



Universidad Pública de Navarra
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

Facultad de Ciencias de la Salud

Revisión bibliográfica sobre ejercicio preventivo en la lesión de poleas en escalada

Grado en Fisioterapia

Trabajo Fin de Grado

Estudiante: Ibai Gil Muruzabal

Tutor: Oier Oregi Unamuno

Mayo, 2023

RESUMEN

Antecedentes: La escalada es un deporte con un crecimiento exponencial notable, la lesión predominante es sobre las poleas de los dedos. Asimismo, el factor más relevante es el rendimiento es la fuerza de dedos. Se ha asociado la intervención mediante programas de fuerza con la reducción de la incidencia lesional en otros deportes.

Objetivo: Realizar una revisión bibliográfica basada en la evidencia sobre los factores que influyen en el rendimiento, programas para mejorarlos, además de buscar su asociación con la prevención.

Metodología: Se utilizaron las bases de datos PubMed, Science Direct y PEDro.

Resultado: Se seleccionaron 11 artículos, siendo 6 sobre rendimiento y 5 sobre programas de ejercicio. Estos determinaron que el factor más relevante en el rendimiento es la fuerza de dedos, y, en las intervenciones se obtuvieron mejoras en este factor.

Conclusiones: Los programas en "hangboard" mejoran la variable fuerza de dedos en escaladores. Se precisa de más estudios que asocien esta variable con la disminución de incidencia lesional y prevención.

Palabras clave: performance, rock climbing, hangboard training

Número de palabras: 13903

ABSTRACT

Background: Climbing is a sport with an exponential growth, the main injury is over the finger pulley system. The most relevant aspect in performance is finger strength. The application of strength programs has been associated with a decrease on the injury incidence in other sports.

Objective: Review the current bibliography about factors, whose influence in climbing performance and strength programs. Besides, the association between them and prevention.

Methods: It has been used PubMed, Science Direct and PEDro.

Results: It has been chosen 11 articles, 6 about performance and 6 about exercise programs. These determine finger strength as the main performance parameter. The interventions reached improvements in this factor.

Conclusions: Hangboard programs improve finger strength in climbers. There's a need of more papers which associate injury incidence reduction with finger strength and prevention.

Keywords: performance, rock climbing, hangboard training

Number of words: 13903

GLOSARIO DE ABREVIATURAS

AC: acromioclavicular

AINES: antiinflamatorios no esteroideos

CIVM: contracción isométrica voluntaria máxima

ECA: estudio clínico aleatorizado

Est: estamina

FC: frecuencia cardíaca

Fmáx: fuerza máxima

FMD: fuerza máxima de dedos

G0: grupo control

G1: intervención 1, a excepción de en la propuesta que se refiere al control

G2: intervención 2

G3: intervención 3

IFD: interfalángica distal

IFP: interfalángica proximal

IFSC: International Federation of Sport Climbing

H: hombres

h: horas

HB: hangboard

JJOO: juegos olímpicos

Kg: kilogramos

SLAP: lesión labral de anterior a posterior

máx: máximo

MCF: metacarpofalángica

MMSS: miembro superior

m: minutos

mm: milímetros

M: mujeres

ms: muy significativo

n.s: no significativo

nº: número

RDF: ratio de desarrollo de fuerza

REP: ratio de esfuerzo percibido

Rst: resistencia

SPFD: Sistema de poleas de los flexores de los dedos

s: segundos

S: significativa

ÍNDICE

RESUMEN	i
ABSTRACT.....	iii
INTRODUCCIÓN.....	1
Evolución de la escalada	1
Tipos de escalada.....	1
Lesiones en escalada.....	2
Lesión de dedos	6
Anatomía	8
Mecanismo lesional	10
Diagnóstico	11
Tratamiento.....	11
Prevención.....	12
Justificación del TFG.....	12
OBJETIVOS.....	15
Objetivo principal	15
Objetivos secundarios.....	15
MATERIAL Y MÉTODOS.....	17
Fuente y búsquedas de datos.....	17
Estrategias de búsqueda	17
Diagrama de flujo	18
Criterios de inclusión y exclusión	22
Calidad metodológica	22
Análisis estadístico.....	23
RESULTADOS	29

“Performance” / “Rock climbing”	29
Fuerza	29
Resistencia	31
Rendimiento	33
“Hangboard training”	36
Fuerza	36
Resistencia	37
DISCUSIÓN	41
Factores de rendimiento.....	41
Flexibilidad de cadera.....	41
Resistencia	41
Fuerza	42
LIMITACIONES	49
CONCLUSIONES	51
PROPUESTA DE INTERVENCIÓN	53
Introducción	53
Hipótesis.....	56
Hipótesis secundaria	56
Objetivos	56
Objetivo principal.....	56
Objetivos secundarios	56
Material y métodos.....	57
Diseño.....	57
Selección de participantes.....	57
Aleatorización, enmascaramiento y comité ético	58

Mediciones.....	59
Intervención.....	60
Análisis estadístico.....	65
Limitaciones del estudio	65
ANEXOS.....	69
Anexo 1. Escala PEDro.....	75
Anexo 2. Escala STROBE para estudios observacionales	77
Anexo 3. Consentimiento informado	79
Anexo 4. Escala de graduación francesa de nivel en escalada.....	81

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Lesiones más comunes en la escalada clasificado por localización anatómica. Adaptado de Cole et al. (32)	3
Tabla 2. Clasificación de la severidad de las lesiones de poleas. Adaptado de	7
Schöffle et al. (53)	7
Tabla 3. Escala PEDro para la primera búsqueda. Elaboración propia.	24
Tabla 4. Escala STROBE para estudios observacionales. Elaboración propia.	25
Tabla 5. Factor de impacto de la primera búsqueda. Elaboración propia.	26
Tabla 6. Escala PEDro para la segunda búsqueda. Elaboración propia.....	27
Tabla 7. Factor de impacto para la segunda búsqueda. Elaboración propia.	28
Tabla 8. Resumen de artículos sobre factores influyentes en el rendimiento. Elaboración propia.	34
Tabla 8. Resumen de artículos sobre factores influyentes en el rendimiento. Elaboración propia (continuación).	35
Tabla 9. Resumen de artículos sobre métodos de entrenamiento sobre regletas. Elaboración propia.	39

Tabla 9. Resumen de artículos sobre métodos de entrenamiento sobre regletas.
Elaboración propia (continuación)..... **40**

Tabla 10. Basada en programa de intervención de Medernach et al. (2015).
Elaboración propia. (referencia) **62**

Tabla 11. Ejercicios de fuerza. Elaboración propia. **64**

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Anatomía normal del sistema flexor de poleas del dedo. Tendones flexores (profundo y superficial) y poleas anulares (A1-A5) y cruzadas (C1-C3). Distancia tendón al hueso intacta (*) (38)..... **9**

Figura 2. Visión anatómica de las poleas sin los tendones flexores (42). **9**

Figura 3. Signo de dedo en arco o “bowstringing”. Elaboración propia..... **10**

Figura 4. Diagrama de flujo de la primera búsqueda. Elaboración propia..... **19**

Figura 5. Diagrama de flujos de la segunda búsqueda. Elaboración propia. **21**

Figura 6. Tendón de flexores de los dedos tras ruptura de polea. Elaboración propia.
..... **59**

Figura 7. Ruptura de poleas en ecógrafo. Elaboración propia. **60**

Figura 8. Test de provocación (22)..... **60**

INTRODUCCIÓN

Evolución de la escalada

La escalada es un deporte en el cual la persona que lo practica confía su integridad en las puntas de sus dedos. Esta actividad, ha evolucionado de forma exponencial en unos 20 años, de ser practicado por un escaso número de personas a masificarse. El crecimiento de esta actividad, dado su gran atractivo, ha sido cada vez más notable desde el 1997 cuando solo practicaban escalada unos 7,5 millones en todo el mundo, ente ellos, atletas de élite o montañeros (1). En Estados Unidos la comunidad estimada que practicaba este deporte en el año 2010 estaba en torno a los 4,3 millones de personas, a diferencia de los 7,1 millones observado en 2017 (2). Solamente en 2015, hubo un aumento del número de gimnasios de escalada (rocódromos) en un 10%, de manera global (3).

Otros estudios observan que en torno a unas 1000 personas prueban este deporte por primera vez al día en los Estados Unidos (4). Asimismo, según la International Federation of Sport Climbing (IFSC, Federación Internacional de Escalada) en abril de 2019, el deporte ya contaba con unos 44,5 millones de practicantes regulares (4). El aumento de la cantidad de deportistas diarios generó como consecuencia su inclusión en los Juegos Olímpicos de Tokyo 2020, en forma de 3 categorías que sumarían puntos para una misma clasificación: velocidad, dificultad y escalada en bloque (boulder) (5). Es decir, la visibilización del deporte gracias, en parte, a la gran audiencia durante los juegos, ha sido un factor determinante para la actual popularidad de este.

En consecuencia, debido al mayor número de escaladores que emerge, hay un mayor número de personas expuestas a mecanismos lesionales casi únicos y específicos de la escalada (6). Esto supone un coste económico por cada lesión para el sistema de salud pública, por lo que habría un beneficio directo al examinar y desarrollar la prevención dentro futuros programas educativos.

Tipos de escalada

En cuanto a la incidencia lesional en la escalada variará en función de la modalidad de la misma (deportiva, bloque o boulder, clásica, mixta, hielo, artificial) y la biomecánica de los movimientos que conlleva cada uno de los tipos. Existen determinados factores como, la magnitud de la caída, la cantidad de movimientos, el tiempo en la pared, el componente vertical de la misma, el propio nivel del deportista, la dificultad y dinamismo de los actos, inclusive el aspecto psicológico y el miedo de este, el riesgo de exposición, que podrían determinar algunas de las lesiones.

La deportiva se basa en ascender por una pared, ya sea artificial, en un lugar interior (rocódromo) o en el exterior, la montaña, en las llamadas escuelas de escalada. Esta pared puede ser vertical o tener inclinación, negativa, denominada placa tumbada, o positiva, llamada comúnmente desplome. El ascenso se realizará con el uso de una cuerda, varios mosquetones y cintas express, un arnés, y un casco. Estos tienen el fin de proteger al escalador de una caída que sería fatal, o de la caída de alguna roca que podría finalizar no solo con la carrera del deportista sino también con su vida. En esta revisión se hablará no solo sobre escalada deportiva, una de las dos modalidades más famosas del deporte, sino también la de bloque. La escalada de bloque o boulder no precisa una cuerda y su seguridad se basa colocar varios colchones o colchonetas en el suelo, para que, en el caso de una posible caída estos protejan al deportista de la contusión contra el suelo. El ascenso en esta variante es en gran parte horizontal y no suele superar los 3 o 4 metros.

Lesiones en escalada

Las caídas eran el mecanismo predominante de lesión en la escalada clásica en torno a los años 90 y 2000, y el estrés sobre una articulación en el intento de un movimiento complejo es el más común en la escalada deportiva actual (1). Gracias al proceso natural evolutivo del deporte, y al incremento del factor seguridad, se han reducido la distancia de las caídas. Permitiendo que el deporte varíe hacia un plano mucho más físico, afectando esto a la incidencia lesional (1) (7).

Así pues, la escalada deportiva ha evolucionado hacia rutas más cortas y demandantes para las extremidades superiores. Al contrario que las vías tradicionales, las cuales son más largas y la mayoría del peso era soportado por los miembros inferiores (1). En la última revisión disponible sobre las lesiones en este deporte se clasifican las lesiones de escalada según el mecanismo lesional o en base a la localización anatómica de la misma. En el caso del mecanismo se propone que, el 19 al 33% de las lesiones son de ámbito crónico o sobreuso, el 28% tratan de lesiones agudas no traumáticas dadas al superar la carga fisiológica, y del 10 al 39% se encuentran las agudas traumáticas que resultan de una caída por altura o el impacto de una roca (8) (9).

De acuerdo con otros autores, las lesiones como resultado de una gran caída o del desprendimiento de una roca sobre el escalador, no reflejan las lesiones más comunes e incidentes en esta modalidad deportiva (1). Un factor, es el fallo del equipo, hablándose solamente de un porcentaje del 0,6% (10).

Teniendo en cuenta la localización anatómica las lesiones más comunes serían en: cabeza, espina, hombro, codo, muñeca, mano, rodilla, pie y tobillo.

Tabla 1. Lesiones más comunes en la escalada clasificado por localización anatómica. Adaptado de Cole et al. (2020) (2).

Localización	Lesión
Cabeza	Contusión
Espalda	Espalda de escalador, fractura por compresión y fractura del elemento posterior
Hombro	Rotura del SLAP, luxación glenohumeral, separación de la articulación AC, y desgarros del manguito rotador
Codo	Tendinitis del braquial
Muñeca	Fractura del gancho del hueso ganchoso
Mano	Ruptura de poleas y fractura epifisaria por estrés
Rodilla	Distensión isquiotibial/ avulsión y rotura meniscal
Pie y tobillo	Esguince de tobillo, neuritis, y bursitis retrocalcánea

Leyenda: SLAP: superior labrum anterior to posterior, AC: acromioclavicular

En cuanto a las **lesiones en la cabeza**, se habla de un porcentaje de entre el 1,6 y el 3,6% de daños en la cabeza relacionados con la escalada. Aun así, estas entran en el 17% de las problemáticas que necesitan de búsqueda y rescate en la montaña (10) (11). La mayor parte de estas no son letales, sino que son contusiones, tratándose de un 70% (11). Aun con todos los riesgos aparentes el uso de esta estrategia de seguridad es sorprendentemente bajo, puesto que el 86,9% de los escaladores reporta no haber utilizado nunca un casco (11).

Las relacionadas con **la espalda** se hayan entre el 1,9 y el 7,1%, y se deben principalmente a caídas desde altura (10). Estas no tienen por qué ser lineales, afectan principalmente a la región toracolumbar causando lesiones de tipo compresivo (12). Asimismo, la típica espalda de escalador lleva consigo un aumento de la cifosis torácica, también de la lordosis lumbar, y una anteriorización de la posición de los hombros. Causada por un desbalance entre los rotadores internos y externos del brazo, lo cual los lleva a una musculatura acortada del pectoral (2). Estos cambios posturales pueden llevar a largo plazo a lesiones como espondilosis, dolor lumbar crónico o síndrome del desfiladero torácico (13).

El MMSS (miembro superior) tiene una importancia vital en este deporte, así según Giles y col. (2006) la prevalencia de lesiones en MMSS se debe al uso de la fuerza de este en el ámbito deportivo, en la cual, a mayor dificultad, aparece mayor importancia de la fuerza y resistencia del MMSS, en concreto de la fuerza de antebrazo marcada como un factor clave en el rendimiento de los deportistas escaladores (14) (15). De tal manera, las lesiones en hombros, codos, antebrazo, muñeca y manos refieren entre un 42,6 y un 71,4% de las totales (10) (11).

Dentro de este grupo, **el hombro** es la segunda estructura más problemática. La clasificación divide en traumáticas, mayormente agudas, y por sobreuso (2) (8). El origen de las lesiones traumáticas suele darse por caídas, resultando en fractura, separación de la acromioclavicular, luxación de la articulación glenohumeral y desgarros del manguito (2). A su vez, aparecen algunas por sobreuso que imitan a otros deportes en los que los brazos pasan por encima de la cabeza, desgarró crónico del manguito de rotadores, síndrome de del pinzamiento o "impingment", tendinitis

del bíceps, roturas del labrum superior de anterior a posterior (SLAP) (2). En otro estudio publicado en 2021 se observaron lesiones en el complejo escapulo humeral, así como anomalías en el labrum, tendón largo del bíceps y cartílago relacionadas con la intensidad de la práctica. Esto es interesante ya que la estadística marca que el 77% de escaladores antes o después presentan dolor incapacitante o no para la práctica en el hombro. Por lo cual, el autor concluye que este tipo de lesiones no son influyentes en el grupo de estudio dado que según Beeler et al. (2021) son lesiones poco incapacitantes, es decir, permiten la continuidad de la campaña deportiva (16). Esa afirmación, está en contraposición con Schöffle et al. (2019) que observa que en la modalidad de bloque o boulder está aumentando las lesiones de hombro (17).

En el caso de las patologías que incluyen al **codo y al antebrazo**, se habla de un 9,1% de todas las lesiones en escalada (2). La mayoría se dan por cronicidad, considerándose muy relevante la ruptura distal del bíceps (18). En este deporte, se realiza una flexión constante, tanto de muñeca como de dedos, además de una pronación completa. A partir de esta postura, el bíceps braquial se encuentra fuera de fase y la flexión se produce vía el braquial, en esencia. Este hecho genera roturas del complejo músculo tendinoso del braquial anterior (2). Otra patología, no menos relevante es la epicondilitis medial, en vista de la posición comentada se genera gran estrés en la musculatura flexopronadora que se inserta en el epicóndilo medial. Su homónimo, pero lateral, tiene su origen en el mantenimiento, por parte de los extensores de carpo, de la oposición de la muñeca respecto a los flexores (2). Otras patologías descritas significativas son las compresivas, como el síndrome del pronador, o neuropatías del interóseo posterior y el nervio mediano (18) (19).

En relación con las lesiones de **la parte distal del MMSS**, la muñeca remite un 13,1% y los dedos un 52% (17) (20). El posicionamiento de los dedos y muñeca, único de la escalada, lleva a lesiones como ruptura de las poleas flexoras, gancho del gancho o fracturas epifisarias por estrés (2). Estas últimas son típicas de niños o adolescentes muy enfocados en la escalada y, a su vez, están relacionadas con la herramienta de ejercicio, "campus board" (tabla de entrenamiento) (21). Dentro de las lesiones que ocurren en los dedos se encuentran la ruptura o desgarró de la musculatura lumbrical

debida al agarre de bidedo o monodedo en el que los dedos que no están en contacto con la pared están en máxima flexión para generar más fuerza. Al contrario, los otros dedos están extendidos intentando generar fuerza hacia flexión. Debido a la localización anatómica de la musculatura lumbrical, varios de los dedos comparten vientre muscular, bien el meñique con el anular y el anular con el corazón, la musculatura queda en desventaja mecánica y se puede dar el desgarro (22). En ocasiones también llega a consulta distensiones de los ligamentos colaterales de los dedos o capsulitis. Cabe destacar que, ocurren en mayor medida en instalaciones indoor o de entrenamiento que en la propia montaña (23).

Por último, **la extremidad inferior** la cual comprende un rango del 12,7 al 27,6% de todas las lesiones (9) (11) (17). A priori la mitad de estas tienen su origen en las caídas desde cierta altura, 48,6% (10) (24). Siendo una de las más observadas la ruptura del sustentaculum tali (44). Es de interés mencionar, la influencia de los zapatos (pies de gato) que se utilizan en la práctica, siendo común el uso de 2,3 tallas menos que las del día a día (25). Esto puede generar patologías como fascitis plantar, metatarsalgia, hallux valgus, hallux rigidus, neuroma interdigital, neuritis peronea profunda o bursitis retrocalcanea (19) (25) (26). Por añadidura, hay dos posiciones que se dan de forma constante y tienen cierto riesgo: la posición de talón o "heel hook", mediante la cual se tracciona con la cadera en rotación externa, realizando fuerza con la musculatura isquiotibial, y el "drop knee" o bicicleta, a través el cual el escalador para utilizar la fuerza de sus piernas y mantenerse cerca de la pared, con la punta del pie apoyada hace una rotación interna completa de cadera además de una flexión homolateral profunda de la rodilla. La posición de "heel hook" pone en riesgo al corner posterolateral (27). La segunda postura tratada compromete al menisco y al ligamento colateral medial de la articulación de la rodilla (28).

Lesión de dedos

Como se ha mencionado con anterioridad, en la escalada son los dedos los que marcan hasta un 52% dentro del grueso lesional total (2). Según otros autores, este porcentaje sería un 41% de todas las lesiones, solamente contando con las ocurridas en los dedos se hablaría de casi la mitad del total. Pozzi et al. (2016) observaron que

las lesiones de **poleas** son las más incidentes en este deporte (23) (29) (30) (31) (32). Otros datos interesante observan que las lesiones de poleas son, en general, las que con mayor frecuencia se diagnostican, representando el 30% de las lesiones en los dedos y el 12% de las totales (33). Las lesiones en las poleas como tal no tienen por qué tratarse de rupturas de una o varias. Al contrario, lo habitual es encontrarse con la lesión denominada como tenosinovitis. La tenosinovitis es un término que describe inflamación en la vaina sinovial dentro de la propia vaina tendinosa (34). Estas lesiones constan de una clasificación que gradúa la severidad dependiendo de factores como la polea o poleas dañadas, el nivel de afectación y la implicación de los ligamentos colaterales o musculatura lumbrical (35) (Tabla 2).

Tabla 2. Clasificación de la severidad de las lesiones de poleas. Adaptado de Schöffle et al. (2003) (35).

Grado I	Distensiones aisladas de alguna polea
Grado II	Ruptura completa de A4 o parcial de A2 o A3
Grado III	Ruptura completa de A2 o A3
Grado IV	Rupturas múltiples de varias poleas o ruptura de A2 o A3 involucrando a la musculatura lumbrical o a los ligamentos colaterales

Para distinguir entre distensiones o rupturas hay cierta discusión entre autores en cuanto a la distancia hueso-tendón, visto con un ecógrafo o una resonancia magnética, que debiera haber para considerarse una u otra. Iruretagoiena et al. (2020) propone que la ruptura completa de una polea producirá una separación hueso-tendón mayor a 2mm de distancia (36). Hauger et al. (2000) describen que un desgarro parcial de A2 está entre 0-3mm y completa entre 2-5mm, además marca que una combinación de rupturas daría entre 5-8mm, basadas estas en lesiones simuladas a modelos en cadáver (37).

En cuanto a la incidencia entre poleas, A2, A3 y A4 son las que tienen mayor riesgo de lesión, y la polea A2 es la que con más frecuentemente se lesiona (38). Schöffle et

al. (2015) (17) sugieren en base a dos estudios diferentes que hay una mayor incidencia de rotura en la A4 que en la A2, sin embargo, estudios más recientes marcan que la polea más tendente a lesión es la A2, dado que, en el mecanismo lesional principal, la posición de arqueo, la máxima tensión recae sobre ella, con fuerzas de 3 o incluso 4 veces más que las falanges distales (17) (22) (29). Asimismo, A2 y A4 son poleas menos deformables y con mayor fuerza antes de romperse, comparadas con la A1, A3, considerada la más flexible, y la A5 (38). En cuanto a los dedos, el que tiene mayor incidencia es el cuarto o anular seguido por el tercero (39). Por tanto, podemos afirmar que la lesión más común se da en el anular en la polea A2, debido a que en este la fuerza de la polea es significativamente menor (40).

Anatomía

En primer lugar, al hablar de las poleas de los dedos debemos especificar a que se refiere el equipo, dado que están dentro de un sistema. Este consiste en una serie de túneles osteofibrosos por los cuales pasan los dos tendones de dos músculos, flexor digital profundo y el flexor digital superficial (41). Los túneles están compuestos por dos tejidos diferentes, el sinovial y el retinacular (poleas), que, por supuesto tienen distintas funciones. La parte retinacular que se denomina polea. Consiste en engrosamientos de la vaina. Su función es mantener los tendones flexores adyacentes a las falanges permitiendo la eficiencia biomecánica durante la flexión del dedo.

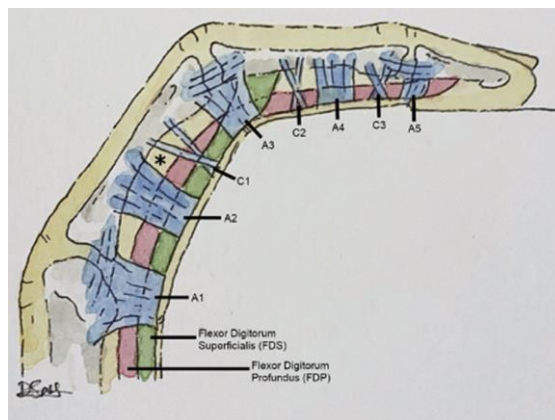


Figura 1. Anatomía normal del sistema flexor de poleas del dedo. Tendones flexores (profundo y superficial) y poleas anulares (A1-A5) y cruzadas (C1-C3). Distancia tendón al hueso intacta (*) (38).

En segundo lugar, en cada dedo encontramos cinco poleas anulares (A1-A5) y 3 cruzadas (C1-C3), ambos grupos de poleas están dispuestos a lo largo del dedo por segmentos, desde

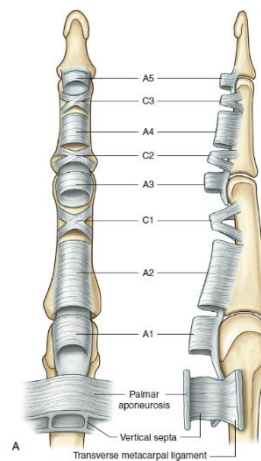


Figura 2. Visión anatómica de las poleas sin los tendones flexores (42).

la parte distal de la palma hasta la distal de las articulaciones interfalángicas (43). Las poleas anulares, tienen configuración de anillo, mientras que las cruzadas tienen forma de cruz. Las poleas anulares se pueden dividir en base a su zona de inserción, en aquellas que se insertan en la placa volar y las que lo hacen directamente en el hueso. En la línea de la clasificación, las poleas A2 y A4 son más gruesas y anchas; se insertan directamente en el hueso. Ambas dos tradicionalmente se consideran vitales para prevenir la separación de los tendones flexores de las falanges, fenómeno denominado dedo en arco o “bowstringing” (42). La polea A2 se inserta en las falanges media y la A4 en la proximal. Las otras, A1, A3 y A5, son menos rígidas y no están consideradas poleas osteofibrosas auténticas (29). Se localizan sobre las

articulaciones metacarpofalángica (A1), IFP (interfalángica proximal) (A2) y distal (A3).



Figura 3. Signo de dedo en arco o "bowstringing". Elaboración propia.

Respecto a las cruzadas, la primera se localiza entre A2-A3 y se adhiere a la falange proximal. C2 se encuentra entre A3 y A4, distal a la articulación IFD (interfalángica distal) (44).

Cabe destacar la relevancia de la musculatura lumbrical en los agarres con uno, dos o tres dedos. Su función es la de extender las articulaciones IFP e IFD y flexionar las MCF (metacarpofalángica) (45). A pesar el pequeño tamaño de esta musculatura, su importancia reside en la proximidad de esta al SPFD, influyendo en la graduación de sus lesiones.

Mecanismo lesional

La lesión de distensión o ruptura de poleas se puede dar cuando el agarre en arqueado y la carga al tendón ocurre de forma excéntrica, el riesgo aumenta considerablemente (38). Esto se denomina lesión traumática aguda sin impacto (46). La presa objeto a estudio consiste en una flexión a más de 90º de la articulación IFP (interfalángica proximal) y una hiperextensión de la IFD (interfalángica distal), esto según Vigoroux et al. (2016) (46) pone una tensión en la A2 36 veces mayor que en un agarre "sloper" el cual el agarre es con la palma de la mano abierta (47). Algunos autores hablan sobre una flexión de 100ª en la IFP y 210º en la distal. A medida que disminuye la distancia entre las falanges, el sistema de poleas puede ejercer mayor tensión. Debido a que, al aumentar la distancia entre los tendones flexores y el hueso por encima de la IFP, los ligamentos anulares se ven más comprometidos, por tanto, ejercen más tensión (22). De tal manera que, los escaladores más experimentados sufren mayor número de lesiones por sobreesfuerzo que lesiones agudas (48). Se

habla entonces, de que el mecanismo lesional genera lesiones agudas, pero también crónicas y, de ahí la importancia de su prevención.

Diagnóstico

El diagnóstico actual de esta patología se realiza en base a una combinación entre signos clínicos como dolor en la cara palmar de los dedos, déficit de fuerza, hinchazón y a una ecografía de la zona (22) (49). Para los signos clínicos se propone un test de provocación, basado en la flexión resistida desde las falanges distales de los dedos para ver si desarrolla sintomatología y si esta afecta a la pérdida de fuerza (22). A su vez, se presiona en la zona dolorosa.

La ecografía tiene gran resolución, relativamente bajo costo, fácil uso, accesibilidad y una capacidad de imagen dinámica para el diagnóstico. Se cuantifica la cantidad de "bowstringing" o cuerda de arco, mayor de 2 mm se considera ruptura completa. La medición es en la falange media. Iruretagoinea-Urbieta et al. 2020 lo midieron con la articulación metacarpofalángica neutra, la articulación IFP a flexión de 40º y la IFD a 10º de flexión (49). También se recomienda hacer la ecografía dinámica para ver la cantidad de arco en distintas posiciones.

Tratamiento

El tratamiento actual depende del grado de ruptura o distensión de la polea, y de la sintomatología del paciente. Lutter et al. diseñaron una tabla de tratamiento según los dos factores descritos con anterioridad (50).

En esta la terapia conservadora está basada en descanso, tratamiento antiinflamatorio, bien sea mediante AINES (antiinflamatorios no esteroideos), baños de contraste, termo y crioterapia, masajes con cepillo e incluso abrasiones con cepillo (49). Asimismo, el vendaje recomendado por la última evidencia científica es el denominado vendaje en H alrededor de la articulación afectada, bien sea la IFP o la IFD, debido a que ha demostrado aumentar la fuerza de los dedos lesionados un 13% en la posición de arqueo, comparado a otros métodos de vendaje (38).

Prevención

En prevención de las lesiones de los dedos de la escalada existe una ausencia abrumadora de literatura científica. Se encuentran estudios de asociación, pero no de causalidad, de una serie de características. Estas son, el fortalecimiento de los tendones, entrenamiento de musculatura opositora, y el trabajo en flexibilidad (51). Se mencionan los métodos de entrenamiento basados en poco peso, mucho número de repeticiones, además del uso de regletas para colgarse ("hangboards") para el fortalecimiento de los dedos (51). Tiempo de descanso suficiente tras las sesiones, entrenamiento de elementos técnicos de la práctica. Algún estudio prometedor habla sobre el vendaje en H como método preventivo de ruptura de poleas (38) (49) (51). Un calentamiento estructurado también parece ser positivo para el aumento fisiológico del "bowstringing" hasta un 30% (38).

Justificación del TFG

La escalada es un deporte que tiene un crecimiento exponencial desde la entrada de los 2000. A menor velocidad que el número de practicantes, la información respecto a la escalada también está en aumento, aun así, se presenta poca evidencia científica a la que acudir, si se busca métodos preventivos o de tratamiento. Por tanto, los profesionales no tienen literatura a la que acudir para ofrecer correctos cuidados sobre estos pacientes. Asimismo, no se encuentran asociaciones firmes y directas entre factores de rendimiento, o programas que midan de igual forma una variable. Por consiguiente, se motiva a la investigación de tal forma que se pueda estandarizar una forma de abordar a este tipo de pacientes, con características propias de la disciplina dado, su gran valor en la prevención, tratamiento y en la búsqueda de rellenar el gran nicho de desinformación que se presenta en la actualidad.

OBJETIVOS

Objetivo principal

El objetivo principal de este Trabajo de Fin de Grado es hacer una revisión bibliográfica sobre la literatura científica actual en relación con los predictores del rendimiento en la escalada, su relación con el índice lesional, y el entrenamiento con el sobre un dispositivo "hangboard".

Objetivos secundarios

- Estudiar los efectos de los planes de entrenamiento en regletas para la prevención de ruptura de poleas.
- Comparar los efectos de las diferentes intensidades de entrenamiento y sus consecuencias en relación con las variables medidas.
- Observar cuanto tiempo es necesario aplicar un programa de entrenamiento para obtener beneficios.
- Encontrar los factores más determinantes a la hora de tener un mayor rendimiento en el deporte.
- Comparar si los factores de rendimiento hallados son los mismos en la población masculina y femenina.
- Examinar si los estudios propuestos sobre entrenamiento son aplicables a la población aficionada que practica el deporte.
- Buscar la asociación entre el rendimiento, según los factores descubiertos, y la prevención de lesiones.
- Encontrar las estrategias actuales para la prevención de lesiones de poleas en la escalada.
- Proponer un ensayo clínico aleatorizado controlado basado en las conclusiones recogidas sobre lo recogido en la revisión para escaladores aficionados.

MATERIAL Y MÉTODOS

Fuente y búsquedas de datos

Las fuentes de información que se han utilizado para la búsqueda bibliográfica son principalmente, PubMed, Science Direct y PEDro, dado que son las que más información contienen sobre el tema elegido. Asimismo, se añadió artículos tras consultar la bibliografía de otros artículos, debido a que se consideraron relevantes para la investigación.

El equipo investigador decidió que la búsqueda bibliográfica se dividiera en dos distintas. En primer lugar, se realizó la recopilación de los estudios que trataran sobre los determinantes para el rendimiento en la escalada, en hombres y mujeres, por supuesto. En segundo plano, la búsqueda fue destinada a los artículos que hablasen sobre diferentes métodos de entrenamiento con el uso de la herramienta "hangboard".

Estrategias de búsqueda

En primer lugar, se trató de realizar la búsqueda mediante la palabra PICO, siendo esta ("climbing") AND ("mountaineering") AND("exercise") OR ("physical exercise") OR ("prevention") OR ("treatment") AND ("pulley rupture") OR ("pain"). Esta primera búsqueda se desechó vista la pareja especificidad de esta y la ausencia de literatura.

El equipo se sirvió de las palabras clave: "hangboard training", "climbing", "rock climbing injuries", "performance" y "rock climbing". La búsqueda se realizó con el uso de los conectores voléanos AND y OR.

En un primer momento, la fecha de artículos no se limitó debido a la escasez de literatura acerca de escalada, a pesar de ello, después se limitó a 10 años atrás y actualidad.

Dada la especificidad que permite Science Direct, para aumenta la precisión se utilizó la herramienta de búsqueda avanzada. En el apartado "título, resumen, palabras calve" se añadieron las siguientes palabras según la búsqueda a realizar.

- Búsqueda para los determinantes del rendimiento: " performance"

- Búsqueda para el entrenamiento: "climbing"

Diagrama de flujo

Una vez concluida la búsqueda, se realizaron dos diagramas de flujo para explicar los criterios de elegibilidad de los artículos. Cada uno pertenece a una de las búsquedas. (Figura 3 y Figura 4).

En la búsqueda sobre los determinantes que influyen en el rendimiento de la escalada se encontraron un total de 732 artículos, según se ve a continuación:

- PubMed (n=8): "performance" and "rock climbing"
- Science Direct (n=14): "performance" and "rock climbing"
- PEDro (n=1): "performance" and "rock climbing"
- Búsqueda cruzada (n=5)

En total en la recogida de datos, se identificaron un total de 6 artículos duplicados. De los 22 restantes, 13 se eliminaron tras haber leído título y resumen, quedando así un total 9. De todos ellos, se consiguió el texto completo de 7. Se eliminó 1 debido a la irrelevancia con el tema. Por lo tanto, se incluyeron 6 artículos en total.

Conforme a los criterios de calidad, se utilizó la escala STROBE (Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology) (Anexo 2) y la PEDro (Physiotherapy Evidence Database) (Anexo 1).

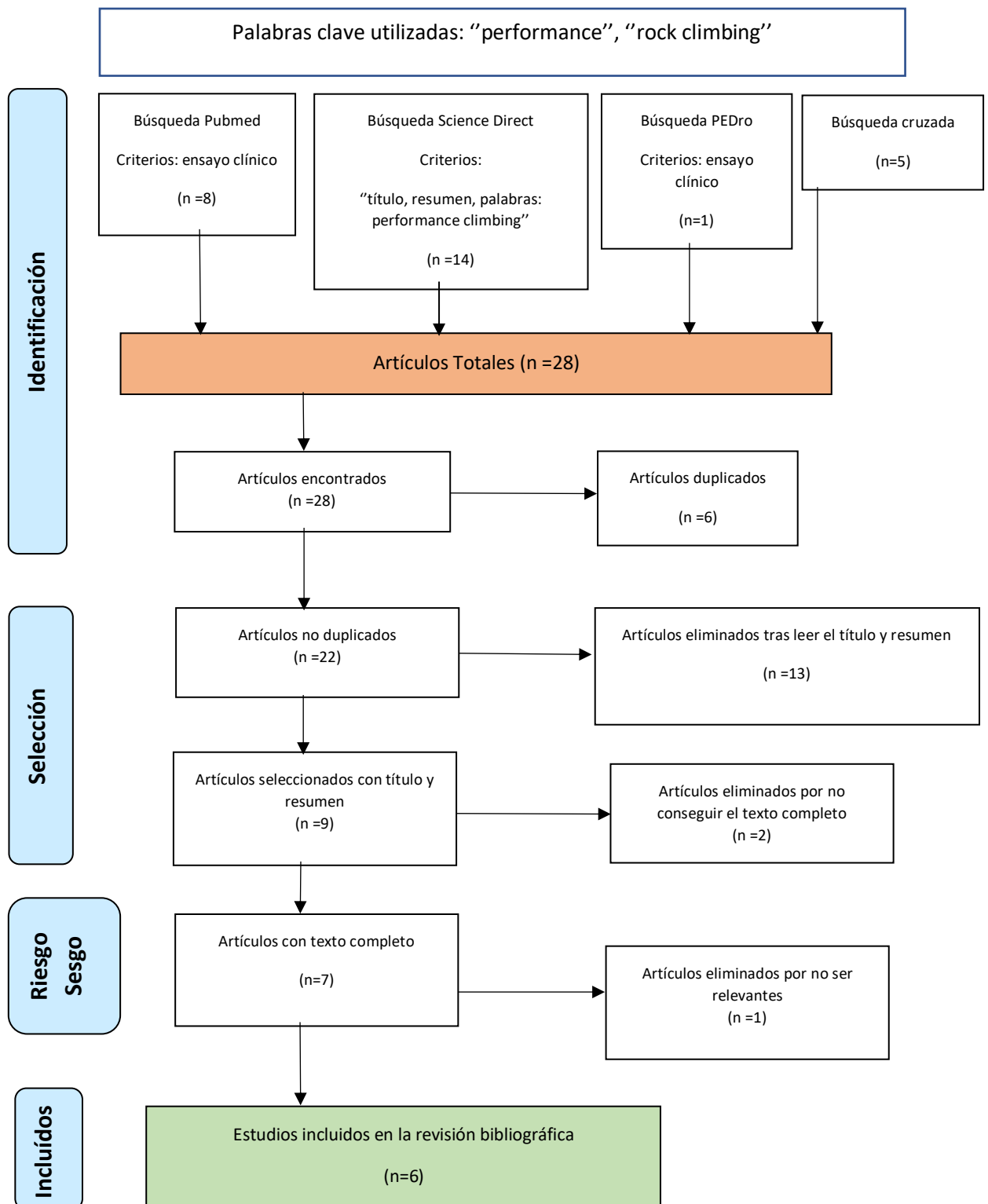


Figura 4. Diagrama de flujo de la primera búsqueda. Elaboración propia.

En segundo lugar, para la búsqueda de diferentes métodos de entrenamiento, se encontraron 11 artículos, explicados a continuación:

- PubMed (n=5): "hangboard training and climbing"
- Science Direct (n=5): "hangboard training and climbing"
- Búsqueda cruzada (n=1)

Entre los artículos de esta búsqueda, no se encontraron duplicados. Tras leer título y resumen título y resumen la búsqueda se redujo a 5 artículos. Se tuvo en cuenta que todos los artículos obtenidos en la búsqueda tuvieran una puntuación en la escala PEDro mayor a 6 puntos para darle validez a la revisión.

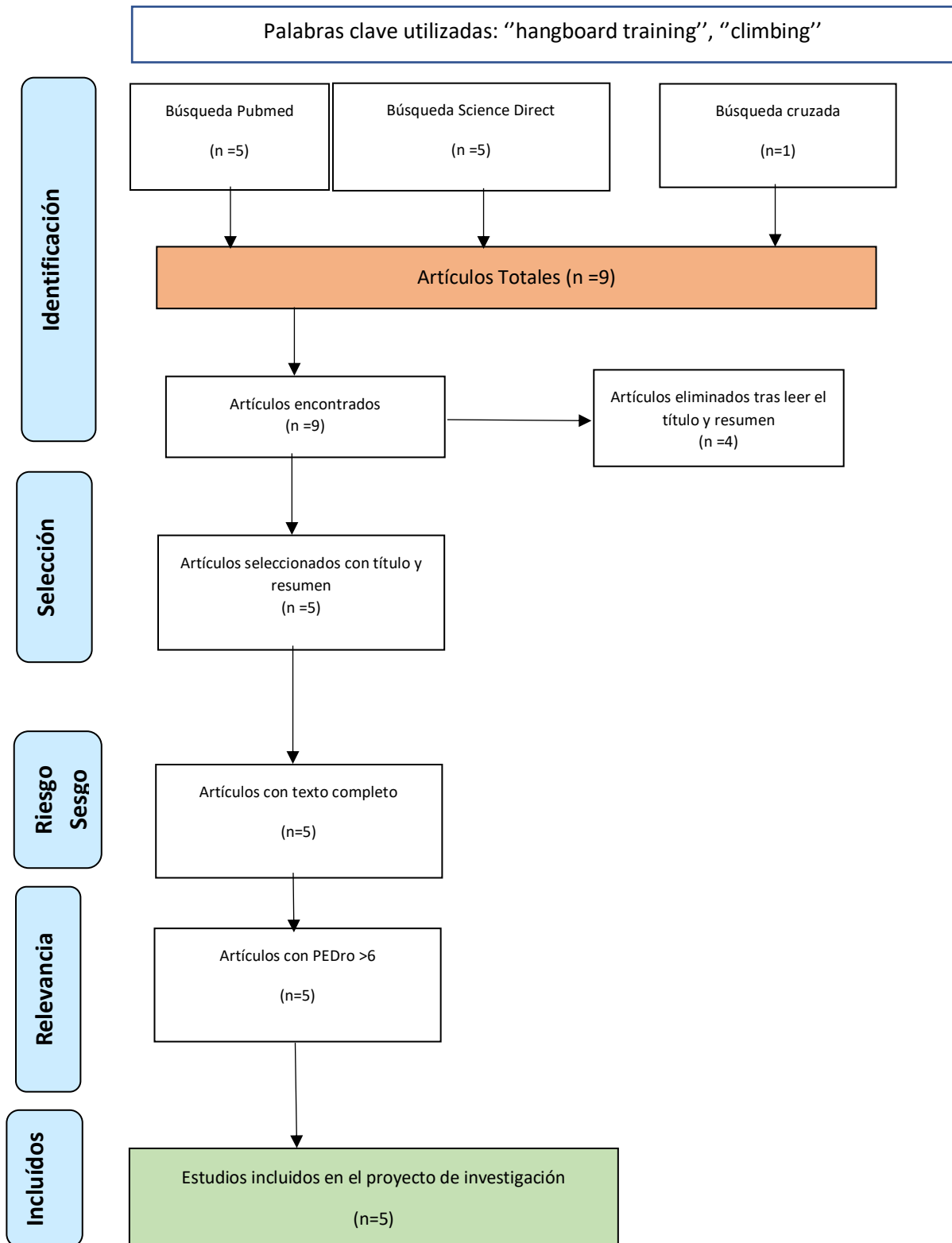


Figura 5. Diagrama de flujos de la segunda búsqueda. Elaboración propia.

Criterios de inclusión y exclusión

Se desarrolló una serie de parámetros para aumentar la especificidad de la búsqueda entre la bibliografía. Debido a la realización de dos búsquedas, encontramos un criterio que difiere.

Criterios de inclusión:

- Estudios realizados en humanos
- Pacientes adultos (>18 años)
- Estudios que informen sobre resultados propios
- Criterio de inclusión distinto:
 - a. Estudios realizados sobre los factores que intervienen directamente en el desarrollo del rendimiento
 - b. Estudios sobre entrenamiento de escalada basado principalmente en "dead hang" isométrico en "hangboard"

Criterios de exclusión:

- Estudios no realizados en humanos
- Estudios que no informen sobre resultados propios
- Artículos que no fueran, bien en inglés o español

Calidad metodológica

Conforme a los criterios de calidad, se evaluó la calidad metodológica de cada artículo según el tipo de estudio. En cuanto a los ensayos clínicos aleatorizados controlados o ECAs se utilizó la escala PEDro (Physiotherapy Evidence Database) (Anexo 1). Esta evalúa la relevancia de los estudios en función de la validez interna, externa y estadística (Tabla 3 y Tabla 6). Está compuesta por 11 criterios y la máxima puntuación posible es de 10, debido a que el primer criterio no se tiene en cuenta. Para los estudios observacionales se utilizó la escala STROBE (Strengthening the Reporting of Observational Studies in epidemiology) (Anexo 2). Esta consiste en una lista de 22 puntos, los cuales tienen en cuenta diferentes secciones de un artículo: título, resumen, introducción, metodología, resultados y discusión (Tabla 4).

Asimismo, se analizó el factor de impacto de las revistas a las que pertenecían los artículos, el año de publicación y la categoría o cuartil en la que se encontraban los artículos. Este análisis ayuda a conocer la relevancia de las revistas a las que pertenecen. A pesar de ello, debido a la especificidad de la búsqueda y la novedad del deporte en la literatura científica, la relevancia de las revistas en las cuales aparecen los artículos no es todo lo alta que en un futuro pudiera ser. A su vez, se consultaron las bases de datos de JCR (Journal Citation Reports) y SJR (SCImago Journal Country & Rank) (Tabla 5 y Tabla 7).

Análisis estadístico

Para el análisis estadístico de los resultados se ha utilizado un valor P menor a 0,05. Si el valor P es menor a dicho número se considera el resultado estadísticamente significativo.

Tabla 3. Escala PEDro para la primera búsqueda. Elaboración propia.

Autor et al. (año)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Total
Heyman et al. (2009) (52)	Sí	Sí	No	Sí	No	No	No	No	Sí	No	Sí	4/10
Deyhle et al. (2015) (53)	Sí	Sí	No	Sí	No	No	No	No	Sí	Sí	Sí	5/10

Tabla 4. Escala STROBE para estudios observacionales. Elaboración propia.

Autor et al. (año)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	Total
Grant et al.(2010) (54)	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	No	No	Si	No	Si	No	Si	Si	Si	No	Si	Si	Si	No	Si	16/22
Macdonald et al. (2011) (55)	No	Si	Si	Si	Si	Si	Si	No	Si	Si	Si	No	Si	Si	Si	Si	No	Si	Si	No	Si	No	16/22
Schweizer et al. (2007) (56)	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	No	Si	No	No	Si	Si	Si	Si	No	18/22
Wall et al. (2004) (57)	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	No	Si	Si	Si	Si	Si	Si	No	No	Si	Si	Si	Si	Si	19/22

Tabla 5. Factor de impacto de la primera búsqueda. Elaboración propia.

Autor et al. (año)	Revista	Journal Citation Reports (JCR)			SCImago Journal & Country Rank (SJR)		
		Factor impacto	Categoría	Posición en categoría	Factor impacto	Categoría	Posición en categoría
Grant et al. (2010) (54)	Journal of Sports Sciences	0,928	Sports Sciences-SCIE	Q2	1,154	Sports Science	Q1
Macdonald et al. (2011) (55)	Wilderness & Environmental Medicine	0,920	Public, Environmental & Occupational Health SCIE	Q4	0,314	Emergency Medicine	Q2
Schweizer et al. (2007) (56)	Isokinetics and Exercise Science	0,162	Physical Therapy, Sports Therapy and Rehabilitation	Q4	0,189	Physical Therapy, Sports Therapy and Rehabilitation	Q4
Heyman et al. (2009) (52)	Medicine and Science in Sports and Exercise	3,707	Sport Sciences- SCIE	Q1	1,636	Sports Science	Q1
Deyhle et al. (2015) (57)	Journal of Strength and Conditioning Research	1,978	Sport Sciences- SCIE	Q2	1,248	Sports Science	Q1
Wall et al. (2004) (53)	Journal of Strength and Conditioning Research	0,923	Sport Sciences- SCIE	Q2	0,665	Sports Science	Q2

Tabla 6. Escala PEDro para la segunda búsqueda. Elaboración propia.

Autor et al. (año)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Total
Devise et al. (2022) (58)	Sí	Sí	No	Sí	No	No	No	Sí	Sí	Si	Sí	7/10
Medernach et al. (2015) (59)	Sí	Sí	No	Sí	No	No	No	Sí	Sí	Sí	Sí	7/10
Mundry et al. (2021) (60)	Sí	Sí	No	Sí	No	No	No	Sí	Sí	Sí	Sí	6/10
López et al. (2019) (61)	Sí	Sí	No	Sí	No	No	No	Sí	Sí	Sí	Sí	7/10
Hermans et al. (2022) (62)	Sí	Sí	No	Sí	No	No	No	Sí	Sí	Sí	Sí	7/10

Tabla 7. Factor de impacto para la segunda búsqueda. Elaboración propia.

		Journal Citation Reports (JCR)			SCImago Journal & Country Rank (SJR)		
Autor et al. (año)	Revista	Factor impacto	Categoría	Posición en categoría	Factor impacto	Categoría	Posición en categoría
Devise et al. (2022) (58)	Frontiers in Sports and Active Living	0,66	Sports Sciences-ESCI	Q3			
López et al. (2019) (61)	Journal of Human Kinetics	1,664	Sport Sciences- SCIE	Q3			
Medernach et al. (2015) (59)	Journal of Strength and Conditioning Association	1,978	Sport Sciences- SCIE	Q2	1,248	Sports Science	Q1
Mundry et al. (2011) (60)	Nature	36,2	Multidisciplinary Sciences	Q1	17,598	Multidisciplinary	Q1
Hermans et al. (2022) (62)	Frontiers in Sports and Active Living	0,66	Sports Sciences-ESCI	Q3			

RESULTADOS

Este apartado se divide en base a las búsquedas realizadas: “performance” en “rock climbing” y “hangboard training”.

“Performance” / “Rock climbing”

En este apartado se busca mediante diferentes pruebas cuales son los factores, principalmente grupos musculares, que influyen en el rendimiento en escalada. Las variables que se miden son: fuerza, resistencia, flexibilidad y rendimiento (Tabla 8).

Fuerza

La fuerza se ha evaluado en todos los estudios de esta búsqueda (52) (53) (54) (55) (56) (57). Las variables más relevantes que se han analizado son: fuerza prensil, de dedos, de muñeca y de flexores de codo. Cuatro de los estudios miden la fuerza prensil (52) (53) (54) (55). Solamente dos lo realizan mediante una dinamometría clásica. **Macdonald et al.** (55) observaron que la dinamometría en el grupo escalador fue mayor en un 7% que en el grupo aeróbicamente activo, pero no de forma significativa. Además, incluso al normalizarse este dato con el peso el resultado aumenta a una 12% pero sigue sin ser significativo. El otro estudio de **Grant et al.** (54) menciona que su grupo de escaladores de élite obtuvieron mayores valores en ambas manos que los escaladores recreativos, pero no que los no escaladores. Cabe destacar que en este estudio se analiza el agarre en pinza y no se hallaron diferencias significativas entre los 3 grupos.

En cuanto a la fuerza de dedos, el estudio de **Wall et al.** (57) representó la fuerza de dedos midiéndola con un aparato específico basado en el uso de las poleas. En este el agarre está situado justo por encima del hombro de la mano a testar y con el brazo extendido permite el apoyo de la falange distal de 4 dedos, es decir, sin uso del pulgar, el ángulo formado es de unos 90º en la articulación interfalángica proximal. Mediante esta prueba y, habiendo normalizado los resultados se obtuvo una correlación significativa entre la fuerza de dedos y el rendimiento en la modalidad de bloque, debido a que el grupo experto obtuvo diferencias significativas en estos valores respecto al intermedio y moderado. **Grant et al.** (54) estudiaron este parámetro mediante una contracción isométrica máxima en posición de sedestación

con 4 y con 2 dedos (el índice y el corazón). Observaron que las escaladoras de élite obtuvieron mejores valores en ambas variables que el grupo de mujeres aeróbicamente activas, pero solo en el de 4 dedos con el grupo de escaladoras intermedias. **Macdonald et al.** (55) alcanzaron los valores mediante un dinamómetro novel de para los flexores de los dedos, así se vio que la fuerza de dedos y la fuerza de dedos normalizada con el peso fueron mayores en un 22 y 25% en el grupo de escaladores que en el control, de manera significativa. En el estudio de **Schweizer et al.** (56) se evaluó este valor con un isocinético para medir la fuerza tanto concéntrica como excéntrica de la articulación interfalángica proximal aislada (dedo corazón y anular), y del conjunto de flexores de los dedos haciendo un movimiento combinado desde la flexión de la interfalángica distal, proximal y también la metacarpofalángica. Los resultados del estudio al normalizarse marcan que hay una correlación entre mayor fuerza del conjunto de los flexores y mayor nivel de escalada de manera significativa, pero no hallaron correlación con la fuerza de dedos. En el estudio de **Deyhle et al.** (53) se realizó ejercicios que fatigaran un grupo muscular específico y después se realizó una prueba de rendimiento en el panel de escalada. Uno de los grupos musculares fue los flexores digitales, de tal forma que se pidió al sujeto que mantuviese un agarre en una posición específica al 25% de la contracción máxima voluntaria hasta que ya no pudiese soportar los requerimientos mínimos del ejercicio, en ese momento se pasó al panel. Se observó que comparado al grupo control tras este ejercicio se logró completar menos movimientos, de manera significativa ($p < 0,0001$), a su vez comparado con los otros grupos musculares comparados el de los flexores de dedos fue el que más influyó en la reducción de movimientos conseguidos en pared ($p \leq 0,05$).

El siguiente valor es la flexión de muñeca, esta se mide sólo por **Schweizer et al.** (56), lo hacen mediante el uso de un isocinético para comprobando la fuerza concéntrica y excéntrica de esta, permitiendo un movimiento de unos 30° . Los resultados marcan que la fuerza de muñeca está asociada al nivel de escalada, aunque de forma mínima, aunque al normalizar los datos esta asociación se vuelve bastante más significativa con el nivel de escalada tanto a vista como el de red point ($p < 0,001$).

Por último, **Deyhle et al.** (53) evaluaron la importancia de la flexión de codo mediante el número de movimientos que era capaz de realizar tras la fatiga de este grupo usando el 25% de la fuerza isométrica máxima voluntaria con dos poleas. Comparado con el grupo control tras esta fatiga se realizaron menos movimientos, de manera significativa (78 movimientos). Por tanto, este estudio sugiere que es un grupo importante para el rendimiento del deporte.

En conclusión, la fuerza es un factor muy determinante en este deporte, en concreto la fuerza de dedos, visto en la disminución del rendimiento al fatigarlo (53), o a sus niveles superiores en poblaciones élite o expertas respecto a los grupos recreativos o aeróbicamente activos (54). Asimismo, la fuerza en la flexión de muñeca está asociada con un mayor nivel de práctica deportiva (56).

Resistencia

La resistencia se ha evaluado en varios de los estudios presentados (53) (54) (55) (57). Las variables más representativas son: la resistencia en el complejo escapulohumeral y en los abdominales.

La resistencia en el complejo escapulohumeral fue evaluada según **Grant et al.** (54) mediante dos métodos, el tiempo mantenido en posición de máxima flexión de brazos en dominada, de manera que su barbilla quede por encima de la barra, y realizando el mayor número de tracciones de brazos hasta llegar al fallo. Los resultados mostraron no hubo diferencias significativas en la segunda prueba entre grupos. En la primera, la significancia queda al borde ($p= 0.05$) por lo que se sugiere que las escaladoras de élite pueden rendir durante más tiempo en esa posición que las recreativas y las no escaladoras. **Macdonald et al.** (55) midieron esta variable con el tiempo mantenido en posición de máxima flexión de brazos en dominada, de manera que su barbilla quede por encima de la barra. Los resultados muestran que la resistencia en el caso de los escaladores de bloque es un 33% mayor que en los no escaladores. **Wall et al.** (57) midieron esta con una polea, el sujeto ejerce fuerza con el brazo a 90º de flexión de codo y el antebrazo perpendicular al suelo realizando una tracción máxima durante 3 segundos. Esto mostró diferencias significativas entre el grupo de expertos y los otros dos, intermedios y moderados.

La resistencia del complejo abdominal está medida en dos estudios (54) (55). **Grant et al.** (54) la midió con un ejercicio de curl abdominal, en el cual el sujeto estaba tumbado con las rodillas a 90º y debida deslizar las manos por el suelo hasta una marca mientras flexionaba el tronco. Los datos marcaron que no hay diferencias significativas en estos valores. El estudio de **Deyhle et al.** (53) trató de fatigar los flexores lumbares previamente a una prueba de rendimiento en el panel, mediante el mayor tiempo posible aguantando en la posición pedida de sit-up abdominal con el 25% de contracción isométrica máxima voluntaria. Los resultados marcan que el número de movimientos completados tras la fatiga de esta musculatura no fue distinto de manera significativa al control.

En definitiva, la resistencia en el complejo muscular escapulo humeral es necesaria tenerla en cuenta, en especial al realizar escalada en rutas con mayor nivel de inclinación positiva (53) (57). A su vez, estos estudios no han logrado asociar el rendimiento de la práctica a mayores niveles de resistencia abdominal (54) (55).

Flexibilidad

La flexibilidad es una capacidad que te ofrece un mayor rango de movimiento, importante en un deporte como la escalada. Dentro de esta solamente se ha medido el parámetro de flexibilidad de cadera. **Grant et al.** (54) la midieron mediante dos pruebas, el sit-and-reach-test, sentado con las piernas rectas se pide que toque lo más cercano a las puntas de sus pies y mantenga la posición durante 3 s. También mediante el levantamiento de la pierna contra la pared con los brazos apoyados. Los datos marcan que estas dos variables no son significativas. **Wall et al.** (57) la midieron mediante 3 movimientos, flexión frontal de cadera apoyado con la rodilla flexionada, rotación lateral de cadera con la cadera a 90º, flexión y abducción laterales. Los resultados no obtuvieron una relación significativa entre el rendimiento en ruta o bloque y flexibilidad.

En resumen, no se ha conseguido asociar el grado de flexibilidad con un mayor nivel de práctica deportiva.

Rendimiento

La variable rendimiento es muy extensa y está medida en 3 estudios. **Wall et al.** (57) comparan sus tres grupos de estudio en 10 rutas iguales de bloque. En esta prueba los resultados marcan resultados significativos entre el grupo experto y los otros dos, por lo que se asocia esto con un mayor rendimiento en la disciplina. En la investigación de **Heyman et al.** (52) se observó la variable en dos momentos diferentes y con 4 tipos de recuperaciones distintas, inmersión local en agua fría, electroterapia, recuperación pasiva y activa en un cicloergómetro. Los resultados marcaron que se mantiene el rendimiento bien sea con inmersión local en agua fría o con recuperación activa. Por último, en el estudio de **Deyhle et al.** (53) se prefatigó al sujeto un grupo muscular: flexores de codo, de dedos, aductores de hombro o flexores lumbares. Se concluyó al comparar con el control que el rendimiento disminuía cuando más al fatigar los flexores de dedos ($p < 0,0001$) y los de codo ($p = 0,02$). Los flexores de dedos fueron más influyentes que el resto de condiciones de manera significativa ($p \leq 0,05$).

Por tanto, se puede concluir que los grupos expertos tienen un mayor nivel de escalada que la población general y, que, en el momento de una competición, al precisar de una recuperación, se recomienda la inmersión en agua fría o la recuperación activa en un cicloergómetro (52) (53) (57).

Tabla 8. Resumen de artículos sobre factores influyentes en el rendimiento. Elaboración propia.

Autor et al. (año)	Participantes	VARIABLES MEDIDAS	Resultados
Grant et al. (2010) (54)	N=30 (M) G1= 10 escaladoras élite G2= 10 escaladoras recreativas G3= 10 mujeres físicamente activas Edad: G1= 31.3 G2= 24.1 G3= 28.5	Fuerza dedos: 1. Dinamometría manual 2. Test de tracción a una mano específico con 4 dedos, después con 2 3. Pinza: dinamometría (pulgar e índice) Flexibilidad de cadera: 1. Distancia de calcáneo a calcáneo en posición supina con piernas abiertas sin doblar rodillas 2. Sit and reach test 3. Contra pared elevaciones laterales de pierna Fuerza del complejo escapulo humeral: 1. Mantenimiento al fallo de posición en dominada con barbilla por encima de barra 2. Dominadas al fallo Resistencia abdominal: curl-up abdominal	No hay diferencias significativas entre grupos en los tests: - Sit and reach - Elevaciones laterales de piernas - Dominadas - Distancia entre calcáneos - Curl-up abdominal En la prueba de mantenimiento de la dominada flexionada las escaladoras de elite actúan mejor que G2 y G3, el valor p está en el umbral, 0,05, por lo que diremos que se sugiere Para la variable de fuerza de dedos el G1 ha obtenido mejores resultados con 4 dedos que los otros dos grupos y con 2 dedos que el G3 No hay diferencias entre grupos en fuerza de pinza
Macdonald et al. (2011) (55)	N=24 (H) G1= 12 escaladores de bloque G2= 12 sujetos aeróbicamente activos Edad: 25.3	Fuerza de prensión manual y específica de dedos: dinamometría Resistencia del complejo escapulo humeral: test isométrico Resistencia de los abdominales: test isométrico	La dinamometría específica de dedos fue mayor en G1 ($p=0,001$), la dinamometría manual fue mayor en G1, pero no de manera significativa La resistencia abdominal fue similar entre grupos La resistencia del manguito de rotadores fue bastante mayor en G1 (S)
Schweizer et al. (2007) (56)	N= 25 (H) Edad: 32.2	Fuerza: Flexión de muñeca= test en isocinético (concéntrico-excéntrico) Flexión de articulación interfalángica proximal = test en isocinético Flexión de dedos= test en isocinético	Al normalizar los resultados, los 3 movimientos se encuentran correlaciones significativas con el mayor nivel de escalada, a excepción de la flexión de la articulación interfalángica proximal
Wall et al. (2004) (57)	N= 18 (M) G1= 6 escaladoras moderadas G2= 6 escaladoras intermedias G3= 6 escaladoras expertas Edad: G1= 28 G2= 28.7 G3= 30.3	Rendimiento en bloque: 10 rutas de bloque Fuerza: Específica de mano/dedos = prueba de fuerza isométrica Fuerza isométrica con brazo a 90° Flexibilidad: Flexión frontal de cadera Rotación lateral de cadera Abducción lateral de pierna	Diferencias significativas en test de rendimiento entre los 3 grupos ($p<0,05$) Fuerza específica: diferencia significativa entre G3 y G2 para la prueba isométrica, y la fuerza isométrica con brazo a 90° Diferencias significativas entre G3 y G1 para las 4 variables No se encuentra correlación entre flexibilidad y rendimiento en escalada

Leyenda: N: número de participantes, H: hombres, M: mujeres, G1: intervención 1, G2: intervención 2, G3: intervención 3, S: significativo, * $P<0.05$

Tabla 8. Resumen de artículos sobre factores influyentes en el rendimiento. Elaboración propia (continuación).

Autor et al. (año)	Participantes	Variables medidas	Intervención	Resultados
Deyhle et al. (2015) (53)	N=11 (H) Escalada sin fatiga previa Con fatiga de: <ul style="list-style-type: none"> ○ Flexores de dedos ○ Aductores de los hombros ○ Flexores de codo ○ Flexores lumbares Edad: 27.7	Mediciones, sujetos visitan el gimnasio 6 días diferentes Rendimiento: test en pared (nº de movimientos de mano logrados) Fuerza: Contracción isométrica voluntaria máxima: Dinamómetro manual (dedos) Dinamómetro Takei de espalda y pierna Actividad muscular: Electromiografía en la musculatura que interviene	Cada día que los sujetos lleguen harán un procedimiento: 1. Escalada sin fatiga 2. Fatiga al 25% de la CIVM de uno de los grupos musculares propuestos, hasta no lograr los requerimientos mínimos del ejercicio	Reducción significativa entre el control comparado con la prefatiga en flexores de codo ($p=0,02$) y dedos ($p<0,0001$) Movimientos tras prefatiga en flexores lumbares y aductores de hombros no obtuvieron cambios significativos Cambios significativos tras prefatiga en flexores digitales comparado con el resto de las condiciones ($p\leq 0,05$)
Heyman et al. (2009) (52)	N=13 (M) Edad: 27.1	Rendimiento: escalada hasta el fallo en ejercicio 1 y 2 Fuerza: dinamometría manual Ratio de esfuerzo percibido: cuestionario Frecuencia cardíaca: toma de frecuencia cardíaca sentado Lactato: muestras de sangre arterial	4 semanas de estudio, mediciones al llegar, tras calentamiento, tras primer ejercicio, tras final del primer ejercicio, tras final de la reparación, tras final de segundo ejercicio Métodos de recuperación (20 m): 1. Pasivo 2. Activo 3. Electroestimulación 4. Inmersión local en agua fría	Mantenimiento de rendimiento en ejercicio 2 al usar recuperación activa o inmersión en agua fría, no tras electroestimulación o pasivo Fuerza: menor antes del ejercicio 2 que antes del ejercicio 1 REP: disminuye en recuperación, pero se mantiene más alto antes del segundo ejercicio que antes del primero FC: era mayor durante la recuperación activa que el resto ($p<0,001$) Lactato: se reduce con los 4 métodos ($p<0,001$), siendo con el que más se reduce el activo

Leyenda: N: número de participantes, H: hombres, M: mujeres, nº: número, CIVM: contracción isométrica voluntaria máxima, m: minutos, REP: ratio de esfuerzo percibido, FC: frecuencia cardíaca, * $P<0.05$

“Hangboard training”

En este apartado, se analizan los efectos del entrenamiento sobre regletas a diferentes intensidades y parámetros visto que los flexores de dedos son el factor más influyente en el rendimiento dentro de la escalada. Por lo tanto, se miran las variables de: fuerza y resistencia (Tabla 9).

Fuerza

Esta variable aparece en todos los estudios recogidos en la búsqueda (58) (61) (59) (60) (62). **Devisé et al.** (58) realizaron tres programas, de 4 semanas, basados en suspensiones interválicas al 60, 80 o 100% de la fuerza máxima de la articulación metacarpofalángica dos veces por semana. Los resultados fueron una mejora muy significativa de la fuerza máxima de los grupos que entrenaron a intensidad de 80 y 100% de intensidad en comparación con los grupos control ($p < 0,001$). No se presentaron diferencias significativas en el grupo control, tampoco en el grupo que entrenó a 60% de su fuerza máxima. **López et al.** (61) propusieron para un programa de 8 semanas basado en las suspensiones en dos bloques de 4 semanas, estos podían ser: procedimiento 1, 4 semanas de suspensiones máximas con el máximo de peso lastrado y otras 4 semanas también en suspensiones máximas pero en la regleta más pequeña posible; procedimiento 2, 4 semanas de suspensiones máximas con el máximo de peso lastrado, tras esto 4 semanas con suspensiones intermitentes en la regleta más pequeña posible; el último procedimiento, trata de 8 semanas de suspensiones intermitentes en la mínima regleta posible. Se midió la fuerza con una suspensión sobre una regleta de 15 mm durante 5s con el máximo lastre posible. El estudio no presenta los datos del test de fuerza, pero, a pesar de ello, se encuentra en resultados una asociación entre el aumento de fuerza y de resistencia tras 4 y 8 semanas de entrenamiento ($p < 0,001$). Por lo que, se puede sugerir que se el procedimiento que obtuvo una mayor mejora en la resistencia obtuvo mayor mejora en la fuerza y, este es el procedimiento de suspensiones intermitentes, también el de suspensiones máximas, pero en menor proporción. **Medernach et al.** (59) compararon el entrenamiento de boulder con un programa de 4 semanas 3 veces por semana de entrenamiento basado en suspensiones isométricas a diferentes grados y tracciones. Se midió la fuerza mediante una dinamometría manual. Hubo un aumento

significativo en esta tras la intervención comparado con el grupo control ($p < 0,001$). **Mundry et al.** (60) midieron la fuerza mediante una dinamometría, primero estándar, y después con diferentes tipos de pinzas usando el dedo pulgar en oposición con otro/s. Se comparó 3 grupos, uno control que realizaba entrenamiento regular de escalada de 2 a 3 veces por semana, otro que realizaba suspensiones en regletas lo más pequeñas posibles y otro que también realizaba suspensiones, pero añadiendo lastre, ambos de 2 a 3 veces por semana. Los resultados marcaron que el grupo 3 consiguió una mayor fuerza comparado con el control en la dinamometría, y en las pinzas de pulgar con 3 primeros dedos y pulgar con 2 primeros dedos. El segundo grupo no obtuvo mejoras significativas en ningún valor. Los investigadores **Hermans et al.** (62) compararon a un grupo control con uno con entrenamiento pautado en regletas basado en suspensiones interválicas. Se midió el pico de fuerza máximo y la media, además de el ratio de desarrollo de la fuerza, en una dominada isométrica en 23 mm y en un agarre más grande. En cuanto a la dominada isométrica en 23 mm, el pico de fuerza mejoró de manera significativa respecto al pretest y, también respecto al grupo control. De la misma forma mejoró la media de fuerza. El RDF solamente mejoró en la prueba sobre los 23 mm y en el grupo de intervención respecto al pretest. En cuanto a la dominada en el agarre más grande, solamente la media de la fuerza incrementó, respecto al pretest y al grupo control.

Para la mejora del parámetro de fuerza se puede seguir muchas estrategias, desde las suspensiones intermitentes hasta las dominadas o suspensiones máximas. Este tema se desarrollará en la discusión.

Resistencia

Esta variable representa el porcentaje de fuerza que el sujeto es capaz de ejercer tras la aparición de la fatiga, en el tiempo. Esta se mide en 4 de los 5 estudios presentados. Se mide la resistencia de los flexores de dedos (58) (59) (61) (62).

Devise et al. (58) midieron la resistencia mediante un test de fatiga sobre una regleta de 12 mm, en esta los sujetos debían ejercer el 80% de su fuerza máxima de dedos durante 10 s alternando con 6 s de descanso durante 24 repeticiones. En esta investigación también miden un parámetro al que denominan estamina, que se define como la capacidad para mantener el 80% de su fuerza máxima de dedos. Los

resultados marcan que tanto el grupo que entrena al 60% (53,5%) como el que lo hace al 80% (60,4%) de su FMD mejora de manera muy significativa su estamina. Respecto a la resistencia, el grupo que entrena al 80% mejora de manera muy significativa (79,2%/ $p < 0,001$) y el que entrena al 60% de manera significativa (78,5%/ $p < 0,01$). **López et al.** (61) midieron este parámetro con un test que trataba de una suspensión en una regleta de 11mm sin peso lastrado hasta el fallo. Se obtuvieron aumentos significativos en la resistencia tras 4 semanas de suspensiones intermitentes, 25%, y también tras 8 semanas, 45%. Asimismo, sobre el procedimiento 1 se obtuvo una mejora en las 4 primeras semanas del 23,9% y tras las 8 del 34,1%. Tras el procedimiento 2 hubo mejoras, pero no de manera significativa. **Medernach et al.** (59) midieron la resistencia mediante suspensiones al fallo en 19 mm, en agarre de pinza y en una presa roma. También se realizó una serie de suspensiones intermitentes en una regleta de 30 mm siguiendo el ratio 8:4, 8 segundos de contracción y 4 de descanso hasta alcanzar el agotamiento. Los resultados fueron, un aumento significativo de los tiempos de suspensión hasta el agotamiento en los 3 tipos de agarre ($p < 0,001$), también hubo un aumento significativo en los resultados tras la intervención en el test de agarres intermitentes ($p = 0,002$). **Hermans et al.** (62) midieron la resistencia con una prueba de suspensión en 23mm al fallo. El resultado fue una mejora significativa en el grupo de intervención en el tiempo de suspensión al fallo ($p = 0,006/ 6.8s$) respecto al pretest y al grupo control (2.2s).

La resistencia en los flexores de dedos es un factor fundamental en esta disciplina por tanto la podemos asociar con el rendimiento y se buscará la forma de aumentar sus valores para aumentar con ello el nivel de práctica.

Tabla 9. Resumen de artículos sobre métodos de entrenamiento sobre regletas. Elaboración propia.

Autor et al. (año)	Participantes	Variables medidas	Intervención	Resultados
Devise et al. (2022) (58)	N= 54 (41 H, 13 M) G0= 12 G1= 14 G2= 14 G3= 14 Edad: G0= 28.8 G1= 23.8 G2= 23.4 G3= 23.3	Medidas base en semana 1, semana 6 Fuerza máxima: test de máxima fuerza manual isométrica en suspensión (12mm-6s) Resistencia (rst): test de fatiga al 80% de FMD Estamina (est): test de fatiga al 80% de FMD Medido con la aplicación Smartboard	Duración 4 semanas, 2 veces por semana G0=Sin entrenamiento específico G1= suspensiones interválicas a 60% FMD G2= suspensiones interválicas a 80% FMD G3= suspensiones interválicas a FMD	G0= mejora en FMD, reducción de estamina, mejora en rst (n.s) G1=▲FMD▲est (m.s),▲rst (S) G2=▲FMD (m.s),▲est (m.s),▲rst (m.s) G3=▲FMD (m.s),▲est (n.s),▲rst (n.s)
López et al. (2019) (61)	N= 38 (32H, 6M) G1= 11 G2= 7 G3= 8 Edad: G1= 33.9 G2= 33.1 G3= 30.1	Medidas base en semana 1, semana 5 y semana 9 Resistencia: test de resistencia, suspensión sobre 11mm hasta el fallo Fuerza: test de fuerza, 5s suspensión sobre 15 mm con el máximo lastre sin doblar codos	Duración 8 semanas, 2 veces por semana G1= Suspensiones máximas- Suspensiones máximas G2= Suspensiones máximas- Suspensiones intermitentes G3= Suspensiones intermitentes- Suspensiones intermitentes	G1= Mejora de fuerza de agarre en un 34.1% (p= 0,01) Mejora en test de resistencia 5 veces la mejora del G2 Mejora a las 8 semanas G2= Mejora, pero no significativa G3= mejora de fuerza de agarre en un 45% (p= 0,002) Mejora en test de resistencia 8 veces la mejora del G2 Mejora a las 4 y a las 8 semanas (m.s)
Medernach et al. (2015) (59)	N= 23 (H) G1= 11 G2= 12 Edad: G1= 26.3 G2= 25	Medidas base en semana 1 y semana 5 Fuerza: dinamometría manual Resistencia: suspensiones al fallo/ suspensiones intermitentes	Duración 4 semanas G1= Suspensiones en diferentes grados G2= Entrenamiento específico de boulder	G1= Mejora significativa en la fuerza (dinamometría) y en la resistencia (3 tipos de agarre e intermitentes) G2= Mejora significativa respecto al G1 en la resistencia (3 tipos de agarre e intermitentes), también mejora en fuerza (n.s)
Mundry et al. (2021) (60)	N= 27 (15M, 12H) G1= 10 G2= 8 G3= 9 Edad: 24.7	Medidas en semana 1 y semana 9 Fuerza: dinamometría estándar y en 7 pinzas diferentes	Duración 8 semanas, de 2 a 3 veces por semana G1= entrenamiento regular de escalada G2= Suspensiones en regletas pequeñas G3= Suspensiones con lastre	G1= No hay cambios significativos G2= algunos efectos en la fuerza (n.s) G3= mejora en la fuerza en varias pinzas de manera significativa comparando con G1

Leyenda: N: número de participantes, M: mujeres, H: hombres, G0: grupo control, G1: intervención 1, G2: intervención 2, mm: milímetros, máx: máximo, s: segundos pre: pretest, rst: resistencia, est: estamina, FMD: fuerza máxima de dedos, n.s: no significativo, S: significativo, m.s: muy significativo, ▲: aumenta, *P< 0.05

Tabla 9. Resumen de artículos sobre métodos de entrenamiento sobre regletas. Elaboración propia (continuación).

<p>Hermans et al. (2022) (62)</p>	<p>N= 35 (8M,27H) G1=17 G2=18 Edad: G1= 26.8 G2= 26.2</p>	<p>Medidas en semana 1 y semana 11 Fuerza: Pico máximo/ Máxima media/ Tasa de desarrollo: dominada isométrica en 23mm y en canto (a máx velocidad y aguantar 5s) Resistencia: suspensión al fallo</p>	<p>Duración 10 semanas, 2 veces por semana G1= Entrenamiento regular de escalada G2= Suspensiones interválicas</p>	<p>G1= Test en 23 mm: No hay mejora en grupo control Test en canto: No hay mejora en G1 Resistencia de dedos= No hay diferencias G2= Test en 23 mm: Mejora en pico máx de fuerza, media (comparado con pre y con grupo control) y TDF (comparado con pre) Test en canto: Mejora en fuerza máxima media (pre y con control) Fuerza= muestra mejora en Fmáx (comparado con pre y control) y en TDF (pre) Resistencia de dedos= mejora con pretest y control</p>
-----------------------------------	--	--	--	---

Leyenda: N: número de participantes, M: mujeres, H: hombres G1: intervención 1, G2: intervención 2, mm: milímetros, máx: máximo, s: segundos pre: pretest, TDF: tasa de desarrollo de fuerza, Fmáx: fuerza máxima , *P< 0.05

DISCUSIÓN

Factores de rendimiento

Flexibilidad de cadera

Este parámetro se ha medido en dos estudios, **Grant et al.** (54), mediante "sit and reach test" y elevaciones laterales de la pierna. **Wall et al.** (57) utilizaron diferentes movimientos contra la pared, como la flexión frontal, lateral, abducción y rotación. En ambos los resultados no fueron significativos, por lo que no se relacionó este parámetro con el rendimiento. Puede influir que la población en los dos estudios fuese femenina, así como que no se incluyera en la investigación un grupo de élite, siendo posible que los grupos de comparación tuvieran una flexibilidad similar en esas pruebas. Asimismo, quizá los tests no fueron específicos para la práctica deportiva, puesto que hay un componente importante de fuerza en rangos más extremos, además, es poco común la necesidad de flexibilidad de cadera aislada. En conclusión, se puede sugerir que la flexibilidad de cadera no fue un factor determinante para el rendimiento en estos dos estudios, pero no que el deporte no tenga un componente relevante de flexibilidad.

Resistencia

Esta variable se puede definir como el tiempo en que puedes generar una fuerza determinada, en este caso la investigación ha encontrado que se habla sobre resistencia en el grupo abdominal y en el complejo escapulohumeral. En cuanto al "core", **Macdonald et al.** (55) midieron con una batería de tests, incluyendo el Kraus weber test (compresión abdominal), una elevación isométrica de la pierna y el Sorensen test o extensión de tronco. Los resultados no mostraron ser diferentes de manera significativa entre el grupo de bloque y el control. Esto El estudio de **Deyhle et al.** (53) usó la fatiga de los flexores de tronco antes de una prueba en pared de tal forma que, se mantuvo el 25% de la flexión máxima isométrica voluntaria hasta el fallo. Se vio que tras esa fatiga se consiguió hacer el 89% de los movimientos comparado con la prueba sin fatiga previa. Esto quiere decir que influye, pero de manera no significativa. Dentro de este estudio se podría decir que el test ejerce

fuerza principalmente en el plano sagital, lo cual puede sesgar el resultado al no ser suficientemente específico.

Estos estudios no permiten afirmar que la resistencia abdominal no es necesaria para la escalada dada la falta de especificidad de su testing.

En cuanto a la resistencia del complejo escapulohumeral, **Macdonald et al.** (55) midieron este valor mediante el tiempo hasta alcanzar la fatiga, en posición de flexión máxima en una dominada obteniendo que los atletas de bloque tuvieron 33% más de resistencia que el grupo control. Esto sugiere que la escalada a medida que aparece mayor cantidad de desplome y se incrementa el nivel compromete en mayor medida la musculatura de la extremidad superior. **Deyhle et al.** (53) quisieron ver el compromiso de la resistencia específicamente de los aductores de hombro, de forma que fatigaron esa musculatura al mediante un test al fallo utilizando el 25% de la fuerza máxima voluntaria isométrica con el uso de poleas en el plano frontal. Tras el test, se completaron el 92% de los movimientos por lo que no fue una variable significativa. Se puede sugerir que un ejercicio de prefatiga en el plano frontal a esta musculatura, introduciendo una extensión, pueda tener un mayor impacto en la escalada. Por último, **Grant et al.** (54) midieron el valor como el tiempo máximo hasta el fallo en la posición de máxima flexión en dominada y como el nº máximo de dominadas posibles. En el primero los resultados están en el borde de la significancia por lo que se sugiere que los escaladores rinden más en esta prueba comparado con los no escaladores, mas no se afirma. La segunda prueba sugiere que las escaladoras no rindieron más que las no escaladoras de manera significativa, pudiendo ser este un factor limitante a la hora de mejorar su rendimiento.

En resumen, se ha relacionado de varias formas y por distintos autores la relevancia de la resistencia en el grupo muscular que rodea el complejo escapulohumeral con el rendimiento en la práctica deportiva. Por ello, no es de menos considerarlo como factor a tomar en cuenta para el entrenamiento.

Fuerza

El factor fuerza se mide en todos los estudios, de una forma u otra, viéndose el valor de interés que tiene para el personal investigador. Este valor se ha medido como

fuerza de dedos, de flexores de codo y de flexores de muñeca, en la búsqueda de cómo influye sobre el rendimiento.

En primer lugar, los flexores de muñeca, solamente fue medida en el estudio de **Schweizer et al.** (56) mediante un isocinético. Al normalizarse los resultados, sugieren que este factor es un medidor de rendimiento en la escalada. En esta prueba el momento de fuerza de la flexión de muñeca se realiza desde los dedos lo cual implica que la contracción de este grupo muscular es del 58%, mientras que los flexores cubital y del carpo son el 42% restantes. Se demuestra que hay una relación muy importante en los resultados entre la fuerza de muñeca y de dedos. Por lo tanto, este factor se podría decir relevante a la hora de ver la fuerza-rendimiento en escaladores.

En segundo lugar, los flexores de codo. En primer lugar, **Deyhle et al.** (53) quienes hablaron sobre la influencia de los flexores de codo. De manera que, bajo el mismo procedimiento de fatiga explicado anteriormente se vio en los resultados que influye de manera significativa en el rendimiento. Por lo que, se presenta este factor como limitante a la hora de evaluar el rendimiento. El estudio de **Wall et al.** (57) mide este dato de manera menos aislada, aunque quizá más específica. Lo midieron mediante el mantenimiento de la posición de bloqueo a 90º de manera unilateral, mostrándose este dato significativo en la comparación entre grupos, siendo este mayor en los expertos comparado con los intermedios y los moderados.

Por último, la fuerza de dedos. Esta es objeto de estudio en todas las investigaciones relacionadas con la escalada. Cuatro de ellos se ayudaron de una dinamometría manual para evaluar la fuerza prensil y de dedos, viéndose una vez más que los resultados son más significativos en el momento en que se normalizan con el peso (52) (53) (54) (55). Aun así, este instrumento mide el rendimiento concéntrico estático siendo este poco aplicable para medir el rendimiento en la escalada. Asimismo, **Grant et al.** (54) utilizaron una prueba de tracción, 1º con 4 dedos y después solamente con 2 (el índice y el corazón, el resto de dedos se mantuvieron flexionados), además de una dinamometría adaptada al agarre de pinza con el pulgar. En las dos primeras pruebas se midió la máxima contracción a 90º de flexión de codo y con el cuerpo fijo desde la pelvis. Los resultados marcaron que las escaladoras de élite tienen mayor fuerza de dedos en el test con 4 dedos que los recreativos y los no

escaladores, en contraste el resultado con dos dedos fue mejor de manera significativa en el grupo de élite, pero solo comparado con el que no escalaba. Respecto al agarre en pinza no hubo diferencias significativas en los 3 grupos. Estos autores vieron que la fuerza de agarre era mayor de manera significativa en el grupo de élite respecto al recreativo, pero no al control, reportando que quizá la fuerza de agarre, medido con una dinamometría, no es requerida en un alto nivel de práctica. En contraposición a esto, **Macdonald et al.** (55) midieron la fuerza de agarre con un aparato específico de escalada que situaba los dedos en posición de semiarqueo y con un dinamómetro manual. La fuerza de agarre fue mayor en un 7% en el grupo que practicaba bloque que, en el control, además al normalizar el peso el dato incrementó a un 12%. La fuerza de dedos fue mayor en el grupo escalador en un 22%, sin haber normalizado, y, en un 25% al normalizar los resultados. A diferencia del resto de investigadores, **Schweizer et al.** (56) fueron los únicos en medir esta variable mediante el uso de un isocinético adaptado a la escalada, de forma que una de las pruebas estimulaba la posición de arqueo con un dedo y otra la flexión de la articulación metacarpofalángica; ambas de manera concéntrica y excéntrica. Se encontró al normalizar los resultados con el peso correlación entre estos datos con el rendimiento visto en el grado a vista y en "redpoint" pero no con la significancia esperada. Los resultados pueden estar sesgados por la dificultad de la prueba isocinética y la exposición a una lesión muy común en escalada como es la rotura de poleas por la agresividad del testing y el miedo que esta pueda generar. El grupo de **Wall et al.** (57) midió la fuerza de dedos con un sistema de poleas de creación propia buscando mayor especificidad al buscar estimular el agarre de semiarqueo además de una posición de brazos por encima de cabeza, típica de la escalada. Se encontraron diferencias significativas entre los grupos en los datos de fuerza/edad, estando relacionado con el rendimiento en bloque. Por último, **Deyhle et al.** (53) es el único que mide el rendimiento tras fatiga y así interpretar que grupo muscular en el rendimiento, en este caso el testing se realiza con poleas de manera bilateral en agarre de semiarqueo y en posición de sedestación. Se vio que la reducción tras este procedimiento fue mayor de manera significativa que el resto de los grupos con los que se comparaban y con el grupo control, de manera muy significativa,

representando un 50% de movimientos que en el control. De esta manera, se ve que es el grupo muscular más representativo en el rendimiento de escalada.

En conclusión, se ha medido con diferentes procedimientos los factores de rendimiento en la escalada, no hay duda de que el parámetro más relevante es la fuerza de dedos dado a las diferencias, por lo general entre los grupos no escaladores y los escaladores de élite, o en ocasiones los moderados (54) (55) (57). La fuerza en los flexores de codo a pesar de que en ocasiones se ha medido de manera no aislada, se ha visto como factor influyente en la fatiga y, por tanto, en el rendimiento en la escalada (53). Otro factor que merece la pena mencionar, es la resistencia en el grupo muscular en el complejo escapulohumeral, que se ha medido mayormente con tracciones sobre una barra o el mantenimiento de posiciones en máxima flexión en posición de dominada o a 90º, siendo esto bastante específico en la escalada dado a la transferencia que estos movimientos de tracción tienen en las diferentes disciplinas de esta (54) (55) (57).

Entrenamiento en “Hangboard”

En consecuencia a lo explicado con anterioridad, se esclarece que la variable más importante según la literatura científica es la fuerza, en concreto la fuerza en los dedos y flexores de codo y muñeca, siendo también relevante al aumentar el nivel la fuerza dada en el complejo muscular escapulohumeral. En ellos se incluye dentro de la variable fuerza la de resistencia (58) (59) (60) (61) (62).

Tras la realización de la búsqueda se ha encontrado 5 programas los cuales su objetivo primordial es mejorar alguna de estas variables para, aumentar el rendimiento en la práctica, además de aportar evidencia científica.

Fuerza

El incremento de este parámetro dentro de un deporte como la escalada se ha llevado a cabo en base a procedimientos e incluso intensidades y ejercicios distintos. En primer lugar, **Devise et al.** (58) midieron 3 características: la fuerza, la resistencia y la estamina, antes y después de realizar tres intervenciones dos veces a la semana durante 4 semanas, estas se basaban en suspensiones intermitentes al 60, 80 y 100% de la fuerza máxima de dedos en una regleta de 12 milímetros. Los resultados

marcaron que los tres programas fueron positivos para alguna de las variables de manera significativas respecto al pretest. A pesar de que todos mejoraron, solamente un grupo mejoró en las 3 y, de manera muy significativa, el grupo que entrenó al 80% de su FMD mediante suspensiones intermitentes aumento el tiempo en el test de fatiga y la cantidad de fuerza generada en el test de fuerza máxima. Mejoraron la estamina en un 31,9%, la resistencia en un 16% y la fuerza máxima en un 12,4%. El grupo de **López et al.** (61) quiso comparar el incremento de la resistencia y fuerza isométrica implementando 3 programas de entrenamientos de 8 semanas basados en suspensiones intermitentes o máximas. Vieron que el incremento de la fuerza tuvo relación con el incremento en la resistencia. Dentro de los tres grupos fue el grupo que realizó suspensiones intermitentes en 18 mm durante toda la investigación, el que tras 4 y tras 8 semanas de entrenamiento obtuvo primero un 25,2% de mejora y luego un 45% en la resistencia, medida en el test de suspensión máxima en 11 mm al fallo. Otro procedimiento fue el elegido por **Mundry et al.** (60), quienes compararon tras la aplicación de 2 programas de intervención de 8 semanas de duración, el valor de la fuerza de agarre, con una dinamometría estándar y otras dinamometrías con distintos tipos de pinzas con dos o más dedos. Se identificaron tres grupos, uno que realizaba entrenamiento de escalada inespecífico, un segundo que siguió un programa basado en la disminución semana a semana del agarre y el cambio de agarres, y un último que en un mismo agarre fue incrementando el lastre con el cual entrenaban, ambos mediante suspensiones máximas. Se vió que el grupo que entrenó con lastre obtuvo mejoras más significativas. A pesar de las mejoras significativas, la falta de especificidad del testing no asegura que los resultados sean significativos para el rendimiento y, por tanto, para su toma en cuenta a la hora de planificar la mejora de este parámetro. **Hermans et al.** (62) compararon un grupo control de entrenamiento de escalada con un grupo que realizaba suspensiones intermitentes. Este procedimiento se llevó a cabo dos días a la semana durante 10 semanas. Los resultados fueron significativos para el valor de resistencia de dedos en cuanto al incremento de tiempo en el test de suspensión hasta el agotamiento. También se evaluaron otros aspectos, como una suspensión isométrica en 23 mm y otra en un agarre mayor. Se podría decir que el pico de fuerza incrementó en 89,71 newtons, la fuerza media en 61,9 newtons y el ratio de desarrollo de fuerza en 437,18

newtons por segundo, en el test de 23mm. Dado que el programa de entrenamiento tenía interés en la fuerza de dedos, no es de extrañar que la mejora en el test con un agarre más grande haya sido menor. El estudio presenta mejoras significativas en la fuerza explosiva y la resistencia de dedos en un 28 y en un 12%. En comparación al resto de estudios, **Medernach et al.** (59) basaron su intervención en suspensiones, con diferentes angulaciones, además de con uno y dos brazos (90º, 120º, además de los brazos totalmente recto), y en tracciones. Las variables fueron medidas mediante: una dinamometría manual, una prueba de suspensión isométrica hasta alcanzar el fallo en un agarre de 19 mm, en otro de pinza haciendo oposición con el pulgar hacia el resto de dedos y uno en agarre romo. Asimismo, se realizó una suspensión isométrica intermitente en ratio 8:4 hasta alcanzar el fallo. Los 4 tests variaron de manera significativa entre grupos, pero solamente las suspensiones al fallo y la dinamometría manual mejoraron respecto al pretest. Se obtuvieron mejoras significativas en la dinamometría en el grupo de intervención de 2,5+/- 1,4 kg respecto a la ganancia 1,4+/- 2,8kg del control.

Los 5 programas presentan, en general, mejoras significativas para alguno de los valores que proponen respecto al grupo control o a otro modo de entrenamiento. A pesar de ello, es cierto que menos la dinamometría manual el resto de procedimientos de testing presenta diferencias, bien sea en cuanto al tamaño del agarre de la suspensión, o la angulación (90º, 120º), o incluso el ratio de tiempo de ejercicio descanso, siendo en alguna ocasión 7:3 (62) y en otra 10:5 (61). Por consiguiente, los resultados son difícilmente comparables y, quizás, no se puede determinar con exactitud cuál es el mejor programa para mejorar el rendimiento en escalada. Aun así, según la primera revisión la fuerza de dedos no es el único factor que influye, sino que aparece también la fuerza de muñeca, la de flexores de codo y la del complejo muscular escapulo humeral. De esta forma, la única intervención que, parece suplir en mayor medida la mejora de estos factores es la propuesta por **Medernach et al.** (59), visto que entrena el carácter isométrico, con uno y dos brazos, a diferentes angulaciones, lo cual permite adaptarse mejor a la complejidad del deporte, a sus múltiples variaciones. Por lo tanto, con este entrenamiento

mejoraremos no solo la fuerza de dedos, que también, sino que los flexores de codo y el complejo muscular escapulohumeral.

Siendo claro el enfoque de rendimiento para mejora de fuerza en diferentes grupos musculares, queda en discusión si esto tiene relación con la prevención lesional. La estadística marca que los programas de fuerza reducen las lesiones deportivas en un 66%, con un 95% de seguridad (63). Por tanto, podremos asegurar que los deportistas más fuertes son los que menos lesiones presentan, y, a raíz de esta afirmación sugerir que en la escalada esta estadística puede ocurrir de manera similar a la generalidad. Del mismo modo, la literatura propone estrategias para la prevención lesional como el entrenamiento en "hangboard" en base al engrosamiento de los tendones (51). Lo cual va en total acuerdo con el método de entrenamiento sugerido, y esto, con la estadística respecto a la mejora de fuerza en otros deportes y su relación con el índice lesional.

LIMITACIONES

Esta revisión presenta una serie de limitaciones, tanto en la búsqueda bibliográfica como en el análisis de los resultados.

En primer lugar, la escalada es un deporte emergente y como tal, tiene poca investigación científica a la que acudir, bien sea para tratamiento, ejercicio terapéutico o preventivo, métodos de entrenamiento... A pesar de ello, el equipo investigador utilizó la información más actual posible, pero se tuvo que remontar hasta 10 años atrás en la búsqueda de estudios relevantes.

En segundo lugar, la recogida de estudios presenta no solo estudios clínicos aleatorizados, sino que también de cohortes, lo que implica la posible aparición de sesgos y supone una dificultad en el análisis y fiabilidad de los resultados.

Asimismo, los métodos de medición e interpretación de resultados en los estudios son diferentes, además de la intensidad y protocolo de entrenamiento en los programas. Lo cual implica que la comparación de los hallazgos es complicada y difícil de unificar. Por ello, se ha encontrado complejo el análisis de resultados y la posterior discusión.

Por último, las poblaciones estudiadas son desiguales, puesto que hay predominantemente más hombres que mujeres en todos los estudios que se presentan, sobre todo en las intervenciones. A su vez, los programas presentan muestras heterogéneas en cuanto al número de participantes puesto que, es distinto. Aun así, la mayor parte eran escaladores de élite, pero esto no es significativo para aplicar los resultados a la población general que, mayormente es aficionada.

CONCLUSIONES

1. Tras la revisión de la bibliografía, se observa una ausencia tangible de evidencia científica en este deporte.
2. Se han presentado diferentes planes de entrenamiento basados en el entrenamiento en regletas, pero ninguno de ellos tiene en cuenta la prevención sobre la lesión de ruptura de poleas, solamente observan la ganancia de fuerza.
3. La intensidad se mide según el tiempo de contracción, el tipo de agarre o el lastre. Por tanto, la comparación de estudios no es concluyente. El entrenamiento sobre suspensiones al 80% de la FMD, las suspensiones intermitentes ratio 10:5 y 7:3 y las máximas son eficientes para obtener mejoras sobre la fuerza-resistencia de dedos. Es positiva la combinación de suspensiones con dominadas.
4. El tiempo mínimo para obtener ganancias tras un programa de entrenamiento es de 4 semanas, pero hay mayores beneficios a las 8 y aún mayores a las 10.
5. Se sugiere que el factor de rendimiento más relevante es la fuerza-resistencia de dedos, Otros parámetros aparecen relevantes, fuerza en flexión de muñeca, flexores de codo y musculatura del complejo escapulohumeral. La implicación de los miembros superiores incrementa junto al nivel de la vía, en general.
6. El factor predominante en el rendimiento en ambos géneros será la fuerza-resistencia de dedos. También se propone para el sector femenino la resistencia del complejo escapulohumeral como factor determinante.
7. No se puede confirmar que los estudios propuestos para el entrenamiento en son aplicables para la población que predomina en el deporte, la aficionada, visto que todos han sido en escaladores o escaladoras de élite.
8. Las estrategias preventivas sobre las lesiones de poleas propuestas son: el vendaje en H, fortalecimiento de la musculatura opositora, engrosamiento de los tendones, ganancia de flexibilidad, correcto calentamiento y descanso tras las sesiones. También el desarrollo de un programa de fuerza.
9. Futuras investigaciones son necesarias para determinar los efectos del entrenamiento en escalada, los factores de rendimiento y su asociación con la prevención lesional. Por lo que se realiza una propuesta a continuación.

PROPUESTA DE INTERVENCIÓN

Introducción

La escalada es un deporte basado en el desplazamiento del deportista haciendo uso de sus capacidades físicas sobre una pared. Este deporte ha tenido recientemente un aumento exponencial en su número de practicantes, visto según datos de 2019 con unos 44,5 millones de practicantes regulares (4). Asimismo, gracias a los JJOO de Tokyo 2020 se pudo visibilizar de manera mundial por lo que se presupone que el número continúa 'in crescendo' (5) .

Es lógico, por tanto, que a mayor número de practicantes haya mayor prevalencia de las lesiones propias de este deporte. Este, debido a unas exigencias biomecánicas atípicas presenta lesiones particulares como la distensión de poleas.

En general, las lesiones que aparecen en la escalada son en MMSS, datando según últimos estudios entre un 42,6 y un 71,4% de las lesiones totales (10) (11). Dentro de estas, la parte distal es la que mayor incidencia tiene, tratándose de un 52% solamente en los dedos. En conclusión, la zona de lesión que predomina es las poleas de los dedos, distensiones por lo general, siendo un 12% del totalidad (23) (29) (38) (31) (32) (33). La lesión se denomina tenosinovitis y, en esta se encuentra inflamación en la vaina sinovial dentro de la propia vaina tendinosa (34).

En cuanto a la anatomía que circunda la lesión encontramos las poleas. El término polea, corresponde al sistema de poleas flexoras de los dedos, el cual dispone de 5 poleas anulares (A1-A5) y 3 cruzadas (C1-C3). Estas son una serie de túneles osteofibrosos con capacidad adaptativa, los cuales tiene la función de comprimir los tendones de los flexores digitales profundo y superficial contra las falanges en diferentes puntos para aumentar la eficiencia mecánica en las acciones manuales.

De manera que, la búsqueda de la eficiencia mecánica, es decir, ejercer mayor fuerza para ascender por la pared en algunas ocasiones puede generar un proceso lesivo. Por consiguiente, el mecanismo lesional ocurre, mayormente, en el agarre en arqueo; hiperextensión de la articulación IFD, flexión de más de 90º de la IFP, además de la máxima flexión de la articulación MCF. Por lo general, cuando el tendón se carga de

manera excéntrica y dinámica, aunque se también se puede dar por cronicidad (38). Es común la lesión recurrente puesto que, en algunas ocasiones tiende a cronificarse.

Esta lesión presenta diferentes formas en clínica. Aun así, el diagnóstico generalmente se hace mediante ecografía. En esta se mide la cantidad de dedo en arco vista como la distancia hueso-tendón, considerándose mayor de 2 mm ruptura completa de polea (49). Además, se observan factores como la pérdida de fuerza mediante un test de provocación y el dolor a la presión (22).

Tras el diagnóstico, el tratamiento que se presenta actualmente en primeras fases es antiinflamatorio; mediante AINES, baños de contraste, frío y termoterapia etc., y de manera progresiva se va introduciendo al deportista en ejercicios cada vez más específicos de escalada (49). En términos de prevención, se sugiere el engrosamiento de los tendones, el fortalecimiento de la musculatura opositora y el vendaje en H. Aun así, ninguno de ellos ha sido demostrado según la evidencia actual.

A posteriori se hizo una primera búsqueda, la cual sugiere que el factor de rendimiento más relevante es la fuerza de dedos (52) (53) (54) (55) (56) (57). Otros parámetros también aparecen relevantes como son, la fuerza en la flexión de muñeca, flexores de codo y musculatura del complejo escapulohumeral (53) (54) (56). Asimismo, la implicación de los miembros superiores incrementa junto al nivel de la vía, en general. Por tanto, al aumentar el nivel aumenta el riesgo sobre el eslabón más débil de la cadena que tracciona, las poleas.

Asimismo, el equipo investigador se preguntó sobre maneras de prevenir esta lesión. Así pues, una forma que se utiliza en otras disciplinas son los programas de fuerza, puesto que disminuyen las lesiones deportivas en un 66%, por consiguiente, es posible que un programa de fuerza basado en el factor de rendimiento más relevante para el deporte, la fuerza de dedos pueda prevenir las lesiones más prevalentes, las lesiones de poleas (63).

Acorde con la literatura, se encuentran distintos programas de fuerza basados, por lo general, en suspensiones, bien sean intermitentes o máximas, lastradas o sobre regletas pequeñas, o en suspensiones combinadas con tracciones. Visto que el factor más relevante es la fuerza de dedos, pero no es el único, se presenta el programa de

Medernach et al. (59) puesto que combina suspensiones intermitentes con uno y dos brazos, a diferentes angulaciones, con tracciones. Englobando así los grupos musculares que influyen sobre el rendimiento.

Hipótesis

Un programa de ejercicio de 10 semanas que combine tracciones y suspensiones intermitentes sobre regletas o "hangboard" reduce las lesiones en las poleas de los dedos en escaladores aficionados.

Hipótesis secundaria

Un programa de ejercicio de 10 semanas que combine tracciones y suspensiones intermitentes sobre regletas o "hangboard" aumenta la fuerza-resistencia de dedos y, con ella, el rendimiento en escaladores aficionados.

Objetivos

Objetivo principal

Evaluar los efectos de un programa de ejercicio de 10 semanas que combine tracciones y suspensiones intermitentes sobre regletas o "hangboard" respecto a la integridad de las poleas en escaladores aficionados.

Objetivos secundarios

- Medir el grado de mejora de fuerza y resistencia en los escaladores tras las 10 semanas de intervención.
- Comparar los efectos del ejercicio terapéutico con el entrenamiento de escalada regular en cuanto a las lesiones en los dedos.
- Observar el desarrollo en el rendimiento tras la intervención y a largo plazo
- Comprobar la correlación entre ganancia de fuerza y reducción en índice lesional.
- Ver si hay diferencias estadísticas entre hombres y mujeres.

Material y métodos

Diseño

Se realizará un Ensayo Clínico Aleatorizado (ECA) de 10 semanas de duración. Se seleccionarán 200 pacientes sin antecedentes de lesiones en las poleas en los 6 meses previos, serán divididos aleatoriamente en 2 grupos: Control (n=100) y Experimental (n=100). La aleatorización se llevará a cabo mediante el proceso abba. Uno de los grupos realizará un entrenamiento pautado de escalada (control). El grupo experimental desarrollará el procedimiento propuesto por **Medernach et al.** (59) que combina tracciones y suspensiones con una y dos manos, además de con diferentes ángulos.

Selección de participantes

El reclutamiento de los participantes del estudio se realizará a través de varios gimnasios de escalada de la zona del norte de España. A continuación, criterios de inclusión y exclusión.

Criterios de inclusión:

- Mayores de 18 años
- Experiencia en entrenamiento regular de escalada (al menos una sesión por semana)
- Nivel de escalada según la graduación francesa entre V-6c (Anexo 4)
- Tiempo en el deporte entre 3 meses y 2 años
- No haber usado entrenamiento de suspensiones en los últimos 4 meses
- No tener antecedentes en lesiones de poleas en los 6 últimos meses
- No ha tenido lesiones previas de MMSS en los últimos 6 meses
- Firma de consentimiento informado (Anexo 3)

Criterios de exclusión:

- Menores de 18 años
- Sujetos con lesiones recientes de MMSS
- Sujetos con antecedentes en lesión de poleas en los 6 últimos meses
- Escaladores con nivel mayor de 6c (Anexo 4)
- Escaladores con tiempo de práctica mayor a 2 años
- No firmar el consentimiento informado (Anexo 3)

Los sujetos incluidos deberán rellenar un consentimiento informado (Anexo 3), en el cual, se especifica los procedimientos llevados a cabo, riesgos de la intervención, posibles efectos etc. A su vez, este presenta que en todo momento son libres de abandonar el estudio.

Aleatorización, enmascaramiento y comité ético

Los pacientes serán reclutados a través de la Federación Española de Deportes de Montaña y Escalada (FEDME), concretamente de gimnasios del norte de España. La persona encargada del reclutamiento será ajena al proceso siguiente, es decir, no conocerá el grupo al que se le asignará posteriormente a los sujetos. En primera instancia, se asignará un número a cada grupo, G1 (control), G2 (intervención), de tal manera que los profesionales, evaluadores y analistas de datos desconozcan que grupo es cual.

La aleatorización será mediante el procedimiento por bloques permutados, en dos bloques siguiendo la estructura abba de tal manera que, a cada sujeto se le asigna una letra, bien a o b, la cual le incluirá en G1, a, o G2, b. De esta forma, obtendremos dos grupos equitativos y homogéneos en cuanto a la población que se pretende investigar. Para evitar sesgos, se realizará un ajuste por sexo, para que ambos grupos tengan un porcentaje similar de hombres y mujeres.

Tras la finalización del estudio, el grupo control tendrá la posibilidad de realizar el programa de intervención. El proyecto de investigación, antes de ponerse en práctica, será evaluado y aprobado por el Comité de Ética de la Universidad Pública de Navarra.

Mediciones

Se realizará mediciones una semana antes de comenzar con la intervención, a mitad de la misma y la semana siguiente a su finalización. Es decir, semana 0, semana 5 y semana 11. Los exámenes clínicos, de fuerza, resistencia y dominadas, se llevarán a cabo de tal forma que no influyen entre sí evitando sesgos en los resultados. En estas, en primer lugar, se realizará el calentamiento de unos 30 minutos en el cual se incluye la familiarización con el dispositivo Smartboard. El calentamiento está basado en travesías de 15-20 movimientos sencillos y suspensiones de 10 a 20 segundos, las cuales irán aumentando su intensidad. El tipo de agarre que se utilizará para la totalidad del proyecto será el semiarqueo, visto que es el más utilizado en la práctica regular de escalada y, por consiguiente, el más transferible en los tests de fuerza (47). Se llevarán a dos pruebas con cada mano en el agarre de 20 mm durante 6 s, de ambas la mejor repetición será seleccionada (58).

En segundo lugar, se llevará a cabo un test de fatiga, en este mediante el uso el 80% de la FMD en una regleta de 20 mm alternando 10 s de suspensión con una fase de descanso de 6 s durante 24 repeticiones. El control del porcentaje se realiza mediante feedback visual y se ajustará mediante la puesta de pies en el suelo o, al contrario, añadiendo lastre. De esta manera mediremos el tiempo en el que los sujetos son capaces de ejercer el 80% de su fuerza máxima de dedos, lo cual categorizaremos como resistencia (58).

Por supuesto, previo a ambos tests los sujetos podrán utilizar magnesio para evitar resbalarse de la zona de sujeción, además esta se limpiará previamente. Asimismo, para evitar el balanceo los participantes comenzarán la prueba doblando las piernas a medida que va aumentando la carga sobre los dedos.



Figura 6. Tendón de flexores de los dedos tras ruptura de polea. Elaboración propia.

En tercer lugar, mediremos el número de dominadas pronas o tracciones completas que es capaz de realizar el sujeto hasta alcanzar el fallo. Este se considera como la incapacidad de realizar una repetición completa, en la cual la barbilla no pasa la barra o el sujeto no baja hasta la extensión total de brazos (54).



Figura 7. Ruptura de poleas en ecógrafo. Elaboración propia.

Además de estos factores, un equipo se encargará de realizar un examen, que incluirá: observación ecográfica en la cara palmar para ver la integridad de los tendones flexores y poleas; y un examen clínico en el cual se tendrá en cuenta signos como, dolor a la palpación, pérdida de fuerza, y un test de provocación.

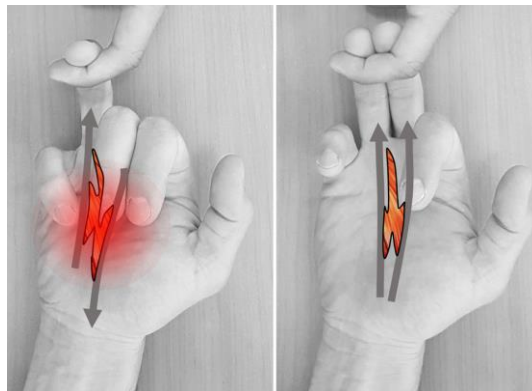


Figura 8. Test de provocación (22).

Intervención

Esta intervención cursará durante 10 semanas, en las cuales los sujetos estarán divididos en 2 grupos: control (G1) o experimental (G2).

Grupo control (G1)

Los sujetos del grupo control llevarán a cabo un entrenamiento supervisado de escalada. Estas deben incluir 3 sesiones por semana que serán supervisadas por el personal pertinente. Además, consistirán en un calentamiento general que incluye

movilizaciones de los diferentes segmentos corporales y una serie de 4-6 bloques fáciles. A continuación, se realizará según el nivel de nivel individual bloques de media ente 4-20 movimientos llegando a la totalidad de unos 25-35 intentos por sesión. Tras cada intento se podrá descansar entre 3 y 5 minutos. Al final del entrenamiento se realizarán varios bloques a modo de enfriamiento.

Grupo intervención (G2)

Estos pacientes seguirán el protocolo propuesto por **Medernach et al.** (59) que está basado en suspensiones intermitentes y tracciones, con y sin, componente isométrico, a diferentes angulaciones, incluyendo ejercicios con una o dos manos. El grupo investigador propone tres sesiones a la semana siguiendo el programa, las cuales son diferentes entre sí de manera que se distribuye la carga de ejercicio.





Para limitar el riesgo de lesión, como bien se hizo en este estudio se realizarán tras el calentamiento general una serie de suspensiones en agarre abierto, asimismo los participantes deberán evitar posiciones dolorosas o estresoras, si en algún momento tiene dolor en la zona articular o tendinosa deberán de manera obligatoria detener la actividad. Estos sujetos realizarán la práctica de manera totalmente controlada, además de supervisada. Por otro lugar, se dispondrá de magnesio para evitar resbalarse del dispositivo. Por último, se declara que el tiempo estandarizado entre ejercicios será de 5 minutos.

Por supuesto, ambos grupos durante las 10 semanas solamente podrán seguir los programas propuestos. Aun así, los sujetos son totalmente libres de abandonar el estudio en el momento en que lo deseen y de pedir los resultados de sus pruebas de fuerza, resistencia etc.

Tabla 10. Basada en programa de intervención de Medernach et al. (2015) (59). Elaboración propia.

	Lunes	Miércoles	Viernes
Ejercicio	Repeticiones en HB	Suspensiones	Repeticiones en HB
Descripción	Colgarse por 5 s con el codo a 90º	3-5 s en posición de brazos estirados	Suspensión de 10 s (brazos estirados)
Repeticiones/Series totales	6/5	10/3	8/5
Descanso entre repeticiones (s)	5	30	2
Ejercicio	Suspensiones	“Frenchies”	Bloqueos
Descripción	8 s en posición con brazos estirados 8 s con bloqueo con barbilla por encima de HB 8 s en bloqueo a 120º 8 s en bloqueo a 90º	Dominada y 5” bloqueo por encima del HB; dominada y 5 s en bloqueo a 90º; dominada y bloqueo a 120º, 2 x dominadas	5 s (brazos estirados) Bloqueo brazo derecho 5 s (brazo estirado) Bloqueo brazo izquierdo 5 s
Repeticiones/Series totales	5/3	5/3	6/5
Descanso entre repeticiones (s)	10	30	0
Ejercicio	Semibloqueos con un brazo	Suspensiones	Pirámide en HB
Descripción	10 s con brazo derecho 10 s con brazo izquierdo	20 s (brazos estirados) 2 dominadas	Suspensiones 90º, 4 s / 6 s / 8 s / 10 s / 2 dominadas
Repeticiones/Series totales	5/3	8/3	5/3
Descanso entre repeticiones (s)	10	10	10

Leyenda: s: segundos, º: grados, HB: “hangboard”

Ejercicios	Descripción del ejercicio	Imágenes
<p>Repeticiones en HB</p> <p>Suspensiones intermitentes a 90º de flexión de codo</p>	<p>Posición: colgado en posición de flexión de 90º de codo en posición de semiarqueo de dedos</p> <p>Movimiento: mantenimiento de flexión 90º de codo</p>	
<p>Suspensiones Intermitentes a diferentes angulaciones de flexión de codo</p>	<p>Posición: colgado en posición de brazos estirados, escápulas retraídas, dedos en semiarqueo, 140º de flexión de codo</p> <p>Movimiento: mantenimiento del isométrico con barbilla por encima de HB, a 90º, a 120º y con brazos estirados</p>	
<p>Semibloqueos con un brazo</p>	<p>Posición: colgado/pies apoyados para regular la carga con un brazo a 120º de flexión de codo con los dedos semiarqueados</p> <p>Movimiento: Mantenimiento de la posición de manera intermitente con un brazo y después el otro</p>	
<p>"Frenchies"</p>	<p>Posición: colgado del HB con brazos estirados</p> <p>Movimiento: tracciono hasta sobrepasar con la barbilla el HB mantengo 5 s y bajo, tracciono de la misma forma y mantengo 5 s pero a 90º, tras bajar tracciono y después mantengo 5 s a 120º, por último realizo 2 dominadas</p>	



<p>Bloqueos con brazo estirado</p>	<p>Posición: colgado de HB con un brazo y la escápula retraída Movimiento: mantenimiento isométrico de esa posición</p>	
<p>Semiarqueo</p>	<p>Posición: flexión 90º de la articulación IFP, hiperextensión de IFD, ligera flexión de la MCF</p>	

Tabla 11. Ejercicios de fuerza. Elaboración propia.

Leyenda: HB: "hangboard", º: grados, s: segundos, IFP: interfalángica proximal, IFD: interfalángica distal, MCF: metacarpofalángica

Análisis estadístico

El análisis estadístico se llevará a cabo mediante el programa IBM SPSS Statistics 20 (IBM Corporation, Chicago, IL) y con Microsoft Excel para la recogida de datos. El análisis de datos lo llevará a cabo un estadístico independiente al proyecto. Los datos de los pacientes se reportarán mediante estadísticos descriptivos, es decir, media o mediana, desviación típica o rango intercuartil, frecuencia y porcentaje. Asimismo, se utilizará la prueba de Kolgomorov-Smirnov para comprobar la normalidad de la distribución. En el caso de la normalidad de la varianza, el equipo utilizará la prueba F de Levene. Asimismo, las diferencias intra y entre grupos se analizarán haciendo uso de las pruebas T para medias de muestras emparejadas y no emparejadas, según el caso. Cabe resaltar que, se considerará significativo el nivel de probabilidad del 5%, es decir, que el valor p value sea igual o menor a 0.05. Los efectos del entrenamiento en las variables medidas, FMD, resistencia, nº de dominadas al fallo y los diferentes exámenes clínicos se llevarán a cabo comparando el G1 con el G2, utilizando la medida ANOVA para dos factores. En el caso de que las variables sean significativas en ANOVA se utilizará el recurso post-hoc análisis.

Por otro lado, dentro de la muestra de 200 pacientes se asume un 10% de pérdidas durante el estudio, por lo que la muestra total puede llegar a ser de unos 180 sujetos, quedando los grupos en 90 participantes cada uno. Las personas que no hayan finalizado la intervención serán incluidas como con intención a tratar (ITT).

Limitaciones del estudio

Es posible encontrar dificultades en la realización del estudio que limiten su alcance, sobre todo durante y tras la intervención en la interpretación de los resultados.

En primer lugar, es complicado lograr una muestra homogénea en cuanto al número de hombres y mujeres, puesto que es un deporte que cuenta con mayor número de practicantes masculinos. Por tanto, las conclusiones que se obtengan quizá no se puedan aplicar a toda la generalidad.

El estudio en el cual se basa la intervención ha sido comprobado en una población de estudio élite por lo que, al ser la primera vez que se intenta en personas aficionadas

puede no tener los efectos buscados. Por tanto, es posible que las cargas e intensidades puedan en un futuro variar, pues los pacientes son distintos.

AGRADECIMIENTOS

El trabajo de fin de grado es una tarea ardua, a pesar de ello ha sido más fácil gracias a la ayuda de ciertas personas que merecen una mención.

En primer lugar, a dos profesores en concreto, Alazne Antón y Miguel Barajas, pues sin ninguna compensación me ayudaron en momentos complicados en la redacción del trabajo.

En segundo lugar, a Mitxelko, puesto que su seminario sobre la plataforma Word fue fructífero y me motivo a descubrir sus posibilidades.

En tercer lugar, a mi tutor, puesto que me aconsejó lo mejor que pudo en los momentos necesarios.

Por último, me gustaría agradecer a mi círculo más cercano, compañeros de piso, padres y mis hermanas, ya que sin su apoyo incondicional no habría sido posible superar con holgura esta situación.

BIBLIOGRAFÍA

1. López-Rivera E, González-Badillo JJ. The effects of two maximum grip strength training methods using the same effort duration and different edge depth on grip endurance in elite climbers. *Sports Technol.* agosto de 2012;5(3-4):100-10.
2. Cole KP, Uhl RL, Rosenbaum AJ. Comprehensive Review of Rock Climbing Injuries. *J Am Acad Orthop Surg.* 15 de junio de 2020;28(12):e501-9.
3. Journal CB. Gyms and Trends 2021 [Internet]. *Climbing Business Journal.* 2022 [citado 17 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://www.climbingbusinessjournal.com/gyms-and-trends-2021/>
4. ifsc-annual-report-2019-final-website.pdf [Internet]. [citado 16 de mayo de 2023]. Disponible en: https://cdn.ifsc-climbing.org/images/ifsc/Footer/Annual_Reports/ifsc-annual-report-2019-final-website.pdf
5. 129th IOC Session [Internet]. International Olympic Committee. 2022 [citado 16 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://olympics.com/ioc/129th-ioc-session>
6. Schweizer A, Bayer T. Closed disruption of a single flexor digitorum superficialis tendon slip: 3 cases. *Hand Surg Rehabil.* abril de 2019;38(2):121-4.
7. Quaine F, Vigouroux L. Maximal resultant four fingertip force and fatigue of the extrinsic muscles of the hand in different sport climbing finger grips. *Int J Sports Med.* noviembre de 2004;25(8):634-7.
8. Jones G, Asghar A, Llewellyn DJ. The epidemiology of rock-climbing injuries. *Br J Sports Med.* 7 de mayo de 2008;42(9):773-8.
9. Gerdes EM, Hafner JW, Aldag JC. Injury Patterns and Safety Practices of Rock Climbers: J Trauma Inj Infect Crit Care. diciembre de 2006;61(6):1517-25.
10. Neuhofer A, Hennig FF, Schöffl I, Schöffl V. Injury risk evaluation in sport climbing. *Int J Sports Med.* octubre de 2011;32(10):794-800.

11. McDonald JW, Henrie AM, Teramoto M, Medina E, Willick SE. Descriptive Epidemiology, Medical Evaluation, and Outcomes of Rock Climbing Injuries. *Wilderness Environ Med.* septiembre de 2017;28(3):185-96.
12. Lack DA, Sheets AL, Entin JM, Christenson DC. Rock Climbing Rescues: Causes, Injuries, and Trends in Boulder County, Colorado. *Wilderness Environ Med.* septiembre de 2012;23(3):223-30.
13. Morrison AB, Schöffl VR. Physiological responses to rock climbing in young climbers. *Br J Sports Med.* diciembre de 2007;41(12):852-61; discussion 861.
14. Draper N, Giles D, Schöffl V, Konstantin Fuss F, Watts P, Wolf P, et al. Comparative grading scales, statistical analyses, climber descriptors and ability grouping: International Rock Climbing Research Association position statement. *Sports Technol.* 2 de octubre de 2015;8(3-4):88-94.
15. Saul D, Steinmetz G, Lehmann W, Schilling AF. Determinants for success in climbing: A systematic review. *J Exerc Sci Fit.* septiembre de 2019;17(3):91-100.
16. Beeler S, Pastor T, Fritz B, Filli L, Schweizer A, Wieser K. Impact of 30 years' high-level rock climbing on the shoulder: an magnetic resonance imaging study of 31 climbers. *J Shoulder Elbow Surg.* septiembre de 2021;30(9):2022-31.
17. Schöffl V, Popp D, Küpper T, Schöffl I. Injury trends in rock climbers: evaluation of a case series of 911 injuries between 2009 and 2012. *Wilderness Environ Med.* marzo de 2015;26(1):62-7.
18. Holtzhausen LM, Noakes TD. Elbow, forearm, wrist, and hand injuries among sport rock climbers. *Clin J Sport Med Off J Can Acad Sport Med.* julio de 1996;6(3):196-203.
19. Peters P. Nerve compression syndromes in sport climbers. *Int J Sports Med.* noviembre de 2001;22(8):611-7.
20. Logan AJ, Makwana N, Mason G, Dias J. Acute hand and wrist injuries in experienced rock climbers. *Br J Sports Med.* octubre de 2004;38(5):545-8.

21. Caine D, Meyers R, Nguyen J, Schöffl V, Maffulli N. Primary Periphyseal Stress Injuries in Young Athletes: A Systematic Review. *Sports Med Auckl NZ*. abril de 2022;52(4):741-72.
22. Schöffl V, Simon M, Lutter C. [Finger and shoulder injuries in rock climbing]. *Orthopade*. diciembre de 2019;48(12):1005-12.
23. Pozzi A, Pivato G, Pegoli L. Hand Injury in Rock Climbing: Literature Review. *J Hand Surg Asian-Pac Vol*. febrero de 2016;21(1):13-7.
24. Schöffl VR, Hoffmann G, Küpper T. Acute injury risk and severity in indoor climbing-a prospective analysis of 515,337 indoor climbing wall visits in 5 years. *Wilderness Environ Med*. septiembre de 2013;24(3):187-94.
25. Buda R, Di Caprio F, Bedetti L, Mosca M, Giannini S. Foot overuse diseases in rock climbing: an epidemiologic study. *J Am Podiatr Med Assoc*. 2013;103(2):113-20.
26. Schöffl V, Küpper T. Feet injuries in rock climbers. *World J Orthop*. 18 de octubre de 2013;4(4):218-28.
27. Davis BA, Hiller LP, Imbesi SG, Chang EY. Isolated lateral collateral ligament complex injury in rock climbing and Brazilian Jiu-jitsu. *Skeletal Radiol*. agosto de 2015;44(8):1175-9.
28. Schöffl V, Lutter C, Popp D. The «Heel Hook»-A Climbing-Specific Technique to Injure the Leg. *Wilderness Environ Med*. junio de 2016;27(2):294-301.
29. Crowley TP. The flexor tendon pulley system and rock climbing. *J Hand Microsurg*. junio de 2012;4(1):25-9.
30. Klauser A, Frauscher F, Bodner G, Halpern EJ, Schocke MF, Springer P, et al. Finger pulley injuries in extreme rock climbers: depiction with dynamic US. *Radiology*. marzo de 2002;222(3):755-61.
31. Schöffl VR, Schöffl I. Injuries to the finger flexor pulley system in rock climbers: current concepts. *J Hand Surg*. abril de 2006;31(4):647-54.
32. Schweizer A, Bircher HP. Injuries to the upper extremity in rock-climbers. *Sports Technol*. 1 de agosto de 2012;5(3-4):77-89.

33. Lutter C, Tischer T, Hotfield T, Frank L, Enz A, Simon M, et al. Current Trends in Sport Climbing Injuries after the Inclusion into the Olympic Program. Analysis of 633 Injuries within the years 2017/18. *Muscle Ligaments Tendons J.* junio de 2020;10(02):201.
34. Ray G, Sandean DP, Tall MA. Tenosynovitis. En: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023 [citado 17 de mayo de 2023]. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK544324/>
35. Schöffl V, Hochholzer T, Winkelmann HP, Strecker W. Pulley injuries in rock climbers. *Wilderness Environ Med.* 2003;14(2):94-100.
36. Iruretagoiena-Urbieta X, De la Fuente-Ortiz de Zarate J, Blasi M, Obradó-Carriedo F, Ormazabal-Arístegui A, Rodríguez-López ES. Grip Force Measurement as a Complement to High-Resolution Ultrasound in the Diagnosis and Follow-Up of A2 and A4 Finger Pulley Injuries. *Diagn Basel Switz.* 1 de abril de 2020;10(4):E206.
37. Hauger O, Chung CB, Lektrakul N, Botte MJ, Trudell D, Boutin RD, et al. Pulley system in the fingers: normal anatomy and simulated lesions in cadavers at MR imaging, CT, and US with and without contrast material distention of the tendon sheath. *Radiology.* octubre de 2000;217(1):201-12.
38. Miro PH, vanSonnenberg E, Sabb DM, Schöffl V. Finger Flexor Pulley Injuries in Rock Climbers. *Wilderness Environ Med.* junio de 2021;32(2):247-58.
39. Bollen SR. Soft tissue injury in extreme rock climbers. *Br J Sports Med.* diciembre de 1988;22(4):145-7.
40. Lin GT, Cooney WP, Amadio PC, An KN. Mechanical properties of human pulleys. *J Hand Surg Edinb Scotl.* noviembre de 1990;15(4):429-34.
41. Zafonte B, Rendulic D, Szabo RM. Flexor pulley system: anatomy, injury, and management. *J Hand Surg.* diciembre de 2014;39(12):2525-32; quiz 2533.
42. Tang JB. Flexor Tendon Injuries. *Clin Plast Surg.* julio de 2019;46(3):295-306.
43. Doyle JR. Palmar and digital flexor tendon pulleys. *Clin Orthop.* febrero de 2001;(383):84-96.

44. Gupta P, Lenchik L, Wuertzer SD, Pacholke DA. High-resolution 3-T MRI of the fingers: review of anatomy and common tendon and ligament injuries. *AJR Am J Roentgenol.* marzo de 2015;204(3):W314-323.
45. Wang K, McGlenn EP, Chung KC. A biomechanical and evolutionary perspective on the function of the lumbrical muscle. *J Hand Surg.* enero de 2014;39(1):149-55.
46. Jones G, Johnson MI. A Critical Review of the Incidence and Risk Factors for Finger Injuries in Rock Climbing. *Curr Sports Med Rep.* 2016;15(6):400-9.
47. Schweizer A. Biomechanical properties of the crimp grip position in rock climbers. *J Biomech.* febrero de 2001;34(2):217-23.
48. Addiss DG, Baker SP. Mountaineering and rock-climbing injuries in US national parks. *Ann Emerg Med.* septiembre de 1989;18(9):975-9.
49. Berrigan W, White W, Cipriano K, Wickstrom J, Smith J, Hager N. Diagnostic Imaging of A2 Pulley Injuries: A Review of the Literature. *J Ultrasound Med Off J Am Inst Ultrasound Med.* mayo de 2022;41(5):1047-59.
50. Lutter C, Tischer T, Schöffl VR. Olympic competition climbing: the beginning of a new era-a narrative review. *Br J Sports Med.* agosto de 2021;55(15):857-64.
51. Peterson C, Ceraulo A. Caring for Climbers. *Curr Sports Med Rep.* 2015;14(5):397-403.
52. Heyman E, DE Geus B, Mertens I, Meeusen R. Effects of four recovery methods on repeated maximal rock climbing performance. *Med Sci Sports Exerc.* junio de 2009;41(6):1303-10.
53. Deyhle MR, Hsu HS, Fairfield TJ, Cadez-Schmidt TL, Gurney BA, Mermier CM. Relative Importance of Four Muscle Groups for Indoor Rock Climbing Performance. *J Strength Cond Res.* julio de 2015;29(7):2006-14.
54. Grant S, Hasler T, Davies C, Aitchison TC, Wilson J, Whittaker A. A comparison of the anthropometric, strength, endurance and flexibility characteristics of female elite and recreational climbers and non-climbers. *J Sports Sci.* julio de 2001;19(7):499-505.

55. Macdonald JH, Callender N. Athletic profile of highly accomplished boulderers. *Wilderness Environ Med.* junio de 2011;22(2):140-3.
56. Schweizer A, Furrer M. Correlation of forearm strength and sport climbing performance. *Isokinet Exerc Sci.* 10 de agosto de 2007;15:211-6.
57. Wall CB, Starek JE, Fleck SJ, Byrnes WC. Prediction of indoor climbing performance in women rock climbers. *J Strength Cond Res.* febrero de 2004;18(1):77-83.
58. Devise M, Lechaptois C, Berton E, Vigouroux L. Effects of Different Hangboard Training Intensities on Finger Grip Strength, Stamina, and Endurance. *Front Sports Act Living.* 2022;4:862782.
59. Medernach JPJ, Kleinöder H, Lötzerich HHH. Fingerboard in Competitive Bouldering: Training Effects on Grip Strength and Endurance. *J Strength Cond Res.* agosto de 2015;29(8):2286-95.
60. Mundry S, Steinmetz G, Atkinson EJ, Schilling AF, Schöffl VR, Saul D. Hangboard training in advanced climbers: A randomized controlled trial. *Sci Rep.* 29 de junio de 2021;11(1):13530.
61. López-Rivera E, González-Badillo JJ. Comparison of the Effects of Three Hangboard Strength and Endurance Training Programs on Grip Endurance in Sport Climbers. *J Hum Kinet.* marzo de 2019;66:183-95.
62. Hermans E, Saeterbakken AH, Vereide V, Nord ISO, Stien N, Andersen V. The Effects of 10 Weeks Hangboard Training on Climbing Specific Maximal Strength, Explosive Strength, and Finger Endurance. *Front Sports Act Living.* 2022;4:888158.
63. Lauersen JB, Andersen TE, Andersen LB. Strength training as superior, dose-dependent and safe prevention of acute and overuse sports injuries: a systematic review, qualitative analysis and meta-analysis. *Br J Sports Med.* diciembre de 2018;52(24):1557-63.

ANEXOS

Anexo 1. Escala PEDro.

Escala PEDro-Español

1. Los criterios de elección fueron especificados	no <input type="checkbox"/> sí <input type="checkbox"/> donde:
2. Los sujetos fueron asignados al azar a los grupos (en un estudio cruzado, los sujetos fueron distribuidos aleatoriamente a medida que recibían los tratamientos)	no <input type="checkbox"/> sí <input type="checkbox"/> donde:
3. La asignación fue oculta	no <input type="checkbox"/> sí <input type="checkbox"/> donde:
4. Los grupos fueron similares al inicio en relación a los indicadores de pronóstico más importantes	no <input type="checkbox"/> sí <input type="checkbox"/> donde:
5. Todos los sujetos fueron cegados	no <input type="checkbox"/> sí <input type="checkbox"/> donde:
6. Todos los terapeutas que administraron la terapia fueron cegados	no <input type="checkbox"/> sí <input type="checkbox"/> donde:
7. Todos los evaluadores que midieron al menos un resultado clave fueron cegados	no <input type="checkbox"/> sí <input type="checkbox"/> donde:
8. Las medidas de al menos uno de los resultados clave fueron obtenidas de más del 85% de los sujetos inicialmente asignados a los grupos	no <input type="checkbox"/> sí <input type="checkbox"/> donde:
9. Se presentaron resultados de todos los sujetos que recibieron tratamiento o fueron asignados al grupo control, o cuando esto no pudo ser, los datos para al menos un resultado clave fueron analizados por "intención de tratar"	no <input type="checkbox"/> sí <input type="checkbox"/> donde:
10. Los resultados de comparaciones estadísticas entre grupos fueron informados para al menos un resultado clave	no <input type="checkbox"/> sí <input type="checkbox"/> donde:
11. El estudio proporciona medidas puntuales y de variabilidad para al menos un resultado clave	no <input type="checkbox"/> sí <input type="checkbox"/> donde:

La escala PEDro está basada en la lista Delphi desarrollada por Verhagen y colaboradores en el Departamento de Epidemiología, Universidad de Maastricht (Verhagen AP et al (1998). *The Delphi list: a criteria list for quality assessment of randomised clinical trials for conducting systematic reviews developed by Delphi consensus. Journal of Clinical Epidemiology*, 51(12):1235-41). En su mayor parte, la lista está basada en el consenso de expertos y no en datos empíricos. Dos ítems que no formaban parte de la lista Delphi han sido incluidos en la escala PEDro (ítems 8 y 10). Conforme se obtengan más datos empíricos, será posible "ponderar" los ítems de la escala, de modo que la puntuación en la escala PEDro refleje la importancia de cada ítem individual en la escala.

El propósito de la escala PEDro es ayudar a los usuarios de la bases de datos PEDro a identificar con rapidez cuales de los ensayos clínicos aleatorios (ej. RCTs o CCTs) pueden tener suficiente validez interna (criterios 2-9) y suficiente información estadística para hacer que sus resultados sean interpretables (criterios 10-11). Un criterio adicional (criterio 1) que se relaciona con la validez externa ("generalizabilidad" o "aplicabilidad" del ensayo) ha sido retenido de forma que la lista Delphi esté completa, pero este criterio no se utilizará para el cálculo de la puntuación de la escala PEDro reportada en el sitio web de PEDro.

La escala PEDro no debería utilizarse como una medida de la "validez" de las conclusiones de un estudio. En especial, avisamos a los usuarios de la escala PEDro que los estudios que muestran efectos de tratamiento significativos y que puntúan alto en la escala PEDro, no necesariamente proporcionan evidencia de que el tratamiento es clínicamente útil. Otras consideraciones adicionales deben hacerse para decidir si el efecto del tratamiento fue lo suficientemente elevado como para ser considerado clínicamente relevante, si sus efectos positivos superan a los negativos y si el tratamiento es costo-efectivo. La escala no debería utilizarse para comparar la "calidad" de ensayos realizados en las diferentes áreas de la terapia, básicamente porque no es posible cumplir con todos los ítems de la escala en algunas áreas de la práctica de la fisioterapia.

Notas sobre la administración de la escala PEDro:

Todos los criterios	Los puntos solo se otorgan cuando el criterio se cumple claramente. Si después de una lectura exhaustiva del estudio no se cumple algún criterio, no se debería otorgar la puntuación para ese criterio.
Criterio 1	Este criterio se cumple si el artículo describe la fuente de obtención de los sujetos y un listado de los criterios que tienen que cumplir para que puedan ser incluidos en el estudio.
Criterio 2	Se considera que un estudio ha usado una designación al azar si el artículo aporta que la asignación fue aleatoria. El método preciso de aleatorización no precisa ser especificado. Procedimientos tales como lanzar monedas y tirar los dados deberían ser considerados aleatorios. Procedimientos de asignación cuasi-aleatorios, tales como la asignación por el número de registro del hospital o la fecha de nacimiento, o la alternancia, no cumplen este criterio.
Criterio 3	<i>La asignación oculta</i> (enmascaramiento) significa que la persona que determina si un sujeto es susceptible de ser incluido en un estudio, desconocía a que grupo iba a ser asignado cuando se tomó esta decisión. Se puntúa este criterio incluso si no se aporta que la asignación fue oculta, cuando el artículo aporta que la asignación fue por sobres opacos sellados o que la distribución fue realizada por el encargado de organizar la distribución, quien estaba fuera o aislado del resto del equipo de investigadores.
Criterio 4	Como mínimo, en estudios de intervenciones terapéuticas, el artículo debe describir al menos una medida de la severidad de la condición tratada y al menos una medida (diferente) del resultado clave al inicio. El evaluador debe asegurarse de que los resultados de los grupos no difieran en la línea base, en una cantidad clínicamente significativa. El criterio se cumple incluso si solo se presentan los datos iniciales de los sujetos que finalizaron el estudio.
Criterio 4, 7-11	<i>Los Resultados clave</i> son aquellos que proporcionan la medida primaria de la eficacia (o ausencia de eficacia) de la terapia. En la mayoría de los estudios, se usa más de una variable como una medida de resultado.
Criterio 5-7	<i>Cegado</i> significa que la persona en cuestión (sujeto, terapeuta o evaluador) no conocía a que grupo había sido asignado el sujeto. Además, los sujetos o terapeutas solo se consideran "cegados" si se puede considerar que no han distinguido entre los tratamientos aplicados a diferentes grupos. En los estudios en los que los resultados clave sean auto administrados (ej. escala visual analógica, diario del dolor), el evaluador es considerado cegado si el sujeto fue cegado.
Criterio 8	Este criterio solo se cumple si el artículo aporta explícitamente <i>tanto</i> el número de sujetos inicialmente asignados a los grupos <i>como</i> el número de sujetos de los que se obtuvieron las medidas de resultado clave. En los estudios en los que los resultados se han medido en diferentes momentos en el tiempo, un resultado clave debe haber sido medido en más del 85% de los sujetos en alguno de estos momentos.
Criterio 9	El análisis <i>por intención de tratar</i> significa que, donde los sujetos no recibieron tratamiento (o la condición de control) según fueron asignados, y donde las medidas de los resultados estuvieron disponibles, el análisis se realizó como si los sujetos recibieran el tratamiento (o la condición de control) al que fueron asignados. Este criterio se cumple, incluso si no hay mención de análisis por intención de tratar, si el informe establece explícitamente que todos los sujetos recibieron el tratamiento o la condición de control según fueron asignados.
Criterio 10	Una comparación estadística <i>entre grupos</i> implica la comparación estadística de un grupo con otro. Dependiendo del diseño del estudio, puede implicar la comparación de dos o más tratamientos, o la comparación de un tratamiento con una condición de control. El análisis puede ser una comparación simple de los resultados medidos después del tratamiento administrado, o una comparación del cambio experimentado por un grupo con el cambio del otro grupo (cuando se ha utilizado un análisis factorial de la varianza para analizar los datos, estos últimos son a menudo aportados como una interacción grupo x tiempo). La comparación puede realizarse mediante un contraste de hipótesis (que proporciona un valor "p", que describe la probabilidad con la que los grupos difieran sólo por el azar) o como una estimación de un tamaño del efecto (por ejemplo, la diferencia en la media o mediana, o una diferencia en las proporciones, o en el número necesario para tratar, o un riesgo relativo o hazard ratio) y su intervalo de confianza.
Criterio 11	Una <i>estimación puntual</i> es una medida del tamaño del efecto del tratamiento. El efecto del tratamiento debe ser descrito como la diferencia en los resultados de los grupos, o como el resultado en (cada uno) de todos los grupos. Las <i>medidas de la variabilidad</i> incluyen desviaciones estándar, errores estándar, intervalos de confianza, rango intercuartílicos (u otros rangos de cuantiles), y rangos. Las estimaciones puntuales y/o las medidas de variabilidad deben ser proporcionadas gráficamente (por ejemplo, se pueden presentar desviaciones estándar como barras de error en una figura) siempre que sea necesario para aclarar lo que se está mostrando (por ejemplo, mientras quede claro si las barras de error representan las desviaciones estándar o el error estándar). Cuando los resultados son categóricos, este criterio se cumple si se presenta el número de sujetos en cada categoría para cada grupo.

Anexo 2. Escala STROBE para estudios observacionales

Table 1: STROBE guidelines

STROBE guidelines		
Section/topic	Item number	Recommendation
Title and abstract	1	Indicate the study's design with a commonly used term in the title or the abstract Provide in the abstract an informative and balanced summary of what was done and what was found
Introduction		
Background/rationale	2	Explain the scientific background and rationale for the investigation being reported
Objectives	3	State specific objectives, including any prespecified hypotheses
Methods		
Study design	4	Present key elements of study design early in the manuscript
Setting	5	Describe the setting, locations, and relevant dates, including periods of recruitment, exposure, follow-up, and data collection
Participants	6	Cohort study – give the eligibility criteria, and the sources and methods of selection of participants; describe methods of follow-up Case-control study – give the eligibility criteria, and the sources and methods of case ascertainment and control selection; give the rationale for the choice of cases and controls Cross-sectional study – give the eligibility criteria, and the sources and methods of selection of participants Cohort study – for matched studies, give matching criteria and number of exposed and unexposed Case-control study – for matched studies, give matching criteria and the number of controls per case
Variables	7	Clearly define all outcomes, exposures, predictors, potential confounders, and effect modifiers; give diagnostic criteria, if applicable
Data sources/measurement	8*	For each variable of interest, give sources of data and details of methods of assessment (measurement); describe comparability of assessment methods if there is more than one group
Bias	9	Describe any efforts to address potential sources of bias
Study size	10	Explain how the study size was arrived at
Quantitative variables	11	Explain how quantitative variables were handled in the analyses; if applicable, describe which groupings were chosen and why
Statistical methods	12	Describe all statistical methods, including those used to control for confounding Describe any methods used to examine subgroups and interactions Explain how missing data were addressed Cohort study – if applicable, explain how loss to follow-up was addressed Case-control study – if applicable, explain how matching of cases and controls was addressed Cross-sectional study – if applicable, describe analytical methods taking account of sampling strategy Describe any sensitivity analyses
Results		
Participants	13*	Report numbers of individuals at each stage of study – e.g., numbers potentially eligible, examined for eligibility, confirmed eligible, included in the study, completing follow-up, and analyzed Give reasons for nonparticipation at each stage Consider use of a flow diagram
Descriptive data	14*	Give characteristics of study participants (e.g., demographic, clinical, social) and information on exposures and potential confounders Indicate number of participants with missing data for each variable of interest Cohort study – summarize follow-up time (e.g., average and total amount)
Outcome data	15*	Cohort study – report numbers of outcome events or summary measures over time Case-control study – report numbers in each exposure category, or summary measures of exposure Cross-sectional study – report numbers of outcome events or summary measures
Main results	16	Give unadjusted estimates and, if applicable, confounder-adjusted estimates and their precision (e.g., 95% confidence interval); make clear which confounders were adjusted for and why they were included Report category boundaries when continuous variables were categorized If relevant, consider translating estimates of relative risk into absolute risk for a meaningful time period
Other analyses	17	Report other analyses done – e.g., analyses of subgroups and interactions, and sensitivity analyses
Discussion		
Key results	18	Summarize key results with reference to study objectives
Limitations	19	Discuss limitations of the study, taking into account sources of potential bias or imprecision; discuss both direction and magnitude of any potential bias
Interpretation	20	Give a cautious overall interpretation of results considering objectives, limitations, multiplicity of analyses, results from similar studies, and other relevant evidence
Generalizability	21	Discuss the generalizability (external validity) of the study results

Table 1: Contd...

STROBE guidelines		
Section/topic	Item number	Recommendation
Other information		
Funding	22	Give the source of funding and the role of the funders for the present study and, if applicable, for the original study on which the present article is based

*Give information separately for cases and controls in case-control studies and, if applicable, for exposed and unexposed groups in cohort and cross-sectional studies

Anexo 3. Consentimiento informado

El grupo de investigación Gil et al. (2023) de la Universidad Pública de Navarra son los responsables de la presentación de esta intervención fisioterápica. El objetivo de este estudio es observar la incidencia lesional de poleas desde A1-A4 en escaladores aficionados tras un programa de entrenamiento de fuerza, visto que en otros deportes se ha asociado el establecimiento de un programa de fuerza con la reducción de la incidencia lesional. Esta se diagnostica mediante ecografía, y los signos clínicos más relevantes son el déficit de fuerza y el dolor a la palpación.

Si usted acepta ser parte de este estudio, tras verificarse el cumplimiento de los criterios de inclusión y exclusión, además de firmar este consentimiento informado llevará a cabo lo siguiente; la primera semana se realizarán una ecografía de la mano para observar que la integridad de sus tejidos, en concreto, las poleas A1, A2, A3 y A4. Los lugares de revisión y entrenamiento están por determinar. La ecografía se realizará la misma mañana en el periodo desde las 8 de la mañana a las 3 de la tarde, el personal enviará un correo con las citas pertinentes. Esa misma semana se realizarán una serie de pruebas de fuerza para poder comparar el pre y el post de la intervención, además de con el grupo control. La siguiente semana da comienzo la intervención. El personal investigador revisará los datos comparativos del grupo control y experimental mediante un análisis estadístico que comparará los datos recogidos en un inicio con los finales.

Este será un programa revisado de ejercicio por el personal pertinente, durará 10 semanas y participarán 200 escaladores amateurs. El beneficio para el participante no será una compensación económica, puesto que es voluntario.

Cabe destacar que, la información obtenida será utilizada únicamente para propósitos del estudio, además su nombre no se utilizará en ningún reporte o publicación. El coste de su participación es ninguno dado que el estudio asume el costo de las pruebas de laboratorio, el pago del programa, exámenes especializados etc. Usted como participante puede en cualquier momento detener la intervención, además de exigir todos los datos obtenidos sobre su persona. Usted tiene derecho a conocer nuevas informaciones con respecto al estudio en el caso de que las hubiera.

Con su firma usted aprueba que ha leído o alguien le ha leído este documento, que se le ha respondido satisfactoriamente a sus preguntas y aclarado las posibles dudas. Además, firma que se le ha informado en respecto a las indicaciones, contraindicaciones, posibles situaciones en la intervención, además de todo lo que esta conlleva.

Usted recibe además una copia del documento.

Lugar y Fecha

Nombre del participante Firma (ID)

Lugar y Fecha

Nombre del investigador principal Ibai Gil

Firma (ID)

Anexo 4. Escala de graduación francesa de nivel en escalada

TABLA DE CONVERSIÓN DE GRADOS EN ESCALADA DEPORTIVA									
AMERICANO	INGLÉS TECH/ADJ		FRANCES	UIAA	SAXON	AUSTRALIA, NZ & SOUTH AFRICA (EWBANK)	FILANDÉS	NORUEGO	BRASILEÑO
2nd class			1	I	I				Isup
3rd class			2	II	II	11			II
4th class			3	III	III	12		3	IIsup
5.0-5.4	4a	VD	4a	IV	IV	12		4	III
5.5		S	4b	IV+	V	13	5-	5-	IIIsup
5.6	4b	HS	4c	V	VI	14	5	5	IV
5.7	4c	VS	5a	V+		15			
5.8		HVS	5b	VI-	VIIa	16	5+	5+	IVsup
5.9	5a		5c	VI	VIIb	17		6-	V
5.10a		E1	6a	VI+	VIIc	18	6-	6-/6	VI
5.10b	5b		6a+	VII-		19		6	VI/VI+
5.10c		E2	6b	VII	VIIIa	20	6	6+	VIsup/VI+
5.10d	5c		6b+	VII+	VIIIb	21		7-	VIsup
5.11a		E3	6c		VIIIc	22	6+	7	7a
5.11b			6c/c+	VIII-		23			7b
5.11c	6a	E4	6c+		IXa	24	7-	7+	7c
5.11d			7a	VIII	IXb				7c
5.12a		E5	7a+	VIII+	IXc	25	7+	7+/8-	8a
5.12b			7b			26	8-	8-	8b
5.12c	6b	E6	7b+	IX-	Xa	27	8	8	8c
5.12d			7c	IX	Xb	28	8+	8/8+	9a
5.13a		E7	7c+	IX+	Xc	29	9-	8+	9b
5.13b	6c		8a				9	9-	9c

5.13c		E8	8a+	X-	30	9+	9-/9	10a
5.13d		E9	8b	X	31	10-	9	10b
5.14a	7a	E10	8b+	X+	32	10	9/9+	10c
5.14b			8c		33	10+	9+	11a
5.14c	7b	E11	8c+	XI-	34	11-		11b
5.14d			9a	XI	35	11		11c
5.15a	7c	E9	9a+	XI+	36			12a
5.15b			9b	XII-	37			12b
5.15c			9b+	XII	38			
5.15d			9c	XII+	39			