

“十大黄金法则”在ARDS患者机械通气中的应用进展

董钰源 王启萍 杨会梅 何芳 黄欣

十堰市人民医院(湖北医药学院附属人民医院)急诊科 湖北十堰 442000

摘要: 经过2019年新型冠状病毒的大流行,在治疗急性呼吸窘迫综合征(ARDS)患者的临床研究中有了更多有效的方法。机械通气是治疗ARDS患者不可或缺的手段。肺保护性通气策略是近几年的热门话题,可以有效降低机械通气相关性肺损伤(VILI)的发生率,包括呼吸机各种模式的选择、参数的设置,针对不同的患者,实现个性化的设置;还包括药物的使用,用神经肌肉阻滞剂来消除人机对抗,提高治疗率;以及在紧急情况下使用俯卧位通气(PPV)、体外二氧化碳清除(ECCO₂R)、一氧化氮吸入(iNO)和体外膜肺氧合(ECMO)技术,让患者在最短的时间里获得最大的益处;除此之外,患者成功脱机后的肺康复治疗也显得尤为重要。根据近几年关于ARDS的研究,提出十大黄金法则供治疗机械通气的ARDS患者参考,提高患者的预后。

关键词: 十大黄金法则;急性呼吸窘迫综合征;ARDS;机械通气

1 法则1: 识别ARDS病情严重程度

ARDS的定义是在1967年被首次提出,目前为止,已经发布了四个版本。2012年柏林定义列出了诊断ARDS必须同时满足的以下4个标准:(1)一定程度的低氧血症,通过测量氧合指数($\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$)的比值来评价;(2)急性低氧血症,1周内新发或原有呼吸系统症状加重;(3)胸部影像学检查提示胸膜积液、肺泡/肺叶塌陷或结节不能完全解释双侧胸部影像上的混浊;(4)无心力衰竭或液体超负荷。由于2019年新型冠状病毒病大流行,ARDS又被重新认识,于2023年发布的ARDS全球定义扩大了柏林定义:用 $\text{SpO}_2/\text{FiO}_2$ 比值来衡量低氧血症的程度,相对于 $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ 比值而言,获取更方便且无创。 $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 \leq 300\text{mmHg}$ 或 $\text{SpO}_2/\text{FiO}_2 \leq 315$ 且 $\text{SpO}_2 \leq 97\%$ 作为低氧血症的判定标准;胸部除影像学检查外增加了超声检查,为非心源性肺水肿或者肺实变的识别提供了一种无创的手段;有创机械通气的ARDS患者与2012版一致,非有创机械通气者经鼻高流量氧疗(HFNO) $\geq 30\text{L}/\text{min}$,或无创正压通气(NIV)/CPAP时 $\text{PEEP} \geq 5\text{cmH}_2\text{O}$,在资源不足的情况下不需要PEEP和最低氧流量作为诊断的必要条件。

2 法则2: 潮气量(V_T)、平台压(P_{plat})、驱动压(ΔP)

肺保护性通气是预防VILI的主要通气管理方法。传统的ARDS患者在机械通气中 V_T 为10-15ml/Kg预测体重(PBW)。高 V_T 会给患者带来一定的危害,如肺过度膨胀、

肺体积损伤以及未充分镇静状态下患者自主呼吸增强导致的气胸等。参数的设定基于肺保护策略,包括低 $V_T(4-8\text{ml}/\text{Kg PBW})$ 和 $P_{\text{plat}} \leq 30\text{cmH}_2\text{O}$, $\Delta P \leq 15\text{cmH}_2\text{O}$,以及根据肺顺应性设定的PEEP。

ARDS患者在机械通气时为了防止肺损伤而使用肺保护性通气策略,往往会导致高碳酸血症,以及其他器官的损害,进一步加重病情。要维持二氧化碳分压(PaCO_2)在正常范围,或低于50mmHg,就需要更高的呼吸频率(25-30次/min),从而导致肺部过度膨胀。Needham DM研究发现, $V_T \leq 6.5\text{ml}/\text{Kg}$ 和 $\geq 6.5\text{ml}/\text{Kg}$ 时,PBW增加1ml/Kg与死亡风险增加相关。几项关于ARDS患者的随机对照试验研究发现, $V_T \leq 7\text{ml}/\text{Kg}$ 时可显著降低住院病死率、器官衰竭的数量减少和气压伤的发生率,预后较好。在Laffey JG研究中, $V_T \geq 7.1\text{ml}/\text{kg}$ 与死亡率增加无关,但 P_{plat} 、PEEP和 ΔP 对结局指标有显著影响。因此, P_{plat} 与 V_T 、PEEP是VILI发病机制中的一个重要参数,均包含在静态顺应性的计算中。当 $P_{\text{plat}} < 27\text{cmH}_2\text{O}$ 时,较低的 V_T 与较好的生存率相关,另一方面,高 V_T 与氧合增加和顺应性改善有关,但也与较高的死亡率有关。研究表明, P_{plat} 是死亡率和预后的更重要决定因素,而不是 ΔP 。

3 法则3: PEEP设定

合理的PEEP可以维持肺泡的开发,减少肺泡萎陷和肺内分流,改善肺部通气功能;PEEP设置过大会导致吸

气末肺容量增加和容积创伤和 VILI 的风险增加。有指南建议: 中度或重度 ARDS 患者保留高 PEEP, 并避免在轻度病例中使用。定义高 PEEP 与低 PEEP 的阈值为 $12\text{cmH}_2\text{O}$ 。在最近的试验中, 发现在经肺压 (P_L) 引导下调整 PEEP 在改善氧合方面具有优势, 特别是对于肥胖等高腹压患者和减少 ECMO 等抢救治疗, 当 PEEP 滴定值接近 $0\text{cmH}_2\text{O}$ 时, 观察到的生存率较好。一项荟萃分析比较了低 V_T 合并高或低 PEEP, 发现高 PEEP 可提高生存率。试验表明, $\text{PEEP} > 15\text{cmH}_2\text{O}$ 与死亡率增加有关, 特别是在血流动力学障碍和肺炎患者中。

PEEP 应设定在达到最低可接受 $\text{SpO}_2(88-92\%)$ 或 $\text{PaO}_2(55-70\text{mmHg})$ 所需的最低水平。通过增加血 PH 和降低 PaCO_2 , 从而提高血红蛋白浓度、心输出量和动脉血氧含量, 可以优化 PaO_2 和氧的输送。在采取肺通气保护性策略时应谨慎, 特别是在低氧目标和容许性高碳酸血症时。正压也应设置为保护右心室, 因为肺单位的增加会导致毛细血管的减少。在高 PEEP 时, 需要更多的液体来实现毛细血管充盈和改善右心室功能, 肺淋巴引流减少。肥胖患者发生 ARDS 的风险特别高, 因为其解剖和生理改变会影响胸壁、肺、咽部、面部和颈部。此类患者表现为功能剩余容量和肺顺应性降低, 缺氧和 V/Q 不匹配。在这一人群中应用 PEEP 对于减轻肺不张和远端气道关闭很重要, 个性化 PEEP 设定应根据患者的具体生理。

4 法则 4: 肺复张

ARDS 患者由于肺间质和肺泡水肿, 肺总重量会增加。因此, 肺依赖区域的肺不张是常见的; 肺泡塌陷不仅减少了可用于气体交换的肺总面积, 而且还通过增加位于充气肺泡和塌陷肺泡之间界面区域的剪切应力来促进肺损伤, 肺泡经历循环的补充和停止, 肺复张减少肺内分流, 改善氧合和顺应性, 所以肺复张可被视为对机械通气的保护性“开肺入路”。

2023 版指南不建议使用长程 (气道压 $\text{Paw} > 35\text{cmH}_2\text{O}$ 至少 1min) 或短程 ($\text{Paw} > 35\text{cmH}_2\text{O}$ 不超过 1min) 的肺复张, 主要原因是肺不张导致的血流动力学不稳定、气压伤, 更严重者呼吸心跳骤停的发生。

5 法则 5: 神经肌肉阻断剂

神经肌肉阻断剂通过抑制患者的主动呼吸发挥作用, 改善人机对抗, 增加顺应性, 但长时间的使用也会增加镇痛镇静药物的用量, 不利于患者的预后。神经肌肉阻滞剂在限

制呼吸和维持 PEEP 方面也起着关键作用, 从而减少由强吸气力和呼气肺泡塌陷引起的波动。

6 法则 6: 辅助通气

机械通气治疗 ARDS 患者是一种常用手段, 患者的自主呼吸有良好的作用, 如减少呼吸肌的消耗, 改善氧合和顺应性, 但当患者病情有所改善时, 应及时停用机械通气。关于脱机和拔管前的呼吸机模式, 最近的一项非劣效性随机对照试验比较了急性低氧血症患者有无辅助通气或有辅助通气的情况下的辅助通气, 结果显示, 后一组中有 23% 的患者未能保持压力控制通气, 而仅辅助通气组为 30%, 强调了在辅助通气期间使用叹息操作的临床益处。此外, Jiang 等研究发现较高的峰压 (P_{peak}) 是中重度进行俯卧位通气 ARDS 患者死亡的危险因素。Mallory 等发现降低 P_{peak} 能进一步避免高 P_{peak} 引起肺损伤的过度扩张, 从而进一步降低 ARDS 患者的病死率。

7 法则 7: 俯卧位通气 (PPV)

在大流行的早期, 医生调整了旨在最大化气体交换的治疗策略, 并在 ARDS 患者以及没有机械通气的气体交换受损患者中广泛采用俯卧位。

肺是呼吸系统的核心, 肺部细胞的呼吸能有效地将大气中的氧气转移到人体循环中。与非 ARDS 患者相比, ARDS 患者仰卧位背侧区通气严重受损。由于重力的作用, 背侧区域的灌注也更广泛, 导致 V/Q 不匹配导致低氧血症。在俯卧位的 ARDS 患者中经常观察到氧合明显增加, 因为 V/Q 比更均匀, 因此肺内分流减少。直立姿势的进化使人类呼吸系统暴露于不同的和复杂的物理和生理相互作用。俯卧不仅可以改善氧合, 还可以降低 VILI 的风险。因此, 当人类仰卧时, 肺泡前部的扩张更大, 而肺泡位于肺的背, 后者的扩张较小。当患者长时间保持仰卧位时, 这些较小扩张的呼吸单位可能发展为明显的肺不张。

俯卧位 - 仰卧位随机对照试验纳入了 342 例伴有中度和重度低氧血症的成年 ARDS 患者, 发现仰卧位和俯卧位患者 28 天和 6 个月的总生存率无显著差异, 但后一组的并发症明显更高。

8 法则 8: 体外二氧化碳清除 (ECCO₂R) 和一氧化氮吸入 (iNO)

ECCO₂R 对伴有低氧血症或高碳酸血症性呼吸衰竭的 ARDS 患者是一种有效的治疗方法。患者处于镇静、镇痛的

状态下, ECCO₂R 可有效治疗患者的高碳酸血症, 促进肺保护性通气策略的实施。指南推荐当 PaCO₂ > 50mmHg、PH < 7.3 且增加呼吸频率无法代偿时可启动 ECCO₂R。ECCO₂R 通过降低 V_T 和 P_{plat} 来预防 VILI, 同时也控制呼吸性酸中毒。2020 年发表的关于 ARDS 患者使用 ECCO₂R 的共识声明将机械通气的目标标准定义为: $\Delta P < 14\text{cmH}_2\text{O}$, P_{plat} < 25cmH₂O, 呼吸频率为 20–25 次 /min; ECCO₂R 起始适应症包括 $\Delta P > 15\text{--}20\text{cmH}_2\text{O}$, P_{plat} > 14cmH₂O, PaCO₂ \geq 60mmHg, PH < 7.25, 呼吸频率 > 20–30 次 /min, PaO₂/FiO₂ < 150, PEEP > 8–15cmH₂O。ECCO₂R 二氧化碳清除效力主要取决于血流速、气流速和二氧化碳氧合器膜表面积, 稳定的血流速是保证清除效力的前提, 使用 13–18Fr 双腔静脉导管可以实现 400–1000 ml/min 的血流速。出血是 ECCO₂R 治疗时常见并发症, 各种出血中脑出血风险增加 7%, 应做好此并发症的防范。

iNO 是另一种常用的抢救策略, 用于对常规治疗无效的 ARDS 患者。1987 年首次报道 iNO 作为内源性血管扩张剂用于治疗肺动脉高压和其他肺部疾病; 最近, 它被证明有利于 V/Q 不匹配。目前的数据表明, iNO 可以安全应用, 但有肾脏疾病的患者应慎用 iNO, 并在治疗过程中严格监测肾功能。

9 法则 9: 体外膜肺氧合 (ECMO)

VV-ECMO 可改善氧合和二氧化碳清除, 并可通过降低机械通气强度来减少呼吸机引起的肺损伤。体外生命支持组织 (ELSO) 指南建议, 严重 ARDS 合并难治性低氧血症 (PaO₂/FiO₂ < 80mmHg) 或严重高碳酸血症性呼吸衰竭 (PH < 7.25, PaCO₂ \geq 60mmHg) 的患者, 在最佳常规管理 (包括俯卧位试验) 和无禁忌症的情况下, 应考虑进行 ECMO。一项对 2 项随机对照试验的荟萃分析显示, VV-ECMO 组 60 天死亡率较低, 而其他 3 项研究报告了接受 ECMO 的患者大出血的发生率更高。根据 ELSO 的报告, 在 VV-ECMO 支持

后 90 天的住院死亡率估计为大流行后的 37.4% 和大流行前的 40%。虽然 COVID-19ECMO 持续时间 (18 至 20 天) 可能比非 COVID-19ECMO 患者 (12 天) 更长, 但公布的死亡率在两组中似乎相似。

10 法则 10: 撤机后肺康复

一旦在辅助通气下达到较低的理想压力支持水平, 应减少镇静和镇痛药, 并进行自主呼吸试验 (SBT)。对于拔管后的 ARDS 患者, 与传统氧疗或无创正压通气相比, 指南专家组建议使用 HFNO, 并根据患者的临床情况及时调整。

11 总结

自 2019 年新型冠状病毒的大流行, 乃至过去更远的的时间里, 各位学者对 ARDS 的研究都取得了实质性的成果。对于所有机械通气的患者都应该实行肺保护通气策略, 如果没有相应的设备或更好的治疗手段, 也应尽可能的减少 VILI 的发生。并且, 对于不同的患者也应执行不同的治疗措施, 使患者的利益最大化。

参考文献:

- [1]MEYER N J, GATTINONI L, CALFEE C S. Acute respiratory distress syndrome[J]. Lancet, 2021,398(10300): 622–637.
- [2]IANG L, CHEN H, XIE J, et al. Prognostic value of time-varying dead space estimates in mechanically ventilated patients with acute respiratory distress syndrome[J]. J Intensive Med, 2024,4(2): 187–193.
- [3]CRESSONI M, CADRINGHER P, CHIURAZZI C, et al. Lung inhomogeneity in patients with acute respiratory distress syndrome[J]. Am J Respir Crit Care Med, 2014,189(2): 149–158.
- [4]张波. 机械通气临床应用进展 [C]// 第六届中国呼吸医师论坛 .0[2025-06-30].