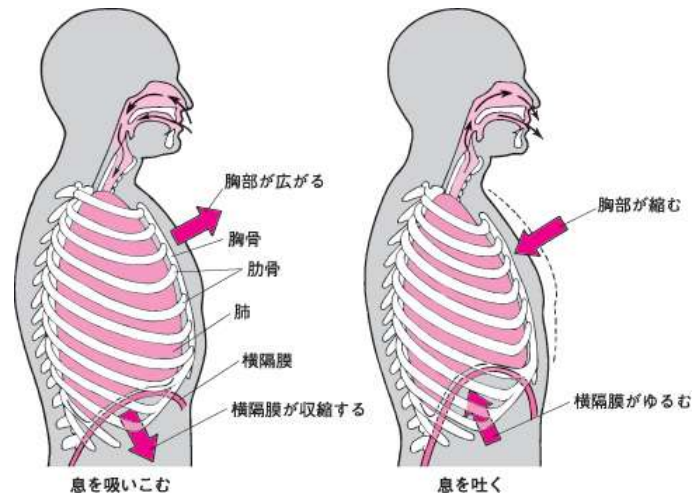
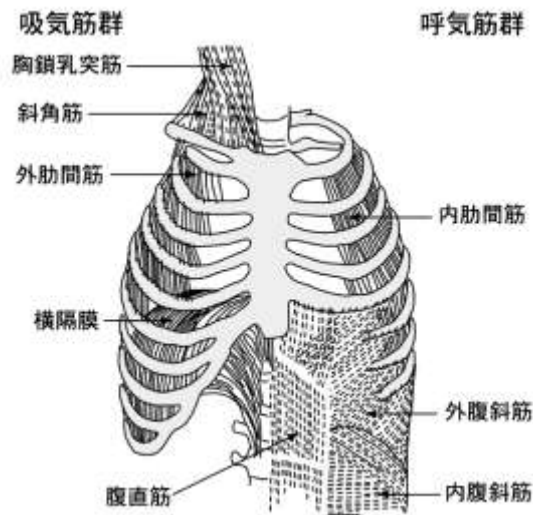


# 呼吸器の解剖・生理①

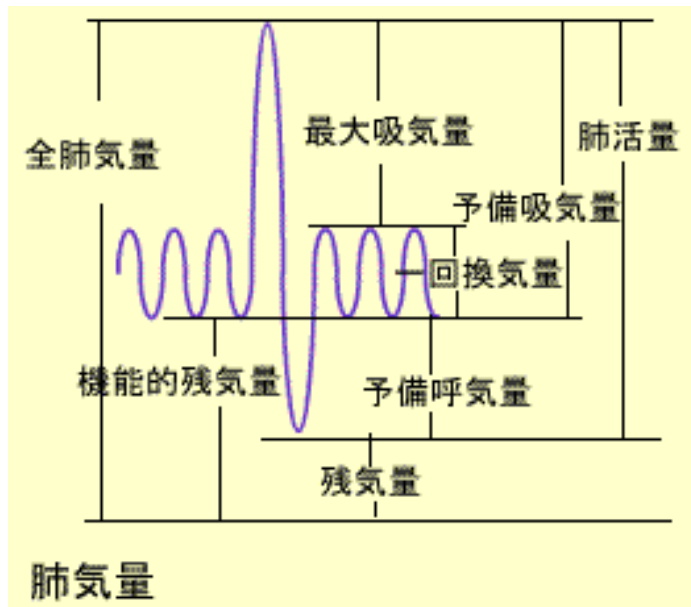


## 横隔膜

健常人の安静時換気運動は主に横隔膜の収縮・弛緩によって行われる。横隔膜の面積は約270cm<sup>2</sup>であり、安静時には約1.5cmの下降があるので、その容積変化は約400mlとなる。これは一回換気量(500ml)の8割に相当する。

## 呼気筋

最も強力な呼気圧を発生させるのは、腹筋である。腹筋の収縮は腹壁を陥凹させて、腹部内臓を圧迫し、横隔膜ドームを押し上げて、肺を圧縮する。もう一つの呼気筋である内肋間筋の収縮は、胸郭の横経を縮小させて、肺を圧縮する。このようにして、肺と胸郭を最大限に縮小させても、なおかつ肺内には一定量(約1200ml)のガスが残る。これを残気量という



## 換気量 volume

1回換気量 tidal volume

1回の呼吸で肺にはいる空気の体積

予備吸気量 inspiratory reserve volume

通常 of 吸息をなしたあとになお追加吸しうる

最大の吸気量

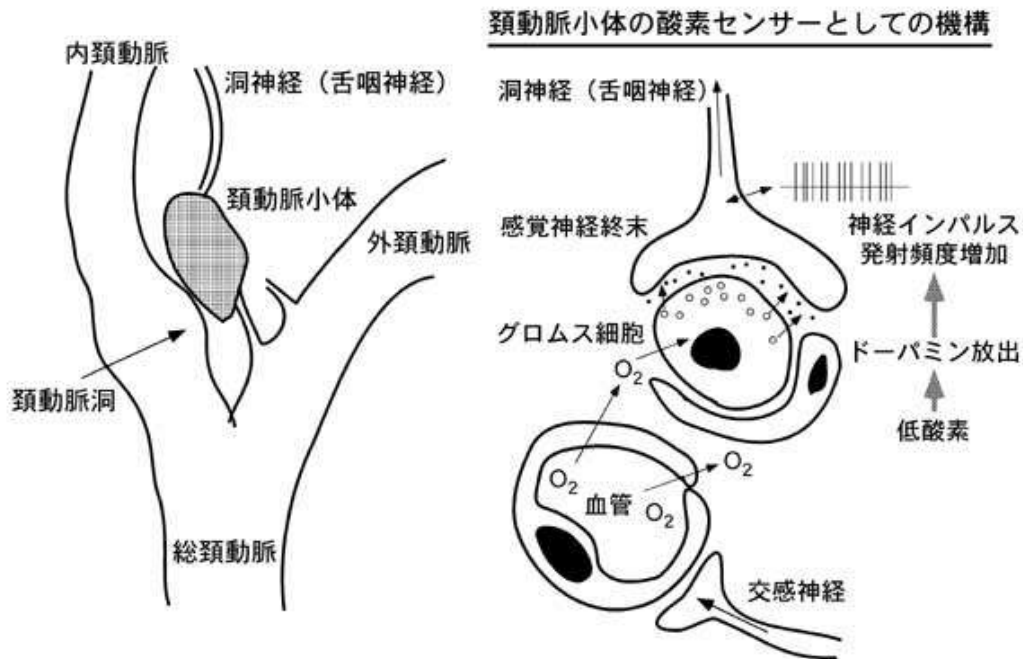
予備呼気量 expiratory reserve volume

通常 of 呼息をなしたあとになお追加呼出しうる

最大の呼気量

残気量 residual volume, RV

最大の呼出をなしたあとになお肺内に残っている空気量



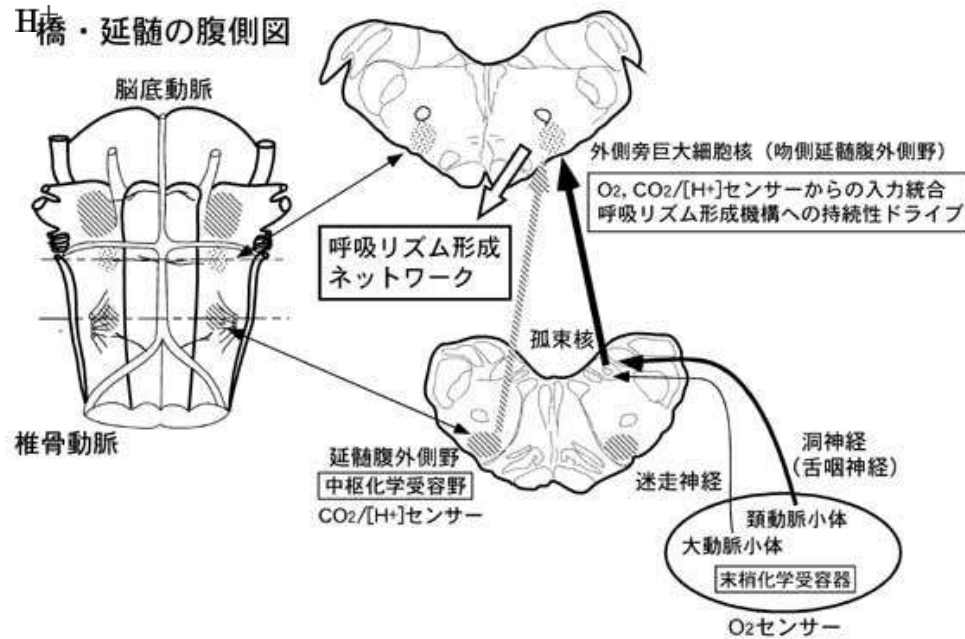
頸動脈と大動脈弓には、圧受容器に隣接して化学受容器があり、動脈血の酸素濃度が低下すると興奮して化学受容器反射を起こす。呼吸反応として呼吸数と1回換気量を増大させる。循環反応として脳と心臓への血流を増し、酸素の供給を確保する

大動脈体 aortic bodies

迷走神経を上向して延髄にインパルスを送る

頸動脈小体 carotid bodies

舌咽神経幹を經由して延髄にインパルスを送る



## 延髄の化学受容器

延髄には化学受容器が存在し、脳脊髄液のプロトンを監視している。

PCO<sub>2</sub>が増大すると過換気を起こして代償しようとする。

プロトンや HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>は血液脳関門を通過しないが、CO<sub>2</sub>はそれを通過する。

CO<sub>2</sub>は水和によって H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>となり、さらにプロトンを解離して局所的に[H<sup>+</sup>]を増加させる。

すなわち動脈血のPCO<sub>2</sub>と脳脊髄液の[H<sup>+</sup>]は併行して変化するため化学受容器はその[H<sup>+</sup>]の上昇に反応する

# 肺の神経支配

## 遠心性線維

副交感性 迷走神経から肺神経叢へと至る、ムスカリン性のコリン作動性遠心性線維

気管収縮 副交感神経は気管支平滑筋を収縮して気管支の内腔を狭める作用を持つ。したがって過度の緊張は喘息を招来する。

粘液分泌

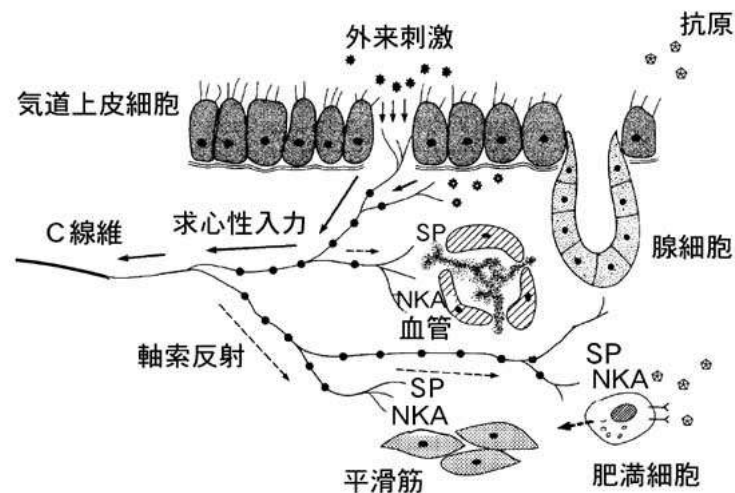
肺血管拡張

交感性 胸内臓神経から肺神経叢へ至る。

気管の弛緩・粘液分泌の抑制を行なう。

## 求心性線維

主に迷走神経感覚線維



## 自律的調系 (involuntary control system) :

延髄呼吸中枢(respiratory center)

吸気・呼気をコントロール

橋呼吸調節中枢(respiratory control center)

延髄呼吸中枢をコントロール

橋の障害は、呼吸回数の減少、1回呼吸気量の増大を引き起こす  
(吸息と呼息の切り替えを調節)

これらの中枢は末梢の**伸展受容器** (stretch receptor)、**化学受容器** (chemoreceptor) からの求心入力の修飾を受ける。

## 随意的調節系(voluntary control system):

大脳皮質も、延髄の呼吸中枢に影響する

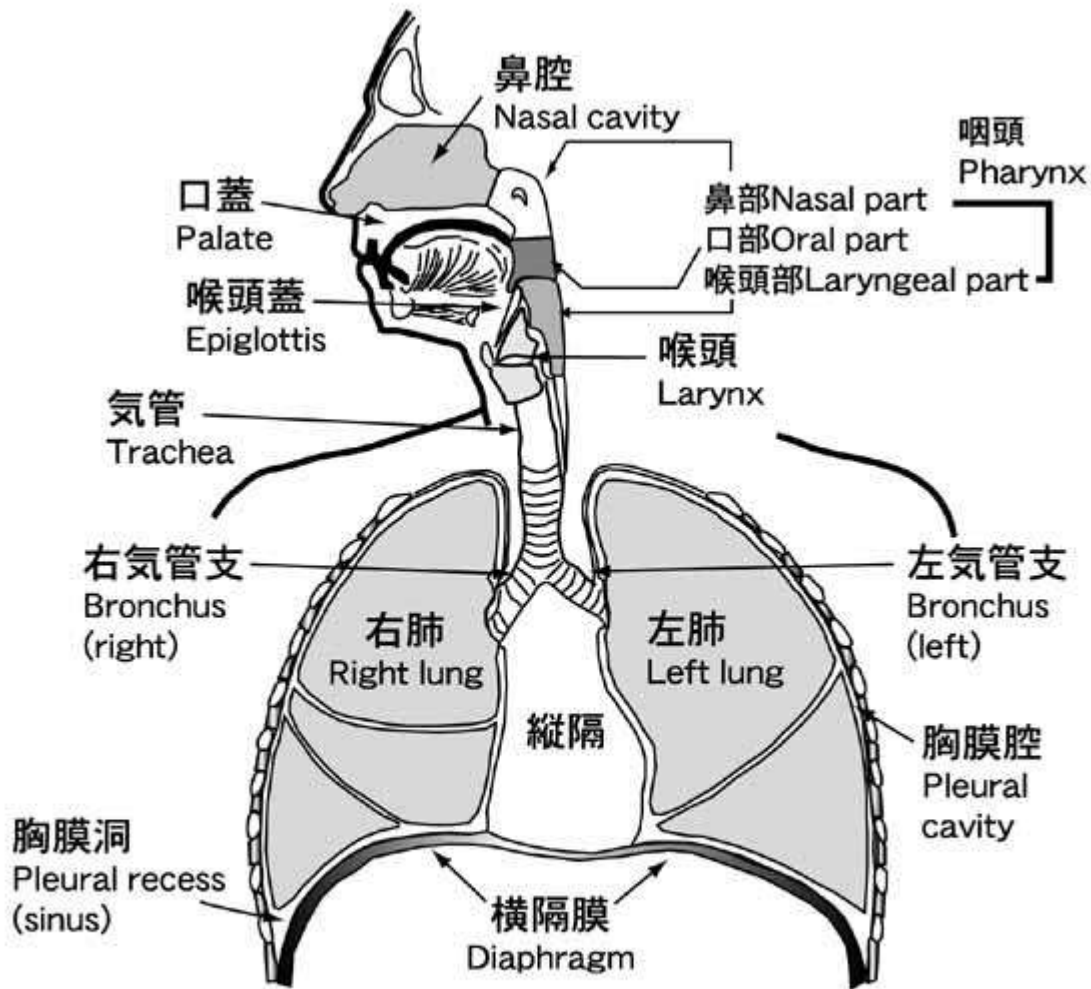
我々が日常よく行う深呼吸や、話たり笑ったりする時に呼吸が変化するのもこの調節系による。

## 末梢受容器からの求心性入力:

肺の伸展受容器:

延髄の呼吸中枢は気道および肺の伸展受容器からの迷走神経の入力を受けている。  
肺が伸展すると求心性迷走神経が興奮し、これは吸索性神経の活動を抑制する。  
これを**ヘーリング・ブロイエル反射** (Hering-Breuer reflex) という。





呼吸器系の模式図

## 上気道 Upper tract:

- 鼻腔 Nasal cavity
- 副鼻腔 Paranasal sinuses
- 咽頭 Pharynx

## 下気道 Lower tract:

- 喉頭 Larynx
- 気管 Trachea
- 気管支 Bronchi
- 肺 Lung

## 気管 Trachea:

輪状軟骨下縁から気管分岐部  
Bifurcation of tracheaまで  
椎骨位でC6からT5  
長さ約10~13cm、径約2cm

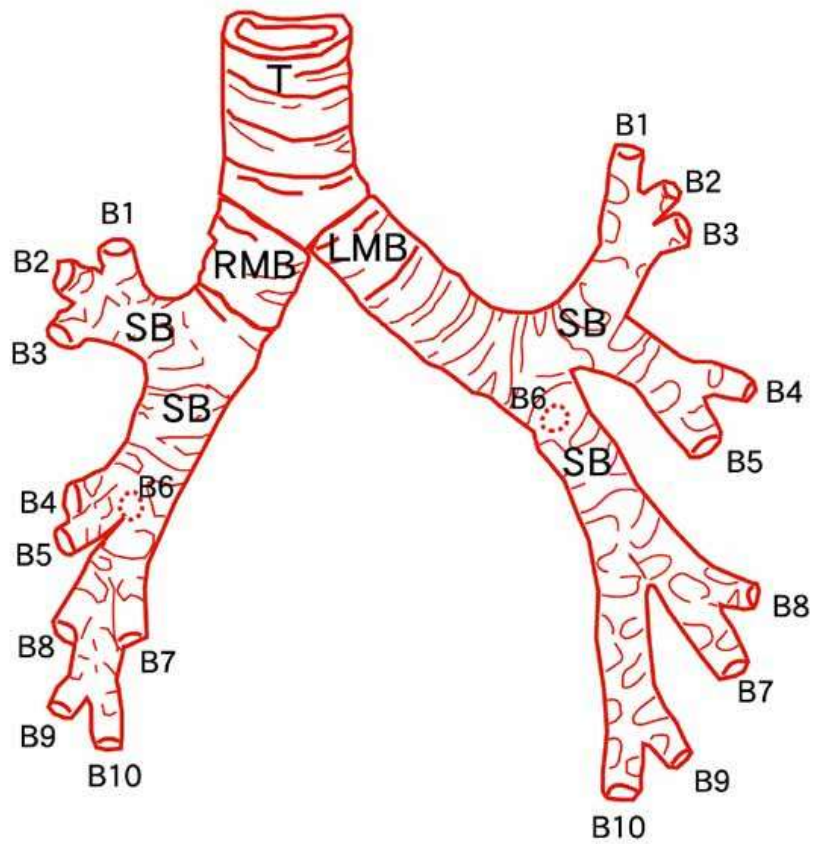
## 右主気管支:

長さ約2.5~3cm

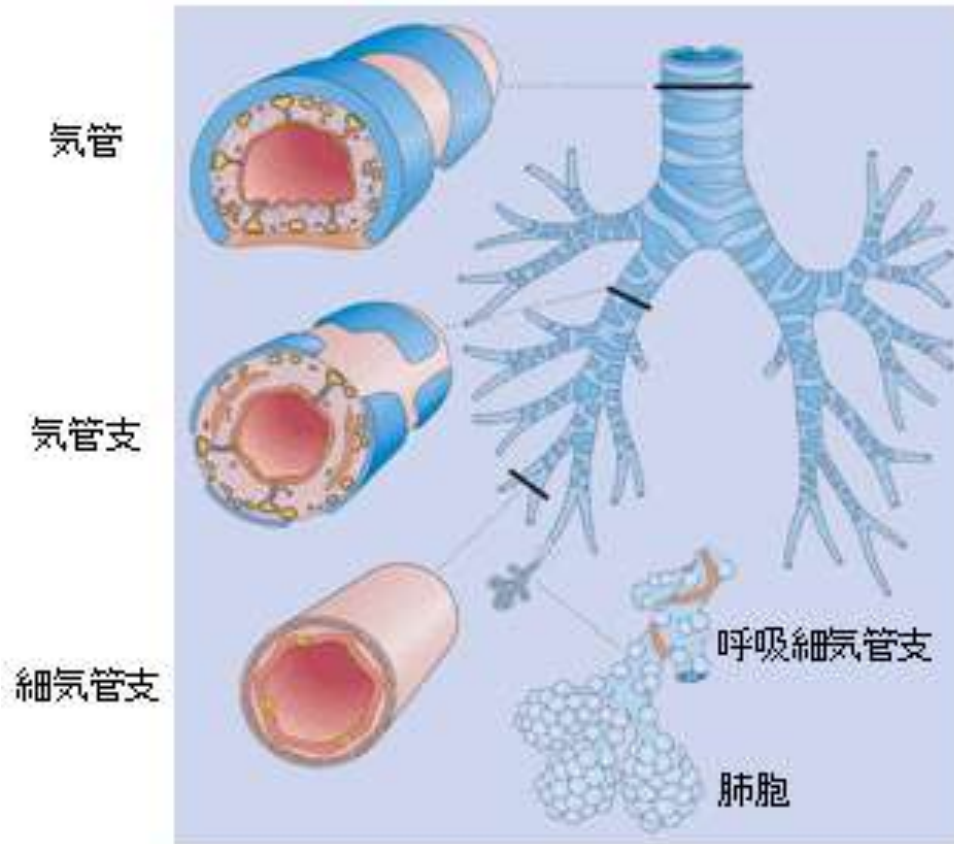
## 左主気管支:

長さ約4~5cm





# 気管分枝のイメージ



# 細気管支 bronchiole

壁に軟骨と固有層での分泌腺がないことが特徴

終末細気管支 terminal bronchioles :

16次 上皮は単層円柱上皮であり、線毛細胞とクララ細胞で構成される。  
周辺を比較的厚い平滑筋が取り囲んでいる点の特徴。

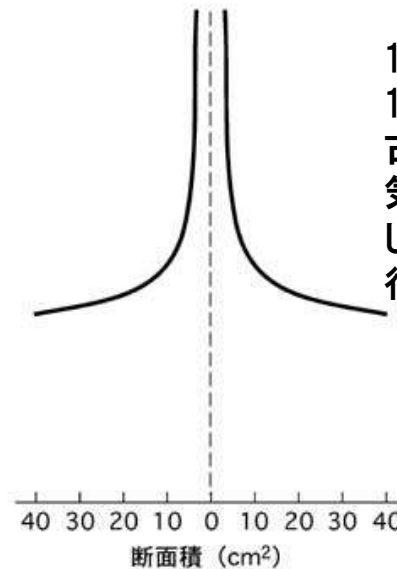
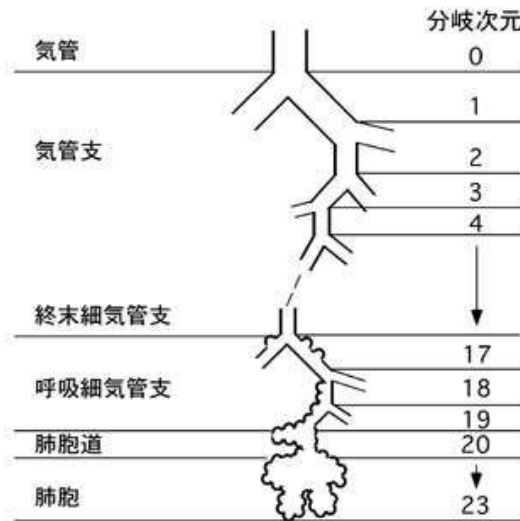
一つの終末気管支の支配域を細葉 acinus という。

呼吸細気管支 respiratory bronchioles :

ここからガス交換に参与する、肺実質部である。

上皮は単層立方上皮となる。

線毛を失うため感染しやすい。

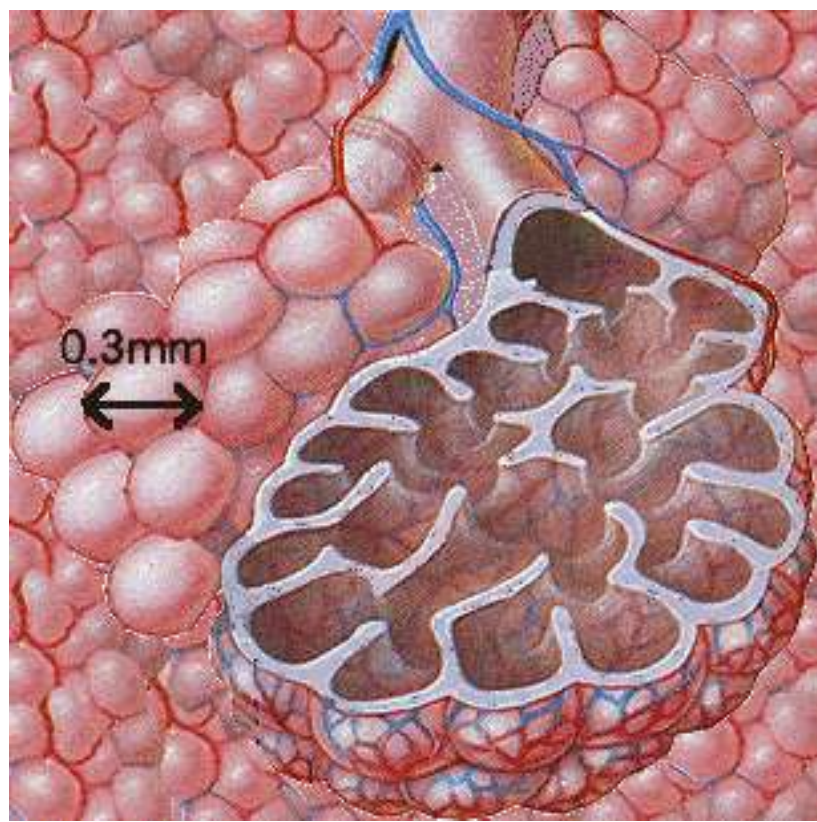
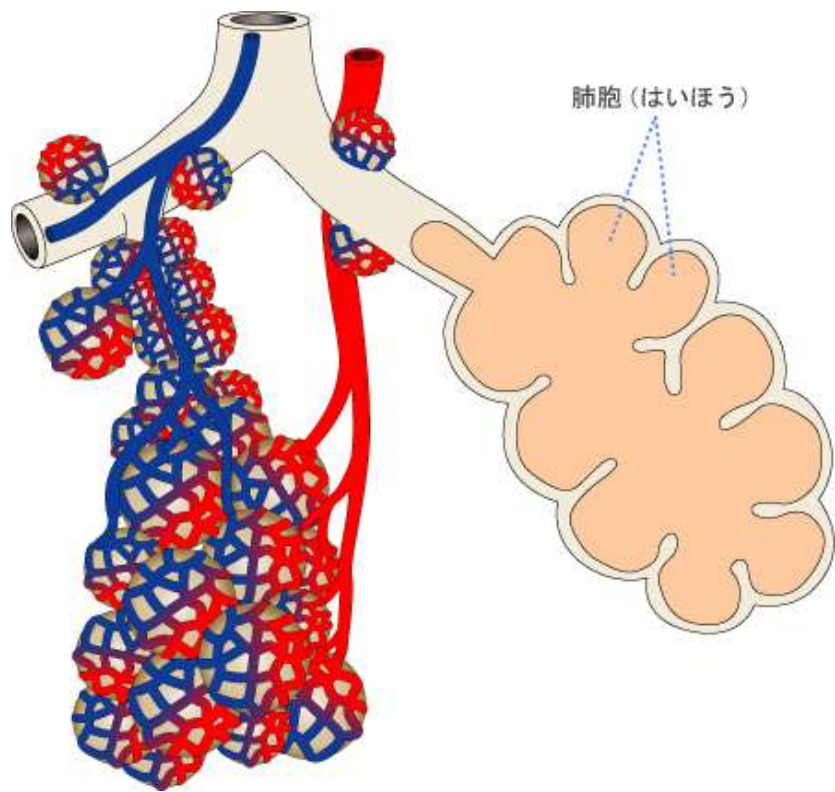


16世代まで:263mm、175ml  
17世代以降: 6mm、1500ml  
古典的には、肺泡周辺では  
気流の流れはほとんど止まって  
しまい換気は分子拡散により  
行われると考えられている。

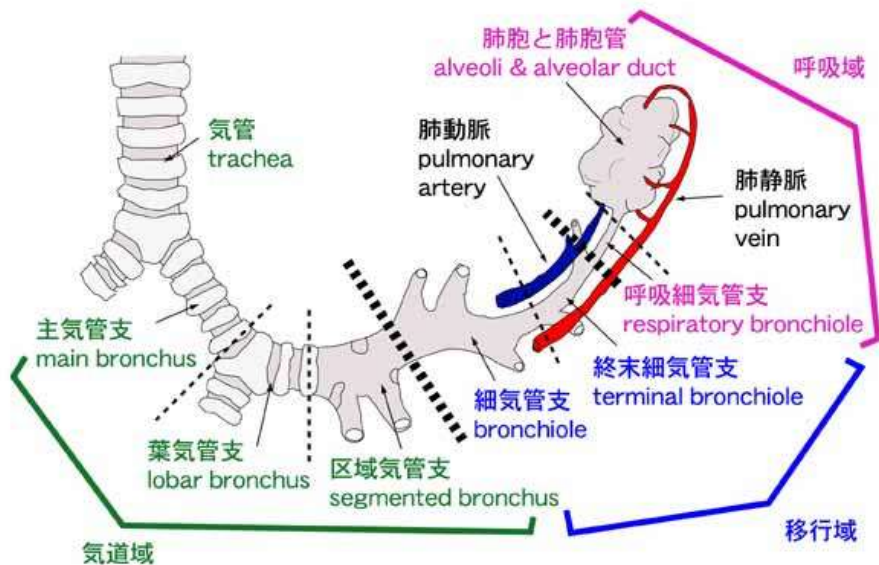


死腔の概念を  
理解するには便利

Weibelのモデル(1964)







### 終末細気管支 terminal bronchioles :

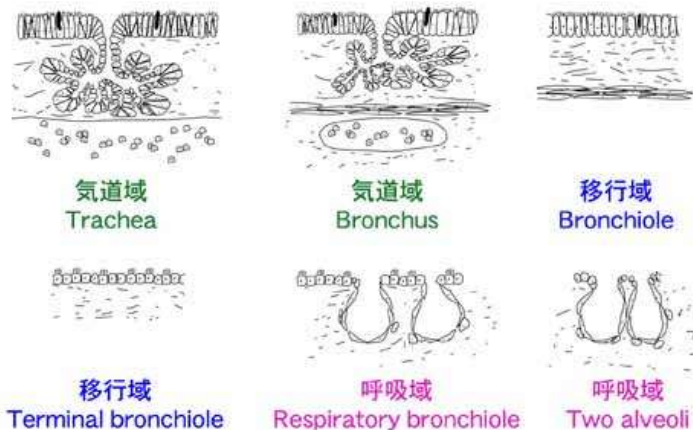
16次 上皮は単層円柱上皮であり、線毛細胞とクララ細胞で構成される。周辺を 比較的厚い平滑筋が取り囲んでいる点の特徴。なお一つの終末気管支の支配域を細葉 acinus という。

### 呼吸細気管支 respiratory bronchioles

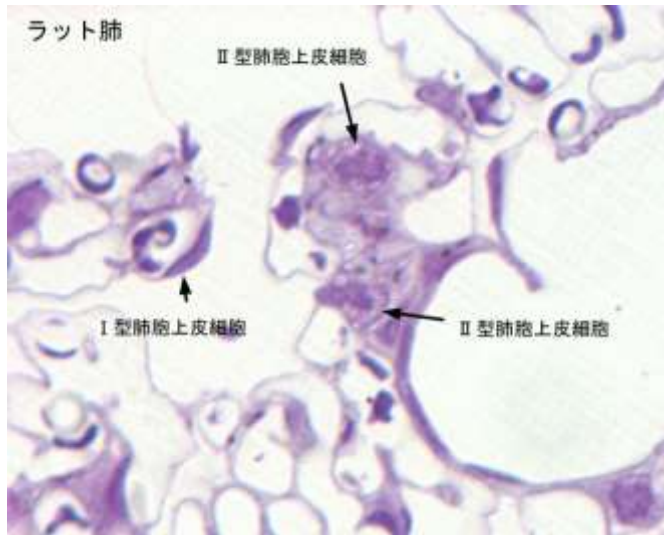
ここからガス交換に関与する、肺実質部である。

上皮は単層立方上皮となる。線毛を失うため感染しやすい。空気の伝達とともに、肺胞管の先に肺胞が囊状に膨出して呼吸作用を営む。

このため別名を中間領域という。



気道域、移行域 (気管支樹) と呼吸域 (肺胞域)



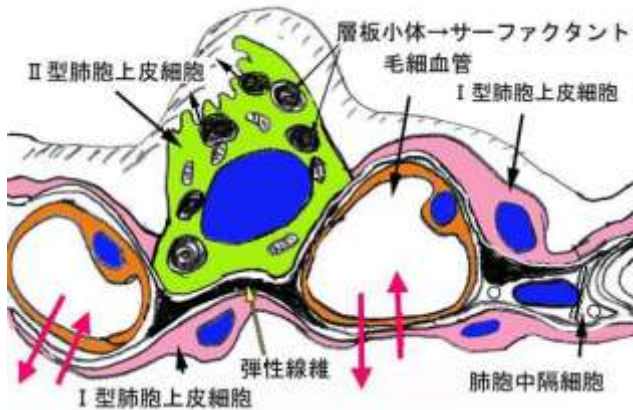
## 肺胞上皮細胞

### I型肺胞上皮細胞 (扁平肺胞細胞)

ガス交換に関与する、扁平な細胞である。

### II型肺胞上皮細胞 (大肺胞細胞)

界面活性剤を分泌し、表面張力を低下せしめる機能を持つ。I型の間隙に存在する、立方で大型、微絨毛を持つ細胞である。



## 肺胞大食細胞(塵埃細胞)

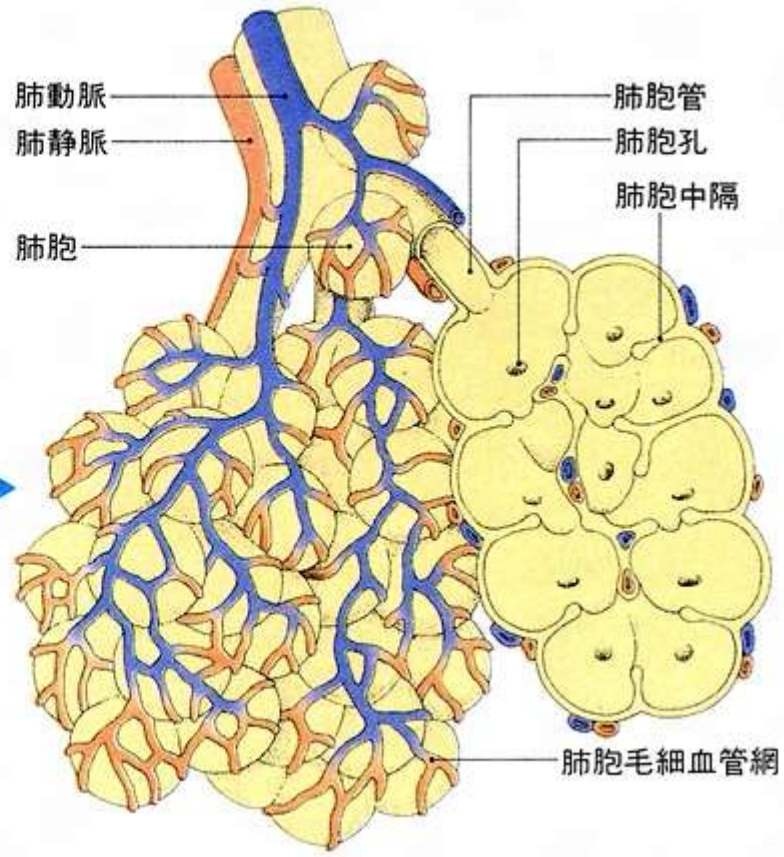
肺胞腔内に散在する。

これは空気中から入った異物を細胞内に取り込み、抗原としてリンパ球に提示する(抗原提示)。

### 気管支の分岐



### 肺泡の構造(右の部分は肺泡の断面)

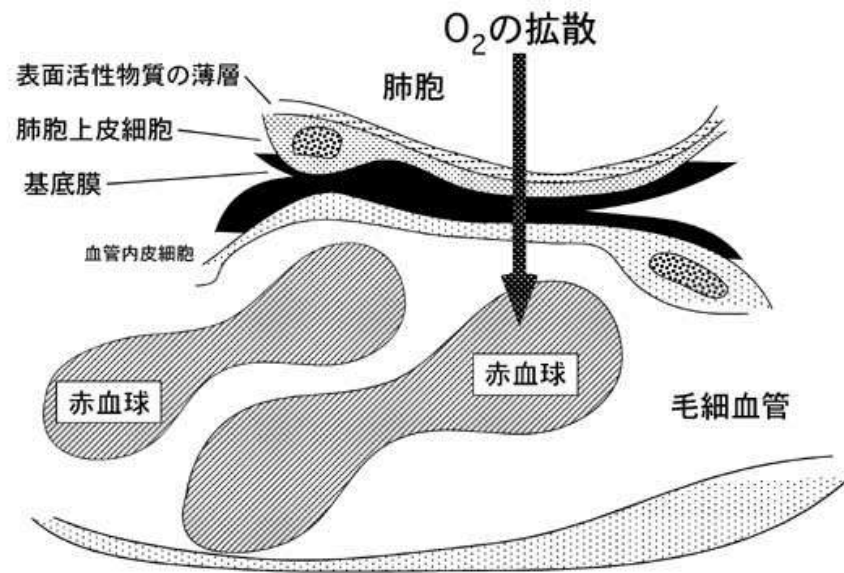


**Kohn孔**: 肺泡中隔に開いた隣り合う肺泡を連絡する孔

**Lambert管**: 気管支間の穴

**非区域性の病変は** 浸出液がこれらの孔を通過して広がる



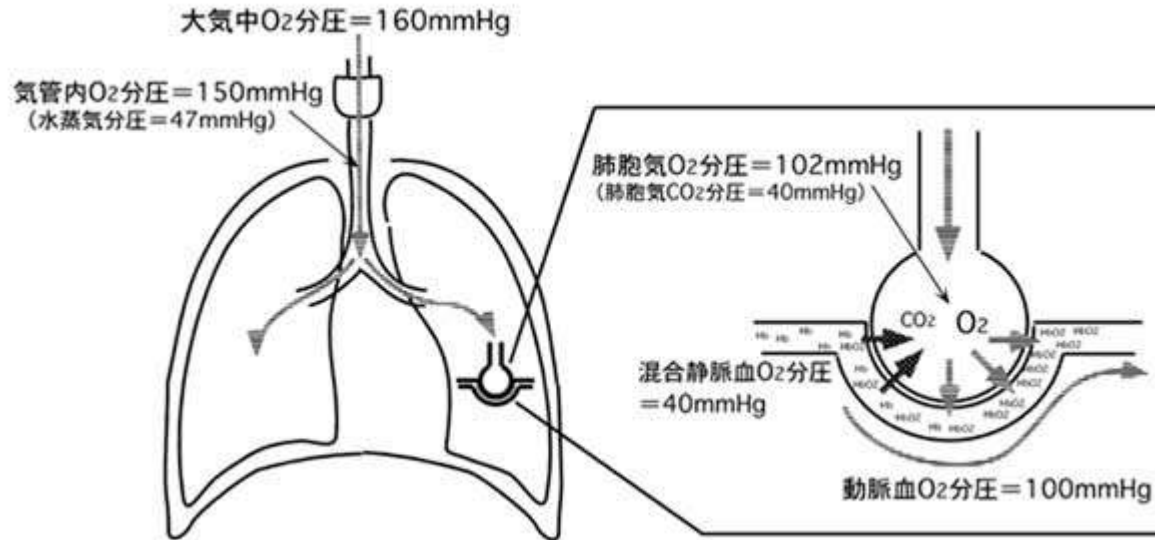


## 肺間質

肺胞上皮細胞基底膜と毛細血管内皮細胞基底膜で囲まれた領域。

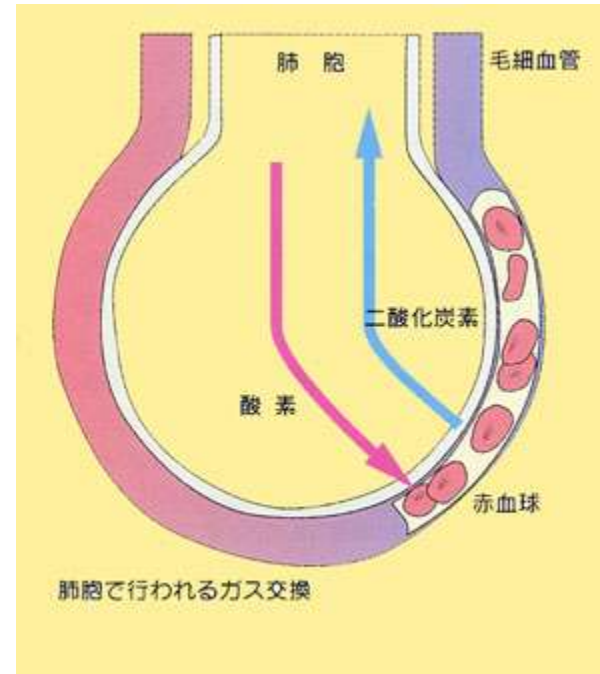
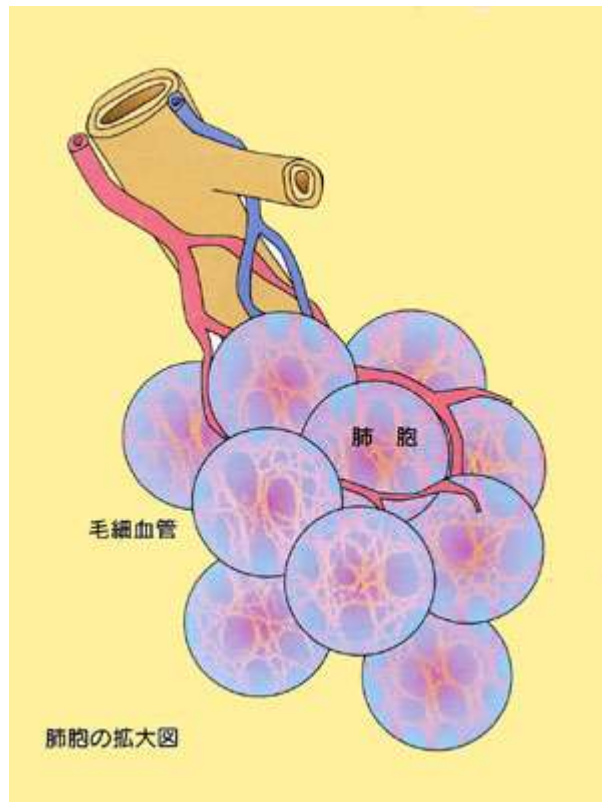
肺間質細胞として線維芽細胞、平滑筋細胞など

細胞外基質として膠原線維、弾性線維、基底膜など



## 肺胞での $O_2$ 拡散

圧勾配、境界膜の透過性、拡散面積が $O_2$ 拡散を規定する因子である。肺胞と混合静脈血の圧勾配は60mmHg、境界膜である肺胞壁の厚さは $0.5\mu\text{m}$ 以下、肺胞の総表面積は成人で約60-70 $\text{m}^2$ と広大である。肺胞と血液の間で $O_2$ 平衡が達成されるに0.25秒程度であるが、肺毛細血管を流れる時間は安静時で0.75秒である。



**肺毛細血管容量: 約100mL**

( 1回心拍出量は約70mL, 1心拍ごとに大部分は入れ替わる. )