

· 临床研究 ·

自主呼吸试验前后下腔静脉变异度对呼吸衰竭合并心功能不全患者撤机失败的预测价值

孙媛媛¹, 倪春湘^{2*}, 王懿宁³, 李家琼³, 赵浩⁴

(江苏省徐州市中心医院: ¹ 胸外一区, ² 放疗科, ³ 重症监护室, ⁴ 血管外科, 徐州 221009)

【摘要】 目的 评价自主呼吸试验(SBT)前后下腔静脉变异度(Δ DIVC)对呼吸衰竭合并心功能不全患者机械通气后撤机失败的预测价值。**方法** 选取2016年11月至2018年2月在徐州市中心医院ICU进行机械通气的呼吸衰竭合并心功能不全患者120例。患者30 min SBT成功后拔管,48 h内不需要再次气管插管和无创呼吸机辅助为撤机成功组($n=62$);30 min SBT失败或者SBT成功后拔管,但48 h内需要再次插管或无创呼吸机辅助为撤机失败组($n=58$)。分别在SBT前和30 min后记录并比较2组患者的临床特征及 Δ DIVC。采用SPSS 17.0软件统计分析。根据数据类型,组间比较采用独立样本 t 检验、Mann-Whitney U 检验或 χ^2 检验。采用多因素 logistic 回归法分析影响撤机失败的独立危险因素。利用受试者工作特征(ROC)曲线评估 Δ DIVC对撤机失败的预测价值。**结果** 2组患者在慢性呼吸疾病、急性生理学和慢性健康状况评价II(APACHE II)评分、第1次插管到拔管的持续时间和血红蛋白水平方面比较差异有统计学意义($P<0.05$)。与撤机成功组比较,撤机失败组患者在SBT前及30 min后二氧化碳分压和N端脑钠肽前体显著升高,左室射血分数(LVEF)显著降低,差异有统计学意义($P<0.05$);在SBT后30 min,撤机失败组患者 Δ DIVC较撤机成功组显著升高,差异亦有统计学意义($P<0.05$)。多变量 logistic 回归分析显示,LVEF($OR=1.204, 95\%CI\ 1.133\sim1.381; P=0.015$)和SBT后30 min的 Δ DIVC($OR=1.450, 95\%CI\ 1.102\sim2.026; P=0.009$)是患者撤机失败的独立危险因素。SBT后30 min的 Δ DIVC预测患者撤机失败的ROC曲线下面积为0.905,最佳截断点0.27,灵敏度为82.4%,特异度为94.4%。LVEF预测患者撤机失败的曲线下面积为0.806,最佳截断点为42.0%,灵敏度为54.5%,特异度为86.8%。**结论** SBT 30 min后的 Δ DIVC对于呼吸衰竭合并心功能不全患者撤机失败具有较高的预测价值。

【关键词】 撤机;拔管;下腔静脉变异度;超声心动图;心功能不全

【中图分类号】 R445.1

【文献标志码】 A

【DOI】 10.11915/j.issn.1671-5403.2019.04.055

Predictive value of inferior vena cava variability for weaning failure before and after spontaneous breathing test in patients with respiratory failure and cardiac insufficiency

SUN Yuan-Yuan¹, NI Chun-Xiang^{2*}, WANG Yi-Ning³, LI Jia-Qiong³, ZHAO Hao⁴

(¹First Ward in the Department of Thoracic Surgery, ²Department of Radiotherapy, ³Intensive Care Unit, ⁴Department of Vascular Surgery, Xuzhou Central Hospital of Jiangsu Province, Xuzhou 221009, China)

【Abstract】 Objective To evaluate the predictive value of inferior vena cava variability (Δ DIVC) for weaning failure before and after spontaneous breathing test (SBT) after mechanical ventilation in patients with respiratory failure and cardiac insufficiency. **Methods** From November 2016 to February 2018, 120 patients with respiratory failure and cardiac insufficiency were included, who underwent mechanical ventilation in the ICU of Xuzhou Central Hospital of Jiangsu Province. The patients were divided into successful withdrawal (SW) group ($n=62$) who did not need tracheal intubation and non-invasive ventilator within 48 h after successful 30-min SBT and failed-withdrawal (FW) group ($n=58$) who needed reintubation or non-invasive ventilator 48 h after successful or failed 30-min SBT. Clinical characteristics and Δ DIVC of the two groups were recorded and compared before SBT and 30 min after SBT. SPSS statistics 17.0 was used for analysis. According to the data type, independent sample t test, Mann-Whitney U test or χ^2 test was used for comparison between groups. Multivariate logistic regression was used to analyze the risk factors for weaning failure, and the

predictive value of Δ DIVC on weaning failure was analyzed using receiver operating characteristic(ROC)curve. **Results** There were significant differences between the 2 groups ($P<0.05$) in chronic respiratory disease, acute physiology and chronic health evaluation II (APACHE II), duration from the first intubation to extubation, and hemoglobin levels. The partial pressure of carbon dioxide and N-terminal pro-brain natriuretic peptide were significantly higher and left ventricular ejection fraction (LVEF) significantly lower in FW group than in SW group before and 30 min after SBT ($P<0.05$). At 30 min after SBT, the Δ DIVC in the FW group was significantly higher than that in the SW group ($P<0.05$). Multivariate logistic regression showed that LVEF ($OR=1.204$, 95%CI 1.133–1.381; $P=0.015$) and Δ DIVC at 30 min after SBT ($OR=1.450$, 95%CI 1.102–2.026; $P=0.009$) were independent risk factors for weaning failure. The area under ROC curve (AUC) for Δ DIVC was 0.905, and the best cut-off point was 0.27, 82.4% for sensitivity and 94.4% for specificity. AUC for LVEF was 0.806, and the best cut-off point was 42.0%, 54.5% for sensitivity and 86.8% for specificity. **Conclusion** Δ DIVC at 30 min after SBT has a high predictive value for weaning failure in the patients with respiratory failure and cardiac disease.

【Key words】 weaning; extubation; inferior vena cava variability; echocardiography; cardiac insufficiency

Corresponding author: NI Chun-Xiang, E-mail: u193p7@163.com

机械通气是公认的治疗各种原因引起呼吸衰竭的重要的支持手段,但是延长的机械通气会增加肺炎、气压伤、气道损伤等并发症的发生率,并增加患者的死亡率、ICU的住院天数等^[1]。因此,当引起机械通气的潜在原因充分被改善,以及患者能承受无帮助的自主呼吸时,应立即撤机^[2]。对于大多数患者(约70%)撤机是简单的过程,但仍有大概30%的患者存在着撤机困难,这种情况多见于慢性阻塞性和限制性肺疾病、心力衰竭及神经肌肉疾病等患者^[3]。潜在的心功能不全是撤机失败的常见原因^[4],而下腔静脉变异度(inferior vena cava variability, Δ DIVC)是循环功能评估中的常用指标^[5],常用以评估容量反应性,可以在一定程度上反应心功能情况。本研究通过监测自主呼吸试验(spontaneous breathing trial, SBT)前后的 Δ DIVC,分析其对呼吸衰竭合并心功能不全患者撤机失败的预估价值。

1 对象与方法

1.1 研究对象

选取2016年11月至2018年2月在徐州市中心医院ICU收治的因呼吸衰竭合并心功能不全行有创机械通气患者120例,年龄48~90(69.5 ± 18.4)岁,其中男性70例,女性50例。入选标准:(1)18~80岁;(2)因各种原因引起的呼吸衰竭,根据2006年机械通气应用指南,患者符合行有创机械通气条件;(3)各种疾病引起的心功能不全达到2014年中国心力衰竭诊断和治疗指南中慢性心力衰竭C阶段(临床心力衰竭阶段)、D阶段(难治性终末期心力衰竭阶段)及急性心力衰竭的诊断标准,且纽约心脏病协会(New York Heart Association, NYHA)心功能II~IV级,包括左心衰竭、右心衰竭和全心衰竭。排除标准:(1)孕妇;(2)年龄<18岁;(3)SBT后气管切开;

(4)严重的二尖瓣狭窄或人工二尖瓣;(5)膈肌麻痹、颈椎损伤或神经肌肉病史;(6)气胸或纵隔气胸;(7)在研究前48 h内使用肌肉麻痹剂;(8)拔管后有计划地进行预防性无创通气。患者30 min SBT成功后拔管,48 h内不需要再次气管插管和无创呼吸机辅助为撤机成功组($n=62$);30 min SBT失败或者SBT成功后拔管,但48 h内需要再次插管或者无创呼吸机辅助为撤机失败组($n=58$)。所有患者有创机械通气的撤机时机均由主治医师评估。30 min SBT成功标准:(1)氧饱和度 $\geq 85\%\sim 90\%$,氧分压 $\geq 50\sim 60$ mmHg (1 mmHg = 0.133 kPa);(2) pH ≥ 7.32 ,二氧化碳分压增加 < 10 mmHg,心率 $< 120\sim 140$ 次/min,或改变 < 20 次/min;(3)90 mmHg<收缩压 $< 180\sim 200$ 或收缩压改变 $< 20\%$;(4)呼吸频率 < 35 次/min或改变 $< 50\%$;(5)神志清醒,无感觉不适,无出汗,无辅助呼吸肌参与。一旦SBT成功,患者应在24 h内撤机。本研究经医院伦理机构评审委员会批准,且获得所有患者直系亲属的知情同意。

1.2 方法

1.2.1 资料收集 当患者符合SBT条件时,记录患者的一般资料:性别、年龄、BMI、合并症、急性生理学和慢性健康状况评价II(acute physiology and chronic health evaluation II, APACHE II)评分、机械通气时间、呼吸频率、潮气量(tidal volume, V_T)、呼吸浅快指数(rapid shallow breathing index, RSBI)、白细胞计数、血红蛋白、白蛋白及血浆肌酐等参数,其中RBSI=呼吸频率/潮气量。对患者行30 min的SBT,机械通气模式为PSV,压力水平为5 cmH₂O (1 cmH₂O=0.098 kPa),在行SBT前及行SBT 30 min时分别记录患者血气分析情况(pH,氧分压,二氧化碳分压,吸入氧浓度)、乳酸、N端脑钠肽前体

(N-terminal pro-brain natriuretic peptide, NT-proBNP)、左室射血分数 (left ventricular ejection fraction, LVEF) 及 Δ DIVC。

1.2.2 Δ DIVC 测量 所有患者在 SBT 开始前和开始后 30 min 时使用具有 3.0 MHz 心脏探针的 VIVIDi 超高端心脏专家便携式彩超机 (GE Medical Systems 公司, 美国) 进行下腔静脉超声检查。通过肋下长轴视图观察下腔静脉。为了区分主动脉和下腔静脉, 需系统评估下腔静脉和右心房之间的连接。在离右心房 2~3 cm 处, 采用 M 模式成像测量下腔静脉直径。在单个通气循环中测量最大 ($D_{\max}$) 和最小下腔静脉直径 ($D_{\min}$), 计算 Δ DIVC。 Δ DIVC = ($D_{\max} - D_{\min}$) $\times$ 2 / ($D_{\max} + D_{\min}$)。测量 5 个呼吸周期取其平均值。主治医师对下腔静脉超声结果不知情。

1.3 统计学处理

采用 SPSS 17.0 软件。计量资料呈正态分布者以均数 $\pm$ 标准差 ($\bar{x}\pm s$) 表示, 组间比较采用独立样本 t 检验; 呈偏态分布者以中位数 (M) 和四分位数间距 (Q_1, Q_3) 表示, 组间比较采用 Mann-Whitney U 检验。计数资料以例数 (百分率) 表示, 组间比较采用 χ^2 检验。采用多因素 logistic 回归法分析影响撤机失败的独立危险因素。利用受试者工作特征 (receiver operating characteristic, ROC) 曲线评估 Δ DIVC 对撤机失败的预测价值。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 2 组患者一般资料比较

2 组患者在慢性呼吸疾病、APACHE II 评分、第 1 次插管到拔管的持续时间和血红蛋白水平方面比较差异有统计学意义 ($P<0.05$; 表 1)。

2.2 2 组患者在 SBT 前后临床指标比较

与撤机成功组比较, 撤机失败组患者在 SBT 前及 30 min 后二氧化碳分压和 NT-proBNP 显著升高, LVEF 显著降低, 差异有统计学意义 ($P<0.05$); 在 SBT 后 30 min, 撤机失败组患者 Δ DIVC 较撤机成功组显著升高, 差异亦有统计学意义 ($P<0.05$; 表 2)。

2.3 影响患者撤机失败的多因素 logistic 回归分析

多变量 logistic 回归分析显示, LVEF 和 SBT 后 30 min 的 Δ DIVC 是患者撤机失败的独立危险因素 (表 3)。

2.4 ROC 分析结果

SBT 后 30 min 的 Δ DIVC 预测心功能不全患者撤机失败的 ROC 曲线下面积为 0.905, 最佳截断点 0.27, 灵敏度为 82.4%, 特异度为 94.4%。LVEF 预测心功能不全患者撤机失败的 ROC 曲线下面积为 0.806, 最佳截断点为 42.0%, 灵敏度为 54.5%, 特异度为 86.8% (图 1)。

表 1 2 组患者一般资料比较
Table 1 Comparison of baseline data between two groups

Item	Failed withdrawal group (<i>n</i> = 58)	Successful withdrawal group (<i>n</i> = 62)	<i>P</i> value
Age (years, $\bar{x}\pm s$)	70.8 $\pm$ 15.6	68.3 $\pm$ 22.2	0.227
Gender (male/female, <i>n</i>)	36/22	34/28	0.422
BMI (kg/m ² , $\bar{x}\pm s$)	24.4 $\pm$ 5.3	24.3 $\pm$ 4.6	0.826
Comorbidities [<i>n</i> (%)]			
Chronic respiratory diseases	38 (66.1)	14 (23.5)	<0.001
Hypertension	34 (59.2)	38 (61.2)	0.765
Diabetes	22 (37.9)	24 (38.7)	0.789
Renal dysfunction	20 (34.5)	13 (21.0)	0.097
Cerebral vascular diseases	12 (20.7)	8 (12.9)	0.253
APACHE II (score, $\bar{x}\pm s$)	24.0 $\pm$ 4.5	20.5 $\pm$ 6.4	0.023
Duration from the first intubation to extubation (d, $\bar{x}\pm s$)	11.5 $\pm$ 4.1	7.3 $\pm$ 2.7	0.018
Respiratory rate (breaths/min, $\bar{x}\pm s$)	21.6 $\pm$ 4.3	21.4 $\pm$ 4.6	0.844
V _T (L, $\bar{x}\pm s$)	0.43 $\pm$ 0.12	0.41 $\pm$ 0.09	0.832
RSBI	55.8 $\pm$ 22.2	55.9 $\pm$ 22.1	0.907
WBC ($\times 10^9$ /L, $\bar{x}\pm s$)	9.8 $\pm$ 3.9	10.9 $\pm$ 5.6	0.215
Hemoglobin (g/L, $\bar{x}\pm s$)	103.4 $\pm$ 23.2	89.5 $\pm$ 14.7	0.035
Albumin (g/L, $\bar{x}\pm s$)	28.8 $\pm$ 4.2	27.7 $\pm$ 3.9	0.562
Plasma creatinine (μ mol/L, $\bar{x}\pm s$)	121.6 $\pm$ 74.0	115.2 $\pm$ 80.3	0.086

BMI: body mass index; APACHE II: acute physiology and chronic health evaluation II; V_T: tidal volume; RSBI: rapid shallow breathing index; WBC: white blood cell.

表 2 2 组患者 SBT 前后临床指标比较

Table 2 results of laboratory and ultrasonic evaluations of patients before and after SBT

Item	Failed withdrawal group (n=58)	Successful withdrawal group (n=62)	P value
Before SBT			
pH($\bar{x}\pm s$)	7.45±0.06	7.46±0.05	0.453
PaCO ₂ (mmHg, $\bar{x}\pm s$)	46.4±13.3	38.8±5.8	0.013
PaO ₂ /FiO ₂ ($\bar{x}\pm s$)	277±83	281±80	0.107
Lactic acid(mmol/L, $\bar{x}\pm s$)	1.2±0.6	1.1±0.4	0.623
NT-proBNP[pg/ml, $M(Q_1, Q_3)$]	6 527(408,9 962)	1 578(152,1 643)	0.016
LVEF(% , $\bar{x}\pm s$)	37.5±14.1	54.3±19.2	<0.001
ΔDIVC($\bar{x}\pm s$)	0.32±0.05	0.26±0.04	0.124
30 min after SBT			
pH($\bar{x}\pm s$)	7.43±0.05	7.47±0.05	0.460
PaCO ₂ (mmHg, $\bar{x}\pm s$)	48.4±11.7	38.7±5.5	<0.001
PaO ₂ /FiO ₂ ($\bar{x}\pm s$)	291±103	275±79	0.083
Lactic acid(mmol/L, $\bar{x}\pm s$)	1.1±0.5	1.1±0.4	0.845
NT-proBNP[pg/ml, $M(Q_1, Q_3)$]	6 518(421,10 477)	1 471(176,1 575)	0.013
LVEF(% , $\bar{x}\pm s$)	36.9±14.4	52.8±19.8	<0.001
ΔDIVC($\bar{x}\pm s$)	0.30±0.06	0.19±0.04	0.042

SBT: spontaneous breathing trial; PaCO₂: partial pressure of carbon dioxide; PaO₂/FiO₂: oxygen partial pressure/fraction of inspired oxygen; NT-proBNP: N-terminal pro-brain natriuretic peptide; LVEF: left ventricular ejection fraction; ΔDIVC: inferior vena cava variability. 1 mmHg=0.133 kPa.

表 3 影响撤机失败的多因素 logistic 回归分析

Table 3 Multivariate logistic regression analysis of influencing the failure withdrawal

Fctor	SE	B	Wald	OR (95%CI)	P value
Chronic respiratory diseases	0.362	1.407	9.154	5.013(0.738-34.067)	0.093
Duration of the first intubation to extubation	0.281	0.562	8.305	1.269(0.989-1.627)	0.061
PaCO ₂	0.278	0.751	10.162	1.318(0.000-3.322)	0.066
NT-proBNP	0.405	0.473	12.049	1.006(0.930-1.140)	0.084
LVEF	0.516	0.516	9.231	1.204(1.133-1.381)	0.015
ΔDIVC of 30 min after SBT	0.384	0.815	8.462	1.450(1.102-2.026)	0.009

PaCO₂: partial pressure of carbon dioxide; NT-proBNP: N-terminal pro-brain natriuretic peptide; LVEF: left ventricular ejection fraction; SBT: spontaneous breathing trial; ΔDIVC: inferior vena cava variability.

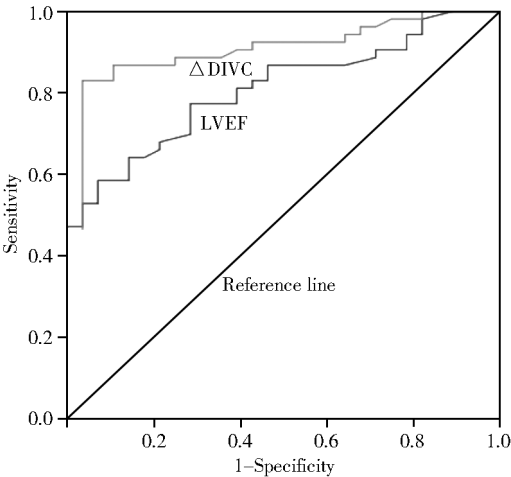


图 1 撤机失败预测中 LVEF 和 ΔDIVC 的 ROC 曲线

Figure 1 ROC curves of LVEF and ΔDIVC in weaning failure prediction

ROC: receiver operating characteristic; LVEF: left ventricular ejection fraction; ΔDIVC: inferior vena cava variability.

3 讨论

体外循环中下腔静脉直径是动态变化的,且随着胸内压力的变化而变化^[6]。吸气时,胸内压力降低,从而增加静脉回流,导致体外循环衰竭;呼气时,胸内压力增加会减少静脉回流,导致体外循环直径的增加^[7]。下腔静脉直径随呼吸的变化反映了容量血管的弹性。在心功能不全的情况下,容量过载会使下腔静脉膨胀到其弹性极限,导致其在呼气期间的扩张变差^[8]。因此,尽管个体患者在下腔静脉的绝对直径上有很大的差异,但可以通过观察呼吸周期中ΔDIVC 的减少来评估容量过载^[9]。本研究探讨了呼吸衰竭合并心功能不全患者在 SBT 前及开始后 30 min 时ΔDIVC 对撤机失败的预测价值。结果表明,SBT 后 ΔDIVC 可预测撤机失败,最佳截断点 0.27,灵敏度为 82.4%,特异度为 94.4%,提示具有较高的预测价值。

撤机失败主要有两个重要原因。一方面,在从机械通气到自主呼吸的突然转移中,胸内压力的降低会增加静脉回流血容量,增加心脏预负荷。同时,左心室跨壁压的增加会增加心脏在这一过程中的后负荷,且呼吸频率的增加和儿茶酚胺的排出也可能会增加心肌耗氧量^[10]。因此,下腔静脉扩张会变得更差,并可能导致拔管后迅速呼吸衰竭。另一方面, Δ DIVC降低通常发生于慢性呼吸系统疾病或腹部疾病,常伴有顽固性呼吸衰竭或无效咳嗽。在本研究中,多变量 logistic 回归显示, Δ DIVC 是撤机失败的独立危险因素。这与上述结论是一致的。研究表明, Δ DIVC 可用于预测感染性休克患者的容量反应性^[4],与那些 Δ DIVC 变化较小的患者相比, Δ DIVC 越大,患者对液体疗法的反应更灵敏。且采用这种呼吸变异有利于消除基线或趋势测量造成的影响,并提供了一种无创手段以快速确定患者床边的容量状态^[11]。本研究结果发现,SBT 后 30 min 的 Δ DIVC 可以预测心功能不全患者的撤机失败,当 Δ DIVC>0.27 时撤机失败的风险较高。这些结论与步涨等^[12]病例研究结果相符。因此,本研究认为 SBT 后 30 min 的 Δ DIVC 是理想的预测指标。但是,在下此结论前还应注意以下的问题。首先,撤机失败组的 NT-proBNP 水平较高,但经进一步分析表明,OR 值非常接近 1,这限制了其预测值,且由于 NT-proBNP 易受多种因素影响,因此不能够准确预测撤机失败;其次,撤机失败组的 LVEF 水平显著低于撤机成功组,但是进一步 ROC 分析表明,LVEF 预测心功能不全患者撤机失败的灵敏度较低仅为 54.5%,提示采用 LVEF 预测撤机失败易出现漏诊病例。

Spadaro 等^[13]报道膈肌 RSBI 能预测撤机失败,灵敏度高达 94.1%,特异度为 64.7%,ROC 曲线下面积为 0.89。RSBI 是一个很好的综合指标,可以反映隔膜的功能和快速浅呼吸的存在,即隔膜上施加的机械负荷与其承受负荷能力之间的整体不平衡迹象。然而,本研究中 2 组患者 RSBI 没有显著差异,考虑 RSBI 易受多种因素的影响,如副呼吸肌的能力、膈肌功能受损、撤机引起的心力衰竭、机械负荷过大等,因此,RSBI 是否可以作为预测撤机失败的理想指标仍有待进一步研究。

本研究中还存在一些不足。首先,研究对象数量较少,可能导致 RBSI 对心功能不全患者撤机失败的预测价值未被发现,因此,有必要招募足够的患者来确定这些内容。其次, Δ DIVC 不能反映其他病因,如分泌物过多、上呼吸道阻塞、精神状态等,因此拔管结果应继续根据具体病例特征确定。总之,SBT 30 min 后的 Δ DIVC 可以预测呼吸衰竭合并心功能不全患者的撤机失败,但临床医师在撤机过程中需

根据具体病例特征并结合床边超声评估下的 Δ DIVC 来作出正确判断。

【参考文献】

- [1] 郑冬梅,卫建华. 经鼻高流量氧气湿化治疗在机械通气患者脱机后的应用进展[J]. 护理与康复, 2018, 17(5): 34-37. DOI: 10.3969/j.issn.1671-9875.2018.05.011. Zheng DM, Wei JH. Advances in the application of nasal high flow oxygen humidification therapy after weaning from mechanical ventilation[J]. J Nurs Rehabil, 2018, 17(5): 34-37. DOI: 10.3969/j.issn.1671-9875.2018.05.011.
- [2] Ouellette DR, Patel S, Girard TD, et al. Liberation from mechanical ventilation in critically ill adults: an official American college of chest physicians/American thoracic society clinical practice guideline: inspiratory pressure augmentation during spontaneous breathing trials, protocols minimizing sedation, and noninvasive ventilation immediately after extubation [J]. Chest, 2017, 151(1): 166-180. DOI: 10.1016/j.chest.2016.10.036.
- [3] Dehghani A, Abdeyazdan G. An overview of the predictor standard tools for patient weaning from mechanical ventilation[J]. Electron Physician, 2016, 8(2): 1955-1963. DOI: 10.19082/1955.
- [4] Thille AW, Cortés-Puch I, Estebmt A. Weaning from the ventilator and extubation in ICU[J]. Curr Opin Crit Care, 2013, 19(1): 57-64. DOI: 10.1097/MCC.0b013e32835c5095.
- [5] 孙均,郑瑶,余维丽,等. 呼气末正压对超声测量下腔静脉直径及变异度的影响[J]. 中华急诊医学杂志, 2015, 24(8): 872-877. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2015.08.014. Sun Y, Zheng Y, Yu WL, et al. Effects of positive end-expiratory pressure on the diameter and variability of inferior vena cava measured by ultrasound[J]. Chin J Emerg Med, 2015, 24(8): 872-877. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2015.08.014.
- [6] Kawata T, Daimon M, Lee SL, et al. Reconsideration of inferior vena cava parameters for estimating right atrial pressure in an East Asian population — comparative simultaneous ultrasound-catheterization study[J]. Circ J, 2017, 81(3): 346-352. DOI: 10.1253/circj. CJ-16-0916.
- [7] Theerawit P, Morasert T, Sutherasan Y. Inferior vena cava diameter variation compared with pulse pressure variation as predictors of fluid responsiveness in patients with sepsis [J]. J Crit Care, 2016, 36: 246-251. DOI: 10.1016/j.jcrc.2016.07.023.
- [8] Long E, Oakley E, Duke T, et al. Does respiratory variation in inferior vena cava diameter predict fluid responsiveness: a systematic review and meta-analysis[J]. Shock, 2017, 47(5): 550-559. DOI: 10.1097/SHK.0000000000000801.
- [9] Zhang X, Feng J, Zhu P, et al. Ultrasonographic measurements of the inferior vena cava variation as a predictor of fluid responsiveness in patients undergoing anesthesia for surgery [J]. J Surg Res, 2016, 204(1): 118-122. DOI: 10.1016/j.jss.2016.03.036.
- [10] Roche-Campo F, Bedet A, Vivier E, et al. Cardiac function during weaning failure: the role of diastolic dysfunction[J]. Ann Intensive Care, 2018, 8(1): 2. DOI: 10.1186/s13613-017-0348-4.
- [11] Bortolotti P, Colling D, Preau S. Inferior vena cava respiratory variations: a useful tool at bedside to guide fluid therapy in spontaneously breathing patients[J]. Shock, 2018, 49(2): 235-236. DOI: 10.1097/SHK.0000000000000950.
- [12] 步涨,潘纯,王俊,等. 超声监测下腔静脉变异度对心功能不全患者困难撤机的预测价值[J]. 临床超声医学杂志, 2017, 19(6): 371-374. DOI: 10.3969/j.issn.1008-6978.2017.06.004. Bu Z, Pan C, Wang J, et al. Predictive value of inferior vena cava variability for difficult weaning in patients with cardiac dysfunction under ultrasonic monitor [J]. J Clin Ultrasound Med, 2017, 19(6): 371-374. DOI: 10.3969/j.issn.1008-6978.2017.06.004.
- [13] Spadaro S, Grasso S, Mauri T, et al. Can diaphragmatic ultrasonography performed during the T-tube trial predict weaning failure? The role of diaphragmatic rapid shallow breathing index[J]. Crit Care, 2016, 20(1): 305. DOI: 10.1186/s13054-016-1479-y.