1. 外呼吸：肺通气，肺换气
2. 血液中气体运输
3. 内呼吸：组织换气，细胞内氧化代谢

肺通气：肺与外界环境之间的气体交换过程，即外界环境中的O2肺中、肺中CO2排出体外的过程

呼吸器官：

1. 呼吸道：上呼吸道（鼻、咽、喉），下呼吸道（气管、支气管、终末细支气管）
2. 肺（呼吸性小支气管、肺泡管、肺泡囊、肺泡）

呼吸道黏膜的作用：

1. 丰富的毛细血管网，分泌粘液，加温和湿润吸入的空气，黏着尘粒等异物，通过纤毛运动将异物推至咽喉部咳出或吞咽
2. 感受刺激性或有害气体/异物的刺激，引起咳嗽喷嚏等保护性反射排除
3. 巨噬细胞（呼吸性细支气管、肺泡管、肺泡）吞噬异物颗粒或细菌；免疫球蛋白（粘膜分泌物）防止感染和维持粘膜完整性

肺泡的结构：

扁平上皮细胞（Ⅰ型细胞）

分泌上皮细胞（Ⅱ型细胞）

呼吸膜的组成与结构：

1. 肺表面活性物质：肺泡壁Ⅱ型细胞合成分泌的脂蛋白（二棕榈酰卵磷脂[DPPC]）

①动态地稳定肺泡容量，防止因吸（呼）气使肺容量过大（小）

②保持肺内相对“干燥”的环境

1. 液体分子
2. 肺泡上皮细胞
3. 间隙
4. 毛细血管基膜
5. 毛细血管内皮细胞

呼吸型：——有助于疾病诊断

1. 胸式呼吸：肋间外肌。胸部起伏明显
2. 腹式呼吸：膈肌。腹部起伏明显
3. 胸腹式呼吸：（大多健康哺乳动物）

呼吸音：呼吸运动时气体通过呼吸道和出入肺泡时摩擦产生的声音

意义：在胸廓表面或颈部气管附近听取呼吸音，提供诊断材料

肺内压：肺或肺泡内的压力（取决与呼吸的缓急、深浅和呼吸道压力，决定肺通气量的多少

胸内压/胸膜腔内压：胸膜腔内的压力（低于大气压的负压）

——：①保持肺泡膨隆状态②作用心脏和腔静脉，促进静脉血和淋巴液的回流和右心的充盈③作用食管，利于呕吐和反刍时胃内容物的逆呕

胸内压=肺内压-肺回缩力

胸内压=大气压-肺回缩力（吸、呼气末）

肺通气的阻力：

弹性阻力（70%）：肺弹性回缩力，胸廓的弹性回缩力

非弹性阻力：气道阻力（摩擦阻力），惯性阻力（呼吸时气管的移位）—因素：呼吸运动速度、深度、呼吸道管径

#顺应性：在外力作用下弹性组织的可扩张性

用单位压力变化引起的容积变化表示：C=△V/△P。单位=L/cmH2O

肺的顺应性中△P为跨肺压=肺内压与胸膜腔内压之差

肺容量

潮气量【TV】：平静，每次吸入或呼出的凄凉

补吸气量/吸气储备量【IRV】：平静吸气后，尽力深吸，所能在吸入的气量

补呼气量/呼气储备量【ERV】

余气量【RV】：最大呼气末肺内存留气量

功能余气量【FRC】：平静呼气末肺内存留气量=RV+ERV

肺活量【VC】：最大吸气后最大呼气，所能呼出的最大气量=TV+IRV+ERV

肺总量【TLC】：肺所能容纳的最大气量=VC+RV

肺通气量：单位时间进出肺的气体量

每分钟通气量=潮气量\*呼吸频率

解剖无效腔/死腔：鼻腔到呼吸性细支气管之前的呼吸道，无气体交换功能

每分肺泡通气量=（潮气量-无效腔容量）\*呼吸频率

肺泡无效腔：进入肺泡的气体因各种原因有一部分肺泡气不能与血液进行交换

生理无效腔=解剖无效腔+肺泡无效腔≈解剖无效腔

气体交换——气体分压差△P

1. 肺换气：肺泡与其周围毛细血管之间的气体交换—因素↑：
2. 呼吸膜的厚度/面积↓
3. 换气肺泡数量↑
4. 通气/血流比值（→正常0.84）：每分钟肺泡通气量（VA）和每分钟血流量（Q）的比值
5. 病理变化↓：肺水肿，肺纤维化，肺不张，肺毛细血管堵塞
6. 组织换气：血管与组织液之间的气体交换—因素↑

气体交换膜厚度↓

代谢水平：酸性代谢产物（CO2）促使毛细血管开放，血流量上升

病理变化↓：组织水肿（交换距离↑），组织间隙静水压（血流量↓）

气体分压：混合气体中某一气体成分构成的压力，占混合气体总压力的百分比

气体溶解度与气体分压成正比

气体扩散速度与溶解度成正比，与分子量平方根成反比

氧容量：每100ml血液，Hb结合O2的最大值。—Hb浓度

氧含量：一定氧分压下，Hb实际结合O2的量。—PO2

氧饱和度：氧含量和氧容量的百分比

Hb=珠蛋白分子+血红素（Fe2++吡咯素）\*4

HbO2鲜红色，动脉血中含量高

HHb暗红色，静脉血中含量高

波尔效应：

pH↓，O2亲和力↓

PCO2↑，O2亲和力↓

氧离曲线

上段：PO2在8.0～13.3 kPa， PO2对氧饱和度的影响不大

中段：PO2在5.3～8.0 kPa，满足安静状态下的氧需要

下段：PO2在2.0～5.3 kPa，当组织代谢增强时，有足够的O2供应，可看作是有机体的氧储备

—O2亲和力↑

温度↓

P50↓

2，3-DPG（二磷酸甘油酸）（红细胞无氧代谢产物）

CO2的运输

物理溶解（5%），化学结合（95%）

结合形式：

1. 碳酸氢盐（88%）

方程式：

氯转移：红细胞内生成的HCO3- 量超过血浆中的HCO3-含量时，透过红细胞膜顺浓度差扩散入血浆，同时等量Cl-离子由血浆扩散入红细胞，以维持细胞内外正负离子平衡

1. 氨基甲酸血红蛋白（Hb-NH2→Hb-NHCOOH）（7%）

呼吸调节：肺通气量↑—PO2↓，PO2↑

1. 神经调节

随意运动：清醒状态，大脑皮层控制的随意性呼吸

自主运动：低位脑干控制下自发的节律性呼吸

#呼吸中枢：中枢神经系统内产生和调节呼吸运动的神经细胞群

包括：脊髓、延髓、脑桥、间脑、大脑皮层

呼吸戒律形成假说：

呼吸的反射性调节：

1. 肺牵张反射：肺扩张反射，肺缩小反射
2. 呼吸肌本体感受性反射
3. 防御性呼吸反射

化学因素对呼吸的调节：动脉血液或脑脊液中

1. O2

低浓度直接抑制延髓中枢，甚至呼吸障碍，甚至呼吸停止

低浓度刺激外周感受器，呼吸加深、加快

1. CO2

刺激中枢化学感受器

刺激外周感受器，冲动沿窦神经、迷走神经入延髓，反射性地呼吸加深、加快，增加肺通气

1. H+

浓度增加，呼吸加深、加快

浓度降低，呼吸抑制

（中枢化学感受器更敏感，但血-脑屏障限制）

化学感受器：

外周~：颈动脉体（主要呼吸），主动脉体（主要循环）

中枢~：延髓腹外侧浅表部位（头端区、中端区、尾端区）—刺激：动脉血的[H+]、CO2

1. 体液调节

PO2、PCO2、[H+]

鳃血管：

交感神经：去甲肾上腺素，增加流经鳃板血流

副交感神经：乙酰胆碱，减少鳃板的血流

两栖类呼吸特点

1. 幼体-鳃，成体-肺、皮肤、口腔粘膜
2. 氧需溶解才能扩散入血液，呼吸表面必须保持湿润
3. 气管无分支，直接与肺接，气体交换系统效率较低

昆虫呼吸特点

气管系统，既是取氧器官，也是送氧至组织细胞的运输系统

昆虫呼吸运动三个时期

1. 吸入期：空气从气管系统进入体内
2. 代偿期：胸腹部气门关闭，空气进入较小气管，转移到后部
3. 呼出期：空气从后部气门排出