



Acta Colombiana de Cuidado Intensivo

www.elsevier.es/acci



ORIGINAL

Correlación del índice resistivo renal y presión de perfusión renal con la severidad de la lesión renal aguda

Felipe Hernández Silvano*, Edgar Bravo Santibañez, Carlos Jiménez Correa y Luis Pedro González Carrillo

Medicina Crítica, Unidad de Cuidados Intensivos, Hospital General León, León, México

Recibido el 31 de enero de 2024; aceptado el 7 de abril de 2024

PALABRAS CLAVE

Lesión renal aguda;
Ultrasonido renal;
Presión de perfusión renal

Resumen

Introducción: La lesión renal aguda es una complicación frecuente en la unidad de cuidados intensivos (UCI), que conlleva estancia prolongada e incremento de la mortalidad. La estadificación de su severidad requiere marcadores como la creatinina, el cual es tardío y con múltiples factores que sesgan su medición e interpretación. El ultrasonido renal ha incrementado su uso, principalmente el índice resistivo; además, se ha descrito la evaluación de la perfusión renal en pacientes posquirúrgicos, sin embargo, no se ha demostrado su relación con la severidad de la lesión renal aguda.

Objetivo: Establecer la correlación del índice resistivo y presión de perfusión renal con la severidad de la lesión renal aguda en la unidad de cuidados intensivos.

Material y métodos: Estudio transversal en la unidad de cuidados intensivos; se incluyeron pacientes con lesión renal aguda y se estadificó la severidad con los criterios KDIGO; así mismo, se obtuvieron mediciones ultrasonográficas vasculares renales. El análisis estadístico fue con la prueba Tau-b de Kendal y análisis de regresión lineal.

Resultados: Se obtuvo una población final de 81 pacientes. La variable que se correlacionó con la severidad fue la presión de perfusión renal ($r=0,62$, $p \leq 0,001$) y la velocidad diastólica ($r=0,30$, $p=0,007$), sin embargo, el índice resistivo no tuvo correlación ($r=0,135$, $p=0,314$). De la misma forma, la presión de perfusión renal se correlacionó con cambios en la creatinina ($r=-0,554$), en el BUN ($r=-0,480$) y bicarbonato ($r=0,331$).

Conclusión: No se encontraron resultados estadísticamente significativos en relación con el índice resistivo, sin embargo, encontramos que la disminución de la presión de perfusión renal se correlaciona con mayor severidad de la lesión renal aguda en la unidad de cuidados intensivos.

© 2024 Asociación Colombiana de Medicina Crítica y Cuidado Intensivo. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: felee.12@hotmail.com (F. Hernández Silvano).

<https://doi.org/10.1016/j.acci.2024.04.002>

0122-7262/© 2024 Asociación Colombiana de Medicina Crítica y Cuidado Intensivo. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

Cómo citar este artículo: F. Hernández Silvano, E. Bravo Santibañez, C. Jiménez Correa et al., Correlación del índice resistivo renal y presión de perfusión renal con la severidad de la lesión renal aguda, Acta Colombiana de Cuidado Intensivo, <https://doi.org/10.1016/j.acci.2024.04.002>

KEYWORDS

Acute kidney injury;
Renal ultrasound;
Renal perfusion
pressure

Correlation of resistance index and renal perfusion pressure with the severity of acute kidney injury

Abstract

Background: Acute kidney injury is a frequent complication in the intensive care unit (ICU) leading to prolonged stay and increased mortality; severity staging requires markers such as creatinine which is late and with multiple factors that bias its measurement and interpretation. Renal ultrasound has increased its use, mainly the resistive index, in addition, the evaluation of renal perfusion in post-surgical patients has been described, however, its relationship with severity in acute kidney injury has not been demonstrated.

Objective: To establish the correlation of the resistive index and renal perfusion pressure with the severity of acute kidney injury in the Intensive Care Unit.

Material and methods: Cross-sectional study in the Intensive Care Unit; patients with acute kidney injury were included and severity was staged according to KDIGO criteria, and renal vascular ultrasonographic measurements were obtained. Statistical analysis was with Kendall's Tau-b test and linear regression analysis.

Results: Final population of 81 patients, the variable that correlated with severity was renal perfusion pressure ($r=0.62$, $p \leq 0.001$) and diastolic velocity ($r=0.30$, $p=0.007$), however, the resistive index had no correlation ($r=0.135$, $p=0.314$). Similarly, renal perfusion pressure correlated with changes in creatinine ($r=-0.554$), BUN ($r=-0.480$) and bicarbonate ($r=0.331$).

Conclusion: No statistically significant results were found in relation to the resistive index, however, we found that the decrease in renal perfusion pressure correlates with greater severity of acute kidney injury in the intensive care unit.

© 2024 Asociación Colombiana de Medicina Crítica y Cuidado Intensivo. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

Introducción

La lesión renal aguda es una disfunción rápida del órgano que se caracteriza por el aumento de la creatinina sérica y una disminución en el volumen urinario. Su etiología es multifactorial, puede estar relacionada con la hipoperfusión tisular, toxicidad por fármacos, medio de contraste, intoxicaciones y disfunción en la microcirculación asociada a sepsis^{1,2}.

La incidencia en la unidad de cuidados intensivos varía del 25 al 60%^{3,4}; su presencia incrementa la mortalidad y en la sepsis es un factor de riesgo para muerte a los 90 días. Así mismo, en pacientes que requirieron terapia de reemplazo renal se encontró mayor tiempo de estancia hospitalaria y mortalidad (70-75%)^{5,6}.

Actualmente el diagnóstico de la lesión renal aguda se basa en lo descrito por las guías KDIGO publicadas en el 2012 y se clasifica en 3 niveles (KDIGO I, KDIGO II y KDIGO III) de acuerdo con la creatinina sérica y el volumen urinario⁷. La incidencia es mayor en el estadio I (6,7 al 15,7%) pero la mortalidad es superior en el estadio III (42 al 50%); de la misma forma, el estadio III es un factor de riesgo (OR de 2,21) en mortalidad en la unidad de cuidados intensivos y se asocia con eventos cardiovasculares extrahospitalarios (OR 1,38)^{8,9}.

Una de las principales debilidades de la clasificación es la utilización de marcadores tardíos y con sesgos en su medición, como la creatinina; esto es debido a que depende de varios factores que modifican su cuantificación sérica (dieta, masa muscular, edad, género, raza, excreción extrarrenal y renal); además, los cambios en la creatinina tardan de 48

a 72 h en observarse posteriormente a los cambios funcionales y estructurales; por lo tanto, se requiere de nuevos métodos que permitan identificar de forma temprana para su estadificación¹⁰.

El ultrasonido renal ha experimentado una evolución significativa en su aplicación en el paciente críticamente enfermo; desde la evaluación morfológica del grosor cortical y grado de ecogenicidad renal que ayuda en la distinción entre la enfermedad renal crónica y la lesión renal aguda¹¹ hasta la evaluación del flujo vascular renal, en el cual el índice resistivo renal se ha identificado como un posible predictor de lesión renal aguda en sepsis, cirugía cardiovascular y choque hipovolémico¹²⁻¹⁵. De la misma forma, su elevación se asocia con incremento de la mortalidad en la terapia intensiva y lesión renal aguda persistente¹⁶. El índice se ha demostrado como una herramienta sencilla en su realización y con una buena concordancia entre diferentes evaluadores (índice Kappa 0,80)¹⁷.

Así mismo, la evaluación de la perfusión renal medida por ultrasonido es un marcador que ha incrementado su utilidad en los pacientes críticos; existe la evaluación semicuantitativa de la perfusión de la vasculatura intrarrenal¹⁸; en un estudio de Hermansen et al.¹⁹ observaron que en pacientes sometidos a cirugía cardíaca, las alteraciones en la perfusión renal medida por patrón del flujo venoso (OR 8,54) se asociaba significativamente con un empeoramiento de la severidad de la lesión renal aguda. Por el contrario, la valoración cuantitativa de la perfusión renal aún no se ha descrito de forma concluyente. Previamente, su estimación se realizaba con la presión de perfusión

abdominal (presión arterial media – presión intraabdominal), sin embargo, esto no refleja de forma fiable la perfusión renal; no obstante, se puede estimar la presión de perfusión con el ultrasonido utilizando una fórmula aritmética (presión arterial media \times velocidad diastólica / velocidad media) que se ha utilizado para estimar de forma cuantitativa la presión de perfusión en otros órganos²⁰.

Las mediciones del flujo de la vasculatura renal para identificar la severidad de la lesión renal aguda tienen múltiples ventajas: se realiza al pie de la cabecera, se puede establecer en tiempo real la hemodinamia renal y por consiguiente permitiría tomar decisiones terapéuticas tempranas, sin embargo, hasta el momento, no se ha establecido si existe una correlación.

Por lo tanto, el objetivo principal del presente estudio es establecer la correlación del índice de resistencia renal y presión de perfusión renal con la severidad de la lesión renal aguda en la unidad de cuidados intensivos.

Material y métodos

Posteriormente a la autorización de los comités locales de investigación y ética en investigación (HGL-CIS-2023/032) se llevó a cabo un estudio transversal en la unidad de cuidados intensivos del Hospital General León, México. Se incluyeron todos los pacientes mayores de 18 años con diagnóstico de lesión renal aguda de acuerdo con los criterios de las guías KDIGO⁷, se excluyeron y/o eliminaron los pacientes con insuficiencia renal crónica con o sin terapia de reemplazo renal, pacientes con patología oncológica renal, embarazadas, con patologías reumatológicas, o aquellos con trauma abdominal o renal que impidan las mediciones ultrasonográficas. El estudio se apejó a la declaración de STROBE, se siguieron los lineamientos éticos de la norma mexicana en Investigación, de la declaración de Helsinki y se solicitó el consentimiento informado a todos los pacientes (y/o familiares) que fueron incluidos.

El muestreo fue no probabilístico por casos consecutivos con un tamaño de muestra final de 81 pacientes, buscando un coeficiente de determinación (r^2) de 0,45, una confianza del 95%, poder del 90% y una hipótesis bidireccional.

Una vez establecido el diagnóstico de lesión renal aguda, se estadió la severidad por la clasificación de KDIGO: estadio I, con incremento de creatinina mayor de 0,3 mg/dl en 48 h o creatinina de 1,5 a 1,9 veces de la basal o una diuresis menor de 0,5 ml/kg/h en 6 a 12 h; estadio II, incremento de creatinina de 2 a 2,9 veces de la basal o una diuresis menor de 0,5 ml/kg/h en más de 12 h, y estadio III, creatinina 3 veces de la basal o creatinina mayor de 4 mg/dl o diuresis menor de 0,3 ml/kg/h en más de 24 h o anuria en 12 h⁷. Posteriormente, se realizaron las mediciones ultrasonográficas por parte de un único investigador con un transductor sectorial de 2-4 MHz; a nivel subcostal derecho del último arco costal en línea axilar media con el marcador a orientación cefálica en modo 2D se identifica el riñón derecho delimitado en su borde superior con el borde hepático; de la misma forma, en el borde subcostal izquierdo se identifica en modo 2D el riñón izquierdo delimitado en su borde superior con el borde esplénico; una vez identificadas las

estructuras en modo 2D, a nivel de la unión cortico-medular renal, se aplica Doppler color observando el flujo arterial correspondiente a la arteria interlobulillar y posteriormente se inicia con Doppler pulsado observando la morfología del flujo renal en sus fases de velocidad diastólicas y sistólicas; al graficar el trazo de forma automática se calcula el índice de resistencia y la velocidad media, y con estos datos se calcula la presión de perfusión renal con la siguiente fórmula $\frac{\text{Presión arterial media} \times \text{velocidad diastólica}}{\text{velocidad media}}$. A todos los pacientes se recabó niveles séricos de urea, BUN (nitrógeno ureico en sangre), bicarbonato sérico y Ph.

Análisis estadístico

Se realizó el análisis estadístico con el programa IBM SPSS versión 26. Se describieron las variables cuantitativas con medias (\pm desviación estándar) o mediana (q1-q3) de acuerdo con la normalidad de los datos (curtosis y asimetría).

Para el objetivo principal se realizó análisis de correlación con prueba de Tau-b de Kendal al ser una variable ordinal (escala KDIGO) y variable cuantitativa (presión de perfusión renal) obteniendo correlación con intervalo de confianza al 95% (IC al 95%); además, se llevó a cabo un análisis de regresión lineal bivariada para conocer el coeficiente de determinación (r^2) con IC al 95% entre la escala de KDIGO y la presión de perfusión renal.

Finalmente, se dividió a la población en 3 grupos (KDIGO I, KDIGO II y KDIGO III), para observar las diferencias de proporciones en variables cualitativas y medias o medianas en las variables cuantitativas en los 3 grupos de estudio; se realizó prueba Chi cuadrado, análisis de ANOVA de un factor o prueba de Kruskal Wallis de acuerdo con la normalidad de los datos.

Para el presente estudio, se estableció una $p \leq 0,05$ como estadísticamente significativa.

Resultados

Se recabaron 81 pacientes con lesión renal aguda al final del periodo (1 mayo 2023 a 30 noviembre 2023) que cumplieron con todos los criterios de selección para el análisis final. El 60% fue del género masculino, con una mediana (q1-q3) de 51 años (35-60 años), una mediana de IMC de 27 kg/m² (24,3-31,5 kg/m²). El ingreso por sepsis fue el más frecuente (40%) y al momento de las mediciones el 56% tenía estado de choque con una media de norepinefrina de 0,25 μ g/kg/min ($\pm 0,16 \mu$ g/kg/min). En la clasificación de severidad de la lesión renal aguda, los pacientes con KDIGO I (43%) fueron los más prevalentes, y 7 pacientes tenían tratamiento sustitutivo renal. Las mediciones ultrasonográficas vasculares renales promedio obtenidas fueron: índice de resistencia renal de 0,71 (0,65-0,76), velocidad sistólica de 35,15 cm/s (26,8-42,3 cm/s), velocidad diastólica de 10,2 cm/s (7,8-13 cm/s), velocidad media de 17,3 cm/s (14-22 cm/s) y 47,7 mmHg (41,5-55,6 mmHg) de presión de perfusión renal. Los demás datos generales pueden consultarse en la [tabla 1](#).

Para contestar el objetivo principal del estudio, se observó que las mediciones del flujo vascular renal que presentaron correlación significativa con el grado de severidad

Tabla 1 Descripción general de la población

	N=81
Masculino, n (%)	49 (60)
Femenino, n (%)	32 (40)
Edad, años	51 (35-60)
Peso, kg	75,6 (±14,1)
Talla, m	1,64 (±0,14)
IMC, kg/m ²	27 (24,3-31,5)
Sepsis, n (%)	32 (40)
Trauma, n (%)	19 (23)
Cardiopatías, n (%)	13 (16)
Apache II, puntos	15 (10-20)
SOFA, puntos	9 (6-12)
Choque, n (%)	45 (56)
Presión arterial media, mmHg	81 (±13)
Escala KDIGO I, n (%)	35 (43)
Escala KDIGO II, n (%)	32 (40)
Escala KDIGO III, n (%)	14 (17)
Tratamiento sustitutivo renal, n (%)	7 (9)
Creatinina, mg/dl	1,7 (1,4-2,4)
Urea	82 (52-118)
BUN	38 (24,2-54,2)
Balance hídrico, ml	278 (19-1664)

Se describe como medias (±DE), mediana (q1-q3), número (n), porcentaje (%), metros (m), kilogramos (kg), índice de masa corporal (IMC), milímetros de mercurio (mmHg), miligramos (mg), decilitros (dl), nitrógeno ureico en sangre (BUN).

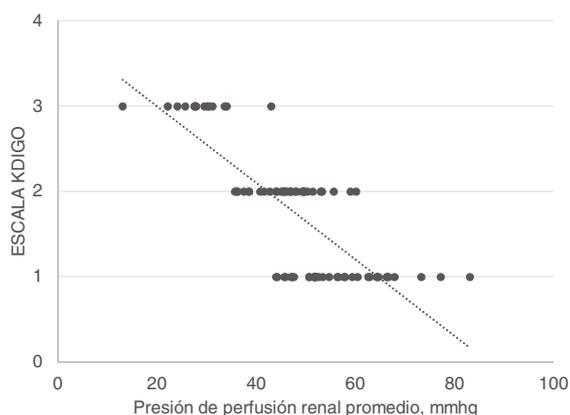


Figura 1 Diagrama de dispersión en el cual se observa una correlación negativa entre la presión de perfusión renal promedio y la escala de KDIGO ($r = -0,775$ IC al 95% 0,644-0,883, $p \leq 0,001$) así como una relación del $r^2 = 0,620$ $p \leq 0,001$.

(escala KDIGO) en la lesión renal fueron: velocidad diastólica $-0,301$ (IC al 95% 0,201-0,450, $p = 0,006$) y presión de perfusión renal $-0,775$ (IC al 95% 0,656-0,894, $p \leq 0,001$). Al analizar de forma separada por riñón izquierdo o derecho, se observó en ambos riñones que la velocidad diastólica ($-0,321$ y $-0,29$, **tabla 2**) y la presión de perfusión renal ($-0,695$ y $-0,630$) fueron las variables que se correlacionaron con el nivel de severidad de la lesión renal aguda. Al realizar el análisis de regresión lineal múltiple el promedio de la presión de perfusión renal fue la variable con la mayor relación con la severidad de la lesión renal aguda ($r^2 = 0,62$,

Tabla 2 Correlación del flujo renal medido con ultrasonografía con el nivel de severidad de la lesión renal aguda por escala de KDIGO

	Correlación	p
Riñón derecho		
Índice de resistencia	0,14	0,214
Velocidad sistólica, cm/s	0,167	0,135
Velocidad diastólica, cm/s	$-0,321$	0,012
Velocidad media, cm/s	0,219	0,049
Presión de perfusión renal, mmHg	$-0,695$	$< 0,001$
Riñón izquierdo		
Índice de resistencia	0,108	0,722
Velocidad sistólica, cm/s	0,183	0,102
Velocidad diastólica, cm/s	$-0,29$	0,026
Velocidad media, cm/s	0,123	0,239
Presión de perfusión renal, mmHg	0,63	$< 0,001$
Promedio		
Índice de resistencia	0,134	0,315
Velocidad sistólica, cm/s	0,169	0,132
Velocidad diastólica, cm/s	$-0,301$	0,006
Velocidad media, cm/s	0,198	0,077
Presión de perfusión renal, mmHg	$-0,775$	$< 0,001$

Se describe por correlación de Tau-b de Kendal, con significación estadística con $p \leq 0,05$.

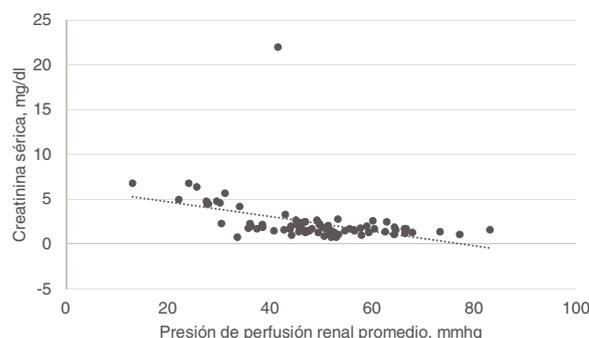


Figura 2 Diagrama de dispersión en el cual se observa una correlación negativa entre la presión de perfusión renal promedio y la creatinina sérica ($r = -0,408$ IC al 95% 0,291-0,575, $p \leq 0,001$).

$p \leq 0,001$, **fig. 1**), seguido por el promedio de la velocidad diastólica ($r^2 = 0,30$, $p = 0,007$).

Al dividir la población de acuerdo con el nivel de severidad de la lesión renal aguda por escala de KDIGO (KDIGO I $n = 35$, KDIGO II $n = 32$ y KDIGO III $n = 14$), se encuentra que fue superior la media del peso (75 vs. 72,5 vs. 83,1 kg, $p = 0,014$) y la mediana de IMC (27 vs. 25,7 vs. 31,4 kg/m², $p = 0,047$) en los pacientes con KDIGO III; así mismo, fue menor la velocidad diastólica (11,1 vs. 10,6 vs. 7,5, $p \leq 0,001$) y la presión de perfusión renal (56,3 vs. 46,4 vs. 28,7, $p \leq 0,001$) promedio en los pacientes con KDIGO III (**tabla 3**).

Finalmente, se encontró que la presión de perfusión renal se correlacionó con cambios en la creatinina ($r = -0,554$, $p = 0,001$, **fig. 2**), cambios en el BUN ($r = -0,480$, $p = 0,001$) y con el bicarbonato (0,331, $p = 0,003$).

Tabla 3 Comparación de la población de acuerdo con los 3 niveles de severidad por escala de KDIGO

	KDIGO I, n=35	KDIGO II, n=32	KDIGO III, n=14	p
Masculino, n (%)	21 (60)	21 (66)	7 (50)	0,265
Femenino, n (%)	14 (40)	11 (34)	7 (50)	0,265
Edad, años	49 (36-60)	53 (35-60)	49 (38-63)	0,345
Peso, kg	75 ($\pm 11,8$)	72,5 (± 14)	83,1 ($\pm 17,3$)	0,014
Talla, m	1,64 ($\pm 0,09$)	1,63 ($\pm 0,19$)	1,63 ($\pm 0,1$)	0,836
IMC, kg/m ²	27 (24,5-31,4)	25,7 (23,7-29,6)	31,4 (28,8-33,9)	0,047
Sepsis, n (%)	11 (31)	10 (31)	11 (79)	0,031
Trauma, n (%)	9 (26)	10 (31)	0 (0)	0,067
Apache II, puntos	14 (11-20)	14 (10-18,25)	17 (10,5-23,5)	0,058
SOFA, puntos	8 (6-12)	8 (6-12)	11 (9-13)	0,072
Choque, n (%)	17 (49)	17 (53)	11 (79)	0,024
PAM, mmHg	85 ($\pm 11,7$)	81 ($\pm 11,9$)	74 ($\pm 13,1$)	0,046
Balance hídrico, ml	274 (15-1301)	658 (135-1974)	235 (42-1019)	0,471
Índice de resistencia	0,71 (0,64-0,76)	0,7 (0,63-0,75)	0,76 (0,67-0,81)	0,579
Velocidad sistólica	31,4 (24,9-39)	38,7 (30-42,9)	35,7 (34,8-39,9)	0,491
Velocidad diastólica	11,1 (8,6-14,1)	10,6 (9,3-12,5)	7,5 (6-7,8)	<0,001
Velocidad media	16,2 (12,7-21,3)	19,5 (15,5-22)	18,7 (15-22,7)	0,251
Presión de perfusión	56,3 (51,1-64,3)	46,4 (42,4-49,6)	28,7 (26,1-31)	<0,001

Se describe como medias (\pm DE), mediana (q1-q3), número (n), porcentaje (%), metros (m), kilogramos (kg), índice de masa corporal (IMC), milímetros de mercurio (mmHg), miligramos (mg), decilitros (dl), mililitros (ml), todas las velocidades como centímetros sobre segundo (cm/s).

Discusión

En el presente estudio se observó que el ultrasonido renal es una herramienta útil en la estadificación de la lesión renal aguda. La disminución de la presión de perfusión renal fue la variable que tuvo mejor correlación con la escala de KDIGO en comparación con el índice resistivo renal. La realización del ultrasonido renal en el paciente críticamente enfermo tiene múltiples ventajas, por lo que permitiría un abordaje terapéutico oportuno y promover un impacto en la supervivencia de estos pacientes.

Estos resultados fueron similares a lo reportado por Hermansen et al.¹⁹ en un estudio prospectivo de 100 pacientes con riesgo de lesión renal aguda posterior a cirugía cardíaca, en el cual observaron que había cambios en la perfusión renal evaluada tanto por el patrón del flujo venoso (OR 8,5 IC al 95% 1,01-72,2, $p=0,046$) como por el patrón del flujo pulsátil de la porta (OR 1,07 IC al 95% 1,02-1,13, $p=0,005$) por ultrasonido en aquellos pacientes que presentaban lesión renal aguda severa (KDIGO II y III); así mismo, en el estudio de Dang et al.²¹ encontraron que el incremento de la presión de perfusión renal medida por la fórmula (presión arterial media-[PVC+presión intraabdominal+presión media de la vía área]) se asociaba con efecto protector tanto en la aparición de la lesión renal aguda (OR 0,30 IC al 95% 0,12-0,76, $p=0,01$) como en la severidad de la lesión renal aguda; además, Neuman et al.²², en un estudio de 130 pacientes, demostraron que la presión sistémica de llenado y la presión de perfusión renal (presión arterial media - presión sistémica de llenado) se asociaba con lesión renal aguda asociada a cirugía cardíaca (OR 1,2 IC 95% 1,16-1,25 y OR 0,81 IC 95% 0,85-0,93). Sin embargo, existen diferencias importantes entre estos resultados: primero, la evaluación de la presión de perfusión renal en nuestro estudio fue una

medición cuantitativa por ultrasonido en comparación con la evaluación indirecta y cualitativa; además, la población en los estudios comentados fue principalmente pacientes postoperados de cirugía cardíaca, a diferencia de la población tanto médica como posquirúrgica en nuestro protocolo.

Otro de los hallazgos fue que los pacientes con lesión renal aguda severa (KDIGO III) presentaban menor presión arterial media (74 mmHg) y menor velocidad diastólica en comparación con los pacientes con estadios leves (KDIGO I), datos similares a los descritos por Dupont et al.²³, en donde 568 pacientes que presentaban una presión arterial media menor de 65 mmHg se incrementaba un 69% el riesgo de presentar lesión renal aguda severa (KDIGO III) con un OR de 1,69 (IC al 95% 1,26-2,26) a diferencia de aquellos con una presión arterial media menor de 85 mmHg (4% y un OR de 1,04 IC al 95% 1,02-1,06) posterior a una parada cardíaca. Hasta el momento no se disponen de estudios que evalúen la velocidad diastólica renal medida por ultrasonido con la severidad de la lesión renal aguda para comparar con nuestros resultados. De la misma forma, observamos que los pacientes con mayor severidad de la lesión renal aguda presentaban mayor índice de masa corporal (IMC de 31,4 en estadio KDIGO III). Previamente se ha demostrado que en pacientes obesos es más frecuente la aparición de lesión renal aguda (69,8%, OR 2,2 IC al 95% 1,04-4,6) en comparación con pacientes con peso normal (65,1), por lo tanto, incrementa el riesgo (OR 2,2 IC al 95% 1,04-4,6) de lesión renal aguda en obesos en la unidad de cuidados intensivos; sin embargo, no se ha observado una asociación con mortalidad (38,4% vs. 38,4%, $p=0,998$)^{24,25}.

Finalmente observamos que la disminución de la presión de perfusión renal se correlaciona con incremento de la creatinina sérica y con disminución en el bicarbonato sérico; sin embargo, no contamos con estudios similares para poder

analizar posibles diferencias, se requieren nuevos estudios para analizar la posible correlación entre la medición de las variables ultrasonográficas y el incremento de los marcadores séricos en la lesión renal aguda.

El presente estudio tiene múltiples debilidades: 1) es un estudio unicéntrico; 2) se ha demostrado que el índice resistivo renal en sepsis es un predictor de lesión renal aguda, por lo que, al ser una población de una UCI polivalente puede ser la razón por la que no se alcanzó la correlación del índice resistivo con la severidad de la lesión renal aguda, y 3) la naturaleza del estudio transversal; es necesario un estudio longitudinal y prospectivo para evaluar la correlación, la asociación y la posible capacidad de predicción de las variables ultrasonográficas con la severidad de la lesión renal aguda. Por otra parte, el estudio también tiene fortalezas que hay que mencionar: es la primera ocasión en que se evalúa la correlación de variables ultrasonográficas con la severidad de la lesión renal aguda, y se evalúa de forma cuantitativa con variables ultrasonográficas de la circulación arterial renal; además, se encontró una posible correlación entre el IMC y mayor severidad de lesión renal; por la naturaleza transversal del estudio no podemos determinar causalidad entre estas dos variables.

Conclusión

La disminución de la presión de perfusión renal y la velocidad diastólica se correlaciona con mayor severidad en la lesión renal aguda en la unidad de cuidados intensivos; además, la disminución en la presión de perfusión renal se correlaciona con incremento de la creatinina y disminución del bicarbonato sérico.

Financiación

Ninguna.

Conflicto de intereses

No conflicto de interés.

Bibliografía

1. Mehta RL, Kellum JA, Shah SV, Molitoris BA, Ronco C, Warnock DG, et al. Acute Kidney Injury Network: report of an initiative to improve outcomes in acute kidney injury. *Crit Care* [Internet]. 2007;11 [consultado 26 Mar 2023]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17331245/>.
2. Hoste EAJ, Bagshaw SM, Bellomo R, Cely CM, Colman R, Cruz DN, et al. Epidemiology of acute kidney injury in critically ill patients: the multinational AKI-EPI study. *Intensive Care Med* [Internet]. 2015;41:1411–23 [consultado 1 Abr 2023]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26162677/>.
3. Peerapornratana S, Manrique-Caballero CL, Gómez H, Kellum JA. Acute kidney injury from sepsis: current concepts, epidemiology, pathophysiology, prevention and treatment. *Kidney Int* [Internet]. 2019;96:1083 [consultado 20 Jul 2023]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31443997/>
4. Poukkanen M, Vaara ST, Pettilä V, Kaukonen KM, Korhonen AM, Hovilehto S, et al. Acute kidney injury in patients with severe sepsis in Finnish intensive care units. *Acta Anaesthesiol Scand*. 2013;57:863–72.

5. Bellomo R, Kellum JA, Ronco C, Wald R, Martensson J, Maiden M, et al. Acute kidney injury in sepsis. *Intensive Care Med* [Internet]. 2017;43:816–28 [consultado 5 Mar 2023]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28364303/>.
6. Case J, Khan S, Khalid R, Khan A. Epidemiology of acute kidney injury in the intensive care unit. *Crit Care Res Pract* [Internet]. 2013 [consultado 27 Feb 2023];2013. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23573420/>
7. KDIGO Clinical Practice Guideline for Acute Kidney Injury. [consultado 26 Mar 2023]. Disponible en: <http://www.kidney-international.org>.
8. Salgueira M, Almenara M, Gutierrez-Pizarra A, Belmar L, Labrador PJ, Melero R, et al. Caracterización de la población con fracaso renal agudo durante la hospitalización por COVID-19 en España: tratamiento renal sustitutivo y mortalidad. Datos del Registro FRA-COVID SEN. *Nefrología* [Internet]. 2023 [consultado 20 Ene 2024]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10076078/>
9. Schytz PA, Blanche P, Nissen AB, Torp-Pedersen C, Gislason GH, NELVEG-Kristensen KE, et al. Acute kidney injury and risk of cardiovascular outcomes: A nationwide cohort study. *Nefrología* [Internet]. 2021;42:338–46 [consultado 20 Ene 2024]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34489123/>.
10. Makris K, Spanou L. Acute Kidney Injury: Diagnostic Approaches and Controversies. *Clin Biochem Rev* [Internet]. 2016;37:153 [consultado 20 Ene 2024]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5242479/>
11. Liu C, Wang X. Clinical utility of ultrasonographic evaluation in acute kidney injury. *Transl Androl Urol* [Internet]. 2020;9:1345–55 [consultado 20 Ene 2024]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32676419/>.
12. Kopitkó C, Gondos T, Fülöp T, Medve L. Reinterpreting Renal Hemodynamics: The Importance of Venous Congestion and Effective Organ Perfusion in Acute Kidney Injury. *Am J Med Sci* [Internet]. 2020;359:193–205 [consultado 8 Mar 2023]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32089228/>.
13. Song J, Wu W, He Y, Lin S, Zhu D, Zhong M. Value of the combination of renal resistance index and central venous pressure in the early prediction of sepsis-induced acute kidney injury. *J Crit Care* [Internet]. 2018;45:204–8 [consultado 10 Mar 2023]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29573604/>.
14. Bossard G, Bourgoin P, Corbeau JJ, Huntzinger J, Beydon L. Early detection of postoperative acute kidney injury by Doppler renal resistive index in cardiac surgery with cardiopulmonary bypass. *Br J Anaesth* [Internet]. 2011;107:891–8 [consultado 9 Mar 2023]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21940396/>.
15. Ferré F, Marty P, Folcher C, Kurrek M, Minville V. Effect of fluid challenge on renal resistive index after major orthopaedic surgery: A prospective observational study using Doppler ultrasonography. *Anaesth Crit Care Pain Med* [Internet]. 2019;38:147–52 [consultado 9 Mar 2023]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29684655/>.
16. Moses AA, Fernandez HE. Ultrasonography in Acute Kidney Injury. *POCUS J* [Internet]. 2022;7(Kidney):35 [consultado 20 Ene 2024]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9994307/>
17. Krishnan V, Malik A. Role of intrarenal resistive index and ElastPQ® renal shear modulus in early diagnosis and follow-up of diabetic nephropathy: A prospective study. <https://doi.org/10.1177/1742271X20942249> [Internet]. 2020 Jul 14 [consultado 22 Ene 2024];28(4):246–54. Disponible en: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/1742271X20942249?journalCode=ultb>.
18. Ninet S, Schnell D, Dewitte A, Zeni F, Meziani F, Darmon M. Doppler-based renal resistive index for prediction of renal dysfunction reversibility: A systematic review and meta-analysis. *J*

- Crit Care [Internet]. 2015;30:629–35 [consultado 9 Mar 2023]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25746587/>.
19. Hermansen JL, Pettay G, Sørensen HT, Nel S, Tsabedze N, Hørlyck A, et al. Perioperative Doppler measurements of renal perfusion are associated with acute kidney injury in patients undergoing cardiac surgery. *Scientific Reports* 2021 11:1 [Internet]. 2021;11:1–10 [consultado 3 Abr 2023]. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41598-021-99141-y>.
 20. Sgouralis I, Layton AT. Mathematical Modeling of Renal Hemodynamics in Physiology and Pathophysiology. *Math Biosci* [Internet]. 2015;264:8 [consultado 6 Mar 2023]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4426241/>
 21. Dang PT, Lopez BE, Togashi K. A Decrease in Effective Renal Perfusion Pressure Is Associated With Increased Acute Kidney Injury in Patients Undergoing Cardiac Surgery. *Cureus*. 2023;15:e45036.
 22. Neuman J, Schulz L, Aneman A. Associations between mean systemic filling pressure and acute kidney injury: An observational cohort study following cardiac surgery. *Acta Anaesthesiol Scand*. 2021;65:373–80.
 23. Dupont V, Bonnet-Lebrun AS, Boileve A, Charpentier J, Mira JP, Geri G, et al. Impact of early mean arterial pressure level on severe acute kidney injury occurrence after out-of-hospital cardiac arrest. *Ann Intensive Care* [Internet]. 2022;12:69 [consultado 22 Ene 2024]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35843964/>
 24. Sabaz MS, Aşar S, Sertçakacılar G, Sabaz N, Çukurova Z, Hergünel GO. The effect of body mass index on the development of acute kidney injury and mortality in intensive care unit: is obesity paradox valid? *Ren Fail* [Internet]. 2021;43:543 [consultado 24 Mar 2024]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33745415/>
 25. Gameiro J, Gonçalves M, Pereira M, Rodrigues N, Godinho I, Neves M, et al. Obesity, acute kidney injury and mortality in patients with sepsis: a cohort analysis. *Ren Fail* [Internet]. 2018;40:120–6 [consultado 24 Mar 2024]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29388454/>.