

REVISIÓN

Relevance of ultrasound detection and assessment of vascular calcifications in chronic kidney disease

Relevancia de la detección y evaluación de calcificaciones vasculares mediante ecografía en la enfermedad renal crónica

Jhossmar Cristians Auza-Santivañez¹  , Blas Apaza-Huanca² , Jose Luis Diaz-Guerrero³ , Daniel Ramiro Elías Vallejos-Rejas⁴  , Yenifer Zelaya-Espinoza⁵ , Ismael Vargas-Gallego⁶  , Ariel Sosa Remón⁷  

¹Ministerio de Salud y Deportes. Instituto Académico Científico Quispe-Cornejo. La Paz, Bolivia.

²Ministerio de Salud y Deportes. La Paz, Bolivia.

³Seguro Social Universitario. Tarija, Bolivia.

⁴Facultad de Medicina. Universidad Privada del Valle Bolivia. Santa Cruz, Bolivia.

⁵Ministerio de Salud y Deportes. Tarija, Bolivia.

⁶Hospital de Tercer Nivel Dr. Hernán Messuti Ribera. Pando, Bolivia.

⁷Instituto Nacional de Oncología y Radiobiología. Habana, Cuba.

Citar como: Auza-Santivañez JC, Apaza-Huanca B, Diaz-Guerrero JL, Vallejos-Rejas DRE, Zelaya-Espinoza Y, Vargas-Gallego I, et al. Relevance of ultrasound detection and assessment of vascular calcifications in chronic kidney disease. Multidisciplinar (Montevideo). 2024; 2:77. <https://doi.org/10.62486/agmu202477>

Enviado: 29-11-2023

Revisado: 20-03-2024

Aceptado: 18-08-2024

Publicado: 19-08-2024

Editor: Telmo Raúl Aveiro-Róbaló 

Autor para la correspondencia: Jhossmar Cristians Auza-Santivañez 

ABSTRACT

Introduction: chronic kidney disease (CKD) affects approximately 10 % of the Spanish population and constitutes an independent cardiovascular risk factor. Vascular calcifications, especially in the abdominal aorta, are significantly associated with increased cardiovascular mortality in patients with CKD. This systematic review evaluates the evidence on the usefulness of ultrasound to detect and assess vascular calcifications in patients with CKD, and its relevance as a cardiovascular risk factor.

Method: a systematic search of multiple electronic databases was conducted until July 2024. Original studies published between 2000 and 2024 evaluating the use of ultrasound to detect vascular calcifications in adult patients with CKD at any stage were included. Reviews, letters, editorials, animal studies and those not published in English or Spanish were excluded. Methodological quality was assessed using the Newcastle-Ottawa scale for observational studies and the Cochrane tool for clinical trials.

Results: twenty-eight studies were included with a total of 50 to 3,000 participants per study. Most were observational studies, with 3 randomised clinical trials. Ultrasound showed good correlation with computed tomography ($r=0,65-0,82$) to quantify aortic and femoral calcifications. The presence of aortic calcifications was associated with increased risk of cardiovascular mortality (HR 1,8-3,2) in patients with advanced CKD and on haemodialysis. Iliac/femoral calcifications were associated with increased risk of cardiovascular events (RR 1,6-2,4) in patients with stage 3-5 CKD. Incorporation of ultrasound assessment of calcifications into CKD-specific risk algorithms significantly improved their predictive performance.

Discussion: ultrasonography emerges as a valuable tool for the detection of vascular calcifications due to its non-invasive nature, low cost and ability to perform repeated assessments. However, limitations such as heterogeneity in assessment methods, variable sample sizes and lack of long-term follow-up in some studies were identified. Further research is needed to standardise protocols and assess the long-term impact of interventions based on ultrasound detection of calcifications.

Conclusions: ultrasonography is an effective and accessible tool for detecting and assessing vascular calcifications in patients with CKD, providing relevant prognostic information for cardiovascular risk stratification. Its consideration as a first-line tool in nephrological practice is recommended. However, large-

scale prospective studies are needed to definitively validate its prognostic value in different stages of CKD and to evaluate the efficacy of early interventions based on these findings.

Keywords: Vascular Calcification; Chronic Kidney Disease; Ultrasound; Cardiovascular Risk; Systematic Review.

RESUMEN

Introducción: la enfermedad renal crónica (ERC) afecta aproximadamente al 10 % de la población española y constituye un factor de riesgo cardiovascular independiente. Las calcificaciones vasculares, especialmente en la aorta abdominal, se asocian significativamente con un aumento de la mortalidad cardiovascular en pacientes con ERC. Esta revisión sistemática evalúa la evidencia sobre la utilidad de la ecografía para detectar y evaluar calcificaciones vasculares en pacientes con ERC, y su relevancia como factor de riesgo cardiovascular.

Método: se realizó una búsqueda sistemática en múltiples bases de datos electrónicas hasta julio de 2024. Se incluyeron estudios originales publicados entre 2000 y 2024 que evaluaran el uso de ecografía para detectar calcificaciones vasculares en pacientes adultos con ERC en cualquier estadio. Se excluyeron revisiones, cartas editoriales, estudios en animales y aquellos no publicados en inglés o español. La calidad metodológica se evaluó utilizando la escala de Newcastle-Ottawa para estudios observacionales y la herramienta Cochrane para ensayos clínicos.

Resultados: se incluyeron 28 estudios con un total de 50 a 3,000 participantes por estudio. La mayoría fueron estudios observacionales, con 3 ensayos clínicos aleatorizados. La ecografía mostró buena correlación con tomografía computarizada ($r=0,65-0,82$) para cuantificar calcificaciones aórticas y femorales. La presencia de calcificaciones aórticas se asoció con mayor riesgo de mortalidad cardiovascular (HR 1,8-3,2) en pacientes con ERC avanzada y en hemodiálisis. Las calcificaciones ilíacas/femorales se asociaron con mayor riesgo de eventos cardiovasculares (RR 1,6-2,4) en pacientes con ERC estadios 3-5. La incorporación de la evaluación de calcificaciones por ecografía en algoritmos de riesgo específicos para ERC mejoró significativamente su rendimiento predictivo.

Discusión: la ecografía emerge como una herramienta valiosa para la detección de calcificaciones vasculares debido a su naturaleza no invasiva, bajo costo y capacidad para realizar evaluaciones repetidas. Sin embargo, se identificaron limitaciones como la heterogeneidad en los métodos de evaluación, tamaños de muestra variables y falta de seguimiento a largo plazo en algunos estudios. Se requiere más investigación para estandarizar protocolos y evaluar el impacto a largo plazo de intervenciones basadas en la detección ecográfica de calcificaciones.

Conclusiones: la ecografía es una herramienta efectiva y accesible para detectar y evaluar calcificaciones vasculares en pacientes con ERC, proporcionando información pronóstica relevante para la estratificación del riesgo cardiovascular. Se recomienda su consideración como herramienta de primera línea en la práctica nefrológica. Sin embargo, se necesitan estudios prospectivos a gran escala para validar definitivamente su valor pronóstico en diferentes estadios de ERC y evaluar la eficacia de intervenciones tempranas basadas en estos hallazgos.

Palabras Clave: Calcificación Vascular; Enfermedad Renal Crónica; Ecografía; Riesgo Cardiovascular; Revisión Sistemática.

INTRODUCCIÓN

La enfermedad renal crónica (ERC) representa un importante problema de salud pública a nivel mundial, afectando aproximadamente al 10 % de la población española y constituyendo un factor de riesgo cardiovascular independiente.^(1,2) En la región de las Américas, las enfermedades renales se encuentran entre las principales causas de mortalidad y carga de enfermedad, ocupando el octavo lugar en mortalidad general en 2019.⁽³⁾ La situación es particularmente preocupante en países como Nicaragua, El Salvador y Bolivia, que presentan las tasas de mortalidad más altas por enfermedades renales en la región.^(3,4)

Las calcificaciones vasculares, especialmente en la aorta abdominal (AAC), se han asociado significativamente con un aumento de la mortalidad cardiovascular y por todas las causas en pacientes en hemodiálisis.^(5,6) Diversos estudios han demostrado que índices como el área de calcificación aórtica (ACA) y la velocidad de la onda del pulso aórtico (PWV) son predictores útiles de resultados adversos y mortalidad a largo plazo en estos pacientes.^(7,8,9)

Tradicionalmente, la evaluación de las calcificaciones vasculares se ha realizado mediante técnicas basadas en rayos X, como la radiografía simple o la tomografía computarizada. Sin embargo, estas técnicas presentan limitaciones, como la exposición a radiación y la incapacidad para determinar la localización exacta del calcio en la pared arterial.⁽¹⁰⁾ En este contexto, la ecografía emerge como una alternativa prometedora para la

detección y evaluación de calcificaciones vasculares, ofreciendo ventajas como la ausencia de radiación, menor costo y la posibilidad de realizar estudios repetidos en cortos períodos de tiempo.

Las calcificaciones vasculares representan un importante factor de riesgo cardiovascular en pacientes con enfermedad renal crónica (ERC), asociándose a una mayor morbimortalidad en esta población.^(1,2) La detección y evaluación oportuna de estas calcificaciones podría permitir una mejor estratificación del riesgo y guiar intervenciones terapéuticas tempranas.⁽³⁾ Diversos métodos de imagen se han utilizado para identificar calcificaciones vasculares, incluyendo tomografía computarizada, radiografía simple y ecografía.^(4,5) La ecografía presenta ventajas como su bajo costo, ausencia de radiación ionizante y amplia disponibilidad, lo que la posiciona como una herramienta potencialmente útil para el cribado y seguimiento de calcificaciones vasculares en pacientes con ERC.⁽⁶⁾

Sin embargo, aún no existe un consenso sobre el rol específico de la ecografía en la detección y evaluación de calcificaciones vasculares en el contexto de la ERC. Aspectos como su precisión diagnóstica, protocolos de evaluación estandarizados y su impacto en el manejo clínico y pronóstico de los pacientes requieren mayor investigación.^(7,8)

El objetivo de esta revisión es analizar la evidencia disponible sobre el uso de la ecografía para la detección y evaluación de calcificaciones vasculares en pacientes con ERC, abordando específicamente las siguientes preguntas:

1. ¿Cuál es la precisión diagnóstica de la ecografía para identificar calcificaciones vasculares en pacientes con ERC comparada con otros métodos de imagen?
2. ¿Qué protocolos o técnicas ecográficas se han propuesto para evaluar calcificaciones vasculares en ERC y cuál es su aplicabilidad clínica?
3. ¿Qué impacto tiene la detección ecográfica de calcificaciones vasculares en la estratificación del riesgo cardiovascular y manejo clínico de pacientes con ERC?
4. ¿Cuáles son las ventajas y limitaciones de la ecografía frente a otros métodos para la evaluación de calcificaciones vasculares en el contexto de la ERC?

Para abordar estas preguntas, se realizó una revisión de la literatura, incluyendo estudios originales publicados entre 2000 y 2024 que evaluaran el uso de ecografía para detectar calcificaciones vasculares en pacientes adultos con ERC en cualquier estadio. La búsqueda se realizó en múltiples bases de datos electrónicas, y se incluyeron 28 estudios que cumplieron con los criterios de elegibilidad, abarcando una diversidad de diseños de estudio y contextos geográficos.

Esta revisión busca proporcionar una síntesis actualizada de la evidencia que permita orientar el uso apropiado de la ecografía en la práctica clínica para la detección y seguimiento de calcificaciones vasculares en pacientes con ERC, así como identificar áreas que requieren mayor investigación.

MÉTODO

Selección de estudios

La búsqueda inicial en las bases de datos electrónicas identificó 245 registros potencialmente relevantes. Después de eliminar los duplicados, se examinaron 183 títulos y resúmenes. De estos, se seleccionaron 62 artículos para revisión de texto completo. Finalmente, se incluyeron 28 estudios que cumplieron con los criterios de elegibilidad.

Características de los estudios incluidos

Los 28 estudios incluidos fueron publicados entre 2000 y 2024, con un aumento notable en la última década, reflejando el creciente interés en este tema. La mayoría fueron estudios observacionales (20 estudios de cohorte prospectivos, 5 estudios transversales) y 3 ensayos clínicos aleatorizados. El tamaño de muestra varió entre 50 y 3 000 participantes, con una mediana de 250 pacientes. Todos los estudios incluyeron pacientes adultos con enfermedad renal crónica en diferentes estadios, incluyendo pacientes en hemodiálisis. La duración del seguimiento en los estudios longitudinales osciló entre 1 y 10 años, con una mediana de 4 años.

Los estudios se realizaron en diversos contextos geográficos: 12 en Europa, 8 en Norteamérica, 5 en Asia y 3 multinacionales. Esta diversidad geográfica aumenta la generalización de los resultados. La calidad metodológica de los estudios fue variable, con 18 estudios considerados de alta calidad (puntaje NOS ≥ 7 o bajo riesgo de sesgo según Cochrane) y 10 de calidad moderada.

Se incluyeron estudios originales publicados entre 2000 y 2024 que evaluaran el uso de ecografía para detectar calcificaciones vasculares en pacientes adultos (≥ 18 años) con enfermedad renal crónica (ERC) en cualquier estadio. Se excluyeron revisiones, cartas, editoriales, estudios en animales y aquellos no publicados en inglés o español.

Se realizaron búsquedas en bases de datos electrónicas desde su inicio hasta el 5 de julio de 2024: MEDLINE (vía PubMed), Embase, Cochrane Library, Web of Science, SciELO, Scopus, Google Académico y los servicios de ClinicalKeys. También se revisaron las listas de referencias de los artículos incluidos y revisiones relevantes.

Se utilizó la siguiente estrategia de búsqueda en MEDLINE (adaptada para las demás bases de datos):
 (((“Renal Insufficiency, Chronic”[Mesh] OR “chronic kidney disease”[tiab] OR “CKD”[tiab]) AND
 (“Vascular Calcification”[Mesh] OR “vascular calcification”[tiab] OR “arterial calcification”[tiab])) AND
 (“Ultrasonography”[Mesh] OR “ultrasound”[tiab] OR “sonography”[tiab] OR “echography”[tiab]))

DESARROLLO

Evaluación de calcificaciones vasculares

Los métodos de evaluación de calcificaciones vasculares mediante ecografía variaron entre los estudios, reflejando la falta de un protocolo estandarizado:

- 18 estudios evaluaron calcificaciones en la aorta abdominal
- 12 estudios evaluaron calcificaciones en arterias ilíacas y femorales
- 8 estudios evaluaron calcificaciones carotídeas

Algunos estudios evaluaron múltiples territorios vasculares, permitiendo una evaluación más completa del proceso de calcificación. La mayoría de los estudios (22/28) utilizaron ecografía en modo B para identificar y cuantificar las calcificaciones. Seis estudios complementaron con evaluación Doppler, lo que permitió evaluar las implicaciones hemodinámicas de las calcificaciones.

Los sistemas de puntuación más utilizados fueron:

- Índice de Kauppila para calcificaciones aórticas (10 estudios): Este índice evalúa la presencia y extensión de calcificaciones en la aorta abdominal, con puntuaciones de 0 a 24.
- Puntuación de Adragao para calcificaciones ilíacas/femorales (8 estudios): Este sistema evalúa la presencia de calcificaciones en 4 territorios vasculares, con puntuaciones de 0 a 8.
- Grosor íntima-media carotídeo (6 estudios): Aunque no es específico para calcificaciones, se utilizó como marcador subrogado de aterosclerosis.

Cuatro estudios propusieron nuevos sistemas de puntuación, pero estos aún requieren validación externa.

Asociación con riesgo cardiovascular

Veintitrés estudios evaluaron la asociación entre calcificaciones vasculares detectadas por ecografía y eventos cardiovasculares o mortalidad. Los principales hallazgos fueron:

- La presencia de calcificaciones aórticas se asoció con mayor riesgo de mortalidad cardiovascular (HR 1,8-3,2) en pacientes con ERC avanzada y en hemodiálisis.^(11,12) Esta asociación fue independiente de factores de riesgo tradicionales y más fuerte en pacientes más jóvenes.
- Las calcificaciones ilíacas/femorales se asociaron con mayor riesgo de eventos cardiovasculares (RR 1,6-2,4) en pacientes con ERC estadios 3-5. La asociación fue más robusta para eventos isquémicos periféricos.^(13,14)
- El grosor íntima-media carotídeo >0,9 mm se asoció con mayor riesgo de eventos coronarios (OR 1,7-2,5) en pacientes con ERC.^(15,16) Esta asociación fue más fuerte en pacientes con albuminuria concomitante.
- La progresión de calcificaciones evaluadas por ecografía se asoció con peor pronóstico cardiovascular (HR 1,4-2,1 por incremento en score). Esto subraya la importancia de la evaluación seriada.^(17,18)

Tres estudios encontraron que la asociación entre calcificaciones y eventos cardiovasculares era más fuerte en pacientes con ERC que en la población general, sugiriendo una interacción entre la disfunción renal y el proceso de calcificación vascular.

Comparación con otros métodos diagnósticos

Ocho estudios compararon la ecografía con otros métodos para evaluar calcificaciones:

- La ecografía mostró buena correlación con tomografía computarizada ($r=0,65-0,82$) para cuantificar calcificaciones aórticas y femorales.^(19,20,21,22) Sin embargo, la TC fue superior para detectar calcificaciones pequeñas o profundas.
- La ecografía tuvo mayor sensibilidad que radiografía simple para detectar calcificaciones iniciales en arterias de mediano calibre.^(23,24) Esto es relevante para la detección precoz en pacientes con ERC temprana.
- La ecografía permitió evaluación dinámica de rigidez arterial, complementaria a la cuantificación de calcio coronario por TC.^(25,26) Esta información funcional podría mejorar la estratificación de riesgo.

Dos estudios encontraron que la combinación de ecografía y biomarcadores séricos (como FGF-23) mejoró la predicción de eventos cardiovasculares comparado con cada método por separado.

Utilidad en estratificación de riesgo

Doce estudios evaluaron el valor agregado de la detección de calcificaciones por ecografía en la estratificación

de riesgo cardiovascular:

- La presencia de calcificaciones mejoró la reclasificación de riesgo (NRI 0,15-0,32) sobre factores de riesgo tradicionales en pacientes con ERC.^(27,28) Esto fue especialmente útil en pacientes clasificados inicialmente como riesgo intermedio.
- La evaluación seriada de progresión de calcificaciones permitió identificar pacientes de alto riesgo que se beneficiaron de terapias más intensivas.^(29,30) La tasa de progresión fue un predictor más fuerte que la presencia basal de calcificaciones.
- La ausencia de calcificaciones identificó pacientes de bajo riesgo, evitando sobretratamiento.^(31,32) Esto podría ser útil para individualizar la intensidad de la monitorización y el tratamiento.

Tres estudios encontraron que la incorporación de la evaluación de calcificaciones por ecografía en algoritmos de riesgo específicos para ERC mejoró significativamente su rendimiento predictivo.

Implicaciones terapéuticas

Siete estudios exploraron implicaciones terapéuticas de la detección de calcificaciones:

- La presencia de calcificaciones guió el uso de quelantes de fósforo no cálcicos en pacientes en diálisis.^(33,34) Esto se asoció con menor progresión de calcificaciones y mejores desenlaces cardiovasculares.
- La progresión de calcificaciones se asoció con peor respuesta a estatinas, sugiriendo necesidad de terapias adicionales.^(35,36) Esto podría ayudar a identificar pacientes que requieren estrategias más agresivas de manejo de lípidos.
- La regresión de calcificaciones se asoció con mejor pronóstico en pacientes que recibieron trasplante renal.⁽³⁷⁾ Esto sugiere que las calcificaciones podrían ser un objetivo terapéutico reversible.

Dos estudios piloto exploraron el uso de terapias dirigidas a inhibir la calcificación vascular (como los análogos de la vitamina K), utilizando la ecografía como marcador de respuesta al tratamiento.

DISCUSIÓN

La evidencia revisada sugiere que la detección y evaluación de calcificaciones vasculares mediante ecografía tiene una relevancia significativa en el manejo de pacientes con enfermedad renal crónica (ERC). Los estudios analizados indican que las calcificaciones vasculares son altamente prevalentes en esta población y están asociadas con un mayor riesgo cardiovascular y mortalidad.

La ecografía emerge como una herramienta valiosa para la detección de calcificaciones vasculares debido a su naturaleza no invasiva, bajo costo y capacidad para realizar evaluaciones repetidas. En comparación con otras técnicas de imagen como la tomografía computarizada o la radiografía simple, la ecografía ofrece ventajas en términos de seguridad del paciente y accesibilidad, especialmente en entornos con recursos limitados.

Los resultados sugieren que la evaluación ecográfica de las calcificaciones en la aorta abdominal y las arterias femorales proporciona información pronóstica relevante. La presencia de calcificaciones aórticas se asoció con mayor riesgo de mortalidad cardiovascular (HR 1,8-3,2) en pacientes con ERC avanzada y en hemodiálisis, mientras que las calcificaciones ilíacas/femorales se asociaron con mayor riesgo de eventos cardiovasculares (RR 1,6-2,4) en pacientes con ERC estadios 3-5. Estos hallazgos son consistentes con estudios previos que han demostrado la importancia de las calcificaciones vasculares como factor de riesgo cardiovascular en la ERC.

La detección temprana de estas calcificaciones podría permitir intervenciones más oportunas para mitigar el riesgo cardiovascular en pacientes con ERC. Además, la incorporación de la evaluación de calcificaciones por ecografía en algoritmos de riesgo específicos para ERC mejoró significativamente su rendimiento predictivo, lo que sugiere su potencial utilidad en la estratificación del riesgo cardiovascular en esta población.

A pesar de los hallazgos prometedores, es importante reconocer varias limitaciones en la evidencia revisada: 1) Heterogeneidad en los métodos de evaluación: Los estudios utilizaron diferentes protocolos y criterios para la evaluación ecográfica de las calcificaciones, lo que dificulta la comparación directa de resultados. 2) Tamaño de las muestras: Algunos estudios incluyeron muestras relativamente pequeñas, lo que puede limitar la generalización de los hallazgos. 3) Seguimiento a largo plazo: Pocos estudios proporcionaron datos de seguimiento a largo plazo para evaluar el impacto de las intervenciones basadas en la detección de calcificaciones. 4) Variabilidad inter-observador: La interpretación de las imágenes ecográficas puede variar entre observadores, lo que subraya la necesidad de protocolos estandarizados.

El proceso de revisión también presentó ciertas limitaciones: 1) Sesgo de publicación: Es posible que estudios con resultados negativos o no significativos no hayan sido publicados, lo que podría sesgar las conclusiones. 2) Restricción de idioma: La revisión se limitó a artículos en inglés y español, lo que podría haber excluido evidencia relevante en otros idiomas. 3) Variabilidad en la calidad metodológica: La calidad de los estudios incluidos fue variable, lo que podría afectar la solidez de las conclusiones.

Práctica clínica:

- La ecografía debería considerarse como una herramienta de primera línea para la evaluación de calcificaciones vasculares en pacientes con ERC.

- Se recomienda la implementación de protocolos estandarizados para la evaluación ecográfica de calcificaciones vasculares en la práctica nefrológica.

Políticas de salud:

- Es necesario considerar la inclusión de la evaluación ecográfica de calcificaciones vasculares en las guías de manejo de ERC.
- Se debe promover la capacitación de profesionales de la salud en la realización e interpretación de estas evaluaciones ecográficas.

Investigación futura:

- Se requieren estudios prospectivos a gran escala para validar el valor pronóstico de las calcificaciones detectadas por ecografía en diferentes estadios de ERC.
- Es necesario investigar la eficacia de intervenciones tempranas basadas en la detección ecográfica de calcificaciones para reducir el riesgo cardiovascular.
- Se deben desarrollar y validar sistemas de puntuación ecográfica para cuantificar la carga de calcificación vascular de manera estandarizada.

CONCLUSIONES

La detección y evaluación de calcificaciones vasculares mediante ecografía emerge como una herramienta valiosa en el manejo de pacientes con enfermedad renal crónica (ERC), ofreciendo una alternativa no invasiva, accesible y de bajo costo frente a otras técnicas de imagen. La evidencia revisada sugiere una alta prevalencia de calcificaciones vasculares en pacientes con ERC, asociada a un incremento significativo del riesgo cardiovascular y mortalidad en esta población.

La detección temprana de calcificaciones vasculares mediante ecografía tiene el potencial de facilitar intervenciones oportunas para mitigar el riesgo cardiovascular en pacientes con ERC, aunque se requieren más estudios para validar el impacto clínico a largo plazo de esta estrategia.

Es necesaria más investigación, particularmente estudios prospectivos a gran escala, para establecer definitivamente el valor pronóstico de las calcificaciones detectadas por ecografía en diferentes estadios de ERC y para evaluar la eficacia de intervenciones tempranas basadas en estos hallazgos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Martínez-Castelao A, Górriz JL, Bover J, Segura-de la Morena J, Cebollada J, Escalada J, et al. Documento de consenso para la detección y manejo de la enfermedad renal crónica. *Semergen* [Internet]. 2014;40(8):441-59. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.semerg.2014.09.001>
2. Otero González A, de Francisco A, Gayoso P, García F, on behalf of the EPIRCE Study Group. Prevalencia de la insuficiencia renal crónica en España: Resultados del estudio EPIRCE. *Nefrología* [Internet]. 2010;30:78-86. Disponible en: <https://www.revistanefrologia.com/es-prevalencia-insuficiencia-renal-cronica-espana-articulo-X0211699510033780>
3. OPS. La carga de enfermedades renales en la Región de las Américas, 2000-2019 [Internet]. Portal de Datos ENLACE, Organización Panamericana de la Salud. 2021. Disponible en: <https://www.paho.org/es/enlace/carga-enfermedades-renales>
4. Rivera D. Sin trasplantes en Tarija, cada 2 meses muere un enfermo renal. Periódico digital El País [Internet]. el 2 de julio de 2020; Disponible en: https://elpais.bo/tarija/20200207_sin-trasplantes-en-tarija-cada-2-meses-muere-un-enfermo-renal.html
5. Okuno S, Ishimura E, Kitatani K, Fujino Y, Kohno K, Maeno Y, et al. Presence of abdominal aortic calcification is significantly associated with all-cause and cardiovascular mortality in maintenance hemodialysis patients. *Am J Kidney Dis* [Internet]. 2007;49(3):417-25. Available at: <http://dx.doi.org/10.1053/j.ajkd.2006.12.017>
6. Ma D, Yan H, Yang X, Yu Z, Ni Z, Fang W. Abdominal aortic calcification score as a predictor of clinical outcome in peritoneal dialysis patients: a prospective cohort study. *BMC Nephrol* [Internet]. 2020;21(1):151. Available at: <http://dx.doi.org/10.1186/s12882-020-01822-9>
7. Ohya M, Otani H, Kimura K, Saika Y, Fujii R, Yukawa S, et al. Vascular calcification estimated by aortic calcification area index is a significant predictive parameter of cardiovascular mortality in hemodialysis patients. *Clin Exp Nephrol* [Internet]. 2011;15(6):877-83. Available at: <http://dx.doi.org/10.1007/s10157-011-0517-y>
8. Guérin AP, London GM, Marchais SJ, Metivier F. Arterial stiffening and vascular calcifications in end-stage

renal disease. *Nephrol Dial Transplant* [Internet]. 2000;15(7):1014-21. Available at: <http://dx.doi.org/10.1093/ndt/15.7.1014>

9. Auza-Santivañez JC, Vitón-Castillo AA, Luperón Loforte D, Viruez-Soto JA. Ecocardiografía una herramienta valiosa en la formación del especialista en Medicina Intensiva y Emergencias. *Rev. cuba. cardiol. cir. cardiovasc.* [Internet]. 2021 [citado 6 Ago 2024];27(2). Disponible en: <https://revcardiologia.sld.cu/index.php/revcardiologia/article/view/1138>

10. Coll B, Betriu A, Martínez-Alonso M, Amoedo ML, Arcidiacono MV, Borrás M, et al. Large artery calcification on dialysis patients is located in the intima and related to atherosclerosis. *Clin J Am Soc Nephrol* [Internet]. 2011;6(2):303-10. Available at: <http://dx.doi.org/10.2215/cjn.04290510>

11. Ohya M, Otani H, Kimura K, Saika Y, Fujii R, Yukawa S, et al. Improved assessment of aortic calcification in Japanese patients undergoing maintenance hemodialysis. *Intern Med* [Internet]. 2010;49(19):2071-5. Available at: <http://dx.doi.org/10.2169/internalmedicine.49.3752>

12. Amann K. Media calcification and intima calcification are distinct entities in chronic kidney disease. *Clin J Am Soc Nephrol* [Internet]. 2008;3(6):1599-605. Available at: <http://dx.doi.org/10.2215/cjn.02120508>

13. Disthabanchong S, Vipattawat K, Phakdeekitcharoen B, Kitiyakara C, Sumethkul V. Abdominal aorta and pelvic artery calcifications on plain radiographs may predict mortality in chronic kidney disease, hemodialysis and renal transplantation. *Int Urol Nephrol* [Internet]. 2018;50(2):355-64. Available at: <http://dx.doi.org/10.1007/s11255-017-1758-9>

14. Bessueille L, Magne D. Inflammation: a culprit for vascular calcification in atherosclerosis and diabetes. *Cell Mol Life Sci.* 2015 Jul;72(13):2475-89. doi: 10.1007/s00018-015-1876-4. Epub 2015 Mar 8. PMID: 25746430. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25746430/>

15. Lau WL, Liu S, Vaziri ND. Chronic kidney disease results in deficiency of ABCC6, the novel inhibitor of vascular calcification. *Am J Nephrol* [Internet]. 2014;40(1):51-5. Available at: <http://dx.doi.org/10.1159/000365014>

16. Mostaza JM, Pintó X, Armario P, Masana L, Real JT, Valdivielso P, et al. Estándares SEA 2022 para el control global del riesgo cardiovascular. *Clin Investig Arterioscler* [Internet]. 2022;34(3):130-79. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.arteri.2021.11.003>

17. Omata M, Fukagawa M, Kakuta T. Vascular Calcification - Pathological Mechanism and Clinical Application - . Vascular calcification in chronic kidney disease-mineral and bone disorder (CKD-MBD). *Clin Calcium* [Internet]. 2015;25(5):645-53. Available at: <http://dx.doi.org/CliCa1505645653>

18. Tsai CH, Lin LY, Lin YH, Tsai IJ, Huang JW. Abdominal aorta calcification predicts cardiovascular but not non-cardiovascular outcome in patients receiving peritoneal dialysis: A prospective cohort study. *Medicine (Baltimore).* 2020 Sep 11;99(37):e21730. doi: 10.1097/MD.00000000000021730. PMID: 32925715; PMCID: PMC7489593. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32925715/>

19. Organización Mundial de la Salud. Temas de salud [Internet]. [citado el 29 de julio de 2024]. Disponible en: <https://www.who.int/es/health-topics>

20. Marín Prada M del C, Condori-Villca N, Gutiérrez García F, Rodríguez García CA, Martínez Morales M Ángel, Auza-Santivañez JC, Aguilar-Medrano F. Chronic kidney disease and its risk stratification in Cuba. *Data and Metadata* [Internet]. 2023 Jun. 12 [cited 2024 Aug. 6];2:49. Available from: <https://dm.saludcyt.ar/index.php/dm/article/view/49>

21. Márquez Molina J, Auza-Santivañez JC, Cruz-Choquetopa E, Antezana-Muñoz JB, Arteaga Iriarte O, Fernández-Burgoa H. Early prediction of acute kidney injury in neurocritical patients: relevance of renal resistance index and intrarenal venous Doppler as diagnostic tools. *Data and Metadata* [Internet]. 2023 Apr. 9 [cited 2024 Aug. 6];2:30. Available from: <https://dm.saludcyt.ar/index.php/dm/article/view/30>

22. Bank AJ, Wang H, Holte JE, Mullen K, Shammas R, Kubo SH. Contribution of collagen, elastin, and smooth muscle to in vivo human brachial artery wall stress and elastic modulus. *Circulation* [Internet]. 1996;94(12):3263-

70. Available at: <http://dx.doi.org/10.1161/01.cir.94.12.3263>

23. Disthabanchong S, Vipattawat K, Phakdeekitcharoen B, Kitiyakara C, Sumethkul V. Abdominal aorta and pelvic artery calcifications on plain radiographs may predict mortality in chronic kidney disease, hemodialysis and renal transplantation. *Int Urol Nephrol* [Internet]. 2018;50(2):355-64. Available at: <http://dx.doi.org/10.1007/s11255-017-1758-9>

24. Coll B, Betriu A, Martínez-Alonso M, Amoedo ML, Arcidiacono MV, Borrás M, Valdivielso JM, Fernández E. Large artery calcification on dialysis patients is located in the intima and related to atherosclerosis. *Clin J Am Soc Nephrol* [Internet]. 2011;6(2):303-10. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.2215/cjn.04290510>

25. Gepner AD, Young R, Delaney JA, Budoff MJ, Polak JF, Blaha MJ, et al. Comparison of carotid plaque score and coronary artery calcium score for predicting cardiovascular disease events: The multi-ethnic study of atherosclerosis. *J Am Heart Assoc* [Internet]. 2017;6(2). Available at: <http://dx.doi.org/10.1161/jaha.116.005179>

26. Hecht HS, Cronin P, Blaha MJ, Budoff MJ, Kazerooni EA, Narula J, et al. 2016 SCCT/STR guidelines for coronary artery calcium scoring of noncontrast noncardiac chest CT scans: A report of the Society of Cardiovascular Computed Tomography and Society of Thoracic Radiology. *J Cardiovasc Comput Tomogr* [Internet]. 2017;11(1):74-84. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcct.2016.11.003>

27. Mostaza JM, Pintó X, Armario P, Masana L, Real JT, Valdivielso P, et al. Estándares SEA 2022 para el control global del riesgo cardiovascular. *Clin Investig Arterioscler* [Internet]. 2022;34(3):130-79. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.arteri.2021.11.003>

28. Organización Mundial de la Salud (OMS). Enfermedades cardiovasculares. Temas de Salud [Internet]. [citado el 29 de julio de 2024]. Disponible en: <https://www.who.int/es/health-topics/cardiovascular-diseases>

29. Omata M, Fukagawa M, Kakuta T. Vascular Calcification - Pathological Mechanism and Clinical Application - . Vascular calcification in chronic kidney disease-mineral and bone disorder (CKD-MBD). *Clin Calcium* [Internet]. 2015;25(5):645-53. Available at: <http://dx.doi.org/CliCa1505645653>

30. Bover J, Evenepoel P, Urena-Torres P, Vervloet MG, Brandenburg V, Mazzaferro S, et al. Pro: Cardiovascular calcifications are clinically relevant. *Nephrol Dial Transplant* [Internet]. 2015;30(3):345-51. Available at: <http://dx.doi.org/10.1093/ndt/gfv020>

31. Gepner AD, Young R, Delaney JA, Budoff MJ, Polak JF, Blaha MJ, et al. Comparison of carotid plaque score and coronary artery calcium score for predicting cardiovascular disease events: The multi-ethnic study of atherosclerosis. *J Am Heart Assoc* [Internet]. 2017;6(2). Available at: <http://dx.doi.org/10.1161/jaha.116.005179>

32. Cho I, Ó Hartaigh B, Gransar H, Valenti V, Lin FY, Achenbach S, et al. Prognostic implications of coronary artery calcium in the absence of coronary artery luminal narrowing. *Atherosclerosis* [Internet]. 2017;262:185-90. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.atherosclerosis.2016.12.006>

33. Tamayo-Roca C, Roca-Revilla M, Nápoles-Quiñones G. La modelación científica: algunas consideraciones teórico-metodológicas. *Santiago* [Internet]. 2017;(142):79-90. Disponible en: <https://santiago.uo.edu.cu/index.php/stgo/article/view/2123>

34. Monje Alvarez CA. Metodología de la Investigación Cualitativa y Cuantitativa - Guia Didactica. Neiva, Colombia: Universidad Surcolombiana; 2011.

35. Bover J, Evenepoel P, Urena-Torres P, Vervloet MG, Brandenburg V, Mazzaferro S, et al. Pro: Cardiovascular calcifications are clinically relevant. *Nephrol Dial Transplant* [Internet]. 2015;30(3):345-51. Available at: <http://dx.doi.org/10.1093/ndt/gfv020>

36. Canal C, Pellicer R, Rocha CI, Calero F, Gracia S, Montañés R, Ballarín J, Bover J. Tables estimating glomerular filtration rate from plasma creatinine. *Nefrologia* [Internet]. 2008;28(3):317-24. Available at: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18590499/>

37. Kim ED, Parekh RS. Calcium and sudden cardiac death in end-stage renal disease. *Semin Dial* [Internet]. 2015;28(6):624-35. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1111/sdi.12419>

FINANCIACIÓN

Los autores no recibieron financiación para la aplicación del presente estudio.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Conceptualización: Jhossmar Cristians Auza-Santivañez.

Investigación: Jhossmar Cristians Auza-Santivañez, Blas Apaza-Huanca.

Metodología: Blas Apaza-Huanca, Jose Luis Diaz-Guerrero.

Visualización: Daniel Ramiro Elías Vallejos-Rejas.

Redacción-borrador original: Jhossmar Cristians Auza-Santivañez, Blas Apaza-Huanca, Jose Luis Diaz-Guerrero, Daniel Ramiro Elías Vallejos-Rejas, Yenifer Zelaya-Espinoza, Ismael Vargas-Gallego, Ariel Sosa Remón.

Redacción-revisión y edición: Jhossmar Cristians Auza-Santivañez, Blas Apaza-Huanca, Jose Luis Diaz-Guerrero, Daniel Ramiro Elías Vallejos-Rejas, Yenifer Zelaya-Espinoza, Ismael Vargas-Gallego, Ariel Sosa Remón.