

· 论著 ·

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

蒋南红 王德运 李凤 席毛毛 谢卫国

武汉大学同仁医院暨武汉市第三医院烧伤科 430060

通信作者:谢卫国, Email: wgxie@hotmail.com



【摘要】 目的 探讨脉搏轮廓心输出量(PiCCO)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。方法 选择 2015 年 5 月—2019 年 3 月武汉大学同仁医院暨武汉市第三医院收治的符合入选标准的 52 例特重度烧伤患者,进行前瞻性随机对照研究。采用随机数字表法,将患者分为 PiCCO 监测补液组 25 例(男 17 例、女 8 例)和传统补液组 27 例(男 20 例、女 7 例),其年龄分别为(47±9)、(49±8)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。传统补液组通过监测患者传统的休克指标尿量、中心静脉压等进行液体复苏;PiCCO 监测补液组患者行 PiCCO 监测,在传统补液组监测指标的基础上,根据全心舒张末期容积指数并结合 PiCCO 监测的其他相关指标指导液体复苏。比较 2 组患者伤后第 1、2 个 24 h 补液系数、每小时每千克体质量尿量[同时与对应的第三军医大学休克期补液方案值(下称方案值)进行比较],伤后 8 h 内及第 1、2 个 24 h 补液总量,伤后第 1、2 个 24 h 每小时尿量,伤后 1、2、3 d 血液中肌酐、尿素氮、乳酸清除率、降钙素原、心肌型肌酸激酶同工酶(CK-MB)及平均动脉压(MAP)水平,伤后 28 d 内并发症发生情况、机械通气应用例数及机械通气时间。对数据进行重复测量方差分析、*t* 检验、Bonferroni 校正、Mann-Whitney *U* 检验、 χ^2 检验、Fisher 确切概率法检验。结果 伤后第 2 个 24 h,传统补液组患者的补液系数较方案值明显升高($t = 5.120, P < 0.01$)。伤后第 1、2 个 24 h, PiCCO 监测补液组患者补液系数明显高于方案值($t = 3.655, 10.894, P < 0.01$)和传统补液组($t = 3.172, 2.363, P < 0.05$ 或 $P < 0.01$)。伤后 8 h 内,2 组患者补液总量相近。伤后第 1、2 个 24 h, PiCCO 监测补液组患者补液总量明显多于传统补液组($t = 4.428, 3.665, P < 0.01$)。伤后第 1、2 个 24 h,与方案值比较,传统补液组患者每小时每千克体质量尿量均明显升高($t = 4.293, 6.362, P < 0.01$), PiCCO 监测补液组患者每小时每千克体质量尿量均明显升高($t = 6.461, 8.234, P < 0.01$);伤后第 2 个 24 h, PiCCO 监测补液组患者每小时每千克体质量尿量和每小时尿量均明显高于传统补液组($t = 2.849, 3.644, P < 0.05$ 或 $P < 0.01$)。伤后 1、2、3 d, 2 组患者肌酐水平相近。伤后 1、2、3 d, PiCCO 监测补液组患者尿素氮水平分别为(6.8±1.5)、(5.6±1.4)、(4.4±1.4) mmol/L,均明显低于传统补液组的(8.6±1.8)、(6.6±1.5)、(5.5±1.4) mmol/L($t = 3.817, 2.511, 2.903, P < 0.05$ 或 $P < 0.01$)。伤后 1、2、3 d, PiCCO 监测补液组患者乳酸清除率明显高于传统补液组($t = 2.516, 4.540, 3.130, P < 0.05$ 或 $P < 0.01$)。伤后 2、3 d, PiCCO 监测补液组患者降钙素原水平明显低于传统补液组($Z = -2.491, -2.903, P < 0.05$)。伤后 3 d, PiCCO 监测补液组患者 CK-MB 水平为(35±10) U/L,明显低于传统补液组的(51±16) U/L($t = 4.556, P < 0.01$)。伤后 1、2、3 d, 2 组患者 MAP 水平相近。伤后 28 d 内,传统补液组患者并发症发生率明显高于 PiCCO 监测补液组($\chi^2 = 4.995, P < 0.05$), 2 组患者机械通气应用例数及通气时间相近。结论 采用 PiCCO 监测技术指导特重度烧伤早期液体复苏有利于精准判断患者所需液体量,并能减轻因补液不当引起的脏器损伤。

【关键词】 烧伤; 心排血量; 血尿素氮; 脉搏轮廓心输出量监测; 液体复苏; 尿量; 补液系数; 肌酐; 降钙素原

基金项目:国家自然科学基金面上项目(81772097);重大疾病预防科技行动计划(2018-ZX-01S-001);武汉市临床医学科研项目(WX14B13)

DOI:10.3760/ema.j.cn501120-20190811-00345

Effect of fluid resuscitation guided by pulse contour cardiac output monitoring technology on organ function in extremely severe burn patients

Jiang Nanhong, Wang Deyun, Li Feng, Xi Maomao, Xie Weiguo

Department of Burns, Tongren Hospital of Wuhan University & Wuhan Third Hospital, Wuhan 430060, China

Corresponding author: Xie Weiguo, Email: wgxie@hotmail.com

[Abstract] Objective To investigate the effect of fluid resuscitation guided by pulse contour cardiac output (PiCCO) monitoring technology on the organ function in extremely severe burn patients. **Methods** From May 2015 to March 2019, 52 patients with extremely severe burn hospitalized in Tongren Hospital of Wuhan University & Wuhan Third Hospital, meeting the inclusion criteria, were recruited to conduct a prospectively randomized control study. The patients were divided into PiCCO monitoring rehydration group (25 cases, 17 males and 8 females) and traditional rehydration group (27 cases, 20 males and 7 females) according to the random number table, with the ages of (47 ± 9) and (49 ± 8) years respectively. After admission, all the patients were rehydrated according to the rehydration formula of the Third Military Medical University during shock stage. In traditional rehydration group, fluid resuscitation of the patients was performed by monitoring the traditional shock indicators such as urine volume and central venous pressure, while PiCCO monitoring was performed in patients in PiCCO monitoring rehydration group, and the global end-diastolic volume index combined with the other relevant indicators of PiCCO monitoring were used to guide rehydration on the basis of the monitoring indicators of traditional rehydration group. The rehydration coefficients and urine volumes per kilogram of body weight per hour during the first and second 24 h post injury were compared between the two groups, which were compared with the corresponding rehydration scheme value of the Third Military Medical University (hereinafter referred to as the scheme value) at the same time. The total rehydration volumes within post injury hour (PIH) 8 and during the first and second 24 h post injury, the urine volumes per hour during the first and second 24 h post injury, and the levels of creatinine, urea nitrogen, lactate clearance rate, procalcitonin, creatine kinase isoenzyme (CK-MB) in blood and mean arterial pressure (MAP) on post injury day (PID) 1, 2, and 3 were measured. The incidence of complications, the application case number of mechanical ventilation, and the mechanical ventilation time within PID 28 were analyzed. Data were statistically analyzed with analysis of variance for repeated measurement, *t* test, Bonferroni correction, Mann-Whitney *U* test, chi-square test, and Fisher's exact probability method test. **Results** During the second 24 h post injury, the rehydration coefficient of patients in traditional rehydration group was significantly higher than the scheme value ($t = 5.120, P < 0.01$). During the first and second 24 h post injury, the rehydration coefficients of patients in PiCCO monitoring rehydration group were significantly higher than the scheme values ($t = 3.655, 10.894, P < 0.01$) and those in traditional rehydration group ($t = 3.172, 2.363, P < 0.05$ or $P < 0.01$). Within PIH 8, the total rehydration volumes of patients between the two groups were similar. During the first and second 24 h post injury, the total rehydration volumes of patients in PiCCO monitoring rehydration group were significantly higher than those in traditional rehydration group ($t = 4.428, 3.665, P < 0.01$). During the first and second 24 h post injury, the urine volumes per kilogram of body weight per hour of patients in traditional rehydration group were significantly higher than the scheme values ($t = 4.293, 6.362, P < 0.01$), and the urine volumes per kilogram body weight per hour of patients in PiCCO monitoring rehydration group were significantly higher than the scheme values ($t = 6.461, 8.234, P < 0.01$). The urine volumes per kilogram of body weight per hour and urine volumes per hour of patients in PiCCO monitoring rehydration group during the second 24 h post injury were significantly higher than those in traditional rehydration group ($t = 2.849, 3.644, P < 0.05$ or $P < 0.01$). The creatinine levels of patients between the two groups on PID 1, 2, and 3 were similar. The urea nitrogen levels of patients in PiCCO monitoring rehydration group on PID 1, 2, and 3 were (6.8 ± 1.5), (5.6 ± 1.4), (4.4 ± 1.4) mmol/L respectively, which were significantly lower than (8.6 ± 1.8), (6.6 ± 1.5), (5.5 ± 1.4) mmol/L in traditional rehydration group ($t = 3.817, 2.511, 2.903, P < 0.05$ or $P < 0.01$). The lactate clearance rates of patients in PiCCO monitoring rehydration group on PID 1, 2, and 3 were significantly higher than those in traditional rehydration group ($t = 2.516, 4.540, 3.130, P < 0.05$ or $P < 0.01$). The procalcitonin levels of patients in PiCCO monitoring rehydration group on PID 2 and 3 were significantly lower than those in traditional rehydration group ($Z = -2.491, -2.903, P < 0.05$). The CK-MB level of patients in PiCCO monitoring rehydration group on PID 3 was (35 ± 10) U/L, which was significantly lower than (51 ± 16) U/L in traditional rehydration group ($t = 4.556, P < 0.01$). The MAP levels of patients between the two groups on PID 1, 2, and 3 were similar. Within PID 28, the incidence of complications of patients in traditional rehydration group was significantly higher than that in PiCCO monitoring rehydration group ($\chi^2 = 4.995, P < 0.05$), and the application case number of mechanical ventilation and the mechanical ventilation time of patients between the two groups were similar. **Conclusions** The use of PiCCO monitoring technology to guide the early fluid resuscitation of extremely severe burn patients is beneficial for accurate determination of the fluid volume required by the patients and reduction of organ injury caused by improper rehydration.

【Key words】 Burns; Cardiac output; Blood urea nitrogen; Pulse contour cardiac output monitoring; Fluid resuscitation; Urine volume; Rehydration coefficient; Creatinine; Procalcitonin

Fund program: General Program of National Natural Science Foundation of China (81772097); Action Plan for Science and Technology in Major Disease Prevention and Control (2018-ZX-01S-001); Clinical Medical Research Program of Wuhan (WX14B13)

DOI: 10.3760/cma.j.cn501120-20190811-00345

大面积烧伤后,机体大量体液外渗引起低血容量性休克,补液不足或补液过量将导致预后不良,维持补液量平衡是救治危重烧伤患者的重点。尿量、血压、心率、精神状态等传统监测指标不足以指导补液复苏,其在组织灌注和氧合未改善前趋于稳定,缺乏敏感性;中心静脉压(CVP)的影响因素较多,不能准确地反映机体的容量状态和评价心脏的容量反应性,灵敏度、精确性欠缺^[1]。脉搏轮廓心输出量(PiCCO)监测技术是一种能准确进行血流动力学监测的微创检测技术,为特重度烧伤患者心功能及肺水等病情判断提供了动态变化的数据。准确评估危重症患者的液体反应性并指导有效安全的液体治疗,对于改善患者预后而言非常重要^[2]。笔者在前期研究中了解到,在 PiCCO 监测指导下,大面积烧伤患者休克期补液所需液体量多于常规补液,并发症发生减少,住 ICU 时间缩短^[3]。本研究对武汉大学同仁医院暨武汉市第三医院(下称笔者单位)收治的特重度烧伤休克期患者进行研究,进一步探讨补液系数、尿量、乳酸清除率等复苏指标及反映重要脏器损伤程度的参数变化,从而指导临床医师运用 PiCCO 监测技术更精准地进行补液治疗。

1 对象与方法

本研究为前瞻性随机对照研究,符合医学伦理学标准,经笔者单位伦理委员会批准,批号: SX2016-044,患者亲属签署知情同意书。

1.1 入选标准

纳入标准:(1)年龄 ≥ 18 岁且 ≤ 65 岁。(2)烧伤总面积 $\geq 60\%$ TBSA。(3)入院时间 < 6 h。排除标准:(1)既往有严重心脏病、肾脏病病史或者严重凝血功能障碍者。(2)存在动静脉置管禁忌。(3)严重电烧伤患者。(4)复合伤患者。(5)放弃治疗的患者。

1.2 临床资料与分组

2015 年 5 月—2019 年 3 月,笔者单位收治的 52 例特重度烧伤患者符合入选标准,纳入本研究。采用随机数字表法,将患者分为传统补液组 27 例及 PiCCO 监测补液组 25 例。2 组患者行一般资料、伤

情、急救情况、入院时休克及脏器损害指标等比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$),见表 1。

1.3 液体复苏方法

患者入院后, PiCCO 监测补液组选择锁骨下静脉或股静脉置入双腔抗感染中心静脉导管(美国 Arrow 公司),导管接 PiCCO 温度探头;于同侧或对侧股动脉置入 PiCCO 监测动脉导管(德国 Pulsion 公司),连接 PiCCO plus 型监测仪(德国 Pulsion 公司)和压力换能器,调零后持续监测有创动脉压;传统补液组行锁骨下静脉或股静脉单腔中心静脉导管(美国 Arrow 公司)置管,采用全功能 DASH4000 监护仪(美国 GE 公司)监测 CVP, CVP 定期压力调零校准。所有患者均按第三军医大学休克期补液公式^[4]进行补液治疗,补液过程中,根据监测指标的变化及患者临床表现及时调整液体复苏方案。传统补液组根据患者 CVP、尿量、心率、血压、意识、精神状态、末梢循环等指导补液; PiCCO 监测补液组除考虑上述指标外,还需结合 PiCCO 监测参数——心排量指数、外周血管阻力指数、全心舒张末期容积指数、血管外肺水指数等分析患者循环状况,调整补液。2 组患者具体监测方法参考笔者团队前期研究^[3]。此外,2 组患者入院后 6 h 内血管内容量纠正后予以 200 g/L 甘露醇 125 mL 静脉滴注,之后每日 3 次或 4 次,伤后 72 h 后停用^[5]。

1.4 统计指标

(1)液体复苏指标:伤后第 1、2 个 24 h 的补液系数和每小时每千克体质量尿量,并比较其与相应第三军医大学补液方案值^[6](下称方案值)的差异;伤后 8 h 内及第 1、2 个 24 h 的补液总量。伤后各时间段补液系数 = (实际补液总量 - 基础水分) ÷ 体质量 ÷ 烧伤总面积,第 1、2 个 24 h 的补液系数方案值分别为 1.50 、 $0.75 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \% \text{ TBSA}^{-1}$,每小时每千克体质量尿量方案值为 1.00 mL 。(2)液体复苏评价指标:伤后第 1、2 个 24 h 的每小时尿量;伤后 1、2、3 d 血液中乳酸清除率及平均动脉压(MAP),伤后各时间点乳酸清除率 = (入院时乳酸值 - 伤后各时间点乳酸值) ÷ 入院时乳酸值 × 100%。(3)重要脏器损害指标:伤后 1、2、3 d 血液

表 1 2 组特重度烧伤患者临床资料比较

组别	例数	性别(例)		年龄(岁, $\bar{x} \pm s$)	致伤原因[例(%)]				体质量(kg, $\bar{x} \pm s$)	烧伤总面积 (%TBSA, $\bar{x} \pm s$)	Ⅲ度烧伤面积 (%TBSA, $\bar{x} \pm s$)
		男	女		火焰 烧伤	热液 烫伤	化学 烧伤	蒸汽 烫伤			
传统补液组	27	20	7	49 ± 8	20(74.1)	5(18.5)	1(3.7)	1(3.7)	69 ± 11	77 ± 9	39 ± 6
PiCCO 监测补液组	25	17	8	47 ± 9	18(72.0)	4(16.0)	1(4.0)	2(8.0)	68 ± 9	81 ± 9	42 ± 7
<i>t</i> 值		—		0.782	—				0.194	-1.909	-1.410
<i>Z</i> 值		—		—	—				—	—	—
χ^2 值		0.233		—	—				—	—	—
<i>P</i> 值		0.629		0.438	0.944				0.847	0.062	0.165

组别	例数	吸入性损伤[例(%)]		伤后入院时间[h, <i>M</i> (<i>P</i> ₂₅ , <i>P</i> ₇₅)]	伤后 48 h 内气管 切开[例(%)]	入院时尿量(mL, $\bar{x} \pm s$)	入院时肌酐[$\mu\text{mol/L}$, <i>M</i> (<i>P</i> ₂₅ , <i>P</i> ₇₅)]
		是	否				
传统补液组	27	15(55.6)	12(44.4)	3.0(2.0,4.0)	20(74.1)	76 ± 29	83(72,102)
PiCCO 监测补液组	25	12(48.0)	13(52.0)	3.0(2.0,3.5)	21(84.0)	72 ± 32	92(77,128)
<i>t</i> 值		—		—	—	0.511	—
<i>Z</i> 值		—		-0.743	—	—	-1.630
χ^2 值		0.297		—	0.767	—	—
<i>P</i> 值		0.586		0.457	0.381	0.612	0.103

组别	例数	入院时尿素氮[mmol/L, <i>M</i> (<i>P</i> ₂₅ , <i>P</i> ₇₅)]	入院时 CK-MB (U/L, $\bar{x} \pm s$)	入院时乳酸 (mmol/L, $\bar{x} \pm s$)	入院时降钙素原[$\mu\text{g/L}$, <i>M</i> (<i>P</i> ₂₅ , <i>P</i> ₇₅)]	入院时平均动脉压 (mmHg, $\bar{x} \pm s$)						
传统补液组	27	7.0(6.1,8.6)	86 ± 43	7.5 ± 1.3	1.04(0.19,1.57)	98 ± 17						
PiCCO 监测补液组	25	7.3(5.6,9.0)	85 ± 31	7.0 ± 1.4	1.02(0.19,3.84)	94 ± 19						
<i>t</i> 值		—	0.129	1.172	—	0.839						
<i>Z</i> 值		-0.421	—	—	-0.632	—						
χ^2 值		—	—	—	—	—						
<i>P</i> 值		0.673	0.898	0.247	0.527	0.405						

注:PiCCO 为脉搏轮廓心输出量,TBSA 为体表总面积,CK-MB 为心肌型肌酸激酶同工酶;“—”表示无此统计量值;1 mmHg = 0.133 kPa

中肌酐、尿素氮、降钙素原、心肌型肌酸激酶同工酶(CK-MB)水平。(4)伤后 28 d 内并发症发生情况、机械通气应用例数及机械通气时间。乳酸清除率及肌酐、尿素氮、降钙素原、CK-MB 为伤后 1、2、3 d 晨 6 时空腹抽取股静脉或锁骨下静脉血的检验结果,在笔者单位检验科进行检测,其中降钙素原采用 miniVIDAS 型全自动荧光免疫分析仪(法国生物梅里埃公司)检测,其余指标采用 AU5800 型全自动生化分析仪(美国贝克曼库尔特有限公司)检测。

1.5 统计学处理

采用 SPSS 20.0 统计软件分析数据。符合正态分布的计量资料数据以 $\bar{x} \pm s$ 表示,对多个时间点组间总体比较行重复测量方差分析,各时间点的两组间比较采用 *t* 检验并行 Bonferroni 校正。两组间比较采用独立样本 *t* 检验并进行 Bonferroni 校正;各时间点数据与方案值比较,采用单样本 *t* 检验并行 Bonferroni 校正。不符合正态分布的计量资料数据以 *M* (*P*₂₅, *P*₇₅)表示,采用 Mann-Whitney *U* 检验并行 Bonferroni 校正。计数资料数据用频数、百分数表

示,采用 χ^2 检验或 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 补液系数及每小时每千克体质量尿量

伤后第 1 个 24 h,传统补液组患者的补液系数与方案值接近(*P* > 0.05);伤后第 2 个 24 h,传统补液组患者的补液系数较方案值明显升高(*P* < 0.01)。伤后第 1、2 个 24 h,PiCCO 监测补液组患者补液系数均明显高于方案值和传统补液组(*P* < 0.05 或 *P* < 0.01)。伤后第 1、2 个 24 h,2 组患者每小时每千克体质量尿量均较方案值明显升高(*P* < 0.01)。伤后第 1 个 24 h,PiCCO 监测补液组患者每小时每千克体质量尿量与传统补液组相近(*P* > 0.05);伤后第 2 个 24 h,PiCCO 监测补液组患者每小时每千克体质量尿量明显高于传统补液组(*P* < 0.05)。见表 2。

2.2 补液总量与每小时尿量

伤后 8 h 内,2 组患者补液总量相近(*P* > 0.05);

表 2 2 组特重度烧伤患者补液系数及每小时每千克体质量尿量在伤后各时间点的水平比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	补液系数 ($\text{mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \% \text{TBSA}^{-1}$)		每小时每千克体质量尿量 (mL)	
		第 1 个 24 h	第 2 个 24 h	第 1 个 24 h	第 2 个 24 h
传统补液组	27	1.45 ± 0.50	1.11 ± 0.37	1.23 ± 0.28	1.37 ± 0.30
PiCCO 监测补液组	25	1.92 ± 0.57	1.32 ± 0.26	1.35 ± 0.27	1.64 ± 0.39
t_1 值		0.557	5.120	4.293	6.362
P_1 值		1.000	<0.001	<0.001	<0.001
t_2 值		3.655	10.894	6.461	8.234
P_2 值		0.002	<0.001	<0.001	<0.001
t_3 值		3.172	2.363	1.578	2.849
P_3 值		0.006	0.044	0.242	0.012

注:PiCCO 为脉搏轮廓心输出量,TBSA 为体表总面积;第 1、2 个 24 h 补液系数的第三军医大学补液方案值分别为 1.50、0.75 $\text{mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \% \text{TBSA}^{-1}$,第 1、2 个 24 h 每小时每千克体质量尿量的第三军医大学补液方案值均为 1.00 mL; t_1 值、 P_1 值, t_2 值、 P_2 值分别为传统补液组、PiCCO 监测补液组各指标在各时间点与方案值比较所得, t_3 值、 P_3 值为 PiCCO 监测补液组各指标在各时间点与传统补液组比较所得

表 3 2 组特重度烧伤患者补液总量及每小时尿量在伤后各时间点的水平比较 (mL, $\bar{x} \pm s$)

组别	例数	补液总量			每小时尿量	
		8 h 内	第 1 个 24 h	第 2 个 24 h	第 1 个 24 h	第 2 个 24 h
传统补液组	27	3 109 ± 1 181	9 364 ± 2 049	7 682 ± 1 717	82 ± 12	91 ± 12
PiCCO 监测补液组	25	3 875 ± 1 332	12 584 ± 3 122	9 288 ± 1 412	91 ± 16	111 ± 24
t 值		2.198	4.428	3.665	2.122	3.644
P 值		0.099	<0.001	0.003	0.078	0.002

注:PiCCO 为脉搏轮廓心输出量;补液总量处理因素主效应, $F = 18.690$, $P < 0.001$;时间因素主效应, $F = 408.354$, $P < 0.001$;两者交互作用, $F = 10.940$, $P < 0.001$

伤后第 1、2 个 24 h, PiCCO 监测补液组患者补液总量明显高于传统补液组 ($P < 0.01$)。伤后第 1 个 24 h, PiCCO 监测补液组患者每小时尿量与传统补液组相近 ($P > 0.05$); 伤后第 2 个 24 h, PiCCO 监测补液组患者每小时尿量明显高于传统补液组 ($P < 0.01$)。见表 3。

2.3 液体复苏评价及重要脏器损害指标

伤后 1、2、3 d, 2 组患者肌酐水平比较, 差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。伤后 1、2、3 d, PiCCO 监测补液组患者尿素氮水平明显低于传统补液组 ($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$)。伤后 1、2、3 d, 2 组患者乳酸清除率均呈逐渐升高趋势, PiCCO 监测补液组患者伤后各时间点乳酸清除率均明显高于传统补液组 ($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$)。伤后 1 d, 2 组患者降钙素原水平相近 ($P > 0.05$); 伤后 2、3 d, PiCCO 监测补液组患者降钙素原水平明显低于传统补液组 ($P < 0.05$)。伤后各时间点, PiCCO 监测补液组患者 CK-MB 水平均低于传统补液组, 仅伤后 3 d 差异有统计学意义 ($P < 0.01$)。伤后 1、2、3 d, 2 组患者 MAP 水平相近 ($P > 0.05$)。见表 4。

2.4 伤后 28 d 内并发症情况和机械通气情况

伤后 28 d 内, PiCCO 监测补液组 2 例患者发生

并发症(高钠血症 1 例、脓毒症 1 例), 明显少于传统补液组的 9 例(脓毒症 4 例、急性肾功能不全 2 例、高钠血症 1 例、高钾血症 1 例、消化道出血 1 例), $\chi^2 = 4.995$, $P = 0.025$ 。伤后 28 d 内, 2 组患者机械通气应用例数以及机械通气时间相近 ($P > 0.05$)。见表 5。

3 讨论

烧伤早期, 精准的液体复苏是特重度烧伤患者平稳度过休克期的关键。烧伤患者创面越大、深度越深, 对补液量的要求也就越多。本研究显示, 伤后第 1、2 个 24 h, PiCCO 监测补液组患者补液系数均高于方案值, 与采用第三军医大学补液方案进行补液的相关研究结果^[7-8]相近。补液系数与方案值差异可能与第三军医大学补液方案未考虑烧伤深度有关, 烧伤患者休克期补液量与Ⅲ度创面面积呈正相关^[9-10], 伴深度创面时, 机体水分丢失量较大, 补液量较浅度创面多。因此, 方案值仅为所需补液量的估计值, 不同患者对液体丧失的代偿能力和对补液的承受能力存在很大差异, 临床应根据患者的一般情况(如年龄、性别、烧伤深度、致伤原因、并发症、复苏开始时间、患者的反应)和补液过程中各种监测复

表 4 2 组特重度烧伤患者伤后各时间点复苏指标及血液中重要脏器损害指标比较

组别与时间点	例数	肌酐($\mu\text{mol/L}$, $\bar{x} \pm s$)	尿素氮 (mmol/L , $\bar{x} \pm s$)	乳酸清除率 (%, $\bar{x} \pm s$)	降钙素原[$\mu\text{g/L}$, $M(P_{25}, P_{75})$]	CK-MB(U/L, $\bar{x} \pm s$)	平均动脉压 (mmHg , $\bar{x} \pm s$)
传统补液组	27						
1 d		91 \pm 18	8.6 \pm 1.8	16 \pm 6	4.03(1.73, 5.40)	81 \pm 20	93 \pm 8
2 d		80 \pm 19	6.6 \pm 1.5	28 \pm 11	2.87(1.25, 4.02)	62 \pm 19	97 \pm 6
3 d		73 \pm 19	5.5 \pm 1.4	37 \pm 13	1.57(1.24, 3.08)	51 \pm 16	99 \pm 11
PiCCO 监测补液组	25						
1 d		88 \pm 10	6.8 \pm 1.5	21 \pm 8	3.46(1.73, 5.08)	74 \pm 14	97 \pm 12
2 d		76 \pm 8	5.6 \pm 1.4	43 \pm 13	1.80(1.02, 2.27)	57 \pm 12	99 \pm 12
3 d		68 \pm 12	4.4 \pm 1.4	48 \pm 11	1.02(0.65, 1.44)	35 \pm 10	98 \pm 13
t_1/Z_1 值		0.597	3.817	2.516	-0.769	1.509	-1.443
P_1 值		1.000	<0.001	0.045	1.000	0.414	0.465
t_2/Z_2 值		0.840	2.511	4.540	-2.491	0.923	-0.738
P_2 值		1.000	0.045	<0.001	0.039	1.000	1.000
t_3/Z_3 值		1.156	2.903	3.130	-2.903	4.556	0.139
P_3 值		0.759	0.015	0.009	0.012	<0.001	1.000

注:PiCCO 为脉搏轮廓心输出量;1 mmHg=0.133 kPa;肌酐、尿素氮、乳酸清除率、心肌肌酸激酶同工酶(CK-MB)、平均动脉压处理因素主效应, $F=0.937, 11.922, 23.134, 7.544, 0.499, P=0.338, 0.001, <0.001, 0.008, 0.483$;时间因素主效应, $F=74.500, 150.291, 93.269, 113.638, 4.607, P=<0.001, <0.001, <0.001, <0.001, 0.012$;两者交互作用, $F=0.361, 3.631, 4.125, 3.975, 1.893, P=0.642, 0.039, 0.019, 0.029, 0.156$;降钙素原两两比较统计量为 Z 值,其余指标两两比较统计量为 t 值; t_1/Z_1 值、 P_1 值、 t_2/Z_2 值、 P_2 值、 t_3/Z_3 值、 P_3 值分别为 2 组间伤后 1、2、3 d 各指标两两比较所得

表 5 2 组特重度烧伤患者机械通气应用例数及机械通气时间比较

组别	例数	机械通气 [例(%)]	机械通气时间 (d, $\bar{x} \pm s$)
传统补液组	27	18(66.7)	7 \pm 3
PiCCO 监测补液组	25	20(80.0)	9 \pm 4
t 值		—	-1.219
χ^2 值		1.173	—
P 值		0.279	0.231

注:PiCCO 为脉搏轮廓心输出量;“—”表示无此统计量值

苏指标综合评估,实施个体化补液复苏治疗^[11-12]。大量的临床实践证明,休克患者实际液体需要量多于国内广泛使用的补液公式计算量^[13]。伤后第 1、2 个 24 h,与传统补液组比较,PiCCO 监测补液组患者补液系数更大、补液总量更多,提示传统指标指导复苏可能存在补液量不足,PiCCO 监测补液在不同时间点能够较好地评估患者的容量负荷,所测数据可反映机体容量状况和组织水肿的情况,维持机体需要的液体量,更精确地指导特重度烧伤患者补液复苏^[14]。

尿量作为指导烧伤抗休克治疗最简单最方便的主要复苏指标之一,直接反映肾功能、肾灌注状况^[15],但正常尿量输出并不能排除组织灌注不良^[16-18],而 PiCCO 监测血流动力学指标则可以准确反映机体容量反应性。本研究中,伤后第 2 个 24 h, PiCCO 监测补液组患者每小时尿量与传统补液组比

较明显增多,说明其对烧伤休克的纠正较传统补液组更快,复苏效果更好。有学者研究表明,烧伤总面积 >50% TBSA 时,每小时尿量应该更多一些,才能更好纠正机体休克状态^[19]。伤后第 1、2 个 24 h, PiCCO 监测补液组和传统补液组患者的每小时每千克体质量尿量均明显多于方案值,与 Luo 等^[6] 研究结果相似,影响因素之一可能是使用甘露醇。甘露醇作为渗透性利尿剂,在增加肾血流量和清除过量氧自由基的同时,能够冲洗掉损伤肾脏的细胞内渗漏成分,并能排出隐藏在受损肌肉组织中的液体,增加尿量,且不会被肾小管重吸收,在 2 h 内可以排出输入量的 75%^[5,20]。伤后第 2 个 24 h, PiCCO 监测补液组患者每小时每千克体质量尿量明显多于传统补液组,说明 PiCCO 监测补液组休克改善较传统补液组明显。烧伤后大量的体液丢失会导致肾前性肾损伤,而血液中尿素氮的增加会进一步加重肾脏的负担^[21], Emami 等^[22] 研究结果显示,血尿素氮是烧伤后发生急性肾损伤的独立危险因素,较低的血尿素氮水平有更好的预后。伤后 1、2、3 d, PiCCO 监测补液组患者尿素氮水平明显低于传统补液组,伤后 2、3 d 2 组患者尿素氮水平均在正常值范围(3.1 ~ 7.2 mmol/L)内,且 2 组患者伤后各时间点肌酐水平比较无明显差异,说明 2 组患者通过补液复苏,避免或减轻了肾脏的损伤,但 PiCCO 监测补液能够更好地纠正肾脏的血流灌注不良和组织细胞缺氧^[23]。

血液中乳酸清除率相对于单纯的乳酸值,不仅能较好地反映组织细胞的无氧代谢是否得到纠正或组织低灌注是否得到改善,而且能更好地反映低血容量休克患者的预后^[24]。关于特重度烧伤患者休克早期乳酸清除率的研究较少,马伟等^[25]证实乳酸清除率高的严重烧伤患者有更好的预后。本研究显示,PiCCO 监测补液组患者伤后 1、2、3 d 乳酸清除率均明显高于传统补液组,表明通过更积极的补液,能够有效提高乳酸清除率,显著改善全身低灌注水平和组织细胞缺氧状况。本研究的不足之处是未能进行更短时间周期的乳酸清除率监测,研究显示,较短周期乳酸清除率监测对烧伤患者的救治具有更好的指导意义^[26-27]。

休克期严重烧伤患者机体在应激刺激下产生炎症因子瀑布效应^[28],降钙素原水平在炎症刺激下迅速升高,伤后 24 h 达到最高水平^[29]。本研究显示,2 组患者入院时降钙素原水平偏低,伤后 1 d 随着病情发展,降钙素原水平达到最高值;通过积极地补液复苏,伤后 2、3 d,2 组患者降钙素原水平均呈下降趋势,PiCCO 监测补液组降钙素原水平明显低于传统补液组,下降速度更快。这表明 PiCCO 监测能够在烧伤休克期快速恢复有效循环血量,从而减轻机体炎症反应。有文献报道休克期降钙素原水平与重度烧伤患者病死率密切相关,将降钙素原维持在低水平,能够有效控制不良预后^[30]。

CK-MB 是心肌损伤的传统检验指标,且 CK-MB 临床特异性较强^[31],对临床初步诊断心肌损伤有一定的参考价值^[32]。严重烧伤后心肌即发生了缺血缺氧损害和功能减退,本研究结果显示,2 组患者伤后各时间点 CK-MB 水平均高于正常值(0~25 U/L)。PiCCO 监测补液组患者 CK-MB 水平伤后 1、2 d 与传统补液组相近,均呈下降趋势;伤后 3 d,PiCCO 监测补液组患者 CK-MB 水平明显低于传统补液组,且下降更快,与相关研究结果^[32]相似,说明经有效复苏后,PiCCO 监测补液组患者心肌损伤恢复较快。本研究中 2 组患者伤后各时间点 MAP 均在正常范围(70~105 mmHg,1 mmHg=0.133 kPa)之内,因 MAP 受多种因素影响,如烧伤疼痛、镇痛镇静药物的使用等,故 2 组患者在不同方法指导下补液对 MAP 的影响不大,与有关研究结果^[33]相似。

本研究显示,2 组患者均未发生 ARDS、腹腔间隔室综合征、脑水肿和肺水肿等与补液过量有关的并发症。传统补液组基于传统方法指导补液不能精确地反映心输出量和氧输送^[34],导致组织的有效灌

注不足,脓毒症等并发症发生率升高;PiCCO 监测补液组患者并发症发生率明显低于传统补液组。以上结果表明,合理的液体复苏与继发感染和脏器并发症的发生有一定的关系。传统补液常伴有隐性代偿性休克的发生,烧伤患者即使血压及尿量等生命体征指标恢复正常水平,却仍然存在组织灌注不良现象^[35]。PiCCO 监测能敏感反映休克纠正情况^[36],且能有效减少脓毒症和脏器并发症的发生。2 组患者机械通气应用情况及机械通气时间相近,可见 2 种补液复苏对机械通气影响较小。

综上所述,PiCCO 监测技术能够快速、精准地指导特重度烧伤患者的液体复苏,减少因补液不当引起的脏器损伤,较快改善重要脏器及组织的缺血缺氧状态。为进一步证实 PiCCO 监测技术指导严重烧伤患者精准液体复苏,可进行多中心前瞻性研究,根据不同烧伤面积及烧伤深度进行分层分析,实施个性化补液方案,探寻更有效的复苏模式,提高严重烧伤休克液体复苏的有效率。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] 王玉莲. 关于烧伤休克治疗中几个问题的思考[J]. 中华烧伤杂志, 2010, 26(3): 196-198. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1009-2587.2010.03.008.
- [2] Carsetti A, Cecconi M, Rhodes A. Fluid bolus therapy: monitoring and predicting fluid responsiveness [J]. Curr Opin Crit Care, 2015, 21(5): 388-394. DOI: 10.1097/MCC.0000000000000240.
- [3] 蒋南红, 王德运, 李凤, 等. 脉搏轮廓心排血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.
- [4] 罗高兴, 彭毅志, 庄颖, 等. 烧伤休克期有关补液公式的临床应用与评价[J]. 中华烧伤杂志, 2008, 24(4): 248-250. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1009-2587.2008.04.003.
- [5] 郭振荣, 贺立新. 依据血流动力学变化改进烧伤休克期补液方案[J]. 中华医学杂志, 2005, 85(23): 1585-1587. DOI: 10.3760/j.issn.0376-2491.2005.23.001.
- [6] Luo GX, Peng YZ, Yuan ZQ, et al. Fluid resuscitation for major burn patients with the TMMU protocol [J]. Burns, 2009, 35(8): 1118-1123. DOI: 10.1016/j.burns.2009.02.020.
- [7] 赵利平, 黄跃生, 何婷, 等. 红细胞比容评估烧伤休克早期复苏效果的临床研究[J]. 中华烧伤杂志, 2013, 29(3): 235-238. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1009-2587.2013.03.004.
- [8] 郭毅斌, 郑庆亦, 陈锦河, 等. 特大面积烧伤患者休克期液体复苏方式的比较[J]. 中华烧伤杂志, 2012, 28(6): 468-470. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1009-2587.2012.06.021.
- [9] 陈郑礼, 袁克俭. 烧伤创面深度对患者休克期补液量的影响[J]. 上海交通大学学报(医学版), 2011, 31(1): 64-67. DOI: 10.3969/j.issn.1674-8115.2011.01.015.
- [10] 徐朝晖, 徐国土, 邱明昕, 等. 严重烧伤创面深度对休克期晶、胶体补液量影响的临床分析[J/CD]. 中华损伤与修复杂志: 电子版, 2010, 5(1): 49-55. DOI: 10.3969/j.issn.1673-9450.2010.01.006.

- [11] Li HS, Zhou JY, Peng YZ, et al. The progress of Chinese burn medicine from the Third Military Medical University-in memory of its pioneer, Professor Li Ao[J/OL]. Burns Trauma, 2017,5:16 [2019-08-11]. <https://academic.oup.com/burnstrauma/article/doi/10.1186/s41038-017-0082-z/5680311>. DOI:10.1186/s41038-017-0082-z.
- [12] 郭振荣. 烧伤休克期补液[J]. 中华烧伤杂志, 2008, 24(5): 328-330. DOI:10.3760/cma.j.issn.1009-2587.2008.05.004.
- [13] 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.
- [14] 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.
- [15] 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.
- [16] Paratz JD, Stockton K, Paratz ED, et al. Burn resuscitation--hourly urine output versus alternative endpoints: a systematic review[J]. Shock, 2014, 42(4): 295-306. DOI:10.1097/SHK.0000000000000204.
- [17] Wurzer P, Branski LK, Jeschke MG, et al. Transpulmonary thermodilution versus transthoracic echocardiography for cardiac output measurements in severely burned children[J]. Shock, 2016, 46(3): 249-253. DOI:10.1097/SHK.0000000000000627.
- [18] Romanowski KS, Palmieri TL. Pediatric burn resuscitation: past, present, and future[J/OL]. Burns Trauma, 2017, 5:26 [2019-08-11]. <https://academic.oup.com/burnstrauma/article/doi/10.1186/s41038-017-0091-y/5680309?searchresult=1>. DOI:10.1186/s41038-017-0091-y.
- [19] 韩春茂. 为什么烧伤休克液体复苏的争论这么大——证据的来源分析[J]. 实用医学杂志, 2010, 26(11): 1874-1876. DOI:10.3969/j.issn.1006-5725.2010.11.003.
- [20] Culnan DM, Farner K, Bitz GH, et al. Volume resuscitation in patients with high-voltage electrical injuries[J]. Ann Plast Surg, 2018, 80(3 Suppl 2): S113-118. DOI:10.1097/SAP.0000000000001374.
- [21] Clark A, Imran J, Madni T, et al. Nutrition and metabolism in burn patients[J/OL]. Burns Trauma, 2017, 5:11 [2019-08-11]. <https://academic.oup.com/burnstrauma/article/doi/10.1186/s41038-017-0076-x/5680314>. DOI:10.1186/s41038-017-0076-x.
- [22] Emami A, Javanmardi F, Rajaei M, et al. Predictive biomarkers for acute kidney injury in burn patients[J]. J Burn Care Res, 2019, 40(5): 601-605. DOI:10.1093/jbcr/irz065.
- [23] Davenport LM, Dobson GP, Letson HL. The role of invasive monitoring in the resuscitation of major burns: a systematic review and meta-analysis[J]. Int J Burns Trauma, 2019, 9(2): 28-40.
- [24] 中华医学会重症医学分会. 低血容量休克复苏指南(2007)[J]. 中国危重病急救医学, 2008, 20(3): 129-134. DOI:10.3321/j.issn.1003-0603.2008.03.002.
- [25] 马伟, 刘群, 李林, 等. 重症烧伤患者休克期乳酸清除率的观察[J]. 中华烧伤杂志, 2009, 25(3): 187-188. DOI:10.3760/cma.j.issn.1009-2587.2009.03.010.
- [26] Herrero DLE, Sanchez-Sanchez M, Cachafeiro FL, et al. Lactate and lactate clearance in critically burned patients: usefulness and limitations as a resuscitation guide and as a prognostic factor[J/OL]. Burns, 2020; S0305-4179(20)30420-4 [2020-08-11]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32653255/>. [published online ahead of print June 21, 2020]. DOI:10.1016/j.burns.2020.06.003.
- [27] 于丽, 陈向军, 董学会, 等. 乳酸及乳酸清除率对烧伤休克患者预后的预测价值[J]. 现代医学, 2020, 48(2): 167-171. DOI:10.3969/j.issn.1671-7562.2020.02.003.
- [28] 罗高兴. 烧伤后脏器并发症的发生与防治[J]. 中华烧伤杂志, 2019, 35(8): 565-567. DOI:10.3760/cma.j.issn.1009-2587.2019.08.002.
- [29] Koutroulis I, Loscalzo SM, Kratimenos P, et al. Clinical applications of procalcitonin in pediatrics: an advanced biomarker for inflammation and infection-can it also be used in trauma? [J]. Int Sch Res Notices, 2014, 2014: 286493. DOI:10.1155/2014/286493.
- [30] 刘兆兴, 张改中, 王鑫, 等. 休克期降钙素原水平与重度烧伤患者烧伤严重程度及预后的相关性研究[J/CD]. 中华损伤与修复杂志: 电子版, 2018, 13(3): 176-181. DOI:10.3877/cma.j.issn.1673-9450.2018.03.005.
- [31] 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.
- [32] 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.
- [33] 胡泉, 柴家科, 郝岱峰, 等. PiCCO 心肺容量监护仪在危重烧伤患者血流动力学监测中的临床应用[J]. 解放军医学杂志, 2009, 34(10): 1228-1230. DOI:10.3321/j.issn:0577-7402.2009.10.020.
- [34] Soussi S, Dépret F, Benyamina M, et al. Early hemodynamic management of critically ill burn patients[J]. Anesthesiology, 2018, 129(3): 583-589. DOI:10.1097/ALN.0000000000002314.
- [35] 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.
- [36] Soussi S, Deniau B, Ferry A, et al. Low cardiac index and stroke volume on admission are associated with poor outcome in critically ill burn patients: a retrospective cohort study[J]. Ann Intensive Care, 2016, 6(1): 87. DOI:10.1186/s13613-016-0192-y.

(收稿日期:2019-08-11)

本文引用格式

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.

Jiang NH, Wang DY, Li F, et al. Effect of fluid resuscitation guided by pulse contour cardiac output monitoring technology on organ function in extremely severe burn patients[J]. Chin J Burns, 2020, 36(10): 939-946. DOI:10.3760/cma.j.cn501120-20190811-00345.