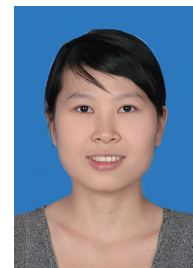


## · 论著 · 烧伤休克复苏与脏器损伤诊治 ·

# 脉搏轮廓心输出量监测技术在严重烧伤患者休克期液体复苏中的应用



余惠 朱飘飘 陈丽映 祝芳芳 胡蓉丽 李孝建

广州市红十字会医院烧伤整形科 510220

通信作者:李孝建, Email:lixj64@163.com

**【摘要】** 目的 探讨脉搏轮廓心输出量(PiCCO)监测技术在严重烧伤患者休克期液体复苏中的应用。方法 2015年1月—2019年12月,广州市红十字会医院收治的33例严重烧伤患者符合入选标准,收集其临床资料进行回顾性队列研究。根据采用的监测方法,将患者分为PiCCO监测组15例[男13例、女2例,年龄(43±13)岁]与常规监测组18例[男14例、女4例,年龄(39±9)岁]。患者入院后均按照第三军医大学休克期补液公式进行补液,常规监测组通过监测患者尿量、血压等指标进行液体复苏;PiCCO监测组患者行PiCCO监测,在常规监测组监测指标的基础上,综合患者情况及PiCCO监测的血流动力学参数(不追求参数达到正常水平)指导液体复苏。统计2组患者伤后第1、2个24h的胶体系数与电解质系数[同时将伤后第1个24h胶体系数、电解质系数与第三军医大学休克期补液公式值 $0.75 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \% \text{ TBSA}^{-1}$ 比较]、总补液系数、尿量,入院时及入院后24、48h乳酸、碱剩余水平及氧合指数,机械通气时间、创面愈合时间、病死比例;统计PiCCO监测组患者伤后24、48、72h心脏指数、全心舒张末期容积指数(GEDVI)、胸腔脏容量指数(ITBVI)、血管外肺水指数(EVLWI)、外周血管阻力指数(SVRI)水平以及这些指标异常的病例数。对数据进行Fisher确切概率法检验、独立样本或单样本 $t$ 检验、重复测量方差分析、Bonferroni校正。结果 PiCCO监测组患者伤后第1个24h的胶体系数为 $(0.69 \pm 0.15) \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \% \text{ TBSA}^{-1}$ ,明显少于常规监测组的 $(0.85 \pm 0.16) \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \% \text{ TBSA}^{-1}$  ( $t = -2.612, P < 0.05$ );与第三军医大学休克期补液公式值比较,仅常规监测组患者伤后第1个24h胶体系数明显增多( $t = 2.847, P < 0.05$ )。2组患者伤后第2个24h胶体系数及伤后第1、2个24h电解质系数、总补液系数、尿量相近( $t = 0.579, -0.011, 0.417, -1.321, -0.137, 0.031, 1.348, P > 0.05$ )。2组患者入院时与入院后48h乳酸水平、碱剩余水平、氧合指数及入院后24h氧合指数相近( $t = -1.837, 0.620, 0.292, -1.792, 1.912, -0.167, 1.695, P > 0.05$ )。PiCCO监测组患者入院后24h乳酸及碱剩余水平分别为 $(4.8 \pm 1.4)$ 、 $(1.2 \pm 5.5) \text{ mmol/L}$ ,明显优于常规监测组的 $(7.0 \pm 1.5)$ 、 $(-2.8 \pm 3.0) \text{ mmol/L}$  ( $t = -3.904, 2.562, P < 0.05$  或  $P < 0.01$ )。2组患者机械通气时间、创面愈合时间相近( $t = -0.699, -0.697, P > 0.05$ ),病死比例相近( $P > 0.05$ )。PiCCO监测组患者GEDVI和ITBVI在伤后24、48h低于正常值低值,在伤后72h处于正常值范围;心脏指数逐渐升高,于伤后48h恢复正常;SVRI在伤后24h显著升高后逐渐下降至正常;EVLWI均数在伤后各时间点均 $< 10 \text{ mL/kg}$ 。伤后24h,PiCCO监测组 $\geq 8/15$ 的患者大部分血流动力学参数异常,之后异常比例有所下降。结论 在常规监测指标的基础上,采用PiCCO监测技术结合患者综合情况,不以血流动力学参数正常为目标指导严重烧伤患者液体复苏,可减少胶体的使用量,更好地改善组织灌注,复苏效果优于常规监测。

**【关键词】** 烧伤; 休克; 补液疗法; 血流动力学; 脉搏轮廓心输出量监测

**基金项目:**广州市高水平临床重点专科建设项目(穗卫函[2019]1555号)

## Application of pulse contour cardiac output monitoring technology in fluid resuscitation of severe

DOI:10.3760/cma.j.cn501120-20200908-00403

本文引用格式:余惠,朱飘飘,陈丽映,等. 脉搏轮廓心输出量监测技术在严重烧伤患者休克期液体复苏中的应用[J]. 中华烧伤杂志, 2021, 37(2):136-142. DOI:10.3760/cma.j.cn501120-20200908-00403.

Yu H, Zhu PP, Chen LY, et al. Application of pulse contour cardiac output monitoring technology in fluid resuscitation of severe burn patients in shock period[J]. Chin J Burns, 2021, 37(2):136-142. DOI:10.3760/cma.j.cn501120-20200908-00403.

**burn patients in shock period**

Yu Hui, Zhu Piaopiao, Chen Liying, Zhu Fangfang, Hu Rongli, Li Xiaojian

Department of Burns and Plastic Surgery, Guangzhou Red Cross Hospital, Guangzhou 510220, China

Corresponding author: Li Xiaojian, Email: lixj64@163.com

**【Abstract】 Objective** To investigate the application of pulse contour cardiac output (PiCCO) monitoring technology in fluid resuscitation of severe burn patients in shock period. **Methods** From January 2015 to December 2019, 33 patients with severe burns who were hospitalized in Guangzhou Red Cross Hospital, meeting the inclusion criteria, were recruited into a retrospective cohort study with their clinical information collected. The patients were divided into PiCCO monitoring group with 15 cases (13 males and 2 females, aged  $(43 \pm 13)$  years) and routine monitoring group with 18 cases (14 males and 4 females, aged  $(39 \pm 9)$  years) according to the monitoring method used. After admission, all the patients were rehydrated following the rehydration formula of the Third Military Medical University for shock period. In routine monitoring group, the fluid resuscitation of patients was performed by monitoring indicators such as urine volume and blood pressure, while PiCCO monitoring was performed among patients in PiCCO monitoring group, and their fluid resuscitation was guided by the patient's condition and the hemodynamic parameters (without pursuing normal levels of the parameters) of PiCCO monitoring on the basis of normal monitoring indicators in routine monitoring group. The colloids coefficients, the electrolyte coefficients (compared with the corresponding rehydration formula value of  $0.75 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \% \text{ TBSA}^{-1}$  of the Third Military Medical University for shock period during the first 24 h post injury), the total rehydration coefficients, and the urine volumes during the first and second 24 h post injury, the lactic acid level, the base excess level, and the oxygenation index at admission and 24, 48 h after admission, and the mechanical ventilation time, the wound healing time, and the death ratio of patients in the two groups were recorded. The cardiac index, the global end-diastolic volume index (GEDVI), the intrathoracic blood volume index (ITBVI), the extravascular lung water index (EVLWI), and the systemic vascular resistance index (SVRI) of patients in PiCCO monitoring group at post injury hour 24, 48, and 72 and the abnormal cases were recorded. Data were statistically analyzed with Fisher's exact probability test, independent-sample or one-sample *t* test, analysis of variance for repeated measurement, and Bonferroni correction. **Results** During the first 24 h post injury, the colloids coefficients of patients in PiCCO monitoring group was  $(0.69 \pm 0.15) \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \% \text{ TBSA}^{-1}$ , which was significantly less than  $(0.85 \pm 0.16) \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \% \text{ TBSA}^{-1}$  in routine monitoring group ( $t = -2.612, P < 0.05$ ). Compared with the rehydration formula value of the Third Military Medical University for shock period, only the colloids coefficient of patients in routine monitoring group during the first 24 h post injury was significantly increased ( $t = 2.847, P < 0.05$ ). There were no statistically significant differences between the two groups in the colloids coefficients of patients during the second 24 h post injury, or the electrolyte coefficients, the total rehydration coefficients, the urine volumes of patients during the first and the second 24 h post injury ( $t = 0.579, -0.011, 0.417, -1.321, -0.137, 0.031, 1.348, P > 0.05$ ). The lactic acid level, the base excess level, the oxygenation index of patients at admission and 48 h after admission, and the oxygenation index of patients at 24 h after admission between the two groups were similar ( $t = -1.837, 0.620, 0.292, -1.792, 1.912, -0.167, 1.695, P > 0.05$ ). The levels of lactic acid and base excess of patients in PiCCO monitoring group were  $(4.8 \pm 1.4)$  and  $(1.2 \pm 5.5) \text{ mmol/L}$ , respectively, which were significantly better than  $(7.0 \pm 1.5)$  and  $(-2.8 \pm 3.0) \text{ mmol/L}$  in routine monitoring group at 24 h after admission ( $t = -3.904, 2.562, P < 0.05$  or  $P < 0.01$ ). There were no statistically significant differences between the two groups in the mechanical ventilation time or the wound healing time of patients ( $t = -0.699, -0.697, P > 0.05$ ), or the death ratio of patients ( $P > 0.05$ ). In PiCCO monitoring group, the GEDVI, and the ITBVI of patients were lower than the normal low values at post injury hour 24 and 48, which were in the normal range at post injury hour 72; the cardiac index of patients increased gradually and recovered to normal at post injury hour 48; the SVRI of patients increased significantly at post injury hour 24 and then gradually decreased to normal; the EVLWI average of patients at all time points post injury were less than  $10 \text{ mL/kg}$ . At post injury hour 24, most of the hemodynamic parameters of more than or equal to 8/15 patients in PiCCO monitoring group were abnormal, and the abnormal proportion decreased later. **Conclusions** On the basis of traditional monitoring indicators, the use of PiCCO monitoring technology combined with the patient's condition (without pursuing normal levels of the parameters) in guiding the fluid resuscitation in severe burn patients can reduce the usage of colloid and better improve tissue perfusion, with the resuscitation effect being better than conventional monitoring.

**【Key words】** Burns; Shock; Fluid therapy; Hemodynamics; Pulse contour cardiac output monitoring

**Fund program:** High-level Clinical Key Specialties Construction Program of Guangzhou (No. 2019-1555)

烧伤休克是指烧伤后大量血浆样体液从血管内转移到组织间隙,导致血容量降低、微循环障碍以及重要器官功能紊乱<sup>[1]</sup>,是烧伤患者伤后最早出现的并发症之一,最初表现为外周血管阻力增加、循环血容量和心输出量减少、血压降低,严重者可导致 MOF 而危及生命<sup>[2-3]</sup>。因此,烧伤休克期的救治至关重要。液体复苏是抗休克的主要措施,但液体复苏过多过快和液体复苏不足都会增加患者的病死率<sup>[4-5]</sup>。

临床常规采用心电监护、血氧饱和度和尿量等指标判断早期低血容量性休克是否得到纠正,但是患者即使生命体征、尿量处于正常范围,仍然有可能存在复苏不足<sup>[2]</sup>,而且部分入院时间晚的危重烧伤患者,因伤后可能未行及时有效的液体复苏,入院后采用常规补液管理模式的干预效果欠佳,因此临床提出应进行血流动力学和容量监测。目前最受临床推崇的血流动力学监测技术为脉搏轮廓心输出量(PiCCO)监测技术<sup>[6]</sup>,该技术可连续监测患者的心输出量、心脏指数等反映心脏前、后负荷和血管阻力变化的各种血流动力学指标。有研究证明,使用 PiCCO 监测技术有利于提高烧伤休克复苏的精准度,对重度烧伤患者的液体管理有较好的指导作用<sup>[7]</sup>,还能有效缩短患者住 ICU 时间<sup>[7-10]</sup>、降低并发症的发生率<sup>[11]</sup>及改善患者预后<sup>[12-13]</sup>。本研究比较 PiCCO 监测与常规监测在严重烧伤患者休克期液体复苏管理中的应用效果,为临床治疗提供参考。

## 1 对象与方法

本研究为回顾性队列研究,符合《赫尔辛基宣言》的基本要求。根据广州市红十字会医院伦理委员会政策,临床资料可以在不泄露患者身份的前提下进行分析、使用。

### 1.1 入选标准

纳入标准:烧伤总面积 $\geq 80\%$  TBSA、年龄 18 ~ 65 岁、伤后 8 h 内入院进行液体复苏治疗者。排除标准:合并严重心、肝、肾、造血系统疾病者,其他外

伤者,妊娠妇女,因自身原因放弃治疗者。

### 1.2 临床资料与分组

2015 年 1 月—2019 年 12 月,广州市红十字会医院烧伤整形科 ICU 收治的 33 例严重烧伤患者符合入选标准,纳入本研究。根据采用的监测方法,将患者分为常规监测组 18 例和 PiCCO 监测组 15 例。2 组患者一般资料比较,差异无统计学意义( $P > 0.05$ ),见表 1。

### 1.3 治疗方法

所有患者从入院开始均实施持续心电监护,每小时监测患者动脉血压、心率、经皮血氧饱和度、尿量,严密观察记录 24 h 内液体出入量。所有患者入院后均行气管切开,并行呼吸机辅助通气。

**1.3.1 常规监测组液体复苏方法** 采用常规监测方法指导液体复苏,依据第三军医大学休克期补液公式<sup>[14]</sup>[补液总量 = 烧伤总面积(% TBSA) × 体重(kg) × 1.5 mL · kg<sup>-1</sup> · % TBSA<sup>-1</sup> 电解质和胶体 + 2 000 mL 基础水分],在传统生命体征监测、尿量的指导下进行液体复苏。电解质和胶体按 1:1 的比例补给。伤后第 1 个 24 h 补液:伤后 8 h 内补给补液总量的 1/2,伤后第 2、3 个 8 h 各补给补液总量的 1/4;伤后第 2 个 24 h 补液:电解质和胶体按第 1 个 24 h 实际补液量的 1/2 补充,基础水分不变。参照以下液体复苏目标以保证足够的灌注:(1)平均动脉压  $> 65$  mmHg(1 mmHg = 0.133 kPa)。(2)尿量  $> 1$  mL · kg<sup>-1</sup> · h<sup>-1</sup>。(3)心率 90 ~ 120 次/min。

**1.3.2 PiCCO 监测组液体复苏方法** 在常规监测组的基础上同时使用 PiCCO 监测技术监测患者血流动力学,不追求血流动力学参数达到正常水平。由医师结合患者的意识、生命体征、尿量及 PiCCO 监测参数全心舒张末期容积指数(GEDVI)、胸腔内血容量指数(ITBVI)、心脏指数、外周血管阻力指数(SVRI)、血管外肺水指数(EVLWI)等评估循环状况,调整补液,EVLWI  $> 10$  mL/kg 时可考虑减慢补液速度,必要时给予利尿剂治疗。护士协助医师床边选择锁骨下静脉和股动脉穿刺置管,穿刺成功后

表 1 2 组严重烧伤患者入院时一般资料比较

| 组别         | 例数 | 性别(例) |   | 年龄(岁,<br>$\bar{x} \pm s$ ) | 体重(kg,<br>$\bar{x} \pm s$ ) | 烧伤总面积<br>(% TBSA, $\bar{x} \pm s$ ) | 吸入性损伤(例) |    |    |
|------------|----|-------|---|----------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|----------|----|----|
|            |    | 男     | 女 |                            |                             |                                     | 轻度       | 中度 | 重度 |
| PiCCO 监测组  | 15 | 13    | 2 | 43 ± 13                    | 67 ± 14                     | 88 ± 5                              | 1        | 6  | 8  |
| 常规监测组      | 18 | 14    | 4 | 39 ± 9                     | 68 ± 11                     | 87 ± 5                              | 3        | 6  | 9  |
| <i>t</i> 值 |    | —     |   | 0.979                      | -0.314                      | 0.719                               | —        |    |    |
| <i>P</i> 值 |    | 0.423 |   | 0.335                      | 0.756                       | 0.478                               | 0.785    |    |    |

注:PiCCO 为脉搏轮廓心输出量,TBSA 为体表总面积;“—”表示无此统计量值

连接双腔中心静脉导管和 PiCCO 专用监测热稀释导管(德国 PULSION 医疗系统公司),连接 PiCCO 模块、导线,调零后进行校准,读取血流动力学参数,后每 8 小时校准 1 次。

#### 1.4 统计指标

(1)统计 2 组患者伤后第 1、2 个 24 h 胶体系数、电解质系数、总补液系数、尿量,并且比较 2 组患者伤后第 1 个 24 h 胶体系数、电解质系数与相应第三军医大学休克期补液公式值(均为  $0.75 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \% \text{ TBSA}^{-1}$ )的差异。胶体系数或电解质系数 = 实际输入胶体量或电解质的量(mL) ÷ 体重(kg) ÷ 烧伤总面积(%TBSA),总补液系数 = 实际输入液体量(mL) ÷ 体重(kg) ÷ 烧伤总面积(%TBSA)。(2)统计 2 组患者入院时及入院后 24、48 h 乳酸、碱剩余水平及氧合指数。(3)统计 2 组患者机械通气时间、创面愈合时间、病死比例。(4)统计 PiCCO 监测组患者伤后 24、48、72 h GEDVI、ITBVI、心脏指数、SVRI、EVLWI 及在这 3 个时间点这些指标异常的病例数。异常统计中,GEDVI、ITBVI、心脏指数统计低于正常值低值病例数,SVRI 统计高于正常值高值病例数,EVLWI 统计 > 10 mL/kg 的病例数。

#### 1.5 统计学处理

采用 SPSS 16.0 统计软件进行分析。计量资料数据均符合正态分布,以  $\bar{x} \pm s$  表示,对多个时间点组间总体比较行重复测量方差分析,各时间点的 2 组间比较采用独立样本  $t$  检验并行 Bonferroni 校正。单一时间点指标 2 组间比较采用独立样本  $t$  检验;2 组第 1 个 24 h 胶体系数或电解质系数与第三军医大学休克期补液公式值比较,采用单样本  $t$  检验。计数资料数据以频数表示,组间比较采用 Fisher 确切概率法检验(软件自动略去该统计量值)。 $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 胶体系数与电解质系数及总补液系数

PiCCO 监测组患者伤后第 1 个 24 h 的胶体系数

表 2 2 组严重烧伤患者伤后第 1、2 个 24 h 补液系数比较 ( $\text{mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \% \text{ TBSA}^{-1}, \bar{x} \pm s$ )

| 组别        | 例数 | 第 1 个 24 h  |             |           | 第 2 个 24 h  |             |           |
|-----------|----|-------------|-------------|-----------|-------------|-------------|-----------|
|           |    | 胶体系数        | 电解质系数       | 总补液系数     | 胶体系数        | 电解质系数       | 总补液系数     |
| PiCCO 监测组 | 15 | 0.69 ± 0.15 | 0.77 ± 0.25 | 1.7 ± 0.3 | 0.60 ± 0.13 | 0.63 ± 0.19 | 1.6 ± 0.3 |
| 常规监测组     | 18 | 0.85 ± 0.16 | 0.74 ± 0.26 | 1.9 ± 0.5 | 0.56 ± 0.21 | 0.60 ± 0.20 | 1.6 ± 0.4 |
| $t$ 值     |    | -2.612      | -0.011      | -1.321    | 0.579       | 0.417       | -0.137    |
| $P$ 值     |    | 0.014       | 0.992       | 0.197     | 0.567       | 0.680       | 0.892     |

注:TBSA 为体表总面积,PiCCO 为脉搏轮廓心输出量

明显低于常规监测组( $P < 0.05$ );常规监测组伤后第 1 个 24 h 胶体系数较第三军医大学休克期补液公式值明显增高( $t = 2.847, P = 0.010$ ),而 PiCCO 监测组伤后第 1 个 24 h 胶体系数、电解质系数及常规监测组伤后第 1 个 24 h 电解质系数与第三军医大学休克期补液公式值相近( $t = -1.482, 0.162, -0.382, P = 0.168, 0.883, 0.707$ );2 组患者伤后第 2 个 24 h 胶体系数及伤后第 1、2 个 24 h 电解质系数、总补液系数比较,差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。见表 2。

### 2.2 尿量

2 组患者伤后第 1、2 个 24 h 尿量比较,差异无统计学意义( $P > 0.05$ ),见表 3。

表 3 2 组严重烧伤患者伤后第 1、2 个 24 h 尿量比较 ( $\text{mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}, \bar{x} \pm s$ )

| 组别        | 例数 | 第 1 个 24 h  | 第 2 个 24 h  |
|-----------|----|-------------|-------------|
| PiCCO 监测组 | 15 | 1.16 ± 0.79 | 1.72 ± 1.19 |
| 常规监测组     | 18 | 1.17 ± 0.39 | 1.35 ± 0.28 |
| $t$ 值     |    | 0.031       | 1.348       |
| $P$ 值     |    | 0.976       | 0.189       |

注:PiCCO 为脉搏轮廓心输出量

### 2.3 乳酸与碱剩余水平及氧合指数

2 组患者的乳酸水平随入院后时间的延长呈降低趋势;入院后 24 h, PiCCO 监测组患者乳酸水平明显低于常规监测组( $P < 0.01$ )。2 组患者的碱剩余水平随入院后时间的延长逐渐升高;入院后 24 h, PiCCO 监测组患者碱剩余水平明显高于常规监测组( $P < 0.05$ )。入院时和入院后 48 h, 2 组患者乳酸和碱剩余水平相近( $P > 0.05$ )。入院时及入院后 24、48 h, PiCCO 监测组患者氧合指数高于常规监测组,但差异均无统计学意义( $P > 0.05$ )。见表 4。

### 2.4 机械通气时间与创面愈合时间及病死比例

2 组患者机械通气时间、创面愈合时间及病死比例比较,差异无统计学意义( $P > 0.05$ ),见表 5。

### 2.5 PiCCO 监测组血流动力学参数

PiCCO 监测组患者 GEDVI 和 ITBVI 在伤后 24、

**表 4** 2 组严重烧伤患者各时间点乳酸与碱剩余水平及氧合指数比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

| 组别        | 例数 | 乳酸<br>(mmol/L) | 碱剩余<br>(mmol/L) | 氧合指数<br>(mmHg) |
|-----------|----|----------------|-----------------|----------------|
| PiCCO 监测组 | 15 |                |                 |                |
| 入院时       |    | 5.8 ± 1.5      | -6.1 ± 4.1      | 251 ± 129      |
| 入院后 24 h  |    | 4.8 ± 1.4      | 1.2 ± 5.5       | 308 ± 65       |
| 入院后 48 h  |    | 4.1 ± 0.9      | 2.2 ± 1.9       | 294 ± 89       |
| 常规监测组     | 18 |                |                 |                |
| 入院时       |    | 6.8 ± 2.0      | -7.4 ± 6.4      | 237 ± 126      |
| 入院后 24 h  |    | 7.0 ± 1.5      | -2.8 ± 3.0      | 267 ± 64       |
| 入院后 48 h  |    | 5.1 ± 2.0      | 0.8 ± 2.1       | 289 ± 88       |
| $t_1$ 值   |    | -1.837         | 0.620           | 0.292          |
| $P_1$ 值   |    | 0.077          | 0.540           | 0.773          |
| $t_2$ 值   |    | -3.904         | 2.562           | 1.695          |
| $P_2$ 值   |    | 0.001          | 0.016           | 0.102          |
| $t_3$ 值   |    | -1.792         | 1.912           | -0.167         |
| $P_3$ 值   |    | 0.084          | 0.066           | 0.869          |

注:PiCCO 为脉搏轮廓心输出量;1 mmHg = 0.133 kPa;乳酸、碱剩余、氧合指数处理因素主效应,  $F = 10.936, 5.751, 0.581$ ,  $P = 0.003, 0.023, 0.452$ ;时间因素主效应,  $F = 13.650, 43.914, 1.148$ ,  $P = <0.001, 0.001, 0.333$ ;两者交互作用,  $F = 2.270, 1.489, 2.808$ ,  $P = 0.123, 0.234, 0.079$ ;  $t_1$  值、 $P_1$  值、 $t_2$  值、 $P_2$  值、 $t_3$  值、 $P_3$  值分别为 2 组间入院时及入院后 24、48 h 各指标比较所得

**表 5** 2 组严重烧伤患者机械通气时间与创面愈合时间及病死比例比较

| 组别        | 例数 | 机械通气时间<br>(d, $\bar{x} \pm s$ ) | 创面愈合时间<br>(d, $\bar{x} \pm s$ ) | 病死比例  |
|-----------|----|---------------------------------|---------------------------------|-------|
| PiCCO 监测组 | 15 | 52 ± 26                         | 58 ± 24                         | 1/15  |
| 常规监测组     | 18 | 60 ± 31                         | 66 ± 32                         | 1/18  |
| $t$ 值     |    | -0.699                          | -0.697                          | —     |
| $P$ 值     |    | 0.490                           | 0.491                           | 0.696 |

注:PiCCO 为脉搏轮廓心输出量;“—”表示无此统计量值

48 h 低于正常值低值, 伤后 72 h 处于正常值范围; 心脏指数逐渐升高, 在伤后 48 h 即恢复正常; SVRI 在伤后 24 h 显著升高, 高于正常值高值, 后逐渐下降至正常值范围; EVLWI 在伤后 48、72 h 升高, 但伤后各时间点的均数均未超过 10 mL/kg; 其中心脏指

数及 SVRI 值是随时间变化的, 时间效应有统计学意义 ( $P < 0.05$  或  $P < 0.01$ )。见表 6。伤后 24 h,  $\geq 8/15$  的患者 GEDVI、ITBVI 和心脏指数低于正常值低值, 而 SVRI 高于正常值高值, 之后这些指标异常的患者比例逐渐下降; 伤后 24 ~ 72 h, 仅有 2 例或 3 例患者的 EVLWI  $> 10$  mL/kg。见表 7。

**表 7** PiCCO 监测组患者各时间点血流动力学参数异常的病例数

| 时间点     | 例数 | GEDVI | ITBVI | 心脏指数 | SVRI | EVLWI |
|---------|----|-------|-------|------|------|-------|
| 伤后 24 h | 15 | 10    | 10    | 9    | 8    | 2     |
| 伤后 48 h | 15 | 9     | 9     | 6    | 5    | 3     |
| 伤后 72 h | 15 | 8     | 6     | 3    | 3    | 2     |

注:PiCCO 为脉搏轮廓心输出量;全心舒张末期容积指数(GEDVI)、胸腔内血容量指数(ITBVI)、心脏指数统计低于正常值低值病例数, 外周血管阻力指数(SVRI)统计高于正常值高值病例数, 血管外肺水指数(EVLWI)统计  $> 10$  mL/kg 的病例数

### 3 讨论

液体复苏是帮助大面积烧伤患者度过休克期的重要治疗方法之一, 伤后第 1 个 24 h 为补液的黄金时机<sup>[15]</sup>, 早期积极防治烧伤休克是治疗成功的基础和关键, 液体复苏的效果直接影响患者救治成功率。PiCCO 是一种先进的血流动力学测量方法, 由于其能全面监测血流动力学、心功能和血管外肺水等指标, 因此已在 ICU 重症患者中广泛应用。在脓毒症/休克患者中进行的几项研究表明, 目标导向补液治疗能显著改善患者机械通气时间、住 ICU 时间和病死率<sup>[16-18]</sup>。临床中, 在使用常规监测手段不能预估烧伤患者液体复苏的量时, 可采用 PiCCO 监测技术进行高级监测指导液体复苏。

一部分严重烧伤患者由于伤后未及时有效地进行常规液体复苏, 入院时往往已出现休克, 常常导致入院后实际输血量远大于公式的计算量<sup>[16]</sup>。不论是在国内还是在海外, 烧伤患者休克期补液量都有

**表 6** PiCCO 监测组患者各时间点血流动力学参数的变化 ( $\bar{x} \pm s$ )

| 时间点     | 例数 | GEDVI<br>(mL/m <sup>2</sup> ) | ITBVI<br>(mL/m <sup>2</sup> ) | 心脏指数(L · min <sup>-1</sup> · m <sup>-2</sup> ) | SVRI(dyn · s · cm <sup>-5</sup> · m <sup>2</sup> ) | EVLWI<br>(mL/kg) |
|---------|----|-------------------------------|-------------------------------|--|--|------------------|
| 伤后 24 h | 15 | 640 ± 199                     | 784 ± 195                     | 2.8 ± 0.8                                      | 2 680 ± 938  | 6.1 ± 4.0        |
| 伤后 48 h | 15 | 679 ± 229                     | 842 ± 291                     | 3.8 ± 1.3                                      | 2 393 ± 1 063                                      | 8.1 ± 4.4        |
| 伤后 72 h | 15 | 707 ± 267                     | 877 ± 348                     | 4.1 ± 1.3                                      | 2 030 ± 873  | 7.4 ± 2.9        |
| $F$ 值   |    | 1.526                         | 1.020                         | 5.158  | 7.654  | 0.856            |
| $P$ 值   |    | 0.254                         | 0.388                         | 0.022  | 0.006  | 0.447            |

注:PiCCO 为脉搏轮廓心输出量;全心舒张末期容积指数(GEDVI)正常值为 680 ~ 800 mL/m<sup>2</sup>, 胸腔内血容量指数(ITBVI)正常值为 850 ~ 1 000 mL/m<sup>2</sup>, 心脏指数正常值为 3 ~ 5 L · min<sup>-1</sup> · m<sup>-2</sup>, 外周血管阻力指数(SVRI)正常值为 1 700 ~ 2 400 dyn · s · cm<sup>-5</sup> · m<sup>2</sup>, 血管外肺水指数(EVLWI)正常值为 3.0 ~ 7.0 mL/kg

过多的趋势<sup>[14,19]</sup>。本研究中常规监测组伤后第 1 个 24 h 胶体系数明显高于第三军医大学休克期补液公式值,即说明胶体补充量偏高。而 PiCCO 监测组患者伤后第 1 个 24 h 的胶体系数少于第三军医大学休克期补液公式值( $P > 0.05$ ),且明显少于常规监测组,说明使用 PiCCO 监测指导液体复苏能有效减少胶体的使用。虽然 2 组患者伤后第 1、2 个 24 h 总补液系数差异无统计学意义( $P > 0.05$ ),但是 PiCCO 监测组患者伤后第 1 个 24 h 总补液系数低于常规监测组,提示常规监测指标指导复苏存在补液量过多的可能,而 PiCCO 监测补液能较好地评估患者的容量负荷,避免过多补液加重循环负荷。每小时尿量能准确反映微循环,常作为判断临床复苏终点的首选指标,也是评价烧伤休克液体复苏最简单、最佳的复苏指标之一<sup>[20-23]</sup>。2 组患者伤后第 1、2 个 24 h 的尿量相近,都达到了目标尿量  $1 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ,但是 PiCCO 监测组使用更少的胶体及总补液量即能达到目标尿量,说明 PiCCO 监测复苏效果优于常规监测。

乳酸和碱剩余是烧伤休克期液体复苏的 2 个评价指标,反映了氧合障碍的存在与改善情况,血乳酸居高是烧伤休克期复苏不佳的敏感指标,乳酸水平的高低与患者的预后密切相关<sup>[24-26]</sup>。本研究显示, PiCCO 监测组患者入院后 24 h 的乳酸和碱剩余较常规监测组改善更明显;虽然 2 组患者氧合指数各时间点差异无统计学意义( $P > 0.05$ ),但是 PiCCO 监测组患者氧合指数高于常规监测组。以上结果说明 PiCCO 监测较常规监测能更有效改善全身灌注水平和组织细胞缺氧状况。

本研究结果显示, PiCCO 监测组与常规监测组患者机械通气时间、创面愈合时间及病死比例相近,说明 2 种监测方式对患者的治疗结局影响较小。可能的原因是其他因素的影响,例如手术、多药耐药感染等会影响患者的预后<sup>[27]</sup>;也可能是由于样本量太小导致检验效能低引起的。

有研究表明,使用正常的血流动力学参数进行目标导向补液治疗,会导致补液量过多<sup>[28-30]</sup>,如 Sánchez 等<sup>[28]</sup>及 Holm 等<sup>[30]</sup>学者以血流动力学指标进行目标导向补液治疗,结果患者的实际补液量远远大于 Parkland 公式预算的补液量(Sánchez 等研究中患者第 1 个 8 h 的补液系数达  $4.05 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \% \text{ TBSA}^{-1}$ 、Holm 等研究中患者第 1 个 24 h 的补液系数达  $6.26 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \% \text{ TBSA}^{-1}$ )。因此,本研究以 PiCCO 监测技术进行血流动力学监测,不以血流

动力学正常值指导液体复苏,以避免输注过多液体。在本研究中, PiCCO 监测组患者血流动力学指标的变化与相关研究结果<sup>[31-32]</sup>一致,有一半以上的患者休克期(伤后 48 h 内)的 GEDVI、ITBVI 和心脏指数低于正常值而后逐渐上升,而 SVRI 由伤后的高水平逐渐过渡到低水平,休克期表现为“低排高阻”现象。说明早期心功能降低不单单是由于低血容量造成的,还可能与心脏自身抑制有关<sup>[32]</sup>。这与近年来关于烧伤后心脏损伤的相关研究结果<sup>[33-34]</sup>是一致的,同时也表明,单靠补液不能纠正心功能低下,也就是不应以血流动力学正常值指导液体复苏。有研究者认为,  $\text{EVLWI} \geq 10 \text{ mL/kg}$  提示有肺水肿发生,需要进行干预<sup>[35]</sup>。本研究中 PiCCO 监测组绝大部分患者  $\text{EVLWI} < 10 \text{ mL/kg}$ ,说明没有出现肺水肿的情况。

综上所述,在常规监测指标的基础上,用 PiCCO 监测技术结合患者综合情况,不以血流动力学参数正常为目标指导液体复苏,胶体的使用少于常规监测,组织灌注(乳酸、碱剩余)改善更明显,复苏效果优于常规监测。

**利益冲突** 所有患者均声明不存在利益冲突

#### 参考文献

- [1] 中国老年医学学会烧伤分会. 烧伤休克防治全国专家共识(2020 版)[J]. 中华烧伤杂志, 2020, 36(9): 786-792. DOI: 10.3760/cma.j.cn501120-20200623-00323.
- [2] 朱峰, 郑兴锋, 伍国胜. 对成人烧伤休克与复苏的再思考[J]. 中华医学杂志, 2020, 100(18): 1372-1375. DOI: 10.3760/cma.j.cn112137-20191129-02601.
- [3] 于洋, 李青栋. 烧伤休克患者的血流动力学特点及目标导向性镇痛研究进展[J]. 中华烧伤杂志, 2018, 34(5): 318-320. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1009-2587.2018.05.015.
- [4] Tricklebank S. Modern trends in fluid therapy for burns[J]. Burns, 2009, 35(6): 757-767. DOI: 10.1016/j.burns.2008.09.007.
- [5] 黄跃生. “容量补充”加“动力扶持”——烧伤休克有效复苏方案的思考[J]. 中华烧伤杂志, 2008, 24(3): 161-163. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1009-2587.2008.03.001.
- [6] 中国老年医学学会烧伤分会. 脉搏轮廓心排量监测技术在严重烧伤治疗中应用的全国专家共识(2018 版)[J]. 中华烧伤杂志, 2018, 34(11): 776-781. DOI: 10.3969/j.issn.1672-8521.2018.11.011.
- [7] 蒋南红, 王德运, 李凤, 等. 脉搏轮廓心排量监测技术指导大面积烧伤休克期补液的临床意义[J]. 中华烧伤杂志, 2019, 35(6): 434-440. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1009-2587.2019.06.007.
- [8] 王磊, 姜季鹤, 吕涛, 等. picco 监测技术指导危重烧伤休克期限制性补液的应用[J]. 现代诊断与治疗, 2017, 28(17): 3269-3271. DOI: 10.3969/j.issn.1001-8174.2017.17.083.
- [9] 冯可, 景福琴, 李晓蕊, 等. 脉搏指示连续心排量监测技术在大面积烧伤患者中的应用效果及护理[J]. 中国实用护理杂志, 2019, 35(6): 421-425. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1672-7088.2019.06.005.

- [10] 江家树, 汤展宏, 胡军涛, 等. 脉搏指示连续心输出量技术目标导向液体复苏治疗在烧伤早期中的应用研究[J]. 中国全科医学, 2016, 19(18): 2151-2155. DOI: 10.3969/j.issn.1007-9572.2016.18.008.
- [11] 蒋南红, 王德运, 李凤, 等. 脉搏轮廓心输出量监测技术指导特重度烧伤患者液体复苏对脏器功能的影响[J]. 中华烧伤杂志, 2020, 36(10): 939-946. DOI: 10.3760/cma.j.cn501120-20190811-00345.
- [12] 徐文举. PICCO 监测技术指导危重烧伤休克期限制性补液的应用效果[J]. 河南大学学报(医学版), 2019, 38(3): 181-184.
- [13] 黄艳芳, 黄庆萍, 兰红双, 等. PICCO 监测在重度烧伤患者液体管理中的应用[J]. 护理学报, 2015, 22(11): 52-54. DOI: 10.16460/j.issn1008-9969.2015.11.052.
- [14] 夏照帆, 王光毅. 烧伤休克期补液与监测相关问题的探讨[J]. 中华烧伤杂志, 2008, 24(4): 241-244. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1009-2587.2008.04.001.
- [15] 李一, 张莉, 刘军, 等. 脉搏轮廓心排血量监测技术在大面积烧伤患者早期补液时对心肌损害的影响[J]. 中华烧伤杂志, 2019, 35(8): 574-579. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1009-2587.2019.08.004.
- [16] Tagami T, Tosa R, Omura M, et al. Effect of a selective neutrophil elastase inhibitor on mortality and ventilator-free days in patients with increased extravascular lung water: a post hoc analysis of the PiCCO Pulmonary Edema Study[J]. J Intensive Care, 2014, 2(1): 67. DOI: 10.1186/s40560-014-0067-y.
- [17] Bognar Z, Foldi V, Rezman B, et al. Extravascular lung water index as a sign of developing sepsis in burns[J]. Burns, 2010, 36(8): 1263-1270. DOI: 10.1016/j.burns.2010.04.006.
- [18] Chung FT, Lin SM, Lin SY, et al. Impact of extravascular lung water index on outcomes of severe sepsis patients in a medical intensive care unit[J]. Respir Med, 2008, 102(7): 956-961. DOI: 10.1016/j.rmed.2008.02.016.
- [19] 靳磊, 王琦. 烧伤的液体复苏与吸入性损伤现状[J]. 医学综述, 2020, 26(15): 3002-3006. DOI: 10.3969/j.issn.1006-2084.2020.15.017.
- [20] 杨雯娟, 郭光华, 沈国良, 等. 脉搏轮廓心排血量监测技术在成批特大面积烧伤患者延迟复苏中的应用效果[J]. 中华烧伤杂志, 2016, 32(3): 140-146. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1009-2587.2016.03.003.
- [21] Hodgman EI, Subramanian M, Arnoldo BD, et al. Future therapies in burn resuscitation[J]. Crit Care Clin, 2016, 32(4): 611-619. DOI: 10.1016/j.ccc.2016.06.009.
- [22] Cartotto R, Greenhalgh DG, Cancio C. Burn state of the science: fluid resuscitation[J]. J Burn Care Res, 2017, 38(3): e596-e604. DOI: 10.1097/BCR.0000000000000541.
- [23] 曾庆玲, 王庆梅, 黎宁, 等. 尿量监测应用于烧伤休克防治的研究进展[J]. 中华烧伤杂志, 2018, 34(1): 29-31. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1009-2587.2018.01.006.
- [24] Andel D, Kamolz LP, Roka J, et al. Base deficit and lactate: early predictors of morbidity and mortality in patients with burns[J]. Burns, 2007, 33(8): 973-978. DOI: 10.1016/j.burns.2007.06.016.
- [25] Cochran A, Edelman LS, Saffle JR, et al. The relationship of serum lactate and base deficit in burn patients to mortality[J]. J Burn Care Res, 2007, 28(2): 231-240. DOI: 10.1097/BCR.0B013E318031A1D1.
- [26] 丁晓斌, 陈建, 杨雨婷, 等. 127 例大面积烧伤患者休克期高乳酸值与死亡风险关联的回顾性队列研究[J]. 中华烧伤杂志, 2019, 35(5): 326-332. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1009-2587.2019.05.002.
- [27] 陈丽映, 余惠, 朱飘飘, 等. PICCO 技术对大面积烧伤患者休克期液体复苏中的应用[J]. 国际医药卫生导报, 2020, 26(13): 1842-1845. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1007-1245.2020.13.007.
- [28] Sánchez M, García-de-Lorenzo A, Herrero E, et al. A protocol for resuscitation of severe burn patients guided by transpulmonary thermodilution and lactate levels: a 3-year prospective cohort study[J]. Crit Care, 2013, 17(4): R176. DOI: 10.1186/cc12855.
- [29] Abocelata Y, Abdelsalam A. Volume overload of fluid resuscitation in acutely burned patients using transpulmonary thermodilution technique[J]. J Burn Care Res, 2013, 34(3): 349-354. DOI: 10.1097/BCR.0b013e3182642b32.
- [30] Holm C, Mayr M, Tegeler J, et al. A clinical randomized study on the effects of invasive monitoring on burns shock resuscitation[J]. Burns, 2004, 30(8): 798-807. DOI: 10.1016/j.burns.2004.06.016.
- [31] Gong C, Zhang F, Li L, et al. The variation of hemodynamic parameters through PiCCO in the early stage after severe burns[J]. J Burn Care Res, 2017, 38(6): e966-e972. DOI: 10.1097/BCR.0000000000000533.
- [32] 王德运, 谢卫国, 席毛毛, 等. 脉搏轮廓心排血量监测技术在大面积烧伤患者早期治疗中的应用效果[J]. 中华烧伤杂志, 2018, 34(1): 14-20. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1009-2587.2018.01.004.
- [33] 张灿, 张均辉, 张东霞, 等. 252 例严重烧伤患者心肌损伤情况的回顾性研究[J]. 中华烧伤杂志, 2016, 32(5): 260-265. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1009-2587.2016.05.002.
- [34] 黄跃生. 严重烧伤脏器损害综合防治的思考[J]. 中华烧伤杂志, 2020, 36(8): 647-650. DOI: 10.3760/cma.j.cn501120-20200521-00278.
- [35] 王志勇, 冯世海, 范宝莉, 等. 导向性限制性液体管理策略对严重烧伤合并重度吸入性损伤患者的影响[J]. 中华烧伤杂志, 2019, 35(7): 501-506. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1009-2587.2019.07.005.

(收稿日期: 2020-09-08)