










ORIGINAL

Predicción temprana de lesión renal aguda en pacientes neurocríticos: relevancia del índice de resistencia renal y del Doppler Venoso Intrarenal como herramientas de diagnóstico

Early prediction of acute kidney injury in neurocritical patients: relevance of renal resistance index and intrarenal venous Doppler as diagnostic tools

Jorge Márquez Molina¹ , Jhossmar Cristians Auza-Santivañez²  , Edwin Cruz-Choquetopa³ , Jose Bernardo Antezana-Muñoz⁴ , Osman Arteaga Iriarte⁵ , Helen Fernández-Burgoa⁶ 

¹Hospital Seguro Social Universitario. Departamento de emergencias. Cochabamba, Bolivia.

²Hospital del Gran Chaco "Fray quebracho". Unidad de Terapia Intensiva. Tarija, Bolivia.

³Caja Petrolera de Salud. Unidad de Terapia Intensiva. Cochabamba, Bolivia.

⁴Hospital Clínico Viedma. Unidad de Terapia Intensiva. Cochabamba, Bolivia.

⁵Hospital Universitario Japonés. Unidad de Terapia Intensiva. Santa Cruz, Bolivia.

⁶Servicio Departamental de Salud. Comité Regional de Integración Docente Asistencial e Investigación. Tarija, Bolivia.

Citar como: Márquez Molina J, Auza-Santivañez JC, Cruz-Choquetopa E, Antezana-Muñoz JB, Arteaga Iriarte O, Fernández-Burgoa H. Early prediction of acute kidney injury in neurocritical patients: relevance of renal resistance index and intrarenal venous Doppler as diagnostic tools. Data & Metadata. 2023;2(1):30. <https://doi.org/10.56294/dm202330>

Enviado: 20-01-2023

Revisado: 14-02-2023

Aceptado: 08-04-2023

Publicado: 09-04-2023

Editor: Prof. Dr. Javier González Argote 

RESUMEN

Introducción: la implementación del POCUS renal en cuidados críticos es una herramienta valiosa que complementa el examen físico de los pacientes críticos. Al ser no invasiva, accesible, inocua y económica, permite evaluar al pie de la cama de los pacientes la perfusión renal a través de mediciones ecográficas como el índice de resistencia renal (IRR) y el doppler venoso intrarenal (DVIR), los cuales son considerados predictores tempranos de lesión renal aguda.

Objetivos: determinar la relación entre el índice de resistencia renal (IRR) y el grado de lesión renal aguda según KDIGO en pacientes neurocríticos. Correlacionar las alteraciones del flujo doppler venoso intrarrenal (DVIR) con el grado de lesión renal aguda según KDIGO.

Métodos: se realizó un estudio de tipo observacional, analítico, prospectivo y longitudinal en una UCI con afluencia de pacientes neurocríticos. Participaron 43 pacientes a quienes se les realizaron mediciones del índice de resistencia renal (IRR) y el doppler venoso intrarrenal (DVIR) al ingreso, a las 72 horas y a los 7 días. Se evaluó cuál de estas herramientas predice mejor la lesión renal aguda según KDIGO.

Resultados: en el estudio con 43 pacientes críticos, no se encontró una correlación significativa entre el valor del IRR y la lesión renal aguda según KDIGO. Por el contrario, se encontró una relación significativa entre el doppler venoso intrarrenal (DVIR) al ingreso, a las 72 horas y a los 7 días con la lesión renal aguda según KDIGO, con un valor de $r = 0,95$ ($P = 0,54$); $0,49$ ($P = 0,001$); $0,58$ ($P = 0,000$). Al analizar mediante árbol de clasificación, se determinó que las variables que mejor predicen el riesgo de padecer lesión renal aguda antes de que esto ocurra son la medición del doppler venoso intrarrenal (DVIR) a los 7 días y el valor del balance hídrico acumulado.

Conclusiones: existe una correlación positiva y significativa entre el doppler venoso intrarrenal (DVIR) y la lesión renal aguda. El doppler venoso intrarrenal (DVIR) y el balance acumulado de líquidos predicen mejor el riesgo de sufrir lesión renal aguda en pacientes críticos. En contraste, el índice de resistencia renal (IRR) no se relacionó con la lesión renal aguda en la población estudiada.

Palabras Clave: Índice de Resistencia Renal; Toma de Decisiones; POCUS; Ecografía en el Punto de Atención; Cuidados Intensivos; Neurocríticos; VexUS.

ABSTRACT

Introduction: the implementation of renal POCUS in critical care is a valuable tool that complements the physical examination of critically ill patients. It is non-invasive, accessible, harmless, and inexpensive, allowing renal perfusion to be evaluated at the bedside of patients through ultrasound measurements such as the renal resistance index (RRI) and intrarenal venous Doppler (IVD), which are considered early predictors of acute kidney injury (AKI).

Objective: to determine the relationship between the renal resistance index (RRI) and the degree of AKI according to KDIGO in neurocritical patients, and to correlate intrarenal venous Doppler (IVD) flow abnormalities with the degree of AKI according to KDIGO.

Methods: an observational, analytical, prospective, and longitudinal study was conducted in a neurocritical patient ICU with 43 participants. RRI and IVD measurements were performed at admission, 72 hours, and 7 days. The study evaluated which parameter better predicts AKI according to KDIGO.

Results: in the study of 43 critically ill patients, the correlation results between RRI value and AKI according to KDIGO were not significant. On the other hand, the correlation between intrarenal venous Doppler (IVD) at admission, 72 hours, and 7 days with AKI according to KDIGO was significant with a value of $r = 0,95$ ($P=0,54$); $0,49$ ($P=0,001$); $0,58$ ($P=0,000$). Analyzing by classification tree, it was determined that the variables that best predict the risk of developing AKI before it occurs are intrarenal venous Doppler (IVD) measurement at 7 days and the cumulative fluid balance value.

Conclusions: there is a positive and significant correlation between intrarenal venous Doppler (IVD) and AKI. Intrarenal venous Doppler (IVD) and cumulative fluid balance predict the risk of developing AKI in critically ill patients. On the other hand, renal resistance index was not related to AKI in the studied population.

Keywords: Renal Resistance Index; Decision Making; POCUS; Point-of-care Ultrasound; Intensive Care; Neurocritical; VexUS.

INTRODUCCIÓN

En los últimos 40 años el manejo de lesión renal aguda (LRA) ha cambiado considerablemente desde una enfermedad de un solo órgano manejada por Nefrólogos solamente a una enfermedad manejada por intensivistas y nefrólogos.⁽¹⁾ Dado que la LRA aumenta la morbilidad y la mortalidad, la detección temprana y la prevención son cruciales.^(2,3)

Su incidencia oscila entre el 4 % a 20 % en pacientes hospitalizados y alcanza el 60 % en pacientes que ingresan a cuidados intensivos y se asocia con estancia prolongada en la UCI y en el hospital.⁽⁴⁾ Nuevos estudios validaron las escalas diagnósticas que utilizan la alteración de la creatinina sérica y el débito urinario para definir la presencia y gravedad de la lesión renal aguda como son RIFLE (2004), AKIN (2007) y KDIGO (2012).⁽⁵⁾ En nuestra investigación utilizamos el Point of Care Ultrasound (POCUS) Renal que es una herramienta accesible, inocua, fácil de usar por emergenciólogos, intensivistas y nefrólogos, estando disponible al pie de cama del paciente, muy útil para la monitorización de la función renal con el uso del Doppler Color Pulsado realizando mediciones del Índice de Resistencia Renal (IRR) y el Flujo Doppler Venoso Intrarrenal (DVIR) en los pacientes críticos.^(6,7,8) La medición del Índice de Resistencia Renal (IRR) y Doppler Venoso Intrarrenal parece ser una herramienta rápida, no invasiva que evalúa la perfusión renal, por lo que podría identificar el diagnóstico subclínico de LRA y/o predecir el curso de la recuperación renal^(9,10) pero se desconoce su relación y/o asociación con la LRA en pacientes neurocríticos.

El IRR y la ecografía Doppler están ganando terreno rápidamente como herramienta de detección en pacientes críticos. La vasoconstricción renal es una manifestación temprana de AKI.^(11,12) La ecografía Doppler de las venas sistémicas añade otros datos en la evaluación del estado hemodinámico al lado de la cama y constituye una pieza fundamental del, junto con los parámetros clínicos, de laboratorio y ecográficos^(13,14)

Múltiples estudios sugieren implementar POCUS renal para la monitorización, evaluación y el seguimiento de pacientes críticos. La predicción temprana es fundamental para identificar a los pacientes con alto riesgo de IRA y ofrecer medidas preventivas y de tratamiento precoz. Por este motivo, las investigaciones recientes se han centrado en el desarrollo de modelos predictivos que estratifiquen a los pacientes según varios factores clínicos.⁽¹⁵⁾ En nuestro contexto existen pocos estudios los cuales relacionen índice de resistencia renal y doppler venoso intrarrenal con lesión renal aguda en pacientes con patología crítica. Por tanto, el objetivo fundamental de nuestra investigación es predecir la lesión renal aguda a través de mediciones del IRR y Doppler venoso intrarrenal en el enfermo grave.

MÉTODOS

Tipo Del Estudio: Prospectivo, longitudinal, observacional descriptivo.

Enfoque de análisis del estudio: corresponde a un estudio de tipo observacional, analítico, prospectivo y longitudinal. El enfoque analítico es cuantitativo, el enfoque de investigación es positivista. Grado de asociación se calculó mediante el coeficiente de correlación de Pearson.

Arboles de clasificación: métodos: CHAID, QUEST, CART (computer-aided regression trees)

Universo: pacientes críticos que ingresaron a unidad de cuidados intensivos polivalente desde el 01 de agosto al 31 de diciembre del 2022.

Criterios de inclusión: mayores a 18 a 59 años, Pacientes sin patología renal aguda ni crónica Hospitalizados en el servicio de Terapia Intensiva del Hospital Clínico Viedma

Criterios de exclusión: mala ventana ecográfica (artefactos), Tumor de hipófisis y/o Diabetes insípida, paciente con cirrosis hepática, insuficiencia cardíaca con FEVI reducida y con desnutrición crónica y paciente que abandona la institución antes de los 7 días.

Análisis descriptivo: la variable edad se describirá en términos de media y desviación estándar (o mediana y rango, de acuerdo con prueba de normalidad). Para el caso de las variables categóricas, se elaboraron cuadros de frecuencia o se combinaran estos con diagramas de barra, siempre y cuando sea necesario para la explicación. Se ejecutaron pruebas de correlación de Pearson (r), Se utilizó estadística inferencial relacionado con el trabajo de investigación.

Árboles de clasificación: método: CART (computer-aided regression trees).

Procedimiento: el estudio se realizó en la Unidad de Terapia Intensiva de adultos del Hospital Clínico Viedma, se recabaron datos de historia clínica, hojas de flujograma de cuidados intensivos, hojas de ventilación, hojas de laboratorios, gasometrías y las mediciones Ecográficas en modo Doppler. Se recopilaron los resultados en la hoja de recolección de datos.

Medición del índice de resistencia renal (IRR): los pacientes fueron examinados en su cama de UCI en posición supina, se realizaron mediciones en ambos riñones o en el lado más accesible, ya que se ha demostrado que la diferencia en los valores de RRI entre el riñón derecho y el izquierdo es insignificante tanto en pacientes sanos como en pacientes críticos.⁽²²⁾ Se aplicó Doppler color para visualizar la organización global de los vasos sanguíneos intrarrenales y Doppler de ondas de pulso en el ancho más pequeño posible entre 2 y 5 mm para medir las velocidades de flujo en una arteria interlobulillar o arqueada en el polo superior, medio e inferior del riñón. La ganancia Doppler se configuró para obtener un contorno claro de las ondas de flujo con un ruido de fondo mínimo. El espectro Doppler de ondas de pulso se consideró óptimo cuando se visualizaron al menos tres formas de onda consecutivas de aspecto similar para cada polo. El IRR se calculó para cada riñón [(velocidad sistólica máxima-velocidad telediastólica)/velocidad sistólica máxima]. A partir de los valores de IRR de ambos riñones, se calculó un IRR medio. (figura 1 a y b)

Medición Doppler de la vena renal: al momento de medir el IRR se procedió a observar la imagen del flujo venoso que está por debajo de la línea de base y se interpretó de la siguiente manera.

Grado 0 = Continuo y monofásico

Grado 1 = Discontinuo y flujo bifásico.

Grado 2 = Discontinuo y monofásico (solo diástole).

Para determinar si los pacientes desarrollaron LRA se determinaron los primeros siete días de ingreso en la UCI, los criterios de LRA basados en el volumen urinario y de creatinina (KDIGO). La creatinina previa al ingreso se definió como el último valor conocido de creatinina medido o se obtuvo el último valor conocido del sistema de información del hospital como ser historia clínica previa. Cuando el valor de creatinina sérica previo al ingreso no estaba disponible, la creatinina sérica al ingreso se catalogó como base.

Métodos Estadísticos: para descripción de variables continuas y categóricas se expresaron mediante frecuencias y porcentaje. En la asociación de dos variables empleamos coeficiente de correlación de Pearson, Consideramos significativa una $p < 0,05$ y para predecir el riesgo de lesión renal aguda se elaboró un programa para correr los datos utilizando el método estadístico R y **Generando Arboles de Clasificación** según el Método: CART (computer-aided regression trees).



Figura 1. (a)imagen ecográfica donde se evidencia un IRR: 0,70 y un flujo venosos intrarrenal normal continuo que descarta congestión renal; (b) imagen ecográfica donde se evidencia un IRR: 0,8 el cual esta elevado con respecto al valor normal

RESULTADOS

Esta investigación incluyó un total de 58 pacientes críticos de los cuales fueron excluidos 15 pacientes (6 pacientes mayor a 60 años, 2 pacientes menores de 18 años, 3 pacientes fallecieron durante las 48 horas de ingreso en la UCI, 1 paciente con macroadenoma hipofisiario, 1 paciente que se fue con ata solicitada a domicilio y 2 pacientes por mala ventana ecográfica y/o dificultad en la valoración ecográfica). Tomando como muestras del estudio a 43 pacientes que cumplieron los criterios de ingreso al estudio.

Análisis relacional

Los resultados de correlación entre el valor del IRR al ingreso, 72 horas y 7 días con la lesión renal aguda fueron de moderada a baja con un valor de $r: 43 = 0,32$ ($P=0,03$); $0,42$ ($P=0,004$); $0,26$ ($P=0,87$) respectivamente, lo que indica que no existe relación entre el valor del IRR y lesión renal aguda. (figura 2)

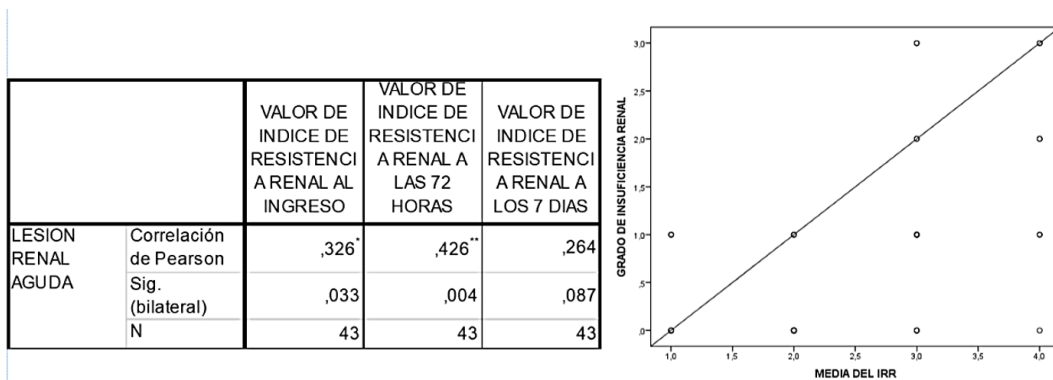


Figura 2. Correlación de Pearson entre el valor del índice de resistencia renal (IRR) y lesión renal aguda (LRA)

Los resultados de correlación entre el DVIR al ingreso, 72 horas y 7 días con la lesión renal aguda fueron significativos con un valor de $r: 43 = 0,95$ ($P=0,54$), $0,49$ ($P=0,001$), $0,58$ ($P=0,000$) respectivamente. Lo que significa que existe relación entre estas dos variables de estudio, sobre todo con el Doppler Venoso Intrarrenal medido a los 7 días $r: 43 = 0,58$ ($P=0,000$). (figura 3)

		DOPPLER VENOSOS INTRARENAL GRADO VEXUS AL INGRESO	DOPPLER VENOSOS INTRARENAL GRADO VEXUS A LAS 72 HORAS	DOPPLER VENOSOS INTRARENAL GRADO VEXUS A LOS 7 DIAS
LESION RENAL AGUDA	Correlación de Pearson	,095	,490**	,588**
	Sig. (bilateral)	,544	,001	,000
	N	43	43	43

Figura 3. Correlación de Pearson entre el grado Doppler venosos Intrarrenal (DVIR) y lesión renal aguda según KDIGO

Los resultados de correlación entre el DVIR medido a los 7 días con grado de lesión renal aguda fue significativa con un valor de $r = 0,58 (P=0,000)$. (figura 4)

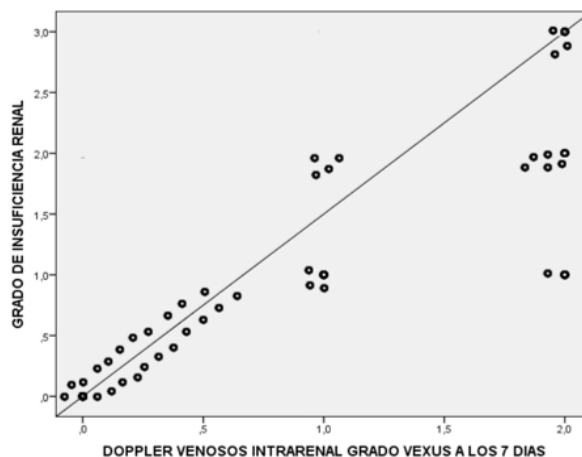


Figura 4. Correlación de Pearson entre el grado Doppler venosos Intrarrenal (DVIR) medido a los 7 días y grado de lesión renal agua según KDIGO

Predicción de lesión renal aguda

El árbol de clasificación (figura 4) muestra que las variables que mejor pueden explicar la lesión renal antes de que ocurra son el diagnóstico Doppler a los 7 días y el Balance acumulado de líquidos. Las otras variables de IRR, diuresis, nefrotóxico, diurético contraste y género no predicen mejor la lesión renal que las variables anteriores. El árbol de clasificación presenta una regla de decisión basado en el diagnostico Doppler a los 7 días y el Balance de líquidos acumulado. Si el análisis Doppler a los 7 días sale Grado 1, 2 y 3 entonces el paciente tiene una probabilidad de tener lesión de renal de 0,95. El 44 % de los pacientes del estudio tuvieron estas características. Si el análisis Doppler a los 7 días sale grado 0, pero el paciente tiene un balance positivo entonces tiene una probabilidad de tener lesión renal aguda de 0,38. El 19 % de los pacientes de estudio tuvo estas características. Si el análisis Doppler a los 7 días sale Grado 0, y el balance de líquidos sale negativo o neutro entonces el paciente NO desarrollara lesión renal aguda con una probabilidad de 0,81. El 37 % de los pacientes de los pacientes de estudio tuvieron estas características. Como podemos evidenciar las variables que mejor predicen el riesgo de padecer lesión renal antes de que esto ocurra son: la medición doppler venosos intrarrenal (DVIR) a los 7 días y el valor Balance hídrico acumulado.

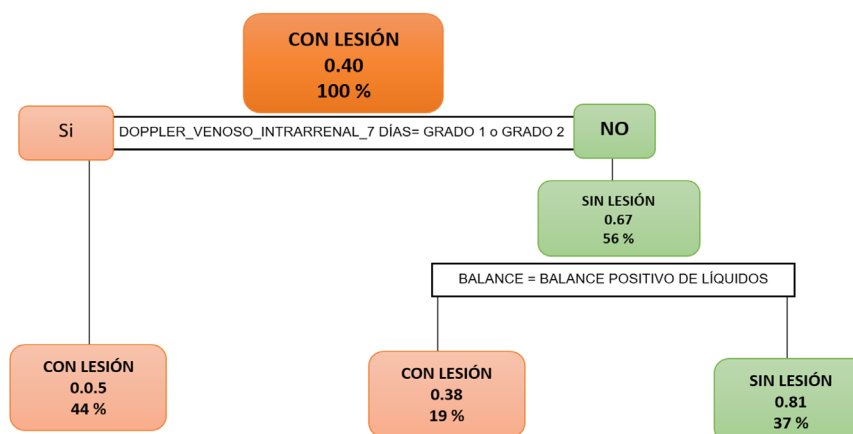


Figura 5. Árbol de clasificación para predecir lesión renal en base al diagnóstico de Doppler venoso a los 7 días y el balance de líquidos

DISCUSIÓN

Nuestra discusión se divide en 2 secciones principales, primero identificamos cuál de las mediciones ecográficas en modo doppler (IRR o DVIR) presentó mayor correlación con la presencia de lesión renal aguda según KDIGO y finalmente determinamos cuál de las dos mediciones fue mejor predictor de lesión renal aguda. Más del 50 % de los pacientes que fueron estudiados tenían diagnóstico de ingreso trauma cráneo encefálico grave seguida de accidente cerebrovascular hemorrágico. Esto podría explicarse porque el hospital clínico

Viedma es centro de referencia de 3er nivel perteneciente al sistema público que cuenta con experiencia en la atención a pacientes neurocríticos.

Se determinó que el IRR presento una correlación baja con el grado de lesión renal aguda según KDIGO, lo que concuerda con un estudio de cohorte multicéntrico prospectivo⁽¹⁶⁾ donde incluyo pacientes críticos no seleccionados y realizó Doppler renal al ingreso a cuidados intensivos y evaluaron el rendimiento diagnóstico de IRR para predecir AKI persistente en el día 3. Sin embargo, el rendimiento general en la predicción de la LRA persistente fue deficiente, con un área bajo la curva ROC de 0,58 (IC del 95 %: 0,52 a 0,64) para IRR, por lo que concluyeron que, aunque existió asociación estadística entre IRR y ocurrencia de AKI, IRR tienen un mal desempeño en la predicción de AKI persistente en el día 3. En nuestro estudio esto podría explicarse debido a que la mayoría de los pacientes fueron neurocríticos y no tenían lesión renal aguda según KDIGO al ingreso, pero existió un ligero aumento de la creatinina clasificando para KDIGO 1 o 2 sin llegar a perder la función renal, este ascenso de azoados presumimos que fue por hipotensión secundaria a hipovolemia y exposición a cirugía mayor de los pacientes neurocríticos, al ser una lesión renal aguda prerrenal generalmente no se eleva el Índice de Resistencia Renal (IRR).⁽⁹⁾ Además el índice de resistencia renal (IR) basado en Doppler si bien es una herramienta rápida y no invasiva que se propuso para evaluar la perfusión renal, identificar el riesgo temprano de LRA o predecir el curso de la recuperación renal, se creía que reflejaba principalmente las resistencias vasculares renales, pero en realidad la IRR está influenciada por numerosos factores de confusión, como la presión intersticial renal, la presión intraabdominal, el oxígeno o el CO₂, presión de pulso y distensibilidad vascular. Aunque los informes iniciales en estudios con poca potencia sugirieron una buena discriminación en la predicción del pronóstico renal, existen estudios que sugieren que el rendimiento pronóstico de esta técnica es limitado.^(16,17)

Los resultados de correlación entre la medición Doppler Venoso Intrarrenal (DVIR) al ingreso, 72 horas y 7 días con la lesión renal aguda según KDIGO fue significativa con un valor de $r: 43=0,95$ ($P=0,54$), $0,49$ ($P=0,001$), $0,58$ ($P=0,000$) respectivamente. Lo que significa que existe relación positiva entre estas dos variables de estudio, sobre todo con el Doppler Venoso Intrarrenal medido a los 7 días $r: 43 = 0,58$ ($P=0,000$). Nuestro resultado tiene semejanza con el estudio histórico realizado por Lida y sus colegas, donde las alteraciones en el flujo de DVIR se correlacionaron fuertemente con resultados adversos, incluida la hospitalización y la muerte por enfermedad cardiovascular en pacientes con insuficiencia cardíaca con patrones bifásicos (HR, 8,23; IC, 3,45-19,7; $P < 0,001$) como monofásicos (HR, 23,1; IC, 10,0-53,5; $P < 0,001$).⁽³⁵⁾ Por último, se pudo evidenciar mediante el análisis estadístico árbol de clasificación que las variables que mejor predicen el riesgo de padecer lesión renal antes de que esto ocurra son: la medición Doppler Venoso intrarrenal a los 7 días y el Balance hídrico acumulado. Este resultado de predicción de lesión renal aguda está fuertemente respaldado por diversos estudios.^(18,19,20,21,22,23,24) Donde las alteraciones del flujo de Doppler venosos intrarrenal (ondas bifásicos o monofásicos) fueron mejores para predecir el resultado primario que cualquier otra variable.

Algunas debilidades del estudio fueron: una muestra pequeña, la dificultad en realizar ecografía abdominal a pacientes obesos por mala ventana ecográfica y en aquellos pacientes que no colaboraban con el proceder generando demoras en tiempo. Sin embargo fueron mayores las fortalezas: una población estudiada de jóvenes y adultos con función renal y reserva funcional renal preservada, lo cual disminuye el sesgo, el tipo de análisis que se utilizó para predecir el riesgo de sufrir lesión renal aguda antes de que la misma ocurra. El árbol de clasificación demostró que las variables que mejor pueden predecir la lesión renal antes de que ocurra, son el diagnóstico Doppler a los 7 días y el Balance acumulado de líquido.

CONCLUSIONES

La correlación entre el valor del IRR al ingreso, 72 horas y 7 días con la lesión renal aguda según KDIGO fueron de moderada a baja Por lo que podemos interpretar que no existe relación entre el valor del Índice de resistencia renal con la lesión renal aguda. Existe una correlación positiva y significativa entre el doppler venoso intrarrenal y la lesión renal aguda, por lo que se puede inferir que las mediciones del DVIR predice mejor el riesgo de sufrir lesión renal aguda. Las variables que mejor predicen el riesgo de padecer lesión renal aguda antes de que esto ocurra son: la medición Doppler Venoso Intrarrenal DVIR a los 7 días y el valor Balance hídrico acumulado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Erick H. Epidemiología de la lesión renal aguda en pacientes críticamente enfermos. In Claudio Ronco RB. Cuidados intensivos en Nefrología. 3rd ed. España: El Sevier; 2020. p. 81-85.
2. Chertow GM, Burdick E, Honour M, Bonventre J V, Bates DW. Acute kidney injury, mortality, length of stay, and costs in hospitalized patients. J Am Soc Nephrol. 2005; 16: 3365-70. <https://doi.org/10.1681/ASN.2004090740>

3. Hoste EAJ, Clermont G, Kersten A, Venkataraman R, Angus DC, De Bacquer D, et al. RIFLE criteria for acute kidney injury are associated with hospital mortality in critically ill patients: a cohort analysis. *Crit Care*. 2006; 10: R73. <https://doi.org/10.1186/cc4915>
4. Gianluca Villa ZRCR. ¿Como identifico rapida y correctamente una lesion renal aguda? In Clifford Deutschman PN. *Medicina Intensiva practia basada en la evidencia*. 3rd ed. España: El Sevier; 2021. p. 389-394. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=841692>
5. Sabater PP. Lesion Renal Aguda. In Martinez H. *Medicina intensiva en el enfermo crítico*. Madrid: Panamericana; 2019. p. 663-669. Disponible en: <https://www.medicapanamericana.com/co/libro/medicina-intensiva-en-el-enfermo-critico-incluye-version-digital>
6. Dorfman V. *Neurointensivismo enfoque Clinico, Diagnostico y Terapeutica*. 1st ed. España: Panamericana; 2013.
7. Hassanzadeh Rad A, Badeli H. Point-of-Care Ultrasonography: Is It Time Nephrologists Were Equipped With the 21th Century's Stethoscope? *Iran J Kidney Dis*. 2017 Jul;11(4):259-262. PMID: 28794287. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28794287/>
8. Cox EGM, Koster G, Baron A, et al. Should the ultrasound probe replace your stethoscope? A SICS-I sub-study comparing lung ultrasound and pulmonary auscultation in the critically ill. *Crit Care*. 2020;24(1):14. <https://doi.org/10.1186/s13054-019-2719-8>
9. Mario Melo Ip. *Tecnicas de Imagen en cuidados intensivos nefrológicos, ecografia y tecnicas Doppler*. In Claudio Ronco RB. *Cuidados intensivos en nefrologia*. Barcelona: El Sevier; 2020. p. 179-185.
10. Carrillo-Esper R, De la Torre-León T, Rosales-Gutiérrez AO, et al. Índice resistivo renal. Fundamentos e implementación en el enfermo grave. *Med Sur*. 2014;21(2):68-72. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/medsur/ms-2014/ms142d.pdf>
11. Ponte B, Pruijm M, Ackermann D, Vuistiner P, Eisenberger U, Guessous I, et al. Reference values and factors associated with renal resistive index in a family-based population study. *Hypertension*. 2014; 63: 136-142. <https://doi.org/10.1161/HYPERTENSIONAHA.113.02321>
12. Spatola L, Andrulli S. Doppler ultrasound in kidney diseases: a key parameter in clinical long-term follow-up. *Journal of Ultrasound*. 2016. pp. 243-250. <https://doi.org/10.1007/s40477-016-0201-x>
13. Koratala A, Reisinger N. Venous Excess Doppler Ultrasound for the Nephrologist: Pearls and Pitfalls. *Kidney Med*. 2022 May 19;4(7):100482. Doi. <https://doi.org/10.1016/j.xkme.2022.100482>
14. Argaiz ER. VExUS Nexus: Bedside Assessment of Venous Congestion. *Adv Chronic Kidney Dis*. 2021 May;28(3):252-261. doi: <https://doi.org/10.1053/j.ackd.2021.03.004>
15. Huen SC, Parikh CR. Predicting acute kidney injury after cardiac surgery: a systematic review. *Ann Thorac Surg* 2012;93(1):337-47. <https://doi.org/10.1016/j>
16. Husain-Syed F, Gröne HJ, Assmus B, Bauer P, Gall H, Seeger W, Ghofrani A, Ronco C, Birk HW. Congestive nephropathy: a neglected entity? Proposal for diagnostic criteria and future perspectives. *ESC Heart Fail*. 2021 Feb;8(1):183-203. doi: <https://doi.org/10.1002/ehf2.13118>
17. Pantoja Pérez J, Collantes Mateos MdR, Sosa Barrios RH. Ecografía en la Enfermedad Renal. En: Lorenzo V, López Gómez JM (Eds). *Nefrología al día*. ISSN: 2659-2606. Disponible en: <https://www.nefrologiaaldia.org/423>
18. Tung-Chen Y, García de Casasola-Sánchez G, Méndez-Bailón M. Medición de la congestión venosa empleando la ecografía: protocolo VExUS. *Galicía Clin* 2022; 83-2: 32-37 <https://doi.org/10.22546/65/2621>
19. Wiersema R, Kaufmann T, van der Veen HN, de Haas RJ, Franssen CFM, Koeze J, van der Horst ICC, Keus F; SICS Study Group. Diagnostic accuracy of arterial and venous renal Doppler assessment for acute

kidney injury in critically ill patients: A prospective study. J Crit Care. 2020 Oct;59:57-62. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jcrc.2020.05.012>

20. Koratala A, Reisinger N. Venous Excess Doppler Ultrasound for the Nephrologist: Pearls and Pitfalls. Kidney Med. 2022 May 19;4(7):100482. doi: <https://doi.org/10.1016/j.xkme.2022.100482>

21. Gregorio Romero-González JMea. Congestión y ultrasonido dos retos para la nefrología de la próxima década. 2022 febrero. Disponible en <https://www.revistanefrologia.com/es-pocus-congestion-ultrasonido-dos-retos-articulo-S0211699521002381>

22. Orso D, Paoli I, Piani T, Cilenti FL, Cristiani L, Guglielmo N. Accuracy of Ultrasonographic Measurements of Inferior Vena Cava to Determine Fluid Responsiveness: A Systematic Review and Meta-Analysis. J Intensive Care Med. 2020 Apr;35(4):354-363. doi: <https://doi.org/10.1177/0885066617752308>

23. Robba, Chiara et al. "Basic ultrasound head-to-toe skills for intensivists in the general and neuro intensive care unit population: consensus and expert recommendations of the European Society of Intensive Care Medicine." Intensive care medicine vol. 47,12 (2021): 1347-1367. doi: <https://doi.org/10.1007/s00134-021-06486-z>

24. Auza-Santivañez JC, Soneira Perez J, Diaz Lara Y, Orlando León D, Condori-Villca N, Alvarez Loaces JP. Valor predictivo de la escala CONUT en la detección precoz del riesgo nutricional y su relación con la mortalidad en pacientes críticos. Salud, Ciencia y Tecnología. 2023;3:339. <https://doi.org/10.56294/saludcyt2023339>

FINANCIACIÓN

Los autores no recibieron financiación para el desarrollo de este estudio.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Conceptualización: Jorge Márquez Molina, Jhossmar Cristians Auza-Santivañez, Osman Arteaga Iriarte.

Curación de datos: Jorge Márquez Molina, Jhossmar Cristians Auza-Santivañez, Edwin Cruz-Choquetopa, Jose Bernardo Antezana-Muñoz, Osman Arteaga Iriarte.

Investigación: Jorge Márquez Molina, Jhossmar Cristians Auza-Santivañez, Osman Arteaga Iriarte.

Metodología: Jhossmar Cristians Auza-Santivañez, Edwin Cruz-Choquetopa, Jose Bernardo Antezana-Muñoz, Osman Arteaga Iriarte.

Recursos: Jorge Márquez Molina, Jhossmar Cristians Auza-Santivañez, Edwin Cruz-Choquetopa, Jose Bernardo Antezana-Muñoz, Helen Fernández-Burgoa.

Visualización: Jorge Márquez Molina, Jhossmar Cristians Auza-Santivañez.

Redacción - borrador original: Jorge Márquez Molina, Jhossmar Cristians Auza-Santivañez, Edwin Cruz-Choquetopa, Jose Bernardo Antezana-Muñoz, Helen Fernández-Burgoa, Jorge Márquez Molina, Jhossmar Cristians Auza-Santivañez, Osman Arteaga Iriarte.

Redacción - revisión y edición: Jorge Márquez Molina, Jhossmar Cristians Auza-Santivañez, Edwin Cruz-Choquetopa, Jose Bernardo Antezana-Muñoz, Helen Fernández-Burgoa, Osman Arteaga Iriarte.