

基于 SBT 联合膈肌超声早期识别撤机高风险患者 拔管后序贯氧疗的有效性研究

董钰源, 杨会梅*, 王启萍, 邓 冰, 鲍喜林, 黄 敏

十堰市人民医院 (湖北医药学院附属人民医院) 湖北十堰

【摘要】目的 探究基于 SBT 联合膈肌超声早期识别撤机高风险患者拔管后序贯氧疗的有效性;**方法** 选取医院 2024 年 1 月-2024 年 9 月的 100 例基于 SBT 联合膈肌超声早期识别撤机高风险患者,采用随机分组的方式,分为实验组和对照组各 50 例。两组患者符合拔管条件后,实验组在拔管后接受序贯氧疗,对照组则进行常规治疗。比较两组在血气分析参数、膈肌超声数据、并发症发生频率以及 ICU 住院时长方面的差异;**结果** 实验组患者的 PaCO₂ 显著低于对照组,而 PaO₂ 则明显高于对照组,两组间差异具有统计学意义 ($P < 0.05$)。实验组的并发症发生率为 14%,低于对照组的 20.00%,但差异未达到统计学显著性水平 ($P > 0.05$)。实验组的膈肌移动度 (DE) 显著高于对照组,差异具有统计学意义 ($P < 0.05$),而膈肌收缩速度 (DCV) 略低于对照组,但差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。实验组患者机械通气时间和住院时间明显少于对照组,差异有统计学意义 ($P < 0.05$);**结论** 基于 SBT 联合膈肌超声早期识别撤机高风险患者,在拔管后对其采用序贯氧疗,不仅可以改善患者血气分析指标和膈肌的移动度与收缩速度,同时还体现出较高的安全性。

【关键词】 SBT 联合膈肌超声; 早期识别撤机撤机; 高风险患者; 序贯氧疗

【收稿日期】 2025 年 6 月 24 日

【出刊日期】 2025 年 7 月 21 日

【DOI】 10.12208/j.jacn.20250325

Effectiveness of sequential oxygen therapy post-extubation in patients at high risk of weaning failure identified early by SBT combined with diaphragmatic ultrasound

Yuyuan Dong, Huimei Yang*, Qiping Wang, Bin Deng, Xilin Bao, Min Huang

Department of Emergency, Renmin Hospital, Hubei University of Medicine, Shiyan, Hubei

【Abstract】Objective To explore the effectiveness of sequential oxygen therapy after extubation in patients at high risk of weaning failure identified early by spontaneous breathing trial (SBT) combined with diaphragmatic ultrasound. **Methods** One hundred patients identified as high-risk for weaning failure using SBT combined with diaphragmatic ultrasound from January 2024 to September 2024 in the hospital were enrolled. They were randomly divided into an experimental group ($n=50$) and a control group ($n=50$). After meeting extubation criteria, the experimental group received sequential oxygen therapy post-extubation, while the control group received conventional treatment. Differences between the two groups were compared regarding arterial blood gas (ABG) parameters, diaphragmatic ultrasound data, complication rates, and ICU length of stay. **Results** PaCO₂ in the experimental group was significantly lower than in the control group, while PaO₂ was significantly higher, with statistically significant differences between the groups ($P < 0.05$). The complication rate in the experimental group was 14%, lower than the 20.00% in the control group, but this difference was not statistically significant ($P > 0.05$). Diaphragmatic excursion (DE) in the experimental group was significantly higher than in the control group, showing a statistically significant difference ($P < 0.05$). Diaphragmatic contraction velocity (DCV) was slightly lower in the experimental group compared to the control, but this difference was not statistically significant ($P > 0.05$). Mechanical ventilation duration and hospital stay were significantly shorter in the experimental

作者简介: 董钰源, 男, 硕士研究生, 主管护师, 主要从事急危重症护理;

*通讯作者: 杨会梅, 主管护师, 护士长, 主要从事急危重症护理管理。

group than in the control group, with statistically significant differences ($P < 0.05$). **Conclusion** For patients at high risk of weaning failure identified early by SBT combined with diaphragmatic ultrasound, implementing sequential oxygen therapy post-extubation not only improves ABG parameters and diaphragmatic function (excursion and contraction velocity) but also demonstrates a favorable safety profile.

【**Keywords**】 SBT combined with diaphragmatic ultrasound; Early identification of weaning failure; High-risk patients; Sequential oxygen therapy

有创机械通气患者在 ICU 治疗期间会出现诸多并发症, 如气道阻塞、呼吸机相关性肺炎、肺不张等, 都可能导致患者呼吸肌肌力和呼吸负荷不平衡, 最终让患者增加呼吸机的依赖性, 难以有效的撤机拔管^[1]。自主呼吸试验 (SBT) 是通过 T 管或低水平支持模式, 对有创机械通气患者进行短期动态监测 (30-120 分钟), 以评估其完全耐受自主呼吸的能力, 从而预测撤机成功的可能性^[2]。膈肌作为核心呼吸肌, 在自主呼吸过程中发挥着关键作用, 能够提供 60%-80% 的吸气动力, 所以利用膈肌超声检查, 可以较好的测量双侧膈肌在呼吸时的运动幅度, 厚度和收缩功能。膈肌超声作为预测撤机结局最常用的方法, 具有无创、便捷、可反复的特点以 SBT 作指导撤机可以减少机械通气的持续时间、并发症出现概率和 ICU 入住时间等, 从而体现较高的安全性。因此, 通过对基于 SBT 联合膈肌超声早期识别撤机高风险患者, 在拔管后分别采取序贯氧疗和常规对症治疗, 从而对比两组实验对象的相关指标, 总结和分析序贯氧疗的安全性。

1 资料与方法

1.1 一般资料

研究对象: 选取医院 2024 年 1 月-2024 年 9 月的 100 例基于 SBT 联合膈肌超声早期识别撤机高风险患者, 采用随机分组的方式, 分为实验组和对照组各 50 例。实验组患者男性 24 例, 女性 26 例, 年龄范围 67-83 岁, 平均 (78.26 ± 2.32) 岁, 插管时间 4-10 天; 对照组患者男性 25 例, 女性 25 例, 年龄范围 69-85 岁, 平均 (78.38 ± 2.15) 岁, 插管时间 3-12 天; 两组数据对比显示差异无统计学意义 ($P > 0.05$), 表明其具有可比性。

纳入标准: 年龄 ≥ 18 周岁; 血气分析指标当中 $\text{PaO}_2 \leq 50 \text{ mmHg}$, $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 > 300$; 完成 3min 的自主呼吸实验, 满足撤机标准; 患者及家属均签订知情同意书; 患者无精神疾病。

排除标准: 年龄 < 18 周岁; 妊娠; 神经肌肉疾病; 精神状态不佳或意识不清; 患有免疫系统、消化系统或神经系统等可能干扰研究结果的严重疾病; 以及患者

或其家属拒绝参与研究。

1.2 方法

所有患者入住 ICU 后, 第 0、6、12、18、24、48、72 小时内进行床旁超声评估膈肌厚度和膈肌增厚分数, 双侧评估取均值。

①膈肌厚度: 嘱患者取仰卧位, 选择高频线阵探头, 将探头垂直肋骨长轴或平行于肋间隙置于腋前线或腋中线第 8-11 肋间, 一般情况下膈肌在 2-4cm 的深度处出现; ②膈肌增厚分数 = (吸气时膈肌厚度 - 呼气时膈肌厚度) / 呼气时膈肌厚度。为保证数据可信度, 超声操作者在项目开始前经过培训, 项目开始后不接触病例资料和其他参数信息。

对照组: 采用常规对症支持治疗, 包括抗感染、化痰、解痉平喘及营养支持等措施; 在满足拔管条件后, 改为无创机械通气, 设备为哈美顿 T1 呼吸机, 按照患者情况调节设备的吸气和呼气的相气道正压、备用呼吸频率、氧浓度等, 每日的通气时间与次数为 2h/3 次。

实验组: 在满足拔管条件后, 对患者采用序贯氧疗, 设备为斯百瑞氧疗机、迈瑞无创呼吸机。按照患者情况对设备的起始温度、氧流量、氧浓度; 并在持续氧疗后, 氧饱和度超过 88% 后, 调整氧流量和氧浓度, 每日的通气时间与次数为 2h/3 次。

实验组与对照组均按照患者的通气状态, 其中实验组患者在拔管 48h 内不能维持自主呼吸, 则进行无创机械通气; 膈肌超声则在 SBT 实验大于 30min 持续正压通气 ($5 \text{ cmH}_2\text{O}/\text{PS}5 \text{ cmH}_2\text{O}$) ($1 \text{ cmH}_2\text{O} = 0.098 \text{ kPa}$) 或拔管后 4-24h 内。同时通过对相关参数进行调整, 假若患者的呼吸窘迫或呼吸困难症状有所缓解, 并在一定时间后消失, 且 $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ 呈现为 > 300 的情况, 能够持续 24h 以上的时间, 就可以停止进行无创机械通气治疗。

1.3 观察指标

对比实验组与对照的血气分析指标、膈肌超声指标、并发症出现概率以及 ICU 停留时间。

血气分析指标: 主要为血氧分压 PaO_2 、血二氧化碳分压 PaCO_2 ;

膈肌功能检测: 于 SBT15 min 时将相控阵探头置

于患者右侧锁骨中线于腋前线之间肋缘下, 取横切位, 取样线与膈顶垂直, 在 M 模式下观察膈肌运动并测量吸气末至呼气末位置, 测量其垂直距离即 DE, 斜率为膈肌收缩速度 DCV;

并发症概率: 采取持续观察的方式, 对两组患者进行为期 5-10 天的观察, 及时登记两组患者并发症出现的概率, 主要为再插管次数、误吸、谵妄、鼻损伤等等。

ICU 停留时间: 记录患者从入住 ICU 到转出的总时长。

1.4 统计学

数据采用 SPSS20.0 进行分析, 计量资料若符合正态分布, 以均数±标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示, 组间比较采用 t 检验; 若不符合正态分布, 以中位数 (四分位数间距) [M (IQR)] 表示, 采用非参数检验。计数资料以百分数 (%) 表示, 采用 χ^2 检验。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 实验组与对照组血气分析指标对比

在撤机前, 对比两组患者的 PaO_2 和 PaCO_2 , 结果

显示差异无统计学意义 ($P > 0.05$); 在经过 24h 的治疗, 两组的 PaCO_2 呈现出降低趋势, 且实验组小于对照组, PaO_2 呈现为上升的趋势, 差异具有统计学意义 ($P < 0.05$), 如表 1 所示。

2.2 实验组与对照组膈肌超声对比

膈肌超声分析显示, 实验组的 DE 显著高于对照组, 差异具有统计学意义 ($P < 0.05$); 而实验组的 DCV 略高于对照组, 但差异无统计学意义 ($P > 0.05$), 如表 2 所示。

2.3 实验组与对照组并发症出现概率及 ICU 停留时间

两组并发症发生率对比显示, 差异无统计学意义 ($P > 0.05$), 如表 3 所示。

实验组患者的 ICU 停留时间为 12.27 ± 0.51 天, 显著短于对照组的 15.46 ± 0.94 天, 差异具有统计学意义, ($P < 0.05$), ($t = 21.092$, $P = 0.000$)。

2.4 两组患者机械时间、住院时间的比较

实验组患者的机械通气和住院时间均显著短于对照组, 差异具有统计学意义 ($P < 0.05$), 如表 4 所示。

表 1 实验组与对照组血气分析指标对比结果: $\bar{x} \pm s$

组别	状态	人数	PaO_2 : mmHg	PaCO_2 : mmHg
对照组	撤机前	50	47.44 ± 7.04	60.13 ± 2.55
	治疗后: 24h		$70.29 \pm 4.24^*$	$55.26 \pm 5.02^*$
实验者	撤机前	50	47.12 ± 7.86	60.17 ± 2.31
	治疗后: 24h		$75.44 \pm 4.24^{**}$	$41.29 \pm 6.86^{**}$

注释: 相较于同组撤机前, $*P < 0.05$, 相较于对照组治疗后的 24h, $**P < 0.05$; $10\text{mmHg} = 1.33\text{kPa}$ 。

表 2 实验组与对照组膈肌超声对比: $\bar{x} \pm s$

组别	人数	DE:mm	DCV: mm/s
实验组	50	12.87 ± 2.21	$9.88 (8.01, 11.77)$
对照组	50	9.97 ± 2.87	$9.75 (7.54, 11.31)$
t		5.661	-0.616
P		< 0.001	0.524

表 3 实验组与对照组并发症出现概率对比: %

组别	人数	再插管	误吸	谵妄	鼻损伤	总计
实验组	50	2 (4.0)	2 (4.0)	1 (2.0)	2 (4.0)	7 (14.0)
对照组	50	3 (6.0)	3 (6.0)	2 (4.0)	2 (4.0)	10 (20.0)
χ^2						0.638
P						0.424

表 4 两组患者机械时间、住院时间对比: $\bar{x} \pm s$

组别	人数	拔管前机械通气时间: d	总机械通气时间: d	ICU 住院时间: d, m	总住院时间: d, m
实验组	50	4.20 ± 3.82	4.32 ± 2.42	$6.56 (4.0, 7.0)$	$26.92 (15.0, 32.0)$
对照组	50	4.14 ± 3.02	5.66 ± 3.83	$7.73 (5.0, 9.0)$	$27.68 (15.0, 37.0)$
t		0.087	2.091	-2.536	-2.145
P		0.931	0.039	0.009	0.024

3 讨论

既往研究表明,心脏超声联合 DE 超声及血清 NT-proBNP 水平对有创机械通气患者的撤机结局具有较高的预测价值^[3],并且也有研究指出撤机后血管外肺水增多是撤机失败的原因之一,另一个原因为心功能,所以心脏、肺和膈肌超声联合应用对重症机械通气患者撤机有较高的预测价值^[4]。通过超声监测膈肌功能,评估膈肌新指标对老年机械通气患者撤机结果的预测价值,研究表明膈肌移动度-浅快呼吸指数(DE-RSBI)和膈肌增厚分数-浅快呼吸指数(DTF-RSBI)对撤机结果的预测具有较高的准确性^[5]。研究显示,ICU 机械通气患者撤机拔管后采用 HFNC 序贯氧疗,可有效减少拔管失败和不良事件的发生,同时缩短 ICU 住院时长^[3,6]。拔管后采用经鼻高流量氧疗可有效降低心率、改善氧合指数,提升患者舒适度和耐受性,缩短 ICU 住院时长,使患者临床获益,为 ICU 合理氧疗提供了参考依据^[7]; COPD 患者拔管后采用经鼻高流量氧疗可显著提升治疗效果,可明显改善患者的呼吸功能指标、氧合参数,防止再插管、误吸、压疮发生,且安全性高,ICU 监护停留时间短,病死率低,值得临床推广运用^[8]。因此,假若患者在满足拔管的条件后,应当及时对患者进行撤机操作,并通过更换其他辅助呼吸的方式,有效缓解及减少有创设备通气的并发症,达到提高患者预后质量的目的。

本研究结果显示,实验组在血气分析指标当中的 PaCO₂ 小于对照组,且 PaO₂ 大于对照组,差异有统计学意义($P<0.05$);实验组 DE 显著高于对照组,差异具有统计学意义($P<0.05$);实验组 DCV 略高于对照组,但差异无统计学意义($P>0.05$);两组并发症发生率无显著差异($P>0.05$);实验组患者的机械通气时间和住院时间均显著短于对照组,差异具有统计学意义($P<0.05$);原因如下:

(1) 采用无创方式对患者进行辅助呼吸时,可以有效避免患者出现鼻损伤和呼吸道感染的并发症,达到缓解患者呼吸肌紧张和衰竭的症状;假若无创通气会引发一系列的并发症,并且需要采取二次插管的方式进行通气,那么就无法改善患者呼吸功能,从而对患者的预后带来一定影响。

(2) 序贯氧疗由于输送的氧气为高流量、高浓度,那么输送气体的流动一定高于患者自身吸气的最大峰值流速,所以患者在吸气过程中,可以预防自身吸入空间,确保氧浓度的恒定,从而保证患者能够在低水平正压下,有效缓解鼻咽部的无效腔呼吸做功。

(3) 实验组所采用的设备,不仅可以有效调节吸氧的浓度,同时还能对气体的温度和流速进行控制,保证充分湿化的气体在达到一定温度后,被患者吸入,从而有效降低汽流的阻力,以及减少患者自身热量的消耗,并且在极大程度上改善患者肺顺应性,减少气道分泌物的浓稠度和黏度,强化患者的血气分析指标性能。

(4) 通过设备和序贯氧疗的配合,调节吸入氧气的流量、浓度和温度,能够显著提升患者的治疗舒适度和耐受性,同时增强纤毛黏液系统功能,促进呼吸道分泌物引流,进而改善呼吸通畅性和效率。

由此可见,通过总结本次研究结果可知,基于 SBT 联合膈肌超声早期识别撤机高风险患者在拔管后,所采取的序贯氧疗不仅体现出较好的应用价值,能够有效帮助 ICU 患者逐步实现科学有效的撤机操作,同时还体现出较高的安全性,能够保证 ICU 患者在撤机后改善其膈肌的移动度和收缩速度,增加患者的自主呼吸能力,加快患者的疾病治疗效率。

参考文献

- [1] PARADA-GEREDA H M, TIBADUIZA A L, RICO-MENDOZA A, et al. Effectiveness of diaphragmatic ultrasound as a predictor of successful weaning from mechanical ventilation: a systematic review and meta-analysis[J]. Crit Care, 2023,27(1): 174.
- [2] NASCIMENTO M S, REBELLO C M, VALE L, et al. Spontaneous breathing test in the prediction of extubation failure in the pediatric population[J]. Einstein (Sao Paulo), 2017,15(2): 162-166.
- [3] FRITSCH S J, SIEMER A G, DREHER M, et al. Diaphragm ultrasound in patients with prolonged weaning from mechanical ventilation[J]. Quant Imaging Med Surg, 2024,14(5): 3248-3263.
- [4] TAKAHASHI Y, MORISAWA T, OKAMOTO H, et al. Diaphragm Dysfunction and ICU-Acquired Weakness in Septic Shock Patients with or without Mechanical Ventilation: A Pilot Prospective Observational Study[J]. J Clin Med, 2023,12(16).
- [5] COSTANZO D D, MAZZA M, ESQUINAS A. Diaphragm ultrasound in weaning from mechanical ventilation: a last step to predict successful extubation?[J]. Acute Crit Care, 2022,37(4): 681-682.
- [6] AL T A, ABDELSHAFEEY E E. Diaphragm

Electromyography Versus Ultrasonography in the Prediction of Mechanical Ventilation Liberation Outcome[J]. Respir Care, 2022.

- [7] DEMOULE A, FOSSE Q, MERCAT A, et al. Operator independent continuous ultrasound monitoring of diaphragm excursion predicts successful weaning from mechanical ventilation: a prospective observational study[J]. Crit Care, 2024,28(1): 245.
- [8] TRIFI A, ABDELLATIF S, BEN L F, et al. Ultrasound

assessment of the diaphragm during the first days of mechanical ventilation compared to spontaneous respiration: a comparative study[J]. Tunis Med, 2021, 99(11): 1055-1065.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心 (OAJRC) 所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS