

【DOI】 10.3969/j.issn.1671-6450.2023.12.008

论著·临床

心肺超声在鉴别 ICU 机械通气患者心源性撤机失败中的应用价值

刘奕, 赵浩天, 刘元琳, 王晓娜, 薛红元, 李丽, 龙玲



基金项目: 河北省医学科学研究重点课题计划(20211228、20211264)

作者单位: 050000 石家庄, 河北省人民医院超声科(刘奕、赵浩天、刘元琳、王晓娜、薛红元、李丽), 重症医学科(龙玲)

通信作者: 李丽, E-mail: shrmgnk@126.com

【摘要】目的 探究心肺超声指标及撤机心肺超声评分在鉴别重症机械通气患者心源性因素撤机失败中的应用价值。**方法** 选取 2019 年 7 月—2021 年 5 月于河北省人民医院重症医学科(ICU)接受机械通气且发生撤机失败患者 48 例,根据 N 末端 B 型利钠肽前体(NT-proBNP)年龄分层阈值将撤机失败患者分为心源性因素撤机失败组(心源性组)22 例和非心源性因素撤机失败组(非心源性组)26 例。于撤机试验开始时(0 min)使用床旁超声测量患者右心室舒张末期内径(RVEDD)、左心室舒张末期内径(LVEDD)、左心室射血分数(LVEF)、下腔静脉内径(IVCD)、二尖瓣舒张早期血流峰速度(E)、二尖瓣环/左心室侧壁舒张早期组织运动速度(e'),计算 E/e'。于撤机试验第 0 min 和第 15 min 分别使用肺超声观察双肺前胸壁 B 线数目变化,将各指标转化为二分类变量。采用二元 Logistic 回归模型筛选独立影响因素,并根据偏回归系数 β 值作为权重进行赋值评分,以总分作为撤机心肺超声评分。采用 ROC 曲线评价各参数预测价值。**结果** 心源性组 LVEF < 50%、E/e' > 14、IVCD \geq 20 mm、肺超声 B 线数目增加 \geq 6 条比例均高于非心源性组($\chi^2/P = 11.679/0.001, 16.121/ < 0.001, 11.679/0.001, 13.890/ < 0.001$); Logistic 回归分析显示, LVEF < 50%、E/e' > 14、肺超声 B 线数目增加 \geq 6 条是心源性因素撤机失败的独立危险因素 [OR(95% CI) = 21.119(1.411 ~ 316.056)、18.119(1.089 ~ 46.615)、7.126(2.839 ~ 115.642)]; ROC 曲线分析显示,撤机心肺超声评分预测心源性因素撤机失败的曲线下面积(AUC)为 0.913,高于 LVEF 和 IVCD 单独预测($Z/P = 2.015/0.044, 2.352/0.019$),与 E/e' 和肺超声 B 线数目变化预测差异无统计学意义($Z/P = 0.928/0.353, 1.558/0.119$)。**结论** 心肺超声技术对鉴别心源性因素导致的撤机失败有较高的应用价值,其中撤机心肺超声评分的预测价值最高。

【关键词】 机械通气; 撤机失败; 心肺超声; 评分**【中图分类号】** R445.1; R541**【文献标识码】** A

The application value of cardiopulmonary ultrasound in distinguishing cardiogenic weaning failure in ICU mechanically ventilated patients Liu Yi*, Zhao Haotian, Liu Yuanlin, Wang Xiaona, Xue Hongyuan, Li Li, Long Ling.* Department of Ultrasound, Hebei General Hospital, Hebei Province, Shijiazhuang 050000, China

Corresponding author: Li Li, E-mail: shrmgnk@126.com

Funding program: Hebei Medical Science Research Project Plan (20211228, 20211264)

【Abstract】 Objective To explore the application value of cardiopulmonary ultrasound indicators and weaning cardiopulmonary ultrasound scores in distinguishing cardiogenic factors of weaning failure in severe mechanical ventilation patients. **Method** Four-eight patients who underwent mechanical ventilation at the Intensive Care Unit (ICU) of Hebei Provincial People's Hospital from July 2019 to May 2021 and experienced weaning failure were selected. According to the age stratification threshold of N-terminal B-type natriuretic peptide precursor (NT-proBNP), weaning failure patients were divided into a cardiogenic weaning failure group (cardiogenic group) of 22 cases and a non cardiogenic weaning failure group (non cardiogenic group) of 26 cases. At the beginning of the weaning trial (0 min), bedside ultrasound was used to measure the patient's right ventricular end diastolic diameter (RVEDD), left ventricular end diastolic diameter (LVEDD), left ventricular ejection fraction (LVEF), inferior vena cava diameter (IVCD), early diastolic blood flow peak velocity (E) of the mitral valve, and early diastolic tissue velocity (e') of the mitral annulus/left ventricular sidewall, and E/e' was calculated. At the 0th and 15th minutes of the withdrawal test, lung ultrasound was used to observe the changes in the number of B-lines in the anterior chest wall of both lungs, and each indicator was converted into a binary variable. Using a binary logistic regression model to screen for inde-

pendent influencing factors. According to partial regression coefficients β Value is used as a weight to assign a score. Use the total score as the withdrawal cardiopulmonary ultrasound score. Use ROC curves to evaluate the predictive value of each parameter. **Results** The proportion of LVEF < 50%, E/e' > 14, IVCD \geq 20 mm, and an increase of \geq 6 B-lines in pulmonary ultrasound in the cardiogenic group were higher than those in the non cardiogenic group ($\chi^2/P = 11.679/0.001, 16.121/0.001, 11.679/0.001, 13.890/0.001$); Logistic regression analysis showed that LVEF < 50%, E/e' > 14, and an increase of \geq 6 B-lines in pulmonary ultrasound were independent risk factors for cardiac factor weaning failure [$OR (95\% CI) = 21.119 (1.411 - 316.056), 18.119 (1.089 - 46.615), 7.126 (2.839 - 115.642)$]; ROC curve analysis showed that the area under the curve (AUC) for predicting cardiogenic factors of weaning failure by weaning cardiopulmonary ultrasound score was 0.913, which was higher than that predicted by LVEF and IVCD alone ($Z/P = 0.015/0.044, 2.352/0.019$), and there was no statistically significant difference in predicting changes in E/e' and the number of pulmonary ultrasound B-lines ($Z/P = 0.928/0.353, 1.558/0.119$). **Conclusion** Cardiopulmonary ultrasound technology has high application value in identifying withdrawal failures caused by cardiogenic factors, with the highest predictive value of withdrawal cardiopulmonary ultrasound scores.

【Key words】 Mechanically ventilated; Weaning failure; Lung ultrasound; Cardiac function; Inferior vena cava; Score

机械通气是急危重症患者发生呼吸衰竭的重要救治工具。然而,长时间机械通气患者可发生呼吸机依赖,导致撤机困难。约 40% 的重症机械通气患者可发生撤机失败,增加撤机失败的发生率。撤机失败发生频繁,可导致再次气管插管、延长机械通气时间和住院时间、增加呼吸道感染风险等不良预后^[1]。撤机过程可改变胸腔内压和降低对右心室后负荷的阻力,导致回心血量增加,当患者存在急性或慢性左心功能不全而无法耐受过多的静脉血液回流时,可造成心源性肺水肿,导致再次呼吸困难而撤机失败^[2-3]。研究报道左心室收缩和舒张功能是撤机失败的重要影响因素^[4]。既往关于心源性撤机失败的研究多集中于左心功能监测,属于肺水肿的间接评价指标。肺超声技术是近年来热门的血管外肺水无创监测技术,肺内增加仅 3% ~ 5% 的肺水含量即可被肺超声敏锐发现^[5]。本研究结合实践经验,将撤机后肺超声 B 线的变化、左心功能和下腔静脉(inferior vena cava, IVC) 指标进行研究,并通过二元 Logistic 分析的 β 值权重积分计算撤机心肺超声评分,探究其在心源性撤机失败中的诊断价值,旨在针对撤机失败患者可迅速识别是否为心源性因素,并指导临床实施针对性治疗措施,报道如下。

1 资料与方法

1.1 临床资料 选取 2019 年 7 月—2021 年 5 月于河北省人民医院重症医学科(ICU) 接受机械通气治疗 > 48 h 且至少发生一次撤机失败的患者 48 例,年龄 31 ~ 91(65.69 \pm 15.08) 岁。将撤机失败中高于 N 末端 B 型利钠肽前体(NT-proBNP) 年龄分层阈值的患者纳入心源性因素撤机失败组(心源性组),低于上述阈值纳入非心源性因素撤机失败组(非心源性组)^[6]。

心源性组听诊湿啰音比例高于非心源性组($P < 0.05$)。2 组患者性别、年龄、APACHE II 评分、呼吸频率、心率、血压、氧饱和度、二氧化碳分压、氧合指数、预后不良比例等指标比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$),具有可比性,见表 1。本研究已经获得医院伦理委员会批准(科研伦审 2019 第 130 号),患者或家属知情同意并签署知情同意书。

1.2 病例选择标准 (1) 纳入标准: ①年龄 > 18 岁; ②接受机械通气 > 48 h 且至少发生一次撤机失败; ③撤机试验期间接受超声检查。(2) 排除标准: ①存在神经源性或神经传导性相关膈肌功能障碍疾病; ②既往肺组织切除术、胸廓畸形、气胸、皮下气肿或大量胸腔积液等; ③超声切面清晰度差,或测量资料不完整。

1.3 观测指标与方法 采用便携式超声仪(CX50 Phillips 荷兰, vivid iq GE 美国) 进行检查。

1.3.1 心脏超声指标: 于撤机试验开始时使用相控阵探头(1 ~ 5 MHz) 于心尖四腔心切面测量左心室舒张末期内径(LVEDD)、右心室舒张末期内径(RVEDD)、左心室射血分数(LVEF)、二尖瓣舒张早期血流峰速度(E)、二尖瓣环/左心室侧壁舒张早期组织运动速度(e'), 并计算 E/e'^[7]。

1.3.2 肺超声 B 线指标: 使用凸阵探头(1 ~ 5 MHz) 经胸壁扫查患者肺叶, 分别于撤机 0、15 min 时对胸前区(胸骨旁线至腋前线) 逐个肋间隙进行扫查, 并对肺超声征象进行比较, 观察肺超声 B 线数目的变化, 见图 1。

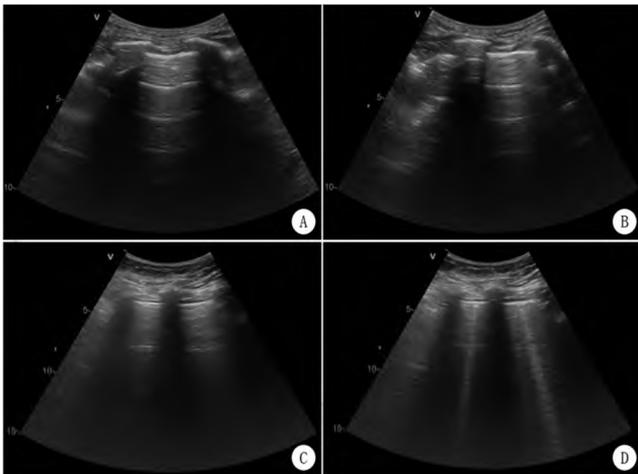
1.3.3 下腔静脉内径(IVCD) 超声指标: 使用相控阵探头经剑突下获取 IVC 长轴切面, 于距右心房交汇 1 ~ 2 cm 位置作为 IVCD 测量位点, 切换 M 模式并观察患者呼吸状态, 以平静呼气末期 IVCD 测量值为准。

表 1 心源性组与非心源性组撤机失败患者临床资料比较

Tab. 1 Comparison of clinical data between patients with failed weaning in the cardiogenic and non cardiogenic groups

项 目		心源性组(n = 22)	非心源性组(n = 26)	t/Z/χ ² 值	P 值
性别 [例(%)]	男	13(59.09)	20(76.92)	1.764	0.184
	女	9(40.91)	6(23.08)		
年龄(岁) *		70.00(65.00, 79.00)	64.00(50.75, 71.25)	1.595	0.111
APACHE II 评分(分) *		18.00(15.00, 21.75)	20.00(14.00, 23.25)	0.540	0.589
呼吸频率(次/min) *		21.50(19.00, 25.00)	23.50(20.75, 26.25)	1.339	0.181
心率($\bar{x} \pm s$, 次/min)		92.00 \pm 17.73	84.73 \pm 12.44	1.664	0.103
收缩压($\bar{x} \pm s$, mmHg)		124.45 \pm 18.19	129.38 \pm 15.24	1.022	0.312
舒张压($\bar{x} \pm s$, mmHg)		63.05 \pm 11.06	66.08 \pm 11.02	0.948	0.348
氧饱和度(%) *		98.80(98.00, 99.00)	99.00(98.20, 99.23)	1.667	0.096
二氧化碳分压(mmHg) *		37.40(31.70, 42.13)	40.00(35.20, 44.78)	1.211	0.226
氧合指数(mmHg) *		267.00(205.13, 318.45)	256.00(218.44, 289.84)	0.455	0.649
听诊 [例(%)]	湿啰音	15(68.18)	10(38.46)	4.218	0.040
	无湿啰音	7(31.82)	16(61.54)		
预后 [例(%)]	差	7(31.82)	10(38.46)	0.230	0.632
	好	15(68.18)	16(61.54)		

注: * 为 $M(Q_1, Q_3)$ 。预后情况以出现 ≥ 2 次撤机失败、撤机后仍需无创机械通气或高流量吸氧维持、撤机 28 d 内死亡等因素定义为预后差。



注: A ~ B: 非心源性撤机失败患者, SBT 0 min 与 15 min 时肺超声均为 A 线; C ~ D: 心源性撤机失败患者, SBT 0 min 时为 A 线, SBT 15 min 时出现 2 条新增 B 线

图 1 自主呼吸试验(SBT)期间肺超声表现示意图

Fig. 1 Schematic diagram of lung ultrasound manifestations during spontaneous breathing test (SBT)

1.4 撤机失败及心力衰竭的诊断标准 机械通气患者撤机均由 ICU 医师根据患者生命体征(意识、呼吸、血压等)评估和执行,使用 T 型管接氧流量瓶进行 60 min 撤机试验,当发生下列情况之一定义为撤机失败^[8]: (1) 撤机后神志模糊、昏迷; (2) 心率、血压变化较大,或需血管活性药物维持; (3) 撤机 48 h 内再发呼吸困难,需再次气管插管、无创呼吸机支持或高流量吸氧维持自主呼吸; (4) 撤机 48 h 内死亡。分组依据:结合既往心源性因素撤机失败文献标准^[6],参照《中国

心力衰竭诊断和治疗指南》^[9]中 NT-proBNP 对心力衰竭的诊断标准: > 450 ng/L (< 50 岁), > 900 ng/L (50 ~ 75 岁), > 1800 ng/L (> 75 岁)。

心脏、下腔静脉和肺超声指标根据指南标准或既往研究结果转化为有序二分类变量^[9-12],以心源性因素撤机失败为因变量(心源性 = 1,非心源性 = 0),以 LVEF(< 50% = 1, $\geq 50%$ = 0)、E/e' (> 14 = 1, ≤ 14 = 0)、RVEDD/LVEDD (> 0.6 = 1, ≤ 0.6 = 0)、IVCD (≥ 20 mm = 1, < 20 mm = 0)、肺超声 B 线数目变化 (增加 ≥ 6 条 = 1,增加 < 6 条 = 0) 作为自变量。

1.5 统计学方法 使用 SPSS 21.0 统计软件分析数据。正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,2 组间比较采用 t 检验;非正态分布的计量资料以 $M(Q_1, Q_3)$ 表示,组间比较采用 Mann-Whitney U 检验;计数资料以频数或率(%)表示,组间比较采用 χ^2 检验;心源性撤机失败患者危险因素采用 Logistic 回归方程分析,以其中最小的偏回归系数 β 为 1 分,其他 $P < 0.05$ 独立影响因素的 β 值与最小 β 的比值为权重,对指标进行评分赋值,并计算撤机评分;使用受试者工作特征(ROC)曲线评价超声指标及撤机心肺超声评分诊断心源性撤机失败的效能,曲线下面积(AUC)比较采用 Hanley&McNeil 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 2 组心肺超声指标比较 心源性组 LVEF < 50%、E/e' > 14、IVCD ≥ 20 mm、肺超声 B 线数目增加 ≥ 6 条比例均高于非心源性组(P 均 < 0.01),2 组间 RVEDD/LVEDD > 0.6 比例差异无统计学意义($P > 0.05$),见表 2。

表 2 非心源性组与心源性组撤机失败患者心脏、肺和下腔静脉超声指标比较 [例(%)]

Tab. 2 Comparison of cardiac, pulmonary, and inferior vena cava ultrasound indicators between non cardiogenic and cardio-genic groups with failed weaning

指 标		非心源性组 (n=26)	心源性组 (n=22)	χ^2 值	P 值
LVEF	<50%	1(3.85)	10(45.45)	11.679	<0.001
	≥50%	25(96.15)	12(54.55)		
E/e'	>14	4(15.38)	16(72.73)	16.121	<0.001
	≤14	22(84.62)	6(27.27)		
RVEDD/LVEDD	>0.6	22(84.72)	20(90.91)	0.048	0.827
	≤0.6	4(15.38)	2(9.09)		
IVCD	≥20 mm	1(3.85)	10(45.45)	11.679	<0.001
	<20 mm	25(96.15)	12(54.55)		
肺超声 B 线 数目变化	增加 ≥6 条	4(15.38)	15(68.18)	13.890	<0.001
	增加 <6 条	22(84.62)	7(31.82)		

2.2 心源性因素撤机失败的 Logistic 回归模型的建立与撤机心肺超声评分 以心源性因素撤机失败为因变量(赋值:是“1”;否为“0”),以上述结果中 $P < 0.05$ 项目为自变量,进行多因素 Logistic 回归分析,结果显示, LVEF < 50%、E/e' > 14、肺超声 B 线数目增加 ≥ 6 条是心源性因素撤机失败的独立影响因素,见表 3。回归模型: $\text{logit}(P) = -2.634 + 3.050 \times \text{LVEF} < 50\% + 2.897 \times \text{E}/\text{e}' > 14 + 1.964 \times \text{肺超声 B 线数目增加} \geq 6$ 条。根据 β 权重评分法,肺超声 B 线数目增加 ≥ 6 条 = 1.000 分, LVEF < 50% = 1.553 分, E/e' > 14 = 1.475 分,将该评分代入各组内,计算每位患者的撤机心肺超声评分。

2.3 超声指标及撤机心肺超声评分诊断心源性撤机失败的效能比较 绘制超声指标及撤机心肺超声评分

诊断心源性撤机失败的 ROC 曲线,并计算 AUC,结果显示: LVEF、E/e'、IVCD、肺超声 B 线数目变化的 AUC 值分别为 0.788、0.867、0.763、0.803,撤机心肺超声评分以 1.238 分为截断值,预测心源性因素撤机失败的 AUC 为 0.913,高于单独 LVEF 和 IVCD 预测 ($Z = 2.015、2.352, P = 0.044、0.019$),与 E/e 和肺超声 B 线数目变化比较差异无统计学意义 ($Z = 0.928、1.558, P = 0.353、0.119$),见表 4、图 2。

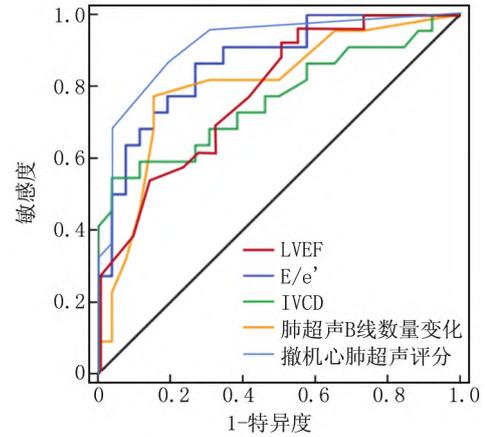


图 2 心肺各超声指标、撤机心肺超声评分对心源性因素撤机失败预测的 ROC 曲线

Fig. 2 ROC curves of heart and lung ultrasound indicators and weaning heart and lung ultrasound scores for predicting weaning failure due to cardiogenic factors

3 讨论

ICU 内机械通气患者发生撤机失败较常见,可导致呼吸机依赖、住院时间延长、治疗成本增加,甚至增

表 3 心源性撤机失败患者危险因素的 Logistic 回归模型分析

Tab. 3 Logistic regression model analysis of risk factors for patients with failed cardiac weaning

项 目	β 值	SE 值	Wald 值	P 值	OR(95% CI)	换算评分
LVEF < 50%	3.050	1.381	4.882	0.027	21.119(1.411 ~ 316.056)	1.553 分
E/e' > 14	2.897	0.946	9.384	0.002	18.119(1.089 ~ 46.615)	1.475 分
肺超声 B 线数目增加 ≥ 6 条	1.964	0.958	4.200	0.040	7.126(2.839 ~ 115.642)	1.000 分

表 4 心源性撤机失败的 ROC 曲线

Tab. 4 ROC curve of cardiac weaning failure

项 目	截断值	AUC	95% CI	敏感度	特异度	约登指数
LVEF	<51.50%	0.788	0.661 ~ 0.914	0.923	0.500	0.423
E/e'	>11.765	0.867	0.767 ~ 0.968	0.818	0.731	0.549
肺超声 B 线数目变化	>4.50 条	0.803	0.673 ~ 0.933	0.773	0.846	0.619
IVCD	>18.90mm	0.763	0.622 ~ 0.904	0.546	0.961	0.507
撤机心肺超声评分	>1.238 分	0.913	0.829 ~ 0.997	0.864	0.808	0.671

加死亡率^[9]。机械通气撤机失败原因有多种^[2,13-14],包括心源性、肺源性、膈肌源性、神经源性和内分泌因素等^[3],不同原因的撤机失败的治疗方向不同,准确鉴别诊断撤机失败原因是指导治疗方向的关键。心源性因素是撤机失败的常见重要因素。本研究发现,心源性组患者具有较高比例的左心室收缩功能减低(LVEF < 50%)、左心室充盈压增高(E/e' > 14)、容量过负荷(IVCD > 20mm),表明左心功能不全和容量过负荷是心源性因素导致撤机失败的条件,其中 LVEF < 50% 和 E/e' > 14 是心源性因素撤机失败的独立危险因素。该研究结果与其病理生理学机制相符,心源性撤机失败的机制是在患者合并急性或慢性心功能不全的基础上,由于撤机过程引起胸腔内压的变化,右房压下降、体循环回心血量增加,心脏功能无法耐受液体过负荷而导致肺水肿和急性呼吸衰竭,即心源性因素撤机失败。既往研究发现在 ICU 中,心源性因素占撤机失败病例的 21% ~ 87%^[3-4]。NT-proBNP 作为传统 ICU 内鉴别心源性撤机失败的指标可有效识别撤机后心力衰竭的发生。Haji 等^[10]研究发现,撤机失败组患者具有较高的 E/e' 和前胸壁肺超声评分,表明左心功能超声指标与撤机结局有关,但该研究并未区分撤机失败的原因是心源性或其他因素,本研究在此基础上对撤机失败患者进行了细化区分。

心源性肺水肿是心-肺系统充盈压力增高的继发表现^[15],当心功能无法耐受增多的回心血量时将导致液体渗漏进肺间质/肺泡。目前在床旁机械通气撤机的肺部影像学中,肺超声明显优于其他影像学工具^[10]。本研究发现,观察撤机 15 min 肺超声 B 线数目的变化,心源性组中肺超声 B 线数目增加 ≥ 6 条比例明显多于非心源性组(均 P < 0.05),表明心源性因素导致的撤机失败,可经肺超声发现撤机后 B 线数量随时间的进展而增加。Ferré 等^[11]研究发现,撤机前后对比,双肺前胸壁 B 线数量变化 > 6 条可预测由心功能因素导致撤机失败,与本研究结果相近。本研究同样选取前胸壁作为肺超声检查部位,是基于以下原因:(1) 心源性肺水肿发生时,肺间质渗出呈弥漫性分布,前胸壁区易于观察到 B 线替代 A 线、B 线数量增多等变化;(2) 部分撤机患者因卧床时间长,背部区域可存在坠积性肺炎或胸腔积液,无法判断血管外肺水含量是否增加;(3) ICU 卧床患者不便于翻身,前胸壁扫查切面更易获取。

本研究采用二元 Logistic 回归分析,并根据 β 值权重作为评分标准,计算各组中撤机心肺超声评分,并绘制 ROC 曲线发现,以 1.2375 分为截断值,预测

心源性因素撤机失败的敏感度为 0.864,特异度为 0.808,AUC 值 > 0.9,表明该撤机心肺超声评分在撤机失败患者中鉴别诊断心源性撤机失败具有较高的价值。

综上所述,心肺超声技术基于心源性因素撤机失败中发生肺水肿的血流动力学特点作为理论指导,通过超声技术作为观察点,直接或间接反映撤机后心脏功能可否代偿增多的静脉血液回流、是否产生肺间质水肿。本研究的不足之处在于样本量较少,这是由于撤机失败者比例较低,且部分患者由于存在慢性肺间质病变、大量胸腔积液等予以严格剔除;此外,本研究尚未排除是否合并内分泌因素等少见情况。今后需将大样本研究综合分析作为研究方向。

利益冲突: 所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明

刘奕:设计研究方案,实施研究过程,论文撰写;赵浩天:提出研究思路,分析试验数据,论文审核;刘元琳、王晓娜:实施研究过程,资料搜集整理;薛红元、李丽:分析数据,对文章的知识性内容进行审阅与指导;龙玲:数据筛选,统计分析

参考文献

- [1] Zambon M, Greco M, Bocchino S, et al. Assessment of diaphragmatic dysfunction in the critically ill patient with ultrasound: A systematic review [J]. *Intensive Care Med*, 2017, 43(1): 29-38. DOI: 10.1007/s00134-016-4524-z.
- [2] 赵浩天, 王华伟, 龙玲, 等. 重症患者撤机失败原因与处理 [J]. *中国急救医学*, 2019, 39(4): 393-397. DOI: 10.3969/j.issn.1002-1949.2019.04.020.
Zhao HT, Wang HW, Long L, et al. Analysis and treatment of weaning failure in critical ill patients [J]. *Chin J Crit Care Med*, 2019, 39(4): 393-397. DOI: 10.3969/j.issn.1002-1949.2019.04.020.
- [3] Heunks LM, Van Der HJG. Clinical review: The ABC of weaning failure—a structured approach [J]. *Crit Care*, 2010, 14(6): 245-245. DOI: 10.1186/cc9296.
- [4] Caille V, Amiel JB, Charron C, et al. Echocardiography: A help in the weaning process [J]. *Crit care*, 2010, 14(3): R20. DOI: 10.1186/cc9076.
- [5] 赵浩天, 刘奕, 李会英, 等. 床旁即时超声对急重症疑难病患者诊断与评估研究进展 [J]. *疑难病杂志*, 2021, 20(10): 1072-1076. DOI: 10.3969/j.issn.1671-6450.2021.10.023.
Zhao HT, Liu Y, Li HY, et al. Research progress of bedside ultrasound in diagnosis and evaluation of patients with severe and difficult diseases [J]. *Chinese Journal of Difficult and Complicated Cases*, 2021, 20(10): 1072-1076. DOI: 10.3969/j.issn.1671-6450.2021.10.023.
- [6] Ezekowitz JA, O'Connor CM, Troughton RW, et al. N-terminal Pro-B-type natriuretic peptide and clinical outcomes: Vericiguat heart failure with reduced ejection fraction study [J]. *JACC Heart Fail*, 2020, 8(11): 931-939. DOI: 10.1016/j.jchf.2020.08.008.

(下转 1291 页)

- factors in children with asthma [J]. Med J West China, 2021, 33 (8) : 1115-1120. DOI: 10.3969/j.issn.1672-3511.2021.08.006.
- [15] 李晓英, 杨丹丹, 黄辉, 等. 双重血浆置换治疗重症狼疮性肾炎合并急性肾损伤的效果及安全性研究 [J]. 疑难病杂志, 2023, 22 (1) : 67-72. DOI: 10.3969/j.issn.1671-6450.2023.01.012.
- Li XY, Yang DD, Huang H, et al. The efficacy and safety of double plasma exchange in the treatment of severe lupus nephritis with acute renal injury [J]. Chin J Diffic and Compl Cas, 2023, 22(1) : 67-72. DOI: 10.3969/j.issn.1671-6450.2023.01.012.
- [16] 卢发菊, 王丽, 陈永建. lncRNA TUG1 靶向调控 miR-499a-3p 对高糖诱导的足细胞损伤的作用与机制研究 [J]. 广西医科大学学报, 2021, 38(12) : 2294-2299. DOI: 10.16190/j.cnki.45-1211/r.2021.12.015.
- Lu FJ, Wang L, Chen YJ. The effect and mechanism of lncRNA TUG1 on high glucose-induced podocyte damage by targeting miR-499a-3p [J]. Journal of Guangxi Medical University, 2021, 38(12) : 2294-2299. DOI: 10.16190/j.cnki.45-1211/r.2021.12.015.
- [17] Wang W, Zhang S, Yang F, et al. Diosmetin alleviates acute kidney injury by promoting the TUG1/Nrf2/HO-1 pathway in sepsis rats [J]. Int Immunopharmacol, 2020, 11(88) : 106965. DOI: 10.1016/j.intimp.2020.106965.
- [18] Cao HY, Li D, Wang YP, et al. The protection of NF- κ B inhibition on kidney injury of systemic lupus erythematosus mice may be correlated with lncRNA TUG1 [J]. Kaohsiung J Med Sci, 2020, 6(5) : 354-362. DOI: 10.1002/kjm2.12183.
- [19] 张照福, 李六生. 微小 RNA 与狼疮性肾炎相关性研究进展 [J]. 生命的化学, 2021, 41(6) : 1259-1264. DOI: 10.13488/j.smhx.20210040.
- Zhang ZF, Li LS. Research progress on the correlation between microRNA and lupus nephritis [J]. Chemistry of Life, 2021, 41(6) : 1259-1264. DOI: 10.13488/j.smhx.20210040.
- [20] 汤永学, 多杰. miR-444-3p 相关的研究进展 [J]. 临床医学进展, 2023, 13(3) : 4800-4806. DOI: 10.12677/ACM.2023.133686.
- Tang YX, Duo J. Progress in miR-444-3p-related research [J]. Advances in Clinical Medicine, 2023, 13(3) : 4800-4806. DOI: 10.12677/ACM.2023.133686.
- [21] Min XQ, Xie Y. lncRNA CASC2 alleviates the progression of diabetic nephropathy by regulating the miR-444/SOCS2 signalling axis [J]. Kidney Blood Press Res, 2020, 45(6) : 837-849. DOI: 10.1159/000508078.
- [22] Xu Y, Jiang W, Zhong L, et al. circ-AKT3 aggravates renal ischaemia-reperfusion injury via regulating miR-444-5p/Wnt/ β -catenin pathway and oxidative stress [J]. J Cell Mol Med, 2022, 26(6) : 1766-1775. DOI: 10.1111/jcmm.16072.
- [23] 中华医学会儿科学分会肾脏学组. 原发性 IgA 肾病诊治循证指南(2016) [J]. 中华儿科杂志, 2017, 55(9) : 643-646. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0578-1310.2017.09.002.
- Nephrology Group, Pediatrics Branch of Chinese Medical Association. Evidence-based guidelines for the diagnosis and treatment of primary IgA nephropathy(2016) [J]. Chin J Pediatr, 2017, 55(9) : 643-646. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0578-1310.2017.09.002.
- [24] Schunk SJ, Floege J, Fliser D, et al. WNT- β -catenin signalling - a versatile player in kidney injury and repair [J]. Nat Rev Nephrol, 2021, 17(3) : 172-184. DOI: 10.1038/s41581-020-00343-w.
- [25] 马洪波, 董燕娇, 孙琨, 等. lncRNA TUG1 吸附 microRNA-144 对狼疮肾炎小鼠肾小球系膜细胞炎症因子分泌与凋亡的影响及其机制研究 [J]. 中国现代医学杂志, 2022, 32(3) : 1-9. DOI: 10.3969/j.issn.1005-8982.2022.03.001.
- Ma HB, Dong YJ, Sun K, et al. Effect of lncRNA TUG1 adsorbed microRNA-144 on inflammatory factor secretion and apoptosis of glomerular mesangial cells in lupus nephritis mice and its mechanism [J]. China Journal of Modern Medicine, 2022, 32(3) : 1-9. DOI: 10.3969/j.issn.1005-8982.2022.03.001.

(收稿日期: 2023-07-09)

(上接 1277 页)

- [7] Nagueh SF, Smiseth OA, Appleton CP, et al. Recommendations for the evaluation of left ventricular diastolic function by echocardiography: An update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging [J]. J Am Soc Echocardiogr, 2016, 29(4) : 277-314. DOI: 10.1016/j.echo.2016.01.011.
- [8] Palkar A, Mayo P, Singh K, et al. Serial diaphragm ultrasonography to predict successful discontinuation of mechanical ventilation [J]. Lung, 2018, 196(3) : 363-368. DOI: 10.1007/s00408-018-0106-x.
- [9] 中华医学会心血管病学分会心力衰竭学组, 中国医师协会心力衰竭专业委员会, 中华心血管病杂志编辑委员会. 中国心力衰竭诊断和治疗指南 2018 [J]. 中华心血管病杂志, 2018, 46(10) : 760-789. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2096-3076.2018.12.002.
- [10] Haji K, Haji D, Canty DJ, et al. The impact of heart, lung and diaphragmatic ultrasound on prediction of failed extubation from mechanical ventilation in critically ill patients: A prospective observational pilot study [J]. Crit Ultrasound J, 2018, 10(1) : 13. DOI: 10.1186/s13089-018-0096-4.
- [11] Ferré A, Guillot M, Lichtenstein D, et al. Lung ultrasound allows the diagnosis of weaning-induced pulmonary oedema [J]. Intensive Care Med, 2019, 45(5) : 601-608. DOI: 10.1007/s00134-019-05573-6.
- [12] 尹万红, 王小亭, 刘大为, 等. 重症超声临床应用技术规范 [J]. 中华内科杂志, 2018, 57(6) : 397-417. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0578-1426.2018.06.004.
- Yin WH, Wang XT, Liu DW, et al. Technical specification for clinical application of critical ultrasonography [J]. Chinese Journal of Internal Medicine, 2018, 57(6) : 397-417. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0578-1426.2018.06.004.
- [13] Thille AW, Richard JC, Brochard L. The decision to extubate in the intensive care unit [J]. Am J Respir Crit Care Med, 2013, 187(12) : 1294-1302. DOI: 10.1164/rccm.201208-1523CI.
- [14] Santangelo E, Mongodi S, Bouhemad B, et al. The weaning from mechanical ventilation: A comprehensive ultrasound approach [J]. Curr Opin Crit Care, 2022, 28(3) : 322-330. DOI: 10.1097/MCC.0000000000000941.
- [15] Soliman SB, Ragab F, Soliman RA, et al. Chest ultrasound in prediction of weaning failure [J]. Open Access Maced J Med Sci, 2019, 7(7) : 1143-1147. DOI: 10.3889/oamjms.2019.277.

(收稿日期: 2023-04-19)