

<https://doi.org/10.69639/arandu.v11i2.317>

Biomarcadores y valores antropométricos para la tasa de filtrado glomerular

Biomarkers and anthropometric values for glomerular filtration rate

Irma Gisella Parrales Pincay

irma.parrales@unesum.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-5318-593X>

Facultad de ciencias de la salud
Universidad Estatal Del Sur De Manabí
Jipijapa-Ecuador

Joselyn Maribel Llinin Llinin

llinin-joselyn1073@unesum.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0003-2624-2331>

Facultad de ciencias de la salud
Universidad Estatal Del Sur De Manabí
Jipijapa-Ecuador

Paola Rosalía Jiménez Pezantez

Jimenez-paola4493@unesum.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0006-0818-6761>

Facultad de ciencias de la salud
Universidad Estatal Del Sur De Manabí
Jipijapa-Ecuador

Jayni Yanina Campuzano Loor

Campuzano-jayni6484@unesum.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0005-7012-920X>

Facultad de ciencias de la salud
Universidad Estatal Del Sur De Manabí
Jipijapa-Ecuador

Lcdo. Jhon Bryan Mina Ortiz, Mg.

jhon.mina@unesum.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-3455-2503>

Facultad Ciencias de la Salud
Universidad Estatal del Sur de Manabí
Ecuador

Artículo recibido: 20 agosto 2024 - Aceptado para publicación: 26 septiembre 2024
Conflictos de intereses: Ninguno que declarar

RESUMEN

Los biomarcadores y los valores antropométricos son herramientas fundamentales para evaluar la tasa de filtración glomerular (TFG), un indicador clave de la función renal. La evaluación precisa de la TFG es crucial para la detección y el monitoreo de la enfermedad renal crónica. Este estudio tuvo como objetivo principal evaluar el uso de biomarcadores, como la creatinina sérica y la cistatina C, y los factores antropométricos, como peso y edad, en la estimación de la TFG. La metodología aplicada fue de carácter exploratorio, con un diseño narrativo documental y un


enfoque explicativo. Los resultados revelaron que tanto la creatinina sérica como la cistatina C pueden ser útiles como marcadores para estimar la TFG; sin embargo, su precisión depende del contexto y la población estudiada. Asimismo, se identificó que factores como el peso y la edad influyen significativamente en la estimación de la TFG, sugiriendo la necesidad de ajustar estos valores para mejorar la precisión en distintas poblaciones. Las ecuaciones CKD-EPI, MDRD y EKFC fueron frecuentemente mencionadas en los estudios revisados, destacando la ecuación CKD-EPI como la más utilizada, probablemente debido a su fiabilidad en una amplia gama de escenarios clínicos. En conclusión, ambos biomarcadores tienen valor clínico para la estimación de la TFG, pero es esencial considerar las características específicas de cada población al seleccionar el método de evaluación más adecuado. Esta revisión subraya la importancia de ajustar los factores antropométricos y de utilizar ecuaciones precisas para asegurar evaluaciones adecuadas de la función renal en diversos grupos de pacientes.

Palabras claves: filtración glomerular, creatinina, Cistatina C, marcadores, enfermedad renal

ABSTRACT

Biomarkers and anthropometric values are key tools for assessing glomerular filtration rate, which is an important measure of kidney function, and screening is crucial for detecting and monitoring chronic kidney disease. The main objective of the study was to evaluate biomarkers and anthropometric values in the estimation of glomerular filtration rate. The methodology applied was of an exploratory and explanatory nature and narrative type of documentary design. The results revealed that creatinine and cystatin C values suggest that both markers may be useful, but their accuracy may depend on the context and population of the study: This table details how anthropometric values, such as weight and age, affect GFR estimation in different populations, the variability in weight and age suggests that these factors should be carefully considered when estimating GFR: the CKD-EPI, MDRD and EKFC equations were the ones recurrently mentioned, however, the CKD-EPI equation was widely used. It was concluded that serum creatinine and cystatin C estimation of glomerular filtration rate (GFR) show that both markers have clinical value, but their accuracy varies according to the context and the population studied: The variability observed in these values between different populations underscores the need to adjust these variables to obtain accurate estimates: The CKD-EPI, MDRD, and EKFC equations are commonly used to calculate GFR in various populations, with the CKD-EPI equation being the most widely used.

Keywords: glomerular filtration, creatinine, cystatin C, markers, renal disease

Todo el contenido de la Revista Científica Internacional Arandu UTIC publicado en este sitio está disponible bajo licencia Creative Commons Attribution 4.0 International. 

INTRODUCCIÓN

La Asociación ASN, ERA-EDTA e ISN estiman que más de 850 millones de personas (11% de la población) en todo el mundo padecen enfermedad renal crónica, los casos de mortalidad y morbilidad ha aumentado a nivel mundial (Foreman et al., 2019).

La evaluación precisa de la función renal es fundamental para el diagnóstico, la estadificación y el tratamiento de la enfermedad renal crónica (ERC), y la tasa de filtración glomerular (TFG) se ha convertido en la medida preferida de la función renal. La toma de muestras de líquido para eliminar la inulina se ha convertido en el "estándar de oro" para medir la TFG (D. Li et al., 2019).

La tasa de filtración glomerular (TFG) se define como la cantidad total de ultrafiltrado producido por todos los glomérulos en ambos riñones en 1 minuto. Se considera la mejor medida integral de la función renal en condiciones de salud y enfermedad y es el estándar de oro para la evaluación de la función renal (Ma et al., 2021).

La creatinina, el biomarcador más comúnmente utilizado, depende en gran medida de la masa muscular, esto no se aplica a la cistatina C, que es ventajosa para la creatinina en escenarios donde la masa muscular es atípica, pero tiene otras desventajas, probablemente debido a las diferencias en los determinantes extrarrenales, investigaciones recientes indican que ambos biomarcadores son complementarios hasta cierto punto, lo que lleva a una precisión aproximadamente un 10 % mayor de las ecuaciones de estimación de la TFG que combinan los dos marcadores o al calcular la media de la TFG estimada (eTFG) basada en cistatina C y creatinina (den Bakker et al., 2019).

En 2022, Qu et al. realizaron un estudio en China titulado "Estimated Glomerular Filtration Rate is a Biomarker", utilizando una metodología de casos y controles. Se incluyeron 508 pacientes con enfermedad renal crónica (ERC) y 168 controles sanos. Los resultados mostraron que la TFG estimada (eGFR) se calculó en función de los niveles de creatinina sérica mediante la ecuación de la Colaboración de Epidemiología de Enfermedad Renal Crónica (CKD-EPI). Aquellos pacientes cuyo eGFR era inferior a 60 mL/min/1.73 m² fueron considerados con insuficiencia renal significativa (Qu et al., 2023).

En otro estudio realizado en 2022 en Estados Unidos, Potok et al. analizaron las diferencias en la estimación de la TFG basada en cistatina C y creatinina, y la relación con la cantidad de músculo y estado funcional en adultos mayores. La metodología aplicada fue de cohorte y se incluyeron a 2970 adultos, y se estimó la TFG mediante la ecuación CKD.EPI, Los resultados demostraron que la TFG estimada con creatinina y cistatina C tiene una gran diferencia, además, los participantes en el grupo con eGFRDiff negativo (≤ -10 mL/min/1.73 m²) tenían más probabilidades de presentar comorbilidades, una marcha más lenta y un peor estado funcional (Potok et al., 2022)

En 2019, Castillo et al. llevaron a cabo un estudio en Argentina titulado "Cálculo dinámico del filtrado glomerular en los pacientes" mediante una metodología retrospectiva que incluyó a 813 pacientes. Los resultados revelaron una incidencia de enfermedad crónica (EC) del 41,1 %. La edad, el sexo y la presencia de comorbilidades no afectaron significativamente la tasa de presentación de EC, pero la TFG dinámica (TFGD) de este grupo de pacientes fue significativamente menor (mediana: 50,7 mL/min vs. 57,9 mL/min, $p < 0,01$), siendo esta variable un predictor independiente de mortalidad (Castillo et al., 2019).

La TFG se puede medir por el aclaramiento renal o sérico de marcadores de filtración exógenos como la inulina y el iohexol, pero los llamados valores de TFG medidos (mTFG) son engorrosos y costosos de derivar en la rutina clínica, las ecuaciones de eGFR más aceptadas son las ecuaciones de modificación de la dieta en la enfermedad renal (MDRD), y la colaboración de epidemiología de la enfermedad renal crónica (CKD-EPI), que pueden proporcionar estimaciones de eGFR aceptables para la población norteamericana (D.-Y. Li et al., 2019).

Ante lo expuesto, el propósito de este estudio fue evaluar la eficiencia de diferentes biomarcadores y valores antropométricos la estimación de la tasa de filtración glomerular en pacientes con diversas condiciones renales. Por tanto, se origina la siguiente pregunta ¿Cuál es la precisión y confiabilidad de diferentes biomarcadores y valores antropométrico en la estimación de la tasa de filtración glomerular?

METODOLOGÍA

Diseño y tipo de estudio

Revisión narrativa documental de carácter exploratorio y nivel explicativo.

Criterios de elegibilidad

Criterios de inclusión

- Artículos, libros con acceso completo.
- Documentos científicos disponibles en bases de datos especializadas.
- Estudios relevantes al tema previamente definido.

Criterios de exclusión

- No se incluyeron resúmenes.
- Trabajos o tesis de titulación.
- Documentos que no permiten acceso gratuito.
- Investigaciones realizadas en animales.
- Estudios de sitios web.

Análisis de la información

Los investigadores buscaron títulos y resúmenes de forma independiente. Después de analizar cada estudio, los estudios se evaluaron individualmente para su inclusión en la lectura

del texto completo. Luego se utilizó Microsoft Excel 2010, para crear una base de datos que contiene información como año, título, base de dato, población, prevalencia, pruebas, ecuaciones. Luego se sintetizaron los estudios revisados con el objetivo de obtener la información específica y necesaria para la revisión. Los desacuerdos en el proceso de selección de los estudios se resolvieron mediante el diálogo y el consenso de los investigadores. Luego se sintetizaron los estudios revisados con el objetivo de obtener la información específica y necesaria para la revisión. Los desacuerdos en el proceso de selección de los estudios se resolvieron mediante el diálogo y el consenso de los investigadores.

Estrategias de búsqueda

Archivos científicos ampliamente investigados en inglés y español que cubren los últimos 5 años de publicaciones (2019-2024). Se revisaron revistas indexadas como Google Scholar, PubMed, Scielo, Web Of Science, Sciencedirect y NCBI. Adicionalmente, se analizaron sitios web y libros. Se agregaron términos MESH, como: Creatinine, cystatin C, elderly, estimated glomerular filtration rate (eGFR) y se utilizaron operadores booleanos como AND y OR. Los artículos fueron seleccionados con base en las variables mencionadas en el título y objetivos de la investigación. En total, durante el registro se incautaron 100 documentos. Después del análisis, se seleccionaron 80 datos importantes que estaban estrechamente relacionados con el tema en cuestión. Con esta información se creó una base de datos en Microsoft Excel para obtener los datos requeridos en función de las variables definidas en el objetivo.

Consideraciones éticas

Como parte de consideraciones éticas, se siguen estrictamente las Directrices de las normas de citación para garantizar que se respeten los derechos de autor al citar información cuidadosamente. Además, se incorporan los principios de buenas prácticas de publicación de investigaciones y se cumplen estrictamente las reglas éticas formales con respecto a la recopilación de datos primarios.

RESULTADOS

Tabla 1

Precisión de la creatinina sérica y la Cistatina c en la tasa de filtración glomerular

Referencia	País	Metodología	N°	Creatinina	Cistatina C
Cheuiche, A y col.(Cheuiche et al., 2019)	Brasil	Estudio descriptivo	1744	4.1	8.7
Mooney, J y col.(Mooney et al., 2019)	Australia	Estudio descriptivo	1010	0.9	1.12
Silveiro y Zelmanovitz.(Silveiro & Zelmanovitz, 2019)	Brasil	Estudio descriptivo	17	3.2	4.1

Zou, L y col.(Zou et al., 2020)	China	Estudio descriptivo	23.667	1.88	1.89
Kang, E y col.(Kang et al., 2020)	Corea del Sur	Estudio observacional de cohorte	1069	1.31	1.12
Wang, Y y col.(Wang et al., 2021)	Singapur	estudio retrospectivo	557	0.52	0.58
Uçucu y Ayan.(Uçucu & Ayan, 2021)	Turquía	Estudio descriptivo	130	1.0	0.9
Chen, D y col.(Chen et al., 2022)	Estados Unidos	Estudio descriptivo	202	87.2	84.6
Fu, E y col.(Fu et al., 2023)	Estados Unidos	Estudio descriptivo	9404	1.4	1.73
Wang, Y y col.(Wang et al., 2023)	Estados Unidos	Studio transversal	851	86.8	89.1
Gottlieb, E y col.(Gottlieb et al., 2023)	Reino Unido	Estudio observacional de cohorte	1783	0.83	0.75
Potok, O y col.(Potok et al., 2023)	Estados Unidos	Estudio prospectivo	657	1,06	1,41
Carrero, J y col.(Carrero et al., 2023)	Estocolmo	Observacional	158.601	1.4	2.6
Yan, A y col.(Yan et al., 2024)	Estados Unidos	Estudio descriptivo	44721	1.3	2.1

La Tabla 1: Presente investigaciones que han comparado la precisión con las cuales la creatinina sérica y la cistatina C estima el filtrado glomerular. Una variedad de estudios está cubierta en la revisión, que difieren en la ubicación de los países, el enfoque metodológico, la población y el tamaño de la muestra. En estudios realizados en los Estados Unidos, los valores de creatinina y cistatina C parecen ser más altos. Esto puede deberse al mayor tamaño de la muestra o a características peculiares de las poblaciones bajo estudio. La variabilidad en los niveles de creatinina y cistatina C sugiere que ambos marcadores pueden ser útiles para estimar el filtrado glomerular, pero su precisión puede ser variable en función del contexto clínico y de estudiadas poblaciones.

Tabla 2

Valores antropométricos que afectan la estimación de la tasa de filtración glomerular

Referencia	País	Metodología	Sexo	Edad	Peso
Marzuillo, P y col.(Marzuillo et al., 2019)	Italia	Retrospectivo, transversal	Masc: 2957	3-18	94 kg
Anggraini y Adelin.(Anggraini & Adelin, 2023)	Indonesia	Retrospectivo	Masc: 42	60	Mas de 95 kg

Nyman, U y col.(Nyman et al., 2019)	Suecia	Estudio comparativo	Masc: 3495	45-59	85 kg
Iacone, R y col.(Iacone et al., 2020)	Italia	Estudio descriptivo	Fem: 33 Masc: 33	60	173 kg 87-90 kg
Jamshidi, P y col.(Jamshidi et al., 2020)	Irán	Estudio descriptivo	Masc: 1635 Fem; 1887	Tener entre 60-90	100 kg
Rasalkar, K y col.(Rasalkar1 et al., 2020)	Turquía	Estudio descriptivo	Masc: 124 Fem: 137	45-75	Mas de 82 kg
Zapatero, A y col.(Zapatero et al., 2021)	España	Estudio descriptivo, retrospectivo	Masc: 370 Fem: 127	Mayores de 65	85-95 kg
Björk, J y col.(Björk et al., 2021)	Suecia	Estudio descriptivo	Masc: 40	18-39	75 kg
Domislovic, M y col.(Domislovic et al., 2022)	Croacia	Estudio transversal	Masc: 1055 Fem: 1003	25-30	Mayor a 74 kg Mayor a 70 kg
Vela, S y col.(Vela-Bernal et al., 2023)	España	Retrospectivo, transversal	Masc: 49 Fem: 66	57-73	201 kg 118 kg

La Tabla 2: Respecto a los factores antropométricos, la edad, el peso y el sexo, presenta estudios que evalúan su influencia en la estimación de la Tasa de Filtración Glomerular en distintas colectividades. Los países y metodologías empleadas constituyen una diversidad en los contextos clínicos y las poblaciones de referencia. Por otro lado, los valores de peso y edad presentan desviaciones considerables, lo que indica que se deben añadir como factores de corrección en las fórmulas de los intervalos a medir. En consecuencia, se intenta destacar la necesidad de considerar fórmulas individualizadas para el tamaño y las características propias de cada colectividad en lugar de emplear los límites etarios ponderados.

Tabla 3

Ecuaciones con creatinina y cistatina C para la cuantificación la tasa de filtración glomerular

Referencia	Población	Ecuaciones	Estadíos				
			G1 normal aumentada (>90)	TFG G2 leve (60-89)	G3 moderada (30-59)	TFG G4 severa (15-29)	TFG G5 avanzada terminal (<15)
Inker, L y col.(Inker et al., 2021)	5721	CKD-EPI 2012 for eGFRcys and eGFRcr-cys	2334	1722	1026	331	308
Ebert y Schaeffner.(Ebert & Schaeffner, 2019)	113	(CKD-EPI)	44	20	13	17	19
Bukabau, J y col.(Bukabau et al., 2019)	284	(MDRD). (CKD-EPI)	116	50	39	40	39
Borjas, J y col.(Borjas et al., 2019)	30	(CKD-EPI) MDRD equation CG	11	5	5	6	3
Swolinsky, J y col.(Swolinsky et al., 2021)	50	(MDRD). (CKD-EPI)	17	10	6	9	8
Lee, H y col.(Lee et al., 2023)	212	(CKD-EPI) MDRD equation	75	32	40	50	15
Beunders, R y col.(Beunders et al., 2023)	1354	(MDRD). (CKD-EPI)	811	356	46	70	71
Lee, H y col.(Lee et al., 2023)	148	(CKD-EPI) (EKFC)	44	36	31	20	17
Chen, D y col.(Chen et al., 2024)	34	Baseline eGFRdiff	10	6	5	6	3
Delanaye, P y col.(Delanaye et al., 2024)	60	(CKD-EPI) (EKFC)	25	11	10	10	4
Pottel, H y col.(Pottel et al., 2024)	113	(EKFC)	40	37	13	15	8

Chronic Kidney Disease Epidemiology Collaboration (CKD-EPI), European Kidney Function Consortium (EKFC) equation, (CG) Cockcroft-Gault equation, (MCQ) Mayo Clinic Quadratic equation., Modification of Diet in Renal Disease (MDRD).

La Tabla 3: En general, la revisión de la tabla contiene ecuaciones que se utilizan in vivo para calcular la TFG en función de los valores de la creatinina y la cistatina C. Se aplican a diferentes cohortes, que cubren todos los grupos TFG, desde normal o incrementado a expansión o terminal. La ecuación CKD-EPI es el ejemplo más mencionado y reportado, y esto se debe a su uso generalizado en cada práctica clínica, pero solo cuando el número de pacientes es grande. Otras ecuaciones, CKD-MDRD y CKD-EKFC, también se repiten in vivo, y esto confirma una

vez más la importancia de seleccionar la ecuación correcta para una evaluación precisa de la función renal con diferentes factores en pacientes considerados.

DISCUSIÓN

Se recopilaron un total de 52 artículos a lo largo del estudio, los cuales se distribuyeron para abordar los resultados y abordar la fundamentación teórica, el objetivo principal del estudio fue evaluar los biomarcadores y valores antropométricos en la estimación de la tasa de filtración glomerular. Se abordó sobre la precisión de la creatinina y cistatina C, valores antropométricos que afectan la TFG y las ecuaciones con creatinina y cistatina C.

En cuanto al primer objetivo, relacionado con la precisión de la creatinina y la cistatina C, estudios como los de Cheuiche, A y col.(Cheuiche et al., 2019), Silveiro y Zelmanovitz.(Silveiro & Zelmanovitz, 2019), Kang, E y col.(Kang et al., 2020) y Uçucu y Ayan.(Uçucu & Ayan, 2021) indican que la precisión de ambos marcadores es elevada; sin embargo, esta depende del contexto y de la población estudiada. Esto coincide con los hallazgos de Spencer, S y col.(Spencer et al., 2023) quienes reportan que la precisión de la TFG utilizando cistatina C alcanzó el 84.5%. Del mismo modo, Adingwupu, O y col.(Adingwupu et al., 2023) señalan que la precisión de la TFG utilizando creatinina es alta, alcanzando el 89%.

Por otro lado, existen discrepancias en la literatura. Scarr, Daniel y col.(Scarr et al., 2023) reportan una precisión significativamente menor del 46% para la TFG utilizando creatinina. Por otro lado, Hazer, B y col.(Hazer et al., 2023) también encontraron que la TFG calculada con creatinina urinaria de 24 horas mostró una precisión del 52.54%. Estas discrepancias sugieren que, si bien tanto la creatinina como la cistatina C son útiles, la precisión de los biomarcadores puede variar considerablemente según el método de medición y la población.

Respecto al segundo objetivo, que aborda los valores antropométricos que afectan la TFG, Marzuillo, P y col.(Marzuillo et al., 2019), Nyman, U y col.(Nyman et al., 2019), Jamshidi, P y col.(Jamshidi et al., 2020) y Zapatero, A y col.(Zapatero et al., 2021) indican que el exceso de peso afecta gradualmente los valores de TFG, especialmente en pacientes que superan los 95 kg. Así mismo Koch, Vera.(Koch, 2021) también menciona que, en personas con un peso de 102 kg y problemas cardiovasculares concomitantes, la TFG se ve significativamente afectada.

Sin embargo, hay estudios que ofrecen una perspectiva diferente. Lin, Y y col.(Lin et al., 2019) informan que, en pacientes con enfermedad renal crónica, obesidad y resistencia a la insulina que se sometieron a cirugía bariátrica, no se observó un cambio inmediato en la TFG. En contraste, Fukuma, S y col.(Fukuma et al., 2020) demuestran una asociación clara entre el aumento del índice de masa corporal (IMC) y la disminución del eGFR, lo que subraya la influencia del peso corporal en la función renal.

Finalmente, en relación con el tercer objetivo sobre las ecuaciones para la cuantificación de la TFG utilizando creatinina y cistatina C, diversos estudios como los de Inker, L y col.(Inker

et al., 2021), Bukabau, J y col.(Bukabau et al., 2019), Swolinsky, J y col.(Swolinsky et al., 2021) y Beunders, R y col.(Beunders et al., 2023) demostraron que las ecuaciones cuantificadas tanto con Cistatina C y Creatinina fueron muy acertadas. Así mismo Pöge, U y col.(Pöge et al., 2008) también subrayan la precisión y exactitud de las fórmulas de TFG basadas en cistatina C en cohortes sin trasplante.

No obstante, Pottel, H y col.(Pottel et al., 2023) indican que la ecuación eGFR_{cys} de EKFC mejoró la precisión de la evaluación de la TFG en comparación con las ecuaciones de uso común. Sin embargo, Ntaios, G y col.(Ntaios et al., 2024) señalan que las ecuaciones CKD-EPI cuantificadas con cistatina C suelen ser más precisas con el riesgo cardiovascular en comparación con la ecuación MDRD que utiliza creatinina

CONCLUSIONES

La comparación de la creatinina sérica y la cistatina C indican que ambos biomarcadores tienen un valor clínico significativo, pero la precisión presentó una variabilidad en relación con la población estudiada, lo que sugiere la importancia de considerar las características específicas de cada población al seleccionar un biomarcador para la estimación de la tasa de filtración glomerular

Los factores de riesgo como el sobrepeso y la edad tienen un impacto significativamente alto en la estimación de la tasa de filtración glomerular, la variabilidad observada en estos valores entre diferentes poblaciones subraya la necesidad de ajustar estas variables para obtener estimaciones precisas, esto es crucial para asegurar que las evaluaciones de la TFG sean relevantes y exactas en distintas poblaciones.

Las ecuaciones CKD-EPI, MDRD y EKFC son comúnmente utilizadas para calcular la TFG en diversas poblaciones, con la ecuación CKD-EPI siendo la más ampliamente empleada y con la mayor cantidad de participantes reportados en los estudios. Esta prevalencia indica que la ecuación CKD-EPI es preferida en contextos clínicos, probablemente debido a su fiabilidad y precisión en una amplia gama de escenarios.

REFERENCIAS

- Adingwupu, O. M., Barbosa, E. R., Palevsky, P. M., Vassalotti, J. A., Levey, A. S., & Inker, L. A. (2023). Cystatin C as a GFR Estimation Marker in Acute and Chronic Illness: A Systematic Review. *Kidney Medicine*, 5(12).
<https://doi.org/10.1016/j.xkme.2023.100727>
- Anggraini, D., & Adelin, P. (2023). Correlation between Anthropometric Measurement and Kidney Function in the Elderly to Detection of Chronic Kidney Disease. *INDONESIAN JOURNAL OF CLINICAL PATHOLOGY AND MEDICAL LABORATORY*, 29(3), Article 3. <https://doi.org/10.24293/ijcpml.v29i3.2019>
- Beunders, R., Donato, L. J., Groenendaal, R. van, Arlt, B., Carvalho-Wodarz, C., Schulte, J., Coolen, A. C., Lieske, J. C., Meeusen, J. W., Jaffe, A. S., & Pickkers, P. (2023). Assessing GFR With Proenkephalin. *Kidney International Reports*, 8(11), 2345-2355.
<https://doi.org/10.1016/j.ekir.2023.08.006>
- Björk, J., Nyman, U., Larsson, A., Delanaye, P., & Pottel, H. (2021). Estimation of the glomerular filtration rate in children and young adults by means of the CKD-EPI equation with age-adjusted creatinine values. *Kidney International*, 99(4), 940-947.
<https://doi.org/10.1016/j.kint.2020.10.017>
- Borjas, J., Lugo, E., Llamazares, L., & Martínez, M. (2019). Performance of the equations to estimate the glomerular filtration rate in Mexican patients receiving kidney transplantation. *Gaceta Médica de México*, 155(3).
<https://doi.org/10.24875/GMM.M18004335>
- Bukabau, J. B., Yayo, E., Gnionsahé, A., Monnet, D., Pottel, H., Cavalier, E., Nkodila, A., Makulo, J. R. R., Mokoli, V. M., Lepira, F. B., Nseka, N. M., Krzesinski, J.-M., Sumaili, E. K., & Delanaye, P. (2019). Performance of creatinine- or cystatin C–based equations to estimate glomerular filtration rate in sub-Saharan African populations. *Kidney International*, 95(5), 1181-1189. <https://doi.org/10.1016/j.kint.2018.11.045>
- Carrero, J.-J., Fu, E. L., Sang, Y., Ballew, S., Evans, M., Elinder, C.-G., Barany, P., Inker, L. A., Levey, A. S., Coresh, J., & Grams, M. E. (2023). Discordances Between Creatinine- and Cystatin C–Based Estimated GFR and Adverse Clinical Outcomes in Routine Clinical Practice. *American Journal of Kidney Diseases*, 82(5), 534-542.
<https://doi.org/10.1053/j.ajkd.2023.04.002>
- Castillo, Y., Delfino, F. A., Mauro, V. M., Trevisani, H., Fairman, E. B., Charask, A. A., Raffaeli, A., Barrero, C. M., Castillo Costa, Y. B., Delfino, F. A., Mauro, V. M., Trevisani, H., Fairman, E. B., Charask, A. A., Raffaeli, A., & Barrero, C. M. (2019). Cálculo dinámico del filtrado glomerular en los pacientes con insuficiencia cardíaca descompensada. *Revista argentina de cardiología*, 87(2), 131-136.

<https://doi.org/10.7775/rac.es.v87.i2.13811>

- Chen, D. C., Lu, K., Scherzer, R., Lees, J. S., Rutherford, E., Mark, P. B., Potok, O. A., Rifkin, D. E., Ix, J. H., Shlipak, M. G., & Estrella, M. M. (2024). Cystatin C- and Creatinine-based Estimated GFR Differences: Prevalence and Predictors in the UK Biobank. *Kidney Medicine*, 6(4). <https://doi.org/10.1016/j.xkme.2024.100796>
- Chen, D. C., Potok, O. A., Rifkin, D., & Estrella, M. M. (2022). Advantages, Limitations, and Clinical Considerations in Using Cystatin C to Estimate GFR. *Kidney360*, 3(10), 1807. <https://doi.org/10.34067/KID.0003202022>
- Cheuiche, A. V., Queiroz, M., Azeredo-da-Silva, A. L. F., & Silveiro, S. P. (2019). Performance of Cystatin C-Based Equations for Estimation of Glomerular Filtration Rate in Diabetes Patients: A Prisma-Compliant Systematic Review and Meta-Analysis. *Scientific Reports*, 9(1), Article 1. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-38286-9>
- Delanaye, P., Pottel, H., Cavalier, E., Flamant, M., Stehlé, T., & Mariat, C. (2024). Diagnostic standard: Assessing glomerular filtration rate. *Nephrology Dialysis Transplantation*, 39(7), 1088-1096. <https://doi.org/10.1093/ndt/gfad241>
- den Bakker, E., Gemke, R., van Wijk, J. A. E., Hubeek, I., Stoffel-Wagner, B., & Bökenkamp, A. (2019). Combining GFR estimates from cystatin C and creatinine-what is the optimal mix? *Pediatric Nephrology (Berlin, Germany)*, 33(9), 1553-1563. <https://doi.org/10.1007/s00467-018-3973-8>
- Domislovic, M., Domislovic, V., Fucek, M., Jelakovic, A., Gellineo, L., Dika, Z., & Jelakovic, B. (2022). Should the CKD EPI Equation Be Used for Estimation of the Glomerular Filtration Rate in Obese Subjects? *Kidney and Blood Pressure Research*, 47(10), 597-604. <https://doi.org/10.1159/000526115>
- Ebert, N., & Schaeffner, E. (2019). New biomarkers for estimating glomerular filtration rate. *Journal of Laboratory and Precision Medicine*, 3(0), Article 0. <https://doi.org/10.21037/jlpm.2018.08.07>
- Foreman, K. J., Marquez, N., Dolgert, A., Fukutaki, K., Fullman, N., McGaughey, M., Pletcher, M. A., Smith, A. E., Tang, K., Yuan, C.-W., Brown, J. C., Friedman, J., He, J., Heuton, K. R., Holmberg, M., Patel, D. J., Reidy, P., Carter, A., Cercy, K., ... Murray, C. J. L. (2019). Forecasting life expectancy, years of life lost, and all-cause and cause-specific mortality for 250 causes of death: Reference and alternative scenarios for 2016–40 for 195 countries and territories. *The Lancet*, 392(10159), 2052-2090. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)31694-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31694-5)
- Fu, E. L., Levey, A. S., Coresh, J., Elinder, C.-G., Rotmans, J. I., Dekker, F. W., Paik, J. M., Barany, P., Grams, M. E., Inker, L. A., & Carrero, J.-J. (2023). Accuracy of GFR Estimating Equations in Patients with Discordances between Creatinine and Cystatin C-

- Based Estimations. *Journal of the American Society of Nephrology*, 34(7), 1241. <https://doi.org/10.1681/ASN.000000000000128>
- Fukuma, S., Ikenoue, T., Bragg-Gresham, J., Norton, E., Yamada, Y., Kohmoto, D., & Saran, R. (2020). Body mass index change and estimated glomerular filtration rate decline in a middle-aged population: Health check-based cohort in Japan. *BMJ Open*, 10(9), e037247. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2020-037247>
- Gottlieb, E. R., Estiverne, C., Tolan, N. V., Melanson, S. E. F., & Mendu, M. L. (2023). Estimated GFR With Cystatin C and Creatinine in Clinical Practice: A Retrospective Cohort Study. *Kidney Medicine*, 5(3). <https://doi.org/10.1016/j.xkme.2023.100600>
- Hazer, B., Onder, F. O., Metli, N. B., Aslan, S. B., Yalcin, E., & Akyuz, M. (2023). Accuracy of the methods used to estimate glomerular filtration rate compared to 24-hour urinary creatinine clearance in patients with chronic spinal cord injury. *The Journal of Spinal Cord Medicine*, 46(2), 231-236. <https://doi.org/10.1080/10790268.2021.1975084>
- Iacone, R., Guida, B., Scanzano, C., Iaccarino Idelson, P., D'Elia, L., Barbato, A., & Strazzullo, P. (2020). Estimation of glomerular filtration rate from skeletal muscle mass. A new equation independent from age, weight, gender, and ethnicity. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 30(12), 2312-2319. <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2020.07.027>
- Inker, L. A., Eneanya, N. D., Coresh, J., Tighiouart, H., Wang, D., Sang, Y., Crews, D. C., Doria, A., Estrella, M. M., Froissart, M., Grams, M. E., Greene, T., Grubb, A., Gudnason, V., Gutiérrez, O. M., Kalil, R., Karger, A. B., Mauer, M., Navis, G., ... Levey, A. S. (2021). New Creatinine- and Cystatin C–Based Equations to Estimate GFR without Race. *New England Journal of Medicine*. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa2102953>
- Jamshidi, P., Najafi, F., Mostafaei, S., Shakiba, E., Pashar, Y., Hamzeh, B., & Moradinazar, M. (2020). Investigating associated factors with glomerular filtration rate: Structural equation modeling. *BMC Nephrology*, 21, 30. <https://doi.org/10.1186/s12882-020-1686-2>
- Kang, E., Han, S. S., Kim, J., Park, S. K., Chung, W., Oh, Y. K., Chae, D.-W., Kim, Y.-S., Ahn, C., & Oh, K.-H. (2020). Discrepant glomerular filtration rate trends from creatinine and cystatin C in patients with chronic kidney disease: Results from the KNOW-CKD cohort. *BMC Nephrology*, 21(1), 280. <https://doi.org/10.1186/s12882-020-01932-4>
- Koch, V. H. (2021). Obesity Facts and Their Influence on Renal Function Across the Life Span. *Frontiers in Medicine*, 8, 704409. <https://doi.org/10.3389/fmed.2021.704409>
- Lee, H.-S., Bae, G.-E., Lee, J. E., & Park, H.-D. (2023). Effect of Two Cystatin C Reagents and Four Equations on Glomerular Filtration Rate Estimations After Standardization. *Annals of Laboratory Medicine*, 43(6), 565-573. <https://doi.org/10.3343/alm.2023.43.6.565>

- Li, D., Yin, W., Yi, Y., Zhang, B., Zhao, J., Zhu, C., Ma, R., Zhou, L., Xie, Y., Wang, J., Zuo, S., Liu, K., Hu, C., Zhou, G., & Zuo, X. (2019). Development and validation of a more accurate estimating equation for glomerular filtration rate in a Chinese population. *Kidney International*, 95(3), 636-646. <https://doi.org/10.1016/j.kint.2018.10.019>
- Lin, Y.-C., Lai, Y.-J., Lin, Y.-C., Peng, C.-C., Chen, K.-C., Chuang, M.-T., Wu, M.-S., & Chang, T.-H. (2019). Effect of weight loss on the estimated glomerular filtration rates of obese patients at risk of chronic kidney disease: The RIGOR-TMU study. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*, 10(4), 756-766. <https://doi.org/10.1002/jcsm.12423>
- Ma, Y., Zhan, J., & Xu, G. (2021). Reference values of glomerular filtration rate for healthy adults in southern China: A cross-sectional survey. *Therapeutic Advances in Chronic Disease*, 12, 20406223211035287. <https://doi.org/10.1177/20406223211035287>
- Marzuillo, P., Grandone, A., Di Sessa, A., Guarino, S., Diplomatico, M., Umamo, G. R., Polito, C., La Manna, A., Perrone, L., & Miraglia del Giudice, E. (2019). Anthropometric and Biochemical Determinants of Estimated Glomerular Filtration Rate in a Large Cohort of Obese Children. *Journal of Renal Nutrition*, 28(5), 359-362. <https://doi.org/10.1053/j.jrn.2018.01.001>
- Mooney, J. F., Croal, B. L., Cassidy, S., Lee, V. W., Chow, C. K., Cuthbertson, B. H., & Hillis, G. S. (2019). Relative value of cystatin C and creatinine-based estimates of glomerular filtration rate in predicting long-term mortality after cardiac surgery: A cohort study. *BMJ Open*, 9(9), e029379. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2019-029379>
- Ntaios, G., Brederecke, J., Ojeda, F. M., Zeller, T., Blankenberg, S., & Schnabel, R. B. (2024). New race-free creatinine- and cystatin C-based equations for the estimation of glomerular filtration rate and association with cardiovascular mortality in the AtheroGene study. *Internal and Emergency Medicine*, 19(3), 697-703. <https://doi.org/10.1007/s11739-023-03529-9>
- Nyman, U., Grubb, A., Lindström, V., & Björk, J. (2019). Accuracy of GFR estimating equations in a large Swedish cohort: Implications for radiologists in daily routine and research. *Acta Radiologica*, 58(3), 367-375. <https://doi.org/10.1177/0284185116646143>
- Pöge, U., Gerhardt, T., & Woitas, R. P. (2008). Equations to Estimate GFR Using Serum Cystatin C in Kidney Transplant Recipients. *American Journal of Kidney Diseases*, 52(2), 383-384. <https://doi.org/10.1053/j.ajkd.2008.04.030>
- Potok, O. A., Ix, J. H., Shlipak, M. G., Bansal, N., Katz, R., Kritchevsky, S. B., & Rifkin, D. E. (2022). Cystatin C- and Creatinine-Based Glomerular Filtration Rate Estimation Differences and Muscle Quantity and Functional Status in Older Adults: The Health, Aging, and Body Composition Study. *Kidney Medicine*, 4(3), 100416. <https://doi.org/10.1016/j.xkme.2022.100416>

- Potok, O. A., Rifkin, D. E., Ix, J. H., Shlipak, M. G., Satish, A., Schneider, A., Mielke, N., Schaeffner, E., & Ebert, N. (2023). Estimated GFR Accuracy When Cystatin C– and Creatinine-Based Estimates Are Discrepant in Older Adults. *Kidney Medicine*, 5(5), 100628. <https://doi.org/10.1016/j.xkme.2023.100628>
- Pottel, H., Björk, J., Rule, A. D., Ebert, N., Eriksen, B. O., Dubourg, L., Vidal-Petiot, E., Grubb, A., Hansson, M., Lamb, E. J., Littmann, K., Mariat, C., Melsom, T., Schaeffner, E., Sundin, P.-O., Åkesson, A., Larsson, A., Cavalier, E., Bukabau, J. B., ... Delanaye, P. (2023). Cystatin C–Based Equation to Estimate GFR without the Inclusion of Race and Sex. *New England Journal of Medicine*, 388(4), 333-343. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa2203769>
- Pottel, H., Delanaye, P., & Cavalier, E. (2024). Exploring Renal Function Assessment: Creatinine, Cystatin C, and Estimated Glomerular Filtration Rate Focused on the European Kidney Function Consortium Equation. *Annals of Laboratory Medicine*, 44(2), 135. <https://doi.org/10.3343/alm.2023.0237>
- Qu, Y., Qin, Q.-X., Wang, D.-L., Li, J.-T., Zhao, J.-W., An, K., Li, J.-Y., Mao, Z.-J., Min, Z., Xiong, Y.-J., & Xue, Z. (2023). Estimated glomerular filtration rate is a biomarker of cognitive impairment in Parkinson’s disease. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 15. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2023.1130833>
- Rasalkar¹, K., Kashamsetty², N., B., & Karthik³, i S. (2020). Influence of Anthropometric Measurements on Serum Creatinine, Urea and eGFR in Healthy Adolescent Subjects. *Journal of Evidence based Medicine and Healthcare*, 7(36), 1-5.
- Safdar, A., Akram, W., Ahmad Khan, M., & Muhammad, S. (2023). Optimal Glomerular Filtration Rate Equations for Various Age Groups, Disease Conditions and Ethnicities in Asia: A Systematic Review. *Journal of Clinical Medicine*, 12(5), Article 5. <https://doi.org/10.3390/jcm12051822>
- Scarr, D., Lovblom, L. E., Bjornstad, P., Perkins, B. A., Kugathasan, L., Cherney, D. Z. I., & Lovshin, J. A. (2023). Estimated glomerular filtration rate calculated by serum creatinine lacks precision and accuracy in adults with type 2 diabetes with preserved renal function. *Journal of Diabetes and its Complications*, 37(9), 108562. <https://doi.org/10.1016/j.jdiacomp.2023.108562>
- Silveiro, S. P., & Zelmanovitz, T. (2019). Does twenty-four-hour biological variation of serum creatinine and cystatin C influence GFR estimation? *Journal of Laboratory and Precision Medicine*, 3(0), Article 0. <https://doi.org/10.21037/jlpm.2018.07.08>
- Spencer, S., Desborough, R., & Bhandari, S. (2023). Should Cystatin C eGFR Become Routine Clinical Practice? *Biomolecules*, 13(7), Article 7. <https://doi.org/10.3390/biom13071075>
- Swolinsky, J. S., Nerger, N. P., Leistner, D. M., Edelmann, F., Knebel, F., Tuvshinbat, E., Lemke, C., Roehle, R., Haase, M., Costanzo, M. R., Rauch, G., Mitrovic, V., Gasanin, E., Meier,

- D., McCullough, P. A., Eckardt, K.-U., Molitoris, B. A., & Schmidt-Ott, K. M. (2021). Serum creatinine and cystatin C-based estimates of glomerular filtration rate are misleading in acute heart failure. *ESC Heart Failure*, 8(4), 3070-3081. <https://doi.org/10.1002/ehf2.13404>
- Uçucu, S., & Ayan, D. (2021). Comparison of the diagnostic accuracy of CKD-EPI cystatin-C, CKD-EPI creatinine and 24-hour creatinine clearance for estimating GFR: A preliminary study. *Cukurova Medical Journal*, 46(1), Article 1.
- Vela-Bernal, S., Facchetti, R., Dell’Oro, R., Quarti-Trevano, F., Lurbe, E., Mancia, G., & Grassi, G. (2023). Anthropometric Measures of Adiposity as Markers of Kidney Dysfunction: A Cross-Sectional Study. *High Blood Pressure & Cardiovascular Prevention*, 30(5), 467-474. <https://doi.org/10.1007/s40292-023-00600-6>
- Wang, Y., Adingwupu, O. M., Shlipak, M. G., Doria, A., Estrella, M. M., Froissart, M., Gudnason, V., Grubb, A., Kalil, R., Mauer, M., Rossing, P., Seegmiller, J., Coresh, J., Levey, A. S., & Inker, L. A. (2023). Discordance Between Creatinine-Based and Cystatin C-Based Estimated GFR: Interpretation According to Performance Compared to Measured GFR. *Kidney Medicine*, 5(10), 100710. <https://doi.org/10.1016/j.xkme.2023.100710>
- Wang, Y., Levey, A. S., Inker, L. A., Jessani, S., Bux, R., Samad, Z., Khan, A. R., Karger, A. B., Allen, J. C., & Jafar, T. H. (2021). Performance and Determinants of Serum Creatinine and Cystatin C-Based GFR Estimating Equations in South Asians. *Kidney International Reports*, 6(4), 962-975. <https://doi.org/10.1016/j.ekir.2021.01.005>
- Yan, A. F., Williams, M. Y., Shi, Z., Oyekan, R., Yoon, C., Bowen, R., & Chertow, G. M. (2024). Bias and Accuracy of Glomerular Filtration Rate Estimating Equations in the US: A Systematic Review and Meta-Analysis. *JAMA Network Open*, 7(3), e241127. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2024.1127>
- Zapatero, A., Barba, R., Gonzalez, N., Losa, J. E., Plaza, S., Canora, J., & Marco, J. (2021). Influence of Obesity and Malnutrition on Acute Heart Failure. *Revista Española de Cardiología (English Edition)*, 65(5), 421-426. <https://doi.org/10.1016/j.rec.2011.09.014>
- Zou, L.-X., Sun, L., Nicholas, S. B., Lu, Y., K, S. S., & Hua, R. (2020). Comparison of bias and accuracy using cystatin C and creatinine in CKD-EPI equations for GFR estimation. *European Journal of Internal Medicine*, 80, 29-34. <https://doi.org/10.1016/j.ejim.2020.04.044>