

ARTÍCULO DE REVISIÓN

Fisioterapia y Kinesiología

Lesiones músculo-esqueléticas en corredores de montaña (trail running): Una revisión de la literatura sobre su prevalencia, factores de riesgo y alteraciones fisiopatológicas

Liz Cáceres Ramos, Felipe Miguel Oviedo Frutos

Carrera de Fisioterapia y Kinesiología, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad del Norte, Asunción (Paraguay)

DOI: [10.5281/zenodo.15678482](https://doi.org/10.5281/zenodo.15678482)

Recibido: 15 de diciembre de 2022; Aceptado: 24 de agosto de 2023; Publicado: 18 de junio de 2025

RESUMEN

El trail running, una disciplina deportiva de alta exigencia física en terrenos irregulares, ha experimentado un crecimiento global y nacional significativo. Esta práctica conlleva un riesgo considerable de lesiones. El objetivo de esta revisión fue identificar las lesiones más frecuentes, las alteraciones fisiológicas asociadas y los factores de riesgo, a través de una búsqueda en PubMed de artículos publicados entre 2018 y 2022, utilizando los términos «Trail running injuries» y «trail running injuries musculoskeletal». Se analizaron ocho artículos que incluían ensayos clínicos, revisiones sistemáticas y metaanálisis. Los resultados indican que la mayoría de las lesiones son musculoesqueléticas, afectando predominantemente las extremidades inferiores (rodilla y tobillo). Los mecanismos lesionales incluyen control neuromotor deficiente, fatiga y cinemática de carrera alterada. A nivel fisiológico, se observan marcadores de daño muscular (especialmente en fibras tipo I) e indicios de disfunción renal transitoria post-esfuerzo. Los factores de riesgo son tanto intrínsecos como extrínsecos. Se concluye que las lesiones en el trail running son prevalentes y multifactoriales, concentradas en los miembros inferiores. La comprensión de sus causas fisiopatológicas y biomecánicas es fundamental para estrategias eficaces de prevención, entrenamiento y rehabilitación.

Palabras clave: trail running, lesiones musculoesqueléticas, factores de riesgo, carrera de montaña, revisión de la literatura.

1 INTRODUCCIÓN

El trail running, o carrera de montaña, ha experimentado un crecimiento notable en las últimas décadas, consolidándose como una de las disciplinas atléticas de más rápida expansión a nivel global. La Asociación Internacional de Trail Running (ITRA) lo

Fondos y subsidios recibidos: Este artículo fue presentado para la Convocatoria 2022 del Programa de Iniciación Científica e Incentivo a la Investigación (PRICILA) de la Universidad del Norte. Los fondos para PRICILA fueron provistos por el Banco SUDAMERIS y el Rectorado de la Universidad del Norte.

Autor corresponsal: Felipe Miguel Oviedo Frutos. Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad del Norte, Asunción (Paraguay). Correo electrónico: felipe.oviedo.018@docentes.uninorte.edu.py

define como una carrera pedestre desarrollada en un entorno natural, como montañas, bosques o praderas, con un máximo del 20 % del recorrido sobre superficies asfaltadas. Una característica esencial de esta modalidad es la exigencia de autonomía del corredor entre los puntos de avituallamiento, lo que subraya su naturaleza desafiante (1).

La singularidad de este deporte reside en la combinación de la carrera de larga distancia con las complejidades del terreno, que incluye superficies irregulares, pendientes pronunciadas y descensos técnicos. Esta combinación impone una demanda fisiológica, neuromuscular y biomecánica extraordinaria sobre el cuerpo del atleta (2). En consecuencia, la práctica del trail running se asocia con un perfil de lesiones específico y una incidencia considerable de problemas musculoesqueléticos.

La literatura científica reciente ha comenzado a cuantificar este riesgo. Por ejemplo, un estudio de cohorte retrospectivo en Portugal con 719 atletas reveló que un 87,8 % de la muestra había sufrido alguna lesión derivada de esta práctica. Las localizaciones más afectadas fueron las uñas de los pies (24,8 %), las rodillas (17,5 %) y los tobillos (14,5 %), siendo las lesiones más comunes las ampollas, rozaduras, esguinces y el síndrome de la banda iliotibial (3). De manera similar, una investigación realizada con participantes de la carrera SkyRun en Sudáfrica encontró que el 28,2 % de los corredores reportó al menos una lesión durante los 12 meses previos, con una incidencia anual retrospectiva de 49,5 lesiones por cada 1000 horas de carrera. De forma consistente, este estudio confirmó que la gran mayoría de las lesiones (87,3 %) ocurrieron en el miembro inferior (4).

A pesar del creciente cuerpo de evidencia internacional, en Paraguay esta disciplina, aunque cuenta con un número de adeptos en constante aumento, carece de estudios epidemiológicos locales que caractericen las lesiones en su población de corredores. Esta falta de datos representa una barrera para el desarrollo de estrategias de prevención y manejo clínico contextualizadas y efectivas.

Por lo tanto, el objetivo de esta revisión de la literatura es determinar las lesiones más frecuentes en el trail running a partir de la evidencia científica disponible. Como objetivos específicos, se busca identificar las alteraciones fisiológicas que ocurren durante la práctica, y describir los factores de riesgo y la frecuencia de las lesiones asociadas a esta disciplina. Este trabajo pretende sintetizar información crucial que pueda servir de base para atletas, entrenadores y profesionales de la salud en Paraguay, promoviendo un entrenamiento más seguro y una prevención de lesiones fundamentada en la evidencia.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 DISEÑO DEL ESTUDIO

Se llevó a cabo una revisión narrativa de la literatura científica con el fin de sintetizar la evidencia disponible sobre las lesiones, alteraciones fisiológicas y factores de riesgo asociados a la práctica del trail running.

2.2 ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA Y SELECCIÓN DE ESTUDIOS

La búsqueda de artículos se realizó exclusivamente en la base de datos electrónica PubMed. Se estableció un período de búsqueda que abarcó publicaciones desde enero de 2018 hasta diciembre de 2022 para asegurar la inclusión de la evidencia más reciente. Los términos de búsqueda, extraídos de la terminología de PubMed MeSH, fueron «trail running injuries» y «trail running injuries musculoesqueléticas». La búsqueda inicial arrojó un total de 49 artículos. Tras la aplicación de los criterios de selección, se incluyeron 8 estudios en la síntesis final.

2.3 CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN

Para ser incluidos en esta revisión, los artículos debían ser ensayos clínicos aleatorizados y controlados, revisiones sistemáticas o metaanálisis que abordaran las lesiones más frecuentes en el trail running. Se consideraron publicaciones en idioma español o inglés, dentro del rango temporal previamente definido (2018–2022). Se excluyeron del análisis aquellas publicaciones con evidencia científica limitada, como artículos de opinión, monografías, comentarios bibliográficos, o trabajos que se centraran exclusivamente en otras disciplinas deportivas.

2.4 ANÁLISIS DE DATOS

Una vez seleccionados los artículos, se procedió a la extracción de datos relevantes para los objetivos de la revisión. La información fue procesada, tabulada y sintetizada utilizando el software de ofimática Microsoft Office 365. Se llevó a cabo un análisis cualitativo del contenido, agrupando los hallazgos en categorías temáticas: alteraciones fisiológicas y biomarcadores, localización y frecuencia de lesiones, y estrategias de prevención.

2.5 CONSIDERACIONES ÉTICAS

Esta investigación se adhirió a los principios éticos internacionales para la investigación. Al tratarse de una revisión de la literatura, no involucró la participación directa de seres humanos. La responsabilidad ética principal recayó en la representación precisa y fiel de los hallazgos y conclusiones de los estudios originales citados. Los puntos de vista expresados en este manuscrito son de exclusiva responsabilidad de los autores y no reflejan necesariamente la postura de ninguna entidad pública o privada.

3 RESULTADOS

El análisis de la literatura seleccionada permitió identificar hallazgos clave en tres áreas principales: las alteraciones fisiológicas inducidas por el esfuerzo, el perfil epidemiológico de las lesiones, y las estrategias de prevención basadas en la evidencia.

3.1 ALTERACIONES FISIOLÓGICAS Y BIOMARCADORES

La carrera de montaña induce cambios fisiológicos significativos. Un estudio de Carmona et al. (2019) investigó el daño muscular a través de enzimas séricas y proteínas específicas del sarcómero, concluyendo que la distancia de la carrera se cor-

relaciona con marcadores bioquímicos de daño muscular, afectando de manera más profunda a las fibras musculares lentas (tipo I), incluso en atletas altamente entrenados (5). Además, sugirieron que un mayor volumen de entrenamiento podría mejorar las tasas de eliminación de estas enzimas musculares.

Ampliando este panorama, la investigación de Rojas-Valverde et al. (2019) confirmó no solo la presencia de marcadores de daño muscular tras un evento de resistencia, sino también cambios en biomarcadores de daño renal, lo que podría interpretarse como una pérdida transitoria de la función renal (6). Los autores destacaron la importancia de evaluar factores contextuales como la locomoción, la temperatura y la deshidratación para comprender integralmente el fenómeno de la lesión muscular y renal. En una línea similar, Pradas et al. (2021) demostraron que las carreras de ultratrail disminuyen la función neuromuscular y elevan los marcadores de daño o inflamación muscular (7). Curiosamente, observaron que, si bien los corredores de élite experimentaban menos fatiga neuromuscular, sus niveles de creatinina aumentaban en mayor medida que en los corredores aficionados.

3.2 LOCALIZACIÓN, FRECUENCIA Y TIPO DE LESIONES

Existe un consenso claro en la literatura sobre la localización de las lesiones. Scheer y Krabak (2021) señalan que las lesiones en carreras de ultrarresistencia afectan principalmente a las extremidades inferiores y son, en su mayoría, por sobreuso (8). Su revisión encontró que el patrón de lesiones varía según el tipo de evento: las competencias de múltiples etapas afectan predominantemente la parte inferior de la pierna, el pie y la rodilla, mientras que los eventos de un solo día (cronometrados) afectan principalmente el tobillo, el tendón de Aquiles y la rodilla. Asimismo, los eventos cortos tienen la mayor incidencia de lesiones en pie y tobillo, mientras que los eventos largos y continuos afectan más a la rodilla y el tobillo.

Corroborando estos hallazgos, un estudio epidemiológico de Viljoen et al. (2021b) demostró que aproximadamente dos de cada tres corredores de montaña sufren una lesión relacionada con la carrera, afectando principalmente a la rodilla, la espinilla (tibia) y el pie (9). Este estudio reportó una tasa de incidencia general de lesiones de 19,4 por cada 1000 horas de carrera, observándose una tasa mayor en hombres en comparación con las mujeres.

3.3 ESTRATEGIAS DE PREVENCIÓN

La prevención de lesiones es un área de investigación activa. Un estudio de Hespanhol et al. (2021) exploró los factores conductuales, concluyendo que la intención de prevenir lesiones y el control conductual percibido por el atleta se asociaban directamente con la adopción de comportamientos preventivos (10). Desde un enfoque más aplicado, Vincent et al. (2022) afirman que los programas integrales de prehabilitación de la cadena cinética son una estrategia prometedora (11). Estos programas, que incluyen flexibilidad dinámica, fortalecimiento, equilibrio neuromotor y ejercicios pliométricos, pueden fomentar un movimiento estable y controlado en terrenos irregulares. Adicionalmente, enfatizan la importancia de la educación del paciente sobre los síntomas iniciales de dolor musculoesquelético y la necesidad de ajustar el entrenamiento para evitar la progresión hacia lesiones graves por sobreuso.

4 DISCUSIÓN

Esta revisión de la literatura confirma que el trail running es una disciplina de alta exigencia que produce alteraciones fisiológicas medibles y una alta incidencia de lesiones musculoesqueléticas. Los hallazgos de los estudios analizados convergen en varios puntos clave que merecen una discusión detallada.

La evidencia demuestra inequívocamente que la carrera de montaña induce un daño muscular significativo, como lo indican los biomarcadores analizados por Carmona et al. (2019) y Pradas et al. (2021) (5,7). La afectación específica de las fibras lentas tipo I es particularmente relevante, ya que estas son cruciales para la resistencia. Además, el hallazgo de una disfunción renal transitoria (Rojas-Valverde et al., 2019) subraya el estrés sistémico que estos eventos imponen, extendiéndose más allá del sistema musculoesquelético (6). Es importante, no obstante, reconocer que la investigación sobre biomarcadores renales aún es limitada y se requieren más estudios para generalizar estos hallazgos a toda la población de corredores.

En cuanto al perfil de las lesiones, los resultados son notablemente consistentes. La abrumadora mayoría de las lesiones se localizan en los miembros inferiores, siendo la rodilla y el tobillo las articulaciones más vulnerables, principalmente debido a mecanismos de sobreuso (3,8,9). Esta concentración de lesiones en el tren inferior es lógica, considerando las fuerzas de impacto excéntricas durante los descensos y la necesidad constante de estabilización en terrenos inestables, lo que somete a estas estructuras a una carga repetitiva y elevada.

La etiología de estas lesiones es multifactorial. Los factores de riesgo incluyen elementos intrínsecos al atleta (p. ej., control neuromotor, fatiga, biomecánica individual) y factores extrínsecos relacionados con el entorno y la competencia (p. ej., tipo de terreno, clima, distancia del evento) (11). Esta complejidad representa una limitación a la hora de extrapolar directamente los hallazgos de estudios internacionales al contexto paraguayo. Las particularidades del clima subtropical, los tipos de terreno locales y el nivel de preparación promedio de los atletas en Paraguay podrían modular el riesgo y el tipo de lesiones. La ausencia total de estudios epidemiológicos en el país es la principal limitación y, a su vez, la mayor justificación para futuras investigaciones.

Las implicaciones de esta revisión para la comunidad de trail running en Paraguay son significativas. Los atletas, entrenadores y fisioterapeutas deben ser conscientes del alto riesgo de lesiones por sobreuso en rodillas y tobillos. Las estrategias de prevención no deben limitarse al entrenamiento de resistencia, sino que deben incorporar de manera explícita programas de prehabilitación como los descritos por Vincent et al. (2022), centrados en la fuerza funcional, el control neuromotor y el equilibrio (11). La educación sobre la detección temprana de síntomas y la gestión de la carga de entrenamiento es igualmente crucial. Se necesita con urgencia iniciar líneas de investigación locales para establecer la prevalencia y los factores de riesgo específicos en los corredores paraguayos, lo que permitiría desarrollar guías de prevención y apoyo médico verdaderamente adaptadas y efectivas.

En conclusión, esta revisión de la literatura evidencia que las lesiones en el trail running son un fenómeno prevalente, concentrado en las extremidades inferiores y de origen multifactorial, con un componente importante de sobreuso y alteraciones

fisiológicas subyacentes. La comprensión de estos mecanismos es vital para diseñar programas de entrenamiento y prevención que mitiguen los riesgos inherentes a este demandante deporte. La falta de datos en Paraguay subraya la necesidad imperiosa de llevar a cabo estudios locales que guíen las prácticas clínicas y deportivas, garantizando la salud y longevidad de los atletas en esta creciente disciplina.

RECONOCIMIENTOS

Los autores declaran no tener conflictos de intereses. Para adecuarse al estilo de publicación de la Revista UniNorte de Medicina y Ciencias de la Salud (<https://revistas.uninorte.edu.py/index.php/medicina>), el contenido original ha sido modificado por la Oficina Editorial (editorial@uninorte.edu.py).

REFERENCIAS

1. Gajardo R, Monrroy M, Barría RM, Norambuena Y, Van Rensburg DCJ, Bascour-Sandoval C, et al. Frequency of injuries and illnesses in the last 4 weeks prior to a trail running competition. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(10):5431. doi: 10.3390/ijerph18105431
2. Garbisu-Hualde A, Santos-Concejero J. What are the limiting factors during an ultramarathon? A systematic review of the scientific literature. *J Hum Kinet*. 2020;72(1):129-39. doi: 10.2478/hukin-2019-0102
3. Matos S, Silva B, Clemente FM. Running-related injuries in Portuguese trail runners: A retrospective cohort study. *J Sports Med Phys Fitness*. 2021;61(3):420-7. doi: 10.23736/S0022-4707.20.11304-6
4. Viljoen CT, Janse van Rensburg DC, Jansen van Rensburg A, Booysen E, Chauke S, Coetzee P, et al. One in four trail running race participants sustained an injury in the 12-months of training preceding the 2019 SkyRun race. *Phys Ther Sport*. 2021a;47:120-6. doi: 10.1016/j.ptsp.2020.11.029
5. Carmona G, Roca E, Guerrero M, Cussó R, Barcena C, Mateu M, et al. Mitochondrial and fiber-type specific biomarkers of muscle damage after trail running races. *Int J Sports Med*. 2019;40(4):253-62. doi: 10.1055/a-0808-4692
6. Rojas-Valverde D, Sánchez-Ureña B, Pino-Ortega J, Gómez-Carmona C, Gutiérrez-Vargas R, Timón R, et al. External workload indicators of mechanical, muscular and renal damage in endurance trail running. *Int J Environ Res Public Health*. 2019;16(20):3909. doi: 10.3390/ijerph16203909
7. Pradas F, Falcón D, Peñarrubia-Lozano C, Toro-Román V, Carrasco L, Castellar C. Effects of ultratrail running on neuromuscular function, muscle damage, and hydration status. Differences according to the level of training. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(10):5119. doi: 10.3390/ijerph18105119
8. Scheer V, Krabak BJ. Musculoskeletal injuries in ultra-endurance running: A scoping review. *Front Physiol*. 2021;12:664071. doi: 10.3389/fphys.2021.664071
9. Viljoen CT, Janse van Rensburg DC, Verhagen E, van Mechelen W, Korkie E, Botha T. The epidemiology, clinical characteristics, and risk factors of running-related injuries among South African trail runners. *Int J Environ Res Public Health*. 2021b;18(23):12620. doi: 10.3390/ijerph182312620
10. Hespanhol L, Vallio CS, van Mechelen W, Verhagen E. Can we explain running-related injury preventive behavior? A path analysis. *Braz J Phys Ther*. 2021;25(5):601-9. doi: 10.1016/j.bjpt.2021.04.007
11. Vincent HK, Brownstein M, Vincent KR. Injury prevention, safe training techniques, rehabilitation, and return to sport in trail runners. *Arthrosc Sports Med Rehabil*. 2022;4(1):e151-e162. doi: 10.1016/j.asmr.2021.09.032