

床旁多脏器超声预测重症患者机械通气撤机风险的临床价值

刘学琳 张建蕾 王婷 刘江云 杨蓉 王胜琦 高佳宇

摘要 **目的** 探讨床旁多脏器超声预测重症患者机械通气撤机风险的临床价值。**方法** 选取于我院重症监护室行机械通气的重症患者 200 例,其中撤机成功组 127 例,撤机失败组 73 例,均行床旁多脏器超声获取左室射血分数(LVEF)、膈肌增厚率(DTF)、膈肌移动度(DE)、肺超声评分(LUS),比较两组上述参数差异。采用多因素 Logistic 回归分析筛选预测重症患者机械通气撤机风险的独立影响因素;绘制受试者工作特征(ROC)曲线分析床旁多脏器超声预测重症患者机械通气撤机风险的诊断效能。**结果** 撤机失败组 LVEF、DTF、DE 均低于撤机成功组,LUS 高于撤机成功组,差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$)。多因素 Logistic 回归分析显示,LUS 为预测重症患者机械通气撤机风险的独立危险因素($OR=2.008, P < 0.05$),LVEF、DTF、DE 均为独立保护因素($OR=0.764, 0.811, 0.760$, 均 $P < 0.05$)。ROC 曲线分析显示,LUS、LVEF、DTF、DE 及其联合应用预测重症患者机械通气撤机风险的曲线下面积分别为 0.816、0.767、0.814、0.777、0.900,联合应用的曲线下面积高于各参数单独应用($Z=5.224, 5.435, 4.755, 5.725$, 均 $P < 0.05$)。**结论** 床旁多脏器超声在预测重症患者机械通气撤机风险中具有一定的临床价值。

关键词 超声检查;床旁;多脏器;机械通气;撤机

[中图分类号]R445.1

[文献标识码]A

Clinical value of bedside multi-organ ultrasound in predicting the risk of mechanical ventilation weaning in critically ill patients

LIU Xuelin, ZHANG Jianlei, WANG Ting, LIU Jiangyun, YANG Rong, WANG Shengqi, GAO Jiayu

Department of Ultrasound, Yan'an People's Hospital, Shaanxi 716000, China

ABSTRACT **Objective** To explore the clinical value of bedside multi-organ ultrasound in predicting the risk of mechanical ventilation weaning in critically ill patients. **Methods** A total of 200 critically ill patients who were treated with mechanical ventilation in the intensive care unit from our hospital were enrolled, including 127 cases in the successful weaning group and 73 cases in the failed weaning group. All the patients were examined by bedside multi-organ ultrasound. The differences in left ventricular ejection fraction (LVEF), diaphragm thickening rate (DTF), diaphragm excursion (DE), and lung ultrasound score (LUS) were compared between the two groups. Multivariate Logistic regression was used to analyze the independent influencing factors for predicting the risk of mechanical ventilation weaning in critically ill patients. Receiver operating characteristic (ROC) curve was drawn to analyze the diagnostic efficacy of bedside multi-organ ultrasound in predicting the risk of mechanical ventilation weaning in critically ill patients. **Results** The LVEF, DTF, and DE in the failed weaning group were lower and LUS was higher than those in the successful weaning group (all $P < 0.05$). Multivariate Logistics regression analysis showed that LUS was the independent risk factor for predicting the risk of mechanical ventilation weaning ($OR=2.008, P < 0.05$), and LVEF, DTF and DE were independent protective factors ($OR=0.764, 0.811, 0.760$, all $P < 0.05$). ROC curve analysis showed that the area under the curve (AUC) of LUS, LVEF, DTF, DE and their combined application in predicting the risk of mechanical ventilation weaning failure in critically ill patients were 0.816, 0.767, 0.814, 0.777 and 0.900, respectively. The AUC of the combined application was higher than that of each parameter used individually ($Z=5.224, 5.435, 4.755, 5.725$, all $P < 0.05$). **Conclusion** Bedside multi-organ ultrasound has certain clinical value in predicting the risk of mechanical ventilation weaning in critically ill patients.

KEY WORDS Ultrasonography; bedside; Multi-organ; Mechanical ventilation; Weaning

文献^[1]报道,撤机失败会导致患者机械通气和重症监护时间延长,且与住院死亡率的升高密切相关。机械通气时间过长会增加气压伤、呼吸机相关性肺炎和呼吸机引起膈肌萎缩的发生风险^[2],而过早撤机也会导致重症患者死亡率升高^[3],因此准确预测患者撤机结局至关重要。然而,选择合适的拔管时间对于临床医师而言仍具有挑战。在重症患者的撤机评估中,床旁多脏器超声可以实时监测重症患者的心肺功能,能够及时、准确地评估血流动力学和生理病理状态,指导撤机决策,具有无创、可重复、实时等优点,对临床决策具有重要的指导意义^[4-5]。此外,床旁多脏器超声还可以发现并评估撤机过程中可能出现的并发症,如肺部感染、肺水肿、心肌缺血等,为临床治疗提供参考依据^[6]。基于此,本研究旨在探讨床旁多脏器超声预测重症患者机械通气撤机风险的价值。

资料与方法

一、研究对象

选取 2021 年 10 月至 2023 年 10 月于我院重症监护室行机械通气的重症患者 200 例,其中男 101 例,女 99 例,年龄 33~80 岁,平均(63.96±9.08)岁,体质量指数 20~27 kg/m²,平均(23.51±3.08)kg/m²。纳入标准:①血流动力学稳定;②呼吸频率<35 次/min;③血红蛋白>7 g/dl;④成功完成自主呼吸试验。排除标准:①需给予升压药物;②胸腔、胃或食管术后;③体温>38 °C 或<35 °C;④呼气末正压通气>10 cmH₂O(1 cmH₂O=0.098 kPa)和/或吸氧浓度>60%;⑤压力支持水平>20 cmH₂O。本研究经我院医学伦理委员会批准[批准号:2024 伦理审查 LW(008)号],所有患者均签署知情同意书。

二、仪器与方法

1. 仪器:使用迈瑞 M9 便携式彩色多普勒超声诊断仪,线阵探头,频率 4~12 MHz;凸阵探头,频率 1~5 MHz;相控阵探头,频率 1~5 MHz。

2. 方法:①经胸超声心动图检查。患者取仰卧位,将相控阵探头置于胸骨左缘区、心尖区、剑下区、胸骨上区,分别于胸骨旁长轴及短轴切面、心尖四腔心及五腔心切面、下腔静脉切面、胸骨上窝切面测量左室射血分数(LVEF)、左室流出道血流速度-时间积分(VTI)、三尖瓣环收缩期位移(TAPSE)、右室舒张末期直径与左室舒张末期直径比值(RV/LV),并计算心输出量(CO),公式为:CO=VTI×πr²×心率。②肺超声检查。患者取仰卧位,采用 12 分区法,以胸骨旁线、腋前线、腋后线和脊柱旁线为纵轴,乳头水平为横轴,将一侧胸壁分割为 6 个区域,即前胸壁上、下区,侧胸壁上、

下区,后胸壁上、下区,共计 12 个区域。使用线阵探头或凸阵探头进行扫查,于每个区域分别观察胸膜线、A 线、B 线、肺实变或肺不张、胸腔积液等情况。肺超声评分(lung ultrasound score, LUS)标准^[7]为:A 线或 B 线<3 条计 0 分;≥3 条 B 线且间隔良好计 1 分;弥漫存在的融合 B 线计 2 分;存在肺实变计 3 分。将 12 个区域的评分相加,总分 0~36 分,评分越高表明患者肺部病变越严重。③膈肌超声检查。将线阵探头或凸阵探头置于 ZOA 区(即膈肌的圆形侧面与下胸壁的内面相接区域),垂直于胸壁,测量吸气末膈肌厚度、呼气末膈肌厚度及膈肌移动度(DE),计算膈肌增厚率(DTF),公式为:DTF=(吸气末膈肌厚度-呼气末膈肌厚度)/呼气末膈肌厚度×100%。所有超声图像分析均由两名主治以上职称且具有肺部检查经验的超声医师独立完成,如有分歧协商统一,所有参数均重复测量 3 次取平均值。

3. 撤机结局判定及分组:将拔管后自主呼吸>48 h 定义为撤机成功,拔管后 48 h 内重新插管定义为撤机失败^[8]。本研究撤机成功组 127 例,撤机失败组 73 例。

4. 一般资料获取:查阅病历收集患者一般资料,包括年龄、性别、收缩压、舒张压、白细胞计数(WBC)、C-反应蛋白(CRP)及心血管疾病史、高血压病史、糖尿病史、恶性肿瘤史、吸烟史、饮酒史。

三、统计学处理

应用 SPSS 26.0 统计软件,计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,采用配对 *t* 检验;计数资料以频数或率表示,采用 χ^2 检验。采用多因素 Logistic 回归分析筛选预测重症患者机械通气撤机风险的独立影响因素;绘制受试者工作特征(ROC)曲线分析床旁多脏器超声预测重症患者机械通气撤机风险的诊断效能,曲线下面积比较采用 *Z* 检验。*P*<0.05 为差异有统计学意义。

结 果

一、两组一般资料比较

撤机成功组与撤机失败组年龄、性别、收缩压、舒张压、WBC、CRP 及心血管疾病史、高血压病史、糖尿病史、恶性肿瘤史、吸烟史、饮酒史比较差异均无统计学意义。见表 1。

二、两组超声检查结果比较

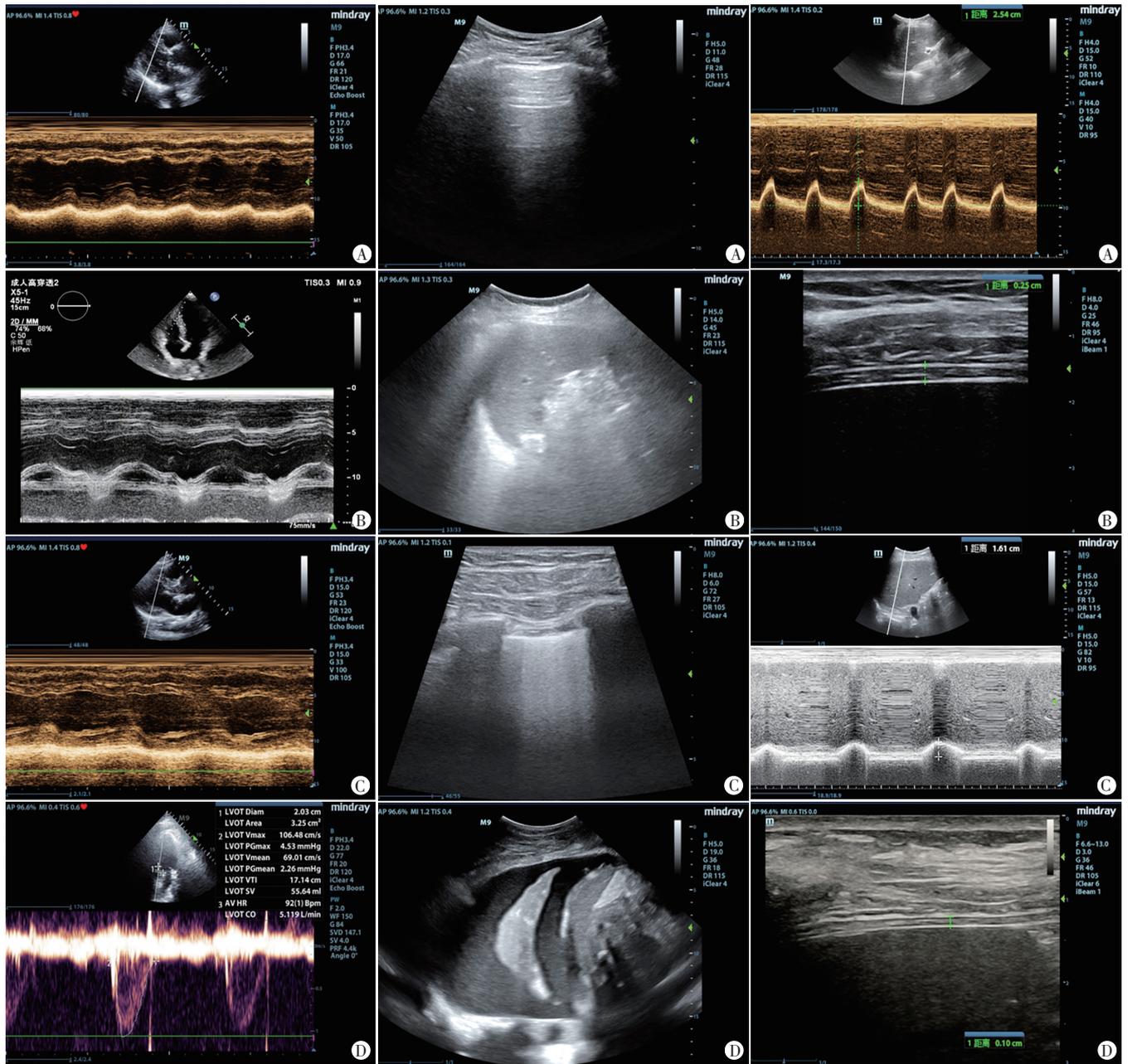
两组经胸超声心动图、肺超声、膈肌超声检查图见图 1~3。

1. 经胸超声心动图检查结果显示,撤机失败组 LVEF 低于撤机成功组,差异有统计学意义(*P*<0.001);两组 CO、TAPSE、RV/LV 比较差异均无统计学意义。见表 2。

表1 两组一般资料比较

组别	年龄(岁)	男/女(例)	心血管疾病史(例)	高血压病史(例)	糖尿病史(例)	恶性肿瘤史(例)	吸烟史(例)	饮酒史(例)	WBC($\times 10^9/L$)	CRP(mg/L)	收缩压(mmHg)	舒张压(mmHg)
撤机成功组(127)	63.18 \pm 8.93	62/65	71	85	44	5	41	35	11.28 \pm 3.09	69.50 \pm 15.34	121.67 \pm 20.43	61.28 \pm 8.15
撤机失败组(73)	65.24 \pm 9.34	39/34	40	50	25	4	26	28	11.51 \pm 3.57	70.91 \pm 16.67	123.04 \pm 19.32	60.31 \pm 9.67
t/χ^2 值	1.544	0.393	0.023	0.052	0.003	0.023	0.231	2.504	0.478	0.606	0.466	0.756
P值	0.124	0.531	0.879	0.820	0.954	0.879	0.631	0.114	0.633	0.633	0.642	0.450

WBC:白细胞计数;CRP:C-反应蛋白。1 mmHg=0.133 kPa



A、B:撤机成功组一患者(女,65岁,动脉瘤破裂) LVEF为68%,CO为6.2 L/min,TAPSE为2.3 cm, RV/LV为1.01;C、D:撤机失败组一患者(男,80岁,脓毒症休克) LVEF为54%,CO为5.1 L/min, TAPSE为1.8 cm,RV/LV为0.81

A、B:撤机成功组一患者(女,40岁,药物中毒) LUS为8分,无胸腔积液;C、D:撤机失败组一患者(男,79岁,新型冠状病毒肺炎) LUS为24分,胸腔积液伴肺不张

A、B:撤机成功组一患者(女,52岁,肠梗阻) DE为2.54 cm,DTF为38%;C、D:撤机失败组一患者(男,75岁,颅脑损伤) DE为1.61 cm,DTF为20%

图1 两组经胸超声心动图检查图像

图2 两组肺超声检查图像

图3 两组膈肌超声检查图像

表 2 两组经胸超声心动图、肺超声和膈肌超声检查结果比较($\bar{x}\pm s$)

组别	经胸超声心动图				LUS(分)	膈肌超声	
	LVEF(%)	CO(L/min)	TAPSE(cm)	RV/LV		DTF(%)	DE(cm)
撤机成功组	56.06±10.21	5.90±1.40	2.10±0.40	0.91±0.12	15.15±4.86	32.51±5.81	1.78±0.34
撤机失败组	43.75±11.37	5.60±1.50	2.00±0.50	0.89±0.10	21.51±6.94	26.17±5.38	1.40±0.31
<i>t</i> 值	7.872	1.421	1.551	1.204	7.590	7.630	7.854
<i>P</i> 值	<0.001	0.157	0.123	0.230	<0.001	<0.001	<0.001

LVEF:左室射血分数;CO:心输出量;TAPSE:三尖瓣环收缩期位移;RV/LV:右室舒张末期直径与左室舒张末期直径比值;LUS:肺超声评分;DTF:膈肌增厚率;DE:膈肌移动度

2.肺超声检查结果显示,撤机失败组和撤机成功组 LUS 分别为(21.51±6.94)分、(15.15±4.86)分,差异有统计学意义($t=7.590, P<0.05$)。见表 2。

3.膈肌超声检查结果显示,撤机失败组 DTF 和 DE 均低于撤机成功组,差异均有统计学意义(均 $P<0.001$)。见表 2。

三、多因素 Logistic 回归分析

以患者撤机是否成功(是=1,否=0)为因变量,以 LVEF、LUS、DTF、DE 为自变量进行多因素 Logistic 回归分析,结果显示 LUS 为预测重症患者机械通气撤机风险的独立危险因素($P<0.05$),LVEF、DTF、DE 均为独立保护因素(均 $P<0.05$)。见表 3。

表 3 多因素 Logistic 回归分析

变量	回归系数	标准误	Wald χ^2 值	OR 值及其 95% 可信区间	<i>P</i> 值
LVEF	-0.269	0.102	6.965	0.764(0.626~0.933)	0.008
LUS	0.697	0.213	10.712	2.008(1.322~3.048)	0.001
DTF	-0.209	0.081	6.689	0.811(0.692~0.951)	0.009
DE	-0.274	0.093	8.708	0.760(0.633~0.912)	0.003

四、床旁多脏器超声预测重症患者机械通气撤机风险的诊断效能

ROC 曲线分析显示,LUS、LVEF、DTF、DE 及其联合应用预测重症患者机械通气撤机风险的曲线下面积分别为 0.816、0.767、0.814、0.777、0.900,联合应用的曲线下面积高于各参数单独应用($Z=5.224、5.435、4.755、5.725$,均 $P<0.05$)。见图 4 和表 4。

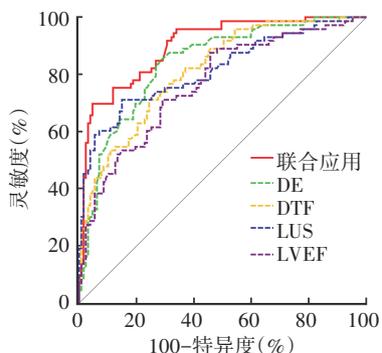


图 4 床旁多脏器超声预测重症患者机械通气撤机风险的 ROC 曲线图

表 4 床旁多脏器超声预测重症患者机械通气撤机风险的 ROC 曲线分析

方法	曲线下面积及其 95% 可信区间	截断值	灵敏度 (%)	特异度 (%)	<i>P</i> 值
LUS	0.816(0.755~0.867)	19.55 分	72.60	85.04	<0.001
LVEF	0.767(0.702~0.823)	49.73%	71.23	70.87	<0.001
DTF	0.814(0.753~0.865)	28.19%	71.23	75.59	<0.001
DE	0.777(0.713~0.833)	1.71 cm	83.56	62.99	<0.001
联合应用	0.900(0.850~0.938)	-	69.86	95.28	<0.001

讨 论

临床工作中,床旁多脏器超声正逐渐成为重要的诊疗工具。与传统超声检查相比,床旁超声具有即时性和便捷性,可帮助临床医师第一时间获取患者的实时影像,并快速做出诊断和治疗决策^[9]。该技术特别适用于紧急情况,能够及时识别危及生命的病变,如心脏、肺部、膈肌、腹部、肾脏和血管等多个器官的病理变化^[10]。床旁多脏器超声不仅在诊断方面表现出色,还能有效指导复杂的临床操作,特别是在处理血流动力学不稳定的患者时,能够显著提高操作的安全性和准确性^[11]。超声心动图是一种无创、便携、重复性好的成像技术,能够提供关于心脏和大血管解剖结构及功能的信息,在评估重症患者心脏结构和功能方面具有独特的优势,可获取反映患者收缩能力、舒张能力、前后负荷的重要指标,进一步为撤机评估提供可靠的血流动力学依据^[12]。本研究旨在探讨床旁多脏器超声预测重症患者机械通气撤机风险的价值。

本研究经胸超声心动图检查结果显示,撤机失败组 LVEF 低于撤机成功组,差异有统计学意义($P<0.05$),提示撤机成功患者心脏收缩功能较好,能适应撤机后的循环需求。与既往研究^[13]结论相似。Pastore 等^[14]研究显示,超声心动图参数异常是低血压重症监护患者死亡的独立预测因子。在撤机过程中,肺部炎症和心功能不全可使通气量减少,导致撤机失败^[15]。肺部超声可以无创评估通气损失的位置和程度,有助于诊断呼吸系统疾病^[16]。本研究撤机失败组 LUS 高于撤

机成功组,差异有统计学意义($t=7.590, P<0.05$),表明撤机失败患者肺部病变更严重,提示其可能存在更严重的肺水肿或肺不张,这些因素均会导致撤机失败。另外,由于撤机失败患者肺部病变程度较重,肺部气体交换能力和肺顺应性较差,导致撤机后患者出现呼吸困难和低氧血症等症状,增加了撤机的难度。因此,LUS高的患者不适合脱离机械通气,监测患者自主呼吸后LUS的变化可用于调整治疗决策和决定撤机时机^[17]。膈肌超声可以提供膈肌的活动度、厚度、增厚率等信息,为患者撤机评估提供参考依据^[18]。既往研究^[19]显示,膈肌功能障碍与撤机失败风险增加有关,且膈肌偏移和较低的DTF可预测撤机失败,特异度高于90%。本研究撤机失败组DTF和DE均低于撤机成功组,差异均有统计学意义($P<0.05$),表明撤机失败患者的膈肌收缩能力和耐力不足,这可能是由于长期机械通气导致膈肌萎缩或功能不全所致。提示撤机失败患者的膈肌功能较差,收缩能力和耐力较弱。对于此类患者,建议临床医师在撤机前采取针对性的干预措施,如进行膈肌训练或加强呼吸肌康复训练,以改善膈肌功能。

本研究多因素 Logistic 回归分析显示,LUS为预测重症患者机械通气撤机风险的独立危险因素,LVEF、DTF、DE均为独立保护因素(均 $P<0.05$)。较高的LUS通常提示患者存在明显的肺部病变,可能阻碍患者恢复自主呼吸,增加了撤机失败的风险;另外,较高的LVEF、DTF和DE表明心功能和膈肌功能良好,足以支持患者顺利脱离机械通气。本研究ROC曲线分析显示,LUS、LVEF、DTF、DE及其联合应用预测重症患者机械通气撤机风险的曲线下面积分别为0.816、0.767、0.814、0.777、0.900,联合应用的曲线下面积高于各参数单独应用(均 $P<0.05$),表明联合检查为撤机决策提供了更可靠的依据,临床医师可以更准确地评估患者的撤机时机,有助于减少撤机失败率,改善患者预后。

综上所述,床旁多脏器超声在预测重症患者机械通气撤机风险中具有一定的临床价值,有助于减少撤机失败率。但本研究样本量较小,今后应扩大样本量深入探讨。

参考文献

[1] 孙伟清,任奇,吴亮,等.撤机后高流量氧疗对机械通气重症患者成功拔管的价值研究[J].中华危重病急救医学,2022,34(11):1144-1147.
[2] 闫斌,陈峰,刘永飞,等.体外膈肌起搏器在重症脑出血术后患者撤

机中的临床应用[J].临床和实验医学杂志,2022,21(4):440-443.
[3] 马晶,马瑛,马艳琼,等.重症监护室干预管理小组床旁肺部超声检查对心脏术后患者肺部并发症的影响[J].河北医药,2023,45(6):946-948,952.
[4] 王湘江,桑云华,吕强.重症监护病房床旁超声对胸部严重多发伤患者的诊断价值[J].临床超声医学杂志,2020,22(5):385-387.
[5] 刘兴钊,胡青茂,胡永,等.床旁超声在机械通气重症肺炎患者中的应用价值[J].临床超声医学杂志,2020,22(12):948-950.
[6] Kaur A, Sharma S, Singh VP, et al. Sonographic assessment of diaphragmatic thickening and excursion as predictors of weaning success in the intensive care unit: a prospective observational study[J]. Indian J Crit Care Med, 2022, 66(11): 776-782.
[7] 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.
[8] Dettmer MR, Damuth E, Zarbiv S, et al. Prognostic factors for long-term mortality in critically ill patients treated with prolonged mechanical ventilation: a systematic review[J]. Crit Care Med, 2017, 45(1): 69-74.
[9] 郑晓宇,刘民生,张燕,等.床旁超声在脓毒症休克患者补液中的应用价值[J].影像科学与光化学,2023,41(1):187-190.
[10] 王贤柱,李玖军.床旁超声在创伤患者中的应用进展[J].中国小儿急救医学,2022,29(8):646-651.
[11] 钱进,黄松带,林伟卓,等.急诊床旁超声联合POCT诊断AMI的价值[J].临床心电学杂志,2021,30(1):39-42.
[12] Vignon P. Critical care echocardiography: diagnostic or prognostic[J]. Ann Transl Med, 2020, 8(15): 909-915.
[13] O' Riordan F, Carton M, Coughlan JJ, et al. The diagnostic yield of transthoracic echocardiography in the intensive care unit: a retrospective observational analysis[J]. Echocardiography, 2021, 38(6): 844-849.
[14] Pastore MC, Ilardi F, Stefanini A, et al. Bedside ultrasound for hemodynamic monitoring in cardiac intensive care unit[J]. J Clin Med, 2022, 11(24): 7538-7553.
[15] Jousselein V, Bonny V, Spadaro S, et al. Lung aeration estimated by chest electrical impedance tomography and lung ultrasound during extubation[J]. Ann Intensive Care, 2023, 13(1): 91-97.
[16] Vigotti FN, Di Benedetto C, Fop F, et al. Lung ultrasonography performed by nephrologist: COVID-19 as an opportunity to reveal ultrasound's full potential and usefulness in the dialysis room[J]. Clin Kidney J, 2023, 16(3): 541-548.
[17] Kheir M, Dong V, Roselli V, et al. The role of ultrasound in predicting non-invasive ventilation outcomes: a systematic review[J]. Front Med (Lausanne), 2023, 10(1): 1-10.
[18] 张磊,陈国忠,王华英,等.膈肌超声评估机械通气撤机中临床应用价值[J].中华急诊医学杂志,2023,32(2):241-246.
[19] Elshazly MI, Elkorashy RI, Ismail MS, et al. Role of bedside ultrasonography in assessment of diaphragm function as a predictor of success of weaning in mechanically ventilated patients[J]. Tuberc Respir Dis (Seoul), 2020, 83(4): 295-302.