

Monitorización remota de la enfermedad renal crónica

Marco Montomoli

Servicio de Nefrología. Hospital Clínico Universitario de Valencia. Valencia

NefroPlus 2025;17(1):118-121

© 2025 Sociedad Española de Nefrología. Servicios de edición de Elsevier España S.L.U.

INTRODUCCIÓN

La enfermedad renal crónica (ERC) constituye uno de los principales retos sanitarios del siglo XXI, tanto por su elevada prevalencia como por el impacto clínico y económico que supone para los pacientes y los sistemas de salud. Según estimaciones recientes, más de 850 millones de personas en todo el mundo padecen algún grado de ERC, lo que posiciona a esta patología como un problema de salud pública de dimensión global¹. Las causas más comunes incluyen enfermedades crónicas altamente prevalentes, como la diabetes mellitus tipo 2 y la hipertensión arterial, factores que han mostrado una fuerte asociación con el deterioro progresivo de la función renal. Esta tendencia se observa especialmente en países de ingresos medios y altos, donde el envejecimiento poblacional y el aumento del síndrome metabólico han contribuido al crecimiento sostenido de los casos diagnosticados.

En el contexto europeo, se calcula que hasta 100 millones de personas podrían estar afectadas por este cuadro clínico². Sin embargo, una proporción importante de estos casos permanece sin diagnóstico, lo que impide la implementación temprana de medidas preventivas y terapéuticas. Esta situación pone de manifiesto la necesidad urgente de mejorar las estrategias de cribado y detección precoz, no solo para evitar complicaciones cardiovasculares y renales, sino también para reducir el gasto sanitario derivado de intervenciones avanzadas como la diálisis o el trasplante.

TRANSFORMACIÓN DIGITAL EN EL MANEJO DE LA ENFERMEDAD RENAL CRÓNICA

Frente a este panorama, la incorporación de tecnologías digitales en el abordaje de la ERC se perfila como una estrategia transformadora, con capacidad para mejorar la eficacia clínica

y optimizar el uso de los recursos disponibles. El desarrollo de herramientas de monitorización remota, la integración de datos biomédicos en tiempo real y la posibilidad de adaptar los tratamientos en función del perfil individual del paciente abren la puerta a un modelo de atención más proactivo y personalizado^{3,4}.

Estas soluciones digitales permiten intervenir antes de que se produzcan descompensaciones, lo que favorece la prevención de eventos adversos y disminuye la dependencia de terapias sustitutivas. Además, la posibilidad de realizar un seguimiento continuo y a distancia resulta especialmente valioso para pacientes que viven en zonas rurales o con acceso limitado a especialistas, así como para aquellos con movilidad reducida. En conjunto, la digitalización del seguimiento de la ERC contribuye no solo a mejorar los resultados clínicos, sino también a reducir significativamente los costes asociados al tratamiento convencional de esta patología.

¿CÓMO FUNCIONA LA MONITORIZACIÓN REMOTA DE PACIENTES?

La monitorización remota de pacientes (RPM) se basa en la utilización de tecnologías digitales que permiten recopilar, transmitir y analizar datos clínicos desde el hogar del paciente. En el contexto de la enfermedad renal crónica, esta modalidad de seguimiento ofrece una oportunidad única para supervisar de manera continua variables fundamentales, como la presión arterial, la glucemia, el peso corporal y la saturación de oxígeno, sin necesidad de desplazamientos frecuentes al centro de salud.

Aunque la RPM no sustituye por completo a las consultas médicas presenciales, se ha consolidado como un complemento altamente eficaz, sobre todo en poblaciones con movilidad limitada o aquellas que residen en áreas geográficas con escaso acceso a especialistas. Su implementación favorece un enfoque de atención más ágil y centrado en el paciente, donde los datos clínicos se convierten en herramientas activas para la toma de decisiones compartidas.

Distintos estudios han demostrado que este tipo de seguimiento mejora la adherencia a los tratamientos y reduce la frecuencia de hospitalizaciones, además de fomentar la implicación activa

Correspondencia: Marco Montomoli

Servicio de Nefrología.

Hospital Clínico Universitario de Valencia.

Av. de Blasco Ibáñez, 17, El Pla del Real. 46010 València.

Revisión por expertos bajo la responsabilidad de la Sociedad Española de Nefrología.

del paciente en su autocuidado^{5,6}. La posibilidad de acceder a datos en tiempo real refuerza el vínculo entre el profesional sanitario y el paciente, permitiendo detectar signos de alarma antes de que se produzcan complicaciones mayores. Asimismo, esta estrategia contribuye a aliviar la carga sobre el sistema sanitario, al evitar ingresos innecesarios y optimizar la planificación de recursos.

DISPOSITIVOS DE DIAGNÓSTICO PORTÁTIL Y SU ROL EN LA MONITORIZACIÓN RÁPIDA DE LA FUNCIÓN RENAL

El desarrollo de dispositivos portátiles ha supuesto un avance notable en la capacidad para evaluar la función renal fuera del entorno hospitalario. Entre estos destacan analizadores como i-STAT® (Abbott), ABL® (Radiometer), StatSensor® (Nova Biomedical), epoc® (Siemens Healthineers) y Piccolo Xpress® (Abaxis), diseñados para ofrecer resultados rápidos y fiables a partir de muestras mínimas de sangre, ya sea capilar, venosa o arterial.

Estos instrumentos permiten la medición de parámetros clave, como la creatinina y el hematocrito, y calculan el filtrado glomerular estimado (FGe) mediante fórmulas validadas como MDRD y CKD-EPI. Una de sus ventajas más relevantes es su capacidad para generar resultados en menos de 1 minuto, lo cual resulta especialmente útil en contextos de atención ambulatoria, urgencias o situaciones donde el tiempo es un factor crítico, como la preparación de estudios con contraste intravenoso.

Diversas revisiones sistemáticas han puesto de relieve que los dispositivos i-STAT® y ABL® presentan mayor precisión diagnóstica que StatSensor®, particularmente en la identificación de pacientes con FGe inferior a 30 ml/min/1,73 m² ⁷. Este umbral es clínicamente significativo para valorar el riesgo de daño renal agudo inducido por medios de contraste. En cambio, los analizadores epoc® y Piccolo Xpress® han sido evaluados en menor medida, lo cual limita, por el momento, su aplicabilidad clínica generalizada.

Además de su utilidad diagnóstica, estos dispositivos permiten mejorar la eficiencia operativa en la atención sanitaria. Su uso combinado con cuestionarios de riesgo y pruebas confirmatorias de laboratorio ha demostrado ser una estrategia rentable para evitar retrasos innecesarios en procedimientos radiológicos, así como para optimizar el seguimiento en pacientes trasplantados renales, que requieren un control estricto y frecuente de su función renal⁸.

MEDICIÓN CONTINUA DE FILTRADO GLOMERULAR: MEDIBEACON® TGFR

Una innovación especialmente prometedora en este campo es el sistema MediBeacon® TGFR, aprobado por la *Food and Drug Administration* en 2025. A diferencia de los métodos tradicionales, este dispositivo permite medir la tasa de filtración glomerular de forma directa y en tiempo real, sin necesidad de análisis invasivos ni de recurrir a fórmulas estimativas basadas

en características demográficas. El sistema utiliza un sensor cutáneo combinado con el agente fluorescente Lumitrac®⁹, que se administra por vía intravenosa, y es capaz de ofrecer resultados precisos desde el domicilio del paciente⁹.

Su uso representa una mejora sustancial en el seguimiento de la función renal, particularmente en pacientes con riesgo elevado de deterioro progresivo o en aquellos con comorbilidades complejas, como ocurre frecuentemente en la población trasplantada.

DETECCIÓN DE ALBUMINURIA EN EL HOGAR: EL CASO DE HEALTHY.IO

Healthy.io ha desarrollado una herramienta de diagnóstico domiciliario que permite evaluar la relación albúmina/creatinina (ACR) en muestras de orina utilizando una tira reactiva junto con la cámara de un teléfono móvil. Esta tecnología, que emplea algoritmos de visión artificial, ha sido evaluada en el estudio THOMAS, un ensayo aleatorizado con más de 15.000 participantes en Países Bajos¹⁰.

Los resultados mostraron que el método presenta una sensibilidad elevada (98,1%), comparable a la de los análisis convencionales, aunque con una especificidad inferior (67,9%), lo que limita su precisión como prueba única de cribado. También se observó una menor tasa de participación en comparación con las pruebas tradicionales, lo que indica que su implementación clínica requiere no solo validación técnica, sino también intervenciones que mejoren la aceptación y el acceso.

MONITORIZACIÓN DEL POTASIO: BARRERAS TÉCNICAS Y NUEVOS DESARROLLOS

La monitorización domiciliar del potasio sérico representa un desafío técnico significativo, debido a la inestabilidad del analito y a su sensibilidad a factores como la hemólisis o el manejo inadecuado de las muestras. Actualmente, no existen dispositivos validados para su medición precisa a partir de muestras capilares obtenidas por punción digital¹¹. Algunos servicios domiciliarios permiten la extracción venosa por personal sanitario, pero esta opción no es práctica para un seguimiento frecuente y autónomo.

Ante esta limitación, varias compañías están desarrollando tecnologías de medición rápida y portátil. Kalium Health (Reino Unido) trabaja en una prueba electroquímica de un solo uso conectada a una aplicación móvil. CardioRenal (Francia) ha desarrollado dispositivos como Tenor, que permite la transmisión de datos a la nube, y Soprano, que combina la medición de potasio, creatinina y hemoglobina. Otras empresas, como Renalyse (España), Jana Care y PTS Diagnostics (EE. UU.), han registrado avances en diferentes etapas, aunque en la mayoría de los casos no se han publicado resultados clínicos ni se ha lanzado ningún producto al mercado. Además, grupos académicos como el de la Universidad Tecnológica de Graz han propuesto sensores electroquímicos con control de hemólisis, aunque aún sin comercialización prevista¹¹.

SENSORES NO INVASIVOS BASADOS EN SUDOR Y EL LÍQUIDO INTERSTICIAL

La posibilidad de medir biomarcadores renales mediante fluidos alternativos como el sudor y el líquido intersticial (ISF) está ganando tracción como una vía prometedora para la monitorización no invasiva y continua de la ERC. Estos fluidos permiten la integración de sensores en parches portátiles que se adhieren a la piel, lo que facilita un seguimiento dinámico y cómodo para el paciente¹².

Los avances tecnológicos en este ámbito han sido notables. Sensores electroquímicos miniaturizados, polímeros molecularmente impresos (MIP) y técnicas de extracción indolora como la iontoforesis inversa han demostrado capacidad para medir creatinina, urea y cistatina C con alta sensibilidad. Sin embargo, la implementación de estos dispositivos aún se enfrenta a retos como la variabilidad en la tasa de sudoración, la presencia de interferencias químicas y la necesidad de integrar parámetros adicionales (p. ej., pH) para asegurar una interpretación fiable de los datos¹².

DISPOSITIVOS INTELIGENTES PARA EL CONTROL DOMICILIARIO

Dispositivos conectados, como QardioArm y Omron HeartGuide, permiten la medición precisa de la presión arterial desde el hogar. El primero ha sido validado clínicamente en pacientes con ERC¹³, mientras que el segundo, en forma de reloj de muñeca, mostró una concordancia aceptable con los monitores ambulatorios convencionales¹⁴.

En cuanto a la monitorización del potasio por medios indirectos, el modelo de inteligencia artificial Kardio-Net ha demostrado la capacidad de estimar los niveles séricos de potasio a partir de electrocardiogramas registrados mediante smartwatch, con alta sensibilidad para detectar hiperpotasemia grave en pacientes con enfermedad renal avanzada¹⁵.

Por su parte, los sistemas de monitorización continua de glucosa, como FreeStyle Libre, Dexcom G6/G7 y Eversense, han revolucionado el manejo de pacientes diabéticos, incluidos aquellos con ERC. Estos dispositivos permiten conocer tendencias glucémicas en tiempo real y han demostrado reducir niveles de HbA1c, mejorar la conciencia sobre hipoglucemia y disminuir las hospitalizaciones asociadas¹⁶.

BENEFICIOS Y RETOS DE LA MONITORIZACIÓN REMOTA

La monitorización remota de pacientes con ERC ha demostrado aportar beneficios significativos tanto para los individuos como para los sistemas sanitarios. Una de sus principales ventajas radica en la mejora sostenida de la adherencia terapéutica, gracias a herramientas digitales que permiten integrar el seguimiento clínico en la vida cotidiana del paciente. Asimismo, el acceso en tiempo real a datos clínicos facilita la detección precoz de complicaciones y reduce de forma considerable la necesidad de hospitalizaciones. Esta estrategia también fomenta un papel activo del paciente en la gestión de su salud, con mejoras demostrables en calidad de vida y autonomía.

Desde el punto de vista organizativo, la RPM permite optimizar recursos sanitarios al reducir la presión sobre la atención presencial. No obstante, persisten desafíos importantes. La desigualdad en el acceso a tecnologías sigue siendo una barrera, particularmente en regiones rurales o en países con recursos limitados. Además, la correcta implementación requiere competencias digitales tanto en pacientes como en profesionales, así como marcos regulatorios y de financiación que permitan una adopción segura y sostenible^{5,6}.

IMPACTO FUTURO: ¿QUÉ ESPERAR?

La convergencia entre inteligencia artificial, sensores portátiles y plataformas interconectadas anuncia una transformación profunda en el seguimiento de la ERC. A medida que estas tecnologías se perfeccionen y se validen clínicamente, cabe esperar una atención más personalizada, preventiva y centrada en el paciente. No obstante, esta evolución debe ir acompañada de políticas inclusivas que garanticen la equidad en el acceso, la protección de la privacidad y la sostenibilidad a largo plazo (fig. 1).

«La monitorización remota ya no es una promesa futura; es una realidad transformadora que mejora tanto los resultados clínicos individuales como la sostenibilidad global del sistema sanitario.»

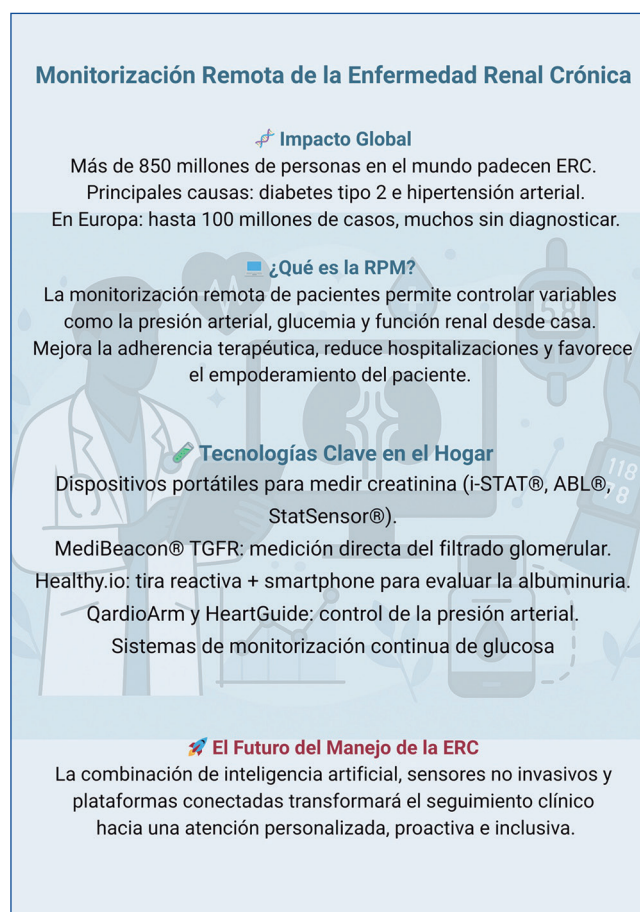


Figura 1. Monitorización Remota de la Enfermedad Renal Crónica (ERC).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Francis A, Harhay MN, Ong ACM, et al. Chronic kidney disease and the global public health agenda: an international consensus. *Nat Rev Nephrol.* 2024;20:473-85. doi:10.1038/s41581-024-00820-6.
- Tangri N, Moriyama T, Schneider MP, Virgitti JB, De Nicola L, Arnold M, et al. Prevalence of undiagnosed stage 3 chronic kidney disease in France, Germany, Italy, Japan and the USA: results from the multinational observational REVEAL-CKD study. *BMJ Open.* 2023;13:e067386. doi:10.1136/bmjopen-2022-067386.
- Lew SQ, Sikka N. Operationalizing telehealth for home dialysis patients in the United States. *Am J Kidney Dis.* 2019;74:95-100.
- Agarwal R, et al. Home blood pressure monitoring in CKD. *Am J Kidney Dis.* 2020;75:907-17.
- Tan SY, Sumner J, Wang Y, Wenjun Yip A. A systematic review of the impacts of remote patient monitoring (RPM) interventions on safety, adherence, quality-of-life and cost-related outcomes. *NPJ Digit Med.* 2024;7:192. doi:10.1038/s41746-024-01182-w.
- Thomas EE, Taylor ML, Banbury A, Snoswell CL, Haydon HM, Gallagos Rejas VM, et al. Factors influencing the effectiveness of remote patient monitoring interventions: a realist review. *BMJ Open.* 2021;11:e051844. doi:10.1136/bmjopen-2021-051844.
- Corbett M, Duarte A, Llewellyn A, Altunkaya J, Harden M, Harris M, et al. Point-of-care creatinine tests to assess kidney function for outpatients requiring contrast-enhanced CT imaging: systematic reviews and economic evaluation. *Health Technol Assess.* 2020;24:1-248. doi:10.3310/hta24390.
- Murray JS, Williams CJ, Lendrem C, Smithson J, Allinson C, Robinson J, et al. Patient self-testing of kidney function at home, a prospective clinical feasibility study in kidney transplant recipients. *Kidney Int Rep.* 2023;8:1170-82. doi:10.1016/j.ekir.2023.03.003.
- Dorshow RB, Debreczeny MP, Goldstein SL, Shieh JJ. Clinical validation of the novel fluorescent glomerular filtration rate tracer agent relmapirazin (MB-102). *Kidney Int.* 2024;106:679-87. doi:10.1016/j.kint.2024.06.012.
- van Mil D, Kieneker LM, Evers-Roeten B, Thelen MHM, de Vries H, Hemmelder MH, et al. Participation rate and yield of two home-based screening methods to detect increased albuminuria in the general population in the Netherlands (THOMAS): a prospective, randomised, open-label implementation study. *Lancet.* 2023;402:1052-64. doi:10.1016/S0140-6736(23)00876-0.
- Hutter T, Collings TS, Kostova G, Karet Frankl FE. Point-of-care and self-testing for potassium: recent advances. *Sens Diagn.* 2022;1:614-26. doi:10.1039/d2sd00062h.
- Han S, Yamamoto S, Jung CY, Jin DY, Lee T, Kim JS. Wearable sensors for monitoring chronic kidney disease. *Commun Mater.* 2024;5:153.
- Mazoterias-Pardo V, Becerro-De-Bengoa-Vallejo R, Losa-Iglesias ME, López-López D, Rodríguez-Sanz D, Casado-Hernández I, et al. QardioArm Upper Arm Blood Pressure Monitor Against Omron M3 Upper Arm Blood Pressure Monitor in Patients With Chronic Kidney Disease: A Validation Study According to the European Society of Hypertension International Protocol Revision 2010. *J Med Internet Res.* 2019;21:e14686. doi:10.2196/14686.
- Kario K, Shimbo D, Tomitani N, Kanegae H, Schwartz JE, Williams B. The first study comparing a wearable watch-type blood pressure monitor with a conventional ambulatory blood pressure monitor on in-office and out-of-office settings. *J Clin Hypertens.* 2020;22:135-41. doi:10.1111/jch.13799.
- Chiu IM, Wu PJ, Zhang H, Hughes JW, Rogers AJ, Jalilian L, et al. Serum potassium monitoring using AI-enabled smartwatch electrocardiograms. *JACC Clin Electrophysiol.* 2024;10:2644-54. doi:10.1016/j.jacep.2024.07.023.
- Deshmukh H, Wilmot EG, Gregory R, Barnes D, Narendran P, Saunders S, et al. Effect of flash glucose monitoring on glycemic control, hypoglycemia, diabetes-related distress, and resource utilization in the Association of British Clinical Diabetologists (ABCD) nationwide audit. *Diabetes Care.* 2020;43:2153-60. doi:10.2337/dc20-0738.