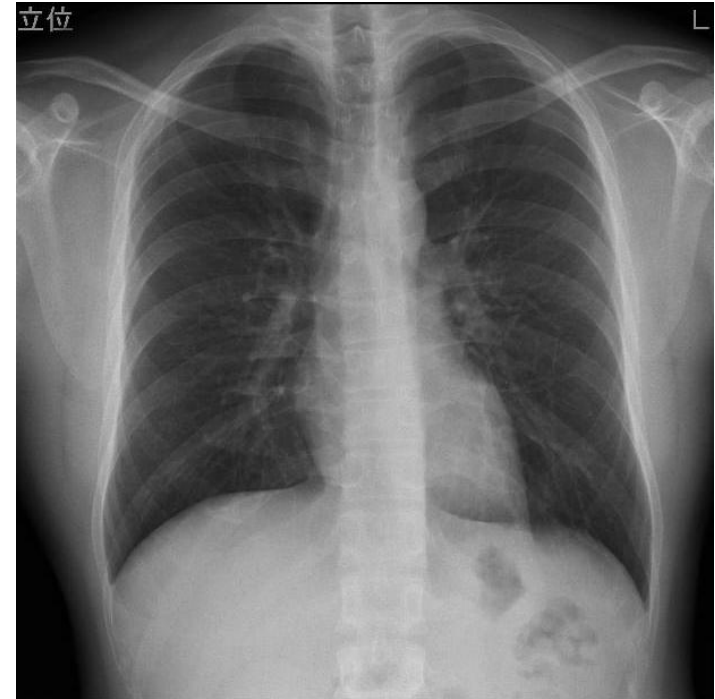
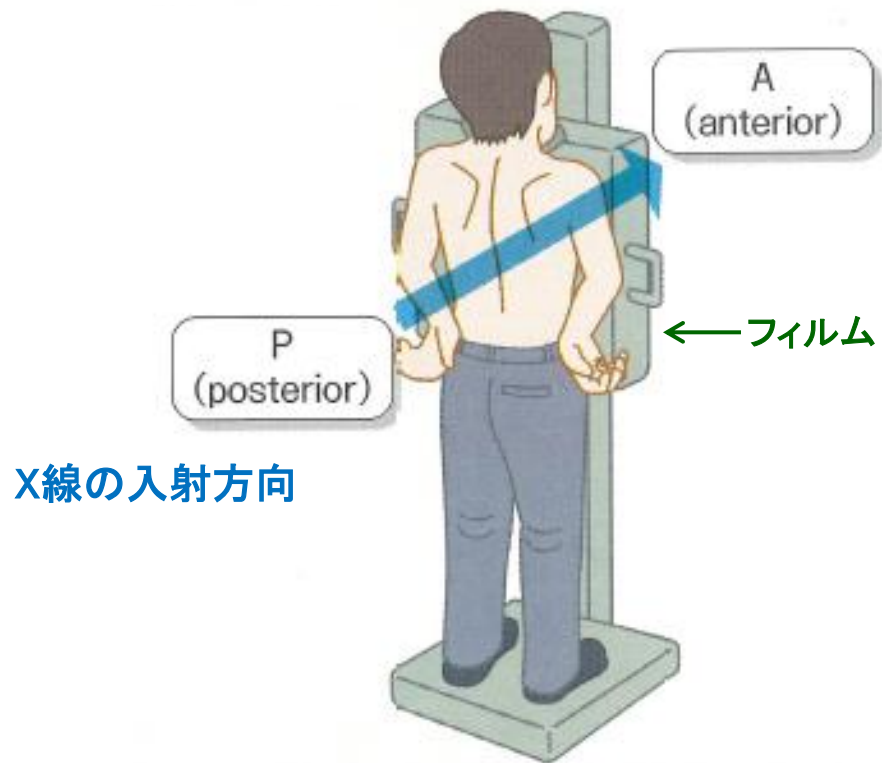


胸部エックス線・呼吸不全

名古屋市立大学病院 呼吸器・アレルギー内科
森 祐太

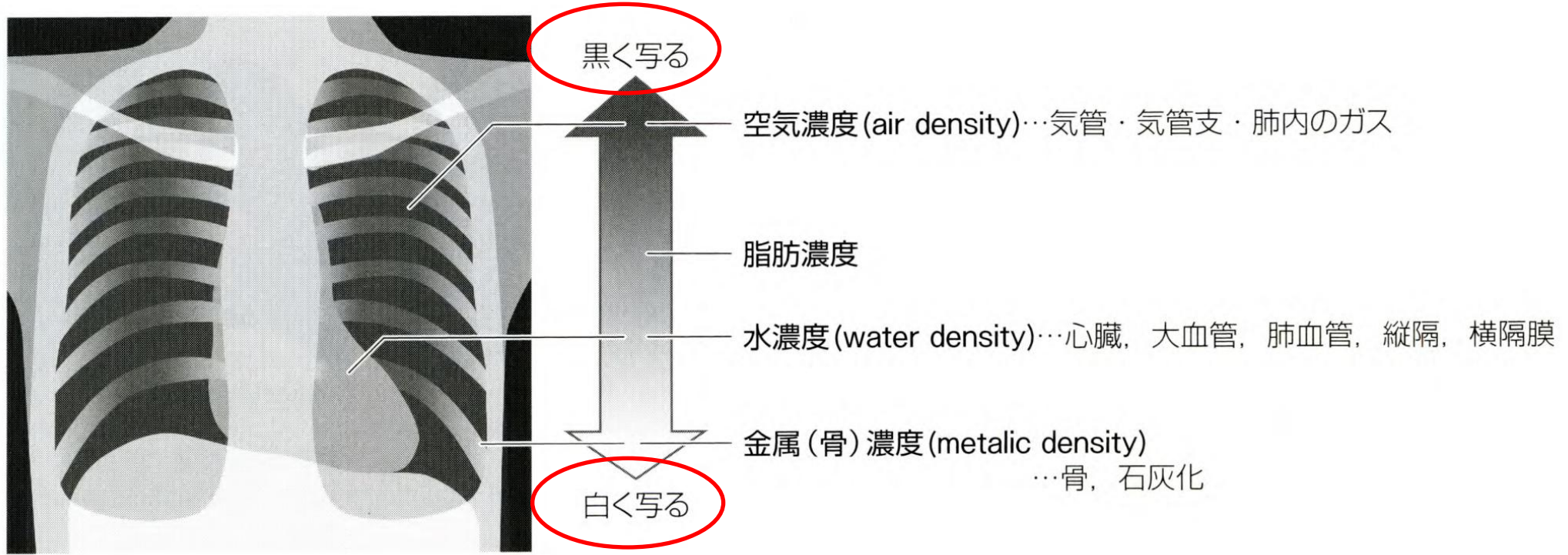
胸部X線写真の撮影



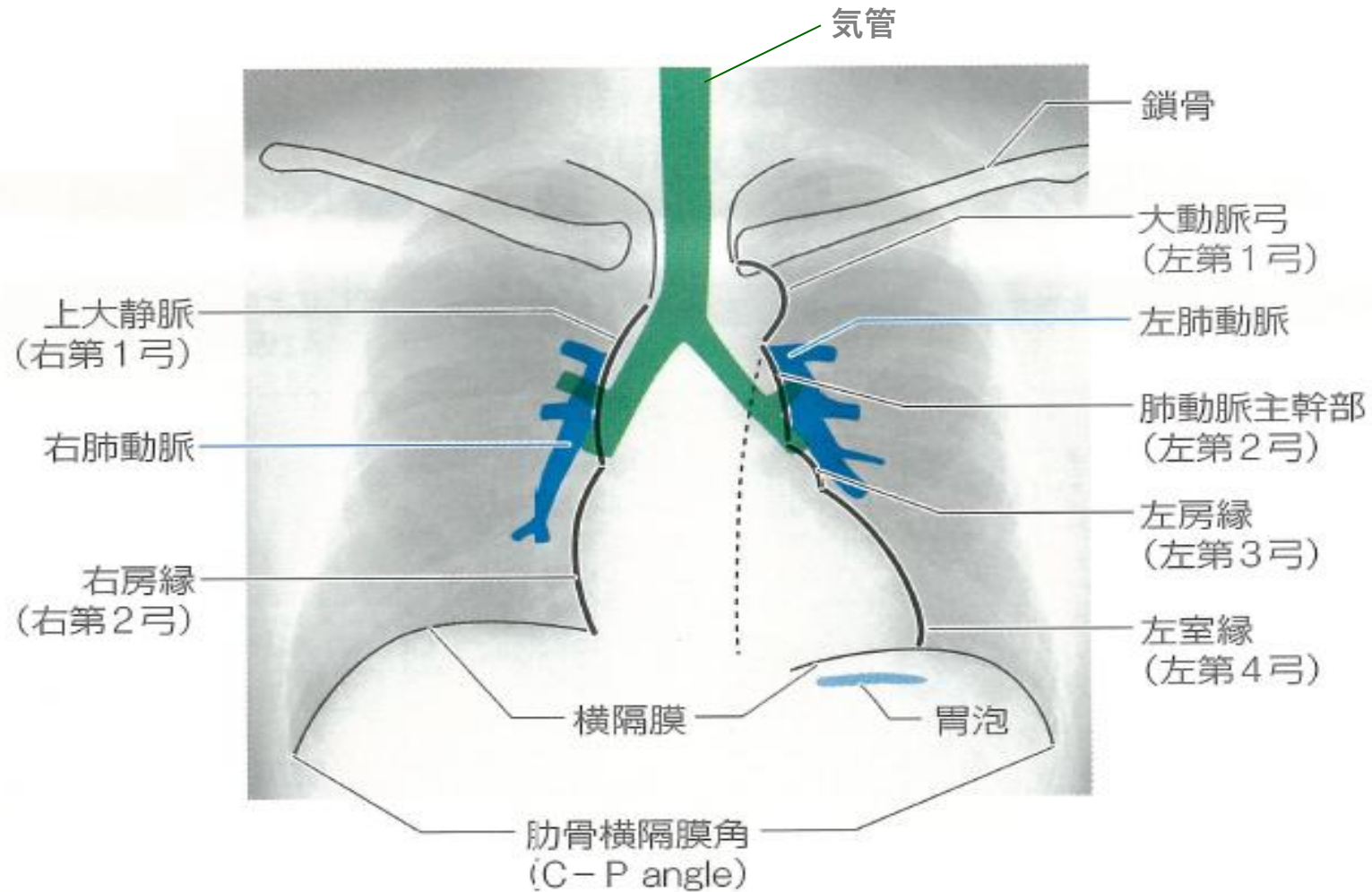
息を大きく吸って、止めてください。

胸部X線コントラスト

- ・X線は物質を透過し、フィルムを感光させる性質を持つ。
- ・しかし物質を透過する際にX線は吸収され、エネルギーが低下する。



胸部X線(正面像)



⇒ 正常画像と比較し、何らかの変化がないか？

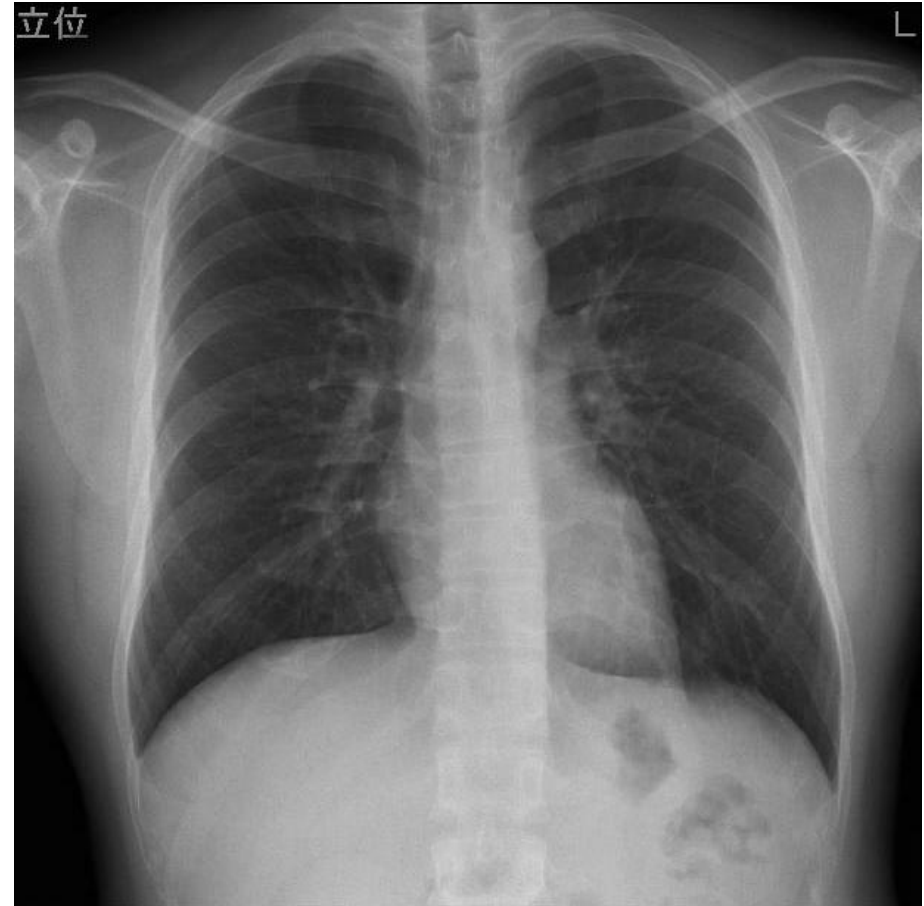
本来は黒く写る肺に、白い部分があれば、そこに何らかの異常を疑う。

胸部X線の読影順序

★見落としのないよう、読影順を決めておく

- 1: 左右の胸壁、胸膜、横隔膜
- 2: 縦隔、心陰影
- 3: 気管、気管支、肺血管
- 4: 左右の肺野
- 5: 軟部組織
- 6: 胸郭を形成する骨

- ・左右差？ 濃度差？
- ・以前の写真との比較読影を



胸部X線を「読む」とは

① 画像情報 → 文字情報へ

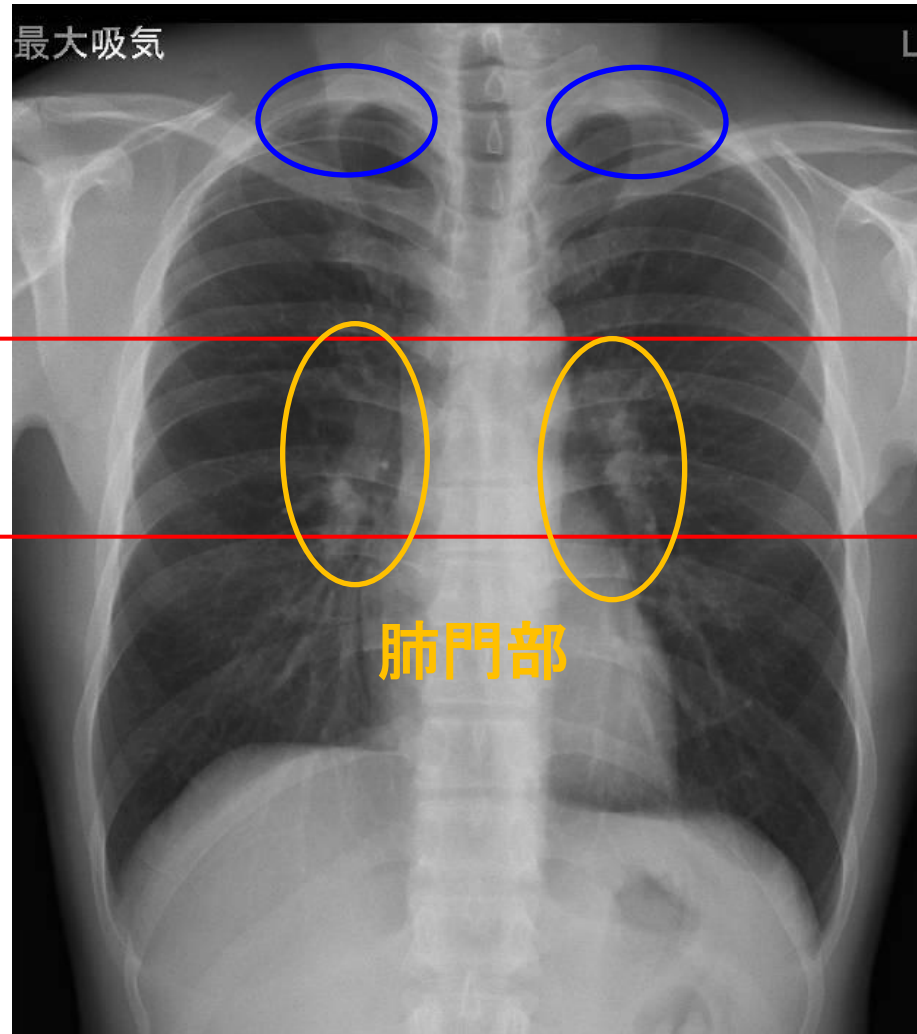
- ・病変の部位(どこにあるか)
- ・異常の性状(どんな影か)

② 文字情報 → 鑑別診断へ

- ・教科書的な知識が必要

肺野の区分

肺尖部



上肺野

(第2肋骨前端)

中肺野

(第4肋骨前端)

下肺野

肺門部

病変部位と肺疾患の特徴

① 上肺野に認めやすい疾患:

肺結核、肺気腫、ブラ・気腫性嚢胞、アスペルギルス症、珪肺

② 上中肺野に認めやすい疾患:

サルコイドーシス

③ 下肺野に認めやすい疾患:

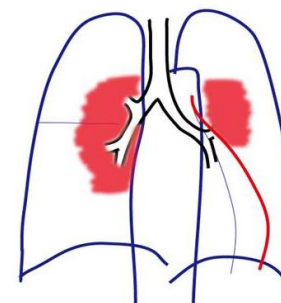
間質性肺炎、誤嚥性肺炎、肺血栓塞栓症、転移性肺腫瘍、
気管支拡張症、びまん性汎細気管支炎

④ 内側領域に認めやすい疾患(両肺門有意): Butterfly shadow

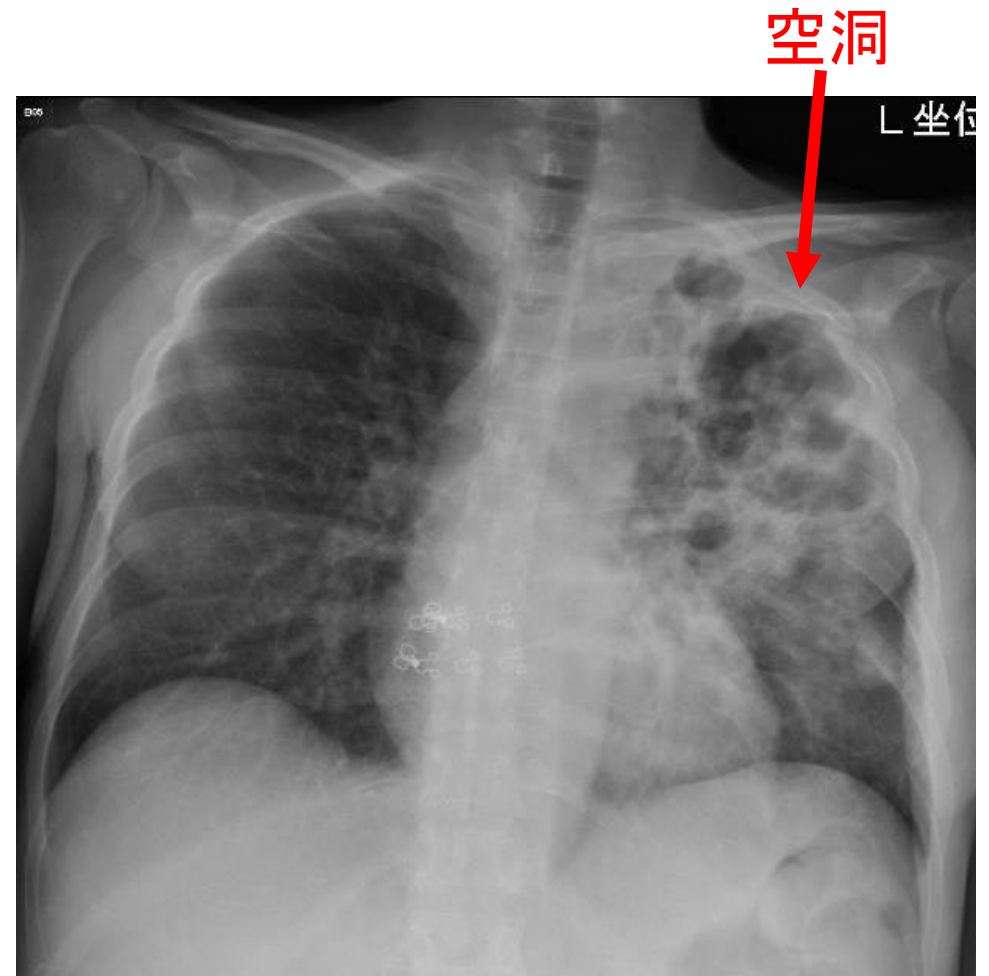
肺水腫、ニューモシスティス肺炎、肺胞蛋白症

⑤ 外側領域に認めやすい疾患

間質性肺炎、慢性好酸球性肺炎



肺結核（2症例）の胸部X線

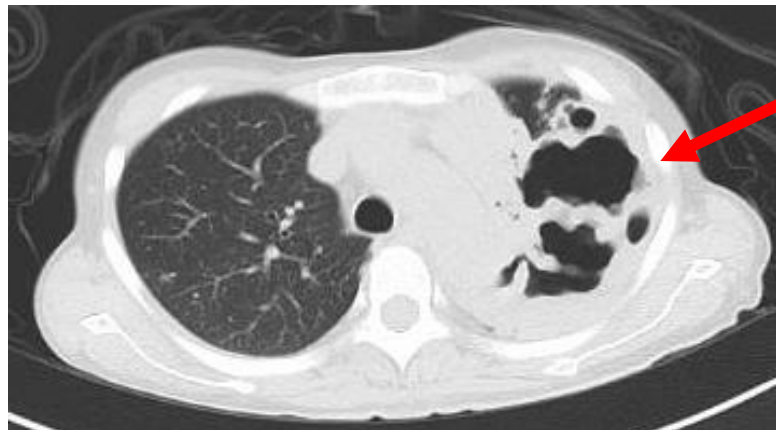


上肺野に認めやすい

空洞陰影について

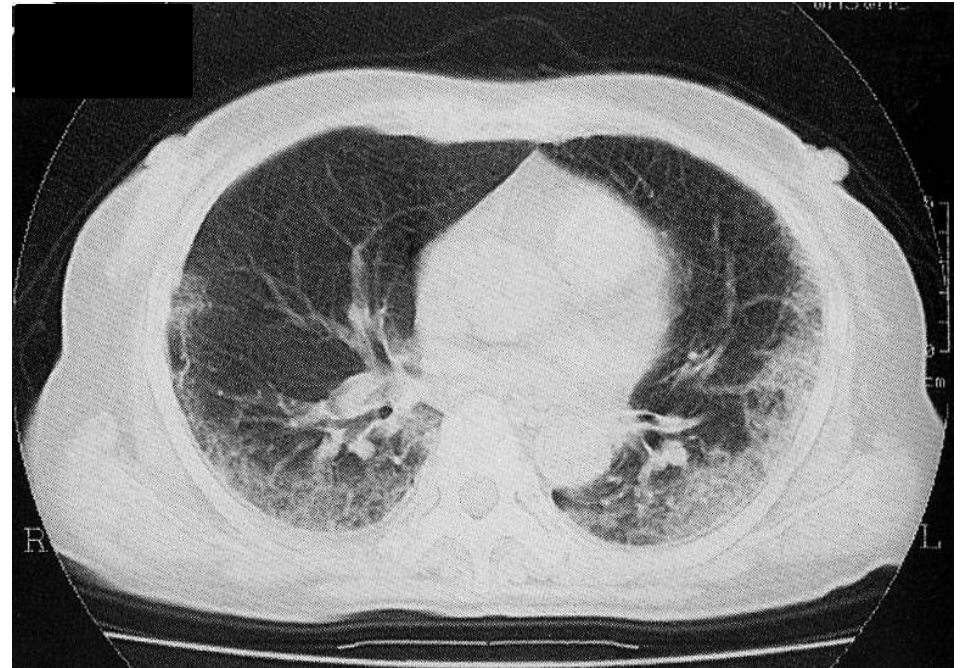
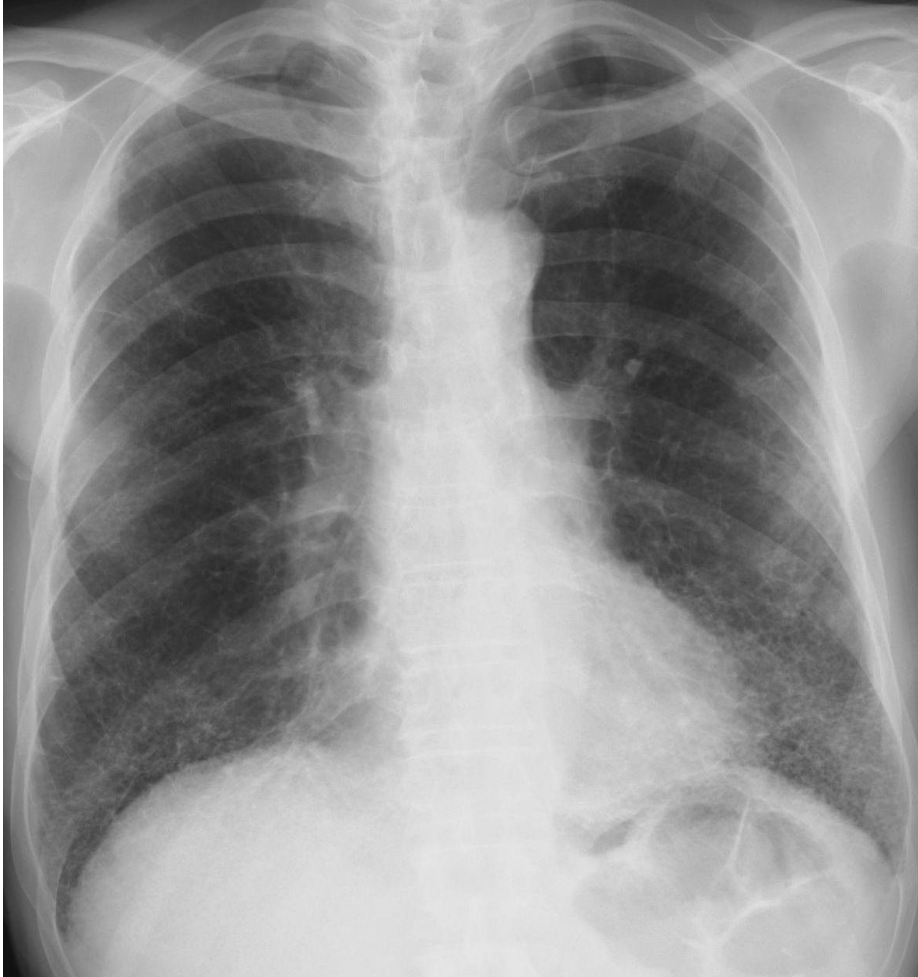
■空洞を形成する疾患

- ・感染症：結核症、非結核性抗酸菌症、肺化膿症、
真菌症、敗血症性肺塞栓症、寄生虫症
- ・腫瘍：肺癌（特に扁平上皮癌）
- ・免疫疾患：多発血管炎性肉芽腫症



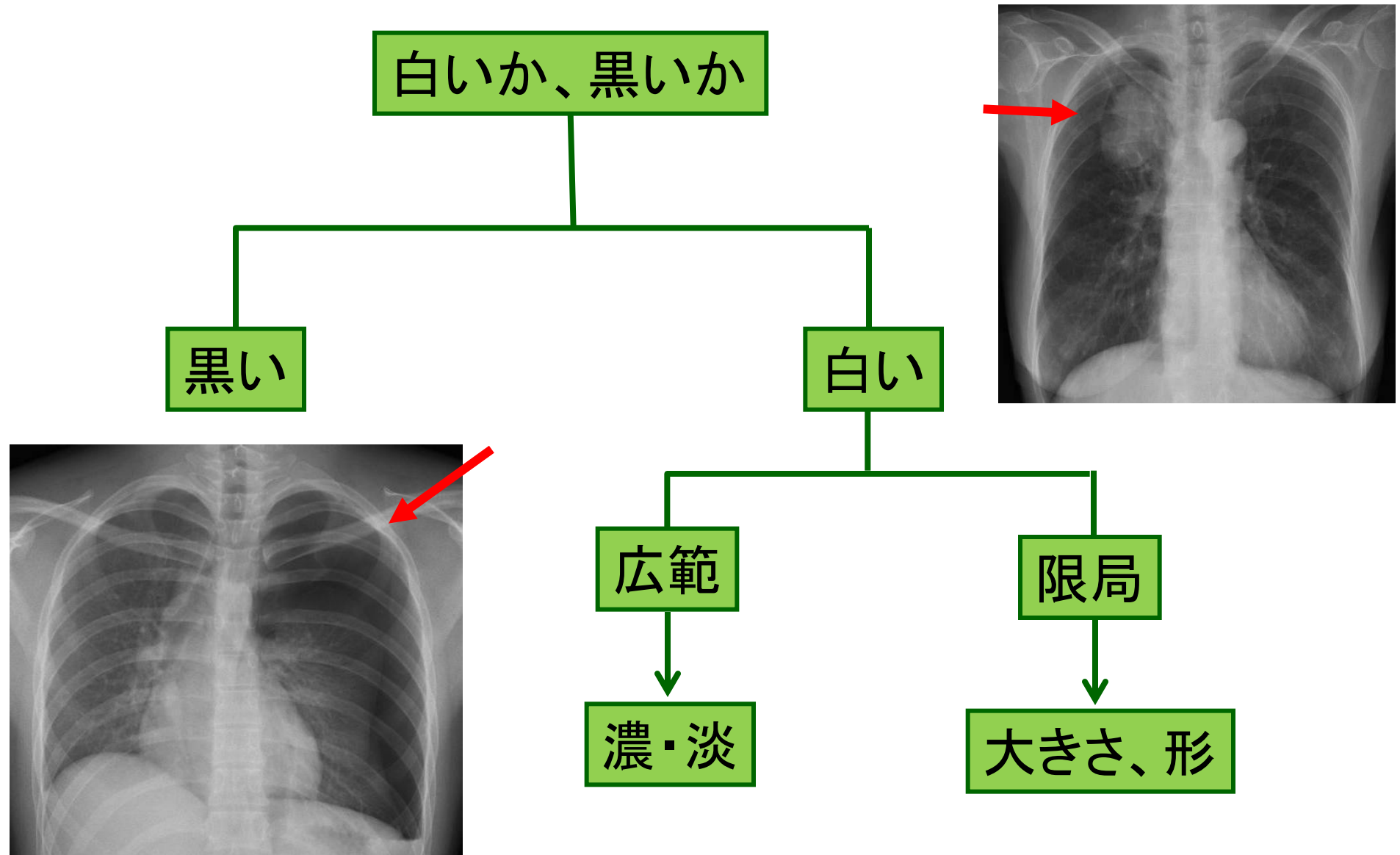
胸部CT画像

間質性肺炎の画像



両下肺野、外側優位の分布

異常の性状(どんな影か)-1



異常の性状(どんな影か)-2

➤ 黒く写るもの

⇒肺胞が無くなっている

(気胸、肺気腫などで認められる)

➤ 白く写るもの

⇒肺胞内の空気が、水(濃度のもの)に置き換わっている

①広範型

浸潤影(濃)、すりガラス影(淡)

②限局型

粒状影、結節影、腫瘤影

異常の性状(どんな影か)-3

➤ 浸潤影

～濃厚な陰影～
(血管が透見できない)



⇒ 細菌性肺炎など

➤ すりガラス影

～淡い陰影～
(血管が透けて見える)



⇒ 間質性肺炎など

異常の性状(どんな影か)-4

- 粒状影 (径 5mm未満)
- 結節影 (5～30mm)
- 腫瘤影 (30mm以上)



腫瘤影(単発性)

原発性肺癌



結節影(多発性)

転移性肺腫瘍

肺気腫の胸部X線



- ・横隔膜低位化
- ・滴状心
- ・肋間の開大
- ・肺野の透過性亢進

肺気腫のCT画像



非喫煙者



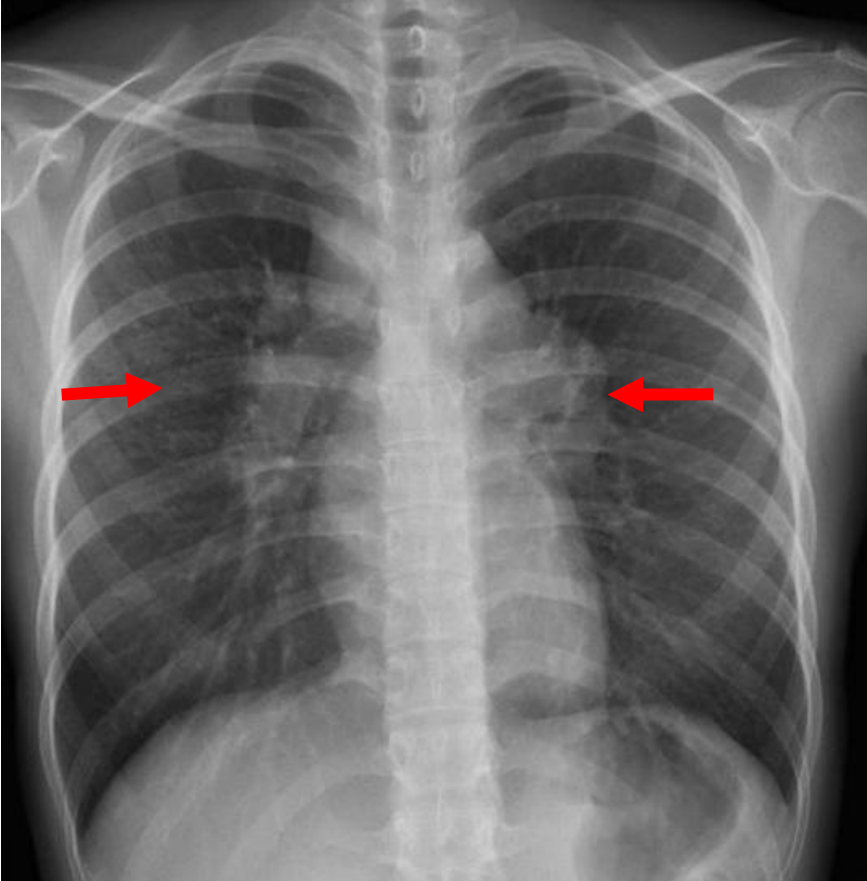
25本×20年



30本×36年

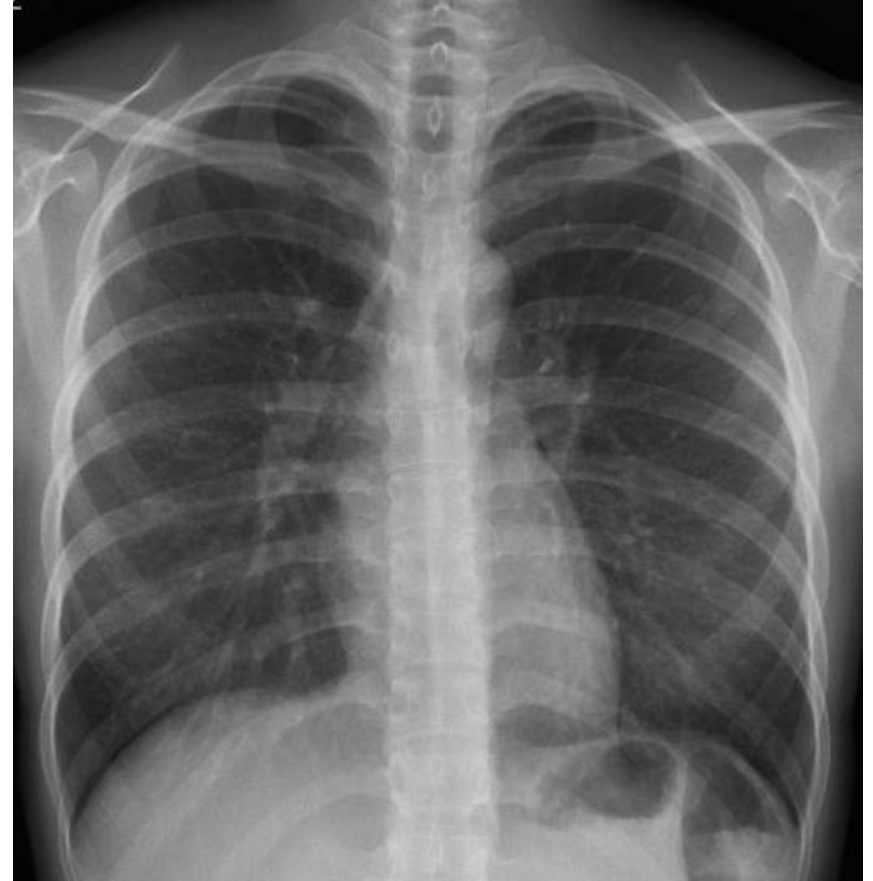
両肺門部リンパ節腫大

BHL (bilateral hilar lymphadenopathy)



X年

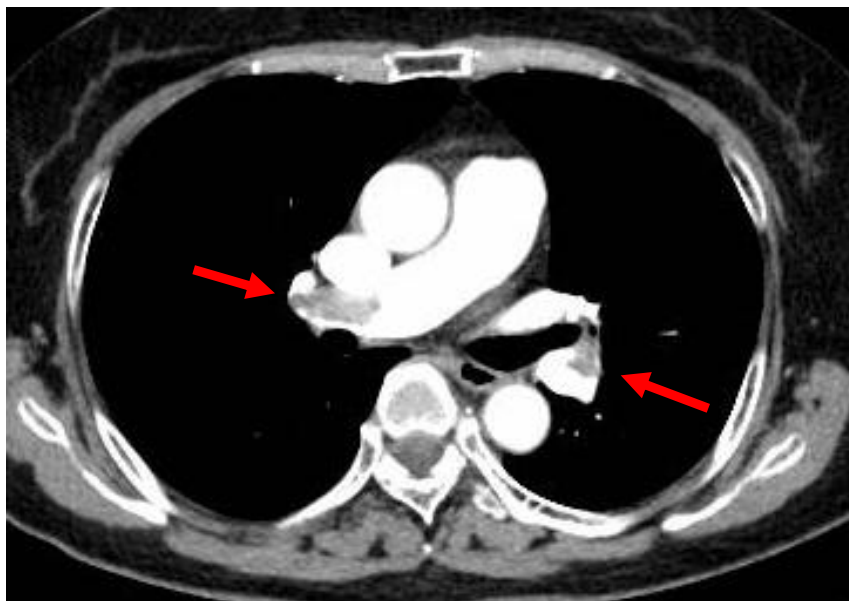
サルコイドーシス



X+3年

BHLおよび類似の陰影を呈する疾患

- ① リンパ節腫大：サルコイドーシス、肺癌、悪性リンパ腫、肺感染症、結核
- ② 血管拡張：先天性心疾患（左→右シャント）肺血栓塞栓症、肺高血圧症
- ③ その他：呼気撮影など

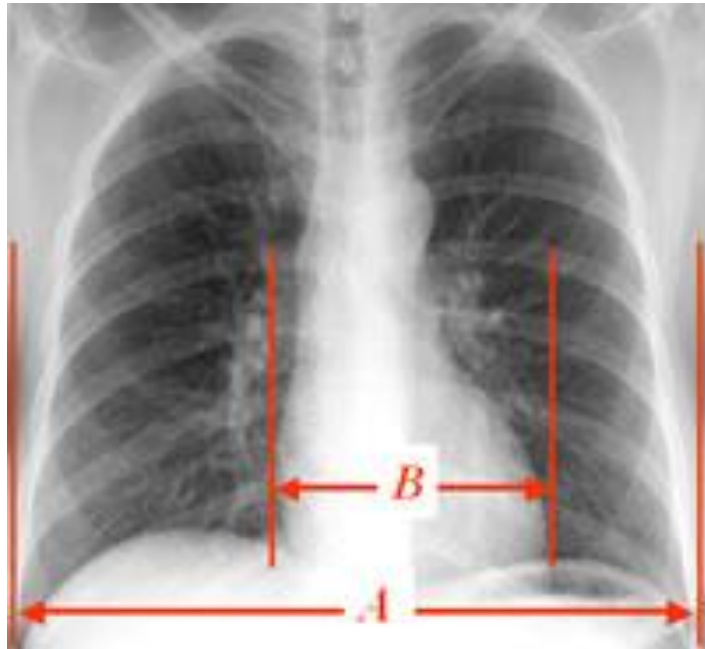


胸部造影CT



心胸郭比 (cardiothoracic ratio : CTR)

- ・ 胸郭横径 (A) に対する心横径 (B) の比率 (左下図 : $B \div A \times 100 \%$)
- ・ 立位正面像では、CTRは50%以下が正常。



CTR: 42%
(健常者)



CTR: 66%
(心臓弁膜症患者)

症 例 提 示

症例1：右胸水（胸膜炎）

発症時

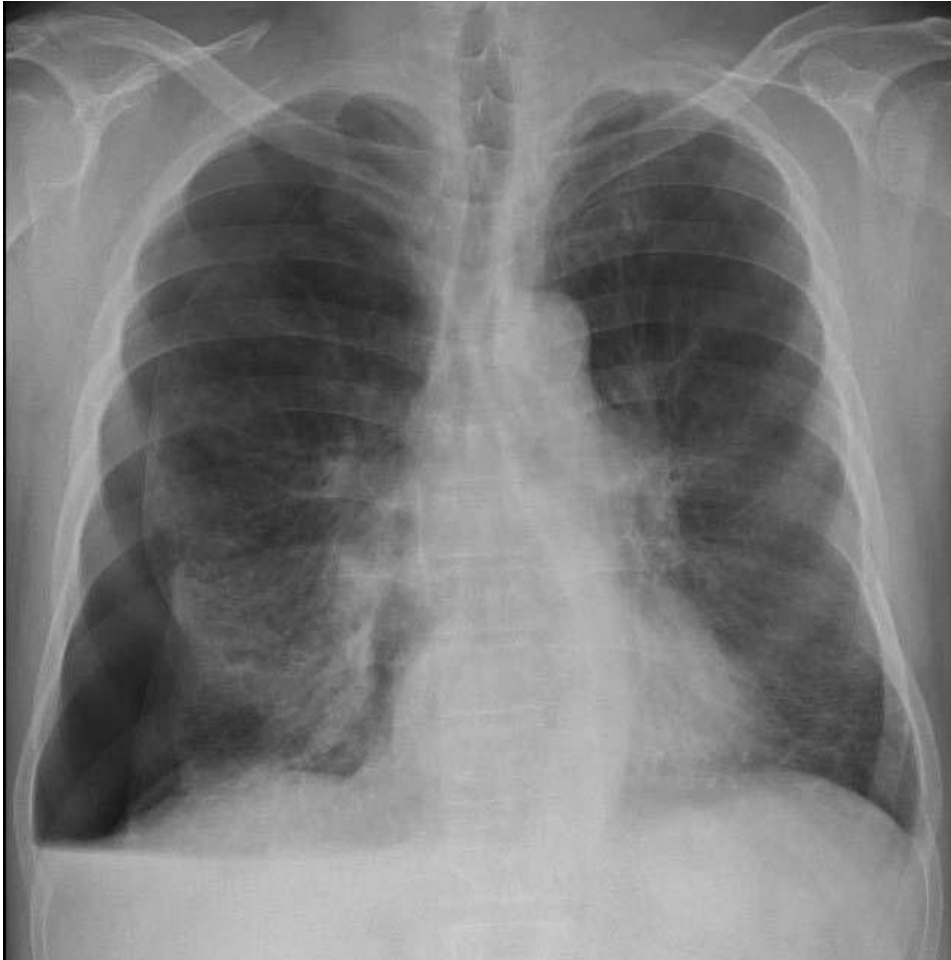


治療後



症例2: 右自然気胸

発症時



治癒後



症例3: 肺炎

発症時



治療後



まとめ：胸部X線

部位(上/中/下肺野、肺尖/肺門部など)と
所見(腫瘍/結節/粒状影、浸潤影/すりガラス影、空洞
影など)

透過性低下=白い、透過性亢進=黒い
等の用語を理解し、
順序立てた読影が必要

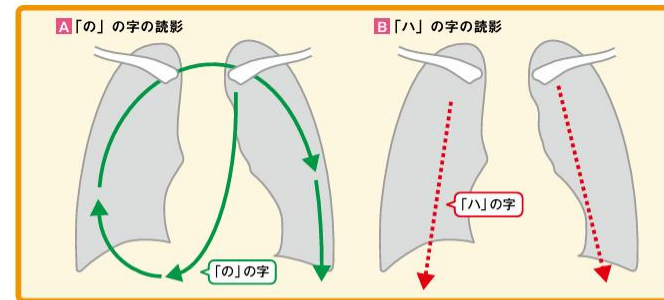


図1 胸部単純X線写真の見方

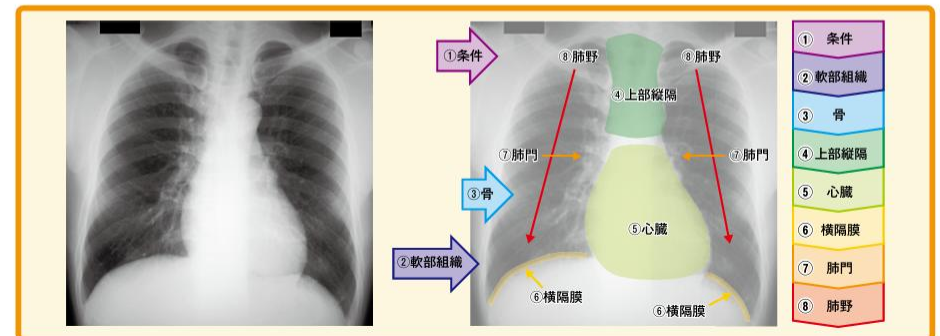


図2 部位別を意識した読影

呼吸不全

呼吸の役割

- 1) 必要な酸素の取り込み
- 2) 不要な二酸化炭素の排出
- 3) 酸塩基平衡の維持

呼吸不全の定義

- 呼吸不全とは、呼吸機能障害のため動脈血液ガス（特に PaO_2 と PaCO_2 ）が異常値を示し、そのために正常な機能を営むことができない状態。
- 室内空気呼吸時ので PaO_2 が60Torr以下となる呼吸系の障害、またはそれに相当する状態

PaO_2 : 動脈血酸素分圧

PaCO_2 : 動脈血二酸化炭素分圧

動脈血検査-1

Q 1. どこから採取？

大腿動脈、上腕動脈、橈骨動脈が一般的。

Q 2. 正常値は？

▪ pH	7.35～7.45
▪ <u>PaO₂</u>	<u>85～105 Torr</u>
▪ PaCO ₂	35～45 Torr
▪ HCO ₃ ⁻	23～28 mmol/L
▪ <u>SaO₂</u> [*]	<u>95～98 %</u>
▪ BE	-3～2.5 mmol/L

* SaO₂ : 動脈血酸素飽和度

動脈血検査-2

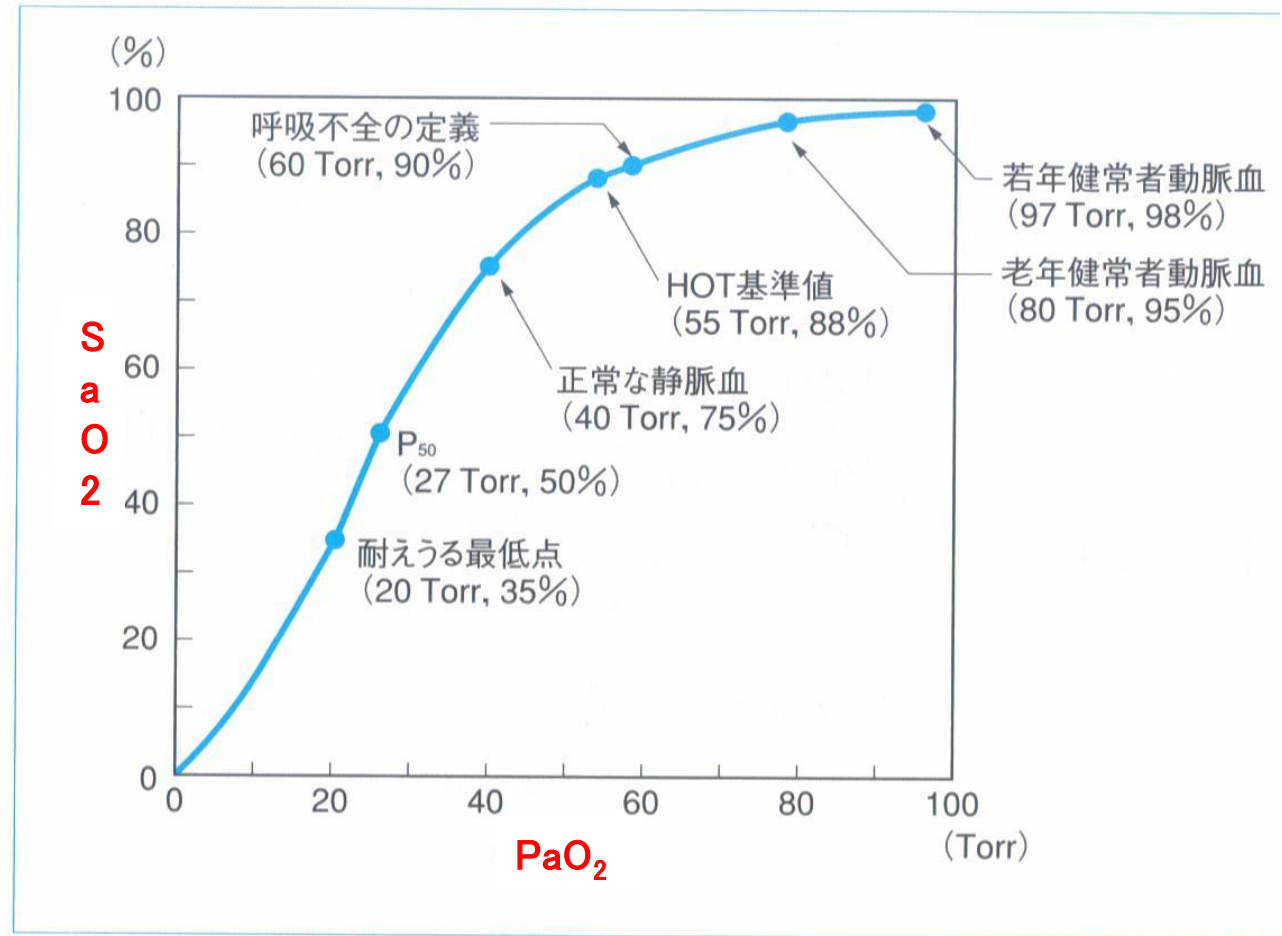


図1 ヘモグロビン酸素解離曲線上の記憶すると有用なポイント

呼吸不全の分類①(病態経過)

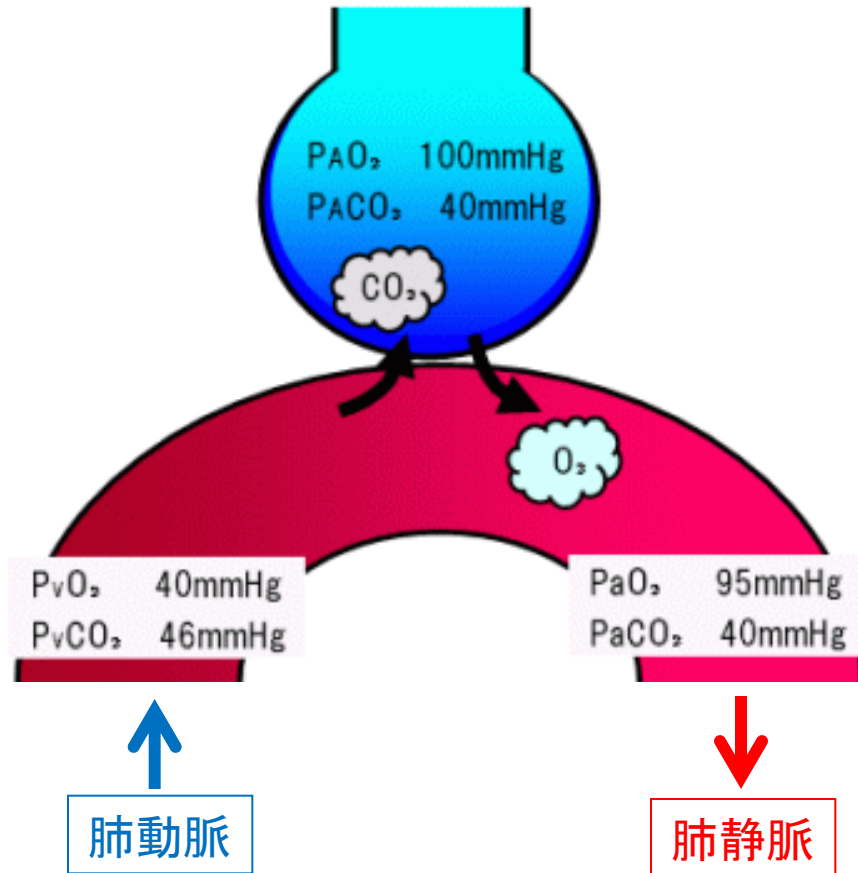
急性型 : 急性に発症

慢性型 : 1ヶ月以上続く

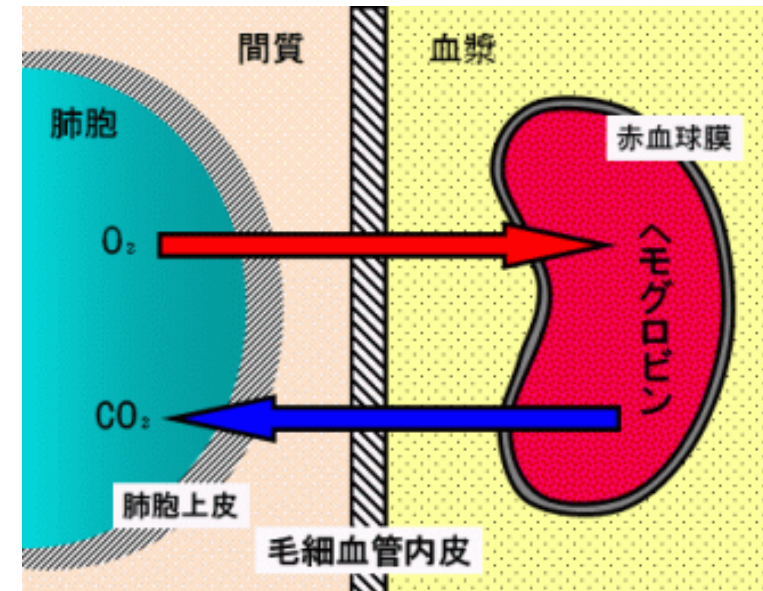
I型 : $\text{PaCO}_2 < 45\text{Torr}$

II型 : $\text{PaCO}_2 \geq 45\text{Torr}$

肺胞でのガス交換



拡散



- ・ガス分子が、濃度の高い方から低い方へと移動する現象。
- ・ CO_2 は O_2 に比べ40倍拡散しやすいため、拡散障害はほとんど影響しない。

呼吸不全の分類②(病態生理)

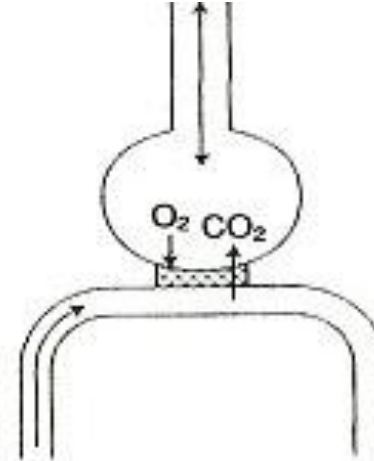
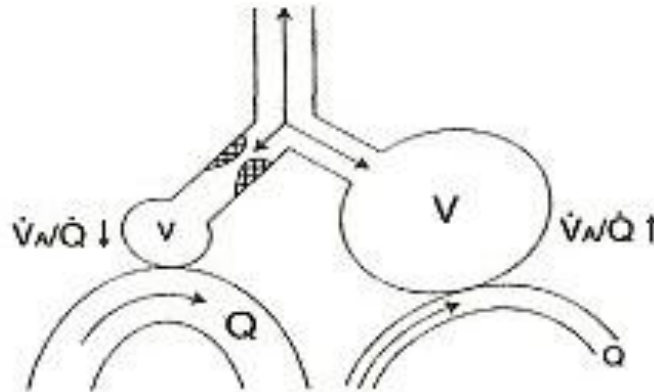
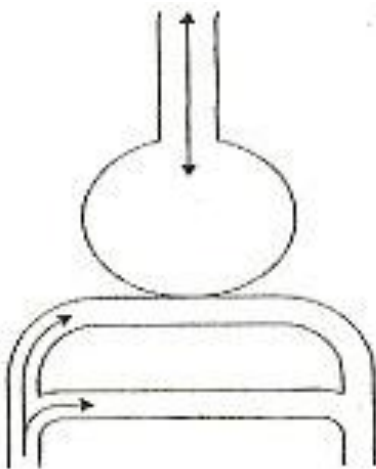
A-aDO₂が
異常値をとる

ガス交換障害
(低O₂血症)

右→左
シャント

換気血流比
不均等

拡散障害



換気障害
(低O₂血症
+
高CO₂血症)

肺胞低換気

A-aDO₂ (肺胞気-動脈血 酸素分圧較差)

肺胞の中から動脈血に酸素がきちんと移動できているかどうかの指標

$$= \text{PAO}_2 - \text{PaO}_2$$

$$= 150 - \text{PaCO}_2 / 0.8 - \text{PaO}_2$$

⇒ 10Torr以下を基準値

10～20Torrを境界域

PAO_2 : 肺胞酸素分圧

PaO_2 : 動脈血酸素分圧

呼吸不全の原因疾患

1) 肺胞低換気

- 1.呼吸中枢機能低下: 脳炎、脳卒中、薬物中毒(鎮静・睡眠薬)
- 2.神経筋疾患: ギランバレー症候群、重症筋無力症、多発性硬化症
- 3.胸郭・横隔膜の損傷: 肋骨骨折、横隔膜麻痺、高度の腹水、肥満
- 4.睡眠時無呼吸症候群

肺胞レベルの障害 (・・・ $A-aDO_2$ が開大する)


- 2) 換気血流比不均等分布: 肺梗塞、肺炎、COPD、気管支喘息、心不全
- 3) 拡散障害: 間質性肺炎、過敏性肺臓炎、肺水腫
- 4) 右-左シャント: 肺動静脈瘻、無気肺、ARDS、肝硬変

肺胞低換気とは

何らかの原因で肺胞に出入りする換気量が減少。

○ 血液ガス所見

・酸素分圧 (PaO₂) 

・二酸化炭素分圧 (PaCO₂) 

PaCO₂が高値なら、低換気の疾患を鑑別する。

低酸素血症の症状

- 日頃よりも強い呼吸困難感，労作時呼吸困難
- 頻呼吸，頻脈，不整脈，チアノーゼ
- 失見当識，不穏，興奮
- PaO_2 が40Torr以下で高度の肺高血圧

息切れ・呼吸困難の評価法

Hugh-Jones 分類

I度	同年齢の健常者と同様の労作ができ、歩行、階段昇降も健常者並みにできる。
II度	同年齢の健常者と同様に歩行ができるが、坂、階段の昇降は健常者並みにはできない。
III度	平地でさえ健常者並みには歩けないが、自分のペースでなら1マイル（1.6Km）以上歩ける。
IV度	休みながらでなければ50m以上歩けない。
V度	会話、着物の着脱にも息切れを感じる。 息切れのため外出ができない

息切れ・呼吸困難の評価法

mMRC スケール

(Modified Medical Research Council Dyspnea Scale)

Grade 0	激しい運動をした時のみ息切れがある。
Grade 1	平地を早足で歩く、または緩やかな上り坂を歩く時に息切れがある。
Grade 2	息切れのため同年代の人より歩くのが遅い、または自分のペースで歩いて息切れで止まることがある。
Grade 3	約100メートル歩くか数分歩くと息切れのため止まる。
Grade 4	息切れがひどく家から出られない、または着替えて息切れがする。

高二酸化炭素血症の症状

日頃の患者個々の PaCO_2 基礎値よりどれだけ上昇したかによる。

- 5Torr以上 手掌のぬくもり
- 10Torr以上 躍動性拍動(脈圧増大)
- 20Torr以上 傾眠, 羽ばたき振戦, 腱反射低下
- 30Torr以上 激しい頭痛, 吐き気,
昏睡(CO_2 ナルコーシス)

酸素療法について

- 低酸素症：
酸素欠乏により細胞のエネルギー代謝が障害された状態。
- 酸素療法：
低酸素症に対して吸入気の酸素濃度を高め、適量の酸素を投与する治療法。
- 酸素輸送の3因子：
末梢組織に酸素を正常に供給するためには、肺での酸素取り込み（動脈血酸素分圧）以外にも、ヘモグロビン濃度および心拍出量にも注意が必要。

酸素投与方法について

1. 低流量システム

- 1) 鼻カニューラ
- 2) 簡易酸素マスク
- 3) オキシアーム
- 4) 経皮気管内カテーテル

2. 高流量システム

- 1) ベンチュリマスク
- 2) ネブライザー式酸素吸入装置
- 3) 高流量ネブライザー式酸素吸入装置
(ハイホーネブライザー[®])
- 4) 高流量鼻カニューラ

3. リザーバシステム

- 1) リザーバ付マスク
- 2) リザーバ付鼻カニューラ,

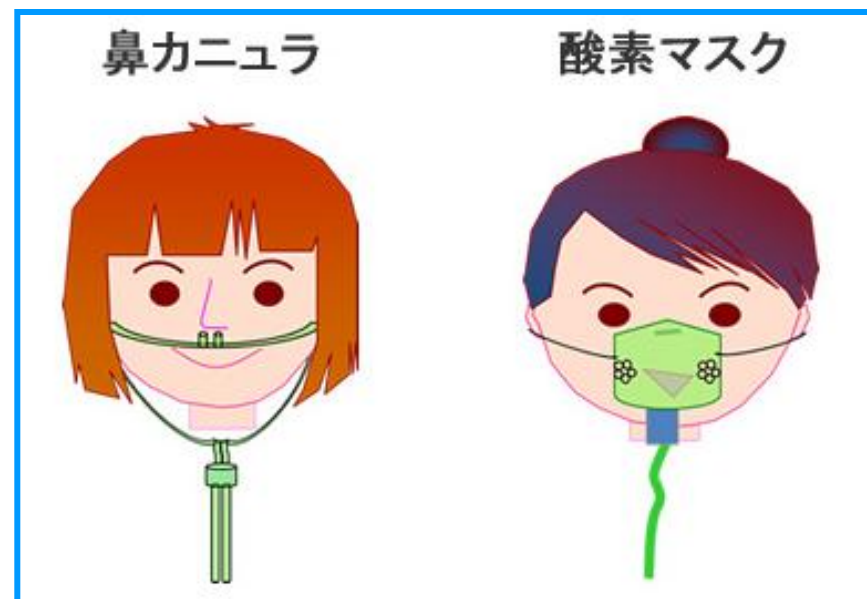
代表的な酸素投与法(1)

①鼻カニューラ

- 酸素投与をしながら、食事や会話が可能。
- 鼻粘膜が乾燥する。
- 口呼吸の患者には推奨できない。
- 高濃度の酸素投与は行えない。

②簡易酸素マスク(フェイスマスク)

- 口呼吸に影響されにくい。
- 鼻粘膜の乾燥は少ない。
- 口と鼻を覆うため圧迫感を伴う。
- マスク内に溜まった呼気ガスを再吸入しないように、酸素流量は5L/分以上にする。



代表的な酸素投与法(2)

③リザーバー付マスク

- 酸素チューブから流れる酸素とリザーバーバッグ内に貯まった酸素を吸入するため、高濃度酸素吸入が可能(吸入酸素濃度60%以上に適する)。
- CO₂蓄積予防およびリザーバーバッグ内に十分な酸素を貯めるため、酸素流量は6L/分以上に設定する



鼻カニューラ		簡易酸素マスク		リザーバー付酸素マスク	
酸素流量 (L./分)	吸入酸素濃度 の目安 (%)	酸素流量 (L./分)	吸入酸素濃度 の目安 (%)	酸素流量 (L./分)	吸入酸素濃度 の目安 (%)
1	24				
2	28				
3	32				
4	36				
5	40	5～6	40		
6	44	6～7	50	6	60
		7～8	60	7	70
				8	80
				9	90
				10	90～

簡易酸素マスク



酸素流量 (L/分)	吸入酸素濃度の推定値 (%)
5～6	40
6～7	50
7～8	60

「開放型酸素マスク」



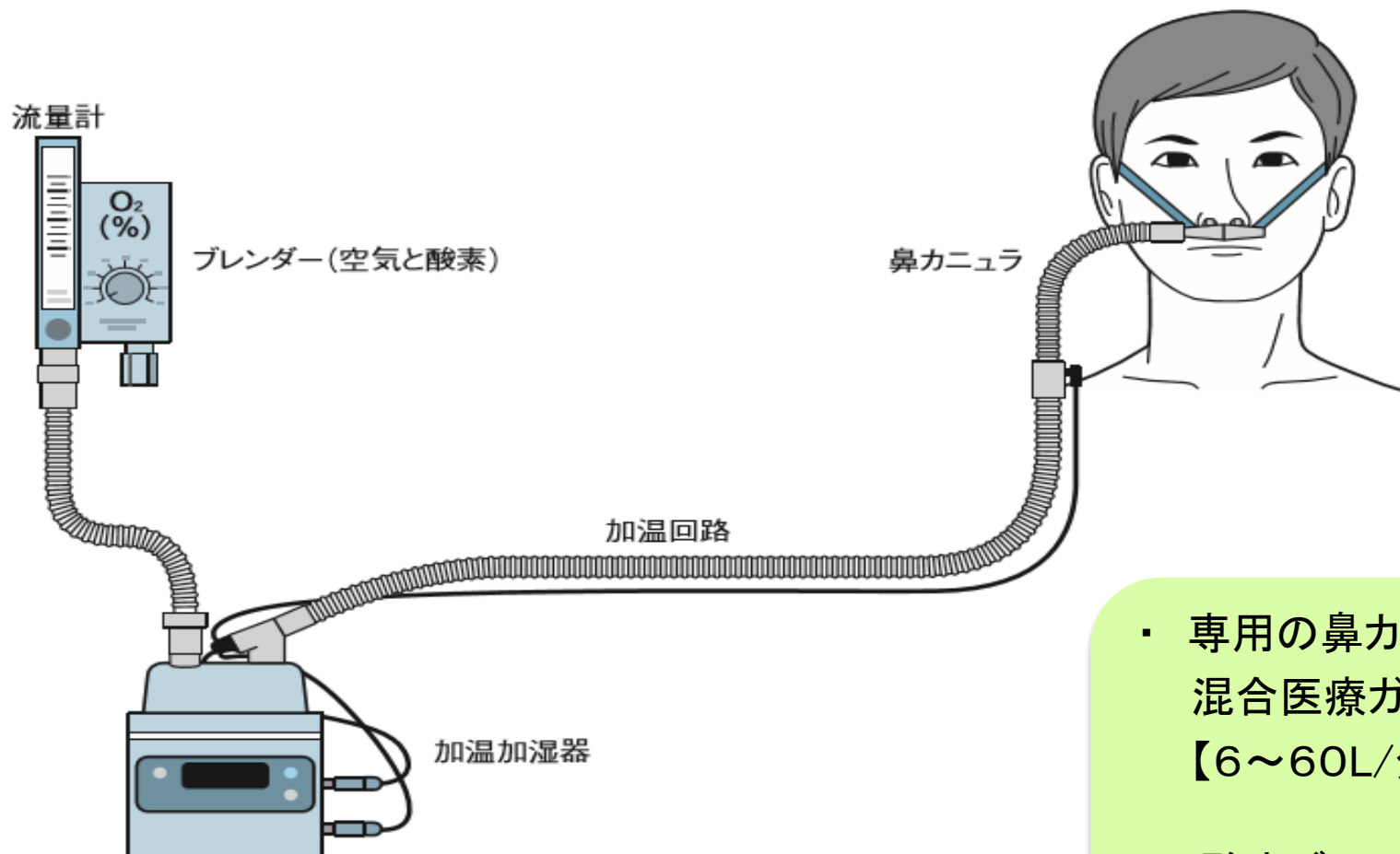
酸素流量 (L/分)	吸入酸素濃度の推定値 (%)
3	40
5	50
10	60

- ・圧迫感が少なく、会話や飲水がしやすい。
- ・痰の吸引が容易。

ネーザルハイフロー療法(HFNC)

High Flow Nasal Cannula

酸素療法マニュアル



- ・ 専用の鼻カニューラを介して、混合医療ガス(酸素と空気)を【6～60L/分】流す呼吸療法
- ・ 酸素ブレンダーにより、 FiO_2 を21～100%まで設定可能

急性呼吸不全への酸素療法

目的: 生命を脅かす低酸素血症を是正し、組織の酸素化を維持する。

● 酸素投与の適応

1. 室内気にて、 SpO_2 94% (PaO_2 75 Torr) 未満
ただし、II型呼吸不全で、慢性呼吸不全の急性増悪の場合は、 SpO_2 88% (PaO_2 55 Torr) 未満としてもよい。
2. 低酸素症が疑われる状態(症状等にて)
ただし、病態を評価し酸素投与が必要ないと判断されれば中止する。
(過剰な酸素投与は、血管収縮に伴う重要臓器の血流量を低下させ有害となる可能性)

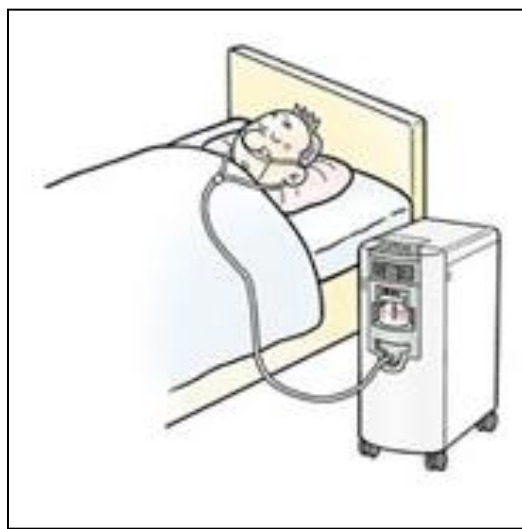
● 酸素療法の目標

- ・ SpO_2 94–98%
II型呼吸不全の危険性がある場合は、 SpO_2 88–92%
pHは7.35以上を維持する
- ・ 酸素化のみでなく、自覚症状，呼吸パターン，意識状態，循環動態など総合的に判断。

慢性呼吸不全への酸素療法

～在宅酸素療法～

- ・酸素投与の目標値は、 PaO_2 60Torr以上。
- ・①安静時 ②運動時 ③睡眠時の各条件で、酸素投与量を決定。



息切れ等の症状軽減、QOL向上(仕事の継続、外出機会の増加)、生命予後の改善効果が見込める。

在宅酸素療法の適応

対象疾患

1) 高度慢性呼吸不全例

大気呼吸下で安静時の PaO_2 55Torr以下の者、
および PaO_2 60Torr以下で睡眠時または運動負荷時に著しい低酸素血症を来たす者であって、医師が在宅酸素療法を必要であると認めた者。

2) 肺高血圧症

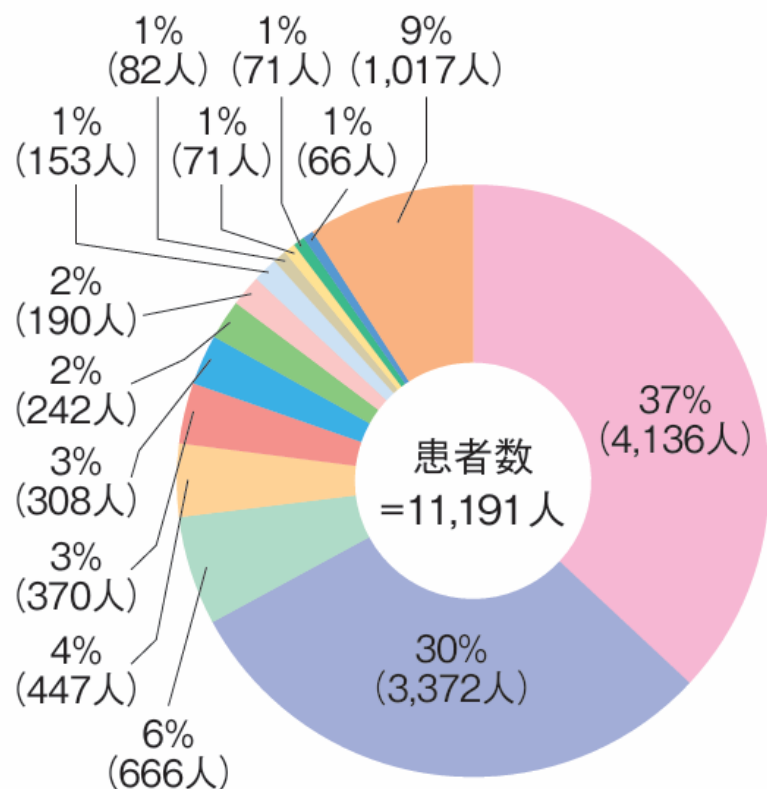
3) チアノーゼ型先天性心疾患

4) 慢性心不全

心機能分類Ⅲ度以上の慢性心不全で、睡眠時チェーン・ストークス呼吸がみられ、無呼吸低呼吸指数が20以上ある。

在宅酸素療法の疾患別患者数

(呼吸不全に関する在宅呼吸ケア白書2024、日本呼吸器学会等)



- COPD
(慢性閉塞性肺疾患)
- 肺線維症、間質性肺炎
- 肺がん
- 肺高血圧症
- 気管支拡張症
- 慢性心不全による
チェーンストークス呼吸
- 肺結核後遺症
- 神経筋疾患
- 先天性心疾患
- じん肺
- LAM (リンパ脈管筋腫症)
- 新型コロナウイルス
感染症の後遺症
- びまん性汎細気管支炎
- その他

慢性呼吸不全の急性増悪

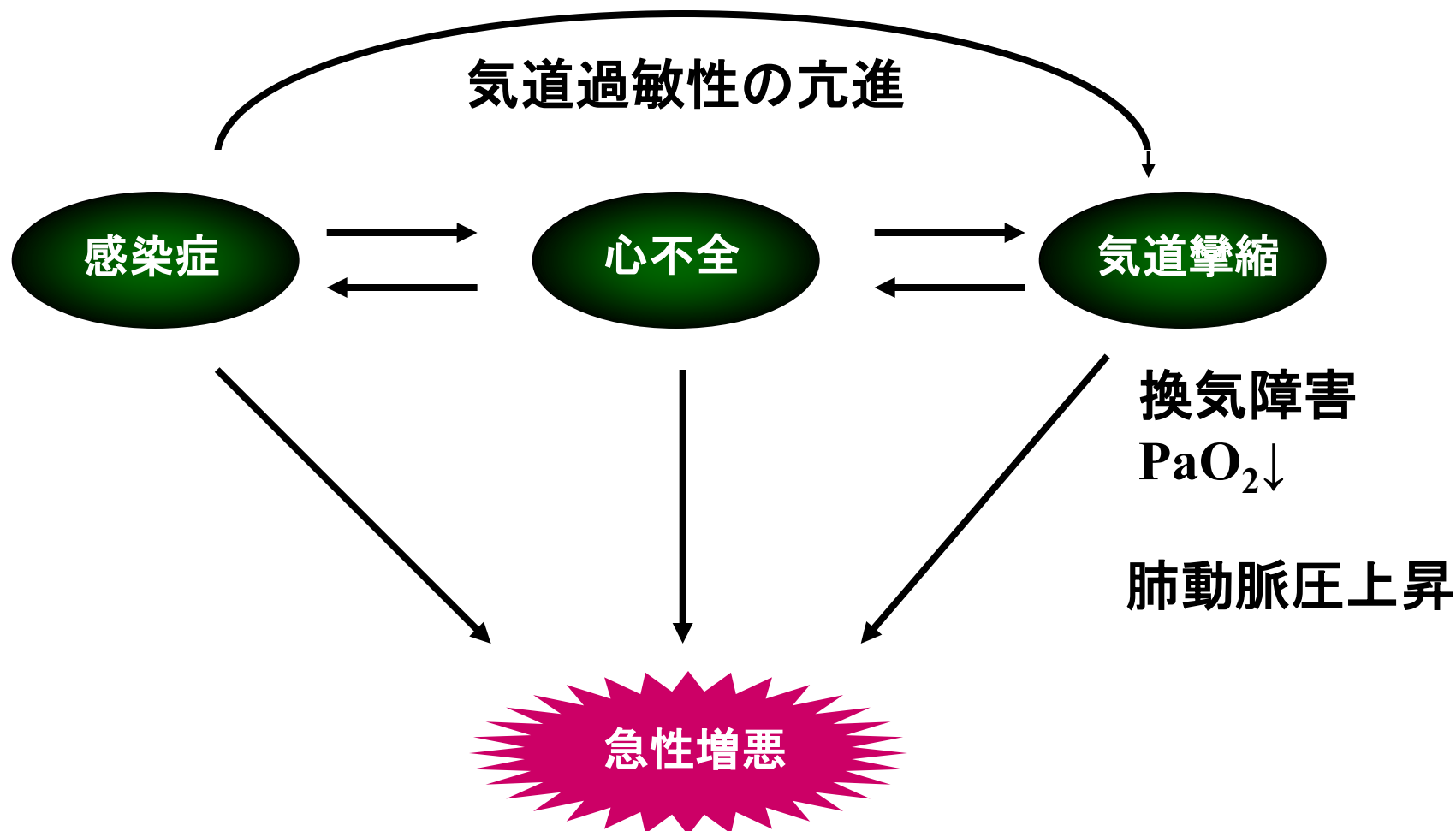
慢性呼吸不全に合併する病態

1. **肺高血圧・肺性心**：低酸素性肺血管攣縮および肺血管床減少などによる。
2. **呼吸筋疲労**：呼吸筋へのエネルギー供給の低下、呼吸筋の仕事量の増大による
3. **中枢神経障害**：CO₂ナルコーシス、うつ、不安など。
4. **消化管障害**：胃酸分泌低下、胃粘膜血流低下による。
5. **肝障害**：肺性心、右心不全による。
6. **栄養障害**：エネルギー摂取低下、呼吸筋の酸素摂取量の増大による。

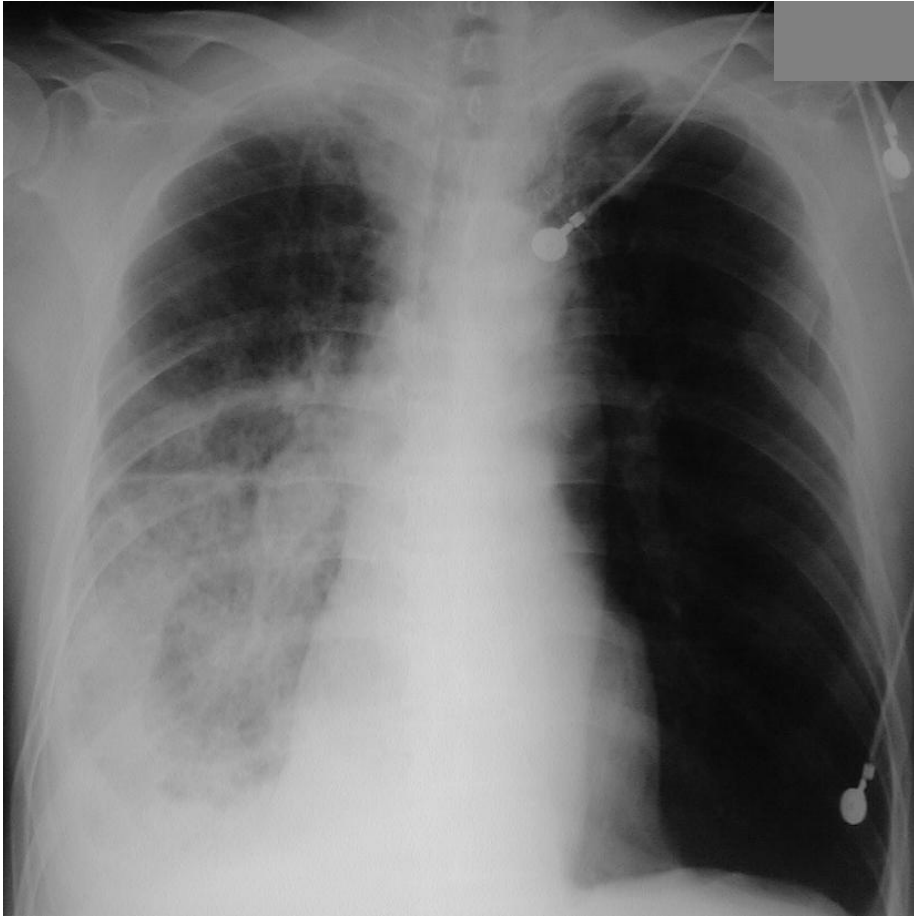
慢性呼吸不全の急性増悪

- ・ 急性増悪とは、何とか代償・補正し、安定した慢性呼吸不全の状態から急速に状態が悪化し、新たな治療を必要とする状態になることをいう。
- ・ 急性増悪は呼吸器疾患としての問題とともに、同時に肺循環系に重大な問題を抱える。

急性増悪の病態



COPDの肺炎併発

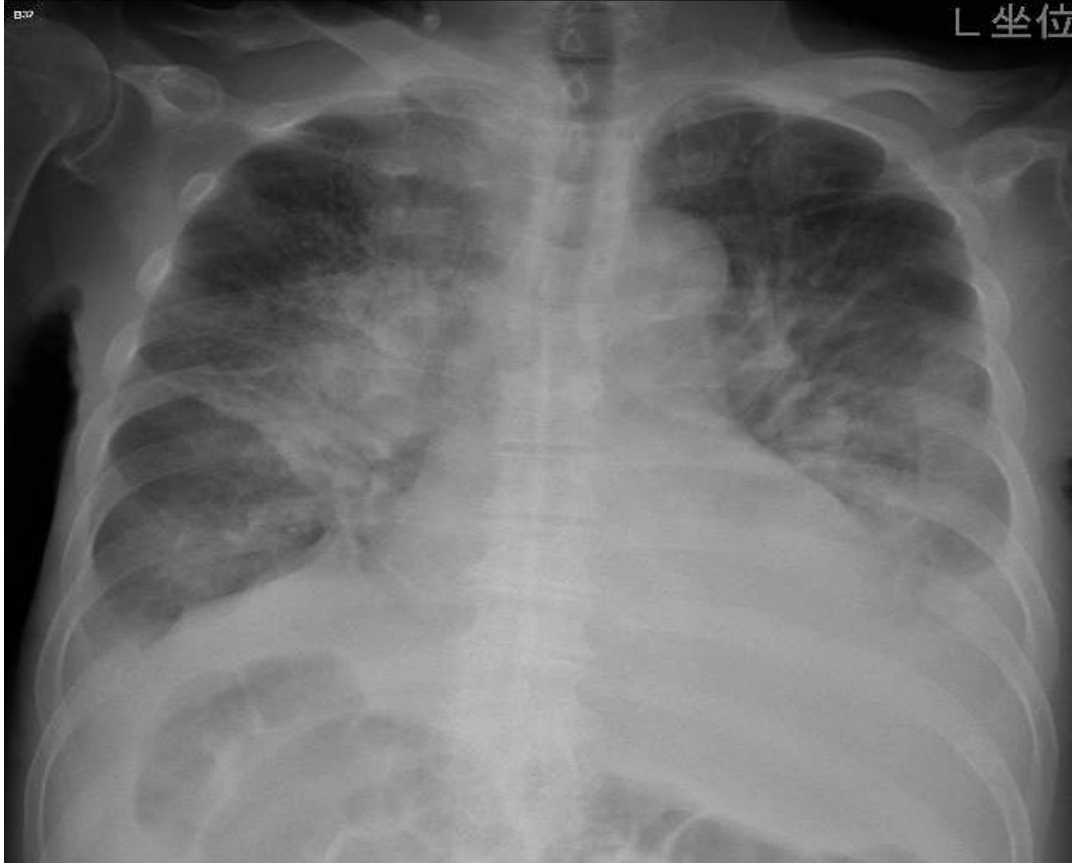


肺炎合併



通常時

COPDの心不全合併



心不全合併



Butterfly shadow



通常時

急性増悪の症状

増悪を誘引する因子の症状

呼吸不全の症状（・低酸素
・高二酸化炭素）

急性増悪因子「感染」の症状

- 気道感染症状

発熱， 咳嗽， 喀痰量の増加・膿性度の上昇

- 理学所見

う音の増悪

- 検査所見

白血球増加， CRP陽性， 赤沈亢進

急性増悪因子「心不全」の症状

- 理学所見

下腿浮腫，起座呼吸，頸静脈怒張，肝腫大

- 検査所見

尿量減少，心拡大，BNP上昇，中心静脈圧上昇

慢性呼吸不全の急性増悪の治療

- 薬物療法
- 理学療法
- 酸素療法・人工呼吸療法
- 輸液管理

慢性呼吸不全の急性増悪の 薬物療法

- 抗菌薬による感染症治療。
- 利尿薬等の心不全治療。
- 気管支拡張薬や副腎皮質ステロイドによる気道攣縮治療。

慢性呼吸不全の急性増悪の 酸素療法

- 悪循環を断ち切るため酸素療法は必須。

酸素化とともに、換気状態にも留意。

PaCO₂の絶対値より、pHがより重要。

(pH >7.35 : PaCO₂高値でも代謝性に代償されており、慢性の比較的安定した状態)

(pH <7.25 : 急激な悪化を示しており予後不良)

- CO₂ナルコーシスに注意(過量の酸素投与に注意)。

しかし低酸素血症の持続は致命的となるため、酸素化を優先。

換気を刺激するのは、

- ・健常人では、高CO₂ > 低O₂
- ・II型呼吸不全患者では、低O₂ > 高CO₂

CO₂ナルコーシス

- 高CO₂血症（通常80Torr以上）により重度の呼吸性アシドーシスとなり中枢神経系異常を呈すること。原因は肺胞低換気。
臨床的には、COPD急性増悪での発症が多い。
- 主症状は、意識障害・呼吸性アシドーシス・自発呼吸の減弱。
- 酸素吸入は低濃度から開始し、SpO₂:88-92%を目標に徐々に増量し、NPPVならびに挿管下人工呼吸器療法までを視野に入れた管理を行う。

慢性呼吸不全の急性増悪 における人工呼吸療法

侵襲的陽圧呼吸法 (IPPV)

非侵襲的陽圧呼吸法 (NPPV)

侵襲的陽圧呼吸法

(IPPV : invasive positive pressure ventilation)

【利点】

- ・気道分泌物の除去、気道確保
- ・呼吸仕事量の軽減
- ・換気の改善
- ・酸素化の改善

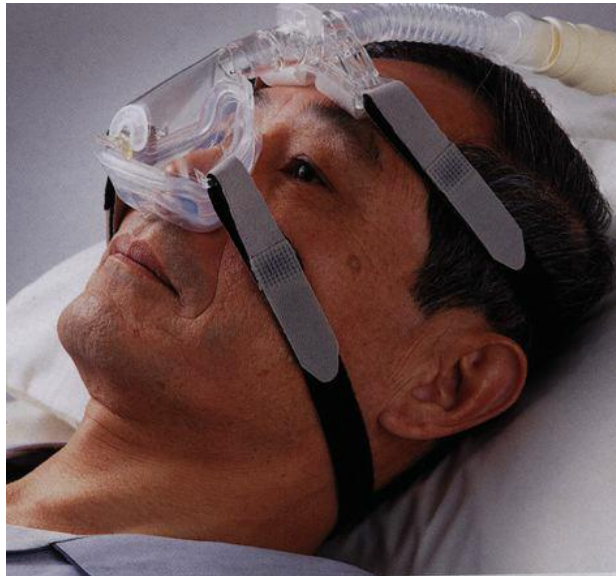
【欠点】

- ・苦痛を伴う
- ・感染(人工呼吸器関連肺炎: VAP)
- ・気道や口腔粘膜損傷
- ・意思疎通や活動の制限

非侵襲的陽圧呼吸法

(NPPV : noninvasive positive pressure ventilation)

- 鼻マスクあるいは顔マスクを使用し、挿管や気管切開等の侵襲的手段を用いずに陽圧人工呼吸を行う方法。
- 慢性期の管理に、また急性期の呼吸不全に用いられる。



NPPV について

適応病態

- ・高度呼吸不全
（急性、慢性期の急性増悪）
- ・Ⅱ型呼吸不全
- ・心原性肺水腫
- ・神経筋疾患

利点

- ・気管内挿管に伴う苦痛を回避
- ・会話が可能
- ・食事が可能
- ・感染の機会を減らせる

施行条件

- ・患者の協力（意識状態がよい）
- ・痰の喀出ができる
- ・循環状態が安定している
- ・マスクがきちんと付けられる
- ・消化管閉塞がない

欠点

- ・圧迫感
- ・誤嚥
- ・マスクの顔面圧迫による発赤、潰瘍
- ・気胸

気管内挿管のタイミング

- 意識レベルの低下
- 喀痰排出が困難なとき
- 呼吸回数が正常域を大きくはずれたとき
- 非侵襲的人工呼吸が無効なとき
- 不穏状態
- 循環状態の不安定なとき

急性増悪時の呼吸管理

pH<7.35かつPaCO₂>45Torr
の呼吸性アシドーシス

酸素療法
HFNC

非侵襲的陽圧呼吸
(NPPV)

離脱時

病態の
悪化など

侵襲的陽圧呼吸
(IPPV)

喀痰喀出困難
循環系が不安定

まとめ：呼吸不全

- 呼吸不全の定義：
室内気で PaO_2 60torr(SpO_2 90%)以下
- 基礎疾患がない時の酸素投与開始の目安は SpO_2 94%未満
- 酸素療法は流量にあわせた適切なデバイス(経鼻カニューレ/マスク/リザーバーマスク等)選択が重要である
- 不適切な酸素投与は CO_2 ナルコーシスを起こしうる
- CO_2 ナルコーシスに対しては適切な人工呼吸器管理が必要