

• 论著 •

膈肺超声联合评估对急性呼吸衰竭机械通气患者撤机结局的预测价值

张磊¹ 陈国忠² 王华英¹ 俞万钧¹¹ 宁波大学附属人民医院呼吸与危重症医学科,浙江宁波 315040; ² 宁波大学附属人民医院重症医学科,浙江宁波 315040

通信作者:俞万钧, Email:nbywj2008@aliyun.com

【摘要】目的 探讨膈肺超声联合评估急性呼吸衰竭机械通气(MV)患者撤机结局的临床预测价值。**方法** 选择2020年1月至2022年8月宁波大学附属人民医院收治入院的因急性呼吸衰竭实施有创MV后撤机的患者,符合撤机条件后使用T管进行自主呼吸试验(SBT),SBT 30 min时应用床旁超声采集患者右侧膈肌移动度(DE)、膈肌厚度及肺部超声评分(LUS),并计算呼吸浅快指数(RSBI)、膈肌呼吸浅快指数(D-RSBI)及膈肌增厚率(DTF)。根据撤机结局将患者分为撤机成功组和撤机失败组。收集所有入组患者的临床资料,比较两组患者的超声参数指标及临床指标。采用受试者工作特征曲线(ROC曲线)评估D-RSBI、RSBI、DE联合LUS评分及DTF联合LUS评分各指标对MV患者撤机失败的预测价值。**结果** 共纳入77例患者,其中撤机成功组54例,撤机失败组23例。撤机成功组患者右侧DE和DTF均明显高于撤机失败组[右侧DE(cm): 1.28 ± 0.39 比 0.88 ± 0.41 , DTF:($32.64 \pm 18.27\%$)比($26.43 \pm 15.23\%$),均 $P < 0.05$],LUS评分、RSBI和D-RSBI均明显低于撤机失败组[LUS评分(分): 11.45 ± 2.67 比 18.33 ± 3.62 , RSBI(次·min⁻¹·L⁻¹): 72.21 ± 19.67 比 107.35 ± 21.32 , D-RSBI(次·min⁻¹·mm⁻¹): 0.97 ± 0.19 比 1.78 ± 0.59 ,均 $P < 0.05$]。ROC曲线分析显示,D-RSBI、RSBI截断值分别为1.41次·min⁻¹·mm⁻¹和56.46次·min⁻¹·L⁻¹时,其预测撤机失败的ROC曲线下面积(AUC)分别为0.972和0.988,敏感度分别为95.7%和87.0%,特异度分别为81.0%和100.0%;将右侧DE联合LUS评分及DTF联合LUS评分预测撤机失败的AUC分别为0.974、0.985,敏感度均为91.3%,特异度均为98.1%。**结论** 膈肺超声联合评估是有效预测MV患者撤机失败的良好参数,在指导MV患者脱机方面具有较高的应用价值,值得临床推广应用。

【关键词】 膈肌超声检查; 肺部超声评分; 超声; 机械通气; 撤机

基金项目:国家自然科学基金青年科学基金项目(81800040);浙江省医药卫生科技计划项目(2020KY909)

DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20220303-00200

Predictive value of combined assessment of diaphragmatic and pulmonary ultrasound for weaning outcomes in mechanical ventilated patients with acute respiratory failure

Zhang Lei¹, Chen Guozhong², Wang Huaying¹, Yu Wanjun¹

¹Department of Respiratory and Critical Care Medicine, People's Hospital Affiliated to Ningbo University, Ningbo 315040, Zhejiang, China; ²Department of Intensive Care Unit, People's Hospital Affiliated to Ningbo University, Ningbo 315040, Zhejiang, China

Corresponding author: Yu Wanjun, Email: nbywj2008@aliyun.com

【Abstract】Objective To investigate the clinical predictive value of combined diaphragmatic and pulmonary ultrasound in acute respiratory failure patients with mechanical ventilation (MV). **Methods** From January 2020 to August 2022, patients with acute respiratory failure admitted to People's Hospital Affiliated to Ningbo University who underwent invasive MV and weaning were enrolled. After meeting the weaning standards, spontaneous breathing test (SBT) was performed using T-tube. Right diaphragm excursion (DE), diaphragm thickness and lung ultrasound score (LUS) were collected by bedside ultrasound at 30 minutes of SBT, and rapid shallow respiratory index (RSBI), diaphragmatic-shallow respiratory index (D-RSBI) and diaphragmatic thickening rate (DTF) were calculated. According to the weaning outcome, the patients were divided into successful weaning group and failed weaning group. The clinical data of all patients were collected, and the ultrasound parameters and clinical indicators were compared between the two groups. Receiver operator characteristic curve (ROC curve) was used to evaluate the predictive value of D-RSBI, RSBI, DE combined with LUS score and DTF combined with LUS score for weaning failure patients. **Results** A total of 77 patients were enrolled, including 54 cases in the successful weaning group and 23 cases in the failed weaning group. The right DE and DTF of patients in successful weaning group were significantly higher than those in failed weaning group [right DE (cm): 1.28 ± 0.39 vs. 0.88 ± 0.41 , DTF: ($32.64 \pm 18.27\%$) vs. ($26.43 \pm 15.23\%$), both $P < 0.05$], LUS score, RSBI and D-RSBI were significantly lower than those in failed weaning group [LUS score: 11.45 ± 2.67 vs. 18.33 ± 3.62 , RSBI (times·min⁻¹·L⁻¹): 72.21 ± 19.67 vs. 107.35 ± 21.32 , D-RSBI (times·min⁻¹·mm⁻¹): 0.97 ± 0.19 vs. 1.78 ± 0.59 , all $P < 0.05$]. ROC curve analysis showed that when the cut-off value of D-RSBI and RSBI was 1.41 times·min⁻¹·mm⁻¹ and 56.46 times·min⁻¹·L⁻¹,

the area under the ROC curve (AUC) for predicting weaning failure was 0.972 and 0.988; and the sensitivity was 95.7% and 87.0%, respectively; the specificity was 81.0% and 100.0%, respectively. The AUC of right DE combined with LUS score and DTF combined with LUS score in predicting weaning failure were 0.974 and 0.985, respectively, with a sensitivity of 91.3% and a specificity of 98.1%. **Conclusions** Combined assessment of diaphragmatic and pulmonary ultrasound is a good parameter to effectively predict weaning failure in MV patients, which has high application value in guiding weaning in MV patients, and is worthy of clinical application.

【Key words】 Diaphragm ultrasonography; Lung ultrasound score; Ultrasound; Mechanical ventilation; Weaning

Fund program: National Natural Science Foundation Youth Science Foundation Project (81800040); Medical Health Science and Technology Project of Zhejiang Provincial Health Commission (2020KY909)

DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20220303-00200

机械通气(mechanical ventilation, MV)是对由多种原因导致呼吸衰竭患者一种公认有效的呼吸支持治疗方法,在重症监护病房(intensive care unit, ICU)应用广泛且益处明显,但长时间的MV会增加神经肌肉病变、膈肌功能障碍、呼吸机相关肺炎、获得性虚弱、深静脉血栓、气压伤等的发生率以及患者的病死率^[1-2],同时脱机延迟与MV相关并发症、病死率、住院时间延长和护理机构出院风险增加相关。有创MV的撤机过程定义为从第1次尝试与呼吸机分离到撤机成功或失败的时间。研究证明,首次尝试撤机失败的患者病死率是明显增加的^[3-4]。MV撤机失败的一个主要决定因素是呼吸肌功能障碍^[5-6],膈肌是最重要的呼吸肌,膈肌功能障碍可能与撤机失败有关^[7-8],不同研究报告撤机过程中膈肌功能障碍的发生率约23%~80%^[9]。因此,脱机前对膈肌功能进行准确评估尤为重要。

肺部超声是评估重症患者肺通气的重要工具,基于肺通气量化的评分系统可以动态监测肺通气随时间的变化^[10],肺部超声评分(lung ultrasound score, LUS)在ICU是最常用的方法。MV患者尝试撤机时,会发生病理生理变化,导致肺泡萎陷和肺水肿,最终导致撤机失败,而这些变化可以通过肺部超声进行监测,通过评估监测指标,有利于撤机时机的选择^[11-12]。基于超声具有无创、实时、可重现性及准确度高等优点,本研究通过超声评估有创MV患者膈肌及肺脏功能状态,以期为临床撤机时机的把握提供参考依据,从而寻找更准确的脱机评估指标,现报道如下。

1 资料与方法

1.1 研究对象:采用回顾性研究方法,收集2020年1月至2022年8月宁波大学附属人民医院ICU收治入院的因急性呼吸衰竭实施有创MV且符合撤机标准的77例患者的临床资料。

1.1.1 病例纳入标准:因急性呼吸衰竭行MV治疗

超过48 h的成年患者,符合撤机标准时行自主呼吸试验(spontaneous breathing trial, SBT, SBT模式为断开呼吸机并通过T管吸氧,即“T管法”。

1.1.2 病例排除标准:存在膈肌病变、神经肌肉病变(如格林巴利综合征、重症肌无力等)、气胸、胸腔积液、胸腹部术后、胸膜固定术、气管切开者及撤机前48 h内使用肌松剂者等。

1.1.3 撤机标准^[13]:①导致MV的病因好转或去除;②氧合指数($\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$)>150~200 mmHg(1 mmHg≈0.133 kPa);呼气末正压(positive end-expiratory pressure, PEEP)≤5~8 cmH₂O(1 cmH₂O≈0.098 kPa);吸入氧浓度(FiO₂)≤0.40~0.50,动脉血pH值≥7.25;③血流动力学稳定,无心肌缺血动态变化;④有自主呼吸能力。

1.1.4 SBT失败标准^[14]:①浅快呼吸指数(rapid shallow breathing index, RSBI)<105次·min⁻¹·L⁻¹;②呼吸频率(respiratory rate, RR)<8次/min或>35次/min;③心率(heart rate, HR)>140次/min或变化>20%,出现新发心律失常;④动脉血氧饱和度(arterial oxygen saturation, SaO₂)<0.90;⑤患者不耐受SBT试验,如出现躁动、呼吸费力等表现。若患者SBT试验失败,立即终止SBT试验进行MV治疗。

1.1.5 撤机成功标准:①通过SBT且拔管后48 h内存活;②撤机48 h内未再插管或未行通气支持治疗。

1.1.6 撤机失败标准^[15-16]:①SBT失败;②撤机后48 h内再插管或无创通气治疗;③撤机48 h内不能维持自主呼吸。

1.1.7 伦理学:本研究符合医学伦理学标准,获得宁波大学附属人民医院伦理委员会批准(审批号:2019-011),膈肺超声检查取得过患者授权家属的知情同意。

1.2 右侧膈肌超声检查:对达到撤机标准的患者采用T管法行SBT 30 min后进行膈肌超声检查并记录

参数。因右侧膈肌肝窗大、受心脏及胃肠气体影响小,便于超声监测时测量,且重复性高,故本研究选用右侧膈肌超声进行评估,监测期间患者床头抬高取半坐位($30^\circ \sim 45^\circ$)。膈肌超声检查方法:选择凸阵探头(3.5 MHz)沿右侧锁骨中线逐一肋间探查至肋弓下缘交界处,将超声探头向患者背部及头侧倾斜,在B超模式上显示出肝脏及膈顶,切换为M超模式,将膈肌运动显示清晰后取样线与长轴形成 30° 内的夹角并指向膈肌顶部,该切面可进行膈肌移动度(diaphragm excursion, DE)测量(图1)与计算膈肌RSBI(diaphragmatic-RSBI, D-RSBI=RR/DE),共测量3个呼吸周期取平均值。将高频线阵探头(10 MHz)放置在患者腋中线与肋弓交界区9~10肋间后,调整探头平行于肋间隙扫查,当出现2条平行的高回声线时,2条线之间的低弱回声即为膈肌,膈肌厚度随呼吸周期运动发生变化,清晰显示膈肌后可测量吸气末膈肌厚度和呼气末膈肌厚度(图2),共测量3个呼吸周期取平均值,可计算膈肌增厚率[diaphragm thickening fraction, DTF=(吸气末膈肌厚度-呼气末膈肌厚度)/呼气末膈肌厚度]×100%。

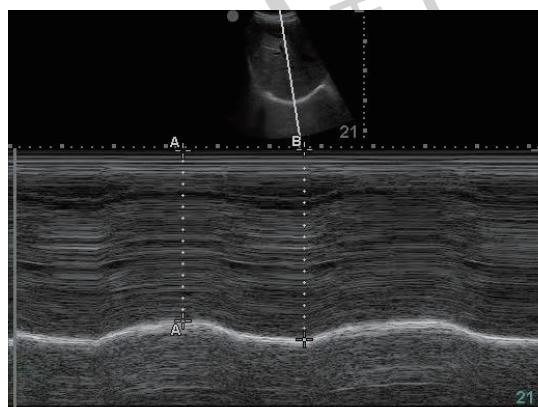


图1 膈肌超声检查时测量膈肌移动度(DE) M模式下膈肌随呼吸运动曲线,DE=吸气末膈肌幅度-呼气末膈肌幅度

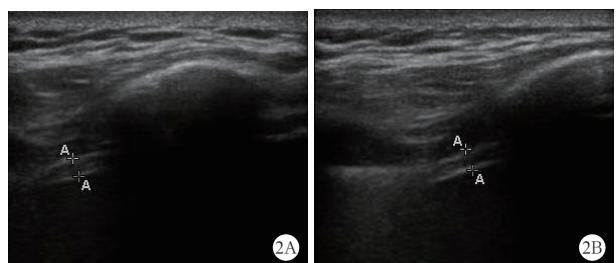


图2 膈肌超声检查时测量吸气末膈肌厚度(A)和呼气末膈肌厚度(B) 应用高频线阵探头B超模式测量附着于胸廓的膈肌厚度,膈肌增厚率(DTF)=(吸气末膈肌厚度-呼气末膈肌厚度/呼气末膈肌厚度)×100%

1.3 肺部超声检查及评分: SBT 30 min时实施肺部超声检查。患者取仰卧位,以腋前线、腋后线及两侧乳头连线将半侧胸廓分为6个分区,整个胸部分为12个分区,对每个分区进行两侧对比扫查。正常肺组织通气区计0分,轻中度肺组织失气化计1分,重度肺组织失气化计2分,肺实变计3分。记录每个分区最高分值且数据取均值,12个分区分值总和即为LUS值^[17],分值越高代表肺水含量越多,病情越重^[18],越不易撤机(表1)。

1.4 观察指标: 记录两组MV患者撤机30 min前年龄、性别、体质量指数(body mass index, BMI)、SBT前MV时间、ICU住院时间、总住院时间、急性生理学与慢性健康状况评分Ⅱ(physiology and chronic health evaluation Ⅱ, APACHE Ⅱ)、序贯器官衰竭评分(sequential organ failure assessment, SOFA)、撤机30 min时血气指标(pH值、动脉血二氧化碳分压(arterial partial pressure of carbon dioxide, PaCO₂)、动脉血氧分压(arterial partial pressure of oxygen, PaO₂))、PaO₂/FiO₂、压力支持(pressure support, PS)、RSBI、PEEP、潮气量(tidal volume, VT)、HR、RR、平均动脉压(mean arterial pressure, MAP)等参数;记录两组患者SBT 30 min时超声所测右侧DE、D-RSBI、DTF和LUS评分。

表1 肺部超声评分(LUS)标准超声表现及分值表

评分标准	正常肺组织通气	轻中度肺组织失气化	重度肺组织失气化	肺叶实变
超声表现	A线	B7线	B3线或弥漫融合	完全实变
超声图像				
分值(分)	0	1	2	3
赋值标准	单个肺部超声切面出现A线 代表正常肺组织通气区	单个肺部超声切面出现多发 B7线代表轻中度肺组织失气化	单个肺部超声切面出现多发融合 B3线代表重度肺组织失气化	单个肺部超声切面出现肺叶 实变代表严重的失气化

1.5 统计学处理:采用SPSS 21.0统计软件进行数据分析。符合正态分布的计量资料以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,两组间比较采用t检验;非正态分布的计量资料以中位数(四分位数)[$M(Q_L, Q_U)$]表示,采用Mann-Whitney U检验。计数资料以例表示,采用 χ^2 检验。绘制受试者工作特征曲线(receiver operator characteristic curve, ROC曲线),计算SBT 30 min时右侧DE、D-RSBI、DTF、RSBI和LUS评分的ROC曲线下面积(area under the ROC curve, AUC)及截断值,分析各参数指标对急性呼吸衰竭MV患者成功撤机的预测价值。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般资料(表2):共纳入符合标准的行MV患者77例,引发呼吸衰竭的原发病主要为重症肺炎(21例)、慢性阻塞性肺疾病(chronic obstructive pulmonary disease, COPD, 19例)、重症哮喘(5例)、心力衰竭(16例)、感染性休克(11例)、其他(5例),

其中54例撤机成功,23例撤机失败。撤机成功组和失败组在撤机30 min前的一般情况,如性别、年龄、BMI、HR、RR、MAP、PS、PEEP、VT比较差异均无统计学意义(均 $P > 0.05$);而MV时间、ICU住院时间、总住院时间、APACHE II评分、SOFA评分比较差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$)。

2.2 两组患者 SBT 30 min 时各参数指标比较(表3):撤机失败组患者HR、RR、LUS评分、D-RSBI、RSBI均明显高于撤机成功组,而右侧DE和DTF则明显低于撤机成功组(均 $P < 0.05$)。

2.3 单独指标及联合指标对撤机结果的预测价值(图3;表4):以MV患者撤机失败为因变量,以D-RSBI、RSBI、右侧DE联合LUS评分、DTF联合LUS评分作为自变量,绘制4条ROC曲线。统计分析显示,右侧DE联合LUS评分、DTF联合LUS评分的AUC与D-RSBI、RSBI单用指标相似,差异无统计学意义($P > 0.05$),但联合指标特异度高于D-RSBI,敏感度高于RSBI,差异有统计学意义(均 $P < 0.05$)。

表2 不同撤机结局两组急性呼吸衰竭MV患者撤机前一般资料比较

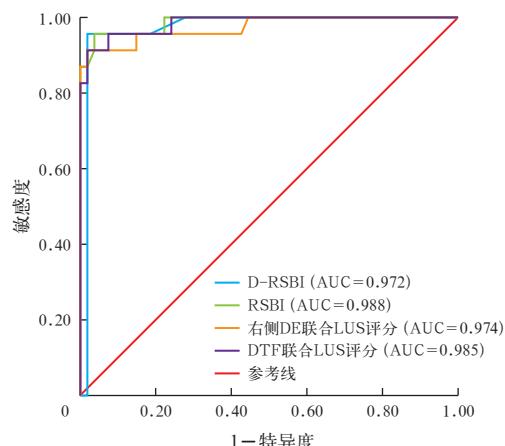
组别	例数 (例)	性别(例)		年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$)	BMI (kg/m ² , $\bar{x} \pm s$)	MV时间 (d, $\bar{x} \pm s$)	HR (次/min, $\bar{x} \pm s$)	RR (次/min, $\bar{x} \pm s$)	MAP (mmHg, $\bar{x} \pm s$)
		男性	女性						
撤机成功组	54	34	20	68.35 ± 5.89	22.39 ± 2.41	4.72 ± 2.11	87.20 ± 11.25	19.45 ± 7.36	79.12 ± 15.21
撤机失败组	23	11	12	70.64 ± 6.23	23.36 ± 1.78	7.52 ± 2.67	92.31 ± 10.01	21.03 ± 5.14	84.23 ± 12.66
χ^2/t 值		0.341	9.461	1.600	9.157	1.289	1.069	1.069	
P值		0.599	0.817	0.117	0.030	0.203	0.290	0.293	
组别	例数 (例)	ICU住院时间 (d, $\bar{x} \pm s$)	总住院时间 (h, $\bar{x} \pm s$)	PS (cmH ₂ O, $\bar{x} \pm s$)	PEEP (cmH ₂ O, $\bar{x} \pm s$)	VT (mL, $\bar{x} \pm s$)	APACHE II评分 (分, $\bar{x} \pm s$)	SOFA评分 (分, $\bar{x} \pm s$)	
撤机成功组	54	8.76 ± 1.93	12.48 ± 1.27	9.25 ± 2.33	3.45 ± 2.09	465.66 ± 65.72	14.88 ± 2.19	3.22 ± 1.43	
撤机失败组	23	12.47 ± 2.45	23.48 ± 3.52	12.00 ± 2.87	4.70 ± 2.13	358.42 ± 40.29	18.68 ± 3.28	4.85 ± 2.67	
t 值		9.092	3.459	0.881	0.137	0.922	3.152	3.012	
P值		<0.010	<0.010	0.382	0.892	0.414	<0.010	0.027	

注: MV 为机械通气, BMI 为体质量指数, HR 为心率, RR 为呼吸频率, MAP 为平均动脉压, ICU 为重症监护病房, PS 为压力支持, PEEP 为呼气末正压, VT 为潮气量, APACHE II 为急性生理学与慢性健康状况评分 II, SOFA 为序贯器官衰竭评分; 1 mmHg ≈ 0.133 kPa, 1 cmH₂O ≈ 0.098 kPa

表3 不同撤机结局两组急性呼吸衰竭MV患者在 SBT 30 min 时的观察指标比较($\bar{x} \pm s$)

组别	例数(例)	pH值	PaO ₂ (mmHg)	PaCO ₂ (mmHg)	PaO ₂ /FiO ₂ (mmHg)	HR(次/min)	RR(次/min)
撤机成功组	54	7.33 ± 0.05	78.16 ± 10.21	38.76 ± 3.72	288.20 ± 72.15	82.76 ± 9.59	17.23 ± 3.92
撤机失败组	23	7.23 ± 0.01	67.54 ± 8.21	47.62 ± 2.87	252.61 ± 78.29	97.53 ± 10.21	22.81 ± 4.38
t 值		0.334	4.331	3.761	10.255	3.270	4.426
P值		0.312	0.523	0.327	0.654	0.035	<0.010
组别	例数(例)	VT(mL)	LUS评分(分)	右侧DE(cm)	DTF(%)	D-RSBI(次·min ⁻¹ ·mm ⁻¹)	RSBI(次·min ⁻¹ ·L ⁻¹)
撤机成功组	54	358.30 ± 32.27	11.45 ± 2.67	1.28 ± 0.39	32.64 ± 18.27	0.97 ± 0.19	72.21 ± 19.67
撤机失败组	23	268.47 ± 19.47	18.33 ± 3.62	0.88 ± 0.41	26.43 ± 15.23	1.78 ± 0.59	107.35 ± 21.32
t 值		0.712	1.461	0.331	5.117	-5.421	11.752
P值		0.337	0.033	0.023	<0.001	0.031	0.011

注: MV 为机械通气, SBT 为自主呼吸试验, PaO₂ 为动脉血氧分压, PaCO₂ 为动脉血二氧化碳分压, PaO₂/FiO₂ 为氧合指数, HR 为心率, RR 为呼吸频率, VT 为潮气量, LUS 为肺部超声评分, DE 为膈肌移动度, DTF 为膈肌增厚率, D-RSBI 为膈肌呼吸浅快指数, RSBI 为呼吸浅快指数; 1 mmHg ≈ 0.133 kPa



注:D-RSBI为膈肌呼吸浅快指数,RSBI为呼吸浅快指数,DE为膈肌移动度,LUS为肺部超声评分,DTF为膈肌增厚率,MV为机械通气,ROC曲线为受试者工作特征曲线,AUC为ROC曲线下面积

图3 D-RSBI、RSBI、右侧DE联合LUS评分及DTF联合LUS评分预测急性呼吸衰竭MV患者撤机失败的ROC曲线

表4 D-RSBI、RSBI及右侧DE联合LUS评分、DTF联合LUS评分对急性呼吸衰竭MV患者撤机失败预测价值

指标	AUC	95%CI	P值	截断值	敏感度 (%)	特异度 (%)
D-RSBI	0.972	0.865~1.000	0.021	1.41	95.7	81.0
RSBI	0.988	0.812~1.000	0.011	56.46	87.0	100.0
右侧DE联合LUS评分	0.974	0.931~1.000	0.020		91.3	98.1
DTF联合LUS评分	0.985	0.911~1.000	0.012		91.3	98.1

注:D-RSBI为膈肌浅快呼吸指数,RSBI为浅快呼吸指数,DE为膈肌移动度,LUS评分为肺部超声评分,DTF为膈肌增厚率,MV为机械通气,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

MV是一种临床常见的挽救危重患者生命的干预措施,但随着人们越来越多的认识到呼吸机相关并发症的危害,因此,临幊上一旦控制了导致MV的原发病后,就应尽可能解除呼吸机的使用^[19]。然而在此情况下,撤机的潜在风险更高,撤机失败将导致再插管创伤及ICU住院时间延长,患者死亡风险可增加50%^[20-22],因此撤机前的准确评估尤为重要。目前已有多项指标用于评估MV撤机,如SBT、血气分析、RSBI、呼吸力学指标、气囊漏气试验等,在临幊中也已广泛应用,但缺点仍不容忽视,寻找简便易行且准确度高的撤机指标一直是国内外学者的研究重点。有学者发现,膈肌功能弱化在接受MV的患者中普遍存在,并且已确定是脱机失败的一个重要因素^[23-24],当患者进行MV时,膈肌功能障碍会随

通气时间的推移而增加^[25]。选择膈肌作为评估指标就成为热点。

膈肌及肺部超声具有非侵入性、操作简单且重现度较高等优点,其DE、DTF和D-RSBI等反映膈肌功能状态的指标已被证实是可以用来预测MV患者能否脱机的可靠参考指标^[26]。本研究显示,右侧DE、DTF、D-RSBI都可以反映患者的膈肌功能状态,可以作为脱机的预测因子,D-RSBI与RSBI评估脱机的效能相当,且D-RSBI的敏感度优于RSBI,但特异性不及RSBI,这与樊麦英等^[14]研究结果相似。Hosokawa等^[27]研究发现,D-RSBI因超声优势可广泛应用于临幊,且患者依从度高,在准确性和客观性方面优于RSBI。Whebell等^[28]研究发现,D-RSBI在预测成功撤机准确度方面优于传统评估指标RSBI,与Hosokawa等^[27]研究相符。

肺部超声可以很好地评估肺组织的通气功能,LUS评分是定量评估肺通气和呼吸衰竭的有效评分系统^[18, 29],可用于MV患者撤机前的评估^[30]。Soummer等^[31]采用LUS研究SBT脱机后发生呼吸窘迫的风险,其研究发现LUS评分<13分是成功撤机的预测指标,LUS评分>17分是拔管后呼吸窘迫和失败的高危预测因子,通过SBT后对患者进行LUS评分可以准确预测拔管后的呼吸窘迫。虽然采用LUS评分法可以全面评估肺组织通气状态,预测MV撤机失败发生率及发生原因,然而LUS评分指标相对单一,对于膈肌功能障碍患者不能全面准确地评估肺的呼吸状况。临幊研究也显示,采用膈肌超声联合评估能提高撤机成功率,联合指标在评估能否撤机的准确性方面较单一指标有所提高,这也是联合指标的优势所在,目前的研究也证实了该结论^[32-34]。本研究结果显示,DE或DTF联合LUS评分预测MV撤机失败的AUC为0.974和0.985,敏感度均为91.3%,特异度均为98.1%,与国内研究者李立等^[32]、郑清江等^[33]研究结果相似。

综上所述,超声膈肌及肺部功能评估为预测重症MV患者能否脱机提供了一种无创、可重现、准确度高的方法。由于目前国内尚属于探索阶段,暂无明确的操作准则和相关指南,故并不能作为评估的决定性因素,但可以作为准确把握MV撤机时机的预测指标,对降低患者再次插管及相关并发症造成的二次伤害具有积极的意义,值得临幊推广应用。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] González-Seguel F, Camus-Molina A, Jasém A, et al. Respiratory support adjustments and monitoring of mechanically ventilated patients performing early mobilization: a scoping review [J]. *Crit Care Explor*, 2021, 3 (4): e0407. DOI: 10.1097/CCE.0000000000000407.
- [2] Waldauf P, Jiroutková K, Krajcová A, et al. Effects of rehabilitation interventions on clinical outcomes in critically ill patients: systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials [J]. *Crit Care Med*, 2020, 48 (7): 1055–1065. DOI: 10.1097/CCM.0000000000004382.
- [3] Mcconville JF, Kress JP. Weaning patients from the ventilator [J]. *N Engl J Med*, 2012, 367 (23): 2233–2239. DOI: 10.1056/NEJMra1203367.
- [4] Béduneau G, Pham T, Schortgen F, et al. Epidemiology of weaning outcome according to a new definition. The WIND study [J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2017, 195 (6): 772–783. DOI: 10.1164/rccm.201602–0320OC.
- [5] Doorduin J, Roesthuis LH, Jansen D, et al. Respiratory muscle effort during expiration in successful and failed weaning from mechanical ventilation [J]. *Anesthesiology*, 2018, 129 (3): 490–501. DOI: 10.1097/ALN.0000000000002256.
- [6] Dres M, Goligher EC, Heunks LMA, et al. Critical illness-associated diaphragm weakness [J]. *Intensive Care Med*, 2017, 43 (10): 1441–1452. DOI: 10.1007/s00134-017-4928-4.
- [7] Goligher EC, Brochard LJ, Reid WD, et al. Diaphragmatic myotrauma: a mediator of prolonged ventilation and poor patient outcomes in acute respiratory failure [J]. *Lancet Respir Med*, 2019, 7 (1): 90–98. DOI: 10.1016/S2213-2600(18)30366-7.
- [8] Goligher EC, Dres M, Fan E, et al. Mechanical ventilation-induced diaphragm atrophy strongly impacts clinical outcomes [J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2018, 197 (2): 204–213. DOI: 10.1164/rccm.201703–0536OC.
- [9] 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.
- [10] Mongodi S, De Luca D, Colombo A, et al. Quantitative lung ultrasound: technical aspects and clinical applications [J]. *Anesthesiology*, 2021, 134 (6): 949–965. DOI: 10.1097/ALN.0000000000003757.
- [11] Tenza-Lozano E, Llamas-Alvarez A, Jaimez-Navarro E, et al. Lung and diaphragm ultrasound as predictors of success in weaning from mechanical ventilation [J]. *Crit Ultrasound J*, 2018, 10 (1): 12. DOI: 10.1186/s13089-018-0094-3.
- [12] Tuinman PR, Jonkman AH, Dres M, et al. Respiratory muscle ultrasonography: methodology, basic and advanced principles and clinical applications in ICU and ED patients—a narrative review [J]. *Intensive Care Med*, 2020, 46 (4): 594–605. DOI: 10.1007/s00134-019-05892-8.
- [13] 刘大为, 邱海波, 于凯江, 等. ICU主治医师手册 [M]. 第2版. 苏州: 江苏科学技术出版社, 2016.
- [14] 樊麦英, 罗杰英, 文辉, 等. 超声监测膈肌运动指标对机械通气撤机的指导价值 [J]. 中华危重病急救医学, 2018, 30 (11): 1041–1045. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2018.11.006.
- [15] 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.
- [16] Palkar A, Narasimhan M, Greenberg H, et al. Diaphragm excursion-time index: a new parameter using ultrasonography to predict extubation outcome [J]. *Chest*, 2018, 153 (5): 1213–1220. DOI: 10.1016/j.chest.2018.01.007.
- [17] 张磊, 周成杰, 姚滔, 等. 肺部超声评估急性呼吸窘迫综合征临床应用价值 [J]. 中华急诊医学杂志, 2020, 29 (3): 392–397. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2020.03.004.
- [18] 张磊, 俞万钧, 周成杰, 等. 肺部超声评估急性呼吸窘迫综合征患者血管外肺水及预后的临床应用价值 [J]. 中华危重病急救医学, 2020, 32 (5): 585–589. DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20200102-00088.
- [19] Girard TD, Alhazzani W, Kress JP, et al. An Official American Thoracic Society/American College of Chest Physicians clinical practice guideline: liberation from mechanical ventilation in critically ill adults. Rehabilitation protocols, ventilator liberation protocols, and cuff leak tests [J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2017, 195 (1): 120–133. DOI: 10.1164/rccm.201610-2075ST.
- [20] Thille AW, Coudroy R, Nay MA, et al. Beneficial effects of noninvasive ventilation after extubation in obese or overweight patients: a post hoc analysis of a randomized clinical trial [J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2022, 205 (4): 440–449. DOI: 10.1164/rccm.202106-1452OC.
- [21] Kuriyama A, Jackson JL, Kamei J. Performance of the cuff leak test in adults in predicting post-extubation airway complications: a systematic review and meta-analysis [J]. *Crit Care*, 2020, 24 (1): 640. DOI: 10.1186/s13054-020-03358-8.
- [22] 孙强, 山峰, 董海, 等. 超声膈肌增厚率对重症肌无力危象机械通气患者撤机成功的预测价值 [J]. 中华危重病急救医学, 2017, 29 (7): 619–623. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2017.07.009.
- [23] 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.
- [24] Dres M, Demoule A. Beyond ventilator-induced diaphragm dysfunction: new evidence for critical illness-associated diaphragm weakness [J]. *Anesthesiology*, 2019, 131 (3): 462–463. DOI: 10.1097/ALN.0000000000002825.
- [25] Goligher EC, Fan E, Herridge MS, et al. Evolution of diaphragm thickness during mechanical ventilation. Impact of inspiratory effort [J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2015, 192 (9): 1080–1088. DOI: 10.1164/rccm.201503-0620OC.
- [26] 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. DOI: 10.1007/s00134-016-4245-3.
- [27] Hosokawa T, Takahashi H, Tanami Y, et al. Usefulness of ultrasound in evaluating the diaphragm in neonates and infants with congenital diaphragmatic hernias [J]. *J Ultrasound Med*, 2019, 38 (4): 1109–1113. DOI: 10.1002/jum.14777.
- [28] Whebell S, Sane S, Naidu S, et al. Use of ultrasound to determine changes in diaphragm mechanics during a spontaneous breathing trial [J]. *J Intensive Care Med*, 2021, 36 (9): 1044–1052. DOI: 10.1177/0885066620943164.
- [29] Deschamps J, Andersen SK, Webber J, et al. Brain natriuretic peptide to predict successful liberation from mechanical ventilation in critically ill patients: a systematic review and meta-analysis [J]. *Crit Care*, 2020, 24 (1): 213. DOI: 10.1186/s13054-020-2823-9.
- [30] 陈文秀, 穆心苇. 超声在机械通气患者撤机过程中的应用现状 [J/CD]. 中华危重症医学杂志(电子版), 2017, 10 (4): 274–278. DOI: 10.3877/cma.j.issn.1674-6880.2017.04.014.
- [31] 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. DOI: 10.1097/CCM.0b013e31824e68ae.
- [32] 李立, 代兴, 郁静. 肺部超声联合膈肌运动度在机械通气患者拔管中的临床应用 [J/CD]. 中华肺部疾病杂志(电子版), 2020, 13 (5): 681–684. DOI: 10.3877/cma.j.issn.1674-6902.2020.05.023.
- [33] 郑清江, 石松青, 邱陆阵, 等. 肺部超声B线评分联合膈肌移动度在预测撤机成功率的价值研究 [J]. 中华急诊医学杂志, 2019, 28 (4): 532–536. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2019.04.027.
- [34] Xu X, Wu R, Zhang YJ, et al. Value of combination of heart, lung, and diaphragm ultrasound in predicting weaning outcome of mechanical ventilation [J]. *Med Sci Monit*, 2020, 26: e924885. DOI: 10.12659/MSM.924885.

(收稿日期: 2022-03-03)

关于经过广告审批后的广告中存在不规范医学名词术语未予更改的声明

依照广告审批的相关规定,按照广告厂家的要求,本刊刊登的新活素、血必净及佳维体广告图片和内容均按照广告审查批准文件的原件刊出,故广告内容中“适应症”“禁忌症”未按标准医学名词术语修改为“适应证”“禁忌证”,“其它”未修改为“其他”,“成份”未修改为“成分”,时间单位仍用汉字表示,剂量单位“ml”未修改为“mL”,标示数值范围的标点符号“-”未修改为“~”。特此声明!