

# 急性敌草快中毒杂合式血液净化治疗策略

李智奇<sup>1</sup>, 师 猛<sup>2\*</sup>, 李若萌<sup>2</sup>, 郭延吉<sup>2</sup>

<sup>1</sup>济宁医学院临床医学院, 山东 济宁

<sup>2</sup>济宁医学院附属医院急诊医学科, 山东 济宁

收稿日期: 2026年5月9日; 录用日期: 2026年6月3日; 发布日期: 2026年6月11日

## 摘 要

目的: 系统总结血液灌流(hemoperfusion, HP)联合连续性肾脏替代治疗(continuous renal replacement therapy, CRRT)在急性敌草快(diquat, DQ)中毒救治中的应用依据、疗效影响因素和优化方向。方法: 围绕DQ毒代动力学、器官损害、预后评估及血液净化治疗等主题, 对已阅读全文的中英文文献进行叙述性归纳。结果: DQ中毒缺乏特效解毒剂, 氧化应激、炎症反应、线粒体损伤及细胞死亡通路参与其肾、肝、肺、中枢神经和循环系统损害。HP可在中毒早期快速降低血液DQ浓度, 但存在再分布和反跳现象; CRRT可持续清除中小分子溶质、纠正水电解质与酸碱紊乱、控制容量负荷并辅助清除炎症介质。现有低质量证据提示, 早期HP联合CVVH、CVVHDF或CRRT可能改善肝肾功能、炎症指标、氧合状态和短期死亡率, 但证据确定性低至极低, 且现有研究多为单中心回顾性研究, 治疗方案和终点指标不统一。结论: 在证据确定性低至极低的前提下, HP联合CRRT可暂定位为“早期毒物吸附 + 持续内环境和器官支持”的综合策略。未来应依据服毒量、就诊时间、血药浓度、白细胞/中性粒细胞、乳酸、肌酐、肝酶、低血压和神经系统损害进行分层, 并通过多中心前瞻性研究优化启动时机、治疗强度和疗程。

## 关键词

敌草快, 中毒, 血液灌流, 连续性肾脏替代治疗, 预后

# Hybrid Blood Purification Strategies for Acute Diquat Poisoning

Zhiqi Li<sup>1</sup>, Meng Shi<sup>2\*</sup>, Ruomeng Li<sup>2</sup>, Yanji Guo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Clinical Medical College of Jining Medical University, Jining Shandong

<sup>2</sup>Department of Emergency Medicine, Affiliated Hospital of Jining Medical University, Jining Shandong

\*通讯作者。

文章引用: 李智奇, 师猛, 李若萌, 郭延吉. 急性敌草快中毒杂合式血液净化治疗策略[J]. 临床医学进展, 2026, 16(6): 620-628. DOI: 10.12677/acm.2026.1662259

## Abstract

**Objective:** To summarize the rationale, current evidence, prognostic determinants and optimization strategies of hemoperfusion (HP) combined with continuous renal replacement therapy (CRRT) for acute diquat (DQ) poisoning. **Methods:** A narrative review was conducted on Chinese and English studies that addressed DQ toxicokinetics, target-organ injury, prognostic assessment and blood purification. **Results:** DQ is a bipyridyl herbicide with no specific antidote. After absorption, it induces redox cycling, excessive production of reactive oxygen and nitrogen species, mitochondrial dysfunction, inflammatory activation and multiple regulated cell-death pathways. These mechanisms jointly contribute to gastrointestinal injury, acute kidney injury, hepatic injury, lung injury, toxic encephalopathy, circulatory collapse and multiple organ dysfunction. HP can rapidly adsorb circulating toxin during the early phase, but experimental and clinical observations indicate that plasma DQ may rebound after HP, probably because of redistribution from tissues to blood. CRRT is therefore not only a toxin-removal modality but also a continuous organ-support platform that can correct fluid overload, electrolyte and acid-base disturbances, acute kidney injury and systemic inflammatory burden. Current low-quality evidence suggests that early HP combined with continuous veno-venous hemofiltration, continuous veno-venous hemodiafiltration or other CRRT-based hybrid modalities may improve liver and kidney function, oxygenation, inflammatory markers, toxin clearance time and short-term mortality in selected patients, but the certainty of evidence is low to very low. However, most available studies are retrospective, single-center and heterogeneous in terms of patient selection, HP frequency, adsorber type, CRRT mode, blood flow, replacement dose, anticoagulation, treatment duration and outcome definitions. Important determinants of therapeutic effect include ingested dose, time from ingestion to hospital arrival, plasma or urinary DQ concentration, white blood cell and neutrophil counts, lactate, serum creatinine, liver enzymes, hypotension, respiratory failure, central nervous system injury and the timing and intensity of blood purification. **Conclusion:** Given the low-to-very-low certainty of evidence, HP combined with CRRT should be regarded as a provisional strategy integrating early toxin adsorption with sustained homeostasis and organ support, rather than as a single detoxification procedure. In clinical practice, candidates should be stratified according to exposure history, toxicological testing, early biomarkers and organ dysfunction. Early HP may be prioritized when exposure is confirmed or highly suspected, whereas CRRT should be added or continued in patients with acute kidney injury, metabolic acidosis, shock, respiratory failure, multiple organ dysfunction or a high risk of toxin rebound. Future multicenter prospective studies should standardize treatment protocols and evaluate whether individualized blood purification can improve survival and functional outcomes in acute DQ poisoning.

## Keywords

Diquat, Poisoning, Hemoperfusion, Continuous Renal Replacement Therapy, Prognosis

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

敌草快(diquat, DQ)为联吡啶类非选择性速效除草剂。随着百草枯相关制剂退出临床常见暴露场景, DQ中毒病例在国内急诊中逐渐增多。与百草枯相比, DQ通常不以典型进行性肺纤维化为唯一核心特征,

而更多表现为急性肾损伤、肝损伤、消化道腐蚀、中枢神经系统损害、循环衰竭和多器官功能障碍。既往毒理学综述认为, DQ 通过氧化还原循环产生大量活性氧和活性氮, 造成氧化应激、脂质过氧化、线粒体功能障碍及细胞死亡, 进而引发多器官损伤; 人体代谢研究还提示 DQ 可代谢为单吡啶酮和二吡啶酮衍生物, 但浓度通常低于原型 DQ [1]-[3]。国内综述和临床观察亦强调, DQ 中毒病死率高、进展快, 目前尚无特效解毒剂, 早期诊断、综合支持和血液净化是治疗重点[4] [5]。

血液净化被广泛用于急性重症中毒治疗。对于 DQ 中毒, HP 可吸附循环中毒物, CRRT 则可持续维持水、电解质和酸碱平衡, 改善容量负荷并支持肾功能。近年综述指出, 理论上 HD 和 HP 均可清除 DQ, 但不同血液净化模式能否改善预后仍缺乏高质量证据, 杂合式或联合式血液净化可能成为未来优化方向[6]。因此, 本文围绕 HP 联合 CRRT 在 DQ 中毒中的应用基础、疗效影响因素和优化策略进行综述。

## 2. 方法

本文为叙述性综述。围绕“敌草快/DQ”“中毒/poisoning”“血液灌流/hemoperfusion”“连续性肾脏替代治疗/CRRT”“连续性静脉-静脉血液滤过/CVVH”“连续性静脉-静脉血液透析滤过/CVVHDF”“预后/prognosis”等主题, 纳入已阅读全文的中英文研究、病例系列、回顾性队列、前瞻性队列、动物实验、学位论文和综述。纳入重点为: (1) 阐述 DQ 毒代动力学、毒性机制和器官损害的文献; (2) 评价血药或尿药浓度、炎症指标、器官功能指标和评分系统预后价值的文献; (3) 涉及 HP、HD、CVVH、CVVHDF、CRRT 或杂合式血液净化的文献。

## 3. 结果

### 3.1. 诊断检测、毒性机制与器官损害

DQ 中毒的诊断首先依赖明确的接触史和临床表现, 但在实际急诊场景中, 患者常无法准确提供商品成分、服毒剂量和是否混合百草枯等信息。碳酸氢钠-连二亚硫酸钠还原法可使不同浓度 DQ 和百草枯血清样本呈现不同颜色, 颜色深度与毒物浓度相关; 另有病例报告提示, 部分标称 DQ 制剂可能伴随百草枯暴露, 因此早期毒物鉴别对于判断肺损伤风险和制定治疗方案具有现实意义[7] [8]。条件允许时, 应进一步采用高效液相色谱或液质联用检测血浆、尿液 DQ 浓度。

从靶器官角度看, 口服 DQ 中毒早期以恶心、呕吐、咽喉及胸骨后烧灼感、腹痛、口腔黏膜糜烂等消化道症状多见, 随后可出现血液系统异常、急性肾损伤、肝损伤、肺损伤和中枢神经系统损害。刘雪萍等纳入 21 篇文献总结发现, 损害频次依次涉及消化道、血液系统、肾脏、肺、肝脏及中枢神经系统, 提示 DQ 中毒不应仅按“肾毒性”处理, 而应早期进行多器官评估[9]。肾脏病理研究显示, DQ 相关急性肾损伤以急性肾小管坏死、间质水肿和炎症细胞浸润为主要表现; 小鼠实验亦提示肠道和肾脏是重要靶器官, 炎症损伤在早期较突出[10] [11]。新近机制研究进一步提出, DQ 诱导的线粒体 DNA 异常可激活 ZBP1/RIPK3 相关坏死性凋亡和铁死亡通路, 为抗炎、抗氧化之外的干预靶点提供了线索[12]。

神经系统损害也是重症 DQ 中毒的重要表现。Yu 等报道 3 例 DQ 中毒后毒性脑病, 影像学可累及延髓、脑桥、中脑、小脑脚和大脑脚等部位, 并可伴急性肾衰竭、呼吸衰竭甚至死亡; 早期个案还描述了 DQ 中毒后颅内出血[13] [14]。儿童病例提示, 儿科 DQ 暴露也可累及消化道、呼吸系统和神经系统, 治疗应个体化[15]。肺损伤方面, 胸部 CT 研究显示, 急性 DQ 中毒患者可出现肺纹理增多、渗出性病变、胸膜增厚、胸膜下线、胸腔积液、纵隔气肿和后期肺纤维化等表现; 5 例急性肺损伤报道亦提示 DQ 中毒可出现斑片状、片絮状或磨玻璃样密度增高, 严重者发生呼吸衰竭[16] [17]。这些结果提示, HP 联合 CRRT 的目标不应局限于“清除毒物”, 还应覆盖肾、肺、脑、循环和内环境支持。

### 3.2. 疗效和预后的影响因素

服毒剂量和早期器官损伤是影响预后的传统因素。梁晓丽等对 25 例 DQ 中毒患者进行临床特征分析,发现多数患者为口服中毒,肝肾功能常在中毒后 7 d 内恶化至峰值,中毒剂量超过 50 mL 者全部死亡[18]。同一团队进一步分析 40 例病例,发现服毒剂量、白细胞计数和 AST 最大值构成的 Logistic 模型可较好预测预后,提示炎症反应和肝损害程度对死亡风险具有提示价值[19]。

血浆 DQ 浓度的预后价值近年来受到关注。Zhou 和 Lu 纳入 50 例经 HPLC-MS/MS 确认的 DQ 中毒患者,院内死亡率为 50.0%,死亡者初始血浆 DQ 浓度、AST、ALT、肌酐和 CK-MB 均显著升高;死亡原因主要为中枢神经系统损伤、难治性循环衰竭或两者并存,初始血浆 DQ 浓度预测死亡的 AUC 为 0.967 [20]。孟辉 708 例学位论文提示,DQ 中毒具有较大样本临床异质性,为建立分层救治策略提供了基础资料[21]。Meng 等进一步指出,入院血浆 DQ 浓度和 24 h 内中毒严重程度评分是院内死亡的独立预后因素,且血浆 DQ 浓度的预后价值随中毒后时间推移而下降[22]。Hu 等则以随机森林算法整合血浆 DQ 浓度和血常规指标,提示在缺乏血药浓度检测时,连续血常规尤其是白细胞和中性粒细胞相关指标也可辅助判断预后[23]。

除血药浓度外,年龄、乳酸、白细胞和中性粒细胞相关指标也具有重要价值。Tang 等纳入 117 例急性 DQ 中毒患者,发现年龄、血药浓度、乳酸、中性粒细胞/淋巴细胞比值、白蛋白和 AST 是 28 d 死亡风险因素[24]。Ling 等建立了急诊分诊和预后两个严重度指数:分诊模型基于年龄、估计摄入量、心率和 GCS 评分,预后模型进一步加入初始血浆 DQ 浓度、白细胞计数和 AST,显示出较好的外部验证表现[25]。Qian 等纳入 60 例 DQ 中毒患者构建临床风险模型,口服剂量、肌红蛋白和有创机械通气进入最终模型,AUC 为 0.97 [26]。李蕙伊和董雪松建立 123 例急性 DQ 中毒死亡风险列线图,最终纳入 DQ 剂量、低血压、WBC 和乳酸[27]。王鸾等提示 DQ 剂量、血清肌酐和尿 DQ 浓度是死亡独立危险因素[28];张源达等发现中毒后 24 h 白细胞和中性粒细胞计数可预测出院生存状况[29]。需要注意的是,自述服毒剂量可能受回忆、呕吐和药液成分不明影响,统计模型还可能存在多重共线性,因此应优先联合毒物浓度和动态器官功能指标综合评估[30] [31]。

### 3.3. HP 与 CRRT 联合应用的理论基础

早期清除未吸收毒物和已吸收毒物是 DQ 中毒救治的重要环节。早期经典研究显示,在低血清浓度条件下,血液透析难以清除具有毒理学意义的联吡啶类毒物,而活性炭血液灌流在体外清除率方面优于透析;胃肠道洗消也可能在摄入后较长时间仍清除残余毒物[32]。不过,Williams 等在个案中观察到活性炭血液灌流对血浆 DQ 清除相对有限,提示 HP 疗效可能受中毒途径、血药浓度、启动时间、组织分布和检测方法影响[33]。

动物实验和学位论文为“早期 HP + 持续支持”的策略提供了重要依据。贾俊娥在比格犬模型中发现,HP 可明显降低血液 DQ 浓度,但灌流结束后短时间内出现血药浓度反弹,提示存在组织再分布;24 h 内接受 HP 治疗的动物肾脏内的 DQ 浓度低于未治疗组,BUN、Cr 和病理损伤相对较轻,说明早期 HP 可能对肾脏和多器官损害具有保护作用[34]。刘婷婷关于血液灌流清除毒物的研究亦将 DQ 作为重点分析对象,支持通过动态血药浓度评价 HP 清除效果[35]。由此可见,单次或短程 HP 可能难以完全覆盖 DQ 的组织再分布过程,而 CRRT 可通过持续治疗弥补 HP 的时间窗不足。

### 3.4. HP 联合 CRRT 的临床证据

现有临床研究多以 HP 单独治疗作为对照,观察 HP 联合 CVVH、CRRT 或 CVVHDF 对器官功能和死亡率的影响。张晓凡等回顾性分析 84 例 DQ 中毒患者,试验组在 HP 基础上联合持续性血液滤过 72

h, 第7天 ALT、AST、Cr、IL-6、TNF- $\alpha$  低于对照组, PaO<sub>2</sub> 升高, 血尿毒物清除时间缩短, MODS 发生率为 69.2% 降至 42.2%, 但病死率差异无统计学意义[36]。

黄国亮等纳入 72 例 DQ 中毒患者, 观察组采用 HP 联合 CRRT, 对照组采用 HP, 结果显示观察组 1 个月内病死率为 38.9%, 低于对照组 63.9%; 死亡患者生存时间延长, 治疗 3~7 d 后 TBIL、ALT、Cr 等指标较对照组改善[37]。唐旭等回顾性分析 70 例 DQ 中毒患者, 对照组在 48 h 内行 5 次 HP, 研究组在 HP 基础上连续 48 h CVVHDF, 结果显示研究组治疗后血清 DQ 浓度、CK、LDH、肌酐、尿素氮、IL-6 和 TNF- $\alpha$  均低于对照组, 28 d 死亡率为 8.57% 而对照组为 28.57% [38]。Dong 等将分次血浆分离吸附整合 CVVH 用于急性联吡啶类除草剂中毒, 18 例中包括 9 例 DQ 中毒, 单次 8 h 治疗后 HMGB-1、IL-6、IL-8、IP-10、MCP-1 和 MIP-1 $\beta$  下降约 53.9%~73.3%, 提示杂合式血液净化对炎症介质控制可能有价值[39]。

部分研究关注连续性血液滤过或 HP 联合 HD。彭亮观察 60 例 DQ 中毒患者, 连续性血液滤过组治疗后 IL-6、CRP、TNF- $\alpha$  以及肺部感染率和死亡率均低于对照组[40]。沈新秀等 60 例研究显示, HP 结合 HD 较单独 HD 更能降低炎症因子并改善血气指标[41]; 李桐等 102 例研究亦提示 HP 联合 HD 较单独 HD 提高临床疗效、缩短住院时间并改善 IL-6、IL-8 和 TNF- $\alpha$  水平[42]。按 GRADE 思路评价, 现有证据主要来自回顾性或小样本观察研究, 存在偏倚风险、不一致性和不精确性, 证据确定性总体为低至极低; 因此, 联合血液净化只能作为基于有限证据的审慎建议, 而非强推荐[43]。相关研究证据概要见表 1。

**Table 1.** Summary of evidence on HP combined with CRRT

**表 1.** HP 联合 CRRT 相关研究证据概要

研究	设计/样本	血液净化方案	主要结果	局限性
张晓凡等 [36]	回顾性, 84 例 DQ 中毒	HP vs HP + 持续性 血液滤过 72 h	联合组肝肾功能、炎症因子 PaO <sub>2</sub> 和毒物清除时间改善, MODS 发生率 降低	病死率差异未达 统计学意义; 单中心
黄国亮等 [37]	回顾性, 72 例 DQ 中毒	HP vs HP + CRRT	联合组 1 个月病死率较低, 生存 时间延长, 肝肾功能指标改善	回顾性研究, 选择 偏倚可能存在
唐旭等 [38]	回顾性, 70 例 DQ 中毒	HP vs HP + CVVHDF 48 h	联合组血清 DQ 浓度、心肌酶、 肾功能和炎症因子下降, 28 d 死亡率 较低	发表时间较新, 仍需外部验证
Dong 等 [39]	回顾性, 18 例联吡啶类 中毒, 其中 DQ 9 例	FPSA-CVVH	多种细胞因子下降, 90 d 生存率 50%	混合纳入百草枯和 DQ, 样本量小

### 3.5. 优化策略

基于现有低质量证据, HP 联合 CRRT 的优化应从“适应证分层、启动时机、治疗强度、疗程和动态监测”五个方面展开。第一, 适应证应优先覆盖明确口服 DQ、估计摄入量较大、就诊较早、血或尿 DQ 阳性、早期出现白细胞显著升高、乳酸升高、肌酐升高、肝酶升高、低血压、意识障碍或呼吸衰竭的患者。第二, HP 宜在中毒早期尽快启动, 尤其是暴露后 24 h 内; 若血药浓度可测, 应以动态浓度下降幅度和反跳情况指导重复 HP。第三, CRRT 可在 AKI、酸中毒、乳酸升高、休克、容量管理困难、MODS 或毒物反跳风险较高时联合或序贯应用。第四, 疗程不宜仅按固定次数决定, 而应结合血浆/尿 DQ 浓度、尿量、肌酐、乳酸、肝酶、氧合、血流动力学和神经系统状态动态调整。第五, 杂合式血液净化将 HP、CVVH、CVVHDF、血浆吸附或血浆分离吸附等模式组合, 理论上可同时覆盖吸附毒物、清除炎症介质、稳定内环境和器官支持, 但其最佳组合仍需验证[44]。基于上述指标构建的假设性血液净化决策流程见图 1。

## 急性DQ中毒血液净化假设性临床决策流程

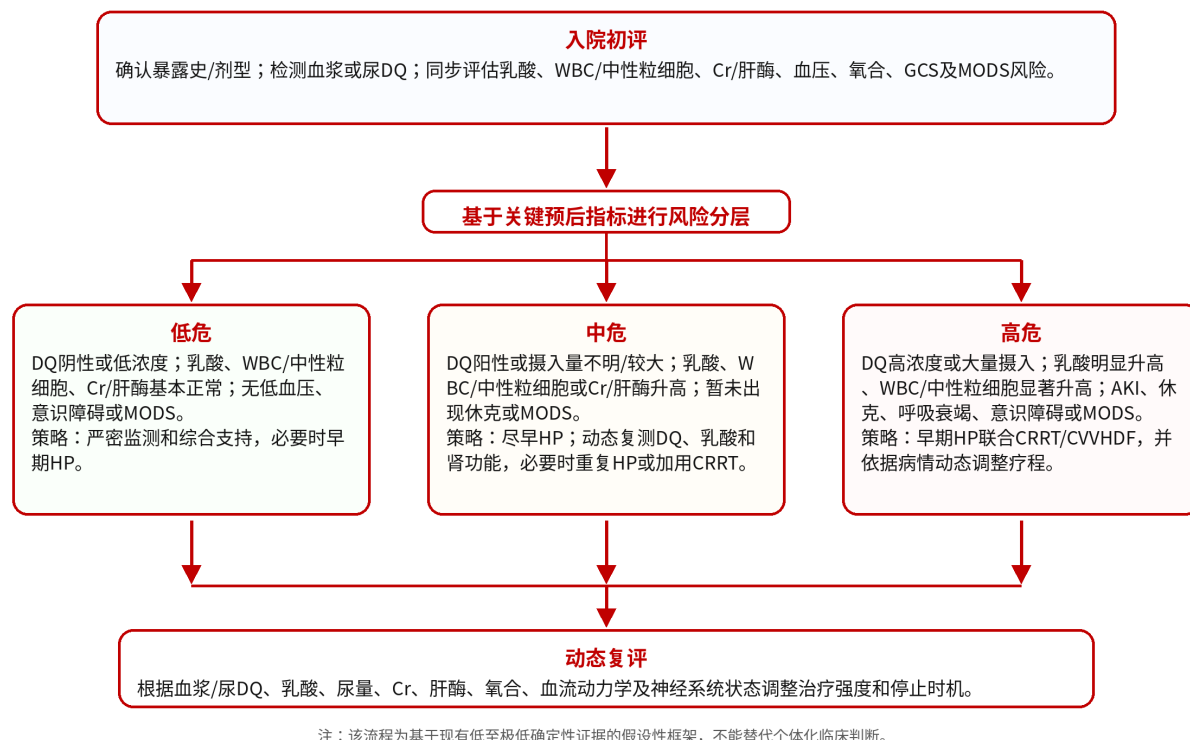


Figure 1. Hypothetical clinical decision-making flowchart for blood purification in acute DQ poisoning

图 1. 急性 DQ 中毒血液净化假设性临床决策流程

值得注意的是，在百草枯或 DQ 中毒 30 d 预后模型中，年龄、服毒量、乳酸和是否 HP 进入预测方程，提示血液净化可能与预后相关，但该模型为百草枯和 DQ 混合人群，不能直接推断 HP 或 CRRT 对单纯 DQ 中毒的独立获益[45]。因此，优化策略应避免将 HP 联合 CRRT 简单视作“越多越好”，而应强调早期、足量、连续、个体化，并兼顾抗凝、出血、低血压、导管并发症和资源可及性。

## 4. 讨论

HP 联合 CRRT 治疗 DQ 中毒的合理性来自两个层面：其一，HP 在中毒早期可快速降低循环毒物负荷，尤其适合血药浓度较高阶段；其二，CRRT 可在 DQ 组织再分布、AKI、酸中毒、炎症介质升高和容量管理困难时提供持续支持。动物实验观察到 HP 后血药浓度反弹，提示单纯追求短时毒物浓度下降可能不足以阻断器官暴露。现有低质量证据提示，HP 联合 CVVH、CRRT 或 CVVHDF 可能改善肝肾功能、炎症因子、氧合和短期死亡率，但因纳入标准、治疗时机、灌流次数、CRRT 模式和终点指标不一，证据确定性低至极低，尚不能形成强推荐。

影响疗效的关键因素可概括为四类。第一是毒物暴露因素，包括服毒量、实际吸收量、呕吐情况、就诊时间和是否混合其他毒物。第二是毒代动力学因素，包括血浆 DQ 浓度、尿 DQ 浓度、检测时间和血药浓度随时间变化趋势。第三是宿主和病情因素，包括年龄、基础疾病、低血压、休克、乳酸、AKI、肝损伤、中枢神经系统损害、呼吸衰竭和 MODS。第四是治疗因素，包括洗胃和导泻是否及时、HP 启动时间和次数、灌流器类型、CRRT 模式、置换/透析剂量、抗凝策略、是否合并抗氧化、抗炎、器官保护、机械通气和血流动力学支持。

今后研究应从三个方向推进：第一，建立以血药浓度和早期临床指标为核心的分层流程，对轻中重度患者分别设计血液净化策略；第二，采用前瞻性、多中心研究比较 HP、HP+CVVH、HP+CVVHDF、HP+CRRT 和杂合式血液净化的真实获益；第三，统一结局指标，包括 28 d 和 90 d 死亡率、毒物清除曲线、AKI 恢复、神经系统功能、呼吸支持时间、住院时间和并发症。只有在标准化基础上，才能回答“何时启动、采用何种模式、持续多久、何时停止”的关键问题。

## 5. 结论

急性 DQ 中毒具有进展快、靶器官广、缺乏特效解毒剂和死亡风险高等特点。HP 联合 CRRT 的治疗价值在于将早期毒物吸附与持续内环境稳定、炎症介质控制和器官功能支持相结合。按 GRADE 思路，当前证据确定性多为低至极低，该策略仅提示可能改善部分生化指标、毒物清除和短期预后，尚不足以形成统一标准方案或强推荐。临床实践中应根据服毒量、就诊时间、毒物浓度、白细胞/中性粒细胞、乳酸、肌酐、肝酶、低血压、神经系统损害和 MODS 风险进行动态分层，尽早启动 HP，并在存在 AKI、酸中毒、休克、容量负荷或毒物反跳风险时联合 CRRT。未来需开展多中心前瞻性研究，建立基于风险分层和毒物动力学的个体化血液净化方案。

## 致 谢

感谢师猛、李若萌、郭延吉老师在本文选题确定、文献筛选、文章结构设计及初稿修改过程中给予的悉心指导。感谢济宁医学院附属医院急诊医学科各位老师们在急诊中毒与血液净化相关临床问题讨论中给予的帮助。感谢参与文献收集、资料整理及英文摘要校对的同学和同事对本文完成所提供的支持。

## 参考文献

- [1] Magalhães, N., Carvalho, F. and Dinis-Oliveira, R. (2018) Human and Experimental Toxicology of Diquat Poisoning: Toxicokinetics, Mechanisms of Toxicity, Clinical Features, and Treatment. *Human & Experimental Toxicology*, **37**, 1131-1160. <https://doi.org/10.1177/0960327118765330>
- [2] Jones, G.M. and Vale, J.A. (2000) Mechanisms of Toxicity, Clinical Features, and Management of Diquat Poisoning: A Review. *Journal of Toxicology: Clinical Toxicology*, **38**, 123-128. <https://doi.org/10.1081/clt-100100926>
- [3] Fuke, C., Ameno, K., Ameno, S., Kinoshita, H. and Ijiri, I. (1996) Detection of Two Metabolites of Diquat in Urine and Serum of Poisoned Patients after Ingestion of a Combined Herbicide of Paraquat and Diquat. *Archives of Toxicology*, **70**, 504-507. <https://doi.org/10.1007/s002040050305>
- [4] 潘蔚, 等. 敌草快中毒诊疗现状与展望[J]. 解放军预防医学杂志, 2020, 38(12): 113-115.
- [5] 陈阳, 刘昊, 董雪松. 敌草快的中毒机制和治疗研究进展[J]. 临床急诊杂志, 2021, 22(7): 496-502.
- [6] 马志强, 迪力木拉·提买买提, 刘春枝. 血液净化在急性敌草快中毒中的应用现状和研究进展[J]. 中国急救复苏与灾害医学杂志, 2023, 18(10): 1391-1394.
- [7] 周思江, 谭兴领. 碳酸氢钠-连二亚硫酸钠还原法在敌草快和百草枯中毒快速检测中的应用及意义[J]. 中国急救医学, 2022, 42(2): 159-162.
- [8] 孙宝迪, 袁雪丰, 聂时南. 临床需警惕与敌草快中毒伴随的百草枯中毒(附二例报告) [J]. 临床误诊误治, 2018, 31(4): 64-66.
- [9] 刘雪萍, 蒋文中, 杨志前, 等. 口服敌草快中毒主要靶器官的新认识[J]. 岭南急诊医学杂志, 2021, 26(2): 180-182.
- [10] Zeng, D., Chen, X., Li, Y., Zhu, X., Wang, B., Ma, X., et al. (2023) Clinical and Pathological Characteristics of Acute Kidney Injury Caused by Diquat Poisoning. *Clinical Toxicology*, **61**, 705-708. <https://doi.org/10.1080/15563650.2023.2262113>
- [11] 刘善收, 谢建刚, 李俊杰, 等. 敌草快中毒小鼠半数致死量及重要脏器损伤实验[J]. 职业与健康, 2020, 36(20): 2773-2777.
- [12] Lai, K., Wang, J., Lin, S., Chen, Z., Lin, G., Ye, K., et al. (2024) Sensing of Mitochondrial DNA by ZBP1 Promotes RIPK3-Mediated Necroptosis and Ferroptosis in Response to Diquat Poisoning. *Cell Death & Differentiation*, **31**, 635-

650. <https://doi.org/10.1038/s41418-024-01279-5>
- [13] Yu, G., Jian, T., Cui, S., Shi, L., Kan, B. and Jian, X. (2022) Acute Diquat Poisoning Resulting in Toxic Encephalopathy: A Report of Three Cases. *Clinical Toxicology*, **60**, 647-650. <https://doi.org/10.1080/15563650.2021.2013495>
- [14] Saeed, S.A.M., Wilks, M.F. and Coupe, M. (2001) Acute Diquat Poisoning with Intracerebral Bleeding. *Postgraduate Medical Journal*, **77**, 329-332. <https://doi.org/10.1136/pmj.77.907.329>
- [15] 陈赫赫, 王艳, 董卓亚, 等. 儿童急性敌草快中毒诊治三例[J]. 中华重症医学电子杂志, 2021, 7(2): 180-184.
- [16] 刘露, 吴霜, 蔡舒, 等. 急性敌草快中毒的胸部 CT 表现[J]. 现代预防医学, 2018, 45(16): 3048-3051, 3068.
- [17] 骆立晖, 杨霞, 肖欢, 等. 敌草快中毒所致急性肺损伤 5 例[J]. 临床急诊杂志, 2018, 19(7): 484-485.
- [18] 梁晓丽, 刘善收, 王仙琦, 等. 25 例敌草快中毒的临床特征分析[J]. 临床急诊杂志, 2018, 19(6): 389-393.
- [19] 梁晓丽, 虎晓曦, 龚阳, 等. 2016-2018 年间 40 例敌草快中毒患者的死亡危险因素分析[J]. 临床急诊杂志, 2019, 20(5): 366-370, 375.
- [20] Zhou, J.N. and Lu, Y.Q. (2022) Lethal Diquat Poisoning Manifests as Acute Central Nervous System Injury and Circulatory Failure: A Retrospective Cohort Study of 50 Cases. *eClinicalMedicine*, **52**, Article ID: 101609. <https://doi.org/10.1016/j.eclinm.2022.101609>
- [21] 孟辉. 急性敌草快中毒 708 例分析[D]: [硕士学位论文]. 石家庄: 河北医科大学, 2022.
- [22] Meng, N., Sun, Y., Dong, Y., Lv, B., Yao, D., Gao, H., et al. (2024) Prognostic Value of Plasma Diquat Concentration in Patients with Acute Oral Diquat Poisoning: A Retrospective Study. *Frontiers in Public Health*, **12**, Article ID: 1333450. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2024.1333450>
- [23] Hu, H., Ke, X., Zheng, F., You, M., Zhou, T., Xu, Y., et al. (2024) Diagnostic and Prognostic Value of Diquat Plasma Concentration and Complete Blood Count in Patients with Acute Diquat Poisoning Based on Random Forest Algorithms. *Human & Experimental Toxicology*, **43**, 1-9. <https://doi.org/10.1177/09603271241276981>
- [24] Tang, Q., Wang, H., Wang, H., Xu, J., Luo, X., Hua, S., et al. (2025) Risk Factors for Death in Patients with Acute Diquat Poisoning. *World Journal of Emergency Medicine*, **16**, 225-230. <https://doi.org/10.5847/wjem.j.1920-8642.2025.040>
- [25] Ling, Y., Mao, Z., Liu, W., Zhou, C., Li, J., Jiang, L., et al. (2025) Severity Indices of Diquat Poisoning for Triage and Prognosis in Acute Diquat Poisoning: A Multicenter Prospective Cohort Study. *Annals of Emergency Medicine*, **85**, 512-520. <https://doi.org/10.1016/j.annemergmed.2025.02.022>
- [26] Qian, W., Xie, X., Zhou, J., Ren, Y., Bai, Y., Peng, A., et al. (2024) Construction of a Risk Prediction Model of Diquat Poisoning Based on Clinical Indicators. *Critical Reviews in Toxicology*, **55**, 55-62. <https://doi.org/10.1080/10408444.2024.2433242>
- [27] 李蕙伊, 董雪松. 急性敌草快中毒患者死亡风险列线图预测模型的构建和验证[J]. 中国医科大学学报, 2023, 52(8): 673-679.
- [28] 王鸾, 王洋, 赵敏. 急性敌草快中毒患者死亡危险因素分析[J]. 中国实用内科杂志, 2020, 40(2): 158-161.
- [29] 张源达, 谢而付, 陈旭锋, 等. 白细胞和中性粒细胞计数对敌草快中毒病人出院生存状况的预测价值[J]. 蚌埠医学院学报, 2022, 47(12): 1723-1728.
- [30] Shi, Q. and Sun, H. (2024) Clinical Characteristics of Survivors versus Non-Survivors after Acute Diquat Poisoning: A Comparative Study—Comment. *Internal and Emergency Medicine*, **19**, 1503-1504. <https://doi.org/10.1007/s11739-024-03557-z>
- [31] 王夏, 赵欣然, 赵立强, 等. 3 种方法对急性敌草快中毒严重程度和预后评估价值的比较[J]. 现代预防医学, 2019, 46(8): 1386-1390.
- [32] Okonek, S., Hofmann, A. and Henningsen, B. (1976) Efficacy of Gut Lavage, Hemodialysis, and Hemoperfusion in the Therapy of Paraquat or Diquat Intoxication. *Archives of Toxicology*, **36**, 43-51. <https://doi.org/10.1007/bf00277562>
- [33] Williams, P.F., Jarvie, D.R. and Whitehead, A.P. (1986) Diquat Intoxication: Treatment by Charcoal Haemoperfusion and Description of a New Method of Diquat Measurement in Plasma. *Journal of Toxicology: Clinical Toxicology*, **24**, 11-20. <https://doi.org/10.3109/15563658608990442>
- [34] 贾俊娥. 敌草快染毒犬早期血液灌流清除效果及早期脏器损害的初步研究[D]: [硕士学位论文]. 济南: 山东大学, 2019.
- [35] 刘婷婷. 血液灌流对毒物清除的疗效观察[D]: [硕士学位论文]. 济南: 山东大学, 2021.
- [36] 张晓凡, 朱志强, 裴辉, 等. 血液灌流联合持续性血液滤过对敌草快中毒的疗效观察[J]. 现代医药卫生, 2023, 39(11): 1849-1852.
- [37] 黄国亮, 陈冰冰, 陈黎明, 等. 血液灌流联合连续肾脏替代治疗救治敌草快中毒的疗效探讨[J]. 中外医疗, 2023,

- 42(5): 33-37.
- [38] 唐旭, 龙振鸿, 房雪雪, 等. 血液灌流联合连续性静脉-静脉血液透析滤过改善敌草快中毒患者预后[J]. 肾脏病与透析肾移植杂志, 2025, 34(2): 125-129.
- [39] Dong, J.H., Zhang, M.H., Yang, X., Wu, B., Huang, L., Li, C., *et al.* (2024) Fractionated Plasma Separation and Adsorption Integrated with Continuous Veno-Venous Hemofiltration in Patients with Acute Bipyridine Herbicide Poisoning. *Renal Failure*, **46**, Article ID: 2374013. <https://doi.org/10.1080/0886022x.2024.2374013>
- [40] 彭亮. 血液滤过仪连续性血液滤过治疗抢救敌草快中毒患者的疗效[J]. 中国社区医师, 2021, 37(33): 50-51.
- [41] 沈新秀, 盛玲凤, 石岩岩. 血液灌流结合血液透析治疗敌草快中毒患者的效果[J]. 中外医学研究, 2024, 22(9): 140-143.
- [42] 李桐, 龙振鸿, 黄瑶玲. 血液灌流联合血液透析治疗敌草快中毒的临床疗效分析[J]. 哈尔滨医药, 2023, 43(2): 53-55.
- [43] Guyatt, G.H., Oxman, A.D., Vist, G.E., Kunz, R., Falck-Ytter, Y., Alonso-Coello, P., *et al.* (2008) GRADE: An Emerging Consensus on Rating Quality of Evidence and Strength of Recommendations. *BMJ*, **336**, 924-926. <https://doi.org/10.1136/bmj.39489.470347.ad>
- [44] 肖磊娟, 季大玺. 杂合式血液净化技术在临床中的应用进展[J]. 中国血液净化, 2019, 18(8): 550-552.
- [45] 樊丹丹, 高焱. 百草枯或敌草快中毒患者 30 d 预后模型的建立[J]. 西安交通大学学报(医学版), 2024, 45(5): 755-761.