ISSN: 1859-1779

Tổng quan

Tạp chí Y học Thành phố Hồ Chí Minh;29(12):30-34
https://doi.org/10.32895/hcjm.m.2026.12.04

Nước thải chạy thận nhân tạo dưới góc nhìn môi trường

Nguyễn Minh Tuấn[1], Khưu Hoàng Việt[1,*]

[1]Khoa Thận nhân tạo, Bệnh viện Chợ Rẫy, Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam

Tóm tắt

Mục tiêu: Tổng hợp các bằng chứng về thành phần, nguy cơ môi trường, thực hành quản lý và tiềm năng tái sử dụng nước thải phát sinh trong hoạt động chạy thận nhân tạo.
Phương pháp: Tổng quan tường thuật các tài liệu được tìm kiếm chủ yếu trên cơ sở dữ liệu PubMed và Google Scholar. Các tài liệu liên quan được tổng hợp và bàn luận theo các chủ đề về thành phần, nguy cơ môi trường, quản lý và tái sử dụng nước thải.
Kết quả: Nước thải chạy thận gồm hai dòng chính là dịch lọc đã qua sử dụng và nước thải cô đặc RO. Dịch lọc đã qua sử dụng chủ yếu chứa các điện giải, chất dinh dưỡng và sản phẩm chuyển hóa; một số thông số như BOD_5, COD, amoni và tổng nitơ có thể vượt giới hạn quy định nhưng chủ yếu phản ánh đặc điểm thành phần của nước thải. Nước thải cô đặc RO có thành phần gần với nước nguồn sau quá trình cô đặc và có tiềm năng tái sử dụng sau khi được đánh giá, xử lý phù hợp.
Kết luận: Việc quản lý nước thải chạy thận cần dựa trên đặc điểm của từng dòng nước thải. Cần có thêm các nghiên cứu trong nước để bổ sung bằng chứng về thành phần nước thải, các chất ô nhiễm mới nổi và khả năng tái sử dụng.
Từ khóa: chạy thận nhân tạo; nước thải chạy thận; dịch lọc đã qua sử dụng; nước thải cô đặc RO; nguy cơ môi trường; tái sử dụng nước

Abstract

ENVIRONMENTAL PERSPECTIVES ON HEMODIALYSIS WASTEWATER

Nguyen Minh Tuan, Khuu Hoang Viet

Objectives: To summarize current evidence on the composition, environmental risks, management practices, and reuse potential of wastewater generated during hemodialysis.
Methods: A narrative review of the literature, primarily retrieved from the PubMed and Google Scholar database. Relevant publications were synthesized and discussed according to wastewater composition, environmental risks, management practices, and reuse potential.
Results: Hemodialysis wastewater consists of two main streams: spent dialysate and reverse osmosis (RO) reject water. Spent dialysate mainly contains electrolytes, nutrients, and metabolic waste products. Although parameters such as BOD_5, COD, ammonium, and total nitrogen may exceed regulatory limits, they primarily reflect the intrinsic composition of the wastewater rather than the presence of hazardous pollutants. RO reject water has a composition similar to the

Ngày nhận bài: 17-06-2026 / Ngày chấp nhận đăng bài: 30-09-2026 / Ngày đăng bài: 05-10-2026
*Tác giả liên hệ: Khưu Hoàng Việt. Khoa Thận nhân tạo, Bệnh viện Chợ Rẫy, Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam. E-mail: vietkh98@gmail.com
© 2026 Bản quyền thuộc về Tạp chí Y học Thành phố Hồ Chí Minh.

source water after the concentration process and shows potential for reuse following appropriate evaluation and treatment.

Conclusions: Hemodialysis wastewater management should be based on the characteristics of each wastewater stream rather than its healthcare origin alone. Further studies in Vietnam are needed to provide additional evidence on wastewater composition, emerging contaminants, and the feasibility of wastewater reuse.

Keywords: hemodialysis; wastewater; spent dialysate; reverse osmosis reject water; environmental impact; water reuse

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Chạy thận nhân tạo là phương pháp điều trị thay thế thận được sử dụng phổ biến cho bệnh nhân suy thận giai đoạn cuối. Hoạt động này tiêu thụ lượng lớn nước sạch và tạo ra hai dòng nước thải chính gồm dịch lọc đã qua sử dụng (spent dialysate) và nước thải cô đặc RO (reverse osmosis reject water – RO reject water). Một buổi chạy thận tiêu chuẩn kéo dài 4 giờ với lưu lượng dịch lọc 500 mL/phút cần khoảng 120 L nước, siêu tinh khiết để tạo dịch lọc. Khi tính thêm lượng nước bị loại trong quá trình thẩm thấu ngược (RO) và lượng nước sử dụng cho mồi, súc rửa và khử khuẩn hệ thống, tổng lượng nước tiêu thụ có thể lên tới 500 L cho mỗi buổi chạy thận [1].

Trong thực hành hiện nay, nước thải chạy thận thường được xếp chung vào nhóm nước thải y tế do phát sinh từ cơ sở khám chữa bệnh [2]. Tuy nhiên, thành phần của dòng thải này khác biệt đáng kể so với nhiều loại nước thải y tế lây nhiễm. Dịch lọc được ngăn cách với máu người bệnh bởi màng bán thấm có tính chọn lọc cao, do đó thành phần chủ yếu gồm nước, điện giải và các sản phẩm chuyển hóa phân tử nhỏ được loại bỏ khỏi cơ thể trong quá trình lọc máu [3].

Những năm gần đây, nhiều nghiên cứu đã tiếp cận nước thải chạy thận dưới góc độ bảo vệ môi trường và phát triển bền vững. Bên cạnh việc đánh giá nguy cơ sinh thái, các nghiên cứu còn xem xét khả năng tái sử dụng nước thải cô đặc RO, thu hồi chất dinh dưỡng từ dịch lọc và ứng dụng trong mô hình kinh tế tuần hoàn. Tuy nhiên, các bằng chứng hiện có còn phân tán và chưa được tổng hợp đầy đủ.

Tổng quan này được thực hiện nhằm tổng hợp các bằng chứng hiện có về thành phần, nguy cơ môi trường, thực hành xả thải và khả năng tái sử dụng nước thải chạy thận nhân tạo, qua đó cung cấp cái nhìn dựa trên bằng chứng về bản chất môi trường của loại nước thải này.

2. PHƯƠNG PHÁP TỔNG QUAN

Nghiên cứu được thực hiện dưới hình thức tổng quan tường thuật nhằm tổng hợp và phân tích các bằng chứng hiện có về thành phần, nguy cơ môi trường, thực hành quản lý và tiềm năng tái sử dụng nước thải phát sinh trong hoạt động chạy thận nhân tạo.

Tài liệu được tìm kiếm chủ yếu trên cơ sở dữ liệu PubMed và Google Scholar bằng các từ khóa liên quan đến chạy thận nhân tạo (hemodialysis), nước thải (water, wastewater, dialysate) kết hợp với các thuật ngữ về môi trường và tái sử dụng nước (environmental, sustainability, reuse, recycling). Các tài liệu phù hợp với mục tiêu của tổng quan được sử dụng để tổng hợp và bàn luận các bằng chứng hiện có.

Nội dung tổng hợp tập trung vào đặc điểm của dịch lọc đã qua sử dụng và nước thải cô đặc RO, nguy cơ môi trường, thực hành quản lý, khả năng tái sử dụng hoặc thu hồi tài nguyên và các nhận định liên quan đến việc xả thải nước thải chạy thận. Bảng tóm tắt đặc điểm của các nghiên cứu được sử dụng trong phần tổng hợp và bàn luận được trình bày trong Phụ lục 1.

3. NGUY CƠ MÔI TRƯỜNG CỦA NƯỚC THẢI CHẠY THẬN

Các nghiên cứu cho thấy nước thải phát sinh trong hoạt động chạy thận có đặc điểm khác nhau tùy theo nguồn phát sinh. Dịch lọc đã qua sử dụng chứa các chất điện giải, chất dinh dưỡng và các sản phẩm chuyển hóa hòa tan được loại bỏ khỏi cơ thể người bệnh, trong khi nước thải cô đặc RO chủ yếu là phần nước nguồn bị loại bỏ trong quá trình sản xuất nước siêu tinh khiết [3].

Đối với dịch lọc đã qua sử dụng, các thành phần thường

được ghi nhận ở nồng độ cao gồm phosphat, nitơ tổng, amoni, natri, kali, chloride, COD và BOD [4-7]. Các thành phần này phản ánh tải lượng muối hòa tan, chất dinh dưỡng và chất hữu cơ của nước thải, có thể làm gia tăng tải lượng dinh dưỡng hoặc nhu cầu oxy của nguồn tiếp nhận khi xả thải với lưu lượng lớn và kéo dài [8,9]. Về mặt vi sinh, nguy cơ lây nhiễm được đánh giá là thấp trong điều kiện vận hành chuẩn [4,5,10,11]. Đối với HCV, một nghiên cứu sử dụng phương pháp lấy mẫu liên tục trên toàn bộ dịch lọc không phát hiện HCV RNA, tuy nhiên kết quả này chưa đủ để loại trừ hoàn toàn nguy cơ lây truyền và vẫn cần tuân thủ các biện pháp kiểm soát nhiễm khuẩn [11]. Các nghiên cứu về độc tính sinh thái cho kết quả chưa thống nhất; một số ghi nhận độc tính ở mức nhẹ đến trung bình trên sinh vật thủy sinh, phụ thuộc vào nồng độ nước thải, mức độ pha loãng và điều kiện xử lý trước khi xả thải [6,9].

Ngoài các thông số hóa lý truyền thống, một số chất ô nhiễm mới nổi như gen kháng kháng sinh (ARGs), PFAS và vi nhựa đã được đề cập trong các nghiên cứu về dịch lọc đã qua sử dụng [9]. Tuy nhiên, bằng chứng trực tiếp hiện còn hạn chế và cần thêm các nghiên cứu để xác định sự hiện diện, nồng độ và ý nghĩa môi trường của các chất này.

Đối với nước thải cô đặc RO, phần lớn các thông số hóa lý và vi sinh nằm trong giới hạn tham khảo của nước thải sinh hoạt [12] hoặc ngưỡng tham khảo của WHO đối với nước uống [13]. Một nghiên cứu ghi nhận sự tăng nhẹ nồng độ natri hoặc nitrat do hiện tượng cô đặc khoáng chất, nhưng chưa có bằng chứng cho thấy nguồn nước này gây nguy cơ môi trường đáng kể [14].

Ngoài hai dòng nước thải trên, đơn vị lọc máu còn phát sinh nước thải từ quá trình vệ sinh và khử khuẩn hệ thống xử lý nước RO và máy chạy thận. Các hóa chất thường được sử dụng gồm sodium hypochlorite, peracetic acid, formaldehyde và ozone [15,16]. Tuy nhiên, hiện chưa có nghiên cứu đánh giá nồng độ tồn lưu của các hóa chất này trong nước thải sau sử dụng cũng như tác động của chúng đối với môi trường. Tương tự, mặc dù thuốc cản quang iod được xem là chất ô nhiễm mới nổi trong nước thải bệnh viện, hiện chưa có bằng chứng trực tiếp về sự hiện diện của chúng trong dịch thải chạy thận [17].

4. DIỄN GIẢI Ý NGHĨA CỦA CÁC THÔNG SỐ MÔI TRƯỜNG

Bảng 1 tóm tắt các thông số môi trường của hai dòng nước thải phát sinh trong quá trình lọc máu (dịch lọc đã qua sử dụng và nước thải cô đặc RO) và đối chiếu với giới hạn quy định trong QCVN 14:2025/BTNMT [12]. Dịch lọc đã qua sử dụng có sự biến thiên nồng độ giữa các nghiên cứu; một số thông số như BOD_5, COD, TOC, amoni (NH_4^+-N), tổng nitơ (TN) và trong một số trường hợp tổng phospho (TP) có thể vượt giới hạn quy định [4,5,18]. Trong khi đó, các dữ liệu hiện có của nước thải cô đặc RO cho thấy pH, amoni và tổng coliform đều nằm trong giới hạn cho phép [14,19-22], mặc dù số liệu về nhiều chỉ tiêu khác còn hạn chế. Các số liệu định lượng chi tiết được trình bày trong Phụ lục 2.

Bảng 1. Đặc điểm các thông số môi trường của dịch lọc đã qua sử dụng và nước thải cô đặc RO theo các nghiên cứu đã công bố, đối chiếu với QCVN 14:2025/BTNMT

Thông số	Đơn vị	Dịch lọc đã qua sử dụng	Nước thải cô đặc RO	Giới hạn QCVN 14:2025/BTNMT (A–C) [12]
pH	–	6,7–7,93 [4-6,18]	7,0–8,12 [14,19,21,22]	5–9
BOD_5	mg/L	8,13–1512 [5,6,18]	Chưa có số liệu	≤30–40
COD	mg/L	16,1–2457,2 [4-6]	Chưa có số liệu	≤80–100
TOC*	mg/L	772,08 [5]	Chưa có số liệu	≤40–50
TSS	mg/L	26,5 [5]	Chưa có số liệu	≤50–70
Amoni (NH_4^+-N)	mg/L	0,2–90 [6,7,18]	<0,05 [14, 22]	≤6–10
Tổng nitơ (TN)	mg/L	126,7–143 [4-6]	Chưa có số liệu	≤25–40
Tổng phospho (TP)	mg/L	3,05 [5]	Chưa có số liệu	Hồ: ≤2–3; Nguồn khác: ≤4–10
Tổng Coliform	MPN/100 mL	Không phát hiện [5]	0 [19]	≤3.000–5.000

https://doi.org/10.32895/hcjm.m.2026.12.04

Việc diễn giải các kết quả cần đặt trong bối cảnh đặc điểm thành phần của từng dòng nước thải [9,10]. Các thông số vượt ngưỡng ở dịch lọc đã qua sử dụng chủ yếu phản ánh sự hiện diện của các điện giải, chất dinh dưỡng và các sản phẩm chuyển hóa được loại bỏ trong quá trình lọc máu [3,4,9], hơn là các chất ô nhiễm công nghiệp đặc hiệu. Trong đó, nitơ và phospho là các chất dinh dưỡng có thể góp phần gây phú dưỡng nguồn tiếp nhận nếu phát thải với tải lượng lớn, đồng thời cũng được xem là nguồn tài nguyên có tiềm năng thu hồi trong các mô hình kinh tế tuần hoàn [8,9,18]. Tương tự, COD, BOD_5 và TOC chủ yếu phản ánh các hợp chất hữu cơ có nguồn gốc sinh học [3], trong khi tải lượng vi sinh nhìn chung thấp; và một số nghiên cứu không phát hiện coliform trong điều kiện vận hành tiêu chuẩn [4,6,10,19,21]. Đối với HCV, một nghiên cứu không phát hiện HCV RNA trong dịch lọc đã qua sử dụng; tuy nhiên, bằng chứng này còn hạn chế và chưa đủ để loại trừ hoàn toàn nguy cơ lây truyền [11].

5. HÀM Ý ĐỐI VỚI BỐI CẢNH VIỆT NAM VÀ HẠN CHẾ CỦA TỔNG QUAN

Các bằng chứng hiện có cho thấy việc quản lý nước thải chạy thận cần dựa trên đặc điểm của từng dòng nước thải thay vì chỉ dựa trên nguồn phát sinh [9,21,22]. Trong bối cảnh Việt Nam, kết quả tổng quan gợi ý rằng dịch lọc đã qua sử dụng cần được xử lý nhằm giảm tải lượng chất dinh dưỡng và chất hữu cơ trước khi xả thải, trong khi nước thải cô đặc RO có tiềm năng tái sử dụng cho các mục đích không tiếp xúc trực tiếp với con người sau khi được đánh giá và xử lý phù hợp [19,21]. Đồng thời, cần có thêm các nghiên cứu trong nước để đánh giá thành phần nước thải, các chất ô nhiễm mới nổi và tính khả thi của các mô hình tái sử dụng.

Tổng quan này có một số hạn chế. Thứ nhất, đây là tổng quan tường thuật nên chưa đánh giá nguy cơ sai lệch của từng nghiên cứu. Thứ hai, các nghiên cứu được tổng hợp có sự khác biệt về thiết kế, phương pháp phân tích và chỉ tiêu đánh giá. Cuối cùng, phần lớn bằng chứng được thực hiện ngoài Việt Nam, trong khi dữ liệu trong nước còn hạn chế, do đó cần có thêm các nghiên cứu phù hợp với điều kiện thực tế để hỗ trợ xây dựng các khuyến cáo và chính sách quản lý.

6. KẾT LUẬN

Nước thải phát sinh trong hoạt động chạy thận nhân tạo bao gồm hai dòng chính là dịch lọc đã qua sử dụng và nước thải cô đặc RO, với đặc điểm thành phần và ý nghĩa môi trường khác nhau. Dịch lọc đã qua sử dụng chủ yếu chứa các điện giải, chất dinh dưỡng và sản phẩm chuyển hóa hòa tan, trong khi nước thải cô đặc RO có thành phần gần với nước nguồn sau quá trình cô đặc. Mặc dù một số thông số của dịch lọc đã qua sử dụng có thể vượt giới hạn quy định, các bằng chứng hiện có cho thấy điều này chủ yếu phản ánh đặc điểm thành phần của dòng nước thải hơn là sự hiện diện của các chất ô nhiễm độc hại đặc hiệu. Việc quản lý, xử lý và tái sử dụng nước thải chạy thận cần được xem xét trên cơ sở đặc điểm của từng dòng nước thải, đồng thời cần có thêm các nghiên cứu trong nước nhằm hoàn thiện cơ sở khoa học cho công tác quản lý môi trường.

Nguồn tài trợ

Tổng quan này không nhận tài trợ.

Xung đột lợi ích

Không có xung đột lợi ích tiềm ẩn nào liên quan đến bài viết này được báo cáo.

ORCID

Nguyễn Minh Tuấn
https://orcid.org/0009-0002-0686-9236
Khưu Hoàng Việt
https://orcid.org/0000-0002-2919-1897

Đóng góp của các tác giả

Ý tưởng nghiên cứu: Nguyễn Minh Tuấn
Viết bản thảo đầu tiên: Khưu Hoàng Việt
Góp ý bản thảo và đồng ý cho đăng bài: Nguyễn Minh Tuấn

Cung cấp dữ liệu và thông tin nghiên cứu

Tác giả liên hệ sẽ cung cấp dữ liệu nếu có yêu cầu từ Ban biên tập.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Rydzewska-Rosolowska A, Glowinska I, Kakareko K, Pietruczuk A, Hryszko T. How low can we go with the dialysate flow? A retrospective study on the safety and adequacy of a water-saving dialysis prescription. Clin Kidney J. 2024;17(8):sfae238.
2. Bộ Tài nguyên và Môi trường. QCVN 28:2010/BTNMT: Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nước thải y tế. Hà Nội: Bộ Tài nguyên và Môi trường; 2010.
3. Daugirdas JT, Blake PG, Ing TS. Handbook of dialysis. 6th ed. Philadelphia, PA: Wolters Kluwer; 2025.
4. Ben Hmida M, Mechichi T, Piccoli GB, Ksibi M. Water implications in dialysis therapy, threats and opportunities to reduce water consumption: a call for the planet. Kidney Int. 2023;104(1):46-52.
5. González-Nava VJ, Cárdenas Mijangos J, Frausto-Castillo RF, Bustos Bustos E. Hemodialysis Wastewater Treatment via Electrocoagulation and Electro-Oxidation: Modular Pilot-Level Modeling and Simulation. ChemPlusChem. 2024;89(6):e202300671.
6. Machado CK, Pinto LH, Del Ciampo LF, Lorenzi L, Correia CH, Häder DP, et al. Potential environmental toxicity from hemodialysis effluent. Ecotoxicol Environ Saf. 2014;102:42-7.
7. Kim C, Lee C, Kim SW, Kim CS, Kim IS. Performance evaluation and fouling propensity of forward osmosis (FO) membrane for reuse of spent dialysate. Membranes (Basel). 2020;10(12):438.
8. Nguyen DA, Jeon Y, Nguyen KAT, Jang A. Sustainable urea treatment by environmental-friendly and highly hydrophilic vesicle-like iron phosphate-based carbon. Chemosphere. 2024;365:143351.
9. Tarrass F, Benjelloun M. Unlocking the circular economy potential of spent dialysate in hemodialysis. Nefrologia (Engl Ed). 2026;46(2):501431.
10. Rathore SS, Nirja K, Choudhary S, Jeswani G. Green Dialysis From the Indian Perspective: A Systematic Review. Cureus. 2024;16(6):e62876.
11. Noiri E, Nakao A, Oya A, Fujita T, Kimura S. Hepatitis C virus in blood and dialysate in hemodialysis. Am J Kidney Dis. 2001;37(1):38-42.
12. Bộ Tài nguyên và Môi trường. QCVN 14:2025/BTNMT: Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nước thải sinh hoạt và nước thải đô thị, khu dân cư tập trung. Hà Nội: Bộ Tài nguyên và Môi trường; 2025.
13. World Health Organization. Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first addendum. Geneva: World Health Organization; 2017.
14. Abarkan A, Grimi N, Métayer H, Sqalli Houssaïni T, Legallais C. Electrodialysis can lower the environmental impact of hemodialysis. Membranes (Basel). 2022;12(1):45.
15. Coulliette AD, Arduino MJ. Hemodialysis and water quality. Semin Dial. 2013;26(4):427-38.
16. Selection and use of machine, dialyzer and dialysis fluid for maintenance hemodialysis. Indian J Nephrol. 2020;30(Suppl 1):S9-S17.
17. Yan H, Zhang T, Yang Y, Li J, Liu Y, Qu D, et al. Occurrence of iodinated contrast media (ICM) in water environments and their control strategies with a particular focus on iodinated by-products formation: a comprehensive review. J Environ Manage. 2024;351:119931.
18. Tarrass F, Benjelloun H, Benjelloun M. Nitrogen and phosphorus recovery from hemodialysis wastewater to use as an agricultural fertilizer. Nefrologia. 2023;43(S1):32-37.
19. Agar JW, Simmonds RE, Knight R, Somerville CA. Using water wisely: New, affordable, and essential water conservation practices for facility and home hemodialysis. Hemodial Int. 2009;13(1):32-7.
20. Abraham R, Goldfarb DS, Goldfarb D. Perspectives on water utilization in hemodialysis: nephrologists' responsibilities. Blood Purif. 2025;54(7):447-54.
21. Chang E, Lim JA, Low CL, Kassim A. Reuse of dialysis reverse osmosis reject water for aquaponics and horticulture. J Nephrol. 2021;34(1):97-104.
22. Ponson L, Arkouche W, Laville M. Toward green dialysis: focus on water savings. Hemodial Int. 2014;18(1):7-14.

https://doi.org/10.32895/hcjm.m.2026.12.04