

Índice resistivo renal. Fundamentos e implementación en el enfermo grave

Raúl Carrillo-Esper,* Teresa De la Torre-León,** Agustín Omar Rosales-Gutiérrez,** Luis Daniel Carrillo-Córdova***

RESUMEN

La lesión renal aguda es una de las complicaciones más frecuentes en el enfermo grave que se asocia a una elevada morbilidad y mortalidad. La evaluación de la lesión renal aguda se realiza de manera convencional por medio de variables estáticas como RIFLE y AKIN, las cuales se basan en marcadores tardíos de lesión renal como el volumen urinario, nivel de creatinina y filtrado glomerular. El índice resistivo renal es un marcador de evaluación temprana de lesión renal aguda que se caracteriza por ser accesible, reproducible, cuantificable, dinámico y con una elevada sensibilidad, especificidad y capacidad pronóstica. El objetivo de este trabajo es dar a conocer los principios del índice resistivo renal y su aplicación en la evaluación cotidiana del enfermo grave.

Palabras clave. Lesión renal aguda. Morbilidad y mortalidad. Marcador.

ABSTRACT

Acute kidney injury is a frequent complication in critically ill patients and it is associated with high morbidity and mortality. The evaluation of acute kidney injury is carried out in conventional manner by means of static variables as RIFLE and AKIN, which are based on late markers of kidney damage such as urinary volume, creatinine level and glomerular filtration rate. Renal resistive index (RRI) is a marker of AKI early assessment which is characterized by being accessible, reproducible, quantifiable, dynamic, and with a high sensitivity and specificity. The aim of this paper is to present the principles of the renal resistive index and its application in daily assessment of the seriously ill patient.

Key words. Acute kidney injury. Morbidity and mortality. Marker.

INTRODUCCIÓN

El riñón es uno de los principales órganos de choque en los pacientes graves internados en la Unidad de Cuidados Intensivos (UTI). La incidencia aproximada de lesión renal aguda (LRA) en la UTI puede llegar a ser de hasta 36%.¹ Aun con los avances en el diagnóstico y tratamiento tempranos, la mortalidad de la LRA es elevada y en aquellos enfermos que sobreviven es factor de riesgo para progresión a lesión renal crónica. Se define tradicionalmente como una entidad caracterizada por disminución de la filtración glomerular, oliguria (en ocasiones poliuria) y elevación de urea y creatinina.²

Por el gran número de definiciones de LRA que favorecen la confusión, retardo en el diagnóstico, tratamiento

y heterogeneidad en la unificación de criterios para inclusión en estudios de investigación, se llevó a cabo en 2002 la reunión de la segunda conferencia del Consenso Internacional de la iniciativa para la Calidad de la Diálisis Aguda. El objetivo principal fue desarrollar criterios estandarizados para la definición, clasificación, prevención y tratamiento de LRA. En 2004 se publicó la escala de RIFLE (risk, injury, failure, loss of function and end stage renal disease) (Tabla 1) y en 2004 se desarrolló por el mismo grupo de expertos la red de trabajo lesión renal AKIN (acute kidney injury network), donde se redefinió la clasificación de RIFLE a un sistema de clasificación conocido como AKIN, que considera sólo tres estadios de la enfermedad renal. Asimismo, se añadió una ventana de 48 h para realizar el diagnóstico temprano. Los estudios

*Academia Nacional de Medicina. Academia Mexicana de Cirugía. Unidad de Terapia Intensiva, Fundación Clínica Médica Sur.

Residencia en Medicina del Enfermo en Estado Crítico, Fundación Clínica Médica Sur. *Residencia Cirugía, Hospital General de México.

Correspondencia:

Dr. Raúl Carrillo-Esper

Unidad de Medicina Intensiva, Fundación Clínica Médica Sur

Puente de Piedra, Núm. 150. Col. Toriello Guerra. C.P. 14050, México, D.F.

Tel.: 5424-7200, ext. 4139. Correo electrónico: revistacma95@yahoo.com.mx

que comparan la efectividad y calidad pronóstica de RIFLE y AKIN están fuera del alcance de esta revisión.³ La ventaja de estas nuevas clasificaciones de LRA es la facilidad de uso en una gran variedad de escenarios clínicos y de investigación, pero su principal limitación es que siguen empleando los mismos criterios evaluatorios de la misma como la creatinina, el nitrógeno ureico y la disminución de los volúmenes urinarios a partir de un valor de referencia hipotético, estos parámetros se consideran marcadores indirectos de LRA que se expresan de forma tardía y se manifiestan cuando existe deterioro del filtrado glomerular o una vez que se haya establecido el daño renal.²

El incremento de la mortalidad secundaria a LRA, en especial cuando se implementa de manera tardía el tratamiento sustitutivo, ha creado la necesidad de contar con nuevos marcadores de evaluación temprana de la función renal que sean accesibles, reproducibles a la cabecera del enfermo, fáciles de realizar y con alta sensibilidad y especificidad; que determinen la gravedad e identifiquen los factores de riesgo en grupos específicos, de los que destaca entre otros, el índice resistivo renal (IRR).⁴ El objetivo de este trabajo es dar a conocer los fundamentos del IRR y su aplicación en el enfermo grave.

Fundamentos del índice resistivo renal

Las arterias renales derecha e izquierda son ramas directas de la aorta abdominal y se dividen a nivel del

hilio renal en posterior y anterior; éstas se dividen en arterias segmentarias y a su vez en arterias interlobares localizadas periféricamente rodeando las pirámides renales que al llegar a la unión corticomedular se dividen en arterias arcuatas. Son precisamente estas últimas ramas arteriales donde se mide la velocidad de flujo arterial. Se utiliza una técnica ultrasonográfica modo 2-D para localizar el riñón y una técnica Doppler color para visualizar la irrigación renal. Se localizan las arterias de la unión cortico-medular renal, y utilizando Doppler pulsado se genera una curva, la cual tiene un pico sistólico seguido de una meseta y finalmente el pico diastólico, el cual genera una curva característica⁵ (Figura 1). El IRR medido por ultrasonografía Doppler fue descrito por *Pourcelot* con la siguiente fórmula:

$$\text{IRR} = \frac{\left(\text{velocidad sistólica máxima} - \text{velocidad diastólica final} \right)}{\text{velocidad sistólica máxima}}$$

El IRR se considera una medida indexada de la forma de la onda generada ultrasonográficamente, este índice refleja la resistencia del flujo arterial originado por el lecho microvascular distal al sitio de la medición. Se realiza la medición en arterias que no tienen flujo reverso y el valor máximo es igual a uno. El IRR está basado en el hecho de que en un territorio la elevada

Tabla 1. Criterios RIFLE y AKIN para la evaluación de la función renal.

RIFLE	AKIN	Cr sérica (RIFLE)	Volúmenes urinarios (RIFLE y AKIN)
Riesgo (Risk)	1 Incremento de la Cr sérica > 0.3 mg/dL o 150 a 200% de la basal	Incremento en la creatinina x 1.5, disminución del IFG > 25%	< 0.5 mL x kg x h en 6 h
Lesión (Injury)	2 Incremento de la creatinina sérica 200 a 300% del valor basal	Incremento en la creatinina x 2.0 o disminución del IFG > 50%	< 0.5 mL x kg x h en 12 h
Lesión (Failure)	3 Incremento de la creatinina sérica > 300% del valor basal, con Cr sérica > 4 mg/dL o con reemplazo renal	Incremento en la creatinina , x 3 o disminución de IFG > 75% o Cr > 4 mg/dL	< 0.3 mL x kg x h en 24 h y/o anuria x 12 h
Pérdida de la función (Loss of function)	Falla renal persistente, pérdida completa de la función por cuatro semanas		
Enfermedad renal terminal (End stage renal disease)	Enfermedad renal terminal por más de tres meses		

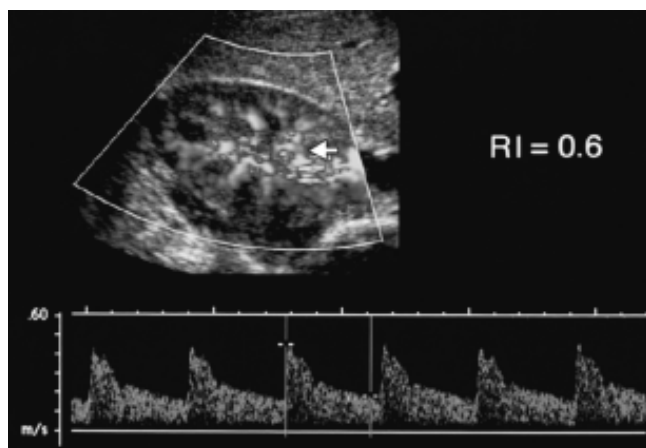


Figura 1. Curva obtenida por ultrasonografía Doppler del flujo sanguíneo renal. Nótese en la parte superior de la figura el patrón de flujo de arterias interlobares y arcuatas. Modificado de: Tublin, *et al.* 2003.⁶

resistencia de los vasos distales produce un flujo diastólico bajo en la arteria encargada de dar irrigación a esta zona; razón por la cual habrá una marcada diferencia entre la velocidad pico sistólica y la velocidad diastólica final. Por el contrario, una resistencia baja del lecho vascular distal se caracteriza por un mayor flujo diastólico, lo que disminuye el valor del numerador de nuestra fórmula y se expresa como un índice de resistencia más bajo.^{5,6}

El IRR de los vasos intrarrenales se caracteriza por ser un territorio de baja resistencia, lo cual refleja el descenso de la impedancia en los vasos sanguíneos intrarrenales, ausencia de turbulencia (ausencia de flujo reverso), un componente sistólico rápido seguido de un componente sistólico de mayor duración y un pico diastólico final.

Su valor es independiente de las siguientes tres características:

- Diámetro arterial.
- Ángulo del haz ultrasónico.
- Flujo sanguíneo.

El IRR es una herramienta útil para evaluar la resistencia vascular renal. Se considera un IRR normal al rango comprendido de 0.60 a 0.70. La recomendación es realizar mediciones seriadas (tres ocasiones) y hacer un promedio, no debe existir variabilidad > 10% para que se considere normal y reproducible.⁷

El IRR no sólo depende de la resistencia vascular renal; otras variables deben ser consideradas.⁵⁻⁷ En pri-

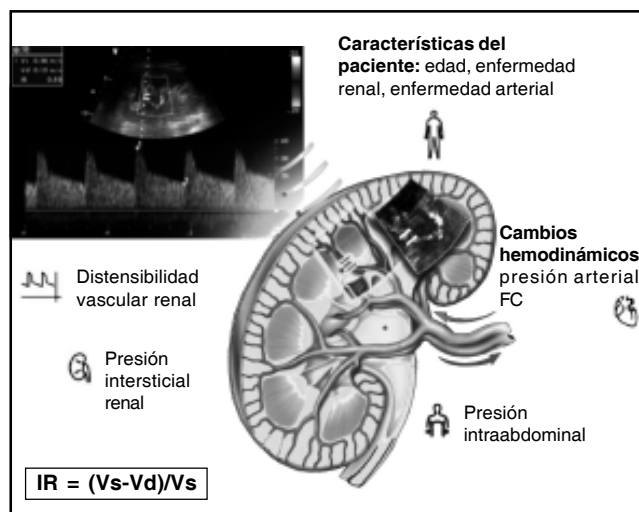


Figura 2. Factores que modifican el índice resistivo renal. Modificado de: Le Dorze, *et al.* 2012.⁵

mer lugar hay tres situaciones fisiológicas que pueden generar un aumento en la velocidad del flujo:⁸

- El diámetro arterial disminuye, pero el flujo es constante.
- El diámetro arterial es constante, pero con flujo aumentado.
- El diámetro de la arteria renal se incrementa y el flujo aumenta aún más.

Existen otras variables que pueden generar confusión y modificar el valor del IRR, destacan la disminución de la distensibilidad arterial, el incremento de la presión arterial, la frecuencia cardíaca, edad, presión intraabdominal y existencia de LRA⁵⁻⁸ (Figura 2).

Aplicaciones clínicas

Los escenarios clínicos en los que el IRR ha mostrado utilidad en la evaluación del enfermo internado en la UTI son:

- **Sepsis.** Los pacientes hospitalizados en la UTI tienen un incremento en la incidencia de LRA, en especial la secundaria a sepsis. Esta asociación incrementa de manera significativa la mortalidad y los días de estancia intrahospitalaria. La LRA se considera un proceso dinámico que puede evolucionar desde una enfermedad reversible hasta una enfermedad crónica que condiciona.⁹ En los pacientes con sepsis y LRA se requiere una reanimación inmediata para mantener una ade-

cuada presión de perfusión renal y disminuir en lo posible el riesgo de LRA. La fisiopatología de la LRA es multifactorial, destacando el incremento de la resistencia vascular renal, con una disminución en el flujo sanguíneo renal (FSR) potencializando la presencia de isquemia; sin embargo, también se ha postulado un incremento en la vasodilatación renal e incremento del FSR. El uso del ultrasonido Doppler permite la evaluación y estimación del FSR a la cabecera del paciente. En los pacientes con sepsis se encuentra presente vasodilatación sistémica con incremento en el gasto cardíaco, ésta se considera una de las primeras fases de LRA. De esta manera, el incremento del FSR en el primer día de sepsis se considera como factor predictivo para la aparición de LRA.^{9,10} El uso de vasopresores para mantener una TAM de 65 a 70 mmHg en pacientes críticamente enfermos no tiene repercusión en la medición de IRR, la presencia de lesión pulmonar aguda y los niveles bajos de oxigenación pueden incrementar el IRR. Por lo tanto, los determinantes del IRR son numerosos, por lo que el IRR no puede predecir los cambios hemodinámicos a nivel sistémico y a nivel renal.¹⁰

- **Enfermedad renal obstructiva.** El ultrasonido Doppler se utiliza para la evaluación de la obstrucción ureteral e hidronefrosis. En la evaluación de la patología obstructiva un valor de corte > 0.70 tiene una sensibilidad y especificidad de 92% para el diagnóstico.^{6,10}
- **Enfermedad renal no obstructiva.** La evaluación de las enfermedades renales intrínsecas se puede realizar por medio de la ultrasonografía. Con base en los valores del IRR se puede realizar el diagnóstico diferencial entre varias enfermedades renales, en pacientes con glomerulonefritis la media del IRR es de 0.58, en pacientes con enfermedades intersticiales el IRR es de 0.75 y en enfermedades vasculares es de 0.87. Existe una pequeña correlación entre el grado de disfunción renal y el IRR (disfunción renal medida por el nivel de creatinina sérica). Pacientes con nefritis lúpica tienen un incremento en el IRR y se considera un predictor pronóstico de alto riesgo en pacientes con función renal basal normal. El ultrasonido Doppler se considera como una herramienta para evaluar la lesión renal aguda no obstructiva, se considera que una elevación de 0.07 de IRR sobre el nivel basal de IRR es un factor discriminante de LRA secundaria a necrosis tubular renal o lesión prerrenal. Otra de las entidades donde el IRR se utiliza como un marcador de lesión renal es en pacientes con nefropatía diabética con un valor de 0.65 que se asocia de manera directa con

fibrosis intersticial, arterioesclerosis severa y disminución de la función renal.¹¹

Otras aplicaciones

- **Cirrosis.** El índice resistivo renal en pacientes cirróticos con ascitis fue relativamente mayor con un valor de 0.68 en comparación con pacientes cirróticos compensados con IRR 0.65, estos valores se correlacionan de manera directa con los niveles de creatinina, la excreción urinaria de sodio, los niveles plasmáticos de la renina y de la aldosterona. El uso de USG Doppler y de IRR en estos pacientes se considera un predictor de progresión de la enfermedad y del deterioro de la función renal.¹²
- **Hipertensión arterial sistémica.** En pacientes con hipertensión arterial sistémica (HAS) se confirma que el incremento en el IRR es un predictor independiente de daño cardiovascular y de disfunción renal. El IRR elevado está asociado a la diferencia entre la velocidad del pico sistólico y del pico diastólico, lo que está en relación directa con el grado de nefroesclerosis o glomeruloesclerosis que reducen el área de superficie vascular intrarrenal e incrementa la resistencia vascular. En pacientes con HAS el IRR es significativamente más elevado que en pacientes sanos. En esta condición, la alteración de la resistencia vascular renal es probablemente funcional y reversible, causada en parte por los cambios vasculares tales como vasoconstricción mediada por angiotensina II circulante y otros agentes neuroendocrinos.¹³

CONCLUSIONES

El IRR es una herramienta práctica a la cabecera del paciente que se encuentra hospitalizado en la UTI. Es fácilmente accesible, costo-efectiva y con una baja curva de aprendizaje. Su implementación permite la evaluación funcional del FSR en diferentes condiciones y en especial alerta al clínico al diagnóstico temprano y a la implementación oportuna de la mejor alternativa terapéutica.

ABREVIATURAS

- **AKIN:** Acute kidney Injury Network.
- **FSR:** flujo sanguíneo renal.
- **HAS:** hipertensión arterial sistémica.
- **IRR:** índice resistivo renal.
- **LRA:** lesión renal aguda.

- **RIFLE:** risk, injury, failure, loss of function and end stage renal disease
- **UTI:** Unidad de Cuidados Intensivos.

REFERENCIAS

1. Hoste E, Schurgers M. Epidemiology of acute kidney injury: how big is the problem? *Crit Care Med* 2008; 36: 146-51.
2. Bellomo R, Kellum J, Ronco C. Acute kidney injury. *Lancet* 2012; 380: 756-66.
3. 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: 204-12.
4. Soni S, Pophale R, Ronco C. New biomarkers for acute renal injury. *Clin Chem Lab Med* 2001; 49: 1257-63.
5. Le Dorze M, Bouglé A, Deruddre S, Duranteau J. Renal Doppler ultrasound: a new tool to assess renal perfusion in critical illness. *Shock* 2012; 37: 360-5.
6. Tublin M, Bude R, Platt J. Review. The resistive index in renal Doppler sonography: where do we stand? *Am J Roentgenol* 2003; 180: 885-92.
7. Keogan M, Kliewer M, Hertzberg B, DeLong D, Tupler R, Carroll B. Renal resistive indexes: variability in Doppler US measurement in a healthy population. *Radiology* 1996; 199: 165-9.
8. Wan L, Yang N, Hiew C, Schelleman A, Johnson L, May C, Bellomo R. An assessment of the accuracy of renal blood flow estimation by Doppler ultrasound. *Intensive Care Med* 2008; 34: 1503-10.
9. Schrier R, Wang W. Acute renal failure and sepsis. *N Engl J Med* 2004; 351: 159-69.
10. Langenberg C, Wan L, Egi M, May C, Bellomo R. Renal blood flow and function during recovery from experimental septic acute kidney injury. *Intensive Care Med* 2007; 33: 1614-8.
11. Platt J, Ellis J, Rubin J, DiPietro M, Sedman A. Intrarenal arterial Doppler sonography in patients with nonobstructive renal disease: correlation of resistive index with biopsy findings. *AJR* 1990; 154: 1223-7.
12. Platt J, Rubin J, Ellis J. Acute renal failure: possible role of duplex Doppler US in distinction between acute prerenal failure and acute tubular necrosis. *Radiology* 1991; 179: 419-23.
13. Tedesco M, Natale F, Tassinario G. Renal resistive index and cardiovascular organ damage in a large population of hypertensive patients. *J Hum Hypertens* 2007; 21: 291-6.