

文章编号: 1006-6586(2004)01-0032-04



机械通气的临床应用

王小亭 刘大为

中国医学科学院 北京协和医院 ICU (北京 100730)

关键词: 机械通气 呼吸机

中图分类号: R197.39

文献标识码: A

Clinical Application of Mechanical Ventilation

WANG Xiao-ting, LIU Da-wei

(Peking Union Medical College Hospital, Beijing 100730)

key words: Mechanical Ventilation, Ventilator

呼吸机是当前医疗的抢救设备,是延长病人生命,为进一步治疗争取宝贵时间的重要工具。它通过机械装置,根据不同的治疗目的,为呼吸功能不全的危重病人提供呼吸支持。随着电子和机械技术水平的不断提高,呼吸机的性能日臻完善,其适用范围也日益扩大。呼吸机能维持呼吸道通畅、改善通气、纠正缺氧、防止二氧化碳潴留,使机体有可能度过基础疾病所致的呼吸功能衰竭,创造条件从疾病过程中恢复。目前由于呼吸机的应用日益广泛,使心脏停搏、呼吸衰竭等危重病病人的预后大为改善,是危重病医学的重大进展之一。

1 发展历程

现代呼吸机的发展,最早始于1915年哥本哈根的Molgaard和Lund,以及1916年,斯德哥尔摩的外科医师Giertz。

1934年Frenkner研制出第一台气动限压呼吸机——“Spiropulsator”,1940年,Frenkner和Crafoord合作,在“Spiropulsator”的基础上进行改进,使之能与环丙烷同时使用,成为第一台麻醉呼吸机。

1942年美国工程师Bennett发明一种采用按需阀的供氧装置,供高空飞行使用。以后由加以改进,于1948年研制成功间歇正压呼吸机TV-2P,以治疗急、慢性呼吸衰竭。

1951年瑞典的Engstrom Medical公司生产出第一台

定容呼吸机Engstrom100取代了当时的“铁肺”,救治了大量的由流行性小儿麻痹引起的呼吸衰竭病人。

60年代,呼吸机的应用更为广泛,1964年Emerson的术后呼吸机,是一台电动控制呼吸机,呼吸时间能随意调节,配备压缩空气泵,各种功能均由电子调节,根本改变过去呼吸机纯属简单的机械运动的时代,而跨入精密的电子时代。

1970年利用射流原理的射流控制的气动呼吸机研制成功,是以气流控制的呼吸机。

80年代以来计算机技术的迅猛发展,使新一代多功能电脑型呼吸机具备了以往不可能实现的功能,如监测、报警、记录等。

进入90年代,呼吸机不断向智能化发展,计算机技术的应用使呼吸机的性能更臻完善。

2 呼吸机的治疗作用、指征和禁忌证

2.1 呼吸机的治疗作用

2.1.1 改善通气功能:呼吸机的基础功能即维持或改善通气,通过采取各种机械通气模式以维持有效肺泡通气量。无论定容或定压通气模式,其基本功能均是维持有效肺泡通气量。

2.1.2 改善换气功能:通过纠正通气与血流比值失调,减

收稿日期:2004-01-12

作者简介:刘大为教授,中国医学科学院 北京协和医院 ICU 主任

少肺内分流,增加弥散面积,改善换气功能。另外也可提高吸入氧浓度,增加氧弥散梯度。如,采用一些特殊的通气方式或功能,如呼气末延长、呼气末屏气、呼气末气道正压(PEEP)等。

2.1.3 减少呼吸功:呼吸机替代呼吸肌肉做功,减少了呼吸肌的工作负荷,使氧耗量降低,有利于呼吸肌疲劳的恢复。

2.2 呼吸机的临床应用指征

2.2.1 由于呼吸停止或通气不足所致的急性缺氧和二氧化碳潴留。

2.2.2 肺内分流所造成的严重低氧血症。

2.2.3 在重大外科手术后(如心、胸或上腹部手术),为预防术后呼吸功能紊乱,需进行预防性短暂呼吸机支持。

2.2.4 在某些情况下,可暂时人为过度通气,以降低颅内压或在严重代谢性酸中毒时增加呼吸代偿。

2.2.5 在某些神经、肌肉疾病中,由于肺活量受限,无法产生有效自发呼吸,可应用机械呼吸,增加通气,以避免肺不张和分泌物滞留。

2.2.6 虽然临床有一些接受机械通气的病理生理指标很重要,但患者是否接受机械通气,关键还要根据病人的病情结合医生的临床经验来综合判断。

2.3 禁忌证

一般认为,机械通气没有绝对禁忌证,因此对于有大量咯血、肺大泡、张力性气胸(未进行适当引流时)或在重症结核易出现播散等情况下,则应慎重应用。

3 呼吸机的工作原理和分类

3.1 常频呼吸机

呼吸过程中,肺部通气的动力是来自肺泡内压与口腔开口压之间的压差。常频呼吸机的工作原理即在于重建此压差。呼吸机分类的目的是说明其设计特点,以便在使用前可以了解其功能、操作特点,以及其对病人的适应性及可能出现的情况。

目前常用的分类方法是按呼吸时相分类。呼吸周期可分为4相,即吸气开始、吸气、吸气终止、呼气。其中吸气终止方式最常用,即由吸气相转向呼气相,又称为切换。按吸气终止切换方式可分为以下3类。

1、压力切换呼吸机:以气道压力作为切换参数。呼吸机可产生气流,经呼吸道使肺泡扩张,胸、肺被动扩大,气道内压不断升高,达到预定压力值后气流中止,开始呼气;此时气道内压不断下降,达到另一预定值,气流再次发生。吸气时间和气道内压的上升速率随气道阻力和肺顺应性而改变,由于它是以压力作为吸气终止的切换指标,因而当支气管痉挛、咳嗽、分泌物积聚,即增加吸气阻抗、压力升高时,可造成吸气过程的停止,不能保证足够的潮气量。以往此型呼吸机多以压缩气体为动力,结构简单,易同步。一般认为对有严重肺实质病变者不适用,多用于新生儿通气或间歇正压通气治疗。近年来,压力控制型的应用范围有所扩大。

2、容积切换型呼吸机:以容量作为切换参数。呼吸机

将预定的潮气量送入呼吸道,并保证在预定的压力范围内(有压力安全阀门调控),潮气量不受胸肺顺应性及气道阻力变化的影响。如容量以气流量和时间的乘积决定,则又称为流量型。

3、时间切换型呼吸机:以时间作为切换参数。即按预设吸气及呼气时间进行切换,潮气量则由吸气流速加以控制,故基本上和容积切换型通气机相仿。但由于吸气流速除由呼吸机工作压力决定外,还受气道阻力(包括摩擦阻力及弹性阻力)的影响,因而气道阻力及胸肺顺应性对潮气量仍有一定影响。

目前常用的呼吸机通常同时具有多种切换方式,可根据病情进行选择。此外,尚有许多分类方法。如按产生吸气压力的控制方式分为正压通气机和负压通气机。按吸气开始方式分为流量触发型、容量触发型、时间触发型(即按预定呼吸频率)及压力触发型。

3.2 高频呼吸机:由于在常频呼吸机使用过程中,有时会给机体带来一定的不良影响。为了减少机械呼吸所带来的气压伤及血流动力学影响,近年来主张用较小的潮气量和较高的通气频率,既可提供一定的通气量,又能维持较低的气道内压和胸腔内压,因此产生了高频通气。它通过高频率的振动,大大加速了气体的弥散过程,同时气体在支气管内来回运动时产生偏流,肺组织非同步扩张,也形成了部分对流。实验结果表明,高频通气时对心血管的不良影响小,对呼吸道和肺无损伤,肺内气体分布均匀。高频通气的呼吸频率>60次/min,潮气量<150ml,吸气时间约在0.001~0.1s。根据频率的不同,可分为以下3种型。

1、高频正压通气(HFPPV)

2、高频喷射通气(HFJV)

3、高频振荡通气(HFOV)

4 呼吸机的调节

呼吸机治疗是非生理性的,为了减少它对呼吸及循环的不良影响,需要根据不同病理状态所致的呼吸动力学改变,合理选择各项参数。

4.1 每分通气量:通常以呼出气量表示,但要注意呼吸无效腔,以了解实际肺泡通气量。无效腔除体内的解剖无效腔和生理无效腔外,还应包括呼吸机管路形成的无效腔,近年来部分呼吸机针对此问题专门设计了管路补偿功能。通气量的调整需依据血二氧化碳水平及PH值。

4.2 潮气量和频率:通气量是由潮气量和呼吸频率的乘积所决定。

4.3 吸气时间与呼气时间比(吸:呼比):吸:呼比的设定应考虑机械通气对病人血流动力学的影响、氧合状态、自主呼吸水平等因素。常用吸:呼比1.2~1:1.5。

4.4 气道压力:它是近端呼吸道开口压,由潮气量、气道阻力和胸肺顺应性决定,不能反映肺泡内压。肺内病变较轻时,一般为1.47~1.96kPa(15~20cmH₂O),气道压力增大后易产生循环改变。如需提高气道压力来维持适当的通

专题讲座

气, 则应减少吸气时间。

4.5 触发灵敏度: 病人有自主呼吸时, 其吸气动作所产生的气道负压或气流改变将启动吸气开始。触发灵敏度取决于所需的吸气强度。目前常用压力触发、流量触发。

4.6 吸气流量及形态: 吸气流量与是否有自主呼吸及自主呼吸状态有关, 常用流量形态有方波和减速形态。

4.7 吸入氧浓度: 呼吸机采用空气与氧混合装置, 通过调节可决定吸入气的氧浓度。但长期高浓度吸氧可致氧中毒, 因而当吸入氧浓度超过 60% 时, 即应考虑采取措施, 包括加用或提高 PEEP 水平、换用压力模式、延长吸气时间等以提高氧合, 而不是继续增加吸入氧浓度。

5 机械通气模式

5.1 控制通气: 呼吸机完全代替病人的自主呼吸, 包括呼吸频率、潮气量、吸:呼比等, 而病人的自主呼吸被有效抑制。

5.2 控制/辅助通气: 是辅助通气和控制通气的结合, 病人可以支配自己呼吸频率, 触发时为辅助通气, 没有触发时为控制通气, 当病人自主呼吸频率低于控制呼吸频率时, 呼吸机提供控制通气。

5.3 同步间歇指令通气 (SIMV): 将预定次数的控制通气加于可进行自主呼吸病人的呼吸方式中, 在没有指令通气的呼吸期间, 允许病人自主呼吸。

5.4 压力支持通气 (PSV): 即病人通过呼吸机在自发吸气时, 从呼吸机接受气道内的正压支持。并通过调整压力支持水平以获得满意潮气量和呼吸频率, 当吸气流量降到高峰流量的 25% (不同呼吸机可以不同, 有的可以调节) 以下时, 即出现呼吸切换。目前认为在自主呼吸病人中, 压力支持通气, 同步性能最好。此外, 在撤机锻炼中, 能够适当增加呼吸肌的工作负荷, 以增强肌力或耐力。

Macintyre 进行 PSV 和 SIMV 的比较, 发现 PSV 可减少呼吸频率及气道峰压, 病人感到舒适。而由 SIMV 提供的通气量及流量与呼吸中枢的调节并不完全合拍, 常可造成呼吸肌疲劳。因而认为 PSV 从理论上讲是有益而安全的。

5.5 持续气道正压通气 (CPAP)/呼气末正压通气 (PEEP)/双相气道正压 (BIPAP): CPAP 指整个呼吸周期在气道开口处施加固定正压; PEEP 是指机械通气时维持呼气末气道的正压以增加减少的功能残气量和改善肺顺应性; BIPAP 是在自主呼吸时交替给予两种不同水平的气道正压, 是目前临床有前途但需要进一步实践的模式。

5.6 每分指令通气 (MMV): 作为呼吸机使用过程中便于呼吸机撤离的一种新概念, 首先在 1977 年由 Hewlett 等提出。当时使用的是没有微处理机的呼吸机。每分指令通气是指患者通气量低于预定量时, 即由呼吸机提供其不足量。在使用微处理机以后, 则可连续比较每分通气量与原预定值之差, 然后通过指令通气弥补此差值。和 SIMV 原理相近。但其指令通气仅在低于预定量时才提供, 在不同机型中采用不同的控制反馈系统。其优点是保证供给预定的每分通气量, 不受病人自主呼吸及中枢调节的影响; 使呼吸机撤离自动化, 在

病人从机械呼吸转向自主呼吸的过程中不必时刻调节控制。

5.7 双重控制模式: 近年来一些呼吸机可以在启动呼吸或呼吸之间进行压力控制和容量控制切换 (1) 呼吸内双重控制包括定容压力支持和压力扩增模式 (2) 呼吸间双重控制包括容量支持和压力调节容量控制通气模式。

5.8 无创正压通气模式: 20 世纪 80 年代初期, 经鼻 (面) 罩进行无创性正压通气 (noninvasive positive pressure ventilation NIPPV) 开始应用于临床, NIPPV 是指不经人工气道 (气管插管或气管切开) 进行通气的方法。该技术理论上的优点是可以避免由气管插管或气管切开导致的相关并发症, 维护了上呼吸道的防御功能, 改善了病人的舒适感, 保留其说话和吞咽功能, 提供建立或去除机械通气的最大灵活性。近年来, 随着 NIPPV 通气技术的不断改进, 其临床应用范围有不断拓展的趋势。(1) NIPPV 的通气模式: NIPPV 可采用容量或压力控制通气, 主要通过双水平正压通气或连续正压通气模式完成。由于容量控制可使气道压升高, 导致病人不宜耐受, 因而, 压力控制模式广为临床应用。(2) NIPPV 的连接方式: 目前有应用鼻罩和面罩和鼻面罩等。连接的紧密性和舒适性对疗效和病人耐受性有很大的影响。头带可起到固定面罩和鼻罩与病人头部的作用。目前可选择的鼻 (面) 罩的种类很多, 可根据病人的具体情况选择。(3) NIPPV 的病人标准: 清醒而合作; 血流动力学稳定; 无需气道保护或清除过多分泌物; 无急性面部损伤。(4) 临床应用指征 目前国内外大量文献集中于无创通气在慢性阻塞性肺病 (COPD) 急性发作中的应用, 对其疗效较为肯定。对心源性肺水肿、重症肺炎合并呼吸功能不全、术后呼吸功能不全亦赞成选择应用无创通气。(5) NIPPV 缺点: NIPPV 的缺点与所用无创通气方式是一致的, 包括气体误咽致胃膨胀等; 此外, 与有创通气相比, 纠正呼吸衰竭的过程较慢, 发挥作用的时间相对较长。面罩漏气、意外脱开可发生短暂低氧血症。缺乏气道经路和保护, 不易行气道深部分泌物的排除。

总之, NIPPV 技术是各种原因引起的急性呼吸衰竭非常重要的呼吸支持手段, 随着 NIPPV 技术以及设备的改进, 更深入的实验与临床研究开展, 其在危重病临床应用中将发挥越来越重要作用。

6 机械通气并发症

6.1 气管插管、套管有关的并发症 (1) 气管阻塞 (2) 气管脱出 (3) 喉损伤: (4) 气管粘膜损伤 (5) 皮下气肿

6.1.2 机械通气并发症

6.2 通气不足: 可能由于呼吸机调节不当或故障所致, 也可能由于气道阻力增加或顺应性降低之故。使用压力转换型通气机时更易出现通气量的改变, 通气不足可导致呼吸性酸中毒加剧, 出现与呼吸对抗, 进一步加剧通气不足。

6.2 通气过度: 使二氧化碳在短期排出过快, 血 PaCO_2 下降太快, 碳酸氢离子在体内相对升高, 造成呼吸性碱中毒, 促使氧离曲线左移, 影响氧合血红蛋白的离解, 导致组织缺氧加重, 并使脑血管收缩, 血流减少, 加重脑缺氧。

6.3 呼吸机相关肺损伤 (VALI) 及肺保护性通气策略:

大量的动物试验证明,过去临床认为的气压伤,绝大部分是由高容量通气所致的容量伤。而且这种由肺容量过大、肺组织过度扩张导致的损伤类似于急性肺损伤(ALI)和急性呼吸窘迫综合征(ARDS)的病理改变,这种改变主要因肺过度膨胀使肺泡上皮和血管内皮过度牵拉,使两者连接处的距离拉大,导致肺泡和毛细血管通透性增加。肺泡过度扩展时毛细血管跨壁压急骤升高,破坏肺气血屏障;机械通气时,由于肺病变往往不均匀、通气容量过大时,在扩张肺泡与实变肺泡之间可产生很强的剪切力导致肺损伤,所以容量伤是机械通气所致肺损伤中最常见的。近年来的研究还发现,呼气末肺容积过低和肺不张、导致终末肺单位随机械通气周期性地开放和关闭,也可诱发肺损伤,并称之为不张伤。此外,在肺机械性损伤的基础上肺内炎性细胞聚集和炎症介质释放进一步促进了肺损伤的发生和发展,又有人称之为生物伤。在肺损伤的发生过程中,上述机械往往同时或先后发挥作用且互相影响,使肺损伤的表现形式多样,临床包括肺泡外气体、系统性气体栓塞;弥漫性肺损伤等。

肺保护性通气策略(lung Protective ventilation strategy)目的是保护肺免受呼吸机相关性肺损伤,主要适用于已有急性肺损伤(如ARDS)或潜在呼吸机所致肺损伤的高危病人。常用策略有:(1)小潮气量及允许性高碳酸血症:为防止大潮气量所致容量伤。设置潮气量 $4-7\text{ml/kg}$ 。大多数患者可耐受代偿性的呼吸性酸中毒,且可通过增加呼吸频率加以纠正,即允许性高碳酸血症。(2)选择定压型通气模式以限制经肺压:推荐平台压(P_{plat}) $<35\text{cmH}_2\text{O}$,即压力限制通气(Pressure targeted ventilation),防止气压伤。(3)最适PEEP:选择最适PEEP以最大程度减少肺泡萎陷,使最多肺泡保持膨胀状态,肺顺应性达到最佳水平,防止肺泡反复开闭所致不张伤。

6.4 呼吸机相关肺炎(VAP)是急性呼吸衰竭病人在接受机械通气至少48h后发生的肺炎,应将气管插管和机械通气前已存在或处于潜伏期的肺炎除外。VAP是医院内肺炎的一种特殊类型,有很高的发生率和死亡率。

6.5 氧中毒 目前认为是VALI的一种。机械通气病人长时间吸入高浓度氧可引起肺损伤,对于急性损伤的病人机制尚不明确,目前认为吸入(60%浓度氧是安全的。

7 撤机

从机械通气撤离到自主呼吸的恢复是一门临床艺术,需要根据临床情况,个别具体化对待。撤机成功与否常常取决于病人的基础状况和医务人员的判断和决策。呼吸机治疗存活患者中,约90%可在7d内撤机,对这些患者仅仅是决定呼吸机何时停用而已。但对约9%在1周内不能达到撤离呼吸机的患者来说,他们多数伴有严重的慢性肺部疾病、肺外多脏器损害或神经肌肉疾病,必须有一个撤离过程,即通

过系统全面的步骤,逐渐恢复自主呼吸,最后达到完全停机目的。

7.1 撤机条件 1、解除呼吸衰竭的原因 2、解除深度镇静和神经阻滞 3、没有脓毒症 4、循环稳定 5、电解质及代谢紊乱被纠正 6、动脉氧合充分 7、呼吸肌功能良好。

7.2 撤机参数 传统脱机参数(如肺活量,最大吸气负压等)均未能被证明是预测成功脱机的指标,目前认为浅快呼吸指数预测成功率较高。

7.3 撤离模式

7.3.1 T管试验 通过T管吸入氧,逐步增加自主呼吸时间,如能逐渐连续耐受24h则撤机成功。

7.3.2 SIMV模式 将预定次数的控制通气加于可进行自主呼吸病人的呼吸方式中,在没有指令通气的呼吸期间,允许病人自主呼吸。撤机过程中逐渐减少指令通气次数,增加自主呼吸时间,最终达到撤机目的。临床经常合用PSV。

7.3.3 压力支持通气(PSV)模式 提供不同压力以调节潮气量水平,每次减少 $2-3\text{cmH}_2\text{O}$,密切观察每分呼出通气量及呼吸频率,以保持足够的氧合及通气。PSV时病人可控制呼吸的时间、深度以及吸气时间与呼气时间比值,故比T管及SIMV舒适,特别在呼吸中枢驱动完整的患者中有益。

7.3.4 连续气道正压通气(CPAP)模式 和T管呼吸相仿,其优点在于仍和呼吸机相连,病人心理上获得安慰,并且有相应的报警系统监测比较完全,为克服管道阀门阻力及内源性PEEP,PEEP水平置于 $3-5\text{cmH}_2\text{O}$ 较好。呼吸机撤离需循序渐进,整个过程一定要持之以恒,以达到最终目标。

7.3.5 新的撤机模式 近年来一些新推出的通气模式也开始用于撤机,包括包括定容压力支持模式、压力扩增模式、容量支持和压力调节容量控制通气等模式。

8 发展趋势

近20年来,呼吸机的发展非常迅速,临床应用日趋广泛,已经积累了不少经验,有关呼吸机对人体的影响也有了更多的了解,同时也发现了一些亟待解决的问题,临床上也提出了一些新的要求,正是这些问题和要求促进了呼吸机的发展。为了满足这些要求,目前新一代的呼吸机的性能较以往有了很大的改善。如在呼气、吸气转换上,高档机均有两种以上的切换方式;在通气上力求使病人更舒适,减少病人的呼吸功,触发的敏感度越来越高;而最关键的是计算机在呼吸机上应用,微机替代电子控制不但减低了成本,而且误差小,操作更直观、方便,计算机具有自检系统,可以自我检查故障,缩短保养和维修的时间。

可以预测,未来的呼吸机将绝大多数用微机控制,各种性能更完善,操作更直观,实现确实的人机对话。现在的呼吸机本身并不能改善换气功能,这将是未来留给人们的一个重要课题。