

# 机械通气

北京协和医院ICU

赵华



# 机械通气常规参数

- 潮气量 (5-15ml/kg)
- 呼吸频率 (12-20bpm)
- 吸气时间或吸呼比 (一般1:1.5-2)

吸气暂停时间, 一般为整个呼吸周期的5-10%, 最高不超过15%

- 吸气流速 (40-100l/min)
- 触发灵敏度
- 呼气转换方式
- ○ ○ ○ ○ ○



# 吸气触发的方式

- 呼吸机触发：时间
- 病人触发：压力、流量



# 压力触发

- 大部分呼吸机的标准配置
- 缺点：呼吸肌做功增加，同步性较差
- 影响因素：
  1. 压力传感器的位置
  2. 反应时间
  3. PEEP<sub>i</sub>



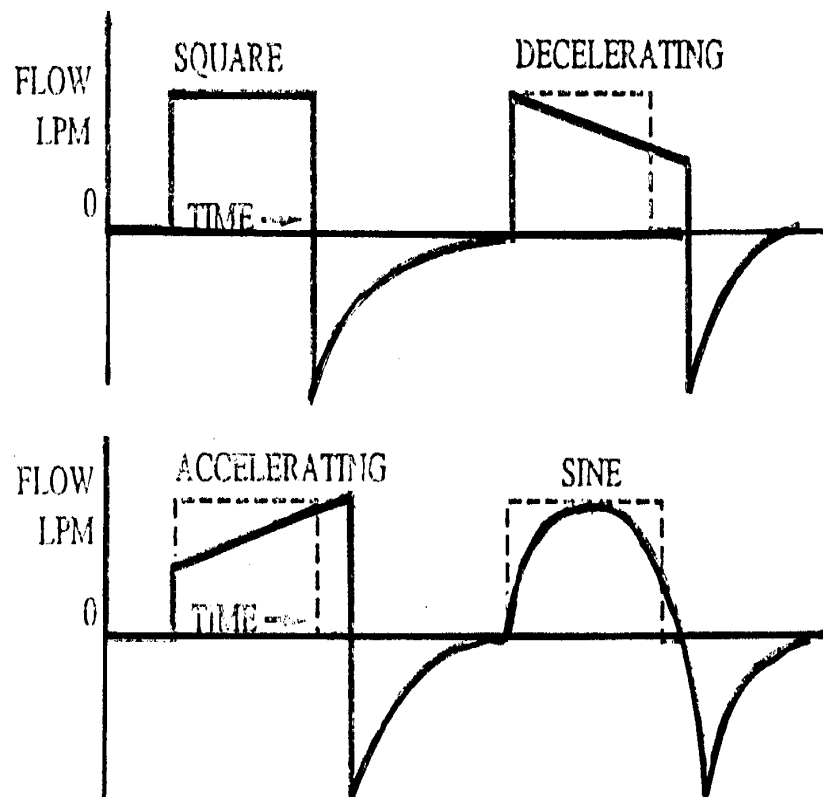
# 流量触发

- 基础流速：5-10 L/m
- 呼吸回路持续气流
- 优点：减少吸气做功、管路冷凝水影响小
- 缺点：漏气时易误触发、雾化时受限



# 吸气流速

- 一般只有容量控制通气模式才需设置吸气流速，压力控制通气模式的吸气流速由预设压力，呼吸阻力和患者用力程度决定
- 一般吸气流速预设40-100l/min
- 一般设置流速时需要选择波形，四种：方波，减速波，加速波，正弦波（见左图）



# 呼吸切换

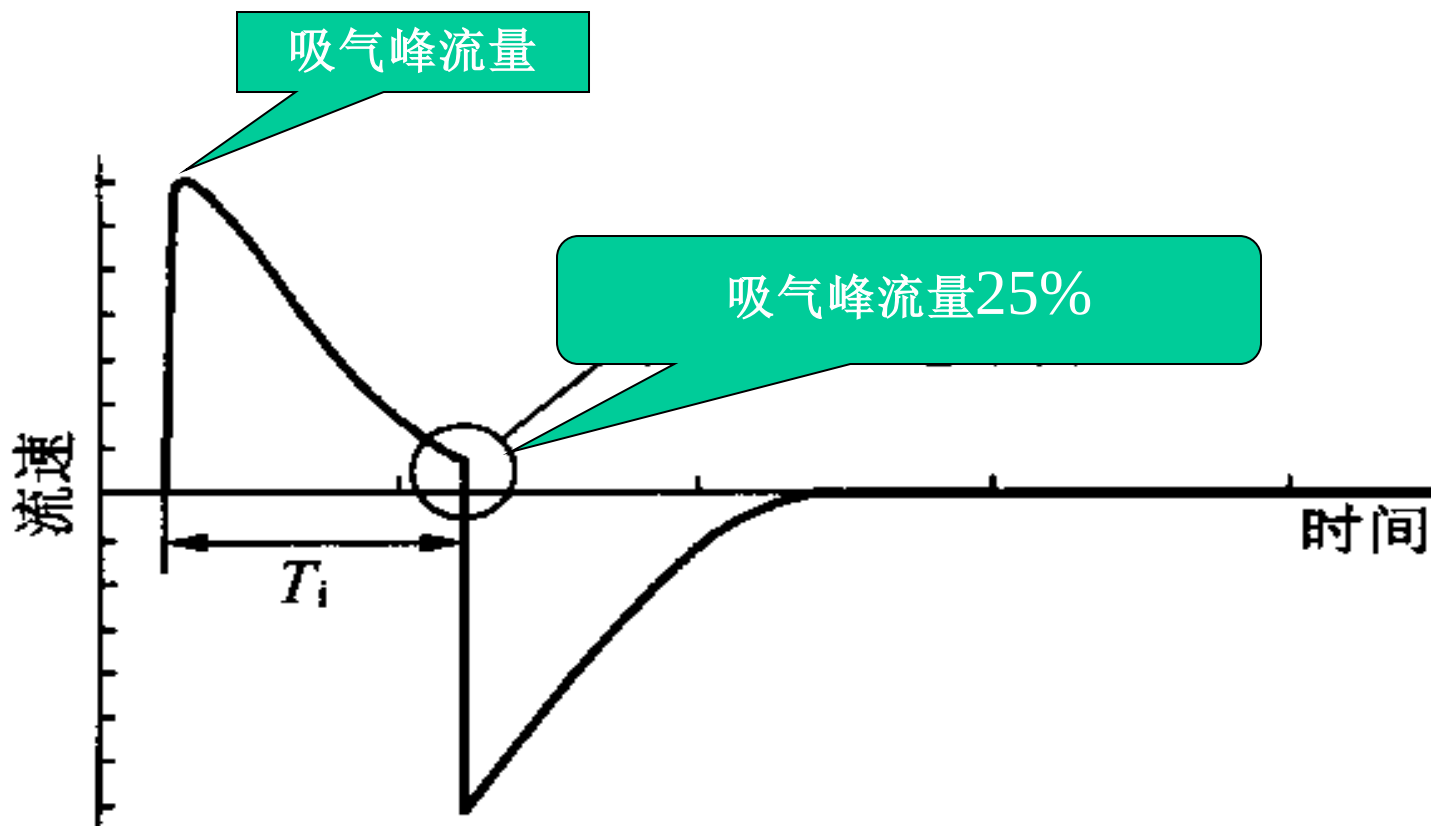
- VC 容积切换

- PC 时间切换

- PS 流速切换 Esens%

自主呼吸时当吸气流速降至原峰流速25%或实际吸气流速降至5-10 L/m时，呼气阀门打开呼吸机切换为呼气。

# 流速切换



# 机械通气常用模式

A/C (IPPV) : VC PC

SIMV MMV

BIPAP APRV

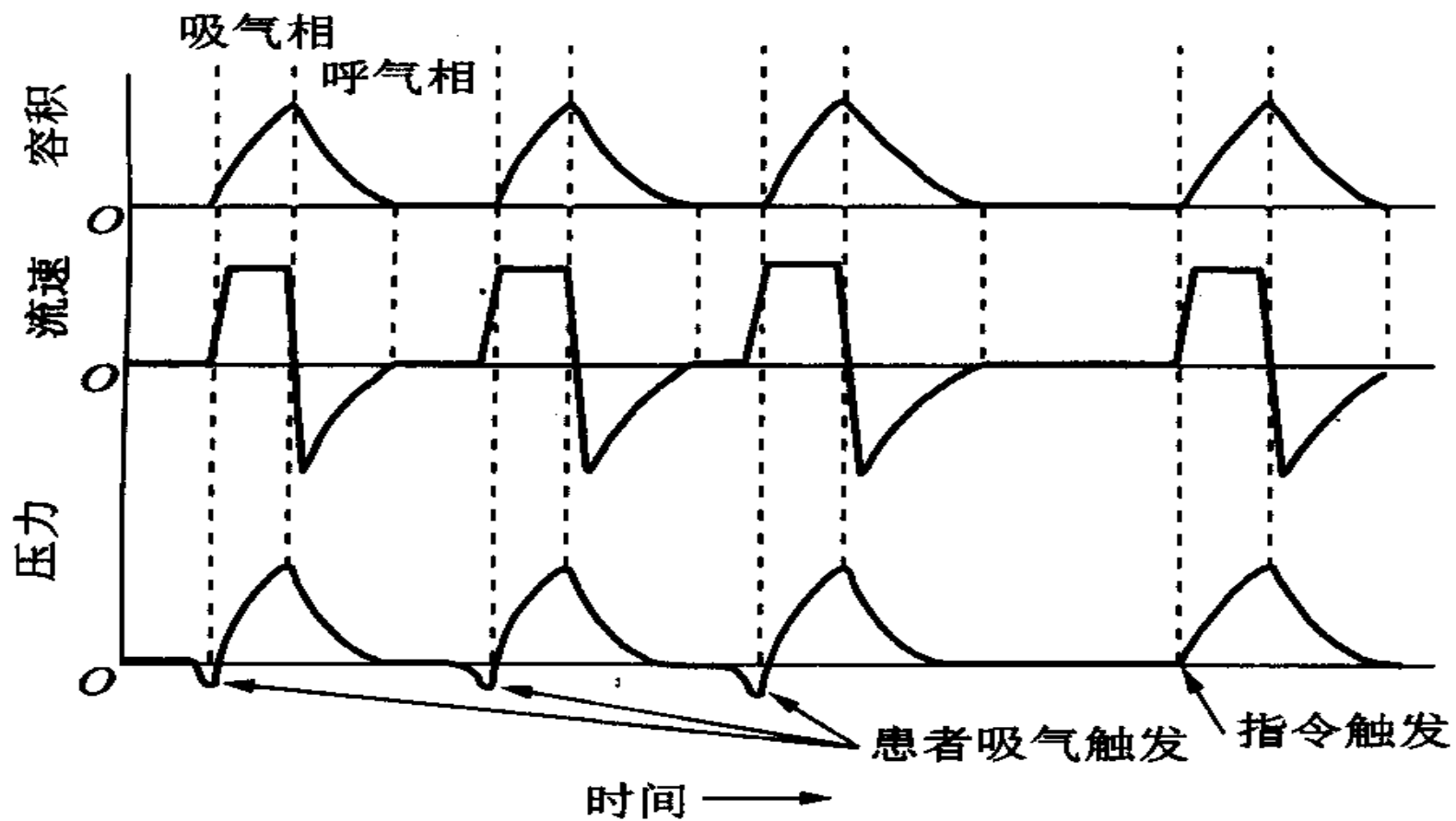
PS



# VC模式

- 容量预置（限制）
- 容量切换（本质为时间切换）
- 病人可控性：能触发
- 主要参数：
  - $V_t$ 、RR、恒定流速、吸气暂停
- 不足：气道压不恒定
  - 流速不足致空气饥饿感, 做功增加
  - 设置不当产生PEEPi

# VC模式

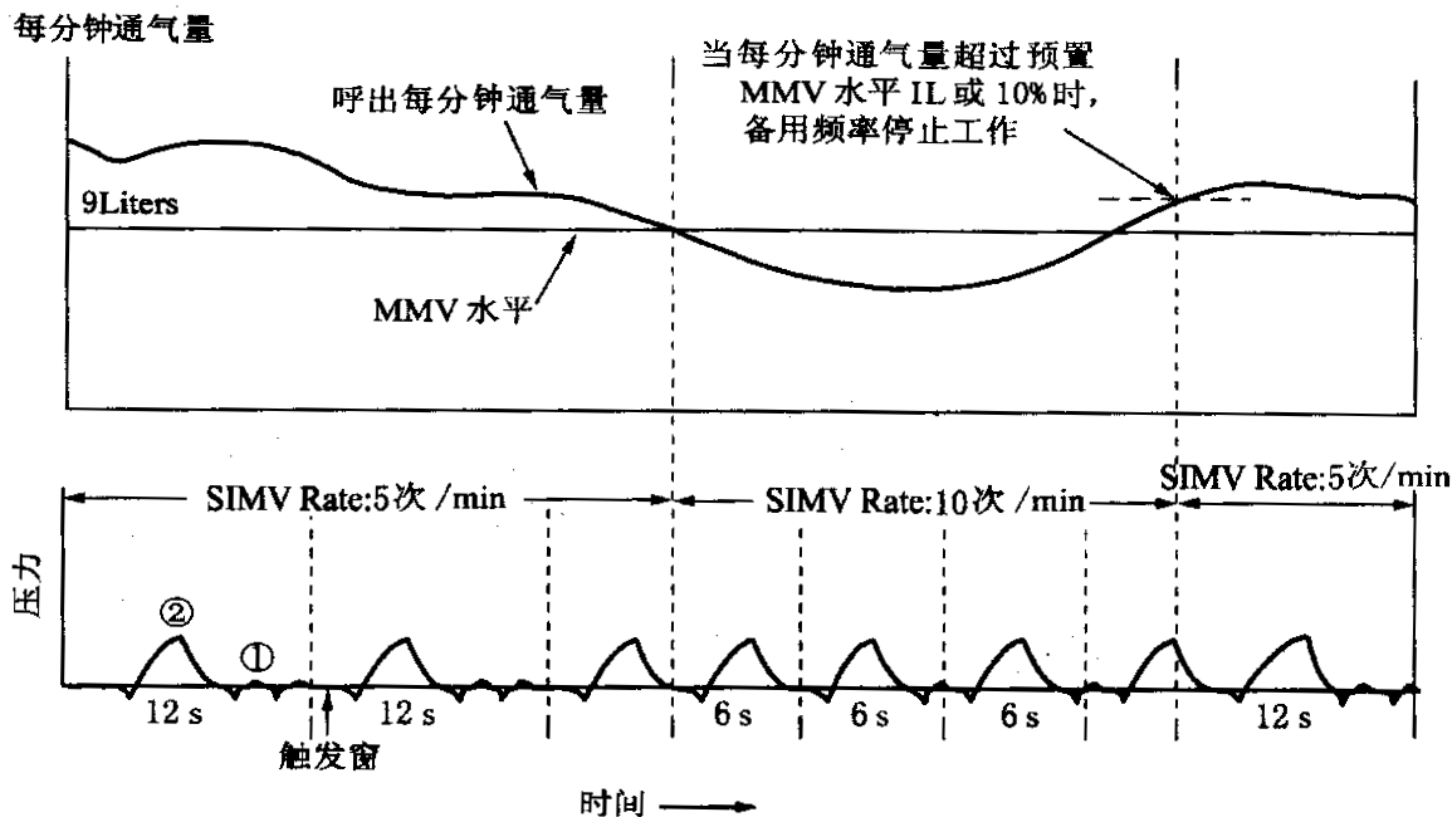


# MMV模式

- 按预定MV通气
- 自主呼吸时，仅补充不足的每分通气量
- 撤机时从控制通气到自主呼吸的平稳过渡，避免通气不足的发生
- 不足：不适于呼吸浅快者



# MMV模式

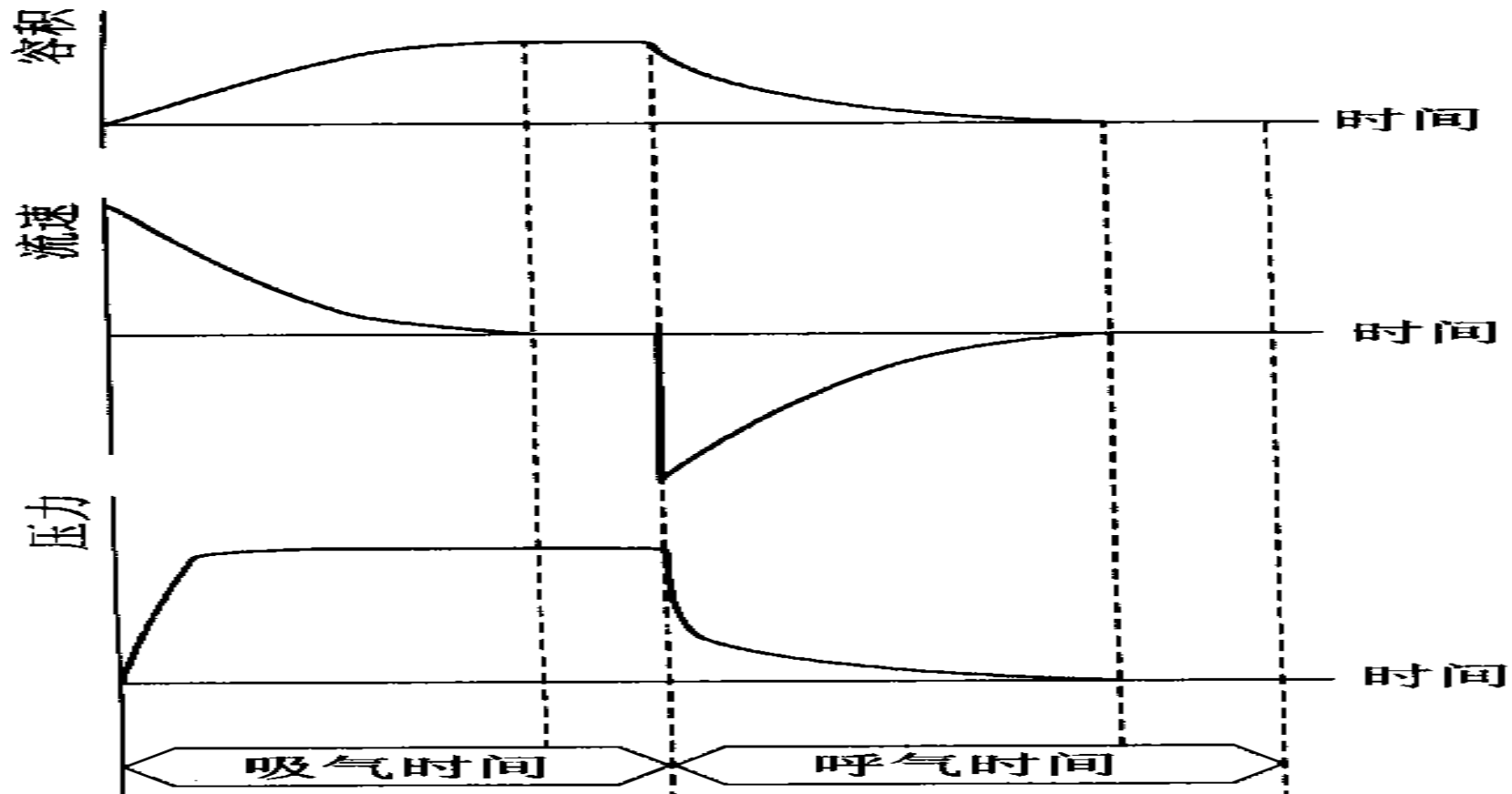


# PC模式

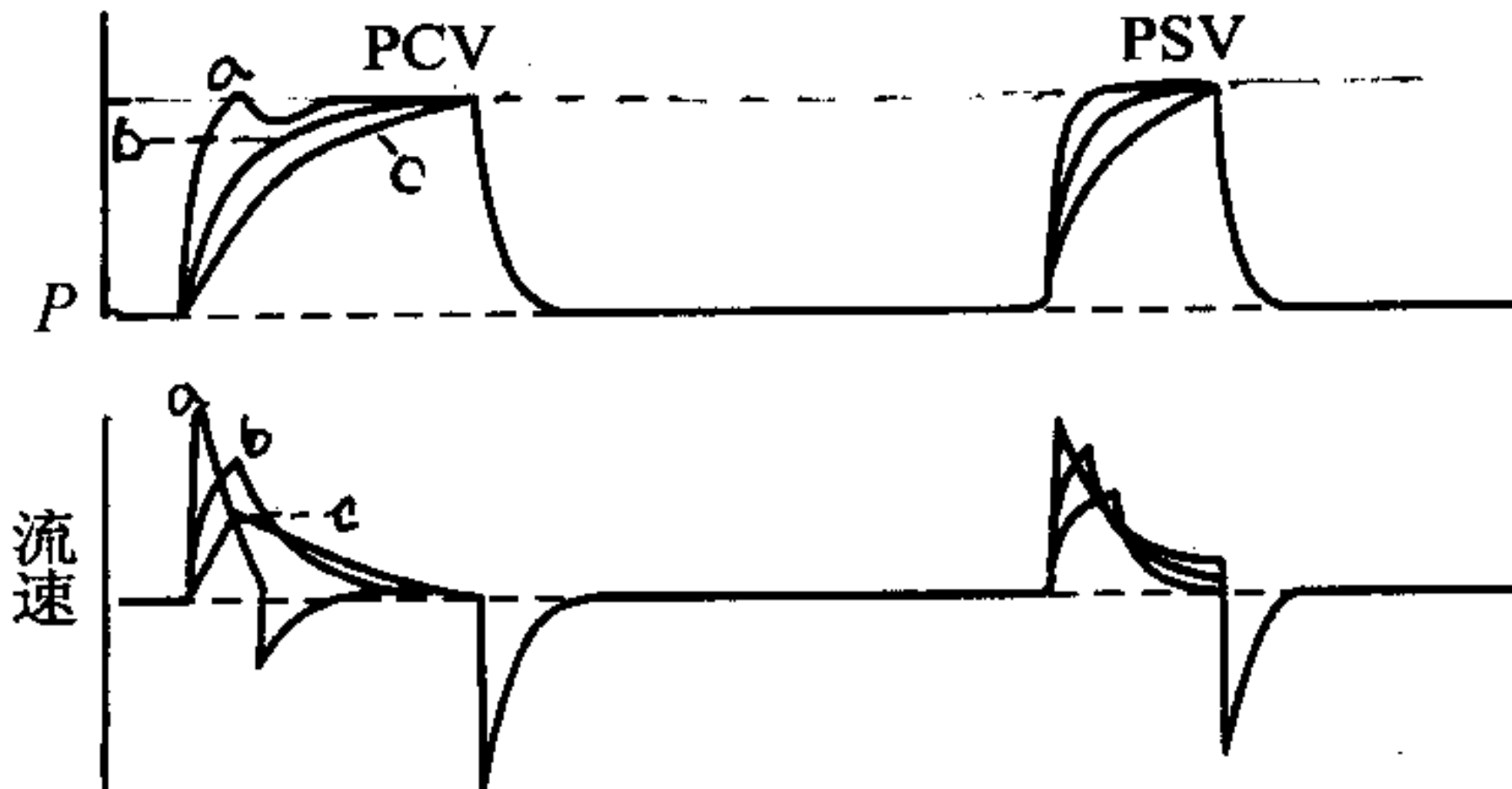
- 压力预置（限制）
- 压力上升时间
- 时间切换
- 减速气流
- 病人可控性：能触发、能控制潮气量
- 主要参数：
  - PC、RR、Ti、压力上升时间
- 不足：潮气量不恒定



# PC模式



# 压力上升时间



# SIMV模式

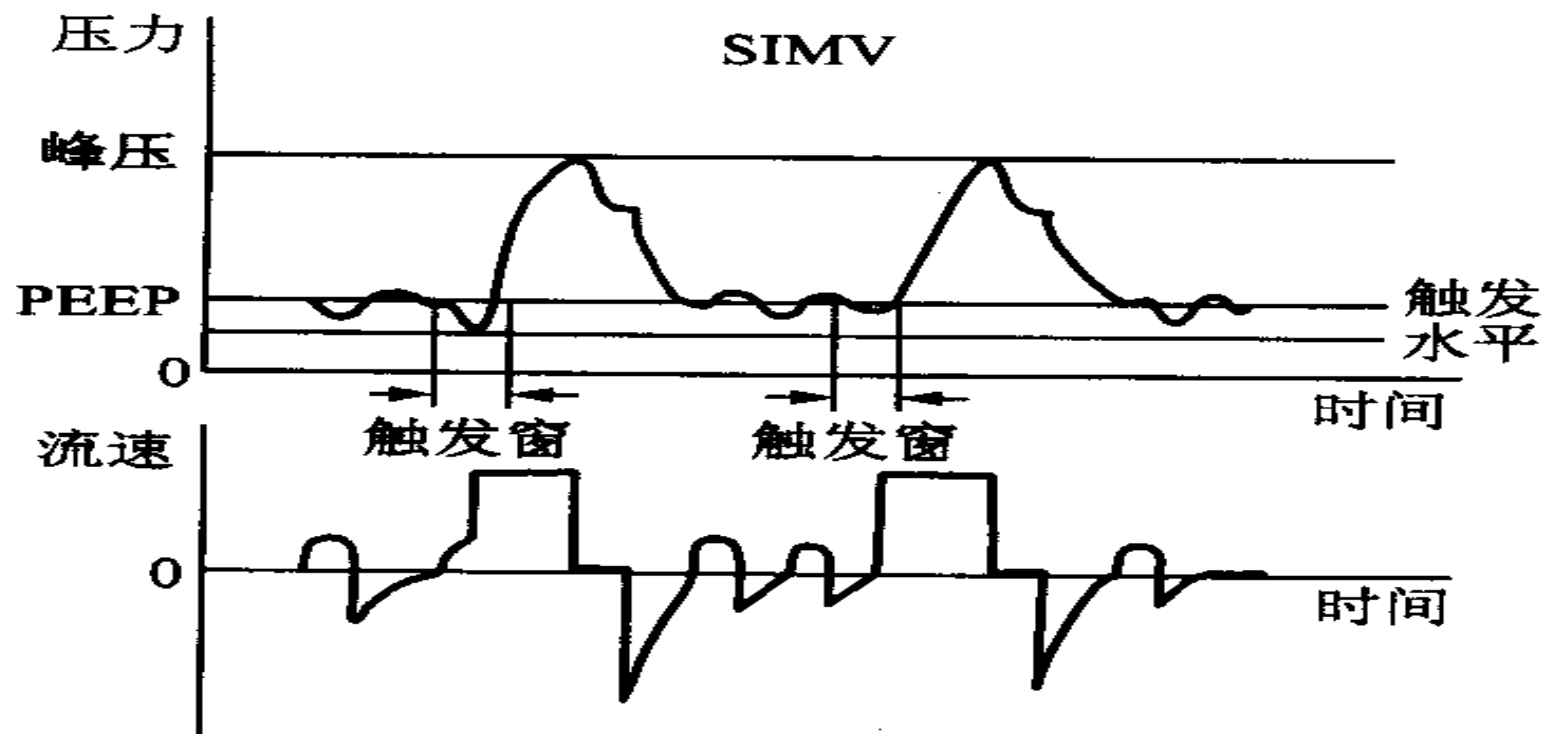
IMV 呼吸机以预定的频率输送固定的潮气量（或压力），  
在两次指令通气间歇期，允许患者自主呼吸

SIMV 同步间歇指令通气  
避免过度通气  
减少人-机对抗

触发窗 保证自主呼吸努力与呼吸机强制通气同步



# SIMV模式

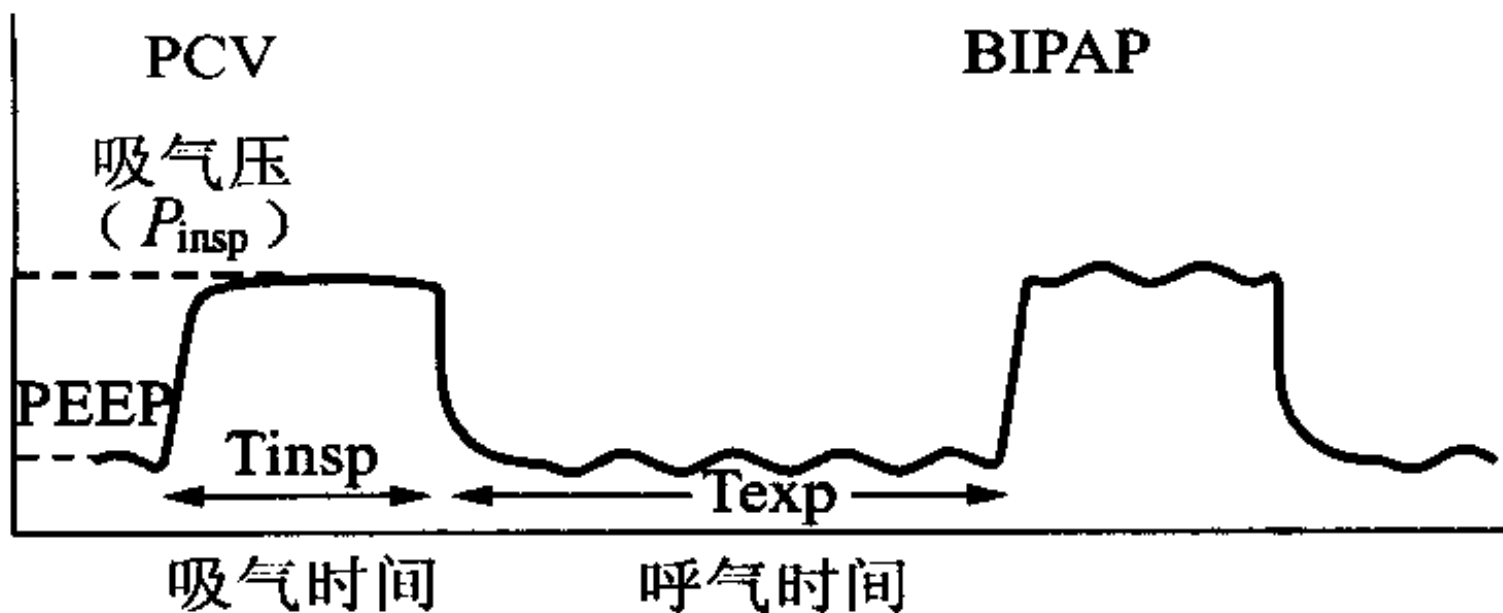


# BIPAP模式

- 吸、呼双相气道正压通气模式
- 整个机械通气过程中允许病人自主呼吸
- VT决定于两压力差及病人肺组织的顺应性及阻力
- 设置指标：RR、Ti、Phigh、Plow



# BIPAP模式

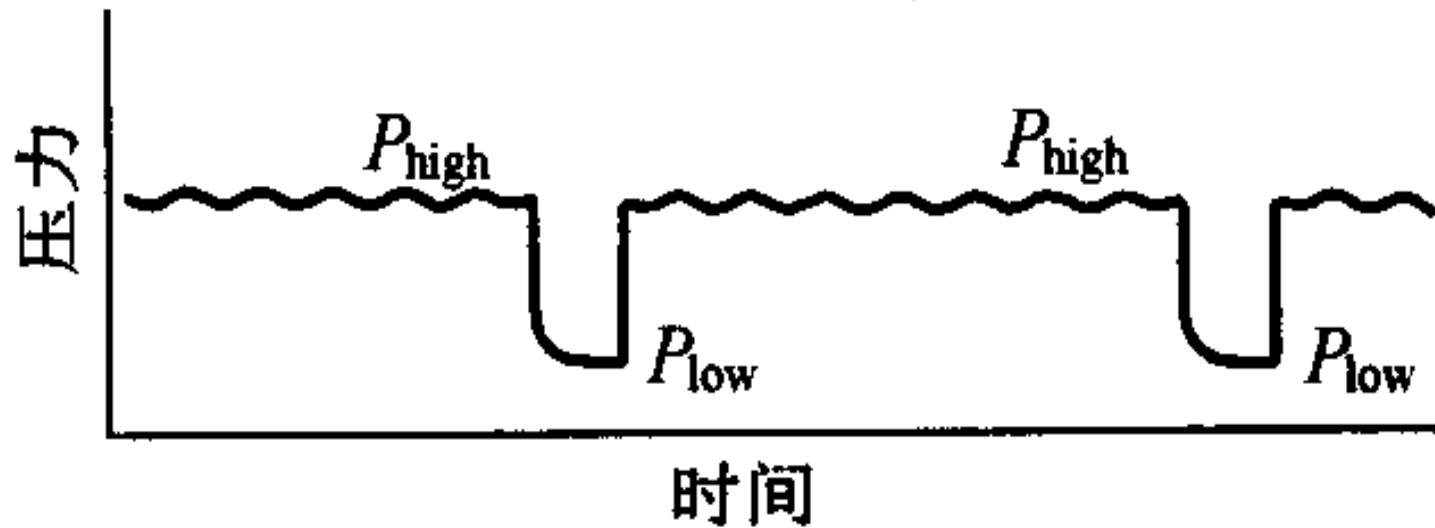


# APRV模式

- 可由BIPAP模式衍生
- 正压按设置的频率周期性释放
- 允许自主呼吸
- 在低气道压时，改善通气/血流比 ( $V/Q$ )
- 不足:呼吸频率过快时, 产生PEEPi



# APRV模式

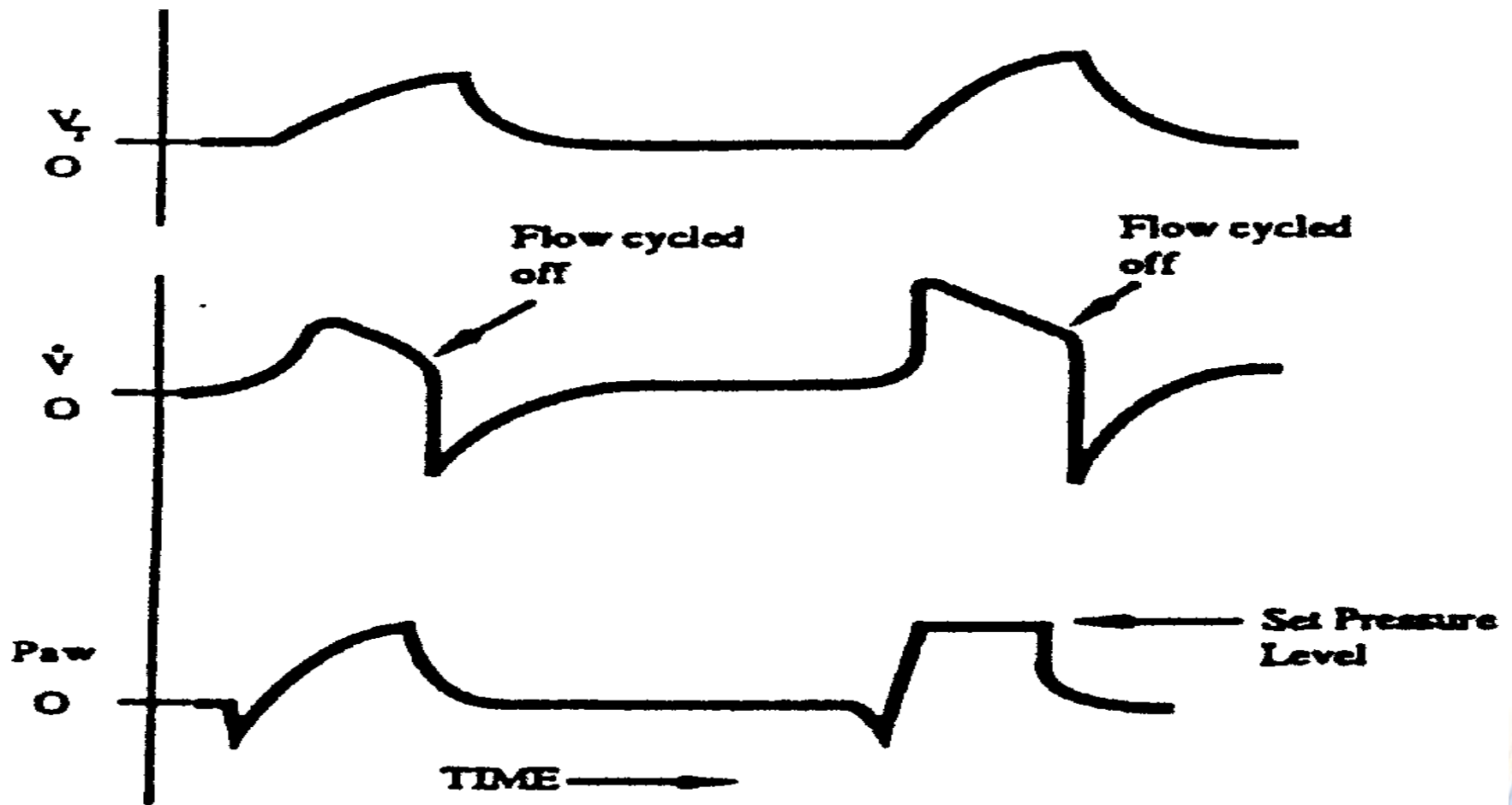


# PS模式

- 呼吸机提供一恒定的气道正压
- 设置参数：  
PS、压力上升时间、触发灵敏度
- 不足：潮气量不恒定



# PS模式

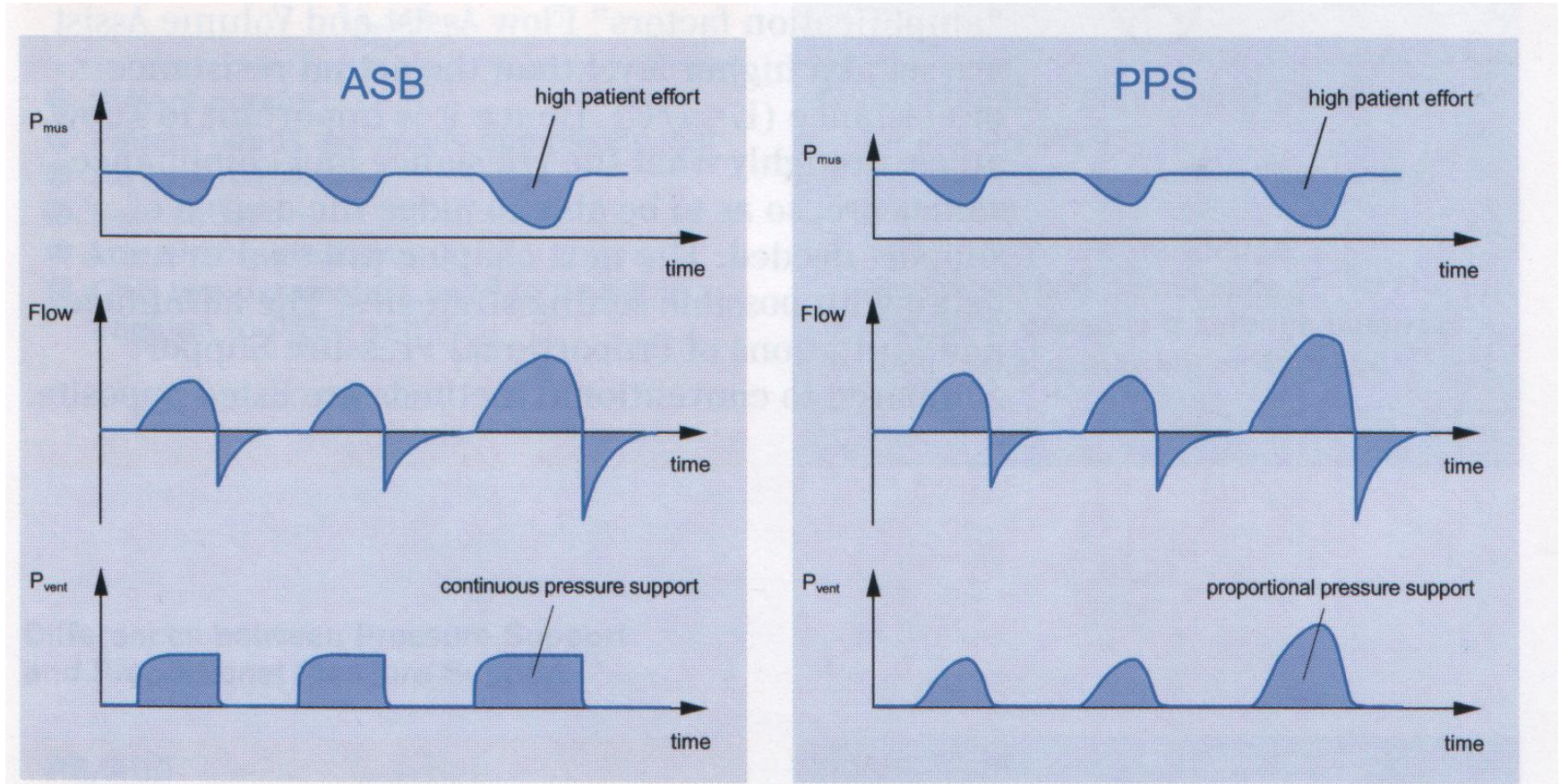


# PPS模式

- 吸气时，呼吸机提供与吸气气道压成比例的辅助压力
- 包括容量辅助和流量辅助
- 人机协调好
- 不会通气过度
- 参数:FA、VA
- 不足:必须有自主呼吸
  - MV不确定
  - 脱逸现象



# PPS模式



# 呼吸力学监测

## 监测指标

- 气道压力(Pressure)
  - 吸气峰压(PIP)
  - 平台压(Pplat)
  - 呼气末正压(PEEP)
- 气流流速(Flow)
  - 吸气流速
  - 呼气流速
- 气体容积(Volume)
- Auto peep

## 反映指标

- 顺应性(Compliance)
  - 呼吸系统顺应性
  - 肺顺应性
  - 胸廓顺应性
- 气道阻力(Resistance)
  - 吸气阻力
  - 呼气阻力
- 呼吸功(WOB)
- ...

# 呼吸力学监测

- 顺应性

肺顺应性，胸廓顺应性，总顺应性

- 呼吸阻力

粘性阻力，惯性阻力，弹性阻力

气道阻力，肺组织阻力，胸廓阻力

压力-容积曲线的描记及意义

内源性peep的测定 (auto peep)



# 呼吸生理学机制

肺通气需克服阻力：粘性阻力 弹性阻力 惯性阻力  
(忽略)

顺应性 ( compliance ) :  $C = \Delta V / \Delta P$

弹性阻力 ( elastic ) :  $E=1/C$

粘性阻力 (resistance) :  $R = \Delta P / \text{flow}$

# 顺应性及其影响因素

- 静态肺顺应性是指在呼吸周期中，气流暂时阻断时测得的顺应性，即肺组织的弹力；
- 无肺部疾患的气管插管患者50–70ml/mmHg
- 动态顺应性指在呼吸周期中，气流未阻断时测得的肺顺应性，此受气道阻力的影响，当动态顺应性随呼吸频率改变而变化者，为频率依赖顺应性（cfd）。小气道阻塞患者，动态肺顺应性随呼吸频率增加而降低
- 导致顺应性下降的原因
- 肺实质改变 ARDS，（支气管）肺炎，肺水肿，纤维化
- 表面活性物质功能障碍 ARDS，肺泡肺水肿，肺不张，误吸
- 肺容量减少 气胸，膈肌抬高

# 呼吸系统顺应性、阻力

- 动态顺应性

$$C_{rs, dyn} = \frac{V_t}{P_{peak} - PEEP}$$

- 静态顺应性

$$C_{rs, st} = \frac{V_t}{P_{plat} - PEEP}$$

气道阻力

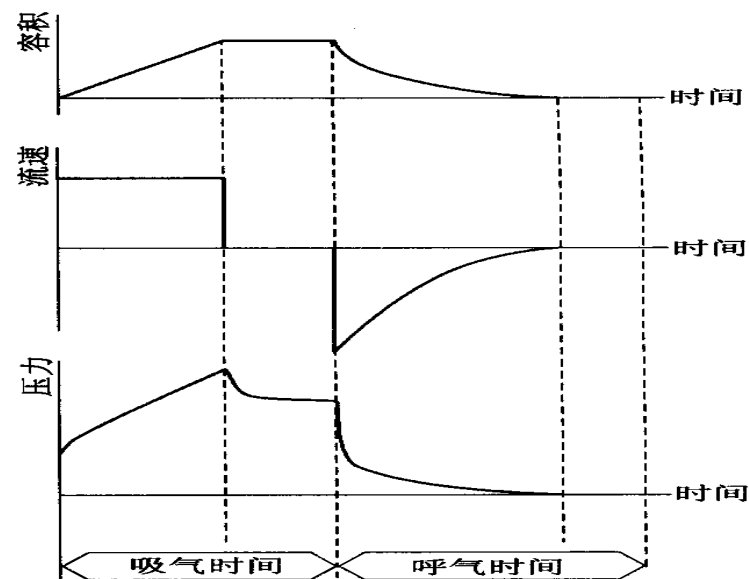
$$R_{aw} = \frac{P_{peak} - P_{plat}}{flow}$$

# 顺应性、气道阻力、平台压的测量

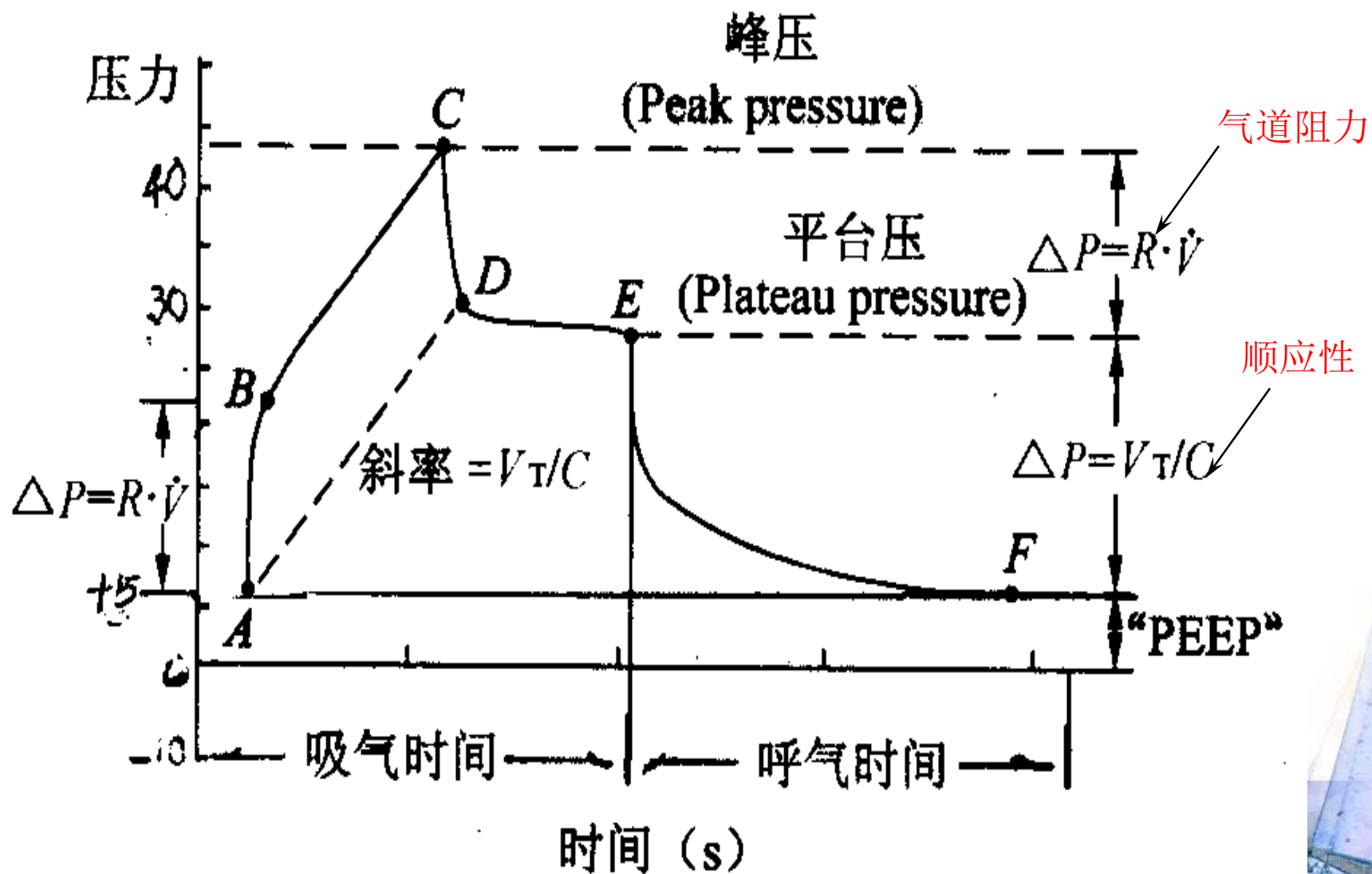
1.充分镇静，无自主呼吸

2.吸气末阻断气流1s以上

3.容量控制通气，吸气流速为恒定流速（方波）



## 气道峰压、平台压



# P-V 曲线

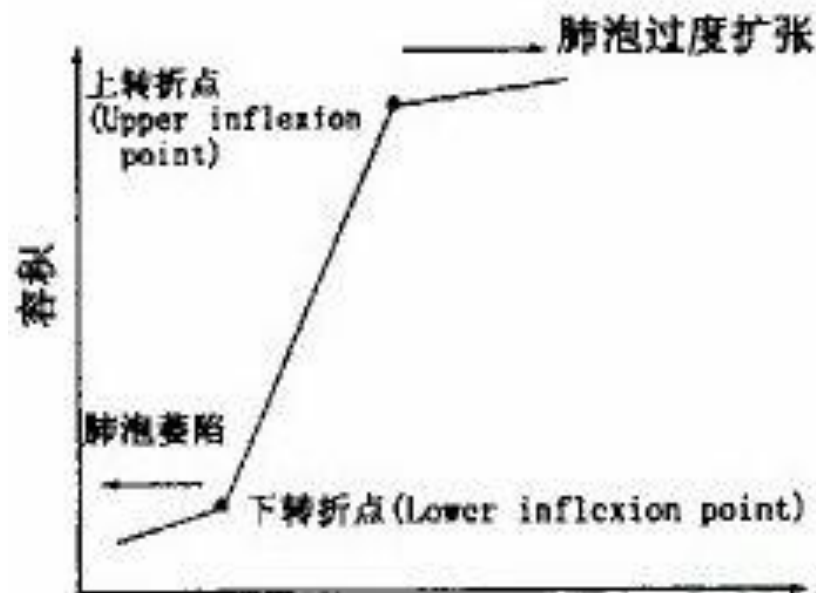
整个呼吸周期的顺应性可以通过p-v曲线来描述。P-v曲线的呼气支和吸气支分开，曲线斜率表示顺应性，分离曲线面积为滞后现象，

滞后现象与气道陷闭和肺泡气液平面的表面张力相关。当呼吸接近高肺容积时，滞后程度降低，呼吸接近残气量时，滞后现象明显。



# P-V曲线

- P-V曲线
- 低位和高位转折点的意义
- P-V曲线吸气支呈s形，在低肺容积和高肺容积处分别有一处转折点，是顺应性的变化点
- 低位转折点表示大部分肺泡开放时对应的压力和容积，高位则提示肺泡过度膨胀可能



# 静态p-v曲线

- 大注射器法

重复性较差，需要断开呼吸机，风险高

- 呼吸机法

不需要断开呼吸机，但精确性差，不适合所有呼吸机

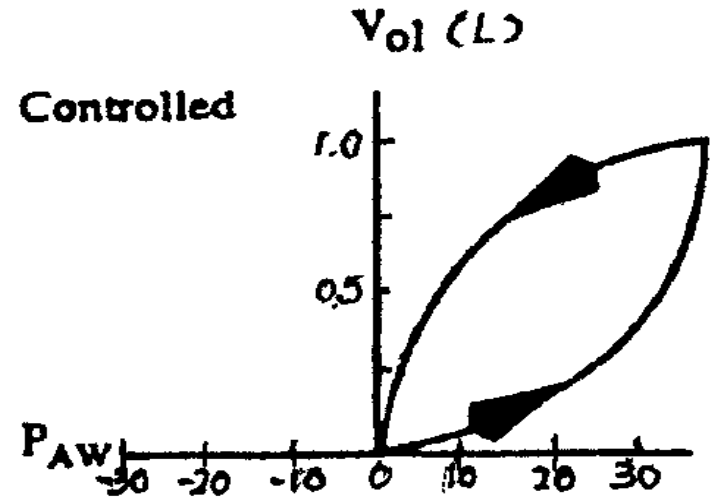
- 低流速法描记

准确性，重复性均好，不用断开呼吸机，前景好

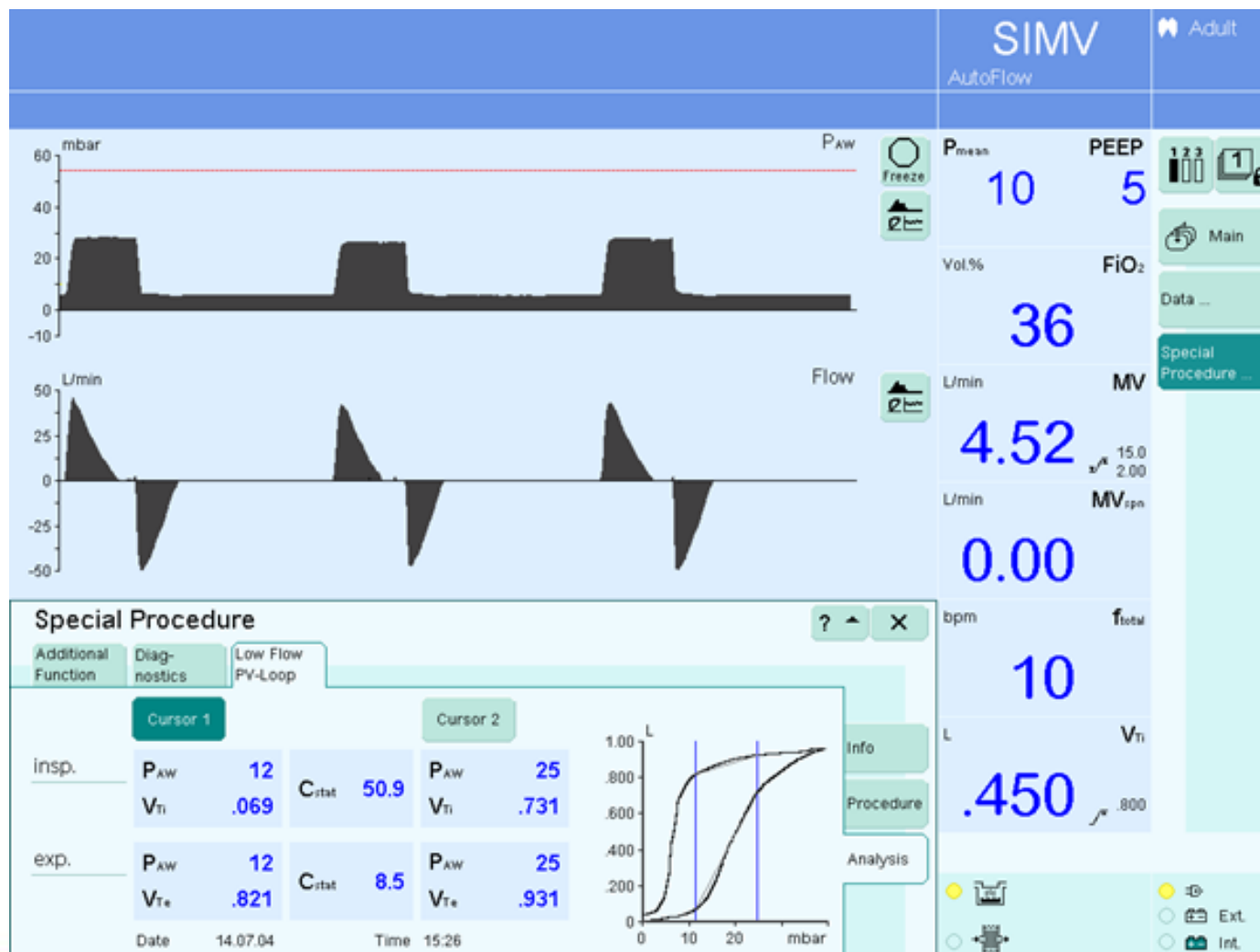


## 低流速法描记P-V曲线

1. 充分镇静肌松, 无自主呼吸
2. 流速8-10l/min
3.  $V_t$  20-25ml/kg
4. 低位转折点、高位转折点



# 低流量PV环测定



# 低流量PV环测定

## — 分析

- 成功完成后，自动转入分析页面。
- 用两个游标获取吸气枝和呼气枝上的压力和容量数值，显示在屏幕上。
- 自动计算2个游标点之间的静态顺应性，包括吸气和呼气枝。
- 始终能监测病人的实时通气情况。



# 内源性PEEP

肺部自身的呼气末压力,亦称为:

$PEEP_i = \text{Auto PEEP} = \text{Alveolar PEEP}$

## 产生

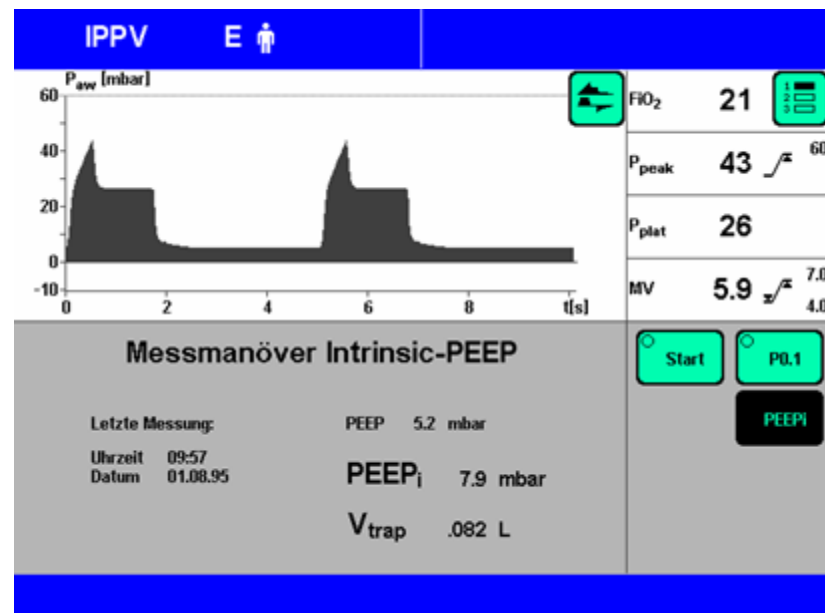
如果气道阻力升高到呼出压力无法回到大气压,就会产生内源性PEEP.  
(病理性:COPD,医源性:Te过短)

## 测量

通过封闭气道3-4秒钟可以探测到.

## 危害

- 整个呼吸周期出现肺泡及胸廓内压力增高,接着心输出量降低,CVP或肺动脉压升高
- 其次,呼吸功增加,辅助呼吸触发延迟



# 内源性PEEP

- 内源性呼气末正压(PEEP<sub>i</sub>) 在慢性阻塞性肺疾病(COPD) 患者中广泛存在. PEEP<sub>i</sub>不良的生理学效应包括降低吸气肌的收缩力和工作效能、增加吸气做功和呼吸困难、人工通气时影响吸气触发和人机同步、增高气道峰压和气压伤危险性、降低心输出量等. PEEP<sub>i</sub>对呼吸衰竭也有重要影响, 是导致脱机困难的重要原因之一.
- 临床对策包括改善导致PEEP<sub>i</sub>的内在因素(基础疾病?呼气流速受限、病人通气需求增加等)、减少增加PEEP<sub>i</sub>的外源性因素(降低管道和阀门的阻力、采用合适的通气模式和参数设定等) 和外源性呼气末正压/持续气道内正压(PE/CPAP) 的合理应用。
- 正确认识和处理PEEP<sub>i</sub>, 尤其是探讨在COPD中应用PEEP/CPAP的合理方案, 对临床工作具有重要的指导意义.

# 内源性PEEP监测判断

- 1.充分镇静，无自主呼吸
- 2.呼气末阻断气流3-5以上
- 3.流速-时间曲线 呼气末流速不能归零

