

Trabajo fin de grado Curso
académico: 2024-2025

Revisión bibliográfica sobre programas
de entrenamiento para prevenir lesiones
en escalada

1. INTRODUCCIÓN	4
2. OBJETIVOS	5
3. METODOLOGÍA	5
4. RESULTADOS	7
5. DISCUSIÓN	12
6. LIMITACIONES DE LOS ESTUDIOS INCLUIDOS	14
7. RECOMENDACIONES PRÁCTICAS	15
8. CONCLUSIÓN FINAL	16
9. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS	17
10. ANEXO	19



RESUMEN: En este Trabajo de Fin de Grado se realiza una revisión bibliográfica sobre las lesiones más comunes en escalada, así como la identificación de métodos eficaces para prevenirlas mediante programas de entrenamiento específicos. Se exploran los factores de riesgo asociados a estas lesiones y se analiza cómo la planificación y ejecución adecuada de programas de entrenamiento físico pueden mejorar la seguridad y rendimiento de los escaladores. Se abordan también los aspectos técnicos y fisiológicos implicados en la prevención y tratamiento de estas lesiones.



1. INTRODUCCIÓN

La escalada deportiva es una disciplina que ha experimentado un crecimiento exponencial en los últimos años, especialmente tras su inclusión en los Juegos Olímpicos de Tokio 2020 (International Olympic Committee, 2021). Esta modalidad combina fuerza, resistencia y técnica, lo que supone una alta demanda física (Tillin et al., 2016) especialmente en el tren superior, las piernas y el core (López-Rivera & González-Badillo, 2012). Sin embargo, debido a la naturaleza de los movimientos, la exposición a esfuerzos intensos y la repetición de ciertos gestos técnicos, los escaladores están expuestos a una gran variedad de lesiones (Jones et al., 2008; Schöffl et al., 2010).

Entre las lesiones más comunes en la escalada se encuentran las tendinopatías, las lesiones musculares, las fracturas y las lesiones articulares (Schöffl et al., 2015). Estas lesiones afectan principalmente a las manos, los dedos, los codos, los hombros, las muñecas, las rodillas y los tobillos (Gallo et al., 2017; Fuss, 2020). Las tendinopatías en los dedos, especialmente en los flexores, son especialmente frecuentes debido a la carga mecánica repetitiva a la que se somete esta área (Schöffl et al., 2013). Además, las lesiones en los codos, como la epicondilitis lateral o la tendinopatía del codo, también son prevalentes debido a la sobrecarga repetitiva de los músculos extensores y flexores del antebrazo (Gallo et al., 2017). Por otro lado, las fracturas de falanges y metacarpos, a menudo causadas por caídas o movimientos dinámicos explosivos, también se reportan con frecuencia (Fujita et al., 2017). A continuación, se presenta una tabla adaptada del estudio de Schöffl (2015), que muestra las diez lesiones más frecuentes entre escaladores en dos periodos distintos, lo que permite observar tendencias en la prevalencia de las lesiones a lo largo del tiempo:

Tabla 1. Las diez lesiones más frecuentes en escaladores.

LESIONES 2009-2012	%	LESIONES 1998-2001	%
POLEA	15,4	POLEA	20,2
CAPSULITIS	9,5	EPICONDILITIS	8,4
TENOSINOVITIS	8,8	TENOSINOVITIS	7,0
SLAP	5,6	TENDON FLEXOR DEDO	6,1
EPICONDILITIS	5,5	QUEMADURA PIEL	5,6
PINZAMIENTO HOMBRO	4,4	ESPALDA	4,0
TENDON FLEXOR DEDO	4,0	RODILLA	2,3
CONTRACTURA DUPUYTREN	3,3	FRACTURAS	2,3
DOLOR EN LA CAPSULA	2,7	CAPSULITIS	2,2
GANGLIÓN	2,1	GANGLIÓN	1,8

Adaptado de: Schöffl, V. et al. (2015). Injury trends in rock climbers: evaluation of a case series of 911 injuries between 2009 and 2012. Wilderness and Environmental Medicine, 26, 65.

Dada la alta incidencia de estas lesiones y su impacto en el rendimiento y la continuidad en la práctica deportiva, se hace imprescindible la implementación de programas de prevención y rehabilitación específicos para escaladores. Estos programas deben estar orientados a mejorar el control motor, reforzar las estructuras más vulnerables y optimizar la recuperación tras lesiones, con el fin de reducir la incidencia, duración y gravedad de las mismas. La planificación adecuada del entrenamiento, junto con estrategias individualizadas de prevención, puede ser determinante para prolongar la carrera deportiva de los escaladores y mejorar su calidad de vida. La justificación de este trabajo de revisión radica en la necesidad de abordar el vacío de conocimiento existente en este campo, proporcionando una visión integral sobre las intervenciones físicas orientadas a la prevención, tratamiento y mejora del rendimiento en escaladores.

2. OBJETIVOS

Realizar una revisión bibliográfica exhaustiva sobre estrategias de prevención y rehabilitación de lesiones en escaladores, analizando la eficacia de programas de entrenamiento específicos, la influencia de movimientos y agarres menos lesivos, y las repercusiones de las lesiones en el rendimiento y su proceso de recuperación. El objetivo final es identificar las técnicas y enfoques más eficaces para reducir el riesgo de lesiones, optimizar el rendimiento físico y promover una práctica de la escalada más segura.

3. METODOLOGÍA

Para la obtención de los artículos necesarios para la realización de la revisión sistemática se han utilizado dos bases de datos. En primer lugar, Web of Science direct, ya que proporcionan una cobertura amplia y exhaustiva de literatura científica de calidad y ofrecen acceso a una gran variedad de recursos relevantes para llevar a cabo una revisión rigurosa del estado de la bibliografía. Por otro lado, también se ha utilizado PubMed, garantizando así un enfoque detallado y actualizado en la literatura biomédica del campo de estudio. La búsqueda de artículos se llevó a cabo durante el mes de marzo de 2024 en las bases de datos mencionadas.

En las dos bases de datos se utilizaron las mismas palabras clave, que fueron las siguientes: "Climbers", "injury".

Criterios de inclusión:

1. **Idioma:** Artículos escritos en inglés o español.
2. **Artículos:** He decidido incluir únicamente estudios publicados desde 2017 hasta 2025 para asegurar que la revisión bibliográfica esté basada en evidencia reciente, actualizada. En campos como el deporte y la fisiología del ejercicio y en particular en la escalada deportiva, que ha crecido rápidamente y ha sido incluida recientemente en los Juegos Olímpicos (Tokio 2020) ha habido avances significativos tanto en metodologías de entrenamiento como en comprensión biomecánica y psicológica. Al enfocarme en este periodo, busco garantizar que las conclusiones de mi trabajo reflejan el estado actual del conocimiento y prácticas contemporáneas en el ámbito de la escalada deportiva."

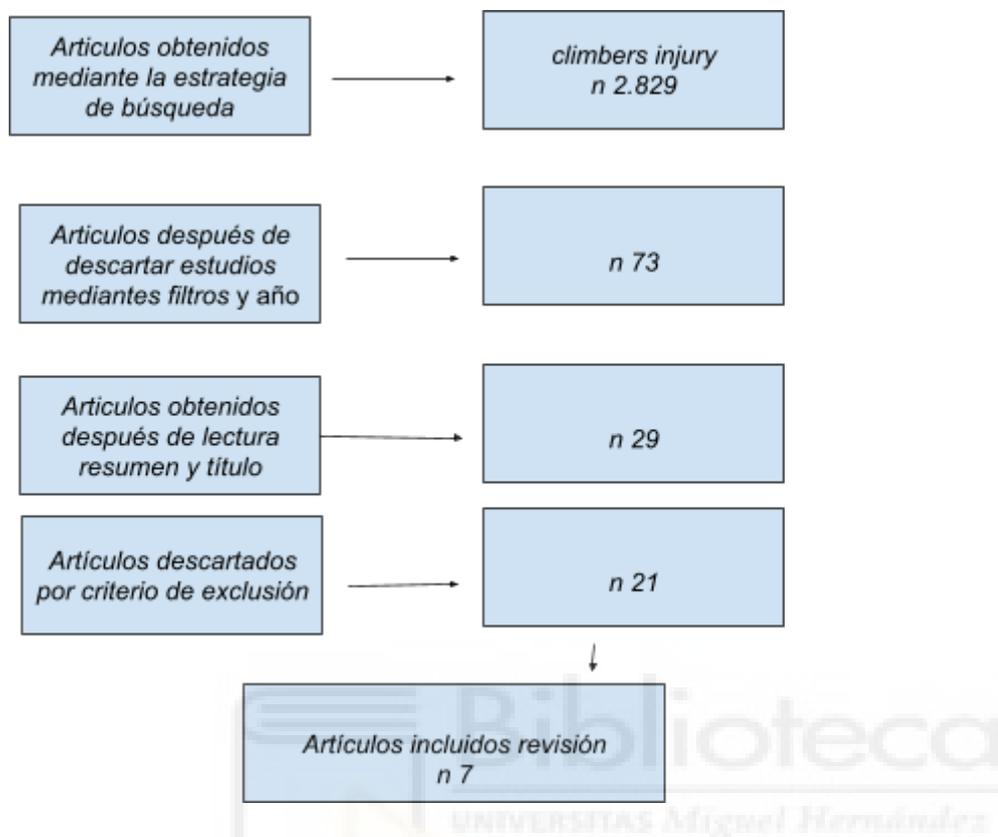
3. **Enfoque:** Estudios que aborden temas relacionados con la escalada deportiva, en entornos interiores o exteriores.
4. **Diseño:** Estudios experimentales y cuasiexperimentales que impliquen intervenciones o estudios descriptivos (prospectivos/retrospectivos) de cohortes o medidas relacionadas con el rendimiento, la prevención de lesiones, o la rehabilitación en escaladores.
5. **Población:** Estudios que incluyan a escaladores aficionados, de élite, o jóvenes, con o sin lesiones previas, siempre que se centren en aspectos relacionados con la mejora del rendimiento o prevención de lesiones.
6. **Intervenciones:** Estudio de programas de ejercicios preventivos y rehabilitadores, incluyendo ejercicios de fortalecimiento muscular, cambios en la técnica de escalada, y terapias médicas relacionadas con el tratamiento y prevención de lesiones.
7. **Mediciones:** Estudios que midan variables de rendimiento deportivo, incidencia de lesiones, fuerza, flexibilidad, propiocepción, y dolor en los escaladores.

Criterios de Exclusión:

1. **Tecnologías Específicas:** Estudios que utilicen tecnologías avanzadas, como realidad virtual, entrenamiento estroboscópico o simulaciones virtuales para la investigación.
2. **Tipo de Estudio:** Estudios que solo sean revisiones sistemáticas o meta-análisis, sin presentar nuevos datos experimentales.
3. **Población No Específica:** Estudios que no se centren exclusivamente en escaladores deportivos, o que se enfoquen en poblaciones ajenas al deporte de la escalada.
4. **Enfoque No Relacionado:** Estudios que no traten sobre la mejora del rendimiento, prevención o tratamiento de lesiones en escaladores, tales como estudios centrados en otros deportes o en condiciones médicas no asociadas a la práctica de la escalada.
5. **Intervenciones Irrelevantes:** Estudios que involucren intervenciones que no estén relacionadas con la mejora de la condición física para la escalada (por ejemplo, intervenciones nutricionales sin relación con el rendimiento físico o rehabilitación de lesiones).

4. RESULTADOS

Diagrama de flujo



Para la elaboración de esta revisión bibliográfica se realizó una búsqueda sistemática en dos bases de datos científicas: PubMed y ScienceDirect. En total, se identificaron 2.829 estudios relacionados con el tema.

En PubMed, la búsqueda inicial con el término "*climber injury*" sin aplicar filtros arrojó 397 resultados. Al aplicar el filtro correspondiente a ensayos clínicos (clinical trial), el número de estudios se redujo a cinco, de los cuales cuatro cumplían con el criterio temporal de haber sido publicados a partir del año 2017.

En ScienceDirect, la búsqueda con el término "*climber injury*" arrojó inicialmente 2.432 resultados. Posteriormente, mediante una búsqueda avanzada con términos más específicos como "*climbers injury*", el número de publicaciones se redujo a 139. Al aplicar el filtro de año (desde 2017), se obtuvieron 69 estudios potencialmente relevantes.

Dado el escaso número de publicaciones que abordaban de manera directa la prevención o rehabilitación de lesiones en escaladores, se optó por incluir estudios con diferentes diseños metodológicos, siempre que trataran sobre intervenciones físicas orientadas a la prevención, tratamiento o mejora del rendimiento deportivo. También se consideraron trabajos que analizaran factores de riesgo lesivo, adaptaciones fisiológicas derivadas de la práctica intensiva de escalada o las secuelas funcionales de lesiones previas.

Tras eliminar los artículos duplicados, se llevó a cabo una primera selección mediante la lectura de títulos y resúmenes, eligiendo aquellos que se ajustaban a los objetivos de la revisión. En una segunda fase, se revisaron 29 artículos a texto completo, de los cuales 14

fueron descartados por no cumplir con los criterios metodológicos o de pertinencia temática. Finalmente, se seleccionaron 7 estudios que conforman la base de análisis de la presente revisión.

El proceso de selección se desarrolló en tres fases:

1. Identificación de estudios:

Se localizaron un total de 2.829 estudios: 397 en PubMed y 2.432 en ScienceDirect. Tras aplicar los filtros de búsqueda (tipo de estudio y año de publicación), el número de artículos potencialmente relevantes se redujo a 4 en PubMed y 69 en ScienceDirect.

2. Eliminación de duplicados:

Se eliminaron los estudios duplicados que aparecían en ambas bases de datos.

3. Cribado y selección final:

Se revisaron títulos y resúmenes para verificar su adecuación a los objetivos del estudio. Los artículos seleccionados pasaron a una revisión a texto completo. De los 29 artículos revisados, 14 fueron descartados por no cumplir con los criterios metodológicos o de pertinencia temática. Finalmente, se seleccionaron 7 estudios que conforman el corpus de análisis de esta revisión.



Estudios seleccionados

Tabla 2. Características de los estudios experimentales seleccionados

Artículo	Participantes	Tipo de estudio	Variables	Resultados	Conclusiones
ART 1 Kozin, S., Cretu, M., Kozina, Z., Chernozub, A., Ryepko, O., Shepelenko, T., Sobko, I., & Oleksiuk, M. (2021).	84 estudiantes varones (18-19 años).	Ensayo controlado	<i>Ensayo aleatorizado con ejercicios excéntricos y en cadena cinética cerrada para reducir lesiones de hombro.</i>	Menos lesiones de hombro en el GI (0,5 vs. 3,18 por 1000 eventos).	Ejercicios cerrados y excéntricos reducen lesiones de hombro en escaladores amateurs..
ART 2 "Zanjani, B., Shojaedin, S. S., & Abbasi, H. (2024)..	36 mujeres escaladoras con al menos 5 años de experiencia en escalada	Ensayo controlado aleatorizado piloto (3 grupos)	GR1: Entrenamiento escapular + movilización Mulligan (SFTMM) GR2: Solo entrenamiento escapular (SFT) GR3: Grupo control (GC)	SFTMM y SFT redujeron el dolor y mejoraron la propiocepción frente al grupo control.	SFTMM y SFT son igual de eficaces para aliviar el dolor y mejorar la propiocepción en escaladoras con SIS.
ART 3 Qu, J., Wang, Q., Wang, R., Ma, X., Ji, F., Qian, Y., Bao, J., & Lu, Y. (2025).	30 escaladores de élite (edad media de 19,5 ± 2,9 años)	Ensayo clínico aleatorizado.	Comparación grupo con terapia de entrenamiento médico (MTT) y grupo control (GC).	El grupo MTT tuvo menos lesiones, mejor rendimiento y mejor estado psicológico que el (GC).	La MTT mejora la recuperación y el rendimiento físico y mental en escaladores de élite.

Tabla 3. Características de los estudios descriptivos seleccionados

Artículo	Participantes	Tipo de estudio	VARIABLES	Resultados	Conclusiones
Art 4 (Lutter et al., 2020)	21 escaladores con 21+ años en alto nivel, sin síntomas.	Estudio descriptivo comparativo	Evalúa Distancia tendón-hueso en las poleas A2 y A4	Gi 25-35% mayor distancia tendón-hueso comparado con Gc	La mayor distancia podría ser una adaptación a las cargas de la escalada.
Art 5 Bärtschi, N., Scheibler, A. G., & Schweizer, A. (2023).	37 Escaladores Adolescentes (Edad Media 13 Años).	Estudio descriptivo	Desplazamiento Palmar En Diferentes Posiciones De Agarre (Agarre Engarzado, Abierto, Semiabierto).	Mayor desplazamiento palmar en agarre crimp (0,57 mm) vs agarres abierto y semiabierto	El agarre crimp incrementa el riesgo de lesiones epifisarias dorsales por sobrecarga en adolescentes.
Art 6 Orth, D., Slebioda, N., Cavada, A., van Bergen, N., Deschle, N., & Hoozemans, M. (2023).	17 Escaladores con Lesiones Unilaterales En La Mano Y 15 sin lesión	Estudio descriptivo retrospectivo	Fuerza máxima voluntaria (MVC) y tasa de desarrollo de fuerza (RFD) en mano lesionada y no lesionada	Escaladores con lesión previa mostraron reducción significativa de fuerza en mano lesionada y mano no dominante	Las lesiones previas generan debilidad persistente que afecta la lateralidad y debe considerarse en rehabilitación..
Art 7 Simon, M., Popp, D., Lutter, C., & Schöffl, V. (2017).	12 Escaladores Con Lesiones En El Manguito Rotador (10 Hombres, 2 Mujeres; Edad Media 55 Años)	Estudio descriptivo postoperatorio	Recuperación funcional y retorno al deporte (puntuación Constant Murley)	La mayoría recuperó un nivel de escalada cercano al previo a la lesión	La reparación artroscópica del manguito rotador permite una recuperación funcional y retorno exitoso a la escalada.

Tras revisar los diferentes artículos científicos centrados en las lesiones más comunes en la práctica de la escalada y las estrategias de prevención mediante programas de entrenamiento, agarres más lesivos y cómo influyen las lesiones en el déficit de fuerza, se encontraron diversas investigaciones que abordan esta temática desde diferentes perspectivas

En cuanto a la **metodología empleada** en los estudios analizados se observa una variedad de enfoques, principalmente se han utilizado **ensayos controlados aleatorios** para evaluar la eficacia de intervenciones preventivas y de rehabilitación, estos estudios comparan grupos de escaladores que reciben un programa de entrenamiento específico con grupos control que no lo reciben, midiendo la incidencia de lesiones o la mejora en variables como el dolor, la propiocepción y el rendimiento (Artículo 1, Kozin et al., 2021) (Artículo 2, Zanjani et al., 2024) (Artículo 3, Qu et al., 2025)

También se han empleado **estudios biomecánicos** para analizar factores de riesgo de lesiones asociados a la técnica de escalada, como el desplazamiento palmar en diferentes agarres, estos trabajos buscan comprender los mecanismos que pueden predisponer a ciertas lesiones (Artículo 5, Bärtschi et al., 2023)

Además se encuentran **estudios retrospectivos** que investigan las secuelas a largo plazo de lesiones previas como los déficits persistentes en la producción de fuerza, estos estudios son importantes para comprender el impacto de las lesiones y la necesidad de una rehabilitación adecuada (Artículo 6, Orth et al., 2023)

Respecto a la **población estudiada**, se observa una diversidad que incluye desde estudiantes aficionados (Artículo 1, Kozin et al., 2021), y escaladores con lesiones específicas (Artículo 2, Zanjani et al., 2024) (Artículo 7, Simon et al., 2017), hasta escaladores de élite (Artículo 3, Qu et al., 2025) y escaladores experimentados asintomáticos (Artículo 4, Lutter et al., 2020) (Artículo 6, Orth et al., 2023), además un estudio se centró específicamente en escaladores adolescentes (Artículo 5, Bärtschi et al., 2023)

En cuanto a los **temas más recurrentes** que se abordan en las investigaciones destacan la **prevención de lesiones de hombro** mediante programas de ejercicios específicos (Artículo 1, Kozin et al., 2021), y el abordaje del síndrome de impacto (Artículo 2, Zanjani et al., 2024), también se menciona el uso de la **terapia de entrenamiento médico (MTT)** como estrategia para la rehabilitación de lesiones y la mejora del rendimiento específico en escaladores de alto nivel (Artículo 3, Qu et al., 2025), se identifican además **factores de riesgo biomecánicos** como el agarre engarzado en adolescentes (Artículo 5, Bärtschi et al., 2023), se analizan **adaptaciones fisiológicas** en escaladores de alto nivel que podrían estar relacionadas con el riesgo o la adaptación a las cargas (Artículo 4, Lutter et al., 2020), y también se estudian las **consecuencias a largo plazo de las lesiones** como los déficits persistentes de fuerza en la mano (Artículo 6, Orth et al., 2023) (Artículo 8, Orth et al., 2023)

Otro tema relevante son los resultados funcionales tras **intervenciones quirúrgicas** para lesiones específicas como los desgarros del manguito rotador (Artículo 7, Simon et al., 2017)

Por un lado respecto a la **prevención de lesiones**, los ejercicios en cadena cinética cerrada y excéntricos demostraron una reducción significativa en las lesiones de hombro en estudiantes escaladores (Artículo 1, Kozin et al., 2021), de manera similar el entrenamiento enfocado en la escápula mostró ser eficaz para reducir el dolor y mejorar la propiocepción en escaladoras con síndrome de impacto, sugiriendo un potencial preventivo a largo plazo (Artículo 2, Zanjani et al., 2024)

En cuanto a los **factores de riesgo**, la investigación sobre el desplazamiento palmar reveló que el agarre crimp se asocia con un mayor riesgo de lesiones tipo epifisiolisis dorsal inducida por sobrecarga en escaladores adolescentes, lo que subraya la importancia de educar sobre técnicas de agarre seguras en esta población (Artículo 5, Bärtschi et al., 2023)

Respecto a la **rehabilitación y la prevención secundaria**, el uso de la terapia de entrenamiento médico MTT se asoció con una menor incidencia de nuevas lesiones y una mejora en el rendimiento en escaladores de élite (Artículo 3, Qu et al., 2025), los estudios sobre déficits persistentes de fuerza tras lesiones en la mano resaltan la necesidad de programas de rehabilitación exhaustivos para minimizar las secuelas a largo plazo y prevenir futuras lesiones debido a compensaciones o debilidad residual (Artículo 6, Orth et al., 2023) (Artículo 8, Orth et al., 2023)

Finalmente la investigación sobre las adaptaciones en las poleas de los dedos en escaladores de alto nivel sugiere que comprender las demandas específicas sobre estas estructuras puede informar la planificación del entrenamiento para minimizar el riesgo de lesiones en esta zona común (Artículo 4, Lutter et al., 2020).

5. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en esta revisión coinciden en gran medida con los hallazgos de investigaciones previas en el ámbito de la escalada deportiva, especialmente en lo que respecta a la prevalencia de lesiones de hombro, mano y dedos como las más frecuentes (Zanjani et al., 2024; Orth et al., 2023a; Simon et al., 2017). En esta línea, uno de los enfoques preventivos más estudiados ha sido el entrenamiento excéntrico, especialmente en cadena cinética cerrada, cuya eficacia se ha observado en la reducción significativa del dolor y la incidencia de lesiones de hombro en escaladores (Kozin et al., 2021). Estos resultados eran esperables, ya que en otros deportes con altos niveles de sollicitación articular también se ha demostrado que este tipo de ejercicios mejora la fuerza excéntrica, la estabilidad articular y la propiocepción, factores clave para prevenir lesiones por sobreuso (LaStayo et al., 2003; Mjølsnes et al., 2004; Askling et al., 2003).

En estudios más recientes como el de Zanjani et al. (2024), el entrenamiento centrado en la escápula ha mostrado efectos positivos no solo en la reducción del dolor asociado al síndrome de impacto, sino también en la mejora de la propiocepción. Esto refuerza la idea de que el trabajo excéntrico puede ser eficaz no solo en el fortalecimiento muscular, sino también en el control neuromuscular, aspecto esencial en escaladores con técnica avanzada y alto volumen de entrenamiento.

Por otro lado, trabajos como el de Bärtschi et al. (2023) destacan zonas menos esperadas, como las placas de crecimiento en escaladores adolescentes, afectadas por el uso excesivo del agarre en "crimp" o engarzado. Este hallazgo resulta especialmente relevante, ya que señala la importancia de la educación técnica desde etapas tempranas para evitar lesiones estructurales graves como la epifisiolisis dorsal inducida por sobrecarga. La biomecánica del gesto muestra cómo determinados patrones técnicos generan fuerzas de tracción elevadas sobre estructuras aún en desarrollo, incrementando el riesgo lesivo.

Un aspecto llamativo en los resultados es la presencia de **cambios anatómicos en estructuras específicas**, como las poleas de los dedos, observados en escaladores de alto nivel (Lutter et al., 2020). Lo interesante es que, aunque se evidencian adaptaciones estructurales en estas poleas, no siempre se asocian a dolor o disfunción. Esto sugiere que ciertas modificaciones anatómicas podrían interpretarse más como adaptaciones funcionales a la carga que como indicadores de patología, lo cual plantea interrogantes sobre los límites entre adaptación y sobrecarga. Estudios similares en otros deportes también han identificado adaptaciones sin síntomas clínicos, lo que apoya esta interpretación (LaStayo et al., 2003).

En cuanto a las lesiones quirúrgicas, los estudios sobre roturas del manguito rotador y su abordaje quirúrgico (Simon et al., 2017) confirman que, si bien la intervención puede ser efectiva, los resultados funcionales no siempre garantizan un retorno completo al rendimiento previo, especialmente en escaladores veteranos o con historial de múltiples lesiones. Esto subraya la importancia de considerar la cirugía como último recurso y priorizar intervenciones conservadoras bien planificadas.

Asimismo, las investigaciones sobre déficits persistentes de fuerza post-lesión (Orth et al., 2023a; Orth et al., 2023b) muestran que muchas lesiones, aunque aparentemente resueltas clínicamente, dejan secuelas funcionales que pueden afectar al rendimiento a largo plazo o aumentar el riesgo de nuevas lesiones. Estos déficits no solo se manifiestan en fuerza de prensión, sino también en desequilibrios entre extremidades y patrones de compensación, lo que pone de relieve la necesidad de programas de rehabilitación más prolongados y completos.

La evidencia también muestra que la **prevención secundaria** mediante programas como la **terapia de entrenamiento médico (MTT)** puede ser eficaz no solo para evitar recaídas, sino también para mejorar el rendimiento específico en escaladores de élite (Qu et al., 2025). Esta modalidad integra

principios de la fisioterapia, el control motor y la fuerza específica en un contexto funcional, lo que la convierte en una herramienta prometedora para el entrenamiento preventivo de alto nivel.

En conjunto, los resultados revisados refuerzan la necesidad de un enfoque multifactorial en la prevención y el tratamiento de lesiones en escaladores, que incluya no solo trabajo excéntrico y escápulo-torácico, sino también control técnico, educación sobre agarres, gestión de cargas y, en casos avanzados, una evaluación cuidadosa sobre la conveniencia de la cirugía. Además, resulta fundamental continuar investigando con muestras amplias y diseños longitudinales para entender mejor la evolución de estas adaptaciones y lesiones en el tiempo, así como incluir una mayor representación de mujeres escaladoras, ya que su perfil fisiológico y biomecánico aún está poco explorado en la literatura actual (Zanjani et al., 2024).



6. LIMITACIONES DE LOS ESTUDIOS INCLUIDOS

A pesar del valor informativo de los estudios analizados en esta revisión, es necesario señalar una serie de limitaciones metodológicas y estructurales que condicionan la solidez y conclusiones y su aplicabilidad práctica de estos estudios.

1. Tamaño muestral reducido

Una de las principales limitaciones es el escaso tamaño de muestra en la mayoría de los estudios, particularmente en los ensayos clínicos y estudios retrospectivos. Por ejemplo, investigaciones como las de Scheibel et al. (n=12) y Wright et al. (n=32, divididos en dos grupos) tienen un poder estadístico limitado, lo cual aumenta la probabilidad de obtener resultados falsamente positivos o negativos y dificulta la generalización a poblaciones más amplias.

2. Falta de diversidad en las muestras

Muchos estudios se centran en poblaciones muy específicas, como estudiantes varones jóvenes o escaladores de élite, con escasa representación de mujeres, adolescentes, adultos mayores o escaladores recreativos. Esta homogeneidad limita la validez externa de los hallazgos, ya que las estrategias de prevención o rehabilitación podrían no ser igual de efectivas en otros grupos con diferentes características fisiológicas o niveles de experiencia.

3. Ausencia de seguimiento a largo plazo

Varios de los ensayos clínicos carecen de evaluaciones de seguimiento longitudinal, lo que impide conocer la durabilidad de los efectos terapéuticos o preventivos observados. En el caso del estudio de Mirkowski et al., por ejemplo, se obtienen resultados positivos a corto plazo, pero no se evalúa si los beneficios en dolor y propiocepción se mantienen en el tiempo.

4. Intervenciones poco estandarizadas

Algunos estudios presentan intervenciones insuficientemente descritas o poco estandarizadas, lo que dificulta su replicabilidad en otros contextos clínicos o deportivos. Esto es especialmente problemático en el ámbito del entrenamiento preventivo, donde la dosificación, progresión, y especificidad de los ejercicios son claves para obtener resultados consistentes.

5. Carencia de diseño experimental en estudios observacionales

Aunque los estudios observacionales aportan información útil sobre adaptaciones anatómicas y riesgos biomecánicos, su diseño no permite establecer relaciones causales. Por ejemplo, el aumento en la distancia tendón-hueso observado por Schweizer et al. puede ser una

adaptación funcional o una manifestación de lesión, pero el estudio no proporciona evidencia concluyente al respecto.

Limitaciones y Líneas Futuras de Investigación

Una de las principales limitaciones de esta revisión radica en el número reducido de estudios experimentales específicos sobre prevención de lesiones en escaladores, lo que limita la capacidad de establecer conclusiones generalizables. Además, muchos de los estudios seleccionados presentan muestras pequeñas y homogéneas (por ejemplo, solo varones jóvenes o escaladores de élite), lo que impide extrapolar los resultados a otras poblaciones como mujeres, escaladores recreativos o adolescentes. La falta de seguimiento a largo plazo en los ensayos clínicos dificulta evaluar la sostenibilidad de los beneficios observados.

También se identificó una escasa estandarización en las intervenciones aplicadas, lo que limita su replicabilidad práctica.

Para futuras investigaciones, se recomienda desarrollar estudios longitudinales con mayor tamaño muestral y diversidad poblacional, así como intervenciones más detalladas y protocolizadas. Asimismo, sería útil investigar la interacción entre factores biomecánicos, psicológicos y técnicos en la aparición de lesiones, así como explorar con mayor profundidad el impacto de diferentes tipos de agarre y cargas repetitivas en la salud de los tejidos.

Finalmente, se propone crear y validar programas de entrenamiento preventivo específicos por nivel de experiencia y etapa de desarrollo, con el fin de optimizar la seguridad y longevidad deportiva de los escaladores.



7. RECOMENDACIONES PRÁCTICAS

A partir de los hallazgos obtenidos, se pueden extraer ciertas recomendaciones prácticas que no solo amplían el conocimiento científico sobre las lesiones más comunes en la escalada, sino que también ofrecen recomendaciones prácticas para los profesionales involucrados en la formación, tratamiento y prevención de estas lesiones.

1. Para entrenadores:

- Incorporación de programas de prevención: Es esencial que los entrenadores diseñen programas de entrenamiento que incluyan ejercicios específicos para fortalecer las áreas más vulnerables de los escaladores, como los dedos, los codos, los hombros y el core. Estos programas deben ser individualizados, teniendo en cuenta la experiencia y las características físicas de cada escalador.
- Enfoque en el control motor y la técnica: Se debe hacer énfasis en la correcta ejecución de los movimientos para evitar sobrecargar ciertas articulaciones y tendones. La técnica debe ser priorizada en todos los niveles de habilidad para minimizar el riesgo de lesiones.
- Agarres: Menos lesivos
- Periodización del entrenamiento: Los entrenadores deben implementar una adecuada periodización del entrenamiento que permita períodos de descanso y recuperación, esenciales para prevenir lesiones por sobreuso.

2. Para escaladores:

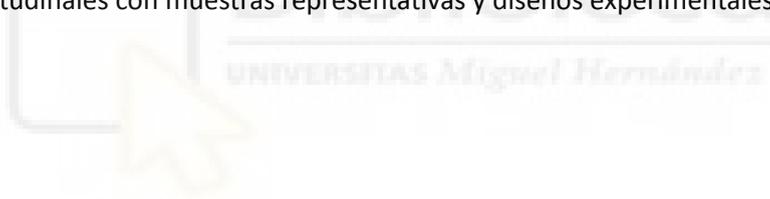
- Escucha activa del cuerpo: Los escaladores deben ser conscientes de las señales de fatiga y dolor, especialmente en áreas como los dedos y los codos, donde las lesiones son más comunes. Es recomendable tomar descansos regulares y evitar la sobrecarga excesiva en las

sesiones de entrenamiento.

- Uso adecuado de la técnica de escalada: Practicar una técnica adecuada no solo mejora el rendimiento, sino que también reduce el riesgo de lesiones. Los escaladores deben asegurarse de que su postura y el uso de las manos y los pies sea lo más eficiente posible.
- Entrenamiento cruzado: Incorporar ejercicios complementarios que fortalezcan músculos no específicamente trabajados en la escalada puede ser beneficioso para prevenir desequilibrios musculares que predisponen a lesiones.

8. CONCLUSIÓN FINAL

La revisión bibliográfica pone de manifiesto la importancia de implementar programas de entrenamiento específicos y adaptados en la prevención y rehabilitación de lesiones en escaladores. Las intervenciones basadas en ejercicios excéntricos, control motor y propiocepción han demostrado eficacia para reducir la incidencia de lesiones, especialmente en áreas vulnerables como los hombros y los dedos. Asimismo, se observa que técnicas como el agarre crimp en adolescentes suponen un factor de riesgo relevante, lo que subraya la necesidad de una adecuada educación técnica desde edades tempranas. La evidencia actual sugiere que una rehabilitación activa no solo favorece la recuperación, sino que también mejora el rendimiento físico y psicológico. Sin embargo, persiste la necesidad de establecer protocolos estandarizados y adaptados a diferentes perfiles de escaladores, lo que requiere más estudios longitudinales con muestras representativas y diseños experimentales robusto



9. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

- Backe, S., Ericson, L., Janson, S., & Timpka, T. (2009). Rock climbing injuries in Sweden between 2008 and 2009. *Wilderness & Environmental Medicine*, 20(1), 18–25. <https://doi.org/10.1580/07-WEME-RA-134.1>
- Baláš, J., Michailov, M., Giles, D., Kodejška, J., & Panáčková, M. (2017). Active recovery of the finger flexors enhances intermittent grip endurance in rock climbers. *European Journal of Sport Science*, 17(9), 1141–1149. <https://doi.org/10.1080/17461391.2017.1363446>
- Bärtschi, N., Scheibler, A. G., & Schweizer, A. (2023). Palmar shift of the proximal interphalangeal joint in different grip positions as a potential risk factor for periphyseal injuries in adolescent climbers. *Wilderness & Environmental Medicine*, 34(4), 451–456. <https://doi.org/10.1016/j.wem.2023.06.008>
- Fujita, N., Sakurai, A., Uehara, K., Nishimoto, H., & Aoki, M. (2017). Rock climbing-related metacarpal and phalangeal fractures: Injury mechanisms and treatment. *Journal of Orthopaedic Science*, 22(2), 374–378. <https://doi.org/10.1016/j.jos.2016.12.018>
- Fuss, F. K. (2020). Finger injuries in rock climbers: A clinical and biomechanical review. *The Journal of Hand Surgery (European Volume)*, 45(9), 897–906. <https://doi.org/10.1177/1753193420922085>
- Gallo, R. A., Plakke, M., & Silvis, M. L. (2017). Common injuries in rock climbing. *Current Sports Medicine Reports*, 16(5), 360–368. <https://doi.org/10.1249/JSR.0000000000000394>
- Ginszt, M., Michalska, J., Ptak, M., & Halski, T. (2020). The effect of eccentric and concentric training on shoulder joint proprioception in climbers. *Journal of Human Kinetics*, 72(1), 233–242. <https://doi.org/10.2478/hukin-2019-0116>
- Grønhaug, G. (2019). Climbing injuries: Review of current evidence. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, 14, Article 72. <https://doi.org/10.1186/s13018-019-1120-4>
- International Olympic Committee. (2021). *Sport climbing - Tokyo 2020 Summer Olympics*. <https://olympics.com/en/olympic-games/tokyo-2020/sports/sport-climbing>
- Iruetagoiena, X., De la Fuente, J., Rodríguez-López, E. S., Davila, F., Dorronsoro, A., Goenaga, L., & Blasi, M. (2021). Longer tendon-bone distances of the A2 and A4 annular pulleys in experienced high-level sport climbers: Injury or adaptation? *Wilderness & Environmental Medicine*, 32(4), 450–456. <https://doi.org/10.1016/j.wem.2021.07.008>
- Jones, G., Asghar, A., & Llewellyn, D. J. (2008). The epidemiology of rock-climbing injuries. *British Journal of Sports Medicine*, 42(9), 773–778. <https://doi.org/10.1136/bjism.2007.034991>
- Jones, G., Asghar, A., & Llewellyn, D. J. (2022). The effects of fingerboard training on grip strength and climbing performance. *Journal of Sports Sciences*, 40(5), 601–608. <https://doi.org/10.1080/02640414.2021.1977773>
- López-Rivera, E., & González-Badillo, J. J. (2012). The effects of two resistance training programs on climbing performance and forearm strength. *Journal of Sports Science and Medicine*, 11(3), 494–501. <https://www.jssm.org/jssm-11-494.xml>
- Lutter, C., El-Sheikh, Y., Schoeffl, I., & Schoeffl, V. (2020). Sport climbing: Medical considerations for this new Olympic discipline. *British Journal of Sports Medicine*, 54(7), 411–417. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2019-101040>
- Lutter, C., El-Sheikh, Y., Schoeffl, V., & Schoeffl, I. (2021). Injury patterns and overuse injuries in climbing: A prospective analysis of competition climbers. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(3), 1111. <https://doi.org/10.3390/ijerph18031111>

Mermier, C. M., Janot, J. M., Parker, D. L., & Swan, J. G. (2000). Physiological and anthropometric determinants of sport climbing performance. *British Journal of Sports Medicine*, *34*(5), 359–366. <https://doi.org/10.1136/bjism.34.5.359>

Orth, D., Slebioda, N., Cavada, A., Van Bergen, N., Deschle, N., & Hoozemans, M. (2022). Persistent unilateral force production deficits following hand injury in experienced climbers: A reliability and retrospective injury study. *Wilderness & Environmental Medicine*, *34*(1), 22–30. <https://doi.org/10.1016/j.wem.2022.10.001>

Qu, J., Wang, Q., Wang, R., Ma, X., Ji, F., Qian, Y., Bao, J., & Lu, Y. (2025). Effects of medical training therapy on injury rehabilitation and sports-specific performance in elite rock climbers: A randomized controlled trial. *Injury*, *56*(2), 112134.

Saul, D., Steinmetz, G., Lehmann, W., & Schilling, A. F. (2019). Determinants of performance and training recommendations for bouldering: A review. *Journal of Sports Sciences*, *37*(10), 1149–1157. <https://doi.org/10.1080/02640414.2018.1544537>

Schöffl, V., Hochholzer, T., Winkelmann, H. P., & Strecker, W. (2003). Pulley injuries in rock climbers. *Wilderness & Environmental Medicine*, *14*(2), 94–100. [https://doi.org/10.1580/1080-6032\(2003\)14\[94:PIIRC\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1580/1080-6032(2003)14[94:PIIRC]2.0.CO;2)

Schöffl, V., Morrison, A., Hefti, U., & Hochholzer, T. (2010). The UIAA Medical Commission injury classification for mountaineering and climbing sports. *Wilderness & Environmental Medicine*, *21*(2), 80–84. <https://doi.org/10.1016/j.wem.2010.03.002>

Schöffl, V., Morrison, A., Hefti, U., Ullrich, S., & Küpper, T. (2015). Injury trends in rock climbers: Evaluation of a case series of 911 injuries between 2009 and 2012. *Wilderness & Environmental Medicine*, *26*(1), 62–67. <https://doi.org/10.1016/j.wem.2014.10.003>

Schweizer, A. (2001). Biomechanical properties of the crimp grip position in rock climbers. *Journal of Biomechanics*, *34*(2), 217–223. [https://doi.org/10.1016/S0021-9290\(00\)00184-4](https://doi.org/10.1016/S0021-9290(00)00184-4)

Schweizer, A., & Hudek, R. (2011). Kinetics of the crimp grip in rock climbers. *Journal of Biomechanics*, *44*(6), 1027–1032. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2010.12.015>

Simon, M., Popp, D., Lutter, C., & Schöffl, V. (2017). Functional and sports-specific outcome after surgical repair of rotator cuff tears in rock climbers. *Wilderness & Environmental Medicine*, *28*(4), 342–347. <https://doi.org/10.1016/j.wem.2017.07.003>

Tillin, N. A., Pain, M. T. G., & Folland, J. P. (2016). Short-term strength training improves muscle activation and dynamic balance. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, *23*(6), 1–9. <https://doi.org/10.1111/sms.12579>

Zanjani, B., Shojaedin, S. S., & Abbasi, H. (2024). Investigating the combined effects of scapular-focused training and Mulligan mobilization on shoulder impingement syndrome: A three-arm pilot randomized controlled trial. *BMC Musculoskeletal Disorders*, *25*(1), 897. <https://doi.org/10.1186/s12891-024-07966-1>

10. ANEXO

Abreviaciones utilizadas:

- **GR:** Grupo
- **GC:** Grupo Control
- **SFT:** Entrenamiento escapular (Scapular Focused Training)
- **SFTMM:** Entrenamiento escapular + movilización Mulligan
- **SIS:** Síndrome de Impingement Subacromial
- **MTT:** Medical Training Therapy (Terapia de entrenamiento médico)
- **GI:** Grupo Intervención
- **MVC:** Maximum Voluntary Contraction (Fuerza máxima voluntaria)
- **RFD:** Rate of Force Development (Tasa de desarrollo de la fuerza)

