



Calculador de tasa de filtración glomerular estimada según métodos de medición de creatinina

Estimated glomerular filtration rate calculator according to creatinine measurement methods

Raymed Antonio Bacallao Méndez¹ <https://orcid.org/0000-0002-7043-0597>

Carlos Antonio Rodríguez García¹ <https://orcid.org/0000-0002-8609-8306>

Yanetsy Córdova Rodríguez¹ <https://orcid.org/0000-0002-8556-3595>

Alejandro García Pérez² <https://orcid.org/0009-0007-6378-1747>

¹Instituto de Nefrología "Dr. Abelardo Buch López". La Habana, Cuba.

²Empresa Comercial Ernesfany Corp. La Habana, Cuba.

*Autor para la correspondencia. Correo electrónico: raymed@infomed.sld.cu

RESUMEN

Introducción: En Cuba, las mediciones de creatinina sérica se suelen hacer por métodos, que precisan ser corregidos ante un método de referencia.

Objetivo: Presentar una aplicación para móviles, que corrige la creatinina sérica, a un método de referencia (Jaffé compensado), calcula la tasa de filtración glomerular estimada y clasifica al paciente por estadio de enfermedad renal crónica.

Métodos: Se desarrolló una aplicación, con el uso de programas de código abierto Android, con el *framework* Flutter (versión 2.10). Se introdujeron las fórmulas para la corrección de la creatinina, calcular la tasa de filtrado glomerular estimada y los valores para clasificar la enfermedad renal crónica.

Presentación: La aplicación precisa que se introduzcan 7 datos, que pueden variar de acuerdo con las características del paciente; entrega como resultados, la creatinina corregida, la tasa de filtrado

<http://scielo.sld.cu>

<https://revmedmilitar.sld.cu>



glomerular estimada y la clasificación del paciente por estadio de enfermedad renal crónica. Tiene requerimientos mínimos de hardware y una interfaz de usuario simple e intuitiva.

Conclusiones: Se presenta una aplicación para dispositivos móviles, que corrige la creatinina sérica a un método de referencia, calcula la tasa de filtrado glomerular estimada y clasifica al sujeto por estadio de enfermedad renal crónica.

Palabras claves: creatinina; Cuba; programas informáticos; tasa de filtración glomerular.

ABSTRACT

Introduction: In Cuba, serum creatinine measurements are usually made by methods that need to be corrected versus a reference method.

Objective: To present a mobile device application that corrects serum creatinine to a reference method (compensated Jaffé), calculates the estimated glomerular filtration rate and classifies the patient by Chronic Kidney Disease stage.

Methods: The application was developed using open source Android programs with the Flutter framework (version 2.10). Formulas were introduced to correct creatinine, calculate the estimated glomerular filtration rate and values to classify Chronic Kidney Disease.

Presentation: The application requires seven data to be entered, which can vary according to the patient's characteristics; and deliver as results the corrected creatinine, the estimated glomerular filtration rate, and the patient's classification by Chronic Kidney Disease stage. It has minimal hardware requirements and a simple and intuitive user interface.

Conclusions: A mobile device application is presented that corrects serum creatinine to a reference method, calculates the estimated glomerular filtration rate and classifies the subject by Chronic Kidney Disease stage.

Keywords: creatinine; Cuba; glomerular filtration rate; software.

Recibido: 08/04/2024

Aprobado: 12/08/2024

<http://scielo.sld.cu>

<https://revmedmilitar.sld.cu>



INTRODUCCIÓN

La enfermedad renal crónica (ERC) se considera que afecta alrededor del 10 % de la población adulta. Constituye un problema socio-sanitario mayúsculo a escala planetaria y el diagnóstico, clasificación y tratamiento oportunos, son claves para el enfrentamiento.⁽¹⁾

La creatinina es un producto final del metabolismo muscular, eliminada del organismo, básicamente, por filtración glomerular.⁽²⁾ Sus concentraciones séricas tienen una relación inversa e hiperbólica con la tasa de filtración glomerular, que es considerada el mejor marcador de función renal.^(3,4) Los métodos más utilizados para calcular la tasa de filtración glomerular estimada (TFGe) son las ecuaciones que la predicen, a partir de las concentraciones séricas de creatinina.^(5,6) Las mediciones de creatinina en la práctica clínica se suelen hacer por reacción de Jaffé, con picrato alcalino (por el método cinético o punto final) o por el método enzimático.^(6,7) Los métodos de referencia, como la cromatografía gaseosa y líquida, acopladas a espectrofotometría de masa por dilución isotópica (IDMS por sus siglas en inglés), no son de uso rutinario.⁽⁸⁾

En 2002 aparecen las guías K/DOQI, que unifican los criterios para el diagnóstico y clasificación de la ERC, sobre la base de la TFGe y la presencia de marcadores de daño renal. Este documento también recomienda que, los laboratorios informen la TFGe y se categoricen los sujetos por estadios de ERC según la clasificación recomendada.⁽⁹⁾ En la medida que esto se fue implementado, se hizo evidente la gran variabilidad de la TFGe, atendiendo al método de mensuración utilizado para la creatinina sérica.⁽¹⁰⁾ Como consecuencia de ello, se desarrolló un documento de consenso, en 2006, en el que se recomienda recalibrar los métodos de mensuración de creatinina sérica, para que sean trazables frente a un método de referencia (IDMS), o utilizar métodos enzimáticos y minimizar así el sesgo entre métodos y laboratorios.⁽¹¹⁾

En Cuba, la mayoría de las mensuraciones de creatinina se hacen por método cinético de Jaffé, ya sea de forma automatizada o manual, sin corrección IDMS. El método enzimático, que resulta 10 veces más caro, tiene una disponibilidad muy limitada.⁽¹²⁾ Además los laboratorios no informan rutinariamente la TFGe y la clasificación de los pacientes por estadio de ERC. Ante esta situación se han desarrollado



ecuaciones que permiten corregir las concentraciones séricas de creatinina, mensuradas por el método cinético de Jaffé, de forma automatizada o manual, contra un método IDMS trazable, lo que se le conoce como método cinético de Jaffé compensado.⁽¹³⁾

Sin embargo, no se cuenta con una herramienta que permita de forma automatizada, corregir la creatinina sérica, según el método de medición empleado y hacer los cálculos de la TFG_e, por las ecuaciones recomendadas en las guías internacionales, así como clasificar a los pacientes por estadios de ERC. Con el objetivo de dar respuesta a este problema se hace este trabajo.

MÉTODOS

El *software* que se presenta es resultado de una investigación de desarrollo e innovación, que constituye parte de un proyecto investigativo institucional, aprobado en 2019, bajo el título “Estimación de la función renal en población cubana”, en el Instituto de Nefrología, de La Habana, Cuba.

Para el desarrollo de la aplicación (CALCRE) se utilizaron los siguientes programas de código abierto:

- Plataforma de desarrollo SDK de Android (34.0.0 RC2 marzo de 2023).
- API 21 de Android (sistema operativo mínimo requerido 5.0).
- *Framework* Flutter (versión 2.10).

Para la corrección de la creatinina sérica según el método de mensuración se procedió como sigue:

- La creatinina medida de forma enzimática o Jaffé cinético IDMS-trazable, no precisa corrección.
- Corrección para la creatinina medida por Jaffé cinético automatizado:
 - Para creatinina < 1 mg/dl: creatinina ajustada = (0,954 x creatinina) - 0,125
 - Para creatinina ≥ 1 mg/dl: creatinina ajustada = (0,931 x creatinina) - 0,123
- Corrección para la creatinina medida por Jaffé cinético manual:
 - Para creatinina < 1 mg/dl: creatinina ajustada = (1,040 x creatinina) - 0,309
 - Para creatinina ≥ 1 mg/dl: creatinina ajustada = (0,904 x creatinina) - 0,108



El resultado (creatinina ajustada o corregida) es el que se emplea como valor de la creatinina sérica para las ecuaciones destinadas al cálculo de la TFGe (siempre se hace corrección a mg/dL, si la creatinina se ingresa en $\mu\text{mol/L}$, mediante división por 88,4).

Ecuaciones para estimación de TFGe:

- Para sujetos menores de 19 años se dispone de 2 ecuaciones: Schwartz IDMS y EKFC (*European Kidney Function Consortium*).^(14,15)
- Para sujetos mayores de 19 años se dispone de 3 ecuaciones: CKD-EPI 2009, CKD-EPI 2021 y EKFC.^(15,16,17)
- La clasificación por TFGe y estadio de ERC se hizo por las guías K/DOQI 2012.⁽¹⁸⁾

PRESENTACIÓN

Los datos a ingresar (Fig. 1) son:

- Forma de medición de la creatinina utilizada: enzimática, Jaffé cinético IDMS-trazable, Jaffé cinético automatizado, Jaffé cinético manual.
- Valor de la creatinina sérica: en mg/dL o $\mu\text{mol/L}$.
- Presencia de marcadores de daño renal: Sí o No.
- Edad en años cumplidos.
- Sexo biológico: masculino o femenino.
- Grupo etnoracial: negro o no negro (solo para mayores de 18 años).
- Talla en centímetros (solo para menores de 19 años).



CALCRE

Corrección de la Creatinina

Forma de medición:
 Jaffé cinético automatizado [CIE]

Creatinina Sérica:
 1.70 mg/dL

Creatinina corregida: **1.46 mg/dL**

Marcadores de daño renal urinarios, histológicos o por imágenes: SI No

Edad:
 64 años

Sexo:
 Masculino

Etno/racial: Negro No Negro

Talla:

Continuar

Fig. 1 - Captura de pantalla de datos a ingresar.

Los resultados (salidas) que entrega el programa (Fig. 2) son:

- Creatinina corregida IDMS-trazable en mg/dl o $\mu\text{mol/L}$, según se haya ingresado.
- TFGe en $\text{mL}/\text{min}/1,73 \text{ m}^2 \text{ SC}$, por las diferentes ecuaciones (Schwartz 2009 en menores de 19 años y CKD-EPI creatinina 2009, y 2021 en mayores de 18 años, además de EKFC en todas las edades mayores de 2 años).



- Clasificación del sujeto en estadio de ERC atendiendo a la ecuación utilizada: si la TFG $> 60 \text{ mL/min/1,73 m}^2 \text{ SC}$ y no existieran marcadores de daño, solo se muestra la TFGe; en caso de existir marcadores de daño se clasificará en estadio 1 o 2, según corresponda.

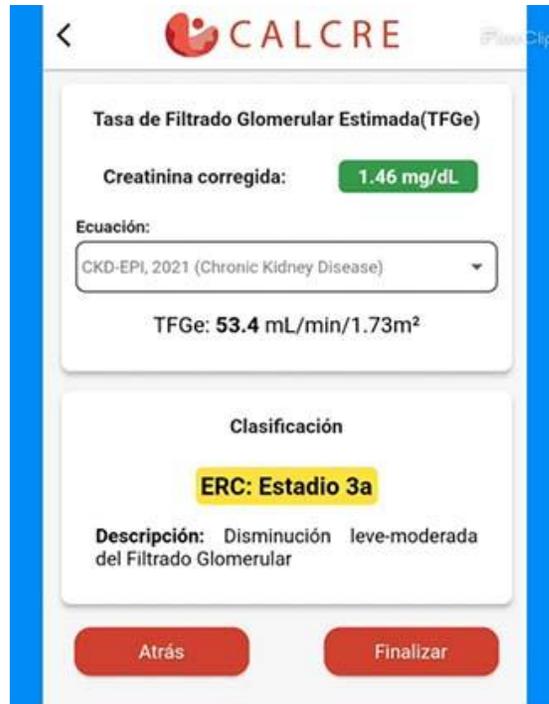


Fig. 2 - Captura de pantalla de resultados de un paciente.

Este programa permite, a través de una interfaz amigable con el usuario, la corrección de la creatinina sérica, según el método utilizado en el laboratorio de cada institución. Para su implementación no se necesitan hacer cambios tecnológicos o erogaciones económicas, pues se puede acceder de forma gratuita a la aplicación, que se encuentra disponible en el sitio web de Google Play: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.anasalva.calcre>, o a través de la plataforma de aplicaciones móviles de Google Play presente en todos los dispositivos Android. Además, precisa de prestaciones mínimas de *hardware*; tiene 7,8 Mb, es compatible con el sistema Android y solo necesita 256 Mb de memoria RAM para su ejecución.



Se presenta una aplicación para dispositivos móviles, que corrige la creatinina sérica a un método de referencia, calcula la tasa de filtrado glomerular estimada y clasifica al sujeto por estadio de enfermedad renal crónica.

Agradecimientos

A Hugo Rafael López Caballero, nuestro benefactor.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ying M, Shao X, Qin H, Yin P, Lin Y, Wu J, et al. Disease Burden and Epidemiological Trends of Chronic Kidney Disease at the Global, Regional, National Levels from 1990 to 2019 [Internet]. *Nephron*. 2024 [acceso: 16/02/2024];148(2):113-23. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10860888/>
2. Inker LA, Titan S. Measurement and Estimation of GFR for Use in Clinical Practice: Core Curriculum 2021[Internet]. *Am J Kidney Dis*. 2021 [acceso:16/03/2023];78(5):736-49. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34518032/>
3. Luis-Lima S, Ortiz A. Assessment of the glomerular filtration rate [Internet]. *Med Clin (Barc)*. 2023 [acceso:16/03/2023];160(1):27-9. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35945055/>
4. González González E, Bacallao Méndez R A, Gutiérrez García F, Mañalich Comas R. Estimación de la función renal mediante creatinina sérica y fórmulas predictivas en población litiásica cubana [Internet]. *Rev cubana med*. 2014 [acceso: 16/02/2023]; 53(3): 254-65. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75232014000300003&lng=es
5. Lee SC, Lim LM, Chang EE, Chiu YW, Hwang SJ, Chen HC. Effect of differences in serum creatinine estimation methodologies on estimated glomerular filtration rate [Internet]. *Singapore Med J*. 2019 [acceso: 30/03/2023];60(9):468-73. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31570950/>



6. He L, Yu J, Han G, Huang D, Han L, Zhang Q, et al. Analytical performance evaluation of different test systems on serum creatinine assay [Internet]. *J Clin Lab Anal*. 2022 [acceso: 16/02/2023];36(2):e24206. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34957600/>
7. Bacallao Méndez RA, Mañalich Comas R. Estimación de la función renal. En: Bacallao Méndez RA, Mañalich Comas R, Díaz Galvizu K. *Fisiología y exploración funcional renal*. 1ra Ed. La Habana: Editorial Ciencias Médicas; 2016. [acceso:23/02/2023]. p. 167-220. Disponible en: <http://www.bvscuba.sld.cu/libro/fisiologia-y-exploracion-funcional-renal/>
8. Sharma A, Sahasrabudhe V, Musib L, Zhang S, Younis I, Kanodia J. Time to Rethink the Current Paradigm for Assessing Kidney Function in Drug Development and Beyond. *Clin Pharmacol Ther* [Internet]. 2022 [acceso: 10/02/2023];112(5):946-58. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34800044/>
9. National Kidney Foundation. K/DOQI clinical practice guidelines for chronic kidney disease: evaluation, classification, and stratification [Internet]. *Am J Kidney Dis*. 2002 [acceso: 23/02/2023];39(2):S1-266. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11904577/>
10. Grams ME, Coresh J, Matsushita K, Ballew SH, Sang Y, Surapaneni A, et al. Estimated Glomerular Filtration Rate, Albuminuria, and Adverse Outcomes: An Individual-Participant Data Meta-Analysis [Internet]. *JAMA*. 2023 [acceso: 23/12/2023]; 330(13):1266-77. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37787795/>
11. Myers GL, Miller WG, Coresh J, Fleming J, Greenberg N, Greene T, et al. National Kidney Disease Education Program Laboratory Working Group. Recommendations for improving serum creatinine measurement: a report from the Laboratory Working Group of the National Kidney Disease Education Program [Internet]. *Clin Chem*. 2006 [acceso: 31/01/2023]; 52(1):5-18. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16332993/>
12. Syme NR, Stevens K, Stirling C, McMillan DC, Talwar D. Clinical and Analytical Impact of Moving from Jaffe to Enzymatic Serum Creatinine Methodology. *J Appl Lab Med* [Internet]. 2020 [acceso: 31/01/2023];5(4):631-42. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32447368/>
13. Shanthaveeranna GK, Devanath A. Jaffe's kinetic method comparison between isotope dilution mass spectrometry standardized versus nonstandardized method. *Indian J Health Sci Biomed Res*



[Internet]. 2020 [acceso: 25/03/2023];13(2):137-9. Disponible en:

https://oa.mg/work/10.4103/kleuhsj.kleuhsj_39_20

14. Schwartz GJ, Muñoz A, Schneider MF, Mak RH, Kaskel F, Warady BA, et al. New equations to estimate GFR in children with CKD [Internet]. J Am Soc Nephrol. 2009 [acceso: 23/02/2023]; 20(3): 629-37. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19158356/>

15. Pottel H, Björk J, Courbebaisse M, Couzi L, Ebert N, Eriksen BO, et al. Development and Validation of a Modified Full Age Spectrum Creatinine-Based Equation to Estimate Glomerular Filtration Rate: A Cross-sectional Analysis of Pooled Data [Internet]. Ann Intern Med. 2021 [acceso: 23/02/2023];174(2):183-191. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33166224/>

16. Levey AS, Stevens LA, Schmid CH, Zhang YL, Castro AF 3rd, Feldman HI, et al; CKD-EPI (Chronic Kidney Disease Epidemiology Collaboration). A new equation to estimate glomerular filtration rate [Internet]. Ann Intern Med. 2009 [acceso: 10/02/2023];150(9):604-12. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19414839/>

17. Inker LA, Eneanya ND, Coresh J, Tighiouart H, Wang D, Sang Y, et al. New Creatinine- and Cystatin C-Based Equations to Estimate GFR without Race [Internet]. N Engl J Med. 2021 [acceso: 16/03/2023];385(19):1737-49. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34554658/>

18. Hallan SI, Rifkin DE, Potok OA, Langlo KA, Dekker FW, Ix JH. Physicians' Recognition and Management of Kidney Disease: A Randomized Vignette Study Evaluating the Impact of the KDIGO 2012 CKD Classification System [Internet]. Kidney Med. 2020 [acceso: 16/03/2023];2(3):258-66. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32734245/>

Conflictos de interés

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

Contribuciones de los autores

Conceptualización: *Raymed Antonio Bacallao Méndez.*

Curación de datos: *Carlos Antonio Rodríguez García.*

<http://scielo.sld.cu>

<https://revmedmilitar.sld.cu>



Análisis formal: *Yanetsy Córdova Rodríguez, Alejandro García Pérez.*

Adquisición de fondos: *Raymed Antonio Bacallao Méndez.*

Investigación: *Raymed Antonio Bacallao Méndez.*

Metodología: *Carlos Antonio Rodríguez García, Yanetsy Córdova Rodríguez.*

Administración del proyecto: *Raymed Antonio Bacallao Méndez.*

Recursos: *Alejandro García Pérez.*

Software: *Alejandro García Pérez.*

Supervisión: *Raymed Antonio Bacallao Méndez, Yanetsy Córdova Rodríguez, Alejandro García Pérez.*

Validación: *Carlos Antonio Rodríguez García.*

Visualización: *Alejandro García Pérez, Yanetsy Córdova Rodríguez.*

Redacción – borrador original: *Raymed Antonio Bacallao Méndez, Yanetsy Córdova Rodríguez, Alejandro García Pérez.*

Redacción – revisión y edición: *Carlos Antonio Rodríguez García.*

Declaración de disponibilidad de datos

No hay datos asociados al presente trabajo.