



北京大学医学出版社

# 缺氧 ( Hypoxia )



首都医科大学燕京医学院  
王岩梅



# 目 录

1

**缺氧的概念和常用的血氧指标**

2

**缺氧的类型、原因和发病机制**

3

**缺氧对机体的影响**

4

**缺氧治疗的病理生理基础**



## 掌握：

- ❖ 缺氧和发绀的概念
- ❖ 常用血氧指标的概念及其主要影响因素
- ❖ 四种类型缺氧的概念、常见原因和血氧变化特点
- ❖ 缺氧时呼吸系统和心血管系统的变化及其机制

## 熟悉：

- ❖ 氧解离曲线的特点及其主要影响因素
- ❖ 缺氧时红细胞和血红蛋白增多的机制
- ❖ 缺氧对中枢神经系统的影响和缺氧时组织细胞的代谢变化

## 了解：

- ❖  $P_{50}$  的概念
- ❖ 给氧治疗的病理生理基础



# 第一节 缺氧的概念和常用的血氧指标

## 一、缺氧的概念

# 外界的氧是怎样被细胞利用的？

氧从外界进入到组织细胞被利用可分成四个基本环节：肺通气、肺换气、气体在血液中的运输及组织换气。（下页图所示）

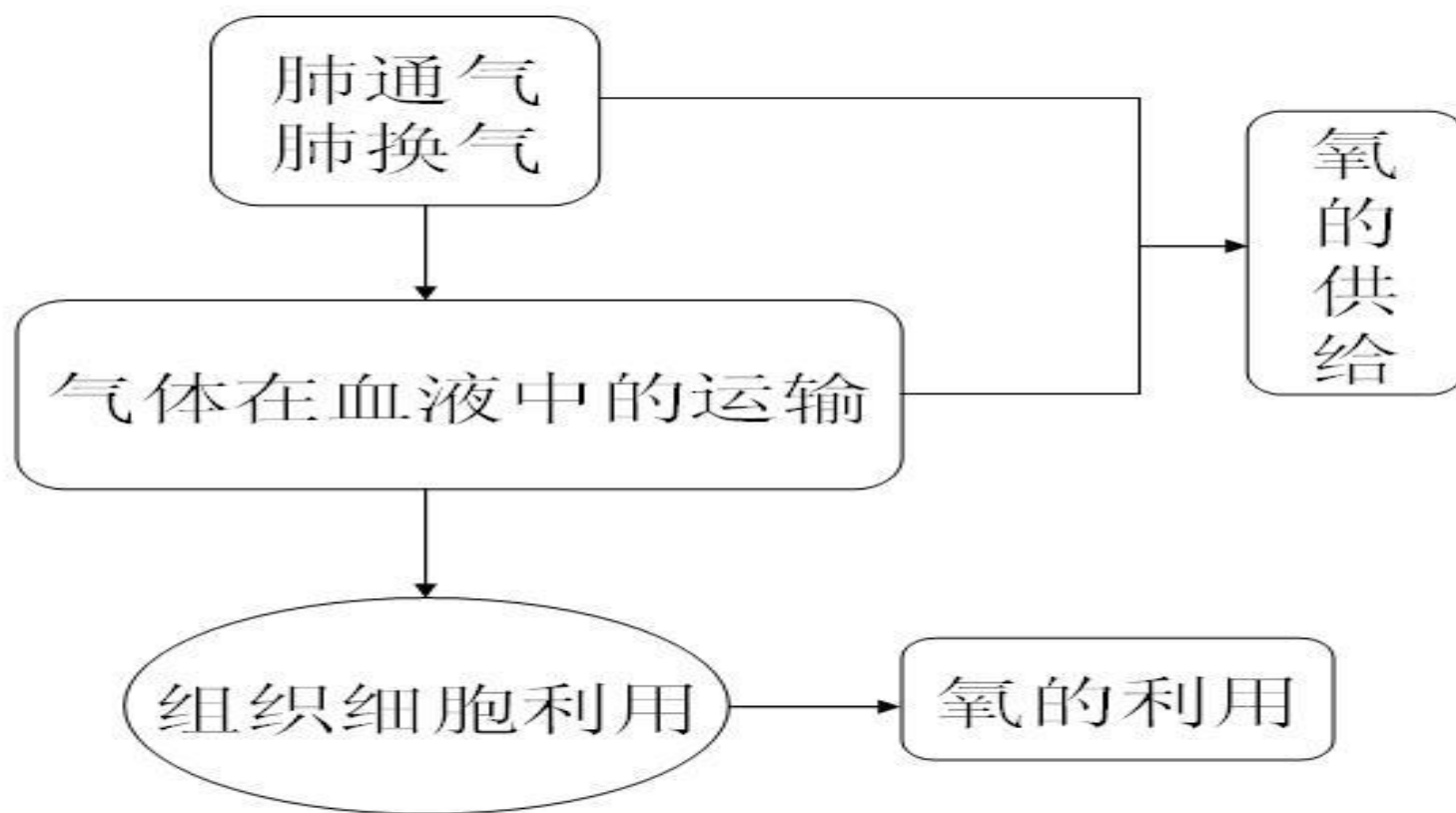


图5-1 氧的供给与利用的基本环节



## 缺氧

指氧的供给或利用障碍，导致机体的功能、代谢、形态、结构发生异常改变的病理过程。



## 二、常用的血氧指标

反映氧状态的主要指标有：

血氧分压、血氧容量、血氧含量、血氧饱和度和、A-V氧含量差、氧离曲线及 $P_{50}$ 。



**(一) 血氧分压**  
**(Partial pressure of oxygen)**  
是指溶解在血液中氧分子所产生的张力。

**正常值：**

**$\text{PaO}_2$ : 100 mmHg**

**$\text{PvO}_2$ : 40 mmHg**



## (二) 血氧容量

### (Oxygen binding capacity in blood)

指在氧分压150 mmHg，二氧化碳分压40 mmHg和温度38℃的条件下，100ml血液中的血红蛋白被氧充分饱和时的最大带氧量。

正常值：200ml/L 。



### (三) 血氧含量

### Oxygen content in blood

指100毫升血液的实际带氧量。

正常值：动脉血氧含量 ( $CaO_2$ ) 约为190ml/L  
静脉血氧含量 ( $CvO_2$ ) 约为140 ml/L

## (四) 动-静脉血氧含量差

动脉血氧含量与静脉血氧含量的差值称为动-静脉血氧含量差。

正常值：平均约为60~80 ml/L。

## (五) 血氧饱和度 (Oxygen saturation of hemoglobin)

指血液中 $\text{HbO}_2$ 的量与血红蛋白总量之比, 即 $\text{HbO}_2 / (\text{HbO}_2 + \text{Hb})$ 。血氧饱和度反映Hb与 $\text{O}_2$ 的结合程度。近似等于血氧含量与血氧容量的百分比。

正常值:  $\text{SaO}_2$  : 95%~97%  
 $\text{SvO}_2$ : 70~75%

## (六)氧离曲线

是指血氧饱和度和血氧分压之间的关系称氧合血红蛋白解离曲线，简称氧离曲线。影响因素：2, 3-DPG、血液pH值、CO<sub>2</sub>分压及温度。

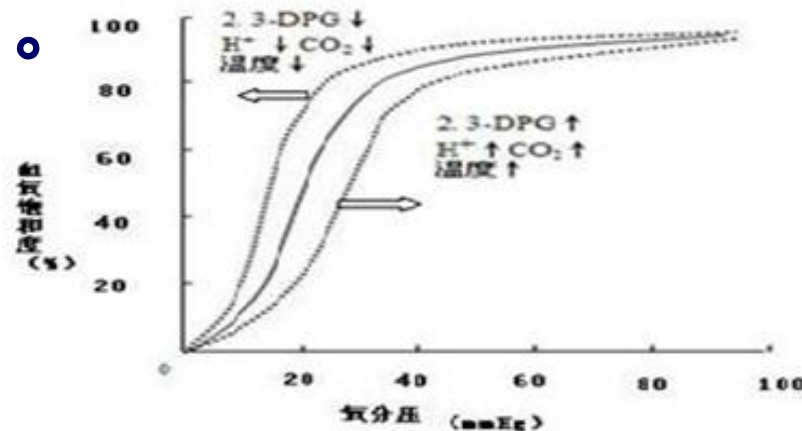


图5-2氧离曲线及其影响因素



## (七) $p_{50}$

是指血氧饱和度为 50%时的氧分压。

正常值：26～27mmHg

反映血红蛋白与氧亲和力的指标。

$p_{50}$ 增大时, 与血红蛋白氧亲和力小,

$p_{50}$ 减小时, 血红蛋白与氧亲和力大。

## 第二节 缺氧的类型、原因和发病机制

按照发病环节可将缺氧分为：

乏氧性缺氧、血液性缺氧、循环性缺氧和组织性缺氧四种类型。

## 病 例

某患者,咳嗽、痰多、喘憋加重伴发热入院。体检:体温38.9°C,脉搏120次/分,呼吸28次/分。口唇、指尖部皮肤发绀。胸廓略呈桶状,肋间隙稍增宽,双肺呼吸音粗并可闻及大量痰鸣音,右下肺呼吸音低。

问题:

1. 根据病例描述分析患者出现哪种类型缺氧?
2. 此型缺氧的血氧变化特点有哪些?

# 一、乏氧性缺氧 (Hypoxic hypoxia)

指肺泡氧分压降低或静脉血分流入动脉引起的缺氧。其基本特征是动脉血氧分压降低，血氧含量减少，组织供氧不足又称低张性低氧血症。

原因：

外界氧供应不足；外呼吸功能障碍；静脉血未经氧合流入动脉。

## 主要特点:

动脉氧分压降低；血氧含量下降；血氧容量正常(慢性的缺氧增高)；血氧饱和度下降；动静脉氧含量差降低(慢性的缺氧增高)。

# 概念

**发绀 (Cyanosis)** : 正常情况下, 毛细血管中脱氧血红蛋白的平均浓度为26g/L。乏氧性缺氧时, 动脉血和静脉血中氧合血红蛋白含量降低, 脱氧血红蛋白增多。当毛细血管血液中脱氧血红蛋白的平均浓度超过50g/L时, 皮肤和黏膜呈青紫色, 称为发绀。



## 二、血液性缺氧 ( Hemic hypoxia )

由于血红蛋白质或量的改变，以致血液携带氧的能力降低而引起的缺氧称为血液性缺氧。因血氧分压正常，故又称为等张性低氧血症。



**原因：**

**严重贫血；一氧化碳中毒；高铁血红蛋白血症。**

**主要特点：**

**血氧分压正常；血氧容量下降；血氧含量下降；  
血氧饱和度正常；动静脉氧含量差下降。**

**严重贫血患者面色苍白；一氧化碳中毒患者皮肤和黏膜呈现櫻桃红色；高铁血红蛋白呈棕褐色，患者皮肤和黏膜呈咖啡色。**



# 概念

## 肠源性发绀 (Enterogenous cyanosis)

因进食亚硝酸盐形成高铁血红蛋白，使患者皮肤出现类似发绀的咖啡色，称为肠源性发绀。

## 病 例

某公司96名员工在内部食堂午餐后出现不同程度的头胀、头晕、恶心、呕吐、腹泻、腹痛伴皮肤青紫等症状，经调查确认是因食物受到亚硝酸盐污染而引起的中毒事件。

### 问题：

1. 进食含亚硝酸盐的食品会造成中毒，它引起的缺氧属于哪种类型？
2. 亚硝酸盐中毒引起缺氧的机制是什么？
3. 案例中是否存在肠源性发绀？有何表现？

### 三、循环性缺氧

## Circulatory hypoxia

因组织血流量减少引起的组织供氧不足，  
又称为低动力性缺氧。

原因：

- 全身性血液循环障碍 （缺血性和淤血性）
- 局部血液循环障碍 （缺血性和淤血性）

**主要特点：PaO<sub>2</sub>、血氧容量、动脉血氧含量和血氧饱和度均正常，动-静脉血氧含量差增大。（肺循环正常时）**

**缺血性缺氧患者皮肤苍白；淤血性缺氧患者因动-静脉血氧含量差增大，脱氧血红蛋白增多，皮肤黏膜呈现青紫色，即发绀。**



## 四、组织性缺氧 (Histogenous hypoxia)

在组织供氧正常的情况下，因组织细胞不能利用氧进行新陈代谢，使生物有氧氧化过程受阻所引起的缺氧称为组织性缺氧或氧利用障碍性缺氧。

**原因：1. 抑制细胞氧化磷酸化 ； 2. 线粒体损伤 ； 3. 维生素缺乏 。**

**主要特点：PaO<sub>2</sub>、动脉血氧含量、动脉血氧容量和血氧饱和度均正常。动-静脉血氧含量差减小。**

**因细胞利用氧障碍，使氧合血红蛋白增多，患者皮肤和黏膜呈现玫瑰红色。**

## 第三节 缺氧对机体的影响

### 一、呼吸系统的变化

#### (一) 代偿性反应

#### 呼吸运动增强的代偿意义

- 增加肺泡通气量
- 增加回心血量

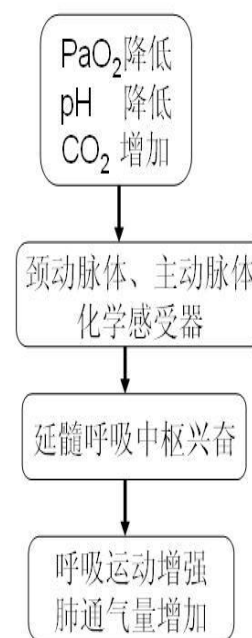
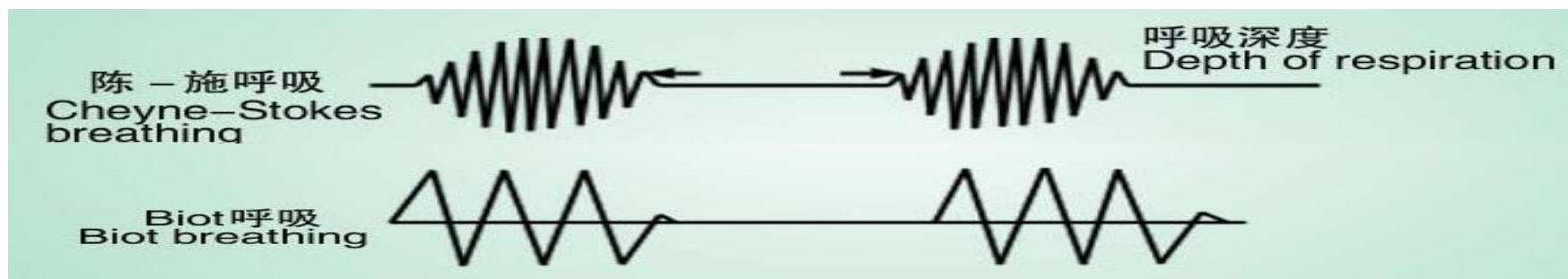


图5-1 乏氧性缺氧时呼吸系统的变化

## (二) 损伤性变化

- 高原肺水肿
- 中枢性呼吸衰竭

$\text{PaO}_2 < 30\text{mmHg}$   $\longrightarrow$  抑制呼吸中枢





## 二、循环系统的变化

### (一) 代偿性反应

- 心输出量增加
- 血液重新分布
- 组织毛细血管增生

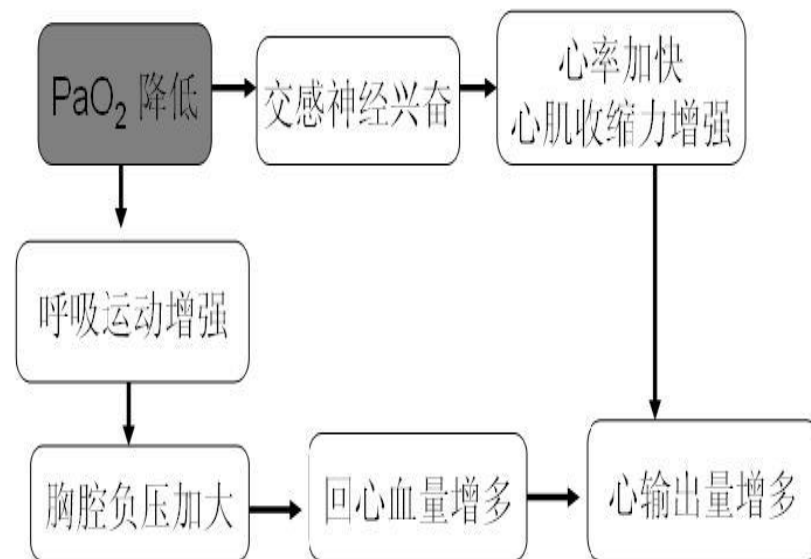


图5-2 心输出量增多的主要机制

## (二) 损伤性变化

- 肺血管收缩
- 肺动脉高压
- 心肌舒缩功能降低
- 心律失常

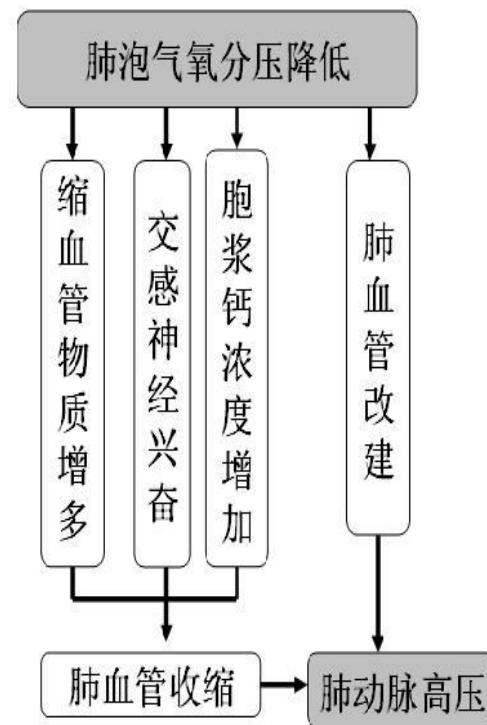


图5-3 缺氧性肺动脉高压的形成机制

### 三、血液系统的变化

- **红细胞增多：**由于慢性缺氧，可刺激骨髓造血，缓解缺氧。
- **氧离曲线右移：**2, 3—DPG是红细胞糖酵解产物，它是影响血红蛋白和氧亲和力的重要因素。释放到组织的氧增加，缓解缺氧。

**红细胞数量增加及氧离曲线右移也会加重缺氧。**

## 四、中枢神经系统变化

### (一) 代偿性反应

轻度缺氧, 病人出现兴奋, 欣快感, 判断力降低, 运动不协调, 头痛、疲劳等精神活动障碍。

### (二) 损伤性变化

严重缺氧, 病人烦躁不安、惊厥、昏迷、乃至死亡。

细胞形态: 神经细胞水肿、变性、坏死。

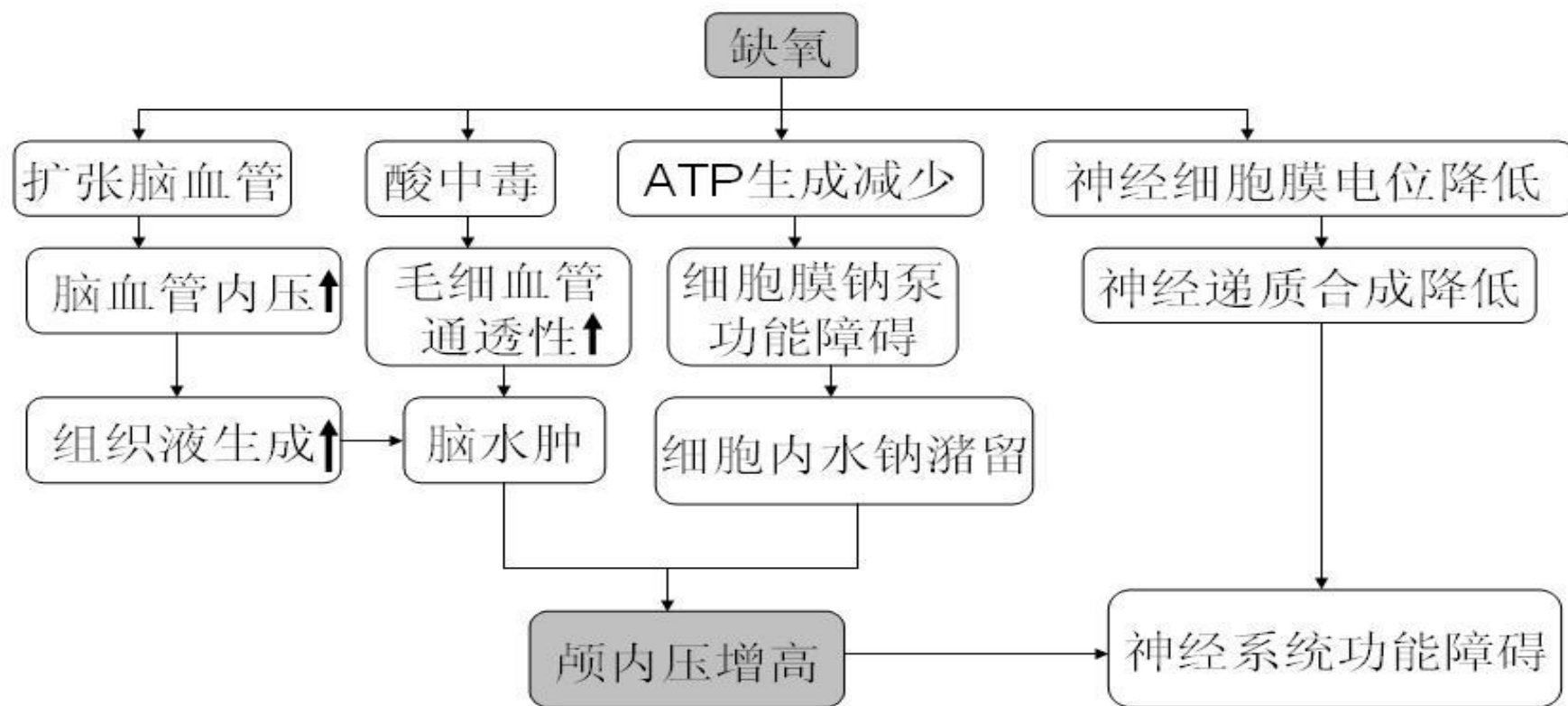


图5-4 缺氧性中枢神经系统功能障碍的机制

## (一) 代偿性反应

- 线粒体数目增多
- 糖无氧酵解增强
- 肌红蛋白增加
- 低代谢状态

## (二) 损伤性变化:

- 细胞膜损伤
- 线粒体损伤
- 溶酶体损伤

## 第四节 缺氧治疗的病理生理基础

- 消除引起缺氧的原因。
- 给氧疗法。