

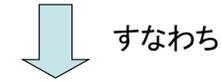
呼吸器の解剖

教科書:98-130頁

熊本大学大学院生命科学研究部(医学系)
分子生理学分野
教授 富澤 一仁

なぜ生物は呼吸が必要なの?

呼吸とは、 O_2 を取り込み、 CO_2 を排出すること。



細胞は、生きていくためには酸素が必須である。
また生きてると不必要な二酸化酸素を生じている。



どこで生じているか?

内呼吸

エネルギー代謝に O_2 が必須である。

細胞のエネルギーは?



ミトコンドリアでのエネルギー代謝(TCA回路)で酸素が必要で、また CO_2 が生じる。



内呼吸と外呼吸

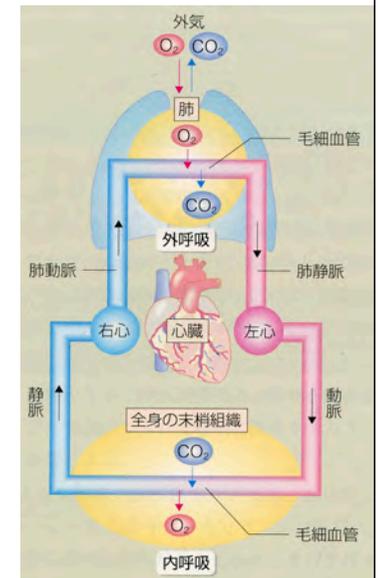
内呼吸...血管と細胞間でのガス交換。



外呼吸 (external respiration)
...血液と外気間でのガス交換。



肺で行う

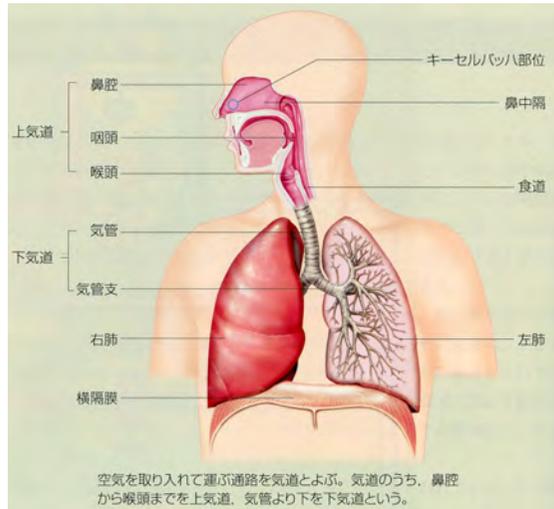


呼吸器系の基本構成

呼吸器は、外呼吸を担う

呼吸器系

- 上気道
 - ・鼻腔
 - ・咽頭
 - ・喉頭
- 下気道
 - ・気管
 - ・気管支
 - ・肺(肺胞)



空気を取り入れて運ぶ通路を気道とよぶ。気道のうち、鼻腔から喉頭までを上気道、気管より下を下気道という。

上気道

鼻

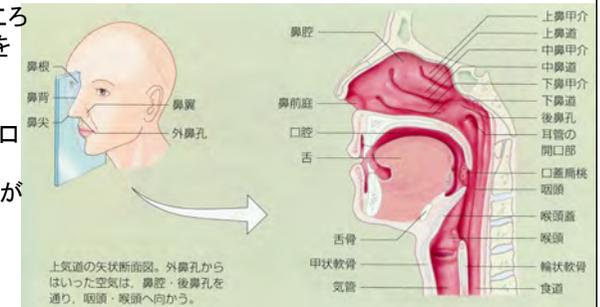
・気道の入り口

鼻腔

・上鼻甲介、中鼻甲介、下鼻甲介により、空気の通り道は、上鼻道、中鼻道、下鼻道に区分される。

・上鼻道の頭蓋底のところに嗅神経が有り、嗅覚を司る。

鼻涙管は、下鼻道に開口している
→涙ができると、鼻水が出る。



上気道の矢状断面図。外鼻孔からはいった空気は、鼻腔・後鼻孔を通り、喉頭・喉頭へ向かう。

副鼻腔

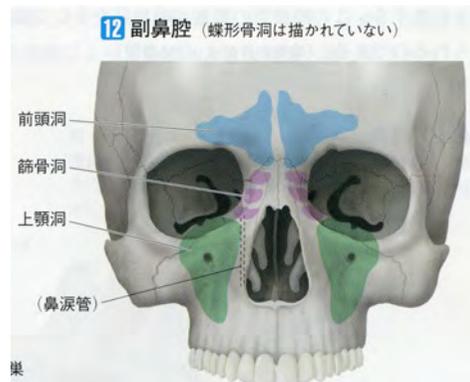
鼻腔を取り囲む骨(上顎骨、前頭骨、篩骨、蝶形骨)の内部には、空洞があり、それぞれが鼻腔と連絡している。



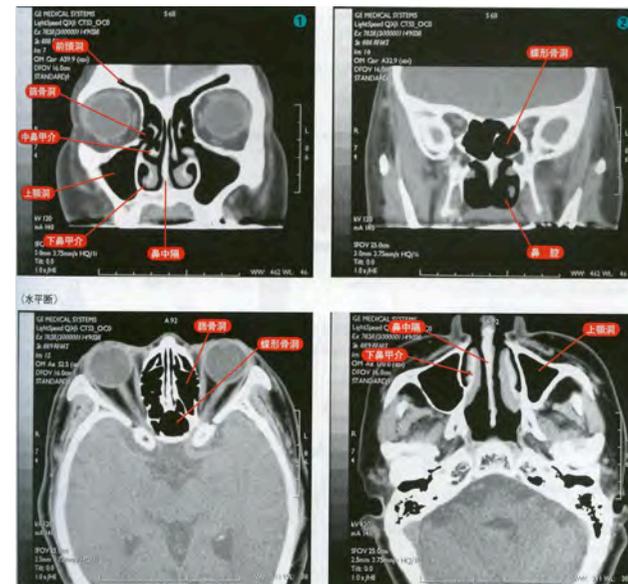
副鼻腔

それぞれの骨の名前から、

- ① 上顎洞
- ② 前頭洞
- ③ 篩骨洞
- ④ 蝶形骨洞 と呼ぶ。



CTで見た副鼻腔



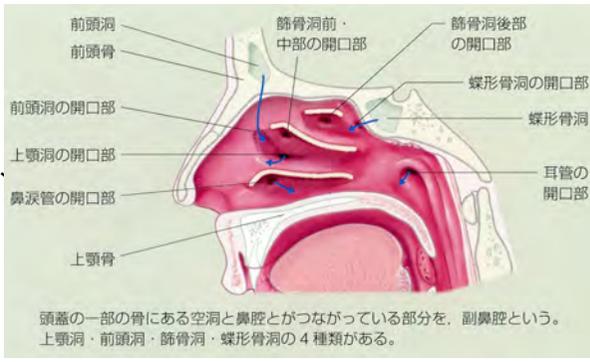
副鼻腔炎

副鼻腔は鼻腔とつながっているため、鼻腔の感染(鼻炎)は、しばしば副鼻腔に波及する。

とくに上顎洞は、鼻腔への開口部が洞の底より高い位置にあるため、炎症の際に、膿が排出されにくい。

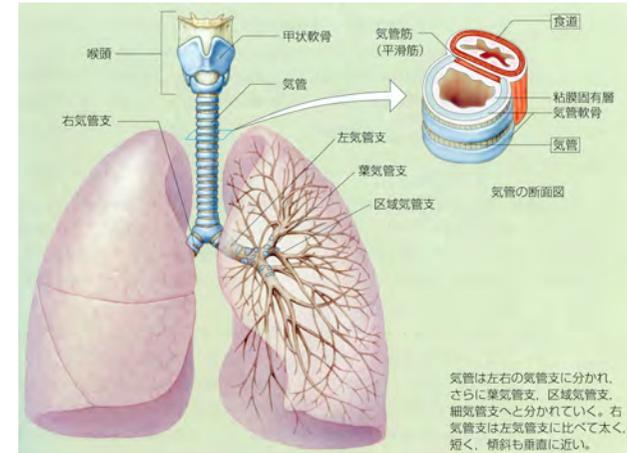
→ 蓄膿

上顎洞粘膜には、上顎の歯と同じ上歯槽神経が分布しているため、上顎洞炎になると、上の奥歯に痛みを感じ、齲歯など歯の疾患と誤ることがある。



下気道

- ① 気管
- ② 気管支
- ③ 肺 からなる。



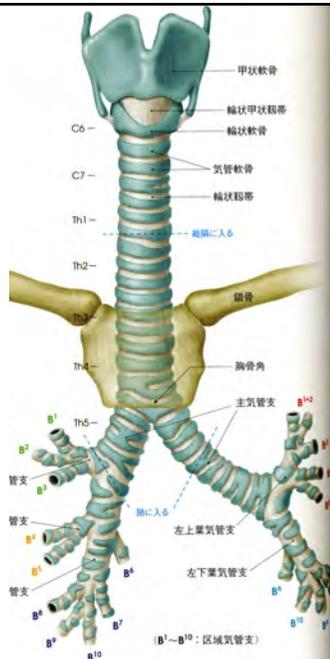
気管と気管支

気道は、喉頭から気管へ移行。
(第6~7頸椎の高さ)



気管→主気管支(bronchi)に分かれる。
(第4~5胸椎の高さ)

気管支は2分岐を繰り返す。
23回分岐する。
すなわち、一つの気管支が一度に4つとかに分岐しない。



気管分岐部の構造

左右差がある。



右主気管支のほうが、太く、短く、そして垂直に近い走行。



临床上重要!

異物は、右主気管支に落ちやすい。
(幼児がボタン電池を誤飲した時など)
老人などの誤嚥性肺炎は、右肺に多発!

気管支の分岐

導管部...

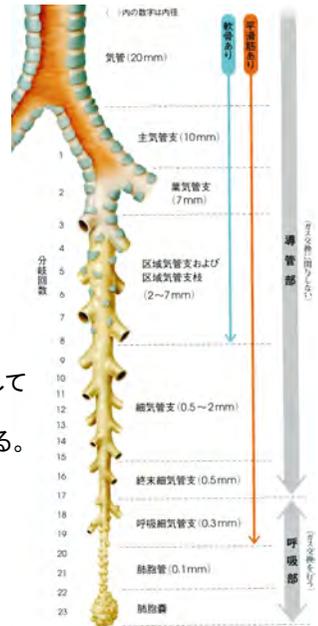
ガス交換に関与しない → 空気の通り道
 口腔・鼻腔からここまで(終末細気管支)を、**気道**という。

呼吸部...

ガス交換を行う。
 呼吸細気管支以下の部分。
 (*呼吸細気管支は、あまりガス交換に関与していない)
 そこで、呼吸細気管支は、中間領域と呼ばれる。

ガス交換器...

肺胞管と肺胞囊。
 ガス交換をするところ。



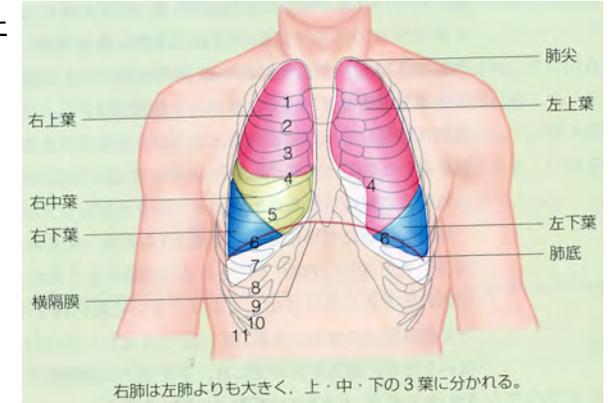
肺

肺は、胸腔内に位置する。

外呼吸の中心。

左には心臓がある → **左肺は右肺より小さい**(約8:10)。

肺は、肺葉、肺区域に
 区分される。



肺葉と肺区域

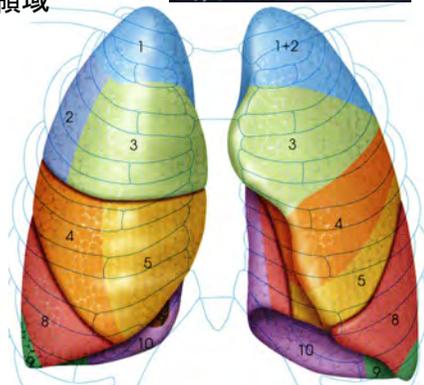
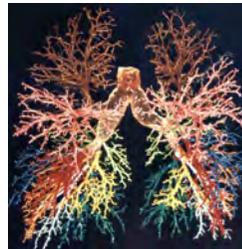
気管支の枝は、それぞれ一定の領域に分布。

肺葉

一つの肺葉気管支に支配される領域
 右肺に**3個**(上葉、中葉、下葉)
 左肺に**2個**(上葉、下葉)

肺区域

一つの区域気管支に支配される
 領域
 右肺に**10個**
 左肺に**8個**(S¹とS²が一緒に
 S⁷が無い。)



気管支の解剖

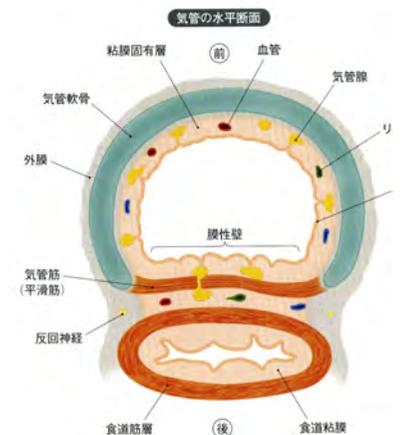
気管～主気管支は、U字型の気管軟骨で保護されている。

全周の4/5～2/3を覆う。



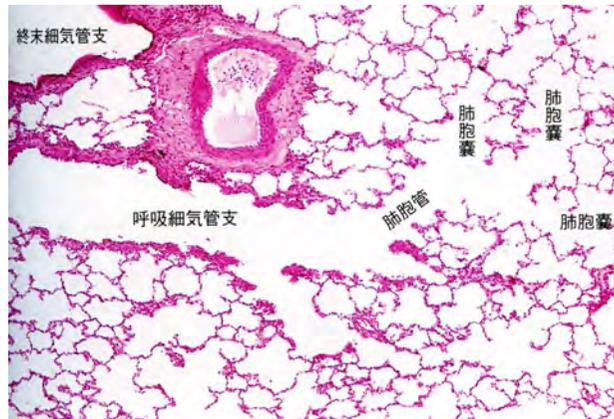
吸気時の陰圧で気管がつぶれるのを保護する。

軟骨輪の両端を連結するように平滑筋が横走

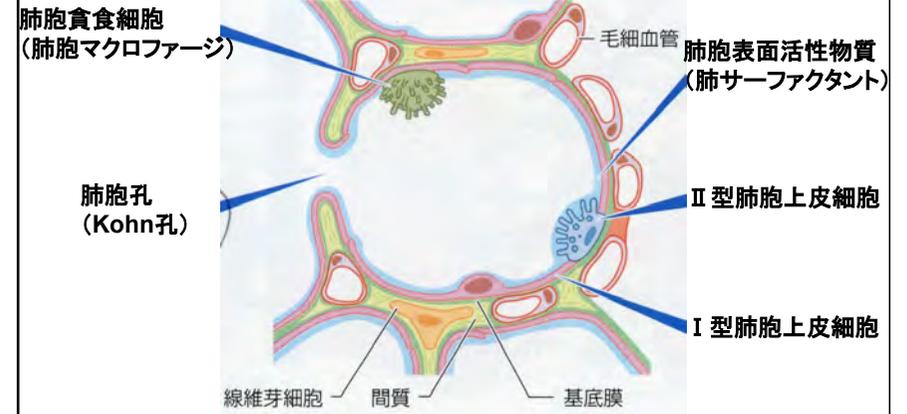


肺胞

肺胞の特徴： 他の組織と異なり、**すごく薄いのが特徴**。
 → 薄くなかったら、ガス(O₂, CO₂)が拡散しないから



肺胞壁を構成する細胞



肺胞上皮細胞

肺胞を形成する細胞は、2種類
 ・ I 型肺胞上皮細胞 (95%)
 ・ II 型肺胞上皮細胞 (5%)

I 型肺胞上皮・・・極めて薄い膜状の細胞(厚さ0.05~0.2μm)
 → 人体の細胞の中で一番薄い。
薄い細胞質をガスが拡散。
 肺胞を覆っている。

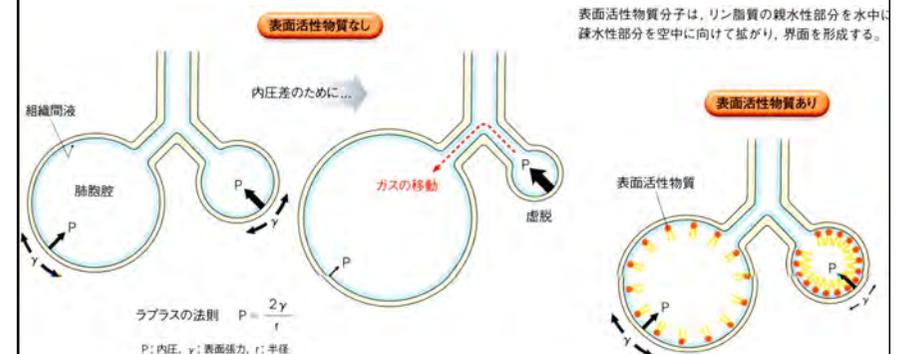
II 型肺胞上皮・・・丈の高い大型の細胞。
表面活性物質(リン脂質)を分泌。
 → **表面張力を減弱させる。**

表面張力とは、液体や固体が持っているその表面積を縮めようとする力。呼気の最後に肺胞は縮むので、表面活性物質が無いと表面張力で肺胞が虚脱してしまう。
 → 新生児呼吸窮迫症候群

II型肺胞上皮は肺胞を虚脱から守る

Laplaceの法則

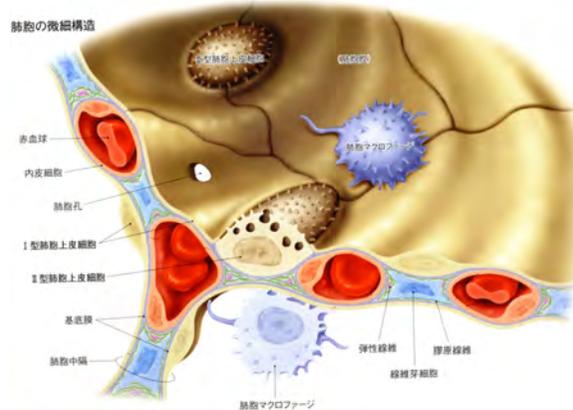
$$P=2\gamma/r \quad (P=内圧、\gamma=表面張力、r=半径)$$



肺泡孔と肺泡貪食細胞

肺泡孔・・・肺泡同士を連絡する孔。一つの気管支が閉塞しても、その末梢の肺泡すべてが無気肺にならない。一方、炎症の拡大に繋がる。

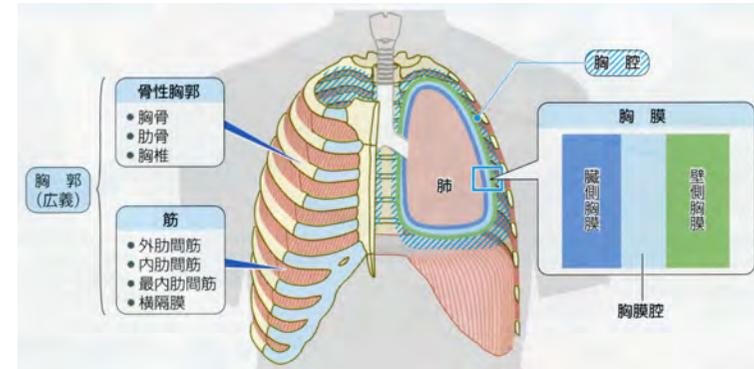
肺泡貪食細胞・・・
肺泡内のチリや
ホコリ(塵埃)を
貪食する。



胸腔と胸壁

肺は胸腔の中にある。

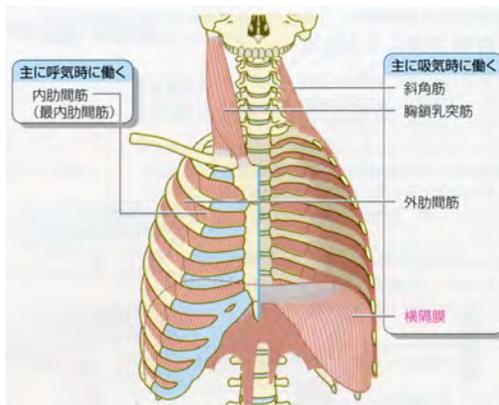
胸郭・・・骨性胸郭とそれに付随する筋からなる。
胸壁・・・胸郭の壁
胸腔・・・胸壁に囲まれた内部空間



呼吸運動

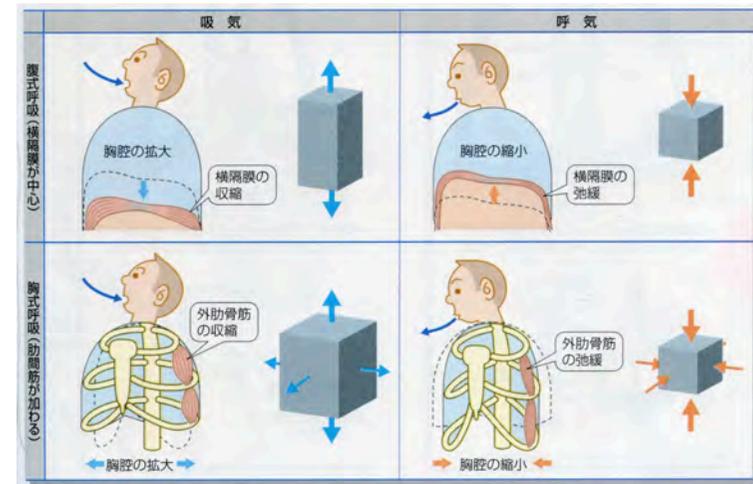
肺は、能動的に動くことができない → 肺の中に空気を自身で取り入れたり、出したりできない。

横隔膜などの呼吸筋を動かすことで、胸郭の体積を変化させて、間接的に肺を伸展・収縮させている。



呼吸運動の大部分は横隔膜が担う。

腹式呼吸と胸式呼吸



通常の安静時呼吸では、横隔膜が呼吸の大部分を担っている。

呼吸運動による換気

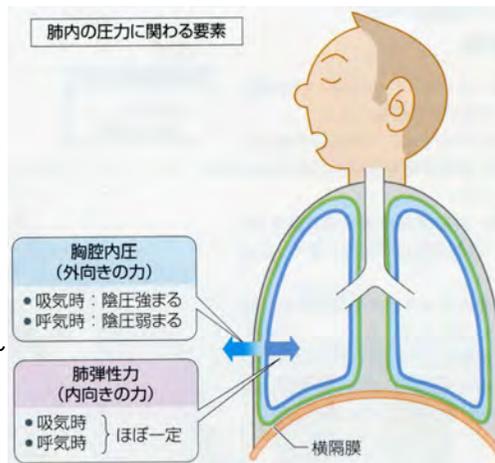
胸腔内圧 (胸膜腔内圧)

- ・常に陰圧。
- ・外向きの力が働いている。

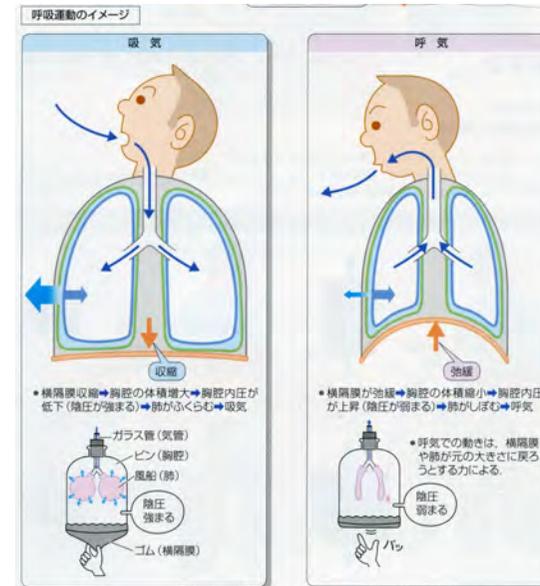
肺弾性力

- ・内向きの力
- ・呼気時も吸気時も一定

- ・安静時は、胸腔内圧と肺弾性力は釣り合っている。
- ・肺の伸展は、胸腔内圧に影響される。



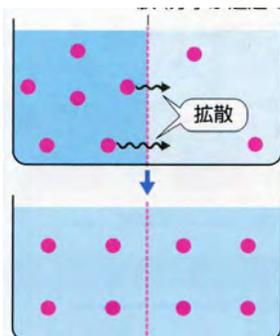
呼吸運動による換気



肺におけるガス交換

- ・肺胞でのガス交換は、拡散(diffusion)による。
- ・内呼吸も拡散によりおこなわれる。

※拡散とは、気体や液体中で物質が濃い方から薄い方へ均一になるまで移動する現象。



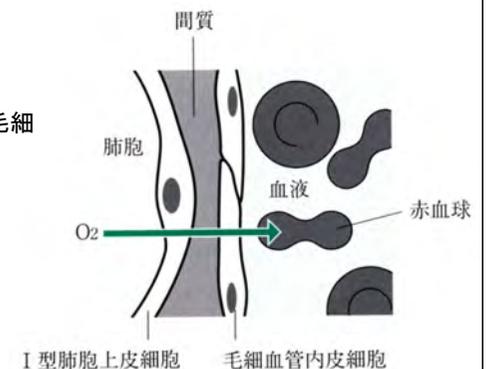
肺におけるガス交換

O₂の拡散

肺胞 (表面活性物質) →
I 型肺胞上皮細胞 → 間質 → 毛細
血管内皮細胞 → 赤血球

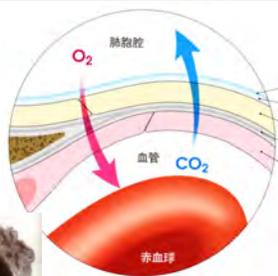
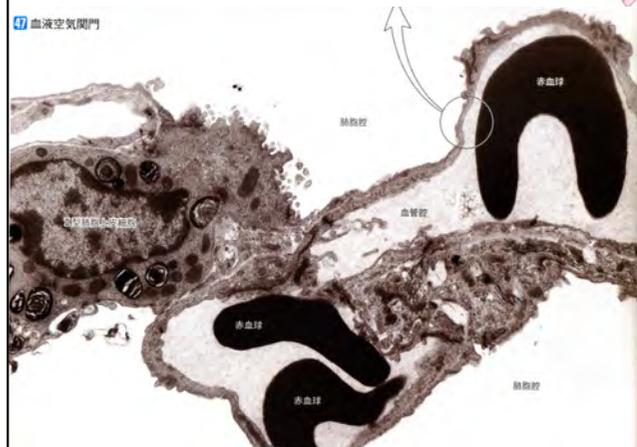
CO₂の拡散

O₂の逆となる。

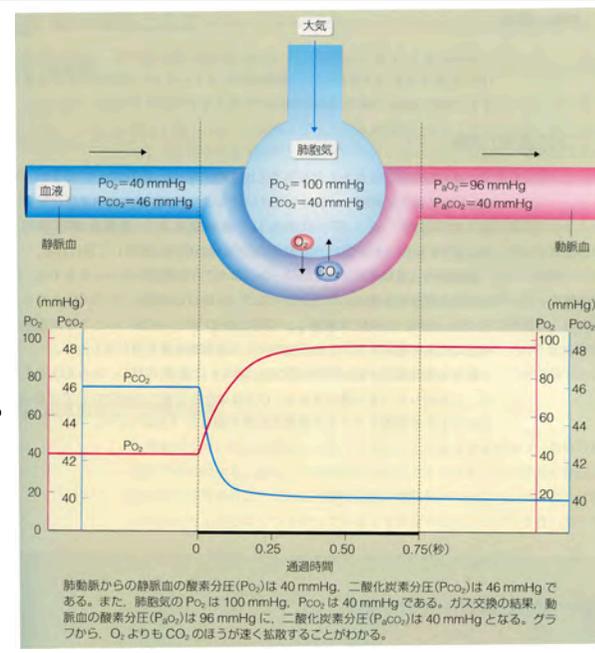


肺におけるガス交換

血液空気関門



吸気・呼気 のガス分圧



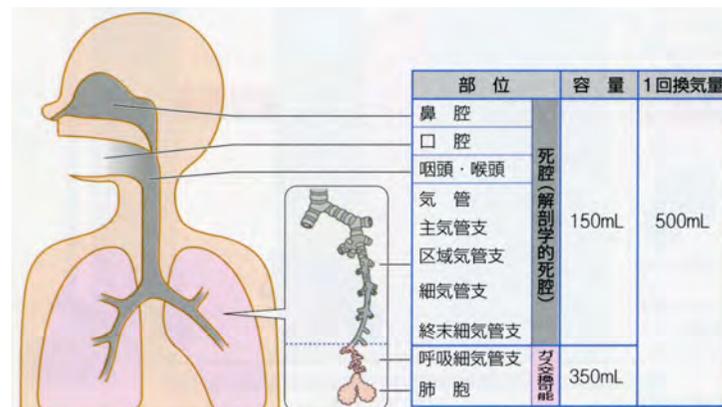
拡散能 (diffusion capacity)

拡散能： 拡散のしやすさ。

ガスの種類	拡散能	拡散速度のイメージ	特徴
二酸化炭素 (CO_2)	高		O_2 の約 20 倍拡散しやすい。
酸素 (O_2)	中		拡散能は CO の約 1.23 倍であり、比較的拡散能は低い。
一酸化炭素 (CO)	低		CO_2 、 O_2 と比べ、拡散能が低い。

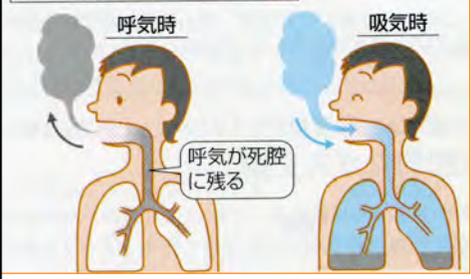
死腔

1回換気量: 500 mL
その内の 150 mL は、鼻腔～終末細気管支にあり、ガス交換に寄与しない (導管部) → 解剖学的死腔

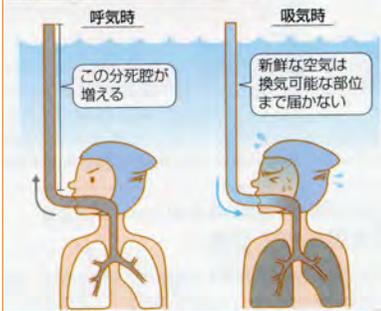


死腔

通常 (死腔の容積 < 1 回換気量)



水遁の術 (死腔の容積 > 1 回換気量)



長い竹を用いた水遁の術は、ありえない！！

肺胞内の二酸化炭素分圧が高いのは死腔があるから

