

El cálculo de la creatinina sérica basal sobrestima el diagnóstico de alteración renal aguda en pacientes operados de cirugía cardíaca

A.M. Candela-Toha¹, M. Recio-Vázquez², A. Delgado-Montero², J.M. del Rey³, A. Muriel⁴, F. Liaño⁵, T. Tenorio⁶

¹ Servicio de Anestesia y Reanimación. Hospital Universitario Ramón y Cajal. Instituto Ramón y Cajal de Investigación Sanitaria (IRYCIS). Consorcio de Investigación del Fracaso Renal Agudo. Madrid

² Servicio de Cardiología. Hospital Universitario Ramón y Cajal. Madrid

³ Servicio de Bioquímica. Hospital Universitario Ramón y Cajal. Madrid

⁴ Unidad de Bioestadística. IRYCIS. Consorcio de Investigación Biomédica en Red especializado en Epidemiología y Salud Pública (CIBERESP). Hospital Universitario Ramón y Cajal. Madrid

⁵ Servicio de Nefrología. Hospital Universitario Ramón y Cajal. IRYCIS. CIFRA. Departamento de Medicina. Universidad de Alcalá. Madrid

⁶ Servicio de Nefrología. Hospital Universitario Ramón y Cajal. CIFRA. Madrid

Nefrología 2012;32(1):53-8

doi:10.3265/Nefrologia.pre2011.Oct.11102

RESUMEN

Introducción y objetivo: La definición y clasificación actual de insuficiencia renal aguda se basa en criterios de consenso (sistemas RIFLE y AKIN). De los parámetros recomendados (creatinina, tasa de filtración glomerular y diuresis), la creatinina es el más empleado. En ausencia de valor basal conocido se recomienda su estimación a partir de la ecuación MDRD simplificada, asumiendo en el cálculo una tasa de filtración de 75 ml/min/1,73 m². El objetivo del presente trabajo fue evaluar la repercusión diagnóstica del empleo de la creatinina basal estimada frente al valor real medido en pacientes operados de cirugía cardíaca. **Métodos:** Análisis de pacientes operados de cirugía cardíaca mayor incluidos de forma prospectiva en una base de datos. Para cada paciente se calculó el estadio RIFLE máximo alcanzado usando la creatinina basal medida y la estimada. Se analizó la repercusión sobre el diagnóstico mediante coeficientes de correlación intraclase, análisis de concordancia y gráficas de Bland y Altman. **Resultados:** La incidencia de insuficiencia renal aguda postoperatoria en 2.103 casos operados entre 2002 y 2007 fue del 29,1% al utilizar la creatinina estimada (14,3% con la medida). Esto supone una sobrestimación del 104%, y la correlación intraclase es de

0,12. Excluyendo a los pacientes con insuficiencia renal crónica conocida (tasa de filtrado glomerular [TFG] <60 ml/min/1,73 m²), tanto la sobrestimación (2,4%) como la correlación (0,57) mejoraron. **Conclusiones:** El cálculo de la creatinina basal a partir de la ecuación MDRD sobrestima la incidencia de insuficiencia renal aguda tras la cirugía cardíaca, y es un método inadecuado para su detección cuando el valor basal se desconoce.

Palabras clave: Cirugía cardíaca. Insuficiencia renal aguda. Alteración renal aguda. Creatinina sérica. RIFLE.

The calculation of baseline serum creatinine overestimates the diagnosis of acute kidney injury in patients undergoing cardiac surgery

ABSTRACT

Introduction and objectives: The current definition and classification of acute kidney injury is based on consensus criteria (RIFLE and AKIN systems). Creatinine is the most commonly used of the recommended parameters (creatinine, glomerular filtration rate and diuresis). If the baseline value is not known, it can be calculated based on the simplified MDRD equation, assuming a filtration rate of 75ml/min/1.73m² for the calculation. The aim of this study was to evaluate the diagnostic impact of using estimated baseline creatinine compared to the actual value measured in patients undergoing cardiac surgery. **Methods:** Analysis

Correspondencia: A.M. Candela-Toha
Servicio de Anestesia y Reanimación.
Hospital Universitario Ramón y Cajal.
Instituto Ramón y Cajal de Investigación Sanitaria (IRYCIS).
Consorcio de Investigación del Fracaso Renal Agudo.
Ctra. de Colmenar, km 9,1. 28034 Madrid.
acandela.hrc@salud.madrid.org

of patients undergoing major cardiac surgery, who were prospectively included in a database. The maximum RIFLE stage reached was calculated for each patient using the measured and estimated baseline creatinine levels. The impact on the diagnosis was analysed using intraclass correlation coefficients, concordance analysis and Bland-Altman plots. **Results:** The incidence of postoperative acute kidney injury in 2103 cases between 2002 and 2007 was 29.1%, according to estimated creatinine (14.3% with the measure). This represents an overestimation of 104%, with an intraclass correlation of 0.12. By excluding patients with known chronic kidney disease (glomerular filtration rate [$<60\text{ml/min/1.73m}^2$]), both the overestimation (2.4%) and the correlation (0.57) improved. **Conclusions:** The calculation of baseline creatinine using the MDRD equation overestimates the incidence of acute kidney injury after cardiac surgery, and is an inadequate method for detection when the baseline value is unknown.

Keywords: Cardiac surgery. Acute renal failure. Acute kidney injury. Serum creatinine. RIFLE.

INTRODUCCIÓN

La insuficiencia renal aguda (IRA) es una complicación frecuente en el postoperatorio de la cirugía cardíaca. Su aparición conlleva un incremento notable tanto en la morbimortalidad como en la estancia hospitalaria. Su frecuencia varía dependiendo de la definición utilizada, y oscila entre el 2 y el 5% en las formas más graves que precisan tratamiento renal sustitutivo (TRS)¹. En los últimos años hemos asistido a la aparición de nuevas definiciones de consenso del síndrome y a un cambio en la nomenclatura^{2,3}. El término inglés *acute renal failure*, tradicionalmente traducido por insuficiencia o fracaso renal agudo, ha sido sustituido por *acute kidney injury* buscando ampliar el espectro del síndrome para incluir casos más leves. Liaño, et al. han sugerido que dicho término se traduzca por alteración renal aguda (ARA)⁴. Desde los trabajos de Lassnigg en pacientes operados de cirugía cardíaca se sabe que incluso elevaciones muy discretas (0,3 mg/dl) de la creatinina sérica (Cr_s) con respecto al valor basal suponen un aumento de la morbilidad y mortalidad postoperatorias^{5,6}. Estos resultados han sido validados en pacientes hospitalizados⁷.

Por lo que atañe a las definiciones, la Acute Dialysis Quality Initiative (ADQI) propuso en 2004 la utilización del sistema RIFLE (acrónimo de Risk, Injury, Failure, Loss y End stage renal disease) basado en tres categorías diagnósticas (R, I y F) y dos pronósticas (L y E). El diagnóstico se hace considerando bien elevaciones porcentuales con respecto a la Cr_s basal, bien descensos porcentuales de la tasa de filtrado glomerular (TFG) o descensos absolutos de la diuresis². Para diagnosticar y clasificar a un paciente se utiliza el criterio que le sitúe en el estadio de mayor gravedad. En 2007 los criterios fueron revisados y modificados por la Acute Kidney Injury Net-

work (AKIN) admitiéndose esta última clasificación como la vigente en la actualidad³. Pese a ello, y tal vez por motivos científicos⁸, la clasificación RIFLE goza de gran popularidad. El número de trabajos publicados sobrepasa los 150 y en una revisión sistemática no demasiado reciente se incluyeron 24 estudios que agrupaban a más de 70.000 pacientes⁹. Entre los problemas que plantea dicha clasificación está el de diagnosticar y clasificar a pacientes cuya Cr_s basal se desconoce. Este hecho se da con cierta frecuencia en pacientes que ingresan en unidades de críticos por problemas agudos (shock séptico, síndrome coronario agudo, insuficiencia cardíaca, etc.) con un valor de Cr_s ya alterado. La recomendación propuesta por la ADQI consiste en asumir que estos pacientes con función renal previa desconocida, pero sin nefropatía conocida, presentan una TFG de 75 a 100 ml/min/1,73 m² y a partir de ella calcular «hacia atrás» el valor de Cr_s mediante la ecuación MDRD simplificada¹⁰. Este método ha sido empleado en varios estudios epidemiológicos pese a no haber sido validado^{11,12}.

El objetivo del presente trabajo es doble: 1) evaluar la concordancia entre la Cr_s basal estimada (Cr_s est) frente a la Cr_s basal conocida en pacientes intervenidos de cirugía cardíaca, y 2) analizar la repercusión que posibles diferencias en los valores basales de Cr_s tuvieran en la frecuencia de ARA y en la gravedad de esos episodios que pueden observarse en cirugía cardíaca.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se recogen datos relativos al período perioperatorio de los pacientes operados de cirugía cardíaca en nuestro centro de manera prospectiva en una base de datos mantenida por el servicio de anestesia y reanimación. Para el presente trabajo se utilizaron los datos correspondientes a pacientes operados entre los años 2002 y 2007. Se incluyeron todos los pacientes mayores de 14 años intervenidos de cirugía cardíaca mayor con o sin circulación extracorpórea. Se excluyeron los pacientes en tratamiento dialítico previo a la cirugía, los receptores de algún trasplante renal, los fallecidos antes de las primeras 24 horas del postoperatorio y los sometidos a una segunda cirugía mayor durante el mismo ingreso.

Se consideró como Cr_s basal medida (Cr_s med) la última Cr_s medida antes de la cirugía, normalmente durante las 24 horas previas en los pacientes operados de forma electiva. Para su medición se utilizó el método Jaffe cinético. La estimación de la TFG se hizo a partir de la versión simplificada de la fórmula MDRD que utiliza cuatro variables (Cr_s, edad, sexo y raza). Para el cálculo de la Cr_s basal (Cr_s est) a partir de dicha ecuación, e igualando la TFG a 75 ml/min/1,73 m² (límite bajo de la normalidad), se siguieron las recomendaciones de la ADQI aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Cr}_s \text{ estimada} = (75 / [186 \times (\text{edad}^{-0.203}) \times (0,742 \text{ si mujer}) \times (1,21 \text{ si raza negra})])^{-0.887}$$

Los pacientes fueron asignados al estadio más alto de la clasificación RIFLE en función de las determinaciones de Crs medidas durante la primera semana del postoperatorio. No se utilizó el criterio basado en descensos porcentuales de la TFG por su falta de linealidad y consistencia cuando se compara con los incrementos en Crs¹³, ni el de diuresis por falta de datos.

El grado de acuerdo entre la Crs med y la Crs est se evaluó mediante el coeficiente de correlación intraclass¹⁴ y el método gráfico de Bland y Altman¹⁵. Se calculó, además, el sesgo como la media global de las diferencias entre Crs med y Crs est, y la precisión como el valor de la desviación estándar del sesgo. El error en la estimación se calculó como el porcentaje de pacientes diagnosticados de ARA al usar la Crs est (ARAest) con respecto a los diagnosticados basándose en la Crs med (ARAmes) mediante la fórmula:

$$(ARAest - ARAmes)/ARAmes$$

Un valor positivo indica sobrestimación mientras que uno negativo implica infraestimación. Se realizaron un primer análisis con la muestra global y un segundo análisis excluyendo a los pacientes con insuficiencia renal crónica (IRC) grado 3 o superior según la clasificación K/DOQI de la National Kidney Foundation¹⁶. Como medidas de tendencia central y dispersión para las variables cuantitativas estudiadas se emplearon la media y desviación estándar o la mediana y el rango intercuartílico según su distribución. El análisis estadístico de los datos y las representaciones gráficas se realizaron con el programa SPSS versión 18.0.

RESULTADOS

Durante el período analizado se realizaron 2.167 cirugías en 2.131 pacientes. Se excluyeron 31 pacientes (32 cirugías) por presentar diálisis preoperatoria o ser receptores de trasplante renal, 27 pacientes por fallecimiento precoz (<24 horas), y cinco segundas cirugías durante el mismo ingreso. La muestra final se compuso de 2.103 cirugías correspondientes a 2.067 pacientes. Las características principales aparecen en la tabla 1.

En la tabla 2 se exponen el número y el porcentaje de pacientes que alcanzaron cada estadio RIFLE durante la primera semana del postoperatorio, según el tipo de Crs basal empleada: medida y estimada, la correlación entre ambas, el sesgo y la precisión. La sobrestimación global fue del 104% (29,1 frente al 14,6%). El diagnóstico de ARA a partir de la Crs est arrojó una tasa de falsos positivos del 14,8%. Tras excluir los pacientes con una TFG <60 ml/min/1,73 m², se observa una mejor correlación, reduciéndose la sobrestimación al 2,4%, con una tasa de falsos positivos del 0,28%.

En la figura 1 se expone, mediante un gráfico de Bland y Altman, la concordancia entre Crs med y Crs est. La disposición

Tabla 1. Principales variables demográficas, comorbilidades, variables quirúrgicas, postoperatorias y estancia de la cohorte estudiada (n = 2.103)

Edad, años, media (DE)	66,1 (11,3)
Sexo femenino, %	40,7
Crs basal observada, mg/dl, media (DE)	1,12 (0,38)
TFGe, ml/min/1,73 m ² , media (DE)	68,26 (19,9)
- Normal: TFG ≥90 ml/min/1,73 m ² (%)	221 (10,5)
- Levemente alterada: TFG 60-89 ml/min/1,73 m ² (%)	1.187 (56,4)
- Moderadamente alterada: TFG 30-59 ml/min/1,73 m ² (%)	645 (30,7)
- Gravemente alterada: TFG 15-29 ml/min/1,73 m ² (%)	46 (2,2)
- Enfermedad renal terminal: TFG <15 ml/min/1,73 m ² (%)	4 (0,2)
Hipertensión arterial, %	53,6
Historia de ICC, %	22,1
EPOC, %	6,4
Diabetes, %	
- Con tratamiento médico	19,6
- Insulinodependiente	7,7
Cirugía cardíaca previa, %	11,7
Tipo de cirugía, %	
- RM aislada	34,4
- Valvular	47,7
- Combinada (RM y valvular)	10,2
- Aórtica	4,5
- Otras	3,2
Cirugía sin CEC, %	10
Tiempo de isquemia, min, media (DE)	59,4 (33,5)
Tiempo de perfusión, min, media (DE)	81,5 (43,2)
Ventilación mecánica, h, mediana (P ₂₅ -P ₇₅)	9 (7-20)
Necesidad de TRS postoperatoria, %	3,4
Estancia, días, mediana (P ₂₅ -P ₇₅)	
- En UCI	3 (2-5)
- Hospitalaria	10 (7-15)

DE: desviación estándar; Crs: creatinina sérica; TFG: tasa de filtrado glomerular; TFGe: tasa de filtrado glomerular estimado; ICC: insuficiencia cardíaca crónica; EPOC: enfermedad pulmonar obstructiva crónica; RM: recambio mitral; CEC: circulación extracorpórea; TRS: tratamiento renal sustitutivo; UCI: unidad de cuidados intensivos.

de la nube de puntos indica que el grado de concordancia disminuye cuanto mayor es la Crs basal medida. Gráficamente se observa una mayor concordancia entre ambas creatininas cuando se excluyen los pacientes con algún grado de IRC previa a la cirugía (figura 2).

Tabla 2. Función renal estratificada según la categoría RIFLE

Estadio RIFLE	Cr _s med	Cr _s est
Cohorte global (n = 2.103)		
Ninguno	1.803 (85,7%)	1.493 (71%)
R	178 (8,5%)	319 (15,2%)
I	77 (3,7%)	191 (9,1%)
F	45 (2,1%)	100 (4,8%)
Cualquier estadio	300 (14,3%)	610 (29,1%)
Total	2.103 (100%)	2.103 (100%)
Correlación	0,605	
Sesgo (mg/dl)	0,16	
Precisión (mg/dl)	0,38	
Pacientes con TFG_e ≥60 ml/min/1,73m² (n = 1.408)		
Ninguno	1.247 (88,6%)	1.243 (88,3%)
R	103 (7,3%)	103 (7,3%)
I	43 (3,1%)	51 (3,6%)
F	15 (1,1%)	11 (0,8%)
Cualquier estadio	161 (11,5%)	165 (11,7%)
Total	1.408 (100%)	1.408 (100%)
Correlación	0,845	
Sesgo (mg/dl)	-0,02	
Precisión (mg/dl)	0,13	

DISCUSIÓN

En el presente estudio hemos comprobado que la recomendación de calcular la Cr basal a partir de la ecuación MDRD-4 asumiendo una TFG de 75 ml/min/1,73 m² sobrestima la incidencia de ARA en pacientes operados de cirugía cardíaca. Con anterioridad varios autores han llegado a una conclusión similar en cohortes más heterogéneas que la nuestra. Bagshaw¹⁷, en el estudio BEST Kidney que incluyó de forma prospectiva a más de 1.300 pacientes de 54 unidades de cuidados intensivos (UCI) en 23 países, se encontró una sobrestimación del 42% usando la misma fórmula para calcular la Cr_s basal. Siew¹⁸, en una cohorte de casi 5.000 pacientes hospitalizados a lo largo de un año, comparó la influencia de utilizar tres métodos distintos para estimar la Cr_s basal (la Cr_s calculada a partir de MDRD considerando una TFG de 75 ml/min, el valor mínimo de Cr_s durante el ingreso y la Cr_s al ingreso) con valores obtenidos a partir de la función renal preingreso, en el diagnóstico de ARA. Mientras que los dos primeros métodos sobrestimaron la incidencia en cifras cercanas al 50%, el uso de la Cr_s al ingreso infraestimó el diagnóstico en un 46%. Más recientemente, Závada¹⁹ encontró resultados similares al comparar tres métodos distintos, incluyendo el recomendado por la ADQI, en pacientes no se-

leccionados de UCI procedentes de tres centros distintos. Por último, Pickering y Endre²⁰, al analizar de forma prospectiva a 224 pacientes de dos UCI generales que fueron incluidos como controles en el estudio EARLYRAF, hallaron una sobrestimación global del 35,7% cuando se asumió una TFG de 75 ml/min, que ascendió hasta 92,8% cuando se consideró que la TFG basal era de 100 ml/min. A diferencia de nuestra cohorte, sólo un 23% de los pacientes eran postoperados de cirugía cardíaca, y el resto se distribuían entre cirugía torácica, cirugía vascular, sepsis, traumatismos y paradas cardíacas. Nuestro trabajo es el primero que se centra en pacientes postoperados de cirugía cardíaca, por lo que no es posible establecer comparaciones directas con otros trabajos.

Tanto la prevalencia de IRC o disfunción renal preoperatoria como la incidencia de ARA tienen clara repercusión en el porcentaje de sobrestimación. La primera puede, hasta cierto punto, verse influida tanto por la edad (en general superior en los pacientes quirúrgicos), como por otros factores de riesgo cardiovascular (fundamentalmente hipertensión arterial y diabetes) bastante prevalentes en nuestra muestra. En este sentido, conviene señalar que en pacientes operados de cirugía cardíaca la mejor definición de disfunción renal preoperatoria ha sido establecida por Wijeyesundera²¹ como un aclara-

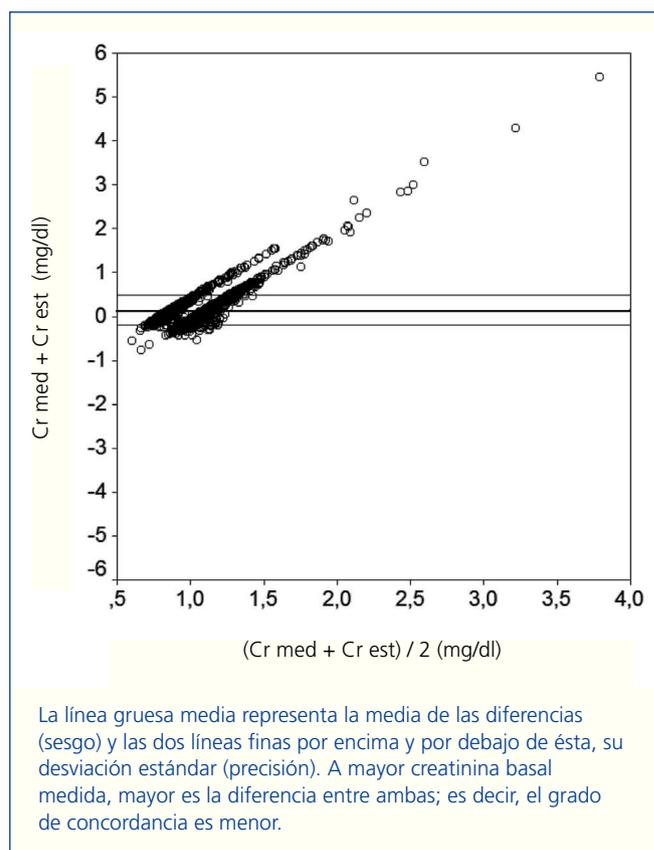


Figura 1. Gráfico de Bland y Altman para la cohorte global (n = 2.103) en el que se observa el grado de concordancia entre ambas creatininas.

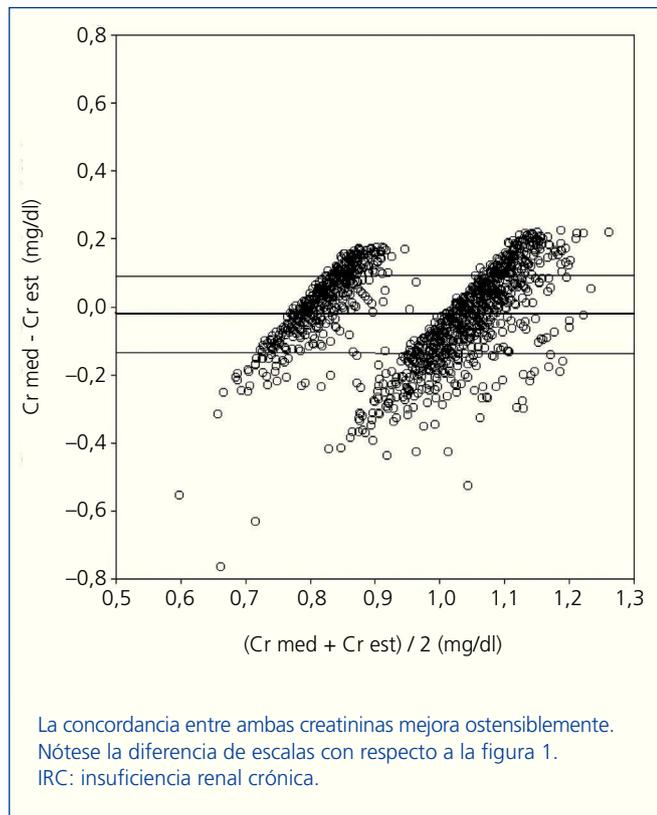


Figura 2. Gráfica de Bland y Altman tras excluir a los pacientes con función renal alterada (IRC grado 3) ($n = 1.408$).

miento de creatinina (CICr) inferior a 60 ml/min. La *odds ratio* para desarrollar ARA grave (necesidad de TRS) en una muestra aleatoria de 2.000 pacientes operados a lo largo de un período de 16 meses, cuando presentaban dicho grado de disfunción fue de cinco (intervalo de confianza [IC] 95%, 2-12,6). La prevalencia de disfunción renal preoperatoria en dicha muestra fue del 27%. En el estudio de Pickering ya citado, la prevalencia de IRC moderada o grave (TFG <60 ml/min/1,73 m²) fue del 28%, mientras que en el de Bagshaw fue del 46%, situándose la nuestra en valores intermedios (33,1%). En los tres estudios, la exclusión de estos pacientes disminuyó la sobrestimación. Este efecto es fácilmente explicable ya que se extrae un importante número de casos en los que se adjudica al paciente una TFG por encima de la real. Otro concepto desarrollado también por Wijeyesundera y que merece la pena comentar es el de insuficiencia renal oculta²², definida como una función renal preoperatoria con un CICr <60 ml/min, pero acompañado de una Crs basal preoperatoria inferior a 1,13 mg/dl. En una cohorte superior a 10.000 pacientes operados de cirugía cardíaca la prevalencia de insuficiencia renal oculta fue del 9%, y en nuestra muestra es muy similar (8,5%). Este concepto subraya la importancia que tiene en la evaluación analítica preoperatoria acompañar el valor de Crs basal de una estimación de la TFG o del CICr.

Por lo que respecta a la incidencia de ARA, en el contexto de la cirugía cardíaca los factores de riesgo han sido ampliamen-

te estudiados, y se han desarrollado varios sistemas de puntuación para calcular el riesgo preoperatorio de TRS²³⁻²⁵. Entre los factores considerados aparece de forma constante la función renal previa. La incidencia de ARA fue del 14,2% en nuestra muestra, inferior tanto a la de Pickering (31,2%) como a la del estudio BEST (44,9%). Dado que el número de casos diagnosticados constituye el denominador para el cálculo de la sobrestimación, cuanto menor sea aquél mayor será ésta. Este hecho, junto con la distinta prevalencia de IRC, podría explicar nuestros hallazgos.

Consideramos que la principal limitación del presente estudio reside en el hecho de utilizar como Crs basal la extraída como parte de la evaluación preoperatoria. Dicho valor no tiene por qué reflejar necesariamente la Crs del sujeto en condiciones basales. Un número importante de pacientes quirúrgicos ingresan a través de los servicios de urgencias con clínica de cardiopatía isquémica o de insuficiencia cardíaca y son intervenidos varios días después, una vez estabilizado el cuadro. Sin embargo, aproximaciones similares se han usado en los estudios anteriormente mencionados. Aunque la recomendación actual es emplear una Crs obtenida en los últimos tres meses antes del ingreso, se desconoce el mejor método para calcular la Crs basal cuando no se ha podido realizar una medición en condiciones basales. En el estudio de Pickering y Endre²⁰, la asignación aleatoria de valores de Crs a partir de una curva de distribución «lognormal» ajustada a los parámetros de tendencia central y dispersión de la población origen fue el método que más se aproximó a la incidencia real (infraestimación de ARA del 2,9%). En su defecto, y como método más práctico, los autores recomiendan usar la Crs más baja de las observadas durante los primeros siete días de estancia (sobrestimación de ARA del 5,7%). Esta recomendación, lógicamente, sólo se hace de cara a análisis epidemiológicos, ya que desde el punto de vista asistencial no es aceptable un retraso de tal magnitud en el diagnóstico.

Una segunda limitación de este estudio es utilizar solamente el criterio de la Crs para hacer el diagnóstico de ARA, excluyendo a los pacientes diagnosticados a partir del descenso en la diuresis. Este problema es común a los análisis retrospectivos en los que se usa el sistema RIFLE, que son la inmensa mayoría de los publicados. Esto se debe a que este parámetro rara vez se recoge en las bases de datos con suficiente detalle (esto es, de forma horaria) como para poder ser aplicado. Por dicho motivo, hemos evitado dar valores de sensibilidad y especificidad, ya que para hacer el diagnóstico de forma fiable y clasificar a los pacientes en el peor estadio de gravedad deberían usarse todos los criterios.

CONCLUSIONES

El uso de una creatinina basal calculada a partir de la ecuación MDRD en el diagnóstico de ARA sobrestima su incidencia en pacientes operados de cirugía cardíaca. Este he-

cho es común a aquellas poblaciones con prevalencia aumentada de IRC leve, dependiendo su intensidad tanto de este factor como de la incidencia de ARA. En cambio, sí es aceptable en pacientes en los que la TFG premórbida sea normal o casi normal. Esta observación debe tenerse en cuenta sobre todo en estudios epidemiológicos de base hospitalaria.

Conflictos de interés

Los autores declaran que no tienen conflictos de interés potenciales relacionados con los contenidos de este artículo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Rosner MH, Okusa MD. Acute kidney injury associated with cardiac surgery. *Clin J Am Soc Nephrol* 2006;1:19-32.
- Bellomo R, Ronco C, Kellum J, Mehta R, Palevsky P. Acute renal failure-definition, outcome measures, animal models, fluid therapy and information technology needs: the Second International Consensus Conference of the Acute Dialysis Quality Initiative (ADQI) Group. *Crit Care* 2004;8:R204-R212.
- Mehta R, Kellum J, Shah S, Molitoris B, Ronco C, Warnock D, et al. Acute Kidney Injury Network: report of an initiative to improve outcomes in acute kidney injury. *Crit Care* 2007;11:R31.
- Liaño F, Candela A, Tenorio M, Rodríguez-Palomares J. La IRA en la UCI: Concepto, clasificaciones funcionales, epidemiología, biomarcadores, diagnóstico diferencial y pronóstico. In: Poch E, Liaño F, Gaínza F, eds. Manejo de la disfunción aguda del riñón del paciente crítico en la práctica clínica (first ed.). Madrid: Ergon; 2011. p. 1-21.
- Lassnigg A, Schmidlin D, Mouhieddine M, Bachmann LM, Druml W, Bauer P, et al. Minimal changes of serum creatinine predict prognosis in patients after cardiothoracic surgery: a prospective cohort study. *J Am Soc Nephrol* 2004;15:1597-605.
- Lassnigg AM, Schmid ERM, Hiesmayr MM, Falk C, Druml W, Bauer P, et al. Impact of minimal increases in serum creatinine on outcome in patients after cardiothoracic surgery: Do we have to revise current definitions of acute renal failure? *Crit Care Med* 2008;36:1129-37.
- Chertow GM, Burdick E, Honour M, Bonventre JV, Bates DW. Acute kidney injury, mortality, length of stay, and costs in hospitalized patients. *J Am Soc Nephrol* 2005;16:3365-70.
- Liaño F, Tenorio M. Fracaso renal agudo: conceptos y epidemiología. In: Hernando Avendaño L, ed. *Nefrología Clínica* (third ed.). Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana; 2008. p. 733-8.
- Ricci Z, Cruz D, Ronco C. The RIFLE criteria and mortality in acute kidney injury: a systematic review. *Kidney Int* 2007;73:538-46.
- 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* 1999;130:461-70.
- Bagshaw SM, George C, Bellomo R, for the ANZICS Database Management Committee. A comparison of the RIFLE and AKIN criteria for acute kidney injury in critically ill patients. *Nephrol Dial Transplant* 2008;23:1569-74.
- Joannidis M, Metnitz B, Bauer P, Schusterschitz, Moreno R, Druml W, et al. Acute kidney injury in critically ill patients classified by AKIN versus RIFLE using the SAPS 3 database. *Intens Care Med* 2009;35:1692-702.
- Pickering JW, Endre ZH. GFR shot by RIFLE: errors in staging acute kidney injury. *Lancet* 2009;373:1318-9.
- Latour J, Abraira V, Cabello JB, López Sánchez J. Métodos de investigación en cardiología clínica (IV). Las mediciones clínicas en cardiología: validez y errores de medición. *Rev Esp Cardiol* 1997;50:117-28.
- Martin Bland J, Altman D. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* 1986;327:307-10.
- National Kidney Foundation. K/DOQI clinical practice guidelines for chronic kidney disease: evaluation, classification and stratification. *Am J Kidney Dis* 2002;39:S1-S266.
- Bagshaw SM, Uchino S, Cruz D, Bellomo R, Morimatsu H, Morgera M, et al. A comparison of observed versus estimated baseline creatinine for determination of RIFLE class in patients with acute kidney injury. *Nephrol Dial Transplant* 2009;24:2739-44.
- Siew ED, Matheny ME, Ikizler TA, Lewis JB, Miller RA, Waitman LR, et al. Commonly used surrogates for baseline renal function affect the classification and prognosis of acute kidney injury. *Kidney Int* 2010;77:536-42.
- Závada J, Hoste E, Cartin-Ceba R, Calzavacca P, Gajic O, Clermont G, et al. A comparison of three methods to estimate baseline creatinine for RIFLE classification. *Nephrol Dial Transplant* 2010;25:3911-8.
- Pickering JW, Endre ZH. Back-calculating baseline creatinine with MDRD misclassifies acute kidney injury in the Intensive Care Unit. *Clin J Am Soc Nephrol* 2010;5:1165-73.
- Wijeyesundera DNM. Evaluating surrogate measures of renal dysfunction after cardiac surgery. *Anesth Analg* 2003;96:1265-73.
- Wijeyesundera DNM. Improving the identification of patients at risk of postoperative renal failure after cardiac surgery. *Anesthesiology* 2006;104:65-72.
- Thakar CV, Arrigain S, Worley S, Yared JP, Paganini EP. A clinical score to predict acute renal failure after cardiac surgery. *J Am Soc Nephrol* 2005;16:162-8.
- Wijeyesundera DNM, Karkouti KM, Dupuis JYM, Rao V, Chan CT, Granton JT, et al. Derivation and validation of a simplified predictive index for renal replacement therapy after cardiac surgery. *JAMA* 2007;297:1801-9.
- Mehta RHM, Grab JDM, O'Brien SMP, Bridges CR, Gammie JS, Haan CK, et al. Bedside tool for predicting the risk of postoperative dialysis in patients undergoing cardiac surgery. *Circulation* 2006;114:2208-16.