

DOI:10.12025/j.issn.1008-6358.2019.20190430

# 心外科术后长期机械通气失败的原因分析

贺黄裕<sup>△</sup>, 刘雯珺<sup>△</sup>, 居旻杰, 刘以梅, 顾准咏, 罗哲\*

复旦大学附属中山医院重症医学科, 上海 200032

**[摘要]** **目的:**分析心外科术后长期机械通气(prolonged mechanical ventilation, PMV)的原因及相应的干预方法。**方法:**以心外科术后机械通气时间超过7 d的40例气管切开患者为研究对象,床旁心超评估左心及右心功能,用超声和CT评估肺部渗出情况,膈肌超声评估膈肌功能,并进行针对性处理及康复锻炼。定期评估患者是否能脱机,并分析患者脱机成功及失败的原因。**结果:**8例患者存在单纯心功能不全,20例存在呼吸功能不全,2例存在膈肌功能不全,5例患者同时存在心肺功能不全,2例存在心脏和膈肌功能不全,3例存在呼吸和膈肌功能不全。最终24例患者脱机成功并转出监护室,16例患者脱机失败。心功能不全患者脱机失败率达80%;膈肌功能不全患者脱机失败率为28.5%;呼吸功能不全患者脱机失败率为20%。对影响脱机的原因进行单因素和多因素分析,发现心功能不全是导致脱机失败的独立危险因素(OR=3.431, 95%CI 1.083~10.867, P=0.036);初始存在呼吸功能不全者最终脱机失败率较低(OR=0.039, 95%CI 0.001~0.751, P=0.003);膈肌功能不全不影响最终的脱机结局。**结论:**心功能不全是导致心外科术后PMV患者脱机失败的主要原因。

**[关键词]** 心外科手术;长期机械通气;脱机**[中图分类号]** R 654.2 **[文献标志码]** A

## Analysis of factors related to weaning failure of prolonged mechanical ventilation after cardiac surgery

HE Hong-yu<sup>△</sup>, LIU Wen-jun<sup>△</sup>, JÜ Min-jie, LIU Yi-mei, GU Zhun-yong, LUO Zhe\*

Department of Critical Care Medicine, Zhongshan Hospital, Fudan University, Shanghai 200032, China

**[Abstract]** **Objective:** To analyze factors related to weaning failure of prolonged mechanical ventilation (PMV) and corresponding intervention methods. **Methods:** The subjects included 40 patients who had undergone cardiac surgery and tracheotomy with PMV over 7 days. Cardiac function was assessed by echocardiography, pleural effusion and lung aeration were assessed by ultrasonography and computed tomography (CT), diaphragmatic function was assessed by diaphragm ultrasound. The rehabilitation exercise was performed. The readiness of weaning was evaluated regularly and the reasons for success or failure were analyzed. **Results:** Among the 40 patients, 8, 20, and 2 patients had cardiac dysfunction, respiratory dysfunction, and diaphragmatic dysfunction, respectively. Five patients had both cardiac and respiratory dysfunctions, 2 patients had both cardiac and diaphragmatic dysfunctions, and 3 patients had both respiratory and diaphragmatic dysfunctions. Among the 40 patients, 24 patients had weaning success and 16 had weaning failure. Cardiac dysfunction led to 80% of weaning failure, diaphragmatic dysfunction led to 28.5% of weaning failure, and respiratory dysfunction led to 20% of weaning failure. Univariate and multivariate analysis revealed that cardiac dysfunction was the risk factor that led to weaning failure (OR=3.431, 95%CI 1.083-10.867, P=0.036). PMV patients with initial respiratory insufficiency had lower failure rate (OR=0.039, 95%CI 0.001-0.751, P=0.003). PMV patients with diaphragmatic dysfunction did not affect the weaning outcome. **Conclusions:** Cardiac dysfunction may be the leading cause for weaning failure in cardiac surgical patients.

**[Key Words]** cardiac surgery; prolonged mechanical ventilation; weaning**[收稿日期]** 2019-03-30 **[接受日期]** 2019-09-23**[基金项目]** 上海市卫生健康系统重要薄弱学科建设基金(2019ZB0105),复旦大学附属中山医院优秀青年基金(2019ZSYXQN34). Supported by Fund for the Construction of Major Weak Disciplines in Shanghai Health System (2019ZB0105) and Outstanding Youth Fund of Zhongshan Hospital, Fudan University (2019ZSYXQN34).**[作者简介]** 贺黄裕,博士,主治医师. E-mail: he.hongyu@zs-hospital.sh.cn

刘雯珺,博士,住院医师. E-mail: liu.wenjun@zs-hospital.sh.cn

<sup>△</sup>共同第一作者(Co-first authors).

\*通信作者(Corresponding author). Tel: 021-60441990, E-mail: luo.zhe@zs-hospital.sh.cn

长期机械通气(prolonged mechanical ventilation, PMV)是指自主呼吸试验(spontaneous breathing trial, SBT)失败3次以上或者至少需要7d才能通过SBT试验。PMV可造成各种并发症,如呼吸机相关性肺炎、膈肌萎缩等,从而使死亡率明显增高<sup>[1]</sup>。提高PMV的脱机率可降低死亡率,提高患者生活质量,同时能减少医疗费用<sup>[2]</sup>。导致PMV的原因是多方面的,包括呼吸功能、心脏功能、膈肌功能、神经功能及内分泌功能异常<sup>[3]</sup>。心外科术后患者PMV率为2.6%~22.7%<sup>[4]</sup>。本研究以心外科术后、机械通气超过7d仍不能脱机的气管切开患者为研究对象,寻找脱机失败的原因,并探讨相应的干预方法。

## 1 资料与方法

1.1 一般资料 2015年1月至2017年7月复旦大学附属中山医院重症医学科收入心脏外科术后PMV患者40例。纳入标准:年龄 $\geq 18$ 岁,机械通气时间超过7d仍未脱离呼吸机,已行气管切开的患者。排除标准:年龄小于18岁,孕妇,非心脏外科术后,在7d内拔除气管插管或脱离呼吸机,昏迷,心外科未手术,血流动力学不稳定患者。患者、家属或监护人签署知情同意书。本研究经医院伦理委员会审核批准。

1.2 相关检查及处理 患者入ICU后,所有患者每日行床旁胸X线片了解肺部情况。根据患者临床症状,部分患者行肺部CT检查及气管镜检查。所有患者每日行床旁心超、肺超、膈肌超声检查。心超评估患者左心及右心功能、心腔大小、瓣膜反流情况。根据急诊床旁肺超(the basic lung ultrasound in emergency, BLUE)策略通过肺部超声(lung ultrasonography score, LUS)评分评估肺部渗出程度。用膈肌超声评估膈肌功能。

根据检查结果进行针对性处理,包括以下方面:对于存在心功能不全的患者,以积极利尿强心,降低前后负荷治疗为主<sup>[5]</sup>;对于存在肺不张、肺实变的患者予肺复张,痰液引流;对于肺部炎症患者予抗感染治疗;存在20mm以上胸腔积液予胸腔穿刺引流<sup>[6]</sup>;对于存在膈肌功能不全的患者予康复锻炼并每日评估膈肌功能。

1.3 脱机策略 所有患者每日进行脱机锻炼,具体的脱机策略如下:逐步降低机械通气的压力支持,延长SBT的时间<sup>[7-8]</sup>。在此过程中评估患者是

否存在呼吸窘迫或疲劳。当患者呼气末正压通气(positive end expiratory pressure, PEEP) $\leq 8$  cm H<sub>2</sub>O,吸入氧浓度(fraction of inspiration O<sub>2</sub>, FiO<sub>2</sub>)小于或等于0.5,动脉血氧分压(PaO<sub>2</sub>)/FiO<sub>2</sub> $> 150$  mmHg,血氧饱和度(pulse oxygen saturation, SpO<sub>2</sub>) $\geq 90\%$ 时,同时患者血流动力学平稳,可考虑行SBT试验<sup>[1]</sup>。

SBT试验采用持续气道正压通气(continuous positive airway pressure, CPAP)模式,呼吸机压力支持(pressure support ventilation, PSV)7~10 cm H<sub>2</sub>O,持续30 min。若无不耐受表现脱机或持续脱机48 h以上,则视为脱机成功。脱机失败表现为脱机过程中出现呼吸困难、SpO<sub>2</sub>下降、高碳酸血症、心率大于140次/min、收缩压大于180 mmHg等<sup>[1]</sup>。

1.4 观察指标 记录每例患者的性别、年龄、手术类型、急性生理功能和慢性健康状况评分系统II(APACHE II)评分、Euroscore评分、合并症、肾功能不全、氨基末端脑钠肽前体(N-Terminal pro-brain natriuretic peptide, NT-proBNP)、pH值、动脉血二氧化碳分压(partial pressure of carbon dioxide in arterial blood, PaCO<sub>2</sub>)、动脉血氧分压(partial pressure of oxygen in arterial blood, PaO<sub>2</sub>)、PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub>,入组前机械通气时间和住院时间。终点事件为脱机。

1.5 统计学处理 采用SPSS 22.0分析数据,计量资料符合正态分布时以 $\bar{x} \pm s$ 表示,不符合正态分布予中位数表示,计数资料以 $n(\%)$ 表示。以性别、年龄、APACHE II评分、Euroscore评分、手术方式、NT-proBNP、肾功能不全、心或肺或膈肌功能不全、PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub>作为自变量,脱机失败率为因变量,用单因素分析和二元logistic回归分析模型分析脱机失败的危险因素。检验水准( $\alpha$ )为0.05。

## 2 结果

2.1 患者一般特征 结果(表1)显示:入ICU前患者平均机械通气时间为(24.9 $\pm$ 18.5)d,平均住院时间为(27.4 $\pm$ 22.3)d。40例患者中,24例(60%)脱机成功,16例(40%)脱机失败。在患者的基本资料中,年龄分布及手术类型(瓣膜手术 vs 大动脉手术)在脱机成功和脱机失败组间差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。

表1 40例心外科术后患者一般特征

指标	全部患者(N=40)	脱机失败(N=16)	脱机成功(N=24)	P值
年龄/岁	62±12	68±11	58±12	0.011
性别(男/女)	25/15	12/4	13/11	0.182
APACHE II 评分/分	16±6	17±6	14±6	0.099
Euroscore 评分/分	6±2	6±2	6±2	0.875
既往史 n(%)				
高血压	24(60.0)	5(31.3)	10(41.7)	0.505
糖尿病	4(10.0)	2(12.5)	2(8.3)	0.667
吸烟	10(25.0)	5(31.3)	5(20.8)	0.456
冠心病	8(20.0)	5(31.3)	3(12.5)	0.146
手术类型 n(%)				0.025
瓣膜手术	24(60.0)	13(81.3)	11(45.8)	
大动脉手术	16(40.0)	3(18.8)	13(54.2)	
实验室检查				
pH	7.44±0.003	7.45±0.05	7.43±0.04	0.408
PaCO <sub>2</sub> p/mmHg	30.79±6.89	30.14±7.00	31.23±6.93	0.631
PaO <sub>2</sub> p/mmHg	147.09±57.94	141.31±50.66	150.95±63.08	0.613
PaO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub>	356.27±177.92	334.45±155.87	370.81±193.08	0.534
肌酐 <sup>a</sup> c <sub>B</sub> / (μmol·L <sup>-1</sup> )	81.5	143.5	60.0	0.053
NT-proBNP ρ <sub>B</sub> / (pg·mL <sup>-1</sup> )	7 273.7±9 635.2	10 860.6±11 119.1	4 882.4±7 865.9	0.053
肾功能不全 n(%)	13(32.5)	5(31.3)	8(33.3)	0.890
入ICU前机械通气 t/d	24.9±18.5	24.51±17.57	25.22±19.52	0.907
入ICU前住院天数 t/d	27.4±22.3	27.18±20.41	27.54±24.03	0.962

\* 以中位数表示。APACHE II:急性生理功能和慢性健康状况评分系统II;NT-proBNP:氨基末端脑钠肽前体

2.2 床旁超声等检查结果 40例PMV患者中,8例患者存在单纯心功能不全,20例存在单纯呼吸功能不全,2例患者存在单纯膈肌功能不全,5例患者同时存在心肺功能不全,2例存在心脏和膈肌功能不全,3例存在肺脏和膈肌功能不全。心功能不全除了相应的临床表现和实验异常外,床旁心超还提示以下超声表现,包括左室射血分数(LVEF)≤35%、中重度瓣膜反流、三尖瓣环位移(tricuspid annular plane systolic excursion, TAPSE)≤10 mm或心房巨大。呼吸功能不全除了呼吸系统症状外,胸部X线片或CT提示肺部渗出,床旁肺超表现为LUS评分>17分和(或)胸腔积液≥20 mm。膈肌功能不全表现为脱离呼吸机后,患者存在呼吸窘迫的症状和体征,同时膈肌超声提示单侧或双侧膈肌活动度≤10 mm。

2.3 延迟脱机的原因 对影响脱机的原因进行单因素分析(表2),发现手术类型、年龄、是否存在心功能不全及是否存在呼吸功能不全是影响脱机的因素( $P<0.05$ )。多因素分析(表3)提示,心功能不

全导致脱机失败率较高( $P=0.036$ ),术前呼吸功能不全使脱机失败率较低( $P=0.003$ ),膈肌功能不全不影响脱机结局。

表2 影响脱机结局的单因素分析

变量	OR	95% CI	P值
性别(男 vs 女)	0.394	0.098~1.578	0.188
年龄(每增加1岁)	1.081	1.012~1.155	0.021
心功能不全(是 vs 否)	4.011	1.473,10.922	0.007
呼吸功能不全(是 vs 否)	0.189	0.056~0.637	0.007
膈肌功能不全(是 vs 否)	0.830	0.316~2.179	0.317
手术类型(瓣膜手术 vs 大动脉手术)	5.121	1.154~22.728	0.032
APACHE II(每增加1分)	1.012	0.952~1.107	0.790
NT-proBNP(每增加1000 pg/mL)	1.074	0.992~1.162	0.078
Euroscore(每增加1分)	1.022	0.784~1.333	0.876
PaO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub> (<300 vs >300)	1.089	0.303~3.910	0.847
肾功能不全(是 vs 否)	1.100	0.284~4.267	0.089

APACHE II:急性生理与慢性健康状况评分系统II;OR:风险比;CI:可信区间;Euroscore:欧洲心血管手术危险因素评分;NT-proBNP:氨基末端脑钠肽前体;PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub>:动脉血氧分压与吸入氧浓度比值

表3 影响脱机结局的多因素分析

变量	OR	95% CI	P 值
年龄(每增加1岁)	1.118	0.997~1.253	0.056
心功能不全(是/否)	3.431	1.083~10.867	0.036
呼吸功能不全(是/否)	0.039	0.001~0.751	0.003
手术类型(瓣膜手术 vs 大动脉手术)	1.435	0.183~11.271	0.731

2.4 脱机成功及失败的病因分析 24例脱机成功的患者中,存在呼吸功能不全患者22例(91.7%),其中单纯呼吸功能不全患者16例(66.7%),同时存在心肺功能不全的患者3例(12.5%),呼吸合并膈肌功能不全的患者3例(12.5%);另外,有2例患者(8.3%)仅存在膈肌功能不全,无心肺功能异常。

16例脱机失败的患者中,存在心功能不全患者12例(75%),(包括心肺功能不全、心膈功能不全、单纯心功能不全);单纯呼吸功能不全患者4例(25%)。

进一步分析16例脱机失败患者脱机失败的病因,结果(表4)发现:5例患者存在右心室TAPSE $\leq$ 10mm(其中1例合并双侧膈肌功能不全,另1例合并重症肺炎);4例患者的LVEF $<$ 35%;2例患者存在巨大左心房(直径分别为78mm和102mm);1例患者存在中重度的二尖瓣反流合并双侧膈肌功能不全;4例患者为重症肺炎,胸部CT和肺超提示弥漫性肺部病变,呼吸功能未改善,脱机失败。

表4 脱机失败的病因分析

患者编号	心功能不全	肺功能不全	膈肌功能不全	具体原因分析
1	+	+	-	重症肺炎+巨大左心房,左心房直径78mm
2	+	+	-	重症肺炎+TASPE $\leq$ 10mm
3	+	-	+	双侧膈肌功能障碍+TASPE $\leq$ 10mm
4	+	-	+	双侧膈肌功能障碍+二尖瓣中重度反流
5	+	-	-	LVEF $<$ 35%
6	+	-	-	LVEF $<$ 35%
7	+	-	-	LVEF $<$ 35%
8	+	-	-	LVEF $<$ 35%
9	+	-	-	TASPE $\leq$ 10mm
10	+	-	-	TASPE $\leq$ 10mm
11	+	-	-	巨大左心房,左心房直径102mm
12	+	-	-	TASPE $\leq$ 10mm
13	-	+	-	重症肺炎
14	-	+	-	重症肺炎
15	-	+	-	重症肺炎
16	-	+	-	重症肺炎
总计	12	6	2	

“+”表示异常,“-”表示正常。TAPSE:三尖瓣环位移;LVEF:左心室射血分数

### 3 讨论

本研究发现心功能不全是心外科术后PMV患者脱机失败的主要原因。存在心功能不全的PMV患者脱机失败率近80%;单纯呼吸功能不全的PMV患者脱机失败率为25%;单纯膈肌功能不全的PMV患者全部成功脱机。心外科术后PMV患者脱机失败的主要原因是存在心功能不全,这与既往研究<sup>[2]</sup>结果一致。

本研究发现以下4个因素可导致存在心源性因

素的PMV患者脱机失败。(1)LVEF $\leq$ 35%:在脱机过程中,由于胸腔内压下降,心脏前负荷、后负荷均增加,如果患者存在左心功能不全,脱机可加重原有症状,出现肺水肿。同时脱机增加呼吸和心脏做功,肾上腺素能兴奋进一步加重心脏氧耗。当LVEF $<$ 35%时,患者左心室顺应性明显变差,无法耐受脱机所引起的心脏做功增加,因而脱机失败率较高<sup>[9]</sup>。(2)中重度二尖瓣反流<sup>[10]</sup>:脱机过程中出现前后负荷增大,可加重原有瓣膜反流,导致脱机失败的比例增加。(3)低TAPSE<sup>[11]</sup>:TAPSE值反



映右心室收缩功能,其数值低说明右心室功能障碍。脱机过程中的缺氧可导致肺动脉痉挛,右心室后负荷增加,加重右心衰,右心室明显扩大,室间隔左偏,影响左心室充盈,左心室充盈压上升,导致脱机失败<sup>[5]</sup>。(4)巨大心房:左心房增大与左心室顺应性下降正相关,是脱机失败的高危因素<sup>[12]</sup>。本研究有2例患者存在巨大左心房,1例患者左心房直径78 mm,另1例患者左心房直径102 mm。过大的左心房占据左侧胸腔,压迫左侧肺脏,同时限制左侧膈肌活动,尽管该2例患者LVEF均在正常范围,但最终均脱机失败。

本研究也提示,存在肺源性因素的PMV患者脱机成功率高,这是因为肺部因素可以通过有效的方法被纠正。如SBT前通过利尿、肺复张、纤维支气管镜吸痰、胸腔积液穿刺引流及选用合适的抗生素等降低肺LUS评分<sup>[13-14]</sup>,增加脱机成功的机会<sup>[15]</sup>。

心外科手术过程中可能损伤膈神经,从而出现一侧膈神经麻痹<sup>[16]</sup>,因此可能导致脱机失败。本研究7例膈肌异常的PMV患者,除2例因合并心功能不全脱机失败外,另外5例患者均成功脱机。因此,本研究认为膈肌功能不全可使机械通气时间延长,但通过反复的脱机锻炼和康复训练,使膈肌功能部分恢复,进而可以脱离呼吸机。

综上所述,心功能不全是导致心外科术后PMV患者脱机失败的主要原因,而因呼吸功能不全和膈肌功能不全导致的延迟脱机患者最终脱机成功率高。

## 参考文献

[1] BOLES J M, BION J, CONNORS A, et al. Weaning from mechanical ventilation[J]. *Eur Respir J*, 2007, 29(5): 1033-1056.

[2] SHARMA V, RAO V, MANLHIOT C, et al. A derived and validated score to predict prolonged mechanical ventilation in patients undergoing cardiac surgery[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2017, 153(1): 108-115.

[3] HEUNKS L M, VAN DER HOEVEN J G. Clinical review: the ABC of weaning failure—a structured approach[J]. *Crit Care*, 2010, 14(6): 245.

[4] TROUILLET J L, COMBES A, VAISSIER E, et al. Prolonged mechanical ventilation after cardiac surgery: outcome and predictors[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2009, 138(4): 948-953.

[5] DRES M, TEBOUL J L, MONNET X. Weaning the cardiac patient from mechanical ventilation[J]. *Curr Opin Crit Care*, 2014, 20(5): 493-498.

[6] DRES M, ROUX D, PHAM T, et al. Prevalence and impact on weaning of pleural effusion at the time of liberation from mechanical ventilation: a multicenter prospective observational study [J]. *Anesthesiology*, 2017, 126(6): 1107-1115.

[7] VITACCA M, VIANELLO A, COLOMBO D, et al. Comparison of two methods for weaning patients with chronic obstructive pulmonary disease requiring mechanical ventilation for more than 15 days[J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2001, 164(2): 225-230.

[8] CARPEN? N, VAGHEGGINI G, PANAIT E, et al. A proposal of a new model for long-term weaning: respiratory intensive care unit and weaning center [J]. *Respir Med*, 2010, 104(10): 1505-1511.

[9] CAILLE V, AMIEL J B, CHARRON C, et al. Echocardiography: a help in the weaning process[J]. *Crit Care*, 2010, 14(3): R120.

[10] RUIZ-BAILÉN M, COBO-MOLINOS J, CASTILLO-RIVERA A, et al. Stress echocardiography in patients who experienced mechanical ventilation weaning failure[J]. *J Crit Care*, 2017, 39:66-71.

[11] PAPAIOANNOU V E, STAKOS D A, DRAGOUMANIS C K, et al. Relation of tricuspid annular displacement and tissue Doppler imaging velocities with duration of weaning in mechanically ventilated patients with acute pulmonary edema [J]. *BMC Cardiovasc Disord*, 2010, 10:20.

[12] SCHIFELBAIN L M, VIEIRA S R, BRAUNER J S, et al. Echocardiographic evaluation during weaning from mechanical ventilation [J]. *Clinics (Sao Paulo)*, 2011, 66(1): 107-111.

[13] SOUMMER A, PERBET S, BRISSON H, et al. Ultrasound assessment of lung aeration loss during a successful weaning trial predicts postextubation distress \* [J]. *Crit Care Med*, 2012, 40(7): 2064-2072.

[14] WALDEN A P, JONES Q C, MATSA R, et al. Pleural effusions on the intensive care unit; hidden morbidity with therapeutic potential [J]. *Respirology*, 2013, 18(2): 246-254.

[15] MAYO P, VOLPICELLI G, LEROLLE N, et al. Ultrasonography evaluation during the weaning process: the heart, the diaphragm, the pleura and the lung[J]. *Intensive Care Med*, 2016, 42(7): 1107-1117.

[16] AGUIRRE V J, SINHA P, ZIMMET A, et al. Phrenic nerve injury during cardiac surgery: mechanisms, management and prevention[J]. *Heart Lung Circ*, 2013, 22(11): 895-902.