

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD Y EL DEPORTE

GRADO EN CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y DEL DEPORTE

TRABAJO DE FIN DE GRADO



El entrenamiento de fuerza específica en la escalada

Martin Zubizarreta Serentill

Tutor: David Sotelino

Fecha de entrega: 29/05/2024

ÍNDICE

RESUMEN	3
ABSTRACT	4
1 INTRODUCCIÓN	5
1.1 Orígenes y Desarrollo	5
1.2 Conocimientos Básicos sobre la Escalada	5
1.2.1 Modalidades	6
1.2.2 Métricas de Dificultad	6
1.2.3 Tipos de Agarres y movimientos	7
1.3 Fisiología de la Escalada	8
1.3.1 Sistemas Energéticos	8
1.3.2 Tipo de Contracción y Fuerza	9
1.4 El Entrenamiento Específico de Escalada	11
1.4.1 Factores de rendimiento	11
1.4.2 Entrenamiento específico de Fuerza	11
2 OBJETIVOS	12
3 MATERIAL Y METODOS	13
3.1 Fuente de Búsqueda de Datos	13
3.2 Estrategia de Búsqueda de Datos	13
3.3 Criterios de Inclusión y Exclusión	13
3.4 Artículos Seleccionados	14
3.5. Escala PEDro	16
3.6 Factores de impacto	16
4 RESULTADOS	18
4.1 Duración de estudios	24
4.2 Características de la población	24
4.3 Entrenamientos realizados	25
4.4 Pruebas realizadas	30
4.5 Resultados conseguidos	31
5 DISCUSIÓN	36
6 CONCLUSIÓN	45
7. LIMITACIONES	47
ANEXOS	48
BIBLIOGRAFIA	50

RESUMEN

El entrenamiento de fuerza específica en la escalada se centra en mejorar la fuerza explosiva de los dedos (FEE) y la fuerza máxima de los dedos (FME). Estos objetivos se logran a través de ejercicios en tablas de suspensión y campus boards, que han demostrado ser efectivos. Los métodos de entrenamiento incluyen suspensiones de dedos lastradas, suspensiones con flexión de codo y lanzamientos en campus board, alternando entre diferentes tipos de agarre. Para desarrollar FME, se recomiendan suspensiones cortas de entre 3 y 6 segundos con agarres medianos y altas cargas, mientras que para la resistencia se utilizan suspensiones más largas de 10 segundos o más con agarres pequeños y descansos incompletos.

La especificidad del entrenamiento es crucial según la modalidad de escalada: en el boulder, donde los movimientos son más explosivos y técnicos, es esencial entrenar la fuerza explosiva, mientras que, en la escalada deportiva, la resistencia a la fuerza es más relevante debido al tiempo estático requerido en las rutas. Los estudios sugieren que las mejoras iniciales en la fuerza específica pueden observarse en cuatro semanas, pero un entrenamiento más prolongado podría ofrecer mejores resultados.

Además, es importante ajustar la intensidad y el volumen de los entrenamientos de acuerdo con el nivel del escalador, con una frecuencia ideal de dos a tres sesiones específicas por semana. Los entrenamientos planificados son esenciales para mejorar el rendimiento, ya que la práctica no estructurada no produce las mismas mejoras en la FME o la resistencia. Las conclusiones también destacan la necesidad de un enfoque equilibrado que minimice el riesgo de lesiones mientras se maximiza el rendimiento en la escalada.

ABSTRACT

Specific strength training in climbing focuses on improving explosive finger strength (EFS) and maximum finger strength (MFS). These goals are achieved through exercises on hangboards and campus boards, which have proven effective due to early neural adaptations. Training methods include weighted finger hangs, hangs with elbow flexion, and campus board dynos, alternating between different grip types. For developing MFS, short hangs of 3 to 6 seconds with medium grips and high loads are recommended, while for endurance, longer hangs of 10 seconds or more with small grips and incomplete rests are used.

Training specificity is crucial depending on the climbing modality: in bouldering, where movements are more explosive and technical, training explosive strength is essential, whereas in sport climbing, strength endurance is more relevant due to the static time required on routes. Studies suggest that initial improvements in specific strength can be observed within four weeks, but longer training periods might offer better results.

Moreover, it is important to adjust the intensity and volume of training according to the climber's level, with an ideal frequency of two to three specific sessions per week.

Planned training sessions are essential to improve performance, as unstructured practice does not produce the same improvements in MFS or endurance. Conclusions also highlight the need for a balanced approach that minimizes injury risk while maximizing climbing performance

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Orígenes y Desarrollo

La escalada nace como una evolución natural del alpinismo. En 1786 se subió por primera vez el Mont Blanc empezando así la edad de oro del alpinismo, donde científicos y exploradores subieron las principales cumbres de los Alpes.

Al principio la escalada se realizaba de forma “artificial”, colocando seguros por la pared, pero en la década de los 70 junto con la aparición de seguros fijos en la pared apareció lo que hoy en día conocemos como la escalada deportiva Antonioli, (1998). Esta categoría de escalada, con los años, fue aumentando de dificultad hasta llegar a ser necesario entrenamiento “indoor” con paneles artificiales que simularan la roca Wright et al., (2001) para conseguir superar los grados más difíciles.

La Federación Española de Deportes de Montaña y Escalada (FEDME) se fundó en 1922 y es la tercera federación española con mayor cantidad de federados. Después de la pandemia la demanda por el deporte al aire libre subió haciendo que solo en 2021 subiera un 9,9% el número de federados con 273.549 licencias. Según el Documento de transparencia publicado en 2022 por el FEDME tuvieron unos ingresos totales de 1.221.036 euros en licencias.

El aumento de la práctica de esta actividad se puede atribuir a la mayor disponibilidad de rocódromos Mermier, Janot, Parker y Swan, (1997). Esta circunstancia ha posibilitado se pueda disfrutar de la escalada incluso en condiciones meteorológicas desfavorables, lo que ha atraído a un mayor número de deportistas.

1.2 Conocimientos Básicos sobre la Escalada

1.2.1 Modalidades

La escalada cuenta con muchas modalidades, pero las cuatro en las que se compiten son: Boulder, Escalada Deportiva, Escalada de Velocidad y Escalada en Hielo. En el Boulder las paredes son pequeñas, de unos 5 metros, muy técnicas y difíciles además de ser el tipo de escalada que más se practica en rocódromos como nos explica Hattingh.G, (2001) y Stefan et al. (2022). La escalada deportiva son rutas más largas, de unos 20 m de altura que se puede escalar de primero o en polea como nos cuenta Draper et al., (2010). La escalada de velocidad trata de subir la más rápido posible por una ruta estandarizada en la que entran los escaladores y es la única modalidad de escalada que solo se practica en rocódromos como cuenta el estudio de Askari Hosseini & Wolf, (2023). La escalada en hielo usa materiales específicos como los pioletos y crampones para subir por una cascada de hielo donde los seguros son tornillos que se clavan en el hielo, razón por la que es de las cuatro modalidades el tipo de escalada con más probabilidad de accidente según Schöffl et al., (2009).

1.2.2 Métricas de Dificultad

Existen diversos sistemas de graduación para describir la dificultad de ascenso, explica Sheel, (2004). En España, la graduación más usada por las guías de montaña y deportistas es la francesa, mezclada con la Unión Internacional de Asociaciones de Alpinismo UIAA. Utiliza números romanos del I al V+; posteriormente, se recurrirá al sistema francés, que utiliza números del 6 al 9 con subíndices de a, b, c y + como explica Carranza. (2013). La dificultad dependerá del tamaño de los agarres disponibles, su dificultad técnica y la inclinación de la pared. Estos factores no son interdependientes, eso quiere decir que aun que una pared este en un “desplome” sus agarres pueden ser buenos y no sea técnicamente exigente.

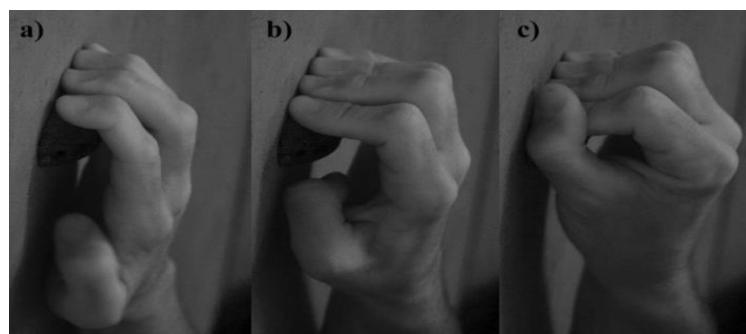
1.2.3 Tipos de Agarres y movimientos

En escalada existen muchas combinaciones de agarres, técnicas ya que la superficie de la roca puede manifestar formas muy distintas en cada vía. Principalmente existen 5 tipos de agarres los cuales se entrena para conseguir fuerza y ser adaptados al medio natural o rocódromo (Amca et al., 2012; Rooks, 1997; Azis & Indarto, 2023). El agarre en extensión se flexiona la falange distal de los dedos unos 50 o 70 grados, mientras que el resto de las falanges están extendidas, este tipo de agarre es usado en agarres muy grandes y agarres “romos” donde parte del sustento es creada por la fricción entre la mano y la roca nos explica Vigouroux et al., (2006).

El agarre en semi arqueo hay una flexión de la falange distal de 90 grados y una ligera hiperextensión de la falange distal. Este agarre es usado para en agujeros de tamaño medio y cuando el escalador hace fuerza para subir, puesto que genera más fuerza como vio Amca et al., (2012) en su estudio.

El agarre en arqueo total es aquel que genera la mayor fuerza. Consiste en flexionar la articulación interfalángica proximal a 90 o 100 grados y la articulación interfalángica distal en hiperextensión con el pulgar por encima. Sin embargo, este tipo de agarre también es el más propenso a causar lesiones según Amca et al., (2012) y Artiaco et al., (2023). En la imagen 1 se ven los 3 tipos de agarre mencionados.

Imagen-1 Amca et al., (2012)



Agarre en extensión, b) agarre en semi arqueo, c) agarre en arqueo total

El agarre en pinza se emplea cuando el dedo pulgar se utiliza para sujetarse a la presa, adoptando un gesto similar al de una pinza. Este tipo de agarre se usa en formaciones rocosas que sobresalen verticalmente de la superficie. Los mono dedos, Bi dedos o en Ingles “pockets” en un tipo de agarre en el cual solo caben uno o dos dedos, el cual se usa cuando hay agujeros pequeños que se introducen dentro de la roca (Watts, 2004).

Cada tipo de agarre tiene relación con alguna lesión. En la escalada se sobrecargan muchas estructuras tendinosas de la mano, por eso son comunes las rupturas de poleas y las distensiones. Evitar lesiones es primordial al diseñar el entrenamiento como nos explican Artiaco et al., (2023) y Rooks, 1997).

1.3 Fisiología de la Escalada

1.3.1 Sistemas Energéticos

Antiguos estudios como los de Watts, (2004) y Sheel, (2004) hablan de la capacidad aeróbica durante la escalada y que esta debería ser entrenada. Draper et al., (2010) y Sheel, (2004) en sus estudios concluyen que durante la escalada solo se usa entre un 40% -44% del VO₂max comparado con los resultados en las pruebas hechas con cicloergómetro. Durante las pruebas realizadas en el estudio de Sheel, (2004) se vio que los escaladores incluso escalando un grado de dificultad por debajo de su máximo, solo alcanzaban un 51% de VO₂max.

Dependiendo del grado de inclinación de la pared la participación de los sistemas metabólicos pueden variar. Las rutas desplomadas tienen una mayor demanda fisiológica, subiendo: frecuencia cardiaca, lactato acumulado y el consumo máximo de oxígeno como explica Geus et al., (2006).

Nuevos estudios han concluido que el sistema energético anaeróbico láctico y anaeróbico alácticos son los principalmente usados durante la escalada como demuestran Gáspari et al., (2015) y Guo et al., (2019) por las altas exigencias en fuerza explosiva y resistencia a esta. Sin embargo, está demostrado que el sistema aeróbico es activado durante las paradas que se van realizando durante la ascensión como han demostrado los artículos de Bertuzzi et al., (2007) y Michailov & Michailov, (2013). Se podría hablar de que el sistema aeróbico es usado por el cuerpo y por los músculos flexores de los antebrazos de manera local, para que no acumulen lactato y pierdan fuerza con la fatiga Saul et al., (2019).

La escalada a la hora de plantear un entrenamiento entraría dentro de la clasificación de deportes de intensidad intermitente con cargas altas, lo que conllevaría a entrenar ambos sistemas anaeróbicos como se explica en el libro de Arrese, A. L. (2013)

1.3.2 Tipo de Contracción y Fuerza

Las contracciones que se dan en la escalada son las concéntricas y las isométricas. Las altas exigencias de fuerza por los movimientos hacen que los escaladores mantengan una tensión constante para poder mantenerse en la pared. La fuerza y resistencia de los músculos flexores de la muñeca y dedos crean contracciones isométricas intermitentes como explican Amca et al., (2012), Azis & Indarto, (2023), Ozimek et al., (2016), Saul et al., (2019) y Vigouroux et al., (2006).

Según el estudio de Watts (2004), los escaladores destacan por su notable nivel de fuerza en proporción a su peso corporal y bajos niveles de grasa corporal. Además, en este análisis se encontró que los escaladores profesionales exhiben niveles más altos de fuerza en los músculos flexores que en la población general, pero que los escaladores recreativos tienen niveles de fuerza similares a los de la población general.

La importancia de la fuerza específica en la escalada, en especial en los músculos flexores de la muñeca, son cruciales para agarrar y sostenerse en las superficies de escalada y por eso deben de ser correctamente entrenadas

La fuerza isométrica generada por los músculos flexores de la muñeca genera una rápida acumulación de lactato, lo que puede afectar la capacidad de los escaladores para mantener su rendimiento durante la actividad. Cuando se acumula el lactato ocurre una reducción del 22% en la fuerza máxima producida por los músculos flexores de muñecas y dedos como demuestran Giles et al., (2006) y Watts, (2004). Para contrarrestar esta fatiga muscular, los escaladores adquieren con el entrenamiento la adaptación muscular de vaso dilatación para re-oxigenar rápidamente los músculos flexores según explica Saul et al., (2019)

Se reconoce la importancia de la fuerza explosiva en el tren superior en general para el desempeño óptimo en la escalada. Giles et al. (2006) sugieren que esta fuerza explosiva del tren superior desempeña un papel vital en la capacidad de los escaladores para realizar movimientos dinámicos y rápidos.

1.4 El Entrenamiento Específico de Escalada

1.4.1 Factores de rendimiento

Los factores de rendimiento y la importancia de estos dentro de la escalada pueden variar entre las cuatro variedades de escalada mencionadas en el trabajo. Tomando la escalada deportiva como referencia los siguientes estudios: Guo et al., (2019), Ozimek et al., (2016), Saul et al., (2019) y Sheel, (2004) consideran que los factores de rendimiento más importantes serían: la resistencia a la fuerza, la resistencia a la fuerza explosiva, la fuerza resistencia específica y la fuerza explosiva

En modalidades como el Boulder, la ruta al no ser tan larga, y sus pasos ser más técnicos, la resistencia podría no ser tan crucial la fuerza. De la misma forma pasa en la escalada de velocidad, al tener que completarse en el menor tiempo posible la fuerza explosiva es crucial explica Guo et al., (2019)

Lo contrario pasaría en modalidades donde las rutas son más largas como en la escalada deportiva, tradicional y la escalada en hielo. Aquí los factores de rendimiento relacionados con la resistencia son más determinantes que los relacionados con la fuerza como explican Saul et al., (2019) y Watts, (2004)

1.4.2 Entrenamiento específico de Fuerza

En escalada los entrenamientos de fuerza específicos se centran en entrenamientos de suspensiones en tablas de suspensiones o en “Campus Board”. Estos materiales se llevan usando ya bastantes años para desarrollar fuerza específica, pero no ha sido hasta hace poco que han aparecido estudios que aclaren la efectividad o los métodos idóneos para desarrollar fuerza en estos apartados como explica Mundry et al., (2021).

2 OBJETIVOS

Objetivo principal de la revisión bibliográfica:

- Recopilar información sobre los entrenamientos más efectivos para el desarrollo de la fuerza específica en la escalada

Objetivos Secundarios:

- Observar los distintos tipos de métodos de entrenamiento fuerza
- Analizar cuanto tiempo sería necesario para que los entrenamientos fueran efectivos
- Analizar la efectividad de los entrenamientos existentes
- Encontrar la forma de aumentar el rendimiento sin incrementar el riesgo de lesión
- Propones medidas para aplicar estas medidas a la población general

3 MATERIAL Y METODOS

3.1 Fuente de Búsqueda de Datos

Las fuentes de datos de donde se han extraído la mayoría de los datos son revistas científicas conocidas como: PubMed, Science Direct, Human Kinetics, Google Scholar y el libro publicado por Consuegra, S. (2020). Del libro y de artículos usados en la introducción del tema también fueron revisados para encontrar bibliografía válida para la revisión.

3.2 Estrategia de Búsqueda de Datos

Se utilizaros las siguientes palabras PICO para realizar la búsqueda de artículos: “Rock Climbing”, “Performance”, “Training”, “Strength Training”, “Maximal Strength”, “Hangboard Training”, “Campus Board”, “Finger Strength”. La búsqueda se combinó con “AND” y “OR”.

Se priorizaron artículos lo más recientes posibles y artículos que fueran pruebas controladas aleatorias.

3.3 Criterios de Inclusión y Exclusión

Se han desarrollado unos criterios para aumentar la especificad de la búsqueda y los resultados puedan ser de calidad. Ambas búsquedas coinciden con los criterios impuestos.

Criterios de Inclusión:

- Estudios realizados en humanos
- Participantes adultos de más de 18 años y menos de 60
- El estudio tiene que informar sobre sus propios resultados
- Los participantes deben tener al menos un año de experiencia en cualquier modalidad de escalada
- Los estudios deben tener un apartado dedicado al desarrollo de la fuerza
- Los participantes devén de escalar como mínimo 6a en escala francesa

- Tienen que ser pruebas controladas aleatorias

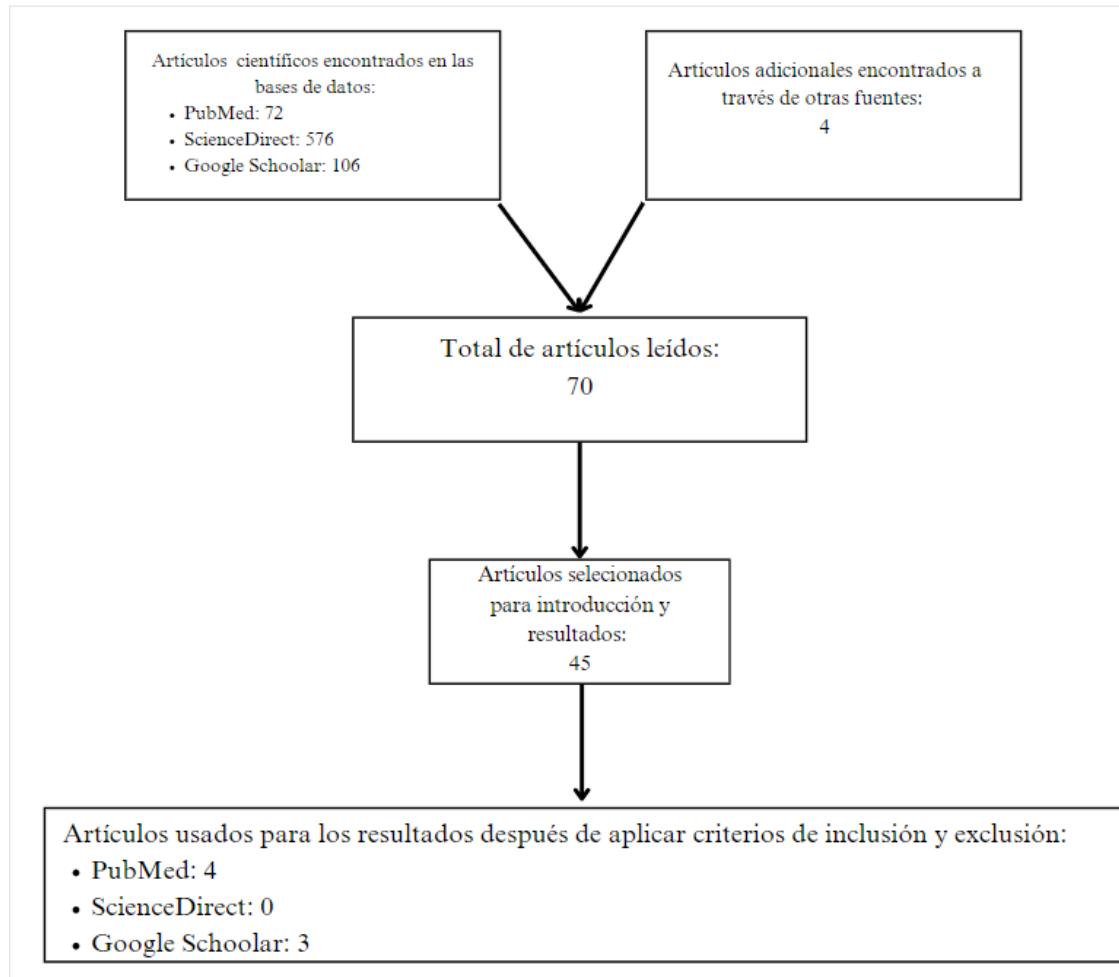
Criterios de Exclusión:

- Si los estudios se han realizado con algún suplemento deportivo
- Estudios con longitud menor a 2 semanas
- Estudios no realizados en humanos
- Artículos sobre el desarrollo exclusivo de la resistencia
- Revisiones
- Pruebas Piloto

3.4 Artículos Seleccionados

La búsqueda de datos inicial resultó en un total de 754 artículos, más 4 artículos de fuentes alternativas como el libro de Consuegra, S. (2020). Después de la aplicación de palabras PICO y filtros de búsqueda, se redujo a 70 artículos que fueron leídos y seleccionados para la introducción y el apartado de resultados. De los 45 artículos seleccionados después de aplicar criterios de inclusión y exclusión solo quedaron 7 artículos para realizar el apartado de resultados. En el esquema 1 se muestra una representación visual del proceso

Esquema 1. Proceso de filtración de artículos usados



3.5. Escala PEDro

Para la selección de artículos se usó la escala PEDro para evaluar la calidad de las pruebas controladas aleatorias. En la *Tabla 1* aparecen los resultados de cada artículo usado para la revisión.

Tabla 1. Resultados de la escala PEDro												
Autor	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Tota l
Hermans et al., (2022)	si	si	no	si	no	no	no	si	si	si	si	7/11
Medernach et al., (2015)	si	si	no	si	no	no	no	si	si	si	si	7/11
Mundry et al., (2021)	si	si	no	si	no	no	no	si	si	si	si	7/11
Stien et al., (2021)	si	si	no	si	no	no	no	si	si	si	si	7/11
López-Rivera & González-Badillo, (2019)	si	si	no	si	no	no	no	si	si	si	si	7/11
Levernier & Laffaye, (2019)	si	si	no	si	no	no	no	si	si	si	si	7/11
Hermans et al., (2017)	si	si	no	si	no	no	no	si	si	si	si	7/7

3.6 Factores de impacto

Para evaluar la calidad de las revistas científicas de donde se sustrajeron los artículos usados para la revisión se buscó el factor de impacto del último año. En la *Tabla 2* se muestran los resultados de cada revisión controlada aleatoria.

Tabla 2. Resultados del factor de impacto de las revistas.

Autor	Revista	Factor de Impacto	Categoría
Hermans et al., (2022)	Frontiers in Sports and Active Living	<u>2.7</u>	SPORT SCIENCES - SCIE
Hermans et al., (2017)	Frontiers in Sports and Active Living	<u>2.7</u>	SPORT SCIENCES
Medernach et al., n.d. (2015)	<i>Journal of Strength and Conditioning Research</i>	<u>3.3</u>	SPORT SCIENCES - SCIE
Mundry et al., (2021)	<i>Scientific Reports</i>	<u>4.6</u>	MULTIDISCIPLINARY SCIENCES
Stien et al., (2021)	<i>Journal of Sports Science and Medicine</i>	<u>3.2</u>	SPORT SCIENCES
López-Rivera & González-Badillo, (2019)	<i>Journal of Human Kinetics</i>	<u>2.3</u>	SPORT SCIENCE
Levernier & Laffaye, (2019)	<i>Journal of Strength and Conditioning Research</i>	<u>3.2</u>	SPORT SCIENCES - SCIE

4 RESULTADOS

Tabla 3. Resumen de datos: poblacionales, test realizados y variables medidas			
Autor	Datos Poblacionales	Test Realizados	Variables Medidas
Hermans et al., (2022)	2 grupos: Control y Grupo Tabla de Suspensiones (GTS) <u>Características:</u> 26-34 años, más de 6 años de experiencia, grado máximo de 6C-7a y sin lesiones recientes	Dominada isométrica en agarre de regleta de 23 mm Dominada isométrica en agarre de grande “jug” Suspensión de dedos en regleta de 23mm	Fuerza Máxima Específica (FME), Fuerza Explosiva Específica (FEE) y Resistencia Específica (RE)
Medernach et al., (2015)	2 grupos: Control y Grupo Tabla de suspensiones <u>Características:</u> 25-30 años, más de 5 años de experiencia, grado máximo de 7a y sin lesiones recientes	Dinamómetro de fuerza de agarre Suspensión de dedos en regleta de 19mm, pinza y romo hasta el agotamiento Suspensión intermitente de dedos hasta el agotamiento	FME, tiempo hasta el agotamiento, RE Percepción del esfuerzo
Mundry et al., (2021)	N=27 3 grupos: Control (N=10), Peso Máximo (PM) (N=8), Minimizando agarre (MA) (N=9). <u>Características:</u> 24-28 años, grado mínimo de 6a, sin lesiones recientes y sin experiencia en entrenamiento en tabla de suspensiones	Dinamómetro de fuerza de agarrar con ambas manos usando 7 combinaciones de dedos.	FME

Stien et al., (2021)	<p>3 grupos: Grupo de entrenamiento 2 (GE2) (N=6), Grupo de Entrenamiento 4 (GE4) (N=5) y control (N=5)</p> <p><u>Características:</u></p> <p>28-40 años, 8-10 años de experiencia, grado mínimo de 7a+, sin lesiones recientes.</p>	<p>Dominada isométrica en regleta de 23mm con codos flexionados a 90°</p> <p>Máxima cantidad de movimientos hasta el agotamiento en campus board de regletas de 20mm con 13cm de separación entre regletas</p> <p>Máximo alcance en campus board.</p> <p>Numero de movimientos en boulder de grado 7a con presas de 5 y 20mm con 25° de desplome.</p>	<p>FME, FEE, Alcance, numero de movimientos en problema de Boulder, numero de movimientos hasta el agotamiento en campus board</p>
López-Rivera & González-Badillo, (2019)	<p>N= 26</p> <p>Tres grupos: PM, Peso Máximo con Agarre Mínimo (PMAM) y AM</p> <p><u>Características:</u></p> <p>36 años de media, 2 años de experiencia mínima, grado mínimo 7a, sin lesiones recientes</p>	<p>Suspensión de dedos de regleta de 11mm el mayor tiempo posible hasta el agotamiento</p> <p>Suspensión de regleta de 18mm por 5 s con el mayor peso posible lastrado.</p>	FME y RE
Levernier & Laffaye, (2019)	<p>N=14</p> <p>2 grupos: Control (N=7) y experimental (N=7)</p> <p><u>Características:</u></p>	<p>Suspensiones de un brazo de una regleta sujetada al dinamómetro con el brazo a 90° con tres tipos de agarre: agarre en extensión,</p>	FME FEE

	26-28 años, mínimo de 5 años de experiencia, grado mínimo escalada de 8b, sin lesiones y 6 sujetos en el momento del estudio estaban en el top 20 mundial.	agarre en semi arqueo y agarre en arqueo total	
Hermans et al., (2017)	<p>N=30</p> <p>3 grupos: Control (N=10), Peso Alto Pocas repeticiones (PAPR) (N=10) y Poco peso Muchas Repeticiones (PPMR) (N=10)</p> <p><u>Características:</u></p> <p>23-25 años, experiencia de más de 3 años, escalado 6A a vista como mínimo, sin lesiones, escalada habitual de 2 veces a la semana como mínimo.</p>	<p>Suspensión de dedos en regleta de 25mm.</p> <p>Suspensión de brazos en flexión 90° en barra con agarre cubital.</p> <p>12RM pull down (jalón al pecho)</p>	<p>Resistencia a fuerza isométrica.</p> <p>FME</p> <p>Fuerza Máxima de tren superior</p> <p>Rendimiento en escalada</p>

Tabla 4. Resumen de entrenamientos y resultados

Autor	Método de entrenamiento	Resultados
Hermans et al., (2022)	7s de suspensiones, 3s descanso, 7 ejercicios, 2 minutos 30s descanso entre ejercicios. 2 series.	El grupo que entreno con la tabla de suspensiones mejoró en FME, FEE y RE
Medernach et al., (2015)	Lunes: Ejercicio 1, suspensiones, 5s, 5s, 6 reps. Ejercicio 2, suspensiones, 8s, 10s,	El grupo que entreno con tabla de suspensiones aumentó su fuerza máxima específica y

	<p>5/3ciclos. Ejercicio 3: Bloqueo de un solo brazo total 10s, 10s.</p> <p>Miércoles: Ejercicio 1 suspensiones, 3-5s, 30s, 10 sets. Ejercicio 2 En Barra de dominada, 90° y 120° grados por 5s ,30s, 5 series. Ejercicio 3 suspensiones 20s, 2 dominadas al final, 30s, 8 sets.</p> <p>Viernes: Ejercicio 1 suspensiones 10s,2s 8/5 sets. Ejercicio 2 en barra de dominada, 5s, 6 sets, no descanso. Ejercicio 3 Piramidal de suspensiones 5 sets.</p> <p>Grupo control. Sesiones de boulder.</p>	<p>aumento el tiempo en suspensión hasta el agotamiento.</p>
Mundry et al., (2021)	Los entrenamientos son: 3s suspensión, 10s descanso y 3 series con cada uno de los 6 agarres. Entrenamiento cambia según grupo	El grupo que entreno con pesos máximos aumento su FME en todos los agarres.
Stien et al., (2021)	<p>Ejercicio 1: manos van subiendo de regleta en regleta hasta la última. Reps 1-4-7 o 10. Descanso de 2 a 3 minutos.</p> <p>Ejercicio 2: lanzamientos de brazo con máximo alcance. Hasta fallo. 2-3 minutos de descanso</p>	<p>FME, FEE, Alcance, numero de movimientos en problema de Boulder, numero de movimientos hasta el agotamiento en campus board</p> <p>Grupo GE2 mejoró en el rendimiento en Boulder. El</p>

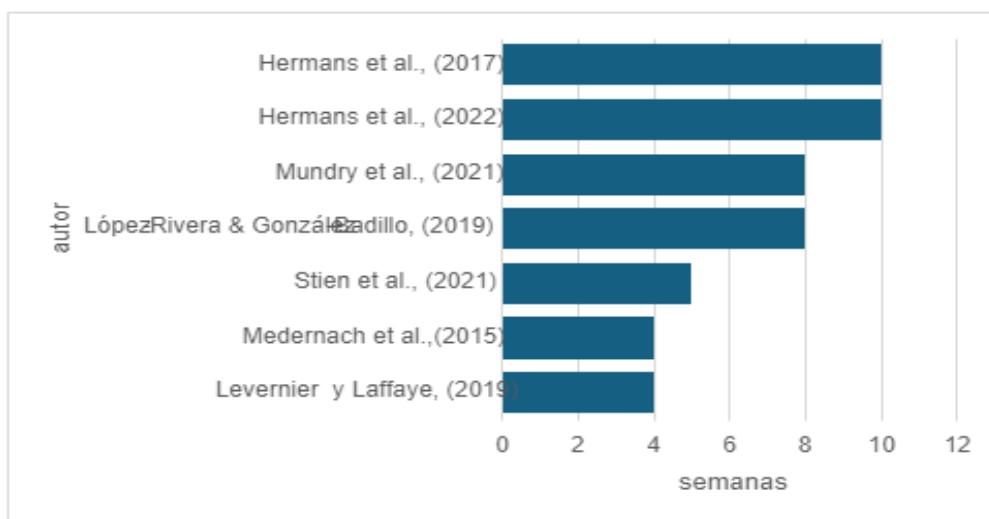
	<p>Ejercicio 3: 75% de su alcance, lanzamiento más alto posible con la otra mano. 3 reps. 4 series. 2-3 minutos descanso</p> <p>Ejercicio 4: lanzamientos con alcance máximo 10RM. 4 series. 2-3 minutos descanso</p>	<p>grupo GE2 fue el único que mejoró los movimientos hasta el agotamiento. El grupo GE4 fue el que más mejoró en FEE y el grupo GE2 mejoró FME.</p>
López-Rivera & González-Badillo, (2019)	<p>Suspensiones con peso máximo, 10s, 3 minutos descanso. 4-5 sets.</p> <p>Suspensiones con agarre mínimo posible en que se aguanten 40, reps hasta fallo con 3s descanso.</p>	<p>RE el grupo que más mejoró fue el grupo de Máximo peso.</p> <p>FME el grupo que más mejoró fue el grupo de Máximo peso.</p>
Levernier & Laffaye, (2019)	<p>Suspensiones de 6s con una mano. 3 minutos de descanso. Suspensiones con el brazo a 120º con el cuerpo suspendido.</p> <p>2 tipos de agarre</p>	<p>FME no hubo diferencias entre grupos</p> <p>En FEE el grupo experimental mejoró comparado con el control</p>
Hermans et al., (2017)	<p>7 ejercicios: jalón al pecho, pres de pecho sentado, remo, pres de hombro, curl de bíceps, curl de muñeca.</p> <p>5 repeticiones máximas (RM) con 3 minutos de descanso 4 sets o 20rm con 2 minutos de descanso 2 series.</p>	<p>PAPR y PPMR mejoraron el rendimiento en escalada</p> <p>PAPR y PPMR mejoraron la RE, siendo el grupo PAPR el grupo que más mejoró</p>

		PAPR fue el grupo que más mejoró la fuerza de tren superior
--	--	---

4.1 Duración de estudios

Los estudios presentados, como aparece en los criterios de inclusión, tienen más de 2 semanas de duración. Los artículos conducidos por Hermans et al., (2017, 2022) son los más largos con una duración de 10 semanas. Los dos más cortos son los de Levernier & Laffaye, (2019) y Medernach et al., (2015) con solo 4 semanas de entrenamiento. En la *Gráfica 1* se muestra la duración de los estudios

Grafica 1. Duración de estudios



4.2 Características de la población

En la *Tabla 3* aparecen resumidas las características de la población. La población presentada en los estudios cumplía con los criterios de inclusión y exclusión marcados por esta revisión. La población de los estudios tiene entre 24 y 40 años con más de 2 años de experiencia en escalada deportiva o Bouldering. Nadie podía presentar lesiones que interrumpieran la realización de los entrenamientos presentados por los estudios. Las variables antropológicas de los participantes eran las esperadas para escaladores, con BMI bajo, altura de 1.7-1.8 y 72 kg en hombre y en mujeres 1.6-1.65 m y 50 kg de peso.

La mayor diferencia de la población entre estudios era el nivel de habilidad según la escala de dificultad francesa. Hermans et al., (2017) y Mundry et al., (2021) usaron una población de nivel principiante, habiendo escalado como mínimo 6A a vista. Hermans et

al., (2022) y Medernach et al., (2015.) usaron escaladores de nivel intermedio habiendo escalado como máximo 7a a vista. López-Rivera & González-Badillo, (2019) y Stien et al., (2021) usaron escaladores de nivel avanzado que escalaban niveles mayores a 7a+. El estudio que uso escaladores de elite como muestra fue Levernier & Laffaye, (2019), los escaladores que participaron escalaban rutas con dificultades mayores a 8b a vista.

4.3 Entrenamientos realizados

En el siguiente apartado se explica con mayor detalle los entrenamientos realizados en cada estudio. En la tabla 4 existe un resumen de los entrenamientos realizados.

Hermans et al., (2022)

Realizaba el entrenamiento con la tabla se suspensiones BeatsMaker1000 con la aplicación 3.2. Se realizaban 2 rondas iguales con 6 minutos de descanso entre rondas. Cada ronda son 6 ejercicios progresivos, de 7 reps. Cada repetición eran 7s colgado y 3 s de descanso. Entre ejercicios 2minutos 30segundos de descanso. La dificultad se adaptaba a cada participante, usando la regleta más pequeña en la que pudieran realizar el entrenamiento completo. El entrenamiento también incluía entrenamiento resistencia, pero este no es mostrado en el estudio. La sesión de entrenamiento duraba 48minutos. En total los sujetos permanecían 10 minutos colgados. El volumen de entrenamiento semanal era de 96 minutos. El estudio aconsejaba a los sujetos escalar como lo habitual fuera de los días del estudio.

Medernach et al., (2015)

Realizo un entrenamiento basado en el volumen, entrenando 150 minutos 3 días a la semana, los entrenamientos más largos de toda la revisión. El tamaño del agarre era

individual, se recomendó usar el más pequeño que les permitiera realizar el entrenamiento completo.

Lunes: Ejercicio 1, suspensiones intermitentes con codo a 90 grados de 5 s, con 5s de descanso 6 repeticiones. Ejercicio 2, suspensiones con una extensión de codo de 180°, 120°, 90° grados y por último totalmente flexionados, 8s en cada posición, con 10s de descanso entre cada posición, 5/3 ciclos. Ejercicio 3: Bloqueo de un solo brazo en máxima flexión de codo en barra de dominada 10 s con cada brazo, 10s descanso después de cada brazo. 5/3 sets.

Miércoles: Ejercicio 1 suspensiones de dedos en regleta lo más pequeña posible de 3-5s con 30s descanso, 10 repeticiones. Ejercicio 2, en tabla de suspensiones, bloqueo de codos total, a 90° y 120° grados por 5 segundos en cada dominada, 30 segundos descanso, 5 repeticiones. Ejercicio 3, barra de dominadas 2 dominadas de 20s de duración, 8 sets, 10 segundos de descanso entre sets

Viernes: Ejercicio 1 en tabla de suspensiones, se realizan suspensiones intermitentes de 10s con brazo recto, 8/5 sets, 2s descanso entre sets. Ejercicio 2 en barra de dominada, 5s en flexión total de codo con cada brazo con descenso excéntrico, 6 sets, no descanso. Ejercicio 3 Piramidal de suspensiones en tabla, con codo a 90°, primero 4s, después 6s, 8s y 10s, con 10 segundos de descanso entre suspensiones, 2 dominadas al final de cada suspensión 5/3 sets.

Grupo control. Sesiones de boulder de entre 25 y 35 intentos de bloques de 4-8 movimientos con dificultad individual, 5 minutos de descanso entre boulders.

Mundry et al., (2021)

Al principio, cada escalador utilizaría la regleta más pequeña de la que se pudieran colgar por 10 segundos para determinar cuál era su nivel. Había 6 niveles: nivel 0: cazo, nivel 1:

37 mm 4 dedos, nivel 2: 45 mm 3 dedos, nivel 3: 20 mm 4 dedos, nivel 4: 28 mm 3 dedos, nivel 5: 16 mm 4 dedos, nivel 6: 18 mm 3 dedos.

Los entrenamientos son: 3 segundos en suspensión, 10 segundos de descanso y 3 series con cada uno de los 6 agarres. Los agarres eran: Mano entera, pulgar + índice, pulgar + índice + corazón, pulgar+ índice+ corazón + anular, todos los dedos menos pulgares, índice+ anular.

Los del grupo agarre reducido durante el entrenamiento irían bajando el tamaño de presas y dedos usados. El grupo que entrenaba con peso máximo, a partir de la semana 3, si el ultimo set era completado sin problemas se añadirían 1,25kg de forma progresiva. El grupo control escalaba de forma no dirigida con el mismo volumen de entrenamiento que los grupos experimentales

Stien et al., (2021)

El tamaño de las regletas del campus board es de 25-20-15mm. Los participantes tenían que usar la más pequeña posible.

Ejercicio 1: ambas manos empiezan en la regleta 1, van subiendo de regleta en regleta hasta que ambas manos se juntas en la regleta 10. Reps 1-4-7 o 10. Descanso de 2 a 3 minutos entre sets. Ejercicio 2: Con ambas manos en la regleta 1, una mano sube una a una hasta que llega a al máximo alcance, la otra mano después le sigue. Hasta fallo. 2-3 minutos de descanso

Ejercicio 3: con ambas manos en la regleta una mano sube hasta el 75% de su alcance, la otra mano después intenta subir a la regleta más alta posible. 3 reps. 4 series. 2-3 minutos descanso

Ejercicio 4: Con ambas manos en la regleta 1 con un brazo se intenta llegar lo más alto posible de forma que se hagan 10 repeticiones con esa altura. 4 series. 2-3 minutos descanso

El grupo que entrena dos veces a la semana realiza todos los ejercicios en cada sesión. En grupo que entrena 4 veces a la semana hace la mitad un día y la otra mitad al siguiente. Ambos grupos realizan 2 veces todos los ejercicios a la semana. + escalada por su cuenta. Entrenamiento de 40 minutos aproximadamente. El grupo control no realizaba ningún entrenamiento dirigido e iba a escalar con la misma frecuencia que el grupo experimental.

López-Rivera & González-Badillo, (2019)

Suspensiones de peso máximo: Elegir el tamaño mínimo del agarre o el peso máximo necesario para aguantar 13s suspendido, siendo la repetición de 10s y guardándose 3s. 4-5 sets. 3 minutos descanso

Suspensiones intermitentes: regleta lo más pequeña que permita la realización completa del ejercicio, aguantar 30s más o menos. La intención es llegar cerca del límite en cada set. A cada set se le añadirían 40 s al ejercicio. 5 s descanso entre sets. 4 sets

Training sesión: 3-10 boulder de 3 al 90 movimiento de 70 al 100% de intensidad con 15 minutos y descanso entre intentos. Escalada deportiva de 25m con dificultad variable

Levernier & Laffaye, (2019)

El entrenamiento del estudio era de dos días a la semana de los 6 que entrenaban. El grupo control no entrenaba de forma especial.

Grupo Experimental: agujeros en los que no pudieran sujetarse más de 6s con una mano eran los elegidos para entrenar. El agarre era isométrico y se realizaba en dos tipos de agarre: agarre en extensión y agarre en semi arqueo. En el estudio se mediría también la fuerza de agarre en arqueo total, pero para los entrenamientos no se usó por el peligro de lesión que conlleva. Entre repeticiones, 3 minutos de descanso. Suspensiones se realizarían con una mano y con el brazo a 120^a con el cuerpo suspendido. Orden: agarre en extensión, 2 repeticiones de agarre en semi arqueo, agarre en extensión y 2 repeticiones de agarre en semi arqueo.

Hermans et al., (2017)

Los entrenamientos se realizaban dos veces a la semana para asegurar el descanso entre sesiones. Los ejercicios eran 7: jalón al pecho, pres de pecho sentado, remo, pres de hombro, curl de bíceps, curl de muñeca. El grupo que entrenaba con pesos altos hacían 4 sets de 5RM con 3 min de descanso entre series. El grupo que entrenaba pesos bajos pero muchas repeticiones, entrenaba 2 series de 20 Rm con 2 minutos de descanso. Ambos grupos debían subir la carga siempre que fuera posible. El grupo control iba a escalar con la misma regularidad que los grupos experimentales.

Tabla 5. Volumen de entrenamiento

Autor	Estudio	Duración	Nºentrenamientos semana	Volumen total	
				Duración en semanal	en Minutos
Hermans et al., 2022	10	2		48	96
Medernach et al., 2015	4	3		150	450
Mundry et al., 2021	8	3		20	60
Stien et al., 2021 GE2	5	2		40	80
Stien et al., 2021 GE4	5	4		20	80
Lopez de Rivera 2019	8	2		30	60
Levernier y Laffale 2019	4	2		40	80
Hermans 2017	10	2		120	240

4.4 Pruebas realizadas

En la *Tabla 3* se ven de manera resumida las pruebas realizadas en cada prueba. Para medir la FME y FEE los estudios utilizaron 3 tipos de métodos. Hermans et al., (2022) y Stien et al., (2021) en sus estudios usaron como test la realización de una dominada isométrica con codos a 90° con un agarre de 23mm. La fuerza era registrada por una célula atada al suelo y al arnés del escalador.

Levernier & Laffaye, (2019), Medernach et al, (2015) y Mundry et al, (2021) en sus estudios prefirieron usar un dinamómetro de fuerza de agarre. Levernier y Laffaye, (2019)

en su prueba acoplaron al dinamómetro una regleta lo más pequeña posible de la que se suspendían con un brazo a 120° durante 6 segundos, utilizando 3 tipos de agarres: agarre en extensión, en semi arqueo y en arqueo total. Mundry et al, (2021) midió la fuerza de agarre con las siguientes combinaciones de agarres: pulgar + índice, pulgar + índice + corazón, pulgar + índice+ corazón+ anular, toda la mano, índice + corazón, índice + corazón+ anular y corazón + anular.

Hermans et al, 2017 y Lopez-Rivera E, Gonzalez-Badillo J (2019) usaron las suspensiones como método para determinar la fuerza máxima. López-Rivera & González-Badillo, (2019) uso una regleta de 18mm de la que se tenía que aguantar 5s con el máximo peso colgado mientras que Hermans et al. (2017) contó el tiempo en suspensión con una flexión de 90° de codo con agarre lateral.

4.5 Resultados conseguidos

En el siguiente apartado se explica de forma más extensa los resultados conseguidos por cada estudio al comparar los datos de las pruebas realizadas antes y después de los entrenamientos. En la *Tabla 4* aparecen los datos resumidos

Hermans et al., (2022)

En la prueba de dominada isométricas en la regleta de 23mm: El grupo GTS mejoró la FME $89,71 \text{ N} \pm 80,25 \text{ N}$ ($p < 0,001$, $ES = 1,12$) o mejoró un $10,67 \pm 10,54\%$, fuerza promedio realizada en $61,19 \text{ N} \pm 59,55 \text{ N}$ ($p < 0,001$, $ES = 1,03$) y la en FEE $436,18 \text{ Ns}^{-1} \pm 506,60 \text{ Ns}$ ($p = 0,003$, $ES = 0,86$). El grupo control no mejoró de forma significativa en ningún parámetro en esta prueba de forma significativa $p=0,2$

En la dominada isométrica en agarre de jarra: el grupo GTS mejoró en fuerza promedio $54,94 \text{ N} \pm 63,35 \text{ N}$ ($p = 0,003$, $ES = 0,87$) pero en FME y FEE no. Ningún parámetro fue mejorado por el grupo control en esta prueba cuando se compararon valores registrados antes y después del entrenamiento $p=0,114$

Resistencia: Mejora significativa en regleta de 23 mm en dead hang a 90 grados flexión el grupo HBT en relación post y after. Pero no para el grupo con. No cambio significativo entre los dos grupos $p=0.83$

Medernach et al., (2015)

Resultados de FME. El grupo GTS consiguió valores comparado con los del pretest estadísticamente más significativo $p <0,001$ o en valores absolutos 2.5+-1,14 kg más en fuerza de agarre en el dinamómetro. El grupo control al comparar los resultados de antes del entrenamiento con los de post entrenamiento no mejoró en la fuerza FME $p= 0.109$. En suspensión hasta el agotamiento el grupo GTS mejoró en todos los tipos de agarre en las pruebas realizadas después del entrenamiento de 4 semanas, mientras grupo control no obtuvo mejoras significativas. El grupo GTS mejoró en: agarre en semi arqueo de regleta de 19mm $p=0.001$, en agarre en extensión $p=0.001$ y en agarre de pinza $p=0.001$. El grupo control también mejoró en tiempos de suspensión en los tres agarres un $p=0.001$. Al comparar ambos grupos el grupo GTS mejoró más que el grupo control en tiempo suspendido en todos los agarres: agarre en extensión $p=0.025$, agarre en semi arqueo $p=0.001$ y agarre en pinza $p=0.01$.

En la prueba de suspensiones intermitentes también mejoró para el grupo GTS, pero no para el grupo control $p = 0,004$). Comparando los grupos, el grupo FB mejoró $p = 0,002$, en comparación con el control en los agarres semi arqueo $p = 0,001$, agarre en extensión $p = 0,025$ y agarre en pinza $p = 0,010$.

Mundry et al., (2021)

Comparando la FME entre grupos se vio que el grupo PM aumentó su fuerza de agarre comparado con el grupo Control $p=0.032$. Mientras que el grupo MA no consiguió diferencias significativas comparado con grupo Control ($p=0.417$).

Con las pruebas de fuerza de agarre El grupo PM consiguió en todos los agarres valores estadísticos mejores que el grupo MA cuando se comparaban con el grupo control. Agarre I/II+III+IV ($p=0.021$), agarre I/II+III ($p=0.015$), agarre I/III ($p=0.171$) y el agarre I/III+IV ($p=0.068$).

Stien et al., (2021)

La prueba de rendimiento en boulder que se realizó al acabar el estudio, el grupo GE2 mejoró un $p=0.042$ pero en el grupo GE4 y en el grupo control no hubo mayores diferencias significativas, GE4 ($p = 0.109$) y en el control ($p = 0.157$). El grupo GE2 comparado con el grupo control mejoró más su rendimiento $p = 0.016$. El grupo GE2 mejoró su número de movimientos en campus board hasta el agotamiento que el grupo control $p = 0.016$. Ninguno de los grupos aumentó su máximo alcance. Durante la dominada isométrica con agarre de 23mm donde se media FME generada por los escaladores no se encontraron mayores diferencias entre los grupos. En el agarre de jarra el grupo GE2 aumentó la fuerza generada en comparación con el grupo control $p = 0.090$. En FEE la mejora más significativa la tuvo el grupo GE4 $p = 0.003$ comparando ante y post entrenamiento. El grupo GE4 mejoró comparado con el grupo control $p = 0.017$. Sin embargo, el grupo GE2 no mostró mejoras, igual que el grupo control. Los grupos de entrenamiento mejoraron las todas las pruebas realizadas cuando se compararon con el grupo control.

López-Rivera & González-Badillo, (2019)

Para ambos grupos AM ($p=0.002$) y PM ($p=0.038$) hubo mejora en la resistencia de agarre. La mejora más sustancial ocurrió en las pruebas realizadas en la semana 4. De la semana 4 a las pruebas realizadas en la semana 8 no hubo mejoras significativas.

Comparados entre grupos no hubo mayo diferencia estadística en RE. Tampoco la hubo en FME.

Levernier & Laffaye, (2019)

El grupo experimental después del entrenamiento aumento su FME en los tres agarres comparado con el pretest en $p=0,03$ y comparado con el grupo experimental un $p=0,02$.

En la prueba de tiempo hasta el desarrollo de Máxima fuerza 95%. Ambos grupos no obtuvieron parámetros significativos cuando se compararon los resultados de las pruebas anteriores y posteriores al entrenamiento en tabla de suspensiones.

El grupo experimental obtuvo mejores valores que el control $p=0,05$ en FEE con el brazo izquierdo y derecho en condición de agarre en extensión. En la condición de semi arqueo el grupo experimental obtuvo mejores valores en el brazo izquierdo $p=0,006$ y derecho $p=0,006$. En condiciones de Arqueo total el grupo experimental obtuvo mejores resultados de $p=0,05$. El grupo control en esta prueba no mejoro comparado con el inicio de los entrenamientos en ningún agarre.

Hermans et al., (2017)

Los grupos dos grupos experimentales mejoraron el rendimiento en el grado de escalada en un 10%, el dato solo es tendencia estadística pues $p=0.08$, pues no tiene suficiente significancia estadística según el estudio.

En la Prueba de Suspensión de regleta de 25mm, ambos grupos mejoraron su tiempo PAPR en 13.4+-9.9 y el grupo PPMR en 8.6+-8.8, o $p= 0.004$. No ocurrieron cambios significantes en el grupo control en esta prueba

En la suspensión de brazo a 90° el grupo PAPR mejoro cuando se compararon los resultados de las pruebas realizadas antes del estudio con las que se hicieron después en

14 +-7.9 segundos, mientras que el grupo PPMR mejoró 11.6+-7.9 segundos. El grupo control solo mejoró 4 segundos.

En la prueba de 12rm ambos grupos excepto el control mejoró en un 16% el grupo PAMR y 17.7% el grupo PPMR con una significancia de $p=0.001$. Los grupos experimentales escalaron un 45% menos que el grupo control.

5 DISCUSIÓN

Hermans et al. 2022 en su estudio vio que los músculos flexores de la muñeca se hicieron más fuertes, lo que explico la mejora en agarre de 23mm, pero no hubo tanta mejora en agarre de jarra cuando se comparó con el grupo control. Las pruebas al ser con dominadas isométrica, en agarre de jarra los músculos de la espalda son mejor activados por la firmeza del agarre fue una de las hipótesis que lanzo Hermans et al., (2022). El entrenamiento de regletas no creo adaptaciones en los músculos grandes de la espalda y por eso la condición en agarre de garra no se dieron diferencias. El grupo GST mejoró en todas las pruebas de fuerza en 23mm y el control no. El grupo control entrenaba libremente y no estaba tan acostumbrado a las pruebas como en grupo GST lo que pudo haber creado cierta ventaja a la hora de hacer las examinaciones. De todas formas, el entrenamiento no estructurado no parece mejorar mucho el rendimiento a corto plazo según varios artículos como los de Medernach (2015), Stien (2021) y Levernier & Laffaye, (2019). Los resultados con los estudios mencionados no pueden ser comparados puesto que sus entrenamientos ejercitaban mucho más en tren superior y contaban con escaladores de mayor nivel, además, Levernier y Laffaye (2019) y Stien (2021) en sus entrenamientos desarrollan la FFE con ejercicios de dedos mejor planteados, por que usaban entrenamientos creados por ellos mismos, no un entrenamiento de una aplicación de escalada. Hermans et al., (2022) consigue diferencia en FFE en agarre de 23mm, se sugiere que el entrenamiento prolongado es mejor para la FFE con ejercicios de dedos, pero que el entrenamiento de FFE es muy afectado por el tamaño de la regleta, teniendo que ser del tamaño adecuado para su correcto desarrollo. La resistencia comparada entre grupos no fue despareja, el entrenamiento fue dirigido a la fuerza, no a la resistencia. López-Rivera & González-Badillo, (2019) reporta más resistencia después de entrenar suspensiones, pero usa agarres de 11mm no 23mm, creando un estímulo más fuerte que obliga al cuerpo a crear adaptaciones.

No hicieron mediciones de fuerza adaptadas a los dedos en sus pruebas como si hicieron Levernier & Laffaye, (2019) y Mundry (2021) ni usaron dinamómetro para aislar la fuerza de los dedos. Sin varias pruebas donde se mida la fuerza de los dedos no se puede confirmar que el método usado de entrenamiento haya sido efectivo. Draper et al., (2021) en su estudio vio que los ejercicios que mejor funcionan en las pruebas de rendimiento en escalada eran: suspensiones de dedos, suspensiones de dedos con brazos flexionados, dominadas y pruebas de alcance en la tabla de campus. Solo dos de estos ejercicios mencionados fueron usados para medir el rendimiento o durante los entrenamientos. No usaron sobrecargas en los entrenamientos, método que López-Rivera & González-Badillo, (2019) en su estudio sí. Sin embargo, Hermans et al, (2022) sospecha que más fuerza isométrica en los dedos permite un mejor uso de la fuerza de los músculos flexores del codo y músculos de la espalda, por lo tanto, un uso mas efectivo.

Medernach et al (2015) se esperaba más aumento de FME en el grupo control, explicó que puede que sea por la gran variedad de agarres del entrenamiento que no permiten regularidad. El entrenamiento del grupo control se basa en superar una ruta de forma eficiente mientras que el grupo GTS ejercita FME en una tabla de suspensiones y su entrenamiento es estructurado. Se confirma que el entrenamiento estructurado es más eficaz que escalar mucho volumen en entrenamiento libre, siendo respaldada por otros estudios Levernier & Laffaye, (2019) y Stien et al., (2021). Además, en el entrenamiento del grupo BL los movimientos técnicos resultaron no ser eficaces para el desarrollo de FME o FEE, y tampoco resultan ser efectivo para el desarrollo de la resistencia puesto que los problemas de Boulder no disponen de muchos movimientos para llegar a desarrollar resistencia según Horst, E. (2008) . Por esto el estudio concluye que el entrenamiento planteado es efectivo para el desarrollo de la fuerza y resistencia tal y como se demostró en el estudio hecho por López-Rivera & González-Badillo, (2012). Medernach et al, (2015) hipotetiza que el método de entrenamientos con tabla de

suspensiones parece ser seguro en escaladores de alto nivel, declarando que ningún escalador tuvo que abandonar el estudio por lesiones. La hipótesis es cierta, siempre y cuando no se entrene con agarre en arqueo total que ha demostrado ser altamente lesivo por Artiaco et al., (2023), Jones et al., (2008); Schöffl et al., (2003). Para confirmar la efectividad del estudio, este tendría que ser de más duración para que se dieran adaptaciones estructurales en los músculos flexores y no solo adaptaciones neuronales y el tamaño de la muestra debería ser más grande. No está claro que la mejora de los parámetros como la FME y FEE esté relacionada con la mejora de grado de escalada puesto que se han desarrollado de forma aislada. En el estudio de Stien et al., (2021) sí que entrenando habilidades aisladas uno de los grupos experimentales mejoró su rendimiento, pero no se puede comparar, puesto que los métodos de entrenamiento fueron distintos y para la evaluación de la subida de nivel de grado en escalada sería necesario realizar varias vías de diferentes estilos graduadas de la misma dificultad.

Mundry et all (2021) en su estudio, una vez que el agarre de la prueba superaba los dos dedos, el grupo PM obtenía mejores resultados que el resto de los grupos. Este resultado coincide con el estudio de Watts, (2004) que explica que la activación muscular más baja se da con agarres de dos dedos, explicando así que solo se vieran resultados a partir de los agarres de dos dedos cuando se compararon los grupos. El entrenamiento con peso parece inducir más adaptaciones, además de permitir el reclutamiento de más músculos pequeños para el agarre. El grupo AM mostró menos diferencia en los agarres con solo dos dedos y con tres dedos, pero aun así los resultados del grupo PM eran mejores sugiriendo que el entrenamiento con sobrecarga aumenta la activación periférica y recluta más fibras, lo cual concuerda con el estudio de Hermans et al., (2017) donde se compararon dos métodos de entrenamiento viendo que es más efectivo el trabajo con sobrecargas.

El estudio de Mundry et al., (2021) presenta poca especificidad en la prueba de dinamometría. Watts, (2004, 2008) declara que la dinamometría no es una prueba válida para medir la fuerza máxima de agarre en los escaladores pues en sus estudios se demostró que había menos activación muscular durante la dinamometría que cuando se escalaba. Se necesitaría investigar más sobre el entrenamiento del grupo AM para crear un estímulo con regletas pequeñas. El no medir la resistencia podría haber oscurecido las ganancias de fuerza del grupo AM pues muchos estudios reportan mejora de la resistencia cuando se entrena fuerza como paso con Stien et al., (2021), aportando menos datos al estudio y resultando ser menos completo por la falta de pruebas específicas como: suspensión de dedos, movimientos en campus board y suspensión en barra con codos a 90º que son pruebas que reflejan el nivel de escalada según el estudio de Draper et al., (2021). Mundry et al., (2021) se compara con el publicado por Medernach et al., (2015), declarando que los sujetos mejoraron más en las pruebas, pero comparar los resultados de los estudios por que Mundry et al., (2021) utilizó escaladores de menor nivel, por lo tanto, mayor capacidad de mejora como declara Sheel, (2004) y la duración del estudio fue mayor.

Stien et al., (2021) en su estudio el grupo GE4 fue el único que, comparado con el grupo control, consiguió mejorar la FEE. Esto puede deberse a que, al dividir el volumen de entrenamiento, este se realizó con la máxima intensidad, que es como se tiene que entrenar la fuerza explosiva según explica Arrese, A. L. (2013). La fatiga acumulada durante las sesiones afectó negativamente el entrenamiento del grupo GE2, no entrenando de forma adecuada la FEE. La mejora del grupo GE4 probablemente se deba más a una adaptación neuromuscular, dado que el estudio fue de corta duración y no diera tiempo a la creación de adaptaciones estructurales según explica Rhea, M. R, (2003). La mejora en el rendimiento de escalada solo fue notable en el grupo GE2. Puede ser que la mejora en un boulder de 15 movimientos fuera demasiado pequeña para notar diferencias después de solo cinco semanas de entrenamiento en escaladores de alto nivel.

Los movimientos hasta el fallo en el campus board fueron mejores en el grupo GE2, al tener sesiones de entrenamiento más largas este grupo desarrollaría más tolerancia al lactato y por la tanto a la fatiga, permitiéndoles así mantener altos niveles de fuerza según Giles, L. V, (2006). En la prueba de 10RM, el grupo control también mostró mejoras en comparación con antes del entrenamiento, lo cual podría deberse a factores individuales. La prueba fue limitada, ya que cualquier mejora tendría que haber sido de al menos 13 cm, que era la separación entre agarres. Aquí se ve un fallo de metodología por que la mejora de alcance se podría haber analizado si se hubiera usado un sistema de captación de movimiento como el Vicon que cuenta con gran nivel de validación según Goldfarb et al., (2021).

El entrenamiento en campus board ha demostrado mejorar la FME y FEE de la misma forma que la tabla de suspensiones. Draper N, (2021) vio que dos de las cuatro pruebas que más relación guardaban con el rendimiento de el escalador eran las suspensiones de dedos y los movimientos en campus board, combinar ambos sistemas de entrenamiento podría ser muy beneficioso.

López-Rivera & González-Badillo, (2019) en el grupo de MA, se observó una mejora significativa en la resistencia y aunque no entrenara resistencia, también se notaron avances en el grupo de PM. Las suspensiones intermitentes con descansos incompletos resultaron ser más efectivas que el aumento de peso para el desarrollo de la resistencia. La mejora de la FME se relaciona con la hipertrofia, y la glicólisis de los músculos flexores, así como con la capacidad oxidativa según Bertuzzi et al., (2007). El entrenamiento de fuerza y resistencia en la escalada está estrechamente vinculado, ya que el desarrollo de una mejora la otra. Aumentar la fuerza máxima en un ejercicio isométrico implica que, para la misma carga, se utilizan menos fibras de tipo 2, lo que reduce la acumulación de lactato y prolonga el momento de fatiga según Marcinik, E. J, (1991).

La forma óptima de mejorar es entrenar primero con pesos máximos y luego con regletas pequeñas, lo cual mejora tanto la resistencia como la fuerza. Durante las primeras cuatro semanas, la resistencia mejoró un 25%, mientras que en las siguientes cuatro semanas solo aumentó un 1%. Es posible que los ejercicios hayan provocado demasiada fatiga para desarrollar simultáneamente resistencia y fuerza, sugiriendo que para desarrollar estas habilidades se tendrían que plantear en sesiones distintas para poder trabajarlas a la intensidad adecuada Consuegra, S. (2020). Este estudio no monitoreó el resto de los entrenamientos haciendo que muchos de los entrenamientos no fueran registrados y que un grupo hubiera mejorado más en FME o RE.

Los grupos tuvieron pocas horas de entrenamiento específico, en contraste con otros estudios que tuvieron un mayor volumen de entrenamiento como el de Medernach et al., (2015) o Hermans et al., (2022). Los entrenamientos consistían en solo un ejercicio, trabajando de manera pobre el desarrollo de FME y FEE en un estudio que media estas variables. El alto nivel de los escaladores y el bajo volumen de entrenamiento con pocos ejercicios específicos pueden haber impedido la creación de adaptaciones estructurales en los músculos esqueléticos.

Levernier y Laffaye, (2019) en su estudio, la medición de la FME es posible que la postura del escalador haya permitido que el dorsal contribuyera al desarrollo de la fuerza de los dedos, aunque se estima que esta contribución no superó el 5%. Estos datos siguen siendo favorables en comparación con los conseguidos por Hermans et al., (2022) que uso como método de medición una dominada isométrica con flexión de codos a 90°. El método de medición y entrenamiento de suspensiones utilizando dos tipos de agarre con un brazo a 120° no ha sido empleado en ningún otro estudio y resulta ser un ejercicio efectivo para el desarrollo de FEE y FME en escalada. Esta técnica permite añadir carga y dificultad sin necesidad de sobrecargas adicionales además de entrenar el bloqueo de brazo que es muy importante para el rendimiento en la escalada como explica Ozimek et al., (2016).

Sin embargo, este ejercicio solo es adecuado para escaladores de élite debido a sus altos requerimientos. El entrenamiento se centró únicamente en un ejercicio. Según Draper N et al., (2021) y Stien et al., (2021), los movimientos en campus board también son útiles para el desarrollo de la fuerza explosiva de escalada (FEE). Como futura línea de investigación sería interesante plantear u estudio donde se utilizara el ejercicio propuesto por Levernier y Laffaye, (2019) y Stien et al., (2021).

El estudio de Levernier y Laffaye, (2019) rechaza que, en la posición de arqueo total, se ejerza más fuerza, declaración que va en contra de los estudios de Amca et al., (2012) y Vigouroux, L (2006). En el estudio de Levernier y Laffaye (2019), los escaladores ejercieron más fuerza en la posición de medio arqueo. Esto se debe a que los participantes en este estudio prefieren usar el agarre de semi arqueo durante el entrenamiento. El agarre en arqueo total es un tipo de agarre más usado entre los escaladores de boulder en comparación con los escaladores deportivos, declaración avalada por el estudio de Fanchini, M, (2013).

La variable de FEE es una métrica indispensable para la modalidad de boulder. En la escalada deportiva, con mayor tiempo estático, la FEE es menos crucial según Fanchini, M, (2013). En el estudio, el grupo experimental aumentó la FEE en un 32% en el agarre en extensión, un 27.5% en semi arqueo y un 28% en arqueo total. El aumento de la FEE se debe a adaptaciones neuronales que acurren en las primeras semanas de los entrenamientos donde las mejoras son más notables, como lo pasó a López-Rivera & González-Badillo, (2019) en su estudio. Se explica que en un entrenamiento de cuatro semanas no se puede cambiar la arquitectura del músculo, lo que justificaría la falta de mayores aumentos en la FME como explica Arrese, A. L. (2013). Medernach et al, (2015) en su estudio sí que consiguió mejora de FME después de 4 semanas de entrenamiento, pero los participantes que usaron tenían mucho menos nivel que los usados por Levernier

y Laffaye (2019), por eso no se puede decir con seguridad si los métodos de medición o entrenamiento fueron los incorrectos. El entrenamiento realizado por Medernach et al., (2015) fue más completo y extenso pero el método de medición usado por Levernier y Laffaye, (2019) era mejor, posiblemente por la mayor activación muscular que se crea en los ejercicios de suspensiones como explica Watts, (2008).

Sería interesante prolongar el estudio y profundizar en el entrenamiento para aumentar la RFD en los dedos. Los participantes, al estar inscritos en competiciones, no podían omitir sus entrenamientos, lo que dificulta la realización de este tipo de estudios con escaladores de élite y el número de participantes en los estudios. No obstante, la alta calidad de estos participantes hace que las conclusiones del estudio sean aplicables a una población de escaladores de élite, pero no necesariamente al conjunto general de escaladores.

Hermans et all, (2017) en su estudio el rendimiento en escalada no mejoró para ninguno de los grupos experimentales, probablemente por la falta de transferencia de fuerza y la falta de entrenamiento más específico como explica Arrese, A. L. (2013) y Saul D, (2019). Aun que todos los grupos no aumentaron su rendimiento en escalada los grupos experimentales obtuvieron una tendencia estadística mayor. Hermans et al., (2017) reporta que para aumentar el rendimiento 3 sesiones de entrenamiento a la semana son necesarios, pero eso contradice todo el resto de los estudios de esta lista los cuales solo entrenaban dos días a la semana de forma específica y con menos volumen de entrenamiento consiguieron resultados.

Ambos entrenamientos parecen ser efectivos para desarrollar fuerza para escalar, pero con poca potencia estadística. El aumento de rendimiento del grupo PARR es por el aumento de la fuerza, lo que hizo que los movimientos fueran submáximos mejorando así la resistencia habiendo entrenado fuerza, coincidiendo con los resultados de López-Rivera & González-Badillo, (2019).

Ambos grupos experimentales mejoraron en la suspensión de dedos y en la suspensión con brazos flexionados. Esto demuestra que ambos métodos de entrenamiento son efectivos pero el grupo PARR fue el grupo que más mejoró ya que su entrenamiento favoreció la fuerza como explica Bertuzzi et al., (2007) haciendo que en esta prueba su rendimiento fuera mejor.

Ninguno de los grupos entreno fuerza o resistencia de los dedos sin embargo los grupos experimentales mejoraron su tiempo de suspensión en una barra de 25mm. El grupo control no mejoró en esta prueba reafirmando las declaraciones de Hermans et al., (2022) y Medernach et al., (2015) que demuestran que el entrenamiento no planificado en la escalada no es efectivo para mejorar el rendimiento. Sin un entrenamiento planificado los escaladores del grupo control harían rutas fáciles en el entrenamiento, no con agarres lo suficientemente pequeños como para aumentar la FME o RE.

6 CONCLUSIÓN

Los entrenamientos de suspensiones en tablas de suspensión y campus board han demostrado ser efectivos para el desarrollo de la fuerza específica en la escalada. Estos métodos permiten mejoras significativas en la fuerza explosiva de los dedos (FEE) y en la fuerza máxima de los dedos (FME) gracias a adaptaciones neuronales que ocurren en las primeras semanas de entrenamiento. Los métodos de entrenamiento más efectivos parecen ser: suspensiones de dedos lastradas, suspensiones de dedos con flexión de codo de 90 a 120° con un brazo o ambos, lanzamientos en tabla de campus y dominadas alternando entre series el tipo de agarre. En los ejercicios de suspensiones, el tiempo de suspensión y el tamaño del agarre son determinantes para trabajar fuerza o resistencia. Tiempos cortos de entre 3 y 6 segundos suspendido, con agarres de tamaño medio, con cargas altas y tiempos de descanso elevados son los ejercicios que parecen funcionar mejor para desarrollar FME. Mientras que para el desarrollo de resistencia los tiempos de suspensiones suelen ser iguales o mayores a 10 segundos con agarres pequeños, pudiendo trabajar de forma continua o fraccionada, siempre con descansos incompletos que no permitan recuperación total.

Es crucial que los entrenamientos sean específicos para la modalidad de escalada que se practica. En el boulder, donde los movimientos son más técnicos y explosivos, el entrenamiento de la fuerza explosiva es esencial. En cambio, en la escalada deportiva, la resistencia a la fuerza es más relevante debido al mayor tiempo estático requerido en las rutas más largas, entrenando con agarre en semi arqueo y nunca con el agarre en arqueo total.

Aunque los estudios muestran que las mejoras iniciales en fuerza específica pueden observarse en tan solo cuatro semanas, todos los estudios reportan que un entrenamiento

más duradero podría haber dado mejores resultados. La frecuencia ideal parece estar entre dos y tres sesiones específicas por semana, ajustando la intensidad y el volumen de acuerdo con el nivel del escalador.

7. LIMITACIONES

La revisión realizada presenta muchas limitaciones. Muchos estudios se ven limitados por el tamaño reducido de la muestra y la dificultad de realizar estudios controlados con escaladores de élite, quienes no pueden interrumpir sus entrenamientos habituales. Futuras investigaciones deberían enfocarse en aumentar el número de participantes y prolongar la duración de los estudios para obtener datos más robustos y aplicables a una población general de escaladores.

Actualmente no existen suficientes estudios sobre el entrenamiento específico en la escalada como para decir con certeza que método de entrenamiento es mejor. Los estudios más concluyentes y de mejor calidad son los que se han usado en esta revisión. Basta con leer los artículos más modernos de la revisión para ver que los 7 artículos utilizados se citan y se comparan entre ellos a lo largo de sus estudios para ver que la investigación sobre el entrenamiento específico en la escalada es muy escasa y está dividida entre la escalada deportiva y boulder. Se espera que, con el aumento de popularidad de la escalada y el aumento de numero de escaladores, cada vez más grupos de investigación estén dispuestos a realizar estudios concluyentes que mejoren los métodos de entrenamiento, haciendo de la escalada un deporte más sencillo de progresar y menos lesivo.

ANEXOS

GLOSARIO DE PALABRAS	
Palabra	Definición
Indoor	Instalaciones cubiertas que simulan la roca para entrenar escalada.
Bloque	Sinónimo de Escalda Boulder
De primero	Forma de escalada donde el primero en ascender la ruta sube colocando y entrelazando su cuerda por los puntos fijos que hay por la pared
En Polea	Una vez colocada la cuerda por la reunión el escalador puede subir por la ruta siendo constantemente asegurado por la cuerda, eliminando el factor de caída.
Top	Son las presas/ agarres que marcan el final de la vía
Reunión	Suelen ser dos puntos fijos de los que poder descender sin dejar atrás material
Piolet	Es una herramienta con forma de pico que usan los alpinistas por terrenos nevados y helados como herramienta de seguridad y para avanzar
Crampones	

	Un crampón es un dispositivo que se ajusta a las botas de montaña o alpinismo, diseñado para proporcionar tracción adicional en superficies heladas o nevadas
Desplome	Sección de la pared o roca que se inclina hacia afuera, formando un ángulo negativo respecto a la vertical
Tabla de Suspensiones	Son tablas de: madera, resina o plástico y tienen presas y bordes de diferentes formas y tamaños que simulan las de la roca. Son una herramienta de la que los escaladores se cuelgan para entrenar y aumentar la fuerza y resistencia de los músculos flexores de los antebrazos
Campus Board	Estructura inclinada con listones horizontales de madera o resina, conocidos como "rungs", que se usan para realizar ejercicios específicos sin usar los pies.
Regleta	Tipo de agarre en escalada que forma un ángulo de 90°. Suelen tener distintas orientaciones y profundidades.
A Vista	Realizar una ruta de escalada sin caerse la primera vez que se intenta. Se puede ver a otra persona realizar la vía para memorizar la ruta.

Agarre "Jug"	Tipo de presa que es grande y fácil de agarrar. Los jugs son característicos por su gran tamaño y forma que se adapta a la mano, parecido a un asa. Son ideales para principiantes y también se encuentran en rutas de escalada más difíciles para proporcionar descansos o como puntos clave para movimientos dinámicos.
Pull down	Jalón es un ejercicio de entrenamiento de fuerza que se centra en los músculos de la espalda, particularmente el dorsal ancho.
RM	Significa "Repetición Máxima". Concepto utilizado para medir la máxima cantidad de peso que una persona puede levantar para una o varias repeticiones en un ejercicio con una técnica correcta

BIBLIOGRAFIA

- Wright, D. M., Royle, T. J., & Marshall, T. (2001). Indoor rock climbing: who gets injured?. *British journal of sports medicine*, 35(3), 181–185.
- <https://doi.org/10.1136/bjsm.35.3.181>

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

Antonioli, F. (1998). Escalada Libre. Moverse con facilidad en paredes con cien ejercicios progresivos. Barcelona: Grijalbo.

Schöffl, V. R., & Kuepper, T. (2006). Injuries at the 2005 World Championships in Rock Climbing. *Wilderness & environmental medicine*, 17(3), 187–190. <https://doi.org/10.1580/pr26-05>

Hattingh, G. (2001). *Escalada en roca & escalada de paredes (Color)*. Editorial Paidotribo.

Stefan, R. R., Camic, C. L., Miles, G. F., Kovacs, A. J., Jagim, A. R., & Hill, C. M. (2022). Relative Contributions of Handgrip and Individual Finger Strength on Climbing Performance in a Bouldering Competition.,

Fanchini, M., Violette, F., Impellizzeri, F. M., & Maffiuletti, N. A. (2013). Differences in climbing-specific strength between boulder and lead rock climbers. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(2), 310-314.,

DRAPER, N., JONES, G. A., & FRYER, S. (2010). Physiological and psychological responses to lead and top rope climbing for intermediate rock climbers. *European Journal of Sport Science*, 10(1), 13–20.,

Hosseini, S. A., & Wolf, P. (2023). Performance indicators in speed climbing: insights from the literature supplemented by a video analysis and expert interviews.,

Guo, F., Wang, Q., Liu, Y., & Hanson, N. J. (2019). Changes in blood lactate and muscle activation in elite rock climbers during a 15-m speed climb. European Journal of Applied Physiology, 119, 791-800.,

Schöffl, V., Schöffl, I., Schwarz, U., Hennig, F., & Küpper, T. (2009). Injury-risk evaluation in water ice climbing. Med Sport, 2(1-2), 32-8.,

Sheel, A. W. (2004). Physiology of sport rock climbing. British journal of sports medicine, 38(3), 355-359.,

Lema Carranza, M. P. (2014). La preparación técnica y su incidencia en el rendimiento deportivo en la disciplina de escalada deportiva en los estudiantes del centro de educación básica ceslao marín (Master's thesis).,

Rooks, M. D. (1997). Rock climbing injuries. Sports Medicine, 23, 261-270.,

Amca, A. M., Vigouroux, L., Aritan, S., & Berton, E. (2012). Effect of hold depth and grip technique on maximal finger forces in rock climbing. *Journal of sports sciences*, 30(7), 669-677.

Azis, A. P., & Indarto, P. (2023, August). The Effect of Bouldering Climbing Technique on Increasing Finger Grip Strength and Endurance on Rock Climbing Activities in Smapapala Organizations. In *International Conference on Learning and Advanced Education (ICOLAE 2022)* (pp. 36-42). Atlantis Press.

Marcinik, E. J., Potts, J., Schlabach, G., Will, S., Dawson, P., & Hurley, B. F. (1991). Effects of strength training on lactate threshold and endurance performance. *Medicine and science in sports and exercise*, 23(6), 739-743.

Vigouroux, L., Quaine, F., Labarre-Vila, A., & Moutet, F. (2006). Estimation of finger muscle tendon tensions and pulley forces during specific sport-climbing grip techniques. *Journal of biomechanics*, 39(14), 2583-2592

Artiaco, S., Bosco, F., Lusso, A., Cioffi, L. L., Battiston, B., & Massè, A. (2023). Flexor tendon pulley injuries: a systematic review of the literature and current treatment options. *Journal of Hand and Microsurgery*, 15(04), 247-252.

Watts, P. B. (2004). Physiology of difficult rock climbing. *European journal of applied physiology*, 91, 361-372.

de Geus, B., Villanueva O'Driscoll, S., & Meeusen, R. (2006). Influence of climbing style on physiological responses during indoor rock climbing on routes with the same difficulty. *European journal of applied physiology*, 98(5), 489–496.

<https://doi.org/10.1007/s00421-006-0287-5>

Bertuzzi, R. C. D. M., Franchini, E., Kokubun, E., & Kiss, M. A. P. D. M. (2007). Energy system contributions in indoor rock climbing. *European journal of applied physiology*, 101(3), 293-300.

Michailov, M. L. (2014). Workload characteristic, performance limiting factors and methods for strength and endurance training in rock climbing. *Medicina sportiva*, 18(3), 97-106.

Gáspari, A. F., Berton, R., Lixandrão, M. E., Piunti, R. P., Chacon-Mikahil, M. P. T., & Bertuzzi, R. (2015). The blood lactate concentration responses in a real indoor sport climbing competition. *Science & sports*, 30(4), 228-231.

Saul, D., Steinmetz, G., Lehmann, W., & Schilling, A. F. (2019). Determinants for success in climbing: A systematic review. *Journal of Exercise Science & Fitness*, 17(3), 91-100.

Ozimek, M., Staszkiewicz, R., Rokowski, R., & Stanula, A. (2016). Analysis of tests evaluating sport climbers' strength and isometric endurance. *Journal of human kinetics*, 53(1), 249-260.

Giles, L. V., Rhodes, E. C., & Taunton, J. E. (2006). The physiology of rock climbing. *Sports medicine*, 36, 529-545.

Ferguson, R. A., & Brown, M. D. (1997). Arterial blood pressure and forearm vascular conductance responses to sustained and rhythmic isometric exercise and arterial occlusion in trained rock climbers and untrained sedentary subjects. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 76, 174-180.

Cole, K. P., Uhl, R. L., & Rosenbaum, A. J. (2020). Comprehensive review of rock climbing injuries. *JAAOS-Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 28(12), e501-e509.

Schöffl, V., & Küpper, T. (2013). Feet injuries in rock climbers. *World journal of orthopedics*, 4(4), 218–228. <https://doi.org/10.5312/wjo.v4.i4.218>

Backe, S., Ericson, L., Janson, S., & Timpka, T. (2009). Rock climbing injury rates and associated risk factors in a general climbing population. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 19(6), 850-856.

De Benito, A. M., Sedano, S., Redondo, J. C., & Cuadrado, G. (2012). Análisis y cuantificación de las acciones técnicas de la escalada deportiva de alto nivel en competición. *Motricidad. European Journal of Human Movement*, 28, 15-33.

Bettariga, F., Lopomo, N. F., Civera, F., Lazzarini, S. G., Mantovani, L., & Maestroni, L. (2023). Reliability and validity of hand-held dynamometer and hand-held sphygmomanometer for testing shoulder isometric external and internal rotator muscles strength. *Journal of Science in Sport and Exercise*, 1-8.

Consuegra, S. (2020). *Entrenamiento de escalada basado en la evidencia científica. Desnivel*.

Arrese, A. L. (2013). *Manual de entrenamiento deportivo*. Paidotribo.

López-Rivera, E., & González-Badillo, J. J. (2012). 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 Technology*, 5(3-4), 100-110.

Horst, E. (2008). *Training for climbing: The definitive guide to improving your performance*. Rowman & Littlefield.

Rhea, M. R., Alvar, B. A., Burkett, L. N., & Ball, S. D. (2003). A meta-analysis to determine the dose response for strength development. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 35(3), 456-464.