

超声监测下腔静脉变异度联合肺复张评估机械通气患者急性循环衰竭容量反应性的应用价值

朱超云 蒋宝虎 刘媛 吴衡

摘要 **目的** 探讨超声监测下腔静脉变异度(Δ IVC)联合肺复张在机械通气患者急性循环衰竭容量反应性评估中的应用价值。**方法** 选取我院重症监护病房收治的急性循环衰竭且需机械通气的患者53例,依次完成肺复张和容量负荷试验,应用脉搏指示剂连续心排血量监测仪分别测量患者肺复张前、肺复张时平均动脉压(MAP)、中心静脉压(CVP)、每搏变异度(SVV)、全心舒张末容积指数(GEDI)、心脏指数和肺复张后心脏指数变化率(Δ CI_{LRM}),以及容量负荷试验后心脏指数变化率(Δ CI_{VE})等血流动力学参数;应用超声测量肺复张时下腔静脉直径并计算 Δ IVC。将患者分为有反应组(Δ CI_{VE}≥15%)28例和无反应组(Δ CI_{VE}<15%)25例,比较两组上述参数的差异;分析上述血流动力学参数与 Δ IVC的相关性;绘制受试者工作特征(ROC)曲线分析各参数预测容量反应性的效能。**结果** 两组肺复张时SVV均高于肺复张前,肺复张前和肺复张时有反应组SVV均高于无反应组,肺复张时有反应组下腔静脉直径差值(Δ D_{IVC})和 Δ IVC均高于无反应组,差异均有统计学意义(均 P <0.05)。相关性分析显示,肺复张时MAP与 Δ IVC呈负相关(r =-0.279, P =0.043),SVV、 Δ CI_{LRM}、 Δ CI_{VE}与 Δ IVC均呈正相关(r =0.409、0.807、0.800, P =0.002、0.000、0.000), Δ CI_{LRM}与 Δ CI_{VE}呈正相关(r =0.894, P =0.000),CVP、GEDI与 Δ IVC无相关性。ROC曲线分析显示,肺复张时SVV、 Δ IVC和 Δ D_{IVC}预测容量反应性的曲线下面积分别为0.891、0.770、0.747,当SVV截断值为14.5%,其敏感性为60.7%,特异性为100%;当 Δ IVC截断值为12.9%,其敏感性为78.6%,特异性为72.0%;当 Δ D_{IVC}截断值为0.25 cm,其敏感性为46.4%,特异性为88.0%。**结论** 应用超声监测 Δ IVC联合肺复张可较准确地预测机械通气患者急性循环衰竭的容量反应性,具有重要的临床价值。

关键词 超声心动描记术;下腔静脉变异度;容量反应性;急性循环衰竭;肺复张

[中图分类号]R540.45;R459.7

[文献标识码]A

Application value of ultrasound monitoring of inferior vena cava variability combined with lung recruitment maneuver in evaluating volumetric responsiveness in acute circulatory failure patients with mechanical ventilation

ZHU Chaoyun, JIANG Baohu, LIU Yuan, WU Heng

Department of Emergency, the Affiliated Yixing Hospital of Jiangsu University, Jiangsu 214200, China

ABSTRACT **Objective** To investigate the application value of ultrasound monitoring of inferior vena cava variability (Δ IVC) combined with lung recruitment maneuver in evaluating volume responsiveness in acute circulatory failure patients with mechanical ventilation. **Methods** Fifty-three patients with acute circulation failure requiring mechanical ventilation in intensive care unit of our hospital were enrolled. Lung recruitment maneuver and volume expansion (VE) were performed successively. The hemodynamic parameters including mean arterial pressure (MAP), central venous pressure (CVP), stroke volume variation (SVV), global end-diastolic volume index (GEDI), cardiac index (CI) before and during lung recruitment maneuver and the variation ratio in cardiac index after lung recruitment maneuver (Δ CI_{LRM}) were measured by pulse indicator continuous cardiac output monitor. Δ IVC and inferior vena cava diameter during lung recruitment maneuver were calculated by

基金项目:无锡市卫生健康委科研面上项目(M202056)

作者单位:214200 江苏省宜兴市,江苏大学附属宜兴医院急诊医学科

通讯作者:吴衡,Email:staff1184@yxph.com

ultrasound. The patients were divided into the reaction group ($\Delta CI_{VE} \geq 15\%$, 28 cases) and non-reaction group ($\Delta CI_{VE} < 15\%$, 25 cases), the differences of the above hemodynamic parameters between the two groups were compared. The correlations between the above hemodynamic parameters and ΔIVC were analyzed. The receiver operation characteristic (ROC) curve was drawn and the efficacy of each parameter in predicting the volume responsiveness was analyzed. **Results** Both in reaction group and non-reaction group, SVV at the time of lung recruitment maneuver was higher than that before lung recruitment maneuver ($P < 0.05$). SVV of the reaction group was significantly higher than that of the non-reaction group before and during lung recruitment maneuver (both $P < 0.05$). ΔD_{IVC} and ΔIVC of the reaction group were significantly higher than those of the non-reaction group during lung recruitment maneuver (both $P < 0.05$). During lung recruitment maneuver, MAP was negatively correlated with ΔIVC ($r = -0.279, P = 0.043$), and SVV, ΔCI_{LRM} , ΔCI_{VE} were positively correlated with ΔIVC ($r = 0.409, 0.807, 0.800, P = 0.002, 0.000, 0.000$), ΔCI_{LRM} was positively correlated with ΔCI_{VE} ($r = 0.894, P < 0.05$), while CVP and GEDI were no correlation with ΔIVC . ROC curve analysis showed that the area under the curve of SVV, ΔIVC and ΔD_{IVC} during lung recruitment maneuver for predicting volumetric responsiveness were 0.891, 0.770, 0.747, respectively. When the cut-off value of SVV was 14.5%, the sensitivity was 60.7%, and the specificity was 100%. When the cut-off value of ΔIVC was 12.9%, the sensitivity was 78.6%, and the specificity was 72.0%. When the cut-off value of ΔD_{IVC} was 0.25 cm, the sensitivity was 46.4%, and the specificity was 88.0%. **Conclusion** Ultrasound monitoring of ΔIVC combined with lung recruitment maneuver could accurately predict volume responsiveness in acute circulation failure patients with mechanical ventilation, which has important clinical value.

KEY WORDS Echocardiography; Inferior vena cava variability; Volume responsiveness; Acute circulation failure; Lung recruitment maneuver

急性循环衰竭是临床上常见的急危重症,及时有效的液体复苏治疗可改善患者的血流动力学状态,避免器官功能进一步损害;而不恰当的液体复苏治疗会引起容量过负荷,加重器官功能负担,并引起相关并发症^[1],故液体复苏前精准评估容量反应性具有重要意义^[2]。目前评估容量反应性的指标有脉压变异度、每搏变异度(SVV)、主动脉流速-时间积分变异度、下腔静脉变异度(ΔIVC)、肱动脉峰流速变异度等,大多可通过容量负荷试验或直腿抬高试验基于心肺交互作用获得^[3]。而对于有创机械通气患者,提高潮气量或呼气末正压将影响患者的胸膜腔内压和左心前负荷,导致心输出量改变,此时可通过肺复张基于心肺交互机制进行负向容量负荷试验从而评估患者的容量反应性^[4],但目前关于该方法临床应用的相关研究较少。既往研究^[5]表明,应用超声监测下腔静脉直径及 ΔIVC 可用于评估患者的容量反应性,对液体复苏治疗具有一定的指导价值。本研究拟通过肺复张进行负向容量负荷试验,并应用超声监测 ΔIVC ,旨在探讨二者联合在评估机械通气患者急性循环衰竭容量反应性中的应用价值。

资料与方法

一、研究对象

选取 2018 年 1 月至 2020 年 12 月在我院重症监护病房行机械通气治疗的急性循环衰竭患者 53 例。纳入标准:①符合急性循环衰竭诊断标准^[6];②有创机械容

量控制通气模式,具体为潮气量 8 ml/kg,呼吸频率 12~20 次/min,压力支持 8~12 cm H₂O (1 cm H₂O=0.098 kPa),呼气末正压 0~5 cm H₂O;气道峰压 < 30 cm H₂O。排除标准:①年龄 < 18 岁;②存在严重慢性阻塞性肺病、大量胸腔积液、大量腹腔胀气、腹腔间室综合征等影响经胸超声心动图测量或肺复张实施者;③容量超负荷、心功能不全(明显的右心功能不全或左室射血分数 < 40%)、急性冠状动脉综合征等不能进行容量负荷试验者。本研究经我院医学伦理委员会批准,入选者均知情同意。

二、仪器与方法

1. 基础治疗:按照急性循环衰竭相关的指南,及时给予容量复苏和血管活性药物维持血压稳定、有创机械通气、镇静肌松、抗感染、保护内脏功能等基础治疗。所有患者分别进行肺复张和容量负荷试验。

2. 临床资料获取:所有入组患者均详细记录性别、年龄、体质量指数、急性生理与慢性健康状态 II (APACHE II)评分、序贯脏器衰竭(SOFA)评分、潮气量、呼气末正压等。

3. 肺复张及下腔静脉参数测量:所有患者肺复张前均给予维库溴铵 4 mg 静脉注射,以消除自主呼吸对测量结果的影响。调整呼吸机模式为持续正压通气,设置压力支持和呼气末正压分别为 0、30 cm H₂O,维持 30 s 进行肺复张。使用 Philips EPIQ 7C 彩色多普勒超声诊断仪, S5-1 探头,频率 1~5 MHz。患者取平卧位,在肺复张时于剑突下下腔静脉长轴切面距右房入口 2 cm 处测量下腔静脉直径,记录 1 个完整呼吸周期内

下腔静脉直径最大值(D_{IVCmax})和最小值(D_{IVCmin}),并计算下腔静脉直径差值(ΔD_{IVC})和 ΔIVC ,公式为: $\Delta D_{IVC}=D_{IVCmax}-D_{IVCmin}$; $\Delta IVC=2 \times \Delta D_{IVC} / (D_{IVCmax}+D_{IVCmin}) \times 100\%$ ^[7]。以上操作均由同一通过重症超声培训且熟练掌握相关操作技能的高年资急诊医学科医师完成,所有参数均连续测量3次,取平均值。

4. 血流动力学参数监测:所有患者均行颈内静脉或锁骨下深静脉置管,使用脉搏指示剂连续心排量监测仪,于肺复张前和肺复张时分别测量平均动脉压(MAP)、中心静脉压(CVP)、SVV、全心舒张末容积指数(GEDI)、心脏指数(CI_{LRM}),并计算肺复张后心脏指数变化率(ΔCI_{LRM}),公式为: $\Delta CI_{LRM}=(CI_{LRM前}-CI_{LRM时})/CI_{LRM时} \times 100\%$ 。

5. 容量负荷试验及分组:完成肺复张20 min后,于10 min内快速输注生理盐水(4 ml/kg)进行容量负荷试验,测量容量负荷试验前后心脏指数(CI_{VE}),计算容量负荷试验后心脏指数变化率(ΔCI_{VE}),公式为: $\Delta CI_{VE}=(CI_{VE后}-CI_{VE前})/CI_{VE前} \times 100\%$ 。以 $\Delta CI_{VE} \geq 15\%$ 为容量反应阳性标准^[8],分为有反应组($\Delta CI_{VE} \geq 15\%$)28例和无反应组($\Delta CI_{VE} < 15\%$)25例。

三、统计学处理

应用SPSS 23.0统计软件,计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,组

间比较采用LSD- t 检验,组内比较采用配对 t 检验;计数资料以例表示,采用 χ^2 检验。相关性分析采用Pearson相关分析法。绘制受试者工作特征(ROC)曲线分析肺复张时各参数预测容量反应性的效能。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

一、两组临床资料比较

两组性别、年龄、体质量指数、APACHE II评分、SOFA评分、潮气量、呼气末正压比较,差异均无统计学意义。见表1。

二、两组血流动力学参数比较

1. 组间比较:肺复张前,有反应组SVV高于无反应组, CI_{LRM} 低于无反应组,差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$);两组MAP、CVP和GEDI比较差异均无统计学意义。肺复张时,有反应组MAP和 CI_{LRM} 均低于无反应组,SVV高于无反应组,差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$);两组CVP和GEDI比较差异均无统计学意义。容量负荷试验前和容量负荷试验后,有反应组 CI_{VE} 均低于无反应组,差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$)。有反应组 ΔCI_{LRM} 和 ΔCI_{VE} 均高于无反应组,差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$)。见表2。

表1 两组临床资料比较

组别	男/女(例)	年龄(岁)	体质量指数(kg/m ²)	APACHE II评分(分)	SOFA评分(分)	潮气量(ml)	呼气末正压(cm H ₂ O)
有反应组(28)	15/13	57.50±9.64	23.75±3.34	26.96±5.30	14.11±3.12	478.21±20.38	5.46±1.29
无反应组(25)	12/13	59.96±9.89	25.16±4.39	29.16±5.23	15.56±3.18	484.40±20.63	5.68±1.65
t/χ^2 值	0.164	-0.917	-1.323	-1.515	-1.678	-1.097	-0.533
P 值	0.685	0.364	0.192	0.136	0.099	0.278	0.596

APACHE II评分:急性生理与慢性健康状态II评分;SOFA评分:序贯脏器衰竭评分。1 cm H₂O=0.098 kPa

表2 两组血流动力学参数比较($\bar{x} \pm s$)

组别	MAP(mm Hg)		CVP(mm Hg)		GEDI(ml/m ²)		SVV(%)	
	肺复张前	肺复张时	肺复张前	肺复张时	肺复张前	肺复张时	肺复张前	肺复张时
有反应组(28)	68.89±5.21	62.79±5.14 [#]	8.86±1.94	11.96±2.00 [#]	613.25±38.23	526.11±36.18 [#]	10.18±2.29	14.82±2.50 [#]
无反应组(25)	70.88±6.72	68.76±4.03	9.56±2.47	12.32±2.59 [#]	598.00±46.57	517.80±39.96 [#]	8.32±2.09	11.16±2.01 [#]
t 值	-1.210	-4.664	-1.159	-0.561	1.308	0.794	3.066	5.832
P 值	0.232	0.000	0.252	0.577	0.197	0.431	0.003	0.000

组别	$CI_{LRM}(L \cdot \min^{-1} \cdot m^{-2})$		$CI_{VE}(L \cdot \min^{-1} \cdot m^{-2})$		$\Delta CI_{LRM}(\%)$	$\Delta CI_{VE}(\%)$
	肺复张前	肺复张时	容量负荷试验前	容量负荷试验后		
有反应组(28)	3.44±0.25	2.97±0.25 [#]	3.29±0.20	3.82±0.21 [*]	15.75±5.08	16.26±5.62
无反应组(25)	3.63±0.27	3.25±0.30 [#]	3.49±0.22	3.95±0.26 [*]	11.97±3.85	13.29±4.80
t 值	-2.732	-3.647	-3.525	-2.072	3.026	2.054
P 值	0.009	0.001	0.001	0.043	0.004	0.045

与肺复张前比较,[#] $P < 0.05$;与容量负荷试验前比较,^{*} $P < 0.05$ 。MAP:平均动脉压;CVP:中心静脉压;GEDI:全心舒张末容积指数;SVV:每搏变异度; CI_{LRM} :肺复张过程中心脏指数; CI_{VE} :容量负荷试验过程中心脏指数; ΔCI_{LRM} :肺复张后心脏指数变化率; ΔCI_{VE} :容量负荷试验后心脏指数变化率。1 mm Hg=0.133 kPa

2. 组内比较:有反应组肺复张时 MAP、GEDI 和 CI_{LRM} 均较肺复张前降低, CVP 和 SVV 均较肺复张前升高, 差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$)。无反应组肺复张时 GEDI 和 CI_{LRM} 均较肺复张前降低, CVP 和 SVV 均较肺复张前升高, 差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$)。有反应组和无反应组容量负荷试验后 CI_{VE} 均高于容量负荷试验前, 差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$)。见表 2。

三、两组肺复张时下腔静脉各超声参数比较

肺复张时, 有反应组 ΔD_{IVC} 和 ΔIVC 均高于无反应组, 差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$); 两组 D_{IVCmax} 和 D_{IVCmin} 比较差异均无统计学意义。见表 3 和图 1。

表 3 两组肺复张时下腔静脉各超声参数比较($\bar{x} \pm s$)

组别	D_{IVCmax} (mm)	D_{IVCmin} (mm)	ΔD_{IVC} (mm)	ΔIVC (%)
有反应组(28)	16.71±3.70	14.29±3.51	2.43±0.79	16.12±5.60
无反应组(25)	17.52±3.11	15.84±3.36	1.68±0.69	10.91±6.16
<i>t</i> 值	-0.852	-1.643	3.652	3.229
<i>P</i> 值	0.398	0.107	0.001	0.002

D_{IVCmax} : 下腔静脉直径最大值; D_{IVCmin} : 下腔静脉直径最小值; ΔD_{IVC} : 下腔静脉直径差值; ΔIVC : 下腔静脉变异度

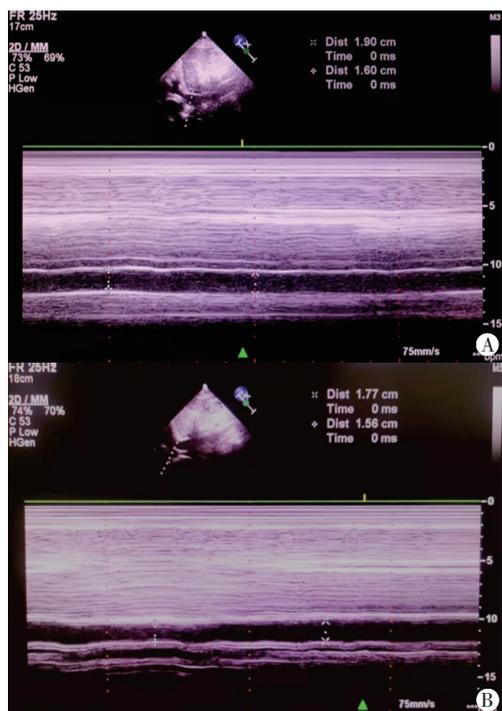


图 1 两组患者肺复张时下腔静脉超声测量图
A: 有反应组(男, 62岁), D_{IVCmax} 为 1.90 cm, D_{IVCmin} 为 1.60 cm, ΔD_{IVC} 为 0.30 cm, ΔIVC 为 17.14%; B: 无反应组(男, 65岁), D_{IVCmax} 为 1.77 cm, D_{IVCmin} 为 1.56 cm, ΔD_{IVC} 为 0.21 cm, ΔIVC 为 12.61%

图 1 两组患者肺复张时下腔静脉超声测量图

四、相关性分析

肺复张时 MAP 与 ΔIVC 呈负相关($r = -0.279, P = 0.043$), SVV、 ΔCI_{LRM} 、 ΔCI_{VE} 与 ΔIVC 均呈正相关($r = 0.409, 0.807, 0.800, P = 0.002, 0.000, 0.000$), ΔCI_{LRM} 与

ΔCI_{VE} 呈正相关($r = 0.894, P = 0.000$), CVP、GEDI 与 ΔIVC 无相关性。

五、肺复张时各参数对机械通气患者急性循环衰竭容量反应性的预测价值

肺复张时 SVV、 ΔIVC 和 ΔD_{IVC} 预测容量反应性的 ROC 曲线下面积分别为 0.891、0.770、0.747。当 SVV 截断值为 14.5%, 其敏感性为 60.7%, 特异性为 100%; 当 ΔIVC 截断值为 12.9%, 其敏感性为 78.6%, 特异性为 72.0%; 当 ΔD_{IVC} 截断值为 0.25 cm, 其敏感性为 46.4%, 特异性为 88.0%。见表 4 和图 2。

表 4 肺复张时各参数预测机械通气患者急性循环衰竭容量反应性的效能

参数	曲线下面积(95%可信区间)	<i>P</i> 值	截断值	敏感性 (%)	特异性 (%)
CVP	0.443(0.282~0.603)	0.476	9.5 mm Hg	89.3	20.0
GEDI	0.555(0.397~0.713)	0.493	507.5 ml/m ²	82.1	36.0
SVV	0.891(0.806~0.977)	0.000	14.5%	60.7	100
ΔD_{IVC}	0.747(0.615~0.879)	0.002	0.25 cm	46.4	88.0
ΔIVC	0.770(0.638~0.902)	0.001	12.9%	78.6	72.0

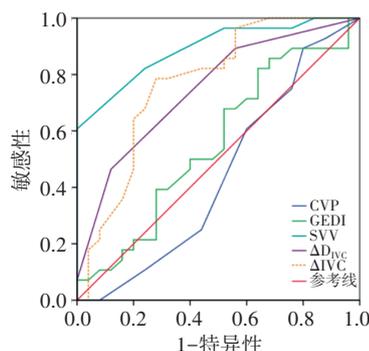


图 2 肺复张时各参数预测机械通气患者急性循环衰竭容量反应性的 ROC 曲线图

讨 论

急性循环衰竭患者的首要急救措施是及时采取液体复苏治疗, 然而仅有 50% 左右的患者具有容量反应性^[9], 本研究中具有容量反应性的患者占比 52.3%。不合理的液体复苏治疗可导致患者并发症和死亡率升高, 因此提高患者容量反应性的预测能力, 把握液体复苏时机, 有助于改善患者预后、避免液体过负荷引起的相关并发症。容量反应性可反映液体复苏的效果, 目前临床上通常以液体复苏后心脏指数较液体复苏前增加 $\geq 15\%$ 定义为容量反应阳性^[8]。基于此, 本研究旨在探讨超声监测 ΔIVC 联合肺复张在机械通气患者急性循环衰竭容量反应性评估中的应用价值。

有创机械通气状态下, 通过提高呼气末正压实行肺复张, 可使患者胸腔内压明显升高, 导致 CVP 增高,

下腔静脉直径扩张,右心前负荷减少,同时呼气末正压增加使右心后负荷升高,右心每搏输出量减少,继而左心前负荷下降,左心每搏输出量、心脏指数下降^[10]。根据 Frank-Starling 曲线,每搏输出量随心脏前负荷增加而增加,其本质反映了人体对液体的容量反应性。对于容量反应阳性的患者,肺复张时呼气末正压升高,胸腔内压增加, ΔCI_{LRM} 明显增加;而容量反应阴性的患者 ΔCI_{LRM} 明显减少。GEDI 作为静态功能性容量参数,反映了患者全心舒张末期血液容积,是评估患者容量状态的可靠参数^[11]。SVV 作为动态功能性容量参数,被认为是评估容量反应性的可靠指标^[12]。本研究结果显示,有反应组患者肺复张时 MAP、GEDI 和 CI_{LRM} 较肺复张前均降低,CVP 和 SVV 较肺复张前均升高(均 $P < 0.05$);无反应组患者肺复张时 GEDI 和 CI_{LRM} 较肺复张前均降低,CVP 和 SVV 较肺复张前均升高(均 $P < 0.05$),MAP 在肺复张前后比较差异无统计学意义。表明有创机械通气过程中实施肺复张,能够影响患者下腔静脉回流,使 CVP 升高,左、右心室前负荷下降,GEDI 下降,最终导致心脏指数下降。若此时患者容量状态处于心功能曲线的陡直部分,进行肺复张将显著增加患者的容量反应性。

下腔静脉直径随呼吸运动及胸腔内压力变化而发生改变。既往研究^[13]发现通过监测 ΔIVC 能准确预测机械通气患者的容量反应性。Ma 等^[14]以每搏输出量增加 $\geq 15\%$ 作为判定容量反应阳性标准,发现 ΔIVC 预测容量反应阳性的 ROC 曲线下面积为 0.83,当 ΔIVC 为 13.39% 时,敏感性和特异性均为 85.71%。本研究结果显示,肺复张时有反应组 ΔD_{IVC} 和 ΔIVC 均高于无反应组(均 $P < 0.05$),而两组 D_{IVCmax} 和 D_{IVCmin} 比较差异均无统计学意义,表明通过肺复张导致的负向容量变化时,有反应组较无反应组具有更好的容量反应性。

Biais 等^[14]研究发现实施肺复张过程中能使每搏输出量下降 30%,通过肺复张可预测术中患者的容量反应性。本研究相关性分析结果显示, ΔCI_{VE} 与 ΔCI_{LRM} 呈正相关($r = 0.894, P = 0.000$), ΔIVC 与 ΔCI_{LRM} 、 ΔCI_{VE} 均呈正相关($r = 0.807, 0.800$, 均 $P = 0.000$)。说明 ΔCI_{LRM} 、 ΔCI_{VE} 和 ΔIVC 三者之间均存在很好的相关性,肺复张引起的负向容量反应性与容量负荷试验导致的正向容量反应性具有一致性。表明通过肺复张评估患者的 ΔCI_{LRM} 和 ΔIVC 可有效预测机械通气患者的容量反应性。

本研究 ROC 曲线分析显示,肺复张时 SVV、 ΔIVC 和 ΔD_{IVC} 预测容量反应性的曲线下面积分别为 0.891、0.770、0.747,其中 SVV 预测效能最佳, ΔIVC 次之。表明肺复张时 SVV 和 ΔIVC 均能准确预测机械通气患者

急性循环衰竭的容量反应性。但由于 SVV 是通过有创监测技术获得,价格高,且存在增加导管相关性感染风险,因此使用超声测量 ΔIVC 评估机械通气患者急性循环衰竭容量反应性更具优势。

综上所述,超声测量 ΔIVC 联合肺复张可以预测机械通气患者急性循环衰竭的容量反应性,对指导液体复苏具有一定的临床意义。但本研究为单中心研究,样本量小,后期可联合多中心扩大样本数量进行研究,并进一步优化试验设计。

参考文献

- [1] Behem CR, Graessler MF, Friedheim T, et al. The use of pulse pressure variation for predicting impairment of microcirculatory blood flow[J]. *Sci Rep*, 2021, 11(1): 9215.
- [2] 季兵, 朱建良, 马丽梅, 等. 早期集束化治疗对脓毒症及脓毒性休克患者预后的影响[J]. *中华急诊医学杂志*, 2019, 28(2): 170-174.
- [3] Jozwiak M, Monnet X, Teboul JL. Prediction of fluid responsiveness in ventilated patients[J]. *Ann Transl Med*, 2018, 6(18): 352.
- [4] Biais M, Lanchon R, Sesay M, et al. Changes in stroke volume induced by lung recruitment maneuver predict fluid responsiveness in mechanically ventilated patient in operating room[J]. *Anesthesiology*, 2017, 126(2): 260-267.
- [5] 赵浩天, 龙玲, 任珊, 等. 下腔静脉指标评估脓毒症休克患者容量反应性的可靠性再思考[J]. *中国急救医学*, 2020, 40(8): 763-767.
- [6] 中国医师协会急诊医师分会. 急性循环衰竭中国急诊临床实践专家共识[J]. *中华急诊医学杂志*, 2016, 25(2): 146-151.
- [7] 彭璋, 袁茵, 袁世炎, 等. 下腔静脉直径变化对高 PEEP 休克患者容量反应性的预测价值[J]. *华中科技大学学报(医学版)*, 2019, 48(5): 544-548.
- [8] 李转运, 柴亚歌, 李吉明, 等. 机械通气联合超声评估脓毒性休克患者容量反应性价值的研究[J]. *中华急诊医学杂志*, 2020, 29(7): 946-953.
- [9] Kory P. COUNTERPOINT: should acute fluid resuscitation be guided primarily by inferior vena cava ultrasound for patients in shock? No [J]. *Chest*, 2017, 151(3): 533-536.
- [10] 彭艺, 高巨. 基于“心肺交互”的无创循环监测指标评估容量反应性研究进展[J]. *国际麻醉学与复苏杂志*, 2020, 41(3): 293-296.
- [11] 金光勇, 林乐清, 梁栋诚, 等. 全心舒张末期容积指数对心功能不全并脓毒性休克患者液体复苏的应用价值[J]. *中华危重症医学杂志(电子版)*, 2018, 11(6): 377-381.
- [12] Michelson PL, McCaslin DL, Jacobson GP, et al. Assessment of subjective visual vertical (SVV) using the “bucket test” and the virtual SVV system[J]. *Am J Audiol*, 2018, 27(3): 249-259.
- [13] Zhang Z, Xu X, Ye S, et al. Ultrasonographic measurement of the respiratory variation in the inferior vena cava diameter is predictive of fluid responsiveness in critically ill patients: systematic review and Meta-analysis[J]. *Ultrasound Med Biol*, 2014, 40(5): 845-853.
- [14] Ma GG, Hao GW, Yang XM, et al. Internal jugular vein variability predicts fluid responsiveness in cardiac surgical patients with mechanical ventilation[J]. *Ann Intensive Care*, 2018, 8(1): 6.

(收稿日期: 2021-10-15)