

膈肌增厚分数联合 MRC 评分对 ICU 获得性衰弱患者机械通气撤机结局的预测价值

孙瑞祥¹ 方可¹ 江海娇¹ 余金甜¹ 陶秀彬²

¹皖南医学院第一附属医院重症医学科, 安徽芜湖 241000; ²皖南医学院第一附属医院护理部, 安徽芜湖 241000

通信作者: 陶秀彬, Email: 625144622@qq.com

【摘要】 目的 探讨超声指标膈肌增厚分数(DTF)联合英国医学研究委员会肌力评分(MRC 评分)对 ICU 获得性衰弱(ICU-AW)患者机械通气撤机结局的预测价值。方法 采用回顾性病例对照研究方法, 收集 2022 年 1 月至 2023 年 3 月皖南医学院第一附属医院重症医学科收治的 MRC 评分 < 48 分的机械通气患者的临床资料, 包括一般资料、超声指标、MRC 评分、主要临床结局和撤机结局等。根据患者在未使用有创或无创呼吸机的情况下能否保持有效自主呼吸至少 48 h 分为撤机成功组和撤机失败组; 比较不同撤机结局两组患者的临床资料。绘制受试者工作特征曲线(ROC 曲线), 分析 DTF 和 MRC 评分单独或联合检测对患者撤机成功的预测价值。结果 最终共 87 例患者纳入分析, 其中撤机成功 58 例, 撤机失败 29 例。两组患者性别、年龄、基础疾病、心率(HR)、平均动脉压(MAP)、pH 值、血乳酸(Lac)、氧合指数(PaO₂/FiO₂)和病情严重程度评分等一般资料差异均无统计学意义。与撤机失败组比较, 撤机成功组患者 DTF 和 MRC 评分均显著升高[DTF: (26.02 ± 2.68)% 比 (22.79 ± 5.40)%, MRC 评分(分): 38.90 ± 2.78 比 33.24 ± 3.78, 均 P < 0.05]。撤机成功组患者机械通气时间和重症监护病房(ICU)住院时间均较撤机失败组明显缩短[机械通气时间(h): 102.21 ± 32.60 比 113.14 ± 41.34, ICU 住院时间(d): 6.48 ± 2.18 比 10.11 ± 4.01, 均 P < 0.05], 再插管率和 ICU 住院费用均明显降低[再插管率: 6.90%(4/58) 比 27.59%(8/29), ICU 住院费用(万元): 4.99 ± 0.87 比 7.85 ± 2.45, 均 P < 0.05]。ROC 曲线分析结果显示, DTF 和 MRC 评分预测 ICU-AW 机械通气患者撤机成功的 ROC 曲线下面积(AUC)分别为 0.839 [95% 可信区间(95%CI)为 0.746 ~ 0.931]、0.799 (95%CI 为 0.701 ~ 0.899); 以 DTF ≥ 25.01% 为最佳截断值, 预测撤机成功的敏感度为 82.76%, 特异度为 72.41%; 以 MRC 评分 ≥ 35.50 分为最佳截断值, 预测撤机成功的敏感度为 79.31%, 特异度为 70.69%; 以 DTF ≥ 25.01% 与 MRC 评分 ≥ 35.50 分联合预测撤机成功, AUC 达到 0.887 (95%CI 为 0.812 ~ 0.962), 敏感度提高到 89.70%, 特异度提升到 79.30%。结论 DTF 及 MRC 评分对 ICU-AW 患者撤机时机的选择、撤机结局的预测具有较好的指导价值; 与独立的 DTF 及 MRC 评分相比, DTF 联合 MRC 评分对 ICU-AW 患者撤机成功的预测价值更高。

【关键词】 膈肌增厚分数; MRC 评分; ICU 获得性衰弱; 机械通气; 撤机

基金项目: 国家临床重点专科建设项目(2021-451); 安徽省卫生重点专科建设项目(2021-273); 皖南医学院质量工程项目(2022jyxm24)

DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20230404-00241

Predictive value of diaphragmatic thickening fraction combined with MRC score for the outcome of weaning from mechanical ventilation in ICU-acquired weakness patients

Sun Ruixiang¹, Fang Ke¹, Jiang Haijiao¹, Yu Jintian¹, Tao Xiubin²

¹Department of Critical Care Medicine, the First Affiliated Hospital of Wannan Medical College, Wuhu 241000, Anhui, China; ²Department of Nursing, the First Affiliated Hospital of Wannan Medical College, Wuhu 241000, Anhui, China

Corresponding author: Tao Xiubin, Email: 625144622@qq.com

【Abstract】 Objective To explore the predictive value of diaphragmatic thickening fraction (DTF) combined with Medical Research Council-score (MRC score) on the outcome of weaning from mechanical ventilation in ICU-acquired weakness (ICU-AW) patients. **Methods** A retrospective case-control study was conducted. The clinical data of mechanically ventilated patients with an MRC score of less than 48 admitted to the department of critical care medicine of the First Affiliated Hospital of Wannan Medical College from January 2022 to March 2023 were collected, including general information, ultrasound indicators, MRC scores, main clinical outcomes, and weaning outcomes. Patients were divided into successful weaning group and failed weaning group according to whether the patient could maintain effective autonomous breathing for at least 48 hours without using an invasive or non-invasive ventilator. The clinical data of the two groups were compared. Receiver operator characteristic curve (ROC curve) was plotted to analyze the predictive value of DTF and MRC score alone or in combination for successful weaning of patients. **Results** A total of 87 patients were enrolled, of which 58 were successful weaning and 29 were failed weaning. There were no statistically significant differences in general data such as gender, age, underlying disease, heart rate (HR), mean arterial pressure (MAP), pH value, blood lactic acid (Lac), oxygenation index (PaO₂/FiO₂), and severity scores between the two groups.

Compared with the failed weaning group, the DTF and MRC scores of patients in the successful weaning group were significantly increased [DTF: $(26.02 \pm 2.68)\%$ vs. $(22.79 \pm 5.40)\%$, MRC score: 38.90 ± 2.78 vs. 33.24 ± 3.78 , both $P < 0.05$]. The duration of mechanical ventilation and the length of ICU stay of patients in the successful weaning group were significantly shorter than those in the failed weaning group [duration of mechanical ventilation (hours): 102.21 ± 32.60 vs. 113.14 ± 41.34 , length of ICU stay (days): 6.48 ± 2.18 vs. 10.11 ± 4.01 , both $P < 0.05$], and the re-intubation rate and ICU hospitalization cost were significantly lowered [re-intubation rate: 6.90% (4/58) vs. 27.59% (8/29), ICU hospitalization cost (10 000 RMB): 4.99 ± 0.87 vs. 7.85 ± 2.45 , both $P < 0.05$]. ROC curve analysis showed that the area under the ROC curve (AUC) of DTF and MRC score for predicting successful weaning in ICU-AW mechanical ventilation patients was 0.839 [95% confidence interval (95%CI) was 0.746–0.931] and 0.799 (95%CI was 0.701–0.899), respectively. Using DTF $\geq 25.01\%$ as the optimal cut-off value to predict successful weaning, the sensitivity was 82.76%, and the specificity was 72.41%. Predicting successful weaning based on an optimal cut-off value of MRC score of ≥ 35.50 had a sensitivity of 79.31% and a specificity of 70.69%. Based on the DTF $\geq 25.01\%$ combined with MRC score ≥ 35.50 , it was predicted that the weaning would be successful, with an AUC of 0.887 (95%CI was 0.812–0.962), sensitivity increased to 89.70%, and specificity increased to 79.30%. **Conclusions** The DTF and MRC score have good guiding value for the selection of weaning timing and predicting the weaning outcomes in ICU-AW patients. Compared with independent DTF and MRC score, the combination of DTF and MRC score improves the predictive value of successful weaning in ICU-AW patients.

【Key words】 Diaphragm thickening fraction; MRC score; ICU-acquired weakness; Mechanical ventilation; Weaning

Fund program: National Clinical Key Specialty Construction Project of China (2021–451); Anhui Provincial Key Health Specialist Construction Project (2021–273); Quality Engineering of Wannan Medical College (2022jyxm24)

DOI: 10.3760/ema.j.cn121430-20230404-00241

机械通气是危重患者的重要救治手段之一,但仍有 20%~30% 的患者会出现撤机困难^[1];一旦发生撤机失败,患者致死致残率可高达 50%^[2]。ICU 获得性衰弱(intensive care unit-acquired weakness, ICU-AW)是危重患者常见且严重的并发症之一,主要累及肢体和呼吸相关的肌肉,在危重患者中的发生率高达 25%~80%^[3-4]。一旦发生 ICU-AW,可导致患者机械通气时间和住院时间延长,再插管率、致残率和并发症发生率增加,甚至增加死亡风险^[5-6]。机械通气是 ICU-AW 常见诱因之一,接受机械通气的患者可在数小时后即出现 ICU-AW,5~7 d 发生率高达 65%^[7]。因此,对成功撤机进行精准预测是危重患者的救治重点之一。

膈肌是最重要的呼吸驱动肌肉,在呼吸衰竭演变中扮演着重要角色^[8-11]。研究显示,膈肌增厚分数(diaphragmatic thickening fraction, DTF)与肺容积存在直接关系,撤机时可作为评价核心呼吸肌的重要指标,具有较好的预测价值^[12],但仍有部分患者存在撤机失败,提示 DTF 未能完全反映出患者的整体呼吸状态。英国医学研究委员会肌力评分(Medical Research Council-score, MRC 评分)作为指南推荐的 ICU-AW 诊断工具^[13],能反映患者整体呼吸肌状态,对撤机结局的预测效能并不差于超声相关指标^[14],但研究人群未能集中在 ICU-AW 患者,且目前关于 ICU-AW 患者机械通气撤机结局预测的研究较少。因此,本研究旨在探讨 DTF 与 MRC 评分对 ICU-AW 患者撤机结局的预测价值,为临床救治提供参考。

1 对象与方法

1.1 研究对象:采用回顾性病例对照研究方法,收集 2022 年 1 月至 2023 年 3 月本院重症医学科收治的机械通气患者的临床资料。

1.1.1 纳入标准:① 年龄 ≥ 18 岁;② 成功通过自主呼吸试验(spontaneous breathing test, SBT);③ 存在 ICU-AW (MRC 评分 < 48 分)。

1.1.2 排除标准:① 妊娠期或围生期女性;② 气管切开;③ 膈肌麻痹;④ 非机械通气;⑤ 存在脑肿瘤、中枢神经系统感染、脊髓损伤、格林-巴利综合征等能造成神经肌肉无力的疾病或截瘫、多发性周围神经病、重症肌无力;⑥ 持续昏迷状态。

1.2 数据收集:由 2 名研究者分别从医院电子病历系统内提取患者的一般资料、超声指标、MRC 评分、主要临床结局和撤机结局等,导出的资料生成 Excel 表;利用 Excel 表的匹配功能,对 2 位数据提取者生成的表格进行同类项目参数的匹配,匹配无误后,将患者的临床资料录入最终版数据表格。

1.3 质量控制:本研究所有资料均来自已经出院封档的电子病历。所有病例记录、原始资料均由实施者收集、记录,并于当前班次结束前录入医院电子病历系统,双人核查无误后上传保存、封档。若因填写错误需修改,则需将原始影像资料、记录文件和修改申请提交医院电子病历系统仲裁委员会受理处置,以保证数据真实安全,仲裁结果经确认核对后签名保存。本研究经过伦理委员会的批准(审批号:2023-05),收集数据的表格结构和收集项目有严格、

明确、规范的定义要求,研究变量和变量的定义在数据收集之前商定并详细记录。本研究的研究地点和目标人群为重症医学科收治的 MRC 评分 < 48 分的机械通气患者,每位患者进入研究的概率相同;本研究制定了明确的研究对象筛选流程;在检索或收集数据之前,研究对象入选和排除标准均已明确设定;2 名数据提取者均进行变量、变量定义及编码方式的培训,不告知提取者研究目的及假设,2 名提取者均独立进行所有患者数据的提取,对病历记录中有矛盾的变量,提交医院电子病历系统仲裁委员会受理处置,仲裁结果经确认核对后签名录入保存;本研究纳入统计分析阶段的所有资料均接受伦理委员会的监察,按照病例收档的时间顺序,前 2 份资料接受 100% 查验,其他资料采取随机抽取 2 份的方式进行 100% 数据核查。

1.4 撤机结局的定义:患者在未使用有创或无创呼吸机的情况下,能够保持有效的自主呼吸至少 48 h,定义为撤机成功,否则定义为撤机失败。不能自主呼吸的标准:①意识状态改变;②呼吸频率(respiratory rate, RR) > 35 次/min;③有呼吸做功增加的征象;④血流动力学紊乱[收缩压(systolic blood pressure, SBP) > 180 mmHg(1 mmHg ≈ 0.133 kPa)或 < 90 mmHg,心率(heart rate, HR) > 140 次/min]。

1.5 统计学分析:利用 Excel 表建立数据库,使用 GraphPad Prism 6.0 软件进行统计学分析。正态分布的计量资料以均数 ± 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,采用独立样本 *t* 检验进行组间比较;计数资料以频数(百分比)表示,采用 χ^2 检验进行组间比较。绘制受试者工作特征曲线(receiver operator characteristic curve, ROC 曲线),获取截断值、敏感度、特异度、ROC 曲线下面积(area under the ROC curve, AUC)及约登指数,AUC ≥ 0.7 提示有较高的鉴别或预测价值。*P* < 0.05 表示差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 两组患者基本资料比较(表 1):最终 87 例患者纳入分析,其中撤机成功 58 例,撤机失败 29 例;两组患者性别、年龄、基础疾病、HR、平均动脉压(mean arterial pressure, MAP)、pH 值、血乳酸(blood lactic acid, Lac)、氧合指数(PaO₂/FiO₂)、急性生理学及慢性健康状况评分 II (acute physiology and chronic health evaluation II, APACHE II)、临床肺部感染评分(clinical pulmonary infection score, CPIS)、序贯器官衰竭评分(sequential organ failure assessment, SOFA)等

一般资料差异均无统计学意义(均 *P* > 0.05)。撤机成功组患者 DTF 及 MRC 评分均明显高于撤机失败组(均 *P* < 0.05)。

表 1 不同撤机结局两组 ICU-AW 机械通气患者基本资料比较

指标	撤机失败组 (n=29)	撤机成功组 (n=58)	χ^2/t 值	<i>P</i> 值
男性[例(%)]	12(41.38)	31(53.45)	0.853	0.361
年龄(岁, $\bar{x} \pm s$)	54.82 ± 2.42	57.34 ± 1.75	-0.834	0.412
基础疾病[例(%)]			2.672	0.102
糖尿病	7(24.14)	24(41.38)		
高血压	9(31.03)	31(53.45)		
高血脂	3(10.34)	19(32.76)		
COPD	1(3.45)	3(5.17)		
HR(次/min, $\bar{x} \pm s$)	75.89 ± 3.56	72.45 ± 2.00	0.901	0.373
MAP(mmHg, $\bar{x} \pm s$)	81.23 ± 10.96	85.11 ± 8.32	-1.352	0.171
pH 值($\bar{x} \pm s$)	7.42 ± 0.01	7.43 ± 0.01	-1.641	0.102
Lac(mmol/L, $\bar{x} \pm s$)	1.51 ± 0.34	1.44 ± 0.28	0.157	0.876
PaO ₂ /FiO ₂ (mmHg, $\bar{x} \pm s$)	231.79 ± 52.18	238.00 ± 57.24	0.173	0.392
APACHE II 评分(分, $\bar{x} \pm s$)	17.03 ± 0.26	16.68 ± 0.31	0.821	0.413
CPIS 评分(分, $\bar{x} \pm s$)	5.25 ± 0.18	5.53 ± 0.15	-1.173	0.241
SOFA 评分(分, $\bar{x} \pm s$)	13.00 ± 0.44	13.75 ± 0.70	0.932	0.353
DTF(% , $\bar{x} \pm s$)	22.79 ± 5.40	26.02 ± 2.68	5.993	0.017
MRC 评分(分, $\bar{x} \pm s$)	33.24 ± 3.78	38.90 ± 2.78	4.561	0.010

注:ICU-AW 为 ICU 获得性衰弱, COPD 为慢性阻塞性肺疾病, HR 为心率, MAP 为平均动脉压, Lac 为血乳酸, PaO₂/FiO₂ 为氧合指数, APACHE II 为急性生理学与慢性健康状况评分 II, CPIS 为临床肺部感染评分, SOFA 为序贯器官衰竭评分, DTF 为膈肌增厚分数, MRC 评分为英国医学研究委员会肌力评分; 1 mmHg ≈ 0.133 kPa

2.2 两组患者临床结局指标比较(表 2):与撤机失败组比较,撤机成功组患者机械通气时间和 ICU 住院时间明显缩短,再插管率和 ICU 住院费用明显降低(均 *P* < 0.05);两组患者 ICU 病死率、再入 ICU 率、总住院时间差异均无统计学意义(均 *P* > 0.05)。

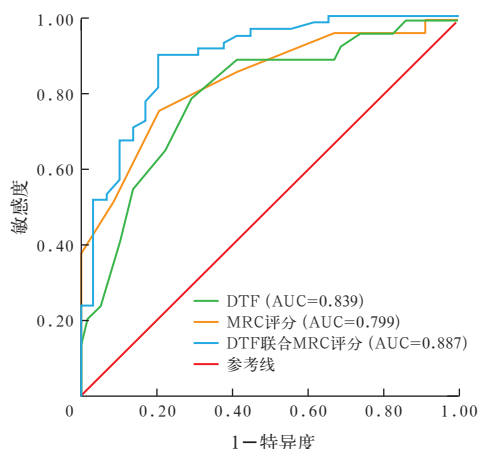
表 2 不同撤机结局两组 ICU-AW 机械通气患者主要临床结局指标比较

指标	撤机失败组 (n=29)	撤机成功组 (n=58)	<i>t</i> / χ^2 值	<i>P</i> 值
机械通气时间(h, $\bar{x} \pm s$)	113.14 ± 41.34	102.21 ± 32.60	2.071	0.041
再插管率[% (例)]	27.59(8)	6.90(4)	5.192	0.019
ICU 病死率[% (例)]	17.24(5)	1.72(1)	1.490	0.222
ICU 住院时间(d, $\bar{x} \pm s$)	10.11 ± 4.01	6.48 ± 2.18	4.841	0.000
再入 ICU 率[% (例)]	3.45(1)	1.72(1)	-0.167	0.868
总住院时间(d, $\bar{x} \pm s$)	19.46 ± 1.11	21.02 ± 0.56	-1.384	0.168
ICU 住院费用(万元, $\bar{x} \pm s$)	7.85 ± 2.45	4.99 ± 0.87	8.653	0.000

注:ICU-AW 为 ICU 获得性衰弱, ICU 为重症监护病房

2.3 DTF 和 MRC 评分对撤机结局的预测价值(图 1; 表 3):ROC 曲线分析显示,以 DTF ≥ 25.01% 为最佳截断值预测撤机成功, AUC 为 0.839 [95% 可信区间

(95% confidence interval, 95%CI)为0.746~0.931], 敏感度 82.76%, 特异度 72.41%; 以 MRC 评分 ≥ 35.50 分为最佳截断值预测撤机成功, AUC 为 0.799 (95%CI 为 0.701~0.899), 敏感度 79.31%, 特异度 70.69%; 以 DTF $\geq 25.01\%$ 与 MRC 评分 ≥ 35.50 分联合预测撤机成功, AUC 达 0.887 (95%CI 为 0.812~0.962), 敏感度提高到 89.70%, 特异度提升到 79.30%。



注: DTF 为膈肌增厚分数, MRC 评分为英国医学研究委员会肌力评分, ICU-AW 为 ICU 获得性衰弱, ROC 曲线为受试者工作特征曲线, AUC 为 ROC 曲线下面积

图1 DTF、MRC 及二者联合预测 ICU-AW 机械通气患者撤机成功的 ROC 曲线

表3 DTF 和 MRC 评分单独或联合检测对 ICU-AW 机械通气患者撤机成功的预测价值

参数	AUC	95%CI	敏感度 (%)	特异度 (%)	最佳截断值	约登指数
DTF	0.839	0.746~0.931	82.76	72.41	25.01	0.725
MRC 评分	0.799	0.701~0.899	79.31	70.69	35.50	0.702
DTF 联合 MRC 评分	0.887	0.812~0.962	89.70	79.30		0.729

注: DTF 为膈肌增厚分数, MRC 评分为英国医学研究委员会肌力评分, ICU-AW 为 ICU 获得性衰弱, AUC 为受试者工作特征曲线下面积, 95%CI 为 95% 可信区间; 空白代表无此项

3 讨论

全球每年有 3 000 万~4 000 万例危重患者需要在 ICU 接受治疗, 其中大部分患者需要机械通气支持, 随着人口老龄化的加剧, 此类人群呈现不断增长的趋势^[15]。ICU-AW 作为机械通气患者撤机延迟和失败的重要原因之一, 一旦发生, 可导致患者机械通气时间和住院时间延长, 甚至死亡^[5, 16], 相关文献报道其院内病死率高达 31%, 远高于非 ICU-AW 患者的 6%^[17]。因此, ICU-AW 患者能否顺利救治, 成功撤机是关键。撤机时机的把握非常重要, 过早或过迟的撤机拔管都会增加患者救治失败的风险,

甚至造成死亡^[18]。正确的拔管时机对于改善危重患者预后具有重大意义, 因此临床医师要对危重患者脱机时机的把握具有较高的认识。

临床研究显示, 尽管大多数机械通气患者通过 SBT 试验后可以顺利撤机, 但仍有高达 14% 的危重患者出现不同程度的撤机困难, 需要进行机械通气序贯治疗, 病死率高达 32%^[19]。呼吸肌功能障碍, 尤其是膈肌功能障碍, 往往是导致患者撤机困难的主要病因, 容易被临床工作者忽视^[20]。

膈肌作为人体最主要的呼吸肌, 在整个呼吸过程中贡献了 60%~80% 的呼吸效能, 较肢体等其他肌群更容易发生功能障碍, 也是 ICU-AW 患者撤机困难的主要原因^[19]。因此, 膈肌功能对于患者撤机结局具有重要的参考价值。膈肌超声作为一种常用的监测工具, 因其便携、简单和非侵入性, 在膈肌功能障碍诊断中获得了广泛应用。相关研究显示, 膈肌移动距离、膈肌厚度、DTF 等膈肌指标均具有不同程度的预测价值^[21-26]。遗憾的是, 目前尚无关于超声指标预测 ICU-AW 患者撤机困难的报道。因此, 探讨 1 个或多个指标对 ICU-AW 患者撤机困难的预测价值就显得尤为必要。

MRC 评分为指南推荐的 ICU-AW 诊断工具^[13], 具有较高的内在一致性, 组内相关系数 (intraclass correlation coefficient, ICC) >0.90, 结构效度 0.94, 评定者间信度较好 (Cohen Kappa=0.60~0.76)^[27-28], 具有较高的可靠性, 能够反映患者整体呼吸肌状态。Carrie 等^[16]的研究显示, 以 MRC 评分作为 ICU 患者撤机成功的预测指标, 其效能并不差于超声相关评价指标。

本研究结果显示, 撤机成功组患者 DTF 和 MRC 评分均明显高于撤机失败组。ROC 曲线分析显示, DTF、MRC 评分预测 ICU-AW 患者撤机成功的 AUC 分别为 0.839 和 0.799; 以 DTF $\geq 25.01\%$ 与 MRC 评分 ≥ 35.50 分联合预测撤机成功的 AUC 达到 0.887 (95%CI 为 0.812~0.962), 敏感度提高到 89.70%, 特异度提升到 79.30%。这一结果与既往研究结果基本一致, 但敏感度和特异度较前期研究结果有所下降^[27-29], 可能与本次研究对象主要聚焦在 ICU-AW 患者有关, 与其他 ICU 患者相比, ICU-AW 患者膈肌受损更严重, 可能造成了偏倚。

在本研究不同撤机结局两组患者临床结局指标比较中, 撤机成功组机械通气时间和 ICU 住院时间均较撤机失败组明显缩短, ICU 住院费用较撤机失

败组明显降低,这可能与患者存在基础疾病有关,需要扩大样本量、开展多中心研究进一步证实。

本研究也存在局限性:首先,危重患者脱机失败的原因是多方面的,涉及到复杂的病理生理学改变,需考虑到患者的自主神经功能、心肺的储备能力和神经肌肉间的相互影响、相互作用。本研究未能就上述影响因素进行亚组分析,以揭示这些因素之间的相互关系,具有一定的局限性。其次,本研究未充分排除心肺功能及其他因素对撤机结局的影响。再次,本研究为回顾性研究,膈肌超声资料仅包括患者右侧膈肌测量结果,无法避免测量偏倚。最后,本研究是单中心研究,相关结果需开展多中心研究进一步证实。

综上所述,超声指标 $DTF \geq 25.01\%$ 且 MRC 评分 ≥ 35.50 分对于 ICU-AW 患者撤机成功具有一定的参考价值;与单独的 DTF 和 MRC 评分相比,二者联合评价提高了对 ICU-AW 患者撤机成功的预测效能,也为 ICU-AW 患者撤机时机的把握提供了参考。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] Pinedo-Villanueva R, Westbury LD, Syddall HE, et al. Health care costs associated with muscle weakness: a UK population-based estimate [J]. *Calcif Tissue Int*, 2019, 104 (2): 137-144. DOI: 10.1007/s00223-018-0478-1.
- [2] Teboul JL. Weaning-induced cardiac dysfunction: where are we today? [J]. *Intensive Care Med*, 2014, 40 (8): 1069-1079. DOI: 10.1007/s00134-014-3334-4.
- [3] Schefold JC, Bierbrauer J, Weber-Carstens S. Intensive care unit-acquired weakness (ICUAW) and muscle wasting in critically ill patients with severe sepsis and septic shock [J]. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*, 2010, 1 (2): 147-157. DOI: 10.1007/s13539-010-0010-6.
- [4] Horn J, Hermans G. Intensive care unit-acquired weakness [J]. *Handb Clin Neurol*, 2017, 141: 531-543. DOI: 10.1016/B978-0-444-63599-0.00029-6.
- [5] Mikkelsen ME, Jackson JC, Hopkins RO, et al. Peer support as a novel strategy to mitigate post-intensive care syndrome [J]. *AACN Adv Crit Care*, 2016, 27 (2): 221-229. DOI: 10.4037/aacnacc2016667.
- [6] Diaz Ballve LP, Dargains N, Urrutia Inchaustegui JG, et al. Weakness acquired in the intensive care unit. Incidence, risk factors and their association with inspiratory weakness. Observational cohort study [J]. *Rev Bras Ter Intensiva*, 2017, 29 (4): 466-475. DOI: 10.5935/0103-507X.20170063.
- [7] 胡燕,胡晓莹,肖伽,等.早期活动对ICU患者身体功能状态影响的Meta分析[J].中华危重病急救医学,2019,31(4):458-463. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2019.04.017.
- [8] Groupe de Réflexion et d'Etude des Neuromyopathies En Réanimation. Presence and severity of intensive care unit-acquired paresis at time of awakening are associated with increased intensive care unit and hospital mortality [J]. *Crit Care Med*, 2009, 37 (12): 3047-3053. DOI: 10.1097/CCM.0b013e3181b027e9.
- [9] Jung B, Moury PH, Mahul M, et al. Diaphragmatic dysfunction in patients with ICU-acquired weakness and its impact on extubation failure [J]. *Intensive Care Med*, 2016, 42 (5): 853-861. DOI: 10.1007/s00134-015-4125-2.
- [10] Dres M, Demoule A. Diaphragm dysfunction during weaning from mechanical ventilation: an underestimated phenomenon with clinical implications [J]. *Crit Care*, 2018, 22 (1): 73. DOI: 10.1186/s13054-018-1992-2.
- [11] Azuelos I, Jung B, Picard M, et al. Relationship between autophagy and ventilator-induced diaphragmatic dysfunction [J]. *Anesthesiology*, 2015, 122 (6): 1349-1361. DOI: 10.1097/ALN.0000000000000656.
- [12] Vanhorebeek I, Latronico N, Van den Berghe G. ICU-acquired weakness [J]. *Intensive Care Med*, 2020, 46 (4): 637-653. DOI: 10.1007/s00134-020-05944-4.
- [13] Valverde Montoro D, García Soler P, Hernández Yuste A, et al. Ultrasound assessment of ventilator-induced diaphragmatic dysfunction in mechanically ventilated pediatric patients [J]. *Paediatr Respir Rev*, 2021, 40: 58-64. DOI: 10.1016/j.prrv.2020.12.002.
- [14] Digala LP, Govindarajan R. Thickening fraction as a measure of ultrasonographic diaphragm dysfunction in amyotrophic lateral sclerosis [J]. *Clin Neurophysiol Pract*, 2020, 5: 35-37. DOI: 10.1016/j.cnp.2020.01.001.
- [15] ATS Committee on ICU-acquired Weakness in Adults, American Thoracic Society. An official American Thoracic Society clinical practice guideline: the diagnosis of intensive care unit-acquired weakness in adults [J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2014, 190 (12): 1437-1446. DOI: 10.1164/rccm.201411-2011ST.
- [16] Carrie C, Gisbert-Mora C, Bonnardel E, et al. Ultrasonographic diaphragmatic excursion is inaccurate and not better than the MRC score for predicting weaning-failure in mechanically ventilated patients [J]. *Anaesth Crit Care Pain Med*, 2017, 36 (1): 9-14. DOI: 10.1016/j.accpm.2016.05.009.
- [17] 杨小彩,方少祥,全清霞,等.规范化分级早期康复方案在ICU机械通气患者中的应用研究[J].中国中西医结合急救杂志,2022,29(6):719-723. DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2022.06.016.
- [18] Hudson MB, Smuder AJ, Nelson WB, et al. Both high level pressure support ventilation and controlled mechanical ventilation induce diaphragm dysfunction and atrophy [J]. *Crit Care Med*, 2012, 40 (4): 1254-1260. DOI: 10.1097/CCM.0b013e31823c8cc9.
- [19] 朱孟雷,刘虹,韩继斌,等.膈肌超声对重症机械通气患者脱机结果的预测价值[J/CD].中华危重症医学杂志(电子版),2021,14(5):425-429. DOI: 10.3877/cma.j.issn.1674-6880.2021.05.015.
- [20] Doorduyn J, van der Hoeven JG, Heunks LM. The differential diagnosis for failure to wean from mechanical ventilation [J]. *Curr Opin Anaesthesiol*, 2016, 29 (2): 150-157. DOI: 10.1097/ACO.0000000000000297.
- [21] Pirompanich P, Romsaiyut S. Correction to: use of diaphragm thickening fraction combined with rapid shallow breathing index for predicting success of weaning from mechanical ventilator in medical patients [J]. *J Intensive Care*, 2018, 6: 25. DOI: 10.1186/s40560-018-0293-9.
- [22] Yoo JW, Lee SJ, Lee JD, et al. Comparison of clinical utility between diaphragm excursion and thickening change using ultrasonography to predict extubation success [J]. *Korean J Intern Med*, 2018, 33 (2): 331-339. DOI: 10.3904/kjim.2016.152.
- [23] 徐建桥,温若譔,赵瑛,等.长期机械通气患者膈肌功能的超声评估研究[J].中华结核和呼吸杂志,2020,43(2):132-135. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-0939.2020.02.011.
- [24] 肖爱兵,宋佳,龚仕金,等.膈肌超声预测ICU机械通气患者拔管结局的临床研究[J/CD].中华危重症医学杂志(电子版),2019,12(4):250-255. DOI: 10.3877/cma.j.issn.1674-6880.2019.04.007.
- [25] 支海君,郭晋平,赵雅宁,等.床旁超声测量肢体骨骼肌厚度对ICU获得性肌无力的诊断价值[J].中华危重病急救医学,2020,32(4):494-497. DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20200403-00084.
- [26] 冯会颖,詹庆元,黄絮,等.重症监护病房患者获得性肌无力的危险因素及诊断方法[J].中华危重病急救医学,2021,33(4):460-465. DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20201117-00716.
- [27] Vanpee G, Hermans G, Segers J, et al. Assessment of limb muscle strength in critically ill patients: a systematic review [J]. *Crit Care Med*, 2014, 42 (3): 701-711. DOI: 10.1097/CCM.0000000000000030.
- [28] Kelmenson DA, Quan DN, Moss M. What is the diagnostic accuracy of single nerve conduction studies and muscle ultrasound to identify critical illness polyneuropathy: a prospective cohort study [J]. *Crit Care*, 2018, 22 (1): 342. DOI: 10.1186/s13054-018-2281-9.
- [29] 张鹏,江海娇,周全,等.超声膈肌增厚分数联合最大吸气压测定对机械通气患者撤机的预测价值[J].中华结核和呼吸杂志,2020,43(9):778-783. DOI: 10.3760/cma.j.cn112147-20200417-00513.

(收稿日期:2023-04-04)
(责任编辑:孙茜 张耘菲)