

心脏、肺和膈肌超声联合预测重症机械通气患者撤机的价值

赵浩天 王华伟 龙玲 赵鹤龄 刘元琳 李丽

摘要 **目的** 探讨心脏、肺和膈肌超声联合预测重症机械通气患者撤机的价值。**方法** 选取我院重症医学科接受机械通气 >48 h 并符合撤机条件患者 112 例,根据患者撤机后 48 h 呼吸状况分为成功撤机者 64 例(撤机成功组)和撤机失败者 48 例(撤机失败组),两组均于自主呼吸试验(SBT)开始时(0 min)采用床旁超声测量左室射血分数(LVEF)、左室短轴缩短率(LVFS)、二尖瓣舒张早期血流峰值速度(E)、二尖瓣环室间隔和左室侧壁舒张期组织运动峰值速度平均值(e'),并计算 E/e' 。使用肺超声经胸壁扫查肺部,并分别于 SBT 0 min、15 min 时计算胸前区肺超声水肿评分(A-LUES_{0 min}和 A-LUES_{15 min})及二者差值(Δ A-LUES)。于 SBT 15 min 时测量膈肌移动度(DE)及膈肌收缩速度(DCV)。绘制受试者工作特征曲线分析各超声参数预测撤机的价值。**结果** 撤机失败组 LVEF、DE、 e' 均明显低于撤机成功组, E/e' 、A-LUES_{15 min}、 Δ A-LUES 均明显高于撤机成功组,差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$);两组 A-LUES_{0 min}、DCV、LVFS、E 比较差异均无统计学意义。当 LVEF、 e' 、 E/e' 、DE 和 Δ A-LUES 分别为 51.50%、6.48 cm/s、10.36、10.35 mm、1.50 分时,预测撤机失败的敏感性分别为 93.75%、90.63%、62.50%、85.94% 和 77.08%,特异性分别为 27.08%、52.08%、75.00%、56.25% 和 67.19%,曲线下面积分别为 0.613、0.735、0.652、0.786 和 0.793; Δ A-LUES 联合 DE、DE 联合 E/e' 、 Δ A-LUES 联合 E/e' ,以及 DE、 Δ A-LUES 和 E/e' 三者联合应用预测撤机失败的曲线下面积分别为 0.909、0.852、0.793 和 0.914,其中三者联合应用的曲线下面积最大。**结论** 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好的预测价值。

关键词 超声心动描记术;超声检查,肺,膈肌;机械通气

[中图法分类号]R445.1

[文献标识码]A

Value of cardiac, lung combined with diaphragmatic ultrasound in the prediction of weaning patients with severe mechanical ventilation

ZHAO Haotian, WANG Huawei, LONG Ling, ZHAO Heling, LIU Yuanlin, LI Li

Department of Ultrasound, Hebei General Hospital, Shijiazhuang 050000, China

ABSTRACT **Objective** To evaluate the predictive value of cardiac, lung combined with diaphragmatic ultrasound in the prediction of weaning patients with severe mechanical ventilation. **Methods** A total of 112 patients receiving mechanical ventilation in ICU more than 48 h and meeting the weaning conditions were enrolled. According to the respiratory status of patients at 48 h after weaning, they were divided into 64 cases of successful weaning (weaning success group) and 48 cases of unsuccessful weaning (weaning failure group). At the beginning (0 min) of spontaneous breathing trial (SBT), besides ultrasound was used to measure the left ventricular ejection fraction (LVEF), left ventricular fractional shortening (LVFS), peak velocity in early diastole of mitral valve (E), and mean value of diastolic tissue peak velocity in septal side and left ventricular wall of mitral annulus (e'), and E/e' was calculated. Lung ultrasound was used to scan the lung through the chest wall, and the lung ultrasound edema score (A-LUES_{0 min} and A-LUES_{15 min}) of anterior chest area and the difference between A-LUES_{0 min} and A-LUES_{15 min} (Δ A-LUES) were calculated at 0 min and 15 min of SBT. Diaphragmatic excursion (DE) and diaphragm contraction velocity (DCV) were measured at 15 min of SBT. Receiver operating characteristic curve was drawn to evaluate the value of each index in predicting the weaning outcomes. **Results** LVEF, DE, e' in weaning failure group were significantly lower than those in

基金项目:河北省医学科学研究重点课题计划(20200774、20211264);河北省科技计划项目(20277741D)

作者单位:050000 石家庄市,河北省人民医院超声科(赵浩天、刘元琳、李丽),重症医学科(王华伟、龙玲、赵鹤龄)

通讯作者:李丽, Email:shrmgnk@126.com

weaning successful group, and E/e' , $A-LUES_{15\min}$, $\Delta A-LUES$ were significantly higher than those in weaning successful group (all $P < 0.05$). There were no significant difference in $A-LUES_{0\min}$, DCV, LVFS and E between the two groups. When LVEF, e' , E/e' , DE and $\Delta A-LUES$ were 51.50%, 6.48 cm/s, 10.36, 10.35 mm and 1.50, the sensitivity of predicting weaning failure were 93.75%, 90.63%, 62.50%, 85.94% and 77.08%, respectively, and the specificity were 27.08%, 52.08%, 75.00%, 56.25% and 67.19%, respectively. The area under the curve were 0.613, 0.735, 0.652, 0.786 and 0.793, respectively. The area under the curve of combined $\Delta A-LUES$ and DE, combined DE and E/e' , combined $\Delta A-LUES$ and E/e' , combined DE, $\Delta A-LUES$ and E/e' for predicting weaning failure were 0.909, 0.852, 0.793 and 0.914, respectively. The area under the curve of combined indicators of three was largest. **Conclusion** The combination of cardiac, lung and diaphragmatic ultrasound has a good predictive value for weaning patients with severe mechanical ventilation.

KEY WORDS Echocardiography; Ultrasonography, lung, diaphragm; Mechanical ventilation

机械通气是呼吸困难患者的有效救治手段。然而,撤机失败在机械通气患者中发生率较高^[1],可导致再次气管插管、机械通气时间延长、呼吸道损伤等多种并发症^[2]。撤机失败有多种原因,膈肌是主要的吸气肌肉,承载 70%~80% 的吸气做功,然而长期机械通气、蛋白质负平衡等协同作用下膈肌可发生萎缩^[3],称为呼吸机相关性膈肌功能障碍,导致撤机后患者不能维持足够肺通气量;另一重要原因为心功能障碍。撤机是由机械通气转为自主呼吸的过程,由于胸腔内压力发生变化引起体循环回心血量增加,在心功能障碍基础上诱发液体过负荷,产生撤机相关性肺水肿 (weaning-induced pulmonary oedema, WIPO)^[4],导致呼吸困难。既往超声评估撤机的研究^[2-3]多集中于单一膈肌功能或心功能。本研究旨在探讨自主呼吸试验 (spontaneous breathing trial, SBT) 开始和 15 min 时心脏、肺和膈肌超声各参数联合应用在撤机中的预测效能。

资料与方法

一、研究对象

选取 2019 年 7 月至 2021 年 5 月于我院重症医学科接受机械通气治疗 >48 h 的患者 112 例,年龄 31~97 岁。根据撤机后 48 h 呼吸状况^[4]将其分为撤机成功组 64 例和撤机失败组 48 例,撤机成功组中,男 40 例,女 24 例,平均 (60.2±15.8) 岁;撤机失败组中,男 33 例,女 15 例,平均 (65.7±15.1) 岁。排除标准:①年龄 < 18 岁;②存在中枢神经系统相关性膈肌功能障碍或膈神经损伤;③曾接受肺叶手术、胸廓畸形或肋骨骨折等。本研究经我院医学伦理委员会批准 (2019 第 130 号),患者或家属均知情同意。

二、仪器与方法

1. 仪器:使用 Philips CX 50 彩色多普勒超声诊断

仪,相控阵或凸阵探头,频率 1.0~5.0 MHz。

2. 左心功能检测:于 SBT 开始时 (0 min) 在心尖四腔心切面应用 Simpson 法测量左室射血分数 (LVEF)、左室短轴缩短率 (LVFS)、二尖瓣舒张早期血流峰值速度 (E)、二尖瓣环室间隔和左室侧壁舒张期组织运动峰值速度平均值 (e'), 并计算 E/e' 。

3. 肺超声水肿评分 (A-LUES) 检测:分别于 SBT 0 min、15 min 时对患者胸部进行扫查。将单侧胸前区细分为 3 个区域:胸骨中线与锁骨中线之间,乳头水平上方为 1 区、下方为 2 区;锁骨中线与腋中线之间为 3 区,双侧合计 6 个区,根据各区征象进行评分^[5]:0 分,扫查切面内均为 A 线;1 分,1~2 条 B 线;2 分,≥3 条离散型 B 线;3 分,B 线融合且占视野范围 < 1/2;4 分,B 线融合且占视野范围 ≥ 1/2 甚至全部视野;5 分,肺实变合并无或少量胸腔积液;6 分,肺实变合并中或大量胸腔积液。计算 SBT 0 min 与 15 min 时 A-LUES ($A-LUES_{0\min}$ 和 $A-LUES_{15\min}$) 及二者差值 ($\Delta A-LUES$)。

4. 膈肌功能检测:于 SBT 15 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,测量其垂直距离即膈肌移动度 (DE),斜率为膈肌收缩速度 (DCV)。

以上各超声参数均重复测量 3 次取平均值。

三、统计学处理

应用 SPSS 21.0 统计软件,符合正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,组间比较采用 t 检验;非正态分布的计量资料以 $M(Q1, Q3)$ 表示,组间比较采用非参数检验。计数资料以例数或百分比表示,采用 χ^2 检验。各超声参数两两联合或三者联合采用二元 Logistic 回归预测概率法。绘制受试者工作特征 (ROC) 曲线分析各超声参数单独及联合应用在撤机中的预测价值。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

一、两组一般资料比较

两组年龄、性别、急性生理与慢性健康评分

(APACHE II 评分)、心率、血压、二氧化碳分压、氧合指数、乳酸水平比较差异均无统计学意义;撤机失败组机械通气时间、呼吸频率均较撤机成功组高,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$)。见表1。

表1 两组一般资料比较

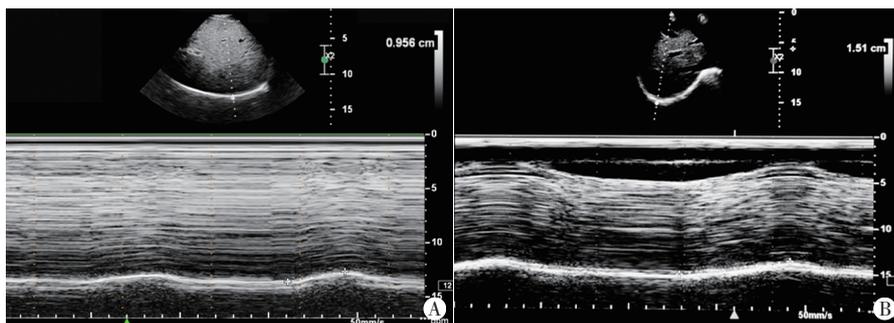
组别	年龄(岁)	男/女(例)	APACHE II 评分(分)	心率(次/min)	收缩压(mm Hg)	舒张压(mm Hg)
撤机成功组(64)	60.2±15.8	40/24	17.00(12.25, 22.00)	85.50±12.86	127.25±13.39	66.00(60.00, 70.75)
撤机失败组(48)	65.7±15.1	33/15	18.00(14.25, 22.75)	88.06±15.37	127.13±16.66	65.00(57.00, 70.00)
$t/Z/\chi^2$ 值	-1.842	0.472	-1.275	-0.960	0.043	-1.230
P 值	0.068	0.492	0.202	0.339	0.966	0.219

组别	呼吸相关监测指标					
	机械通气时间(d)	呼吸频率(次/min)	血氧饱和度(%)	二氧化碳分压(mm Hg)	氧合指数(mm Hg)	乳酸(mmol/L)
撤机成功组(64)	5.00(3.00, 7.00)	19.14±2.74	99.00(98.60, 99.70)	40.20(37.83, 43.28)	274.88(228.25, 331.81)	1.30(1.10, 1.60)
撤机失败组(48)	10.00(5.00, 16.00)	22.79±4.01	99.00(98.00, 99.10)	38.30(33.95, 44.53)	264.63(217.81, 296.83)	1.30(1.10, 1.78)
$t/Z/\chi^2$ 值	-4.279	-5.433	-1.461	-0.823	-1.338	-0.590
P 值	<0.001	<0.001	0.144	0.410	0.181	0.555

APACHE II 评分:急性生理与慢性健康评分。1 mm Hg=0.133 kPa

二、两组各超声参数比较

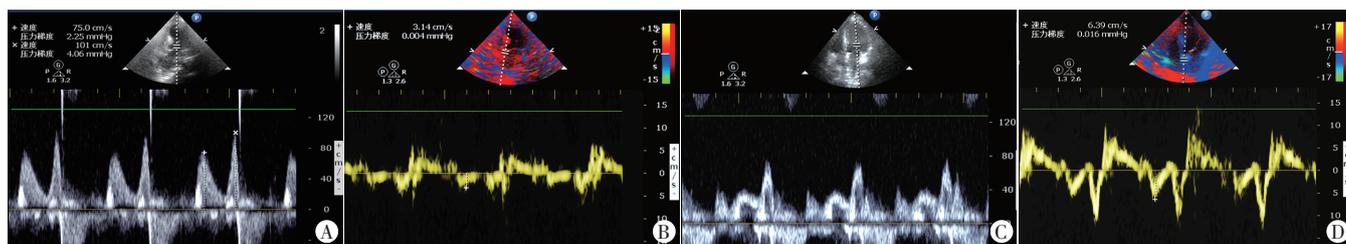
撤机失败组 LVEF、DE、 e' 均低于撤机成功组, E/e' 、 $A-LUES_{15min}$ 、 $\Delta A-LUES$ 均高于撤机成功组, 差异均有统计学意义(均 $P<0.05$); 两组 DCV、 $A-LUES_{0min}$ 、LVFS、 E 比较差异均无统计学意义。见图 1~3 和表 2。



A: 撤机失败组患者(男, 44岁), DE为9.56 mm; B: 撤机成功组患者(男, 33岁), DE为15.10 mm

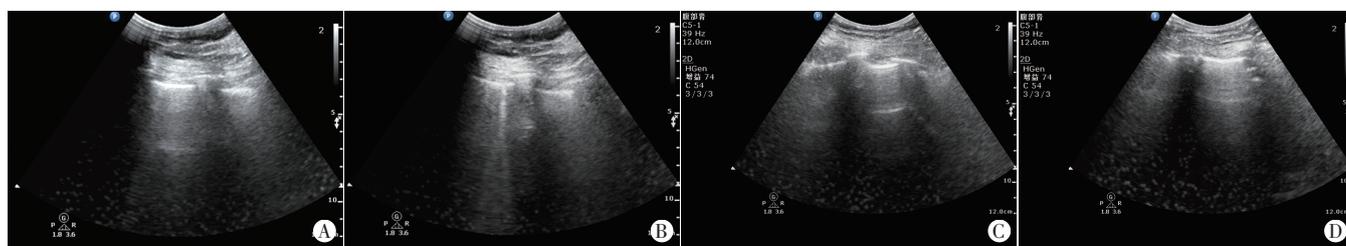
图1 两组患者膈肌超声图像

三、ROC 曲线分析



A、B: 撤机失败组患者(女, 84岁), E 为75 cm/s, e' 为3.14 cm/s, E/e' 为23.9; C、D: 撤机成功组患者(男, 62岁), E 为41 cm/s, e' 为6.39 cm/s, E/e' 为6.4

图2 两组患者心脏超声图像



A、B: 撤机失败组患者(女, 76岁)的右肺3区, SBT 0 min时右侧1区为A线; SBT 15 min时出现B线, 提示肺水产生; C、D: 撤机成功组患者(男, 61岁)的右侧3区, SBT 0 min时为A线; SBT 15 min时仍为A线, 提示无肺水产生

图3 两组患者肺超声图像

表2 两组各超声参数比较

组别	膈肌超声参数		肺超声参数(分)		
	DE(mm)	DCV(mm/s)	A-LUES _{0 min}	A-LUES _{15 min}	ΔA-LUES
撤机成功组(64)	12.88±2.22	9.89(8.02, 11.77)	0.00(0.00, 2.00)	2.00(0.00, 4.75)	0.00(0.00, 2.00)
撤机失败组(48)	9.98±2.88	9.76(7.55, 11.31)	0.00(0.00, 2.00)	4.50(2.00, 9.75)	4.00(2.00, 8.00)
<i>t/Z/χ²</i> 值	5.813	-0.617	-0.653	-4.213	-5.404
<i>P</i> 值	<0.001	0.537	0.514	<0.001	<0.001

组别	左室功能参数				
	LVEF(%)	LVFS(%)	E(cm/s)	e'(cm/s)	E/e'
撤机成功组(64)	61.00(55.25, 64.00)	32.00(28.25, 35.00)	71.50(58.00, 86.75)	8.30(7.01, 9.46)	8.47(7.09, 11.36)
撤机失败组(48)	57.00(50.25, 63.75)	30.00(25.25, 34.00)	75.50(59.25, 101.50)	6.43(5.45, 8.14)	11.62(7.48, 15.74)
<i>t/Z/χ²</i> 值	-2.043	-1.816	-0.870	-4.236	-2.752
<i>P</i> 值	0.041	0.069	0.384	<0.001	0.006

DE:膈肌移动度;DCV:膈肌收缩速度;A-LUES_{0 min}:SBT 0 min时肺超声水肿评分;A-LUES_{15 min}:SBT 15 min时肺超声水肿评分;ΔA-LUES:SBT 0 min与15 min时肺超声水肿评分的差值;LVEF:左室射血分数;LVFS:左室短轴缩短率;E:二尖瓣舒张早期血流峰值速度;e':二尖瓣环间隔和左室侧壁舒张期组织运动峰值速度平均值;E/e':二尖瓣舒张早期血流峰值速度与二尖瓣环间隔和左室侧壁舒张期组织运动峰值速度平均值的比值

ROC曲线分析显示,当LVEF、E/e'、DE和ΔA-LUES的截断值分别为51.50%、6.48 cm/s、10.36、10.35 mm、1.50分时,预测撤机失败的敏感性分别为93.75%、62.50%、85.94%和77.08%,特异性分别为27.08%、75.00%、56.25%和67.19%,AUC分别为0.613、0.652、0.786和0.793;ΔA-LUES联合DE、DE联合E/e'、ΔA-LUES联合E/e',以及DE、ΔA-LUES和E/e'三者联合预测撤机失败的曲线下面积(AUC)分别为0.909、0.852、0.793和0.914;其中三者联合的AUC最大。见表3和图4。

表3 各超声参数单独及联合应用预测重症机械通气患者撤机失败的效能

参数	截断值	敏感性 (%)	特异性 (%)	曲线下面积 (95%可信区间)	<i>P</i> 值
LVEF	51.50%	93.75	27.08	0.613(0.507-0.719)	0.041
E/e'	10.36	62.50	75.00	0.652(0.544-0.761)	0.006
DE	10.35 mm	85.94	56.25	0.786(0.700-0.872)	<0.001
ΔA-LUES	1.50分	77.08	67.19	0.793(0.710-0.876)	<0.001
ΔA-LUES联合DE	-	89.58	82.81	0.909(0.855-0.963)	<0.001
DE联合E/e'	-	79.17	81.25	0.852(0.781-0.923)	<0.001
ΔA-LUES联合E/e'	-	83.33	64.06	0.793(0.710-0.876)	<0.001
DE、ΔA-LUES联合E/e'	-	87.50	84.38	0.914(0.862-0.966)	<0.001

讨论

机械通气患者发生撤机失败是急危重症病房内常见问题。导致撤机失败的原因包括心、肺、膈肌功能。撤机通过解除胸腔内压的限制,促进体循环静脉回流,若心功能较差则无法耐受过多的回心血量,继而产生WIPO导致撤机失败^[6]。肺超声征象的变化可用于直观评估肺水肿的产生,对WIPO有良好的评估

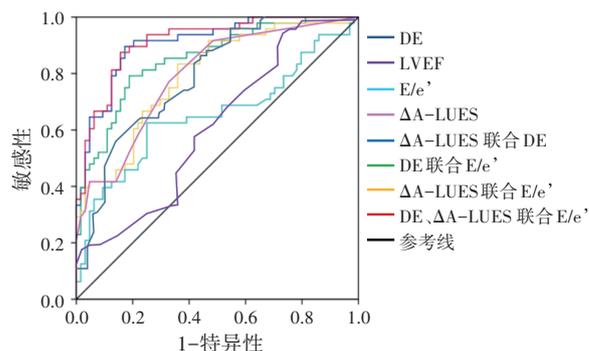


图4 各超声参数单独及联合应用预测重症机械通气患者撤机失败的ROC曲线图

价值^[7],其中胸前区肺超声征象由A线转变为B线、B线数量增多等特征性变化可作为血管外肺水增加的影像学依据^[8]。本研究将胸前区划分为6个区域进行研究,发现两组A-LUES_{0 min}比较差异无统计学意义;撤机失败组A-LUES_{15 min}和ΔA-LUES均明显高于撤机成功组(均*P*<0.05),表明撤机失败组在SBT 15 min时可经肺超声发现B线增多,而撤机成功组肺超声征象变化不明显,提示撤机后血管外肺水增多是撤机失败的原因之一。本研究发现当ΔA-LUES为1.50分时,预测撤机失败的AUC为0.793。既往研究^[7,9]同样选取胸前区位置进行超声检查,因胸前区B线与肺水肿的产生高度相关。Bouhemad等^[7]对18例高龄撤机失败患者研究发现,胸前区肺超声参数预测撤机失败的AUC为0.81。Ferre等^[9]研究发现,撤机后患者胸前区B线数量较撤机前增加≥6条,预测WIPO发生的AUC为0.91。上述研究均表明肺超声可用于评估WIPO导致的撤机失败。本研究较以往研究^[7,9]报道诊断效能低,分析原因:既往研究对撤机失败的病例选择集中

在 WIPO 因素,而本研究纳入病例还包括心功能和膈肌因素,因此单一肺超声参数的诊断效能较低。

撤机失败的另一重要影响因素为心功能。本研究结果显示,撤机失败组 LVEF 低于撤机成功组, E/e' 高于撤机成功组,差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$)。当 LVEF、 E/e' 的截断值分别为 51.50%、10.36,预测撤机失败的 AUC 分别为 0.613、0.652。表明撤机失败患者左心功能较撤机成功患者差。 E/e' 代表左室充盈压,既往研究^[6]证实 E/e' 与心源性撤机失败相关,预测价值高于 LVEF。本研究也发现 LVEF 预测撤机失败的敏感性、特异性及 AUC 均最低,故后期各参数联合将其排除。本研究结果发现, E/e' 和 $\Delta A-LUES$ 联合预测撤机失败的敏感性为 83.33%,特异性为 64.06%,AUC 为 0.793,预测价值为中等,考虑撤机失败的原因不仅与心、肺功能有关,还与膈肌功能因素相关^[10-12]。本研究撤机失败组 DE 明显低于撤机成功组($P < 0.05$),当其截断值为 10.35 mm 时预测撤机失败的 AUC 为 0.786,也证实了该结论。DE 联合 $\Delta A-LUES$ 、DE 联合 E/e' ,以及 DE、 $\Delta A-LUES$ 、 E/e' 三者联合应用的 AUC 分别为 0.909、0.852、0.914,均高于单独 DE 指标;且三者联合应用的诊断的 AUC 更大。表明联合心脏、肺及膈肌超声参数预测撤机失败价值更高。

本研究的局限性:①仅对右侧膈肌进行超声检查,未排除双侧膈肌功能是否平衡;②未监测腹内压,不排除腹内高压、肥胖等因素对膈肌收缩产生影响;③未对右心功能进行监测,未排除肺源性心肌病对撤机成败的潜在影响。

综上所述,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。

参考文献

- [1] Dres M, Rozenberg E, Morawiec E, et al. Diaphragm dysfunction, lung aeration loss and weaning-induced pulmonary oedema in difficult-to-wean patients[J]. Ann Intensive Care, 2021, 11(1):99.
- [2] 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.
- [3] 刘晋豫,王强,汪晓蜜,等.膈肌超声评分预测机械通气撤机的价值探讨[J].临床超声医学杂志,2020,22(1):38-41.
- [4] Grasso S, Leone A, De Michele M, et al. Use of N-terminal pro-brain natriuretic peptide to detect acute cardiac dysfunction during weaning failure in difficult-to-wean patients with chronic obstructive pulmonary disease [J]. Crit Care Med, 2007, 35(1):96-105.
- [5] 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.
- [6] Moschietto S, Doyen D, Grech L, et al. Transthoracic echocardiography with Doppler tissue imaging predicts weaning failure from mechanical ventilation: evolution of the left ventricle relaxation rate during a spontaneous breathing trial is the key factor in weaning outcome[J]. Crit Care, 2012, 16(3):R81.
- [7] Bouhemad B, Mojoli F, Nowobilski N, et al. Use of combined cardiac and lung ultrasound to predict weaning failure in elderly, high-risk cardiac patients: a pilot study[J]. Intensive Care Med, 2020, 46(3):475-484.
- [8] Platz E, Lewis EF, Uno H, et al. Detection and prognostic value of pulmonary congestion by lung ultrasound in ambulatory heart failure patients[J]. Eur Heart J, 2016, 37(15):1244-1251.
- [9] Ferre 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.
- [10] Vetrugno L, Guadagnin GM, Barbariol F, et al. Ultrasound imaging for diaphragm dysfunction: a narrative literature review[J]. J Cardiothorac Vasc Anesth, 2019, 33(9):2525-2536.
- [11] 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.
- [12] Khan MT, Munawar K, Hussain SW, et al. Comparing ultrasound-based diaphragmatic excursion with rapid shallow breathing index as a weaning predictor[J]. Cureus, 2018, 10(12):e3710.

(收稿日期: 2022-02-15)