

第5回 呼吸器

日紫喜 光良

講義項目

- ①換気機能
- ②酸素化機能
- ③酸素運搬機能
- ④血液ガス分析
- ⑤気道の構造
- ⑥肺と胸郭の構造
- ⑦肺疾患

換氣機能

呼吸数

- 健康な成人：15～17回／分
- 新生児：40～50回／分

- 睡眠時に少なく、運動時に増加
- 外気温、精神的興奮、温浴、体温上昇、その他で変動

肺気量(1)

- 1回換気量: 安静時に1回の呼吸で出入する空気の量。およそ500ml。
- 毎分換気量 = 1回換気量 × 呼吸数
 - 成人で6,000~8,000mL
 - 激しい運動時には10倍以上にも増加
- 肺胞換気量 = 1回換気量 - 死腔量
 - 死腔量: およそ150mL

肺気量(2)

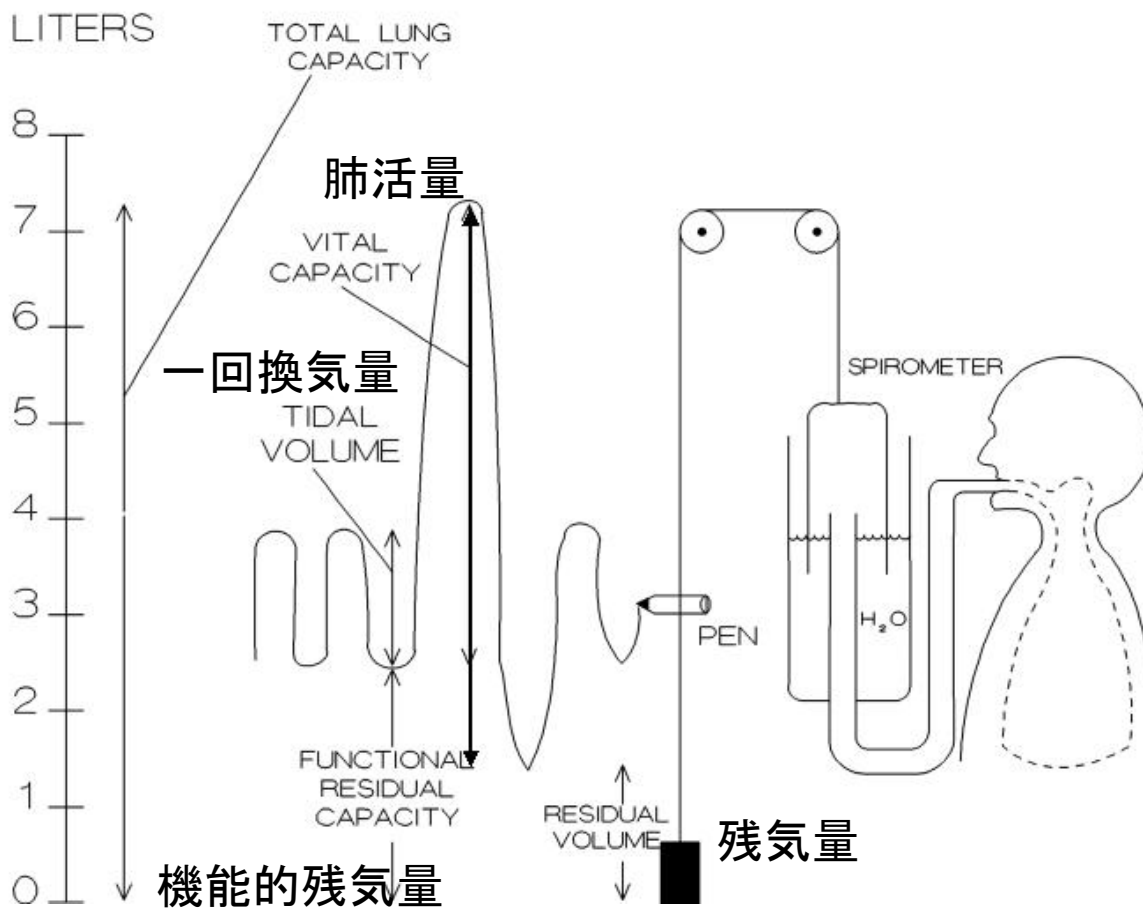
- 肺活量 = 予備吸気量 + 1回換気量 + 予備呼気量
 - 成人男性: 3,000~4,000mL
 - 成人女性: 2,000~3,000mL

肺気量の測定

スパイログラム

「解剖生理学」150頁図5-18も参照

肺容量 (l)



<http://csm.jmu.edu/biology/danie2jc/spirogram.jpg/spirogram.jpg>

スパイロメトリー

- 努力肺活量(FVC)
 - 最大限に息を吸えるだけ吸い、それを思い切り強く吐き出した空気の最大量
- 「1秒量」(FEV1.0)
 - 最初の1秒間に吐き出せる空気の量
- 「1秒率」(FEV1.0%)
 - 「1秒量」を「努力肺活量」で割った値
- 喘息等の重症度の評価に重要

呼吸運動

- 胸腔の拡大・縮小
 - 横隔膜と胸郭
 - 吸気：胸腔の拡大
 - 横隔膜：収縮（沈下）
 - 胸郭：上がる（外肋間筋が収縮）
 - 呼気：胸腔の縮小
 - 横隔膜：弛緩（挙上）
 - 胸郭：下がる（内肋間筋が収縮）

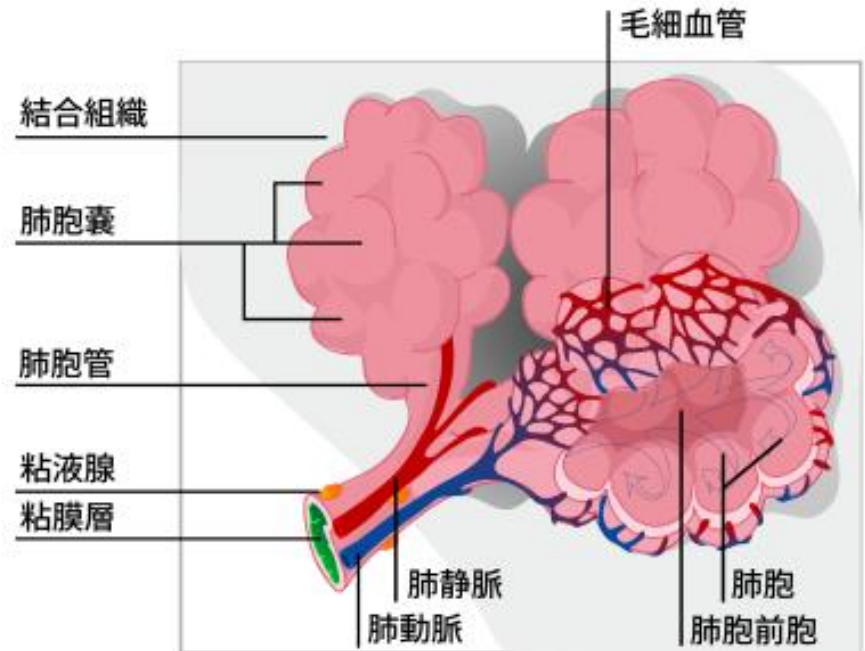
換気機能の指標

- 動脈血の二酸化炭素分圧
 - 高い→換気機能の低下

酸素化機能

肺胞

- 内表面は分泌された界面活性物質(サーファクタント)で覆われる。
 - リン脂質+肺サーファクタントタンパク質
 - 表面張力を下げ、潰れるのを防ぐ
 - 胎児では37週以降十分分泌される。



ガス交換

- ガスの濃度(分圧)の高い方から低い方へガスが移動
- 分圧
 - 吸気中の酸素分圧: ~150mmHg (水蒸気圧を除き0.21をかける)
 - 肺胞気中の酸素分圧: ~100mmHg (二酸化炭素分圧が増加する)
 - 動脈血: O₂ 95mmHg, CO₂ 40mmHg
 - 静脈血: O₂ 40mmHg, CO₂ 46mmHg
- 酸素の交換
 - 肺胞: 肺胞内の空気 → (毛細血管の壁) → 血液
 - 組織: 血液 → (毛細血管の壁) → 組織

酸素化の指標

- 動脈血の酸素分圧
 - 低い→酸素化機能が低下
 - ただし、吸気の酸素分圧に依存
- 動脈血と肺胞の酸素分圧の差
 - 酸素吸入時の酸素化機能の指標として重要
 - 大きい→酸素化機能が低下

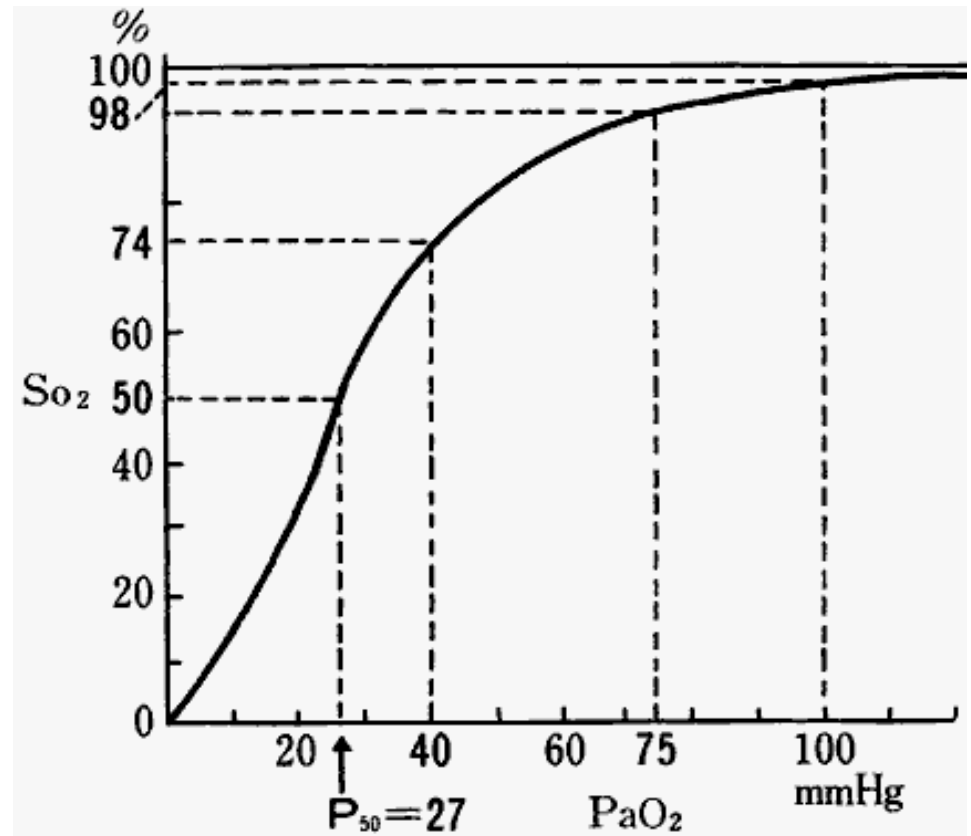
酸素運搬機能

ガスの運搬

- 酸素：ヘモグロビン
- 二酸化炭素：炭酸水素イオン(HCO_3^-)

肺におけるガス交換：酸素

- 肺胞
- ヘモグロビン → 酸素
ヘモグロビン
- 酸素解離曲線：酸素分圧とヘモグロビンの酸素飽和度との関係をあらわす
 - (ヘモグロビンが最大限に結合可能な場合に比べて何%酸素を結合しているか)



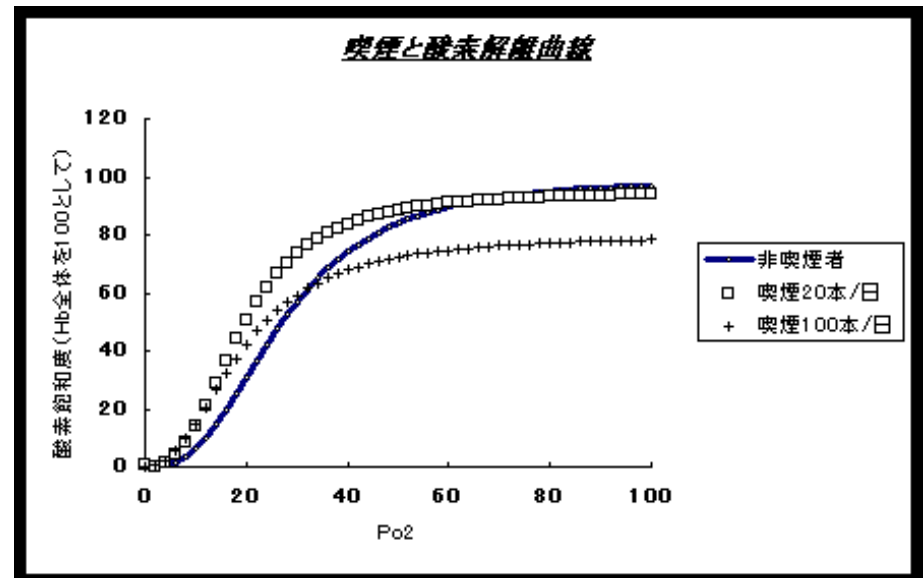
酸素解離曲線

橋本悟他 呼吸管理 (小児ICUマニュアル第3版) 永井書店 HTML版
<http://www2.kpu-m.ac.jp/~picu/> より

「解剖生理学」151頁も参照

喫煙の影響

- 一酸化炭素がヘモグロビンに結合→酸素飽和度の低下
- 一酸化炭素ヘモグロビンによる酸素解離曲線の左方移動→酸素を離しにくくなる。



<http://www.acute-care.jp/document/bloodgas-museum/smok310a.html>

高山病

- 高山では気圧低い
 - 5500mで海面のおよそ半分(1hPa/10m)
 - 1気圧 = 1013hPa = 760mmHg
- 肺胞気の酸素分圧も低い。
- 血液中の酸素が不足
 - 目まい、頭痛、嘔吐

血液ガス分析

血液ガス分析

- 動脈血の
 - 酸素分圧(PaO_2)
 - 二酸化炭素分圧
 - pH を測定
- 酸素飽和度(SaO_2)、 HCO_3^- 濃度等を計算
 - 酸素解離曲線より、 SaO_2 90%は PaO_2 60mmHg、 SaO_2 75%は40mmHgに相当する
- 肺胞気酸素分圧(PAO_2)を推定
 - AaDO_2 (肺胞気・動脈血酸素分圧較差)の計算に用いる
- 呼吸機能障害の評価
 - 呼吸器疾患がどの程度進行しているか

AaDO₂（肺胞気・動脈血酸素分圧較差）

- 大きい→肺の血流がある部分と換気がある部分との食い違い
 - 無気肺
 - 肺梗塞 など

呼吸不全

- 室内空気吸入時の PaO_2 が60mmHg以下の状態
 - 60mmHg~70mmHgのときは、準呼吸不全
- 慢性呼吸不全:呼吸不全状態が少なくとも1ヶ月以上持続する場合
- I型呼吸不全: $\text{PaCO}_2 \leq 45\text{mmHg}$
 - 換気不全を伴わない
- II型呼吸不全: $\text{PaCO}_2 > 45\text{mmHg}$
 - 換気不全を伴う

呼吸器系：構造

- 気道
 - 鼻
 - 鼻中隔
 - 上・中・下甲介
 - 副鼻腔が開口（「解剖生理学」142頁図5-5, 6）
 - 鼻涙管が開口
 - 咽頭
 - 鼻部、口部、喉頭部
 - 耳管が開口
 - 喉頭（「解剖生理学」144頁図5-8, 9）
 - 食道の前（「解剖生理学」161頁図6-7）
 - 軟骨で覆われる
 - 喉頭蓋
 - 嚥下（えんげ）時に喉頭口をふさぎ、食物が気管にはいらないようにする。
 - 急性喉頭蓋炎をおこすと呼吸困難→死亡することもある
 - 声門
 - 気管・気管支
- 肺
- 胸腔

気道の構造

鼻腔の構造

- 入り口：外鼻孔
- 鼻中隔によって左右に分かれる
- 鼻前庭と固有鼻腔
- 上鼻道、中鼻道、下鼻道
 - 上鼻甲介、中鼻甲介、下鼻甲介
- 出口：後鼻孔

キーゼルバッハ部位

- 鼻中隔の前下部の粘膜下は血管に富み、鼻出血をおこしやすい。
 - キーゼルバッハ部位

副鼻腔

- 鼻腔と交通している、鼻腔周囲の骨中の空洞
- 中鼻道と：前頭洞、上顎洞、篩骨洞
- 上鼻道と：篩骨洞
- 鼻腔上後部と：蝶形骨洞
- （下鼻道には鼻涙管が開口）

咽頭

- 口腔・鼻腔→食道の間
- 鼻部、口部、喉頭部
- 喉頭の後ろを通り、食道に続く
- 喉頭と食道の位置関係は？

喉頭

- 喉頭口→気管
- 空気の通路
- 発声器

- 声門: 声帯ヒダ(声帯)、声門裂
- 軟骨でできている: 喉頭蓋など
- 喉頭隆起: のどぼとけ

急性喉頭蓋炎による死亡

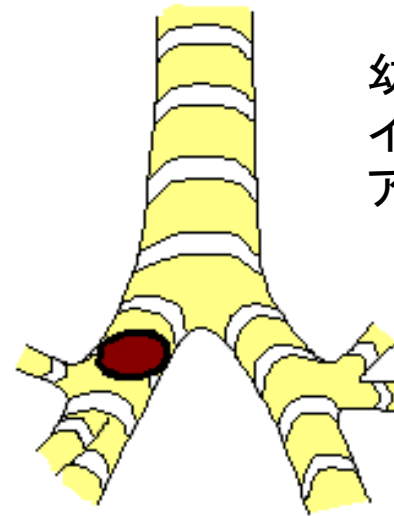
- 60歳、男性。元来健康であった。
- 17時、勤務中に左咽頭痛を自覚した。疼痛は徐々に増加した。18時に帰宅。うがいにより左咽頭痛は軽減せず、さらに右咽頭痛と左頸部の腫脹も自覚したため19時30分に夜間当番医院を受診した。
- 診察中に呼吸困難が出現した。20時40分呼吸停止、バッグマスクで補助換気を行ったものの心停止となったため救急隊に出場を依頼した。
- 救急隊知覚20時52分、出動20時53分、医院到着20時58分。救急隊到着時、JCS 300, 呼吸停止、脈拍橈骨動脈で触知不能、心電図で心静止を確認した。
- (以下略)

氣管・氣管支

- 氣管：喉頭→氣管分岐部
 - 第6頸椎→第4～5胸椎

気管・気管支の構造

- 右気管支: 左よりも太く、短く、急傾斜
 - 右: 25度、左: 45度
- 異物は右気管支に落ちやすい
 - ピーナッツ、おもちゃの小さい部品など
 - とくに3歳以下



幼児のせき、喘鳴(ゼイゼイした呼吸)やチアノーゼ(青くなる)



気道異物も疑う

独協医大越谷病院小児外科HPより

肺内での気管支の分岐

- 気管支－葉気管支－区気管支－気管支枝
－小葉間細気管支－終末細気管支－呼吸
細気管支－肺胞管－肺胞囊－肺胞

肺と胸郭の構造

肺の部位

- 肺尖部: 肺の上部。鎖骨の上2~3cmのところに達する
- 肺底部: 肺の下部。横隔膜の上に乗る。

肺の構造

- 右肺: 3つに分かれる(上葉、中葉、下葉)
- 左肺: 2つに分かれる(上葉、下葉)

「解剖生理学」145頁図5-10、146頁図5-12

- 肺門部: 内側面中央。
 - 肺動脈、肺静脈、気管支、気管支動脈・静脈、リンパ管、神経などが通る。
- 肺は胸膜で包まれる。胸膜は肺門部で折れ返る
 - 肺側胸膜
 - 壁側胸膜

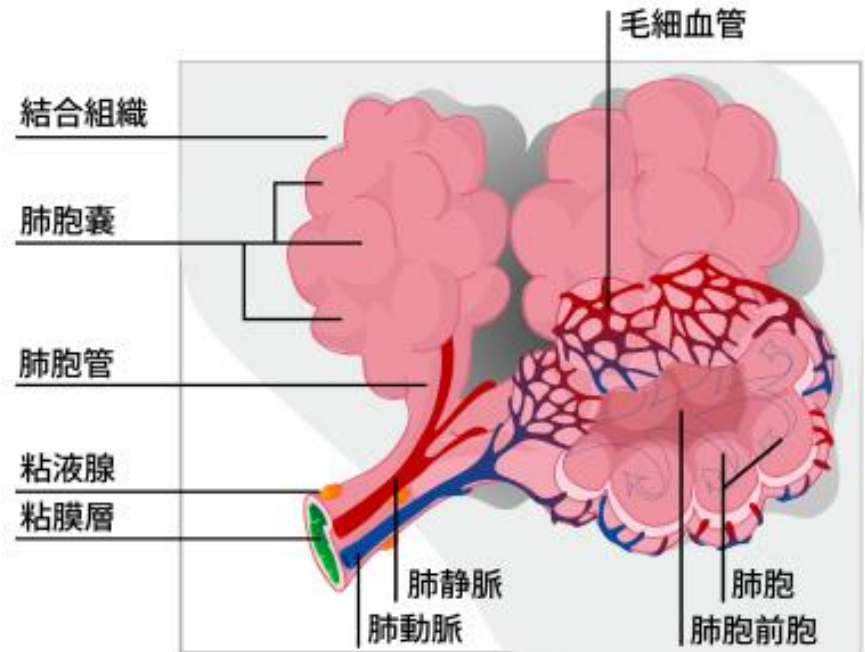
「解剖生理学」146頁図5-12、148頁図5-15

肺葉

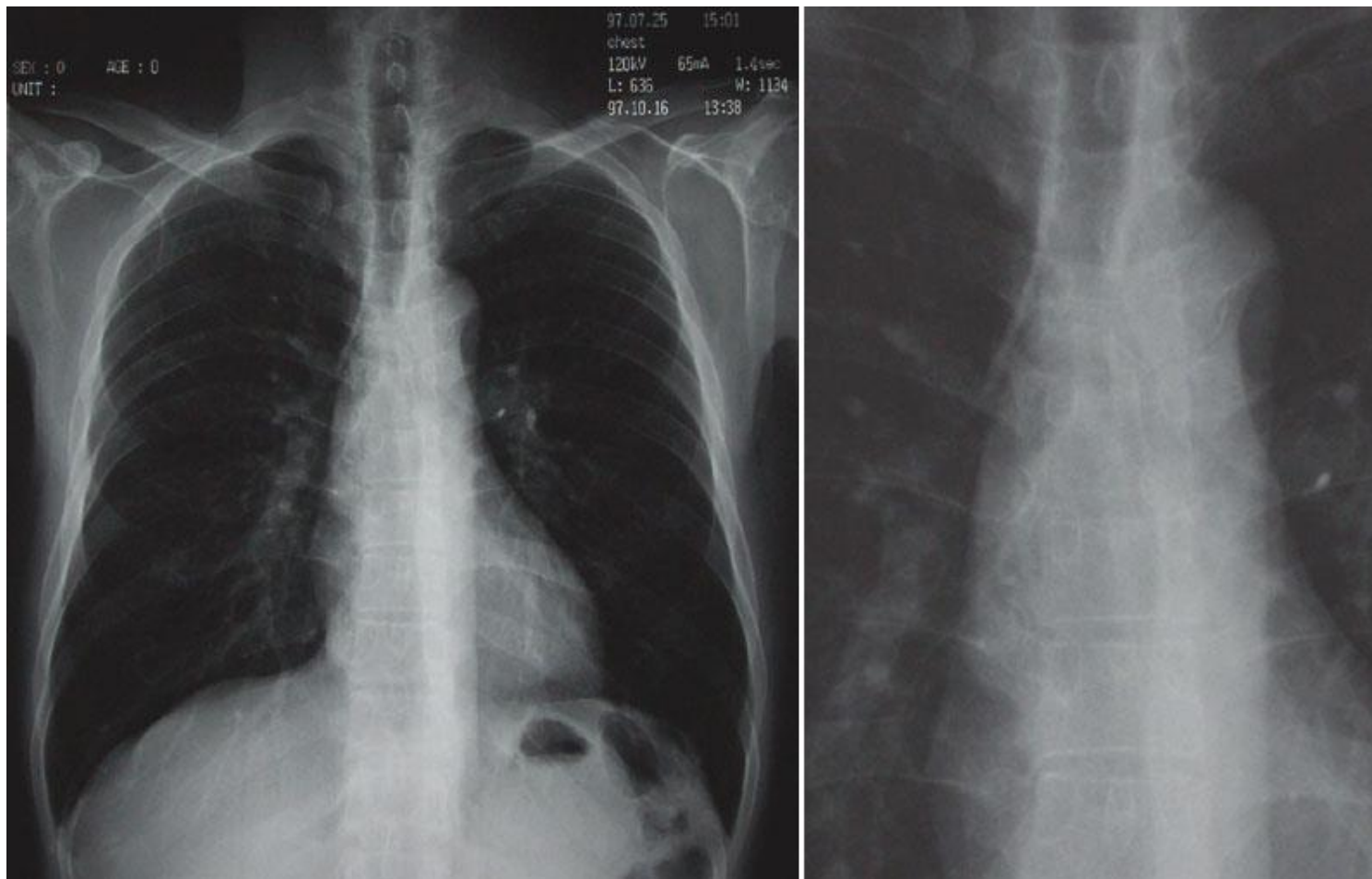
- 多角形小葉の集まり
- 葉気管支が枝に分かれる
 - 最も末端部は肺胞

肺胞

- 内表面は分泌された界面活性物質(サーファクタント)で覆われる。
 - リン脂質+肺サーファクタントタンパク質
 - 表面張力を下げ、潰れるのを防ぐ
 - 胎児では37週以降十分分泌される。



胸部X線写真



右

正面像

左

気管分岐部の拡大

喜利 元貞 体の中を見る、X線を半導体で数えて より。

<http://homepage2.nifty.com/kirislab/>

胸部X線写真で見えるものの例

- 心臓
- 大動脈
- 肺動脈
- 気管・気管支
- 横隔膜
- 胃の中の気泡



縦隔内。
重なって見える。

縦隔

- 左右の肺にはさまれた胸腔の正中部
 - 上部：心臓より上
 - 下部
 - 前部：胸腺の下部
 - 中部：心臓、上行大動脈、肺動・静脈、上大静脈
 - 後部：気管支、食道、胸大動脈、奇静脈、半奇静脈、迷走神経、胸管

呼吸運動

- 胸腔の拡大・縮小
 - 横隔膜と胸郭
 - 吸気：胸腔の拡大
 - 横隔膜：収縮（沈下）
 - 胸郭：上がる（外肋間筋が収縮）
 - 呼気：胸腔の縮小
 - 横隔膜：弛緩（挙上）
 - 胸郭：下がる（内肋間筋が収縮）

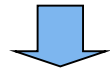
呼吸器に関連した疾患の例

気管支内の異物

- 右気管支: 左よりも太く、短く、急傾斜
 - 右: 25度、左: 45度
- 異物は右気管支に落ちやすい
 - ピーナッツ、おもちゃの小さい部品など
 - とくに3歳以下



幼児のせき、喘鳴(ゼイゼイした呼吸)やチアノーゼ(青くなる)



気道異物も疑う

独協医大越谷病院小児外科HPより

急性喉頭蓋炎による死亡例

- 60歳、男性。元来健康であった。
- 17時、勤務中に左咽頭痛を自覚した。疼痛は徐々に増加した。18時に帰宅。うがいにより左咽頭痛は軽減せず、さらに右咽頭痛と左頸部の腫脹も自覚したため19時30分に夜間当番医院を受診した。
- 診察中に呼吸困難が出現した。20時40分呼吸停止、バッグマスクで補助換気を行ったものの心停止となったため救急隊に出場を依頼した。
- 救急隊知覚20時52分、出動20時53分、医院到着20時58分。救急隊到着時、JCS 300, 呼吸停止、脈拍橈骨動脈で触知不能、心電図で心静止を確認した。
- (以下略)

玉川進 急性喉頭蓋炎による窒息の1事例

http://ops.umin.ac.jp/ops/paper/051215aeml_data/pre98_11_3.html

慢性閉塞性肺疾患(COPD)

- 長期間にわたる喫煙習慣が主な原因
- 気道・気管支の障害
- 主な症状
 - 息切れ
 - しつこく続く咳や痰
 - ぜいぜいいう(喘鳴)
- スパイロメトリーでは
 - 一秒率の低下がみられる(<70%)