

# 程序化撤机策略的研究进展

Research progress on protocolized weaning strategies

王丽<sup>1a</sup>, 肖力<sup>1b</sup>, 贾平<sup>1c△</sup>, 张勤<sup>1d</sup>, 罗智燕<sup>2</sup>, 陈娟<sup>1a</sup>, 余雅婷<sup>1e</sup>

WANG Li, XIAO Li, JIA Ping, ZHANG Qin, LUO Zhi-yan, CHEN Juan, YU Ya-ting

1. 四川省医学科学院·四川省人民医院(电子科技大学附属医院) a. 重症医学中心;b. 老年医学中心;c. 神外 ICU;

d. 全科医学中心,e. 儿科 ICU, 四川 成都 610072;2. 电子科技大学医学院, 四川 成都 610054

**【摘要】** 撤机是停止机械通气的最后一步,让机械通气患者早期成功撤机仍是临床上一大难题。实施程序化撤机可以促进患者早期撤机,减少机械通气并发症,缩短住院时间,降低医疗花费,使患者受益。本研究对程序化撤机的撤机筛查评估、自主呼吸试验和拔管策略进行综述,以期临床撤机提供参考。

**【关键词】** 机械通气;程序化撤机;自主呼吸试验;撤机策略

**【中图分类号】** R473

**【文献标志码】** B

**【文章编号】** 1672-6170(2024)04-0184-04

采用气管插管进行有创机械通气(invasive mechanical ventilation, IMV)是生命支持的重要手段<sup>[1]</sup>,为危重患者原发病的救治创造了条件,赢得了时间,不仅保证了患者充分的通气与氧合,还对血流动力学的稳定及内环境的改善起到了重要的作用。然而,长时间应用 IMV 会导致许多并发症,如呼吸机相关性肺炎(ventilator-associated pneumonia, VAP)、膈肌萎缩、吞咽障碍、ICU 获得性肌无力(ICU-acquired weakness, ICU-AW)、喉水肿、谵妄等,增加住院时间和死亡率<sup>[2]</sup>,增加医疗花费。因此,一旦实施 IMV 的原发病好转了,就应创造条件尽早撤机。

撤机是指让 IMV 患者逐渐撤离机械通气(mechanical ventilation, MV),恢复自主呼吸的过程。传统的撤机是经验性撤机,即医生根据自己的知识和临床经验决定患者何时撤机,没有标准的撤机方案,缺乏理论依据和相关量化指标,容易导致撤机困难或撤机延迟。研究<sup>[3]</sup>表明,程序化撤机与常规撤机相比,可以缩短 MV 时间、撤机时间和 ICU 住院时间。美国最新发布的《危重成人机械通气撤机循证指南》<sup>[4]</sup>建议对机械通气>24 h 的成人患者采用程序化撤机方案进行撤机。程序化撤机虽提出已久,但是最佳撤机筛查指标、自主呼吸试验(spontaneous breathing trials, SBT)及拔管方法还在不断探索中,本研究就近年来程序化撤机策略的研究进展进行综述,以期临床提供参考。

## 1 程序化撤机的概念

程序化撤机也称方案化撤机,是指以呼吸生理

及临床参数为依据,制定脱离呼吸机的方法和步骤,且每个步骤都有一定的标准。最早在 1984 年,由 Foster 等<sup>[5]</sup>率先制订了程序化撤机的步骤,主要包括三个过程:撤机筛查评估、撤机方案实施和气管导管拔除,并用于冠脉搭桥术后患者,实现了早期撤机,减少了 MV 时间。2005 年召开的国际共识会议<sup>[6]</sup>指出撤机协议有助于撤机过程的标准化,并进一步规范了程序化撤机的流程:对 IMV 超过 24 h 的患者,每日行撤机筛查评估;对通过撤机筛查评估的患者,行 SBT;对通过 SBT 的患者,进行拔管前评估;对通过拔管评估的患者予以拔管。若未通过撤机筛查评估或 SBT 或拔管评估,则继续予以 IMV 支持,并积极处理相关未通过因素,次日再重复此程序。

## 2 程序化撤机的撤机筛查评估方法

撤机筛查评估是评估患者撤离 IMV 的准备度情况,为程序化撤机的第一步。撤机筛查评估可以帮助医护人员识别出患者是否满足撤机要求,减少延迟或过早撤机的风险<sup>[7]</sup>。

**2.1 必要标准** 综合国际共识会议和各种撤机评估方法,目前撤机筛查评估临床上参考较多的必要标准主要有以下几点<sup>[6,8,9]</sup>:①进行机械通气的原因好转或去除。②稳定的血液动力学[心率<140 次/分;收缩压在 90~160 mmHg,无或小剂量升压药维持,如<5 μg/(kg·min)的多巴酚丁胺或<0.1 μg/(kg·min)的去甲肾上腺素];③充足的氧合:FiO<sub>2</sub>≤40% 且 PEEP≤5~8 cmH<sub>2</sub>O 时,PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub>≥150~200 mmHg 或 SaO<sub>2</sub>≥90%;④充足的肺功能:呼吸频率<35 次/分,最大吸气压力(MIP)≤-20~-25 cmH<sub>2</sub>O,潮气量(VT)>5 ml/kg,浅快呼吸指数(RSBI)<105 次/(min·L),无明显的呼吸性酸中毒;⑤具有自主呼吸的能力(适当的咳嗽能力、气管

**【基金项目】** 2023 年四川省科技计划项目(编号:2023YFS0070)。

△通讯作者

支气管分泌物不多,吸痰次数 $\leq 2 \sim 3$ 次/h);⑥良好的精神状态,格拉斯哥昏迷量表评分(glasgow coma scale, GCS) $\geq 12$ 分,无镇静或镇静下处于清醒或易唤醒状态。

**2.2 可选标准撤机筛查评估** 除了评估以上必要标准,还有一些额外可选标准可参考:①营养状态良好,血红蛋白(Hb)水平 $\geq 7$  g/dl<sup>[9]</sup>。因为贫血会降低携氧能力,影响撤机成功。②代谢状态稳定<sup>[8, 9]</sup>,核心体温 $\leq 38.5$  °C,血电解质水平基本正常,甲状腺功能正常。③膈肌功能的评估。膈肌是呼吸肌的重要组成部分,长时间 MV 会导致膈肌功能障碍,进而导致 MV 时间延长、撤机困难和死亡率增加<sup>[10]</sup>。目前主要通过膈肌超声来进行膈肌功能的评估,主要评估膈肌厚度及增厚率、膈肌活动度等指标<sup>[10]</sup>。

当然,所有的这些评估标准将被视为考虑的因素,而不是硬性要求。对于评估后处于推荐标准的临界值或怀疑呼吸肌无力的患者,可采用撤机预测指标进行综合评估,如 RSBI、咳嗽呼气峰流速(CPEF)、白卡试验等。

### 3 程序化撤机实施 SBT 的方法

SBT 是通过减少或不提供呼吸机支持的方法来评估患者撤机准备情况。最能反映 SBT 的确切持续时间尚不清楚,然而,令人信服的证据支持 30 ~ 120 min 的 SBT。对大多数患者来说,30 min 的 SBT 足以判断是否可以脱离 IMV;但对于再插管风险高的患者,推荐 T 型管 120 min 或 PSV 120 min,可能会取得更好的效果<sup>[11]</sup>。SBT 期间,医护人员要评估患者的耐受性,包括呼吸模式、气体交换是否充分、血流动力学稳定性和主观舒适性等。一旦患者出现不耐受的情况,应立刻停止 SBT,返回 IMV 模式,给予充分的通气支持以缓解呼吸机疲劳,并积极查找 SBT 失败的原因,次日再进行 SBT<sup>[7]</sup>。关于 SBT 的方法,目前常用的有五种<sup>[12, 13]</sup>:T 管给氧、压力支持通气(PSV)、持续气道正压通气(CPAP)、自动管补偿(automatic tube compensation, ATC)和自动化脱机模式。

**3.1 T 管给氧试验** 传统 SBT 采用的是 T 管给氧试验,即断开患者气管插管(ETT)与呼吸机的连接,并提供额外的氧气。考虑到即使使用几天 IMV 也会导致上呼吸道水肿和拔管后气道阻力增加,T 管给氧时 ETT 带来的吸气阻力刚好模拟了这种情况,所以 T 管给氧似乎更能模拟拔管后的呼吸力学。最近一项荟萃分析<sup>[14]</sup>表明,在 T 管给氧期间测得的呼吸功与拔管后的呼吸功相似。由于 T 管给氧试验对患者的吸气能力要求更高,因此撤机预测效果

更好,但是可能会导致撤机时间延长<sup>[15]</sup>。

**3.2 PSV 试验** PSV 试验是在不断开患者与呼吸机连接的情况下进行,使用低水平的压力支持(PS 为 8 cmH<sub>2</sub>O, PEEP = 0 cmH<sub>2</sub>O, FIO<sub>2</sub>  $\leq 0.4$ )<sup>[16]</sup>。美国最新撤机指南<sup>[4]</sup>建议采用 PSV 试验来实施 SBT。支持 PSV 试验的研究<sup>[17]</sup>表明,低水平 PSV 试验较 T 管给氧可以缩短撤机过程,并不会增加再插管率、死亡率、无创呼吸机使用时间及住院时间等不良结局。即使在拔管失败高风险(年龄 >65 岁或有潜在的慢性心脏病或呼吸系统疾病)患者中,采用 PSV 试验进行 SBT,与 T 管试验相比,都不会增加无创呼吸机使用时间和再插管率<sup>[16]</sup>。这从一定程度上说明 PSV 试验优于 T 管给氧,这可能是因为 PSV 可以减轻 ETT 阻力造成的呼吸功增加,从而减少呼吸肌的耗氧量并防止呼吸肌疲劳<sup>[12]</sup>,这一点对于使用较小型号 ETT(如  $\leq 7$  mm)的患者尤其重要。但是,PSV 试验中吸气支持设置不完善和固定水平可能会增加通气辅助过度和/或辅助不足的风险,并可能导致膈肌无力或膈肌过度工作<sup>[18]</sup>。因此,正确设置压力支持水平显得格外重要。

**3.3 CPAP 试验** CPAP 可以提供持续水平的气道正压通气,在功能上类似于 PEEP,但是不提供吸气支持,患者必须自行开始所有呼吸。一般不推荐采用 CPAP 模式进行 SBT,但在慢性阻塞性肺部疾病(COPD)患者中,有研究认为采用 CPAP 进行 SBT 比 T 管给氧撤机成功率更高<sup>[19]</sup>。另外,在新生儿中,由于无套囊气管插管周围的泄漏和呼吸功增加,触发不同步,采用 CPAP 进行 SBT 可以改善呼吸力学和心脏功能,同时还在 SBT 期间提供最小但可能很重要的支持<sup>[20]</sup>。

**3.4 ATC** ATC 不是独立的通气模式,而是一种可与所有常规通气模式结合的流量比例压力支持的一个组成部分。ATC 基于间接闭环工作原理,能根据辅助自主呼吸插管患者的实际流量,在呼吸周期中给予动态压力支持,可以自动补偿人工气道增加的非线性阻力,导致呼吸功减少,从而增加拔管的可能性<sup>[21]</sup>。一项关于四种 SBT 策略的网状 Meta 分析<sup>[12]</sup>表明:ATC 的 SBT 成功率和撤机成功率高于 T 管给氧、PSV 或 CPAP,但四种 SBT 策略在住院时间上无明显差异,ATC 似乎是预测危重患者成功脱离呼吸机的最佳选择。然而,仍需要高质量的随机对照试验来进一步验证这些发现。

**3.5 自动化脱机模式** 自动化脱机模式采用计算机化闭环式脱机专用软件包,通过调整压力支持自动脱机,主要有适应性支持通气(ASV)、Intellivent ASV、Smartcare、比例辅助通气(PAV+)和神经调节

辅助通气 (NAVA)。与标准人工撤机方案相比,所有的自动化脱机模式均可以缩短 MV 时间和撤机时间<sup>[13]</sup>。但是,自动化撤机中,PEEP 和气道压力的增加可能会导致血流动力学损害,在设置报警时需要格外谨慎,如限制  $PEEP \leq 12 \text{ cmH}_2\text{O}$ <sup>[22]</sup>。自动化脱机虽有较多优点,可以降低人力成本,但是目前临床应用较少,大部分研究样本量小,异质性高,其优缺点有待进一步研究。

近年来随着高流量氧疗 (high-flow oxygen therapy, HFNC) 的出现,也有人采用 HFNC 进行 SBT<sup>[23]</sup>。与 T 管给氧试验相比,HFNC 并未显著降低撤机失败的风险,可能是由于该研究纳入的对象简单撤机较多(占 96%),后期可根据 WIND 撤机分类纳入研究对象进一步探索 HFNC 进行 SBT 是否有优势。HFNC 能产生呼气末正压,明显降低痰液黏稠度,患者舒适度高,耐受性好,可能更适用于拔管失败高风险患者(> 65 岁或患有潜在心脏或呼吸系统疾病的患者)的 SBT,有待将来进行进一步的研究。

综上,没有最好的 SBT 的方法,只有最适合患者的 SBT 的方法。进行 SBT 时应综合评估患者全身情况,做到个体化选择。若患者带机时间长,存在气道水肿风险,可采用 T 管给氧模式;若为拔管失败高风险患者,可采用 PSV 模式;若为新生儿患者,可采用 CPAP 模式;若有相关设备条件,可采用 ATC 或自动化脱机模式,但也要加强观察。

#### 4 程序化撤机的气管导管拔除策略

**4.1 拔管前评估** 对通过 SBT 的患者,拔管前应先评估气道通畅程度和保护能力等<sup>[7]</sup>,气道保护能力主要包括意识水平、咳嗽能力和分泌物量的评估。据报道,12%~37% 的患者出现拔管后喘鸣,常见原因有液体复苏、毛细血管渗漏综合征、俯卧位通气和长时间插管导致气道水肿<sup>[24]</sup>。对有拔管后喘鸣高风险因素(插管时发生气道损伤、长时间插管、意外拔管后再插管、使用的气管导管尺寸过大、年龄>80 岁、哮喘病史等)的患者,应进行气囊漏气试验<sup>[4]</sup>。对气囊漏气试验阳性患者,应在拔管前至少 4 小时使用类固醇<sup>[4]</sup>,可减少高危患者再插管。

**4.2 拔管前氧储备** 拔管前需建立充分的氧储备,可以吸入纯氧以维持拔管后呼吸暂停时机体的氧摄取,同时可为进一步气道处理争取时间<sup>[25]</sup>。但是对采用 T 管给氧的患者,没法吸入纯氧,可以采用调高氧流量的方法增加氧储备。2022 年美国麻醉师协会困难气道管理实践指南<sup>[26]</sup>建议对困难气道,还应在整个拔管过程中持续补充氧气。

**4.3 拔管时体位选择** 对于无床头抬高禁忌的患

者,拔管时应取半卧位,抬高床头 45 度,以增加功能余气量,改善氧和;对胃部空虚有疑问患者,则采用侧卧位<sup>[27]</sup>。

**4.4 拔管后序贯治疗** 拔管是从一个控制到不控制阶段的过渡,是 IMV 患者的高风险阶段,拔管后需要密切观察患者生命体征、呼吸型态、咳痰能力等,还需根据不同患者的情况,采用适宜的氧疗方式,包括鼻导管给氧、面罩给氧、无创呼吸机(non-invasive ventilation, NIV)和高流量氧疗(HFNC)。在 COPD 患者中,拔管后立即使用 NIV 可显著降低死亡率、肺炎和与撤机时间<sup>[28]</sup>。在急性低氧性呼吸衰竭(acute hypoxemic respiratory failure, AHRF)患者拔管后使用 NIV 还可以缩短机械通气时间和住院时间<sup>[29]</sup>。这可能是因为 NIV 除了改善氧合作用和减少呼吸功外,正压还可以预防肺不张和潜在的阻塞性睡眠呼吸暂停,后者可能导致严重的低氧血症发作和呼吸衰竭。一项关于重症成人拔管后的无创呼吸支持系统综述表明<sup>[30]</sup>:与传统氧疗相比,拔管后使用 NIV 或 HFNC 均可有效降低再插管的发生率,尤其是再插管风险高的患者获益最大;与 NIV 相比,HFNC 在再插管或死亡率方面没有差异,但是 HFNC 可以改善患者舒适度,减少血流动力学波动,消耗较少医疗资源,可能更适合 ICU 以外的环境使用。因此,临床上拔管后因根据不同的患者及设备条件采用个体化的氧疗序贯策略。

#### 5 小结

由于呼吸机撤机过程中存在很多不确定因素,制定程序化的撤机策略非常重要。程序化撤机与经验性撤机相比更加规范和易于实施,并且能提高撤机成功率,促进医护对撤机过程的理解。美国麻醉师协会困难气道管理实践指南<sup>[26]</sup>建议要有一个预先制定的拔管和后续气道管理策略,以提高拔管成功率。当然,程序化撤机也不是死板的教条。在临床工作中,各个 ICU 应基于循证医学和多学科团队(multi-disciplinary team, MDT),结合自己科室情况,制定切实可行的程序化撤机方案,并对团队进行不断地培训和教育,提高方案依从性,促进患者早日撤机拔管,提高拔管成功率,降低 IMV 的并发症、死亡率和医疗花费,让患者受益。

#### 【参考文献】

- [1] 胡爱萍,向明芳,张莹,等.机械通气清醒患者沟通障碍及应对策略研究进展[J].实用医院临床杂志,2022,19(3):206-209.
- [2] Weinberger J, Cocoros N, Klompas M. Ventilator-Associated Events: Epidemiology, Risk Factors, and Prevention [J]. Infect Dis Clin North Am, 2021, 35(4): 871-899.



- [3] Vahedian-Azimi A, Bashar FR, Jafarabadi MA, et al. Protocolized ventilator weaning verses usual care; A randomized controlled trial [J]. *Int J Crit Illn Inj Sci*, 2020, 10(4): 206-212.
- [4] Schmidt GA, Girard TD, Kress JP, et al. Liberation From Mechanical Ventilation in Critically Ill Adults: Executive Summary of an Official American College of Chest Physicians/American Thoracic Society Clinical Practice Guideline [J]. *Chest*, 2017, 151(1): 160-165.
- [5] Foster GH, Conway WA, Pamullov N, et al. Early extubation after coronary artery bypass: brief report [J]. *Crit Care Med*, 1984, 12(11): 994-996.
- [6] Boles JM, Bion J, Connors A, et al. Weaning from mechanical ventilation [J]. *Eur Respir J*, 2007, 29(5): 1033-1056.
- [7] 崔朝妹, 刘静, 庄欣, 等. ICU 成人患者有创机械通气撤机的最佳证据总结 [J]. *护理学报*, 2021, 28(6): 27-32.
- [8] Lin FC, Kuo YW, Jerng JS, et al. Association of weaning preparedness with extubation outcome of mechanically ventilated patients in medical intensive care units: a retrospective analysis [J]. *PeerJ*, 2020, 8: e8973.
- [9] Epstein SK, Parsons PE, Finlay G. Weaning from mechanical ventilation; Readiness testing [EB/OL]. (2022-05-27) [2023-03-01]. <http://www-uptodate-cn--https.uptodatecn.scm.scsycy.vip:2222/contents/weaning-from-mechanical-ventilation-readiness-testing>
- [10] Sklar MC, Dres M, Fan E, et al. Association of Low Baseline Diaphragm Muscle Mass With Prolonged Mechanical Ventilation and Mortality Among Critically Ill Adults [J]. *JAMA Netw Open*, 2020, 3(2): e1921520.
- [11] Ye X, Waters D, Yu HJ. The effectiveness of pressure support ventilation and T-piece in differing duration among weaning patients: A systematic review and network meta-analysis [J]. *Nurs Crit Care*, 2023, 28(1): 120-132.
- [12] Yi LJ, Tian X, Chen M, et al. Comparative Efficacy and Safety of Four Different Spontaneous Breathing Trials for Weaning From Mechanical Ventilation: A Systematic Review and Network Meta-Analysis [J]. *Front Med (Lausanne)*, 2021, 8: 731196.
- [13] Neuschwander A, Chhor V, Yavchitz A, et al. Automated weaning from mechanical ventilation: Results of a Bayesian network meta-analysis [J]. *J Crit Care*, 2021, 61: 191-198.
- [14] Sklar MC, Burns K, Rittayamai N, et al. Effort to Breathe with Various Spontaneous Breathing Trial Techniques. A Physiologic Meta-analysis [J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2017, 195(11): 1477-1485.
- [15] Santos Pellegrini JA, Boniatti MM, Boniatti VC, et al. Pressure-support ventilation or T-piece spontaneous breathing trials for patients with chronic obstructive pulmonary disease - A randomized controlled trial [J]. *PLoS One*, 2018, 13(8): e0202404.
- [16] Thille AW, Gacouin A, Coudroy R, et al. Spontaneous-Breathing Trials with Pressure-Support Ventilation or a T-Piece [J]. *N Engl J Med*, 2022, 387(20): 1843-1854.
- [17] Na SJ, Ko RE, Nam J, et al. Comparison between pressure support ventilation and T-piece in spontaneous breathing trials [J]. *Respir Res*, 2022, 23(1): 22.
- [18] Goligher EC, Dres M, Fan E, et al. Mechanical Ventilation-induced Diaphragm Atrophy Strongly Impacts Clinical Outcomes [J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2018, 197(2): 204-213.
- [19] Molina-Saldarriaga FJ, Fonseca-Ruiz NJ, Cuesta-Castro DP, et al. [Spontaneous breathing trial in chronic obstructive pulmonary disease: continuous positive airway pressure (CPAP) versus T-piece][J]. *Med Intensiva*, 2010, 34(7): 453-458.
- [20] Teixeira RF, Carvalho ACA, De Araujo RD, et al. Spontaneous Breathing Trials in Preterm Infants: Systematic Review and Meta-Analysis [J]. *Respir Care*, 2021, 66(1): 129-137.
- [21] Guérin C, Terzi N, Mezidi M, et al. Low-pressure support vs automatic tube compensation during spontaneous breathing trial for weaning [J]. *Ann Intensive Care*, 2019, 9(1): 137.
- [22] Branson RD. Automation of Mechanical Ventilation [J]. *Crit Care Clin*, 2018, 34(3): 383-394.
- [23] Lee HY, Lee J, Lee S M. Effect of high-flow oxygen versus T-piece ventilation strategies during spontaneous breathing trials on weaning failure among patients receiving mechanical ventilation: a randomized controlled trial [J]. *Crit Care*, 2022, 26(1): 402.
- [24] Higgs A, McGrath BA, Goddard C, et al. Guidelines for the management of tracheal intubation in critically ill adults [J]. *Br J Anaesth*, 2018, 120(2): 323-352.
- [25] 马武华, 仓静, 邓小明, 等. 气管导管拔除的专家共识(2020 版) [EB/OL]. (2021-08-12) [2023-03-01]. <https://www.cn-healthcare.com/articlewm/20210812/content-1252009.html>
- [26] Apfelbaum JL, Hagberg CA, Connis RT, et al. 2022 American Society of Anesthesiologists Practice Guidelines for Management of the Difficult Airway [J]. *Anesthesiology*, 2022, 136(1): 31-81.
- [27] Langeron O, Bourgain J L, Francon D, et al. Difficult intubation and extubation in adult anaesthesia [J]. *Anaesth Crit Care Pain Med*, 2018, 37(6): 639-651.
- [28] Burns KEA, Stevenson J, Laird M, et al. Non-invasive ventilation versus invasive weaning in critically ill adults: a systematic review and meta-analysis [J]. *Thorax*, 2022, 77(8): 752-761.
- [29] Vaschetto R, Pecere A, Perkins GD, et al. Effects of early extubation followed by noninvasive ventilation versus standard extubation on the duration of invasive mechanical ventilation in hypoxemic non-hypercapnic patients: a systematic review and individual patient data meta-analysis of randomized controlled trials [J]. *Crit Care*, 2021, 25(1): 189.
- [30] Fernando SM, Tran A, Sadeghirad B, et al. Noninvasive respiratory support following extubation in critically ill adults: a systematic review and network meta-analysis [J]. *Intensive Care Med*, 2022, 48(2): 137-147.

(收稿日期:2023-10-23;修回日期:2023-12-28)

(本文编辑:彭羽)