



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE MEDICINA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

SECRETARÍA DE SALUD DE LA CIUDAD DE MÉXICO
DIRECCIÓN DE FORMACIÓN, ACTUALIZACIÓN MÉDICA E INVESTIGACIÓN

CURSO UNIVERSITARIO DE ESPECIALIZACIÓN EN
(MEDICINA CRÍTICA)

ÍNDICE DE RESISTENCIA RENAL COMO PREDICTOR TEMPRANO DE
LESIÓN RENAL AGUDA EN PACIENTES CON RABDOMIOLISIS

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN
(TESIS)

PRESENTADO POR:
JESÚS ALBERTO GUTIÉRREZ MALDONADO
PARA OBTENER EL GRADO DE ESPECIALISTA EN
(MEDICINA CRÍTICA)

DIRECTOR(ES) DE TESIS
DR. MARTÍN MENDOZA RODRÍGUEZ

-MARZO 2022 – FEBRERO 2024-

CIUDAD UNIVERSITARIA, CD. MX., 2024



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.

FORMATO DE REGISTRO DE PROTOCOLOS DE MÉDICOS RESIDENTES DE LA SECRETARÍA DE SALUD SIN RIESGO Y RIESGO MÍNIMO

Instructivo:

Este formato se fundamenta en la normatividad vigente en materia de investigación para la salud. Para ingresar la información posicione el cursor en la celda o espacio inferior izquierdo década apartado, se solicita el mismo tipo de letra, con espaciado sencillo y usar mayúsculas y minúsculas.

I. Ficha de identificación																			
Título del proyecto de investigación																			
ÍNDICE DE RESISTENCIA RENAL COMO PREDICTOR TEMPRANO DE LESIÓN RENAL AGUDA EN PACIENTES CON RABDOMIÓLISIS.																			
INVESTIGADORES PARTICIPANTES				INSTITUCIÓN/ESPECIALIDAD				FIRMA											
Nombre del Investigador principal (<i>médico residente</i>) Jesús Alberto Gutiérrez Maldonado				Secretaría de Salud de la Ciudad de México / Medicina Crítica															
Nombre del investigador asociado, en caso de existir				Secretaría de Salud de la Ciudad de México / Medicina Crítica															
Nombre del profesor titular de la Especialidad Dr. Martín Mendoza Rodríguez				Secretaría de Salud de la Ciudad de México / Medicina Crítica															
Domicilio y teléfono del investigador principal Av. San Juan de Aragón No. 285. Colonia Granjas Modernas C.P. 07460. Alcaldía Gustavo A. Madero. Ciudad de México. Tel. 5551186892																			
Correo electrónico del investigador principal drjessan87@gmail.com																			
Unidad(es) operativa(s) dónde se realizará el estudio Hospital General La Villa de la Secretaría de Salud de la Ciudad de México.																			
II. Servicio dónde se realizará el estudio																			
<input checked="" type="checkbox"/>	Medicina	b)	Odontología	c)	Nutrición	d)	Administración												
e)	Enfermería	f)	Psicología	g)	Trabajo Social	h)	Otra(especificue)												
III. Área de especialidad donde se realizará el estudio																			
1.	Anestesiología	2.	Medicina Interna	3.	Medicina de Urgencias	4.	Dermatopatología												
5.	Cirugía General	6.	Medicina Familiar	7.	Cirugía Pediátrica	<input checked="" type="checkbox"/>	Medicina Crítica												
9.	Ginecología y Obstetricia	10.	Ortopedia	11.	Cirugía Plástica y Reconstructiva	12.	Medicina Legal												
13.	Pediatría	14.	Dermatología	15.	Otra (especifique)														
IV. Periodo de estudio		0	1	0	1	2	3	AL	3	1	0	7	2	3					
DEL		Día		Mes		Año			Día		Mes		Año						
V. Datos de validación				Nombre				Firma											
Jefe de Enseñanza e Investigación				Dr. Alberto Espinosa Mendoza															
Director de la Unidad Operativa				Dr. Guillermo Redondo Aquino															
Director de Tesis				Dr. Martín Mendoza Rodríguez															
ESPACIO PARA SER LLENADO POR EL PRESIDENTE DEL COMITÉ DE ENSEÑANZA, CAPACITACIÓN, INVESTIGACIÓN Y ÉTICA																			
Aprobación y registro		Fecha de recepción					Fecha de aprobación												
		1	5	0	5	2	3												
		Día		Mes		Año		Día		Mes		Año							
Presentes en sesión de trabajo, los miembros del Comité de Enseñanza, Capacitación, Investigación y Ética perteneciente a la Secretaría de Salud de la Ciudad de México, aprueban por consenso la evaluación del protocolo que se indica.																			
Nombre del presidente				Dr. Guillermo Redondo Aquino															
Comité de Enseñanza, Capacitación, Investigación y Ética																			
Dictamen				Aprobado															
				Hacer correcciones y presentar nuevamente															
				No aprobado															
Fecha de registro		1	7	0	5	2	3												
		Día		Mes		Año		Código de registro		2	0	6	0	1	0	1	8	2	3
										Unidad		Clave		Número		Año			



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE MEDICINA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

SECRETARÍA DE SALUD DE LA CIUDAD DE MÉXICO
DIRECCIÓN DE FORMACIÓN, ACTUALIZACIÓN MÉDICA E INVESTIGACIÓN

CURSO UNIVERSITARIO DE ESPECIALIZACIÓN EN
(MEDICINA CRÍTICA)

ÍNDICE DE RESISTENCIA RENAL COMO PREDICTOR TEMPRANO DE
LESIÓN RENAL AGUDA EN PACIENTES CON RABDOMIOLISIS

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN
(TESIS)

PRESENTADO POR:
JESÚS ALBERTO GUTIÉRREZ MALDONADO
PARA OBTENER EL GRADO DE ESPECIALISTA EN
(MEDICINA CRÍTICA)

DIRECTOR(ES) DE TESIS
DR. MARTÍN MENDOZA RODRÍGUEZ

-MARZO 2022 – FEBRERO 2024-



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO



**ÍNDICE DE RESISTENCIA RENAL COMO PREDICTOR TEMPRANO DE LESIÓN
RENAL AGUDA EN PACIENTES CON RABDOMIÓLISIS.**

DR. JESÚS ALBERTO GUTIÉRREZ MALDONADO

Vo.Bo.

DR. MARTÍN MENDOZA RODRÍGUEZ

PROFESOR TITULAR DEL CURSO DE ESPECIALIZACIÓN EN
MEDICINA CRÍTICA DE LA SSCDMX

Vo.Bo.

DRA. LILIA ELENA MONROY RAMIREZ DE ARELLANO

DIRECTORA DE FORMACIÓN, ACTUALIZACIÓN MÉDICA E INVESTIGACIÓN
DE LA SECRETARÍA DE SALUD DE LA CIUDAD DE MÉXICO



SECRETARÍA DE SALUD DE LA
CIUDAD DE MÉXICO
DIRECCIÓN DE FORMACIÓN,
ACTUALIZACIÓN MÉDICA E
INVESTIGACIÓN



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO



Vo.Bo.

DR. MARTÍN MENDOZA RODRIGUEZ

DIRECTOR DE TESIS

HOSPITAL GENERAL LA VILLA

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, gracias a Dios por permitirme realizar este sueño y que junto al mío se cumplan el de otros.

Agradezco a mis padres su cariño y apoyo incondicional desde siempre y durante los momentos más difíciles de mi formación, me han hecho sentir su amor todo el tiempo a pesar de la distancia que nos separa, siendo ellos mi motivación en todo momento.

Gracias a mis amigos y compañeros de la especialidad y por supuesto a mi pareja Nayelly Aguilar, con quienes logramos hacer de los situaciones difíciles en gratos momentos.

Gracias al Dr. Martín Mendoza y Alfonso López por su orientación y tiempo para completar este trabajo, pero lo más importante es su apoyo y amistad.

A Mis Adscritos, que más que adscritos, resultaron ser mis maestros y amigos, respaldándome con sus conocimientos, pero aún más con sus consejos.

A toda esa gente que sin conocerme me ha brindado, cariño, confianza, fuerza, y el estímulo de superación para lograr este anhelado sueño...

INDICE

página

RESUMEN	9
I. INTRODUCCION	11
II. MARCO TEORICO	13
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	20
IV. JUSTIFICACION	21
V. HIPOTESIS	23
VI. OBJETIVO GENERAL	24
VII. OBJETIVOS ESPECIFICOS	24
VIII. METODOLOGIA	25
IX. IMPLICACIONES ETICAS	29
X. RESULTADOS	30
XI. ANALISIS Y DISCUSION	36
XII. CONCLUSIONES	39
XIII. BIBLIOGRAFIA	41
ANEXOS	45
ABREVIATURAS	46

RESUMEN

ÍNDICE DE RESISTENCIA RENAL COMO PREDICTOR TEMPRANO DE LÉSIÓN RENAL AGUDA EN PACIENTES CON RABDOMIOLISIS

Objetivo: Demostrar que el índice de resistencia renal es útil como predictor temprano de lesión renal aguda en pacientes con rabdomiólisis.

Material y métodos: Se realizó un estudio de tipo observacional, analítico, longitudinal y prospectivo en una unidad de terapia intensiva con recursos limitados de la secretaria de salud de la ciudad de México. Donde participaron 42 pacientes en estado crítico que contaban con el diagnóstico de Rabdomiólisis a quienes se realizaron mediciones del índice de resistencia renal (IRR) al ingreso y a las 24 horas como una herramienta de predicción temprana de la lesión renal aguda según KDIGO.

Resultados: Se estudiaron 42 pacientes que cumplieron con los criterios de selección. Los hombres representaron 88.1% (n=37) del total, y las mujeres 11.9% (n=5). La etiología traumática fue la más frecuente (71.4%; n=30), seguida por la no traumática (28.6%; n=12). El valor promedio de creatinina fue de 6891.5 ± 13605.1 [min: 1000 – máx: 61622]; la clasificación leve se presentó en 32 (76.2%) pacientes, moderada en 5 (11.9%) y severa en 5 (11.9%). Los valores de IRR a las 24 horas registró mejor desempeño predictivo de lesión renal aguda (LRA). Se utilizó curva de ROC con un área bajo la curva (ABC) igual a 0.997 que los valores al ingreso (ABC=0.957).

Conclusión: En este grupo de pacientes los resultados encontrados muestran que el índice de resistencia renal es útil como predictor temprano de lesión renal aguda en pacientes con Rabdomiólisis (RM). Por lo cual, se recomienda realizar investigaciones relacionadas al tema considerando mayor cantidad de pacientes y variables de estudio con el propósito de fortalecer el manejo clínico.

Palabras clave: Rabdomiólisis, Lesión renal aguda, Índice de resistencia renal.

ABSTRACT

RENAL RESISTANCE INDEX AS AN EARLY PREDICTOR OF ACUTE KIDNEY INJURY IN PATIENTS WITH RHABDOMYOLYSIS

Objective: To demonstrate that the renal resistance index is useful as an early predictor of acute kidney injury in patients with rhabdomyolysis.

Methods: An observational, analytical, longitudinal and prospective study was carried out in an intensive care unit with limited resources of the Secretary of Health of Mexico City. Forty-two critically ill patients with a diagnosis of rhabdomyolysis participated in the study. Measurements of the renal resistance index (RRI) were taken on admission and at 24 hours as a tool for early prediction of acute kidney injury according to KDIGO.

Results: Forty-two patients meeting the selection criteria were studied. Males accounted for 88.1% (n=37) of the total, and females 11.9% (n=5). Traumatic etiology was the most frequent (71.4%; n=30), followed by non-traumatic (28.6%; n=12). The mean creatine kinase value was 6891.5 ± 13605.1 [min: 1000 - max: 61622]; mild classification was present in 32 (76.2%) patients, moderate in 5 (11.9%) and severe in 5 (11.9%). IRR values at 24 hours recorded better predictive performance for acute kidney injury (AKI) (ABC=0.997) than values at admission (ABC=0.957). The ROC curve was used with an area under the curve (ABC) equal to 0.997 than the values at admission (ABC=0.957).

Conclusion: In this group of patients the results found show that the renal resistance index is useful as an early predictor of acute kidney injury in patients with Rhabdomyolysis (RM). Therefore, it is recommended to carry out research related to this topic considering a larger number of patients and study variables in order to strengthen clinical management.

Key words: Rhabdomyolysis, Acute kidney injury, Renal Resistance Index.

I. INTRODUCCION

La Rabdomiólisis es causada por la destrucción del tejido muscular y la liberación de sus componentes a la circulación, lo que puede ser grave. (Cortés, Rocío. Et al. 2018). Esta se asocia con un síndrome clínico diverso caracterizado por trastorno electrolítico, creatincinasa (CK) sérica elevada y, en particular, lesión renal aguda debido a los efectos nefrotóxicos de la mioglobina liberada por las células musculares dañadas. (Salazar, Juan. Et al. 2018).

El desarrollo de la RM se debe a un daño agudo de las células musculares causado por mecanismos muy diferentes, como físicos (traumáticos), genéticos o tóxicos. (Stahl, Kristina. Et al. 2019). Por otra parte, existen numerosos informes de casos de pacientes que desarrollan RM debido a traumatismos, ejercicio extenuante, efectos secundarios de medicamentos (como las estatinas), afecciones metabólicas o isquémicas, infecciones, intoxicación, mutaciones genéticas hereditarias, temperaturas extremas o abuso de drogas. (Stahl, Kristina. Et al. 2019). Aunque existen otras causas menos comunes como son las deficiencias enzimáticas, anomalías electrolíticas, toxinas y endocrinopatías (Huerta-Alardín AL., 2005).

El trauma es una causa común de rabdomiólisis. Un estudio mostró que el 85% de los pacientes gravemente lesionados con algún grado de rabdomiólisis (creatincinasa anormal) ingresaron en una unidad de cuidados intensivos, aunque solo el 10% desarrolló lesión renal y solo el 5% de los pacientes requiere terapia de reemplazo renal continua (TRRC). (Kodadek, Lisa. Et al. 2022). En cualquier caso, la destrucción de la membrana de la célula muscular y la eventual elevación de los constituyentes intramiocíticos en el plasma da como resultado una gravedad de la rabdomiólisis que varía desde la elevación asintomática de CK hasta síntomas leves, lesión renal aguda, arritmias cardíacas, síndrome compartimental, choque hipovolémico o coagulación intravascular diseminada. (Salazar, Juan. Et al. 2018). Y de ahí la importancia de su diagnóstico y adecuado manejo, ya que se dispone de revisiones y opiniones de expertos sobre el tema, donde se han sugerido algoritmos de tratamiento. Sin embargo, el tratamiento varía, existe incertidumbre clínica y faltan guías de práctica clínica. (Michelsen, J., Et al. 2019).

El manejo de la lesión renal aguda (LRA) ha cambiado drásticamente en los últimos 40 años, de una enfermedad de un solo órgano manejada solo por nefrólogos a una enfermedad multifactorial manejada tanto por intensivistas como por nefrólogos. (Erick H. 2020). Dado que la LRA aumenta la morbilidad y la mortalidad, la detección temprana y la prevención son cruciales. (Márquez Molina, Jorge. Et al. 2023).

Respecto al manejo, en fase aguda tiene como objetivo preservar la función renal y restaurar anormalidades metabólicas, a través de un aporte precoz y adecuado de volumen, asegurando una adecuada diuresis, y en situaciones de acidosis o

hipercalcemia extremas, debe considerarse la hemodiálisis o terapia de reemplazo renal continua.

Una de las complicaciones que aumenta la mortalidad basal al ingreso a unidades de cuidados intensivos es la aparición de lesión renal aguda, por lo que la detección oportuna de la misma podrá ayudar a dirigir el tratamiento y disminuir así los índices de morbimortalidad. Sin embargo, en cuanto al segundo y tercer nivel de atención hospitalaria, se cuenta con herramientas limitadas para su detección temprana, tales como creatinina sérica y tasa de filtrado glomerular, limitándose a las nuevas determinaciones capaces de detectar daño glomerular temprano. Actualmente el uso de ultrasonido durante la reanimación y revisiones primarias en áreas críticas se ha convertido en una extensión del examen físico, el cual es rápido, objetivo y puede repetirse como sea necesario para monitorizar la rápida evolución de la condición crítica del paciente, es así como el Índice de resistencia renal puede ser útil para detectar cambios tempranos relacionados a lesión renal en pacientes con rabdomiólisis.

II. MARCO TEORICO Y ANTECEDENTES

La palabra "rabdomiólisis" deriva su etimología de las palabras griegas rhabdo-"estriado", myo- "músculo" y -lysis "descomposición", que describe el proceso de muerte celular de las fibras del músculo esquelético estriado, el cual se considera altamente complejo y que se debe a una variedad de causas, a menudo acompañadas por un síndrome clínico característico, causado por varios componentes intracelulares dañinos presentes en la circulación sanguínea. (Salazar, Juan. Et al. 2018).

Este síndrome se observa desde tiempos bíblicos, donde se menciona una plaga en el Antiguo Testamento que afectó el consumo de estas aves durante la salida de los israelitas de Egipto tras comer codornices en grandes cantidades envenenadas por la hierba conium maculatum (Libro Números 11:31-35), consumida por las codornices durante la migración primaveral lo que conllevó el desarrollo de miólisis a estos hombres. (Salazar, Juan. Et al. 2018).

Los reportes más detallados de la literatura médica se ubican durante la II Guerra mundial donde la rabdomiólisis se describió por primera vez cuando Bywaters y Beall observaron insuficiencia renal grave en 4 víctimas heridas por aplastamiento extraídas de los escombros durante el bombardeo Nazi de Londres en 1941. (Michelsen, J. Et al. 2019). Estos pacientes siguieron la misma evolución, donde permanecieron enterrados bajo escombros durante varias horas, provocando presión por aplastamiento sobre las extremidades. Inicialmente, solo mostraban inflamación, parestesias e hipoalgesia del área afectada y dermoescoriaciones; Posteriormente, se observó áreas grandes de necrosis progresiva de los miembros afectados. Finalmente, un solo paciente murió de insuficiencia renal aguda, cuya causa fue probada en la evaluación post mortem, y se demostró lesión renal degenerativa en los túbulos contorneado proximal, mientras que, en la porción más distal de la nefrona, en la preparación por tinción se apreció un pigmento marrón similar al de los glóbulos rojos. (Salazar, Juan. Et al. 2018).

La lesión renal aguda asociada con mioglobinuria es la complicación más grave de la RM tanto traumática como no traumática, sin embargo, su incidencia es difícil de establecer debido a las distintas definiciones y formas clínicas de presentación (Basnayake K., 2009). La mioglobina es una proteína filtrada libremente por el glomérulo, que entra en la célula tubular epitelial a través de un mecanismo de endocitosis, donde es metabolizada y aparece en la orina solo cuando se supera el umbral de 1.5 mg/dL. Y es macroscópicamente evidente como una orina de color rojizo-marrón cuando los niveles séricos superan los 100 mg/dL (Holt SG., 2001).

Los mecanismos implicados en el deterioro de la filtración glomerular, dependiente de la mioglobina aún no están completamente esclarecidos, se ha propuesto un fenómeno de vasoconstricción renal, lesión tubular directa e isquémica y la obstrucción tubular distal. (Zager RA., 1989).

La nefrotoxicidad dependiente de la mioglobina que esta a su vez depende de un medio ácido urinario, ya que un pH ácido favorece la actividad pseudoperoxidasa, la prooxidante y la formación de enlaces cruzados en la molécula de mioglobina (Reeder BJ, et al., 2002).

De igual forma esta proteína contiene hierro en la forma de óxido ferroso (Fe^{2+}), el cual es necesario para ligar el oxígeno molecular; sin embargo, este último puede promover la oxidación del Fe^{2+} a óxido férrico (Fe^{3+}) generando radical hidroxilo, si bien este potencial oxidativo es contrarrestado por moléculas anti-oxidantes, al existir una liberación excesiva de mioglobina se producen radicales de hierro libre (ERO) y radicales libres capaces de lesionar la célula e inducir daño isquémico (Zager RA., 1992).

La lesión renal aguda, se ha visto estrechamente relacionada con el aumento de la mortalidad, afecta al 15-20% de los paciente hospitalizados con mayor incidencia, con alrededor de 50% en la unidad de cuidados intensivos. A partir de estos graves datos, hace casi una década, la Sociedad Internacional de Nefrología, de la que se hizo eco recientemente la Asociación Renal Europea, puso en marcha el proyecto "0 by 25" para eliminar las muertes evitables por LRA para 2025 en países de bajos y altos ingresos. (Lacquaniti Antonio. Et al. 2022).

Esto hace que se deba mejorarse el problema de la concienciación y conocimiento de los clínicos sobre lo mecanismos y vías fisiopatológicos que se activan en la LRA, a pesar de los avances de los últimos años en biotecnología y terapias. El diagnóstico precoz es crucial en la práctica clínica, como la distinción entre la LRA transitoria y persistente, con consecuencias obvias para el paciente durante la hospitalización.

Incluso con los logros en el diagnóstico y el tratamiento temprano, la mortalidad por LRA es alta, y en aquellos pacientes que sobreviven, es un factor de riesgo para la progresión de una enfermedad renal crónica. Se define tradicionalmente como una entidad caracterizada por una disminución en la filtración glomerular, oliguria (a veces poliuria) y un aumento en los azoados. (Bellomo R., Kellum J., 2012).

En particular, si el tratamiento sustitutivo de la función renal se retrasa, determina un aumento de la mortalidad secundaria a LRA, esto genera la necesidad de encontrar un nuevo marcador de evaluación temprana; que sea accesible, reproducible, fácil de ejecutar, y con una alta sensibilidad y especificidad aceptables para la implementación que determine la gravedad e identifique los factores de riesgo para grupos específicos. Este es especialmente el índice de resistencia renal (IRR). (Raúl Carrillo-Esper, Raúl. 2014).

La evaluación de la lesión renal aguda se realiza de manera convencional por medio de variables estáticas como AKIN, las cuales se basan en marcadores tardíos de lesión renal como el volumen urinario, nivel de creatinina y filtrado glomerular. El IRR 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. (Raúl Carrillo-Esper, et al. 2014).

Los cálculos de la incidencia de LRA dependen en gran medida de la definición utilizada, con tasas de hasta el 44% en pacientes hospitalizados cuando se definen en función de un cambio en la concentración de creatinina sérica de al menos 0,3 mg/dl y cuando se utiliza un aumento de la creatinina sérica de al menos 2,0 mg/dL, valores tan bajos como 1%. La LRA ocurre en aproximadamente el 3-7% de los pacientes hospitalizados y en el 25-30% de los pacientes de la UCI, lo que representa el 5-6% de la población. (Asif A. Sharfuddin. Et al. 2018).

Estudios epidemiológicos recientes han demostrado un aumento significativo de la mortalidad asociada a la enfermedad, especialmente cuando se requiere terapia de reemplazo renal (hemodiálisis, terapia lenta continua, diálisis peritoneal), además de la existente correlación que hay entre LRA, progresión a insuficiencia renal crónica y necesidades de terapia sustitutiva. (Rolando Claure-Del Granado. 2008)

Aunque generalmente se considera un síndrome leve, la LRA representa un amplio espectro de procesos fisiopatológicos derivados de diferentes causas y diversos grados de gravedad. Estos incluyen disminución de la TFG debido a cambios hemodinámicos que interrumpen la perfusión renal normal sin causar lesión del parénquima, obstrucción parcial o total del flujo urinario y una serie de procesos caracterizados por lesión parenquimatosa glomerular, intersticial, tubular o vascular. (Asif A. Sharfuddin. Et al. 2018).

En algunos estudios, se ha utilizado el Point of Care Ultrasound (POCUS) renal la cual es una herramienta conveniente, inofensiva, fácil de usar y disponible para médicos de urgencias, médicos de cuidados intensivos y nefrólogos. (Márquez Molina, Jorge. Et al. 2023). Es muy útil ya que se puede realizar a la cama del paciente, se puede monitorear la función renal utilizando Doppler color pulsado para medir el índice de resistencia renal y el flujo intrarrenal venoso Doppler (DVIR) en pacientes críticos. (Cox EGM. Et al. 2020)

El ultrasonido renal Doppler es una nueva herramienta para evaluar la perfusión renal en enfermedades críticas. El riñón es uno de los órganos más dañados en pacientes críticamente enfermos. Aunque se ha informado que la incidencia de lesión renal aguda (LRA) después de una cirugía general es alrededor del 1%, la incidencia entre pacientes llega al 35%. A pesar de nuestra creciente capacidad para apoyar los órganos vitales y reanimar a los pacientes la morbilidad y la mortalidad de LRA siguen siendo altas. La lesión renal aguda en última instancia puede conducir a la enfermedad renal crónica y aparece como un factor de riesgo independiente (Matthieu Le Dorze., 2012).

Por lo tanto, la capacidad de predecir la aparición de LRA es crucial para el desarrollo de estrategias preventivas. La detección temprana requiere de marcadores que sean sensibles y fácilmente aplicables en la práctica clínica. En muchas enfermedades renales, la ecografía Doppler y el índice de resistencia renal se utilizan cada vez más para evaluar la perfusión renal; por ejemplo, se ha propuesto el índice de resistencia renal para detectar disfunción del trasplante renal u obstrucción uretral (Le Dorze M., 2012).

Un ejemplo clásico de LRA es la cirugía de derivación cardíaca, cuya fisiopatología se basa en múltiples mecanismos interrelacionados, comenzando por procesos inflamatorios e isquémicos que conducen al daño de las células tubulares renales. Por el contrario, el gasto cardíaco bajo y la congestión venosa renal son características del síndrome cardiorenal tipo 1 (síndrome coronario agudo que conduce a insuficiencia cardiorenal aguda), que afectan la presión de perfusión renal, mientras que los mecanismos compensatorios pueden ser insuficientes para mantener la autorregulación del flujo sanguíneo. Mientras tanto, la sepsis es el desencadenante más común de LRA grave en pacientes de la UCI, y la disfunción vascular puede desempeñar un papel importante en el mecanismo fisiopatológico. Sin embargo, en un modelo animal de LRA séptica, el flujo sanguíneo renal aumentó por encima de los niveles normales, y la histopatología renal durante las primeras 24 a 48 horas fue indistinguible de los grupos sanos, según la vasodilatación arteriolar eferente e intrarrenal, la tasa de filtración del sedimento renal se reduce, lo que conduce a una disminución de la oxigenación medular. (Lacquaniti Antonio. Et al. 2022).

En la fisiopatología de la rhabdomiólisis con LRA hay un punto donde convergen los mecanismos que comprometen el flujo sanguíneo renal esto se debe a una vasoconstricción renal de la arteriola renal eferente por producción de especies reactivas de oxígeno, llevando a una isquemia, lesión tubular directa y la obstrucción tubular distal asociada a la precipitación del epitelio renal y a la mioglobina, lo que contribuye a una disminución de la oxigenación medular.

Estos hallazgos apoyan la necesidad de medir el flujo renal en pacientes sépticos y por ende a pacientes con rhabdomiólisis a través, por ejemplo, de la ecografía Doppler renal, que puede explorar de forma no invasiva la hemodinámica renal, midiendo el índice de resistencia renal, reflejando las alteraciones en el perfil de flujo sanguíneo de las arterias intrarrenales.

Sin embargo, hasta la fecha, existe un debate sobre si el IRR pudiera ayudar a distinguir y predecir la LRA transitoria de la persistente en comparación con las variables clínicas habituales, como la creatinina sérica (Cr_s) y la puntuación de evaluación de insuficiencia orgánica secuencial (SOFA) no renal. No obstante, si el mecanismo de daño renal depende de la causa primaria, el reconocimiento precoz del LRA es el punto de partida

para optimizar el manejo y prevenir el deterioro de la función renal. (Lacquaniti Antonio. Et al. 2022).

El índice resistivo también se correlaciona con la progresión de la enfermedad renal, el IRR basado en Doppler, que es una técnica simple, rápida, no invasiva y reproducible, puede ser una herramienta prometedora para la evaluación del riesgo de LRA en unidades de cuidados intensivos. Por otra parte, también podría ser útil para ajustar estrategias hemodinámicas en el estado de choque (Le Dorze M., 2012).

El reciente progreso en ultrasonido con ecografía con contraste (CEUS) va a permitir la cuantificación del flujo sanguíneo macrovascular y microvascular en tiempo real a la cama del paciente. La evaluación de los cambios en las ondas Doppler intrarrenales se puede utilizar fácilmente en la cabecera de los pacientes de la UCI, pero requiere una técnica rigurosa.

El abordaje longitudinal oblicuo puede recomendarse para medir el espectro Doppler en las arterias renales debido al ángulo óptimo. Usando ultrasonografía bidimensional y Doppler color, se examinan los riñones y las arterias renales. Las principales arterias renales se originan en los lados laterales de la aorta y se dividen en ramas anterior y posterior que se subdividen en arterias segmentarias e interlobulares.

Las arterias interlobares se dividen además en una red de arterias arqueadas que discurren en unión cortico medular; usando doppler de potencia, se miden las velocidades sistólica y diastólica de dichas arterias. Las formas de onda deben optimizarse para la medición utilizando la sonda de frecuencia más alta, la frecuencia de repetición de pulso más baja, la ganancia más alta sin oscurecer el ruido de fondo y el filtro de pared más bajo.

El índice resistivo en el nivel de las arterias interlobar-arqueada demostró ser el parámetro con los resultados más consistentes, por lo que se sugiere que el índice resistivo a nivel de las arterias interlobares debe ser preferido en aplicaciones clínicas. Se tomarán las medidas de los pacientes en tres ocasiones diferentes para calcular el valor medio de estas tres a lo largo del día. Para la reproducibilidad entre observadores, el coeficiente de correlación es de aproximadamente 0,70 y el coeficiente de variación es superior al 10% (Raúl Carrillo-Esper., 2014).

El Índice resistivo descrito por Pourcelot [(velocidad sistólica-velocidad diastólica) /velocidad sistólica máxima], es un índice de forma de onda tradicional utilizado como medida de la resistencia vascular. Su valor de 0.60 se considera como un valor normal para índice resistivo renal, mientras que 0.70 generalmente se considera el umbral superior de índice resistivo normal en adultos (Stavropoulos K1., 2018).

Este índice es un parámetro útil para cuantificar los cambios en la resistencia vascular renal (RVR), sin embargo, no solo depende de RVR y la relación entre estos dos factores

puede verse afectada por otros factores confusos. Por lo tanto, es esencial para interpretar correctamente el IRR tener en cuenta los factores que pueden influir en ella, sobre todo, que el IRR es una relación de velocidades y no una de flujo porque la relación entre el flujo y la velocidad depende del área de sección transversal. Como el área de la sección transversal no es una variable constante en vivo, puede producirse una mayor velocidad sistólica si el diámetro de la arteria renal es constante con un flujo aumentado (Koziolek MJ., 2018).

En el contexto de la enfermedad crítica, la primera aplicación clínica de IRR fue la detección de obstrucción renal, porque se cree que la vasoconstricción renal es un factor clave en su fisiopatología con una sensibilidad del 94%, una especificidad del 95% y una precisión del 94%.

Después de excluir la insuficiencia renal obstructiva, el algoritmo de diagnóstico clásico de lesión renal aguda consiste en distinguir si es funcional u orgánica, donde la funcional es por disminución de la perfusión renal y es rápidamente reversible, mientras que la lesión renal aguda orgánica se caracteriza por un daño renal estructural responsable de una disfunción renal prolongada. A pesar de su uso actual en la práctica diaria, no hay evidencia de que las pruebas de orina puedan discriminar la lesión renal aguda transitoria de la persistente, particularmente en pacientes con sepsis (Koziolek MJ., 2018).

Los nefrólogos basan todas sus actividades y decisiones clínicas en los cambios en la creatinina sérica o la diuresis, que no son sensibles ni específicos para el LRA. Varios sistemas de clasificación basados en Crs definen LRA, pero los cambios en Crs carecen de sensibilidad porque casi el 50% de la TFG debe perderse antes de que aumente Crs. Esta última representa la reserva funcional renal (RFR), en la que la hipertrofia adaptativa de las nefronas responde a una reducción aguda del número de nefronas funcionantes. La capacidad de este mecanismo de RFR disminuye a medida que disminuye la masa funcional renal, lo que conduce a un aumento gradual de la Crs, pero al menos después de 24 a 48 horas después que comenzó el daño. Si la creatinina no ofrece suficientes garantías como marcador fiable, los cambios en la producción de orina pueden ser más sensibles, pero parecen menos específicos, como se observa durante la poliuria, debido a defectos en la capacidad de concentración de orina tubular en la nefritis intersticial aguda. (Lacquaniti Antonio. Et al. 2022).

Existen varios biomarcadores prometedores de lesión renal aguda, como la gelatinasa de neutrófilos, la lipocalina asociada, cistatina C, proteína de unión ácidos grasos de tipo hepático, interleucina 18 y la molécula de lesión renal. Además de estos biomarcadores, el ultrasonido renal Doppler es una herramienta simple no invasiva que es de gran utilidad en el entorno de la lesión renal aguda, donde estudios experimentales y clínicos sugiere que el índice resistivo basado en Doppler podría predecir LRA (Etienne Gayat., 2018).

El trastorno tiene una frecuencia de 1-9% en pacientes hospitalizados y es común en pacientes críticos, en quienes la prevalencia de daño renal agudo es mayor al 40% al ingreso a la unidad de cuidados intensivos (Darmon M., 2017).

Actualmente existe una gran diversidad en cuanto a la definición de Lesión Renal Aguda, donde genera retardo en el diagnóstico y establece un tratamiento precoz, motivo por el cual se llevó a cabo en 2002 la reunión de la segunda conferencia del Consenso Internacional de la iniciativa para la Calidad de Diálisis Aguda, donde el objetivo principal fue desarrollar criterios estandarizados para su definición, clasificación, prevención y tratamiento de LRA.

En el 2004 se publica la escala RIFLE (risk, injury, failure, loss of function and end stage renal disease). El mismo año se desarrolla por el mismo grupo de expertos la escala AKIN (acute kidney injury network), que redefinió la clasificación de RIFLE, que considera sólo tres estadios de la enfermedad renal y se añadió un lapso de 48 horas para realizar el diagnóstico temprano (Darmon M, 2017).

La ventaja de estas nuevas clasificaciones de Lesión Renal Aguda es la facilidad de su uso en una diversidad de escenarios clínicos y de investigación, pero la desventaja es que emplean los mismos criterios para su evaluación como son la creatinina, nitrógeno ureico y la disminución de los volúmenes urinarios a partir de un valor de referencia hipotético, por lo tanto se establecen como marcadores de fase tardía para Lesión Renal Aguda y se presentan en el momento del deterioro de la función glomerular o la patología establecida (Ho J, et al., 2015).

Debido a las limitaciones actuales en la clasificación KDIGO para el diagnóstico temprano de LRA, el uso de biomarcadores parece prometedor para evaluación de los pacientes en riesgo de LRA (Ostermann M, 2020), aunado a ello, el ultrasonido renal y medición del IRR ha ganado un papel importante en los últimos años. Hasta el momento no se cuenta con estudios que evalúen su desempeño, especialmente en pacientes con rhabdomiólisis.

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El incremento en la morbilidad y los costos generados en las unidades de cuidados intensivos y áreas críticas de una unidad hospitalaria con recursos limitados respecto al manejo del paciente con lesión renal aguda se ven sobrepasados. Ya que la LRA ocurre en aproximadamente el 3-7% de los pacientes hospitalizados y en el 25-30% de los pacientes de la UCI, lo que representa el 5-6% de la población.

En especial cuando se implementa de manera tardía la detección y el tratamiento sustitutivo de la función renal. Surge entonces la necesidad de contar con nuevos marcadores de evaluación clínica de la función renal que sean accesibles, reproducibles, aplicables a la cabecera del paciente, por lo que se requiere de herramientas diagnósticas tempranas para identificar de forma precoz esta entidad; que determinen la gravedad e identifiquen los factores de riesgo en grupos específicos, de los que destaca entre otros, el índice de resistencia renal.

De acuerdo con las clasificaciones actuales de lesión renal aguda se utilizan biomarcadores de fase temprana que son muy costosos y no están disponibles en todas las unidades del sector salud.

Por ende, se utilizará en este estudio el índice resistivo renal como marcador temprano de Lesión Renal Aguda en pacientes con Rabdomiólisis que ingresen a la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital General La Villa de la Secretaría de Salud de la Ciudad de México, ya que es de fácil realización, accesible, reproducible a la cabecera del enfermo y muy bajo costo con relación a los biomarcadores de fase temprana o tardía.

El índice resistivo renal como predictor temprano de Lesión Renal Aguda se utiliza en múltiples patologías como sepsis, enfermedad renal obstructiva, enfermedad renal no obstructiva, cirrosis, hipertensión arterial sistémica, preeclampsia, motivo por el cual se planteó la siguiente pregunta de investigación:

¿El índice de resistencia renal es útil como predictor temprano de lesión renal aguda en pacientes con rabdomiólisis?

IV. JUSTIFICACION

La lesión renal aguda es un desafío terapéutico y de suma importancia para los médicos. La incidencia es variable de acuerdo con la población, donde se reportan más de 5000 casos por millón de personas por año para la lesión renal aguda que no requieren diálisis. Por lo que se hace viable el presente trabajo ya que en nuestro medio las unidades de cuidados intensivos la mayoría son de recursos limitados y no cuentan con biomarcadores de detección temprana en lesión renal aguda, lo que hace importante la herramienta del ultrasonido a la cabecera del paciente con el cual se puede detectar precozmente alteraciones en el flujo arterial renal que sirve para calcular el índice resistivo renal y con ello estableceremos en forma oportuna el manejo médico en paciente con rabdomiólisis.

Factibilidad: El presente estudio es viable porque se puede realizar en cualquiera de los diferentes hospitales de segundo nivel de atención de la SSCDMX ya que cuentan con el equipo necesario y adecuado para determinación del índice de resistencia renal, generando un bajo costo.

Pertinencia: La medición del índice resistivo renal mediante la ultrasonografía nos da la oportunidad de poder realizar un diagnóstico certero en la identificación precoz de la lesión renal aguda.

Magnitud: El impacto estadístico de lesión renal aguda ocurre en aproximadamente el 3-7% de los pacientes hospitalizados y en el 25-30% de los pacientes de la UCI, lo que representa el 5-6% de la población, donde se reportan más de 5000 casos por millón de personas por año para la lesión renal aguda que no requieren diálisis. En cuanto la lesión renal aguda asociada a rabdomiólisis es una complicación frecuente y temida, ya que se presenta en el 13% al 50% de los pacientes con tasas de mortalidad de hasta el 59% notificadas en pacientes en estado crítico a comparación de otras patologías asociadas.

Trascendencia: El presente estudio es trascendente ya que se espera que los resultados sean satisfactorios y de utilidad para la atención hospitalaria al disminuir el uso de la terapia de reemplazo renal y disminuir los costos y los días estancia hospitalaria, siendo además fácil y reproducible para realizar otros estudios similares para predecir lesión renal aguda en los pacientes que desarrollan rabdomiólisis.

Vulnerabilidad: Este trabajo puede ser vulnerable en el caso de no contar con el equipo necesario para su realización de la medición del índice de resistencia renal o en su defecto presenta alguna falla técnica.

No duplicación de información. El presente trabajo es original debido a que no existe en la literatura actual tanto nacional como internacional artículos relacionados con el uso del índice resistivo renal en pacientes que cursan con rabdomiólisis.

Asentimiento político. Este trabajo se realizará con la aprobación de las autoridades del hospital, y la autorización del comité de bioética.

Asentimiento moral. El presente protocolo de investigación cumple con los procedimientos que se llevaran a cabo y se apegaron al reglamento de la Ley general de Salud en Materia de Investigación, así como en la Declaración de Helsinki y sus enmiendas.

V. HIPOTESIS

H₀ El índice de resistencia renal es útil como predictor temprano de lesión renal aguda en pacientes con rabdomiólisis.

H₁ El índice de resistencia renal no es útil como predictor temprano de lesión renal aguda en pacientes con rabdomiólisis.

VI. OBJETIVO

Demostrar que el índice de resistencia renal es útil como predictor temprano de lesión renal aguda en pacientes con rabdomiólisis.

VII. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Medir el índice resistivo renal en los paciente con rabdomiólisis al ingreso y a las 24.
- Evaluar los niveles de creatinina e índice urinario al ingreso a la unidad de cuidados intensivos y a las 24 horas de evolución.
- Comparar el IRR con los niveles de creatinina de acuerdo con la clasificación de KDIGO de LRA al ingreso y a las 24 horas.
- Comparar el IRR con los niveles de índice urinario de acuerdo con la clasificación de KDIGO de LRA al ingreso y a las 24 horas.
- Determinar los niveles de creatincinasa en pacientes con rabdomiólisis.
- Identificar la etiología más frecuente en pacientes con rabdomiólisis.
- Conocer el grupo etario más afectado en pacientes con lesión renal aguda.
- Conocer la edad de los pacientes.
- Identificar la mortalidad de los pacientes con lesión renal aguda asociados a rabdomiólisis mediante el IRR.

VIII. METODOLOGIA

8.1 Tipo de estudio

Observacional, descriptivo, longitudinal, prospectivo y analítico.

8.2 Población de estudio

Se estudiaron pacientes mayores de 18 años con rabdomiólisis que ingresaron a la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital General La Villa de la Secretaría de Salud de la Ciudad de México, y tratados por el Equipo Médicos de Terapia intensiva.

8.3 Muestra

Se realizó un estudio no aleatorizado de casos consecutivos en un número de pacientes que ingresaron a la unidad de cuidados intensivos del Hospital General La Villa, quienes cumplieron con diagnóstico de rabdomiólisis en el periodo comprendido del 30 de Junio 2022 al 30 de junio de 2023.

8.4 Tipo de muestreo y estrategia de reclutamiento

Criterios de Inclusión	<ul style="list-style-type: none">- Pacientes con diagnóstico de rabdomiólisis.- Pacientes con expedientes clínicos completos.- Mayores de 18 años.
Criterios de no inclusión	<ul style="list-style-type: none">- Pacientes con diagnóstico previo de enfermedad renal crónica.- Pacientes con enfermedades autoinmunes.- Pacientes con enfermedades crónico-degenerativas previas.
Criterios de eliminación	<ul style="list-style-type: none">- Pacientes que se trasladen a otras unidades hospitalarias.- Pacientes con expedientes clínicos incompletos.- Pacientes que solicitan egreso voluntario antes de terminar el estudio.

8.5 Operacionalización de variables

Variable	Tipo	Definición conceptual	Definición Operativa	Tipo de Escala	Unidad de medición
Rabdomiólisis	Independiente	Tiempo de vida del paciente desde su nacimiento hasta la fecha del estudio.	Años cumplidos hasta ingreso.	Cuantitativa Ordinal	Leve 1000 – 5000 de Ck Moderada 5000 – 15000 de Ck Severa >15000 de Ck
Índice resistivo renal	Dependiente	El IRR se considera una medida indexada de la forma de la onda generada por ultrasonografía este índice refleja la resistencia del flujo arterial originado por el lecho microvascular distal al sitio de la medición a nivel renal	IRR = velocidad sistólica máxima – velocidad diastólica final, entre la velocidad sistólica máxima	Cualitativa nominal	IRR normal al rango comprendido de 0.60 a 0.70. IRR anormal, mayor a 0.7
Lesión renal aguda	Dependiente	La lesión renal aguda (LRA) es un síndrome heterogéneo definido por un descenso rápido de la tasa de filtración glomerular (TFG) (en horas o días), que da lugar a la retención de productos de desecho del metabolismo, que incluyen la urea y la creatinina de acuerdo con la clasificación de KDIGO.	En contexto de LRA, se ha usado en la detección precoz en pacientes críticos.	Cualitativa Ordinal	Grado I Cr 1.5mg/dl o >0.3mg/dl Grado II Cr 2 mg/dl Grado III Cr >4mg/dl.
Índice urinario	Dependiente	Es el volumen de fluido filtrado por unidad de tiempo desde los capilares	La lesión renal aguda (LRA) es un	Cualitativa nominal	<0.5ml/kg/h en 6, 12 y 24 horas

		glomerulares renales hacia el interior de la capsula de Bowmann	síndrome heterogéneo o definido por un descenso rápido de la tasa de filtración glomerular (TFG) (en horas o días), con disminución del flujo urinario de acuerdo con KDIGO		>0.5ml/kg/h en 6, 12 y 24 horas.
Edad	Independiente	Tiempo de vida del paciente desde su nacimiento hasta la fecha del estudio.	Años cumplidos hasta ingreso.	Cuantitativa Discontinua	Años
Género	Independiente	Características fenotípicas que determinan a hombre y mujer.	Sexo registrado al momento de ingreso a la UCI.	Cualitativa Nominal	Hombre Mujer
Mortalidad	Dependiente	Magnitud con la que se presenta la muerte en una población en un momento determinado	Mortalidad registrada en el expediente clínico	Cuantitativa dicotómica	Si No

8.6 Mediciones e instrumentos de medición

Previa autorización por parte del comité de Ética del Hospital, durante la investigación se inició con la identificación de los pacientes en el servicio de la unidad de cuidados intensivos aquellos pacientes que cumplieron con los criterios de inclusión y diagnóstico de rabiomiólisis en el periodo antes mencionado.

Al ingreso de los pacientes a la UCI con expedientes clínicos completos, se seleccionaron aquellos que cursaron con el diagnóstico de rabiomiólisis y a quienes cumplieron los criterios, se les realizó el estudio ecográfico renal en modo Doppler y se

midió al ingreso y a las 24 horas el índice de resistencia renal, así como la determinación de los valores de creatinina sérica y la cuantificación del índice urinario.

Para la medición del índice de resistencia renal: Los pacientes fueron examinados en posición supina en la cama de la UCI y las mediciones se realizaron en ambos riñones o en el lado más accesible, ya que se ha demostrado que la diferencia en los valores de IRR entre los riñones izquierdo y derecho es insignificante en pacientes sanos y en estado crítico. (Orso D, Et al. 2020). El Doppler color se utiliza para visualizar la organización general de los vasos intrarrenales, y el Doppler de onda de pulso mide la velocidad del flujo en las arterias interlobulillares o arqueadas en los polos superior, medio e inferior del riñón con el ancho más pequeño posible entre 2 y 5 mm. Se establece la ganancia Doppler para obtener un contorno claro de la onda de flujo con un ruido de fondo mínimo. La espectroscopía Doppler de onda pulsada se considera óptima cuando cada polo exhibe al menos tres formas de onda consecutivas de apariencia similar. El IRR se calcula [(velocidad sistólica máxima - velocidad diastólica final) / velocidad sistólica máxima] para cada riñón. A partir de los valores de la IRR de ambos riñones se calculó la velocidad media del Índice de resistencia renal (TIR). (Márquez Molina, Jorge. Et al. 2023).

Para determinar si los pacientes desarrollaron LRA se consideraron las primeras 24-48 horas del ingreso a la UCI y los criterios de LRA se basaron en el volumen urinario y la determinación de creatinina sérica (KDIGO).

8.7 Análisis estadísticos de los datos

Una vez recabada la información se vaciaron los datos en una hoja de cálculo del programa Excel, para posteriormente hacer el análisis mediante estadística descriptiva. Las variables cuantitativas continuas no paramétricas se expresaron como medianas y rango intercuartil.

Para las variables paramétricas se expresarán en términos de media y desviación estándar (o mediana y rango, según la prueba de normalidad). En el caso de variables categóricas, se expresan como frecuencias y porcentajes realizando gráficas de frecuencia para ilustrar los resultados.

La diferencia entre medianas se evaluó mediante la prueba de t-student para grupos independientes (variables paramétricas) o la prueba de U de Mann Whitney (variables no paramétricas).

La capacidad discriminatoria de la prueba se evaluó con curvas ROC (Receiver Operating Characteristic) obteniendo el área bajo la curva ROC (AUC), y se determinó el mejor punto de corte para obtener los valores de sensibilidad y especificidad. Para el análisis estadístico se usó el programa SPSS 25.0 (IBM, Armonk, NY, EUA), se considerará un valor menor de $p < 0.05$ como significativo.

IX. IMPLICACIONES ÉTICAS

Norma Oficial Mexicana NOM – 012 – SSA3 – 2012 Que establece los criterios para la ejecución de proyecto de investigación para la salud en seres humanos.

El protocolo se apega a los principios de la Declaración de Helsinki adoptada por la 18ª Asamblea Médica Mundial, Helsinki, Finlandia, junio 1964 y enmendada por la 29ª Asamblea Médica Mundial, Tokio, Japón, octubre 1975 35ª Asamblea Médica Mundial, Venecia, Italia, octubre 1983 41ª Asamblea Médica Mundial, Hong Kong, septiembre 1989 48ª Asamblea General Somerset West, Sudáfrica, octubre 1996 52ª Asamblea General, Edimburgo, Escocia, octubre 2000 Nota de Clarificación del Párrafo 29, agregada por la Asamblea General de la AMM, Washington 2002 Nota de Clarificación del Párrafo 30, agregada por la Asamblea General de la AMM, Tokio 2004 59ª Asamblea General, Seúl, Corea, octubre 2008.

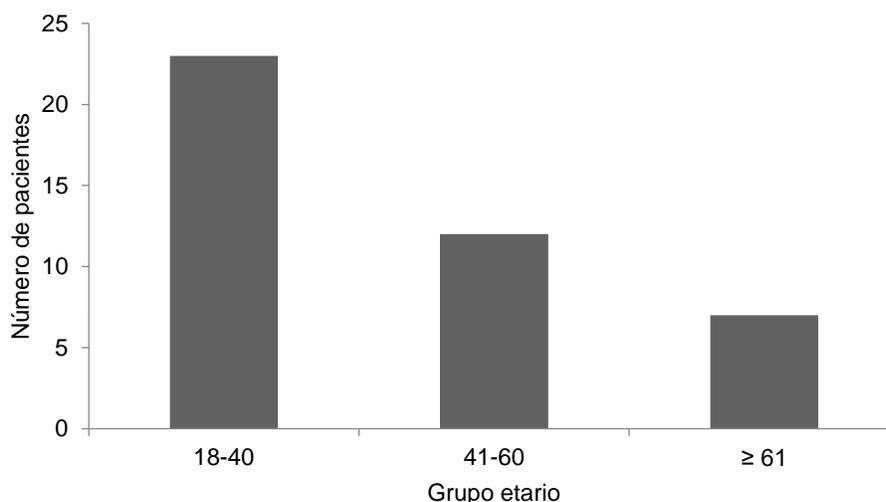
Durante el proyecto no se realizó ninguna intervención en el manejo del paciente, por lo que nuestro consentimiento informado será el formato perteneciente a la Secretaría de Salud del Departamento de la Ciudad de México, titulado “Carta de consentimiento informado para internamiento hospitalario” en el cual, se explica al paciente el motivo por el que se requiere de su ingreso, así como los estudios analíticos y de gabinete necesarios de acuerdo a su patológica, mismo que es firmado de aceptación o no por el propio paciente. Así mismo los datos personales recopilados de los pacientes, no serán publicados por ningún motivo en la siguiente investigación y se tratara de manera confidencial.

X. RESULTADOS

Se estudiaron 42 pacientes que cumplieron con los criterios de selección. Los hombres representaron 88.1% (n=37) del total, y las mujeres 11.9% (n=5).

La edad promedio fue de 42.9 ± 15.2 años [min: 21 – máx: 84].

El grupo etario que predominó fue de 18-40 años (54.8%; n=23), seguido por 41-60 (28.6%; n=12), y ≥ 61 (16.7%; n=7) (Gráfica 1).



Gráfica 1. Número de pacientes respecto al grupo etario.

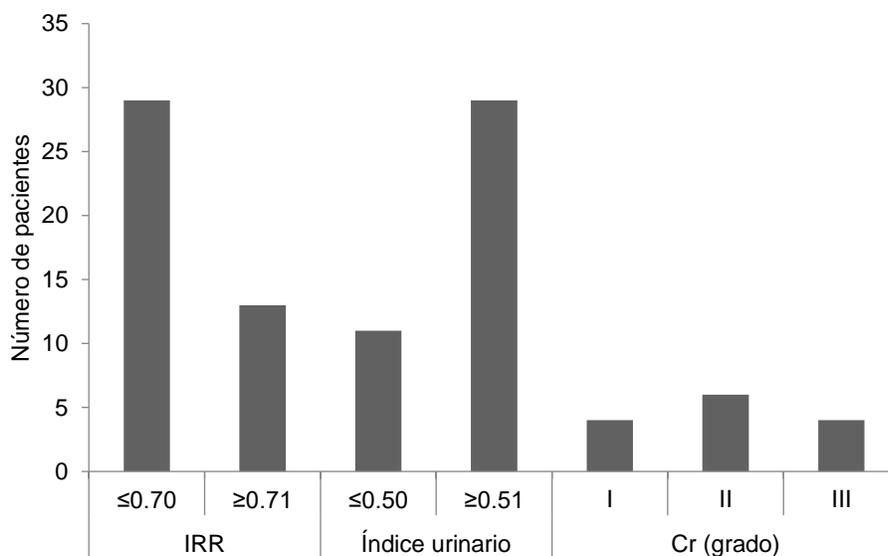
La etiología traumática fue la más frecuente (71.4%; n=30), seguida por la no traumática (28.6%; n=12).

El valor promedio de creatinina fue de 6891.5 ± 13605.1 [min: 1000 – máx: 61622]; la clasificación leve se presentó en 32 (76.2%) pacientes, moderada en 5 (11.9%) y severa en 5 (11.9%).

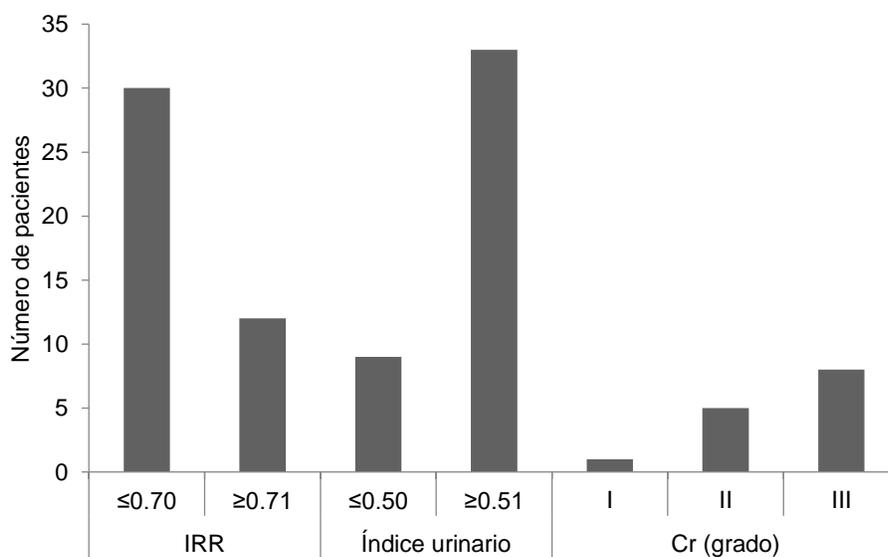
Al ingreso, el IRR fue de 0.63 ± 0.12 [min: 0.42 – máx: 0.89; ≤ 0.70 , n= 29 (69%); ≥ 0.71 , n= 13 (31%)]; el índice urinario de 0.86 ± 0.51 [min: 0.10 – máx: 2.23; ≤ 0.50 , n= 11 (27.5%); ≥ 0.51 , n= 29 (72.5%)]; y creatinina de 1.68 ± 1.32 [min: 0.50 – máx: 5.1; Grado I, n= 4 (9.5%); Grado II, n= 6 (14.3%); Grado III, n= 4 (9.5%); sin LRA, n= 28 (66.7%)]. (Gráfica 2.)

A las 24 horas después del ingreso, el IRR fue de 0.63 ± 0.13 [min: 0.45 – máx: 0.92; ≤ 0.70 , n= 30 (71.4%); ≥ 0.71 , n= 12 (28.6%)]; el índice urinario de 1.33 ± 0.83 [min: 0.10 – máx: 3.50; ≤ 0.50 , n= 9 (21.4%); ≥ 0.51 , n= 33 (78.6%)]; y creatinina de 2.00 ± 2.01 [min:

0.50 – máx: 7.32; Grado I, n= 1 (2.4%); Grado II, n= 5 (11.9%); Grado III, n= 8 (19%), sin LRA, n= 28 (66.7%)] (Grafica 3).



Gráfica 2. Número de pacientes respecto al IRR, índice urinario y Creatinina sérica (KDIGO) al ingreso.



Gráfica 3. Número de pacientes respecto al IRR, índice urinario y Creatinina sérica (KDIGO) después de 24 horas.

La TRRC se requirió en 7 paciente (16.7%). La mortalidad de los pacientes que requirieron TRRC fue del 42.8% (n = 3), pero si se toma cuenta la población total en estudio (n= 42) la mortalidad fue del 16.7% (n = 7).

Tabla 1. Valores promedio de Creatincinasa, IRR al ingreso, Índice urinario al ingreso, Creatinina al ingreso, IRR al ingreso, Índice urinario al ingreso y Creatinina sérica al ingreso.

Variable	Min	Máx	Media	Desviación estándar
Creatincinasa	1000	61622	6891.48	13605.07
IRR al ingreso	0.42	0.89	0.63	0.12
Índice urinario al ingreso	0.10	2.23	0.86	0.51
Creatinina al ingreso	0.50	5.10	1.68	1.32
IRR al ingreso	0.45	0.92	0.63	0.13
Índice urinario al ingreso	0.10	3.50	1.33	0.84
Creatinina al ingreso	0.50	7.32	2.00	2.01

En la Tabla 2, se muestran los valores promedio de IRR e índice urinario al ingreso y después de 24 horas respecto a Creatinina sérica (KDIGO).

El IRR al ingreso presentó diferencias significativas ($p = 0.001$); registrando el Grado I valores de 0.72 ± 0.05 ; Grado II, 0.70 ± 0.11 ; Grado III, 0.81 ± 0.12 ; y sin LRA, 0.58 ± 0.10 .

El IRR a las 24 horas respecto a Creatinina sérica (KDIGO), de igual modo presentó diferencias significativas ($p = 0.001$); en Grado I registró un valor de 0.70; Grado II, 0.79 ± 0.03 ; Grado III, 0.80 ± 0.08 ; sin LRA, 0.55 ± 0.06 $p = 0.001$.

El índice urinario respecto a Creatinina sérica (KDIGO) también registró diferencias significativas a las 24 horas ($p = 0.001$), en el cual, Grado I registró un valor medio de 0.04; Grado II, 0.67 ± 0.73 ; Grado III, 0.64 ± 0.56 ; y sin LRA, 1.68 ± 0.05).

Tabla 2. Valores promedio de IRR e Índice urinario al ingreso y después de 24 horas respecto a Creatinina sérica (KDIGO).

Ingreso								
Variable	Cr (grado)	Media	Desviación estándar	IC 95%		Min	Máx	Valor p
				Límite inferior	Límite superior			
IRR	I	0.72	0.05	0.64	0.80	0.67	0.79	0.001
	II	0.70	0.11	0.59	0.82	0.56	0.89	
	III	0.81	0.12	0.62	1.01	0.63	0.89	
	Sin LRA	0.58	0.10	0.54	0.62	0.42	0.81	
Índice urinario	I	0.63	0.84	-1.45	2.72	0.10	1.60	0.447
	II	0.85	0.47	0.36	1.34	0.30	1.44	
	III	0.54	0.64	-0.49	1.56	0.15	1.50	
	Sin LRA	0.93	0.47	0.75	1.12	0.30	2.23	
24 horas								
Variable	Cr (grado)	Media	Desviación estándar	IC 95%		Min	Máx	Valor p
				Límite inferior	Límite superior			
IRR	I	0.70	-	-	-	0.70	0.70	0.001
	II	0.79	0.03	0.75	0.82	0.74	0.81	
	III	0.80	0.08	0.73	0.87	0.67	0.92	
	Sin LRA	0.55	0.06	0.53	0.57	0.45	0.68	
Índice urinario	I	0.40	-	-	-	0.40	0.40	0.001
	II	0.67	0.73	-0.24	1.58	0.10	1.94	
	III	0.64	0.56	0.17	1.11	0.10	1.40	
	Sin LRA	1.68	0.72	1.40	1.96	0.85	3.50	

En la tabla 3, se registró asociación significativa del IRR al ingreso ($p = 0.0089$), IRR a las 24 horas ($p = 0.026$), TRR ($p = 0.003$) y mortalidad ($p = 0.001$) con Cr (grados) al ingreso. La asociación de Cr (grados) a las 24 horas fue significativa con IRR al ingreso ($p = 0.001$), IRR a las 24 horas ($p = 0.001$), TRR ($p = 0.001$) y mortalidad ($p = 0.001$).

Tabla 3. Asociación de IRR al ingreso y después de 24 horas, TRR y mortalidad respecto a Creatinina sérica (KDIGO).

Variable	Indicador	Cr al ingreso				Valor p
		I	II	III	Sin LRA	
IRR al ingreso	≤ 0.70	1	3	1	24	0.008
	≥ 0.71	3	3	3	4	
IRR a las 24 horas	≤ 0.70	2	3	1	24	0.026
	≥ 0.71	2	3	3	4	
TRR	No	4	4	1	26	0.003
	Si	-	2	3	2	
Mortalidad	No	2	4	1	28	0.001
	Si	2	2	3	-	
Variable	Indicador	Cr a las 24 horas				Valor p
		I	II	III	Sin LRA	
IRR al ingreso	≤ 0.70	1	-	3	25	0.001
	≥ 0.71	-	5	5	3	
IRR a las 24 horas	≤ 0.70	1	-	1	28	0.001
	≥ 0.71	-	5	7	-	
TRR	No	1	4	2	28	0.001
	Si	-	1	6	-	
Mortalidad	No	1	3	3	28	0.001
	Si	-	2	5	-	

Los valores de IRR a las 24 horas registró mejor desempeño predictivo de LRA, con una área bajo la curva (ABC) de 0.997 ($p = 0.001$); punto de corte de 0.66, el cual mostró sensibilidad de 100% y especificidad 3.57%. Los valores al ingreso mostraron una ABC de 0.957 ($p = 0.001$); punto de corte de 0.64; con una sensibilidad en éste de 92.85% y especificidad 10.71% (Tabla 4 y Figura 1).

Tabla 4. Área Bajo la Curva (ABC) de IRR al ingreso y después de 24 horas.

Indicadores	Área	Error estándar	Significación asintótica	95% de intervalo de confianza asintótico	
				Límite inferior	Límite superior
IRR					
Ingreso	0.957	0.028	0.001	0.903	1.000
24 horas	0.997	0.004	0.001	0.989	1.000

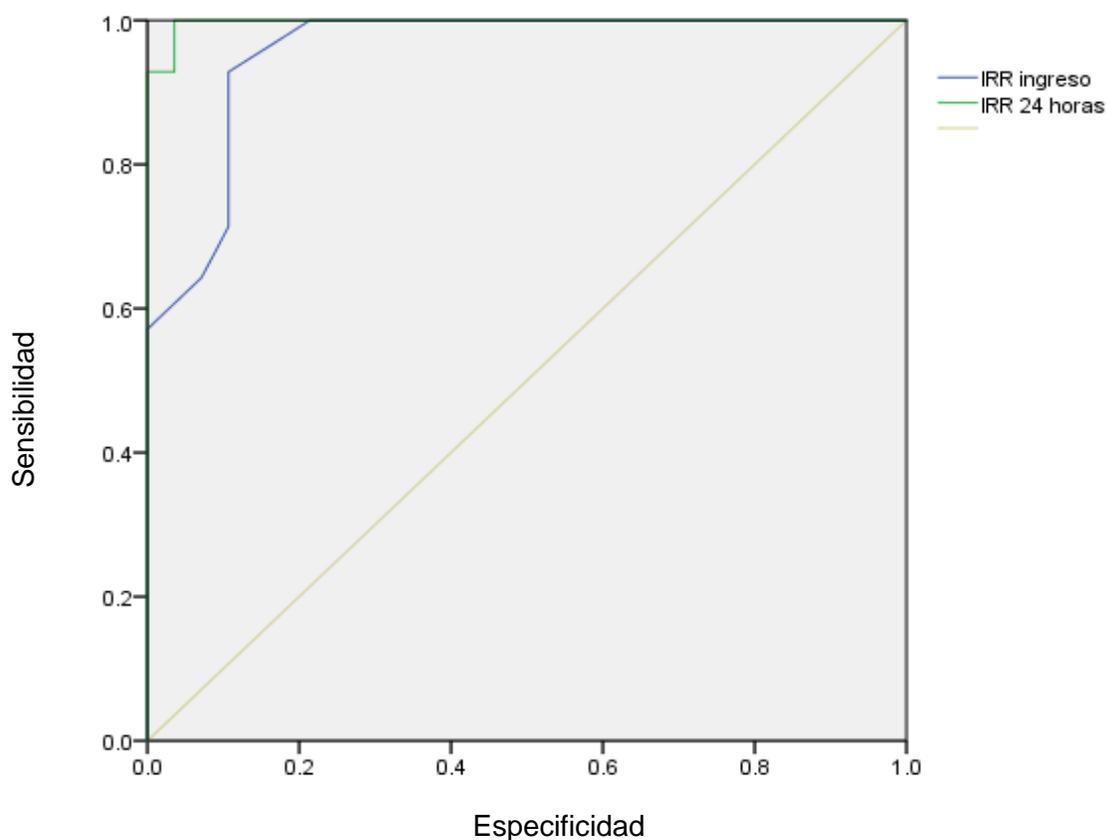


Figura 1. Curva ROC de IRR al ingreso y después de 24 horas.

XI. DISCUSIÓN

En la presente investigación se estudiaron 42 pacientes que cumplieron con los criterios de selección para rabdomiólisis. Los hombres representaron 88.1% (n=37) del total, y las mujeres 11.9% (n=5). Los resultados no difieren de otros autores con la frecuencia de esta patología con diversa etiología.

La edad promedio fue de 42.9 ± 15.2 años [min: 21 – máx: 84]. Estos datos están relación con la edad productiva de los pacientes estudiados que frecuentemente están expuestos a diversas causa que generan la rabdomiólisis. Lo cual no difiere con la literatura global que consideran la edad promedio de esta patología.

La etiología traumática fue la más frecuente (71.4%; n=30), seguida por la no traumática (28.6%; n=12). Que está acorde a la literatura.

La predicción del riesgo de desarrollo de LRA en la rabdomiólisis se ha centrado en la interpretación de la creatinina sérica, en la que los niveles máximos y al ingreso se correlacionan con el desarrollo de LRA en una población, pero con un amplio solapamiento que dificulta la predicción diagnóstica en pacientes individuales y sólo los niveles muy altos se asocian de forma consistente con la LRA (Ronco 2019).

Los valores obtenidos en el estudio, de la creatinina donde el valor promedio fue de 6891.5 ± 13605.1 [min: 1000 – máx: 61622]; sirvieron para la clasificación de la severidad de rabdomiólisis, la cual se clasifico en leve, moderada y severa. En este estudio se observó en 32 pacientes con leve (76.2%), moderada en 5 (11.9%) y severa en 5 (11.9%). Que están relacionados con lo dicho en la literatura internacional.

Es de hacer notar que los pacientes que cursaron con niveles de CK moderada a severo, requirieron terapia de reemplazo renal continua (TRRC) en 7 pacientes (16.7%) con la misma mortalidad significativa entre ellos a su uso. Por lo general, el IRR es normal o reducido en la LRA prerrenal, mientras que aumenta rápidamente cuando una vasoconstricción persistente provoca daño tubular. En la LRA, el IRR es mayor que en la enfermedad glomerular aguda (0,75 frente a 0,58) y es incluso mayor en pacientes con necrosis tubular aguda (NTA), vasculitis o síndrome hepato-renal (SHR) (>0,78-0,82).

En el estudio se encontró que al ingreso el IRR fue de 0.63 ± 0.12 [min: 0.42 – máx: 0.89; ≤ 0.70 , n= 29 (69%) y de ≥ 0.71 , n= 13 (31%)]; Si se toma en cuenta este rango se puede actuar en forma preventiva en el manejo medico en paciente que cursen con riesgo de lesión renal aguda por rabdomiólisis. Situación que no se ha documentado en la literatura internacional hasta al momento.

El índice urinario registro datos con rangos de 0.86 ± 0.51 [min: 0.10 – máx: 2.23; ≤ 0.50 , n= 11 (27.5%); ≥ 0.51 , n= 29 (72.5%)] y la creatinina de 1.68 ± 1.32 [min: 0.50 – máx: 5.1;

y grados de severidad de acuerdo con KDIGO. Grado I, n= 4 (9.5%); Grado II, n= 6 (14.3%); Grado III, n= 4 (9.5%); sin LRA, n= 28 (66.7%). Los cuales no muestran diferencia significativa de acuerdo con lo reportado en la literatura.

A las 24 horas después del ingreso, el IRR fue de 0.63 ± 0.13 [min: 0.45 – máx: 0.92; ≤ 0.70 , n= 30 (71.4%); ≥ 0.71 , n= 12 (28.6%)]; el índice urinario de 1.33 ± 0.83 [min: 0.10 – máx: 3.50; ≤ 0.50 , n= 9 (21.4%); ≥ 0.51 , n= 33 (78.6%)]; y creatinina de 2.00 ± 2.01 [min: 0.50 – máx: 7.32; Grado I, n= 1 (2.4%); Grado II, n= 5 (11.9%); Grado III, n= 8 (19%), sin LRA, n= 28 (66.7%). De igual manera sin mostrar diferencia significativa en lo literatura.

Cabe señalar las limitaciones de este estudio, una de las cuales es el número limitado de pacientes evaluados y el hecho de que se trata de un estudio de un solo centro. La clasificación de AKI utilizando la clasificación KDIGO se realizó retrospectivamente, pero esta clasificación tiene limitaciones. Una menor proporción de pacientes alcanzó LRA KDIGO 2 y 3, en los cuales algunos requirieron TRRC y la mayoría de los pacientes experimentaron LRA transitoria. Además, para aquellos pacientes cuya creatinina sérica basal (Cr_s) era desconocida al ingreso, la Cr_s más baja durante la hospitalización se consideró basal. Esta definición, junto con la presentación de Cr_s en pacientes de cuidados intensivos, puede sobreestimar la proporción de lesión renal aguda, por lo que los resultados deben interpretarse con cautela (Legrand M, 2018). Aun así, la información necesita ser validada en grupos más grandes

En este estudio al someter los resultado a curva AUR ROC se observó un valor al ingreso de IRR 0.64 ± 0.12 [min: 0.42 – máx: 0.89; ≤ 0.70 , n= 29 (69%); ≥ 0.71 , n= 13 (31%)] con una área bajo la curva igual a 0.957. lo cual significa que este índice tiene mayor sensibilidad que especificidad. Esto se puede deber a que el IRR es un marcador fiable de LRA, puesto que si los valores basales de IRR son normales (< 0.68), los pacientes no desarrollan LRA. Por el contrario, cuando los valores basales de IRR son $> 0.77-0.78$, los pacientes desarrollan una disfunción aguda renal. La nula especificidad se puede deber a que existen otros factores de riesgo asociados que pueden alteran la función renal posterior a las 24 horas. Los datos disponibles sugieren que una reducción progresiva del IRR hacia valores acordes con un flujo sanguíneo de baja resistencia es predictiva de la recuperación renal. (Ronco 2019).

Si se compara este estudio con lo reportado por (Haitsma Mulier et al. 2018) el cual reporta la utilidad del IRR al ingreso en UCI como predictor de LRA significativa (KDIGO grado 2 -3), y demostró que el IRR es una herramienta útil para una evaluación temprana de los pacientes con riesgo de LRA, con un OR 1.012 (1.006 – 1.019); área bajo la curva (AUC) 0.72 (0.61 – 0.83). con un punto de corte del IRR en 0.74, sensibilidad de 53%, y especificidad del 87. Pero en este caso no se logra ver la especificidad con lo antes mencionado.

Dada la alta frecuencia de LRA en pacientes en UCI por múltiples etiológicas, se ha tratado de unificar un punto de corte del valor del IRR. En el caso de pacientes con sepsis en UCI, (Lerolle N. et al. 2006) reportaron un incremento significativo en el IRR al ingreso en aquellos pacientes que presentaban LRA (0.77 ± 0.08 vs. 0.68 ± 0.08 , $p < 0.001$). En cambio (Zhi H. Et al, 2019) evaluaron el desempeño del IRR y el análisis semicuantitativo Doppler-poder en predecir LRA, encontrando diferencia solo en los pacientes bajo cirugía cardíaca sin diferencias en el grupo con sepsis. Si bien no se ha determinado un punto de corte generalizado en el contexto de sepsis y LRA, algunos estudios han establecido puntos entre 0.60 y 0.7235. (Kuznetsova T. Et al. 2015). En nuestro caso, el punto de mejor sensibilidad para asociación con LRA en pacientes con rabdomiólisis en cualquier grado fue de 0.64 ± 0.11 , mostrando correlación positiva entre el IRR y la probabilidad de LRA.

XII. CONCLUSIÓN

- Se demostró que el índice de resistencia renal es útil como predictor temprano de lesión renal aguda en pacientes con rhabdomiólisis al ingreso de la UCI con un punto de corte a su ingreso de 0.63 es útil como predictor temprano de lesión renal aguda en pacientes con rhabdomiólisis ingresados a la Unidad de Cuidados Intensivos con un área bajo la curva de >0.900 .
- Se midió el índice resistivo renal en los paciente con rhabdomiólisis al ingreso y a las 24 horas.
- Se evaluaron los niveles de creatinina e índice urinario al ingreso a la unidad de cuidados intensivos y a las 24 horas. Se observo que lo valores de creatinina elevados y el índice urinario bajos dependían del tiempo de evolución y la etiología de la rhabdomiólisis.
- Se comparó el IRR con los niveles de creatinina de acuerdo con la clasificación de KDIGO de LRA al ingreso y a las 24 horas. Se observo que los niveles de creatinina elevados se relacionaban con mayor índice de resistencia renal.
- Se comparó el IRR con los niveles de índice urinario de acuerdo con la clasificación de KDIGO de LRA al ingreso y a las 24 horas. Observando que los niveles de índice urinarios bajos se relacionaban con mayor índice de resistencia renal.
- Los niveles de creatincinasa se elevaron en todos los pacientes con rhabdomiólisis.
- La etiología más frecuente que se encontró en pacientes con rhabdomiólisis fue la traumática.
- El grupo etario más afectado en pacientes con lesión renal aguda fue mayor de 18-40 años.
- La mortalidad de los pacientes con lesión renal aguda asociados a rhabdomiólisis mediante el IRR fue de 16.7%.

PROPUESTAS

Dada la disponibilidad de equipos de ultrasonido en las unidades de cuidados intensivos actuales, el IRR podría ser parte de la evaluación sistemática en los protocolos de ultrasonido dada la relativa facilidad de evaluación e interpretación. Utilizar el ultrasonido a la cabecera del paciente deberá entonces formar parte de una evaluación estándar de los pacientes críticos y la medición del IRR podría formar parte de la evaluación sistematizada en los pacientes que ingresan al área de cuidados intensivos.

Por lo cual, se recomienda realizar investigaciones relacionadas al tema considerando un mayor número de pacientes y variables de estudio para mejorar la prueba diagnóstica en diferentes escenarios encontrados en la práctica clínica con el propósito de fortalecer el manejo clínico oportuno.

XIII. BIBLIOGRAFIA

1. Rocío Cortés, Karin Kleinsteuber, Carmen Paz Vargas, María de los Angeles Avaria. (2018). Rabdomiólisis metabólica: actualización. REV. MED. CLIN. CONDES; 29(5) 553-559]. DOI: [10.1016/j.rmcl.2018.08.003](https://doi.org/10.1016/j.rmcl.2018.08.003)
2. Salazar, Juan & Mejías, José & Chávez, Marvin & Chimbo, Cristina & Chimbo, Alexandra & González, Tamara & Bermejo, Angelica & Espinoza Diaz, Cristóbal Ignacio & Morocho, Alicia & Rojas Quintero, Joselyn. (2018). Rabdomiólisis: bases moleculares y presentaciones clínicas. Archivos Venezolanos de farmacología y Terapéutica. 37. 145-154.
3. Stahl, K., Rastelli, E., & Schoser, B. (2019). A systematic review on the definition of rhabdomyolysis. Journal of Neurology. <https://doi.org/10.1007/s00415-019-09185-4>
4. Huerta-Alardín AL, Varon J, Marik PE. (2005) Bench-to-bedside review: Rhabdomyolysis -- an overview for clinicians. Crit Care. Apr;9(2):158-69.
5. Kodadek, L., Carmichael II, S. P., Seshadri, A., Pathak, A., Hoth, J., Appelbaum, R., Michetti, C. P., & Gonzalez, R. P. (2022). Rhabdomyolysis: an-American Association for the Surgery of Trauma Critical Care Committee Clinical Consensus Document. Trauma Surgery & Acute Care Open, 7(1), e000836. <https://doi.org/10.1136/tsaco-2021-000836>.
6. Michelsen, J., Cordtz, J., Liboriussen, L., Behzadi, M. T., Ibsen, M., Damholt, M. B., Møller, M. H., & Wiis, J. (2019). Prevention of rhabdomyolysis-induced acute kidney injury – A DASAIM/DSIT clinical practice guideline. Acta Anaesthesiologica Scandinavica, 63(5), 576–586. <https://doi.org/10.1111/aas.13308>.
7. Erick H. (2020). Epidemiología de la lesión renal aguda en pacientes críticamente enfermos. In Claudio Ronco RB. Cuidados intensivos en Nefrología. 3rd ed. España: El Sevier; p. 81-85.
8. Jorge Márquez Molina, Jhossmar Cristians Auza-Santiváñez, Cruz-Choquetopa, E., Jose Bernardo Antezana-Muñoz, Osman Arteaga Iriarte, & Fernández-Burgoa, H. (2023). Early prediction of acute kidney injury in neurocritical patients: relevance of renal resistance index and intrarenal venous Doppler as diagnostic tools. <https://doi.org/10.56294/dm202330>.
9. Giannoglou GD, Chatzizisis YS, Misirli G. (2007). The syndrome of rhabdomyolysis: Pathophysiology and diagnosis. Eur J Intern Med. Mar;18(2):90-100.

10. Rizzi D, Basile C, Di Maggio A, Sebastio A, Introna F Jr, Rizzi R, et al. (1991). Clinical spectrum of accidental hemlock poisoning: neurotoxic manifestations, rhabdomyolysis, and acute tubular necrosis. *Nephrol Dial Transplant*; 6(12):939-43.
11. Bywaters EG, Beall D. (1998). Crush injuries with impairment of renal function. 1941. *J Am Soc Nephrol*. Feb;9(2):322-32.
12. Basnayake K, Cockwell P, Hutchison CA. (2009). Rhabdomyolysis and acute kidney injury. *N Engl J Med*. Oct 1;361(14):1411-2; author reply 1412-3.
13. Holt SG, Moore KP. (2001). Pathogenesis and treatment of renal dysfunction in rhabdomyolysis. *Intensive Care Med*; 27:803-11.
14. Zager RA, Gamelin LM. (1989). Pathogenetic mechanisms in experimental hemoglobinuric acute renal failure. *The American journal of physiology*. 256(3):446-55.
15. Reeder BJ, Sharpe MA, Kay AD, Kerr M, Moore K, Wilson MT. (2002). Toxicity of myoglobin and haemoglobin: oxidative stress in patients with rhabdomyolysis and subarachnoid haemorrhage. *Biochem Soc Trans*. Aug;30(4):745-8.
16. Zager RA, Foerder CA. (1992). Effects of inorganic iron and myoglobin on in vitro proximal tubular lipid peroxidation and cytotoxicity. *J Clin Invest*. Mar;89(3):989-95.
17. Lacquaniti Antonio and Monardo Paolo. (2022). Acute Kidney Injury: Advances in Clinical Management. *J. Clin. Med.* 11,7308. <https://doi.org/10.3390/jcm11247308>.
18. McMahon, G. M., Zeng, X., & Waikar, S. S. (2013). A Risk Prediction Score for Kidney Failure or Mortality in Rhabdomyolysis. *JAMA Internal Medicine*, 173(19), 1821. <https://doi.org/10.1001/jamainternmed.2013.9774>.
19. Bellomo R, Kellum J, Ronco C. (2012). Acute kidney injury. *Lancet*; 380: 756-66.
20. Raúl Carrillo-Esper, Teresa De la Torre-León, Agustín Omar Rosales-Gutiérrez, Luis Daniel Carrillo-Córdova. (2014). Índice resistivo renal. Fundamentos e implementación en el enfermo grave. *Rev Invest Med Sur Mex*, Abril-Junio; 21 (2): 68-72
21. Díaz de León PM, Aristondo MG, Briones GJ. *Medicina crítica: Diagnóstico y terapéutica*. 2ª ed. México: Editorial Patria; 2005.
22. Rolando Claire-Del Granado. (2008). Lesión renal aguda; ya no más insuficiencia renal aguda. *Medigraphic*. Vol. III Número 3. P. 79-85.

23. Cox EGM, Koster G, Baron A, et al. (2020). Should the ultrasound probe replace your stethoscope? A SICS-I substudy comparing lung ultrasound and pulmonary auscultation in the critically ill. *Crit Care*. p.24(1):14. <https://doi.org/10.1186/s13054-019-2719-8>
24. Matthieu Le Dorze, MD. (2012). Renal Doppler Ultrasound: A new Tool to Assess Renal Perfusion in Critical Illnes. *Shock*, Vol. 37, No. 4, pp. 360-365.
25. Le Dorze M, Bake Bouglé A, Deruddre S. (2012). Renal Doppler ultrasound: a new tool to assess renal perfusion in critical illness. *Shock*. No. 37: pp. 360-5.
26. Asif A. Sharfuddin, Steven D. Weisbord, Paul M. Palevsky, Bruce A. Molitoris. (2018). Lesión renal aguda. Elsevier España, S.L. Cap. 31 p 958.
27. Darmon M, Ostermann M, Cerda J3, Dimopoulos MA, Forni L, Hoste E, Legrand M, Lerolle N, Rondeau E, Schneider A, Souweine B, Schetz M. (2017). Diagnostic work-up and specific causes of acute kidney injury. *Intensive Care Med*.
28. Etienne Gayat. (2018). Back-to-back comparasion of penKID with NephroCheck to predict acute kidney injury at admission in intensive care unit: brief report. *Critical Care*.
29. Redahan L, Murray PT. (2018). Novel Biomarkers of Drug-Induced Kidney Injury. *Clin Pharmacol Ther*, Mar.
30. Redahan L, Murray PT. (2017). Biomarkers of drug-induced kidney injury. *Curr Opin Crit Care*. Dec.
31. Ho J, Tangri N, Komenda P, Kaushal A, Sood M, Brar R, Gill K, Walker S, MacDonald K, Hiebert BM. (2015). Urinary, Plasma, and Serum Biomarkers' Utility for Predicting Acute Kidney Injury Associated with Cardiac Surgery in Adults: A Meta-analysis. *Am J Kidney Dis*.
32. Koziolk MJ, Wallbach M. (2018). Difference between renal and splenic resistive index as a novel criterion in Doppler evaluation of renal artery stenosis. *J Clin Hypertens*. Feb.
33. Stavropoulos K1, Imprialos KP1, Athyros VG1, Doumas M2. (2018). Renal resistive index for renovascular hypertension: In the quest of the Holy Grail. *J Clin Hypertens (Greenwich)*.

34. Ostermann M, Zarbock A, Goldstein S, et al. (2020). Recommendations on Acute Kidney Injury Biomarkers From the Acute Disease Quality Initiative Consensus Conference: A Consensus Statement. *JAMA Netw Open*; 3(10): e2019209. <https://doi:10.1001/jamanetworkopen.2020.19209>.
35. Orso D, Paoli I, Piani T, Cilenti FL, Cristiani L, Guglielmo N. (2020). Accuracy of Ultrasonographic Measurements of Inferior Vena Cava to Determine Fluid Responsiveness: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Intensive Care Med*. Apr;35(4):354-363. doi: <https://doi.org/10.1177/0885066617752308>.
36. Ronco Claudio, MD. Bellomo Rinaldo, MD. Kellum John A., MD. Ricci Zaccaria, MD. (2019). *Critical Care Nephrology, Third Edition; CHAPTER 33 Ultrasonography and Doppler Techniques* Mario Meola and Ilaria Petrucci. Elsevier, Inc pag 178-180.
37. Haitzma Mulier JLG, Rozemeijer S, Röttgering JG, 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(6): e0197967. <https://doi:10.1371/journal.pone.0197967>.
38. Lerolle N, Guérot E, Faisy C, Bornstain C, Diehl J L, Fagon J Y. (2006). Renal failure in septic shock: predictive value of Doppler-base renal arterial resistive index. *Intensive Care Med*;32(10):1553-1559. doi:10.1007/s00134-006-0360-x.
39. Zhi H, Zhang M, Cui X, Li Y. (2019). Renal echography and cystatin C for prediction of acute kidney injury: very different in patients with cardiac failure or sepsis. *Zhonghua Wei Zhong Bing Ji Jiu Yi Xue*. Oct;31(10):1258-1263. Chinese. doi: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2019.10.015.
40. Kuznetsova T, Cauwenberghs N, Knez J, et al. (2015). Doppler index of left ventricular systolic and diastolic Flow and central pulse pressure in relation to renal resistive index. *AmJHypertens*;28(4):535-545. doi:10.1093/ajh/hpu185.
41. Legrand M, Kellum J A. (2018). Serum Creatinine in the Critically Ill Patient With Sepsis. *JAMA*;320(22):2369-2370. doi:10.1001/jama.2018.16627.

ANEXOS

Estrategia de recolección de datos

Se diseñó una hoja de recolección de datos con las variables de estudio incluidas para aplicar al momento del ingreso de los pacientes a la Unidad de cuidados intensivos.

HOJA DE RECOLECCION DE DATOS

PROTOCOLO DE INVESTIGACION

NOMBRE DEL PACIENTE: _____ EDAD: _____

SEXO: _____ NHC: _____ FECHA DE INGRESO: _____

DIAGNOSTICO: _____ ETIOLOGIA: _____

PARAMETROS	INGRESO	24 HORAS
Determinación de creatinina		
índice urinario		
Niveles de Creatinincinasa		
índice resistivo renal		

ABREVIATURAS

RM	Rabdomiólisis
CK	Creatincinasa
Crs	Creatinina sérica
ERO	Radicales de hierro libre
LRA	Lesión renal aguda
RFR	Reserva funcional renal
TFG	Tasa de filtrado glomerular
NTA	Necrosis tubular aguda
KDIGO	Kidney Disease: Improving Global Outcomes.
RIFLE	Riesgo, Lesión, Falla, Pérdida de la Función, Estado Terminal.
AKIN	Acute kidney injury network.
SOFA	Evaluación de insuficiencia orgánica secuencial
TRRC	Terapia de reemplazo renal continuo
CEUS	Ultrasonido con ecografía con contraste.
POCUS	Point of Care Ultrasound
IRR	Índice de resistencia renal
RVR	Resistencia vascular renal
DVIR	Flujo intrarrenal venoso Doppler
UCI	Unidad de Cuidados Intensivos
SSCDMX	Secretaría de salud de la Ciudad de México.