

· 论著 · 系统性疾病 ·

连续性血液净化联合补磷方案对危重症患儿血磷水平的影响研究

董君宇 倪婧雯 闫畅畅 方柯南*

洛阳市妇幼保健院儿童重症监护室(河南 洛阳 471000)

【摘要】目的 探讨连续性血液净化(CBP)联合补磷方案对危重症患儿血磷水平的影响。**方法** 将洛阳市妇幼保健院接收的危重症患儿70例随机分为对照组(35例,行单一CBP治疗)与试验组(35例,行CBP联合补磷方案治疗),对比分析两组患儿的血磷水平。**结果** 治疗前,两组患儿血磷水平、低磷血症发生率、急性生理与慢性健康状况评分系统II(APACHE II评分)无显著差异($P>0.05$),治疗中、后,试验组血磷水平高于对照组,低磷血症发生率低于对照组,APACHE II评分低于对照组,组间差异有统计学意义($P<0.05$)。**结论** CBP联合补磷方案可改善危重症患儿的血磷水平,降低低磷血症风险,同时可改善预后。

【关键词】 危重症患儿;连续性血液净化;补磷方案;血磷水平;低磷血症

【中图分类号】 R4

【文献标识码】 A

DOI:10.3969/j.issn.1009-3257.2026.4.067

Study on the Effect of Continuous Blood Purification Combined with Phosphorus Supplementation Regimen on Serum Phosphorus Level in Critically Ill Children

DONG Jun-yu, NI Jing-wen, YAN Chang-chang, FANG Ke-nan*

Children's Intensive Care Unit, Luoyang Maternal and Child Health Hospital, Luoyang 471000, Henan Province, China

Abstract: Objective To explore the effect of continuous blood purification (CBP) combined with phosphorus supplementation on the blood phosphorus levels of critically ill children. **Methods** 70 critically ill children admitted to Luoyang Maternal and Child Health Hospital were randomly divided into a control group (35 cases, treated with single CBP) and an experimental group (35 cases, treated with CBP combined with phosphorus supplementation), and the blood phosphorus levels of the two groups of children were compared and analyzed. **Results** Before treatment, there was no significant difference in blood phosphorus levels, incidence of hypophosphatemia, and acute physiology and chronic health status score system II (APACHE II score) between the two groups of children ($P>0.05$). During and after treatment, the experimental group had higher blood phosphorus levels than the control group, lower incidence of hypophosphatemia than the control group, and lower APACHE II score than the control group, with statistically significant differences between the groups ($P<0.05$). **Conclusion** CBP combined with phosphorus supplementation can improve the blood phosphorus levels of critically ill children, reduce the risk of hypophosphatemia, and improve prognosis.

Keywords: Critically Ill Children; Continuous Blood Purification; Phosphorus Supplementation Plan; Blood Phosphorus Levels; Hypophosphatemia

在儿科重症监护领域,危重症患儿的救治一直是备受关注的焦点。危重症患儿往往病情危急、复杂,身体各系统功能遭受严重威胁,其治疗面临着诸多挑战。连续性血液净化(CBP)作为一项极具突破性的治疗手段,在危重症患儿救治领域发挥着重要的作用,其可通过对流、弥散等机制清除体内过多的代谢产物,减轻代谢废物对重要脏器的损害,维持机体内环境稳定,为脏器功能恢复创造有利条件,提高危重症患儿的救治成功率,但在CBP过程中,危重症患儿常出现血磷水平异常情况^[1]。血磷作为机体重要的电解质之一,参与能量代谢、细胞信号传导以及骨骼发育等一系列生理过程,其水平异常可影响患儿的骨骼发育、能量代谢、酸碱平衡以及神经肌肉功能等,进而对患儿的预后产生不利影响,因此合理有效的补磷方案对于维持患儿血磷平衡至关重要^[2]。本研究对部分危重症患儿给予CBP联合补磷方案治疗,旨在探讨CBP联合补磷方案对危重症患儿血磷水平的影响,为临床改善危重症患儿磷代谢紊乱提供参考依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料 抽取洛阳市妇幼保健院儿童重症监护室(PICU)2022年1月至2024年10月收治的70例危重症患儿,根据随机分配原则分为2组。试验组:35例,男22例,女13例;年龄1个月~12岁,平均(5.17±1.18)岁;小儿危重病例评分(PCIS评分)71~80分,平均(72.86±2.17)分。对照组:35例,男20例,女15例;年龄2个月~12岁,平均(5.20±1.21)岁;PCIS评分71~80分,平均(73.11±2.23)分。两组一般资料(年龄、性别和PCIS评分)比较差异无统计学意义($P>0.05$)。本研究经洛阳市妇幼保健院伦理委员会审核批准,伦理号:KY2022122204.0。项目编号:2022030Y。

纳入标准: 年龄1个月~18岁;根据《连续性血液净化在儿童危重症应用的专家共识》^[3],入组患儿均符合CBP治疗指征;家属同意并签署知情同意书;接受CBP治疗时间≥96h。**排除标准:** 未系统测定血磷水平的患儿;CBP治疗过程中放弃治疗;存在引起血磷代谢异常基础疾病(如急、慢性肾衰竭,

【第一作者】 董君宇,女,主治医师,主要研究方向:儿科学相关。E-mail: dji18736274614@163.com

【通讯作者】 方柯南,男,主任医师,主要研究方向:儿科学相关。E-mail: 328414395@qq.com

肿瘤溶解综合征，甲状旁腺功能异常，肾小管病变等)的患儿；家属拒绝血液净化治疗。

1.2 方法 (1)机器与耗材：连续性血液净化设备：日本来富恩JUN 55X；血液滤过器：尼普洛一次性使用持续性血液滤过器(UT-300S/UT-110S)；体外循环血路：一次性使用体外循环血路(CH-CHDF)；(2)模式与剂量：CBP模式：CHDF(连续性血液透析滤过)；血流速度：3~5mL/kg·min；治疗剂量：25mL/kg·h；置换方式：后置换；抗凝方式：若无肝素应用禁忌症，给予全身肝素抗凝，若存在肝素应用相对禁忌症，选择局部肝素抗凝；(3)血管通路：以右侧颈内静脉和/或股静脉为血管通路；(4)置换液、透析液配方：对照组0.9%氯化钠注射液2500mL，硫酸镁注射液0.75g，碳酸氢钠注射液250mL，氯化钾注射液12~14mL，10%葡萄糖注射液100mL，灭菌注射用水800mL。试验组给予CBP联合补磷方案治疗，置换液、透析液配方中添加甘油磷酸钠注射液9.5mL，其余均与对照组相同；(5)电解质监测方式：标本采集处为引血端血液采集处，检测部门为检验科；(6)采血时间：治疗前、CBP开始后24h、48h、72h、96h。

1.3 观察指标 (1)血磷水平：采用全自动生化分析仪检测两组治疗前、中、后的血磷水平。(2)低磷血症：观察两组患儿治疗前、中、后低磷血症的发生情况，血磷水平<0.81mmol/L为低磷血症。(3)APACHE II评分：于治疗前、中、后进行APACHE II评分，分值范围在0~71分之间，评分越高说明病情越严重，预后越差。

1.4 统计学方法 应用SPSS 22.0软件，血磷水平及APACHE II评分以($\bar{x} \pm s$)表示，组间行t检验，低磷血症发生率以%表示，组间行检验， $P < 0.05$ 时表示差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组血磷水平比较 两组治疗前血磷水平无显著差异($P > 0.05$)，两组治疗中、治疗后血磷水平差异显著($P < 0.05$)，见表1。

2.2 两组低磷血症发生率比较 两组治疗前低磷血症发生率差异不明显($P > 0.05$)，两组治疗中、后低磷血症发生率差异明显($P < 0.05$)，见表2。

表1 两组治疗前、中、后血磷水平比较(mmol/L)

组别	例数	治疗前	治疗中	治疗后
试验组	35	1.83±1.10	1.82±0.87	1.81±1.03
对照组	35	1.81±1.09	0.69±0.11	0.62±0.07
t		1.124	21.681	25.752
P		0.401	0.000	0.000

表2 两组治疗前、中、后低磷血症发生率比较[n(%)]

组别	例数	治疗前	治疗中	治疗后
试验组	35	11(31.43)	6(17.14)	4(11.43)
对照组	35	10(28.57)	25(71.43)	31(88.57)
t		0.813	33.142	64.356
P		0.732	0.000	0.000

2.3 两组APACHE II评分比较 治疗前，两组APACHE II评分无明显差异($P > 0.05$)；治疗中、后，两组APACHE II评分有明显性差异($P < 0.05$)，见表3。

表3 两组治疗前、中、后APACHE II评分比较(分)

组别	例数	治疗前	治疗中	治疗后
试验组	35	23.84±3.78	17.58±1.27	16.04±1.23
对照组	35	23.56±3.49	20.63±4.15	19.73±4.42
t		1.142	22.638	23.835
P		0.973	0.000	0.000

3 讨论

CBP作为一种重要的体外循环血液净化技术，在危重症患儿临床治疗中发挥着不可或缺的作用，其可持续、缓慢地清除患儿体内过多的水分、毒素以及代谢废物等，有效调节电解质和酸碱平衡，为患儿脆弱的机体创造一个相对稳定的内环境，从而为后续的治疗和康复奠定基础^[4-5]。但不可忽视的是，在CBP治疗过程中，磷作为小分子物质常随滤液一同被滤出体外，导致磷元素大量流失，引发低磷血症，影响机体代谢及生理功能，进而可能影响患儿的预后，因此，如何在CBP期间有效维持患儿血磷水平在正常范围内，成为临床关注的重要问题^[6-7]。

临床试验表明，CBP联合补磷方案可维持危重症患儿正常血磷水平，保障机体生理功能正常开展，避免因低磷血症引发肌无力、呼吸衰竭等严重问题，同时可改善内环境，增强机体抵抗力，促进身体恢复，改善预后^[8-9]。本研究对照组、试验组分别采用单纯CBP治疗和CBP联合补磷方案治疗，结果显示，对照组治疗中、后血磷水平明显下降，低磷血症发生率高，APACHE II评分高，而试验组治疗期间血磷水平波动不大，低磷血症发生率低，APACHE II评分相对较低，表明CBP联合补磷方案对改善危重症患儿血磷水平和预后有重要的作用。单一CBP治疗忽略了治疗过程中磷的丢失对患儿机体的影响，无法全面兼顾患儿营养状态等方面，不利于患儿身体机能的整体恢复，进而影响治疗的最终成效，可能导致患儿住院时间延长、预后不佳等情况^[10-11]。CBP联合补磷方案对危重症患儿有重要的作用：(1)维持正常生理功能：CBP在治疗危重症患儿时虽能有效清除毒素等，但易导致磷丢失。磷参与能量代谢(如ATP合成)、细胞结构组成等诸多关键生理过程。联合补磷方案可维持患儿正常血磷水平，保障生理功能正常开展，避免因低磷血症引发肌无力、呼吸衰竭等严重问题^[12]。(2)改善预后：对于危重症患儿，稳定的内环境至关重要。合适的补磷能促进机体恢复，维持正常血磷状态有助于提高机体抵抗力和修复能力，从而改善患儿在重症监护病房的预后，缩短住院时间、降低病死率^[13]。(3)协同治疗作用：CBP主要用于清除患儿体内毒素、多余水分和代谢废物等，补磷方案则着重补充净化过程中丢失的磷元素。二者联合可实现对危重症患儿更全面、有效的治疗，在解决主要病症的同时兼顾因治疗手段本身带来的营养物质流失问题，使整体治疗效果更佳^[14-15]。

目前，CBP治疗中主要有3种补磷方案，即口服补磷、静脉补磷和置换液、透析液加磷。口服补磷方便、安全，但起效慢，不适用于急需补磷患儿，且受胃肠功能的影响，多数危重症患儿存在胃肠功能障碍，影响药物的吸收效果。静脉补磷

可快速补充磷元素, 适合急需纠正低磷血症患儿, 且不受胃肠功能影响, 缺点是易引发局部静脉炎, 外周静脉单次补磷量有限, 无法满足大量补磷需求, 中心静脉可大量补磷, 但存在中心静脉置管相关风险, 如感染、血栓形成等。置换液、透析液加磷可实现边净化边补磷, 较为方便, 但要精准控制置换液、透析液中磷的添加量, 难度相对较大, 且不同患儿对置换液、透析液中磷的吸收利用情况存在差异, 补磷效果较难准确预估。不同的补磷方案各有优缺点, 临床需根据患儿的具体情况, 如胃肠功能、病情紧急程度、磷缺乏程度等因素综合考虑选择合适的补磷方案^[16]。

综上所述, CBP联合补磷方案可有效改善危重症患儿的血磷水平, 降低低磷血症发生率, 降低APACHE II评分, 提高预后。在临床实践中, 可根据患儿具体情况合理选择补磷方案, 以提高危重症患儿的治疗效果。

参考文献

- [1] 苏家林. 不同血液净化方法对维持性血液透析患者血磷清除效果的影响研究[J]. 医学食疗与健康, 2022, 20(14): 92-95.
- [2] 陶仲宾, 王洁, 杨亚玲, 等. 连续性血液净化对PICU危重症患儿健康状况的影响[J]. 甘肃医药, 2020, 39(4): 308-310.
- [3] 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.
- [4] FLYTHE JE, CHANG TI, GALLAGHER MP, et al. Blood pressure and volume management in dialysis: Conclusions from a kidney disease: Improving Global Outcomes (KDIGO) controversies conference[J]. Kidney Int, 2020, 97(5): 861-876.
- [5] 王敏霞, 王旭, 徐家云. 持续性血液净化治疗糖尿病肾病急性肾衰竭合并酮症酸中毒的

- 作用分析[J]. 罕少疾病杂志, 2022, 29(3): 63-65.
- [6] 张泽华. 两种模式血液透析对急性肾功能衰竭患者电解质及肾功能的影响研究[J]. 罕少疾病杂志, 2023, 30(11): 82-83.
- [7] 吴宇, 仰翔, 秦梦, 等. 维持性血液透析患者脑血流灌注改变与脑网络有效连接变化研究[J]. 中国CT和MRI杂志, 2024, 22(8): 4-7.
- [8] 张娟娟. 不同血液透析方法对维持性血液透析患者钙磷代谢的影响[J]. 临床合理用药, 2020, 13(5): 153-154.
- [9] 刘倩, 蒲萌萌, 杨凯, 等. 长时间血液透析对尿毒症患者钙磷代谢及血压的影响[J]. 中国医药科学, 2023, 13(17): 170-173.
- [10] 许少英, 李绪城, 孔毓璇, 等. 不同血液净化方法对维持性血液透析患者钙磷代谢紊乱、iPTH及营养状态的影响[J]. 广州医科大学学报, 2021, 49(4): 103-107.
- [11] 王洪鑫, 王悦琳, 陆晓艳, 等. 危重症患者连续性肾脏替代治疗期间血磷水平变化分析[J]. 现代实用医学, 2023, 35(10): 1372-1374.
- [12] 黄观日, 陆俊江, 王昌伟, 等. 连续性血液净化在治疗重症脓毒症中的临床效果[J]. 吉林医学, 2022, 43(12): 3322-3324.
- [13] Ogata H, Fukagawa M, Hirakata H, et al. Effect of treating hyperphosphatemia with lanthanum carbonate vscalcium carbonate on cardiovascular events in patients with chronic kidney disease undergoing hemodialysis: the LANDMARK randomized clinical trial[J]. JAMA, 2021, 325(19): 1946-1954.
- [14] 史学刚, 刘健. 连续性血液净化治疗中的低磷血症[J]. 肾脏病与透析肾移植杂志, 2020, 29(6): 572-576.
- [15] 何慧莹, 白科, 刘成军. 危重症患儿连续性肾脏替代治疗中低磷血症研究进展[J]. 儿科药理学杂志, 2022, 28(10): 49-52.
- [16] 林韦彤, 张鑫, 杨梦, 等. 连续性肾脏替代治疗相关低磷血症的研究进展[J]. 中国血液净化, 2021, 20(3): 193-196.

(收稿日期: 2024-05-30)

(校对编辑: 韩敏求)

(排版编辑: 刘维嘉)

(上接第 186 页)

分析原因在于, HP通过特殊的吸附剂, 如活性炭、树脂等, 可将血液中的中大分子的内毒素, 从而降低内毒素水平, 最终减轻炎症反应。同时, HP将炎症介质、毒素吸附, 调节免疫细胞的活性, 纠正免疫失衡, 且还可加速淋巴细胞的增殖与活化, 提高抵抗力, 从而控制机体炎症。另外, HP可以通过清除血液中的毒素和炎症介质, 减轻肝脏、肾脏的负担, 对肝肾功能进行良好的保护。HP联合CVH可协同增效, 将患者体内的小、中、大分子毒素均有效清除, 从而最大程度的降低患者体内炎症反应, 控制病情。在治疗过程中, 还需注意如下几点: 详细了解患者的病史、症状等, 包括感染部位、感染病原体、器官功能状态等; 对患者的血流动力学状态进行良好评估, 确定患者可耐受治疗过程内的血液引流和回输; 保障血液灌流器、血液过滤器、透析机等设备位于优良的工作状态, 准备好足够的耗材, 如管路、穿刺针、抗凝剂等; 密切监测各项生命指征, 以及意识状态、尿量等指标, 及时发现并处理治疗过程中出现的低血压、发热等并发症; 按患者的病情及治疗反应, 及时调整HP和CVH的治疗参数, 如血流量、超滤率、置换液量等, 在保障治疗效果的同时, 避免过度治疗导致的并发症。

综上所述, HP+CVH可控制脓毒症患者炎症反应, 改善肝肾功能, 减轻病情, 存在一定的应用价值, 值得临床借鉴。

参考文献

- [1] Rüddel H, Thomas-Rüddel DO, Reinhart K, et al. Adverse effects of delayed antimicrobial treatment and surgical source control in adults with sepsis: results of a planned secondary analysis of a cluster-randomized controlled trial[J]. Crit Care, 2022, 26(1): 51.

- [2] 黄河奔, 吕君蓉, 郭琼琼, 等. oXiris-内毒素吸附技术治疗ESRD合并脓毒症患者的临床效果观察[J]. 中国血液净化, 2024, 23(4): 250-255.
- [3] Khanthathasiri S, Kriengsoontornkij W, Monsomboon A, et al. Outcomes of single-dose empirical antibiotic treatment in children with suspected sepsis implemented in the emergency department[J]. Pediatr Emerg Care, 2022, 38(9): 426-430.
- [4] 杨斌, 韩小勇, 黄伟, 等. DPMAS序贯PE治疗脓毒症所致肝衰竭患者疗效及对凝血功能、肝功能和炎症因子水平的影响[J]. 分子诊断与治疗杂志, 2023, 15(6): 1034-1037.
- [5] 丁全业, 姚倩倩, 郭加书, 等. 连续肾脏替代疗法联合HA-380血液灌流治疗急性脓毒症疗效及对患者血清肌酐、尿素、肿瘤坏死因子- α 、高迁移率族蛋白1水平的影响[J]. 陕西医学杂志, 2024, 53(2): 221-225.
- [6] 李丽丽, 吴晨晨, 闫艳玲. 连续性肾脏替代治疗联合血液灌流对脓毒症患者临床疗效的影响[J]. 中国中西医结合急救杂志, 2023, 30(3): 304-307.
- [7] 中国医师协会急诊医师分会, 中国研究型医院学会休克与脓毒症专业委员会. 中国脓毒症/脓毒性休克急诊治疗指南(2018)[J]. 感染、炎症、修复, 2019, 20(1): 3-22.
- [8] 王皓. 基于血流动力学态势、凝血功能探讨血液灌流联合连续性静脉-静脉血液透析滤过在重症脓毒症中的应用[J]. 中国临床医生杂志, 2024, 52(5): 551-554.
- [9] Adegbite BR, Elegbede-Adegbite NOM, Edoa JR, et al. Clinical features, treatment outcomes and mortality risk of tuberculosis sepsis in HIV-negative patients: a systematic review and meta-analysis of case reports[J]. Infection, 2023, 51(3): 609-621.
- [10] Yaroustovsky M, Abramyan M, Rogalskaya E, et al. Selective polymyxin hemoperfusion in complex therapy of sepsis in children after cardiac surgery[J]. Blood Purif, 2021, 50(2): 222-229.
- [11] 殷瑶瑶, 姜宏卫, 张颖裕, 等. 双重血浆分子吸附系统对脓毒症致多器官衰竭患者炎症介质及Th1/Th2比值的影响[J]. 热带医学杂志, 2023, 23(8): 1065-1069, 1074.
- [12] 刘凡, 黄金剑, 陈京霞. 连续性静脉血液滤过联合必净治疗重症脓毒症的效果及其对凝血纤溶系统与微循环的影响[J]. 河北医学学报, 2024, 39(8): 1093-1097.
- [13] 许鹏鹤, 茹蕊蕊, 黄海燕. 血液灌流联合连续性静脉-静脉血液滤过对脓毒症合并急性肾损伤患者APACHE II评分及血清炎症因子水平的影响[J]. 四川生理科学杂志, 2024, 46(6): 1240-1243.
- [14] 梁文生, 吴伟, 王敏. CVVH联合HA330血液灌流对创伤脓毒症急性肾损伤患者血清HMGB1、hs-CRP、PCT水平及28天死亡的影响[J]. 中国血液净化, 2022, 21(5): 326-330.
- [15] 陆艳青, 黄潇, 刘晓立, 等. 连续性血液净化对脓毒症患者免疫及内皮细胞功能的影响[J]. 中华危重病急救医学, 2023, 35(2): 146-151.

(收稿日期: 2024-09-13)

(校对编辑: 韩敏求)

(排版编辑: 刘维嘉)