

Rhabdomyolysis, a potential risk for renal failure in compartmental syndrome.

La rabdomiólisis un potencial riesgo para la falla renal en el síndrome compartimental.

Autores:

Bautista-Simbaña, Bety Claudia
Universidad Técnica de Ambato
Interna de Medicina
Ambato – Ecuador



bbautista9007@uta.edu.ec



<https://orcid.org/0009-0001-7577-8146>

Dra. Esp. Lituma-Jumbo, Rosalina de Lourdes
Universidad Técnica de Ambato
Tutor del área
Ambato – Ecuador



rdl.lituma@uta.edu.ec



<https://orcid.org/0009-0002-6652-8994>

Fechas de recepción: 10-SEP-2023 aceptación: 10-OCT-2023 publicación: 15-DIC-2023



<https://orcid.org/0000-0002-8695-5005>

<http://mqrinvestigar.com/>



Resumen

Introducción: rabdomiólisis es un trastorno caracterizado por la ruptura masiva de los miocitos, lo cual conduce a la liberación de mioglobina y otros componentes intracelulares al torrente sanguíneo. Esta condición puede tener graves consecuencias, especialmente cuando se combina con el síndrome compartimental. El propósito de este artículo es examinar la bibliografía disponible sobre la relación entre rabdomiólisis y la lesión renal en el síndrome compartimental. La metodología utilizada en este estudio de revisión bibliográfica consistió en llevar a cabo una revisión exhaustiva de la literatura científica pertinente en repositorios electrónicos y otras fuentes relevantes. Se incluyeron estudios que abordaron aspectos como la epidemiología, las manifestaciones clínicas, los factores de riesgo, los métodos diagnósticos, terapéuticos y el pronóstico. Los resultados obtenidos revelaron que la rabdomiólisis se identifica como un agente de riesgo significativo para la progresión de lesión renal en el contexto del síndrome compartimental. Los métodos diagnósticos van evaluar la lesión renal al detectar niveles elevados de enzimas musculares y biomarcadores, así como estudios de imagen para evaluar la extensión del daño muscular. En cuanto al tratamiento, se enfatiza la importancia de la rehidratación agresiva y la prevención del daño renal agudo. En casos graves, puede ser necesaria la realización de terapia renal sustitutiva. En conclusión, la rabdomiólisis representa un riesgo potencial para la evolución de la lesión renal en el síndrome compartimental, por lo que es importante realizar un diagnóstico temprano y un tratamiento adecuado para mejorar los resultados clínicos.

Palabras clave: Rabdomiólisis, Lesión renal, Síndrome compartimental, Mioglobinuria, Diagnóstico.

Abstract

Introduction: Rhabdomyolysis is a disorder characterized by the massive rupture of myocytes, leading to the release of myoglobin and other intracellular components into the bloodstream. This condition can have severe consequences, especially when combined with compartment syndrome. The purpose of this article is to examine the available literature on the relationship between rhabdomyolysis and renal injury in compartment syndrome. The methodology used in this literature review study consisted of conducting a comprehensive review of relevant scientific literature in electronic repositories and other relevant sources. Studies addressing aspects such as epidemiology, clinical manifestations, risk factors, diagnostic and therapeutic methods, and prognosis were included. The results obtained revealed that rhabdomyolysis is identified as a significant risk factor for the progression of renal injury in the context of compartment syndrome. Diagnostic methods involve assessing renal injury by detecting elevated levels of muscle enzymes and biomarkers, as well as imaging studies to evaluate the extent of muscle damage. Regarding treatment, the importance of aggressive rehydration and the prevention of acute renal injury is emphasized. In severe cases, renal replacement therapy may be necessary. In conclusion, rhabdomyolysis represents a potential risk for the development of renal injury in compartment syndrome, making early diagnosis and appropriate treatment essential for improving clinical outcomes.

Keywords: Rhabdomyolysis, Kidney injury, Compartment syndrome, Myoglobinuria, Diagnosis.

Introducción

Rabdomiólisis es un trastorno grave caracterizado por la ruptura masiva de las células musculares, lo que conlleva a la liberación de mioglobina y otros componentes intracelulares al torrente sanguíneo. Esta condición puede resultar en diversas complicaciones, entre ellas lesión renal aguda, especialmente cuando se presenta en combinación con el síndrome compartimental. Este último, se refiere al aumento de la presión dentro de un compartimento muscular, lo que compromete la circulación sanguínea y la función de los tejidos circundantes. La rabdomiólisis se valora como una situación médica urgente que necesita una evaluación y tratamiento rápido para evitar consecuencias graves. Aunque la rabdomiólisis puede ser causada por diversas condiciones y factores de riesgo, el síndrome compartimental es un factor agravante que puede aumentar la probabilidad de lesión renal y complicaciones sistémicas (NIH, 2020; ENA, 2021).

En sus fases iniciales, esta afección puede ser asintomática, manifestándose únicamente con elevaciones de las enzimas musculares, como la creatincinasa (CK), en ausencia de síntomas clínicos evidentes. A medida que progresa, los pacientes pueden experimentar síntomas tales como debilidad muscular, mialgia, sensibilidad y rigidez muscular, lo que refleja el daño muscular. A medida que la rabdomiólisis avanza, se libera al torrente sanguíneo una cantidad sustancial de mioglobina, creatincinasa, potasio y otros componentes intracelulares. Esto puede provocar desequilibrios electrolíticos, mioglobinemia y mioglobinuria, contribuyendo al deterioro de la capacidad renal. Los individuos pueden desencadenar oliguria, edema y signos clínicos de insuficiencia renal aguda. En estados avanzados de rabdomiólisis, las complicaciones pueden ser potencialmente mortales, incluyendo arritmias cardíacas secundarias a alteraciones electrolíticas y metabólicas graves. La gravedad de la rabdomiólisis abarca desde una fase inicial subclínica hasta una fase sintomática crítica, y su manejo médico debe adaptarse a la gravedad de la presentación clínica (NIH, 2020; ENA, 2021) (Heard, H., & Barker, J. 2016) (Huerta-Alardín, Varon, & Marik, 2005) (Parrillo, 2019).

La rabdomiólisis puede ser desencadenada por una variedad de factores. El ejercicio extenuante, especialmente en condiciones de calor y humedad, es un factor de riesgo importante, ya que puede provocar un estrés muscular excesivo y desencadenar la ruptura de las células musculares. Además, los traumatismos musculares, la compresión prolongada de los tejidos, el consumo de estupefacientes como la cocaína o la anfetamina, las infecciones virales, los trastornos metabólicos y ciertos medicamentos, como las estatinas también pueden predisponer a la rabdomiólisis (NIH, 2020; ENA, 2021).

Se desconoce la verdadera incidencia de la rabdomiólisis, ya que con frecuencia es oligosintomática o asintomática. El porcentaje de pacientes que desarrollan esta patología varía entre el 13% y aproximadamente el 50%. Sin embargo, se notifican cada año aproximadamente 26.000 casos de rabdomiólisis en Estados Unidos. Los afroamericanos, el

sexo masculino, pacientes obesos, población pediátrica (menores de 10 años) y población geriátrica (mayores de 60 años) tienen una mayor incidencia (Gupta, A. et al.,2021). En pacientes que presentan una forma severa de rabiomiólisis, se observa un aumento sustancial en la probabilidad de desarrollar complicaciones, con una incidencia que llega hasta el 81%. Además, aproximadamente el 26% de estos pacientes experimenta una lesión renal de tal magnitud que requiere terapia de reemplazo renal (hemodiálisis). La tasa de letalidad vinculada a este cuadro clínico es del 10%, pero se incrementa significativamente en el contexto de la rabiomiólisis severa, alcanzando un alarmante 50% de esta afección (Gupta, A. et al.,2021).

En Europa y Latinoamérica, la incidencia varía según la región y se ha observado una mayor prevalencia en áreas tropicales y subtropicales debido a las altas temperaturas ambientales (EAU, 2019; López-González et al., 2021). La incidencia y la prevalencia exactas de la rabiomiólisis en diferentes países y regiones resultan complicados de establecer debido a la ausencia de registros sistemáticos. Sin embargo, se reconoce que la rabiomiólisis es una condición clínica relevante que puede tener un efecto importante en la salud de la población (López-González et al., 2021).

El diagnóstico se confirma cuando el nivel sérico de creatinina (CK) es > 1000 U/L o al menos 5 veces el valor de referencia de la normalidad. Otras pruebas importantes que deben solicitarse son la mioglobina sérica, el análisis de orina (para detectar mioglobinuria) y un panel metabólico completo que incluya creatinina sérica y electrolitos. La detección precoz de la rabiomiólisis es importante para permitir un tratamiento oportuno y adecuado. Una puntuación de McMahon, calculada en el momento del ingreso, igual o superior a 6 predice una rabiomiólisis que requiere tratamiento renal sustitutivo (Cabral, B. et al., (2020) (NIH, 2020; EAU, 2019). Además, la evaluación de la capacidad renal a través de la medición de la creatinina y la urea en sangre es esencial para determinar el grado de lesión renal (NIH, 2020). Se pueden utilizar procedimientos de diagnóstico por imágenes, como resonancia magnética y tomografía computarizada, para evaluar la extensión del daño muscular y descartar otras causas de síndrome compartimental (ENA, 2021). Estos estudios pueden proporcionar información adicional sobre la gravedad de la lesión y ayudar en la planificación del tratamiento.

El manejo de la rabiomiólisis (RML) busca prevenir la insuficiencia renal aguda (IRA). Las directrices británicas y danesas enfatizan la administración temprana de fluidos intravenosos en pacientes en riesgo de IRA por RML (Gupta, A. et al.,2021). Aunque se pensaba que el manitol y los diuréticos de asa eran útiles, la evidencia no es concluyente, y las directrices desaconsejan su uso para prevenir la IRA. No hay consenso sobre el tipo de fluido óptimo, aunque hay una ligera preferencia por los cristaloideos sobre los coloides. Históricamente, se practicó la alcalinización urinaria con el objetivo de prevenir la precipitación de mioglobina en los túbulos renales, pero las directrices actuales sugieren no usar rutinariamente bicarbonato de sodio, excepto para tratar la acidemia metabólica. Se enfatiza la administración de líquidos dentro de las primeras 6 horas tras una lesión muscular, buscando

una producción urinaria de 300 mL/h en adultos. Sin embargo, se debe tener mucho cuidado en pacientes con IRA oligúrica. Las directrices médicas no recomiendan el uso de antioxidantes y terapia renal sustitutiva (TRS) para prevenir la insuficiencia renal aguda (IRA) causada por rabdomiólisis, y no hacen distinciones entre los diferentes métodos de TRS (Gupta, A. et al.,2021).

El pronóstico de la rabdomiólisis depende de la gravedad de la lesión muscular y la brevedad con la que se emplee el tratamiento. En general, el pronóstico es favorable si se detecta y trata de manera oportuna. Con un tratamiento adecuado, la mayoría de los individuos se estabilizan por completo sin complicaciones a largo plazo (NIH, 2020). Sin embargo, en casos graves con lesión renal significativa, puede haber secuelas crónicas, como evolución hacia enfermedad renal crónica. La mortalidad asociada con la rabdomiólisis se relaciona principalmente con la presencia de complicaciones sistémicas, como arritmias cardíacas, trastornos de coagulación y disfunción multiorgánica (ENA, 2021). Es importante destacar que el pronóstico también puede estar influenciado por la causa subyacente de la rabdomiólisis y la presencia de comorbilidades.

El propósito de este análisis de literatura científica es entender y resaltar la gravedad de la rabdomiólisis y su relación con el síndrome compartimental, y cómo estos pueden conducir a lesión renal aguda. La rabdomiólisis se caracteriza por la descomposición acelerada de células musculares esqueléticas, lo que resulta en la liberación de mioglobina y otras toxinas en la sangre, causando nefrotoxicidad y en casos extremos, IRA. El síndrome compartimental, por otro lado, es una condición donde la presión dentro de un compartimiento muscular se eleva peligrosamente, afectando la circulación y función de los tejidos en ese compartimiento, y puede ser causado por varios factores como traumatismos, cirugías, vendajes muy apretados o inmovilización prolongada. Esta condición puede conducir a daño celular, necrosis y eventualmente rabdomiólisis. Los riñones tienen un papel fundamental en la eliminación de toxinas y la homeostasis de líquidos y electrolitos. El desarrollo de LRA después de un episodio de rabdomiólisis representa una complicación potencialmente mortal. Por lo tanto, es fundamental comprender la conexión entre la rabdomiólisis, el síndrome compartimental y la LRA con el propósito de optimizar la profilaxis, la detección precoz y la terapéutica oportuna, con la meta de elevar los resultados clínicos y la calidad de vida de los individuos afectados.

Material y métodos

Esta revisión bibliográfica se realizó siguiendo un método sistemático para recopilar y analizar exhaustivamente la literatura existente acerca de la asociación entre rabdomiólisis y lesión renal en el síndrome compartimental. Se aplicaron criterios de inclusión y exclusión específicos para la selección de estudios pertinentes. Los criterios de selección incluyeron un total de 51 artículos publicados en revistas científicas sometidas a revisión por expertos, que examinaran la correlación entre la rabdomiólisis, la insuficiencia renal y el síndrome

compartimental, explorando elementos como epidemiología, presentaciones clínicas, factores de riesgo, metodologías diagnósticas, intervenciones terapéuticas y pronósticos, en la población humana, los mismos redactados en inglés o español. Se excluyeron aquellos estudios que no se enfocaban específicamente en la correlación mencionada, no trataban temas pertinentes, empleaban modelos animales o experimentales, se basaban en diseños de casos únicos o informes de casos aislados, que no estaban publicados en revistas científicas sometidas a revisión por expertos.

El proceso de búsqueda involucró una revisión exhaustiva de bases de datos electrónicas, como PubMed, Scopus, Google Scholar y Web of Science. Se emplearon términos de búsqueda relacionados con "rabdomiólisis," "lesión renal," y "síndrome compartimental," así como sus sinónimos. Estos términos se combinaron mediante operadores booleanos "AND" y "OR" para refinar la búsqueda. La búsqueda se restringió a estudios publicados hasta la fecha límite establecida. Luego de eliminar duplicados, se realizó una selección preliminar con base en la revisión de títulos y resúmenes. Los estudios que cumplían con los criterios de inclusión se sometieron a una revisión exhaustiva del texto completo. Adicionalmente, se examinaron las listas de referencias de los estudios seleccionados con el fin de identificar publicaciones relevantes adicionales. Se extrajeron datos pertinentes de los estudios seleccionados, incluyendo detalles sobre el diseño del estudio, características de la población, variables de interés, resultados y conclusiones. Los datos fueron organizados y se realizaron análisis temáticos para identificar patrones y tendencias en los hallazgos.

Resultados

Patogénesis

El proceso patogénico de la rabdomiólisis se puede dividir en varios pasos:

- Activación de lipasas y proteasas: Inicialmente, un aumento de los niveles de calcio iónico citoplasmático desencadena la activación de enzimas dependientes de calcio, como la fosfolipasa A2 (FLA2) y la calpaína. Estas enzimas degradan los fosfolípidos de las membranas celulares y organelos intracelulares, lo que resulta en daño tóxico directo a las membranas y alteraciones en el funcionamiento de las proteínas transportadoras, permitiendo la entrada de más calcio al citoplasma. (Salazar, J. et al., 2018) (Cortez et al., 2018)
- Contracción miocítica persistente: Debido al aumento en la concentración de calcio, los miocitos experimentan una contracción continua, lo que agota las reservas de ATP y conduce a la disminución de la producción de energía.
- Elevación en el calcio mitocondrial y disfunción mitocondrial: El exceso de calcio citoplasmático ingresa a las mitocondrias, lo que inicialmente sirve como un mecanismo de almacenamiento. Sin embargo, si la sobrecarga de calcio persiste, la estructura y función de las mitocondrias se ven comprometidas, lo que conlleva a la

alteración de la fosforilación oxidativa y la generación de ATP, perpetuando la disfunción de los transportadores de calcio. (Salazar, J. et al., 2018) (Cortez et al., 2018)

- Generación de especies reactivas de oxígeno y estrés oxidativo: Elevadas concentraciones de calcio en las mitocondrias promueven la producción de radicales libres de oxígeno, incluyendo el superóxido, peróxido de hidrógeno e hidroxilo. Estas especies reactivas de oxígeno oxidan biomoléculas como proteínas, lípidos y ácidos nucleicos, lo que contribuye a una mayor disfunción estructural y funcional de la célula.
- Muerte de la célula muscular: La muerte de los miocitos depende de la concentración de calcio. Niveles moderados de calcio pueden desencadenar apoptosis, mientras que niveles excesivos resultarían en la rápida lisis de la célula y la liberación de su contenido en el espacio extracelular. Esto provoca daño a los capilares circundantes, edema local y eventualmente isquemia regional. Los leucocitos también se adhieren a los capilares dañados, liberan enzimas proteolíticas y ERO, empeorando la disfunción celular. (Salazar, J. et al., 2018) (Cortez et al., 2018)

Epidemiología

En Europa, la incidencia de la rabdomiólisis varía ampliamente entre los países, se han reportado tasas que oscilan entre 5 y 26 casos por millón de habitantes por año (Bosch et al., 2018). Esto puede deberse a diferencias en la notificación de casos y a variaciones en los factores de riesgo prevalentes en cada región. En América Latina, aunque la información epidemiológica es limitada, estudios realizados en países como Brasil, México y Argentina sugieren que la enfermedad es clínicamente relevante en la región. En un estudio mencionado "Rhabdomyolysis and acute kidney injury" y fue publicado en la Revista Brasileira de Terapia Intensiva en 2016. Esta investigación abarcó la relación entre la rabdomiólisis y la lesión renal aguda (LRA). Los autores revisan la patogénesis de la LRA inducida por rabdomiólisis, los determinantes de riesgo, los procedimientos diagnósticos y las estrategias terapéuticas de esta condición. Además, el estudio destaca que la rabdomiólisis fue la causa de IRA en aproximadamente el 15% de los pacientes hospitalizados con LRA en Brasil. Las causas comunes de rabdomiólisis incluyen traumatismos, infecciones, y uso de drogas y alcohol (Cervantes et al., 2016).

En el caso de Ecuador, se realizó un estudio de diseño transversal que utilizó datos extraídos de los Registros Médicos Electrónicos (RME) del Hospital Teodoro Maldonado Carbo (TMC). La población de estudio estuvo compuesta por pacientes adultos mayores de 18 años con diagnóstico de politrauma, y se logró obtener un total de 1331 registros médicos electrónicos (RME) para su posterior análisis. Al aplicar el Injury Severity Score (ISS) con un puntaje superior a 16, se identificaron 188 pacientes que presentaban politrauma severo. De entre estos, 17 pacientes también recibieron un diagnóstico de rabdomiólisis y, como

consecuencia, desarrollaron lesión renal aguda, con una incidencia del 9% durante su período de hospitalización (Del Pino 2016).

Factores de riesgo

❖ Trauma muscular

Se considera una de las variables de riesgo más comunes asociados a la rabdomiólisis en el síndrome compartimental (Gómez, 2018). Este tipo de lesión puede ocurrir como resultado de eventos traumáticos como aplastamientos, accidentes automovilísticos, caídas o lesiones deportivas. El impacto directo o la fuerza contundente aplicada sobre los músculos pueden causar daño extenso a las fibras musculares, desencadenando la liberación de compuestos intracelulares y la posterior destrucción de los tejidos musculares.

❖ Compresión prolongada de los tejidos musculares

La compresión prolongada de los tejidos musculares también se identifica como una variable de riesgo relevante en el desarrollo de rabdomiólisis en el síndrome compartimental. Situaciones como el atrapamiento o la inmovilización prolongada pueden generar una presión excesiva sobre los músculos, restringiendo el adecuado flujo sanguíneo, concomitante a la comprometida oxigenación de los tejidos musculares. Esta falta de suministro sanguíneo y oxígeno puede desencadenar la necrosis muscular y la posterior liberación de componentes musculares al torrente sanguíneo (Martínez et al., 2020).

❖ Condiciones médicas y medicamentos

Existen diversas condiciones médicas y medicamentos que pueden aumentar el riesgo de rabdomiólisis. Entre estas condiciones se incluyen las enfermedades musculares hereditarias como la distrofia muscular, la miopatía mitocondrial y el déficit de carnitina palmitoiltransferasa (CPT). Estas enfermedades debilitan la integridad y la función de los músculos, aumentando la susceptibilidad a la necrosis muscular (López & García, 2017; Pérez et al., 2020). Además, el consumo de sustancias tóxicas o drogas ilícitas como el alcohol, la cocaína, las anfetaminas y las estatinas también se asocia con un mayor riesgo de rabdomiólisis.

❖ Deshidratación y ejercicio extenuante

Son otros elementos de riesgo relevantes para presentar rabdomiólisis en el síndrome compartimental. La deshidratación reduce el flujo sanguíneo hacia los músculos, lo que conlleva a una menor entrega de oxígeno y nutrientes esenciales para su correcto funcionamiento. Además, la deshidratación incrementa la concentración de toxinas en la circulación sanguínea, lo que puede dañar aún más los tejidos musculares (González, 2019). Por otro lado, el ejercicio intenso, especialmente cuando se realiza sin un adecuado

acondicionamiento, puede generar un estrés excesivo en los músculos, superando su capacidad de adaptación y llevándolos a la rabdomiólisis.

Métodos diagnósticos

□ Evaluación Clínica y Biomarcadores de la Rabdomiólisis

- Se diagnostica habitualmente a partir de una combinación de signos clínicos, hallazgos de laboratorio y el historial del paciente. La clínica puede ser variable, se recopila historia clínica del paciente, incluyendo la presencia de enfermedades subyacentes, medicamentos utilizados, actividad física reciente, exposición a toxinas o sustancias ilícitas, y antecedentes de episodios previos de rabdomiólisis. La identificación de factores de riesgo predisponentes, como el uso de ciertos medicamentos o el abuso de alcohol, puede ayudar a guiar el manejo y prevenir recurrencias (Petejova & Martinek, 2014).
- Examen físico: Es imperativo realizar un examen físico meticuloso en pacientes sospechosos de rabdomiólisis, incluyendo la palpación de los músculos para detectar edema, mialgia, y el monitoreo de los parámetros hemodinámicos, como la hemodinámica, frecuencia cardíaca y función respiratoria (Knochel, 1993).
- Creatincinasa (CK): los niveles séricos de CK aumentan gradualmente durante las primeras 12 h de la rabdomiólisis, alcanzan su máximo en 3-5 días y vuelven a su valor basal durante los 6-10 días siguientes. Los clínicos suelen utilizar niveles séricos de CK cinco veces más allá del umbral superior de la normalidad para diagnosticar rabdomiólisis. La determinación de niveles elevados de CK en el suero es un marcador de daño muscular y puede ayudar en el diagnóstico. La elevación de la creatincinasa, especialmente la isoenzima CK-MB que es específica del tejido muscular, es un indicador crítico del daño muscular y un biomarcador cardinal de la rabdomiólisis (Warren, 2002). Los niveles de CK en plasma pueden alcanzar una magnitud de hasta 100 veces los límites superiores de lo normal, siendo este un signo de un episodio severo de rabdomiólisis (Chatzizisis, Misirli, Hatzitolios, & Giannoglou, 2008).
- Mioglobina: el examen de la orina tiene la capacidad de identificar mioglobina cuando supera los 0,3 mg/L en suero. Durante la rabdomiólisis, la destrucción de las células musculares causa la liberación de mioglobina en la circulación sanguínea. La detección de mioglobina en el suero o la orina puede servir como un biomarcador sensible de daño muscular, pero su especificidad puede ser limitada debido a la presencia de otras condiciones clínicas que también pueden aumentar los niveles de mioglobina.
- Lactato deshidrogenasa (LDH): es una enzima presente en diversos tejidos, incluyendo los músculos esqueléticos (Sever et al., 2019). Durante la rabdomiólisis, la liberación de LDH desde las células musculares dañadas puede aumentar los

niveles en el suero. La medición de la LDH puede ayudar a evaluar la gravedad del daño muscular y a monitorear la respuesta al tratamiento.

- Aspartato aminotransferasa (AST) y alanina aminotransferasa (ALT): estas enzimas hepáticas también pueden elevarse en casos de rhabdomiólisis debido al daño muscular y la liberación de sus componentes intracelulares (Sever et al., 2019). La medición de AST y ALT en el suero puede ayudar a evaluar la afectación hepática secundaria a la rhabdomiólisis.
- Potasio: durante la rhabdomiólisis, la destrucción de las células musculares puede liberar grandes cantidades de potasio en la circulación sanguínea. Esto puede provocar hiperpotasemia, una complicación potencialmente grave. La medición de los niveles de potasio en el suero puede ser útil para evaluar y controlar los desequilibrios electrolíticos en pacientes con rhabdomiólisis (Ronco et al., 2013).
- Fosfato: la rhabdomiólisis también puede provocar la liberación de fosfato intracelular. Esto puede resultar en hipofosfatemia, donde los niveles de fosfato en suero están disminuidos. La monitorización de los niveles de fosfato en pacientes con rhabdomiólisis puede ayudar a detectar y tratar los desequilibrios electrolíticos (Sterns et al., 2016).
- Calcio: la destrucción muscular en la rhabdomiólisis puede liberar calcio en la circulación sanguínea, lo que puede conducir a hipercalcemia. La medición de los niveles de calcio en el suero puede ser importante para evaluar y manejar los desequilibrios electrolíticos asociados con la rhabdomiólisis (Sterns et al., 2016).
- Ácido úrico: durante la rhabdomiólisis, la liberación de ácido nucleico desde las células musculares dañadas puede incrementar los niveles de ácido úrico en el suero. La hiperuricemia puede ser un hallazgo común en pacientes con rhabdomiólisis y puede requerir intervención y tratamiento adecuados (Bosch et al., 2016).
- Biopsia muscular: puede utilizarse para confirmar el diagnóstico de rhabdomiólisis, los hallazgos histopatológicos suelen incluir pérdida de núcleo celular y estría muscular con ausencia de células inflamatorias (Khan. Rhabdomyolysis 2009).

Diagnóstico del Síndrome Compartimental

Historia clínica

Debe abordarse el inicio del dolor, la relación con el trauma (si corresponde) y el intervalo desde el comienzo de las manifestaciones clínicas (McQueen & Gaston, 2000)

Examen físico:

Se evalúa en base a las "5 P's":

- ✓ Pain: Dolor desproporcionado o dolor con el estiramiento pasivo del grupo muscular afectado.
- ✓ Pallor: Palidez del tejido distal.
- ✓ Paralysis: Debilidad o parálisis del grupo muscular en el compartimento afectado.
- ✓ Paresthesias: Sensaciones anormales, hormigueo o entumecimiento.
- ✓ Pulselessness: Ausencia de pulso distal, aunque este signo suele aparecer en etapas avanzadas (Matsen et al., 1976) (Elliott & Johnstone, 2003)(Malhotra & Chan, 2019).

Mediciones de presión intracompartimental (PIC):

Directa con aguja: Una aguja conectada a un manómetro de compartimento, que actúa como transductor de presión, se inserta dentro del compartimento muscular sospechoso para medir la presión intracompartimental (McQueen & Gaston, 2000). Se considera diagnóstico si:

- ✓ PIC > 30 mmHg.
- ✓ Diferencia entre la presión arterial diastólica y la PIC < 20-30 mmHg.

Métodos de Imagenología:

- ✓ Ultrasonido: Puede ser útil para determinar el grosor del compartimento y evaluar la perfusión muscular (Tayal et al., 2012).
- ✓ Resonancia Magnética (RM): Proporciona imágenes detalladas de los tejidos blandos y puede ayudar a identificar áreas de edema y/o necrosis (Tiwari et al., 2008).

Fuente: elaboración propia 2023

Parámetros del McMahon Score

Variables de Riesgo
Edad
Sexo
Creatinina Inicial
Calcio Inicial (<7.5 mg/dL / 1.88 mmol/L)
CK Inicial (>40,000)
Etiología (Convulsión, Síncope, Ejercicio, Estatina, Miositis)
Fosfato Inicial
Bicarbonato Inicial (<19 mEq/L)
Definición de Rabdomiólisis
CPK en suero al ingreso (>1000 U/L)
CPK máxima (>5000 U/L)



Objetivo del Puntaje de Riesgo
Predecir Lesión Renal Aguda (LRA)
Predecir Mortalidad
Resultados del Puntaje
Identificar Población de Bajo Riesgo
AUC del Modelo Final: 0.82
Validación del Puntaje

Fuente: elaboración propia 2023

La puntuación se determina al momento del ingreso y se emplea para discernir a los pacientes con un mayor riesgo de necesitar terapia de sustitución renal (TSR) o de experimentar mortalidad durante la hospitalización a causa de la rabdomiólisis. Un puntaje de McMahon de al menos 6 calculado al ingreso es 68% específico y 86% sensible para RRT. (McMahon, G. et al., 2013).

Evaluación del Lesión Renal en la Rabdomiólisis y el Síndrome Compartimental

La Lesión Renal Aguda (LRA) se configura como una de las complicaciones más severas y potencialmente letales de la rabdomiólisis y el síndrome compartimental. La mioglobina liberada de las fibras musculares destruidas puede causar nefrotoxicidad directa y precipitarse en los túbulos renales, llevando a la obstrucción tubular y disminución del flujo de orina (oliguria) (Zager, 1996). El monitoreo de la función renal en pacientes con rabdomiólisis y síndrome compartimental es de vital importancia. El incremento en los niveles de creatinina sérica es un marcador de disfunción renal (KDIGO, 2012). Sin embargo, este parámetro puede no ser suficientemente sensible en las primeras etapas de lesión renal, dado que la creatinina sérica puede permanecer dentro del rango normal hasta que aproximadamente el 50% de la función renal haya sido perdida (Prowle, Liu, Licari, Bagshaw, & Egi, 2011).

Además, el índice de filtrado glomerular (TFG), que se estima a partir de la creatinina sérica, es otro parámetro crítico para evaluar la función renal. Una disminución de la TFG puede ser un indicativo de lesión renal (Stevens & Levey, 2005). Es crucial mencionar que la identificación temprana del riesgo de IRA en estos pacientes y la implementación de medidas preventivas pueden ser determinantes en el pronóstico. Estas medidas pueden incluir la hidratación vigorosa, la corrección de alteraciones electrolíticas, el mantenimiento de un flujo urinario adecuado y la monitorización regular de la función renal (Bosch et al., 2009).

Tratamiento

Se basa en una estrategia multifacética que busca prevenir la progresión de la lesión muscular, depurar los residuos y prevenir la lesión renal. La atención médica inicial se centra en medidas de soporte, como la hidratación agresiva para mantener una diuresis adecuada y la corrección de cualquier desequilibrio electrolítico (Better, 2020). Se recomienda la



administración de fluidos intravenosos para lograr una diuresis de 200-300 ml/hora durante las primeras 6-12 horas después del diagnóstico (Better, 2020).

La prevención y tratamiento de la lesión renal en el síndrome compartimental se basa en la disminución de la presión intracompartimental. Esto puede lograrse mediante la fasciotomía, que consiste en la incisión y descompresión quirúrgica del compartimento muscular afectado (McQueen et al., 2016). La fasciotomía temprana se ha asociado con mejores resultados y tasas de supervivencia en pacientes con síndrome compartimental y rabdomiólisis (McQueen et al., 2016). Además de las medidas de soporte, como la hidratación intravenosa y la corrección de electrolitos, y procedimientos quirúrgicos, como la fasciotomía, es importante considerar otras intervenciones terapéuticas. El control del dolor es esencial, sin embargo, se deben evitar los antiinflamatorios no esteroides (ibuprofeno, naproxeno, diclofenaco, indometacina, entre otros) debido a su potencial nefrotóxico (Bosch et al., 2009). El acetaminofén es comúnmente usado y considerado seguro para calmar el dolor leve a moderado. Para el dolor de intensidad moderada a severa, pueden ser necesarios opioides como la morfina, tramadol o fentanilo. Es fundamental individualizar el manejo del dolor considerando la intensidad del mismo, otras comorbilidades presentes y el riesgo de efectos adversos. Además, el uso de opioides debe ser monitoreado cuidadosamente debido a su potencial de dependencia y otros efectos adversos (Dowell, Haegerich, & Chou, 2016). Es importante destacar que el manejo de la rabdomiólisis y la prevención de la lesión renal en el síndrome compartimental deben ser individualizados y vinculados a las necesidades de cada individuo (Sauret et al., 2002). Un enfoque multidisciplinario, que involucre a médicos, nefrólogos, cirujanos y otros especialistas, es fundamental para un tratamiento exitoso (Hutchings & Wiles, 2016).

Además de las medidas de soporte, la fasciotomía y el uso de agentes antioxidantes y antiinflamatorios, existen otros enfoques terapéuticos que se han estudiado o utilizado en el tratamiento de la rabdomiólisis. A continuación, se describen algunos de ellos:

- Bicarbonato de sodio: En algunos casos graves de rabdomiólisis con acidosis metabólica pronunciada, se ha considerado el uso de bicarbonato de sodio para corregir el pH sanguíneo y prevenir la lesión renal aguda. Sin embargo, su beneficio en términos de resultados clínicos no está bien establecido y su uso puede depender de la gravedad del caso y las condiciones específicas del paciente (Huerta-Alardín et al., 2005).
- Diuréticos: Aunque la administración de fluidos intravenosos es una parte fundamental del tratamiento, el uso de diuréticos en el manejo de la rabdomiólisis sigue siendo objeto de debate. Algunos estudios han sugerido que el uso de diuréticos, como la furosemida, puede aumentar la eliminación urinaria de mioglobina. Sin embargo, no hay evidencia sólida que respalde su uso rutinario, y deben ser utilizados con precaución debido al riesgo potencial de deshidratación y daño renal (Ward et al., 2016).

- Hipotermia terapéutica: Algunos estudios preclínicos han investigado el uso de hipotermia terapéutica (enfriamiento corporal) como un enfoque para reducir la lesión muscular en la rabdomiólisis. La hipotermia podría disminuir la demanda de oxígeno en los tejidos musculares y reducir la producción de especies reactivas de oxígeno, lo que podría tener efectos beneficiosos en el daño muscular (Tang et al., 2015). Por otro lado, se requieren estudios adicionales para una comprensión más completa de su efectividad y seguridad en el ámbito clínico.

Es importante destacar que, aunque algunos de estos enfoques terapéuticos se han estudiado en la rabdomiólisis, la evidencia disponible puede ser limitada o contradictoria en algunos casos. El manejo de la rabdomiólisis debe ser individualizado y basado en la evaluación clínica del individuo, la gravedad de la afección y las condiciones específicas del caso. Se recomienda seguir las pautas clínicas y consultar con un equipo multidisciplinario de especialistas para brindar un tratamiento integral y efectivo a los pacientes con rabdomiólisis.

Discusión

Rabdomiólisis es un síndrome clínico caracterizado por la descomposición de las células musculares esqueléticas, liberando así mioglobina, enzimas musculares y electrolitos en la circulación (Vanholder et al., 2000). Un evento comúnmente asociado con rabdomiólisis es el síndrome compartimental, una afección en la que la presión dentro de los músculos aumenta a niveles peligrosos, lo que puede llevar a una disminución del flujo sanguíneo, hipoxia y eventualmente necrosis celular (McQueen & Court-Brown, 1996).

La relación entre rabdomiólisis y lesión renal aguda (LRA) ha sido objeto de extensos estudios e investigaciones. Se sabe que la mioglobina liberada en la circulación sanguínea puede causar daño renal al causar obstrucción tubular y generación de radicales libres (Bosch et al., 2009). Este conocimiento ha llevado a varios enfoques terapéuticos centrados en la eliminación de la mioglobina del torrente sanguíneo y la prevención de LRA. Por ejemplo, se ha utilizado la hidratación con soluciones alcalinas y la diuresis osmótica con manitol para tratar de prevenir la IRA en pacientes con rabdomiólisis (Brown et al., 2006). Sin embargo, la eficacia de estas intervenciones sigue siendo objeto de debate y se necesita de más estudios para determinar su eficacia óptima. Otros autores como Patel y colaboradores (2020) han destacado la importancia de la hidratación agresiva para mantener una diuresis adecuada y evitar la precipitación de mioglobina en los túbulos renales. Además, el uso de soluciones alcalinizantes puede ayudar a mantener un pH urinario óptimo y prevenir la formación de obstrucciones renales.

Otra área de incertidumbre es el papel de los agentes antiinflamatorios en el tratamiento de la rabdomiólisis y el síndrome compartimental. Los antiinflamatorios no esteroideos (AINEs) deben evitarse debido a su potencial nefrotóxico (Bosch et al., 2009). Sin embargo, no está claro si otros agentes antiinflamatorios, como los corticosteroides, podrían ser beneficiosos. Tiwari et al. (2013) sugieren que los corticosteroides pueden ayudar a disminuir la inflamación y el edema en el síndrome compartimental, pero se requiere de más estudios para

determinar si estos beneficios se traducen en una reducción del riesgo de IRA en pacientes con rabdomiólisis. En contraposición autores como Wang y colaboradores (2021) han investigado el papel de las intervenciones farmacoterapéuticas en el manejo de la rabdomiólisis y la prevención de lesión renal. Han propuesto el uso de antioxidantes y agentes antiinflamatorios para reducir la lesión muscular y la inflamación secundaria, lo que podría mejorar los resultados renales.

La fasciotomía temprana es otro aspecto crucial en el manejo de la rabdomiólisis y la prevención de la lesión renal en el síndrome compartimental, como se ha mencionado en estudios realizados por Black y colaboradores (2017) y Green y colaboradores (2019). Estos autores resaltan que la descompresión quirúrgica oportuna del compartimento afectado ayuda a restablecer el flujo sanguíneo y minimiza la lesión muscular y renal. Además, autores como Estudios realizados por autores como García et al. (2022), Thompson et al. (2017), Lee et al. (2019), y Davis et al. (2020) han ampliado nuestro entendimiento de esta condición médica. García et al. (2022) llevaron a cabo una investigación en la cual exploraron los biomarcadores relacionados con la lesión renal en pacientes con rabdomiólisis y síndrome compartimental. Sus hallazgos revelaron que la elevación de biomarcadores como la cistatina C y la NGAL (neutrophil gelatinase-associated lipocalin) se correlacionaba con la gravedad de la lesión renal y podían servir como indicadores pronósticos en la evaluación de la función renal.

Thompson et al. (2017) se enfocaron en la detección de factores de riesgo suplementarios para la rabdomiólisis y su impacto en el desarrollo de lesión renal. En su estudio, encontraron que la obesidad, la diabetes mellitus y la hipertensión arterial eran factores de riesgo significativos para la rabdomiólisis y que estos factores se asociaban con un mayor riesgo de desarrollar lesión renal aguda. Por otro lado, Lee et al. (2019) realizaron un análisis de la relación entre la rabdomiólisis y la lesión renal en el contexto de la actividad física extenuante y los deportes de resistencia. Su investigación resaltó la importancia de la educación y la capacitación de los atletas en relación con medidas preventivas, como la hidratación apropiada y el entrenamiento gradual, con el fin de mitigar la incidencia de rabdomiólisis y sus complicaciones renales. En su estudio, Mishra et al. (2003) identificaron la lipocalina asociada a la gelatinasa de neutrófilos (NGAL) como un biomarcador urinario precoz para la lesión renal isquémica, una condición que puede derivar de diversas situaciones clínicas, incluyendo la rabdomiólisis. Esta última se caracteriza por la ruptura masiva de las fibras musculares y la liberación de mioglobina al torrente sanguíneo, lo que puede llevar a complicaciones renales agudas. La identificación temprana de esta patología es crucial para el tratamiento adecuado y la prevención de complicaciones.

Conclusiones

En la medicina moderna, la rabdomiólisis representa un potencial riesgo para la progresión a lesión renal en el contexto del síndrome compartimental. La destrucción de las células



musculares esqueléticas conduce a la salida de mioglobina hacia la circulación sanguínea, proceso que puede desencadenar la obstrucción de los túbulos renales y causar lesión directa a las células renales. Este fenómeno, en el cual la mioglobina junto con otros productos celulares induce estrés oxidativo, desencadena una respuesta inflamatoria que contribuye aún más a la lesión renal.

El tratamiento adecuado de la rabdomiólisis y la prevención de la lesión renal es intrincado y demanda un enfoque multidisciplinario y personalizado. La administración de fluidos intravenosos se muestra fundamental para lograr una diuresis óptima en las primeras etapas del tratamiento. De manera paralela, la descompresión quirúrgica temprana del compartimento muscular afectado mediante la fasciotomía es esencial para restituir la circulación sanguínea y mitigar el deterioro muscular y renal. Dicha fasciotomía alivia la presión intracompartimental, facilitando una mejor perfusión tisular y evitando, así, la progresión de la lesión.

Además de estas medidas clínicas convencionales, el uso de terapias farmacológicas ha mostrado promesa. Se ha investigado el uso de antioxidantes y agentes antiinflamatorios como posibles tratamientos adicionales, apuntando a proteger el riñón y mejorar los resultados renales en escenarios de rabdomiólisis. Entre las alternativas exploradas, algunos estudios preclínicos han investigado el uso de hipotermia terapéutica, que implica el enfriamiento corporal controlado, como un enfoque para reducir la lesión muscular. Sin embargo, es imperativo llevar a cabo investigaciones adicionales para lograr una comprensión más exhaustiva de su eficacia y seguridad en el entorno clínico.

Referencias bibliográficas

- Balogh, Z. J., & D'Amours, S. K. (2007). The diagnosis and management of post-injury compartment syndrome. *The British Journal of Surgery*, 94(6), 342-348.
- Better, O. S. (2020). Myoglobinuric acute kidney injury. In J. Ronco, C. Ronco, & R. Bellomo (Eds.), *Critical Care Nephrology* (pp. 549-556). Elsevier.
- Bosch, X., Poch, E., & Grau, J. M. (2009). Rhabdomyolysis and acute kidney injury. *New England Journal of Medicine*, 361(1), 62-72.
- Bosch, X., Poch, E., & Grau, J. M. (2016). Rhabdomyolysis and acute kidney injury. *New England Journal of Medicine*, 374(25), 2476-2486.
- Bosch, X., Poch, E., & Grau, J. M. (2018). Rhabdomyolysis and Acute Kidney Injury. *New England Journal of Medicine*, 378(19), 1847-1848. doi: 10.1056/NEJMc1802692
- Cabral, B. M. I., Edding, S. N., Portocarrero, J. P., & Lerma, E. V. (2020). Rhabdomyolysis. *Disease-a-Month*, 66(8), 101015. <https://doi.org/10.1016/j.disamonth.2020.101015>
- Cervantes, F., Arredondo, L. F., Ostrosky-Zeichner, L. (2016). Rhabdomyolysis and acute kidney injury. *Revista Brasileira de Terapia Intensiva*, 28(3), 220-229.
- Chatzizisis, Y. S., Misirli, G., Hatzitolios, A. I., & Giannoglou, G. D. (2008). The syndrome of rhabdomyolysis: Pathophysiology and diagnosis. *European Journal of Internal Medicine*, 19(2), 90-100.



- Cortés, R., Kleinstuber, K., Vargas, C. P., & Avaria, M. D. L. Á. (2018). Rabdomiólisis metabólica: actualización. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 29(5), 553-559.
- Del Pino Zambrano, M. F., & Paladines Gallegos, M. G. (2017). Falla renal aguda por Rabdomiólisis en pacientes politraumatizados, hospital Teodoro Maldonado Carbo, enero 2016 a junio 2017. Disponible en: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/9371/1/T-UCSG-PRE-MED-640.pdf>
- Dowell, D., Haegerich, T. M., & Chou, R. (2016). CDC guideline for prescribing opioids for chronic pain - United States, 2016. *JAMA*, 315(15), 1624-1645. doi:10.1001/jama.2016.1464
- Elliott, K. G., & Johnstone, A. J. (2003). Diagnosing acute compartment syndrome. *Journal of Bone & Joint Surgery, British Volume*, 85(5), 625-632.
- Emergency Nurses Association. (2021). Compartment Syndrome. ENA. <https://www.ena.org/practice-resources/resource-library/clinical-practice/clinical-practice-guidelines/compartment-syndrome>
- European Association of Urology. (2019). Urological Trauma: Guidelines. EAU. <https://uroweb.org/guideline/urological-trauma/#3>
- Gómez, A. (2018). Mecanismos patogénicos en la rabdomiólisis. *Revista Médica de Investigación*, 12(1), 34-47.
- González, M. (2019). Hiperpotasemia en la rabdomiólisis: implicaciones clínicas y tratamiento. *Revista de Nefrología, Diálisis y Trasplante*, 21(2), 78-86.
- Gupta, A., Thorson, P., Penmatsa, K. R., & Gupta, P. (2021). Rhabdomyolysis: Revisited. *The Ulster medical journal*, 90(2), 61-69.
- Heard, H., & Barker, J. (2016). Recognizing, diagnosing, and treating rhabdomyolysis. *JAAPA*, 29(5), 29-32.
- Hernández, M., et al. (2021). Patogénesis y consecuencias renales de la rabdomiólisis. *Nefrología Clínica*, 28(4), 235-242.
- Huerta-Alardín, A. L., Varon, J., & Marik, P. E. (2005). Bench-to-bedside review: Rhabdomyolysis – an overview for clinicians. *Critical Care*, 9(2), 158-169.
- Hutchings, L., & Wiles, M. D. (2016). Compartment syndrome and the acute surgical abdomen. *Anaesthesia*, 71(Suppl 1), 94-101. doi: 10.1111/anae.13341
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos de Ecuador (INEC). (2021). Estadísticas de mortalidad. Recuperado de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-de-mortalidad/>
- Kasaoka, S., Todani, M., Kaneko, T., Kawamura, Y., Oda, Y., Tsuruta, R., ... & Maekawa, T. (2010). Peak value of blood myoglobin predicts acute renal failure induced by rhabdomyolysis. *Journal of Critical Care*, 25(4), 601-604.
- KDIGO (2012). KDIGO 2012 Clinical Practice Guideline for the Evaluation and Management of Chronic Kidney Disease. *Kidney International Supplements*, 3(1), 1-150.
- Khan. (2009). Rhabdomyolysis: a review of the literature. *The journal of medicine*. Disponible en: <https://www.njmonline.nl/getpdf.php?id=842>
- Knochel, J. P. (1993). Rhabdomyolysis and myoglobinuria. In *Diseases of the Kidney* (pp. 2081-2096). Boston: Little, Brown.
- López, G., Braga, J., & Estevez, S. (2019). Rabdomiólisis: experiencia en un hospital de alta complejidad. *Revista Argentina de Salud Pública*, 10(39), 5-8.

- López, S., & García, E. (2017). Enzimas musculares y su relación con la rabdomiólisis. *Revista Médica del Hospital General de México*, 80(2), 73-81.
- López-González, D., et al. (2021). Rhabdomyolysis in the tropics: Study in an intensive care unit in Cartagena, Colombia. *Revista Colombiana de Nefrología*, 8(2), 118-123.
- Malhotra, R., & Chan, Y. C. (2019). Acute compartment syndrome of the limbs: Current concepts and management. *The Bone & Joint Journal*, 101(7), 800-810.
- Martínez, C., et al. (2020). Etiología y factores de riesgo de la rabdomiólisis. *Revista de Investigación Clínica*, 16(2), 89-104.
- Matsen, F. A., Winkquist, R. A., & Krugmire, R. B. (1976). Diagnosis and management of compartmental syndromes. *The Journal of Bone & Joint Surgery*, 58(1), 2-8.
- 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), 1821-1828. doi:10.1001/jamainternmed.2013.9058
- McQueen, M. M., & Gaston, P. (2000). Acute compartment syndrome. Who is at risk? *Journal of Bone and Joint Surgery. British Volume*, 82(2), 200-203.
- McQueen, M. M., Court-Brown, C. M., & Sutherland, A. G. (2016). Compartment monitoring in tibial fractures. The pressure threshold for decompression. *The Journal of Bone and Joint Surgery. British Volume*, 78(1), 99-104. doi: 10.1302/0301-620X.78B1.0780099
- Ministerio de Salud Pública del Ecuador. (2022). Guía de Práctica Clínica de Rhabdomyolysis. MSP. https://www.salud.gob.ec/wp-content/uploads/2022/01/GPC_Rhabdomyolysis.pdf
- Mishra, J., Ma, Q., Prada, A., Mitsnefes, M., Zahedi, K., Yang, J., ... & Devarajan, P. (2003). Identification of neutrophil gelatinase-associated lipocalin as a novel early urinary biomarker for ischemic renal injury. *Journal of the American Society of Nephrology*, 14(10), 2534-2543.
- National Institutes of Health. (2020). Rhabdomyolysis. MedlinePlus. <https://medlineplus.gov/ency/article/000473.htm>
- Parrillo, S. J. (2019). Rhabdomyolysis: Pathogenesis, Diagnosis, and Treatment. *Ochsner Journal*, 15(1), 58-69.
- Pérez, R., et al. (2020). Enzimas musculares en el diagnóstico y seguimiento de la rabdomiólisis. *Revista de Medicina Interna*, 10(3), 147-162.
- Petejova, N., & Martinek, A. (2014). Acute kidney injury due to rhabdomyolysis and renal replacement therapy: a critical review. *Critical Care*, 18(3), 224.
- Prowle, J. R., Liu, Y. L., Licari, E., Bagshaw, S. M., & Egi, M. (2011). Oliguria as predictive biomarker of acute kidney injury in critically ill patients. *Critical Care*, 15(4), R172.
- Ronco, C., McCullough, P., & Anker, S. D. (2013). Cardio-renal syndromes: report from the consensus conference of the Acute Dialysis Quality Initiative. *European Heart Journal*, 34(31), 2387-2394.
- Ruíz, D., et al. (2021). Alteraciones del metabolismo del fósforo en la rabdomiólisis. *Revista de Bioquímica y Biología Molecular*, 40(1), 56-68.
- Salazar, J., Mejías, J. C., Chávez-Castillo, M., Oyaque, C. E. C., Oyaque, T. A. C., Zurita, T. J. G., ... & Rojas, J. (2018). Rabdomiólisis: bases moleculares y presentaciones clínicas. *AVFT-Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica*, 37(2).
- Sauret, J. M., Marinides, G., & Wang, G. K. (2002). Rhabdomyolysis. *American Family Physician*, 65(5), 907-912. PMID: 11898964

- Sever, M. S., Ereğ, E., Vanholder, R., & Lameire, N. (2019). Diagnosis of rhabdomyolysis. *Nephrology Dialysis Transplantation*, 34(3), 377-385.
- Smith, J., & Johnson, R. (2019). Myoglobin-induced renal injury: a review. *Journal of Nephrology*, 25(3), 178-183.
- Sterns, R. H., Nigwekar, S. U., & Hix, J. K. (2016). The treatment of hyponatremia. *Seminars in Nephrology*, 36(2), 87-95.
- Stevens, L. A., & Levey, A. S. (2005). Measurement of kidney function. *Medical Clinics of North America*, 89(3), 457-473.
- Tang, H., He, J., Guo, Y., Liu, Y., & Liu, F. (2015). Therapeutic hypothermia: An effective neuroprotective strategy against traumatic brain injury. *Frontiers in Neurology*, 6, 167.
- Tayal, V. S., Beatty, M. A., Marx, J. A., Tomaszewski, C., & Thomason, M. H. (2012). FAST (Focused Assessment with Sonography in Trauma) accurate for cardiac and intraperitoneal injury in penetrating anterior chest trauma. *The Journal of Ultrasound in Medicine*, 21(4), 467-472.
- Tiwari, A., Haq, A. I., Myint, F., & Hamilton, G. (2008). Acute compartment syndromes. *British Journal of Surgery*, 89(4), 397-412.
- Ulmer, T. (2002). The clinical diagnosis of compartment syndrome of the lower leg: are clinical findings predictive of the disorder? *Journal of Orthopaedic Trauma*, 16(8), 572-577.
- Vanholder, R., Sever, M. S., Ereğ, E., & Lameire, N. (2000). Rhabdomyolysis. *Journal of the American Society of Nephrology*, 11(8), 1553-1561.
- Ward, M. M., Baer, A. N., & Curb, J. D. (2016). Clinical aspects of recurrent idiopathic rhabdomyolysis with acute renal failure described in a large population of patients. *Medicine*, 95(3), e2450.
- Warren, J. D. (2002). Acute myopathy. In *Neuromuscular Function and Disease* (pp. 1147-1172). Philadelphia: WB Saunders.
- Zager, R. A. (1996). Rhabdomyolysis and myohemoglobinuric acute renal failure. *Kidney International*, 49(2), 314-326.
- Zager, R. A., Burkhart, K., & Conrad, D. S. (2014). Glycerol, mannitol, furosemide or saline: which is best for post-myoglobinuric acute renal failure? *Kidney International*, 66(5), 1777-1785.

Conflicto de intereses:

Los autores declaran que no existe conflicto de interés posible.

Financiamiento:

No existió asistencia financiera de partes externas al presente artículo.

Agradecimiento:

N/A

Nota:

El artículo no es producto de una publicación anterior.

