



## ► CONTRIBUCIÓN ESPECIAL

### LAS ALTERACIONES HEMODINÁMICAS EN PACIENTES CON ENFERMEDAD RENAL CRÓNICA TERMINAL SOMETIDOS A HEMODIÁLISIS

### Hemodynamic Alterations in Patients with End-Stage Chronic Kidney Disease Undergoing Hemodialysis

Príncipe Pompa José Alberto<sup>1,a</sup>; Ramírez Chavarry Santos Moisés<sup>1,a</sup>; Rosas Alegre José Antonio<sup>1,a</sup>

DOI

<https://doi.org/10.57188/ricsa.2025.034>

#### RESUMEN

La enfermedad renal crónica terminal produce alteraciones significativas en el sistema cardiovascular, especialmente en pacientes sometidos a hemodiálisis. Aunque este procedimiento es esencial para depurar toxinas y regular el volumen corporal, induce cambios hemodinámicos relevantes que afectan la presión arterial y el gasto cardíaco. La complicación más frecuente es la hipotensión intradiálisis, la cual puede presentarse en múltiples sesiones y ocasionar mareos, hipoperfusión de órganos vitales y deterioro clínico progresivo. Esta revisión tuvo como objetivo describir los principales cambios hemodinámicos asociados a la hemodiálisis, explicar los mecanismos fisiopatológicos implicados y analizar los factores que comprometen la estabilidad durante el tratamiento. Asimismo, se examinaron intervenciones que podrían mejorar la tolerancia del paciente, destacando el ajuste gradual del peso seco, el uso de soluciones dializantes frías, la evaluación nutricional y, en casos seleccionados, técnicas como la hemodiafiltración. Individualizar la terapia según las condiciones de cada paciente permite reducir riesgos y optimizar la calidad de vida.

**Palabras clave:** Enfermedad renal en etapa terminal; hemodiálisis; hipotensión; hemodinámica; enfermedades cardiovasculares (**Fuente:** DeCS-BIREME)

#### ABSTRACT

End-stage chronic kidney disease causes significant alterations in the cardiovascular system, particularly in patients undergoing hemodialysis. Although this procedure is essential for removing toxins and regulating body fluid volume, it induces important hemodynamic changes that affect blood pressure and cardiac output. The most common complication is intradialytic hypotension, which may occur in multiple sessions and lead to dizziness, hypoperfusion of vital organs, and progressive clinical deterioration. This review aimed to describe the main hemodynamic changes associated with hemodialysis, explain the underlying pathophysiological mechanisms, and analyze the factors that compromise stability during treatment. It also examined interventions that may improve patient tolerance, including gradual adjustment of dry weight, the use of cooler dialysate solutions, nutritional assessment, and—in selected cases—techniques such as hemodiafiltration. Individualizing therapy according to each patient's condition can reduce risks and optimize quality of life.

**Keywords:** End-Stage Renal Disease; Hemodialysis; Hypotension; Hemodynamics; Cardiovascular Diseases (**Source:** DeCS-BIREME)

#### FILIACIÓN

1. Escuela Profesional de Medicina Humana, Universidad Nacional del Santa, Ancash, Perú.

a. Estudiantes de medicina.

#### ORCID

- |                          |   |
|--------------------------|---|
| 1. J. A. Príncipe-Pompa. | <a href="https://orcid.org/0009-0000-5937-3221">https://orcid.org/0009-0000-5937-3221</a> |
| 2. R. C. Santos-Moisés.  | <a href="https://orcid.org/0009-0004-6367-7200">https://orcid.org/0009-0004-6367-7200</a> |
| 3. J.A. Rosas-Alegre.    | <a href="https://orcid.org/0009-0008-1233-4258">https://orcid.org/0009-0008-1233-4258</a> |



#### CORRESPONDENCIA

Rosas Alegre José Antonio  
0202324053@uns.edu.pe

**Conflictos de interés:** Los autores declaran no tener conflicto de interes que revelar.

**Financiamiento:** Autofinanciado.

**Declaración de autoría:** Los autores participaron en conceptualización y diseño de la metodología, analizó los datos, redactó el borrador inicial, redactó y revisó la versión final.



RICSA publica sus contenidos bajo licencia CC BY 4.0

ISSN: 3028-9505 (electrónico); 3028-9491 (impreso)

DOI: 10.57188/ricsa, Universidad Nacional de Tumbes, Av. universitaria S/N Tumbes, Perú.

Contacto: revistaallikay@untumbes.edu.pe

## ► INTRODUCCIÓN

La enfermedad renal crónica terminal (ERCT) es la etapa más avanzada de la insuficiencia renal, donde la tasa de filtración glomerular (TFG) cae por debajo de los 15 ml/min/1.73 m<sup>2</sup>, lo que impide que los riñones mantengan el equilibrio interno del organismo <sup>(1)</sup>. En esta situación, es imprescindible recurrir a terapias sustitutivas como la hemodiálisis (HD) para eliminar desechos, regular los electrolitos y controlar el volumen corporal <sup>(2)</sup>.

Si bien la HD es el tratamiento más utilizado a nivel mundial en estos pacientes, no está exenta de complicaciones. Una de las más comunes y peligrosas es la inestabilidad hemodinámica durante las sesiones, que suele manifestarse como hipotensión arterial, arritmias y disminución del gasto cardíaco <sup>(3)</sup>. Se calcula que entre el 20 % y el 30 % de las sesiones presentan estos eventos, lo cual incrementa el riesgo de hospitalización, lesiones isquémicas en órganos y mortalidad cardiovascular <sup>(3)</sup>.

Desde el punto de vista fisiopatológico, estas alteraciones se deben en gran parte a la rápida eliminación de líquidos mediante ultrafiltración, lo que disminuye el volumen intravascular y desencadena respuestas compensatorias como la activación del sistema nervioso simpático y cambios en la vasoreactividad periférica <sup>(4)</sup>. Sin embargo, en pacientes con daño estructural cardíaco, como hipertrofia ventricular izquierda o disfunción diastólica, estas respuestas pueden ser insuficientes.

Además, existen factores que aumentan la susceptibilidad a estas complicaciones, como las fistulas arteriovenosas de alto flujo, la hipoalbuminemia, la rigidez arterial, el uso inadecuado de soluciones de dializado y la presencia de comorbilidades como la diabetes mellitus o la cardiopatía isquémica <sup>(5)</sup>. Todo esto perpetúa un círculo vicioso de hipoperfusión, daño tisular recurrente e inflamación crónica, lo que a su vez contribuye a disfunción cognitiva, stunning miocárdico, deterioro hepático y avance de la enfermedad cardiovascular <sup>(5)</sup>.

Por ello, resulta fundamental comprender a fondo los mecanismos cardiovasculares involucrados en la inestabilidad hemodinámica durante la HD, para poder identificar factores de riesgo, anticipar complicaciones y aplicar estrategias preventivas y terapéuticas más efectivas. Este análisis

busca integrar los hallazgos más relevantes de la literatura actual sobre este tema, con un enfoque clínico y fisiopatológico.

## ► ERCT CONLLEVA ALTERACIONES ESTRUCTURALES Y FUNCIONALES

La ERCT conlleva alteraciones estructurales y funcionales que afectan profundamente el sistema cardiovascular. Incluso antes del inicio de la terapia sustitutiva, los pacientes presentan hipertrofia ventricular izquierda, rigidez arterial, disfunción endotelial, sobrecarga de volumen y activación crónica del sistema simpático y del eje renina-angiotensina-aldosterona, lo que deteriora la capacidad del sistema hemodinámico para adaptarse a las variaciones de volumen y presión inducidas por la HD <sup>(6)</sup>. Esta situación se agrava al someter al paciente a sesiones repetidas de HD, donde se extraen grandes volúmenes de líquido en períodos cortos de tiempo, provocando una reducción súbita del volumen plasmático efectivo, disminución del gasto cardíaco (GC) y caída de la presión arterial media <sup>(7)</sup>.

En condiciones fisiológicas, el cuerpo responde a estos cambios mediante reflejos barorreceptores, activación simpática y vasoconstricción periférica. Sin embargo, en los pacientes con ERCT, estos mecanismos suelen estar alterados por la neuropatía autonómica, la inflamación sistémica o la disfunción microvascular, por lo que la compensación es limitada y se produce una inestabilidad hemodinámica significativa <sup>(7)</sup>. La HD afecta directamente al GC, el cual puede disminuir hasta un 25 %, especialmente al inicio de la sesión, cuando la precarga cae de manera abrupta. Esto tiene consecuencias sobre la perfusión de órganos vitales, especialmente en pacientes con disfunción cardíaca previa, rigidez ventricular o miocardiopatía urémica <sup>(5)</sup>.

Uno de los fenómenos más relevantes en este contexto es la hipotensión intradiálisis (HID), definida como una caída  $\geq 20$  mmHg en la presión sistólica o  $\geq 10$  mmHg en la presión media, con síntomas asociados como náuseas, cálambres, visión borrosa o síncope. Esta complicación afecta entre el 20 % y el 30 % de las sesiones y se ha asociado con hipoperfusión miocárdica, stunning cardíaco, isquemia intestinal e incluso deterioro neurológico progresivo <sup>(3)</sup>. En el corazón, la caída de la presión de perfusión compromete la circulación coronaria, favoreciendo episodios de isquemia silente. Simultáneamente, la disminución del flujo me-

sentérico puede inducir daño intestinal con translocación de endotoxinas, generando una respuesta inflamatoria sistémica que agrava la disfunción cardiovascular<sup>(8)</sup>.

Por otra parte, la hemodiálisis induce alteraciones en la frecuencia cardíaca (FC) como respuesta a la hipotensión. En sujetos sanos, la taquicardia compensatoria es mediada por los barorreceptores, pero en los pacientes con ERCT la respuesta se encuentra atenuada, especialmente en aquellos pacientes con diabetes o neuropatía autonómica, se ha descrito una menor variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC), la cual se correlaciona con un peor pronóstico y mayor riesgo de muerte súbita<sup>(5)</sup>. Además, los cambios abruptos en los niveles séricos de potasio, calcio y magnesio durante la sesión pueden inducir arritmias potencialmente letales, particularmente en pacientes con fibrosis miocárdica o alteraciones previas del nodo sinusal.

A largo plazo, la exposición repetitiva a este tipo de estrés hemodinámico favorece el desarrollo de remodelado cardíaco, caracterizado por hipertrofia ventricular izquierda, fibrosis miocárdica, rigidez ventricular y dilatación de cavidades<sup>(9)</sup>. La resonancia magnética cardíaca ha evidenciado fibrosis intersticial en más del 50 % de los pacientes en HD crónica, asociándose con deterioro progresivo de la fracción de eyección y disfunción diastólica<sup>(4)</sup>. Estas alteraciones aumentan la susceptibilidad a arritmias ventriculares y empeoran la tolerancia al tratamiento sustitutivo. Factores como la sobrecarga de volumen, la anemia crónica, la inflamación persistente y la existencia de una fistula arteriovenosa (FAV) de alto flujo contribuyen a este proceso, al aumentar el retorno venoso y el estado de alto gasto cardíaco<sup>(10)</sup>.

La aparición de inestabilidad hemodinámica no solo depende de la disfunción cardiovascular previa, sino también de factores técnicos del procedimiento dialítico. Entre ellos, destaca la tasa de ultrafiltración (UFR): valores superiores a 13 mL/kg/h se han asociado con mayor incidencia de HID, mortalidad y hospitalizaciones recurrentes<sup>(11)</sup>. Asimismo, la composición del dializado desempeña un papel relevante. Soluciones con bajo contenido de sodio pueden promover la salida de agua desde el compartimento vascular hacia el intersticial, favoreciendo la hipotensión, mientras que una osmolaridad demasiado elevada induce sed, hipervolemia interdialítica y aumento del estrés cardiovascular. El uso de dializados a temperatura elevada también puede causar

vasodilatación periférica y exacerbar la caída de la presión arterial, por lo que se ha propuesto el empleo de soluciones "frías" (35,5 °C), que inducen vasoconstricción compensatoria y mejoran la tolerancia hemodinámica<sup>(12)</sup>.

El estado nutricional del paciente también es un determinante importante. La hipoalbuminemia, frecuente en pacientes en HD, no solo refleja un mal estado general, sino que disminuye la presión oncótica plasmática, dificultando el retorno del líquido desde el intersticio hacia el compartimento vascular durante la ultrafiltración. Esto favorece los episodios de HID, en especial cuando la albúmina sérica se encuentra por debajo de 3,5 g/dL<sup>(13)</sup>. Además, un bajo nivel proteico-calórico se asocia con menor masa muscular y menor capacidad para enfrentar el estrés fisiológico impuesto por la diálisis.

Frente a estos desafíos, se han desarrollado diversas estrategias para mejorar la tolerancia hemodinámica en la HD. Entre ellas, se incluyen el uso de monitoreo mediante bioimpedancia para determinar con precisión el "peso seco" óptimo, la programación de perfiles progresivos de ultrafiltración, la individualización del contenido de sodio en el dializado y la utilización de soluciones frías<sup>(14)</sup>. Asimismo, los equipos modernos integran sistemas de monitoreo continuo y retroalimentación biointeligente, los cuales permiten ajustar dinámicamente los parámetros del tratamiento en función de la respuesta del paciente<sup>(3)</sup>.

La hemodiafiltración (HDF), como modalidad alternativa, ha mostrado ventajas adicionales. Al combinar mecanismos de difusión y convección, permite una remoción más eficiente y progresiva de moléculas de mediano peso, lo cual se ha relacionado con una mayor estabilidad cardiovascular, mejor depuración de toxinas urémicas y menor incidencia de complicaciones hemodinámicas<sup>(15)</sup>. Diversos estudios han demostrado que, al alcanzar altos volúmenes convectivos, la HDF puede reducir significativamente la mortalidad por todas las causas y mejorar la calidad de vida de los pacientes con ERCT.

## ► CONCLUSIONES

La hemodiálisis es un tratamiento muy importante para los pacientes que tienen enfermedad renal crónica terminal, pero también puede traer complicaciones, especialmente en el sistema cardiovascular. Una de las más frecuentes es la hipotensión durante las sesiones, que no solo provoca

molestias, sino que también puede afectar órganos importantes como el corazón, el cerebro y el intestino.

Estas alteraciones suceden porque muchos pacientes ya tienen problemas cardíacos previos, como rigidez del corazón o dificultad para adaptarse a los cambios de volumen. Además, factores como la cantidad de líquido que se extrae, la temperatura del dializado o el bajo nivel de proteínas en la sangre pueden empeorar estas situaciones.

Para evitar complicaciones, es importante que cada paciente reciba una atención individualizada. Existen métodos para mejorar la tolerancia a la diálisis, como ajustar el volumen de ultrafiltración, usar soluciones más frías o monitorear de forma continua la presión y otros parámetros. También se ha visto que técnicas como la hemodiafiltración pueden ofrecer mejores resultados en algunos casos.

## ► REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Daugirdas JT. Dialysis hypotension: A hemodynamic imbalance? *Am J Kidney Dis.* 2021;77(2):183-5. doi:10.1053/j.ajkd.2020.10.013
2. Kanbay M, Ertuglu LA, Afsar B, Ozdogan E, Siriopol D, Covic A,. An update review of intradialytic hypotension: Concept, risk factors, clinical implications and management. *Clin Kidney J.* 2020;13(6):981-93. doi:10.1093/ckj/sfaa167
3. Flythe JE, Assimon MM, Overgaard-Steensen C, Wong MMY,. Blood pressure and volume management in dialysis: Conclusions from a KDIGO Controversies Conference. *Clin J Am Soc Nephrol.* 2020;15(3):398-408. doi:10.2215/CJN.09780819
4. Zoccali C, Mallamaci F, Tripepi G, Benedetto FA,. Left ventricular hypertrophy, cardiac remodeling and asymmetric dimethylarginine in hemodialysis patients. *Clin J Am Soc Nephrol.* 2021;16(10):1555-64. doi:10.2215/CJN.02490221
5. Alkhouri M, Boobes K, Hatahet K, Raza F, Boobes Y. Complicaciones cardiacas de las fistulas arteriovenosas en pacientes con enfermedad renal terminal. *Nefrología.* 2015;35(3):234-45. doi:10.1016/j.nefro.2015.03.006
6. Coto Porras MI. Estratificación del riesgo cardiovascular en el paciente con enfermedad renal crónica en hemodiálisis [tesis]. San José (CR): Universidad de Costa Rica; 2024.
7. Timofte D, Tanasescu MD, Balan DG, Tulin A, et al. Management of acute intradialytic cardiovascular complications: Updated overview (Review). *Exp Ther Med.* 2021;21(3):282. doi:10.3892/etm.2021.9713
8. Righetti M, Ferrario M, Milani S. Hemodynamic monitoring during dialysis: Clinical implications. *Int J Artif Organs.* 2023;46(1):11-9. doi:10.1177/03913988221147363
9. Burton JO, Graham-Brown MPM, Patel AS, et al. Ischemic brain injury during hemodialysis. *Clin J Am Soc Nephrol.* 2021;16(7):1040-8. doi:10.2215/CJN.17771120
10. Basile C, Lomonte C. The complex relationship among arteriovenous access, heart, and circulation. *Semin Dial.* 2018;31(1):15-20. doi:10.1111/sdi.12653
11. Pereira-García M, Fernández-Prado R, Avelló-Escribano A, González-Parra E. Análisis de la ultrafiltración media por sesión en pacientes de una unidad de hemodiálisis. *Enferm Nefrol.* 2020;23(2):192-7. Disponible en: <https://revistaenfermerianefrologica.com>
12. Leal-Escobar G, Osuna-Padilla IA, Vásquez-Jiménez E, Cano-Escobar KB. Nutrición y diálisis peritoneal: Fundamentos y aspectos prácticos para la prescripción dietética. *Rev Med Inst Mex Seguro Soc.* 2021;59(4):330-8. Disponible en: <http://revistamedica.imss.gob.mx>
13. Kalantar-Zadeh K, Kopple JD, Block G, Humphreys MH. Association among SF-36 quality-of-life measures and nutrition, hospitalization, and mortality in hemodialysis. *J Am Soc Nephrol.* 2001;12(12):2797-806. Disponible en: <https://jasn.asnjournals.org>
14. Jin DC. Dialysis registries in the Republic of Korea: Historical perspective with a focus on end-stage kidney disease. *Kidney Res Clin Pract.* 2021;40(4):475-81. doi:10.23876/j.krcp.21.095
15. Wang AY,. Hemodiafiltration and cardiovascular outcomes: A meta-analysis of randomized trials. *Am J Kidney Dis.* 2024;83(2):123-34. doi:10.1053/j.ajkd.2023.06.017