

早期血浆置换联合连续性静脉-静脉血液滤过对脓毒性休克患儿血管活性药物评分及炎症指标的影响

冯林, 彭红艳, 袁鹏英, 魏晓星, 陈飞燕, 张春敏, 左云龙
(广州医科大学附属妇女儿童医疗中心 PICU, 广东 广州 510120)

【摘要】目的: 探讨早期血浆置换(PE)联合连续性静脉-静脉血液滤过(CVVH)对脓毒性休克患儿血管活性药物评分及炎症指标的影响。**方法:** 选取 229 例脓毒性休克患儿为研究对象, 根据治疗方式不同对照组($n=112$)和联合组($n=117$)。对照组患儿在标准脓毒性休克治疗的基础上联合 CVVH 治疗; 联合组患儿采用早期 PE 联合 CVVH 治疗。比较两组患儿休克纠正时间、血流动力学指标[平均动脉压(MAP)、毛细血管再充盈时间(CRT)]、血管活性药物评分、乳酸清除率、儿童序贯器官衰竭(pSOFA)评分、炎症因子[血清 C 反应蛋白(CRP)、降钙素原(PCT)]、不良事件发生情况及住院和预后指标。**结果:** 联合组患儿休克纠正时间短于对照组($P<0.05$); 治疗 72 h 后 MAP 水平高于对照组($P<0.05$); CRT 改善优于对照组($P<0.05$); 治疗 6、12、24、48、72 h 及 7 d 后血管活性药物评分均低于对照组($P<0.05$); 治疗 6、24、72 h 后乳酸清除率均高于对照组($P<0.05$); 治疗 24、48、72 h 及 7 d 后 pSOFA 评分均低于对照组($P<0.05$); 治疗 72 h 后血清 PCT、CRP 水平低于对照组($P<0.05$)。两组患儿治疗期间不良事件发生率、28 d 死亡率比较, 差异无统计学意义($P>0.05$); 联合组患儿 PICU 住院时间、总住院时间短于对照组($P<0.05$)。**结论:** 早期应用 PE 联合 CVVH 治疗脓毒性休克患儿, 可缩短患儿休克纠正时间, 改善血流动力学状态, 降低血管活性药物依赖, 减轻机体炎症反应, 缩短住院时间, 且不增加不良事件发生风险。

【关键词】 脓毒性休克; 连续性静脉-静脉血液滤过; 血浆置换; 血管活性药物评分; 炎症指标

【中图分类号】 R720.597 **【文献标志码】** A

Effect of early plasma exchange combined with continuous veno-venous hemofiltration on vasoactive-inotropic score and inflammatory markers in children with septic shock

FENG Lin, PENG Hong-yan, YUAN Peng-ying, WEI Xiao-xing, CHEN Fei-yan, ZHANG Chun-min, ZUO Yun-long
(PICU, Guangzhou Women and Children's Medical Center, Guangzhou Medical University, Guangzhou 510120, Guangdong, China)

【Abstract】Objective: To investigate the effect of early plasma exchange (PE) combined with continuous veno-venous hemofiltration (CVVH) on vasoactive-inotropic score and inflammatory markers in children with septic shock. **Methods:** A retrospective analysis was conducted on the clinical data of 229 children with septic shock. Based on the treatment methods, and on the basis of standard septic shock treatment, 112 children treated with CVVH were included in the control group, and 117 children treated with early PE combined with CVVH were included in the combined group. The shock correction time, hemodynamic indicators [mean arterial pressure (MAP), capillary refill time (CRT)], vasoactive-inotropic score, lactate clearance rate, pediatric Sequential Organ Failure Assessment (pSOFA) score, inflammatory factors [serum C-reactive protein (CRP), procalcitonin (PCT)], incidence of adverse events, and hospitalization and prognosis indicators were compared between the two groups. **Results:** The shock correction time in the combined group was shorter than that in the control group ($P<0.05$), the MAP level after 72 h of treatment in the combined group was higher than that in the control group, and the improvement in CRT was better than that in the control group ($P<0.05$). The vasoactive-inotropic score at 6, 12, 24, 48, 72 h, and 7 d after treatment in the combined group was lower than that in the control group ($P<0.05$), the lactate clearance rate at 6, 24, and 72 h after treatment in the combined group was higher than that in the control group ($P<0.05$), the pSOFA score at 24, 48, 72 h, and 7 d after treatment in the combined group was lower than that in the control group ($P<0.05$), the serum inflammatory in-

dicators PCT and CRP levels after 72 h of treatment in the combined group were lower than those in the control group ($P < 0.05$). There was no significant difference in the incidence of adverse events and 28-day mortality between the two groups during treatment ($P > 0.05$). The PICU hospitalization time and total hospitalization time in the combined group were shorter than those in the control group ($P < 0.05$). **Conclusion:** Early PE combined with CVVH in the treatment of children with septic shock can shorten the shock correction time, improve hemodynamic status, reduce vasoactive drug dependence, reduce the body's inflammatory response, and shorten the length of hospital stay without increasing the risk of adverse events.

【Key words】 Septic shock; Continuous veno-venous hemofiltration; Plasma exchange; Vasoactive-inotropic score; Inflammatory indicators

脓毒性休克是儿科重症中致死率较高的急诊疾病。尽管以抗感染、目标性液体复苏及器官支持为主的综合治疗能改善预后,但病情进展迅速,部分患儿仍面临恶化风险^[1]。血液净化在脓毒性休克中的作用备受关注^[2]。连续性静脉-静脉血液滤过(continuous venovenous hemofiltration, CVVH)可持续清除中小分子炎性介质,缓解炎症级联反应,但对 > 30 kDa 的大分子与内毒素清除有限^[3]。血浆置换(plasma exchange, PE)可直接移除含致病性大分子的血浆成分并补充凝血因子与免疫调节物质^[4]。理论上,PE 与 CVVH 联合具有互补优势:PE 快速清除大分子毒素, CVVH 持续调控中小分子炎性介质,可能协同重塑免疫微环境并改善血流动力学。然而,二者在儿童脓毒性休克中联合应用的证据尚不充分。本研究旨在探讨 PE 联合 CVVH 对脓毒性休克患儿血管活性药物评分及炎症指标的影响。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取 2020 年 1 月至 2024 年 8 月广州医科大学附属妇女儿童医疗中心收治的 229 例脓毒性休克患儿为研究对象,根据治疗方式不同分为对照组($n = 112$)和联合组($n = 117$)。本研究经医院医学伦理委员会审批,患儿家属知情同意。两组患儿一般资料比较,差异无统计学意义($P > 0.05$)。见表 1。纳入标准:(1)符合《儿童脓毒症休克(感染性休克)诊疗指南(2015 版)》^[5]脓毒性休克诊断标准;(2)年龄 1 个月~18 岁;(3)于本院接受 CVVH 或早期 PE 联合 CVVH 治疗;(4)具备完整的临床病历资料(涵盖病史、体格检查、实验室检验结果及治疗全程记录)。排除标准:(1)合并先天性或获得性免疫缺陷病;(2)已确诊恶性肿瘤(包括血液系统肿瘤)或正处于化疗、放疗期间;(3)处于非感染因素(如严重创伤、自身免疫性疾病活动期等)引发的全身炎症反应状态;(4)入院时已判定为脑死亡状态或预期生存时间 < 24 h。

1.2 方法

两组患儿均接受脓毒性休克标准治疗,参照美国重症医学学会与欧洲危重病学会联袂更新的《拯救

脓毒症运动(surviving sepsis campaign, SSC):脓毒症与脓毒性休克治疗国际指南(2016 版)》^[6]执行目标导向液体复苏,包括液体与血浆蛋白支持,抗感染治疗,器官支持与代谢管理,监测与维持内环境稳定。对照组患儿给予 CVVH 治疗:在完成初始液体复苏及血管活性药物应用后的 24 h 内开始 CVVH 治疗。治疗模式选择连续性肾脏替代治疗(CRRT)中的 CVVH 模式。在超声引导下建立股静脉或颈内静脉通路,置入双腔导管(导管型号依患儿体质量选择:体质量 < 10 kg 者选用 6.5 Fr 导管,体质量为 $10 \sim 20$ kg 者选用 8 Fr 导管,体质量 > 20 kg 者选用 10 Fr 导管)。治疗参数设定如下:血流量 $3 \sim 6 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$;置换液采用碳酸氢盐缓冲液配方($\text{Na}^+ 140 \text{ mmol/L}$, $\text{K}^+ 4.0 \text{ mmol/L}$, $\text{Ca}^{2+} 1.25 \text{ mmol/L}$, $\text{Mg}^{2+} 0.75 \text{ mmol/L}$, $\text{HCO}_3^- 35 \text{ mmol/L}$);置换液流量设置为 $20 \sim 35 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$,采用前稀释方式,依预设的液体平衡目标调整超滤量,确保每日净超滤量不超过患儿体质量的 5%。对于出血风险不高的患儿可给予全身肝素抗凝,通过活化部分凝血活酶时间调整剂量监测,目标值为正常对照值的 1.5~2.0 倍。对于高出血风险患儿,采用局部枸橼酸抗凝或回血端鱼精蛋白中和方式。CVVH 持续进行 72 h,每 24 h 评估滤器功能,若跨膜压 $> 300 \text{ mmHg}$,则及时予以更换。联合组患儿在 CVVH 治疗的基础上联合 PE 治疗:CVVH 治疗与对照组完全一致。于脓毒性休克确诊后 24 h 内开始实施 PE,并与 CVVH 采取序贯治疗模式(即 PE 治疗结束后立即接续 CVVH 治疗)。使用金宝或者费森机器进行血浆置换设备进行操作。血管通路建立方式一致。治疗参数设定:置换液选用新鲜冰冻血浆;置换量 $1.2 \sim 1.5$ 倍患儿血浆容量[血浆容量(PV)(L) = 体质量(kg) $\times 0.065 \times (1 - \text{血细胞比容})$];血流速度 $3 \sim 6 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$;血浆分离速度:依据血流速度动态调整,控制范围为血流速度的 20%~30%;采用等容量置换策略,即每分离 1 mL 血浆,同步补充 1 mL 新鲜冰冻血浆。抗凝方案与同期进行的 CVVH 治疗保持一致。治疗过程中密切监测床旁活化凝血时间、活化部分凝血活酶时间或离子钙水平。PE 治疗每 1 次/d,单次治疗时程为 2~3 h,根据休克

改善情况连续治疗 1~3 d。治疗期间需监测血浆白蛋白及凝血因子水平,维持于正常水平。

表 1 两组患儿一般资料比较[M(P₂₅,P₇₅),($\bar{x}\pm s$),n(%)]

组别	性别		年龄(岁)	感染部位					pSOFA 评分 (分)
	男	女		肺部感染	腹腔感染	血流感染	泌尿系统感染	其它	
联合组(n=117)	65(55.56)	52(44.44)	4.00(1.00,8.00)	57(48.72)	26(22.22)	12(10.26)	18(15.38)	4(3.42)	11.45±2.08
对照组(n=112)	67(59.82)	45(40.18)	5.00(1.00,9.00)	58(49.57)	23(19.66)	14(11.97)	15(12.82)	2(1.71)	11.76±1.95
Z/ χ^2 /t 值	0.426		0.592	1.177					1.162
P 值	0.514		0.560	0.882					0.247

1.3 观察指标

(1)休克纠正时间:自治疗启动至同时满足下列全部条件的时长。①平均动脉压维持于同年龄正常范围下限之上,且停用血管活性药物后持续稳定 ≥ 24 h;②乳酸水平下降 <2 mmol/L;③尿量回升 ≥ 1 mL $\cdot$ kg⁻¹ $\cdot$ h⁻¹;④毛细血管再充盈时间下降 <2 s。记录方式:每日监测并记录达到上述标准的具体时间,以小时作为统计单位。血流动力学指标:包括治疗前和治疗 72 h 后平均动脉压(mean arterial pressure,MAP)及毛细血管再充盈时间(capillary refill time,CRT)。(3)血管活性药物评分:治疗前、治疗 6、12、24、48、72 h 及 7 d 后,记录血管活性药物的使用剂量,代入公式计算血管活性药物评分(vasopressor inotrope score,VIS)^[7]。评分越高,表明患儿对血管活性药物的依赖程度越明显。国际通用标准公式:VIS=去甲肾上腺素剂量(μ g $\cdot$ kg⁻¹ $\cdot$ min⁻¹) $\times 100$ +肾上腺素剂量(μ g $\cdot$ kg⁻¹ $\cdot$ min⁻¹) $\times 100$ +多巴胺剂量(μ g $\cdot$ kg⁻¹ $\cdot$ min⁻¹) $\times 1$ +多巴酚丁胺剂量(μ g $\cdot$ kg⁻¹ $\cdot$ min⁻¹) $\times 1$ +米力农剂量(μ g $\cdot$ kg⁻¹ $\cdot$ min⁻¹) $\times 10$ 。(4)乳酸清除率:治疗前及治疗 6、24、72 h 后采集动脉血,采用血气分析仪测定乳酸浓度。乳酸清除率=(治疗前-治疗后)乳酸浓度/治疗前乳酸浓度 $\times 100\%$ 。(5)器官衰竭情况:治疗前、治疗 24、48、72 h 及 7 d 后采用儿童序贯器官衰竭评估(pediatric sequential organ failure assessment,pSOFA)^[8]评分评估,包含 6 个器官系统,即呼吸系统、心血管系统、神经系统、凝血系统、肝脏及肾脏,各器官系统依据所测指标的最差数值评定 0~4 分,总分 0~24 分,分值越高表示器官功能障碍的程度越突出。(6)炎症指标:治疗前及治疗 72 h 后采集外周静脉血,测定 C 反应蛋白(C-reactive protein,CRP)、降钙素原(procalcitonin,PCT)水平。(7)不良事件发生情况:包括穿刺部位出血、消化道出血、颅内出血等出血事件;依据临床表现及影像学/内镜检查结果确诊)、低钙血症(血清离子钙 <1.1 mmol/L,伴或不伴手足抽搐、心律失常等症状)、症状性低血压(收缩压较基础值下降 $>30\%$ 或低于同年龄正常下限,且同时出现头晕、面色苍白、尿量

减少等组织灌注不足的表现)、滤器凝血(跨膜压骤升 >300 mmHg,经调整抗凝方案后仍无法逆转,需提前更换滤器)等。(8)住院及预后指标:包括 PICU 住院时间、总住院时间、28 d 生存率。

1.4 统计学分析

采用 SPSS27.0 软件对数据进行处理与分析。计量资料符合正态分布且方差齐性,以($\bar{x}\pm s$)表示,组间比较行独立样本 t 检验,组内比较行配对样本 t 检验,不符合正态分布的计量资料以[M(P₂₅,P₇₅)]表示,组间比较行秩和检验,不同时间点采用重复测量方差分析,进一步比较采用 Bonferroni 法检验;对于死亡患儿后续时间点的数据;计数资料以[n(%)]表示,组间比较行独立样本 χ^2 检验。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组患儿休克纠正时间比较

联合组休克纠正时间短于对照组,差异有统计学意义[(59.12 $\pm$ 14.36)h vs.(71.49 $\pm$ 18.28)h, $P<0.05$]。

2.2 两组患儿血流动力学指标比较

治疗前,两组患儿 MAP、CRT 比较,差异无统计学意义($P>0.05$)。治疗 72 h 后,两组患者 MAP 均升高($P<0.05$),且联合组高于对照组($P<0.05$);CRT 均缩短($P<0.05$),且联合组短于对照组($P<0.05$)。见表 2。

表 2 两组患儿血流动力学指标比较($\bar{x}\pm s$)

组别	MAP(mmHg)		CRT(s)	
	治疗前	治疗 72 h 后	治疗前	治疗 72 h 后
联合组(n=117)	51.93 $\pm$ 7.36	72.14 $\pm$ 8.43 ^①	5.37 $\pm$ 1.08	2.13 $\pm$ 0.61 ^①
对照组(n=112)	52.60 $\pm$ 6.17	68.60 $\pm$ 8.22 ^①	5.34 $\pm$ 1.11	2.52 $\pm$ 0.55 ^①
t 值	0.745	3.215	0.207	5.074
P 值	0.457	0.002	0.836	<0.001

① $P<0.05$,与同组治疗前比较。

2.3 两组患儿血管活性药物评分比较

治疗前,两组患儿血管活性药物评分比较,差异无统计学意义($P>0.05$)。治疗 6、12、24、48、72 h 及 7 d 后,两组患儿血管活性药物评分均降低($P<$

0.05),且联合组各时间点均低于对照组($P<0.05$)。见表 3。

表 3 两组患儿血管活性药物评分比较($\bar{x}\pm s$,分)

组别	治疗前	治疗 6 h 后	治疗 12 h 后	治疗 24 h 后	治疗 48 h 后	治疗 72 h 后	治疗 7 d 后
联合组($n=117$)	33.07±6.31	24.43±4.36 ^①	19.30±3.38 ^①	15.11±2.94 ^①	10.75±2.30 ^①	7.22±1.67 ^①	4.66±1.13 ^①
对照组($n=112$)	33.45±7.57	27.14±4.19 ^①	23.85±4.51 ^①	20.06±3.62 ^①	15.20±2.77 ^①	11.89±2.13 ^①	8.18±1.89 ^①
t 值	0.412	4.796	8.610	11.330	13.196	18.410	17.013
P 值	0.681	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

① $P<0.05$,与同组治疗前比较。

2.4 两组患儿乳酸清除率比较

治疗 24、72 h 后,两组患儿乳酸清除率均高于治疗 6 h 后($P<0.05$),且联合组治疗 6、24、72 h 后乳酸清除率均高于对照组($P<0.05$)。见表 4。

表 4 两组患儿乳酸清除率比较($\bar{x}\pm s$,%)

组别	治疗 6 h 后	治疗 24 h 后	治疗 72 h 后
联合组($n=117$)	42.14±7.30	55.28±8.59 ^①	70.10±7.21 ^①
对照组($n=112$)	34.36±6.24	47.13±7.81 ^①	56.99±7.14 ^①
t 值	8.681	7.518	13.823
P 值	<0.001	<0.001	<0.001

① $P<0.05$,与同组治疗 6 h 后比较。

2.5 两组患儿 pSOFA 评分比较

治疗前,两组患儿 pSOFA 评分比较,差异无统计学意义($P>0.5$)。治疗 24、48、72 h 及 7 d 后,两组 pSOFA 评分均降低($P<0.05$),且联合组各时间点 pSOFA 评分均低于对照组($P<0.05$)。见表 5。

表 5 两组患儿 pSOFA 评分比较($\bar{x}\pm s$,分)

组别	治疗前	治疗 24 h 后	治疗 48 h 后	治疗 72 h 后	治疗 7 d 后
联合组($n=117$)	11.45±2.08	7.95±1.66 ^①	4.74±1.02 ^①	3.13±0.89 ^①	2.05±0.60 ^①
对照组($n=112$)	11.76±1.95	8.89±1.73 ^①	6.75±1.47 ^①	5.23±1.38 ^①	3.74±0.81 ^①
t 值	1.164	4.192	11.972	13.620	17.879
P 值	0.246	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

① $P<0.05$,与同组治疗前比较。

2.6 两组患儿炎症指标比较

治疗前,两组患儿血清 PCT、CRP 水平比较,差异无统计学意义($P>0.05$)。治疗 72 h 后,两组患儿血清炎症指标 PCT、CRP 水平均降低($P<0.05$),且联合组低于对照组($P<0.05$)。见表 6。

表 6 两组患儿炎症指标比较($\bar{x}\pm s$)

组别	PCT(ng/mL)		CRP(mg/L)	
	治疗前	治疗 72 h 后	治疗前	治疗 72 h 后
联合组($n=117$)	5.86±1.23	3.14±0.93 ^①	88.39±15.30	29.17±4.93 ^①
对照组($n=112$)	5.93±1.15	3.89±1.04 ^①	87.60±14.22	37.40±5.40 ^①
t 值	0.444	5.758	0.404	12.053
P 值	0.657	<0.001	0.686	<0.001

① $P<0.05$,与同组治疗前比较。

2.7 两组患儿不良事件发生情况比较

治疗期间,两组患儿出血事件、低钙血症、症状性低血压、滤器凝血发生率比较,差异无统计学意义

($P>0.05$)。见表 7。

表 7 两组患儿不良事件发生情况比较[n (%)]

组别	出血事件	低钙血症	症状性低血压	滤器凝血
联合组($n=117$)	17(14.53)	14(11.97)	10(8.55)	11(9.40)
对照组($n=112$)	14(12.50)	19(16.96)	6(5.36)	8(7.14)
χ^2 值	0.201	1.159	0.896	0.384
P 值	0.654	0.282	0.344	0.536

2.8 两组患儿住院及预后指标比较

联合组患儿 PICU 住院时间、总住院时间均短于对照组($P<0.05$);两组患儿 28 d 死亡率比较,差异无统计学意义($P>0.05$)。见表 8。

表 8 两组住院及预后指标水平比较($\bar{x}\pm s$, n (%))

组别	PICU 住院时间(d)	总住院时间(d)	28 d 死亡
联合组($n=117$)	11.35±1.94	17.39±2.08	47(40.17)
对照组($n=112$)	13.12±2.15	19.60±2.65	49(43.75)
t/χ^2 值	6.546	7.036	0.301
P 值	<0.001	<0.001	0.583

3 讨论

脓毒性休克属于儿科重症医学范畴内常见的急危重症,具有较高的致死率。尽管近年来脓毒症相关治疗方案持续优化,但难治性休克与顽固性炎症反应依旧是临床治疗中的难点,因此迫切需要探寻更为有效的辅助治疗方法,以提升患儿的预后效果。CVVH 通过持续对流高效清除肿瘤坏死因子 α 、白细胞介素 6 等中小分子炎性介质,早期可改善血流动力学、降低血管活性药物用量并改善微循环与免疫失衡^[1,9];而 PE 通过置换血浆快速去除大分子毒素、炎症复合物并补充凝血因子与白蛋白,可纠正凝血障碍并提高短期生存率^[10-11]。

本研究结果显示,相较于对照组,联合组患儿休克纠正时间缩短($P<0.05$),血流动力学指标 MAP、CRT 水平改善优于对照组($P<0.05$),VIS 评分低于对照组($P<0.05$),提示联合治疗在改善血管张力、减少血管活性药物依赖方面具有优势。其机制可能为两方面的协同作用:一方面是早期 PE 通过快速去除大分子炎性介质及病原相关分子模式,阻断炎症级联、减轻内皮细胞损伤并补充内皮保

护因子,从而稳定毛细血管通透性与循环功能;另一方面是 CVVH 则通过持续清除中小分子细胞因子,缓解血管平滑肌与心肌的炎性浸润,恢复对儿茶酚胺的反应性并改善心肌代谢^[12]。二者联合还可改善凝血功能、减少微血栓,优化组织灌注并降低乳酸水平,形成有利于机体恢复的正向反馈^[2]。上述结果与既往关于早期血液净化改善血流动力学和缩短血管活性药物应用时间的研究结论相一致^[13]。

本研究结果显示,联合组患儿在治疗 6、24、72 h 后的乳酸清除率及 24、48、72 h 和 7 d 的 pSOFA 评分均优于单纯 CVVH 组($P<0.05$),提示 PE 联合 CVVH 治疗可更有效改善组织氧合、代谢功能与多器官损伤。机制可能为 PE 快速去除大分子炎性介质与致病性分子模式、补充白蛋白与凝血因子,从而减轻内皮损伤、降低毛细血管通透性、优化血浆胶体渗透压并改善凝血功能;CVVH 持续清除中小分子炎症因子与水溶性毒素,缓解血管痉挛与炎性浸润、抑制微血栓形成并促进组织灌注。二者在炎症清除谱上的互补可覆盖约 10~500 kDa 的致病物质,协同降低全身炎症负荷并有助于线粒体功能恢复,从而促进乳酸清除和器官功能改善。两组患儿不良事件发生率比较,差异无统计学意义($P>0.05$),提示早期 PE 联合 CVVH 不会增加治疗风险。联合组患儿 PICU 住院及总住院时间缩短($P<0.05$),可能与早期抑制炎症、缩短器官损伤持续时间有关,联合治疗通过快速降低炎症负荷,有利于肺、肾等脏器在病程早期得到控制,从而促进康复。两组患儿 28 d 死亡率比较,差异无统计学意义($P>0.05$),可能受限于样本量不足及单中心回顾性研究存在选择偏倚及外推性限制,且未对 PE/CVVH 的具体参数(如置换血浆量、滤过流量等)进行亚组分析,最佳方案仍需进一步探索,后期将开展多中心、前瞻性随机对照试验,并结合分子生物学研究深入解析其免疫调节机制。

综上,对脓毒性休克患儿采用早期 PE 联合 CVVH 治疗,能够缩短休克纠正时长,改善血流动力学状况,降低对血管活性药物的依赖程度,减轻炎症反应,缩短住院时长,且不增加不良事件风险,是一种安全有效的辅助治疗策略。

参考文献

[1] Corona A,Veronese A,Santini S,*et al.* Adequate posology of antimicrobial therapy in the septic critically ill in continuous veno-venous hemofiltration: a single centre prospective observational study[J]. The Journal of Antimicrobial Chemothera-

py,2025,80(5): 1407—1419.

[2] Huang H,Zhou Q,Chen MH. High-volume hemofiltration reduces short-term mortality with no influence on the incidence of MODS, hospital stay, and hospitalization cost in patients with severe-acute pancreatitis: a meta-analysis[J]. Artificial Organs,2021,45(12): 1456—1465.

[3] Ye X,Zhang S,Tang M. Effect of sodium citrate anticoagulant solution in continuous veno-venous hemofiltration in critically ill children[J]. BMC Pediatrics,2025,25(1): 496.

[4] Stahl K,Wand P,Seeliger B,*et al.* Clinical and biochemical endpoints and predictors of response to plasma exchange in septic shock: results from a randomized controlled trial[J]. Critical Care,2022,26(1): 134.

[5] 中华医学会儿科学分会急救学组,中华医学会急诊医学分会儿科学组,中国医师协会儿童重症医师分会. 儿童脓毒性休克(感染性休克)诊治专家共识(2015 版)[J]. 中华儿科杂志,2015,53(8): 576—580.

[6] Singer M,Deutschman CS,Seymour CW,*et al.* The third international consensus definitions for sepsis and septic shock (sepsis-3)[J]. JAMA,2016,315(8): 801—810.

[7] El-Nawawy AA,Abdelmohsen AM,Hassouna HM. Role of echocardiography in reducing shock reversal time in pediatric septic shock: a randomized controlled trial[J]. Jornal de Pediatria,2018,94(1): 31—39.

[8] Matics TJ,Sanchez-Pinto LN. Adaptation and validation of a pediatric sequential organ failure assessment score and evaluation of the sepsis-3 definitions in critically ill children[J]. JAMA Pediatrics,2017,171(10): e172352.

[9] Xu J,Sun Y,Zhang W,*et al.* The efficacy and safety of continuous blood purification in neonates with septic shock and acute kidney injury: a two-center retrospective study[J]. European Journal of Pediatrics,2024,183(2): 689—696.

[10] Naumann DN,Beaven A,Dretzke J,*et al.* Searching for the optimal fluid to restore microcirculatory flow dynamics after haemorrhagic shock: a systematic review of preclinical studies [J]. Shock,2016,46(6): 609—622.

[11] Weng J,Chen M,Fang D,*et al.* Therapeutic plasma exchange protects patients with sepsis-associated disseminated intravascular coagulation by improving endothelial function[J]. Clinical and Applied Thrombosis/Hemostasis, 2021, 27 (12): 1145—1153.

[12] Geleta D,Abebe G,Tilahun T,*et al.* Phenotypic bacterial epidemiology and antimicrobial resistance profiles in neonatal sepsis at Jimma medical center,Ethiopia: Insights from prospective study[J]. PLoS One,2024,19(9): e0310376.

[13] Kuklin V,Sovershaev M,Bjerner J,*et al.* Influence of therapeutic plasma exchange treatment on short-term mortality of critically ill adult patients with sepsis-induced organ dysfunction: a systematic review and meta-analysis[J]. Critical Care, 2024,28(1): 12.

(收稿日期:2025—07—12 修回日期:2025—08—30)