

## Rabdomiólisis inducida por el ejercicio

### *Exercise-induced rhabdomyolysis*

Mariana Villalobos-Jiménez<sup>a</sup>, Yoel Merenstein-Hoffman<sup>a</sup>, Fabian Rodriguez-Palma<sup>1a</sup>,  
Camila Castro-Durán<sup>a</sup>, Ricardo Camacho-Morales<sup>2a</sup>.

### RESUMEN

La rabdomiólisis se trata de una patología caracterizada por la destrucción del tejido muscular esquelético y la consecuente liberación al torrente sanguíneo de sustancias intracelulares como creatinquinasa (CK), mioglobina, lactato deshidrogenado y electrolitos. Fisiopatológicamente, esta disrupción se produce fundamentalmente por un desbalance hidroelectrolítico intracelular, principalmente por el aumento del calcio citoplasmático, ocasionado por daños en la membrana de las fibras musculares o por la disminución de la producción de ATP. Si bien las posibles etiologías de este síndrome clínico son amplias, en esta revisión se enfatizará en la rabdomiólisis asociada al ejercicio físico; la cual se puede ver precipitada por la condición física y la experiencia deportiva, la intensidad y duración del ejercicio, el tipo de actividad física, los hábitos alimenticios y el ambiente donde se lleve a cabo el entrenamiento. Se enfatiza en el proceso diagnóstico de la patología, el manejo del cuadro basado principalmente en una hidratación adecuada y en las medidas preventivas a la hora de realizar ejercicio para disminuir el riesgo de rabdomiólisis.

**Palabras clave:** Creatina quinasa, mioglobinuria, músculo esquelético  
(Fuente: DECS-BIREME)

### ABSTRACT

Rhabdomyolysis is a pathology described as the destruction of skeletal muscle tissue and the consequent outflow of intracellular muscle content composed by creatine kinase (CK), myoglobin, dehydrogenated lactate, and electrolytes, into the bloodstream. The pathophysiology of the muscular disruption is characterized by an intracellular hydro electrolytic imbalance (especially an increase in cytoplasmic calcium) caused by damage to the plasma membrane or a reduction in the availability of ATP. There are various etiological causes of this clinical syndrome, however, this review is focused on exercise-induced rhabdomyolysis which can be triggered by the physical condition and sports experience, intensity and duration of the activity, type of executed exercise, feeding habits and environmental conditions. This review pays special attention to the diagnostic process of the pathology, the management of the syndrome based on adequate hydration and the prevention measures while exercising that decrease the risk of rhabdomyolysis.

**Keywords:** Creatine kinase, myoglobinuria, skeletal muscle  
(Source: NLM-MeSH)

- 1 Caja Costarricense del Seguro Social. San José, Costa Rica
- 2 Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.  
a. Médico General

Recibido: 15/05/2020 Aprobado: 10/06/2020

### Citar como:

Villalobos-Jiménez M, Merenstein-Hoffman Y, Rodríguez-Palma F, et al. Rabdomiólisis inducida por el ejercicio. Rev Hisp Cienc Salud. 2020; 6(2): 61-68.

## INTRODUCCIÓN

La rabdomiólisis es una entidad clínica caracterizada por la disrupción de la integridad del músculo estriado, hecho que a su vez genera la liberación del contenido intracelular de las células musculares al torrente sanguíneo y al espacio extracelular. Dentro de los principales componentes liberados se encuentran la CK, el lactato deshidrogenasa, electrolitos y mioglobina<sup>(1,2)</sup>.

La presentación clínica de la rabdomiólisis puede variar desde una presentación prácticamente asintomática en la que se detecta únicamente una elevación de la CK; hasta una evolución potencialmente letal del cuadro, con elevaciones extremas de la CK, desbalances hidroelectrolíticos, desarrollo de coagulación intravascular diseminada, daño hepático, arritmias y falla renal aguda, que es la complicación médica más común de esta entidad<sup>(2)</sup>.

Se estima que afecta aproximadamente a una de cada 10,000 personas en Estados Unidos y que del 10 al 40% de esas personas van a asociar una falla renal aguda. Los estudios han demostrado además, que del 8 al 15% de todos los casos de lesión renal aguda, se encuentran asociados a un cuadro de rabdomiólisis; sin embargo, estos valores tienden a variar en ocasiones entre los diferentes estudios, por lo que se desconoce la incidencia global real de la patología<sup>(2,3)</sup>. En lo referente a poblaciones de riesgo, se ha documentado que afecta principalmente a personas del género masculino, afroamericanos, con edades limítrofes (<10 o >60 años), un índice de masa corporal superior a 40 kg/m<sup>2</sup> y a pacientes con cirugías recientes o con historia de uso de fármacos hipolipemiantes como las estatinas<sup>(4)</sup>.

En cuanto a su etiología, es posible dividir las causas en hereditarias y adquiridas. Las hereditarias se relacionan generalmente con la falta o deficiencia de enzimas que participan en el catabolismo de macromoléculas, como hidratos de carbono y lípidos. Las adquiridas por su parte, incluyen el uso de drogas, medicamentos, alcohol, infecciones, traumatismo (síndrome de aplastamiento o

síndrome compartimental), isquemia, estados epilépticos y el ejercicio intenso<sup>(1,3)</sup>.

En esta revisión de tema, se hará énfasis en la fisiopatología, características clínicas, diagnóstico, prevención y manejo de la rabdomiólisis inducida por el ejercicio intenso; entidad que cumple con los requisitos clínicos mencionados anteriormente para la definición de rabdomiólisis, pero que adicionalmente se encuentra precedida por la realización de un ejercicio físico por encima de los límites de la fatiga y cuya elevación de la CK se manifiesta en las 12-36 horas posteriores al ejercicio, con un pico máximo a los 3-4 días y su normalización tras algunas semanas de reposo<sup>(1,5)</sup>.

## FISIOPATOLOGÍA

Si bien las causas de la rabdomiólisis pueden ser muy variadas, la fisiopatología que finalmente conlleva al desarrollo del cuadro, es igual en todos los casos y se asocia fundamentalmente con un desbalance hidroelectrolítico intracelular (principalmente del calcio citoplasmático), ocasionado por daños en la membrana de las fibras musculares (sarcolema) o por el aumento de la permeabilidad de la misma junto con la disminución de la producción de ATP, que finalmente ocasionan alteraciones en los mecanismos de regulación de los electrolitos intracelulares<sup>(1)</sup>.

Entre los mecanismos de regulación celular más importantes se encuentran el intercambiador de Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup>ATPasa, el de Na<sup>+</sup>/Ca<sup>2+</sup>ATPasa y la bomba de Ca<sup>2+</sup>ATPasa; que en condiciones normales mantienen concentraciones intracelulares elevadas de K<sup>+</sup> y concentraciones bajas de Na<sup>+</sup> y Ca<sup>2+</sup>. Cuando se lleva a cabo la despolarización celular, se produce un influjo de Ca<sup>2+</sup> al citoplasma, con Ca<sup>2+</sup> proveniente del retículo plasmático, hecho que permite que se produzca una contracción muscular<sup>(1,2)</sup>.

El funcionamiento correcto de este mecanismo es dependiente de energía (ATP) y de la integridad de la

célula. Por esta razón, cuando se produce depleción de ATP o lesión del sarcolema, se produce una disfunción del intercambiador de Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup>ATPasa y de la bomba de Ca<sup>2+</sup>ATPasa, lo que provoca un aumento del Na<sup>+</sup> en el citoplasma y genera a su vez genera un fallo del intercambiador de Na<sup>+</sup>/Ca<sup>2+</sup>ATPasa; en consecuencia, se produce un aumento de la concentración de Ca<sup>+</sup> intracitoplasmático <sup>(3)</sup>.

El aumento del Na<sup>+</sup> citoplasmático arrastra agua al espacio intracelular y finalmente genera disrupción celular. Además, la presencia prolongada de altos niveles de Ca<sup>2+</sup> intracelular, conlleva a una contracción sostenida que contribuye a una mayor depleción del ATP. Asimismo, el Ca<sup>2+</sup> también activa proteasas y fosfolipasas que promueven la lisis de la membrana celular y más daño en las bombas reguladoras <sup>(3)</sup>.

El resultado final, es el de un proceso inflamatorio y una cascada lítica que conlleva a la necrosis de las fibras musculares con la consecuente liberación de su contenido intracelular compuesto por CK, mioglobina, lactato deshidrogenada y electrolitos al torrente sanguíneo <sup>(2,6)</sup>. Cabe mencionar, que la liberación excesiva de mioglobina que se produce tras la ruptura de las células musculares, es el principal factor causante de la complicación más común, la insuficiencia renal aguda; puesto que se deposita a nivel del glomérulo renal generando obstrucción de los túbulos y además, presenta un efecto nefrotóxico directo<sup>(7)</sup>.

En el caso específico del ejercicio físico, la lesión de la membrana muscular y el agotamiento del ATP, se pueden ver precipitados o influidos por características como: la experiencia y el nivel de condición física del deportista, ya que las personas menos experimentadas tienden a presentar con mayor frecuencia episodios de rhabdomiólisis; la intensidad y la duración del ejercicio físico, pues las

actividades que requieren un nivel de esfuerzo superior al habitual asocian mayor riesgo; el tipo de ejercicio realizado, como aquellos que incluyen contracciones excéntricas en los que la tensión excesiva del sarcómero causa ruptura del mismo o deportes como maratón, triatlón, fútbol, halterofilia y crossfit. De igual manera, los deportistas con dietas vegetarianas o veganas estrictas donde puede existir una ingesta insuficiente de proteína, los que tienen un trastorno electrolítico de base o lo que asocian alguno de los factores de riesgo clásicos de esta patología, también van a asociar mayor riesgo de rhabdomiólisis. Externamente, en los ambientes con temperaturas elevadas y donde es más fácil sufrir deshidratación, tiende a aumentar la incidencia de este síndrome en los deportistas <sup>(1,7,8)</sup>.

## MANIFESTACIONES CLÍNICAS

Clásicamente, la rhabdomiólisis se manifiesta como una triada clínica caracterizada por un dolor muscular severo que usualmente se presenta 12-36 horas posterior a la realización de la actividad física, debilidad generalizada y mioglobinuria, que generalmente se describe como orina con una coloración que semeja a té oscuro. Los músculos posturales como las pantorrillas y la espalda baja son los que se ven afectados con mayor frecuencia por esta patología; dolor que en ocasiones puede simular el de una trombosis venosa profunda o el de un lito renal respectivamente. En ocasiones, los músculos afectados pueden estar sensibles al tacto, presentar un aumento de volumen, rigidez, pérdida de movilidad o incluso asociar cambios cutáneos sugestivos de necrosis por presión como cambios de coloración y ampollas (<10% de los pacientes) <sup>(3,6,7)</sup>.

Adicionalmente, los pacientes pueden presentar sintomatología más inespecífica causada por la circulación de componentes musculares intracelulares en el torrente sanguíneo. Dichas manifestaciones incluyen malestar general, fiebre, taquicardia, náuseas y vómitos.

Según la extensión del cuadro y del manejo que se lleve a cabo, los pacientes pueden asociar además complicaciones como oliguria, anuria, arritmias o incluso paro cardíaco <sup>(3)</sup>.

## DIAGNÓSTICO

Como ya se mencionó, la tríada sintomatológica clásica incluye un intenso dolor muscular, debilidad y la presencia de mioglobinuria observada únicamente en el 10% de los pacientes <sup>(4,9)</sup>. Es por esto, que los parámetros de laboratorios son sumamente importantes para poder realizar un diagnóstico. Entre las pruebas necesarias se encuentran: la medición de la creatinina quinasa (CK), además de la obtención de un hemograma completo, velocidad de eritrosedimentación, proteína C reactiva, pruebas de función renal, examen general de orina, electrolitos sangre y en orina <sup>(10,11)</sup>.

El criterio diagnóstico más confiable es la elevación de la CK plasmática, la cual debe encontrarse al menos 5 veces por encima del valor de corte normal, en ausencia de enfermedad cardíaca o cerebral <sup>(2,4,7,8,12)</sup>. Suele elevarse entre las 2 y 12 horas posteriores al inicio de la injuria muscular y llega a un pico entre las 24 y 72 horas, con una posterior disminución entre los 7 y 10 días posterior al cese del insulto <sup>(13-14)</sup>. Además de la elevación de la CK, la presencia de mioglobina también es de suma importancia, ya que se incrementa antes que la CK. Esta molécula, es detectable en exámenes de orina al encontrarse en una concentración plasmática por encima de 1.5mg/dL y puede observarse a simple vista en la orina, cuando las concentraciones plasmáticas superan los 300mg/dL. La ventana para la detección de la mioglobina es corta y los valores regresan a la normalidad en 8 horas <sup>(2,4,13)</sup>.

Los pacientes con rhabdomiólisis presentan un patrón clásico de alteraciones hidroelectrolíticas al inicio del padecimiento, caracterizado principalmente por niveles de fósforo y potasio elevados, los cuales disminuyen al ser excretadas en orina y un calcio suele estar inicialmente disminuido, pero que posteriormente aumenta. Cabe mencionar, que los niveles de estos electrolitos van a variar según la severidad del cuadro <sup>(15)</sup>.

## TRATAMIENTO

Entre las metas principales del tratamiento se encuentran: la evaluación para necesidad de manejo intrahospitalario, la hidratación para prevenir un desbalance hidroelectrolítico junto con la instauración de algún grado de daño renal y definir el momento para retornar a la actividad física <sup>(7)</sup>.

Los paciente que se presentan con una CK elevada en menos de 50 veces el valor de corte -10,000 UI/L-, con ausencia de dolor o edema muscular, sin mioglobinuria, con pruebas de función renal normales y sin alteración hidroelectrolítica, no requieren manejo intrahospitalario; ya que el cuadro sería compatible con una rhabdomiólisis fisiológica inducida por el ejercicio <sup>(7)</sup>. El tratamiento en estos casos se basa en descanso de 72 horas acompañada de una adecuada hidratación oral, 8 horas de sueño continua por la noche, eliminación de fármacos que puedan causar rhabdomiólisis y una cita control cada 3 días con medición de CK y urea en sangre hasta que la CK esté por debajo de 5 veces el límite superior y los niveles de urea normalicen <sup>(7,16)</sup>.

Por otro lado, los pacientes que se presentan con alguna de las siguientes alteraciones: CK mayor a 10,000 UI/l, algún grado de dolor o edema muscular, presencia de mioglobinuria y/o alteraciones del estado ácido base; van a requerir de manejo intrahospitalario <sup>(7)</sup>. La hidratación en las primeras 6 horas es de suma importancia y debe mantenerse hasta que los niveles de CK se encuentren por

debajo de 1000 UI/L. Se deben de evitar fluidos que contengan lactato o potasio, por lo que se utiliza solución salina, la cual debe administrarse a una velocidad inicial de 1,5 L/h con el fin de mantener una diuresis mayor a 300 mL/h en las primeras 24 horas. Luego de alcanzar una estabilidad hemodinámica puede administrarse a una velocidad de entre 300-500 mL/H <sup>(2,9,14,17)</sup>.

El uso de manitol se reserva para casos en los que no se logra alcanzar los 300 mL/h de diuresis; mientras que el uso de bicarbonato de sodio para alcalinizar la orina, se emplea únicamente si es necesaria la corrección de una acidosis metabólica <sup>(4,9,14)</sup>. Por último, se debe suspender todo aquel medicamento que pueda causar daño muscular. La admisión de pacientes en la unidad de cuidados intensivos y la utilización de diálisis peritoneal, debe reservarse para los pacientes que no logren alcanzar el valor de diuresis esperado, que asocien acidosis severa o que se les documente hipercalemia <sup>(4,9)</sup>.

Se recomienda reiniciar la actividad física, luego de que el paciente haya permanecido al menos 4 semanas asintomático y con los niveles de CK 5 veces por debajo del límite de normalidad. Se debe reiniciar con ejercicio leve y programar un seguimiento médico a la semana del reinicio de las actividades. Si no se documenta ningún síntoma compatible con rabdomiólisis durante la primera semana, entonces se puede incrementar de forma gradual la intensidad y la duración del ejercicio. Es importante, que al inicio se evite la realización de ejercicios nuevos, especialmente entrenamientos que involucren una actividad excéntrica del músculo <sup>(7,16)</sup>.

## PREVENCIÓN

La prevención constituye una medida de suma importancia a la hora de evitar la aparición de la enfermedad y sus complicaciones. La realización de un ejercicio físico adecuado constituye uno de los pilares fundamentales en

la prevención. Es por esta razón, que los componentes del plan de ejercicios deben ser concordantes con la condición física de la persona; además que debe ser prescrito tomando en cuenta las variables de intensidad, duración, tipo de ejercicio y forma de realizarlo <sup>(1,5,18,19)</sup>.

Una de las recomendaciones principales a la hora de comenzar con un programa de ejercicios, consiste en asegurarse de que exista una fase de calentamiento adecuada, que funcione como una preparación previa para los ejercicios que se llevarán a cabo durante el segmento más intenso del entrenamiento. Se ha demostrado, que de esta manera es posible reducir el daño musculoesquelético que puede ocurrir durante la actividad física <sup>(5)</sup>.

Los estudios reportan, además, que la repetición periódica de ejercicios excéntricos contribuye a reducir el nivel de daño y de dolor muscular del atleta y también a disminuir los marcadores sanguíneos de rabdomiólisis <sup>(5,20)</sup>. Es importante tener presente que, a la hora de realizar este tipo de ejercicios, se recomienda iniciar con un número bajo de repeticiones y series, de manera que se incremente progresivamente en función del dolor del día después del entrenamiento <sup>(5,19)</sup>. Por otro lado, los entrenamientos de alta intensidad, duración prolongada y en los que se trabaje con el propio peso del cuerpo, se han relacionado con el incremento de la CK, especialmente en personas con un nivel bajo de entrenamiento <sup>(5)</sup>.

Otra de las bases de la prevención se encuentra en la educación tanto de los pacientes, como de los profesionales en educación física. Es de vital importancia instruir a los atletas y a los entrenadores acerca de los síntomas y los factores de riesgo de este síndrome, con el fin de que sean capaces de sospecharlo. Asimismo, se ha demostrado que algunas enfermedades infecciosas como las gastroenteritis o las infecciones del tracto respiratorio superior, podrían aumentar el riesgo de una rabdomiólisis;

de modo que es importante que el deportista se abstenga de realizar ejercicio de alta intensidad durante este periodo <sup>(5)</sup>.

El consumo de proteínas, hidratos de carbono y grasa, debe de adecuarse a la intensidad de la rutina de ejercicio, con el fin de prevenir que el déficit energético genere un daño muscular mayor, puesto que los estados catabólicos lo agravan<sup>(5)</sup>. Se ha demostrado que la ingesta conjunta de proteínas y carbohidratos fomenta la regeneración muscular, debido a que los hidratos de carbono fomentan la síntesis de glucógeno, así como una modulación de la respuesta inmune del músculo esquelético <sup>(21)</sup>.

El calor excesivo sumado a las alteraciones hidroelectrolíticas, pueden promover el daño muscular; es por esto que es de suma importancia una hidratación y suplementación adecuada de electrolitos <sup>(7,18,20)</sup>. A la hora de considerar el calor al que se encuentra sometido a un atleta durante el entrenamiento, es importante tener presente la indumentaria que se encuentra utilizando, ya que el uniforme y los accesorios podrían incrementar considerablemente la temperatura <sup>(5)</sup>.

Finalmente, debido a que la rabdomiólisis ha sido asociada con el estrés oxidativo, se ha observado que la ingesta exógena de antioxidantes como la coenzima Q10 puede contribuir a disminuir los niveles de CK y DHL en sangre, debido a que favorece la activación de otros antioxidantes endógenos como el glutatión, el peróxido dismutasa y la catalasa<sup>(5)</sup>. La suplementación con altas dosis de vitamina C ha demostrado una reducción en el estrés oxidativo y en la respuesta inflamatoria que se da luego de un período de ejercicio <sup>(22-23)</sup>. Además, la suplementación con altas con vitamina C junto con vitamina E por un periodo corto de 4 días, ha demostrado ser efectivo en la disminución la lesión muscular y la respuesta inflamatoria <sup>(23)</sup>.

La rabdomiólisis inducida por el ejercicio es una patología poco frecuente que afecta a 1 de cada 10,000 personas. Para su diagnóstico es de suma importancia la utilización de marcadores plasmáticos como la CK; ya que la triada clásica sintomatológica se presenta en menos del 10% de los casos. El abordaje precoz basado en una fluidoterapia adecuada y en el mantenimiento de la diuresis son claves para la recuperación oportuna de los pacientes. La prevención constituye el elemento más importante para evitar estas condiciones. Por último, es de suma importancia retornar a las actividades físicas en el momento adecuado e ir aumentando gradualmente el esfuerzo de estas.

### **Conflictos de interés**

Los autores niegan tener conflictos de interés

### **Financiamiento**

Autofinanciado

### **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. Marqueta PM, Marqueta PM, Galván CDT, Bonafonte LF, Fernando J, Díaz J. Rabdomiólisis inducida por esfuerzo. 2019;36(4):248–55.
2. Torres PA, Helmstetter JA, Kaye AM, Kaye AD. Rhabdomyolysis: Pathogenesis, diagnosis, and treatment. *Ochsner J.* 2015;15(1):58–69.
3. Morales-Hernández AE, Pérez-Rodríguez RR, Hernández-Salcedo DR, Valencia-López R. Rabdomiólisis por ejercicio. *Med Interna Mex.* 2016;32(5):589–95.
4. Chavez LO, Leon M, Einav S, Varon J. Beyond muscle destruction: A systematic review of rhabdomyolysis for clinical practice. *Crit Care.* 2016;20(1).
5. Kim J, Lee J, Kim S, Ryu HY, Cha KS, Sung DJ. Exercise-induced rhabdomyolysis mechanisms and prevention: A literature review. *J Sport Heal Sci.* 2016;5(3):324–33.

6. Anderson CJ, Kennedy NI, Laprade RF. Corner of the Knee. 2015;(May 2016):1417–28.
7. Scalco RS, Snoeck M, Quinlivan R, Treves S, Laforét P, Jungbluth H, et al. Exertional rhabdomyolysis: physiological response or manifestation of an underlying myopathy? *BMJ Open Sport Exerc Med*. 2016;2(1):e000151.
8. Hopkins BS, Li D, Svet M, Kesavabhotla K, Dahdaleh NS. *Journal of Science and Medicine in Sport* CrossFit and rhabdomyolysis : A case series of 11 patients presenting at a single academic institution. *J Sci Med Sport*. 2019;22(7):758–62.
9. Zutt R, van der Kooi AJ, Linthorst GE, Wanders RJA, de Visser M. Rhabdomyolysis: Review of the literature [Internet]. Vol. 24, *Neuromuscular Disorders*. Elsevier Ltd; 2014 [cited 2020 Mar 11]. p. 651–9. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24946698>
10. Olivera L, Cristina P, Ghl P, Doriana L. Markers of inflammation in crushing trauma of the lower limbs. Vol. 20, *Pharmacology and Clinical Toxicology*. 2016.
11. Sunder A, Mohanty B. Rhabdomyolysis - Exercise induced nightmare. *J Assoc Physicians India* [Internet]. 2020 Jan 1 [cited 2020 Mar 11];68(1):77. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30911528>
12. Melli G, Chaudhry V, Cornblath DR. Rhabdomyolysis: An evaluation of 475 hospitalized patients. *Medicine (Baltimore)*. 2005 Nov;84(6):377–85.
13. Khan Y. Rhabdomyolysis: a review of the literature. *Neth J Med* [Internet]. 2009;67(67):272–83. Available from: <http://www.njmonline.nl/getpdf.php?id=842>
14. Keltz E, Khan FY, Mann G. Rhabdomyolysis. The role of diagnostic and prognostic factors. *Muscles Ligaments Tendons J* [Internet]. 2013 Oct [cited 2020 Mar 11];3(4):303–12. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24596694>
15. Criddle LM, Aacn B. Rhabdomyolysis: Pathophysiology, Recognition, and Management Email alerts [Internet]. 2003 [cited 2020 Mar 11]. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14692169>
16. O'Connor FG, Brennan FH, Campbell W, Heled Y, Deuster P. Return to physical activity after exertional rhabdomyolysis. *Curr Sports Med Rep* [Internet]. 2008 Nov [cited 2020 Mar 12];7(6):328–31. Available from: <http://journals.lww.com/00149619-200811000-00008>
17. Lane R, Phillips M. Rhabdomyolysis. Vol. 327, *British Medical Journal*. BMJ Publishing Group; 2003. p. 115–6.
18. Atias-Varon D, Sherman H, Yanovich R, Heled Y. Rhabdomyolysis After Crawling Military Training. *Mil Med*. 2017 Jul 1;182(7):e1948–52.
19. Tibana R, Sousa N, Cunha G, Prestes J, Navalta J, Voltarelli F. Exertional Rhabdomyolysis after an Extreme Conditioning Competition: A Case Report. *Sports* [Internet]. 2018 Apr 26 [cited 2020 Jun 3];6(2):40. Available from: <http://www.mdpi.com/2075-4663/6/2/40>
20. Rider BC, Coughlin AM, Carlson C, Hew-Butler T. Exertional (exercise-induced) rhabdomyolysis. *ACSM's Heal Fit J* [Internet]. 2019 May 1 [cited 2020 Jun 3];23(3):16–20. Available from: <http://journals.lww.com/00135124-201905000-00007>
21. Isenmann E, Blume F, Bizjak D, Hundsdörfer V, Pagano S, Schibrowski S, et al. Comparison of Pro-Regenerative Effects of Carbohydrates and Protein Administrated by Shake and Non-Macro-Nutrient Matched Food Items on the Skeletal Muscle after Acute Endurance Exercise. *Nutrients* [Internet]. 2019 Mar 30 [cited 2020 Jun 4];11(4):744. Available from: <https://www.mdpi.com/2072-6643/11/4/744>
22. Righi NC, Schuch FB, De Nardi AT, Pippi CM, de Almeida Righi G, Puntel GO, et al. Effects of vitamin C on oxidative stress, inflammation, muscle soreness, and strength following acute exercise: meta-analyses of randomized clinical trials. *European Journal of Nutrition*. Springer; 2020. p. 1–13.

23. Chou CC, Sung YC, Davison G, Chen CY, Liao YH. Short-term high-dose vitamin C and E supplementation attenuates muscle damage and inflammatory responses to repeated taekwondo competitions: A randomized placebo-controlled trial. *Int J Med Sci.* 2018 Jul 30;15(11):1217–26.

**Correspondencia:**

Yoel Merenestein-Hoffman

Email: [yoel.merenstein@gmail.com](mailto:yoel.merenstein@gmail.com)

