

· 临床研究 · doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2024.02.013

网络首发 [https://link.cnki.net/urlid/50.1097.R.20240115.1511.027\(2024-01-16\)](https://link.cnki.net/urlid/50.1097.R.20240115.1511.027(2024-01-16))

## 经潮气量挑战后的 PPV 和 SVV 对 ARDS 患者容量反应性的预测价值\*

余娜, 杨锦平, 刘亚林, 李灿<sup>△</sup>

(重庆市第五人民医院重症医学科, 重庆 400062)

**[摘要]** **目的** 探讨潮气量从 6 mL/kg 增加到 8 mL/kg 预测体重(PBW)后的脉压变异度(PPV)和每搏输出量变异度(SVV)及其变化值对急性呼吸窘迫综合征(ARDS)患者容量反应性的预测价值。**方法** 前瞻性研究,选择 2021 年 1 月至 2022 年 12 月收入该院重症监护室(ICU)的 23 例存在急性循环衰竭的 ARDS 患者,在潮气量 6 mL/kg PBW、经潮气量挑战(潮气量瞬间增至 8 mL/kg PBW)后 1 min、潮气量再降至 6 mL/kg PBW 及给予容量负荷试验(FB)后分别记录 PPV、SVV 和心脏指数等指标。以潮气量再降至 6 mL/kg PBW 并给予 FB 后心脏指数增加( $\Delta CI \geq 15\%$ )为容量反应性阳性。采用受试者工作特征(ROC)曲线评估潮气量从 6 mL/kg 增加到 8 mL/kg PBW 后的 PPV 和 SVV 及其变化值对容量反应性的预测价值。**结果** 23 例患者共进行 42 次测量,其中 24 组测量结果为容量反应性阳性(R 组),18 组测量结果为容量反应性阴性(NR 组)。潮气量从 6 mL/kg 增加到 8 mL/kg PBW 时 PPV、SVV 变化绝对值( $\Delta PPV_{6-8}$ 、 $\Delta SVV_{6-8}$ )及百分比( $\% \Delta PPV_{6-8}$ 、 $\% \Delta SVV_{6-8}$ )在两组间比较,差异均有统计学意义( $P < 0.05$ )。 $\Delta PPV_{6-8}$ 、 $\Delta SVV_{6-8}$  能预测 ARDS 患者的容量反应性,ROC 曲线下面积(AUC)及其 95%CI 分别为 0.92(0.84~1.00)和 0.90(0.81~0.99),最佳截断值分别为 2.5%和 3.5%;潮气量为 6 mL/kg PBW 时的 PPV、SVV、中心静脉压(CVP)不能有效预测 ARDS 患者的容量反应性。**结论** 经潮气量挑战后的 PPV 或 SVV 变化值预测 ARDS 患者小潮气量通气时的容量反应性效能优于 PPV 和 SVV。

**[关键词]** 急性呼吸窘迫综合征;每搏输出量变异度;脉压变异度;潮气量挑战

**[中图分类号]** R563.8 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1671-8348(2024)02-0226-06

## The predictive value of PPV and SVV after tidal volume challenge on volumetric responsiveness in patients with ARDS\*

YU Na, YANG Jinping, LIU Yalin, LI Can<sup>△</sup>

(Department of Critical Care Medicine, The Fifth People's Hospital of Chongqing, Chongqing 400062, China)

**[Abstract]** **Objective** To explore the predictive value of pulse pressure variation (PPV), stroke volume variation (SVV) and their changing values after tidal volume increase from 6 mL/kg to 8 mL/kg predicted body weight (PBW) on the volumetric responsiveness in the patients with acute respiratory distress syndrome (ARDS). **Methods** A prospective study was conducted. Twenty-three ARDS patients with acute circulatory failure treated in the intensive care unit (ICU) of this hospital from January 2021 to December 2022 were selected. The indicators such as PPV, SVV and cardiac index were recorded at the tidal volume of 6 mL/kg PBW, 1 min after tidal volume challenge (tidal volume instantly increased to 8 mL/kg PBW), the tidal volume re-reduced to 6 mL/kg PBW, and after fluid bolus (FB), respectively. The cardiac index increase ( $\Delta CI \geq 15\%$ ) served as the volumetric responsiveness positive when the tidal volume was re-reduced to 6 mL/kg PBW and after giving FB. The receiver operating characteristic (ROC) curve was used to evaluate the predictive value of PPV, SVV and their changing values for the volumetric responsiveness after the tidal volume increase from 6 mL/kg to 8 mL/kg PBW. **Results** A total of 42 measurements were performed in 23 patients. Among them, 24 set of measurements were volumetric responsiveness positive (group R), and 18 set of measurements were volumetric responsiveness negative (group NR). The absolute values ( $\Delta PPV_{6-8}$ ,  $\Delta SVV_{6-8}$ ) and percentage ( $\% \Delta PPV_{6-8}$ ,  $\% \Delta SVV_{6-8}$ ) of PPV and SVV in tidal volume increase from 6 mL/kg to 8 mL/kg PBW had statistical differences between the two groups ( $P < 0.05$ ).  $\Delta PPV_{6-8}$  and  $\Delta SVV_{6-8}$  could predict the volumetric respon-

siveness in the patients with ARDS. The area under the ROC curve (AUC) and its 95%CI were 0.92(0.84—1.00) and 0.90(0.81—0.99), and the optimal cut off values were 2.5% and 3.5%, respectively. When the tidal volume was 6 mL/kg PBW, the PPV, SVV and central venous pressure (CVP) could not effectively predict the volumetric responsiveness in the patients with ARDS. **Conclusion** The efficiency of PPV or SVV changing values after tidal volume challenge for predicting the volumetric responsiveness of ARDS patients during low tidal volume ventilation is superior to PPV and SVV.

**[Key words]** acute respiratory distress syndrome; stroke volume variation; pulse pressure variation; tidal volume challenge

绝对或相对容量不足是导致急性循环衰竭或组织灌注不足的常见原因,液体复苏是恢复足够的心输出量和保证器官灌注压的基石<sup>[1]</sup>,存在容量反应性是液体复苏的前提。但盲目扩容导致液体过负荷,与重症监护室(ICU)住院时间延长、并发症发生率和死亡率增加相关<sup>[2-4]</sup>。许多危重患者并没有容量反应性<sup>[5]</sup>,可能不需要进一步补液处理。因此,及时准确地评估容量状态和容量反应性对重症患者的循环支持至关重要。

动态前负荷指标如每搏输出量变异度(stroke volume variation, SVV)和脉压变异度(pulse pressure variation, PPV)在预测容量反应性的灵敏度和特异度均优于静态指标<sup>[6-8]</sup>。为避免不必要的液体输注,预测急性呼吸窘迫综合征(acute respiratory distress syndrome, ARDS)患者的容量反应性至关重要,因为液体过负荷与 ARDS 死亡率增加密切相关<sup>[4,9]</sup>。研究机械通气过程中心肺交互作用相关的动态前负荷指标的前提是潮气量 $\geq 8$  mL/kg 预测体重(predicted body weight, PBW),无心律失常,心率/呼吸在较高水平,以及呼吸系统顺应性和腹腔内压在正常范围内。然而,这些前提在保护性通气的 ARDS 患者中受到了强烈挑战<sup>[10-11]</sup>。由于低呼吸系统顺应性降低了气道压至心血管的传递,在严重 ARDS 患者肺保护性通气时,小潮气量可能不足以产生明显的胸内压变化,因此,对于即便存在容量反应性的患者,这些动态前负荷指标也可能表现为阴性<sup>[12]</sup>。这可能会妨碍在小潮气量通气时使用 PPV 和 SVV。

目前 ARDS 患者的最佳液体管理策略尚无定论<sup>[9,13]</sup>。ARDS 患者是否需要补液、补多少等问题成为困扰。找到能准确预测 ARDS 患者容量反应性的指标,指导液体复苏,将缩短患者病程、减少医疗费用、改善患者预后。本研究探讨经潮气量挑战后的 PPV 和 SVV 及其变化值对 ARDS 患者容量反应性的预测价值,现报道如下。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

采用前瞻性研究。选取 2021 年 1 月至 2022 年 12 月收入本院 ICU 的 25 例存在急性循环衰竭的 ARDS 患者。ARDS 诊断标准:(1)发病或原有疾病加重后 1 周内;(2)胸部影像学提示双肺透光度降低,且不能完全用胸腔积液、肺不张或肺结节解释;(3)动

脉血氧分压( $\text{PaO}_2$ )/吸入气氧浓度( $\text{FiO}_2$ ) $\leq 300$  mmHg 且呼气末正压通气(positive end expiratory pressure, PEEP)或持续气道正压通气(continuous positive airway pressure, CPAP) $\geq 5$  cmH<sub>2</sub>O;(4)无法用心功能不全或液体负荷过多解释的呼吸困难。纳入标准:(1)年龄 $\geq 18$ 岁。(2)符合 ARDS 诊断标准。(3)符合急性循环衰竭标准,收缩压 $< 90$  mmHg 或平均动脉压(mean arterial pressure, MAP) $< 70$  mmHg;或需要血管活性药物维持收缩压 $> 90$  mmHg 或 MAP $> 70$  mmHg,并伴有以下 1 项或以上,①尿量 $< 0.5$  mL $\cdot$ kg<sup>-1</sup> $\cdot$ h<sup>-1</sup>持续 2 h,②心率 $> 100$  次/min,③皮肤花斑,④血乳酸 $\geq 4$  mmol/L。(4)患者或家属同意行脉搏指示连续心输出量(pulse indicator continuous cardiac output, PiCCO)监测。排除标准:心律失常、瓣膜性心脏病、右心室功能障碍、心内分流、开胸、腹腔室隔综合征、怀孕或紧急需要大量补液的患者。本研究经本院伦理委员会审核通过(审批号:2020CQSDWRMYEC-018),所有患者均知情同意。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 潮气量挑战

所有患者均采用小潮气量辅助控制通气,需充分镇痛镇静,必要时予以神经肌肉阻滞剂抑制自主呼吸,并行 PiCCO 监测。生命体征变量监测采用深圳迈瑞 BeneView T8 监护仪, PiCCO 血流动力学指标动态监测采用深圳迈瑞 BeneView T8 监护仪 PiCCO 模块。潮气量挑战指将潮气量由 6 mL/kg 瞬间增至 8 mL/kg PBW;24 h 内不能重复行潮气量挑战试验,每次试验期间血管活性药物的用量和 PEEP 保持不变。

#### 1.2.2 观察指标

(1)基线血流动力学和呼吸力学指标:在潮气量为 6 mL/kg PBW 通气时,监测并记录中心静脉血氧饱和度(systemic central venous oxygen saturation, ScvO<sub>2</sub>)、动脉血乳酸(lactic acid, Lac)、PEEP、平台压(plateau pressure, Pplat)、驱动压(driving pressure,  $\Delta P = P_{\text{plat}} - \text{PEEP}$ )、呼吸系统顺应性(compliance of respiratory system, Crs)、 $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ 、血管外肺水指数(extravascular lung water index, ELWI)、肺血管阻力指数(pulmonary vascular resistance index, PVRI)、全心舒张末期容积指数(global end-diastolic

volume index, GEDVI) 等。(2) 记录特定时间点心率、收缩压、舒张压、MAP、心脏指数(cardiac index, CI)、中心静脉压(central venous pressure, CVP)、PPV、SVV。①测量 1: 在潮气量为 6 mL/kg PBW 通气时, 记录  $CI_6$ 、 $PPV_6$  和  $SVV_6$  等上述参数; ②测量 2: 将潮气量瞬间增至 8 mL/kg PBW 即进行潮气量挑战, 1 min 后记录  $CI_8$ 、 $PPV_8$ 、 $SVV_8$  等上述参数; ③测量 3: 将潮气量重新降至 6 mL/kg PBW 通气时, 再次记录  $CI_6$ 、 $PPV_6$  和  $SVV_6$  等上述参数; ④测量 4: 给予容量负荷试验(fluid bolus, FB), 即超过 10 min 输注 7 mL/kg 实际体重生理盐水, 再次记录  $CI_{FB}$ 、 $PPV_{FB}$ 、 $SVV_{FB}$  等上述参数。 $\Delta PPV_{6-8}$ 、 $\Delta SVV_{6-8}$ 、 $\% \Delta PPV_{6-8}$ 、 $\% \Delta SVV_{6-8}$ : 计算潮气量从 6 mL/kg 增加到 8 mL/kg PBW 时 PPV、SVV 变化绝对值及百分比;  $CVP_6$ : 潮气量 6 mL/kg PBW 时的 CVP 值;  $\Delta PPV_{FB}$ 、 $\Delta SVV_{FB}$ : 计算潮气量再降至 6 mL/kg PBW, 并行 FB 后的 PPV、SVV 变化绝对值。容量反应性判定标准: FB 后心脏指数增加( $\Delta CI$ ) $\geq 15\%$  者为容量反应性阳性,  $\Delta CI < 15\%$  为容量反应性阴性。

### 1.3 统计学处理

采用 SPSS24.0 统计软件进行统计分析。正态分布计量资料以  $\bar{x} \pm s$  表示, 重复测量数据采用一般线性模型进行分析; 非正态分布计量资料以  $M(Q_1, Q_3)$  表示。计数资料以例数或百分比表示, 组间比较采用  $\chi^2$  检验; 采用受试者工作特征(ROC)曲线评估潮气量分别在 6 mL/kg 和 8 mL/kg PBW 时 PPV、SVV 对容量反应性的预测效能, 以及潮气量挑战后  $\Delta PPV_{6-8}$ 、 $\Delta SVV_{6-8}$ 、 $\% \Delta PPV_{6-8}$ 、 $\% \Delta SVV_{6-8}$  对容量反应性的预测效能。以  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 患者基本临床资料

接受筛查的 25 例患者中, 2 例因心房颤动和右心室功能障碍被排除。最终纳入 23 例患者, 男 12 例(52.2%)、女 11 例(47.8%), 年龄( $62.7 \pm 18.8$ )岁, 急性生理学及慢性健康状况评分系统 II (APACHE II) 评分为( $25.4 \pm 6.6$ )分, 所有患者均诊断为脓毒性

休克合并 ARDS, 其中 14 例发生重症急性胰腺炎, 2 例发生泌尿系感染, 7 例发生腹腔感染。在 6 mL/kg 和 8 mL/kg PBW 通气期间, 驱动压分别为 12(12, 14)、15(14, 16) cmH<sub>2</sub>O, Crs 分别为 29.5(24.0, 32.0)、34.0(28.0, 36.0) mL/cmH<sub>2</sub>O。

23 例患者共记录 42 组数据。4 例患者未能进行第 2 组测量, 其中 2 例因临床医师认为不需要再次补液, 1 例因存在自主呼吸, 1 例因 PiCCO 监测停止。24 组测量结果为容量反应性阳性(R 组), 18 组测量结果为容量反应性阴性(NR 组)。两组基线血流动力学参数和呼吸力学特征, 见表 1。

### 2.2 两组不同测量时间点血流动力学指标比较

在经潮气量挑战后(测量 2), R 组的 PPV 和 SVV 较潮气量 6 mL/kg PBW 时(测量 1)明显增加( $P < 0.05$ ); 在经液体复苏后(测量 4), R 组的 PPV 和 SVV 较潮气量再降至 6 mL/kg PBW 时(测量 3)明显降低( $P < 0.05$ ), 见表 2。

表 1 两组基线血流动力学和呼吸力学指标比较

项目	R 组( $n=24$ )	NR 组( $n=18$ )
ScvO <sub>2</sub> ( $\bar{x} \pm s, \%$ )	77.13 $\pm$ 1.33	74.72 $\pm$ 2.24 <sup>a</sup>
Lac( $\bar{x} \pm s, \text{mmol/L}$ )	3.79 $\pm$ 0.56	3.67 $\pm$ 0.76
PEEP( $\bar{x} \pm s, \text{cmH}_2\text{O}$ )	8.08 $\pm$ 2.73	10.78 $\pm$ 2.76 <sup>a</sup>
Pplat( $\bar{x} \pm s, \text{cmH}_2\text{O}$ )	19.76 $\pm$ 3.81	23.78 $\pm$ 3.56 <sup>a</sup>
驱动压( $\bar{x} \pm s, \text{cmH}_2\text{O}$ )	11.67 $\pm$ 1.52	13.00 $\pm$ 1.23 <sup>a</sup>
Crs( $\bar{x} \pm s, \text{mL/cmH}_2\text{O}$ )	31.29 $\pm$ 3.10	24.61 $\pm$ 2.17 <sup>a</sup>
PaO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub> ( $\bar{x} \pm s, \text{mmHg}$ )	231.04 $\pm$ 18.21	191.39 $\pm$ 12.22 <sup>a</sup>
ELWI( $\bar{x} \pm s, \text{mL/kg}$ )	9.06 $\pm$ 2.48	10.18 $\pm$ 2.94
PVRI( $\bar{x} \pm s$ )	2.30 $\pm$ 0.89	2.74 $\pm$ 1.17
GEDVI( $\bar{x} \pm s, \text{mL/m}^2$ )	744.88 $\pm$ 268.87	789.61 $\pm$ 122.73
去甲肾上腺素使用百分比[ $n(\%)$ ]	24(100.0)	18(100.0)
去甲肾上腺素用量( $\bar{x} \pm s, \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ )	0.89 $\pm$ 0.27	0.46 $\pm$ 0.18 <sup>a</sup>

<sup>a</sup>:  $P < 0.05$ , 与 R 组比较。

表 2 两组不同测量时间点血流动力学指标比较( $\bar{x} \pm s$ )

项目	R 组			
	测量 1	测量 2	测量 3	测量 4
心率(次/min)	126.63 $\pm$ 12.70	125.95 $\pm$ 11.70	126.29 $\pm$ 11.11	116.67 $\pm$ 9.67
收缩压(mmHg)	112.58 $\pm$ 6.47	111.33 $\pm$ 6.45	111.54 $\pm$ 5.56	120.22 $\pm$ 4.89 <sup>e</sup>
舒张压(mmHg)	59.96 $\pm$ 4.59	60.00 $\pm$ 5.18	60.54 $\pm$ 4.21	66.08 $\pm$ 2.52 <sup>e</sup>
MAP(mmHg)	70.71 $\pm$ 5.71	70.08 $\pm$ 5.48	70.25 $\pm$ 5.01	75.13 $\pm$ 3.85 <sup>e</sup>
CI(L $\cdot$ min <sup>-1</sup> $\cdot$ m <sup>-2</sup> )	3.46 $\pm$ 0.28	3.44 $\pm$ 0.27	3.46 $\pm$ 0.26	4.07 $\pm$ 0.31 <sup>e</sup>
CVP(mmHg)	8.00 $\pm$ 1.17	8.12 $\pm$ 1.74	8.27 $\pm$ 1.43	8.63 $\pm$ 0.94
PPV(%)	7.46 $\pm$ 0.78	11.29 $\pm$ 1.33 <sup>b</sup>	7.63 $\pm$ 0.58	5.75 $\pm$ 0.74 <sup>e</sup>
SVV(%)	7.00 $\pm$ 0.89	10.71 $\pm$ 1.40 <sup>b</sup>	7.42 $\pm$ 0.50	5.25 $\pm$ 0.68 <sup>e</sup>

续表 2 两组不同测量时间点血流动力学指标比较( $\bar{x} \pm s$ )

项目	NR 组			
	测量 1	测量 2	测量 3	测量 4
心率(次/min)	114.33±12.39 <sup>a</sup>	114.67±13.12 <sup>a</sup>	114.94±13.12 <sup>a</sup>	115.44±13.68
收缩压(mmHg)	110.33±5.62	110.33±5.33	110.28±6.02	111.33±5.51 <sup>a</sup>
舒张压(mmHg)	58.06±3.42	58.28±3.61	58.67±3.52	59.33±3.63 <sup>a</sup>
MAP(mmHg)	68.06±3.81	67.72±3.71	67.78±3.66	68.28±3.82 <sup>a</sup>
CI(L·min <sup>-1</sup> ·m <sup>-2</sup> )	3.40±0.35	3.41±0.34	3.41±0.37	3.45±0.36 <sup>a</sup>
CVP(mmHg)	10.58±2.17 <sup>a</sup>	10.33±2.32 <sup>a</sup>	10.55±2.18 <sup>a</sup>	11.38±2.47 <sup>a</sup>
PPV(%)	7.33±0.59	9.61±0.98 <sup>a</sup>	6.72±0.83 <sup>a</sup>	6.11±0.83
SVV(%)	7.22±0.73	9.56±1.20 <sup>a</sup>	7.00±0.59	6.50±0.79 <sup>a</sup>

测量 1:潮气量 6 mL/kg PBW;测量 2:潮气量 8 mL/kg PBW(潮气量挑战);测量 3:潮气量再降至 6 mL/kg PBW;测量 4:潮气量 6 mL/kg PBW,液体复苏后;<sup>a</sup>: $P < 0.05$ ,与 R 组同一测量时间点比较;<sup>b</sup>: $P < 0.05$ ,与同组测量 1 比较;<sup>c</sup>: $P < 0.05$ ,与同组测量 3 比较。

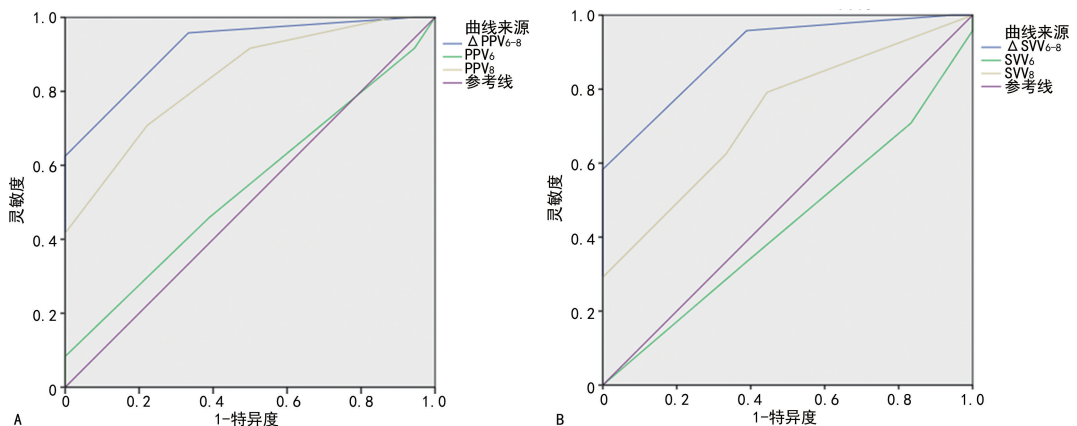
2.3 各观察指标的容量反应性预测效能

PPV<sub>6</sub>、PPV<sub>8</sub>、 $\Delta$ PPV<sub>6-8</sub> 预测 ARDS 患者容量反应性的 ROC 曲线下面积(AUC)无明显差异( $P > 0.05$ );SVV<sub>6</sub>、SVV<sub>8</sub>、 $\Delta$ SVV<sub>6-8</sub> 预测 ARDS 患者容量反应性的 AUC 亦无明显差异( $P > 0.05$ ),见图 1。两组  $\Delta$ PPV<sub>6-8</sub>、 $\%$  $\Delta$ PPV<sub>6-8</sub>、 $\Delta$ SVV<sub>6-8</sub> 和  $\%$  $\Delta$ SVV<sub>6-8</sub> 比较,差异均有统计学意义( $P < 0.05$ ),见图 2。PPV<sub>6</sub>、

SVV<sub>6</sub>、CVP<sub>6</sub> 不能预测 ARDS 患者的容量反应性, $\Delta$ PPV<sub>6-8</sub>、 $\%$  $\Delta$ PPV<sub>6-8</sub>、PPV<sub>8</sub>、 $\Delta$ PPV<sub>FB</sub>、 $\Delta$ SVV<sub>6-8</sub>、 $\%$  $\Delta$ SVV<sub>6-8</sub>、SVV<sub>8</sub>、 $\Delta$ SVV<sub>FB</sub> 能预测 ARDS 患者的容量反应性,各观察指标的 AUC、最佳截断值(cut off 值)、相应的灵敏度和特异度及阳性预测值和阴性预测值,见表 3。

表 3 各指标预测容量反应性的效能

项目	AUC(95%CI)	P	cut off 值 (%)	灵敏度 (%)	特异度 (%)	阳性预测值 (95%CI,%)	阴性预测值 (95%CI,%)
PPV <sub>6</sub>	0.54(0.37~0.72)	0.656					
SVV <sub>6</sub>	0.44(0.26~0.61)	0.477					
PPV <sub>8</sub>	0.83(0.72~0.95)	<0.001	10.5	70.8	77.8	81.0(57.4~93.7)	66.7(43.1~84.5)
SVV <sub>8</sub>	0.73(0.58~0.88)	0.012	9.5	79.2	55.6	70.4(49.7~85.5)	66.7(38.7~87.0)
$\Delta$ PPV <sub>6-8</sub>	0.92(0.84~1.00)	<0.001	2.5	95.8	66.7	79.3(59.7~91.3)	92.3(62.1~99.6)
$\Delta$ SVV <sub>6-8</sub>	0.90(0.81~0.99)	<0.001	3.5	58.3	100.0	100.0(73.2~100.0)	64.3(44.1~80.7)
$\%$ $\Delta$ PPV <sub>6-8</sub>	0.94(0.87~1.00)	<0.001	40.2	83.3	88.9	90.9(69.4~98.4)	80.0(55.7~93.4)
$\%$ $\Delta$ SVV <sub>6-8</sub>	0.96(0.91~1.00)	<0.001	40.2	87.5	94.4	95.5(75.1~99.8)	85.0(61.1~96.0)
CVP <sub>6</sub>	0.15(0.03~0.26)	<0.001					
$\Delta$ PPV <sub>FB</sub>	0.88(0.78~0.99)	<0.001	1.5	70.8	88.9	89.5(65.5~98.2)	69.6(47.0~85.9)
$\Delta$ SVV <sub>FB</sub>	0.97(0.92~1.00)	<0.001	1.5	87.5	100.0	100.0(80.8~100.0)	85.7(62.6~96.2)



A:PPV<sub>6</sub>、PPV<sub>8</sub>、 $\Delta$ PPV<sub>6-8</sub> 预测容量反应性的 ROC 曲线;B:SVV<sub>6</sub>、SVV<sub>8</sub>、 $\Delta$ SVV<sub>6-8</sub> 预测容量反应性的 ROC 曲线。

图 1 不同指标预测 ARDS 患者容量反应性的 ROC 曲线



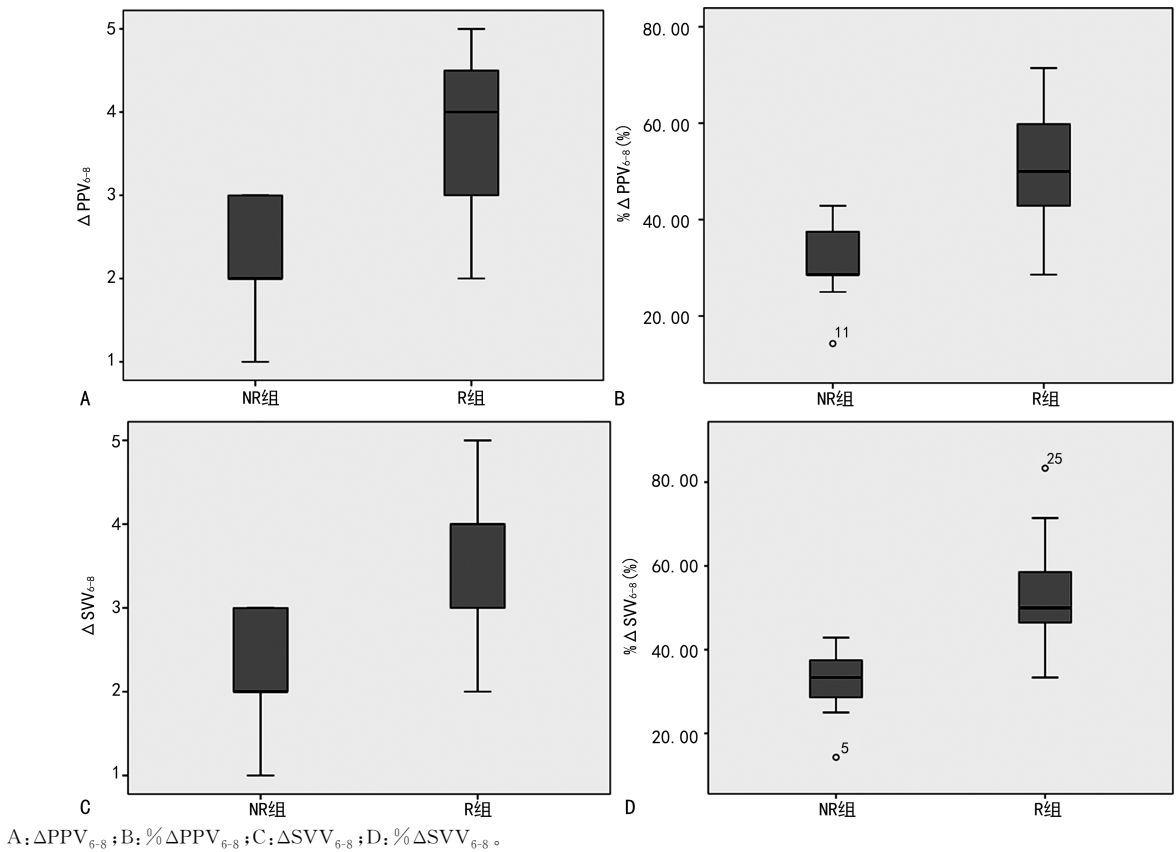


图 2 两组不同指标比较箱型图

### 3 讨 论

当潮气量  $\geq 8$  mL/kg PBW 时, PPV 及 SVV 能可靠地预测容量反应性<sup>[14-15]</sup>。但在小潮气量通气时,即便在有容量反应性的患者中, PPV 和 SVV 可能也提示无容量反应性<sup>[14,16]</sup>,这是因为潮气量过低可能不足以产生明显的胸内压变化<sup>[17-19]</sup>。目前,小潮气量通气对血流动力学参数的影响仍存在争议<sup>[16,20]</sup>。有研究表明,小潮气量通气时, PPV 与液体复苏后 CI 变化明显相关<sup>[12,21]</sup>。但也有研究得出相反的结论,当潮气量  $< 8$  mL/kg PBW 时, PPV 预测各种危重疾病患者容量反应性的准确性较低<sup>[11]</sup>。

本研究作者设想,在小潮气量通气时,将潮气量从 6 mL/kg 提高到 8 mL/kg PBW,可短期内增加胸内压力,从而提高心肺相互作用程度,并可真实地反映机体的容量反应性。这在本研究中得到了证实,在实施潮气量挑战后,  $\Delta PPV_{6-8}$ 、 $\Delta SVV_{6-8}$  和  $\% \Delta PPV_{6-8}$ 、 $\% \Delta SVV_{6-8}$  能有效区分 ARDS 患者容量反应性,而使用  $PPV_6$  和  $SVV_6$  则不能区分。因此,潮气量挑战有助于预测 ARDS 患者的容量反应性,因为 PPV 和 SVV 仅在容量反应性阳性者中明显增加。本研究中,经潮气量挑战后,  $\Delta PPV_{6-8}$  和  $\Delta SVV_{6-8}$  分别以 2.5% 和 3.5% 为 cut off 值,能准确地预测 ARDS 患者的容量反应性,而  $PPV_6$  和  $SVV_6$  则不能。虽然  $\Delta SVV_{6-8}$  的特异度高,但其灵敏度较低,当  $\Delta SVV_{6-8}$  以 3.5% 为 cut off 值时,许多 ARDS 患者将被误认为无容量反应性。 $\% \Delta PPV_{6-8}$  和  $\% \Delta SVV_{6-8}$  也能预测 ARDS 患者容

量反应性,但因需额外计算,使其临床应用受到一定限制。  $PPV_8$  和  $SVV_8$  也能区分 ARDS 患者容量反应性,其灵敏度分别为 70.8% 和 79.2%, 阴性预测值均为 66.7%。  $\Delta PPV_{FB}$  及  $\Delta SVV_{FB}$  均能区分容量反应性阳性和阴性的 ARDS 患者,因此可用于确认液体复苏后的容量反应性。

潮气量挑战简单、易行,且 PPV 监测不需要特别的设备,尤其适用于资源有限的医院。由于本研究结果显示  $\Delta PPV_{FB}$  及  $\Delta SVV_{FB}$  也能预测容量反应性,因此分别将  $\Delta PPV_{6-8}$  与  $\Delta PPV_{FB}$ 、 $\Delta SVV_{6-8}$  与  $\Delta SVV_{FB}$  结合可能有助于临床预测液体复苏后患者的容量反应性,尤其在无法进行连续心输出量监测的情况下。

多项研究对 PPV 及 SVV 在 ICU 的使用提出了质疑,认为小潮气量通气使 PPV 及 SVV 在容量控制通气的患者中使用受限<sup>[17]</sup>。而潮气量挑战将克服此限制。与大多数研究不同,本研究采用经 PBW 计算的潮气量通气。对于相同的容积状态,不同大小的潮气量可能会带来不同的 PPV 和 SVV 值,使得用 ROC 曲线确定临床 cut off 值不够准确。虽然本研究是通过将潮气量从 6 mL/kg 增加到 8 mL/kg PBW 来进行潮气量挑战,但在潮气量重新降至 6 mL/kg PBW 后,再给予标准剂量液体进行液体复苏,以  $\Delta CI$  判定机体的容量反应性,因此是在小潮气量通气时找出真正的容量反应性阳性者和阴性者。

本研究未说明患者休克发生后的治疗时间窗,也没有记录入组前患者的补液情况。这是因为本研究

目的是为了确定潮气量挑战是否有助于预测容量反应性,以揭露存在急性循环衰竭的 ARDS 患者不同临床阶段的容量状态,指导临床治疗。但潮气量挑战仍有不足,其不能克服 PPV、SVV 使用的限制,如心律失常、开胸、右心功能障碍者等。

综上所述,经潮气量挑战后的  $\Delta PPV_{6-8}$ 、 $\Delta SVV_{6-8}$  和  $\% \Delta PPV_{6-8}$ 、 $\% \Delta SVV_{6-8}$  在预测 ARDS 患者小潮气量通气时的容量反应性方面优于 PPV 和 SVV。

## 参考文献

- [1] BLUMLEIN D, GRIFFITHS I. Shock: aetiology, pathophysiology and management[J]. Br J Nurs, 2022, 31(8): 422-428.
- [2] MONNET X, MARIK P E, TEBOUL J L. Prediction of fluid responsiveness: an update[J]. Ann Intensive Care, 2016, 6(1): 111.
- [3] JOZWIAK M, MONNET X, TEBOUL J L. Prediction of fluid responsiveness in ventilated patients[J]. Ann Transl Med, 2018, 6(18): 352.
- [4] SAKR Y, RUBATTO-BIRRI P N, KOTFIS K, et al. Higher fluid balance increases the risk of death from sepsis: results from a large international audit[J]. Crit Care Med, 2017, 45(3): 386-394.
- [5] DOUGLAS I S, ALAPAT P M, CORL K A, et al. Fluid response evaluation in sepsis hypotension and shock: a randomized clinical trial [J]. Chest, 2020, 158(4): 1431-1445.
- [6] CHEN Y, GUO X, FU J, et al. Accuracy of stroke volume variation and pulse pressure variation to predict fluid responsiveness in patients with thoracic kyphosis[J]. Ann Palliat Med, 2021, 10(7): 7571-7578.
- [7] CHEN J, ZHAO S, ZHU Q. Reliability of stroke volume or pulse pressure variation as dynamic predictors of fluid responsiveness in laparoscopic surgery: a systematic review[J]. J Clin Monit Comput, 2023, 37(2): 379-387.
- [8] KIM K M, KIM G S, HAN M. A comparative study of pulse pressure variation, stroke volume variation and central venous pressure in patients undergoing kidney transplantation [J]. Singapore Med J, 2022, 63(12): 731-739.
- [9] VIGNON P, EVRARD B, ASFAR P, et al. Fluid administration and monitoring in ARDS: which management? [J]. Intensive Care Med, 2020, 46(12): 2252-2264.
- [10] MYATRA S N, PRABU N R, DIVATIA J V, et al. The changes in pulse pressure variation or stroke volume variation after a “tidal volume challenge” reliably predict fluid responsiveness during low tidal volume ventilation [J]. Crit Care Med, 2017, 45(3): 415-421.
- [11] XU Y, GUO J, WU Q, et al. Efficacy of using tidal volume challenge to improve the reliability of pulse pressure variation reduced in low tidal volume ventilated critically ill patients with decreased respiratory system compliance [J]. BMC Anesthesiol, 2022, 22(1): 137.
- [12] ALVARADO-SÁNCHEZ J I, CAICEDOR-UIZ J D, DIAZTAGLE-FERNÁNDEZ J J, et al. Predictors of fluid responsiveness in critically ill patients mechanically ventilated at low tidal volumes: systematic review and meta-analysis [J]. Ann Intensive Care, 2021, 11(1): 28.
- [13] INGELSE S A, IJLAND M M, VAN LOON L M, et al. Early restrictive fluid resuscitation has no clinical advantage in experimental severe pediatric acute respiratory distress syndrome [J]. Am J Physiol Lung Cell Mol Physiol, 2021, 320(6): L1126-1136.
- [14] MESSINA A, MONTAGNINI C, CAMMAROTA G, et al. Tidal volume challenge to predict fluid responsiveness in the operating room: an observational study [J]. Eur J Anaesthesiol, 2019, 36(8): 583-591.
- [15] BENNETT V A, AYA H D, CECCONI M. Evaluation of cardiac function using heart-lung interactions [J]. Ann Transl Med, 2018, 6(18): 356.
- [16] JUN J H, CHUNG R K, BAIK H J, et al. The tidal volume challenge improves the reliability of dynamic preload indices during robot-assisted laparoscopic surgery in the Trendelenburg position with lung-protective ventilation [J]. BMC Anesthesiol, 2019, 19(1): 142.
- [17] TEBOUL J L, MONNET X, CHEMLA D, et al. Arterial pulse pressure variation with mechanical ventilation [J]. Am J Respir Crit Care Med, 2019, 199(1): 22-31.
- [18] TEBOUL J L, MONNET X. Pulse pressure variation and ARDS [J]. Minerva Anesthesiol, 2013, 79(4): 398-407.
- [19] LIU Y, WEI L Q, LI G Q, et al. Pulse pressure variation adjusted by respiratory changes in pleural pressure, rather than by tidal volume, reliably predicts fluid responsiveness in patients with acute respiratory distress syndrome [J]. Crit Care Med, 2016, 44(2): 342-351.

- [J]. *Cancer*, 2017, 123(16): 3040-3049.
- [12] XIAO R, JOSHI R R, HUSAIN Q, et al. Timing of surgery and adjuvant radiation therapy for sinonasal malignancies; effect of surgical approach[J]. *Head Neck*, 2019, 41(10): 3551-3563.
- [13] 卫亚楠, 陈曦. 局部晚期头颈部鳞状细胞癌的化疗及靶向进展[J]. *山东大学耳鼻喉眼学报*, 2021, 35(3): 118-124.
- [14] 张礼俊, 胥然, 罗继芳, 等. 头颈肿瘤游离皮瓣修复术后皮瓣坏死及皮瓣相关并发症影响因素分析[J]. *山东大学耳鼻喉眼学报*, 2022, 36(4): 86-90.
- [15] BIRAY AVCI C, SEZGIN B, GOKER BAGCA B, et al. PI3K/AKT/mTOR pathway and autophagy regulator genes in paranasal squamous cell carcinoma metastasis[J]. *Mol Biol Rep*, 2020, 47(5): 3641-3651.
- [16] BORKOWSKA E M, BARAŃSKA M, KOWALCZYK M, et al. Detection of PIK3CA gene mutation in head and neck squamous cell carcinoma using droplet digital PCR and RT-qPCR[J]. *Biomolecules*, 2021, 11(6): 818.
- [17] ARAFEH R, SAMUELS Y. PIK3CA in cancer; the past 30 years[J]. *Semin Cancer Biol*, 2019, 59: 36-49.
- [18] WU C Y, LIU J F, TSAI H C, et al. Interleukin-11/gp130 upregulates MMP-13 expression and cell migration in OSCC by activating PI3K/Akt and AP-1 signaling[J]. *J Cell Physiol*, 2022, 237(12): 4551-4562.
- [19] BRANDMAIER A, HOU S Q, SHEN W H. Cell cycle control by PTEN[J]. *J Mol Biol*, 2017, 429(15): 2265-2277.
- [20] MUKHERJEE R, VANAJA K G, BOYER J A, et al. Regulation of PTEN translation by PI3K signaling maintains pathway homeostasis[J]. *Mol Cell*, 2021, 81(4): 708-723.
- [21] BASSI C, HO J, SRIKUMAR T, et al. Nuclear PTEN controls DNA repair and sensitivity to genotoxic stress[J]. *Science*, 2013, 341(6144): 395-399.
- [22] XIE P, PENG Z, CHEN Y, et al. Neddylation of PTEN regulates its nuclear import and promotes tumor development[J]. *Cell Res*, 2021, 31(3): 291-311.
- [23] YEHA L, KEEL E, ENG C. The clinical spectrum of PTEN mutations[J]. *Annu Rev Med*, 2020, 71: 103-116.
- [24] 李玉兰, 陈晓霞, 魏天祥. MiR-144-3p 对口腔鳞癌 Ca27 细胞增殖、侵袭、凋亡和 PTEN/PI3K/AKT 信号通路的影响[J]. *中国实验诊断学*, 2021, 25(2): 250-256.
- [25] VAHABI M, PULITO C, SACCONI A, et al. miR-96-5p targets PTEN expression affecting radio-chemosensitivity of HNSCC cells[J]. *J Exp Clin Cancer Res*, 2019, 38(1): 141.
- [26] 冯钦, 洪晨善, 魏晓龙, 等. PTEN 和 Cyclin D1 在口腔鳞癌中的表达及其预后价值[J]. *实用癌症杂志*, 2020, 35(8): 1235-1239.
- [27] 马明福, 崔文丽, 王玻玮, 等. 弥漫大 B 细胞淋巴瘤中 PIK3CA、PTEN 的表达及临床病理学意义[J]. *新疆医科大学学报*, 2022, 45(1): 44-49.
- [28] 温菲菲, 李扬扬, 何双, 等. 食管鳞状细胞癌癌变过程中 HPV16/18 E6 蛋白与 PIK3CA、PIK3CB 突变的相关性及其临床意义[J]. *临床与实验病理学杂志*, 2022, 38(4): 397-403.
- [29] STARZYŃSKA A, SEJDA A, ADAMSKA P, et al. Prognostic value of the PIK3CA, AKT, and PTEN mutations in oral squamous cell carcinoma; literature review[J]. *Arch Med Sci*, 2021, 17(1): 207-217.
- [30] COCHICHO D, ESTEVES S, RITO M, et al. PIK3CA gene mutations in HNSCC; systematic review and correlations with HPV status and patient survival[J]. *Cancers (Basel)*, 2022, 14(5): 1286.

(收稿日期: 2023-08-07 修回日期: 2023-10-22)

(编辑: 唐 璞)

(上接第 231 页)

- [20] YONIS H, BITKER L, AUBLANC M, et al. Change in cardiac output during Trendelenburg maneuver is a reliable predictor of fluid responsiveness in patients with acute respiratory distress syndrome in the prone position under protective ventilation[J]. *Crit Care*, 2017, 21(1): 295.
- [21] TACCHERI T, GAVELLI F, TEBOUL J L, et

al. Do changes in pulse pressure variation and inferior vena cava distensibility during passive leg raising and tidal volume challenge detect preload responsiveness in case of low tidal volume ventilation? [J]. *Crit Care*, 2021, 25(1): 110.

(收稿日期: 2023-05-18 修回日期: 2023-09-22)

(编辑: 冯 甜)