

# 呼吸系统生理与机械通气基础知识



# 学习内容

---

1

呼吸系统的解剖与生理

2

机械通气的历史

3

机械通气的工作原理

4

机械通气的临床应用

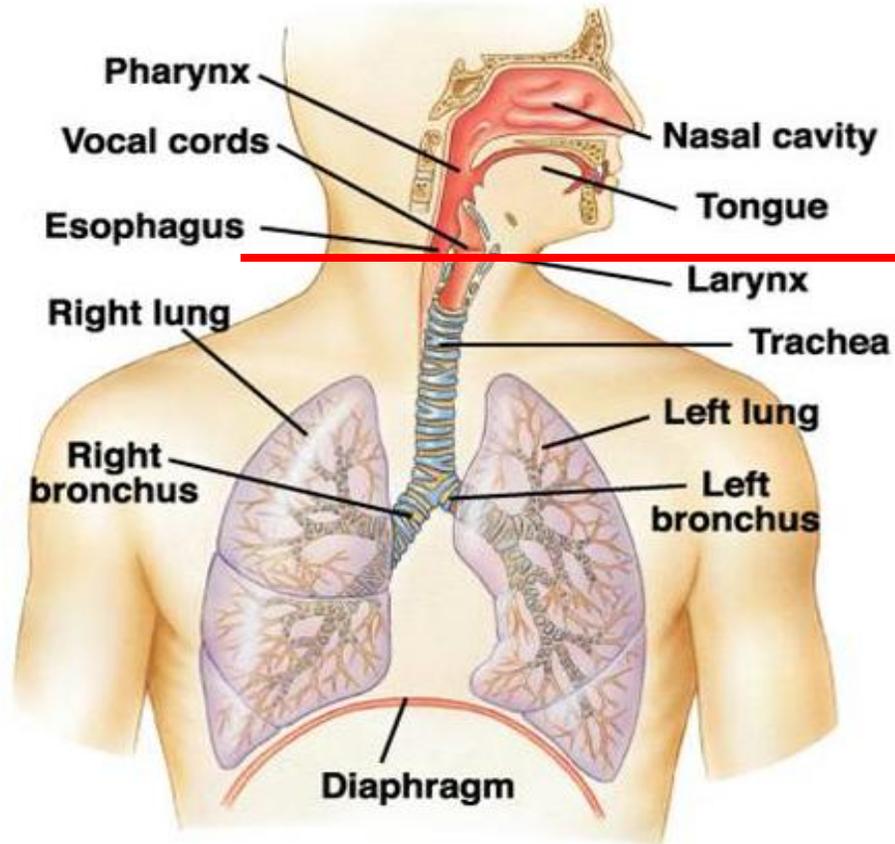
# 机械通气

---

1

呼吸系统的解剖与生理

# 呼吸系统的解剖



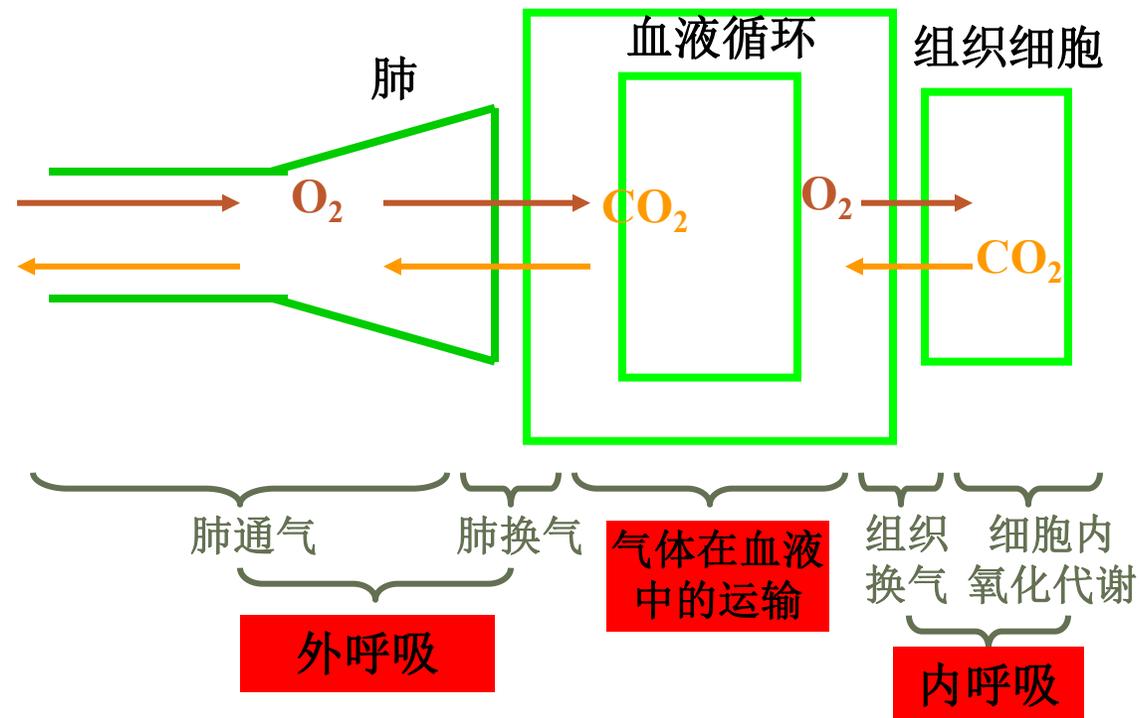
上呼吸道：  
鼻、咽、喉

下呼吸道：  
气管、支气管、  
支气管树、肺泡

# 什么是呼吸

## 呼吸

- 机体与外界环境之间的气体交换过程
- 由3部分组成：外呼吸、气体的运输、内呼吸

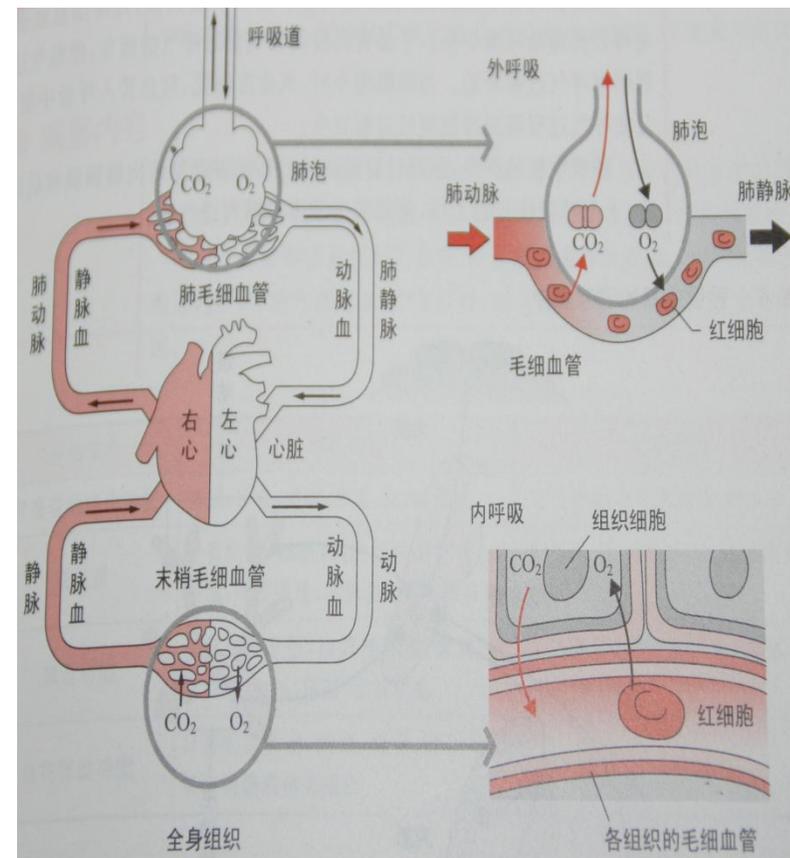


# 什么是呼吸

外呼吸 { 肺通气: 外界空气—肺  
肺换气: 肺泡—毛细血管

气体运输 气体在血液中的运输

内呼吸 { 组织换气: 血液—组织细胞  
细胞内氧化代谢



# 肺通气生理 (1)

---

## 肺通气的动力

- 吸气为负压
  - 吸气肌收缩产生
- 呼气为正压
  - 平静呼吸时靠呼吸系统的弹性回缩力产生

## 肺通气的阻力

- 弹性阻力
  - 平静呼吸时占总阻力的70%
- 非弹性阻力
  - 主要是气道阻力（呼吸道内径）



# 肺通气生理（2）

---

肺通气可以看作是**动力**克服**阻力**的过程

- 结果是产生气体的运动

呼吸的调节

- 呼吸中枢（桥脑）
- 呼吸的反射性调节
- 呼吸的化学性调节

动力不足 和/或 阻力增大

均可导致通气功能衰竭

# 肺换气生理

## 肺换气

- 肺泡与肺毛细血管之间的气体交换过程

## 肺换气的形式为弥散

## 影响弥散的因素：

- 气体分压差
  - 氧疗的基础
- 气体的分子量和溶解度
- 弥散面积和距离

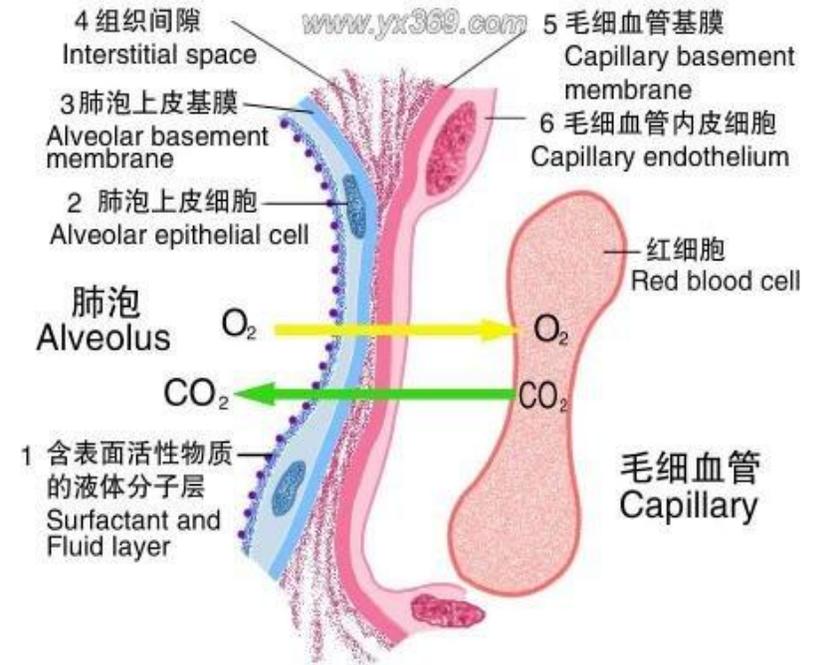
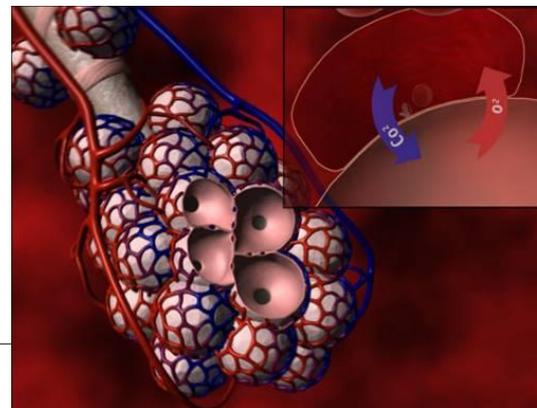
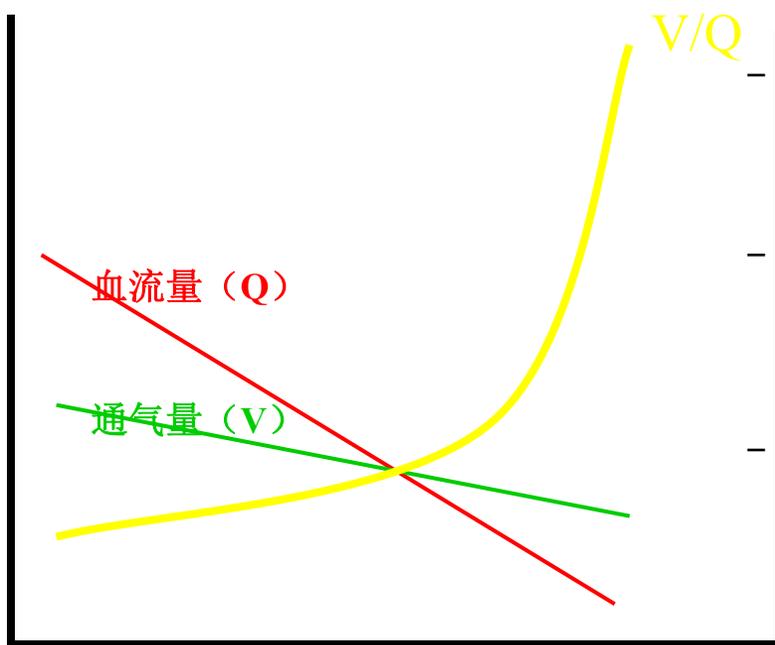


图 - 呼吸膜示意图

# 通气 (V) / 血流 (Q)



肺的通气量与血流量之间必须保持协调



- ❑ 肺尖V/Q大，肺底V/Q小
- ❑ 总体上V/Q约等于0.8
- ❑ 死腔样通气
- ❑ V/Q过大
- ❑ 动-静脉短路
- ❑ V/Q过小

(肺底)

肋骨数

(肺尖)

# 什么是呼吸衰竭

---

## 广义的呼吸衰竭

- 组织水平的气体交换障碍
  - 呼吸、循环、血液、组织代谢异常均可造成呼吸衰竭

## 狭义的呼吸衰竭

- 肺通气和/或肺换气衰竭

# 换气功能障碍为主的呼吸衰竭

---

## 代表性病变

- 急性肺损伤（ALI）

急性呼吸窘迫综合征（ARDS）

## I 型呼吸衰竭

- $\text{PaO}_2 < 60\text{mmHg}$ ， $\text{PaCO}_2$  正常或降低

# 通气功能障碍为主的呼吸衰竭

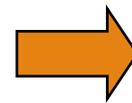
---

## 代表性病变

- 慢性阻塞性肺疾病（COPD）急性发作

## II 型呼吸衰竭

- $\text{PaO}_2 < 60\text{mmHg}$ ,  $\text{PaCO}_2 > 50\text{mmHg}$

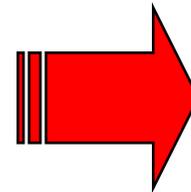


# 肺通气的动力

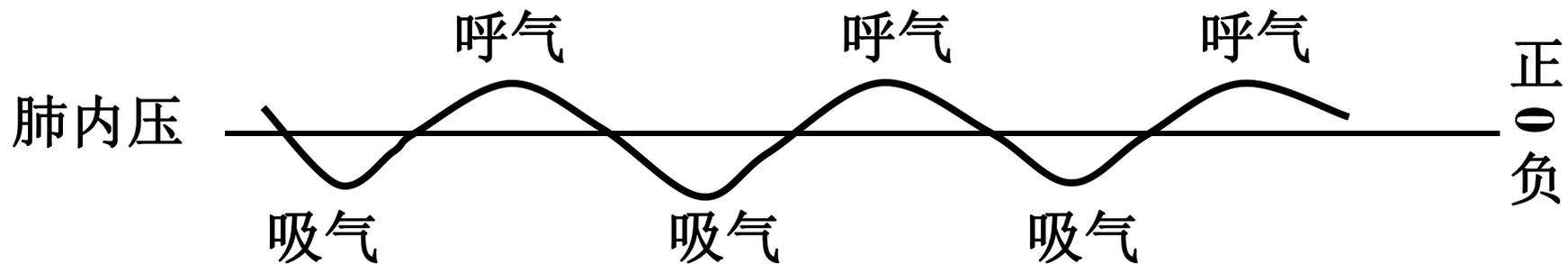
---

肺通气直接动力：[肺内压](#)与大气压之差

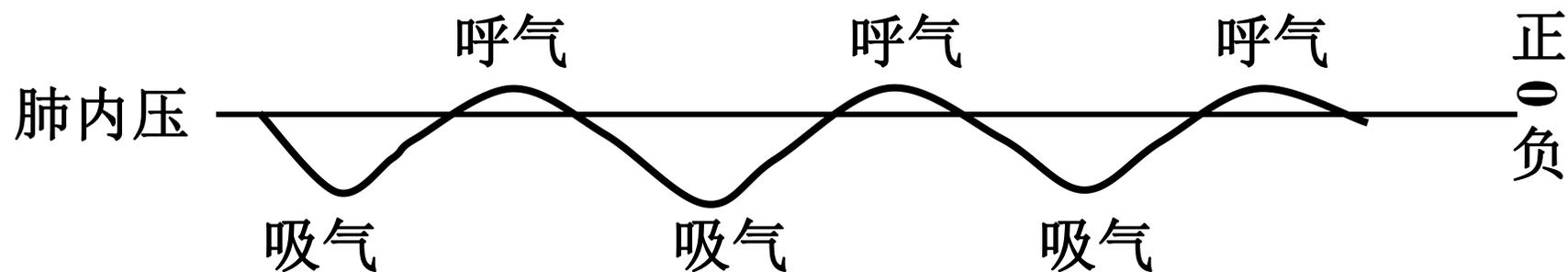
肺通气间接动力：呼吸运动 [呼吸肌](#)



# 肺通气直接动力



# 肺通气生理 (2)



## 肺通气的动力

- 吸气为负压
  - 吸气肌收缩产生
- 呼气为正压
  - 平静呼吸时靠呼吸系统的弹性回缩力产生

## 肺通气的阻力

- 弹性阻力
  - 平静呼吸时占总阻力的70%
- 非弹性阻力
  - 主要是气道阻力

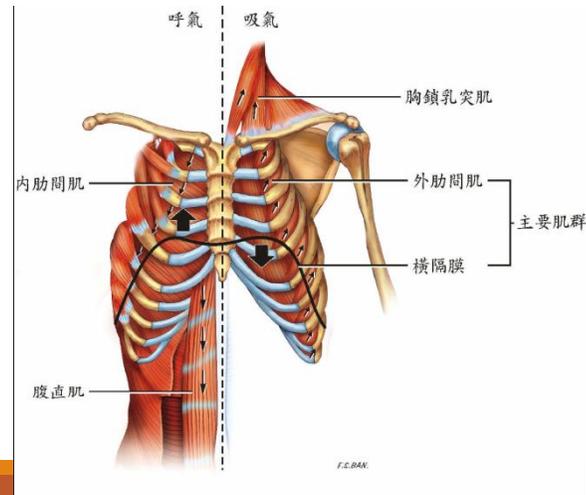
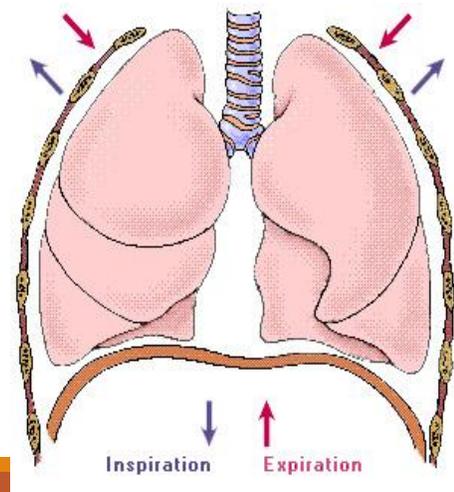


# 呼吸运动

## 呼吸肌

吸气肌：膈肌、肋间外肌(胸大肌、胸小肌、斜骨肌、胸锁乳突肌、锯肌)

呼气肌：肋间内肌（腹壁肌）



# 呼吸衰竭的治疗

---

机械通气治疗



# 机械通气

---

1

呼吸系统的解剖与生理

2

机械通气的历史

3

机械通气的工作原理

4

机械通气的临床应用

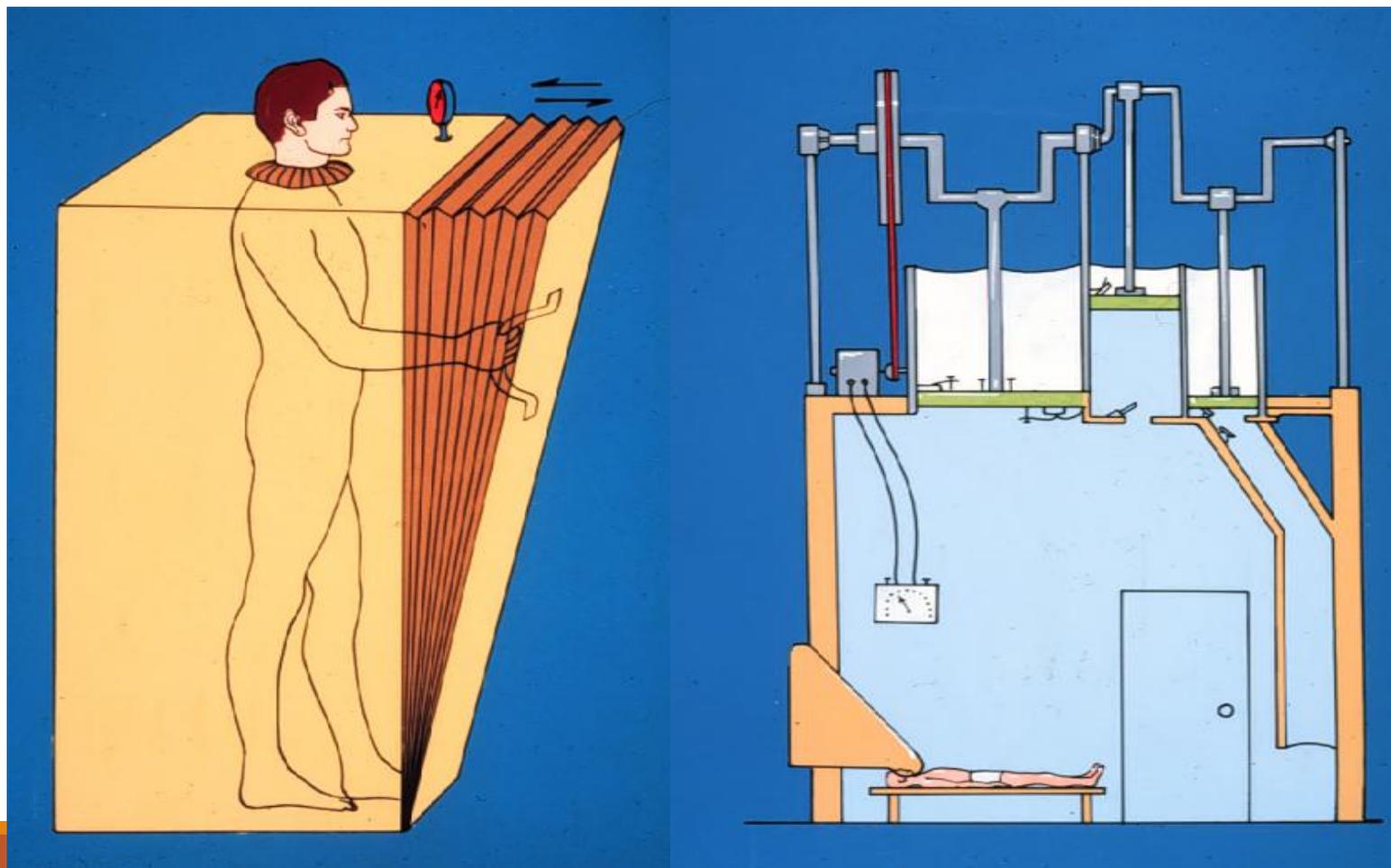
# 机械通气

---

2

机械通气的历史

# 机械通气



# 机械通气的历史

---

1913年 Janeway

- 第一台定型呼吸机

1949 – 1950年 Scandinavia

- 脊髓灰质炎流行
- 呼吸麻痹者死亡率80%

# 机械通气历史

## 负压呼吸机(“铁肺”)

- 1928年Boston儿童医院无创通气首次用于临床
- 20世纪40至50年代脊髓灰质炎爆发流行时广泛使用

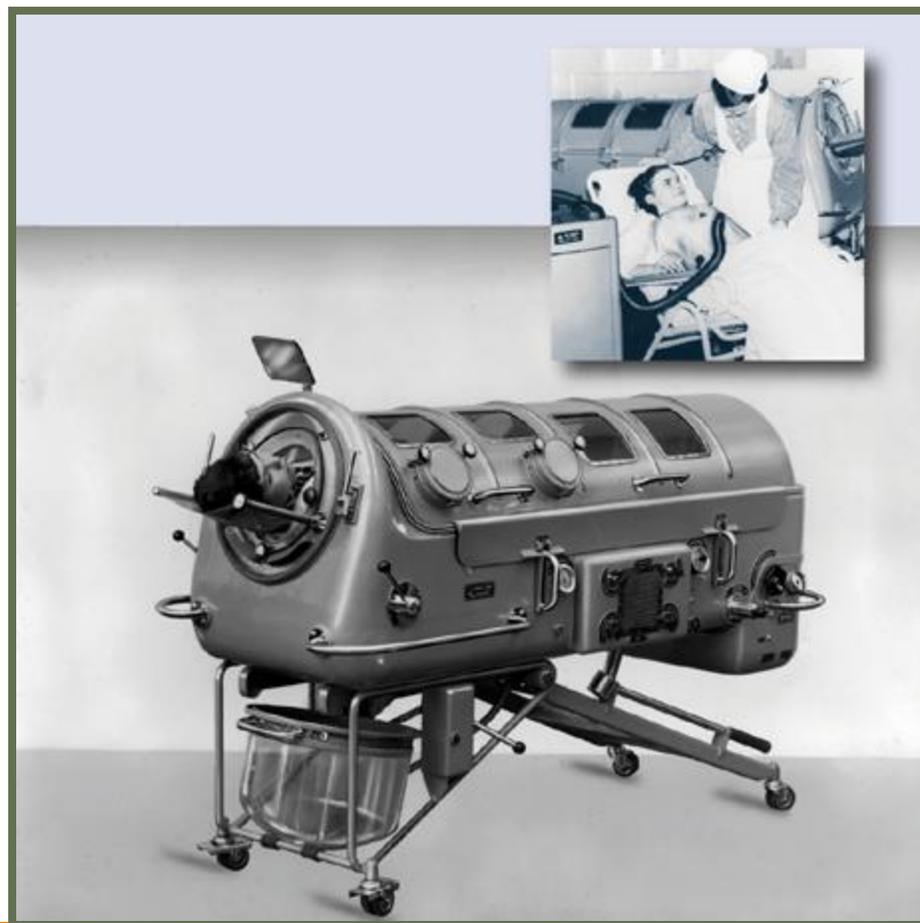


The iron lung created negative pressure in abdomen as well as the chest, decreasing cardiac output.



Iron lung polio ward at Rancho Los Amigos Hospital in 1953.

# 机械通气的发展历史



# 机械通气的发展历史

---



# 机械通气的历史

---

1952年 Denmark

- 脊髓灰质炎流行
- Blegdam Hospital
  - 31名呼吸肌麻痹患者
  - 27名相继死亡
- 麻醉科医生Bjan Ibsen      气管插管

# 机械通气的历史

---

75名病人手法通气

24小时内

- 动员250名医学生用手捏气囊
- 260名护士参加床边护理
- 消耗250筒氧气
- 27名工人更换氧气筒
- 死亡率从87%降低到40%以下

# 机械通气的历史

---

## 正压呼吸机

- 1955年麻省总医院首次使用有创通气
- 现已成为机械通气的标准



# 机械通气

---

1

呼吸系统的解剖与生理

2

机械通气的历史

3

机械通气的工作原理

4

机械通气的临床应用

# 机械通气

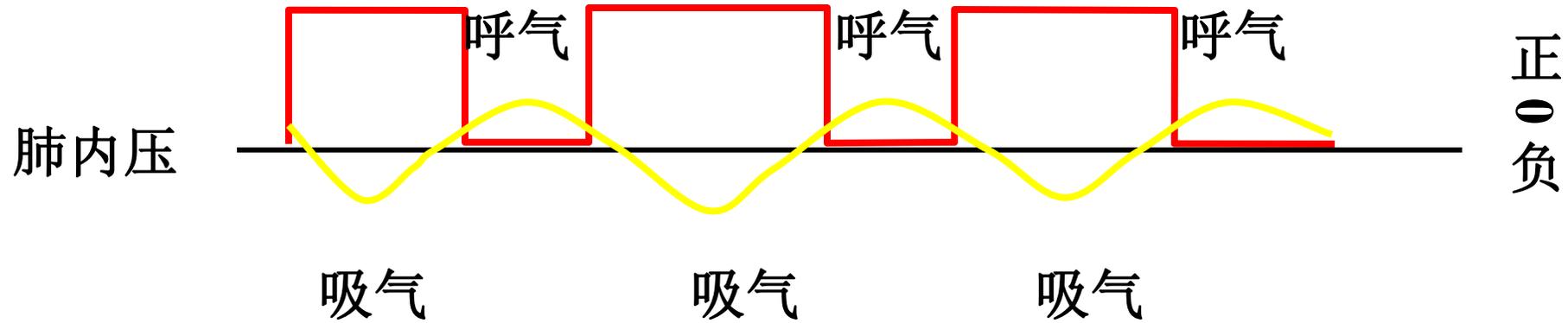
---

3

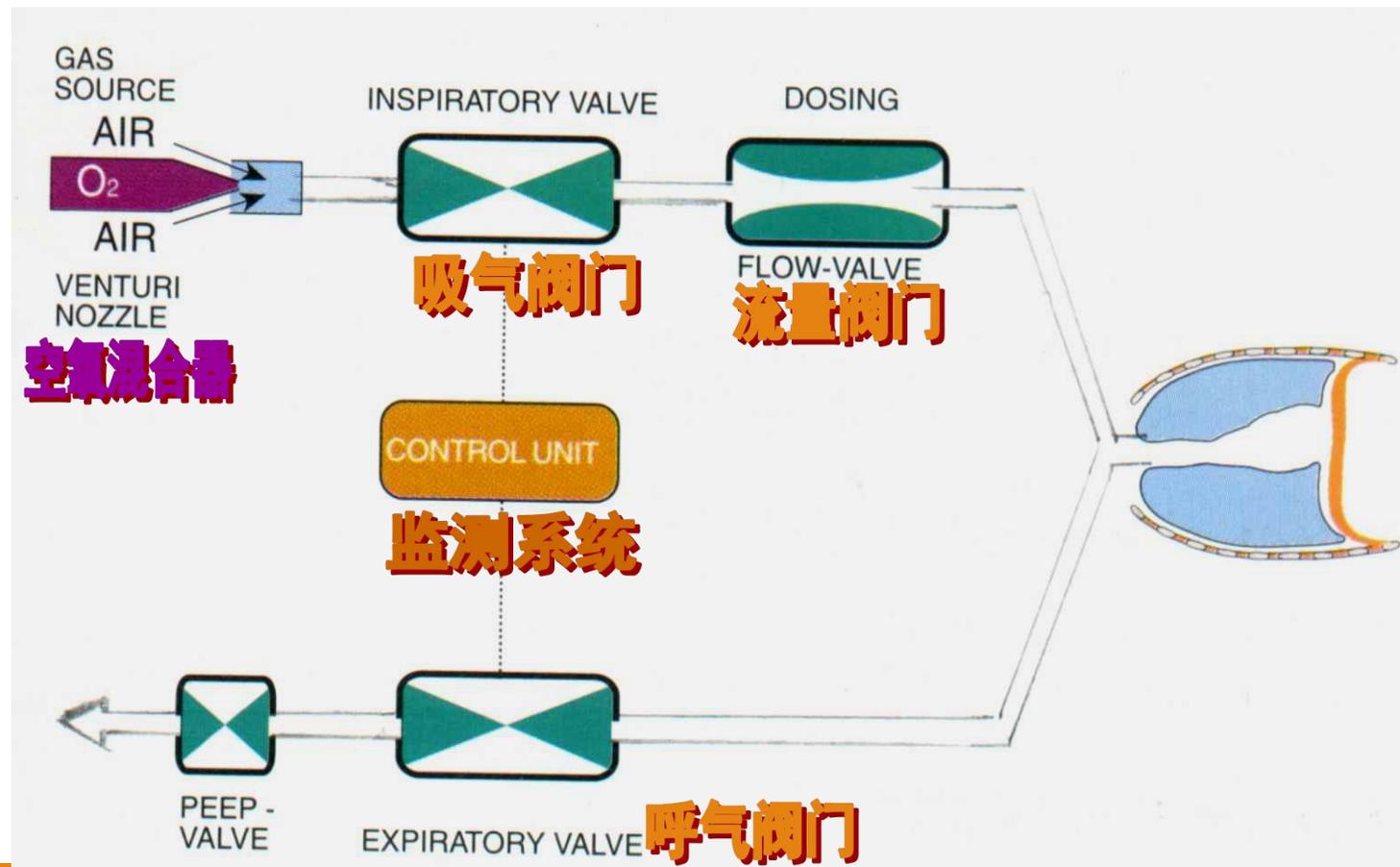
机械通气的工作原理

# 机械通气的工作原理

---



# 机械通气的工作原理



# 机械通气

---

1

呼吸系统的解剖与生理

2

机械通气的历史

3

机械通气的工作原理

4

机械通气的临床应用

# 学习机械通气的五个要点

---

机械通气的目的

- 机械通气的适应症与禁忌症
- 自主呼吸与机械通气的区别
- 机械通气的工作原理
- 临床应用

# 学习机械通气的五个要点

---

机械通气的目的

- 机械通气的适应症与禁忌症
- 临床应用

# 机械通气的目的

---

纠正呼吸衰竭

维持生命

为了撤机

# 机械通气的适应症

---

1. 上呼吸道梗阻引起的呼吸衰竭
2. 严重低氧血症的患者
3. 由于各种疾病导致呼吸衰竭
4. 中枢性呼吸衰竭
5. 慢性阻塞性肺疾患所致的急性呼吸衰竭
6. 神经肌肉疾患引起的呼吸衰竭
7. 预防性机械通气

# 机械通气的**相对**禁忌症

---

1. 大咯血或严重误吸引起的窒息性呼吸衰竭
2. 伴有肺大泡的呼吸衰竭
3. 张力性气胸
4. 心肌梗塞继发呼吸衰竭

# 机械通气模式

---

IPPV

SIPPV

IMV

MMV

VCV

PCV

SIMV

SIMV + PSV

PSV

CPAP

BIPAP

APRV

PRVC/autoflow/VV+

VS/VV+

Automode

VAPS/PA

MRV

ASV

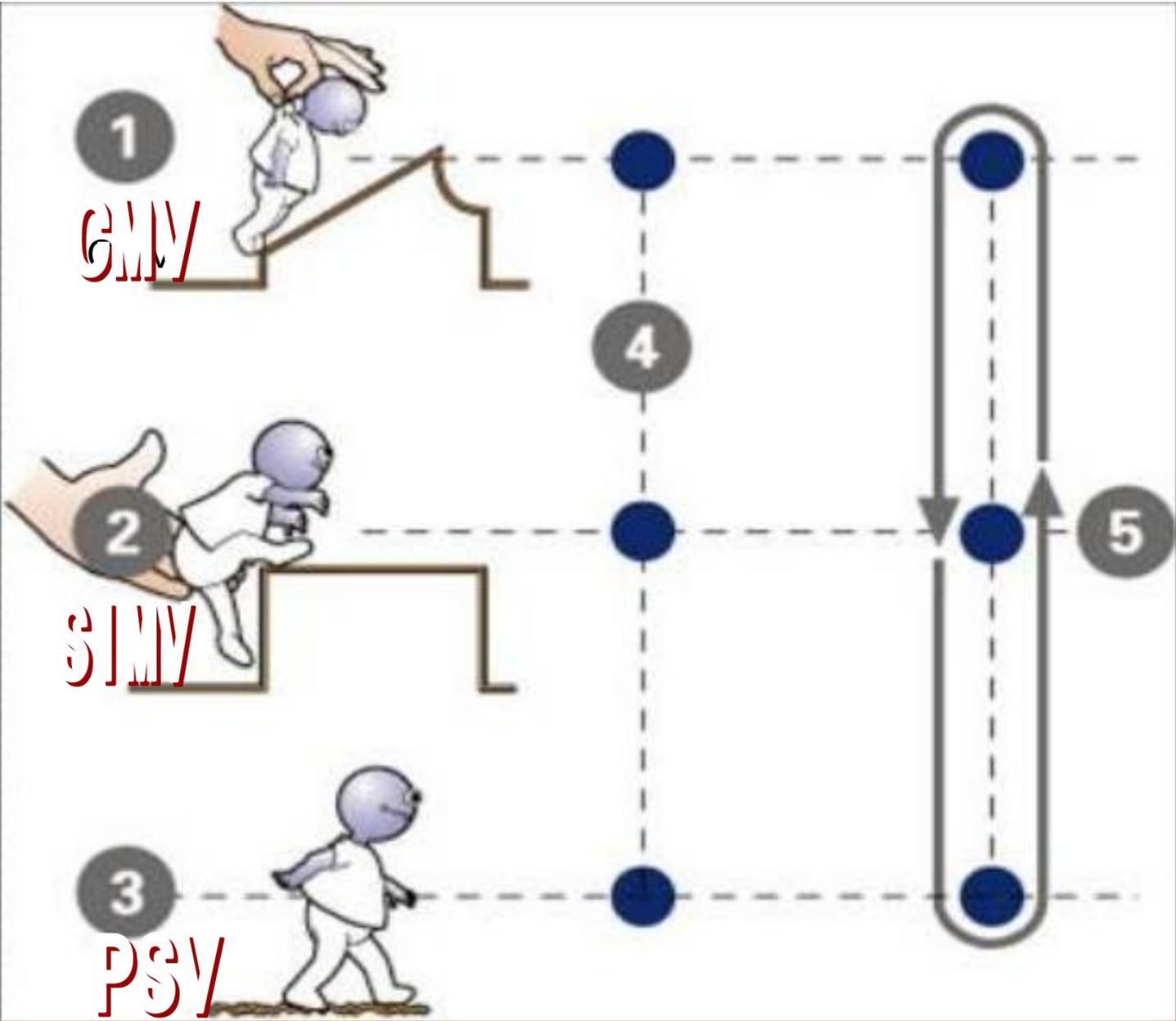
PAV+/PPS

...

# 机械通气的常用模式

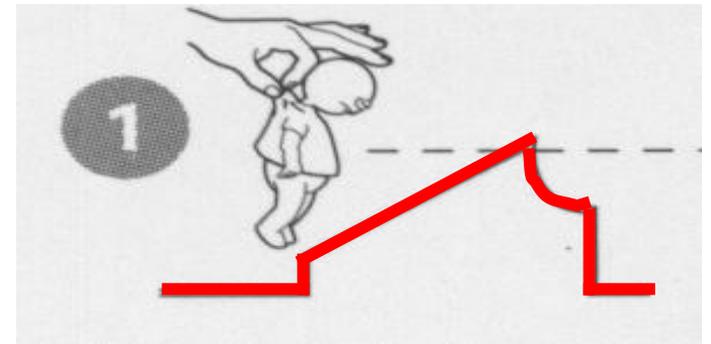
	Esteban (1992)	Esteban (1996)	Esteban (1998)
VCV	55%	47%	53%
PCV	1%	—	5%
SIMV	26%	6%	8%
SIMV + PSV	8%	25%	15%
PSV	8%	15%	4%
其他模式	2%	7%	15%

1. Esteban A, Alia I, Ibanez J, et al. Modes of mechanical ventilation and weaning. A national survey of Spanish hospitals. *Chest* 1994; 106: 1188-1193; 2. Esteban A, Anzueto A, Alia I, et al. How is mechanical ventilation employed in the Intensive Care Units? An international utilization review. *Am J Respir Crit Care Med* 2000; 161: 1450-1458; 3. Esteban A, Anzueto A, Frutos F, et al. Characteristics and outcomes in adult patients receiving mechanical ventilation. *JAMA* 2002; 287: 345-355

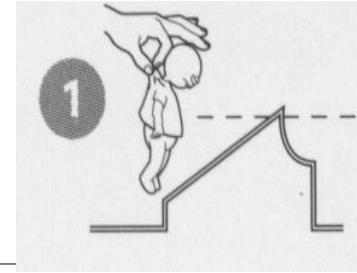


# 控制通气

CONTROLLED MANDATORY VENTILATION (CMV)



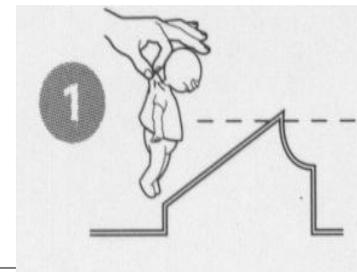
# 辅助-控制通气A/C



CMV控制通气：呼吸机完全代替患者的自主呼吸，即患者的呼吸频率、潮气量、吸呼时间比和吸气流速**完全由呼吸机控制**实施。

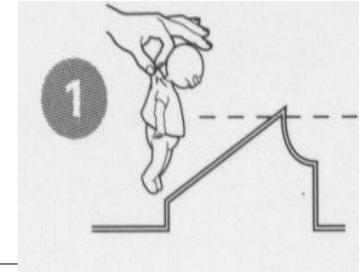
AV辅助通气：在患者吸气用力时提供通气辅助。当患者开始呼吸时，达到**触发**阈值时呼吸机即按预设潮气量或吸气压力、频率、吸呼时间比将气体送给患者。

# 控制通气-容量控制VCV



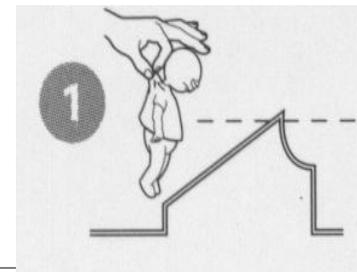
容量控制	VCV
潮气量(ml)或分钟通气量(l/min)	8-10ml/Kg    6-8ml/Kg
呼吸频率(b/min)	12-20b/min    20-40b/min
吸气流速(l/min)	30-60L/min
PEEP (cmH <sub>2</sub> O)	5-10cmH <sub>2</sub> O
FiO <sub>2</sub> (%)	35-45%
吸呼比	1:1.5-2    1:3    2:1...
吸气末暂停时间(s)或吸气末暂停百分比(%)	一般不超过呼吸周期的20%
触发灵敏度	1-4L/min    -0.5---2cmH <sub>2</sub> O

# 控制通气-压力控制VCV



压力控制	PCV
压力控制水平	10-20cmH <sub>2</sub> O
压力上升时间(s)或压力上升时间百分比(%)或压力上升斜率/吸气时间(s)或吸气时间百分比(%)	吸呼比
呼吸频率(b/min)	12-20b/min
PEEP (cmH <sub>2</sub> O)	5-10cmH <sub>2</sub> O
FiO <sub>2</sub> (%)	35-45% 小于60%
触发灵敏度	-0.5---2cmH <sub>2</sub> O

# 容控VS压控



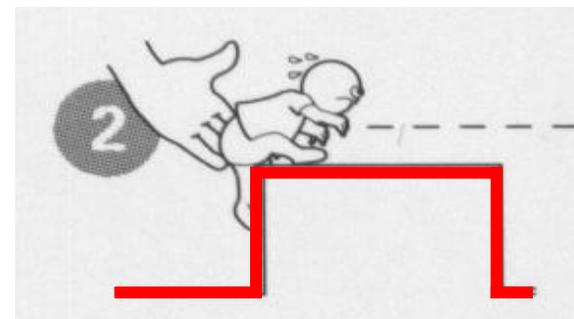
	VCV	PCV
优点	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 潮气量恒定</li><li>2. 保证最低分钟通气量</li></ol>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 压力恒定</li><li>2. 通气均一</li></ol>
缺点	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 气道压力不恒定</li><li>2. 通气不均一</li><li>3. 人机对抗</li></ol>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 潮气量不恒定</li></ol>

# 间歇指令通气与同步间歇指令通气

INTERMITTENT MANDATORY VENTILATION AND SYNCHRONIZED  
INTERMITTENT MANDATORY VENTILATION

(IMV + SIMV)

---

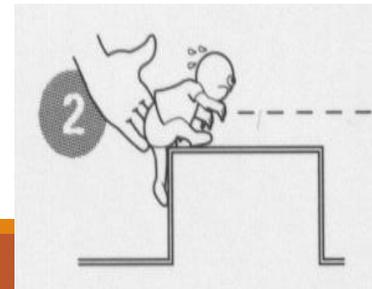


# 间歇指令通气与同步间歇指令通气

---

IMV间歇指令通气:呼吸机以预设的频率向患者输送预设潮气量,在两次机械呼吸周期之间**允许患者自主呼吸**。

**SIMV**同步间歇指令通气:在IMV基础上的改进,保证机械呼吸与患者自主呼吸相同步,同时又不影响患者的自主呼吸。



# SIMV – 参数设置

---

吸气触发灵敏度

SIMV频率(b/min)

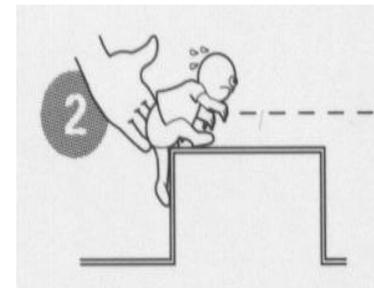
**≤CMV频率**

潮气量

吸气时间(s)或吸气时间百分比(%)

吸气末暂停时间(s)或吸气末暂停时间百分比(%)

FiO<sub>2</sub> (%)



# SIMV – 评价

---

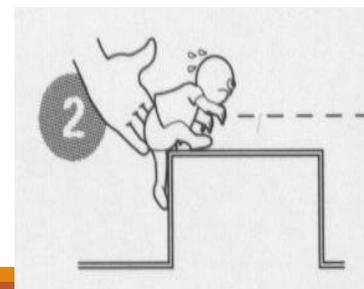
## 优点

保证最小分钟通气量

人机同步性有所改善

## 缺点

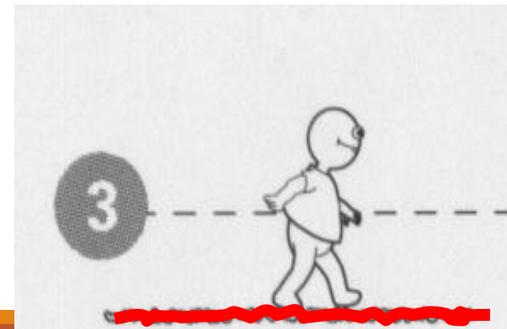
模式复杂



# 压力支持通气

PRESSURE SUPPORT VENTILATION (PSV)

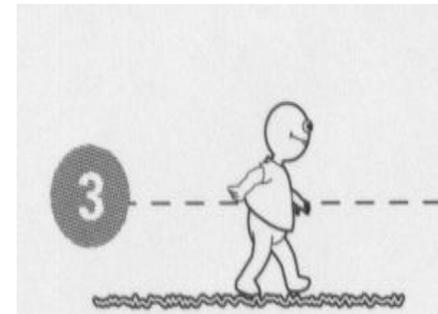
---



# 压力支持通气

---

PSV压力支持通气：在自主呼吸时，患者开始吸气后呼吸机即提供预设气道正压，以帮助患者克服吸气阻力和扩张肺脏。



# 压力支持通气 – 参数设置

---

压力支持的水平

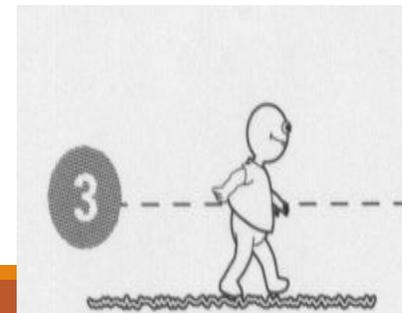
PEEP

触发灵敏度

吸气上升时间(s)或吸气上升时间百分比(%)

分钟通气量报警上限和下限

FiO<sub>2</sub> (%)



# 压力支持通气 – 评价

---

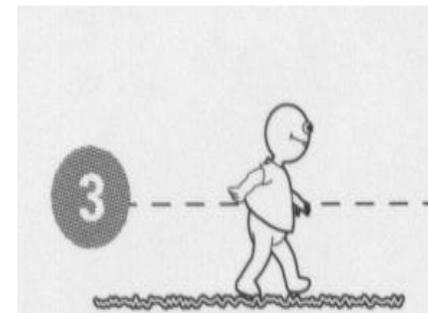
优点

气道压力恒定

缺点

潮气量不恒定

患者决定呼吸频率



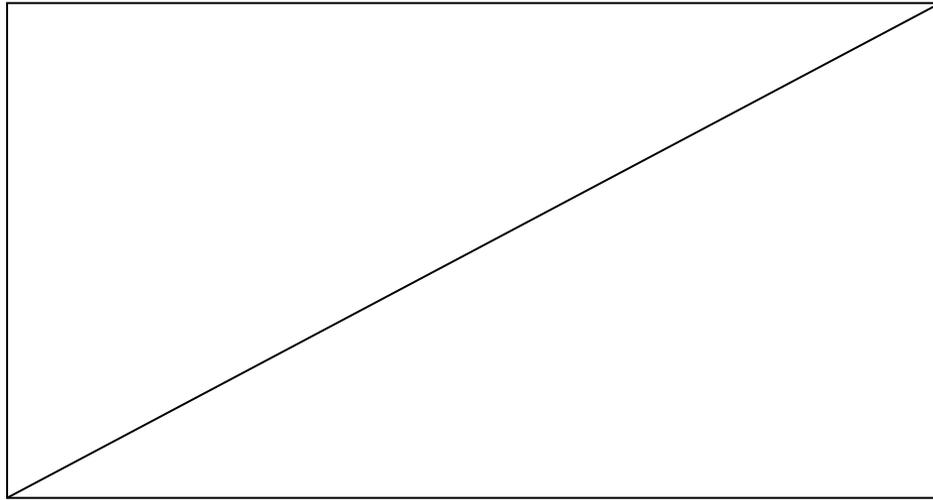
# 适应性支持通气

ADAPTIVE SUPPORT VENTILATION(ASV)

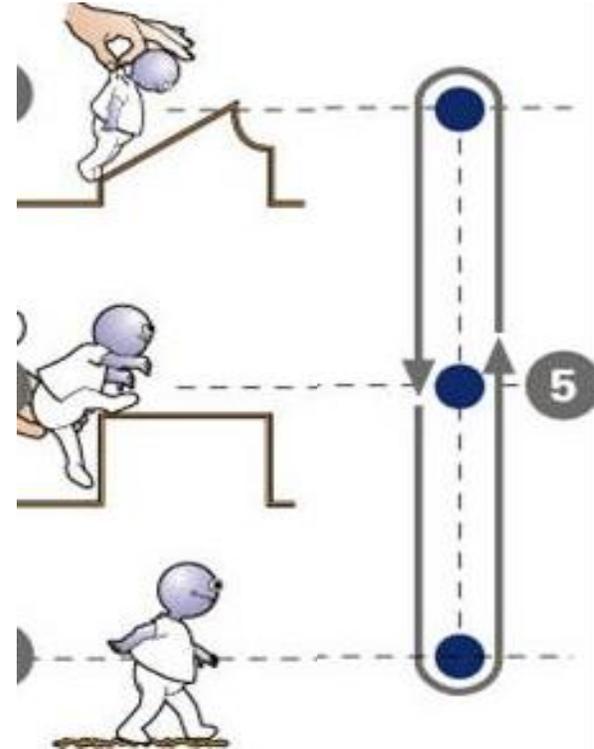
---

# 适应性支持通气

CMV SIMV PSV



工作目标



# 无创通气

NON-INVASIVE VENTILATION(NIV)

---

# 无创通气

---

NIV无创通气=BiPAP=PSV+PEEP:是指不经气管插管而增加肺泡通气的一系列方法的总称。



# 无创通气-参数设置

---

吸气压

呼气压

吸氧浓度/吸氧流量

呼吸次数

---

谢谢！