

第五章 呼吸系统

Respiratory system

郭军 M D 教授
食品质量与安全系

■ jun.guo@china.com.cn guojunge@imau.edu.cn
办公电话：0471-4317891
13947146554

访问地址：食品质量与安全教学系 202室
乳研楼大厅左拐上二楼
2013年4月第5轮授课

§5-1 概述

§5-2 呼吸系统解剖功能

§5-3 通气原理

§5-4 肺换气和组织换气

§5-5 气体在血液运输

§5-6 呼吸调控

- 呼吸系统的进化 扩展、了解

扩散呼吸

皮肤呼吸

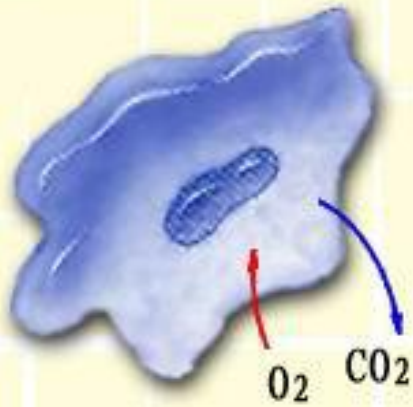
腮呼吸

气管呼吸

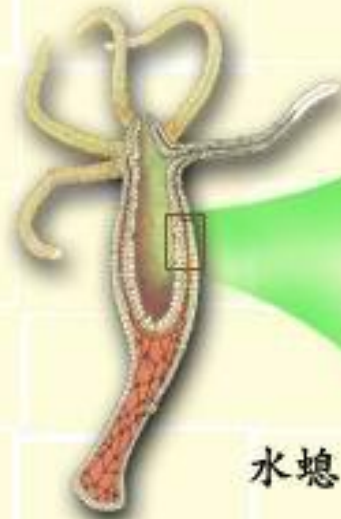
肺呼吸

单细胞和低等多细胞动物

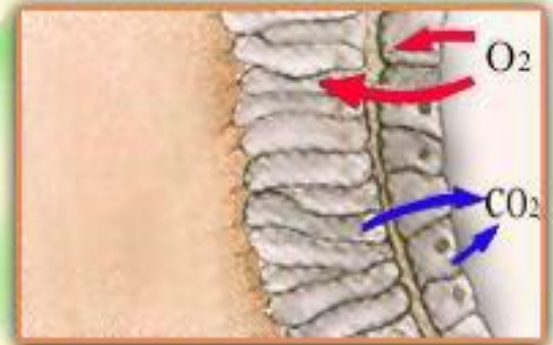
扩散呼吸



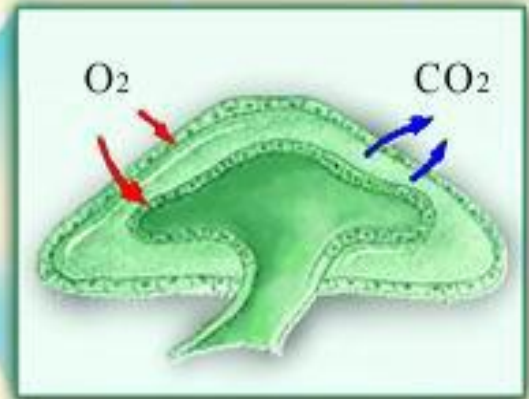
变形虫



水螅



涡虫



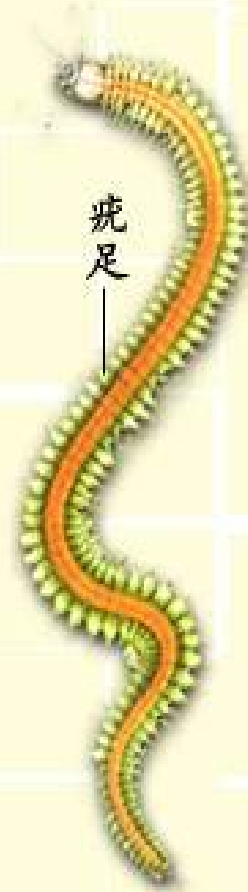
皮肤呼吸、疣足呼吸、鳃呼吸

环节动物的呼吸

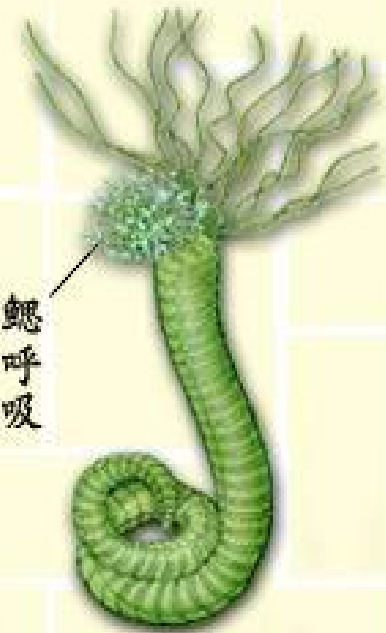


蚯蚓及其皮肤呼吸

环节动物可通过皮肤、疣足或鳃进行呼吸。



沙蚕用疣足呼吸



各种腮呼吸

软体动物的呼吸



瓣鳃类的鳃（瓣鳃）



腹足类的鳃（栉鳃）



（陆生）肺螺类

软体动物水生种类用鳃呼吸，鳃形态多样，数目随种而异；陆生种类用“肺”进行空气呼吸。



腮 → 气管呼吸、肺呼吸

节肢动物的呼吸



1、虾



3、剑水蚤
(体表呼吸)



5、鲎



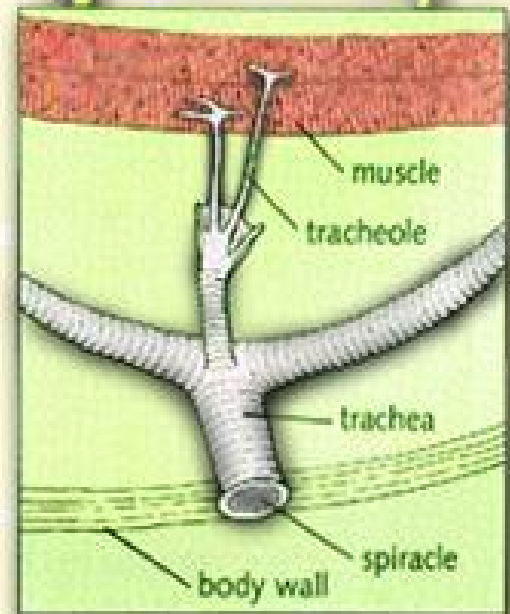
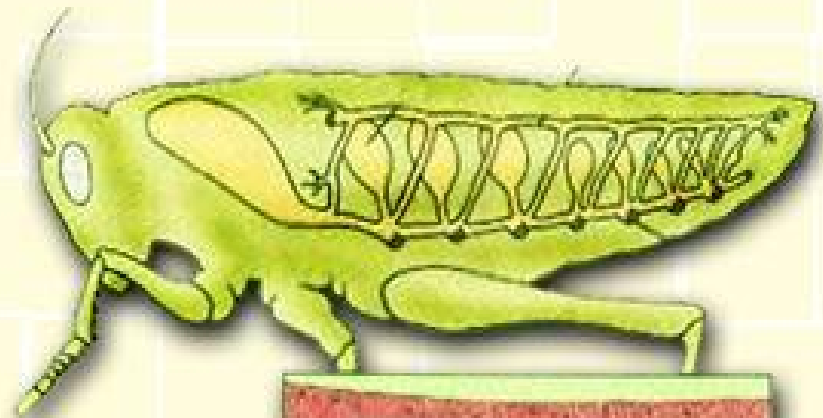
2、蝗虫

4、蜘蛛



节肢动物水生种类用鳃（甲壳类）、书鳃（鲎）呼吸；陆生种类用书肺（蛛形纲）和气管（昆虫、蜘蛛、多足纲）呼吸；有些陆生昆虫的幼虫生活在水中用气管鳃呼吸，还有些小动物用全身体表呼吸。

蝗虫的 气管系统

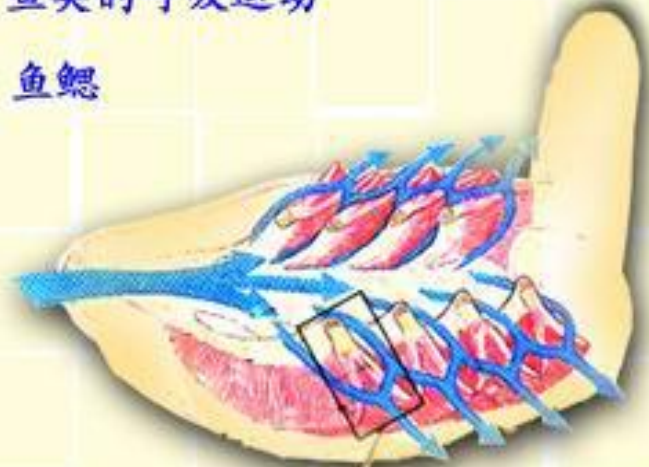


脊椎动物 — 腮（鱼类）、肺、皮肤

鱼类的呼吸 口咽式呼吸



鱼的鳃



鱼类终生以鳃为呼吸器官。有些鱼还可通过皮肤（如鳗鲡）、肠管（如泥鳅）、鳃上器（如乌鳢）及鳔（如肺鱼）等器官辅助呼吸，度过缺水乏氧的困难时期。



鳃的结构及其逆流交换系统

爬行类的呼吸

1. 肺，气管和支气管分化

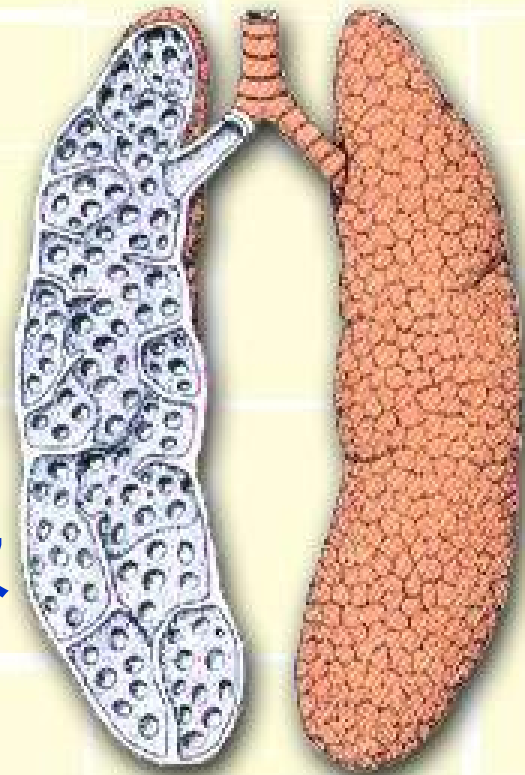
2. 口咽式呼吸外



爬行动物外形

出现胸腹式呼吸

爬行类完全用肺呼吸，肺内壁由复杂的间隔将内腔分割成蜂窝状小室，因而比两栖类能更有效地扩大气体交换面积。但肺的形态结构在纲内变异仍很大。呼吸道有了由软骨环支撑的较长的气管，并有了支气管的分化。爬行动物除口咽式呼吸外，还发展了羊膜动物共有的胸腹式呼吸。



蜥蜴的肺



肺 + 气囊

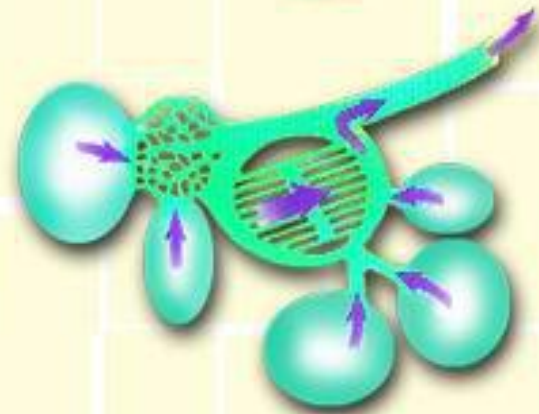
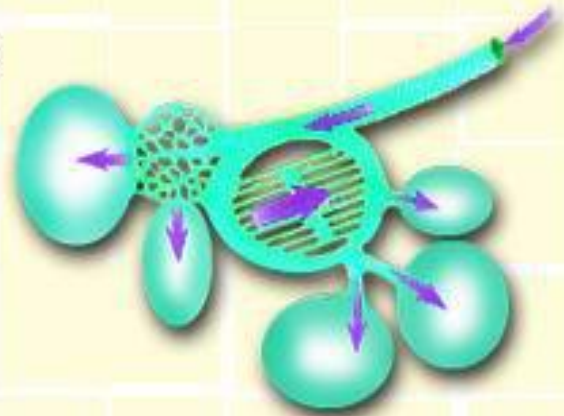
气体交换效率比哺乳类更高

鸟类的呼吸



双重呼吸
鸽的呼吸系统

鸟类的呼吸系统较特化，表现为具有发达的气囊系统与肺气管通连，其呼吸方式为独特的双重呼吸，气体交换效率比哺乳类的肺更高。鸟类栖止时，行胸腹式呼吸，当飞翔时，主要靠气囊的伸缩协助肺完成呼吸。



复杂的气管树；肺泡 — 呼吸面极大



哺乳类的呼吸



水生哺乳类(海狮)

哺乳动物呼吸系统的特点:

- 1、肺泡是气体交换的场所，大量的肺泡囊和肺泡，使呼吸总面积大大超过了身体表面积；
- 2、软腭的出现和内鼻孔后移于咽部，使口腔和鼻腔完全分隔开；
- 3、喉头构造复杂化，不仅是呼吸通路，而且是发音的器官；
- 4、横膈的出现，加强了呼吸功能。

-  兔的呼吸系统
-  脊椎动物肺的演化



陆生哺乳类(鹿)



陆栖脊椎动物肺的演化



有尾两栖类肺为一对薄壁囊，内壁光滑或稍有隔膜，气体交换面积有限。

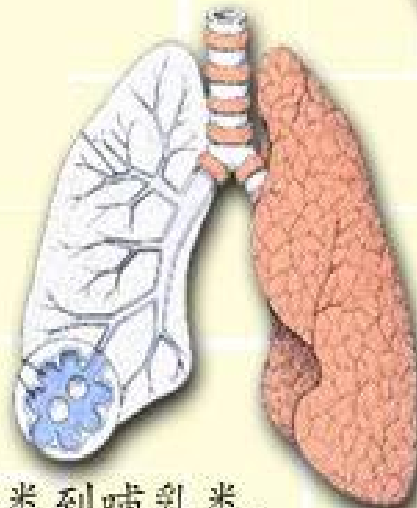
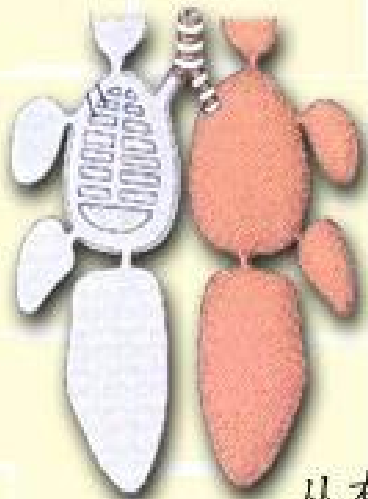


无尾两栖类肺内壁被网状隔膜分成一些小室，但气体交换面积仍不大。皮肤呼吸仍占重要地位。



爬行类肺内壁由复杂的间隔把内腔分割成蜂窝状，气体交换面积大为增加。

鸟类肺为一网状管道系统，气体交换面积极大，并且肺与气囊通连，气囊起到辅助呼吸的作用。



哺乳类肺内部为一复杂的支气管树。微支气管末端膨大成肺泡囊。囊壁分割成许多肺泡，肺泡的出现使呼吸表面积大大超过身体表面积。

从有尾两栖类到哺乳类，肺的呼吸面积逐渐增大。

§ 5-1 概述 *Respiratory system /*

apparatus

- 呼吸 *respiration* 气体交换的过程
生物氧化过程

■ 呼吸基本过程 — 三个环节

A 外呼吸即 肺呼吸

a 肺通气 和 b 肺换气 两个环节

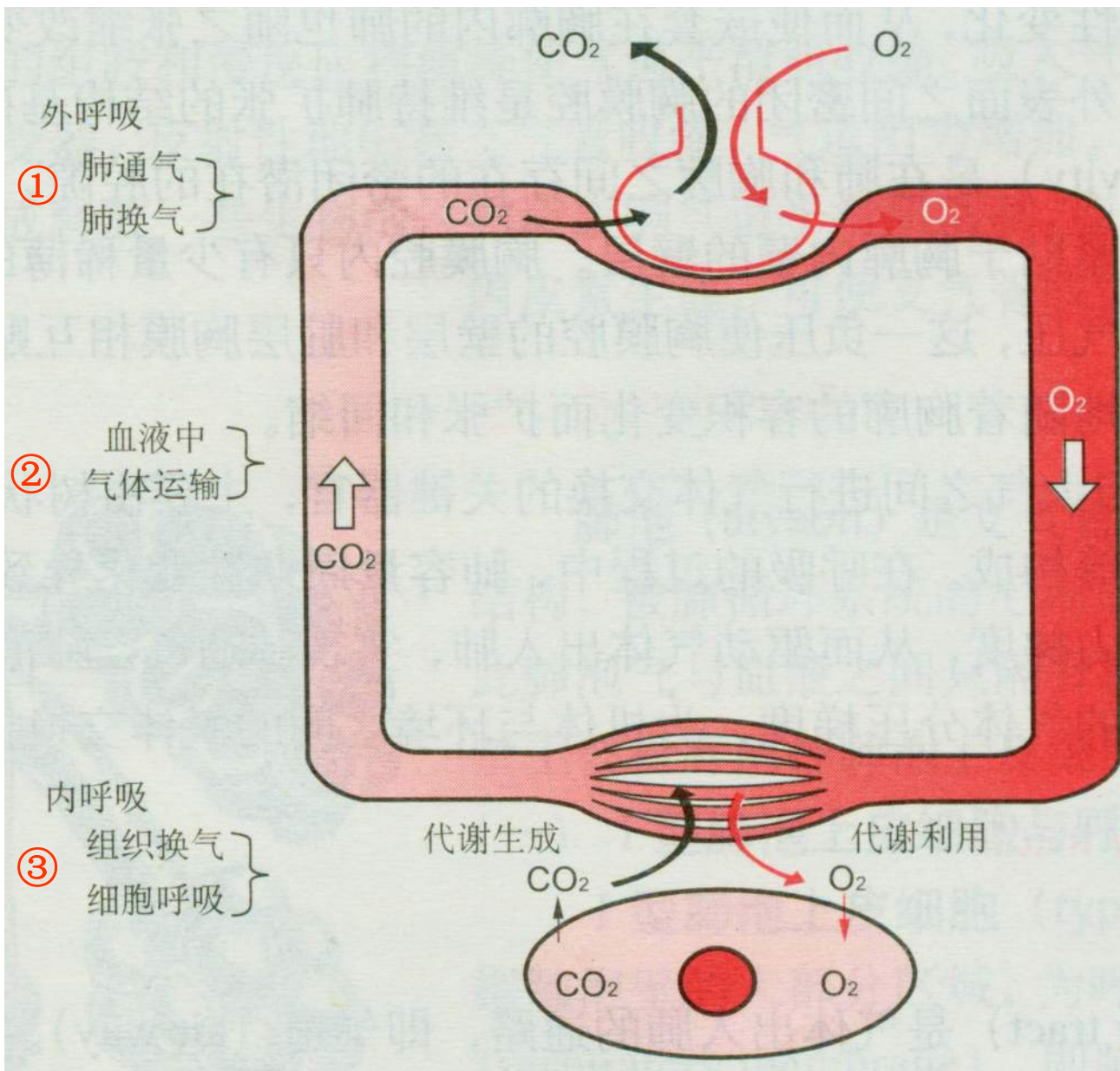
B 内呼吸

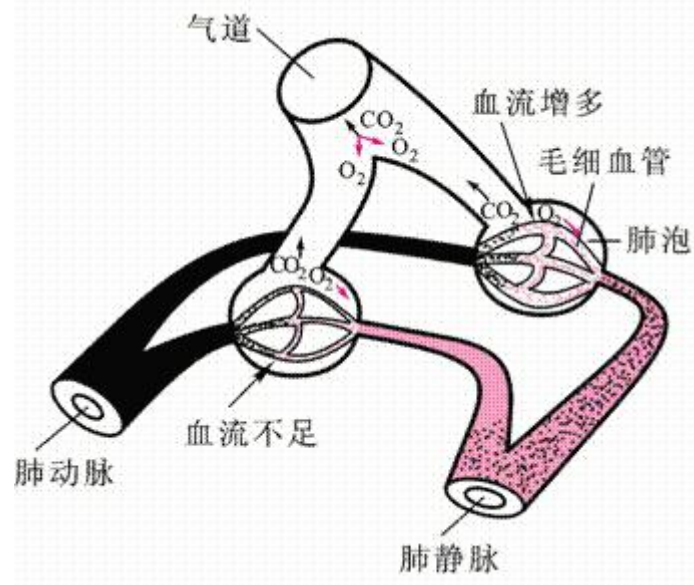
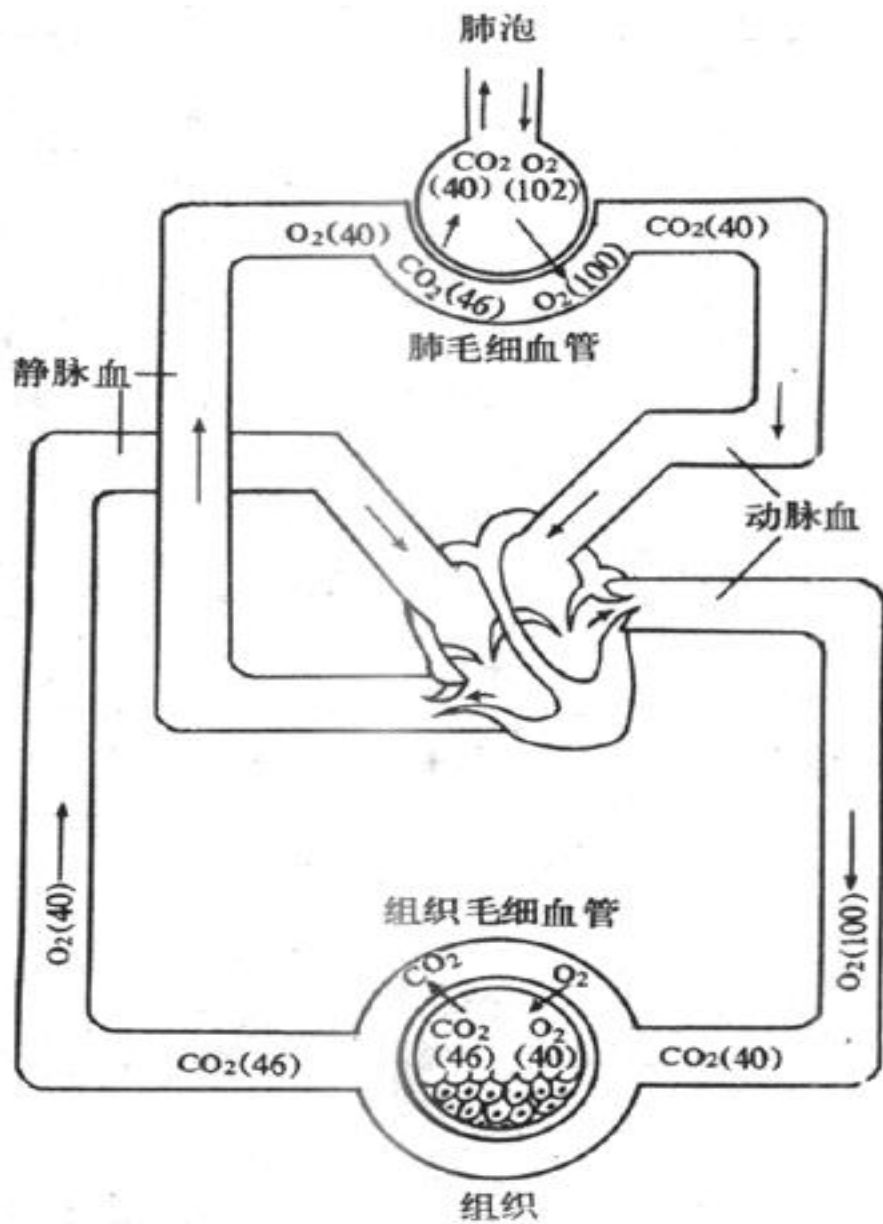
d 组织换气 和 e 细胞呼吸

线粒体内生物氧化过程

C 血液对 c 气体的运输

内、外呼吸通过 循环血液 联系





■ 呼吸系统的功能

A 呼吸/ 即 与外界气体交换/ “吐故纳新”

其它

B 维持酸碱平衡

C 调节体温

D 排泄，排除多种挥发性气体

E 代谢/转化/激活或灭活 如 ACE

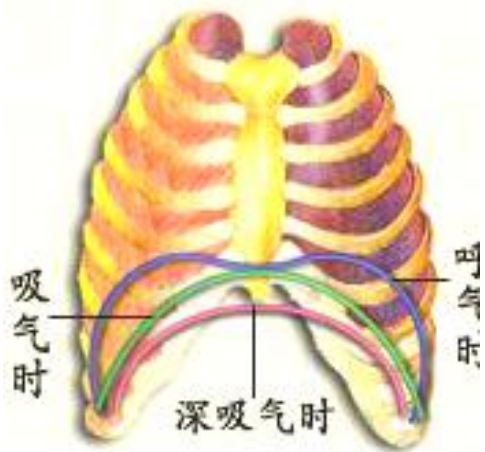
F 免疫 如肺泡巨噬细胞

§ 5-2 呼吸系统功能解剖/ 功能结构

1. 胸廓与肺

■ 胸廓

脊柱、肋骨、胸骨
空腔器官 → 泵

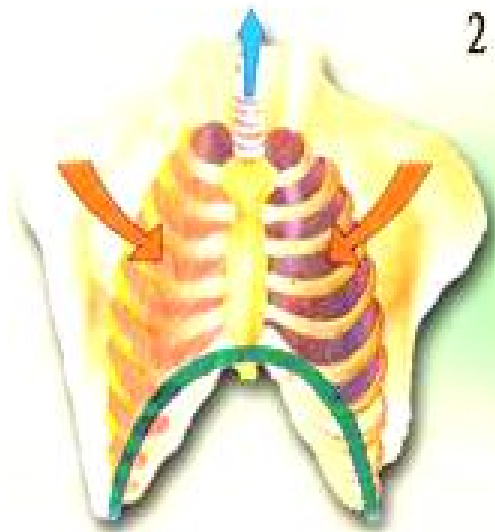


呼吸运动中膈肌位置的变化



2、肋间肌与肋骨运动





■ **胸膜腔** pleural cavity

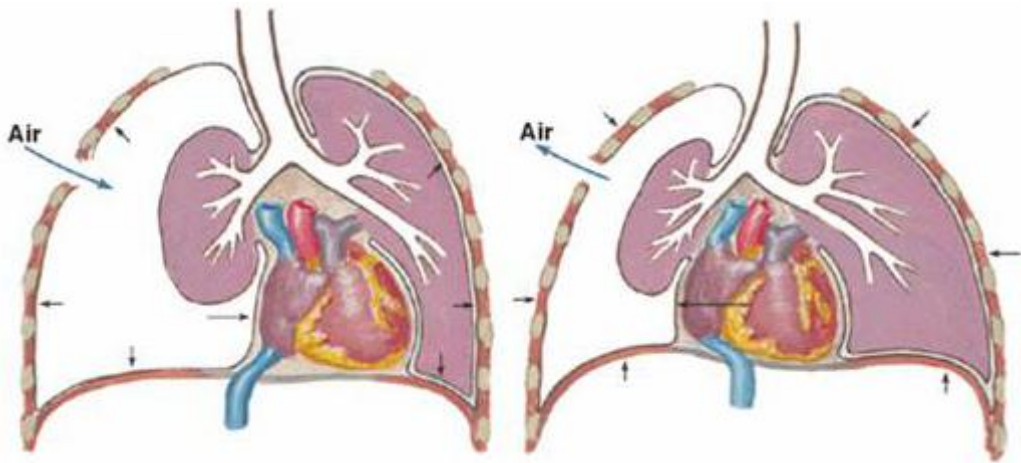
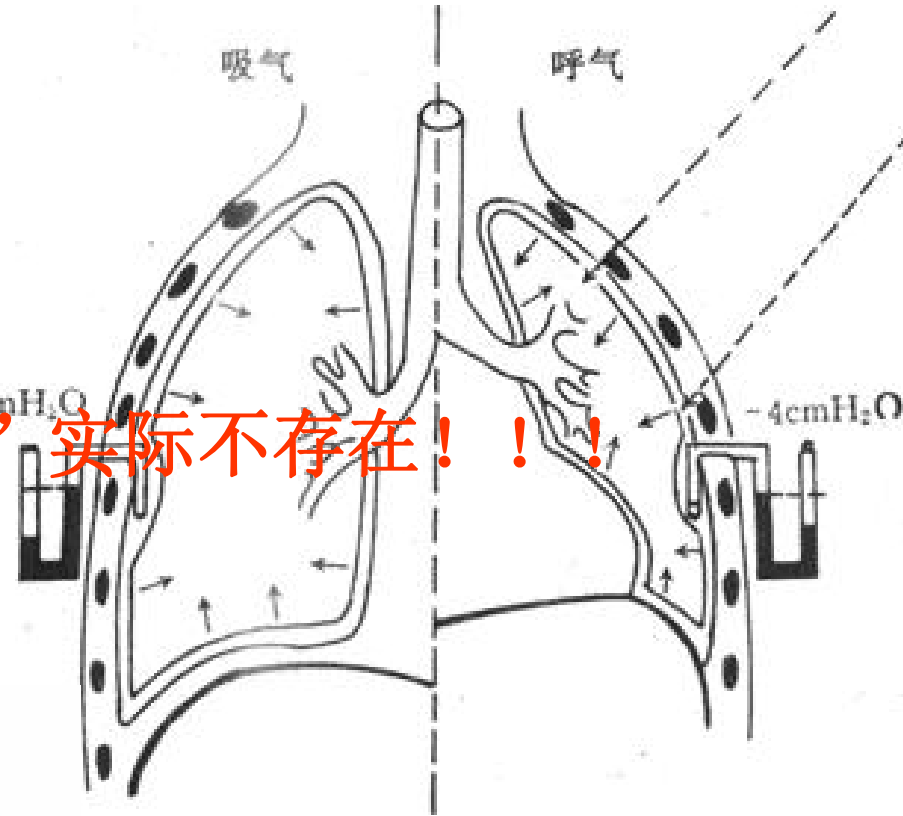
肺和胸廓之间的腔隙

胸膜：胸膜壁层、脏层

负压、少量浆液

正常情况下，胸膜“腔”实际不存在!!!

气胸



2. 呼吸道和肺 respiration tracts

呼吸系统

呼吸道

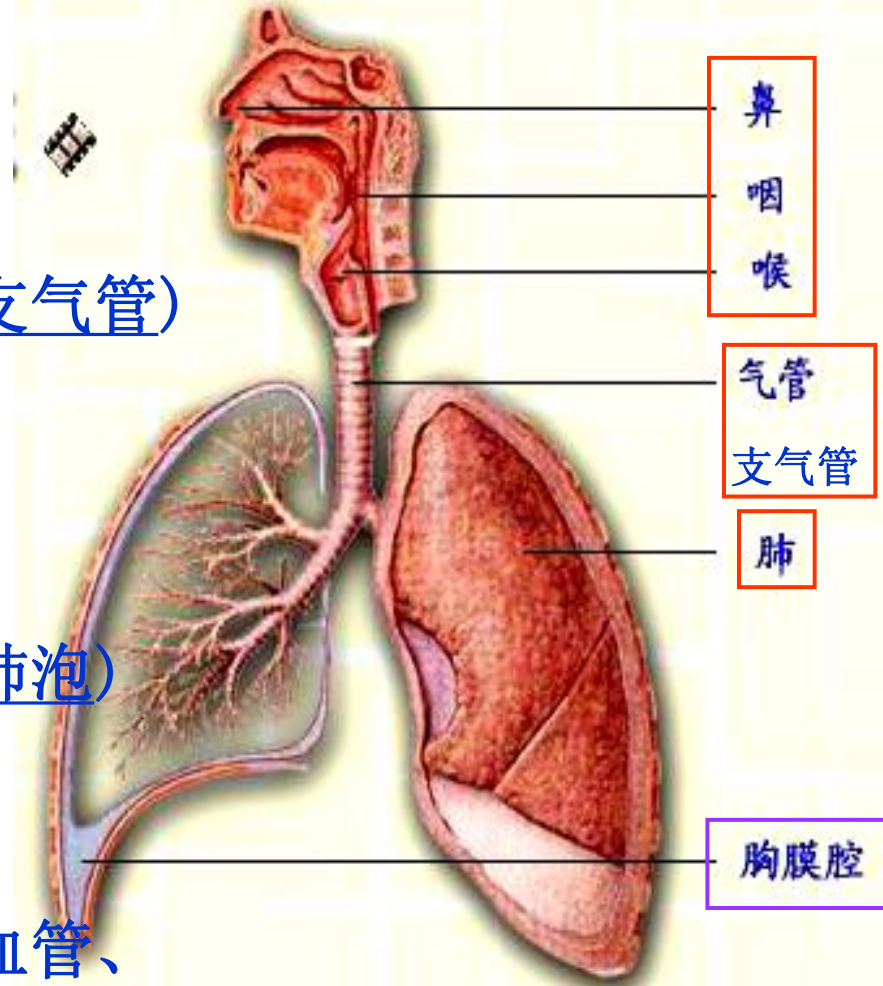
上呼吸道(鼻、咽、喉)

下呼吸道(气管、各级支气管)

肺

实质组织(支气管树、肺泡)

间质组织(结缔组织、血管、
淋巴管、淋巴结、神经)



■ 气管树

气管 至 肺泡 23级

气管

支气管

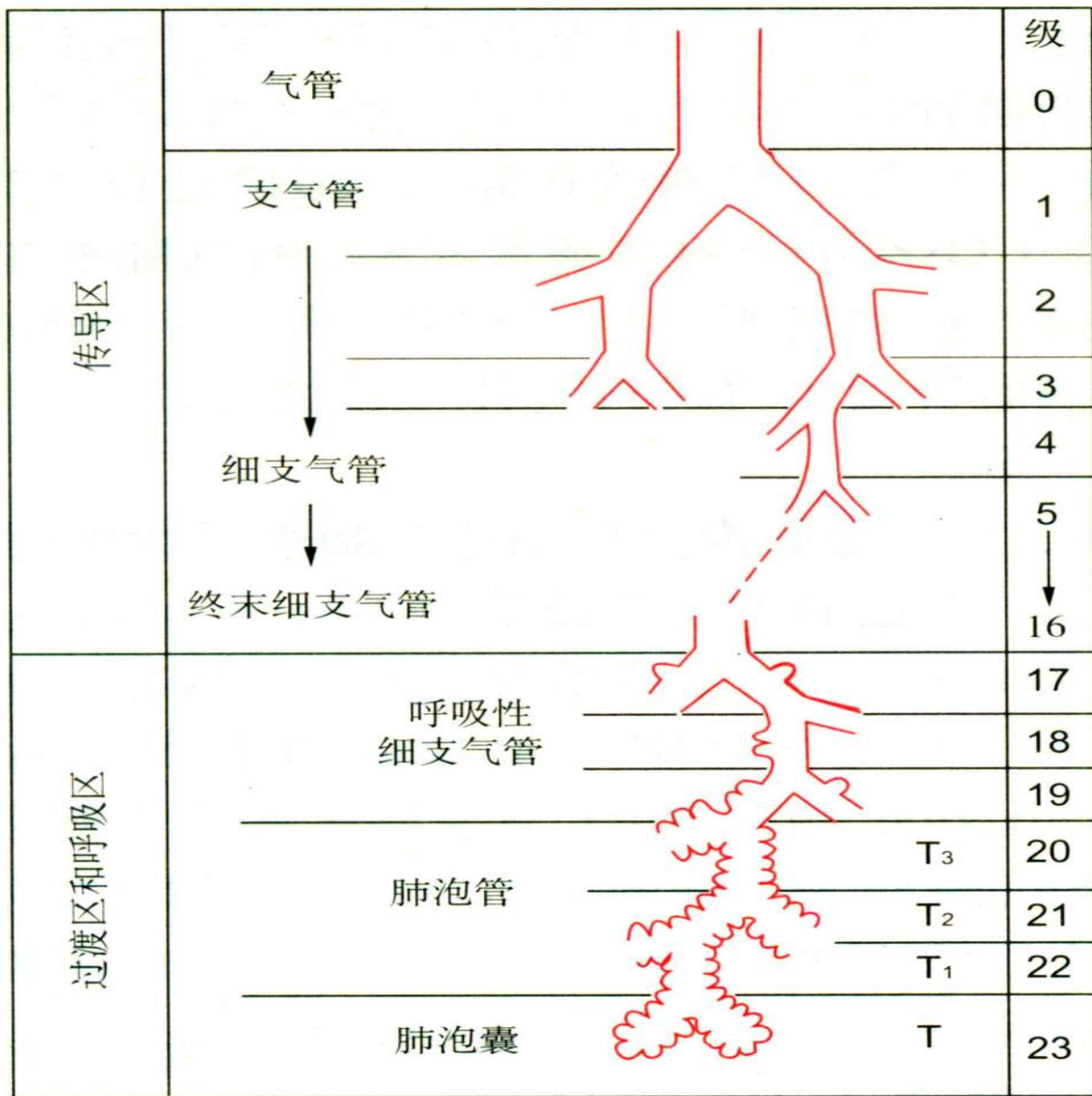
细支气管

终末支气管

呼吸性支气管

肺泡管/肺泡道

肺泡囊



■ 肺功能基本单位

呼吸性支气管 及 泡管、肺泡囊、肺泡

■ 呼吸道的功能 掌握

A 调节气道阻力

进而调节进气量、速度和呼吸功

B 保护作用

加湿、加温

清洁 阻挡大颗粒（鼻10um）

气管（2~10um）

尘细胞（<2um）

解剖结构和功能

通气部位 { 鼻、咽、喉
气管和气管树 } 通气, 清洁, 加温, 加湿, 分泌

呼吸部位 { 通气支气管
肺泡囊、肺泡 } 换气

气管黏膜

假复层纤毛柱状上

腺体

痰

气管平滑肌

气管痉挛

哮喘

感觉神经

喷嚏、咳嗽

3. 肺泡 Alveoli

气管树末端 膜性囊状结构 上布 capi 网



肺的呼吸部

■ 肺泡组成细胞

了解细胞，熟悉表面活性物质的作用

A I 上皮细胞 鳞状上皮细胞

呼吸膜结构

B II 上皮细胞

分泌表面活性物质 成分复杂

C 尘细胞



人体两肺有1.5~4亿肺泡，
表面积50~100 m²

- 肺泡表面活性物质 PS
磷脂蛋白复合物

主要的有 棕榈酰卵磷脂

- 表面活性物质功能 掌握

降低肺泡表面张力，

维持肺泡的大小，防止肺泡萎缩、塌陷

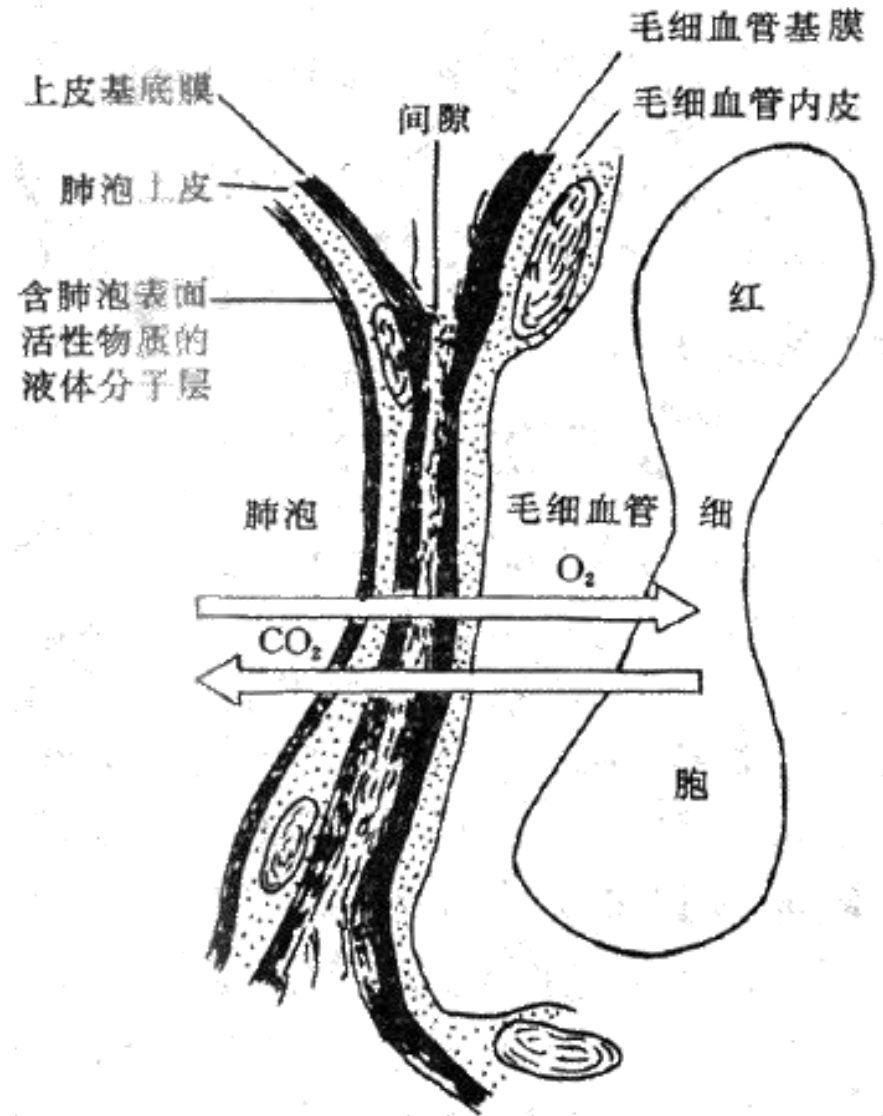
缺乏：

肺不张，增加通气阻力 肺水肿 危及生命

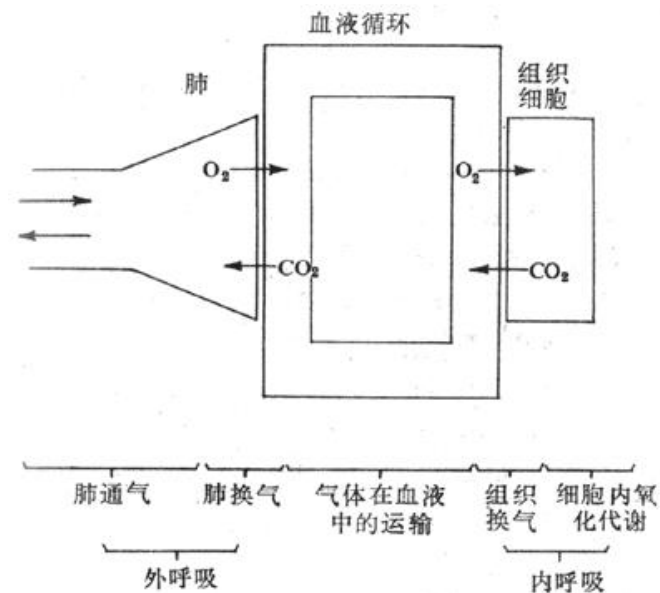
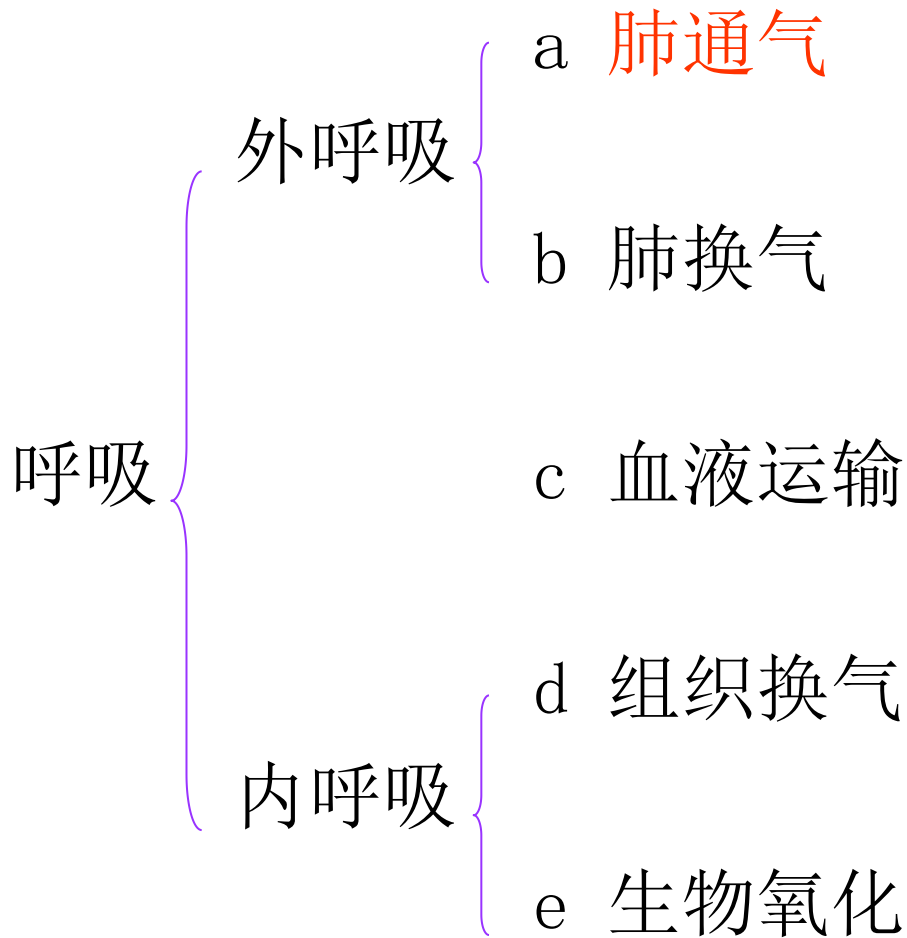
新生儿呼吸窘迫综合症

■ 呼吸膜 熟悉

- a 菲薄液体层
- b 肺泡上皮细胞
- c 肺泡上皮细胞基膜
- d 肺泡间质
- e 毛细血管基膜
- f 毛细血管上皮细胞



§5-3 肺通气原理



1. 肺通气的动力

- 原动力 呼吸运动
- 直接动力/本质 肺内压 与 大气压 之差
- 人工呼吸 artificial respiration
原理: 人工造成 肺内压 与 大气压 之差
A 正压法 — 口对口吹起
B 负压法 — 有节律举臂、挤压胸或背

前提/要点/注意:

首先清除异物，保持/保证呼吸道畅通。

2. 呼吸运动 respiratory movement

■ 呼吸肌

A 吸气肌 胸廓扩大 膈肌和 肋间外肌

B 呼气肌 胸廓缩小 肋间内肌、腹肌

C 助呼吸肌 胸锁乳突肌 背部肌肉

■ 呼吸运动形式

按程度、频率:

A 平静呼吸/ 平和呼吸 12~18 次 /min
腹式为主, 吸气主动, 呼气被动

B 深呼吸/用力呼吸
胸腹式, 鼻翼张动

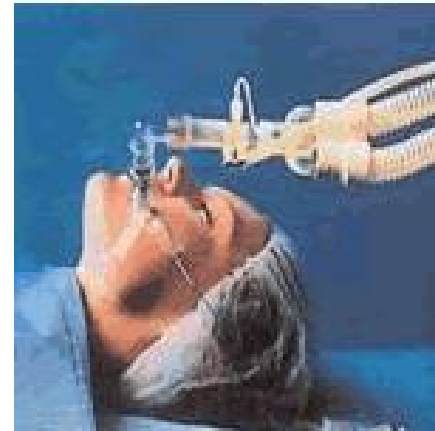
其它非正常生理:

C 剧烈呼吸

D 呼吸困难

E 呼吸停止

呼吸机



按肌群

A 胸式呼吸 thoracic breathing

肋间外肌，女性；

剧烈时肋间内肌、其它

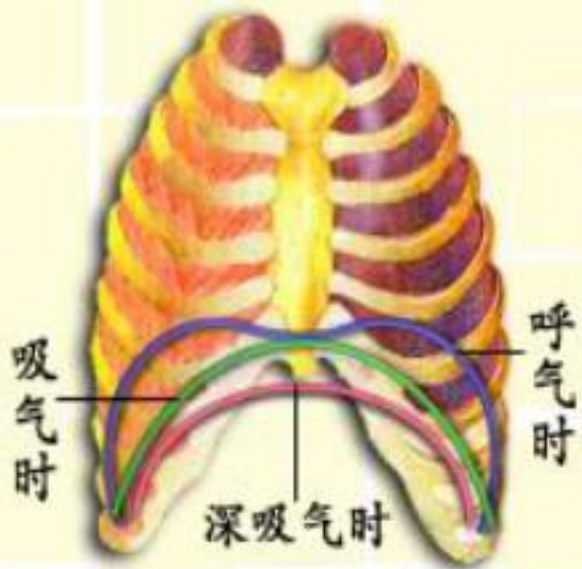
B 腹式呼吸 abdominal breathing

膈肌运动，平静呼吸，男性

C 胸腹式呼吸

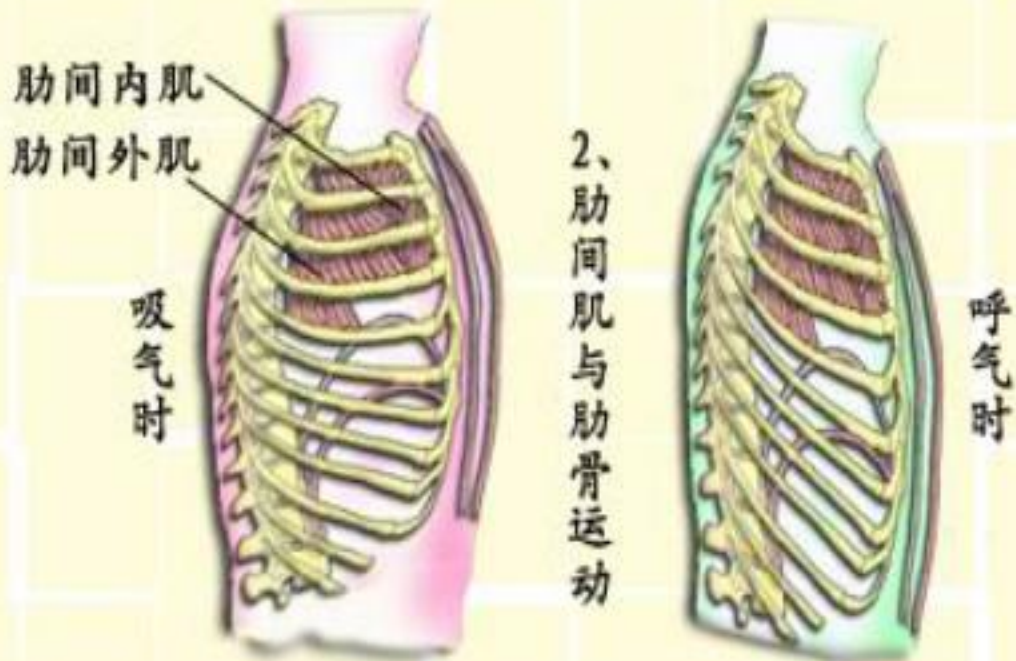
呼吸肌

主要的呼吸肌是膈肌和肋间肌，辅助呼吸肌包括腹部和颈部的肌肉。



1、呼吸运动中膈肌位置的变化

膈肌是最重要的呼吸肌。膈肌收缩时，其穹窿顶下移，使胸腔上下径增大，气体被吸入肺；膈肌舒张时，穹窿顶回位，胸腔上下径缩小，气体从肺内被驱出。

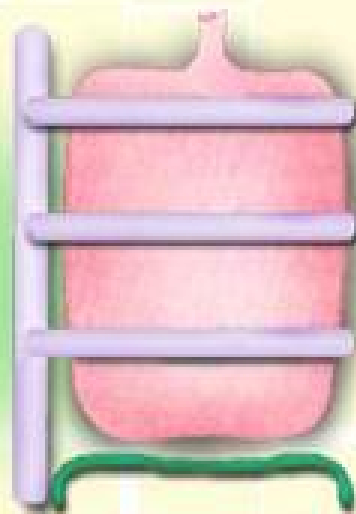


肋间肌包括肋间外肌和肋间内肌，前者肌纤维由后上至前下走向，后者肌纤维则由前上至后下。平静吸气时肋间外肌收缩，使肋骨上移并外展，胸骨上移，胸腔前后、左右径增大。平静呼气时，肋间外肌舒张，肋骨和胸骨回位，胸腔缩小。用力呼气时，肋间内肌和膈肌也参与收缩。

呼吸运动与肺通气



1、

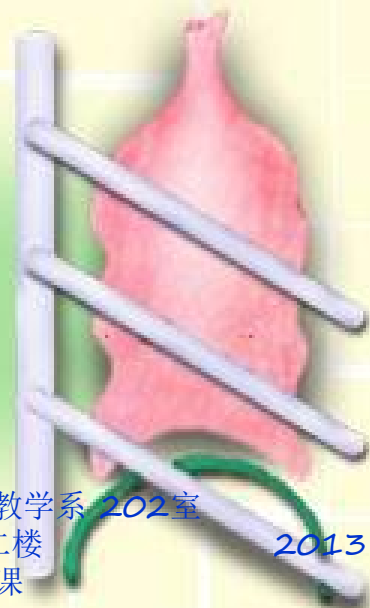


呼吸肌的舒张活动是实现肺通气的原动力。

1、平静吸气时，吸气肌收缩，胸腔容积扩大，肺被牵引而容积增大，肺内压下降至低于大气压，气体被吸入肺。

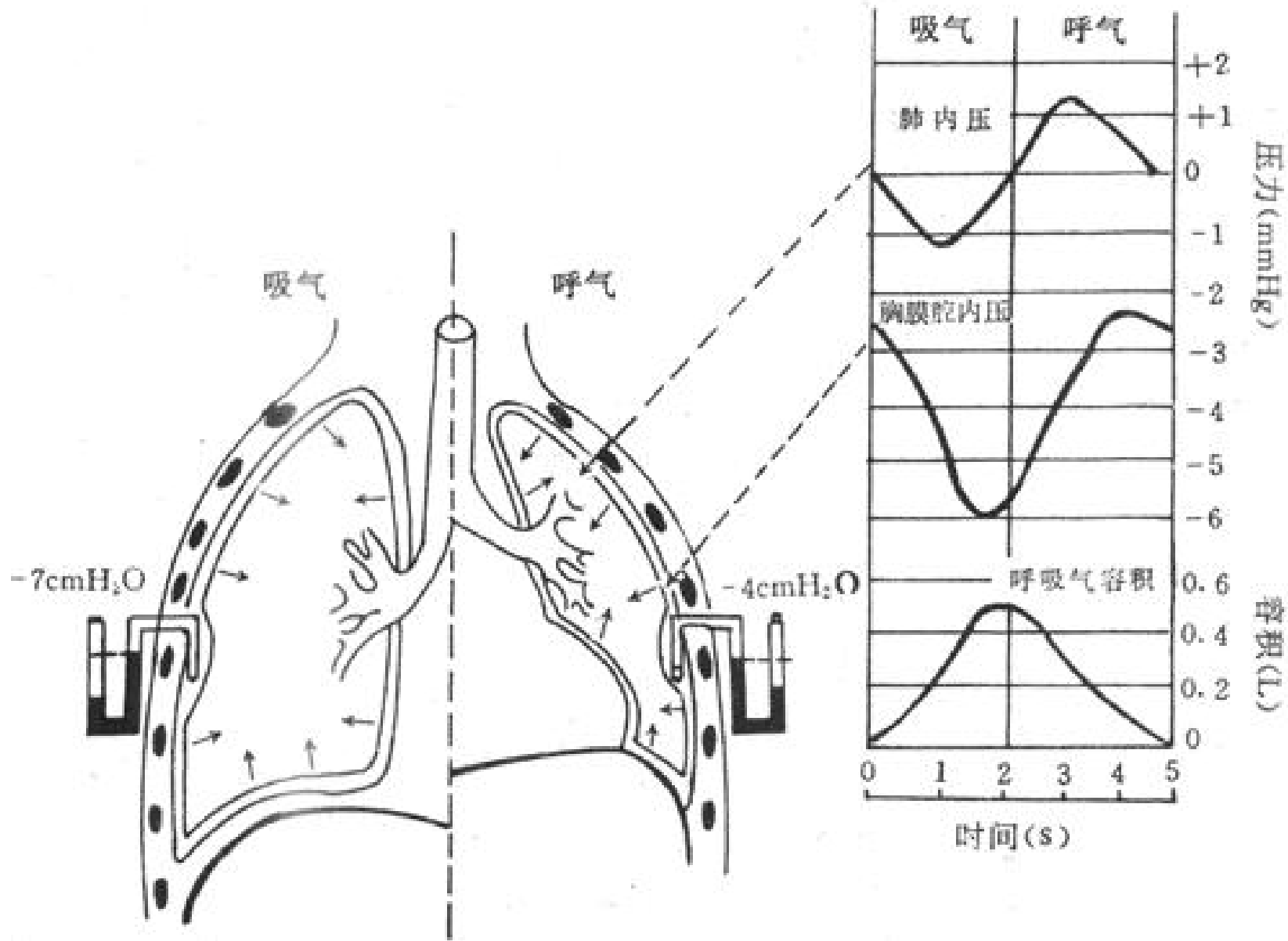
2、平静呼气时，吸气肌舒张，胸腔缩小，肺回位，肺内压上升至高于大气压，肺内气体被驱出。

2、



访问地址：食品质量与安全教学系 202室
乳研楼大厅左拐上二楼
2013年4月第5轮授课





3. 肺通气的阻力 了解

肺通气的阻力有两种

A 弹性阻力 约占总阻力的70%

肺的弹性阻力和胸廓的弹性阻力，是平静呼吸时的主要阻力

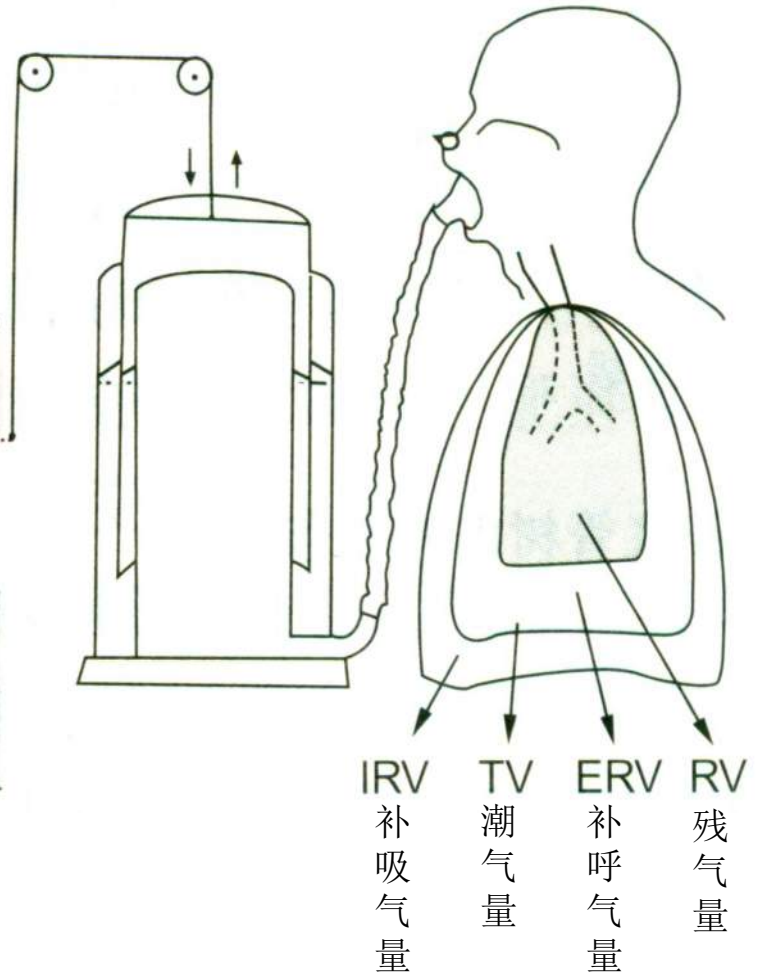
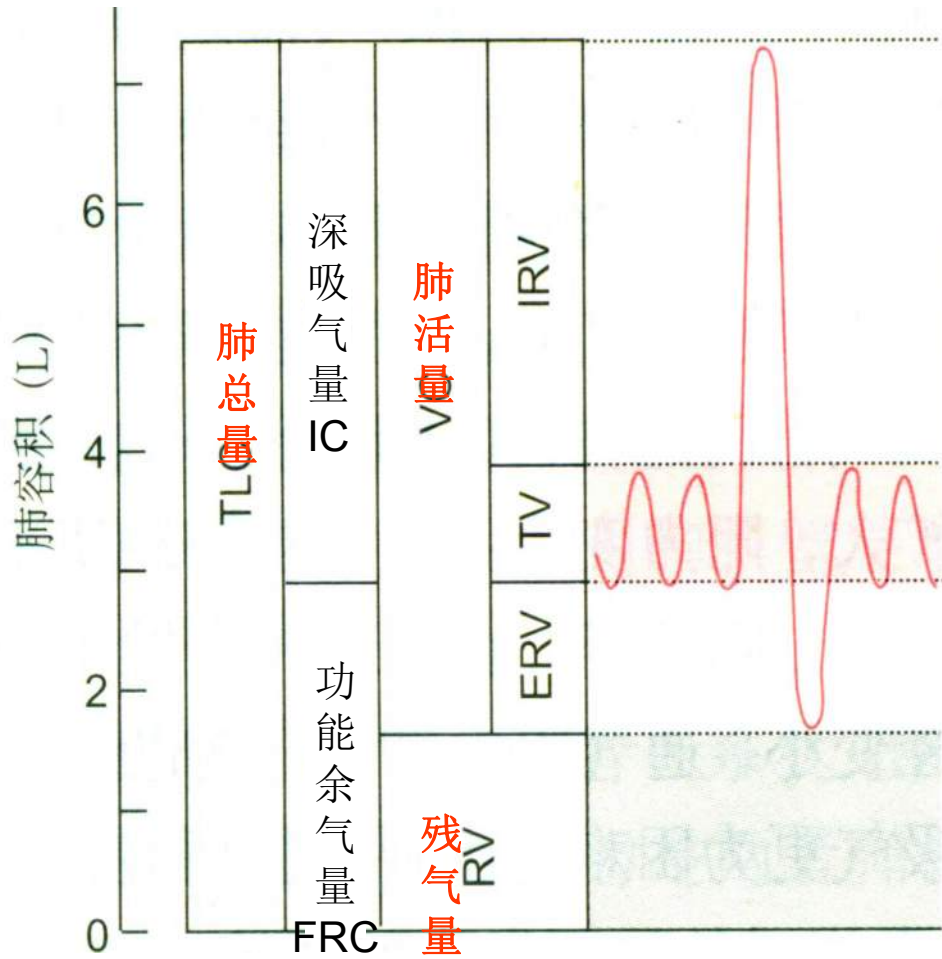
肺的弹性阻力（R）一般用顺应性（C）来度量

$$C = \frac{1}{R} = \frac{\text{肺容积变化} (\Delta V)}{\text{跨肺压得变化} (\Delta P)} \quad (\text{L/cmH}_2\text{O})$$

B 非弹性阻力 约占总阻力的30%，

气道阻力，惯性阻力和组织的粘滞阻力，其中又以气道阻力为主。

4. 肺容积 和 肺容量

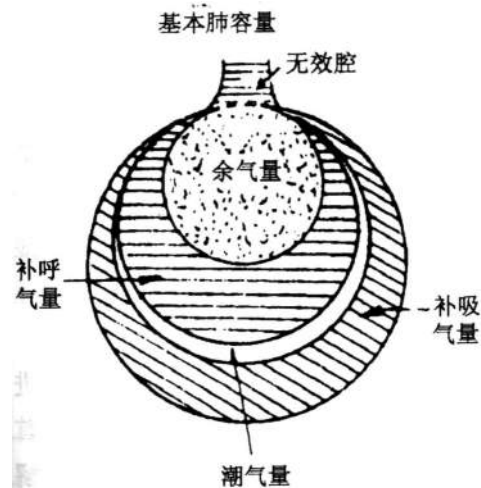


■ 肺容积 Pulmonary volume

指肺在不同状态下容纳气体量的变化

A 潮气量 Tidal Volume, TV 400-600 mL
每次吸入或呼出的气量。

肺泡通气量 = (潮气量 - 死区) × 呼吸频率
成年人 死区 150 mL左右



B 补吸气量
或 吸气贮备量 IRV 1500-2000 mL
平静吸气末再用力吸气所吸入的气量。

C 补呼气量 呼气贮备量 ERV 900-1200 mL

平静呼气末用力呼气所呼出的气量。

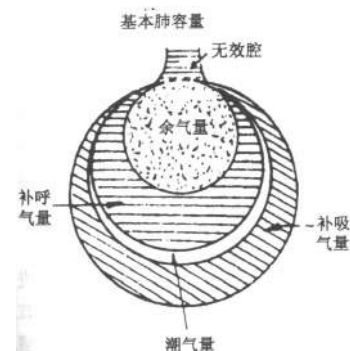
D 残气量/余气量 residual volume, RV 1000-1500mL

最大呼气末仍滞留肺中的气体量

E 肺总量 TC

潮气量 + 补吸气量 + 补呼气量 + 余气量

男 5000ml, 女 3500ml



■ 肺容量 pulmonary capacity

通气时表现的多项基本肺容积组合的气量。

A 深吸气量 IC 潮气量 + 补吸气量

B 功能余气量 FRC 补呼气量 + 余气量

C 肺活量 Vital capacity, VC

尽力吸气后尽力呼出量

反映一次通气的最大能力

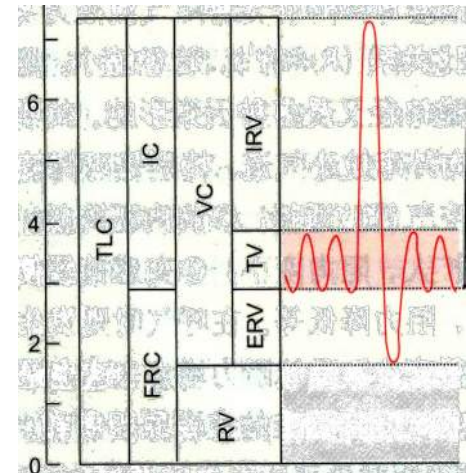
肺通气储备能力的指标

男 3500ml, 女 2500ml

D 用力肺活量和 用力呼气量 / 时间肺活量 p119, 130?

头3 秒钟的肺活量 83% 96% 99%

可评价肺通气：不仅反应肺容量，还反映气道阻力



§ 5-4 肺换气和组织换气

- 自学 教材 120—126

§ 5-5 气体在血液运输

- 自学 p126—134

- 要求掌握的概念和内容

1. 血氧容量、2. 血氧含量、3. 血氧饱和度
4. 紫绀
5. 氧气的运输主要形式, O_2 和Hb 结合后, Fe^{2+} 会被氧化成 Fe^{3+} 吗? 为什么?
6. CO_2 的运输有哪些形式? CO_2 和Hb是如何结合的?
7. CO_2 转变为 H_2CO_3 和 HCO_3^- 的主要场所在哪里? 哪个酶起催化作用。

§ 5-6 呼吸运动的调节

- 自学 p134—141

- 要求掌握内容

节律性呼吸（呼吸的基本）中枢在哪里？

END

April 27th, 2007
April 7th, 2008