撮影位置のずれ、呼吸位相などが測定値に影響する⁵⁾。仰臥位では縦隔幅は約20%増大するという⁹⁾。Milneら³⁾によれば心不全の60%は53mm以上であり、急性心不全例や僧帽弁疾患では正常範囲であったという。腎不全や水分過剰(overhydration)例ではその85%が異常拡大を示し、正常は15%に過ぎなかったと述べており、肺水腫例の診断時の参考となる。

3. 肺水腫

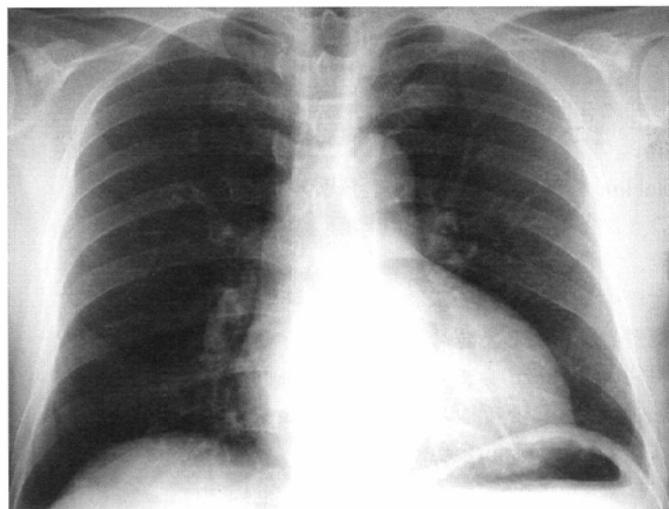
肺水腫は肺におけるその主な存在部位によって胸部X線写真上特徴的な陰影を呈し、診断上重要である。間質性水腫と実質(肺胞)性水腫を区別できる。

a. [間質性水腫]

肺静脈圧は通常血漿浸透圧の25mmHgを越えていること



(A)



(B)

Fig. 4 A 56-year-old man in acute heart failure caused by dilated cardiomyopathy (DCM). A: Interstitial pulmonary edema with indistinct pulmonary vessels and thickening of the minor fissure. VPW is 5.7 cm. B: Three days later, edema has completely resolved. The pulmonary vessels are distinct and the fissure is thinner. VPW is decreased to 4.9 cm.

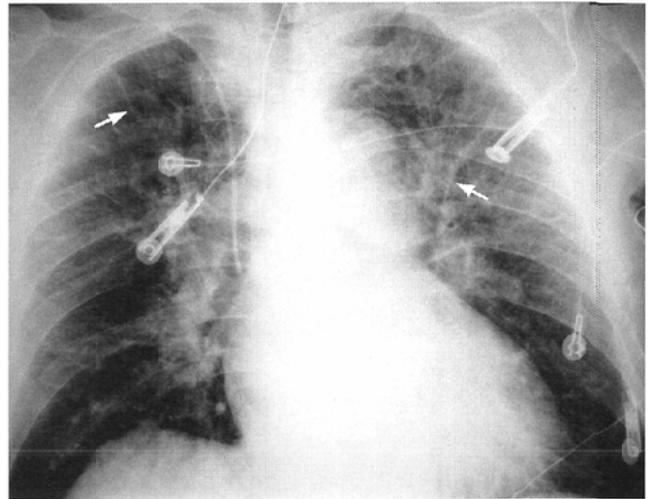


Fig. 5 A 73-year-old man with acute heart failure caused by acute myocardial infarction. Diffuse interstitial pulmonary edema is present with hilar haze and septal lines. Kerley A lines (arrows) are demonstrated.

が多い²⁾。肺の小葉間隔壁や気管、血管周囲、また胸膜下などの肺間質に主としてみられる肺水腫である。肺野はすりガラス様の陰影を呈し特徴的な陰影を呈する。肺血管陰影の分布は心原性ではequalizationやcephalizationを呈していることが多い。

1) septal line

Kerley¹⁰⁾はA-line, B-line, C-lineを区別している。これらが同時にみとめられることが多い。

a) A-line

肺野のほぼ中央で肺門から末梢に向かう長さ最大5~10cm、厚さ1mm以下の分岐しない線状陰影である。多くは一過性で急性左心不全に伴いやすい(Fig. 5)。

b) B-line

最もしばしばみられるseptal lineで側胸壁の胸膜に接してそれと直角に認められる長さ1.5~2.5cm厚さ1mm程度の横走する線状陰影で、肋骨横隔膜角付近に最も認めやすい(Fig. 6A, B)。各種左心不全で広く認められるが、中でも僧

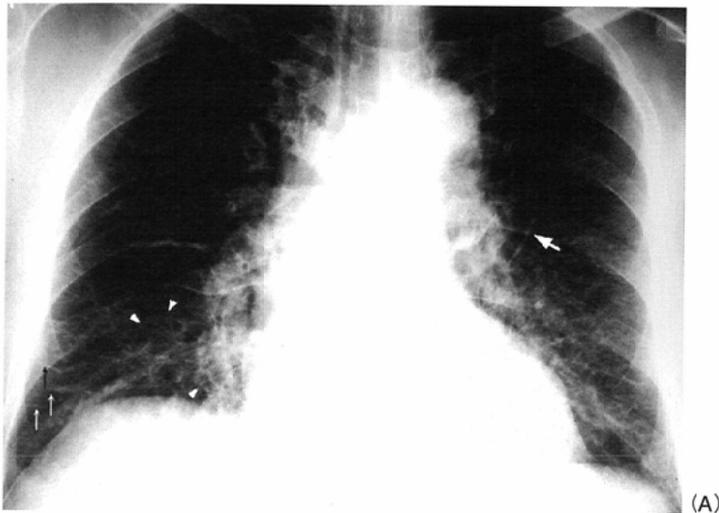


Fig. 6 A 55-year-old man in acute heart failure caused by hypertension.
A: Frontal chest radiograph.
B: Lateral chest radiograph.
Diffuse interstitial pulmonary edema is noted with multiple B lines (small arrows), C lines (arrowheads) and A line (large arrow).

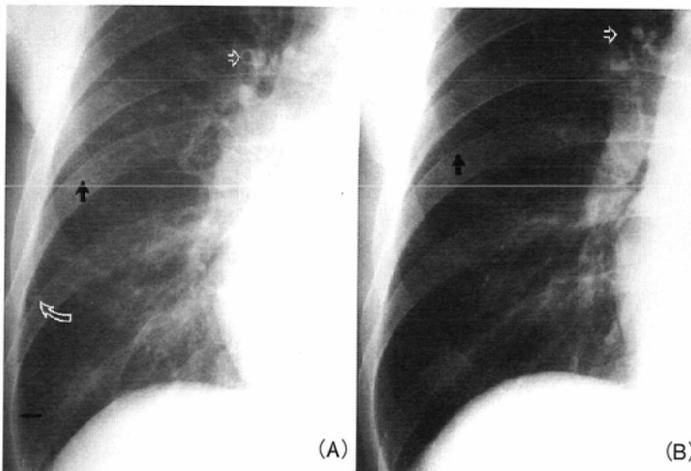
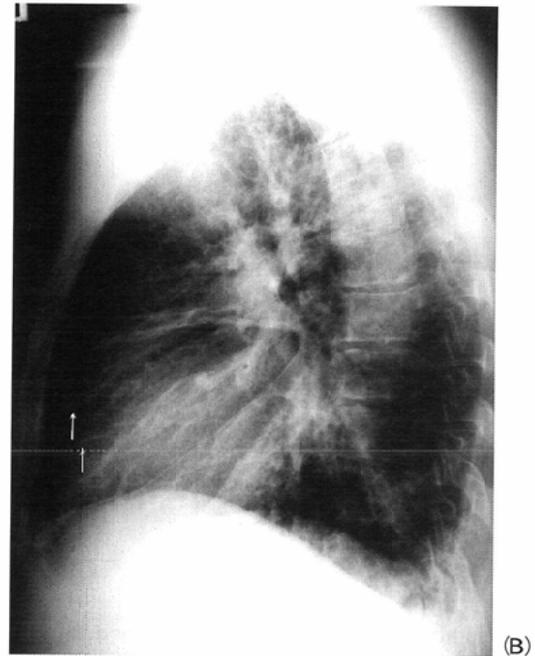


Fig. 7 A 44-year-old man with acute myocardial infarction.
A: Interstitial pulmonary edema: thickening of the pleura (black arrows), B line (curved white arrow), bronchial cuffing and perivascular cuffing (straight white arrow), and hilar haze are demonstrated.
B: Three days later, edema has completely resolved and the pleura is thinner. The pulmonary vessels are distinct and the bronchial cuffing has disappeared.

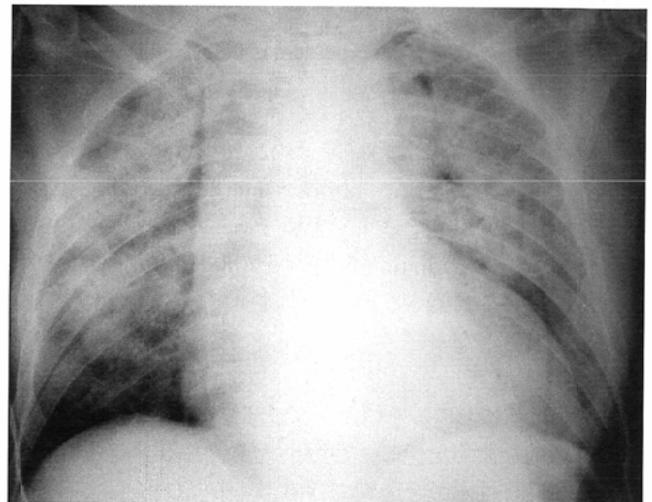


Fig. 8 A 59-year-old man in heart failure caused by acute myocardial infarction.
Airspace edema is concentrated centrally in the shape of a butterfly. The periphery of the lung is spared. The upper lobes and right side are more involved.

帽弁狭窄に合併することが多い。

c) C-line

septal line の交錯したもので網目状の陰影で下肺野に見られることが多い (Fig. 6A)。

2) 血管, 気管支周囲の水腫

肺血管や気管支周囲の水腫では肺血管陰影の不鮮明化や気管支壁の肥厚として認められる。肺門では肺血管陰影が不鮮明化 (hilar haze) し, また気管支や肺血管が横断面として投影されるところでは bronchial cuffing や vascular cuffing とよばれる cuffing sign を呈する (Fig. 7)。B3b, A3b が最も認められやすい部位である。

3) 胸膜下肺水腫

胸膜直下の水腫は胸膜の肥厚像として認められる。正面

では小葉間裂や側胸壁肋骨直下でみとめられ, 側面では小, 大葉間裂の肥厚として認められる (Fig. 7)。胸水貯留との鑑別は, 肺水腫では胸膜の肥厚は均一の厚さであるのに対して, 胸水の貯留では胸膜に沿う陰影は凸レンズ形となっており, またしばしば肋骨横隔膜角の鈍化を伴っていることで鑑別できることが多い。

b. [実質性肺水腫]

肺水腫が肺胞囊や細葉内にみられるもので, X線では 5~10mm 大の細葉性陰影が最小単位であるが, 融合すると雲状, 斑状の陰影となり, さらに両肺野に広がって蝶の羽様の分布を示すようになる。butterfly shadow と呼ばれる (Fig. 8)。陰影は肺の中央深部にみられ上肺野で右側に強く見られる傾向がある。肺野の末梢, 胸膜直下には陰影は見

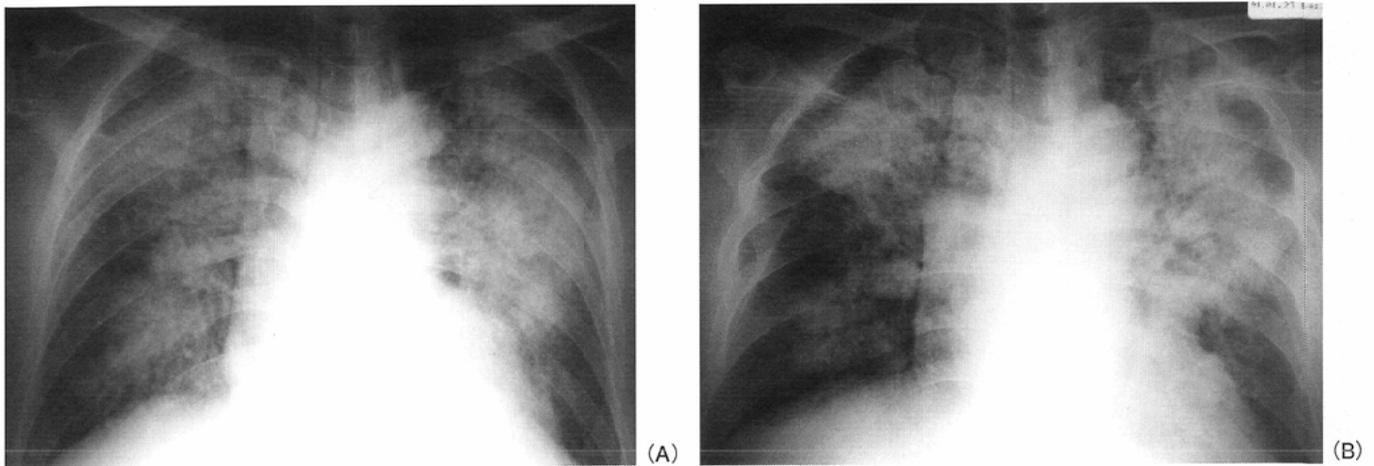


Fig. 9 A 55-year-old man with airspace edema caused by acute myocardial infarction. Nine days (A) and eleven days (B) after the onset of acute myocardial infarction. Edema gradually concentrates centrally and apically after the patient has lain supine.

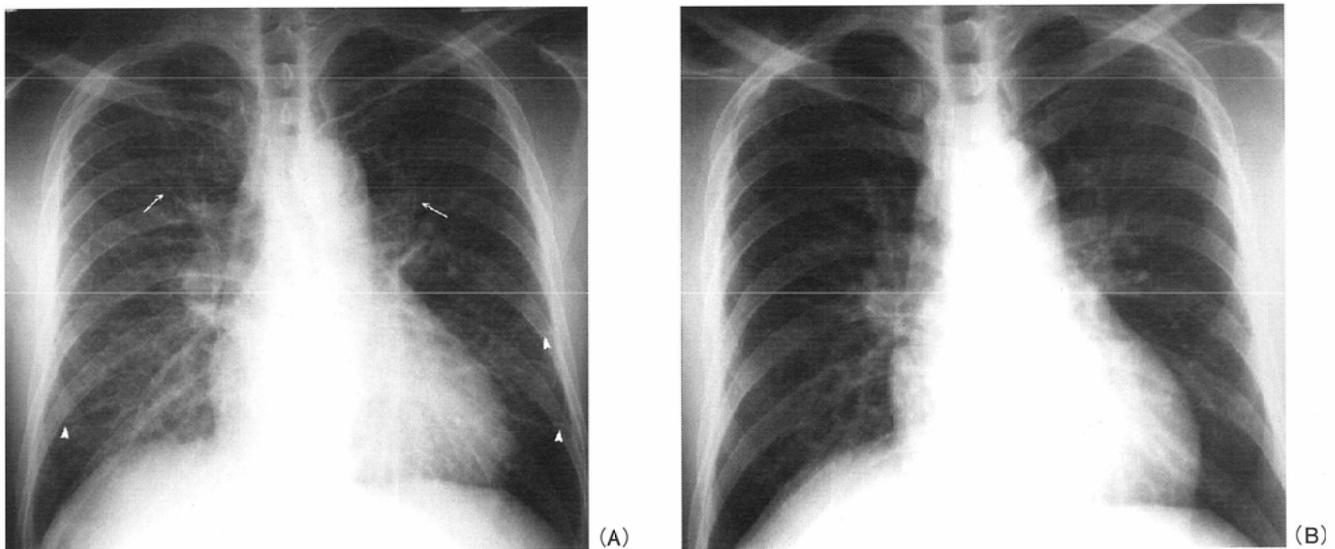


Fig. 10 A 60-year-old man in acute heart failure caused by hypertension. A: Interstitial edema with septal lines: A lines (arrows) and B lines (arrowheads). B: Seven hours later, edema has remarkably resolved, with disappearance of the septal lines.

られないことが多く、肺炎との鑑別に役立つ。

肺静脈圧は30~35mmHgを越えていることが多い。実質性の陰影でも心原性の水腫ではair bronchogramを認めることは稀である³⁾。

1) 肺水腫の分布

急性心不全ではこの肺胞性陰影は胸壁から心に向かって均一に分布する傾向があり、また水腫は重力との関係や体位、心不全の持続時間などによってその分布が異なる。立位では下肺野や肋骨横隔膜角部に多く見られる傾向がある。腎不全やoverhydrationによるものでは肺門周囲に中心性に分布し肋骨横隔膜角部は免れる傾向がある³⁾。これは腎不全例では肺のコンプライアンスが比較的保たれているため、呼吸による肺の伸縮がリンパ管内の液の移動を助長するためと思われる。

体位による影響として、また急性心筋梗塞直後では水腫

は肺に均等に分布する傾向があるが、水腫が1週間も続くと肺野の末梢は吸収されて中心部にのみ認められるようになる。この傾向は亜急性または慢性の肺水腫にもみられる。また重力による影響で立位では肺底区に、臥位(数時間)では中央から肺尖部にみられる傾向がある(Fig. 9A, B)。また患者が一側を下にした側臥位をとっていたような場合には肺水腫は下になった側により強くみられる⁴⁾。

2) 肺水腫の疾患別出現率の特徴と時間経過

心原性肺水腫の特徴はまたその時間的経過である。一般には時間の経過と共にその変化は著しく、著しい肺水腫も安静と治療により数時間で消失したりまた悪化する(Fig. 10A, B)。慢性の心不全や心不全を繰り返す例ではその吸収も遅れる傾向がある。

Septal lineのうちA-lineは急性左心不全(急性心筋梗塞)でしばしばみとめられるが、多くは一過性で数時間で消失す

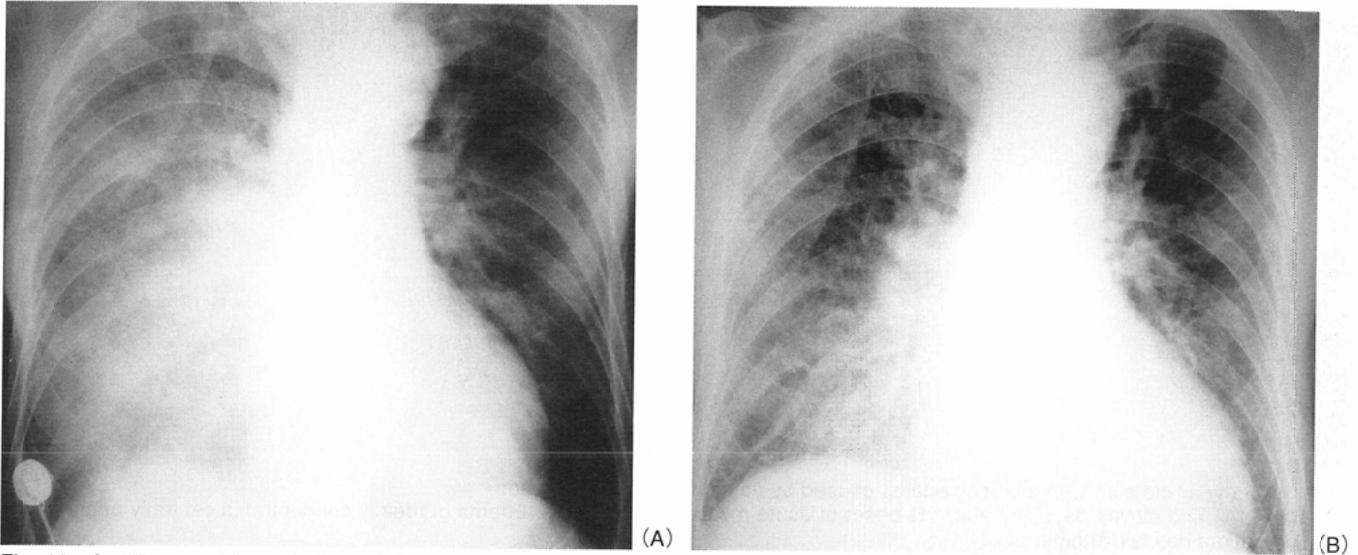


Fig. 11 An 85-year-old man in heart failure caused by myocardial infarction. Initial attack (A) and reattack 6 months later (B). Edema is diffuse on the right side. The heart is normal in size in the initial attack (A), whereas it is larger on reattack (B).

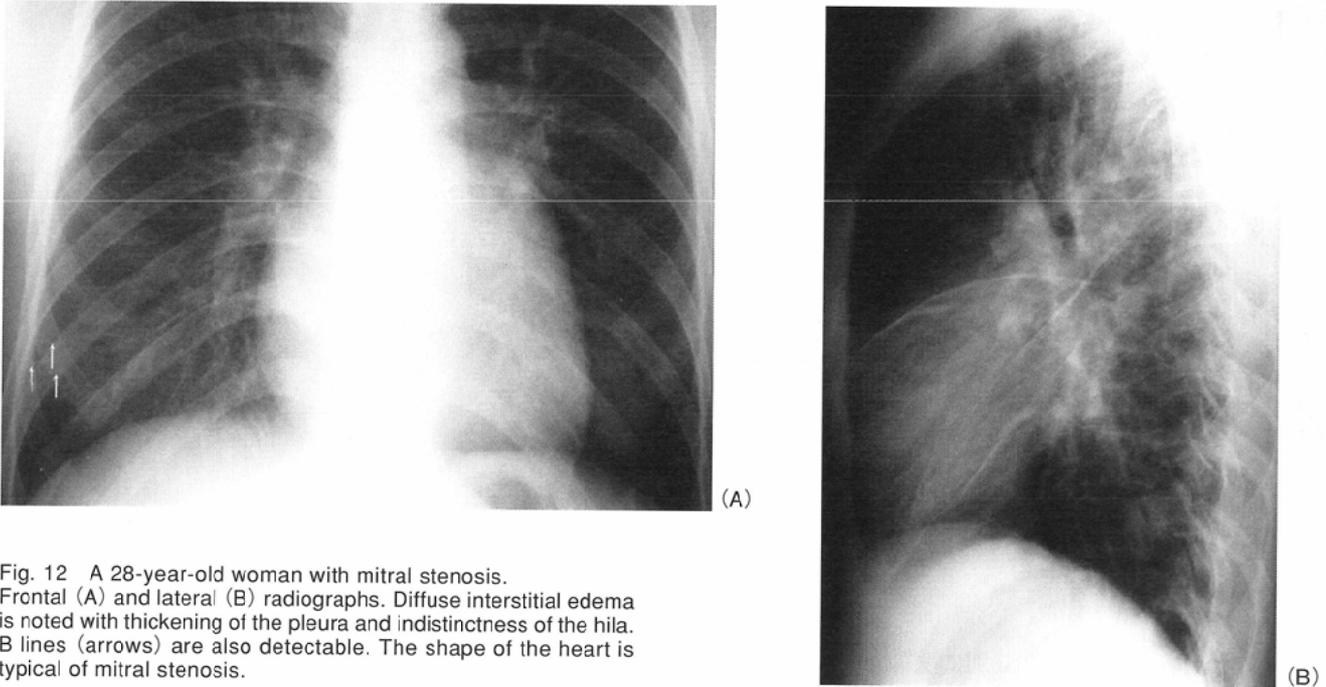


Fig. 12 A 28-year-old woman with mitral stenosis. Frontal (A) and lateral (B) radiographs. Diffuse interstitial edema is noted with thickening of the pleura and indistinctness of the hila. B lines (arrows) are also detectable. The shape of the heart is typical of mitral stenosis.

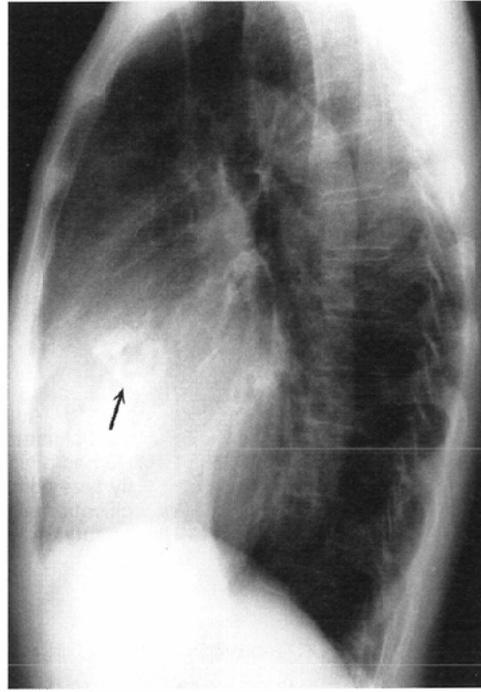
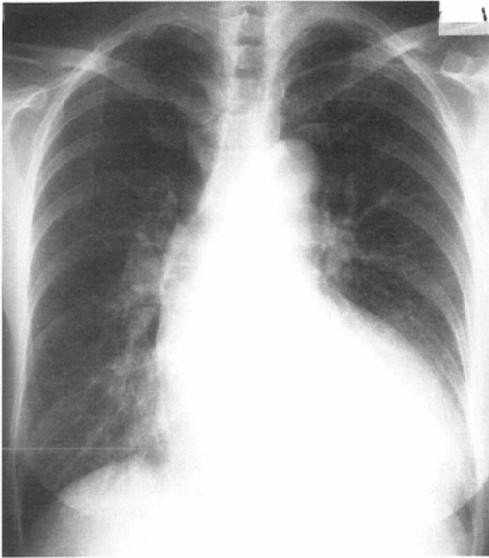
る事が多い。これに対してB-lineは比較的長く認められ、とくに慢性化したものや繰り返し心不全をきたすような症例では長くのこることがある。これはすでに線維化などの器質の変化が加わったためである。

4. 心拡大と形

心拡大は心不全や腎不全例に多く見られるが、急性左心不全や、これまでに心不全の既往の無い例では、その拡大はないか軽度のため非心原性の肺水腫と鑑別を要する。この様な例では肺血管の拡大も軽度である。しかし心不全のため心拡大や肺血管の拡大をきたしたことのある例では、心拡大や肺血管の拡大も見られるようになる。たとえば急性心筋梗塞の半数近くは著しい肺水腫がみられても心拡大

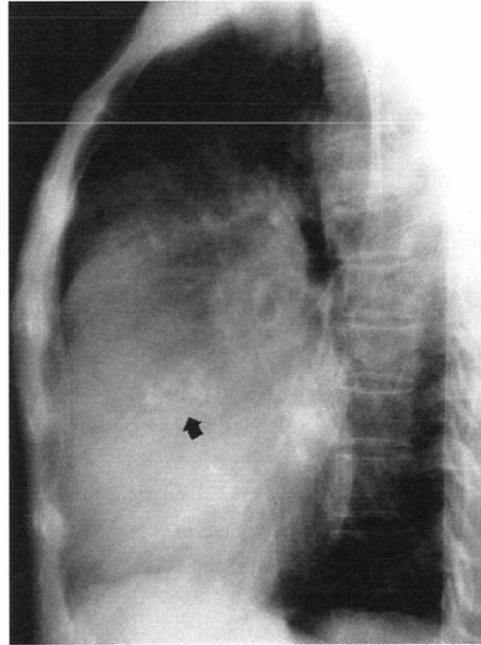
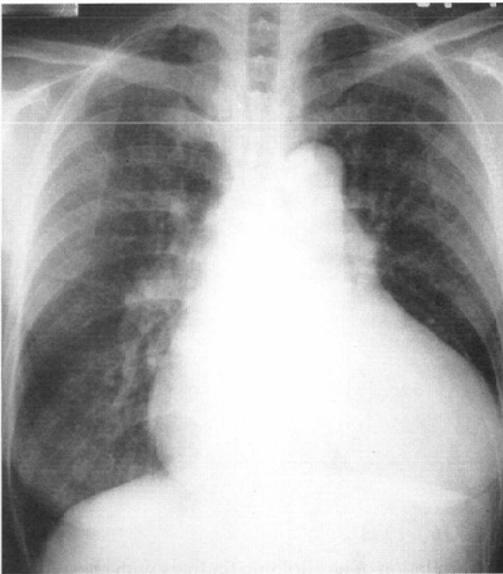
を伴っていないことが多い^{7),11)-13)}、再発例や広範な梗塞例では心拡大がみられ、初診時におけるこの心拡大の有無と肺鬱血の程度は患者の予後を左右することが知られている¹⁴⁾(Fig. 11A, B)。

心陰影の疾患特有な形も鑑別に役立つ。僧帽弁疾患(Fig. 12A, B)や大動脈弁疾患、などはその特有な形態が診断に役立つ、とくに弁膜の石灰化(Fig. 13A, B)(Fig. 14A, B)、心筋梗塞後の心室瘤の石灰化(Fig. 15)など原因疾患の診断に直接結びつく所見も、単純X線写真での心原性肺水腫の診断に直接役立つ重要な所見である。しかし心不全の末期には両心不全に陥るため、心拡大はしばしば全腔におよび、心の形態のみから心疾患を特定することは難しいことが多い。



A | B

Fig. 13 A 61-year-old woman in heart failure caused by aortic stenosis (bicuspid aortic valve). The pulmonary vessels are indistinct and aortic valve calcification (arrow) is seen in the lateral projection (B). The calcification is typical of that of a bicuspid aortic valve.



A | B

Fig. 14 A 59-year-old woman in heart failure caused by aortic valve stenosis (tricuspid). Pulmonary blood flow distribution is inverted, and the pulmonary vessels are indistinct. Aortic valve calcification is irregular in shape (B, arrow).

5. その他の所見

a. 肺血流量

腎不全では肺血流量は全般的に増大し、また心不全でも肺血管陰影は増強するので、両者と肺血流量の増大を伴わない非心原性肺水腫との鑑別に役立つ。

b. 胸水

心不全と腎不全ではしばしば認められる。胸水の出現時にはすでに両心不全に陥っていることが多く、また肺水腫に比べてその回復は遅れる傾向がある。右に初発した両側に認める場合は右により多く貯留する傾向があるのが心原性肺水腫時の特徴である。

ま と め

心原性肺水腫の胸部X線所見について、とくに非心原性肺水腫(肺毛細管透過性亢進による肺水腫)との鑑別に役立つポイントについて述べた。

心拡大の有無、血管柄幅、肺血流分布、肺水腫のパターンとその分布、cuffing sign、air bronchograms、胸水、肺血流の増大の有無などが両者の鑑別に有用である。したがって肺水腫が認められた場合、この様な点に着目して読影することが重要である。

心拡大は心原性肺水腫では認めることが多いが、非心原

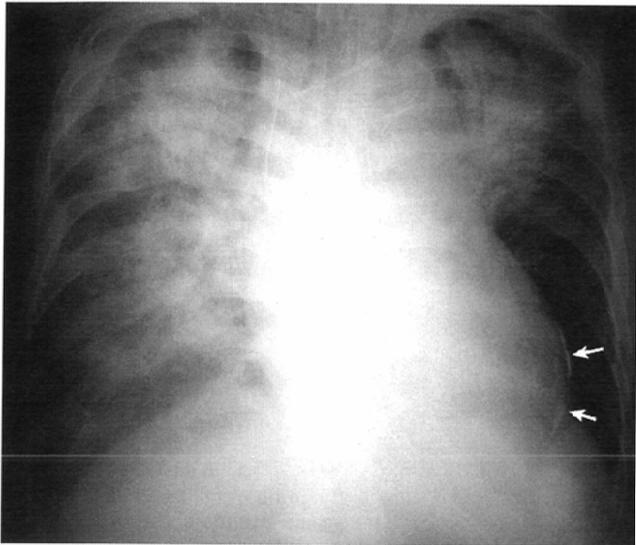


Fig. 15 An 82-year-old man in heart failure caused by old myocardial infarction. He had a history of myocardial infarction 10 years earlier. Butterfly-type pulmonary edema is demonstrated with a curvilinear calcification along the left ventricle, suggestive of a left ventricular aneurysm (arrows).

性肺水腫ではみられない。心原性でも急性心不全や僧帽弁狭窄など心拡大を示さないものもあるが、この場合、心陰影の形や心内石灰化の存在がその鑑別に役立つ。

血管柄幅は腎不全や心不全など心原性肺水腫の際にしばしば増大するものが多いが、非心原性では正常もしくは縮小する事が多い。

肺血流分布は心不全では上肺野優位の拡張か上下肺野均等分布を示し、また腎不全では均等分布を示すものが多いが、非心原性では正常のことが多くみられている。

肺水腫の分布は心不全では均一分布を、腎不全では中心性分布を示す傾向があり、また心不全では経時の変化が著しく、体位、重力により変化するのが特徴である。

文 献

- 1) Turner AF, Lau FYK, Jacobson G: A method for the estimation of pulmonary venous and arterial pressures from the routine chest roentgenogram. *AJR* 116(1): 97-106, 1972
- 2) Meszaros WT: Lung changes in heart failure. *Circulation* 47: 859-871, 1973
- 3) Milne ENC, Pistolesi M, Miniati M, et al: The radiologic distinction of cardidogenic and noncardiogenic edema. *AJR* 144: 879-894, 1985
- 4) Ketai LH, Godwin JD: A new view of pulmonary edema and acute respiratory distress syndrome. *J Thorac Imaging* 13: 147-171, 1998
- 5) Milne ENC, Pistolesi M, Miniati M, et al: The vascular pedicle of the heart and the vena azygos. I. The normal subject. *Radiology* 152: 1-8, 1984
- 6) Pistolesi M, Milne ENC, Miniati M, et al: The vascular pedicle and the vena azygos. II. In cardiac failure. *Radiology* 152: 9-17, 1984
- 7) 松山正也: 胸部X線で心不全をいかに読むか. *ICUとCCU* 22(10): 711-716, 1998
- 8) Milne ENC: Correlation of physiologic findings with chest roentgenology. *Radiol Clin North Am* 11: 17-47, 1973
- 9) Milne ENC: Physiologic interpretation of the chest radiograph. (In) Margulis A, Gooding CA ed: *Diagnostic radiology*. 201-222, 1980, University of California, San Francisco
- 10) Kerley P: Radiology in heart disease. *Brit Med J* 2: 594-597, 1933
- 11) 松山正也: 虚血性心疾患の単純X線診断. *画像診断* 12(6): 440-447, 1982
- 12) 松山正也, 大滝 誠: 虚血性心疾患. *日獨医報* 41(1): 42-52, 1996
- 13) Harrison MO, Conte PJ, Heitzman ER: Radiological detection of clinically occult cardiac failure following myocardial infarction. *Br J Radiol* 44: 265-272, 1971
- 14) Buttler A, Karliner JS, Higgins CB, et al: The initial chest X ray in acute myocardial infarction. Prediction of early and late mortality and survival. *Circulation* 61: 1004-1009, 1980