



La ecuación de Cockcroft-Gault es preferible a la ecuación MDRD para medir el filtrado glomerular en la insuficiencia renal crónica avanzada

J. L. Teruel, J. Sabater, C. Galeano, M. Rivera, J. L. Merino, M. Fernández Lucas, R. Marcén y J. Ortuño

Servicio de Nefrología. Hospital Ramón y Cajal. Madrid.

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo es el estudio del grado de concordancia entre el filtrado glomerular medido como la media aritmética de los aclaramientos de urea y creatinina (AclUrCr), y las ecuaciones de Cockcroft-Gault clásica (CG clásica), Cockcroft-Gault corregida (CG corregida) y MDRD abreviada, en una población de enfermos con enfermedad renal crónica en estadio 4 y 5. El estudio ha sido realizado en 84 enfermos atendidos en la consulta de prediálisis. La variabilidad intermétodo ha sido estudiada mediante la diferencia relativa ($100 \times$ diferencia absoluta/media de los métodos analizados). En el grupo total, el filtrado glomerular considerado como la media de los aclaramientos de urea y creatinina fue de $13,5 \pm 5,1$ ml/min/1,73 m²; y el resultado de las diferentes ecuaciones fue: CG clásica $14,2 \pm 5$ ($p < 0,05$); CG corregida $12 \pm 4,2$ ($p < 0,01$) y MDRD $12,1 \pm 4,8$ ml/min/1,73 m² ($p < 0,01$). La variabilidad intermétodo de las diferentes ecuaciones con respecto al AclUrCr fue de $15,2 \pm 12,2\%$, $17,1 \pm 13,4\%$ y $19,3 \pm 13,3\%$ ($p < 0,05$), para CG clásica, CG corregida y MDRD respectivamente. El porcentaje de mediciones que caen dentro del 30% por encima o por debajo del valor conseguido con el método de referencia fue del 90% de las mediciones realizadas con la ecuación CG clásica, del 87% con la ecuación CG corregida y del 79% de las realizadas con la ecuación MDRD abreviada. El coeficiente de correlación intraclase entre la media de los aclaramientos de urea y creatinina y las distintas ecuaciones fue 0,86 para la ecuación CG clásica, 0,81 para la CG corregida y 0,77 para la MDRD. La variabilidad de la ecuación MDRD, pero no la de las otras dos ecuaciones, mostró un correlación positiva, con el filtrado glomerular (a mayor filtrado glomerular mayor variabilidad) ($r = 0,25$, $p < 0,05$). En los enfermos con insuficiencia renal crónica en estadio 5 ($n = 59$), la variabilidad intermétodo fue similar en las tres ecuaciones analizadas. Podemos concluir que en nuestra población con insuficiencia renal crónica avanzada, la ecuación CG clásica tiene mejor equivalencia con el filtrado glomerular medido como la media de los aclaramientos de urea y creatinina, que la ecuación MDRD abreviada. La ecuación CG corregida no mejora el grado de concordancia y por tanto no aporta ninguna ventaja sobre la CG clásica.

Palabras clave: **Filtrado glomerular. Ecuación Cockcroft-Gault. Ecuación MDRD. Insuficiencia renal crónica.**

Correspondencia: José Luis Teruel Briones
Servicio de Nefrología
Hospital Ramón y Cajal
Ctra. de Colmenar, km 9,100
28034 Madrid
E-mail: jteruel.hrc@salud.madrid.org

THE COCKCROFT-GAULT EQUATION IS BETTER THAN MDRD EQUATION TO ESTIMATE THE GLOMERULAR FILTRATION RATE IN PATIENTS WITH ADVANCED CHRONIC RENAL FAILURE

SUMMARY

The aim of this study was to compare the accuracy of three kidney function estimating equations: classic Cockcroft-Gault (classic CG), corrected Cockcroft-Gault (corrected CG) and simplified Modification of Diet in Renal Disease (MDRD), in patients with advanced chronic renal failure. The study was made in 84 nondialyzed patients with chronic renal disease in stage 4 or 5. The glomerular filtration rate was measured on a 24-hour urine collection as the arithmetic mean of the urea and creatinine clearances (C_{Ur}Cr). In each patient, the difference between each estimating equation and the measured glomerular filtration rate was calculated. The absolute difference expressed as a percentage of the measured glomerular filtration rate indicates the intermethod variability. In the total group the glomerular filtration rate measured as the C_{Ur}Cr was 13.5 ± 5.1 ml/min/1.73 m²; and the results of the estimating equations were: classic CG 14.2 ± 5 ($p < 0.05$); corrected CG 12 ± 4.2 ($p < 0.01$) and MDRD: 12.1 ± 4.8 ml/min/1.73 m² ($p < 0.01$). The variability of the estimating equations was $15.2 \pm 12.2\%$, $17.1 \pm 13.4\%$ and $19.3 \pm 13.3\%$ ($p < 0.05$), for classic CG, corrected CG and MDRD respectively. The percent of estimates falling within 30% above or below the measured glomerular filtration rate was 90% for CG classic, 87% for corrected CG and 79% for MDRD. The intraclass correlation coefficients respect to C_{Ur}Cr were 0.86 for classic CG, 0.81 for corrected CG and 0.77 for MDRD. The MDRD variability, but not classic CG variability or corrected CG variability, showed a positive correlation with the glomerular filtration rate ($r = 0.25$, $p < 0.05$). In patients with chronic renal disease in stage 5, the variability of the different estimating equations was similar. We conclude that in our population with advanced chronic renal failure the classic CG equation is more accurate than the MDRD equation. Corrected CG equation has not any advantage respect to classic CG equation.

Key words: *Glomerular filtration rate. Cockcroft-Gault equation. MDRD equation. Chronic renal failure.*

INTRODUCCIÓN

La clasificación de la enfermedad renal crónica se realiza mediante la cuantificación del filtrado glomerular¹. El método de referencia para calcular el filtrado glomerular es el aclaramiento de inulina, pudiendo utilizarse como alternativa el aclaramiento de otras sustancias exógenas, marcadas habitualmente con isótopos radioactivos². Estos procedimientos son imposibles de aplicar en la actividad clínica cotidiana. En enfermos con insuficiencia renal avanzada se ha comprobado que hay una buena correlación entre el filtrado glomerular y la media aritmética de los aclaramientos de urea y creatinina³⁻⁶. La Guía Clínica Canadiense, Europea y Australiana, recomiendan este método para medir el filtrado glomerular en este tipo de enfermos⁷⁻¹⁰.

Para evitar la necesidad de recoger la orina durante 24 horas, se han creado diversas fórmulas para estimar el filtrado glomerular a partir de la concentración

plasmática de creatinina y de otras variables analíticas, demográficas y antropométricas. Las más utilizadas son la fórmula de Cockcroft-Gault normalizada para 1,73 m² (CG)¹¹ y la fórmula abreviada derivada del estudio MDRD (Modification of Diet in Renal Disease)¹². La ecuación de CG se obtiene con cuatro parámetros (concentración sérica de creatinina, edad, peso y sexo), y la MDRD abreviada con otros cuatro (concentración sérica de creatinina, edad, sexo y raza negra).

La comparación de las ecuaciones CG y MDRD es controvertida. Una revisión de este tópico realizada recientemente¹³ concluye que la mayoría de los resultados son favorables a la ecuación MDRD aunque hay estudios con resultados opuestos¹⁴⁻¹⁸. El método utilizado para determinar la concentración de creatinina^{19,20} y las características de la población analizada pueden explicar estas discordancias.

La ecuación CG es en realidad una estimación del aclaramiento de creatinina. Algunos autores introdu-

cen un factor de corrección en la ecuación CG clásica para contrarrestar el efecto de la secreción tubular de creatinina y hacerla más equivalente al filtrado glomerular^{6, 14, 15, 21}.

El objetivo del presente trabajo es el estudio del grado de concordancia o equivalencia entre el filtrado glomerular medido como la media de los aclaramientos de urea y creatinina, y las ecuaciones de Cockcroft-Gault clásica, Cockcroft-Gault corregida y MDRD abreviada, en una población de enfermos con enfermedad renal en estadio 4 y 5.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se trata de un estudio *retrospectivo* realizado en pacientes con enfermedad renal crónica en estadios 4 y 5 que habían sido atendidos en la Consulta de Prediálisis entre enero de 2005 y marzo de 2006.

El aclaramiento de urea y creatinina se calculó mediante la recogida de orina de las 24 horas previas a la extracción de sangre. Lo enfermos recibieron previamente instrucciones orales y escritas para una correcta recolección de la orina. En el momento de realizar la analítica, fueron interrogados sistemáticamente sobre la recogida adecuada de la orina; en caso de sospecha de error la muestra se desechó para el estudio. La fórmula de Cockcroft-Gault incluye el peso, por este motivo también fueron descartados los enfermos con indicios de sobrecarga de volumen manifiesta (presencia de edema o ascitis). Ninguno de los enfermos estudiados tenía enfermedad hepática severa, obesidad mórbida (índice de masa corporal, $IMC \geq 40 \text{ m/kg}^2$), desnutrición ($IMC \leq 18,5 \text{ m/kg}^2$) o amputaciones de miembros. En cada enfermo se calculó la superficie corporal según la ecuación de Dubois y Dubois²². Se ha estudiado una sola determinación por cada enfermo (la primera muestra válida del periodo de tiempo analizado).

Se determinó el filtrado glomerular como la media aritmética de los aclaramientos de urea y creatinina, y se corrigió para una superficie corporal de $1,73 \text{ m}^2$ (AclUrCr). Al mismo tiempo se hizo una estimación del mismo mediante la ecuación CG clásica¹¹, la ecuación CG multiplicada por el factor de corrección de 0,84 (CG corregida)⁶ y la ecuación MDRD abreviada¹². Las ecuaciones CG clásica y CG corregida fueron normalizadas para una superficie corporal de $1,73 \text{ m}^2$, la ecuación MDRD proporciona una estimación del filtrado glomerular ya corregido para la superficie standard de $1,73 \text{ m}^2$.

Las concentraciones de creatinina en suero y en orina se determinaron por la reacción cinética modificada de Jaffé, y junto con la de urea, se realizaron de forma automatizada en un sistema Synchron CX®

Tabla I. Edad y parámetros antropométricos y resultado del filtrado glomerular con los diversos procedimientos

	Media \pm DS	Rango
Edad (años)	63,4 \pm 14,2	30-85
Peso (kg)	71,8 \pm 11,7	50-104,5
Talla (cm)	163,3 \pm 8,8	145-188
IMC (kg/m ²)	26,9 \pm 4	19,8-38,8
SC (m ²)	1,77 \pm 0,17	1,46-2,31
AclUrCr (ml/min/1,73 m ²)	13,5 \pm 5,1	(4,2-26,8)
CG clásica (ml/min/1,73 m ²)	14,2 \pm 5	(5,5-26,3)
CG corregida (ml/min/1,73 m ²)	12 \pm 4,2	(4,6-22,1)
MDRD (ml/min/1,73 m ²)	12,1 \pm 4,8	(4,2-29,2)

IMC: Índice de Masa Corporal.

SC: Superficie corporal.

AclUrCr: Media aritmética de los aclaramientos urinarios de urea y creatinina.

CG clásica: Aclaramiento de creatinina según la ecuación de Cockcroft-Gault.

CG corregida: Ecuación CG clásica multiplicada por 0,84.

MDRD: Filtrado glomerular según la ecuación abreviada del estudio MDRD (4 variables).

de Beckman Coulter Inc, Fullerton, California. Los coeficientes de variación interna fueron los siguientes: creatinina en suero: 2,4%; creatinina en orina 2,3%; urea en suero 6,7%; urea en orina 3,1%.

Análisis estadístico: Los resultados se expresan como media \pm desviación estándar (DS). *Los datos analizados tienen una distribución normal (test de Kolmogorov-Smirnov), por lo que se utilizaron tests paramétricos.* En cada enfermo se calculó la diferencia normal y absoluta entre el valor de cada uno de los métodos estudiados (CG clásica, CG corregida y MDRD) y el AclUrCr. La diferencia normal muestra la tendencia de cada método a sub o sobreestimar el valor del AclUrCr (sesgo). La diferencia absoluta es un índice de la magnitud del error (dispersión). La diferencia absoluta expresada como porcentaje de la media aritmética entre el AclUrCr y el método analizado, indica la variabilidad entre métodos (precisión) y reduce el efecto del valor del filtrado glomerular sobre la diferencia. Se establecen los percentiles 50, 75 y 90 correspondientes a diferencia absoluta y variabilidad. También se expresa el porcentaje de mediciones que caen dentro del 10% (P10), del 30% (P30) y del 50% (P50) por encima o por debajo del valor conseguido con el método de referencia; este parámetro combina sesgo y precisión y ha sido establecido por la KDOQI como el mejor criterio para la comparación de las diferentes ecuaciones que estiman el filtrado glomerular²³. La correlación entre los diferentes métodos se hizo mediante el coeficiente de Pearson. El análisis de concordancia se completó con

Tabla II. Estudio de concordancia entre el filtrado glomerular medido como la media aritmética de los aclaramientos urinarios de urea y creatinina (AclUrCr) y las ecuaciones de Cockcroft-Gault clásica (CG clásica), Cockcroft-Gault corregida (CG corregida) y MDRD abreviada

	CG clásica	CG corregida	MDRD
Diferencia normal (ml/min/1,73 ²)			
Media ± DS	0,7 ± 2,6	-1,6 ± 2,5*	-1,5 ± 3,1*
Intervalo confianza	(0,1; 1,3)	(-2,1; -1)	(-2,1; -0,8)
Diferencia absoluta (ml/min/1,73 ²)			
Media ± DS	2 ± 2,7	2,2 ± 2	2,5 ± 2,3
Percentil 50	1,4	1,5	1,8
Percentil 75	2,8	2,9	3,8
Percentil 90	4,6	4,8	5,1
Variabilidad (%)			
Media ± DS	15,2 ± 12,2	17,1 ± 13,4	19,3 ± 13,3**
Percentil 50	10,4	12,1	17,3
Percentil 75	22	23,3	26,1
Percentil 90	28,4	37,5	38,5

*p < 0,001 con respecto a CG clásica.

**p < 0,05 con respecto a CG clásica.

la construcción de Bland-Altman y con el coeficiente de correlación intraclase, que es otro test para estudiar el grado de equivalencia entre diferentes métodos de medida²⁴.

Para la comparación de medias se ha utilizado el test de Student para datos pareados y no pareados. La comparación de porcentajes se hizo mediante la prueba chi². Los valores de p < 0,05 se han considerado estadísticamente significativos.

RESULTADOS

El estudio fue realizado en 84 enfermos (55 varones y 29 mujeres). Siete enfermos procedían de América del Sur (Ecuador y Perú), uno de Rumanía y el resto había nacido en España. Ninguno de ellos era de raza negra ni tenía amputaciones. La etiología de la insuficiencia renal era diabetes 21%, poliquistosis 16%, vascular 14%, intersticial 11%, glomerulonefritis 8%, no filiada 12% y otras etiologías 18%.

En la tabla I se representan la edad y los datos antropométricos de los enfermos y el filtrado glomerular según los procedimientos utilizados. Los cuatro métodos dan resultados diferentes: p < 0,05 entre AclUrCr y CG clásica; p < 0,001 entre AclUrCr y CG corregida, entre AclUrCr y MDRD, entre CG clásica y CG corregida y entre CG clásica y MDRD. No hay diferencia estadísticamente significativa entre CG corregida y MDRD.

Hay una buena correlación entre AclUrCr y las diversas ecuaciones de estimación: r = 0,87 con CG clásica (p < 0,001), r = 0,87 con CG corregida (p < 0,001) y r = 0,81 con MDRD (p < 0,001).

La tabla II muestra los estudios de concordancia entre el filtrado glomerular medido como la media del aclaramiento urinario de urea y creatinina y las diferentes ecuaciones de estimación. La ecuación CG clásica tiene un sesgo positivo y sobreestima ligeramente el valor del AclUrCr con una diferencia media de 0,7 ml/min/1,73 m². En las ecuaciones CG corregida y MDRD el sesgo es negativo y la diferencia media es respectivamente -1,6 y -1,5 ml/min/1,73 m². La menor variabilidad corresponde a la ecuación CG clásica. La distribución por percentiles de la diferencia absoluta y de la variabilidad también favorece a la ecuación CG clásica.

En la tabla III se expresa el porcentaje de mediciones que caen dentro del 10% (P10), del 30% (P30) y del 50% (P50) del valor conseguido con el método de referencia. Los datos son de nuevo favorables para la ecuación CG clásica: el 48% de los enfermos tienen un valor de la ecuación CG clásica que está dentro del 10% por encima o por debajo del valor del método de referencia, y el 90% está dentro del 30% por encima o por debajo de dicho valor.

La variabilidad de las ecuaciones CG clásica, CG corregida o MDRD no estuvo influida por el sexo ni la edad (datos no mostrados). La variabilidad de las ecuaciones CG clásica y corregida no se correlacionó con el filtrado glomerular (medido como AclUrCr) (r = -0,14 y r = 0,18 respectivamente, p = ns). En cambio la variabilidad de la ecuación MDRD mostró un correlación positiva, débil pero significativa, con el filtrado glomerular (a mayor filtrado glomerular mayor variabilidad) (r = 0,25, p < 0,05).

El grado de concordancia entre la ecuación MDRD y el AclUrCr está influido por el IMC. La diferencia normal entre la ecuación MDRD y el AclUrCr se

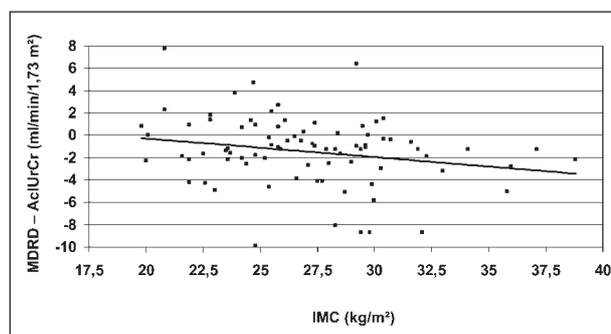


Fig. 1.—Correlación entre la diferencia normal entre la ecuación abreviada MDRD y la media aritmética de los aclaramientos urinarios de urea y creatinina (AclUrCr), y el índice de masa corporal (IMC) (r = -0,23, p < 0,05).

Tabla III. Porcentaje de mediciones que caen dentro del 10% (P10), del 30% (P30) y del 50% (P50) por encima o por debajo del valor conseguido con el método de referencia

	CG clásica	CG corregida	MDRD
P10	48	37	29**
P30	90	87	79*
P50	99	96	99

*p < 0,05 con respecto a CG clásica.

**p < 0,01 con respecto a CG clásica.

correlaciona con el IMC ($r = -0,23$, $p < 0,05$) (fig. 1). La mediana del IMC fue $26,6 \text{ kg/m}^2$; la diferencia normal entre la ecuación MDRD y el AclUrCr era de $-0,7 \pm 3,1$ en el grupo de enfermos con IMC por debajo de la mediana ($n = 41$) y $-2,1 \pm 3$ en el grupo de enfermos con IMC igual o superior a la mediana ($n = 43$) ($p < 0,05$). Es decir conforme aumenta el IMC la ecuación MDRD subestima más el valor del AclUrCr. La ecuación CG, tanto la clásica como la corregida, no tiene correlación significativa con el IMC (datos no mostrados).

El último análisis de concordancia realizado fue el coeficiente de correlación intraclase entre el AclUrCr y las distintas ecuaciones. El resultado fue de nuevo favorable a la ecuación CG clásica: coeficiente de correlación intraclase de 0,86 para la CG clásica, de 0,81 para la CG corregida y de 0,77 para la ecuación MDRD. Las figuras 2 y 3 muestran la construcción de Bland Altman para la ecuación CG clásica y para la ecuación MDRD.

Veinticinco enfermos tenían una insuficiencia renal crónica en estadio 4 (AclUrCr $15\text{-}29 \text{ ml/min/1,73 m}^2$) y 59 enfermos una insuficiencia renal crónica en estadio 5 (AclUrCr $< 15 \text{ ml/min/1,73 m}^2$). La tabla IV expresa los estudios de concordancia en función del grado de la insuficiencia renal crónica. En enfermos con insuficiencia renal crónica en estadio 5 el grado de concordancia de las tres ecuaciones es similar. Las diferencias entre las mismas, a favor de la ecuación CG clásica, se objetivan en los enfermos con insuficiencia renal crónica en estadio 4.

DISCUSIÓN

En el presente estudio, realizado en enfermos con insuficiencia renal crónica en estadio 4 y 5, analizamos el grado de concordancia entre las ecuaciones CG clásica, CG corregida y MDRD con respecto al método de referencia que hemos utilizado para medir el filtrado glomerular en estos enfermos, que

Tabla IV. Estudio de concordancia entre el filtrado glomerular medido como la media aritmética de los aclaramientos urinarios de urea y creatinina (AclUrCr) y las ecuaciones de Cockcroft-Gault clásica (CG clásica), Cockcroft-Gault corregida (CG corregida) y MDRD abreviada, según el estadio de la insuficiencia renal crónica. Los datos están expresados como media \pm DS

Insuficiencia renal crónica en estadio 4 (n = 25)			
	CG clásica	CG corregida	MDRD
Diferencia normal (ml/min/1,73^2)	$-0,2 \pm 3,1$	$-3,3 \pm 2,8^*$	$-2,9 \pm 4,6^*$
Diferencia absoluta (ml/min/1,73^2)	$2,5 \pm 1,8$	$3,5 \pm 2,6^{***}$	$4,6 \pm 2,9^*$
Variabilidad (%)	$12,8 \pm 9,3$	$19,6 \pm 14,6^{**}$	$25,6 \pm 16,4^*$
Insuficiencia renal crónica en estadio 5 (n = 59)			
	CG clásica	CG corregida	MDRD
Diferencia normal (ml/min/1,73^2)	$1,1 \pm 2,2$	$-0,8 \pm 2^*$	$-0,8 \pm 1,8^*$
Diferencia absoluta (ml/min/1,73^2)	$1,9 \pm 1,6$	$1,7 \pm 1,3$	$1,7 \pm 1,1$
Variabilidad (%)	$16,2 \pm 13,2$	$16,1 \pm 12,8$	$16,6 \pm 10,9$

*p < 0,001 con respecto a CG clásica.

**p < 0,01 con respecto a CG clásica.

***p < 0,05 con respecto a CG clásica.

fue la media aritmética de los aclaramientos urinarios de urea y creatinina. *Solamente fueron analizados los casos en los que hubo certeza de recogida correcta de la orina tras interrogatorio dirigido.*

El coeficiente de correlación de Pearson, la diferencia normal, la diferencia absoluta, la variabilidad, los diferentes percentiles de estas dos últimas, el porcentaje de enfermos cuya variabilidad era inferior al 10% (P10), 30% (P30) y 50% (P50), y el coeficiente de correlación intraclase, indican que la ecuación CG clásica tiene mejor concordancia con el método de referencia que la ecuación MDRD. La ecuación CG corregida queda situada en una situación intermedia entre la CG clásica y la MDRD. La guía KDOQI recomienda usar el P30 para comparar las diferentes ecuaciones que estiman el filtrado glomerular²³. Mientras en el estudio MDRD el 91% de las mediciones estaban dentro del 30% por encima o por debajo del resultado del método de referencia²⁵, en nuestro trabajo el P30 era del 90% en las mediciones realizadas con la ecuación CG clásica, el 87% con la ecuación CG corregida y el 79% de las realizadas con la ecuación MDRD abreviada. En un parámetro como el filtrado glomerular, las mediciones que caen dentro del 10% por encima o por debajo del método de referencia (P10), indican una equivalencia total. El

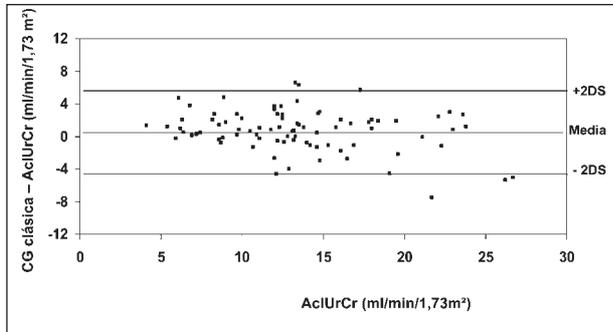


Fig. 2.— Construcción de Bland-Altman entre la ecuación de Cockcroft-Gault clásica (CG clásica) y la media aritmética de los aclaramientos urinarios de urea y creatinina (AclUrCr).

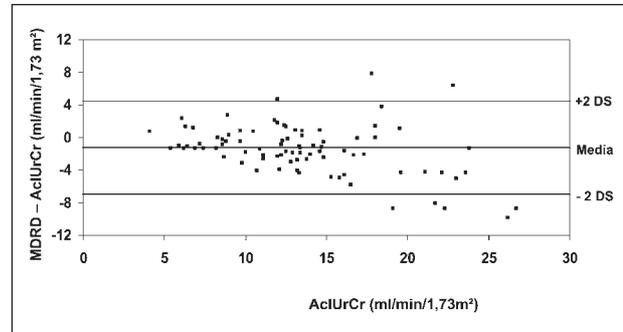


Fig. 3.— Construcción de Bland-Altman entre la ecuación abreviada MDRD y la media aritmética de los aclaramientos urinarios de urea y creatinina (AclUrCr).

P(10) fue del 48% para la ecuación CG clásica y del 29% para la ecuación MDRD abreviada.

El estudio MDRD fue realizado en población norteamericana con unas características antropométricas diferentes a las españolas. El peso medio de la población MDRD era de $79,6 \pm 16,8$ kg y la superficie corporal de $1,91 \pm 0,23$ m². En la población nuestra, el peso medio fue de $71,8 \pm 11,7$ kg y la superficie corporal de $1,77 \pm 0,17$ m². Los dos parámetros son estadísticamente diferentes de los de la población MDRD ($p < 0,001$ para ambos). La fórmula MDRD no contiene ningún parámetro antropométrico y por tanto no es extraño que su grado de precisión sea diferente en una población de características antropométricas distintas. La mayoría de los estudios en los que la ecuación MDRD no ha mostrado ventajas sobre la ecuación CG, fueron realizados en población diferente a la norteamericana^{14, 15, 17, 18}.

Barroso y cols., han publicado recientemente un estudio similar al nuestro en el utilizaron como método de referencia para medir el filtrado glomerular el aclaramiento sanguíneo del Tc99mDTPA y usaron la ecuación MDRD original de 7 variables¹⁸. La edad y las características antropométricas de su población son totalmente superponibles a las nuestras y los resultados son similares. En la población española con insuficiencia renal crónica avanzada, la ecuación CG clásica tiene mayor precisión que la ecuación MDRD para medir el filtrado glomerular, tanto si se utiliza como método de referencia la media aritmética de los aclaramientos urinarios de urea y creatinina como el aclaramiento sanguíneo del Tc99mDTPA.

En la mayoría de los análisis comparativos realizados se constata que la ecuación CG clásica sobreestima el filtrado glomerular^{18, 21, 26-28}. La ecuación CG clásica predice en realidad el aclaramiento de creatinina, que excede el filtrado glomerular como consecuencia de la secreción tubular de

creatinina. Para contrarrestar este efecto se ha aconsejado introducir un factor de corrección en la ecuación CG clásica^{6, 14, 15, 21}. La ecuación CG corregida mejora la concordancia con el filtrado glomerular en algunos estudios^{14, 15, 21}. En nuestro trabajo, la CG corregida no aporta ninguna ventaja, su grado de concordancia es ligeramente superior al de la ecuación MDRD e inferior al conseguido con la ecuación CG clásica.

Beddhu y cols.²⁹, han comprobado que el estado nutricional introduce un sesgo importante en la ecuación MDRD. El valor MDRD se correlaciona negativamente con el estado de nutrición: los enfermos bien nutridos tienen valores MDRD desproporcionadamente más bajos que los enfermos con mal estado de nutrición. Estos datos han sido corroborados en nuestro estudio: conforme aumenta el IMC la ecuación MDRD subestima más el valor del filtrado glomerular medido como la media aritmética de los aclaramientos de urea y creatinina. Es decir, en enfermos con el mismo filtrado glomerular el valor MDRD será distinto según sea el IMC. En cambio, la precisión de la ecuación CG no está influenciada por el IMC.

Con las limitaciones propias del número de casos analizados, podemos concluir que en nuestra población con insuficiencia renal crónica avanzada, la ecuación CG clásica tiene mejor equivalencia con el filtrado glomerular medido como la media de los aclaramientos de urea y creatinina, que la ecuación MDRD abreviada. Hay que resaltar que en el estadio 5 de la insuficiencia renal crónica el grado de equivalencia entre las dos fórmulas es similar y por tanto la indicación de inicio de tratamiento sustitutivo puede ser realizado con cualquiera de ellas. Al contrario que lo observado por otros autores, la ecuación CG corregida no mejora el grado de concordancia y por tanto no aporta ninguna ventaja sobre la CG clásica.

BIBLIOGRAFÍA

1. National Kidney Foundation: K/DOQI Clinical Practice Guidelines for Chronic Kidney Disease: evaluation, classification and stratification. *Am J Kidney Dis* 39 (Supl. 1): S46-S75, 2002.
2. Levey AS: Measurement of renal function in chronic renal disease. *Kidney Int* 38: 167-184, 1990.
3. Lubowitz H, Slatopolsky E, Shankel S, Rieselbach RE, Bricker NS: Glomerular filtration rate. Determination in patients with chronic renal disease. *JAMA* 199: 252-256, 1967.
4. Lavender S, Hilton PJ, Jones NF: The measurement of glomerular filtration-rate in renal disease. *Lancet* 2: 1216-1219, 1969.
5. Perrone RD, Steinman Th I, Beck GJ, Skibinski ChI, Royal DH, Lawlor M, Hunsicker LG, and The Modification of Diet in Renal Disease Study: Utility of radioisotopic filtration markers in chronic renal insufficiency: simultaneous comparison of 125I-iothalamate, 169Yb-DTPA and 99mTc-DTPA and inulin. *Am J Kidney Dis* XVI: 224-235, 1990.
6. Levey AS, Bosch JP, Lewis JB, Greene T, Rogers N, Roth D, for the Modification of Diet in Renal Disease Study Group: A more accurate method to estimate glomerular filtration rate from serum creatinine: a new prediction equation. *Ann Intern Med* 130: 877-884, 1999.
7. Churchill DN, Blake PG, Jindal KK, Toffelmire EB, Goldstein MB: Clinical Practice Guidelines of the Canadian Society of Nephrology for Initiation of Dialysis. *J Am Soc Nephrol* 10 (Supl. 13): S287-S321, 1999.
8. Treatment of Patients with Chronic Renal Failure: Clinical Practice Guidelines for European Best Practice Guidelines for Haemodialysis: measurement of renal function, when to refer and when to start dialysis. *Nephrol Dial Transplant* 17 (Supl. 7): 7-15, 2002.
9. European Best Practice Guidelines for Haemodialysis: The initiation of dialysis. *Nephrol Dial Transplant* 20 (Supl. 9): ix3-ix7, 2005.
10. CARI (Caring for Australians with Renal Impairment) Guidelines: Level of renal function at which to initiate dialysis. Eds: Knight J and Vimalachandra D, Excerpta Medica Communications, 2005 (www.kidney.org.au/cari/).
11. Cockcroft DW, Gault MH: Prediction of creatinine clearance from serum creatinine. *Nephron* 16: 31-41, 1976.
12. Levey AS, Greene T, Kusek JW, Beck GJ, MDRD Study Group: A simplified equation to predict glomerular filtration rate from serum creatinine. *J Am Soc Nephrol* 11: 155A (A0828), 2000.
13. Coresh J, Stevens LA: Kidney function estimating equations: where do we stand? *Curr Opin Nephrol Hypertens* 15: 276-284, 2006.
14. Vervoort G, Willems HL, Wetzels JFM: Assessment of glomerular filtration rate in healthy subjects and normoalbuminuric diabetic patients: validity of a new (MDRD) prediction equation. *Nephrol Dial Transplant* 17: 1909-1913, 2002.
15. Cirillo M, Anastasio P, De Santo NG: Relationship of gender, age, and body mass index to errors in predicted kidney function. *Nephrol Dial Transplant* 20: 1791-1798, 2005.
16. Verhave JC, Fesier P, Ribstein J, Du Cailar G, Mimran A: Estimation of renal function in subjects with normal serum creatinine levels: influence of age and body mass index. *Am J Kidney Dis* 46: 233-241, 2005.
17. Zuo L, Ma YC, Zhou YH, Wang M, Xu GB, Wang HY: Application of GFR-estimating equations in Chinese patients with chronic renal disease. *Am J Kidney Dis* 45: 463-472, 2005.
18. Barroso S, Martínez JM, Martín MV, Rayo I, Caravaca F: Exactitud de las estimaciones indirectas del filtrado glomerular en la insuficiencia renal avanzada. *Nefrología* 26: 344-350, 2006.
19. Coresh J, Eknoyan G, Levey AS: Estimating the prevalence of low glomerular filtration rate requires attention to the creatinine assay calibration. *J Am Soc Nephrol* 13: 2811-2812, 2002.
20. Delanaye P, Cavalier E, Chapelle JP, Krzesinski JM: Importance of the creatinine calibration in the estimation of GFR by MDRD equation. *Nephrol Dial Transplant* 21: 1130, 2006.
21. Lin J, Knight EL, Hogan ML, Singh AK: A comparison of prediction equations for estimating glomerular filtration rate in adults without kidney disease. *J Am Soc Nephrol* 14: 2573-2580, 2003.
22. Dubois D, Dubois EF: A formula to estimate the approximate surface area if height and weight be known. *Arch Int Med* 17; 863-871, 1916.
23. National Kidney Foundation: K/DOQI Clinical Practice Guidelines for Chronic Kidney Disease: Evaluation of laboratory measurements for clinical assessment of kidney disease. *Am J Kidney Dis* 39 (Supl. 1): S76-S110, 2002.
24. Prieto L, Lamarca R, Casado A: La evaluación de la fiabilidad en las observaciones clínicas: el coeficiente de correlación intraclase. *Med Clin* 110: 142-145, 1998.
25. Stevens LA, Coresh J, Greene T, Levey AS: Assessing kidney function – Measured and estimated glomerular filtration rate. *N Eng J Med* 354: 2473-2483, 2006.
26. Froissart M, Rossert J, Jacquot Ch, Paillard M, Houillier P: Predictive performance of the Modification of Diet in Renal Disease and Cockcroft-Gault equations for estimating renal function. *J Am Soc Nephrol* 16: 763-773, 2005.
27. Poggio ED, Nef PC, Wang X, Greene T, Van Lente F, Dennis VW, Hall PhM: Performance of the Cockcroft-Gault and Modification of Diet in Renal Disease equations in estimating GFR in ill hospitalized patients. *Am J Kidney Dis* 46: 242-252, 2005.
28. Poggio ED, Wang X, Weinstein DM, Issa N, Dennis VW, Braun WE, Hall PM: Assessing glomerular filtration rate by estimation equations in kidney transplant recipients. *Am J Transplant* 6: 100-108, 2006.
29. Beddhu S, Samore MH, Roberts MS, Stoddard GJ, Pappas LM, Cheung AK: Creatinine production, nutrition, and glomerular filtration rate estimation. *J Am Soc Nephrol* 14: 1000-1005, 2003.