



华西医学  
West China Medical Journal  
ISSN 1002-0179, CN 51-1356/R

## 《华西医学》网络首发论文

题目：《血液吸附——第30届急性疾病质量倡议工作组专家共识报告》解读  
作者：关明镜，张凌，潘红菊  
收稿日期：2024-06-10  
网络首发日期：2024-07-24  
引用格式：关明镜，张凌，潘红菊.《血液吸附——第30届急性疾病质量倡议工作组专家共识报告》解读[J/OL]. 华西医学.  
<https://link.cnki.net/urlid/51.1356.R.20240723.0857.028>



**网络首发：**在编辑部工作流程中，稿件从录用到出版要经历录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿等阶段。录用定稿指内容已经确定，且通过同行评议、主编终审同意刊用的稿件。排版定稿指录用定稿按照期刊特定版式（包括网络呈现版式）排版后的稿件，可暂不确定出版年、卷、期和页码。整期汇编定稿指出版年、卷、期、页码均已确定的印刷或数字出版的整期汇编稿件。录用定稿网络首发稿件内容必须符合《出版管理条例》和《期刊出版管理规定》的有关规定；学术研究成果具有创新性、科学性和先进性，符合编辑部对刊文的录用要求，不存在学术不端行为及其他侵权行为；稿件内容应基本符合国家有关书刊编辑、出版的技术标准，正确使用和统一规范语言文字、符号、数字、外文字母、法定计量单位及地图标注等。为确保录用定稿网络首发的严肃性，录用定稿一经发布，不得修改论文题目、作者、机构名称和学术内容，只可基于编辑规范进行少量文字的修改。

**出版确认：**纸质期刊编辑部通过与《中国学术期刊（光盘版）》电子杂志社有限公司签约，在《中国学术期刊（网络版）》出版传播平台上创办与纸质期刊内容一致的网络版，以单篇或整期出版形式，在印刷出版之前刊发论文的录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿。因为《中国学术期刊（网络版）》是国家新闻出版广电总局批准的网络连续型出版物（ISSN 2096-4188，CN 11-6037/Z），所以签约期刊的网络版上网络首发论文视为正式出版。

• 指南解读 •

# 《血液吸附——第30届急性疾病质量倡议工作组专家共识报告》解读



关明镜<sup>1</sup>, 张凌<sup>1</sup>, 潘红菊<sup>2</sup>

1. 四川大学华西医院肾脏内科/肾脏病研究所(成都 610041)
2. 临汾市中心医院肾脏内科(山西临汾 041000)



张凌：澳大利亚墨尔本大学访问学者及联合培养博士，主任医师，博士研究生导师，四川大学华西医院肾脏内科副主任，中华医学会肾脏病学分会委员。致力于血液净化医工结合及急性肾损伤的研究，在国际上首次提出含钙置换液的简化枸橼酸抗凝。作为主要撰写者及课题骨干参加国家“十三五”“十四五”重点专项，主持及参与多项国家自然科学基金及省级课题。以第一/通信作者发表SCI论文48篇，其中6篇发表于影响因子>10分的期刊，近5年发表SCI论文23篇。作为第一负责人撰写亚太专家共识1篇，连续性肾脏替代治疗相关国内指南及专家共识5篇。获得发明专利6项，实用新型专利10余项，转化5项，转化创新基金超过250万元。获得四川省科技进步一等奖及华夏医学科技进步二等奖各1项，被评为四川省抗击新冠疫情先进个人等。

**【摘要】** 该文旨在解读第30届急性疾病质量倡议(Acute Disease Quality Initiative, ADQI)工作组关于血液吸附(hemoadsorption, HA)技术的共识报告，为临床实践和研究提供参考。HA已在多种疾病中展现出治疗优势，ADQI工作组对HA技术研究进展进行了评估，确认其短期生物相容性、安全性和技术可行性，及对特定目标分子去除的实验性证明。初步研究显示内毒素吸附对脓毒症有潜在获益。然而，由于临床证据不足，HA仍被视为实验性干预措施。ADQI共识报告着重于填补现有知识空白，指出未来研究方向，为HA技术的临床应用和进一步研究提供重要指导。

**【关键词】** 血液吸附；急性疾病质量倡议；生物相容性；炎症；脓毒症

## Interpretation of Hemoadsorption: Consensus Report of the 30th Acute Disease Quality Initiative Workgroup

GUAN Mingjing<sup>1</sup>, ZHANG Ling<sup>1</sup>, PAN Hongju<sup>2</sup>

1. Department of Nephrology and Institute of Kidney Diseases, West China Hospital, Sichuan University, Chengdu, Sichuan 610041, P. R. China

2. Division of Nephrology, Linfen Central Hospital, Linfen, Shanxi 041000, P. R. China

Corresponding author: ZHANG Ling, Email: zhangling-crrt@163.com

**【Abstract】** This article aims to interpret the consensus report of the 30th Acute Disease Quality Initiative (ADQI) workgroup on hemoadsorption (HA) technology, providing reference for clinical practice and research. HA has shown therapeutic advantages in various diseases. The ADQI workgroup assessed the research progress of HA technology, confirming its clinically acceptable short-term biocompatibility, safety, and technical feasibility, as well as experimental demonstration of specified target molecule removal. Preliminary studies have shown a potential benefit of endotoxin-based HA in sepsis. However, due to insufficient clinical evidence, HA is still considered an experimental intervention. The ADQI consensus report focuses on filling existing knowledge gaps, pointing out future research directions, and providing important guidance for the clinical application and further research of HA technology.

**【Key words】** Hemoadsorption; Acute Disease Quality Initiative; biocompatibility; inflammation; sepsis

DOI: [10.7507/1002-0179.202406097](https://doi.org/10.7507/1002-0179.202406097)

基金项目：国家重点研发计划(2023YFC2411804)

通信作者：张凌, Email: [zhangling-crrt@163.com](mailto:zhangling-crrt@163.com)



血液吸附 (hemoadsorption, HA) 作为一种体外血液净化技术, 经过半个世纪的技术革新和临床实践, 已成为治疗多种疾病的重要手段。随着材料科学、生物工程和分子生物学的迅速发展, HA 技术在提高生物相容性、增强吸附效率和特异性方面取得显著进展。现代 HA 技术利用高度生物相容性的新型膜和吸附剂, 为患者提供更加安全和精准的治疗模式。此外, 毒理学、药理学、生物学、免疫学和病理生理学等学科的深入研究为中毒、药物过量、脓毒症、炎症状态及代谢紊乱患者 HA 治疗提供了理论基础。随着 HA 领域知识基础的不断扩展和临床证据积累, 第 30 届急性疾病质量倡议 (Acute Disease Quality Initiative, ADQI) 工作组于 2024 年 4 月发布了关于 HA 治疗的共识报告<sup>[1]</sup>。该共识报告涵盖 HA 的基本原理、技术与模式、治疗适应证、处方和监测, 以及评估治疗效果的生化、生物学、生理学和临床终点。鉴于当前 HA 领域证据基础尚不充足, 共识报告未提供具体的实践建议, 而是着重于填补现有知识空白, 并提出未来研究方向, 旨在为医疗专业人员在 HA 治疗的评估和实施中提供参考, 并为未来的研究探索奠定基础。

## 1 HA 基本原理

HA 是一种旨在清除由于物理化学特征 (如尺寸、蛋白质结合或亲脂性) 而不适合通过弥散或对流等传统血液透析方式清除的溶质、细胞或病原体的体外血液/血浆净化技术。HA 通过血液/血浆流经含有吸附剂的滤器实现, 在这个过程中, 血液中的吸附物与具有高吸附性的生物相容性固体表面发生特异性或非特异性的动态结合。这种结合可以清除与蛋白质结合分子、中高分子量物质、病原体和细胞。虽然在传统透析疗法中采用某些特定的膜材也有一定的吸附作用, 但使用具有极大的比表面积的吸附珠可以靶向地去除特定分子或分子类物质<sup>[2-3]</sup>。此外, 直接与血液/血浆接触的方式还可以清除细胞、病原体和炎症分子。

### 1.1 HA 原理

化学吸附是一个相对特异且能量密集的过程, 涉及溶质和吸附剂之间化学键的形成 (在体外应用中不常见)。物理吸附由溶质和吸附剂之间的疏水作用介导, 也包含离子相互作用、范德华力和生物亲和结合, 是一个非特异性的过程<sup>[4]</sup>。HA 通常由其中的一种或多种机制共同发挥作用。吸附剂表面特征 (即表面积、结构、孔径等) 和吸附剂装置 (珠粒尺寸、填充密度等) 决定了吸附的效率。物理吸

附虽然结合速度快, 但结合力较弱, 易发生解吸或被竞争性溶质置换, 这种解吸是 HA 的一个缺点。

膜和其他体外多孔聚合物 (如血液灌流柱) 的吸附基本原理: ① 溶质通过传质到达特定结合位点附近, 过程受流速和溶液特性的影响; ② “活性” 结合区域在孔结构内 (孔径是接触吸附剂的关键决定因素); ③ 一旦溶质到达潜在结合位点, 吸附的可能性和发生的速率受到溶质、溶剂和吸附剂相关因素的影响<sup>[3]</sup>。

### 1.2 量化 HA

吸附效率可以通过体外和体内的方法进行量化, 使用等温方程、吸附物的洗脱和质量传递区来评估。吸附的功效从临床角度代表了治疗的效果, 可以通过测量特定的生物标志物和临床参数来量化, 如急性疾病期间可能参与组织损伤的分子在血液中的水平<sup>[4]</sup>。而典型临床参数包括序贯器官衰竭评估评分、血流动力学稳定性 (平均动脉压、升压药物剂量等)、肺功能 (氧合指数) 和肾功能 (血清肌酐、估算肾小球滤过率、尿量、尿急性肾损伤生物标志物等)。这些临床变量与相关吸附物的去除率相关。

### 1.3 决定 HA 特异性的因素

吸附的特异性, 即结合特定目标分子的能力, 受吸附膜或吸附柱结构、吸附物特性和应用条件等多种因素影响。在不同的临床情况和疾病类型中, 吸附的选择性可能因吸附柱、吸附膜滤器以及患者特征而异。血液/血浆流速、操作时间、吸附物起始浓度以及血液/血浆中其他溶质的存在都可能影响吸附效果。HA 可以实现特定介质 (如多黏菌素 B 吸附内毒素) 或广谱介质 (如细胞因子吸附柱) 的选择性清除<sup>[2,5]</sup>。

### 1.4 HA 生物相容性和生物耐受性

生物相容性指材料或溶液与人体接触时不引起不适当的宿主反应的能力<sup>[6]</sup>。HA 材料的技术进步已提高了生物相容性, 使得吸附剂可以单独使用<sup>[7]</sup>。而更适合描述这些相互作用的术语是短期生物耐受性。

### 1.5 HA 安全性评估及未来研究方向

评估 HA 的安全性至关重要, 需要测定其对内源性和外源性物质 (如白蛋白) 和细胞 (如血小板) 的不良消耗, 以及对细胞反应和生化途径的非预期调节作用, 例如凝血级联反应和补体系统的激活, 以及粒细胞、单核细胞、淋巴细胞和血小板黏附分子的上调<sup>[7-8]</sup>。

HA 的安全性可用一组代表易被吸附溶质类别

的分子标志物来表征。HA 的全身性效应可用于评估其安全性,包括引起的血液动力学不稳定、免疫学和代谢事件(如过敏反应、血管舒张、微量营养素消耗、肝素诱导的血小板减少性血栓形成、缓激肽释放综合征),细胞和细胞产物耗竭(如白细胞减少症、贫血、血小板减少症、白蛋白和免疫球蛋白丢失),治疗药物浓度(如万古霉素)和微量营养素缺乏(如维生素 B)。

鉴于上述考虑,需要对 HA 的多个方面进行研究:① 确定吸附目标物质、最佳条件、吸附柱或膜的配置;② 评估在同时发生对流和弥散的情况下,吸附疗法的效率和效果;③ 在复杂疾病和多重目标(例如细菌和细胞因子风暴)的背景下确定使用协同组合方式可以带来改善结果的情况;④ 研究可以再生吸附能力以实现再利用的方法;⑤ 建立标准化的命名法和方法,用于在临床环境中测量吸附能力和吸附剂饱和度;⑥ 确定使用传感器测量反映效果和安全性生物和生化参数的技术和方法;⑦ 创建 HA 登记册,以收集和分析相关数据。

## 2 HA 模式和技术

模式是指血液或血浆与吸附剂或膜接触的吸附方法<sup>[9]</sup>,例如,通过特定的内毒素吸附滤器清除内毒素的方式与通过肝素结合滤器去除病毒的方式不同。而技术则涉及 HA 治疗通过体外循环发挥作用的机制,HA 的体外循环模式包括以下几种:① 直接 HA,使用专用吸附柱;② HA 后进行血液透析或血液滤过,结合普通滤器和吸附柱的间歇性血液透析或连续性肾脏替代治疗;③ HA 与体外膜肺氧合或体外循环联合应用;④ 血浆吸附,通过血浆分离器分离血浆,然后通过并行回路将其输送至吸附柱,再回输至血液回路中<sup>[10-11]</sup>。体外循环的抗凝应根据患者特点、采用的方式和治疗持续时间进行优化。

## 3 HA 可清除的物质

HA 能够清除血液中的内源性和外源性毒性物质。然而,吸附也可能导致内源性(如营养物质)和/或外源性(如抗生素)非毒性物质的附带清除,这可能导致宿主体内维持稳态和恢复所需的关键溶质、介质和治疗性溶质的耗竭。

传统的血液净化技术,如滤过(包括中、高截留膜),难以有效清除中分子(>15 且 ≤25 kDa)、大中分子(>25 且 ≤58 kDa)或大分子(>58 kDa)等水溶性物质<sup>[12]</sup>和蛋白质结合分子。血浆置换可以清

除这些溶质,但它也会去除有益的血液成分,如免疫球蛋白和凝血因子<sup>[13]</sup>,存在一定的局限性。HA 提供了一种替代方法。在过去的 50 年中,吸附技术已被应用于中毒治疗,包括故意或意外摄入有毒化学物质,如有机磷农药、抗癫痫药物中毒及非计划手术前服用抗凝药物<sup>[14-15]</sup>,也被应用于自身免疫性疾病(清除抗体)和肝病(使用胆红素和胆汁酸作为治疗效果的替代标志物)。最受关注的应用领域是 HA 在脓毒症治疗中的应用,通过特定吸附柱或滤器来实现靶向内毒素的清除或非特异性地去除中大分子量的介质以调节宿主反应<sup>[16-18]</sup>。近期有报道使用含有肝素结合吸附剂灌流器可直接去除病原体<sup>[19]</sup>。然而最佳治疗持续时间及患者因素对疗效的影响仍不清楚。

## 4 治疗适应证、处方和监测

HA 在生化、生物学、微生物学和临床方面显示出一定疗效。如降低循环细胞因子和内毒素<sup>[20-21]</sup>,改善单核细胞人类白细胞抗原-DR 同型表达<sup>[22]</sup>,清除病毒和改善血液动力学<sup>[23-24]</sup>。目前缺乏高质量研究支持其疗效,大多数研究存在设计缺陷,且不同疾病亚型对治疗的反应存在差异<sup>[25]</sup>。为符合特定和客观标准(即生物标志物、临床表型)的患者定制的适应性研究,可能会为 HA 治疗指征和/或终点提供合理的依据。

HA 处方需结合患者个体化因素和关键治疗参数。年龄、体重、体质量指数、性别和疾病严重程度等因素都会影响治疗策略的制定。处方中需明确的关键参数包括血流量、治疗时间、抗凝选择及维持血管通路的计划,以确保治疗顺利进行。目前,由于高质量数据的缺乏,许多与 HA 处方相关的决策仍依赖于临床经验。

HA 临床有效性和安全性数据缺乏,实践中需对其进行详细的实时监测、记录和分析,包括治疗效果(通过临床反应和目标分子监测评估)、安全性(包括出血、低血压等治疗中出现的不良事件和脱靶效应等潜在风险)以及临床有效性。辅助诊断工具的开发和应用将有助于提高治疗的安全性和有效性。此外,所有临床应用数据都应被记录并接受严格的审查。

## 5 HA 结局指标选择

### 5.1 选择原则

终点指标选择应基于疾病临床发展阶段、临床适应证、吸附治疗的特异性和目标患者群体。在选

择替代终点(生物标志物)和临床终点(以患者为中心的结局)时要考虑疾病和背景特异性因素,评估 HA 的相对益处和潜在危害仍然是选择终点时的重要因素。

## 5.2 生物标志物作为 HA 的替代终点

生物标志物可以反映 HA 疗效、效率和安全性。选择生物标志物时应选择不受其他疗法干扰的生物标志物,初步和关键研究可能需要评估多种生物标志物。已被应用于 HA 研究的内源性生物标志物包括细胞因子、内毒素活性、降钙素原、C 反应蛋白、肌红蛋白、游离 DNA、病原体相关分子模式、损伤相关分子模式、单核细胞功能,此外外源性生物标志物(例如药物、毒素、病原体)和临床特征(例如血流动力学特征的变化、器官衰竭评分、实验室数据)等也被应用于 HA 研究<sup>[26-28]</sup>。

## 5.3 临床终点选择

临床终点指标是评估 HA 效果最可靠的指标,但现有研究多关注短期生存率,缺乏对长期疗效、功能性终点指标和患者生活质量的关注<sup>[29]</sup>。对存活者而言,功能性终点指标很重要,包括短期和长期身体机能和残疾指标,还包括心理健康、认知功能、健康相关的生活质量、生长发育、神经认知发育(尤其是儿童)和社会福祉。目前临床研究未能证明 HA 的生存优势,甚至存在潜在风险<sup>[29]</sup>。此外,HA 的推广应用还面临伦理、法律、监管、资金、专业人员培训、患者接受度以及全球医疗资源分配不均等挑战<sup>[30-32]</sup>。HA 的成本效益评估有限<sup>[33]</sup>,未来需整合吸附柱、培训、处方等成本因素进行评估。建立严格的登记系统和标准化指标,将有助于评估真实世界证据,包括患者报告结局和成本效益。

## 6 结语

尽管 HA 技术在生物相容性和安全性方面取得了显著进步,但目前对于其临床效果的证据仍然有限,且缺乏大规模随机对照和高质量回顾性研究的支持。ADQI 工作组强调,为推动 HA 治疗的科学发展和临床应用,必须开展更多高质量的研究工作,包括对 HA 治疗机制的深入探索、临床效果的严格评估、安全性的持续监测,以及治疗方案的优化。此外,工作组还指出了未来研究的关键领域,如确定 HA 治疗的最佳适应证、治疗时机、治疗持续时间以及识别可能从治疗中受益的患者亚型、开发新的生物标志物以及评估治疗的成本效益。

**利益冲突:** 所有作者声明不存在利益冲突。

## 参考文献

- Ankawi G, Bagshaw SM, Bellomo R, *et al*. Hemoadsorption: consensus report of the 30th Acute Disease Quality Initiative workgroup. *Nephrol Dial Transplant*, 2024: gfae089.
- Villa G, Neri M, Bellomo R, *et al*. Nomenclature for renal replacement therapy and blood purification techniques in critically ill patients: practical applications. *Crit Care*, 2016, 20(1): 283.
- Clark WR, Ferrari F, La Manna G, *et al*. Extracorporeal sorbent technologies: basic concepts and clinical application. *Contrib Nephrol*, 2017, 190: 43-57.
- Rosner MH, Reis T, Husain-Syed F, *et al*. Classification of uremic toxins and their role in kidney failure. *Clin J Am Soc Nephrol*, 2021, 16(12): 1918-1928.
- Neri M, Villa G, Garzotto F, *et al*. Nomenclature for renal replacement therapy in acute kidney injury: basic principles. *Crit Care*, 2016, 20(1): 318.
- Thangaraju P, Varthya SB. ISO 10993: biological evaluation of medical devices//Timiri Shanmugam PS, Thangaraju P, Palani N, *et al*. Medical device guidelines and regulations handbook. Cham: Springer, 2022: 163-187.
- Weber M, Steinle H, Golombek S, *et al*. Blood-contacting biomaterials: *in vitro* evaluation of the hemocompatibility. *Front Bioeng Biotechnol*, 2018, 6: 99-105.
- Liu TY, Lin WC, Huang LY, *et al*. Hemocompatibility and anaphylatoxin formation of protein-immobilizing polyacrylonitrile hemodialysis membrane. *Biomaterials*, 2005, 26(12): 1437-1444.
- Chawla LS, Bellomo R, Bihorac A, *et al*. Acute kidney disease and renal recovery: consensus report of the Acute Disease Quality Initiative (ADQI) 16 Workgroup. *Nat Rev Nephrol*, 2017, 13(4): 241-257.
- Garbero E, Livigni S, Ferrari F, *et al*. High dose coupled plasma filtration and adsorption in septic shock patients. Results of the COMPACT-2: a multicentre, adaptive, randomised clinical trial. *Intensive Care Med*, 2021, 47(11): 1303-1311.
- Ronco C, Bellomo R. Extracorporeal techniques based on adsorption: nomenclature, hardware, and circuit design. *Contrib Nephrol*, 2023, 200: 66-73.
- Ronco C, Clark WR. Haemodialysis membranes. *Nat Rev Nephrol*, 2018, 14(6): 394-410.
- Bauer PR, Ostermann M, Russell L, *et al*. Plasma exchange in the intensive care unit: a narrative review. *Intensive Care Med*, 2022, 48(10): 1382-1396.
- Bo L. Therapeutic efficacies of different hemoperfusion frequencies in patients with organophosphate poisoning. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*, 2014, 18: 3521-3523.
- Omar S, Sooka PN, Khoza S, *et al*. Hemoperfusion for clinically suspected organophosphate and carbamate poisoning in critically ill patients: a randomized trial. *Blood Purif*, 2023, 52(2): 157-165.
- Lipsey M, Tenhunen J, Pischke SE, *et al*. Endotoxin removal in septic shock with the Alteco LPS Adsorber was safe but showed no benefit compared to placebo in the double-blind randomized controlled trial-the asset study. *Shock*, 2020, 54(2): 224-231.
- Osawa I, Goto T, Kudo D, *et al*. Targeted therapy using polymyxin B hemadsorption in patients with sepsis: a post-hoc analysis of the JSEPTIC-DIC study and the EUPHRATES trial. *Crit Care*, 2023, 27(1): 245.
- Jansen A, Waalders NJB, van Lier DPT, *et al*. CytoSorb hemoperfusion markedly attenuates circulating cytokine

- concentrations during systemic inflammation in humans *in vivo*. *Crit Care*, 2023, 27(1): 117.
- 19 Seffer MT, Cottam D, Forni LG, *et al*. Heparin 2.0: a new approach to the infection crisis. *Blood Purif*, 2021, 50(1): 28-34.
- 20 Villa G, Romagnoli S, De Rosa S, *et al*. Blood purification therapy with a hemodiafilter featuring enhanced adsorptive properties for cytokine removal in patients presenting COVID-19: a pilot study. *Crit Care*, 2020, 24(1): 605.
- 21 De Rosa S, Cutuli SL, Ferrer R, *et al*. Polymyxin B hemoperfusion in coronavirus disease 2019 patients with endotoxic shock: case series from EUPHAS2 registry. *Artif Organs*, 2021, 45(6): E187-E194.
- 22 Srisawat N, Tungsanga S, Lumlertgul N, *et al*. The effect of polymyxin B hemoperfusion on modulation of human leukocyte antigen DR in severe sepsis patients. *Crit Care*, 2018, 22(1): 279.
- 23 Li DS, Burke TM, Smith JM, *et al*. Use of the Seraph® 100 Microbind® Affinity Blood Filter in an adolescent patient with disseminated adenoviral disease. *Pediatr Nephrol*, 2024, 39(1): 331-335.
- 24 Haidari Z, Leiler S, Mamdooh H, *et al*. Effect of intraoperative haemoadsorption therapy on cardiac surgery for active infective endocarditis with confirmed *Staphylococcus aureus* bacteraemia. *Interdiscip Cardiovasc Thorac Surg*, 2023, 36(1): ivad010.
- 25 Bhavani SV, Carey KA, Gilbert ER, *et al*. Identifying novel sepsis subphenotypes using temperature trajectories. *Am J Respir Crit Care Med*, 2019, 200(3): 327-335.
- 26 Bonavia A, Miller L, Kellum JA, *et al*. Hemoadsorption corrects hyperresistinemia and restores anti-bacterial neutrophil function. *Intensive Care Med Exp*, 2017, 5(1): 36.
- 27 Jarczak D, Roedl K, Fischer M, *et al*. Effect of hemadsorption therapy in critically ill patients with COVID-19 (CYTOCOV-19): a prospective randomized controlled pilot trial. *Blood Purif*, 2023, 52(2): 183-192.
- 28 Cantaluppi V, Weber V, Lauritano C, *et al*. Protective effect of resin adsorption on septic plasma-induced tubular injury. *Crit Care*, 2010, 14(1): R4.
- 29 Zhou F, Peng Z, Murugan R, *et al*. Blood purification and mortality in sepsis: a meta-analysis of randomized trials. *Crit Care Med*, 2013, 41(9): 2209-2220.
- 30 Kendal E. Ethical, legal and social implications of emerging technology (ELSIET) symposium. *J Bioeth Inq*, 2022, 19(3): 363-370.
- 31 World Health Organization. Medical device regulations: global overview and guiding principles. Geneva: World Health Organization, 2003.
- 32 Anton MT, Jones DJ. Adoption of technology-enhanced treatments: conceptual and practical considerations. *Clin Psychol*, (New York), 2017, 24(3): 223-240.
- 33 Berto P, Ronco C, Cruz D, *et al*. Cost-effectiveness analysis of polymyxin-B immobilized fiber column and conventional medical therapy in the management of abdominal septic shock in Italy. *Blood Purif*, 2011, 32(4): 331-340.

收稿日期: 2024-06-10 修回日期: 2024-07-11

本文编辑: 孙艳梅