

## ARTÍCULO ORIGINAL

# COMPARACIÓN DE LAS FÓRMULAS COCKCROFT-GAULT Y MDRD CON LA DEPURACIÓN DE LA CREATININA ENDÓGENA PARA LA ESTIMACIÓN DE LA FUNCIÓN RENAL EN PACIENTES ADULTOS AMBULATORIOS ATENDIDOS EN UN HOSPITAL DE REFERENCIA PERUANO

## *COMPARISON OF THE COCKCROFT-GAULT AND MDRD EQUATIONS WITH THE ENDOGENOUS CREATININE CLEARANCE TO ESTIMATE RENAL FUNCTION IN AMBULATORY ADULT PATIENTS TREATED IN A PERUVIAN REFERENCE HOSPITAL*

Alonso Soto<sup>1</sup>, Gladys Patiño Soto<sup>2</sup>

1) Departamento de Medicina, Hospital Nacional Hipólito Unanue, Lima, Perú

2) Departamento de Patología Clínica, Hospital Nacional Hipólito Unanue, Lima, Perú

Rev Nefrol Dial Traspl. 2019; 39 (3): 159-66

### RESUMEN

**Introducción:** La estimación de la función renal es un componente importante de la atención hospitalaria. Para ello, habitualmente, se utilizan estimaciones basadas en las cifras de creatinina sérica. Las fórmulas más utilizadas son la MDRD y Cockcroft-Gault. **Objetivo:** Evaluar la correlación de las ecuaciones de Cockcroft-Gault y MDRD con el valor de depuración de creatinina, basada en la recolección de orina de 24 horas. **Material y métodos:** Para realizar el estudio se utilizaron los registros del Servicio de Patología Clínica del Hospital Nacional Hipólito Unanue, un hospital de referencia en Lima, Perú. La creatinina sérica se realizó mediante el método de Jaffe. La depuración de creatinina se llevó a cabo mediante las determinaciones simultáneas de creatinina sérica y creatinina urinaria, obtenida a través de la recolección de orina de 24 horas. Se calcularon las correlaciones utilizando el coeficiente de Pearson, considerando significativos valores de  $p < 0.05$ . **Resultados:** Se incluyeron 426 pacientes. La edad promedio de la población estudiada fue

de 58.36 +/- 16.21 años, con un mínimo de 15 años y un máximo de 91 años. Hubo un discreto predominio del género femenino (51.2%). La correlación entre la depuración de creatinina y aquella estimada por la ecuación MDRD fue de 0.57 ( $p < 0.001$ ); al restringir el análisis a aquellos pacientes con valores de depuración menores a 60 ml/min, la correlación fue de 0.55 ( $p < 0.001$ ). La correlación entre la depuración de creatinina y la estimada por la ecuación de Cockcroft-Gault fue de 0.53 ( $p < 0.001$ ); al restringir el análisis a pacientes con valores de depuración menores a 60 ml/min, la correlación fue de 0.55 ( $p < 0.001$ ). La correlación entre las fórmulas de Cockcroft-Gault y MDRD fue de 0.84 ( $p < 0.01$ ). En pacientes con depuraciones por debajo de 60, fue de 0.87 ( $p < 0.01$ ). Los resultados no mostraron diferencias al restringir las observaciones a pacientes menores de 70 años. **Conclusión:** Aunque las ecuaciones de Cockcroft-Gault y MDRD guardan una buena correlación entre ellas, se correlacionan de manera subóptima con la depuración de creatinina realizada mediante la recolección de 24

horas, bajo condiciones clínicas habituales.

**PALABRAS CLAVE:** depuración de creatinina; tasa de filtración glomerular; Cockcroft-Gault; MDRD

## ABSTRACT

**Introduction:** The estimation of renal function is an important component of hospital care. To do this, estimates are usually used, based on serum creatinine levels. The most widely used equations are MDRD and Cockcroft-Gault.

**Objective:** To evaluate the correlation of the Cockcroft-Gault and MDRD equations with the creatinine clearance value, based on 24-hour urine collection. **Methods:** In order to carry out this study, the records of the Clinical Pathology Service of Hospital Nacional Hipólito Unanue, a reference hospital in Lima (Peru), were used. Serum creatinine was measured using the Jaffe's method. Creatinine clearance was performed by simultaneous determinations of serum creatinine and urinary creatinine, obtained through 24-hour urine collection. Correlations were calculated using Pearson coefficient, considering significant values of  $p < 0.05$ . **Results:** 426 patients were included. The average age was  $58.36 \pm 16.21$  years, with a minimum age of 15 and a maximum of 91. There was a slight female predominance (51.2%). The correlation between creatinine clearance and that estimated by the MDRD equation was 0.57 ( $p < 0.001$ ); when restricting the analysis to those patients with clearance values lower than 60 ml/min, the correlation was 0.55 ( $p < 0.001$ ). The correlation between creatinine clearance and that estimated by the Cockcroft-Gault equation was 0.53 ( $p < 0.001$ ); when the analysis was limited to patients with purification values lower than 60 ml/min, the correlation was 0.55 ( $p < 0.001$ ). The correlation between Cockcroft-Gault and MDRD equations was 0.84 ( $p < 0.01$ ). In patients with purifications below 60, it was 0.87 ( $p < 0.01$ ). The results showed no differences when restricting observations to patients under 70. **Conclusion:** Although Cockcroft-Gault and MDRD equations keep a

good correlation between them, this correlation is suboptimal with creatinine clearance performed through 24-hour collection, under usual clinical conditions.

**KEYWORDS:** creatinine clearance; glomerular filtration rate; Cockcroft-Gault; MDRD

## INTRODUCCIÓN

La estimación de la función renal es un parámetro fundamental dentro de la atención médica del paciente, pues permite monitorizar la evolución de la enfermedad renal, su respuesta al tratamiento y la dosificación apropiada de fármacos, a fin de evitar nefrotoxicidad e interacciones medicamentosas.<sup>(1)</sup> Existen diferentes métodos utilizados para la medición de la filtración glomerular, el estándar de referencia lo constituye actualmente el aclaramiento de inulina.<sup>(2-3)</sup> Sin embargo, es un método que no ha sido implementado de manera rutinaria en nuestro medio, por lo que en la práctica se utiliza la depuración de creatinina basada en la colección de muestras de creatinina sérica y creatinina en orina de 24 horas como estimador. Aunque la depuración de creatinina puede verse afectada por la secreción tubular y el metabolismo intestinal, se considera un buen estimador de la función renal en la práctica clínica habitual. La depuración, sin embargo, puede resultar engorrosa dado que requiere la colección de orina de 24 horas y la determinación simultánea de niveles de creatinina sérica.<sup>(4-5)</sup> Por ello, en la práctica clínica se suele apelar al uso de estimaciones de la filtración glomerular (FG) basadas en la determinación de las cifras de creatinina sérica. Existen diversas fórmulas que permiten hacer un estimado de la tasa de filtración glomerular en base a la creatinina sérica, asociada a la medición de algunas variables, tales como raza, peso y género, entre otras. Históricamente, las fórmula más utilizada en el Perú ha sido la ecuación de Cockcroft-Gault, la cual incluye además de la creatinina sérica, la edad, el peso y el género.<sup>(6)</sup> Sus fortalezas radican en su simplicidad y la posibilidad de ser utilizada

en pacientes con y sin deterioro de la función renal. Sin embargo, ha sido cuestionada por haberse implementado en una población relativamente reducida de individuos. Aunque desarrollada en 1999, en forma relativamente reciente, el uso de la ecuación MDRD se ha popularizado<sup>(7)</sup> y de acuerdo a algunos estudios permite una estimación de mayor exactitud de la función renal. La fórmula MDRD ha sido validada para FG menor a 60, dado que no ha sido desarrollada en población sana sino con algún grado de deterioro de la función renal.<sup>(7)</sup> La fórmula original incluye la determinación de albúmina, sin embargo existe una versión simplificada,<sup>(5)</sup> la cual es habitualmente utilizada en la práctica ambulatoria debido a que la determinación de albúmina sérica no necesariamente se encuentra disponible y la exactitud es comparable a la fórmula original.<sup>(8)</sup>

Aunque las fórmulas MDRD y de Cockcroft-Gault se utilizan de manera rutinaria y en forma intercambiable para la estimación de la función renal en la práctica ambulatoria y hospitalaria, no hemos encontrado estudios peruanos que evalúen su utilidad o su correlación con la depuración de creatinina medida mediante colección de 24 horas, la cual en el Perú aún constituye el estándar de referencia para la estimación de la tasa de filtración glomerular. Por ello, el objetivo de nuestro estudio fue comparar las ecuaciones de Cockcroft-Gault y MDRD para el cálculo de depuración de creatinina como estimador de la función renal en pacientes ambulatorios atendidos en un hospital de referencia peruano.

## METODOLOGÍA

### Lugar de estudio y procedimientos

El estudio es de tipo observacional, transversal, analítico y retrospectivo. Se realizó en base a los registros del Servicio de Patología Clínica del Hospital Nacional Hipólito Unanue, un hospital de referencia de Lima, Perú. Se excluyeron aquellos pacientes con colecciones de orina incompletas (de acuerdo a la pregunta directa sobre la colección de toda la orina durante las 24 horas) o datos faltantes en el registro de laboratorio. Para la determinación de la depuración de creatinina se

indicó al paciente que recolecte orina desde las 6 AM hasta las 6 AM del día siguiente. Al momento de la entrega de muestra de orina, se realizó la toma de la muestra para la determinación de creatinina sérica.

La creatinina sérica se realizó mediante el método de Jaffe, utilizando un autoanalizador de marca Wiener Lab CMD 800i. La depuración de creatinina se efectuó mediante las determinaciones simultáneas de creatinina sérica y creatinina urinaria, obtenida a través de la recolección de orina de 24 horas.

La depuración de creatinina, que fue posteriormente ajustada a 1.73 m<sup>2</sup> de superficie corporal, se obtuvo a partir de la siguiente fórmula: depuración de creatinina =  $U * V/P$ , donde U = creatinina urinaria en mg/dL; V = volumen urinario medido en 24 horas; P = concentración plasmática de creatinina en mg/dL.

La fórmula de Cockcroft-Gault,<sup>(6)</sup> utilizada para la estimación de la tasa de filtración glomerular, fue la siguiente: tasa de filtración glomerular =  $(140 - \text{edad}) * \text{peso} / 72 * \text{creatinina sérica}$ . El valor se multiplicó por 0.85 en el caso de mujeres.

La fórmula MDRD utilizada para la estimación de la tasa de filtración glomerular fue la ecuación simplificada, basada en 4 valores y desarrollada por Levey *et al.*<sup>(5)</sup>: depuración de creatinina estimada =  $186 * \text{creatinina sérica}^{-1.154} * \text{edad}^{-0.203} * 1212$  (*pacientes de raza negra*) \* 0.724 (*en mujeres*).

Se compararon los resultados de la estimación de la depuración de creatinina a través de las fórmulas de Cockcroft-Gault y MDRD, con los resultados obtenidos mediante la depuración de creatinina determinada mediante recolección de orina de 24 horas. La correlación se evaluó mediante el coeficiente de correlación de Pearson. Asimismo, se calcularon los coeficientes de determinación R<sup>2</sup> para explicar la variabilidad de las determinaciones de depuración de creatinina, en función de los resultados de los estimados de Cockcroft-Gault y MDRD.

### Aspectos éticos

El estudio cuenta con la autorización de los

responsables del Servicio de Patología Clínica del Hospital Nacional Hipólito Unanue y con la aprobación del Comité de Ética institucional.

## RESULTADOS

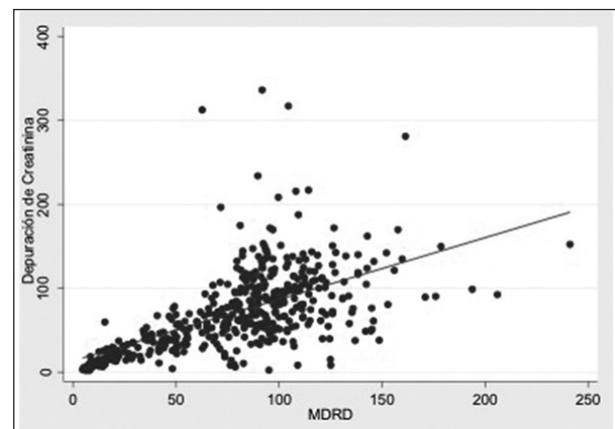
Durante el período de estudio se incluyeron 455 registros, correspondientes a estudios de depuración de creatinina. Se excluyeron 29 por presentar recolecciones de orina incompletas u otros datos de laboratorio faltantes, quedando 426 registros para el análisis final. La edad promedio de la población estudiada fue de 58.36 +/- 16.21 años, con un mínimo de 15 años y un máximo de 91 años. Cinco participantes correspondieron a menores de 18 años y 98 de mayores de 70 años. Hubo un discreto predominio del género femenino (51.2%). El nivel promedio de la creatinina sérica fue de 1.31 +/- 1.30 mg/dL con un mínimo de 0.41 y un máximo de 9.92 mg/dL. El peso promedio fue de 66.38 +/- 14.45 Kg, con un mínimo de 32 y un máximo de 125 kg. La talla promedio fue de 1.55 +/- 0.12 m, con un mínimo de 0.84 y un máximo de 1.9 m. La superficie corporal promedio fue de 1.68 +/- 0.21 m<sup>2</sup>, con un mínimo de 1.12 y un máximo de 2.38 m<sup>2</sup>. Para la depuración de creatinina se tuvo una media de 73.00 +/- 48.99 ml/min. La fórmula de Cockcroft-Gault mostró una media de 77.31 +/- 40.46 ml/min ( $p < 0.04$  en comparación con la depuración de creatinina). La fórmula MDRD brindó un valor 81.01 +/- 38.25 ml/min ( $p < 0.001$  en comparación con la fórmula de Cockcroft-Gault y la depuración de creatinina).

### Comparación de las ecuaciones MDRD y Cockcroft-Gault con la depuración de creatinina

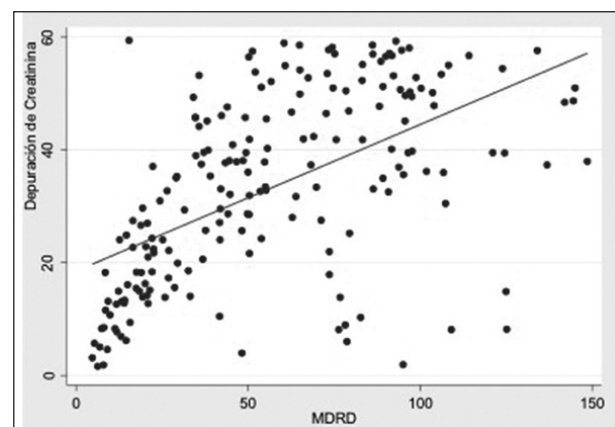
La correlación entre la depuración de creatinina y aquella estimada por la ecuación MDRD fue de 0.57 ( $p < 0.001$ ), mientras que el coeficiente de determinación  $R^2$  basado en el modelo de regresión lineal fue de 0.33. Los resultados no se modificaron al restringir las observaciones a aquellas personas entre 18 y 70 años (correlación = 0.57;  $p < 0.001$ ). La ecuación MDRD en general sobrestimó la tasa de filtrado glomerular real.

Al restringir el análisis a aquellos pacientes con valores de depuración menores a 60 ml/min, la correlación fue de 0.55 ( $p < 0.001$ ). Al adicionar la talla a la ecuación de regresión lineal, tomando como variable dependiente la depuración, el coeficiente de determinación  $R^2$  fue de 0.34 comparado con 0.33 en la ecuación, sin incluir la talla. La ecuación MDRD sobrestimó la tasa de filtración glomerular en pacientes con depuración por debajo de 60 ml/min, en un promedio de 2.24 ml/min y en 10.18 ml/min en pacientes con depuración mayor a 60 ml/min.

**Figura 1.** Valores de depuración de creatinina basados en recolección de orina de 24 horas, comparado con valores obtenidos mediante fórmula MDRD



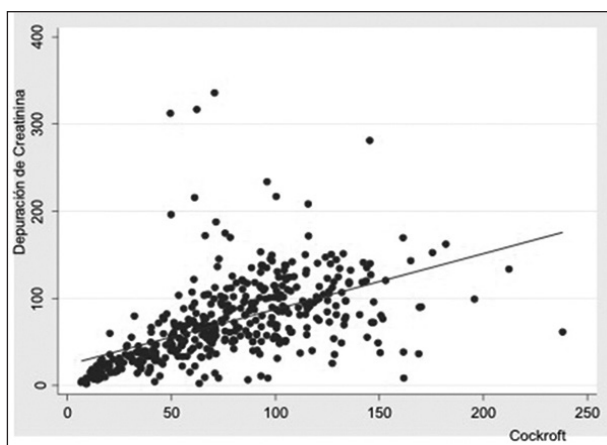
**Figura 2.** Valores de depuración de creatinina (en ml/min) basados en recolección de orina de 24 horas, comparado con valores obtenidos mediante fórmula MDRD en pacientes con depuración de creatinina menor a 60 ml/min



La correlación entre la depuración de creatinina y aquella estimada por la ecuación de Cockcroft-Gault fue de 0.53 ( $p < 0.001$ ), mientras que el coeficiente de determinación basado en el modelo de regresión lineal fue de 0.28.

Al restringir las observaciones a pacientes entre 18 y 70 años, la correlación fue de 0.51 ( $p < 0.01$ ). Al restringir el análisis a aquellos pacientes con valores de depuración menores a 60 ml/min, la correlación fue de 0.55 ( $p < 0.001$ ). Al adicionar la talla a la ecuación de regresión lineal no se modificó el coeficiente de determinación  $R^2$ . La ecuación de Cockcroft-Gault sobrestimó la tasa de filtración glomerular en pacientes con depuración por debajo de 60 ml/min, en un promedio de 19.16 ml/min, mientras que la subestimó en 7.76 ml/min en pacientes con depuración mayor a 60 ml/min.

**Figura 3.** Valores de depuración de creatinina basados en recolección de orina de 24 horas, comparado con valores obtenidos mediante fórmula de Cockcroft-Gault

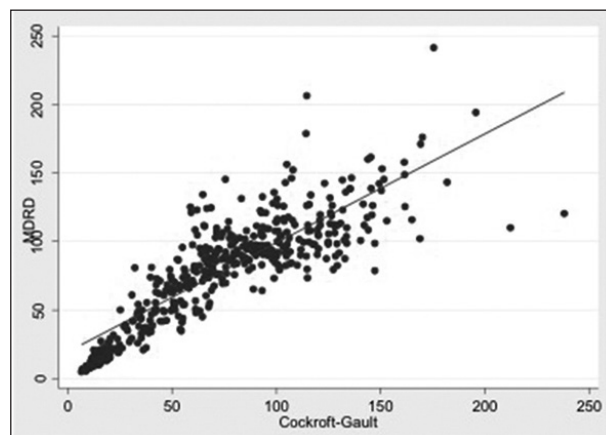


**Correlación entre las ecuaciones de Cockcroft-Gault y MDRD**

La correlación entre las fórmulas de Cockcroft-Gault y MDRD fue de 0.84 ( $p < 0.01$ ). Al restringir el cálculo a las observaciones en pacientes entre 18 a 70 años, la correlación fue de 0.86 ( $p < 0.01$ ). Para el caso de pacientes con depuraciones por debajo de 60 fue de 0.87 ( $p < 0.01$ ). La fórmula MDRD mostró valores por encima de la fórmula de Cockcroft-Gault en 3.69 ml/min (IC95% 1.57-

5.82;  $p < 0.001$ ), tanto en pacientes con depuración menor a 60 ml/min (diferencia de 4.17 ml/min; IC95% 1.55-6.78;  $p = 0.001$ ) como en pacientes con depuración mayor a 60 ml/min (diferencia de 3.31 ml/min; IC95% 0.08-6.53;  $p = 0.04$ ).

**Figura 5.** Valores de depuración de creatinina estimados en base a la fórmula MDRD, comparado con valores obtenidos mediante fórmula de Cockcroft-Gault



**Figura 4.** Valores de depuración de creatinina basados en recolección de orina de 24 horas, comparado con valores obtenidos mediante fórmula de Cockcroft-Gault en pacientes con depuración de creatinina menor a 60 ml/min

**DISCUSION**

Nuestros hallazgos muestran una correlación pobre entre los resultados de la depuración de creatinina obtenida en base a la recolección de orina de 24 horas y las estimaciones basadas en las ecuaciones de Cockcroft-Gault y MDRD. Este fenómeno ya ha sido detectado en un estudio previo.<sup>(9)</sup> Más aún, la fórmula MDRD no mostró una mejor performance al restringir el análisis a aquellos pacientes con alteración evidente de la función renal. Por otro lado, se demostró una alta correlación entre las fórmulas MDRD y Cockcroft-Gault.

La comparación de las ecuaciones MDRD y Cockcroft-Gault con determinaciones de filtrado glomerular ha demostrado resultados heterogéneos,

dependiendo del estándar de referencia utilizado y a la población estudiada, por lo cual es importante la evaluación de la adecuación a las poblaciones en las cuales se pretende implementar el uso de estas ecuaciones. Las guías KDIGO recomiendan que cada país elija sus propias ecuaciones al momento de reportar la creatinina,<sup>(2)</sup> lo cual implica la evaluación de su adecuación para cada población, y por ello es imprescindible la investigación local, la cual incluso puede evaluar la necesidad de obtener nuevas aproximaciones para la estimación del filtrado glomerular para poblaciones específicas<sup>(10)</sup> o ajustar las ecuaciones en función de las características de la población.<sup>(11)</sup> En un estudio en población china, las correlaciones mostradas fueron de 0.78 y 0.77 para las ecuaciones de Cockcroft-Gault y MDRD respectivamente, utilizando como estándar de referencia el aclaramiento plasmático de <sup>99m</sup>Tc-DTPA,<sup>(12)</sup> mientras que en India las correlaciones de las fórmulas Cockcroft-Gault y MDRD fueron de 0.63 y 0.64 respectivamente. A nivel latinoamericano, Hernández-Ocampo encontró una correlación con la tasa de filtración real de 0.86 para la fórmula de Cockcroft-Gault, y de 0.88 para la fórmula MDRD, utilizando como estándar de referencia el aclaramiento de inulina.<sup>(13)</sup> Dicho estudio se basó en las determinaciones realizadas en 51 pacientes bajo condiciones estrictamente controladas. Nuestro estudio encontró correlaciones mucho más bajas, lo cual podría atribuirse a una determinación inexacta de colección de muestras, las cuales no son supervisadas al tratarse de estudios realizados en forma ambulatoria. Sin embargo, otros estudios latinoamericanos también han encontrado una correlación similar a la evidenciada en nuestro estudio. Arreola *et al.* encontraron una correlación de 0.52, utilizando como estándar de referencia el Tc 99 DTPA.<sup>(14)</sup>

Si bien es cierto que la mayoría de los autores y guías consideran la ecuación de MDRD como superior a la fórmula de Cockcroft-Gault,<sup>(15)</sup> nuestros datos sugieren que ninguna de las dos fórmulas parece tener una performance diagnóstica superior, incluso al restringir el

análisis a aquellos individuos con depuración menor a 60 ml/min. Otros estudios también han encontrado resultados comparables, y algunos han sugerido que la ecuación de Cockcroft-Gault puede ser superior a la MDRD también en pacientes con estadios avanzados de falla renal.<sup>(16)</sup> Nuestra experiencia sugiere que las ecuaciones proporcionan datos similares, sin embargo la fórmula MDRD parecería brindar valores mayores a la depuración medida con las fórmulas de Cockcroft-Gault y la depuración de creatinina.

Nuestro estudio tiene como fortaleza el haber sido realizado en condiciones clínicas rutinarias, por lo cual nuestros hallazgos reflejan la práctica clínica habitual. Sin embargo, debemos reconocer algunas limitaciones. Es posible que las recolecciones de 24 horas pudieran tener algunos errores al no ser supervisadas directamente. Por otro lado, la depuración de creatinina podría ser cuestionada como indicador de la tasa de filtración glomerular, considerándose el aclaramiento de inulina (u otro marcador de administración exógena) como una técnica más exacta.<sup>(17)</sup> Sin embargo, la concordancia entre ambos métodos de referencia es bastante buena, por lo que no consideramos que represente una fuente importante de sesgo en nuestro estudio. De hecho, un estudio latinoamericano encontró una correlación de 96% entre la depuración de creatinina y la depuración de inulina.<sup>(13)</sup>

Aunque las ecuaciones de Cockcroft-Gault y MDRD son utilizadas de manera rutinaria, para la estimación de la tasa de filtración glomerular, nuestros hallazgos muestran que las ecuaciones MDRD y Cockcroft-Gault son marcadores subóptimos para la estimación de la depuración de creatinina. Dada la falta de correlación adecuada entre las ecuaciones de estimación de filtrado glomerular, es importante la implementación de estudios que permitan una determinación más exacta del filtrado, particularmente en aquellos pacientes con resultados dudosos o con comorbilidades que puedan afectar la medición de la creatinina sérica. Ello es de suma importancia al momento de la toma de decisiones, al inicio de

la terapia de reemplazo renal, la monitorización de nefrotoxicidad, o la implementación de terapias inmunomoduladoras en pacientes con glomerulonefritis autoinmunes. Por esto, y particularmente en pacientes con factores de riesgo para enfermedad renal, la estimación de las tasas de filtración glomerular debe basarse por lo menos en la depuración de creatinina de acuerdo a la recolección de orina de 24 horas, e idealmente en pruebas aún más fidedignas. Sorprendentemente, ningún hospital del Ministerio de Salud en el Perú realiza determinación del aclaramiento de inulina u otros marcadores de filtración glomerular más precisos, como el iotalamato o iohexol. Incluso, la medición de cistatina C, un marcador relativamente simple para función renal y que no es afectado por la masa muscular,<sup>(18-20)</sup> no se encuentra disponible en hospitales públicos peruanos. En tanto no se disponga de dichas pruebas, se debe enfatizar la necesidad de contar con una depuración de creatinina en orina de 24 horas en pacientes con sospecha de alteración de la función renal. Es necesario garantizar información adecuada al paciente, que permita contar con determinaciones lo más exactas posibles. Como se mencionó previamente, esta prueba muestra una correlación muy buena con el aclaramiento de inulina bajo condiciones estrictamente controladas de recolección de orina.

## CONCLUSIÓN

Encontramos que las ecuaciones MDRD y de Cockcroft-Gault muestran una correlación menor a la esperada, con la depuración de creatinina bajo condiciones de práctica clínica habitual, por lo cual las mismas no pueden reemplazar la medición de la depuración de creatinina basada en la recolección de orina de 24 horas. Ambas pruebas, sin embargo, guardan una alta correlación, por lo cual ambas podrían ser utilizadas en ausencia de mediciones de depuración de creatinina. Como la utilidad de las distintas fórmulas puede variar en función de las características poblacionales, se requiere desarrollar estudios nacionales que comparen su valor para la estimación de la función renal, comparándolas con estándares

de referencia de investigación. En tanto no se disponga de los resultados de estas investigaciones, debe garantizarse una adecuada determinación de aclaramiento de creatinina, enfatizando una adecuada recolección de orina al momento de solicitar este examen.

**Conflicto de intereses:** Los autores declaran no poseer ningún interés comercial o asociativo que presente un conflicto de intereses con el trabajo presentado.

## BIBLIOGRAFÍA

- 1) Stevens LA, Levey AS. Use of the MDRD study equation to estimate kidney function for drug dosing. *Clin Pharmacol Ther.* 2009;86(5):465-7.
- 2) National Kidney foundation. KDIGO 2012 Clinical Practice Guideline for the Evaluation and Management of Chronic Kidney Disease. *Kidney Int Suppl.* 2013;3(1):1-150.
- 3) Levey AS, Eckardt KU, Tsukamoto Y, Levin A, Coresh J, Rossert J, et al. Definition and classification of chronic kidney disease: a position statement from Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO). *Kidney Int.* 2005;67(6):2089-100.
- 4) Inker LA, Shaffi K, Levey AS. Estimating glomerular filtration rate using the chronic kidney disease-epidemiology collaboration creatinine equation: better risk predictions. *Circ Heart Fail.* 2012;5(3):303-6.
- 5) Stevens LA, Coresh J, Greene T, Levey AS. Assessing kidney function--measured and estimated glomerular filtration rate. *N Engl J Med.* 2006;354(23):2473-83.
- 6) Cockcroft DW, Gault MH. Prediction of creatinine clearance from serum creatinine. *Nephron.* 1976;16(1):31-41.
- 7) Levey AS, Bosch JP, Lewis JB, Greene T, Rogers N, Roth D. A more accurate method to estimate glomerular filtration rate from serum creatinine: a new prediction equation. Modification of Diet in Renal Disease Study Group. *Ann Intern Med.* 1999;130(6):461-70.
- 8) Levey AS, Coresh J, Greene T, Marsh J, Stevens LA, Kusek JW, et al. Expressing the Modification of Diet in Renal Disease Study equation for estimating glomerular filtration rate with standardized serum creatinine values. *Clin Chem.* 2007;53(4):766-72.

- 9) Mulay A, Gokhale S. Comparison of serum creatinine-based estimating equations with gates protocol for predicting glomerular filtration rate in indian population. *Indian J Nephrol.* 2017; 27(2):124-8.
- 10) Chen J, Tang H, Huang H, Lv L, Wang Y, Liu X, et al. Development and validation of new glomerular filtration rate predicting models for Chinese patients with type 2 diabetes. *J Transl Med.* 2015;13:317.
- 11) Ma YC, Zuo L, Chen JH, Luo Q, Yu XQ, Li Y, et al. Modified glomerular filtration rate estimating equation for Chinese patients with chronic kidney disease. *J Am Soc Nephrol.* 2006;17(10):2937-44.
- 12) Zuo L, Ma YC, Zhou YH, Wang M, Xu GB, Wang HY. Application of GFR-estimating equations in Chinese patients with chronic kidney disease. *Am J Kidney Dis.* 2005;45(3):463-72.
- 13) Hernández Ocampo J, Torres Rosalesa A, Rodríguez Castellanos F. Comparación de cuatro métodos de medición de la tasa de filtración glomerular con depuración de inulina en individuos sanos y en pacientes con insuficiencia renal. *Nefrología.* 2010;30(3):324-30.
- 14) Arreola-Guerra JM, Rincón-Pedrero R, Cruz-Rivera C, Belmont-Pérez T, Correa-Rotter R, Niño-Cruza JA. Funcionamiento de las fórmulas MDRD-IDMS y CKD-EPI, en individuos mexicanos con función renal normal. *Nefrología.* 2014;34(5):545-692.
- 15) Delanaye P, Mariat C. The applicability of eGFR equations to different populations. *Nat Rev Nephrol.* 2013;9(9):513-22.
- 16) Teruel JL, Sabater J, Galeano C, Rivera M, Merino JL, Fernández Lucas M, et al. La ecuación de Cockcroft-Gault es preferible a la ecuación MDRD para medir el filtrado glomerular en la insuficiencia renal crónica avanzada. *Nefrología.* 2007;27(3):313-9.
- 17) Vart P, Grams ME. Measuring and assessing kidney function. *Semin Nephrol.* 2016;36(4):262-72.
- 18) Delanaye P, Cavalier E, Cristol JP, Delanghe JR. Calibration and precision of serum creatinine and plasma cystatin C measurement: impact on the estimation of glomerular filtration rate. *J Nephrol.* 2014;27(5):467-75.
- 19) Harmoinen A, Lehtimäki T, Korpela M, Turjanmaa V, Saha H. Diagnostic accuracies of plasma creatinine, cystatin C, and glomerular filtration rate calculated by the Cockcroft-Gault and Levey (MDRD) formulas. *Clin Chem.* 2003;49(7):1223-5.
- 20) Gracia García S, Montañés Barmudez R, Bover Sanjuan J, Cases Amenós A, Deulofeu Piquet R, Martin de Fran AL. Recomendaciones sobre la utilización de ecuaciones para la estimación del filtrado glomerular en adultos. *Nefrología.* 2006;26(6):651-759.

---

Recibido en su forma original: 13 de noviembre de 2018

En su forma en corregida: 7 de enero de 2019

Aceptación final: 22 de marzo de 2019

Dr. Alonso Soto

Departamento de Medicina, Hospital Nacional Hipólito Unanue, Lima, Perú

e-mail: sotosolari@yahoo.com