

机械通气困难撤机/延迟撤机的病理生理学因素与解决策略

刘 刚, 刘双林, 王美菊, 李 琦

作者单位: 400037 重庆, 陆军军医大学第二附属医院呼吸与危重症医学中心

作者简介: 刘 刚(1986-), 男, 医学硕士, 副主任医师, 研究方向: 肺纤维化的发病机制及呼吸危重症的诊治。E-mail: lgsh2907@163.com

通讯作者: 李 琦(1965-), 男, 医学博士, 主任医师, 教授, 博士研究生导师, 研究方向: 急性呼吸窘迫综合征发病机理与诊治。E-mail: liqioliver@sina.com



李 琦, 医学博士, 教授, 主任医师, 博士研究生导师, 享受国务院政府特殊津贴专家, 陆军军医大学第二附属医院呼吸与危重症医学中心主任, 兼重症医学科主任。全军呼吸内科专委会副主委、感染学组组长, 中华医学会呼吸病学分会呼吸治疗学组副组长, 中华医学会细菌感染与耐药防治分会委员, 中国医师协会呼吸医师分会常委、重症医师分会委员, 重庆市医学会呼吸病学分会主委、重症医学分会副主委和细菌感染与耐药防治分会副主委, 重庆市基层呼吸疾病防治联盟执行主席。《中华内科杂志》、《解放军医学杂志》、《中国呼吸与危重症监护杂志》、《中国医刊》、《中国临床新医学》、《中华肺部疾病杂志(电子版)》、*Journal of Health Promotion and Rehabilitation*、*Inflammation and Cell Signaling* 及医学参考报微生物和感染频道编委。主持国家自然科学基金项目 1 项, 军队、重庆市科委、教委和卫健委等课题 6 项, 获省部级科技进步一等奖 2 项、三等奖 1 项, 军队医疗成果二等奖 1 项, 副编委专著 1 部, 参编专著 6 部, 以第一作者或通讯作者发表 SCI 收录论文 5 篇, 核心期刊 40 多篇。曾荣立三等功, 获中国医师协会优秀呼吸医师和重庆市优秀呼吸医师, 荣获全国抗疫先进个人, 病区荣获全国抗疫先进集体。

[摘要] 随着有创机械通气在临床上的广泛使用, 救治了大量的危重症患者, 但也有较多使用有创通气的患者由于各种原因导致撤机困难, 严重影响患者的预后和生活质量。该文将从机械通气困难撤机/延迟撤机的病理生理学角度, 阐述临床上困难撤机/延迟撤机的相关要点, 总结并提出对应的处理措施。

[关键词] 机械通气; 病理生理学; 困难撤机; 延迟撤机

[中图分类号] R 56 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1674-3806(2021)04-0329-04

doi:10.3969/j.issn.1674-3806.2021.04.01

Pathophysiological factors and solutions for difficult/delayed withdrawal of mechanical ventilation LIU Gang, LIU Shuang-lin, WANG Mei-ju, et al. Department of Respiratory and Critical Care Medicine, the Second Affiliated Hospital of Army Medical University, Chongqing 400037, China

[Abstract] With the wide use of invasive mechanical ventilation in clinical practice, a large number of critically ill patients are rescued. However, there are still many patients who use invasive mechanical ventilation but have difficulty in weaning because of various reasons, which seriously affects the prognosis and quality of life of the patients. This paper reviews the relevant pathophysiological issues in patients having difficulty/delay in weaning from mechanical ventilation, elaborates the key points related to difficulty/delay in weaning, summarizes and puts forward the corresponding treatment measures.

[Key words] Mechanical ventilation; Pathophysiology; Difficult weaning; Delayed weaning

撤机是指在患者原发疾病得到控制或明显好转, 气管插管的诱因去除, 最终拔除气管插管, 患者可以完全停止机械通气, 从机械通气中解放出来。

困难撤机是指机械通气患者需要 3 次自主呼吸试验 (spontaneous breathing trial, SBT), 或者首次 SBT 后 7 d 才能成功撤机的情况。延迟撤机指患者 3 次以

上的 SBT 失败,或者首次 SBT 后 7 d 内仍未成功撤机的情况^[1]。临床上,机械通气的最终目标应该是撤机,而不是短时间内的脱机。医师应该在患者气管插管行机械通气的第 1 天开始就计划撤机,同时应每日评估患者是否可以撤机。然而,在实际中,约 20%~30% 的机械通气患者会由于各种原因导致困难撤机/延迟撤机^[2],从而给患者带来巨大痛苦,增加社会经济负担,占用大量医疗资源。因此,进一步从病理生理学角度提高对困难撤机/延迟撤机的认识,减少困难撤机/延迟撤机的发生,是十分必要的。

1 困难撤机/延迟撤机的病理生理学因素

病理生理功能的紊乱可从多方面导致患者发生困难撤机/延迟撤机,主要包括呼吸系统因素、心血管系统因素、神经系统因素、代谢性因素以及精神心理因素等。在实施撤机过程中,医师应该对患者从以上方面做充分评估,需特别重视其中的可逆性因素,并对其进行有针对性、计划性的处理,早日实施撤机。

1.1 呼吸系统因素 (1) 在实行 SBT 期间或撤机后,胸腔内压力由正压变为负压,肺血管床压力降低,导致静脉回流量增加,从而发生撤机相关的肺水肿,导致困难撤机/延迟撤机。肺部超声可以在 SBT 期间床旁监测,如多个检查点上 B 线的增加,则可作为脱机诱导肺水肿的证据,早期发现和治疗,可以促进撤机顺利实施。(2) 气道炎症控制不佳、气道分泌物引流不畅、气管狭窄等因素导致的气道阻力增加,是困难撤机/延迟撤机不可轻视的因素。(3) 引流不充分的气胸或胸腔积液、肺水肿、肺纤维化、胸廓畸形、胸廓结构改变(如连枷胸、胸骨缺失)等因素导致的肺顺应性下降,往往难以顺利撤机。需首先处理好上游因素,如充分引流、减轻肺水肿、恢复胸廓正常形态等,方能顺利撤机。(4) 机械通气较长时间的患者,呼吸肌(主要是膈肌)萎缩,更是临床上常见的导致困难撤机/延迟撤机的因素,肺康复治疗及膈肌超声的应用,在此类患者的撤机过程中有着不可替代的作用。

1.2 心血管系统因素 (1) 心功能不全的患者,在实行 SBT 期间或撤机后,胸腔压力由正压转为负压,回心血量增多,心脏前负荷增加,同时交感神经兴奋,外周血管收缩,故而心脏前后负荷均增加,心脏做功量明显升高,从而诱发心力衰竭。(2) 心功能不全患者肺血管床静水压升高,可出现肺间质水肿、肺顺应性下降、气道阻力上升、氧弥散功能下降、胸腔积液等,可使患者呼吸做功增加、机体缺氧,从而

导致困难撤机/延迟撤机。

1.3 神经系统因素 (1) 脑干出血或梗死、肿瘤等导致呼吸中枢功能异常,基底节区脑卒中则会影响舌咽神经及迷走神经,从而导致吞咽功能障碍,往往更容易发生困难撤机/延迟撤机,也有大量呼吸中枢功能障碍的患者甚至无法撤机。(2) 膈神经功能障碍,膈神经由脊髓颈 3 到颈 5 前支发出,支配膈肌运动。膈肌是最主要的呼吸肌,脊髓神经或者膈神经受损时,膈肌功能受损,则辅助呼吸肌负担加重,患者出现呼吸困难或是矛盾呼吸,最终产生呼吸肌疲劳,肺通气功能下降,导致患者发生困难撤机/延迟撤机。(3) 神经系统疾病导致的肌无力,主要包括格林巴利综合征、重症肌无力、兰伯特-伊顿(Lambert-Eaton)肌无力综合征、多发性肌炎及肌肉萎缩性侧索硬化综合征等。这些疾病除了导致呼吸肌无力以外,同时也能导致全身多处肌肉无力,随着疾病的进展,一旦需要机械通气,则极可能发生困难撤机/延迟撤机。(4) 药物因素导致的肌无力,几乎所有机械通气的患者都不同程度地需要使用镇静药物,部分患者也会用到肌松药物,长时间使用此类药物会影响到呼吸肌功能,导致呼吸肌无力。

1.4 代谢性因素 (1) ICU 患者病情危重,多数处于负氮平衡状态,体内蛋白质的分解量大于合成量,造成低蛋白血症,导致血浆渗透压降低而发生肺间质水肿、胸水及腹水,也可导致包括呼吸肌在内的肌肉消耗,致使呼吸肌功能下降,还能导致免疫功能下降而影响疾病恢复,最终导致困难撤机/延迟撤机。(2) 电解质紊乱,包括低钠血症、低钾血症、低镁血症及低磷血症等,均可能导致呼吸肌动力下降,也可导致肠麻痹发生腹胀而致使呼吸阻力增加,这些因素均可能延长患者机械通气时间。(3) 甲状腺功能减退,可使患者代谢率减低伴有交感神经兴奋性下降,导致患者乏力、情绪低落、精神异常、呼吸肌无力及心力衰竭等,致使患者撤机失败、困难撤机/延迟撤机。

1.5 精神心理因素 (1) ICU 患者由于陌生的环境、疾病的痛楚、没有亲属的陪伴、各种仪器报警声音、其他患者抢救等众多因素,出现焦虑、恐惧等不良情绪,导致困难撤机的非器质性因素。可通过良好的医患/护患沟通、恰当的镇痛镇静、规范的管理、减少噪音、音乐疗法等措施改善患者不良情绪,以减少困难撤机/延迟撤机的发生。(2) 较长时间机械通气的患者,可能产生呼吸机依赖,此类患者往往有抵抗脱机的心理恐惧感,这是导致困难撤机/延迟撤机的

非呼吸因素,在临床工作中不容忽视。

1.6 其他因素 (1)晚期肿瘤恶病质的患者,不建议常规行有创通气治疗。此类患者一旦采用机械通气,则可能导致困难撤机/延迟撤机,甚至无法撤机。(2)慢性阻塞性肺疾病(chronic obstructive pulmonary disease, COPD)终末期的患者,由于其肺功能严重下降,部分患者在有创机械通气后并不能撤机,需要根据其基础状态制定治疗目标,达到治疗目标后尽早拔除气管插管,序贯无创机械通气,有的需要长期使用家用无创呼吸机辅助通气。(3)还有一些导致困难撤机/延迟撤机的非疾病因素,如责任医师经验不够,没有制定严密的撤机计划,则可能出现过早撤机导致撤机失败或者无法把握撤机的时机。护理人员经验不足或人员不足,可能发生患者意外拔管导致延迟撤机。(4)外科手术特别是胸外科或心脏外科手术患者,术前肺功能差、手术切除肺叶或全肺导致肺功能下降、术后手术切口区域疼痛发生限制性通气功能障碍、术前肺康复治疗缺乏等,均是外科术后患者发生困难撤机/延迟撤机的因素。(5)肺移植患者由于移植后排异、肺水肿以及移植肺去神经化后的咳嗽功能障碍,都可能导致困难撤机/延迟撤机的发生。

2 困难撤机/延迟撤机的解决策略

2.1 呼吸机通气模式选择 脱机过程中主要采取的通气模式有同步间歇指令通气(synchronized intermittent mandatory ventilation, SIMV)、压力支持通气(pressure support ventilation, PSV)、PSV + SIMV方式撤机。而以上3种撤机模式中,最常用的是PSV + SIMV的方式,其次是PSV方式,目前已经较少使用SIMV方式撤机。在国内一些ICU单元的操作过程如下:SIMV模式主要是通过逐渐下调SIMV呼吸频率,到达2~4次/min后不再下调,观察2~4h可以脱机。PSV模式是提供一定的支持压力,在撤机过程中,逐渐下调支持压力至刚好可克服通气管道阻力的水平(一般为5~8 cmH₂O),观察患者稳定后即可脱机。PSV + SIMV的方式则是先逐渐下调SIMV频率至0~4次/min,再逐渐下调支持压力水平至5~8 cmH₂O,观察患者病情稳定后,执行脱机。此脱机方式相比其他两种方式,能更好地实现平稳脱机,减少困难撤机/延迟撤机的发生。而在实际操作中,我们应该结合患者病情及各中心运行实际情况制定合理的方案。比如笔者所在单元,在脱机前呼吸机模式上,多使用PSV + SIMV, SIMV频率及支持压力交叉下调,当SIMV频率调至8次/min以下,支持压力

水平至5~8 cmH₂O,观察患者呼吸、心率、血压变化情况,4h后复查动脉血气分析,如达到通气目标,则可以脱机。

2.2 有创-无创序贯通气模式治疗策略 有创-无创序贯通气模式在危重症患者的康复道路上扮演着重要的角色。有创-无创序贯通气模式的关键点就是把握有创通气转为无创通气的切换点。在国内,大部分患者是由于支气管或肺部的感染导致的急性呼吸衰竭,在经过有创机械通气、气道分泌物引流及合理抗感染治疗后,1周左右可初步控制感染,从而痰量减少、痰液性状变稀薄、血象下降、体温下降、胸部影像学开始吸收好转,这一阶段临床上称为“肺部感染控制窗”。此时痰液引流已不是主要矛盾,患者可能开始出现呼吸肌萎缩、呼吸肌疲劳,故仍需要较高水平的通气支持,此时撤离有创通气,序贯无创通气,可进一步缓解呼吸肌疲劳,改善通气功能,降低有创通气时间,从而减少呼吸机相关肺炎(ventilator-associated pneumonia, VAP)等有创通气相关并发症^[3]。有研究^[4]表明,以肺部感染控制窗为时机结合无创呼吸机序贯治疗用于支气管扩张合并呼吸衰竭患者早期脱机,可减少困难撤机/延迟撤机的发生率。有创-无创序贯通气不仅是应用于气管插管的患者,其对于气管切开的患者仍然实用。国内外均有研究显示,气管切开患者脱机时序贯无创通气,可使VAP发病率降低,机械通气时间缩短,脱机成功率增加,住院总费用下降^[5,6]。

2.3 经鼻高流量湿化氧疗(high-flow nasal cannula, HFNC) HFNC能够维持一定水平的呼气末正压,具有冲刷生理性死腔、降低上气道阻力和减少呼吸功的作用。由于HFNC的以上特点,目前在临床上应用越来越广泛,在一定程度上降低了危重症患者机械通气比例。相关研究^[7]显示,针对撤机拔管后的高危患者,使用HFNC的疗效并不逊于无创通气,并可防止呼吸衰竭加重及减少再插管率。

2.4 早期康复锻炼 对于入住ICU的患者,一旦病情得到控制,停用镇痛镇静药物后,推荐对其进行早期康复训练。对于机械通气超过24h的患者,美国胸科学会及欧洲呼吸学会指南建议在没有其他更优方案选择的情况下,推荐早期康复锻炼。肺康复是根据患者的病情做一个详细的评估,从而进行的一系列有计划的干预措施,包括运动治疗、教育行为改变、心理及生理状况改善等。运动治疗可根据患者病情选择被动肢体运动或主动肢体活动锻炼。主动肢体活动锻炼又可选择床上活动、坐位锻炼、站立

锻炼、行走锻炼、平衡能力锻炼及精细动作锻炼^[8]。恰当的早期康复锻炼及肺康复治疗策略,尤其是机械通气3 d内开始肺康复、吸气肌的训练,可降低困难撤机/延迟撤机的发生率^[9]。对于肺移植患者,建议在术前便对患者进行肺康复指导,开始肺康复训练,防止术后呼吸肌萎缩、疲劳,并进行主动咳嗽训练,促进术后咳嗽功能恢复;在术后,早期鼓励并继续训练患者主动咳嗽、启动肺康复治疗,有利于肺移植患者术后早期拔管撤机,促进患者早期康复。

2.5 膈肌起搏 在静息状态下,膈肌收缩占吸气原始动力的75%~80%,而机械通气会引起膈肌肌力减弱及细胞结构改变。而体外膈肌起搏,能增加膈肌移动度,提高膈肌肌力和耐力,在一定程度上改善脱机困难患者的膈肌功能,从而改善通气功能,缩短机械通气时间,使患者自主呼吸能力满足自身需求,尽早撤除机械通气,可用于ICU可能出现困难撤机/延迟撤机患者的早期康复治疗^[10]。

2.6 营养支持 机械通气的患者在病情危重期间处于严重负氮平衡,导致大量蛋白质分解而使呼吸肌功能下降,而相关研究显示,对于需要机械通气治疗的危重患者,严重能量负平衡是独立的死亡因素^[11]。因此,良好的营养支持,保持疾病稳定期及恢复期的正氮平衡,以及在良好营养支持下的电解质及内环境管理,均是防止ICU机械通气患者出现困难撤机/延迟撤机的有效策略。

2.7 精神心理辅导 心理恐惧、精神障碍是导致机械通气患者发生呼吸机依赖,导致困难撤机/延迟撤机最重要的非呼吸因素之一。良好的医患/护患沟通、家属的鼓励以及听音乐、广播等活动可以舒缓患者情绪。良好的病房环境和患者的充分休息有利于患者的康复以及预防生物钟错乱甚至倒置的发生,这些措施可减少ICU患者精神心理障碍的发生,从而减少困难撤机/延迟撤机的发生。

2.8 制定撤机计划表 对于ICU机械通气患者的管理,建议进行有计划的全程管理,在插管行机械通气的第1天,就要考虑到何时拔管撤机,制定详细的撤机评估表格,每日评估,做到早日撤机,降低困难撤机/延迟撤机的发生率。

3 结语

随着现代医学的发展,危重症患者的救治成功率逐步提高,但如何减少机械通气患者困难撤机/延

迟撤机的发生,仍困扰着临床医师。在临床撤机过程中,应该从病理生理学角度出发,结合个体患者的病理状态,多方面分析可能导致患者困难撤机/延迟撤机的原因,规范治疗原发疾病,并制定详细的撤机计划,包括恰当的撤机方式、早期肺康复治疗、膈肌功能的保持、良好的营养支持以及精神心理的疏导等,最终结合患者病情形成个体化的撤机方案,才能最大程度降低困难撤机/延迟撤机的发生率。

参考文献

- [1] Boles JM, Bion J, Connors A, et al. Weaning from mechanical ventilation[J]. *Eur Respir J*, 2007, 29(5):1033-1056.
- [2] Strich JR, Palmore TN. Preventing transmission of multidrug-resistant pathogens in the intensive care unit[J]. *Infect Dis Clin North Am*, 2017, 31(3):535-550.
- [3] Lv Y, Lv Q, Lv Q, et al. Pulmonary infection control window as a switching point for sequential ventilation in the treatment of COPD patients: a meta-analysis[J]. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*, 2017, 12:1255-1267.
- [4] 邹欣, 马志益, 林晋浩, 等. 肺部感染控制窗结合无创序贯通气在支气管扩张合并呼吸衰竭患者脱机中的临床应用[J]. *中国临床新医学*, 2018, 11(8):772-776.
- [5] Pu XX, Wang J, Yan XB, et al. Sequential invasive-noninvasive mechanical ventilation weaning strategy for patients after tracheostomy[J]. *World J Emerg Med*, 2015, 6(3):196-200.
- [6] 高胜浩, 李琳琛, 张晓菊, 等. 有创-无创机械通气降阶梯治疗策略在气管切开呼吸机依赖患者中的应用效果研究[J]. *中国全科医学*, 2021, 24(5):571-576.
- [7] Corley A, Edwards M, Spooner AJ, et al. High-flow oxygen via tracheostomy improves oxygenation in patients weaning from mechanical ventilation: a randomised crossover study[J]. *Intensive Care Med*, 2017, 43(3):465-467.
- [8] Gandolfi M, Geroi C, Picelli A, et al. Robot-assisted vs. sensory integration training in treating gait and balance dysfunctions in patients with multiple sclerosis: a randomized controlled trial[J]. *Front Hum Neurosci*, 2014, 8:318.
- [9] Hodgson CL, Tipping CJ. Physiotherapy management of intensive care unit-acquired weakness[J]. *J Physiother*, 2017, 63(1):4-10.
- [10] 陈王峰, 张春梅, 林孝文, 等. 体外膈肌起搏器在ICU脱机困难患者中的应用[J]. *中国康复医学杂志*, 2021, 36(1):74-76.
- [11] Thille AW, Reynaud F, Marie D, et al. Impact of sleep alterations on weaning duration in mechanically ventilated patients: a prospective study[J]. *Eur Respir J*, 2018, 51(4):1702465.

[收稿日期 2021-04-06][本文编辑 吕文娟 余军]

本文引用格式

刘刚, 刘双林, 王美菊, 等. 机械通气困难撤机/延迟撤机的病理生理学因素与解决策略[J]. *中国临床新医学*, 2021, 14(4):329-332.