

· 专家讲座 ·

常规机械通气及儿科临床应用

孙波

(复旦大学附属儿科医院呼吸科, 上海 200032)

【中图分类号】 R725.6 【文献标识码】 A 【文章编号】 1008-8830(2001)06-0616-06

第二部分 呼吸机参数的调节及治疗效果的监测

1 呼吸应用

1.1 气道压力的调节

1.1.1 峰压水平的选择 呼吸机供气压力的首要参数为气道峰压(PIP)。定压通气时,一般足月新生儿只需 10~15 cmH₂O 足以获得所需通气潮气量。但对于出生重在 2 500 g 以下的早产儿,以及部分近足月儿,由于肺内液体转运的延迟,PIP 可能需 15~25 cmH₂O 才能获得相应的潮气量。而对于 1 500 g 以下的早产儿伴呼吸窘迫者,PIP 要 25~30 cmH₂O 或更高,才能勉强提供潮气量。在最初设置 PIP 时,先观察小儿胸廓随通气的起伏幅度来判断通气是否起作用,同时观察实际测定的 PIP 水平,特别在紧急上机时,应迅速观察呼吸机压力表指针指示(或数字显示),判断呼吸机的压力、流量、潮气量和每分通气量等参数是否设置到位。

1.1.2 压力波形的调节 单纯按 PIP 值的高低不能作为判断通气效率的指标,需要兼顾气道峰压上升时间和平台压是否形成。以定压通气模式为例,实际应用中,可以将呼吸机设在 CPAP 或将频率降到 5 次/min 以下,通过流量监视窗得到患儿自主呼吸的峰流量,确定实际供气的流量水平,如在定压通气时,流量约 6~8 L/min,PIP 上升不太快,可以产生压力上升的斜坡并达到预设 PIP 水平。此时如果频率在 40~50 次/min,吸气时间在 40%~50%,或 0.5~0.6 s 左右,可以同时维持 PIP 恒定在预设水平直到吸气相结束,使压力平台形成,压力呈矩形

波形;如果将流量调大到 8~10 L/min,则 PIP 上升时间缩短而压力平台仍旧保持,此时压力为方波波形;反之若将流量减少到 6 L/min 以下,则 PIP 仍可达到预设值,但压力上升时间延长,平台时间缩短或消失,压力呈锯齿型。在 RDS 开始机械通气治疗的早期,PIP 波形可以为矩形或方型波,以减少大流速气体对不成熟肺泡和气道强烈冲击的负面影响。

1.1.3 气道插管和漏气 对需要机械通气的小儿,气道插管的选择是保证通气效率的重要条件。有临床研究表明,将近 1/4 的新生儿气道插管漏气大于 20%,既排出气量只有供气量的 80% 不到。所以在 PIP 设定后,必须判断是否有供气管道和气道插管的漏气。采用的方法为呼吸机的供气和排气流量的实测差值,或借助床旁肺力学监测仪来判断。一般漏气大于 20% 应该考虑将气道插管换大一号,或者改为定压通气,但压力水平应该达到提供足够的呼出气潮气量(6~8 ml/kg),并调节通气频率,保持稳定的每分通气量,均可以显著改善通气效率。由于小婴儿一般不用套囊的气道插管,气道插管漏气在所难免,但在上呼吸机前的复苏抢救阶段应该对此加以判断,在上机后有所准备和应付实际情况。

1.1.4 PEEP 的应用 应用 PEEP 主要为提高功能余气量(functional residual capacity, FRC)。在 FRC 适度时,可以获得较高的顺应性和通气效率。当 PEEP 为 0 时,等于大气压。PEEP 的使用一般在供氧 50% 时血氧分压仍低于 6.7 kPa (50 mmHg),且经皮氧饱和度(SPO₂)低于 90% 时开始使用。起始水平以 2~3 cmH₂O 为宜。如果 SPO₂

【收稿日期】 2001-02-04; 【修回日期】 2001-05-31

【作者简介】 孙波(1955-),男,博士,教授,博士生导师。复旦大学附属儿科医院小儿呼吸急救实验室主任,复旦大学呼吸病研究所副所长。主要研究方向为小儿危重呼吸衰竭、呼吸窘迫综合征、肺动脉高压发生机制、预防和救治技术。

高于 90% 表明 PEEP 起效, 否则可以将 PEEP 提高到 4~5 cmH₂O 以得到合适的 SPO₂ 水平。在动脉氧分压上升到 8 kPa 以上, 可以将 PEEP 调节在 2~4 cmH₂O 水平。如果 PEEP 过高 (5~10 cmH₂O) 会影响肺内血回流, 进而降低心输出量, 影响外周血供。在新生儿一般不主张使用高 PEEP (6~10 cmH₂O)。对于有心肌损害的小儿, 应用 PEEP 也要慎重。

1.2 触发和同步化通气

1.2.1 同步化通气原理 用模式为 A/C, SIMV, PRVC 和 PSV 等。在过去, 呼吸机没有同步装置, IMV 和 IPPV 通气存在病人自主呼吸与机械通气的对抗。在新生儿上机时一般已经有呼吸衰竭, 表现为呼吸浅快、不规则, 加上烦躁, 所以临床医师一般采用较快通气频率 (50~70 次/min), 辅以肌松剂或镇静剂, 以“打掉”病儿的自主呼吸。在实践中发现, 这种方式容易造成 PIP 急剧增高, 产生肺与气道的气压伤, 使通气治疗时间延长, 诱发支气管肺发育不良 (bronchopulmonary dysplasia, BPD)。从呼吸生理和病理上讲, 过快的通气频率使无效通气量增加, 通气扩张的往往是时间常数短的肺泡, 及终末细小支气管, 每分通气量加大了, 但肺泡通气量并不增加, 或反而下降, 且容易造成小气道的损伤。当呼吸机安装了同步呼吸触发装置后, 一旦病儿出现自主呼吸要求 (基线压瞬间下降或基线气流的微小变化), 机器立即感受, 经微电脑处理器处理后通知主机开始按设置的通气参数供气, 于是出现一次病儿触发的强制通气, 与病儿的自主呼吸需要相一致, 不出现人机对抗, 满足了病儿对通气的要求, 同时大大减少了病儿呼吸做功的能量消耗。PSV 和 SIMV 不同处为, 触发后的供气流量由专门流量阀门提供, 这样可以使触发同时满足 SIMV 和 PSV 或 PSV 与 CPAP 联合应用的需要。一般呼吸机采用压力触发, 既当病儿自主呼吸产生的气道压力低于基线压, 出现触发。调节触发敏感度就是调节此压力差值, 越接近基线压, 触发越敏感, 反之亦然。最新的呼吸机采用流量触发, 较压力触发更敏感, 其原理在于呼气相气道内有附加流量, 既偏流存在。一旦患儿出现自主呼吸, 偏流流速改变, 呼吸机立即感受并开始通气。流量触发较压力触发更敏感, 缩短了触发反应时间, 提高了触发的灵敏度。同步触发通气效果直观上主要依据以每分通气频率中触发的次数是否多来判断, 一般希望达到 50% 以上的同步化 (既 50 次通气中大于 25 次有触发)。同时观察每分通气量、经皮血氧饱和度、通气时患儿反应等方面是否

稳定。

避免无效触发 (自触发) 出现是控制触发中应注意的问题。实际使用中触发敏感度调节“适度”在于临床医师根据病情变化发展做出及时的判断和调节。触发敏感度调节偏低, 触发次数显著减少或消失; 触发敏感度偏高, 则会增加通气频率, 虽然每分通气量增加, 但肺泡通气量可能下降。触发敏感度过高, 会出现自触发, 表现为短暂连续 2~3 次通气。此时由于肺内气体排出受到阻碍, 因此通气效率显著下降。

1.2.2 同步化通气的应用 一般认为在新生儿的撤机阶段使用 SIMV, 实际上在上机的起始阶段, 只要患儿自主呼吸强, 就应该尝试使用 A/C 和 SIMV 的触发同步功能, 而不应首先选用 IMV 或 A/C 的 C 功能 (即将触发水平调至最低)。正确的使用呼吸机的触发同步功能, 可以使患儿从一开始就处在较低的气压伤危险性下, 相对的通气效率要高, 上机时间可以缩短。近年国外临床试验证实, 对 RDS 从上机开始使用 SIMV 较 IMV 在提高潮气量、动脉氧分压和氧饱和度上效果要好。在实践中, 建议将强制通气的频率设置比期望 (实测) 频率低 5~10 次/min, 并可以通过自主呼吸触发指示灯闪烁次数占实测频率的相对比值, 得到同步化率, 一般希望在 50% 以上, 最好达到大于 80%。在撤机时应用 SIMV 加 PSV, 或 CPAP 加 PSV, 也采用同样原则以保持每分通气量与单纯强制通气时 (无论有无触发) 一致。在 CPAP 和 PSV 联合应用时, 通过改变 PSV 的设定压力和触发敏感度, 可以不断调节每分通气量, 以符合生理需要。这样在保证最低每分通气量强制通气时, 利用患儿呼吸中枢的兴奋程度, 调节呼吸的快慢, 既得到同步, 又保证通气量合适。以 RDS 为例, 临床应用中可以采用下列原则: 如果自主呼吸强, 先采用 A/C 或 SIMV, 均将同步触发打开, 设置频率在 40~50 次/min, 如果可以将实测通气频率保持在 50~60 次/min, 并获得合适的每分通气量, 则保持触发水平, 并适时调节触发灵敏度, 以保持频率和每分通气量在较小的范围波动。在通气 PIP 和 FiO₂ 可以下调, 强制通气频率可以减少到 40 次/min 以下时, 采用 SIMV 加 PSV 通气, 仍然采用上述原则, 将 SIMV 频率设定在 30~35 次/min, 利用 PSV 将实测频率控制在 40~50 次/min, 并保持合适的每分通气量。在自主呼吸强而且较规则时, 逐渐减少 SIMV 的通气频率, 但通过控制 RSV 的触发, 保持每分通气量, 待 SIMV 频率减少到 15 次/min 以下, 改用 CPAP 加 PSV。此时主要通过

改变 PSV 的触发灵敏度和 PSV 压力水平,控制每分通气量在合适范围。在效果显示后,然后将 PSV 的触发灵敏和压力下调,主要依靠 CPAP 通气,然后择时撤机拔管。此时一般要求 $\text{FiO}_2 < 0.3$, $\text{PIP} < 15 \text{ cmH}_2\text{O}$, SPO_2 维持在 90% 以上, PaCO_2 在正常范围。

1.3 PRVC 的应用

临床对照试验将 57 例早产新生儿 RDS 随机获得 IMV 或 PRVC 方式的机械通气治疗,结果显示 PRVC 可以显著减少重度颅内出血和机械通气时间,且在超低出生体重儿 ($< 1000 \text{ g}$) 显著减少低血压的发生。结果的解释主要归因于稳定的潮气量通气、病儿触发的通气频率,均使颅内压保持稳定,同时可能对全身血流动力学的恒定产生积极影响。由于机器不断通过微处理器感受外周阻力和调节流速,一般 PIP 较压力控制通气时要低,并相对恒定,所以在给出合适潮气的同时,使压力相对恒定。笔者医院的三个监护室(新生儿、儿科、心脏外科)采用 PRVC 模式,采用精确设定的小潮气量 ($6 \sim 8 \text{ ml/kg}$) 通气,一般均获得良好效果,对 1000 g 以下早产儿尤其合适。

1.4 压力支持通气的使用

PSV 在二种情况下的应用:和机械通气 SIMV 联合应用或和 CPAP 联合应用。有报道应用 PSV 治疗 4 例小儿哮喘持续状态有效。用西门子 900C 做 IMV 通气,由于持续高碳酸血症,用高水平每分钟通气不能改善, $\text{PaCO}_2 > 20 \text{ kPa}$,遂改为 PSV 通气,以 PSV 设置在 $35 \text{ cmH}_2\text{O}$ (实际达到 $40 \text{ cmH}_2\text{O}$), PEEP 在 $3 \text{ cmH}_2\text{O}$, 通气频率在 $30 \sim 40 \text{ 次/min}$, 每分通气量达到 8 L , 相当于 CPAP + PSV 通气。6 h 内呼吸频率减少到 30 次/min , 吸呼比变为 $1:8$, PaCO_2 回到正常水平, 48 h 后拔管。对于一般小婴儿的通气模式,可以顺序采用 A/C 或 PRVC $\rightarrow$ SIMV(PC) + PSV $\rightarrow$ CPAP + PSV $\rightarrow$ CPAP $\rightarrow$ 拔管 $\rightarrow$ 呼吸空气。PSV 的压力水平一般先设在 PIP 的 $2/3 \sim 1/2$, 待患儿适应后调整,以保持合适的每分通气量。效果稳定后,可以逐步下调压力设置水平和触发敏感度,对气道插管小儿 PSV 通气可能对于改善心脏功能、促进肺液转运是有益的,其机理有待研究。

1.5 CPAP 的应用

CPAP 使用主要在撤机阶段,或轻度呼吸功能不全,也可用于气道塌陷。使用的目的是保持肺泡扩张,减少呼吸做功。不良反应为腹部气胀、鼻粘膜损伤、激惹和医源性感染。近年北欧国家儿科普遍

鼓励使用 CPAP, 加上正压通气易造成气道伤和感染。代表性婴儿型 CPAP 装置为英国 EME 公司生产,备空氧混合器、压力监视和报警,并配备一次性鼻塞。鼻塞管道供气原理为吸气相由 Venturi 现象将预设气流和外界空气混合,由患儿吸入;在呼气相,随气体由肺内呼出,供气气流改变方向而被排出,但可保持呼气相压力高于大气压。通气效率高、供氧水平低且可以控制、压力波动小为此装置的优点。一般的婴儿呼吸机均具有 CPAP 功能,需要在气道插管时使用。CPAP 的适宜供氧浓度在 $0.25 \sim 0.35$, 压力在 $2 \sim 5 \text{ cmH}_2\text{O}$ 。在 CPAP 压力提高后,随通气改善,呼吸频率会下降,呼吸潮气量增加,氧和改善。

气道塌陷。先心病和支气管肺发育不良的婴儿,长期依赖呼吸机治疗,可以存在气道内壁软化塌陷,表现为抬捏足趾时气道壁完全关闭,测定呼出气流为 0,但胸腹部呼吸肌运动仍明显可见。采用 CPAP 治疗,可以维持气道持续扩张,刺激时气道壁不塌陷。对 1 岁以上儿童使用 $10 \sim 15 \text{ cmH}_2\text{O}$ 压力,可以显著增加潮气量和提高顺应性。

1.6 通气频率的调节

每分肺泡通气量 = (潮气量 - 死腔量) $\times$ 通气频率。有效通气的关键是保持合适的肺泡通气量。在使用常频呼吸机时,一定通气频率范围内,每分通气量和每分肺泡通气量可以随通气频率增加而增加,但在频率过快时反而下降。一般新生儿呼吸衰竭时的呼吸机适宜通气频率为 $40 \sim 60 \text{ 次/min}$ 。假设每分钟通气频率为 40 次,呼吸周期为 1.5 s 。设吸气时间为 0.5 s , 则吸呼时间比提高到 $1:2$ 。如果将通气频率提高为 60 次/min , 吸气时间仍然为 0.5 s , 则吸呼时间比提高到 $1:1$ 。在此过程中吸气时间未变,可以保证将肺泡打开,所以可以认为肺泡通气量、潮气量在二个频率时一样,但每分肺泡通气量则随频率增加提高了 50%。如果将频率再提高到 70 次/min , 由于呼吸周期缩短到 0.85 s , 为保证肺泡排气时间,必须保持呼气时间在 0.42 s , 在不能满足吸气时间常数 (time constant, 为顺应性和气道阻力的乘积,反映肺泡张开或关闭的时间特征) 要求时,肺泡通气潮气量会下降 $30\% \sim 50\%$, 但解剖死腔量不发生改变,因此尽管频率增加了,肺泡通气潮气量的下降超过频率增加的影响,因此每分肺泡通气量反而下降。正常新生儿的自主呼吸频率为 $35 \sim 40 \text{ 次/min}$, 但在呼吸衰竭时,一般表现为呼吸次数显著增加,可以达到 $80 \sim 100 \text{ 次/min}$ 。此时的潮气量可以减少到 $2 \sim 4 \text{ ml/kg}$, 不能维持机体氧和

二氧化碳代谢,导致酸中毒和持续低氧状态。

2 机械通气的辅助措施

2.1 镇静剂、肌松剂和利尿剂的应用

2.1.1 镇静剂 常用的有水合氯醛、安定和巴比妥类药物。在静脉给药时安定为 0.1 mg/kg, 苯巴比妥为 1~2 mg/kg。一般可以间断 4~6 h 使用, 副作用主要为呼吸抑制。在自主呼吸没有时, 不必使用。也有采用咖啡类镇痛药如芬太尼, 剂量为 0.5~2 mg/kg。给药过快可以造成呼吸停止, 要同时准备气道通气复苏设备。对于比较烦躁的小儿, 使用镇静剂是急救病房常规的手段, 避免由于刺激和烦躁, 造成血压和颅内压的骤然升降, 导致血管破裂出血, 或气道压过高, 造成气胸和气道损伤。

2.1.2 肌松剂 常用的有潘可罗宁(pancuronium bromide)和琥珀胆碱(succinylcholine), 静脉注射剂量前者为 0.1 mg/kg, 后者为 1~2 mg/kg。以往由于呼吸机没有同步触发功能, 在小儿烦躁时, 为避免人机对抗造成的气胸、颅内出血、低氧血症等并发症, 肌松剂使用很频繁。现在由于有了同步触发装置、特别是智能化的供气气流调节装置, 使肌松剂的使用限制在较低程度。一般在用 SIMV 和 A/C 方式通气不能得到有效供氧、或在测定呼吸力学参数时使用, 以短时间消除自主呼吸对测定的干扰。在使用肌松剂后, 喉部肌肉的松弛可以造成气道插管周围的漏气增加, 在临床上要加以关注。绝对不可以没有气道插管、复苏和呼吸机支持的条件给予肌松剂。

2.1.3 利尿剂 肺水肿时常应用利尿剂为速尿(furosemide), 可以经静脉或气道给予, 均可以起利尿和减少肺液潴留的作用, 静脉给药剂量为 1~2 mg/kg, 最大为 5 mg/kg, 气道内给予速尿剂量为 0.5 mg/kg, 对呼吸功能不全有迅速利尿和改善肺顺应性的作用。

2.2 呼吸力学的监测

小儿常用的呼吸力学测定仪器为流速仪, 以美国 Bicore 公司产品为代表, 使用圆孔薄膜型流速压力传感仪探头, 串联于呼吸机供气管道和患儿气道插管间的 Y 型接口上。根据患儿体重可以选择婴儿型(体重 < 10 kg)和儿童(成人)型二种探头。测定的参数包括动态顺应性、气道阻力、供气和排气潮气量、每分通气量、呼吸功、气道插管漏气程度等, 基本满足临床对小儿呼吸力学变化的实时监测。同时具备流速、气道压力和潮气的趋势变化, 以及容量/

流量环、容量/气道压力环的变化, 并可以打印和数据储存。

2.2.1 顺应性 动态顺应性(Cdyn)是机械通气对相对气道压力变化时的潮气量变化, 用公式表达为:

$$C_{dyn} = \frac{VT}{PIP-PEEP} (\text{ml/cmH}_2\text{O/kg})$$

在一般呼吸上没有专门测定顺应性的设置, 但可以从实测的 PIP, PEEP 和 VT 值换算。动态顺应性的测定条件要求患儿自主呼吸影响减到最低(或用肌松剂), 吸气压出现平台(如使用 Pause), 通气频率减慢(如 25~30 次/min), 使在吸气相气流出现 0 值。静态顺应性的测定要求在一次通气时肺功能仪内设的多次瞬时阻断(occlusion)来得到肺容积-压力环, 再测定其具线性关系的部分而换算出。正常新生儿顺应性在每公斤 0.8~1.2 ml/cmH₂O (1 cmH₂O = 0.1 kPa), RDS 时显著下降到每公斤 0.5 ml/cmH₂O 以下, 经治疗好转后可以再提高到每公斤 0.5 ml/cmH₂O 以上。

2.2.2 气道阻力 呼吸系统阻力可以分为胸廓阻力和肺阻力, 肺阻力再分为组织阻力和气道阻力: 气道阻力 = 气道压力/流量, 单位为每秒 cmH₂O/L。正常新生儿为每秒 20~30 cmH₂O/L, RDS 时上升到 50~100 cmH₂O/L。对于肺内分泌液过多、粘稠等气道阻塞性通气困难, 采用改变体位的方法, 使体位由仰卧转为俯卧后、背部的肺液借重力引流导致局部肺泡扩张, 可以改善通气, 促进气体交换和提高血氧合, 降低气道阻力。

2.2.3 表面张力(surface tension, ST) 肺泡和小气道管腔中的液体表面张力, 影响肺的回缩力和小气道阻力。表面张力和肺泡压(P)、肺泡半径(r)的关系遵循拉普拉斯(Laplace)定律: $P = 2ST/r$, r 为肺泡或气道半径。在一定肺泡半径时, 表面张力的增高和维持肺泡扩张的压力成正比。维持肺泡扩张的生理性物质主要为肺表面活性物质(pulmonary surfactant)。应用合适的机械通气模式, 一般可以帮助患儿渡过 RDS 急性缺氧期和克服肺不成熟, 在以后的稳定恢复期, 可以使内源性肺表面活性物质的合成分泌增加, 随之顺应性改善、气道阻力下降、PIP 和 FiO₂ 下调。有条件时可给予肺表面活性物质制剂气道滴入治疗 RDS。剂型宜选择猪或牛肺提取物的生理盐水混悬液。如果针对早产儿预防 RDS 的发生, 则也可以选不含特异蛋白成分的合成表面活性物质磷脂制剂。长时间高浓度给氧和/或大潮气量通气, 会导致呼吸性肺炎, 使肺泡上皮细胞功能异常及变性坏死。炎症介质也会抑制内源性表面活

性物质,使肺泡表面张力增高,势必出现呼吸机参数的上调。

2.3 通气效果的判断

2.3.1 氧和指数 氧和指数(oxygenation index, OI)为 $\text{FiO}_2 \times \text{MAP} \times 100 / \text{PaO}_2$, 其中 MAP 为平均气道压,单位为 cmH_2O , PaO_2 为动脉氧分压,单位为 mmHg 。OI 是目前国外儿科常用的参数,综合了供氧浓度、平均气道压及氧分压的实测参数,同时联系了人机两方面,直接反映了患儿呼吸衰竭程度和通气换气效果。正常时 $\text{OI} < 5$, 当出现呼吸功能不全时 OI 在 10~15 有机通气指征;当 OI 在 15~20 时,为呼吸衰竭;当 $\text{OI} > 25 \sim 30$ 时呼吸衰竭严重并可能向不可逆发展;当 $\text{OI} > 35 \sim 40$ 时,一般只有用体外膜肺才有挽救可能。如果 OI 在较短时间内上升 5~10 点,提示病情急剧恶化,需立即采取有效干预措施。

2.3.2 经皮氧饱和度 经皮氧饱和度(SpO_2)是判断动脉氧分压和氧饱和度的常用方法。其原理为氧和血红蛋白与还原血红蛋白在波长分别为 660 纳米红光及 940 纳米的红外光的光吸收比值,在不同氧分压时与氧饱和度变化呈反比。将具有上述二个波长光波的探头置于皮肤表面,在穿透皮肤和血管时,二种血红蛋白对光波的吸收(既光的淬灭)不一样,便得到随时间变化的光吸收比值,经换算为经皮氧饱和度。 SpO_2 和 PaO_2 相关性可以达到 99%,但在探测局部,可以因多种原因而实测的 SpO_2 代表不同的 PaO_2 。比如, SpO_2 为 94% 时, PaO_2 可以为 6~12 kPa(45~90 mmHg)。

当改变通气参数时,最重要的通气效果的判断指标之一为 SpO_2 。测定 SpO_2 的目的为判断动脉血氧水平及避免低氧和高氧血症。临床研究表明,在 RDS 时,将 SpO_2 由 95% 降到 90% 不会对肺血流动力学和动脉导管产生不良影响,而将 SpO_2 保持在 93% 则可以保持 PaO_2 在 12 kPa 以下,避免高氧血症。从临床安全与实际出发,应将 SpO_2 的水平设置在 $< 95\%$ 。如果早产儿长期暴露于 $> 95\%$ 的 SpO_2 ,可能使不成熟的视网膜血管变性,导致眼球后组织纤维化。高氧本身直接刺激气道和肺泡上皮,导致急性水肿和炎性反应。因此,对于早产儿不仅要监测的 SpO_2 保持在 95% 以上,同时应该将呼吸机的 FiO_2 设置得尽可能低一些,避免累积的高氧暴露对肺部和其他脏器组织的损害。相应的呼吸机通气模式和参数的调节及实际治疗效果也应依此给予考虑。

2.3.3 呼出气二氧化碳分压 测定呼出气二氧化

碳分压(end-tidal carbon dioxide, EtCO_2)是无创性通气监测方法。应用远红外探测仪探头安放在 Y 接口处,测定呼出气中的二氧化碳浓度,可以辅助判断通气和换气效率,并判断肺内通气死腔/潮气比值的变化。测定公式为: $(\text{PaCO}_2 - \text{EtCO}_2) / \text{PaCO}_2$, 正常值小于 0.4, 有病变时 > 0.5 。如果 > 0.6 , 提示死腔过大,预后不佳。婴儿型 EtCO_2 的准确度受通气频率的影响。在通气频率小于 30 次/min, 其测定数值接近 PaCO_2 。通气频率大于 30 次/min, 数值下降,但仍可以参考其相对变化程度来判断通气和换气效率。

2.3.4 动脉/肺泡氧张力比值($\text{Pa}/\text{AO}_2[\text{a}/\text{A}]$) $\text{a}/\text{A} = \text{PaO}_2 / [\text{FiO}_2 \times (760 - 47) - \text{PaCO}_2 / \text{R}]$, 760 为标准大气压,47 为水蒸发压, R 为呼吸商 = 0.8。a/A 正常值在 0.8~1.0, RDS 时 < 0.5 , 接受肺表面活性物质治疗前一般在 0.2~0.3。此测定值在儿科文献中经常使用,其缺点为没有考虑呼吸机通气参数的影响。

2.3.5 肺泡-动脉氧张力差($\text{A} - \text{aDO}_2$) $\text{A} - \text{aDO}_2 = [\text{FiO}_2 (\text{PB} - 6.27) - (\text{PaCO}_2 / \text{R}) + (\text{PaCO}_2) / \text{R} \times \text{FiO}_2 (1 - \text{R})] - \text{PaO}_2$, 单位 kPa 或 $\times 7.5$ 换算为毫米汞柱。PB 为大气压,6.27 为二氧化碳分压(kPa), R 为呼吸商 = 0.8。 $\text{A} - \text{aDO}_2$ 正常值 < 10 , RDS 时可达 40 kPa(300 mmHg)以上,代表肺通气/灌注比例的失调。

3 机械通气实例介绍

3.1 新生儿呼吸窘迫综合征(RDS)

早产儿,1 200 g, 出生后 10 h, 进行性呼吸窘迫 8 h, 面罩吸氧 $\text{SpO}_2 < 80\%$, 面罩气囊加压吸 100% 氧, $\text{SpO}_2 < 90\%$, 动脉血气 pH 7.12, PaO_2 5.3 kPa, PaCO_2 8.5 kPa, BE -18 mmol/L, 可以选内径 2.5 mm 气道插管经鼻插管, 呼吸机选定压 A/C 模式, 呼吸机流量 6~8 L/min, 供氧浓度 0.6(60%), PIP 24 cmH_2O , PEEP 2~3 cmH_2O , 频率为 50 次/min, 吸气时间 0.4 s, 呼出气潮气量为 8~10 ml(相当于 7~9 ml/kg), 将触发打开, 灵敏度调节在能控制实际频率为 55~60 次/min(A/C 的 A 起主要作用)。上机后根据胸廓的运动和听诊确定二肺扩张且左右通气均匀。如果呼出气潮气量达不到上述水平, 可以在 30~60 min 内逐渐将 PIP 再提高 2~3 cmH_2O , 并将吸气时间提高到 0.5 s, 吸呼比为 1:1 或 1:1.1。如果 $\text{SpO}_2 < 90\%$, 可以将 FiO_2 提高 0.1~0.2, 或者将 PEEP 再提高 1~2 cmH_2O 。如果通

气频率超过 60 次/min, 可以将触发灵敏度调低(不容易触发), 以保持实际频率为 55~60 次/min, 如果通气频率为 50 次/min, 但人机对抗明显, 须将触发灵敏度提高(容易触发), 使频率逐步提高到 55~60 次/min。此阶段约 60 min, 要注意潮气量和每分通气量, 在通气 1~2 h 后测血气比较。一般氧合会稳步改善, 但高碳酸血症的改善时间会比较长, 不要过度调节通气频率和潮气量来快速排出二氧化碳。过快的降低二氧化碳导致脑血流显著下降, 诱发脑缺血缺氧性损害。如果开始上机采用 PRVC 模式, 则调节设定潮气量保证呼出气潮气量符合上述指标, 其余基本调节相同。如果呼吸机没有呼出气潮气量的监测, 则在上述参数基础上, 根据血气值, 经验性地选择通气压力和频率。其他补液、纠酸等措施按常规处理。

3.2 胎粪吸入综合征(MAS)

足月儿, 3 500 g, 出生后即出现呼吸窘迫, 严重酸中毒, 低氧血症和高碳酸血症。呼吸机采用 A/C 模式, 呼吸机流量 10 L/min, 供氧浓度 0.6(60%), PIP 25~30 cmH₂O, PEEP 1~2 cmH₂O, 频率 40 次/min, 吸气时间 0.5 s, 呼出潮气量为 25 ml(相当于 7 ml/kg), 将触发打开, 灵敏度调节在能控制实际频率为 50~55 次/min(让 A/C 的 A 起主要作用)。如果通气 2~3 h 后 PaO₂ 仍然不能达到 50 mmHg 以上, 或 SpO₂ < 85%, 可以将 FiO₂ 提高 0.1~0.2, 或

将 PEEP 提高到 1~2 cmH₂O。如果二氧化碳潴留, 可以将设定通气频率提高 5~10 次/min(实际通气频率达 55~60 次/min)。在经过 6~12 h 治疗后, 如果持续低氧血症不能改善, 并预测在未来 12~24 h 内会维持在高氧和高气道压力通气, 建议尽量采用定压模式加触发同步通气。在有条件时要考虑高频通气或吸入一氧化氮治疗, 一般可以迅速改善持续低氧血症。

3.3 婴幼儿肺炎并呼吸衰竭

出生后 3 月, 体重 5 kg, 肺炎并发呼吸衰竭后气道插管。起始呼吸机参数设定为: 定容模式, A/C, 潮气量为 30 ml(相当于 6 ml/kg), 频率为 40 次/min, 吸气时间为 0.6 s, 吸呼比为 1:1.5, FiO₂ 为 0.5。检测 PIP 在 25 cmH₂O 以下。经 6~12 h 治疗, 如果血气参数仍然显示低氧和高碳酸血症, 可以分别给予 PEEP 1~2 cmH₂O, 增加 FiO₂ 0.1~0.2, 或增加通气频率 5~10 次/min, 结合应用触发同步, 以保持每分通气量在 1.2~1.5 L(约 250~300 ml/kg)。如果 PIP > 25 cmH₂O, 则考虑将通气改为定压模式, 但潮气量和每分通气量应该保持。在治疗好转阶段, 可以改为 SIMV(定容或定压模式) + PSV 治疗, 再过渡到 CPAP + PSV, 逐渐降低 PSV 压力水平到仅应用 CPAP, FiO₂ 0.3 左右能够维持 12~24 h 没有不适, 可以撤机拔管。

(本文编辑:俞燕)