



Universidad Nacional Autónoma de México
División de Posgrado e Investigación
Hospital San Ángel Inn Universidad



UTILIDAD DEL ÍNDICE RESISTIVO RENAL COMO PREDICTOR DE URESIS EN
PACIENTES OLIGÚRICOS EN LA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS DEL
HOSPITAL SAN ÁNGEL INN UNIVERSIDAD

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE ESPECIALISTA EN MEDICINA CRÍTICA

PRESENTA

ARELY SELENE VALDÉS OLIVARES

DIRECTORES

FREDY PEDRAZA OLIVARES

Médico Especialista en Medicina Crítica

Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital San Ángel Inn Universidad

CARLOS ALFREDO GALINDO MARTÍN

Licenciado en Nutrición

Jefe del Servicio de Nutrición del Hospital San Ángel Inn Universidad

Ciudad de México a 20 de Julio del 2023



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Ciudad de México a 14 de marzo del 2023.

Asunto: Dictamen.

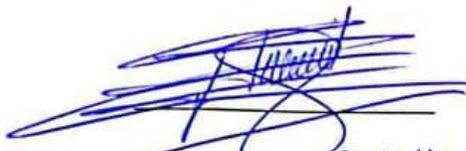
Dra. Arely Selene Valdés Olivares
Residente de 2do. año
Medicina Crítica
P R E S E N T E

A través de este medio, tengo el agrado de notificarle que el protocolo de investigación que sometió a consideración del Comité de Investigación que lleva por título "Utilidad del índice resistivo renal como predictor de uresis en pacientes oligúricos en la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital San Ángel Inn Universidad" cumple con la calidad metodológica, los requerimientos de ética e investigación y las recomendaciones de sus integrantes y revisores por lo que el dictamen es:

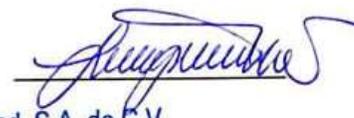
APROBADO



Dr. Fredy Chablé Montero
Presidente



Dr. Juan Jesús Villegas Cortés
Coordinador



Dra. Myriam Mata Sotres
Secretaria Técnica

No. 1/2023

Dirección Médica

Centro Hospitalario Universidad, S.A. de C.V.
Mayorzago No. 130, Col. Xoco, Benito Juárez
C.P. 03339, Ciudad de México, T. (55) 5623 6363
www.hospitalsanangelinn.mx
Lic. Sanitaria: 13-AM-09-014-0006

Centro Hospitalario Universidad, S.A. de C.V.



Hospital
San Ángel Inn
UNIVERSIDAD

JEFATURA DE ENSEÑANZA MÉDICA

CONTENIDO

RESUMEN.....	5
MARCO TEÓRICO	6
INTRODUCCIÓN	6
LESIÓN RENAL AGUDA EN MÉXICO: PANORAMA ACTUAL.....	6
DETERMINANTES HEMODINÁMICOS DEL ÍNDICE RESISTIVO RENAL (IRR).....	7
EVALUACIÓN ULTRASONOGRÁFICA DEL RIÑÓN: PASOS A SEGUIR.....	7
ÍNDICE RESISTIVO RENAL (IRR) POR ECOGRAFÍA DOPPLER.....	8
UTILIDAD CLÍNICA DEL INDICE RESISTIVO RENAL (IRR)	9
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
JUSTIFICACIÓN	10
OBJETIVO GENERAL	10
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
HIPÓTESIS	10
Hipótesis Nula	10
Hipótesis Alternativa.....	10
MATERIAL Y MÉTODOS	11
Tipo de Estudio	11
Población de Estudio.....	11
Lugar y Fecha de Estudio	11
Tamaño de la Muestra	11
Variables de Estudio.....	11
Descripción General del Protocolo de Estudio.....	14
CRITERIOS DE SELECCIÓN	14
Criterios de Inclusión	14
Criterios de Exclusión.....	15
Criterios de Eliminación	15
CONSIDERACIONES ÉTICAS	15
RECURSOS Y FINANCIAMIENTO	16
Recursos Humanos	16
Recursos Materiales.....	16
Recursos Financieros	16
ASPECTOS ESTADÍSTICOS.....	16

ANÁLISIS DE RESULTADOS	17
DISCUSIÓN	19
CONCLUSIÓN	20
ANEXOS.....	21
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26

RESUMEN

ANTECEDENTES: El índice resistivo renal (IRR) medido por ecografía doppler ha tomado mayor relevancia en la evaluación del paciente crítico. Es una herramienta no invasiva que valora el flujo sanguíneo de las arterias intrarrenales. Éste índice ha sido estudiado como marcador diagnóstico y pronóstico de disfunción renal en diversos escenarios clínicos. Por lo tanto, su estimación podría permitir establecer intervenciones oportunas en el tratamiento de los pacientes críticos para prevenir el desarrollo de lesión renal.

OBJETIVOS: Evaluar la utilidad del índice de resistivo renal (IRR) medido por ecografía doppler como predictor de uresis en pacientes oligúricos dentro de la Unidad de Cuidados Intensivos.

MATERIAL Y MÉTODOS: Estudio observacional, prospectivo, longitudinal y analítico. Se incluyeron adultos mayores de 18 años hospitalizados en la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital San Ángel Inn Universidad en el periodo comprendido del 20 de marzo al 30 de junio del 2023. Se determinó el índice resistivo renal (IRR) por ecografía doppler a pacientes oligúricos (<30 mL/h) antes y después de 1 hora posterior a la reanimación hídrica en pacientes candidatos, para evaluar su correlación la producción de uresis (mL/h) y variables hemodinámicas.

RESULTADOS: Se analizaron 20 pacientes con una edad media de 73 años observando un predominio de hombres (n=12, 60%) vs mujeres (n=8, 40%). El 60% de los pacientes cursó con diagnóstico de sepsis. Se encontró una correlación positiva entre el índice resistivo (IRR 0.73) y oliguria (<30 mL/h) en las primeras 24h de ingreso a la Unidad de Cuidados Intensivos. Finalmente, se demostró correlación entre la disminución del índice resistivo (IRR 0.62) y la producción de uresis horaria (42 ± 9 mL/h), con una *p estadísticamente significativa* <0.05

CONCLUSIONES: El índice resistivo renal (IRR) es un marcador diagnóstico y pronóstico eficaz, corroborando su utilidad como predictor de uresis en el paciente oligúrico; por lo que se podría considerar una medición rutinaria en los protocolos ecográficos de la Unidad de Cuidados Intensivos.

RECURSOS E INFRAESTRUCTURA: El hospital contó con los insumos necesarios para desarrollar el proyecto de investigación

PALABRAS CLAVE: Índice resistivo renal, índice de resistencia renal, ecografía doppler renal, lesión renal aguda, choque séptico, oliguria, sepsis.

MARCO TEÓRICO

INTRODUCCIÓN

La *Lesión Renal Aguda (LRA)* es un grave problema de salud a nivel mundial, que representa una alta morbilidad y mortalidad en los servicios hospitalarios. En Estados Unidos, el 1% de las admisiones hospitalarias presentan lesión renal aguda al ingreso; su incidencia incrementa del 2 – 5 % durante el internamiento, y se desarrolla hasta en el 67% de los pacientes que ingresan a la Unidad de Cuidados Intensivos.¹ La LRA describe una pérdida repentina, y con frecuencia reversible de la función renal que se determina por el aumento en los niveles de creatinina sérica (marcador de función excretora) y disminución en la producción de orina (oliguria) limitado a una duración de 7 días.² Ver **Tabla 3** en Anexos.

Históricamente se han propuesto diferentes criterios para definir *Lesión Renal Aguda (LRA)*, como son los criterios RIFLE, AKIN (*Acute Kidney Injury Network*) y KDIGO (*Kidney Disease Improving Global Outcomes*). Entre estos, KDIGO es la herramienta más reciente que define la lesión renal aguda como la presencia de cualquiera de los siguientes:

1. Aumento de la creatinina sérica (CrS) ≥ 0.3 mg/dL en 48 horas.
2. Volumen de orina menor de 0.5 mL/kg/h durante al menos 6 horas.
3. Aumento de la creatinina sérica (CrS) ≥ 1.5 veces del basal dentro de los primeros 7 días.

La pérdida de la función excretora del riñón implica una serie de trastornos, principalmente en la homeostasis de líquidos y electrolitos. De manera que, la disminución del filtrado glomerular y la activación del sistema renina angiotensina (SRA) promueven la retención de sodio (Na^{2+}) y agua (H_2O) que se refleja como edema periférico, derrame a 3° espacio y congestión pulmonar; especialmente en pacientes con falla cardiaca. Por otro lado, la *lesión renal aguda* puede afectar la función cardiaca por acidosis, azoemia, hiperkalemia, hipervolemia, e inflamación sistémica. La *lesión renal aguda* es una de las enfermedades con mayor impacto clínico que afecta en gran medida el manejo del paciente en cuanto a las opciones de tratamiento para su enfermedad primaria, derivando en estancias hospitalarias prolongadas e incremento de la mortalidad.

LESIÓN RENAL AGUDA EN MÉXICO: PANORAMA ACTUAL.

La epidemiología de la *lesión renal aguda* proviene de los servicios de Nefrología, Medicina Interna, y principalmente de las Unidades de Cuidados Intensivos. Históricamente ha existido una falta en la estandarización del término *Lesión Renal Aguda (LRA)* ya que es frecuente el uso de sinónimos como

insuficiencia, daño o falla renal lo que limita la recolección de datos. De modo que, existe poca información disponible con respecto a la incidencia y prevalencia de la Lesión Renal Aguda (LRA) en América Latina, especialmente en México.

Frente a esta situación, *Chávez-Iñiguez JS.* realizó una revisión literaria desde 1990 al 2021 para establecer una perspectiva reciente de la *lesión renal aguda (LRA)* en México; estableciendo una incidencia del 40% para *LRA KDIGO 3*, ingreso a Unidad de Cuidados Intensivos del 64%, necesidad de terapia de reemplazo renal en el 30%, y una mortalidad estimada del 23%, siendo la sepsis como la etiología más frecuente³. Ver **imagen 1** en anexos.

En el 2023, *Zaragoza JJ.* realizó una revisión sistemática y metaanálisis de 71 artículos que describían la epidemiología de la *lesión renal aguda (LRA)* en México, encontrando una proporción de casos de lesión renal aguda del 35% y una mortalidad en adultos del 31%. La frecuencia de casos reportados fue del 41% en Unidad de Cuidados Intensivos (UCI), del 39% en Servicio de Urgencias y del 16% en Hospitalización. La mortalidad de LRA en UCI fue del 29%, la cual incrementó hasta el 55% en los casos que requirieron Terapia de Reemplazo Renal.⁴

DETERMINANTES HEMODINÁMICOS DEL ÍNDICE RESISTIVO RENAL (IRR)

El *índice de resistencia renal (IRR)* es un parámetro fisiológico que refleja el grado de resistencia de los vasos intrarrenales, lo que permite detectar enfermedades asociadas al *incremento o disminución* de la resistencia vascular renal.

Hoy en día, existe evidencia creciente de que el *índice resistivo renal (IRR)* es un marcador dinámico de propiedades vasculares sistémicas; y que se relacionan tanto con factores renales, como extrarrenales:⁵

1. *Factores Renales:* vasoconstricción, arterioesclerosis, presión venosa e intersticial; es decir aquellas condiciones que modifican la resistencia y distensibilidad de la vasculatura renal.
2. *Factores Extrarrenales:* presión de pulso, frecuencia cardíaca, presión arterial media, presión parcial de O₂ (paO₂) y CO₂ (paCO₂) así como el reto o mini reto de volumen; es decir factores que modifican indirectamente el flujo sanguíneo renal.

EVALUACIÓN ULTRASONOGRÁFICA DEL RIÑÓN: PASOS A SEGUIR

La ecografía renal es una herramienta no invasiva que permite la evaluación anatómica y morfológica del riñón. El método para evaluar las estructuras renales precisa del uso de un transductor convexo con

rangos de frecuencia entre 2 – 5 MHz⁶. La visualización correcta del riñón comprende una serie de pasos que se exponen a continuación. Ver **imagen 2** en anexos:

1. La exploración se realiza con el paciente en decúbito supino.
2. El riñón derecho suele ser más accesible para su visualización que el izquierdo.
3. Se coloca el transductor en la línea media axilar derecha entre el 10^o – 11^o espacio intercostal.
4. Apuntar el indicador hacia la cabeza del paciente y centrar la imagen en la pantalla del equipo.

De manera inicial, la ecografía renal en escala de grises en un corte longitudinal permitirá evaluar su anatomía y morfología (corteza renal, pirámides medulares, cálices mayores, cálices menores, pelvis y seno renal), permitiendo detectar signos de daño renal crónico⁷. Ver **imagen 3** en anexos.

Hay que recordar que las dimensiones normales del riñón en el adulto van de 10 – 11 cm en un corte longitudinal y de 4 – 6 cm en un corte transversal. *Oyuela-Carrasco, Rodríguez-Castellanos, et al.* realizaron la estimación del tamaño renal por ultrasonido en población mexicana, estableciendo una longitud renal derecha (LRD) de 10.4 ± 6.4 cm y una longitud renal izquierda (LRI) de 10.5 ± 7.5 cm⁸.

ÍNDICE RESISTIVO RENAL (IRR) POR ECOGRAFÍA DOPPLER

La ecografía doppler color permite la localización de los vasos intrarrenales aplicando una escala de 12 – 25 cm/s e incrementando las ganancias según sea necesario. Importante recordar que las *arterias renales* se dividen en *anterior* y *posterior* a nivel del hilio renal, luego dan origen a las *arterias segmentarias*, que a su vez se dividen en *arterias interlobares* rodeando las pirámides renales, y finalmente en *arterias arcuatas*. Ver **imagen 4** en anexos.

El espectro de flujo arterial se obtiene mediante la colocación de doppler pulsado (2 – 5 mm) sobre las *arterias arcuatas* localizadas en la unión cortico-medular o *arterias interlobares* adyacentes a las pirámides medulares. Ver **imagen 5** en anexos.

La medición correcta del *índice resistivo renal (IRR)* precisa de obtener 3 – 5 formas de ondas reproducibles de apariencia similar para hacer un promedio de los valores, aplicando la *Fórmula de Pourcelot* [(Velocidad sistólica máxima – Velocidad diastólica final) ÷ Velocidad sistólica máxima]⁹. El valor de índice resistivo renal (IRR)¹⁰ normal acorde a la literatura es <0.70

$$\text{Índice de Resistencia Renal} = \frac{VSM - VDF}{VSM}$$

Diversos estudios han establecido valores de corte para el índice de resistencia renal normal en sujetos sanos entre 0.58 (± 0.05) y 0.64 (± 0.04) los cuales pueden depender de la edad del paciente.¹¹

UTILIDAD CLÍNICA DEL ÍNDICE RESISTIVO RENAL (IRR)

En 1989, *Platt JF* evaluó el flujo doppler renal de 133 pacientes con ectasia pielocalicial para diferenciar entre patología obstructiva versus no obstructiva: un valor de índice resistivo (IR) medido en las arterias arcuatas o interlobares por encima de 0.7 determinó dilatación pielocalicial obstructiva con una sensibilidad del 93% y especificidad del 100%.¹²

En años más recientes, el índice resistivo (IR) se ha estudiado como marcador diagnóstico y pronóstico en diversos escenarios clínicos: factor de riesgo para microalbuminuria y disminución del filtrado glomerular en Diabetes Mellitus Tipo 2 ($IR \geq 0.70$)¹³, predictor de progresión para nefropatía diabética ($IR \geq 0.73$)¹⁴, predictor de rechazo del injerto renal ($IR \geq 0.80$)¹⁵, predictor de progresión a enfermedad renal crónica ($IR \geq 0.70$)¹⁶ y predictor de eventos adversos cardiovasculares ($IR \geq 0.75$)¹⁷.

Derivado de la alta incidencia de lesión renal aguda (LRA)¹⁸ en la Unidad de Cuidados Intensivos, especialmente en el contexto de sepsis y/o choque séptico¹⁹, el índice resistivo (IR) se ha estudiado como herramienta de diagnóstico temprano. *Haitsma Mulier JL*, evaluó el índice resistivo (IR) en pacientes críticamente enfermos a su ingreso en la Unidad de Cuidados Intensivos, determinando un valor de corte del $IRR \geq 0.74$ como predictor para desarrollo de lesión renal aguda (LRA) KDIGO 2 o 3 con una sensibilidad de 53% y especificidad de 87%²⁰.

Por su parte, *Lerolle N, et al.* observaron un índice resistivo renal (IRR) significativamente mayor en pacientes con lesión renal aguda (LRA) a su ingreso en la Unidad de Cuidados Intensivos (0.77 vs 0.68, $p < 0.001$), estableciendo un valor de corte de $IR \geq 0.74$ como predictor de lesión renal aguda (LRA) en pacientes con choque séptico.²¹ *Darmon, et al.* evaluó el índice resistivo renal (IRR) en pacientes críticos con ventilación mecánica invasiva, e identificó que valores de $IRR \geq 0.79$ se correlacionaban con lesión renal aguda (LRA) persistente con una sensibilidad del 92% y especificidad del 85%.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

¿Cuál es la utilidad del Índice Resistivo Renal (IRR) medido por ecografía doppler en pacientes oligúricos como predictor de uresis?

JUSTIFICACIÓN

La evaluación inicial del paciente crítico en la Unidad de Cuidados Intensivos requiere enfoques de monitoreo hemodinámico multimodal, particularmente para el seguimiento de la perfusión de órganos y tejidos. El *índice resistivo renal (IRR)* medido por ecografía doppler es una herramienta no invasiva de fácil acceso, que evalúa la perfusión renal desde el análisis espectral del flujo de las arterias *interlobares* y/o *arcuatas*. Ha sido estudiado en diversos escenarios clínicos como predictor temprano de lesión renal aguda con un punto de corte mayor de 0.70²² e incluso valores mayores de 0.80 se han relacionado con incremento de la mortalidad²³.

Por tanto, la medición del *índice resistivo renal (IRR)* podría formar parte de la evaluación sistematizada en los pacientes que ingresan en la Unidad de Cuidados Intensivos, permitiendo establecer estrategias terapéuticas tempranas, optimización del manejo hídrico y prevención de desenlaces asociados a deterioro de la función renal.

OBJETIVO GENERAL

Se evaluó la utilidad del índice de resistencia renal (IRR) medido por ecografía doppler en pacientes oligúricos como predictor de uresis en la Unidad de Cuidados Intensivos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Se determinó el índice resistivo renal (IRR) medido por ecografía doppler renal como marcador de perfusión renal en pacientes oligúricos.
2. Se estableció la relación del índice resistivo renal (IRR) con el estado hemodinámico del paciente mediante las variables clínicas y bioquímicas.
3. Se realizó una evaluación integral del estado hemodinámico del paciente crítico durante su estancia en la Unidad de Cuidados Intensivos mediante ecografía (*POCUS – Point Of Care Ultrasound*).

HIPÓTESIS

Hipótesis Nula

La disminución del índice resistivo renal (IRR) medido por ecografía doppler *no se correlacionó* con el incremento de la diuresis en pacientes oligúricos.

Hipótesis Alterna

La disminución del índice resistivo renal (IRR) medido por ecografía doppler *se correlacionó* con el incremento de la diuresis en pacientes oligúricos.

MATERIAL Y MÉTODOS

Tipo de Estudio

- Observacional (en relación con la acción).
- Prospectivo (de acuerdo con el momento en que se capta la información).
- Longitudinal (en relación con el número de mediciones del fenómeno estudiado).
- Analítico (de acuerdo con el alcance del modelo y la relación entre las variables estudiadas).

Población de Estudio

Adultos mayores de 18 años con patología médica o quirúrgica ingresados en la Unidad de Cuidados Intensivos.

Lugar y Fecha de Estudio

Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital San Ángel Inn Universidad en el periodo comprendido del 20 de marzo al 30 de junio del 2023.

Tamaño de la Muestra

El tamaño de muestra se determinó por conveniencia en el periodo de estudio contemplado.

Variables de Estudio

A continuación, se realiza una descripción detallada de las variables de estudio, su operacionalización y codificación en el desarrollo de este estudio:

VARIABLES DEMOGRÁFICAS	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	TIPO DE VARIABLE	UNIDAD DE MEDICIÓN
Sexo	Conjunto de rasgos que definen características biológicas de cada individuo.	Femenino Masculino	Cualitativa nominal dicotómica	Hombre (1) Mujer (2)
Edad	Tiempo transcurrido a partir del nacimiento de un individuo.	Dato obtenido por el paciente o en coincidencia con la fecha de nacimiento.	Cuantitativa discreta	Años
Peso	Fuerza que ejerce la gravedad sobre el cuerpo humano, medida en kilogramos.	Dato obtenido por el expediente clínico.	Cuantitativa continua	Kilogramos
Talla	Altura de una persona desde los pies a la cabeza expresada en centímetros.	Dato obtenido por el expediente clínico.	Cuantitativa continua	Centímetros

Índice de Masa Corporal (IMC)	Es una razón matemática que asocia el peso y la talla de un individuo.	Dato obtenido por el expediente clínico.	Cuantitativa continua	Kilogramos/Metros ²
Diagnóstico de Admisión	Motivo de ingreso establecido por el conjunto de criterios clínicos y bioquímicos del paciente.	Dato obtenido por el expediente clínico.	Cualitativa nominal dicotómica	Médico (1) Quirúrgico (2)
Índice de Charlson	Evaluación de la esperanza de vida a 10 años en función de la edad y comorbilidades del sujeto.	Dato obtenido por el expediente clínico.	Cualitativa nominal	Sin comorbilidad 0-1 Baja comorbilidad 2 Alta comorbilidad 3
VARIABLES BIOQUÍMICAS	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	TIPO DE VARIABLE	UNIDAD DE MEDICIÓN
Urea	Producto de degradación de las proteínas, excretado en orina.	Dato obtenido por el sistema de laboratorio SASS.	Cuantitativa continua	Miligramo/Decilitro
BUN	Producto de degradación de las proteínas, excretado en orina.	Dato obtenido por el sistema de laboratorio SASS.	Cuantitativa continua	Miligramo/Decilitro
Creatinina	Producto de degradación de las proteínas, excretado en orina.	Dato obtenido por el sistema de laboratorio SASS.	Cuantitativa continua	Miligramo/Decilitro
Sodio	Principal catión extracelular cuyo valor oscila 135 – 145 mmol/l.	Dato obtenido por el sistema de laboratorio SASS.	Cuantitativa continua	mmoL/Litro
Cloro	Principal anión extracelular cuyo valor oscila 98 – 110 mmol/l.	Dato obtenido por el sistema de laboratorio SASS.	Cuantitativa continua	mmoL/Litro
Leucocitos	Células sanguíneas ejecutoras de la respuesta inmunitaria.	Dato obtenido por el sistema de laboratorio SASS.	Cuantitativa continua	Células/Microlitro
Neutrófilos	Células sanguíneas ejecutoras de la respuesta inmunitaria.	Dato obtenido por el sistema de laboratorio SASS.	Cuantitativa continua	Células/Microlitro
Hemoglobina	Hemoproteína que transporta oxígeno hacia los tejidos.	Dato obtenido por el sistema de laboratorio SASS.	Cuantitativa continua	Gramos/Decilitro
Hematocrito	Proporción de glóbulos rojos o eritrocitos en la sangre.	Dato obtenido por el sistema de laboratorio SASS.	Cuantitativa continua	Porcentaje (%)
Plaquetas	Fragmentos celulares que ayudan en el proceso de coagulación.	Dato obtenido por el sistema de laboratorio SASS.	Cuantitativa continua	Células/Microlitro
Procalcitonina	Péptido precursor de la calcitonina presente en procesos infecciosos.	Dato obtenido por el sistema de laboratorio SASS.	Cuantitativa continua	Nanogramo/Mililitro
pH	Coeficiente que indica el grado de acidez o alcalinidad de una solución acuosa.	Dato obtenido por el sistema de laboratorio SASS.	Cuantitativa continua	Logaritmo
Bicarbonato	Electrolito involucrado en el equilibrio ácido – base.	Dato obtenido por el sistema de laboratorio SASS.	Cuantitativa continua	mmoL/Litro

Saturación Venosa Central	Parámetro que refleja el balance entre el consumo/disponibilidad de oxígeno.	Dato obtenido por el sistema de laboratorio SASS.	Cuantitativa continua	Porcentaje (%)
Lactato	Producto del metabolismo celular en condiciones de hipoperfusión.	Dato obtenido por el sistema de laboratorio SASS.	Cuantitativa continua	mmoL/Litro
VARIABLES CONFUSORAS	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	TIPO DE VARIABLE	UNIDAD DE MEDICIÓN
Sepsis	Determinada por el cálculo de variables dentro de las escalas del Sequential Organ Assessment Failure (SOFA score)	SOFA score ≥ 2 puntos	Cualitativa nominal dicotómica	Ausencia (0) Presencia (1)
Vasopresor	Fármaco o sustancia que causa aumento de la presión arterial sistémica, como norepinefrina o vasopresina.	Dato obtenido del registro de enfermería	Cualitativa nominal dicotómica	Ausencia (0) Presencia (1)
Inotrópico	Fármaco o sustancia que posee efecto sobre la contractilidad del músculo cardíaco, como dobutamina o levosimendán.	Dato obtenido del registro de enfermería	Cualitativa nominal policotómica	Ausencia (0) Dobutamina (1) Levosimendán (2)
Ventilación Mecánica Invasiva	Recurso terapéutico de soporte vital para asistir parcial o totalmente la función de la ventilación pulmonar espontánea.	Dato obtenido del registro de enfermería	Cualitativa nominal dicotómica	Ausencia (0) Presencia (1)
VARIABLES CLÍNICAS	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	TIPO DE VARIABLE	UNIDAD DE MEDICIÓN
Presión Arterial Sistémica	Fuerza que ejerce la sangre contra las paredes de los vasos sanguíneos, la cual se expresa en milímetros de mercurio (mmHg).	Dato obtenido del registro de enfermería	Cuantitativa discreta	Milímetros de Mercurio (mmHg)
Presión Arterial Media	Promedio de la presión arterial sistólica y diastólica durante un ciclo cardíaco, expresado en milímetros de mercurio (mmHg).	$\frac{2 (PAS) + PAD}{3}$	Cuantitativa discreta	Milímetros de Mercurio (mmHg)
Frecuencia Cardíaca	Número de latidos del corazón o pulsaciones por unidad de tiempo, expresado en latidos por minuto (lpm).	Dato obtenido del registro de enfermería	Cuantitativa discreta	Latidos por minuto (lpm)
Frecuencia Respiratoria	Número de ventilaciones espontáneas por unidad de tiempo, expresado en respiraciones por minuto (rpm).	Dato obtenido del registro de enfermería	Cuantitativa discreta	Respiraciones por minuto (rpm)
Temperatura	Temperatura media del cuerpo humano, la cual se establece en un rango normal de 36.5 – 37.5 grados centígrados.	Dato obtenido del registro de enfermería	Cuantitativa continua	Grados centígrados

VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	TIPO DE VARIABLE	UNIDAD DE MEDICIÓN
Uresis Horaria	Parámetro que mide la cantidad de orina producida en un tiempo determinado.	Oliguria definida por diuresis horaria menor de 30 mililitros/hora.	Cuantitativa discreta	mililitros/hora
VARIABLES INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	TIPO DE VARIABLE	UNIDAD DE MEDICIÓN
Índice de resistencia renal	Medición ecográfica del flujo arterial intrarenal mediante modo doppler.	$\frac{VPS - VFD}{VPS}$	Cuantitativa continua	cm/s

Descripción General del Protocolo de Estudio

El presente estudio fue aprobado por el Comité de Investigación del Hospital San Ángel Inn Universidad, el cual se reprodujo de la siguiente manera:

1. Se recolectaron datos del expediente clínico, registros de enfermería, y resultados de laboratorio del sistema electrónico (SASS).
2. Se identificaron pacientes con criterios de inclusión para el estudio, que presentaron oliguria definida por uresis ≤ 30 mililitros/hora durante su estancia en la Unidad de Cuidados Intensivos.
3. Se evaluó el estado hemodinámico del paciente mediante el equipo de ultrasonido Phillips Modelo CX-50 con transductor convexo Pure Wave C5-1 (Rango de Frecuencia: 1 – 5 MHz) aplicando el protocolo VEXUS.
4. Se estimó el *índice resistivo renal (IRR)* por ecografía doppler con técnica estandarizada para la exploración renal con paciente en decúbito supino. Se realizó un análisis espectral del flujo de las arterias interlobares del riñón derecho. Se consideró una medición óptima al obtener 3 ondas de flujo sin interrupción en el mismo punto de colocación del volumen muestra.
5. Se recolectaron 3 mediciones seriadas las cuales se promediaron para obtener el *índice resistivo renal (IRR)* mediante la *Fórmula de Pourcelot* [(Velocidad sistólica máxima – Velocidad diastólica mínima) \div Velocidad sistólica máxima] en 2 momentos diferentes con 1 hora de diferencia entre sí.
6. Por último, se registraron las variables hemodinámicas (presión arterial sistólica, presión arterial diastólica, presión arterial media, frecuencia cardíaca), dosis de vasopresores, y uresis horaria del paciente al momento de realizar la medición del *índice resistivo renal (IRR)*.

CRITERIOS DE SELECCIÓN

Criterios de Inclusión

- Adultos mayores de 18 años de cualquier sexo.

- Hospitalizados por patología médica o quirúrgica en la Unidad de Cuidados Intensivos.
- Todo paciente que curse con oliguria determinada por uresis horaria menor de 30 ml/min.

Criterios de Exclusión

- Mujeres embarazadas.
- Índice de masa corporal mayor de 40.
- Hepatopatía crónica o trombosis portal.
- Uropatía obstructiva intrínseca o extrínseca.
- Enfermedad renal crónica en cualquier estadio.
- Índice de pulsatilidad de la vena porta mayor del 30%.
- Hipertensión intraabdominal o patología quirúrgica con abdomen abierto.
- Taquiarritmias o fibrilación auricular de respuesta ventricular rápida >110 lpm.
- Insuficiencia cardiaca descompensada asociada a estenosis o insuficiencia tricúspidea.

Criterios de Eliminación

- Mala ventana para la evaluación de ecografía renal.
- Limitación de esfuerzo terapéutico firmado.
- Traslado o egreso voluntario.

CONSIDERACIONES ÉTICAS

Este protocolo fue diseñado con base en los principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos de la Declaración de Ginebra (1948) y Declaración de Helsinki (1964); enmendadas por 29ª Asamblea Médica Mundial en Tokio Japón (1975), 35ª Asamblea Médica Mundial en Venecia Italia (1983), 41ª Asamblea Médica Mundial Hong Kong (1989), 48ª Asamblea General Somerset West Sudáfrica (1966), 52ª Asamblea General de Edimburgo Escocia (2000), 59ª Asamblea General Seúl Corea (2008) y Asamblea General Fortaleza Brasil (2013).

Igualmente se realizó con base en la Ley General de Salud en materia de Investigación para la Salud. Título Segundo de los Aspectos Éticos de la Investigación en Seres Humanos. Capítulo I Artículo 17: Se consideró como riesgo de la investigación, a la probabilidad de que el sujeto de investigación sufra algún daño como consecuencia inmediata o tardía del estudio. Para efectos de este reglamento, las investigaciones se clasificaron en las siguientes categorías:

- I. Investigación sin riesgo.
- II. Investigación con riesgo mínimo.
- III. Investigación con riesgo mayor que el mínimo.

Este protocolo se clasificó dentro de **Clase I: Investigación sin riesgo**, el cual fue conferido por la obtención de datos mediante exploración física, expediente clínico, registro de enfermería y sistema de electrónico de resultados de laboratorio (SASS). Las mediciones ecográficas no invasivas para la estimación del *índice resistivo renal (IRR)* se realizaron como parte de la evaluación hemodinámica del paciente durante su estancia en la Unidad de Cuidados Intensivos. No se generaron costos adicionales para el paciente. Los datos obtenidos fueron de carácter confidencial.

RECURSOS Y FINANCIAMIENTO

Recursos Humanos

- Tesista: Residente de 2° año del Curso de Especialización en Medicina Crítica.
- Asesor Principal: Médico especialista adscrito a la Unidad de Cuidados Intensivos.
- Asesor Metodológico: Investigador adscrito a la Jefatura de Nutrición Clínica del HSAIU.
- Pacientes hospitalizados en la Unidad de Cuidados Intensivos del H. San Ángel Inn Universidad.

Recursos Materiales

- Ultrasonido Phillips Modelo CX-CART más transductor convexo Pure Wave C5-1.
- Sistema de Control Integral de Análisis Clínicos y de Laboratorio (SASS).
- Expedientes clínicos de los pacientes incluidos.
- Instrumentos de recolección de datos.
- Hojas de consentimiento informado.
- Equipo de cómputo personal.
- Escritorio, bolígrafos y lápices.

Recursos Financieros

Este protocolo de estudio no recibió apoyo financiero de ninguna institución. Utilizó los recursos físicos, humanos y materiales disponibles en el Hospital San Ángel Inn Universidad para brindar atención de calidad a los pacientes.

ASPECTOS ESTADÍSTICOS

Previo a la ejecución del estudio se realizó una prueba piloto en 6 voluntarios con la finalidad de evaluar la variabilidad del investigador en la medición del *índice resistivo renal (IRR)*, obteniendo una *correlación intraclase de 0.83*, siendo una buena correlación para la reproducibilidad del estudio.

Para el análisis estadístico se realizó la determinación de las variables cuantitativas mediante la prueba de *Shapiro Wilk*:

- A. Las variables de distribución normal se expresaron como media (*DE, desviación estándar*).
- B. Las variables de distribución no normal se expresaron como *mediana (RI, rangos intercuartiles)*.
- C. Las variables cualitativas se presentaron como *frecuencia y porcentaje* de la muestra.

Se realizaron pruebas pareadas para las variables de: índice resistivo renal (IRR), uresis (ml/h), presión arterial media (PAM), frecuencia cardiaca (FC), frecuencia respiratoria (FR), y dosis de vasopresores, siendo *la prueba T de student* pareada para las variables de distribución normal, y el *Test de Wilcoxon* para las variables de distribución no normal.

Se calculó la diferencia en la producción de uresis antes y después, y posteriormente se realizó una prueba de *correlación de Pearson o Rho de Spearman*, entre la uresis y el índice resistivo renal (IRR); e igualmente se incluyeron las variables de lactato, frecuencia cardiaca y presión arterial media. En caso de encontrar una correlación significativa, se procedió a realizar gráficos de dispersión de puntos con el coeficiente de determinación (R^2). Finalmente, se consideró significativa toda $p < 0.05$. Todos los datos fueron procesados y analizados mediante el paquete estadístico SPSS (*Statistical Package for Social Sciences*) versión 28.0.1.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Se incluyeron 20 pacientes que cumplieron los criterios de inclusión para el análisis final. Se encontró una media de edad de 73 años, predominando el sexo masculino $n=12$ (60%) vs femenino $n=8$ (40%). Los principales diagnósticos de admisión correspondieron a patología médica $n=15$ (75%) vs quirúrgica $n=5$ (25%), siendo la sepsis la etiología más frecuente $n=12$ (60%). Durante su estancia en Unidad de Cuidados Intensivos, 13 pacientes (65%) requirieron soporte vasopresor, 2 pacientes (10%) inotrópico y 5 pacientes (25%) ventilación mecánica invasiva. El resto de las características generales de la población se ilustran en la **Tabla 1**.

Tabla 1. Datos sociodemográficos de los pacientes en estudio.

Variable	Número (n)	Porcentaje (%)
Sexo		
Hombres	12	60
Mujeres	8	40
Diagnóstico de ingreso		
Médico	15	75
Quirúrgico	5	25

Sepsis	12	60
Vasopresor	13	65
Inotrópico	2	10
Ventilación mecánica invasiva	5	25
Variable	Mediana	RI
Edad (años)	73	68 – 78
Peso (kilogramos)	68	60 – 95
Talla (centímetros)	167	155 – 173
SOFA score (puntos)	4	2 – 8
Variable	Media	DE
IMC (kilogramos/metro ²)	26.8	± 5.8
Índice de Charlson	3	± 3.3
<i>IMC (Índice de Masa Corporal), SOFA (Sequential Organ Failure Assessment)</i>		

Posteriormente se muestran las variables relacionadas a marcadores bioquímicos y gasométricos al ingreso en la Unidad de Cuidados Intensivos. Dentro de los parámetros de función renal destacan niveles de creatinina sérica al ingreso de 1.0 mg/dL con tendencia hacia elevación de urea (51.68 mg/dL) y BUN (24.05 mg/dL). En el contexto de sepsis como etiología más frecuente de admisión, destacaron niveles de procalcitonina de 0.30 ng/mL y lactato de 2.4 mmol/L. El resto de las variables se ilustran en la **Tabla 2**.

Tabla 2. Variables bioquímicas y gasométricas.

Variable	Mediana	RI
Urea (mg/dL)	51.68	29.96 – 76.61
BUN (mg/dL)	24.15	13.99 – 35.78
Creatinina (mg/dL)	1.0	0.86 – 1.84
Leucocitos (cel/uL)	9.33	5.57 – 16.28
Neutrófilos (cel/uL)	7.47	4.17 – 13.96
Procalcitonina (ng/mL)	0.30	0.18 – 1.71
SvcO ₂ (%)	71.1	67.9 – 75.1
Lactato (mmol/L)	2.4	1.4 – 3.5
Variable	Media	DE
Sodio (mEq/L)	138	± 5.0
Potasio (mEq/L)	4.09	± 0.78
Cloro (mEq/L)	101	± 6.0
Hemoglobina (g/dL)	12.01	± 2.09
Hematocrito (%)	36.1	± 6.5
Plaquetas (cel/uL)	180	± 95
Linfocitos (cel/uL)	1.10	± 0.53
pH	7.34	± 0.08
pCO ₂ (mmHg)	38.5	± 10.4

HCO ₃ (mmol/L)	20.4	± 4.6
<i>BUN (Nitrógeno ureico), SvcO₂ (Saturación venosa central de oxígeno), pCO₂ (presión parcial de dióxido de carbono), HCO₃ (bicarbonato)</i>		

Por último, se observó una correlación positiva entre el índice resistivo renal (IRR 0.73) y oliguria (23± 6 mL/h) en las primeras 24 horas de ingreso a la Unidad de Cuidados Intensivos. De igual manera, se demostró una correlación positiva entre la disminución del índice resistivo (IRR 0.62) y la producción de uresis (42 ± 9 mL/h) posterior a la reanimación hídrica en pacientes candidatos con una *p* significativa <0.05

Tabla 3. Variable dependiente e independientes del índice resistivo renal (IRR).

	Uresis (mL/h)	IRR	Norepinefrina (mcg/min)	Vasopresina (UI/min)	PAM (MmHg)	FC (lpm)	FR (rpm)
Tiempo 0	23 (±6)*	0.73 (0.67-0.78)*	5.32 (2.66-10.66)*	0.04 (±0.02)*	70 (67-82)*	80 (70-86)	18 (16-23)
Tiempo 1	42 (±9)*	0.62 (0.58-0.67)*	3.86 (2.66-5.99)*	0.03 (±0.02)*	85 (±8)*	79 (±14)	20 (±4)
<i>IRR: Índice resistivo renal, PAM: Tensión arterial media, FC: Frecuencia cardíaca, FR: Frecuencia Respiratoria</i> <i>*: diferencia significativa entre ambos tiempos (p<0.05), norepinefrina y vasopresina (n=13).</i> <i>El 100% de los pacientes logró uresis ≥30mL/h.</i>							

Asimismo, se observó un incremento significativo en la producción de uresis y presión arterial media (mmHg) y un decremento significativo en el índice resistivo renal (IRR), dosis de vasopresores y frecuencia cardíaca, con una *p* significativa <0.05

DISCUSIÓN

Hoy en día, el *índice resistivo renal (IRR)* se perfila como una herramienta no invasiva eficaz, para evaluar la perfusión renal en los pacientes de la Unidad de Cuidados Intensivos, principalmente en el contexto de sepsis o choque séptico. La *lesión renal aguda (LRA)* inducida por sepsis deriva de factores que favorecen y perpetúan la hipoperfusión orgánica como el deterioro de la función cardíaca, la congestión venosa sistémica, el incremento de la presión capilar; y principalmente alteraciones de la distensibilidad vascular.

Por tanto, el objetivo de la reanimación en el paciente crítico es reestablecer la perfusión de órganos, siendo el riñón una de las principales ventanas de choque, que se manifiesta por la disminución en la producción de orina (oliguria). De tal manera que, la identificación temprana de los pacientes oligúricos mediante la medición del índice resistivo (IRR) podría permitir establecer intervenciones

oportunas en el monitoreo hemodinámico, ya sea mediante la reanimación hídrica y/o la titulación de vasopresores.

Las características sociodemográficas de este estudio realizado dentro de la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital San Ángel Inn Universidad, coinciden con la incidencia reportada en la literatura sobre lesión renal en el paciente crítico, predominio de presentación mayor en hombres que en mujeres, y la sepsis como etiología principal de ingreso. De igual manera, se encontró una correlación positiva entre valores elevados de índice resistivo renal (IRR 0.73) y la presencia de oliguria (<30 mL/h) durante las primeras 24h de estancia en la Unidad de Cuidados Intensivos. Este resultado es consistente con el estudio de *Darmon M., et al (2011)* quien encontró que un IRR elevado >0.79 fue mejor predictor de lesión renal que los índices urinarios en el paciente séptico.

Asimismo, se encontró una correlación entre el índice resistivo, la presión arterial media y las dosis de vasopresores, lo cual coincide con los estudios realizados por *Beloncle F. et al* en el 2019 cuando demostró que el índice resistivo (IR) se correlaciona inversamente con la presión arterial media (PAM) explicado por un mecanismo compensatorio de vasoconstricción post-glomerular para mantener el filtrado glomerular durante hipoperfusión renal. Lo anterior, sirvió de estudio para *Deruddre S, et al.* quien evaluó el índice resistivo renal (IRR) y la producción de uresis mediante la titulación de norepinefrina, permitiendo establecer una presión arterial media óptima (PAM) para mantener la perfusión y función renal²⁴.

Finalmente, nuestro estudio demostró de la utilidad del índice resistivo renal (IRR) como predictor de uresis; ya que se encontró una correlación positiva entre la disminución del índice resistivo renal de 0.73 [RI 0.67 – 0.78] vs 0.62 [RI 0.58 – 0.67] y la producción de uresis [23 ± 6 mL/h vs 42 ± 8 mL/h]. No obstante, la interpretación del índice resistivo renal (IRR) requiere precaución por la contribución e interacción que existe entre los factores renales (intrínsecos) y extrarrenales (hemodinámicos).²⁵

CONCLUSIÓN

Existe una correlación positiva entre el índice resistivo renal (IRR) y oliguria (<30 ml/h) con un valor de IRR de 0.73 (0.67 – 0.78) en las primeras 24 horas de ingreso a Terapia Intensiva. Asimismo, se encontró correlación lineal entre la disminución del índice resistivo renal (IRR 0.62) con la producción de uresis (>30 ml/h) con una p significativa <0.05

El índice resistivo renal (IRR) es un marcador diagnóstico y pronóstico eficaz en el paciente crítico, por lo que se podría considerar un parámetro de medición rutinaria en los protocolos ecográficos dentro de la Unidad de Cuidados Intensivos.

ANEXOS

Tabla 1. Cronograma de Actividades

Actividades	Febrero	Marzo - Junio						Julio - Octubre				Noviembre - Diciembre				
Elección de Protocolo de Investigación	■	■	■													
Diseño de Instrumentos y Estandarización	■	■	■													
Aprobación por el Comité de Investigación	■	■	■													
Recolección y Elaboración de Base de Datos			■	■	■	■	■	■								
Análisis de Datos y Resultados			■	■	■	■	■	■								
Elaboración de Conclusión								■	■	■	■					
Presentación Final del Protocolo											■	■	■	■	■	■

Tabla 2. Formulario para la Obtención de Datos.

Los datos fueron recolectados en un formato, posteriormente la información fue capturada en una base de datos en Excel Microsoft Office y finalmente exportada un programa estadístico.

Edad:_____ Sexo:_____ Peso:_____ Talla:_____ IMC: _____

Diagnóstico de Admisión: Médico () Quirúrgico ()

Comorbilidades: Hipertensión Arterial Sistémica () Diabetes Mellitus () Ninguna ()

Otra: ¿Cuál? _____

SISTEMA ELECTRÓNICO DE RESULTADOS DE LABORATORIO:

Urea	(mg/dl)	Leucocitos	(cel/uL)	pH	
BUN	(mg/dl)	Neutrófilos	(cel/uL)	pO2	(mmHg)
Creatinina	(mg/dl)	Linfocitos	(cel/uL)	pCO2	(mmHg)
Sodio	(mmol/l)	Hemoglobina	(g/dL)	HCO3	(mmol/l)
Potasio	(mmol/l)	Hematocrito	(%)	SvcO2	(%)
Cloro	(mmol/l)	Plaquetas	(cel/uL)	Procalcitonina	(ng/mL)

Índice de Charlson: _____

Puntaje SOFA Score al ingreso a UCI: _____

MEDICIÓN DE VARIABLES CLÍNICAS Y ECOGRÁFICAS EN TIEMPO 1 Y 2:

VARIABLES	T1	T2
Presión Arterial Sistémica	mmHg	mmHg
Presión Arterial Media	mmHg	mmHg
Frecuencia Cardíaca	lpm	lpm
Frecuencia Respiratoria	rpm	rpm
Temperatura	°C	°C
Uresis Horaria	mL/hr	mL/hr
Índice Resistivo Renal	cm/s	cm/s

3. Carta de autorización para revisión de expedientes.



Ciudad de México a 16 de Mayo del 2023

Asunto: Autorización para revisión de expedientes.

Hayde Guillermina López García

Jefatura de Archivo Clínico

P R E S E N T E:

Por medio de la presente se informa sobre la autorización para la revisión de expediente clínico de pacientes pertenecientes al área de Terapia Intensiva de Hospital San Ángel Inn Universidad, a la médico residente Dra. Arely Selene Valdés Olivares con propósito de recolección de datos e información para su protocolo de investigación el cual ya ha sido previamente autorizado por el Comité de Enseñanza e Investigación.

Sin otro motivo en particular me despido, no sin antes quedar a sus órdenes, extendiéndole un cordial saludo.

Centro Hospitalario Universidad, S.A. de C.V.

DR. JUAN JESÚS VILLEGAS CORTES
DIRECTOR MÉDICO

Director Médico

Dr. Juan Jesús Villegas Cortés

19 MAY 2023

Centro Hospitalario Universidad, S.A. de C.V.

Mayorazgo No. 130, Col. Xoco, Benito Juárez

C.P. 03339, Ciudad de México, T. (55) 5623 6363

www.hospitalsanangelinn.mx

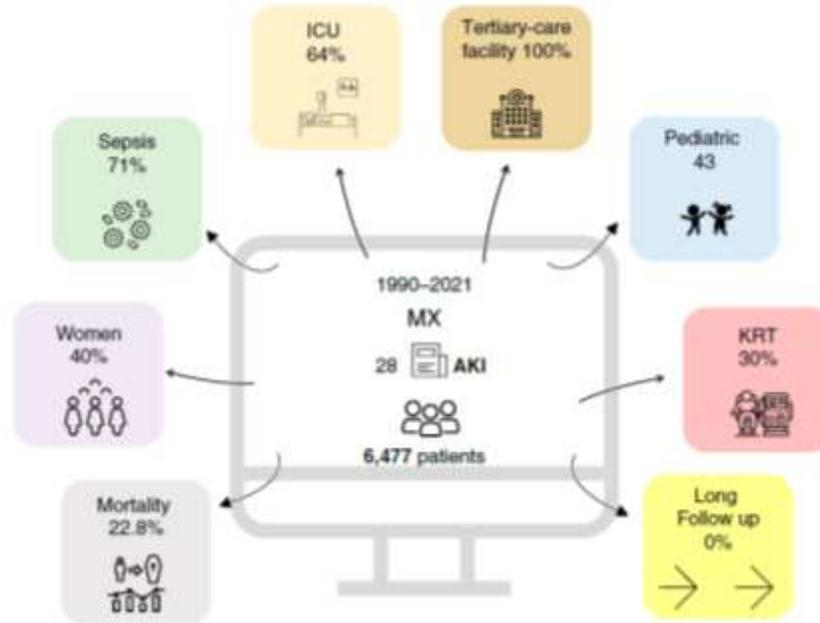
Lic. Sanitaria: 13-AM-09-014-0006

Tabla 3. Criterios para definir LRA, ERA y ERC.

	Lesión renal aguda	Enfermedad renal aguda	Enfermedad renal crónica
Duración	≤ 7 días	< 3 meses	> 3 meses
Criterios funcionales	Incremento en la CrS ≥50% en los primeros 7 días o incremento de la CrS ≥0.3 mg/dL en 2 días, o presencia de oliguria ≥6 horas.	LRA o TFG <60 ml/min/1.73 m ² o disminución de la TFG ≥35% sobre el valor inicial, o aumento de la CrS >50% sobre el valor inicial.	TFG <60 ml/min/ 1.73 m ²
Y/O	ó	ó	ó
Criterios estructurales	No definidos.	Marcador elevado de daño renal (albuminuria, hematuria y/o piuria son los más comunes)	Marcador elevado de daño renal (albuminuria es el más frecuente).

Fuente: Kellum, J. A., et al. (2021). Acute kidney injury. *Nature Reviews. Disease Primers*, 7(1), 52.

Imagen 1. Epidemiología de la lesión renal aguda en México: Reporte de los últimos 31 años.



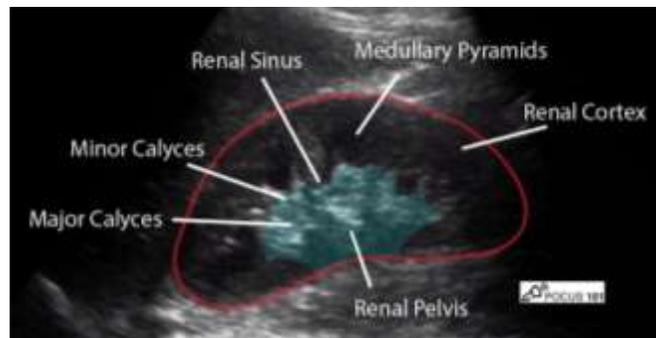
Fuente: Chávez-Íñiguez JS y cols. (2022) Global perspectives in acute kidney injury: México

Imagen 2. Exploración ecográfica longitudinal del riñón derecho.



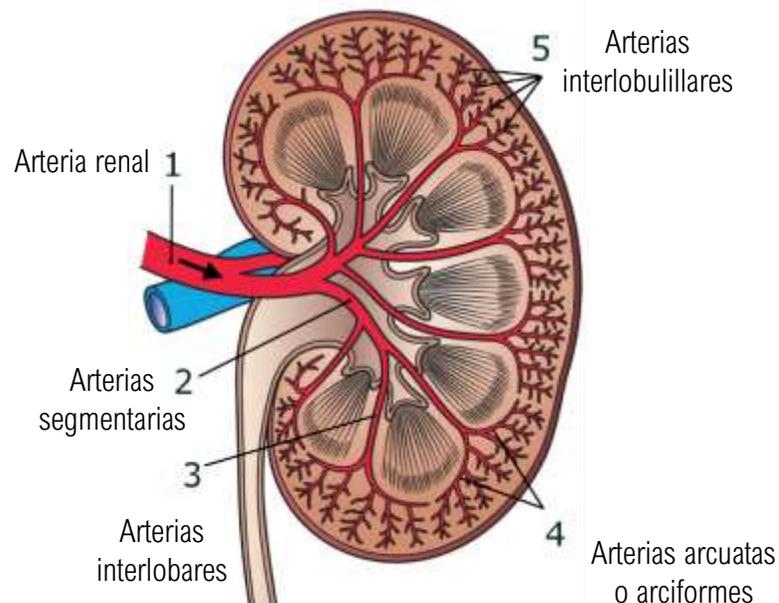
Fuente: Renal Ultrasound Made Easy: Step-By-Step Guide <https://www.pocus101.com/>

Imagen 3. Estructura anatómica y morfológica del riñón en vista longitudinal.



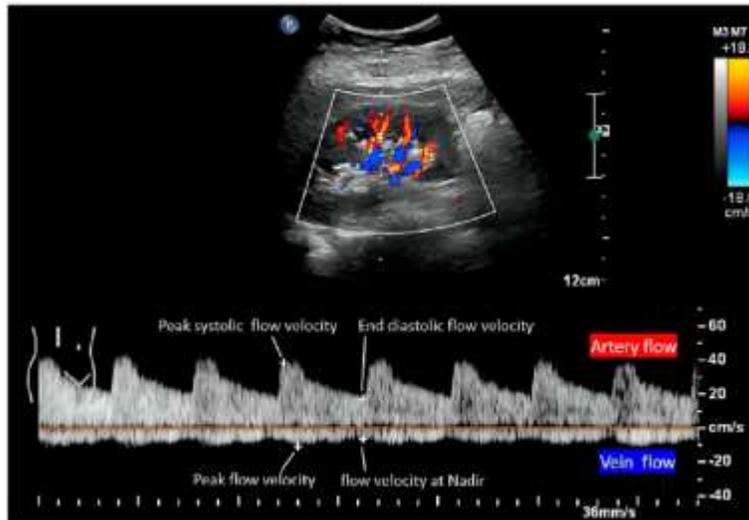
Fuente: Renal Ultrasound Made Easy: Step-By-Step Guide <https://www.pocus101.com/>

Imagen 4. Anatomía vascular del flujo sanguíneo arterial del riñón.



Fuente: Wikimedia Commons Kidney Cross Section <https://es.wikipedia.org/>

Imagen 5. Espectro doppler color y doppler pulsado del flujo arterial renal.



Fuente: Qian X. et al. (2022). Intrarenal Doppler approaches in hemodynamics.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ¹ Goyal, A., Daneshpajouhnejad, P., Hashmi, M. F., & Bashir, K. (2023). *Acute kidney injury*. StatPearls Publishing
- ² Kellum, J. A., Romagnani, P., Ashuntantang, G., Ronco, C., Zarbock, A., & Anders, H.-J. (2021). Acute kidney injury. *Nature Reviews. Disease Primers*, 7(1), 52.
- ³ Chávez-Iñiguez, J. S., & Madero, M. (2022). Global perspectives in acute kidney injury: Mexico. *Kidney360*, 3(4), 737–739
- ⁴ Zaragoza, J. J., Chavez-Iñiguez, J. S., & Rangel, A. V. (2023). Prevalence of acute Kidney Injury in Mexico; A systematic review and meta-analysis. En *Research Square*.
- ⁵ Beloncle, F., Rousseau, N., Hamel, J.-F., Donzeau, A., Foucher, A.-L., Custaud, M.-A., Asfar, P., Robert, R., & Lerolle, N. (2019). Determinants of Doppler-based renal resistive index in patients with septic shock: impact of hemodynamic parameters, acute kidney injury and predisposing factors. *Annals of Intensive Care*, 9 (1).
- ⁶ Platt JF (1992) Duplex Doppler evaluation of native kidney dysfunction: obstructive and nonobstructive disease. *AJR Am J Roentgenol* 158: 1035–1042
- ⁷ Barozzi L, Valentino M, Santoro A, Mancini E, Pavlica P (2007) Renal ultrasonography in critically ill patients. *Crit Care Med* 35 (5 Suppl): S198–205
- ⁸ Oyuela-Carrasco J, Rodríguez-Castellanos F, Kimura E, Delgado-Hernández R, Herrera-Félix J (2009). Longitud renal por ultrasonografía en población mexicana adulta. *Nefrología* 29(1): 30-34.

-
- ⁹ 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.
- ¹⁰ 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.
- ¹¹ Keogan MT, Kliewer MA, Hertzberg BS, DeLong DM, Tupler RH, Carroll BA (1996) Renal resistive indexes: variability in Doppler US measurement in a healthy population. *Radiology* 199: 165–169
- ¹² Platt, J. F., Rubin, J. M., & Ellis, J. H. (1989). Distinction between obstructive and nonobstructive pyelocaliectasis with duplex Doppler sonography. *AJR. American Journal of Roentgenology*, 153(5), 997–1000.
- ¹³ Afsar, B., & Elsurer, R. (2012). Comparison of renal resistive index among patients with Type 2 diabetes with different levels of creatinine clearance and urinary albumin excretion: Kidney function and renal resistive index. *Diabetic Medicine: A Journal of the British Diabetic Association*, 29(8), 1043–1046.
- ¹⁴ Masulli, M., Mancini, M., Liuzzi, R., Daniele, S., Mainenti, P. P., Vergara, E., Genovese, S., Salvatore, M., & Vaccaro, O. (2009). Measurement of the intrarenal arterial resistance index for the identification and prediction of diabetic nephropathy. *Nutrition, Metabolism, and Cardiovascular Diseases: NMCD*, 19(5), 358–364.
- ¹⁵ Radermacher, J., Mengel, M., Ellis, S., Stucht, S., Hiss, M., Schwarz, A., Eisenberger, U., Burg, M., Luft, F. C., Gwinner, W., & Haller, H. (2003). The renal arterial resistance index and renal allograft survival. *The New England Journal of Medicine*, 349(2), 115–124.
- ¹⁶ Parolini, C., Noce, A., Staffolani, E., Giarrizzo, G. F., Costanzi, S., & Splendiani, G. (2009). Renal resistive index and long-term outcome in chronic nephropathies. *Radiology*, 252(3), 888–896.
- ¹⁷ Ciccone, M. M., Iacoviello, M., Gesualdo, L., Puzzovivo, A., Antoncicchi, V., Doronzo, A., Monitillo, F., Citarelli, G., Paradies, V., & Favale, S. (2014). The renal arterial resistance index: a marker of renal function with an independent and incremental role in predicting heart failure progression: Renal arterial resistance index in chronic heart failure. *European Journal of Heart Failure*, 16(2), 210–216
- ¹⁸ Singbartl, K., & Kellum, J. A. (2012). AKI in the ICU: definition, epidemiology, risk stratification, and outcomes. *Kidney International*, 81(9), 819–825.
- ¹⁹ Dewitte, A., Coquin, J., Meyssignac, B., Joannès-Boyau, O., Fleureau, C., Roze, H., Ripoche, J., Janvier, G., Combe, C., & Ouattara, A. (2012). Doppler resistive index to reflect regulation of renal vascular tone during sepsis and acute kidney injury. *Critical Care (London, England)*, 16(5), R165.

-
- ²⁰ Haitsma Mulier, J. L. G., Rozemeijer, S., Röttgering, J. G., Spoelstra-de Man, A. M. E., Elbers, P. W. G., Tuinman, P. R., de Waard, M. C., & Oudemans-van Straaten, H. M. (2018). Renal resistive index as an early predictor and discriminator of acute kidney injury in critically ill patients; A prospective observational cohort study. *PloS One*, *13*(6), e0197967.
- ²¹ Lerolle, N., Guérot, E., Faisy, C., Bornstain, C., Diehl, J.-L., & Fagon, J.-Y. (2006). Renal failure in septic shock: predictive value of Doppler-based renal arterial resistive index. *Intensive Care Medicine*, *32*(10), 1553–1559.
- ²² Song, J., Wu, W., He, Y., Lin, S., Zhu, D., & Zhong, M. (2018). Value of the combination of renal resistance index and central venous pressure in the early prediction of sepsis-induced acute kidney injury. *Journal of Critical Care*, *45*, 204–208.
- ²³ Darmon M, Schortgen F, Vargas F, Liazydi A, Schlemmer B, Brun-Buisson C, Brochard L (2011). Diagnostic accuracy of Doppler renal resistive index for reversibility of acute kidney injury in critically ill patients. *Intensive Care Med* *37* (1): 68-76.
- ²⁴ Di Nicolò, P., & Granata, A. (2019). Renal intraparenchymal resistive index: the ultrasonographic answer to many clinical questions. *Journal of Nephrology*, *32*(4), 527–538.
- ²⁵ Boddi, M., Natucci, F., & Ciani, E. (2015). The internist and the renal resistive index: truths and doubts. *Internal and Emergency Medicine*, *10*(8), 893–905.