



新生儿机械通气

复旦大学附属儿科医院

新生儿科

曹云





内容

- 常频通气
- 高频通气通气
- 新生儿机械通气相关并发症
- 机械通气患儿呼吸管理





流行病学

- 2003年欧洲10个地区的孕24-31周的494463例早产儿进行研究的结果显示：**BPD发生率为10.5%-21.5%.**
- 在出生体重小于1500克的早产儿，**约25%发生BPD**

Zeitlin J , Pediatrics 2008





BPD预后

- 肺部疾病：哮喘、肺气肿
- 心血管系统：肺动脉高压、肺源性心脏病
- 生长发育：生长迟缓、严重者认知损害及脑瘫
- 死亡率增加

BPD与患儿远期慢性呼吸系统疾病及肺功能有关，严重BPD患儿远期的影响可持续到青春期和成年期

Wong PM, Eur Respir J 2008

Greenough A. Neonatology 2008

Khemani E, Pediatrics 2007

Anderson PJ, Semin Perinatol 2006



经典（旧）BPD

- 原发疾病均为严重呼吸窘迫综合征
- 胎龄和出生体重相对较大
- 由于出生后即出现严重低氧性呼吸衰竭，患儿需接受长时期机械通气，并持续辅助用氧超过28 d
- X线胸片有特征性改变：双肺野透亮区扩大呈囊泡状，伴两肺结构紊乱、有散在条状或斑片影以及充气过度和肺不张





新型BPD

- 通常见于出生体重 < 1000 g，胎龄 < 28 周的ELBWI或极未成熟儿
- 出生时仅有轻度或无肺部疾病，不需给氧或仅需低浓度氧，而在住院期间逐渐出现氧依赖，并持续时间超过校正胎龄36周
- 病理改变：主要为肺泡和肺血管发育不良
- 可见持续炎症反应，而肺泡和气道损伤以及纤维化较轻

Merritt TA , et al. Semin Fetal Neonatal Med , 2009



机械通气引起肺损伤的机制

- **气压伤:** 气道高压引起的损伤
- **容量伤:** 潮气量过大使肺泡扩张过度，导致肺泡和毛细血管通透性增加，气血屏障破坏，甚至肺泡破裂，以及扩张肺泡与不张肺泡之间切变力的牵引导致肺组织结构损伤
- **闭合伤:** 呼气时不能保持末梢气道和肺泡的开放，发生周期性肺泡萎陷而导致肺损伤
- **氧中毒:** 吸氧浓度过高、时间过长，氧化应激产生多种炎症因子、氧自由基等导致肺损伤
- **生物伤:** 炎性细胞因子引起的损伤



肺保护性通气策略

- 肺保护性通气策略(lung protective ventilating strategy, LPVS)
- LPVS 是指以肺损伤最小化为目标的对机械通气参数进行设置的临床实践





肺保护性通气策略

- 采用适当的PEEP
- 尽量采用较低的潮气量
- 限制吸入氧浓度获得理想的肺泡氧合功能
- 允许一定范围内的高碳酸血症



机械通气





通气模式

- **IMV - Intermittent Mandatory Ventilation**
间歇指令通气
- **SIMV - Synchronized IMV**
同步间歇指令通气
- **IPPV Intermittent Positive Pressure Ventilation**
间歇正压通气
- **SIPPV (A/C - Assist Control)**
同步间歇指令通气
(辅助/控制通气)



通气模式

- CPAP - Continuous Positive Airway Pressure
- PSV - Pressure Support Ventilation
压力支持
- PRVC - Pressure Regulated Volume Control
压力调节容量控制
- VG-Volume Guarantee
容量保证
- PAV-Proportional Assist ventilation
成比例通气





病人触发通气

Patient-Triggered Ventilation, PTV

- **SIPPV(A/C)**
- **SIMV**
- **PSV**
- **PAV**





压力通气与容量通气结合 PRVC

- 设置VT，机器调节压力，经5次呼吸周期达所需容量
- 模拟正常自主呼吸
- 增加患儿舒适度
- 以低的PIP达到氧和
- 改善胸廓顺应性
- 控制吸气时间达到氧和，减少血液动力学改变
- 减少压力肺损伤和容量肺损伤
- 保证容量





为什么要控制通气容量

- 减少容量伤和气压伤
- 满足通气需求
- 维持稳定的血气





潮气量 (V_t) 的重要性

- 肺泡通气有赖于 V_t 、呼吸频率
- V_t 过低，引起通气不足，二氧化碳潴留，高碳酸血症、肺部张、通气/血流比例失调，低氧血症
- V_t 过高引起肺过度膨胀，肺间质气肿，气胸，肺水肿





新生儿机械通气模式转变

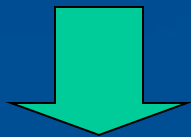
Pressure Controlled ventilation

压力控制通气



Volume Oriented Ventilation

容量控制通气



Volume Guarantee

VG





容量保证 Volume Guarantee (VG)

- 每次呼吸的压力发生改变从而保证设定的呼出气潮气量
- 将压力限制、时间转换、持续气流、容量控制等通气形式结合





如何保证容量通气

- 呼吸机可自动调节吸气压力，根据
 - 肺顺应性
 - 阻力
- 目的：达到所设置的容量





容量保证VG

- 与A/C, SIMV, PSV, HFOV等通气模式结合
- PIP决定通气量
- 设置呼气潮气量 V_{te}
- 通过测呼出潮气量了解漏气
- 每次呼吸时PIP发生改变以达到的设置的 V_{te}
- 如实际的 V_{te} 大于设置的 V_{te} , 则PIP降低
- 如实际的 V_{te} 小于设置的 V_{te} , 则PIP升高
- 设置PIP限制
- 如吸气潮气量大于设置的实际的 V_{te} 大于设置的 $V_{te}130\%$, 则吸气压力停止 以免产生压力非损伤



临床应用

- 维持稳定的潮气量和每分钟通气量
- 下列情况下防止过度通气 and 气压伤
 - 应用PS后
 - 其它肺顺应性突然改变的情况
 - 阻力改变时
- 撤机时自动适应压力支持水平





Volume Guarantee

正确选择病例

- 最好用于肺顺应性正发生改变的患儿
 - 生后即刻
 - 应用表面活性物质后
 - 手术后





Volume Guarantee

正确选择病例

- 对下列病例不适宜
 - 氧合困难
 - PSV+VG 产生较低的MAP
 - 氧和可受 PSV+VG影响
 - 可增加 PEEP 以增加 MAP
 - 大量气漏症
 - 不能达到设置的VT, 除非 $\uparrow\uparrow$ PIP
 - CLD患儿
 - 肺通气不均



Volume Guarantee

正确设置

- 选择多少潮气量
 - 参考目前的呼气潮气量
 - 据目前的 $p\text{CO}_2$
 - 设置VT 4-8ml/kg
 - 据下次血气中再调节





Volume Guarantee 正确设置

- 如何设置压力?
 - 在VG模式, 设置的 PIP 是报警限制
 - 如在设置的最大PIP仍不能达到设置的VT, 呼吸机报警且PIP灯闪烁
 - 增加设置的PIP使呼吸机能保证持续达到设置的 VT
 - 有时需增加流量以达设置的PIP





Volume Guarantee

正确设置

- 如何设置吸气时间？
 - T_i 需足够进行送气
 - 比自主呼吸长30-50%
 - 如 太短， T_i 灯亮，显示VT不足
 - 较长 T_i 比较短 T_i 好





Volume Guarantee 正确设置

- 如何设置流速

设置吸气流速，使在吸气时间的前三分之一达到压力平台





Volume Guarantee 撤机

- 在SIMV+VG可下调频率
- 在PSV+VG 或 SIPPV+VG时，如患儿呼吸活跃，则下调频率无意义
 - 每次自主呼吸均被辅助通气
 - 可下调VT





高频通气

- 高频通气(high frequency ventilation, HFV) 是应用小于或等于解剖死腔的潮气量, 以高的通气频率(通气频率 \geq 正常4倍以上), 在较低的气道压力下进行通气的一种特殊的通气方法





什么是高频通气?

- 频率: 5 - 20 Hz (300 - 1200 / min)
- 潮气量: 死腔的容量之内 (约 2 ml/kg BW)
- 主动吸气和呼气



高频通气

- 采取肺保护性通气策略(**lung-protective ventilation strategies**), 能在不增加气压伤的前提下有效提高氧合





高频通气

High-Frequency Ventilation, HFV

- 应用小于或等于解剖死腔的潮气量，高的通气频率通气
- 在较低的气道压力下进行通气
- 以小潮气量、高频率方式进行通气



高频通气

以小潮气量、高频率方式进行通气

- 高频正压通气 (HFPPV)
- 高频喷射通气 (HFJV)
- 高频振荡通气 (High-Frequency Oscillating, HFOV)





高频振荡通气HFOV

- 频率：500-3000次/分
- 潮气量：近于或小于解剖死腔通气量
- 特点：提高气道平均压，但不增加气道峰压，不影响血液动力学
- 高频振荡通气的效果与病人体重呈负相关，故主要用于新生儿





**“Open up the lung
and
keep it open!”**

Burkhard Lachmann, 1992





HFOV结合容量通气

- 低肺容量策略：用于限制性肺部疾病，如气漏综合征、肺发育不良
- 潮气量和肺泡压明显低于常频通气
- 可减少气压和容量伤
- 可降低吸入氧浓度避免高氧损伤





HFOV结合容量通气

- 高肺容量策略：适于呼吸窘迫综合征(respiratory distress syndrome, RDS)或其他以弥漫性肺不张为主的疾病
- MAP比CMV时略高，在肺泡关闭压之上，促进萎陷肺泡重新张开，即肺泡复张，并保持理想肺容量，改善通气，减少肺损伤





高频通气在新生儿的应用

- 气漏综合征
- 胎粪吸入综合征(**meconium aspiration syndrome, MAS**)
- 新生儿持续肺动脉高压
- **NRDS**
- 肺发育不良：如先天性膈疝(**congenital diaphragmatic hernia CDH**)
- 严重呼吸衰竭





HFOV调节参数

- 振幅 (以测定的 ΔP 表示): 对 CO_2 排除产生很大作用, 要降低 CO_2 主要靠增加 ΔP , 其次为调低频率
- 平均气道压 (MAP)
- 通气频率 (以Hz 计算, $1Hz = 60$ 次呼吸)
- 吸入氧浓度 (FiO_2)





开始 HFOV 治疗

- 需要随时监测
 - SpO₂
 - 经皮CO₂
 - 容量监测
- 选择合适的频率
- 选择合适的振幅 → 所需的胸部振动
- 选择合适的平均气道压
 - 如果无气漏，需要时进行肺复张
- 支持 治疗
 - 纠正低血压
 - 治疗肺动脉高压



起始压力

- 决定于基础疾病
- 气漏综合征：MAP较CMV低1-2cmH₂O，即低容量通气策略
- RDS：采用肺复张，MAP较CMV高1-2cmH₂O，即高肺容量策略





压力调节策略

- 起始 - 复张肺
- 持续 - 保持肺打开状态（使用高频振荡+叹息功能）





高频振荡+叹息

- **HF-Sigh** 能打开塌陷的肺区域，或保持慢肺区处于开放状态
- 当进行持续肺膨胀操作时，按压吸气保持按钮，类似于手动触发了**HF-Sigh**，（例如，吸痰操作后）





起始振幅

- 开始从常频的 ΔP 的1.5倍 (PIP-PEEP)
- 评估肺部的振荡
- 监测经皮 CO_2
- 呼吸功能监测
 DCO_2 的趋势
- 血气分析监测 PCO_2





HFV 时的监护

- 心率
- 呼吸：自主呼吸、胸廓运动度
- 血压
- 自主呼吸：过多引起人机对抗时需应用镇静剂如芬太尼 $2\sim 5\mu\text{g}/(\text{kg}\cdot\text{h})$ 维持





HFV 时的监护

- 血气分析：HFV 后1 h 必需作血气分析，根据血气调整HFV 参数，每次调整参数后1~2 h 需要重复血气
- 胸部X 光片：肺容量应维持右肺于第8后肋





高频通气注意点

- MAP 增加不能过快，因胸腔压力突然改变可使血液动力学恶化
- 每次调低振幅及频率后应监测 PCO_2 ，避免低碳酸血症





HFOV 拔管

早产儿

$FiO_2 < 0.3$

MAP 6-8 cmH₂O

ΔP 10-15 cmH₂O

WOB 满意

pH > 7.25

足月儿

$FiO_2 < 0.3$

MAP 6-10 cmH₂O

ΔP 15-20 cmH₂O

WOB 满意

pH > 7.25





谢谢

