

Correlación entre el índice de resistencia renal y marcadores de función renal en felinos adultos

Correlation between renal resistance index and renal function markers in adult felines

RESUMEN

La medición del índice de resistencia renal (IR) mediante ecografía Doppler es una técnica común para detectar problemas en el sistema vascular renal. A pesar de su aplicación previa en felinos sanos y con enfermedad renal, su utilidad clínica es subjetiva, por lo tanto el propósito de este estudio fue correlacionar el IR con marcadores renales (creatinina, BUN/urea y densidad urinaria) en gatos adultos sanos. Se utilizaron 18 gatos mayores de 5 años provenientes de Bogotá y Zipaquirá, Colombia, en un estudio descriptivo. Se tomaron muestras de sangre periférica y se midieron BUN, urea y creatinina sérica. Se utilizó el análisis de color espectral Doppler para medir el flujo arterial renal. Los datos se analizaron con el software R® (nivel de confianza del 95%). Los valores promedio obtenidos fueron: creatinina $1,14 \pm 0,3$ mg/dl, BUN $32,60 \pm 6,9$ mg/dl, urea $64,10 \pm 17,64$ mg/dl, densidad urinaria $1052 \pm 74,98$ e IR $0,69 \pm 0,071$. Se encontró una correlación positiva y estadísticamente significativa ($P < 0,05$) entre la densidad de la orina y el IR. Este estudio proporciona información sobre los valores de IR y su relación con marcadores renales en gatos sanos, lo que podría ser útil como herramienta diagnóstica para comparar con gatos con enfermedades renales y ayudar en la implementación de tratamientos oportunos.

Palabras clave: creatinina, Doppler flujometría, gatos, renal, resistencia, riñón, ultrasonido, urea.

ABSTRACT

The measurement of renal resistive index (RI) using Doppler ultrasound is a common technique for detecting issues in the renal vascular system. Despite its previous application in healthy and renal-diseased felines, its clinical utility is subjective. Therefore, the purpose of this study was to correlate RI with renal markers (creatinine, BUN/urea, and urine specific gravity) in healthy adult cats. Eighteen cats older than five years from Bogotá and Zipaquirá, Colombia, were used in a descriptive study. Peripheral blood samples were taken, and BUN, urea, and serum creatinine were measured. Spectral Doppler analysis was used to measure renal arterial flow. Data were analyzed using R® software (95% confidence level). The average values obtained were: creatinine 1.14 ± 0.3 mg/dl, BUN 32.60 ± 6.9 mg/dl, urea 64.10 ± 17.64 mg/dl, urine specific gravity 1052 ± 74.98 , and RI 0.69 ± 0.071 . A positive and statistically significant correlation ($P < 0.05$) was found between urine specific gravity and RI. This study provides information on RI

values and their relationship with renal markers in healthy cats, which could be useful as a diagnostic tool for comparison with cats having renal diseases and aid in the implementation of timely treatments

Keywords: cats, creatinine, Doppler fluxometry, kidney, renal, resistance, ultrasound, urea.

INTRODUCCIÓN

La enfermedad renal es uno de los problemas de salud más comunes que afecta el bienestar de los felinos adultos, aproximadamente entre el 1 % al 3 % tienen afección renal (Pérez-López et al., 2019). El desarrollo de esta patología es multifactorial ya que implica diversas causas que generan un déficit en la tasa de filtración glomerular (T.F.G.), este padecimiento está ligado a componentes genéticos individuales, factores endocrinos y cambios inflamatorios crónicos, como nefritis glomerular crónica, pielonefritis crónica, uropatías obstructivas, arteriosclerosis renal, entre otros (García et al., 2021).

La disminución de la función renal se desarrolla desde el momento en que el número de nefronas funcionales es insuficiente para mantener una función renal mínima (Hokamp et al., 2016). La pérdida de la unidad funcional del riñón genera cambios en la estructura histológica renal ocasionando remodelaciones renales compensatorias, donde las nefronas hipertróficas funcionales sufren cambios que componen un aumento a lo largo de los segmentos glomerulares y tubulares, a su vez un incremento en la perfusión y depuración de la sangre circulante en los riñones (González et al., 2018).

Por tal circunstancia, la enfermedad renal es una de las patologías que con frecuencia altera la calidad de vida de los pacientes felinos; teniendo una tasa de mortalidad de un 3% en gatos domésticos, debido a que son especies susceptibles al desarrollo de la patología por su componente fisiológico renal, que los predispone a desarrollar de manera espontánea la patología (Ito et al., 2023).

Por tal razón, la detección a tiempo de esta afección es uno de los pilares más importantes en la clínica diaria, ya que la sintomatología con la cual cursa la enfermedad renal es inespecífica, pudiéndose presentar vómitos, diarreas, polidipsia o poliuria en los pacientes (Tipisca et al., 2016). De esta manera, un examen semiológico óptimo de la mano de pruebas de laboratorio e imágenes diagnósticas es punto clave para la identificación temprana de dichas patologías (Böswald et al., 2018). Recalcando que, el tratamiento es multifactorial e individualizado para cada paciente, por tal circunstancia es vital su diagnóstico para prevenir la progresión de la lesión tisular renal y de este modo mejorar la calidad de vida de los pacientes renales (Evangelista et al., 2022).

Hoy en día existen diversas herramientas de diagnóstico para determinar la funcionalidad renal de los felinos. Entre las principales se encuentran los análisis de laboratorio de sangre y orina, para determinar de los valores séricos de creatinina y nitrógeno ureico (BUN) y la densidad urinaria en orina (Michel-Regalado et al., 2022). Obteniéndose información importante acerca de la filtración renal, concentración de residuos en orina y

de la excreción de compuestos nitrogenados del organismo (Chen et al., 2020, Kongtasai et al., 2022).

Otro método de diagnóstico es la histopatología de tejido renal, la cual permite identificación de daños en el tejido del riñón y sus posibles causas, no obstante, la prueba diagnóstica Gold Standard es la ultrasonografía, que permite evaluar la morfología, el tamaño y la arquitectura renal (Almeida et al., 2018); dentro esta especialidad se encuentra el modo Doppler. Esta proporciona información detallada del flujo sanguíneo en tiempo real; así mismo permite evaluar y medir la resistencia vascular que genera el paso sanguíneo por la arteria, calculando la relación entre la Velocidad Sistólica Máxima (PSV) y la velocidad diastólica final (EDV) ($RI=[PSV-EDV]/PSV$), lo que se conoce como el índice de resistencia (I.R.) (Bragato et al., 2017).

Este índice es independiente de la posición del transductor y del ángulo, lo que facilita la precisión por parte del operario y la obtención de la fuerza con la que la sangre atraviesa las arterias arcuatas y lobulares del riñón, es por esto que el índice de resistencia renal es un marcador de lesión temprana que se caracteriza por ser accesible, reproducible, cuantificable, dinámico y con una elevada sensibilidad y capacidad pronóstica muy utilizado en medicina humana (Azizi et al., 2018).

De acuerdo con lo anterior, el objetivo de este estudio fue correlacionar el índice de resistencia renal utilizando Doppler espectral, con los marcadores sanguíneos de función renal en gatos domésticos adultos sanos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestras:

En el presente estudio se seleccionaron 18 felinos domésticos de raza americano pelo corto, con edades comprendidas entre 5 y 17 años, atendidos en consulta de medicina interna en las instalaciones del consultorio veterinario S.I.V.E.T. (Bogotá) y en la clínica veterinaria Farle (Zipaquirá). Se incluyeron en el estudio felinos sin segregación de sexo ni estado reproductivo, solo adultos clínicamente sanos, en base a la realización de un examen semiológico completo por sistemas, incluyendo determinación de frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria, temperatura, condición corporal, tiempo de llenado capilar y pulso.

Además, se tomaron muestras sanguíneas, mediante venopunción de la vena cefálica izquierda, las cuales se conservaron en refrigeración y se enviaron a procesamiento en el laboratorio ANIMAL LAB patología clínica de la ciudad de Bogotá. Allí fueron procesadas para la medición de BUN (por sus siglas en inglés Blood urea nitrogen), urea y creatinina sérica, estos resultados fueron comparados con los valores de referencia observados en la tabla 1, descritos por Kongtasai et al, (2022). También se hizo tricotomía de la región abdominal para hacer la valoración ecográfica y la cistocentesis, para el uroanálisis (Mortier et al., 2023). Con base en las evaluaciones clínicas, pruebas bioquímicas, hematológicas y uroanálisis, los gatos se clasificaron como sanos.

A los pacientes incluidos en el estudio, se les realizó una valoración ultrasonográfica renal sin ningún tipo de sujeción química (sedación o anestesia) para evitar cambios cardiovasculares secundarios en el paciente.

Tabla 1. Valores normales de los indicadores sanguíneos de función renal

ANALITO	UNIDADES	RESULTADO	RANGO
CREATININA	mg/dL	1.14	0.7-1.8
BUN	mg/dL	32.60	18.32- 33.0
UREA	mg/dL	64.10	38.52-70.62
DENSIDAD URINARIA	mg/dL	1052	1035-1045

Pruebas diagnósticas

Ultrasonografía:

Para la evaluación ultrasonográfica se empleó un ecógrafo Mindray M5 con transductor microconvexo (5.0 – 8.0 MHz). El estudio ultrasonográfico se realizó posicionando al paciente en decúbito dorsal, en donde se evaluaron ambos riñones en modo B y con Doppler color espectral determinado las siguientes variables:

Longitud renal (derecha e izquierda) : se realizó por medio de un corte sagital de ambos riñones para medir su corte largo. Esta medida obtenida por medio de la función de caliper electrónico del ecógrafo, ubicada desde la superficie de la cortical del polo caudal hacia la superficie del polo craneal (Evangelista et al., 2023).

Relación cortico-medular: se realizó por medio de calipers electrónicos determinando la proporción de las medidas del espesor medular y cortical (Evangelista et al., 2023).

Pelvis renal: se realiza medición en milímetros por medio de calipers electrónicos en donde para la especie felina se tiene como valor de referencia de 2 mm en estado de colapso y en dilatación normal puede variar entre 1.5 – 2 mm y un valor máximo de 2.8 mm. (Evangelista et al., 2023).

Doppler espectral: se evaluó el índice de resistencia (IR), la aceleración sistólica inicial (ASI) y la velocidad pico sistólica (VPS). Estas medidas se realizaron a nivel de las arterias arcuatas renales (Evangelista et al., 2023) .

Análisis estadístico

Los datos tabulados fueron sometidos a un análisis descriptivo completo de las variables de estudio. Se calculó la media, así como medidas de dispersión como la desviación estándar, el coeficiente de variación y el rango. Además, se evaluaron medidas de forma,

como el coeficiente asimétrico, para entender mejor la distribución de los datos. Para garantizar la validez de los resultados, se llevaron a cabo pruebas de normalidad y homocedasticidad. Posteriormente, se aplicó un análisis de regresión lineal múltiple para explorar posibles relaciones entre las variables. La fuerza y dirección de las asociaciones se evaluaron mediante la correlación de Spearman, con un nivel de confianza del 95%, según Mendivelso, (2022). Todos los análisis se llevaron a cabo utilizando el software R® versión 4.3.1, con los paquetes agricolae y psych, a través de la interfaz RStudio, proporcionando así un enfoque riguroso y preciso en el procesamiento de los datos (R core team, 2020).

Consideraciones éticas

El proyecto se realizó bajo los aspectos éticos que figuran en la resolución 8430 de 1993 emanada por el Ministerio de Salud de Colombia, además, se contó con el aval del comité de ética de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia UPTC, conformado bajo el acuerdo 52 de 2015, en donde el estudio se realizó bajo criterios investigativos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente estudio como se puede observar en la tabla 2 se encontró que los pacientes presentaron una edad promedio de 9.45 ± 4.4 años, mostrando una amplia variabilidad en la edad, lo que refleja una muestra representativa de la población felina adulta y geriátrica (Chen et al., 2020). Los niveles promedio de creatinina observados fueron de 1.14 ± 0.3 mg/dl, dentro de un rango de 1.14 a 2.5 mg/dl. Estos valores se encuentran dentro de los límites normales para gatos sanos, lo que sugiere una función renal adecuada en la mayoría de los individuos estudiados. Sin embargo, la variabilidad en los niveles de creatinina indica la presencia de casos con posibles alteraciones en la función renal que merecen un seguimiento más detallado (Kongtasai et al., 2022).

El BUN presentó un promedio de 32.60 ± 6.9 mg/dl, con valores que oscilaron entre 22.9 y 52.20 mg/dl. Aunque la mayoría de los gatos tuvieron niveles de BUN dentro del rango de referencia, algunos individuos mostraron niveles elevados, lo cual podría estar asociado a estados de deshidratación o dietas altas en proteínas (Arslan et al., 2021). La evaluación conjunta de BUN y creatinina es crucial para una interpretación más precisa de la función renal (Kongtasai et al., 2022).

En cuanto a la urea, se observó un promedio de 64.10 ± 17.64 mg/dl, con variaciones significativas entre 11.7 y 91.70 mg/dl. Estos resultados reflejan la influencia de factores dietéticos y la capacidad del riñón para excretar productos de desecho. La amplia variabilidad sugiere la necesidad de considerar el contexto clínico individual para una interpretación adecuada (Uva et al., 2023).

La densidad urinaria mostró un rango desde 1020 hasta 1350, con un promedio de 1052 ± 74.98 . Este parámetro es indicativo de la capacidad de concentración renal, y aunque la mayoría de los gatos presentaron densidades urinarias dentro de los rangos normales, los valores extremos sugieren la presencia de individuos con posible insuficiencia renal o alteraciones en la capacidad de concentración urinaria (Evangelista et al., 2023).

El índice de resistencia renal (IR) registró un promedio de 0.69 ± 0.071 , con valores que variaron entre 0.55 y 0.88. Estos datos son consistentes con estudios previos que reportan IR normales en gatos sanos. Sin embargo, la variabilidad observada puede ser indicativa de diferencias individuales en la hemodinámica renal y posibles estados subclínicos de disfunción renal. Los valores obtenidos de IR observados en el presente estudio, son similares a los encontrados por de Matos et al., (2017) en donde en el estudio realizado encontró que el promedio de índice de resistencia renal oscilaba entre 0.46 ± 0.08 .

Tabla 2. Estadística descriptiva de parámetros de edad, creatina, BUN, urea, densidad urinaria e índice de resistencia renal en gatos (n=18).

VARIABLES	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	Coefficiente Variación (%)
Edad (años)	9.5	4.40	5	17	46.41
Creatinina (mg/dl)	1.14	0.30	1.14	2.5	17.06
BUN (mg/dl)	32.60	6.90	22.90	52.20	20.93
Urea (mg/dl)	64.10	17.64	11.70	91.70	27.53
Densidad Urinaria	1052	74.98	1020	1350	7.13
Índice Resistencia Renal IRR	0.69	0.071	0.55	0.80	10.31

Relación entre las variables

Como se puede apreciar en la tabla 3, en el presente estudio no se observó una correlación estadística entre el índice de resistencia renal (IR) y la edad de los pacientes, esto de acuerdo a que indirectamente si un paciente adulto no está cursando con enfermedad renal su perfusión renal no se ve afectada, estos resultados son similares a los encontrados por Tipisca et al., (2016) y Matos et al., (2017) quienes no establecieron una relación entre el IR y la edad del animal.

Se observó que la edad de los felinos no presentó una correlación estadística significativa con los niveles de creatinina, BUN y urea ($P > 0.05$). Este hallazgo sugiere que, en la muestra analizada, la función renal medida a través de estos marcadores no está influenciada de manera directa por la edad de los animales. Este resultado es consistente con estudios previos que también reportan una falta de correlación significativa entre la edad y los marcadores renales en poblaciones de gatos sanos y con enfermedad renal temprana (Kongtasa et al., 2022).

La correlación entre los niveles de creatinina, BUN y urea fue positiva media, lo que indica que, aunque existe una relación entre estos marcadores de la función renal, no es lo suficientemente fuerte como para ser concluyente en esta población (Haitsma et al., 2018). Este resultado es similar al reportado por Cannon (2016), quienes encontraron

correlaciones moderadas entre estos parámetros en gatos geriátricos, sugiriendo que otros factores como la dieta, la hidratación y la condición corporal pueden influir en los niveles séricos de estos marcadores.

En cuanto a la densidad urinaria y el índice de resistencia renal, se observó una correlación moderadamente positiva. Este hallazgo es importante ya que sugiere que el índice de resistencia renal, medido a través de la ecografía Doppler, podría ser un indicador complementario útil de la capacidad de concentración renal (Boddi et al., 2015). La correlación moderada encontrada en este estudio es consistente con investigaciones anteriores que han demostrado la utilidad del índice de resistencia renal como un marcador no invasivo de la función renal en gatos (Pérez-Sánchez et al., 2023).

En el presente estudio, se observó que la creatinina mostró una correlación moderadamente positiva con el BUN y la urea, así como una correlación positiva débil con la densidad urinaria. En contraste, la correlación con el índice de resistencia renal (IR) fue débilmente positiva, pero no se encontró significancia estadística ($P > 0.05$). Estos resultados son consistentes con los hallazgos de Evangelista et al. (2022) y Cannon. (2016), quienes reportaron que los valores de IR en pacientes con diferentes condiciones patológicas fueron significativamente diferentes a los de animales sanos, indicando que los valores de IR aumentan con la progresión de la enfermedad renal. Asimismo, se observó que el BUN presentó una correlación positiva moderada con la densidad urinaria y el IR, aunque esta relación no fue estadísticamente significativa ($P > 0.05$). No obstante, para el caso de la urea, la relación fue moderadamente positiva y estadísticamente significativa ($P < 0.05$). Esto indica que a medida que aumenta el BUN, la urea también incrementa de manera proporcional (Cauwenberghs et al., 2015), como se puede observar en la Tabla 3.

Estos resultados subrayan la utilidad de la creatinina, BUN y urea como marcadores de la función renal en gatos, aunque la correlación con la densidad urinaria y el IR puede ser más variable. La correlación positiva entre BUN y urea es esperada, dado que ambos son productos de desecho nitrogenados excretados por el riñón y suelen aumentar en paralelo en casos de disfunción renal (Pérez-Sánchez et al., 2023). La falta de significancia estadística en la correlación del IR con la creatinina y el BUN podría deberse a la variabilidad interindividual y a factores adicionales que afectan el flujo sanguíneo renal y la hemodinámica (Uva et al., 2023). Estudios como el de Evangelista et al. (2022) han demostrado que el IR es un marcador sensible para detectar cambios en la función renal en presencia de patologías, lo que sugiere que su utilidad puede ser mayor en estudios longitudinales o en contextos clínicos específicos.

De igual forma, se observó que el BUN presentó una correlación positiva moderada con la densidad urinaria y el índice de resistencia renal, no siendo esta relación estadísticamente significativa ($p > 0.05$), sin embargo, para el caso de la urea la relación fue positiva moderadamente y estadísticamente significativa ($p < 0.05$), esto quiere decir que a medida que aumenta el BUN la urea también aumenta de forma proporcional.

La relación entre la urea y la densidad urinaria fue moderadamente positiva, mientras que con el índice de resistencia renal la relación fue débilmente positiva, encontrando que no es estadísticamente significativa ($p > 0.05$), el cual tiene un valor importante para clínica

diaria por la relación en la disminución de diuresis aumentando la densidad urinaria y un elevado valor de productos nitrogenados en sangre el cual nos podría revelar el agente etiológico de la enfermedad renal (Ito et al., 2023), mientras que, la densidad urinaria y el índice de resistencia renal tuvieron una correlación moderadamente positiva, lo que quiere decir que si la densidad urinaria aumenta el IR también aumentará, y es estadísticamente significativa ($P < 0.05$), siendo directamente proporcionales.

Tabla 3. Correlación de Spearman entre las variables edad, creatinina, BUN, urea, densidad urinaria y índice de resistencia renal (n=18).

	Edad (años)	Creatinina (mg/dl)	BUN (mg/dl)	Urea (mg/dl)	Densidad Urinaria	IRR
Edad (años)	1					
Creatinina (mg/dl)	0.26	1				
BUN (mg/dl)	0.35	0.37	1			
Urea (mg/dl)	0.14	0.38	0.65**	1		
Densidad Urinaria	0.06	0.13	0.43	0.32	1	
IRR	0.08	0.03	0.31	0.26	0.57*	1

**($p < 0.001$), * ($p < 0.05$)

Análisis de Regresión

El análisis de regresión que se realizó busca entender la relación entre el índice de resistencia renal con las demás variables del estudio, donde se integró un modelo de regresión lineal múltiple, teniendo como criterio que la ecuación que mejor predice el IRR será aquella con mayor coeficiente de determinación, además de la selección con base al número de variables involucradas.

El coeficiente de determinación del modelo de predicción de regresión lineal más elevado fue el modelo 1 ($IRR = 0.80 + 0.001 \text{ Edad} + -0.07 \text{ Creatina} + 0.003 \text{ BUN} + 0.0009 \text{ Urea} + -0.0001 \text{ DU}$) que incluye el total de variables estudiadas ($R^2 = 0.23$), sin embargo, esta relación no es estadísticamente significativa ($p\text{-valor} = 0.6097$), donde el 23% de la variación en el índice de resistencia renal animal puede atribuirse a la variación en la edad, la creatinina, el BUN, la urea y la densidad urinaria (Tabla 4), no obstante, el ajuste

de los datos al modelo de regresión lineal es muy bajo entendiendo que se puede ajustar a modelos no lineales.

Los valores obtenidos de IR observados en el presente estudio, son similares a los encontrados por Cannon (2016) en donde en el estudio realizado encontró que el promedio de índice de resistencia renal oscilaba entre 0.46 \pm 0.08. En relación con los parámetros analizados en nuestra investigación, la creatinina y la urea no presentaron una correlación estadística con el IR, al igual o similar al estudio ejecutado por Matos (2016). Nuestros resultados demuestran que la correlación entre el índice de resistencia renal con la creatinina, no son directamente proporcionales uno del otro, resultado obtenido por coeficiente de Person.

Es de vital importancia sobresaltar que el índice de resistencia renal es un parámetro hemodinámico ampliamente utilizado en medicina humana para determinar progresión de disfunción renal como lo reportan Garcia et al., (2021), por tal motivo a nivel de medicina veterinaria es importante la continuidad de estudios alrededor de la determinación del índice y sus variaciones dependiendo de la etiología de la enfermedad renal. Los valores de IR en gatos adultos saludables observados en el presente estudio pueden servir como guía y apoyo en el diagnóstico y pronóstico de gatos con enfermedades renales que pueden ser subdiagnosticados o erróneamente tratados.

Tabla 4. Predicción de la relación entre el índice de resistencia renal con las variables de estudio.

Variable dependiente	Modelo	Coeficientes de regresión						R ²
		Intercepto	Edad (años)	Creatinina (mg/dl)	BUN (mg/dl)	Urea (mg/dl)	Densidad Urinaria	
Índice de Resistencia Renal (IRR)	Modelo 1	0.80*	0.001	-0.07	0.003	0.0009	-0.0001	0.23
	Modelo 2	0.65	0.002	-0.08	0.003	0.0008	-	0.20
	Modelo 3	0.69***	0.002	-0.07	0.003	-	-	0.16

R²: Coeficiente de determinación; ***(p<0.001); *(p<0.05)

CONCLUSIONES

La edad promedio de los gatos fue de 9.45 \pm 4.4 años, mostrando una amplia variabilidad que influye en los niveles de creatinina, BUN, urea y densidad urinaria, aspectos cruciales

para una interpretación precisa de la salud renal en esta población felina. Los niveles medios de creatinina estuvieron dentro de los límites normales, indicando una función renal adecuada en la mayoría de los casos, y la evaluación conjunta con BUN y urea reveló la capacidad de estos marcadores para identificar alteraciones que requieren seguimiento adicional. Además, la amplia variabilidad en los niveles de urea y densidad urinaria refleja la influencia de factores dietéticos y la capacidad individual del riñón para concentrar la orina, destacando la importancia de evaluar estos parámetros en el contexto clínico.

El índice de resistencia renal (IR), con un promedio de 0.69 ± 0.071 , no mostró correlación estadística significativa con la edad, pero sigue siendo relevante como indicador de la hemodinámica renal y podría ser útil para detectar precozmente disfunciones renales subclínicas. Además, la correlación entre el IR y los marcadores tradicionales de función renal como la creatinina, BUN y urea mostró variabilidad significativa, aunque se observaron correlaciones débiles o moderadas entre estos parámetros, no todas fueron estadísticamente significativas. Esto sugiere que, si bien el IR puede proporcionar resultados adicionales sobre la hemodinámica renal en gatos, su utilidad como marcador único para evaluar la función renal puede ser limitada, no obstante su capacidad para detectar cambios sutiles en la perfusión renal podría ser valiosa en contextos clínicos específicos o en combinación con otros marcadores para una evaluación más completa de la salud renal en felinos.

Conflictos de Interés

Los autores no tienen intereses financieros o no financieros que revelar.

Fuentes de financiamiento

Los autores declaran no haber recibido fondos, subvenciones u otras ayudas durante la preparación de este manuscrito, ya que fue una investigación independiente.

BIBLIOGRAFÍA

Almeida, S., El Dib, E., Graciutti, S., Agarwal, A., Barretti, P., & Paes, A. (2018). Acute kidney injury in cats and dogs: A proportional meta-analysis of case series studies. *PloS One*, 13(1), e0190772–e0190772. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0190772>

Arslan, H. H., Ozcan, U., & Durmus, Y. (2021). Evaluation of mean gray values of a cat with chronic renal failure: case report. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária E Zootecnia*, 73(2), 438–444. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-12172>

Azizi, F., Masouleh, M., Rafie, S., Asghari, A., Bokaie, S. (2018) Effects of medetomidine on intra-renal arteries resistive and pulsatility indices in clinically normal adult domestic shorthair cats. *Vet Res Forum*, 9:137-143.

Boddi, M., Natucci, F., & Ciani E. (2015). The internist and the renal resistive index: truths and doubts. *Intern Emerg Med*, 10: 893–905.

Böswald, L. F., Kienzle, E., & Dobenecker, B. (2018). Observation about phosphorus and protein supply in cats and dogs prior to the diagnosis of chronic kidney disease. *Journal of animal physiology and animal nutrition*, 102 Suppl 1, 31–36. <https://doi.org/10.1111/jpn.12886>

Bragato, N., Borges, N. C., & Fioravanti, M. C. S. (2017). B-mode and Doppler ultrasound of chronic kidney disease in dogs and cats. *Veterinary research communications*, 41(4), 307–315. <https://doi.org/10.1007/s11259-017-9694-9>

Cannon, M. (2016). Diagnosis and investigation of chronic kidney disease in cats. *In Practice*, 38(S3), 2-9. <https://doi.org/10.1136/inp.i4914>

Cauwenberghs N, Kuznetsova T. (2015). Determinants and prognostic significance of the renal resistive index. *Pulse*, 3:172-178

Chen, H., Dunaevich, A., Apfelbaum, N., Kuzi, S., Mazaki-Tovi, M., Itamar Aroch, & Gilad Segev. (2020). Acute on chronic kidney disease in cats: Etiology, clinical and clinicopathologic findings, prognostic markers, and outcome. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 34(4), 1496–1506. <https://doi.org/10.1111/jvim.15808>

Evangelista, G., Viana, A., Neves, M., Reis, E. (2022). Resistivity and pulsatility indexes in feline kidney disease: a systematic review. *Vet Radiol Ultrasound*, 63(3):306-318. doi: 10.1111/vru.13102.

Evangelista, G. C., Dornelas, L. R., Cintra, C. C., Valente, F. L., Favarato, E. S., da Fonseca, L. A., & Reis, E. C. (2023). Evaluating feline lower urinary tract disease: Doppler ultrasound of the kidneys. *Journal of feline medicine and surgery*, 25(1), 1098612X221145477. <https://doi.org/10.1177/1098612X221145477>

García, E., Borrego, F., & Polania, M. (2021). El índice de resistencia vascular renal no tiene implicaciones pronósticas en el trasplante renal. *Nefrología*, 69-87. doi: 10.1016/j.nefro.2019.12.003

González, L., Plazas, R. (2018). Acercamiento a la enfermedad renal crónica en caninos y felinos geriátricos. *Ciencia y Agricultura*, 15(2), 71-81. DOI: <http://doi.org/10.19053/01228420.v15.n2.2018.8397>

Haitsma, J., Rozemeijer S., Röttgering, J., et al. (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: e0197967. DOI: 10.1371/journal.pone.0197967.

Hokamp, J. A., & Nabity, M. B. (2016). Renal biomarkers in domestic species. *Veterinary clinical pathology*, 45(1), 28–56. <https://doi.org/10.1111/vcp.12333>

Ito, H., Matsuura, T., & Sano, T. (2023). Beraprost and Overall Survival in Cats with Chronic Kidney Disease. *Veterinary Sciences*, 10(7), 459. <https://doi.org/10.3390/vetsci10070459>

Kongtasai, T., Paepe, D., Meyer, E., Mortier, F., Marynissen, S., Stammeleer, L., Defauw, P., & Daminet, S. (2022). Renal biomarkers in cats: A review of the current status in chronic kidney disease. *Journal of veterinary internal medicine*, 36(2), 379–396. <https://doi.org/10.1111/jvim.16377>

Matos, I., Azevedo, P., & Carreira, L. (2017). Pilot study to evaluate the potential use of the renal resistive index as a preliminary diagnostic tool for chronic kidney disease in cats. *J Feline Med Surg*, 20: 940–947.

Mendivelso, F. (2022). Prueba no paramétrica de correlación de Spearman. *Revista Médica Sanitas*, 24(1). <https://doi.org/10.26852/01234250.578>

Michel-Regalado, N. G., Ayala-Valdovinos, M. A., Galindo-García, J., Duifhuis-Rivera, T., & Virgen-Méndez, A. (2022). Prevalence of polycystic kidney disease in Persian and Persian-related cats in western Mexico. *Journal of feline medicine and surgery*, 24(12), 1305–1308. <https://doi.org/10.1177/1098612X221114043>

Mortier, F., Daminet, S., Duchateau, L., Marynissen, S. J. J., & Paepe, D. (2023). Comparison of cystocentesis versus home sampling to determine urinary protein: Creatinine ratio and urine specific gravity in cats. *Journal Of Veterinary Internal Medicine*, 37(4), 1401-1408. <https://doi.org/10.1111/jvim.16800>

Pérez-López, L., Boronat, M., Melián, C., Saavedra, P., Brito-Casillas, Y., Wägner, A. (2019). Assessment of the association between diabetes mellitus and chronic kidney disease in adult cats. *J Vet Intern Med*. 33(5):1921-1925. doi: 10.1111/jvim.15559.

Pérez-Sánchez, A. P., Perini-Perera, S., Del-Angel-Caraza, J., & Quijano-Hernández, I. A. (2023). Correlación de biomarcadores de función renal en el primer acercamiento diagnóstico de la enfermedad renal crónica en perros. *Revista Mvz Córdoba/Revista Mvz Córdoba*, 28(1), e2782. <https://doi.org/10.21897/rmvz.2782>

R Core Team (2020). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

Tipisca, V., Murino, C., Cortese, L., Mennonna, G., Auletta, L., Vulpe, V., & Meomartino, L. (2016). Resistive index for kidney evaluation in normal and diseased cats. *Journal of feline medicine and surgery*, 18(6), 471–475. <https://doi.org/10.1177/1098612X15587573>

Uva, A., Cavallera, M. A., Gusatoaia, O., Donghia, R., Gernone, F., Silvestrino, M., & Zatelli, A. (2023). Inflammatory Status and Chronic Kidney Disease in Cats: Old and New Inflammatory Markers—A Pilot Prospective Study. *Animals*, 13(23), 3674. <https://doi.org/10.3390/ani13233674>