

# 血液净化在儿童危重症中的应用现状分析

郑耀 阮培森 王佳佩 王艳 董卓亚 韩玉 舒晗 徐银权 叶显梓 陈赫赫

宁波大学附属妇女儿童医院儿童重症医学科, 宁波 315000

通信作者: 陈赫赫, Email: hehebb0425@163.com

**【摘要】 目的** 分析宁波地区某三甲医院接受连续性血液净化(CBP)治疗的危重症患儿的临床特征、治疗模式选择、预后影响因素及 CBP 应用现状,为优化区域性危重症救治策略提供依据。**方法** 采用回顾性队列研究方法,选择 2017 年 1 月至 2024 年 12 月在宁波大学附属妇女儿童医院接受 CBP 治疗的 395 例危重症患儿作为研究对象,收集并分析患儿的一般人口学特征、原发疾病分布、CBP 治疗相关参数(包括血管通路、抗凝方式、治疗模式)及预后情况。根据预后情况将患儿分为存活组和死亡组,再根据治疗时期不同分为 2017 至 2020 年组和 2021 至 2024 年组,比较各组间临床特征、干预措施及预后相关指标,探讨 CBP 应用的时间变化趋势及预后影响因素。**结果** 共纳入 395 例患儿,男性 219 例,女性 176 例;中位年龄 78(24, 157)个月;中位体质量 18(12, 40)kg;存活 305 例,死亡 90 例(病死率 22.8%);2017 至 2020 年组 134 例,2021 至 2024 年组 261 例。主要原发疾病依次为脓毒症[27.1%(107/395)]、肾衰竭[25.3%(100/395)]、急性中毒[24.1%(95/395)]。CBP 主要治疗模式为连续性静脉-静脉血液透析滤过[CVVHDF; 60.8%(240/395)],其次为血液灌流[HP; 15.7%(62/395)]、血浆置换[TPE; 9.1%(36/395)]和杂合式血液净化[HBPT; 14.4%(57/395)]。血管通路以右颈内静脉为主[51.1%(202/395)],抗凝方式以全身肝素抗凝为主[93.7%(370/395)]。患儿总体并发症发生率 15.2%(60/395),主要为血小板减少和导管相关感染。与存活组相比,死亡组患儿的年龄更小[月龄: 38.0(6.0, 72.5)比 100.0(30.0, 159.0)],体质量更低[kg: 12.3(7.0, 20.0)比 22.5(13.0, 43.0)],且合并多器官功能障碍综合征[MODS; 95.6%(86/90)比 22.0%(67/305)]、使用血管活性药物[92.2%(83/90)比 20.3%(62/305)]及应用机械通气[100%(90/90)比 40.7%(124/305)]、体外膜肺氧合(ECMO)支持[5.6%(5/90)比 0.7%(2/305)]的比例更高,住院时间更短[d: 9.0(3.8, 16.3)比 15.0(9.0, 26.0)],均  $P < 0.05$ ;原发疾病中坏死性脑病、高钠血症、嗜血细胞综合征、先天性心脏病术后占比更高( $P < 0.05$ )。与 2017 至 2020 年相比,2021 至 2024 年患儿年龄[月龄: 102.0(28.0, 160.5)比 42.0(17.0, 102.0)]和体质量[kg: 18.5(13.0, 45.0)比 15.0(11.0, 29.0)]增加,总体病死率下降[18.8%(49/261)比 30.6%(41/134)],血管通路选择以右颈内静脉为主,局部枸橼酸抗凝比例升高[5.7%(15/261)比 0.7%(1/134)],合并 MODS 比例下降[33.0%(86/261)比 50.0%(67/134)],ECMO 支持比例升高[2.7%(7/261)比 0%(0/134)],住院时间缩短[d: 11.0(6.0, 21.0)比 17.0(12.0, 34.0)],均  $P < 0.05$ ;原发疾病中脓毒症比例更低,肾衰竭比例更高( $P < 0.05$ )。**结论** CBP 是儿童危重症有效的救治手段,其疗效与年龄、原发疾病及器官支持措施密切相关。优化抗凝策略、改进血管通路选择及早期干预有望进一步降低病死率、改善预后。

**【关键词】** 儿童;危重症;连续性血液净化;预后分析;多器官功能障碍

**基金项目:** 宁波市医疗卫生品牌学科(PPXK2024-06);宁波市公益类科技计划项目(2024S145);宁波市卫生健康科技计划项目(2023Y23)

DOI: 10.3760/cma.j.issn.121430-20250625-00608

## Analysis of the current application status of blood purification therapy in critically ill children

Zheng Yao, Ruan Peisen, Wang Jiawei, Wang Yan, Dong Zhuoya, Han Yu, Shu Han, Xu Yinquan, Ye Xianzi, Chen Hehe  
Department of Pediatric Critical Care Medicine, Women and Children's Hospital of Ningbo University, Ningbo 315000, China

Corresponding author: Chen Hehe, Email: hehebb0425@163.com

**【Abstract】 Objective** To analyze the clinical features, treatment mode selection, factors influencing prognosis and current clinical application of continuous blood purification (CBP) in critically ill children in a tertiary hospital in the Ningbo region, and provide evidence for optimizing critical care strategies for pediatric patients. **Methods** A retrospective cohort study was conducted, enrolling 395 critically ill children who underwent CBP treatment at the Women and Children's Hospital of Ningbo University from January 2017 to December 2024. Clinical data of the children were collected and analyzed, including general demographic characteristics, distribution of primary diseases, CBP treatment-related parameters (including vascular access, anticoagulation method, and treatment mode), and prognosis. The children were divided into the survival group and the non-survival group according to their prognosis, and further stratified into the 2017–2020 group and the 2021–2024 group based on the treatment period. Clinical characteristics, intervention measures, and prognosis-related indicators were compared among different groups to explore the temporal trends in CBP application and the influencing factors of prognosis. **Results** A total of 395 children were enrolled, including 219 males and 176 females. The median age was 78 (24, 157) months, and the median body weight was 18 (12, 40) kg. Among them, 305 cases survived and 90 cases died, with a mortality of 22.8%. According to the treatment

period, 134 cases were assigned to the 2017–2020 group and 261 cases to the 2021–2024 group. The main primary diseases were sepsis [27.1% (107/395)], renal failure [25.3% (100/395)], and acute poisoning [24.1% (95/395)] in order of frequency. The predominant CBP treatment mode was continuous veno-venous hemodiafiltration [CVVHDF; 60.8% (240/395)], followed by hemoperfusion [HP; 15.7% (62/395)], therapeutic plasma exchange [TPE; 9.1% (36/395)], and hybrid blood purification treatment [HBPT; 14.4% (57/395)]. The right internal jugular vein was the main vascular access [51.1% (202/395)], and systemic heparin anticoagulation was the primary anticoagulation method [93.7% (370/395)]. The overall incidence of complications was 15.2% (60/395), mainly including thrombocytopenia and catheter-related infection. Compared with the survival group, the non-survival group had significantly younger age [months: 38.0 (6.0, 72.5) vs. 100.0 (30.0, 159.0)], lower body weight [kg: 12.3 (7.0, 20.0) vs. 22.5 (13.0, 43.0)], higher proportions of combined multiple organ dysfunction syndrome [MODS; 95.6% (86/90) vs. 22.0% (67/305)], use of vasoactive drugs [92.2% (83/90) vs. 20.3% (62/305)], mechanical ventilation [100% (90/90) vs. 40.7% (124/305)], and extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) support [5.6% (5/90) vs. 0.7% (2/305)], as well as shorter hospital stay [days: 9.0 (3.8, 16.3) vs. 15.0 (9.0, 26.0)], all  $P < 0.05$ . Additionally, the non-survival group had higher proportions of primary diseases including necrotizing encephalopathy, hypernatremia, hemophagocytic syndrome, and post-congenital heart disease surgery (all  $P < 0.05$ ). Compared with the 2017–2020 group, the 2021–2024 group showed significantly increased age [months: 102.0 (28.0, 160.5) vs. 42.0 (17.0, 102.0)] and body weight [kg: 18.5 (13.0, 45.0) vs. 15.0 (11.0, 29.0)], decreased overall mortality rate [18.8% (49/261) vs. 30.6% (41/134)], higher proportion of right internal jugular vein as vascular access, increased ratio of regional citrate anticoagulation [5.7% (15/261) vs. 0.7% (1/134)], reduced proportion of combined MODS [33.0% (86/261) vs. 50.0% (67/134)], elevated rate of ECMO support [2.7% (7/261) vs. 0% (0/134)], and shortened hospital stay [days: 11.0 (6.0, 21.0) vs. 17.0 (12.0, 34.0)], all  $P < 0.05$ . Moreover, the 2021–2024 group had a lower proportion of sepsis and a higher proportion of renal failure among primary diseases (both  $P < 0.05$ ).

**Conclusions** CBP represents a valuable therapeutic modality for critically ill children. Its efficacy is closely linked to patient age, the underlying disease, and the extent of organ support required. Optimizing anticoagulation strategies, improving vascular access selection, and implementing early intervention hold promise for further reducing mortality and improving prognosis.

**【Key words】** Children; Critical illness; Continuous blood purification; Prognosis analysis; Multiple organ dysfunction syndrome

**Fund program:** Ningbo Medical and Health Brand Discipline (PPXK2024–06); Ningbo Public Welfare Science and Technology Project (2024S145); Ningbo Health Technology Plan Project (2023Y23)

DOI: 10.3760/cma.j.cn121430–20250625–00608

连续性血液净化 (continuous blood purification, CBP) 是一组持续、缓慢清除血液中水分和溶质的体外生命支持技术<sup>[1]</sup>。随着技术进步及对疾病认识的加深, CBP 在传统连续性肾脏替代治疗 (continuous renal replacement therapy, CRRT) 基础上发展出多种模式, 包括连续性静脉-静脉血液透析滤过 (continuous veno-venous hemodiafiltration, CVVHDF)、血浆置换 (therapeutic plasma exchange, TPE)、血液灌流 (hemoperfusion, HP) 及其组合模式, 即杂合式血液净化 (hybrid blood purification treatment, HBPT)<sup>[2]</sup>, 现已成为多器官功能支持的核心手段。2018 年全国多中心调查显示, 脓毒症在儿童 CRRT 应用中占比最高 (38.5%)<sup>[3]</sup>; 但 2023 年有研究表明该比例下降 (17.6%), 肾衰竭 (34.5%) 及免疫性疾病 (9.2%) 占比上升<sup>[4]</sup>。国际 WE-ROCK 协作组的多中心研究显示, 脓毒症在全球仍为 CBP 的主要适应证 (44%)<sup>[5]</sup>。为明确本地区 CBP 应用现状及优化策略, 本研究回顾性分析 2017 年 1 月至 2024 年 12 月本院 395 例接受 CBP 治疗患儿的临床资料, 并总结其疾病分布、治疗模式选择及预后特征, 旨在为区域

性危重症救治提供依据。

## 1 资料与方法

**1.1 研究对象:** 采用回顾性队列研究方法, 选择 2017 年 1 月至 2024 年 12 月在宁波大学附属妇女儿童医院接受 CBP 治疗的危重症患儿作为研究对象。

**1.1.1 纳入标准:** ① 年龄为  $>28$  d ~  $<18$  周岁; ② 符合《连续性血液净化在儿童危重症应用的专家共识》<sup>[6]</sup> 提出的 CBP 治疗指征; ③ 在院内至少接受过 1 次 CBP 治疗; ④ 临床资料完整。

**1.1.2 排除标准:** ① 在院外接受 CBP 治疗后转入本院; ② CBP 治疗时间  $<2$  h; ③ 病历资料严重缺失。

**1.1.3 伦理学:** 本研究符合医学伦理学标准, 并获得本院医学伦理委员会批准 (审批号: NBF-2025-KY-107)。

**1.2 数据收集:** 收集患儿的基本信息 (包括性别、年龄、体质量)、原发疾病、CBP 模式、血管通路、抗凝方式、并发症、是否合并多器官功能障碍综合征 (multiple organ dysfunction syndrome, MODS)、是否行机械通气或体外膜肺氧合 (extracorporeal membrane oxygenation, ECMO)、是否使用血管活性药物, 以及

住院时间、住院费用、预后情况(包括治愈、好转、死亡)等。

**1.3 治疗方案:**CBP模式包括CVVHDF、TPE、HP及其杂合模式。CVVHDF采用血流速度3~5 mL·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>;TPE置换量为患儿血容量的1.5~2.0倍。根据凝血状态选择普通肝素或枸橼酸抗凝,监测活化凝血时间(activated clotting time, ACT)为180~220 s。

**1.4 统计学方法:**采用SPSS 25.0软件进行数据分析。正态分布的计量资料以均数±标准差( $\bar{x}\pm s$ )表示,组间比较采用独立样本t检验;非正态分布的计量资料以中位数(四分位数)[ $M(Q_1, Q_3)$ ]表示,采用Wilcoxon秩和检验。计数资料以例(%)表示,采用 $\chi^2$ 检验或Fisher确切概率法。检验水准 $\alpha$ 值取双侧0.05。

**2 结果**

**2.1 患儿一般情况和预后(表1):**共纳入395例接受CBP治疗的危重症患儿,其中男性219例,女性176例;中位年龄78(24, 157)个月;中位体质量18(12, 40)kg;血管通路以右颈内静脉为主(51.1%);全身肝素抗凝(93.7%)是主要的抗凝方式;并发症发生率为15.2%,以血小板减少(4.1%)、导管相关感染(3.0%)为主;治愈率为48.6%,好转率为28.6%,病死率为22.8%。

**2.2 患儿原发疾病分布和治疗模式(表2):**CBP主要用于治疗脓毒症(27.1%)、肾衰竭(25.3%)和急性中毒(24.1%)。常用模式以CVVHDF为主(60.8%),

**表1 2017至2024年395例接受CBP治疗的危重症患儿一般情况和预后相关指标**

指标	数值	指标	数值
性别[例(%)]		并发症[例(%)]	60(15.2)
男性	219(55.4)	血小板减少	16(4.1)
女性	176(44.6)	导管相关感染	12(3.0)
年龄[月, $M(Q_1, Q_3)$ ]	78(24, 157)	低体温	10(2.5)
体质量[kg, $M(Q_1, Q_3)$ ]	18(12, 40)	血栓	9(2.3)
血管通路[例(%)]		滤器凝血	9(2.3)
右颈内静脉	202(51.1)	低血压	2(0.5)
股静脉	149(37.7)	出血	2(0.5)
右颈内静脉+股静脉	44(11.1)	住院时间[d, $M(Q_1, Q_3)$ ]	13.0(7.0, 24.0)
抗凝方式[例(%)]		住院费用[元, $M(Q_1, Q_3)$ ]	58 239.4 (33 897.0, 98 043.1)
全身肝素抗凝	370(93.7)	预后[例(%)]	
局部枸橼酸抗凝	16(4.0)	治愈	192(48.6)
无抗凝	9(2.3)	好转	113(28.6)
		死亡	90(22.8)

注:CBP为连续性血液净化

其次为HP(15.7%)和TPE(9.1%)。

**2.3 不同预后两组患儿的临床特征比较(表3):**与存活患儿相比,死亡患儿的年龄更小、体质量更低,且合并MODS、使用血管活性药物及应用机械通气、ECMO支持的比例更高,住院时间更短(均 $P<0.05$ )。此外,两组间在原发疾病分布方面差异有统计学意义( $P<0.05$ ),住院费用方面差异无统计学意义( $P>0.05$ )。

**2.4 不同时期危重症患儿的CBP治疗情况比较(表4):**2017至2020年共134例患儿接受CBP治疗,2021至2024年共261例患儿接受CBP治疗(增长

**表2 2017至2024年395例接受CBP治疗的危重症患儿主要原发疾病分布及治疗模式**

原发疾病	例数 [例(%)]	治疗模式[例(%)]					
		CVVHDF	TPE	HP	CVVHDF+TPE	CVVHDF+HP	CVVHDF+HP+TPE
脓毒症	107(27.1)	107(27.1)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)
肾衰竭	100(25.3)	94(23.8)	0(0)	0(0)	6(1.5)	0(0)	0(0)
急性中毒	95(24.1)	10(2.5)	0(0)	62(15.7)	2(0.5)	13(3.3)	8(2.0)
肝衰竭	22(5.6)	0(0)	10(2.5)	0(0)	10(2.5)	0(0)	2(0.5)
溶血尿毒综合征	12(3.1)	0(0)	6(1.5)	0(0)	6(1.5)	0(0)	0(0)
系统性红斑狼疮	8(2.0)	0(0)	8(2.0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)
暴发性心肌炎	8(2.0)	8(2.0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)
重症肺炎	7(1.7)	2(0.5)	4(1.0)	0(0)	1(0.3)	0(0)	0(0)
坏死性脑病	7(1.7)	4(1.0)	0(0)	0(0)	3(0.8)	0(0)	0(0)
高钠血症	6(1.5)	6(1.5)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)
嗜血细胞综合征	5(1.3)	0(0)	3(0.8)	0(0)	2(0.5)	0(0)	0(0)
先天性心脏病术后	5(1.3)	5(1.3)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)
免疫性溶血	4(1.0)	0(0)	2(0.5)	0(0)	2(0.5)	0(0)	0(0)
重症胰腺炎	4(1.0)	4(1.0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)
其他	5(1.3)	0(0)	3(0.8)	0(0)	2(0.5)	0(0)	0(0)
合计	395(100.0)	240(60.8)	36(9.1)	62(15.7)	34(8.6)	13(3.3)	10(2.5)

注:CBP为连续性血液净化, CVVHDF为连续性静脉-静脉血液透析滤过, TPE为血浆置换, HP为血液灌流

94.8%)。与 2017 至 2020 年相比, 2021 至 2024 年患儿年龄和体质量增加, 总体病死率下降, 血管通路选择以右颈内静脉为主, 局部枸橼酸抗凝比例升高, 合并 MODS 比例下降, ECMO 支持比例升高, 住院

时间和住院费用减少(均  $P < 0.05$ )。此外, 两组间在原发疾病分布方面差异有统计学意义( $P < 0.05$ ), 其中 2021 至 2024 年患儿脓毒症比例更低, 肾衰竭比例更高。

表 3 2017 至 2024 年不同预后两组接受 CBP 治疗的危重症患儿临床特征、干预措施及预后相关指标比较

指标	存活组 (305 例)	死亡组 (90 例)	统计量值	P 值	指标	存活组 (305 例)	死亡组 (90 例)	统计量值	P 值
性别 [例(%)]			$\chi^2=2.168$	0.141	坏死性脑病	1(0.3)	6(6.7)		
男性	163(53.4)	56(62.2)			高钠血症	0(0)	6(6.7)		
女性	142(46.6)	34(35.8)			嗜血细胞综合征	1(0.3)	4(4.4)		
年龄 [月, M(Q <sub>1</sub> , Q <sub>3</sub> )]	100.0 (30.0, 159.0)	38.0 (6.0, 72.5)	Z=-6.120	<0.001	先天性心脏病术后	0(0)	5(5.6)		
体质量 [kg, M(Q <sub>1</sub> , Q <sub>3</sub> )]	22.5 (13.0, 43.0)	12.3 (7.0, 20.0)	Z=-6.541	<0.001	免疫性溶血	4(1.3)	0(0)		
原发疾病 [例(%)]			$\chi^2=92.657$	<0.001	重症胰腺炎	4(1.3)	0(0)		
脓毒症	77(25.2)	30(33.3)			其他	3(1.0)	2(2.2)		
肾衰竭	73(23.9)	27(30.0)			机械通气 [例(%)]	124(40.7)	90(100.0)	$\chi^2=98.584$	<0.001
急性中毒	93(30.5)	2(2.2)			使用血管活性药物 [例(%)]	62(20.3)	83(92.2)	$\chi^2=154.604$	<0.001
肝衰竭	18(5.9)	4(4.4)			合并 MODS [例(%)]	67(22.0)	86(95.6)	$\chi^2=158.581$	<0.001
溶血尿毒综合征	12(3.9)	0(0)			应用 ECMO [例(%)]	2(0.7)	5(5.6)	$\chi^2=6.976$	0.008
系统性红斑狼疮	8(2.6)	0(0)			住院时间 [d, M(Q <sub>1</sub> , Q <sub>3</sub> )]	15.0(9.0, 26.0)	9.0(3.8, 16.3)	Z=-4.878	<0.001
暴发性心肌炎	6(2.0)	2(2.2)			住院费用 [元, M(Q <sub>1</sub> , Q <sub>3</sub> )]	58 239.4 (32 371.1, 94 893.7)	63 681.9 (39 391.0, 103 058.5)	Z=-0.554	0.579
重症肺炎	5(1.6)	2(2.2)							

注: CBP 为连续性血液净化, MODS 为多器官功能障碍综合征, ECMO 为体外膜肺氧合

表 4 2017 至 2020 年及 2021 至 2024 年危重症患儿 CBP 治疗临床特征、干预措施及预后相关指标比较

指标	2017 至 2020 年 患儿 (134 例)	2021 至 2024 年 患儿 (261 例)	统计量值	P 值	指标	2017 至 2020 年 患儿 (134 例)	2021 至 2024 年 患儿 (261 例)	统计量值	P 值
性别 [例(%)]			$\chi^2=0.133$	0.715	TPE	13(9.7)	25(9.6)		
男性	76(56.7)	143(54.8)			HBPT	30(22.4)	65(24.9)		
女性	58(43.3)	118(45.2)			血管通路 [例(%)]			$\chi^2=22.262$	<0.001
年龄 [月, M(Q <sub>1</sub> , Q <sub>3</sub> )]	42.0 (17.0, 102.0)	102.0 (28.0, 160.5)	Z=-4.280	0.000	右颈内静脉	47(35.1)	155(59.4)		
体质量 [kg, M(Q <sub>1</sub> , Q <sub>3</sub> )]	15.0 (11.0, 29.0)	18.5 (13.0, 45.0)	Z=-2.560	0.010	股静脉	64(47.8)	85(32.6)		
原发疾病 [例(%)]			$\chi^2=87.832$	<0.001	右颈内静脉 + 股静脉	23(17.2)	21(8.0)		
脓毒症	61(45.5)	46(17.6)			抗凝方式 [例(%)]			$\chi^2=10.850$	0.004
肾衰竭	10(7.5)	90(34.5)			全身肝素抗凝	133(97.8)	239(91.6)		
急性中毒	24(17.9)	71(27.2)			局部枸橼酸抗凝	1(0.7)	15(5.7)		
肝衰竭	10(7.5)	12(4.6)			无抗凝	2(1.5)	7(2.7)		
溶血尿毒综合征	2(1.5)	10(3.8)			并发症 [例(%)]	24(17.9)	36(13.9)	$\chi^2=1.098$	0.295
暴发性心肌炎	0(0)	8(3.1)			机械通气 [例(%)]	81(60.4)	133(51.0)	$\chi^2=3.212$	0.073
系统性红斑狼疮	4(3.0)	4(1.5)			机械通气时长 [d, M(Q <sub>1</sub> , Q <sub>3</sub> )]	7(3, 12)	7(3, 9)	Z=-1.587	0.113
重症肺炎	5(3.7)	2(0.8)			使用血管活性药物 [例(%)]	55(41.0)	90(34.5)	$\chi^2=1.641$	0.200
坏死性脑病	4(3.0)	3(1.1)			合并 MODS [例(%)]	67(50.0)	86(33.0)	$\chi^2=10.846$	0.001
高钠血症	2(1.5)	4(1.5)			应用 ECMO [例(%)]	0(0)	7(2.7)	$\chi^2=14.000$	0.001
嗜血细胞综合征	0(0)	5(1.9)			住院时间 [d, M(Q <sub>1</sub> , Q <sub>3</sub> )]	17.0(12.0, 34.0)	11.0(6.0, 21.0)	Z=-5.501	<0.001
先天性心脏病术后	2(1.5)	3(1.1)			住院费用 [元, M(Q <sub>1</sub> , Q <sub>3</sub> )]	73 111.4 (52 826.9, 128 103.1)	46 504.6 (28 558.0, 87 791.0)	Z=-5.795	<0.001
免疫性溶血	4(3.0)	0(0)			死亡 [例(%)]	41(30.6)	49(18.8)	$\chi^2=6.830$	0.009
重症胰腺炎	4(3.0)	0(0)							
其他	2(1.5)	3(1.1)							
血液净化模式 [例(%)]			$\chi^2=7.356$	0.061					
CVVHDF	89(66.4)	158(57.9)							
HP	2(1.5)	20(7.7)							

注: CBP 为连续性血液净化, CVVHDF 为连续性静脉-静脉血液透析滤过, HP 为血液灌流, TPE 为血浆置换, HBPT 为杂合式血液净化, MODS 为多器官功能障碍综合征, ECMO 为体外膜肺氧合

### 3 讨论

CBP 是通过弥散、对流及吸附的作用机制,持续、温和地清除体内代谢废物、炎症介质和毒素,调节内环境平衡,为原发疾病的治疗争取时间。该技术现已成为儿科重症监护的重要组成部分。本研究纳入 2017 至 2024 年接受 CBP 治疗的 395 例危重症患儿,总体存活率为 77.2%,略高于国内同类大型单中心回顾性研究报告的水平<sup>[4]</sup>,并发症发生率较低(15.2%),提示 CBP 是危重儿童有效的救治手段。

本研究中,脓毒症是 CBP 最常见的适应证,首选治疗模式为 CVVHDF,与近年来国内研究结果一致<sup>[3]</sup>。CVVHDF 结合血液透析与血液滤过的优势,能有效清除血液炎症介质,降低组织炎症介质水平,改善重要器官功能,是治疗脓毒症的常用模式之一<sup>[7]</sup>。肾衰竭作为第二大适应证,同样主要应用 CVVHDF 模式。一项纳入亚洲、澳大利亚、欧洲和北美洲地区等 32 个儿科重症监护病房(pediatric intensive care unit, PICU)共 4 683 例患者的前瞻性观察性研究显示,危重儿童的急性肾损伤(acute kidney injury, AKI)发病率达 26.9%,且 AKI 程度越重,ICU 住院时间越长,机械通气时间和肾脏替代治疗频率亦随之增加<sup>[8]</sup>。在急性中毒中,HP 模式因具有高效吸附功能成为首选模式<sup>[9]</sup>,也可与 CVVHDF、TPE 联合使用以增强毒素清除效率。此外,肝衰竭,溶血尿毒综合征、系统性红斑狼疮等自身免疫性疾病在 CBP 治疗时常采用 TPE 模式。TPE 通过对流机制,清除血液中分子量较大的免疫球蛋白、自身抗体、免疫复合物等致病因子,可作为救治相关危重患儿的一线辅助治疗手段<sup>[10]</sup>。

血管通路和抗凝方式是 CBP 治疗成功的基础。良好的血管通路可确保足够的血流量,延长管路使用寿命,降低治疗中断率<sup>[11]</sup>。本研究首选右颈内静脉通路,该部位置管可直达右心房,血流动力学更稳定,血栓形成风险较低<sup>[12]</sup>。对于小体质量婴儿,采用右颈内静脉和股静脉分别置入单腔导管的策略,也有效保障了回路的稳定运行。抗凝方面,本研究以全身肝素抗凝为主,该方案具有操作便捷、成本较低的优势,但高出血风险及肝素诱导的血小板减少症发生率均不容忽视。近年来局部枸橼酸抗凝逐步推广,其安全性与滤器使用寿命优势已在多项研究中得到证实<sup>[13-14]</sup>。

预后方面,本研究显示,病死率较高的患儿多为低龄、低体质量群体,与国内其他研究一致<sup>[4]</sup>。一

项土耳其的研究亦提示,年龄<1 岁为危重患儿死亡的独立危险因素,但体质量关联性未达显著水平<sup>[15]</sup>。低龄患儿因免疫功能尚未完善、器官发育不成熟、血管条件差、抗凝管理困难等因素,在接受 CBP 时面临更高风险。本研究中脓毒症患儿病死率最高,达 33.3%。脓毒症可导致器官功能障碍,需要机械通气、CBP、ECMO 等器官功能支持措施<sup>[16]</sup>。WE-ROCK 协作组多中心研究分析亦证实,脓毒症为 CRRT 中患病率最高(44%)且病死率居高(47%)的疾病,其预后与血管活性药物使用时间密切相关,每延长 1 d,死亡风险即增加 20%<sup>[5]</sup>。

随着 CBP 技术的推广及医务人员临床经验的积累,本研究显示 2021 至 2024 年 CBP 使用例数显著上升,同时病死率明显下降。这可能与原发疾病的分布变化有关:脓毒症比例下降,肾衰竭和急性中毒比例上升,后两者病死率相对较低,更常见于大龄患儿。CBP 前合并 MODS 比例下降,说明病情识别更早、干预更及时。有研究表明,CBP 延迟启动可能是危重患儿病死率上升的独立危险因素,早期干预可降低病死率,改善预后<sup>[17]</sup>。局部枸橼酸抗凝比例上升,降低了出血风险<sup>[18]</sup>。右颈内静脉应用率上升,减少了导管相关并发症。抗凝方式的优化和血管通路选择的日趋标准化,可能亦有助于降低本研究中危重患儿的病死率。此外,住院时间缩短、住院费用减少,反映治疗效率的提升。同时,ECMO 等高级生命支持手段的逐步引入,也为改善危重患儿预后提供了坚实保障。

### 4 结论

CBP 作为儿童危重症救治中重要的体外生命支持技术,近年来在治疗理念、应用模式及临床管理方面不断进步。CBP 的临床疗效受技术规范性和干预时机的影响,而年龄、原发疾病类型及器官支持措施仍是影响预后的关键因素。未来需通过多中心研究进一步验证不同 CBP 治疗模式的适用性,探索高危患儿的个体化干预策略,使 CBP 在儿童重症治疗中发挥更大的临床价值。

**利益冲突** 所有作者声明不存在利益冲突

**作者贡献声明** 郑耀: 酝酿和设计实验、分析/解释数据、起草文章;阮培森、王佳佩: 采集数据、分析/解释数据、对文章的知识性内容作批评性审阅;王艳、董卓亚: 图表制作;韩玉、舒晗、徐银权、叶显梓: 采集数据、分析/解释数据、统计分析;陈赫赫: 对文章的知识性内容作批评性审阅、指导、通信

### 参考文献

- [1] 陆国平,刘春峰,钱素云.儿童危重症连续性血液净化:发展与规范[J].中华儿科杂志,2021,59(5):349-351. DOI: 10.3760/

cma.j.cn112140-20210302-00171.

[2] 崔云, 张育才. 杂合模式血液净化在儿童危重症中的应用[J]. 中国小儿急救医学, 2018, 25(5): 326-329. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-4912.2018.05.002.

[3] 杨雪, 钱素云, 祝益民, 等. 连续血液净化技术在中国儿童重症医学领域的普及情况调查[J]. 中华儿科杂志, 2018, 56(2): 128-133. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0578-1310.2018.02.011.

[4] 应佳云, 陈伟明, 陆国平. 危重症儿童血液净化治疗: 一项大型单中心八年回顾性研究[J]. 中国小儿急救医学, 2023, 30(3): 171-176. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-4912.2023.03.003.

[5] Worldwide Exploration of Renal Replacement Outcomes Collaborative in Kidney Disease (WE-ROCK) Investigators. Characteristics and outcomes of children and young adults with sepsis requiring continuous renal replacement therapy: a comparative analysis from the Worldwide Exploration of Renal Replacement Outcomes Collaborative in Kidney Disease (WE-ROCK)[J]. Crit Care Med, 2024, 52(11): 1686-1699. DOI: 10.1097/CCM.0000000000006405.

[6] 儿童危重症连续性血液净化应用共识工作组. 连续性血液净化在儿童危重症应用的专家共识[J]. 中华儿科杂志, 2021, 59(5): 352-360. DOI: 10.3760/cma.j.cn112140-20210302-00169.

[7] 中国医师协会重症医学医师分会儿科专家委员会, 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. 连续血液净化治疗儿童严重脓毒症的专家共识[J]. 中华儿科杂志, 2012, 50(9): 678-681. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0578-1310.2012.09.008.

[8] AWARE Investigators. Epidemiology of acute kidney injury in critically ill children and young adults[J]. N Engl J Med, 2017, 376(1): 11-20. DOI: 10.1056/NEJMoa1611391.

[9] 中国医师协会儿科医师分会血液净化专业委员会. 儿童血液灌流临床应用专家共识[J]. 中国小儿急救医学, 2018, 25(8): 561-568. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-4912.2018.08.001.

[10] 中国医师协会儿科医师分会血液净化专业委员会. 儿童血浆置换临床应用专家共识[J]. 中华实用儿科临床杂志, 2018, 33(15): 1128-1135. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-428X.2018.15.003.

[11] Cortina G, McRae R, Chiletto R, et al. The effect of patient- and treatment-related factors on circuit lifespan during continuous renal replacement therapy in critically ill children[J]. Pediatr Crit Care Med, 2020, 21(6): 578-585. DOI: 10.1097/PCC.0000000000002305.

[12] Hackbarth R, Bunchman TE, Chua AN, et al. The effect of vascular access location and size on circuit survival in pediatric continuous renal replacement therapy: a report from the PPCRRT registry[J]. Int J Artif Organs, 2007, 30(12): 1116-1121. DOI: 10.1177/039139880703001212.

[13] Ad-hoc Working Group of ERBP. A European Renal Best Practice (ERBP) position statement on the Kidney Disease Improving Global Outcomes (KDIGO) clinical practice guidelines on acute kidney injury: part 2: renal replacement therapy[J]. Nephrol Dial Transplant, 2013, 28(12): 2940-2945. DOI: 10.1093/ndt/gft297.

[14] Buccione E, Bambi S, Rasero L, et al. Regional citrate anticoagulation and systemic anticoagulation during pediatric continuous renal replacement therapy: a systematic literature review[J]. J Clin Med, 2022, 11(11): 3121. DOI: 10.3390/jcm11113121.

[15] Erkol Tuncer GH, Ekim M, Okulu E, et al. Continuous renal replacement therapy in critically ill children: single-center experience[J]. Turk J Med Sci, 2021, 51(1): 188-194. DOI: 10.3906/sag-2006-227.

[16] 中华医学会儿科学分会急救学组, 中华医学会儿科学分会儿科学组, 中华儿科杂志编辑委员会. 儿童脓毒性休克管理专家共识(2025)[J]. 中华儿科杂志, 2025, 63(3): 220-229. DOI: 10.3760/cma.j.cn112140-20241106-00794.

[17] Banigan MA, Keim G, Traynor D, et al. Association of continuous kidney replacement therapy timing and mortality in critically ill children[J]. Pediatr Nephrol, 2024, 39(7): 2217-2226. DOI: 10.1007/s00467-024-06320-w.

[18] Davis TK, Neumayr T, Geile K, et al. Citrate anticoagulation during continuous renal replacement therapy in pediatric critical care[J]. Pediatr Crit Care Med, 2014, 15(5): 471-485. DOI: 10.1097/PCC.000000000000148.

(收稿日期: 2025-06-25)  
(本文编辑: 张耘菲)

• 科研新闻速递 •

### 大型语言模型可提高临床医生对复杂重症的诊断效能

大型语言模型(LLMs)在辅助临床决策方面展现出潜力,但目前缺乏评估LLMs在复杂危重病例诊断性能方面的研究。近期我国学者进行了一项前瞻性对照研究,旨在评估人工智能模型DeepSeek-R1的诊断准确性及响应质量,并探讨其对重症医学科住院医师在复杂病例鉴别诊断中的潜在帮助。研究者从2023年12月后发表的医学文献中收集具有挑战性的危重病例,确保AI模型未在训练中接触过这些文献。研究招募了32名来自6所三级教学医院的重症医学科住院医师,随机分配至非AI辅助组和AI辅助组。利用基于强化学习的推理型大语言模型DeepSeek-R1,通过标准化提示语输入病例临床摘要(包括病史、体征、检查结果及病程),让模型生成包括最可能诊断及鉴别诊断列表的诊断建议。非AI组医师依靠传统资源(如PubMed、UpToDate)进行诊断;AI辅助组则在获得同样病例信息的基础上,同时参考DeepSeek-R1的输出结果,两组均允许使用传统文献资源。研究通过多维度指标评价DeepSeek-R1的诊断表现及其对住院医师的辅助效果,具体包括:AI模型响应的完整性、清晰度和实用性(采用5点评分量表),诊断准确率(首位诊断与最终诊断一致率),鉴别诊断质量评分(Likert量表),以及诊断所用时间。结果显示:共纳入48例病例;招募32名重症医学科住院医师,每组16人,平均每位医师处理3例病例。DeepSeek-R1模型回复在完整性、清晰度和实用性3个方面的Likert评分中位数分别为4.0(4.0, 5.0)分[95%置信区间(95%CI)为4.0~4.5]、5.0(4.0, 5.0)分(95%CI为4.5~5.0)、5.0(4.0, 5.0)分(95%CI为4.0~5.0)。该AI模型的首要诊断准确率为60%(29/48),95%CI为45.6~72.9,其鉴别诊断质量评分中位数为5.0(4.0, 5.0)分(95%CI为4.5~5.0)。非AI辅助组的首要诊断准确率为27%(13/48),95%CI为0.146~0.396;而AI辅助组达58%(28/48),95%CI为0.438~0.729,使用AI辅助后显著提升。未使用AI辅助时,鉴别诊断质量评分中位数为3.0(0, 5.0)分(95%CI为2.0~4.0),使用AI辅助后提高至5.0(3.0, 5.0)分(95%CI为3.0~5.0)。AI模型的诊断准确率高于住院医师,且AI辅助显著提高医师诊断准确率。使用AI辅助后,医师诊断时间显著缩短,使用AI辅助诊断时间中位数为972(570, 1320)s(95%CI为675~1200),未使用时诊断时间为1920(1320, 2640)s(95%CI为1710~2370)。研究人员据此得出结论:对于诊断困难的危重病例,DeepSeek-R1能生成高质量信息,达到合理的诊断准确性,并显著提高住院医师的诊断效率和准确性。研究表明推理模型有望成为重症监护病房中有价值的诊断辅助工具。

蒋佳维、李银平,编译自《Crit Care》,2025, 29(1): 230