



TRABAJO  
FIN DE  
GRADO

# ANÁLISIS DE LAS VARIABLES DETERMINANTES DEL RENDIMIENTO Y DE LOS MÉTODOS DE ENTRENAMIENTO EN ESCALADA DEPORTIVA

2016-2017

Por: Miriam Marín Quiles  
Tutor Académico: Casto Juan Recio



Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte  
Universidad Miguel Hernández de Elche

# Índice

<b>1. CONTEXTUALIZACIÓN</b> .....	2
1.1. ANÁLISIS DEL MOVIMIENTO .....	2
1.2. ANÁLISIS DE LOS COMPONENTES FISIOLÓGICOS .....	3
<b>2. METODOLOGÍA</b> .....	6
<b>3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b> .....	6
<b>4. DISCUSIÓN</b> .....	10
<b>5. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN</b> .....	10
5.1. Características de la carga de trabajo en la escalada en roca .....	13
5.2. Métodos de entrenamiento de la fuerza.....	14
5.3. Métodos de entrenamiento de la resistencia.....	15
5.4. Orientación del entrenamiento .....	16
<b>6. REFERENCIAS</b> .....	17
<b>7. ANEXOS</b> .....	20

## 1. CONTEXTUALIZACIÓN

La FEDME (Federación Española de Deportes de Montaña y Escalada) define la escalada como una práctica deportiva que en general consiste en subir o recorrer paredes de roca, laderas escarpadas u otros relieves naturales, caracterizados por su verticalidad y que por consiguiente requieren el uso de las extremidades superiores y de medios de aseguramiento para su progresión. Existen diversas modalidades de escalada, que según se pueden agrupar en: escalada deportiva, boulder, velocidad, escalada clásica o artificial, escalada en solo integral, escalada alpina y escalada en hielo (Schöffl, Morrison, Schwarz, Schöffl, Küpper, 2010). La escalada deportiva nace como deporte competitivo a principios de la década de los 80, celebrándose a finales de esa misma década la primera competición internacional, la Copa del Mundo de 1989 (Úbeda, 2004). La popularidad de la escalada en roca y especialmente de la escalada deportiva y el boulder (modalidades objeto de esta revisión) como actividad recreativa y competitiva ha ido aumentando en los últimos años, hasta el punto de convertirse en una nueva disciplina olímpica para Tokyo 2020 con tres modalidades: Boulder, velocidad y dificultad. En España, existen aproximadamente unas 203.860 de personas federadas en el año 2016 en montaña y escalada (véase tabla 1), lo que supone más de un 5% del total de licencias deportivas en nuestro país y más de 35 millones en el mundo según la International Federation of Sport Climbing (IFSC).

Tabla 1. Licencias federativas por tipo.

Deportes	2012	2013	2014	2015	2016	Distribución
Montaña y escalada	148.592	155.940	169.188	188.292	203.860	5,8%

Fuente: MECD. CSD. Estadística de Deporte Federado

Las competiciones de escalada se realizan generalmente sobre superficies artificiales (rocódromos), donde se colocan lo que se conoce como “presas” de diferentes formas y tamaños sobre diferentes secciones con distintas inclinaciones (Miranda, 2002). Las competiciones de escalada deportiva se realizan en muros altos, generalmente entre 12 y 18 m que implican entre 20-50 movimientos buscando la máxima dificultad posible, teniendo que asegurarse cada pocos metros para evitar caídas al suelo. A diferencia de la escalada deportiva, las competiciones de boulder se realizan en muros bajos (4-5 m), siendo la disciplina más explosiva, que consiste en realizar una serie de rutas cortas y técnicas de gran complejidad (llamadas “problemas”) que se suben sin cuerda, pero con unas colchonetas especiales (llamadas “crash pad”) para garantizar la seguridad en caso de caída. Como se puede apreciar, cada modalidad tiene unas características diferentes entre sí, lo que puede implicar diferentes demandas físicas y técnicas y puede inducir diferentes respuestas fisiológicas y psicológicas (Draper, Jones, Fryer, Hodgson y Blackwell, 2008).

### 1.2. ANÁLISIS DEL MOVIMIENTO

Como se ha comentado anteriormente, la escalada es una actividad física consistente en la superación de terrenos verticales con mayor o menor inclinación, gracias a la utilización del propio cuerpo. Para su progresión, se requiere principalmente contracciones musculares concéntricas (para la tracción durante las situaciones de trepa, desplazamientos y ascensos) e isométricas (en los agarres a las presas y en situaciones de reequilibrio) y en menor medida contracciones excéntricas (durante el destrepe y acciones dinámicas).

Los diversos autores que han analizado el movimiento en escalada (Bourdin, Teasdale, y Nougier, 1998; Salomón y Vigier, 1989) lo describen en un ciclo de tres fases: estabilización, recuperación o preparación y desplazamiento o progresión:

La fase de estabilización requiere contracciones isométricas en los músculos del antebrazo y del flexor de los dedos, de la musculatura del tronco y de las piernas. Estas

contracciones son necesarias para que el escalador mantenga el contacto con la superficie de la pared y consiga la estabilidad postural.

La fase de recuperación o preparación, se caracteriza por mantener contracciones isométricas de baja intensidad en los músculos del antebrazo y de los flexores del dedo, mientras que los músculos del hombro, de la musculatura del tronco y de las piernas se utilizan de forma concéntrica e isométrica para realizar ajustes en la posición del cuerpo necesarios para mantener la estabilidad postural. Los movimientos de la fase de preparación están destinados a facilitar el descanso y observar la situación de las presas que le rodean, para realizar posteriormente uno u otro movimiento, por lo tanto, es una fase que sirve de transición entre la fase de estabilización y la fase de desplazamiento.

La fase de desplazamiento o progresión es el movimiento de la masa corporal de un agarre al siguiente. Gran parte de este movimiento es bilateral y la activación tanto concéntrica como isométrica de los músculos está determinada por la dirección del desplazamiento.

Como se puede apreciar, la escalada en roca se caracteriza por la existencia de esfuerzos concéntricos e isométricos intermitentes, en los que se alternan periodos de actividad intensa, donde predominan los bloqueos, tracciones y lanzamientos, con otros períodos de recuperación relativa (Salomón y Vigier, 1989). Durante estos esfuerzos, adquiere más importancia la fuerza relativa que la absoluta, siendo fundamental para el rendimiento el valor de la fuerza respecto a la movilización del propio peso corporal (Olaso, Planas, Fuster, Badia, Cazcarro, 2002). Un estudio cualitativo de las implicaciones musculares (De Benito, Sedano, Redondo y Cuadrado, 2013) estableció que un 50.08% de las acciones durante una vía de escalada se componen de acciones de bloqueo (acciones isométricas), frente a un 35.32% de tracción (acciones concéntricas) y un 14,6% de empuje (acciones concéntricas). Según el trabajo de Dupuy y Ripoll (1989), durante 5/8 partes del tiempo requerido para realizar una vía, se utilizan posiciones estáticas, ya sea descansando, tomando decisiones acerca del recorrido, o asegurándose (pasando la cuerda por los seguros intermedios). Además, otros autores señalan las acciones de bloqueo de los miembros superiores como la clave de este deporte (Hoffmann, 1993; Hörst, 2007) y como uno de los objetivos principales del entrenamiento (Baláš et al., 2014).

#### *GRUPOS MUSCULARES IMPLICADOS*

Muro, Vila, Vives y Gutiérrez (1994) establecieron una relación de los grupos musculares más importantes para la escalada: flexores del codo, flexores de muñeca, flexores de los dedos, flexores de cadera, extensores de rodilla y flexores plantares de tobillo. Se ha sugerido que el rendimiento de la escalada depende principalmente de las condiciones de los músculos del antebrazo (Watts, Jensen, Agena, Majchrzak, Schellinger y Wubbels., 2008), en particular del flexor profundo de los dedos (FPD) al doblar la articulación distal de los dedos 2, 3, 4 y 5 (utilizado en la posición abierta de arqueo) (Phillips, Sassaman y Smoliga, 2012). Una óptima fuerza y resistencia de este grupo muscular, permite mantener la superficie de contacto con la pared y progresar hasta el final de la ruta con mayor éxito. Una de las características de la escalada viene determinada por la variedad de los tipos de agarre que pueden encontrarse durante una vía, por ello, siempre que sea posible, los escaladores deben incorporar una variedad de presas diferentes en sus entrenamientos (regletas, cantos grandes, invertidos, pinzas, romos, monodedos, bidedos...) con el propósito de trabajar de manera más específica y variable este grupo muscular.

### 1.3. ANÁLISIS DE LOS COMPONENTES FISIOLÓGICOS

Michailov (2014) propone a la escalada no solo como un deporte de fuerza o resistencia, sino como una actividad física con un carácter variable de la carga de trabajo, exigiendo un desarrollo complejo y global de las habilidades motoras, psicológicas y procesos metabólicos altamente cambiantes. En general, se acepta que las variables más importantes para predecir el

rendimiento de la escalada son la composición corporal, la fuerza relativa de los músculos del antebrazo, el gradiente de fuerza (tasa de desarrollo de la fuerza) de los flexores de los dedos, la resistencia de la fuerza de la cintura escapular, la fuerza máxima de la musculatura del tronco y la flexibilidad (en especial de la musculatura de la cadera) (Mabe y Butler, 2016). En este sentido, existen varios estudios (Michailov, 2014; Sheel, 2004) que confirman que la fuerza de los flexores del antebrazo y los dedos y la tasa de desarrollo de la fuerza (TDF) de éstos, son factores cruciales para el nivel élite en la escalada.

#### *MANIFESTACIONES DE LA FUERZA*

La principal resistencia a la que deben hacer frente el escalador proviene de su peso corporal (Quaine y Vigouroux, 2003), por lo que la fuerza relativa, definida como la relación entre la fuerza máxima y la masa corporal (Michailov, Mladenov, y Schöffl., 2009) cobra una especial importancia en la escalada. Los pocos estudios encontrados en la literatura, establecen que el porcentaje de MVC en el que el escalador se ve sometido mayoritariamente en sus esfuerzos, ronda entre el 30% y 40% MVC (Ferguson y Brown, 1997).

En la escalada deportiva, la fuerza-resistencia muscular (Phillips et al., 2012), es decir, la capacidad del sujeto para mantener un esfuerzo muscular durante un tiempo prolongado constituye uno de los factores esenciales del rendimiento (España-Romero et al., 2009; Ferguson y Brown, 1997), siendo la fuerza muscular máxima menos determinante en esta modalidad.

Contrariamente, el boulder se caracteriza por movimientos que requieren contracciones musculares rápidas (Fanchini, Violette, Impellizzeri y Maffiuletti, 2012). De hecho, la estabilización del cuerpo después de movimientos dinámicos requiere la generación de altos niveles de fuerza en los músculos flexores de los dedos en un tiempo relativamente corto. Por esta razón, Watts (2004) sugirió que la ratio de desarrollo de la fuerza relativa (RDFR) podría ser una variable determinante para el rendimiento en boulder.

#### *FLEXIBILIDAD*

Algunos autores han indicado que la flexibilidad es un componente importante en la escalada deportiva (Giles, Rhodes, Taunton, 2006; Watts, 2004). En este sentido, durante el ascenso de una vía de escalada, el centro de gravedad del cuerpo debe estar muy cerca de la pared mientras los pies se mueven, lo que implica una abducción y rotación externa extrema de la cadera. Además, los movimientos donde un pie se eleva hasta o por encima de la cadera mientras el otro se mantiene por debajo requieren un notable grado de flexibilidad del tren inferior (Watts, 2004). Por ejemplo, un escalador que carece de flexibilidad para alcanzar un punto de apoyo a la altura de la cintura debe gastar un esfuerzo adicional, mientras que sacrifica la estabilidad, o incluso saltar para alcanzar el próximo apoyo, perdiendo el contacto con la pared y aumentando la probabilidad de caída.

A pesar de la influencia de la flexibilidad en el rendimiento de la escalada, son pocos los estudios realizados hasta la fecha y los resultados son contradictorios. Algunos autores no han encontrado diferencias entre escaladores y no escaladores en algunos test de flexibilidad (Grant Hynes, Whitaker y Aitchison, 1996) mientras otros si encontraron una relación significativa entre el grado de flexibilidad y el rendimiento (Mermier et al., 2000) al evaluar el ROM de cadera y hombros en escaladores de distintos niveles.

A falta de resultados concluyentes en la literatura, las características de los movimientos de escalada parecen mostrar la necesidad de un cierto grado de flexibilidad, especialmente en caderas y hombros (España-Romero et al., 2009).

## *SISTEMA CARDIORRESPIRATORIO*

En competiciones de escalada deportiva, las vías de escalada contienen entre 20-50 movimientos (Mermier et al., 2000), con un tiempo medio de duración entre 2 y 7 min (Watts, 2004) y una frecuencia cardíaca media entre el 71% y el 90% de la FC máxima (Phillips et al., 2012; Sheel, 2004).

Según Sheel (2004), la frecuencia cardíaca aumenta a medida que aumenta la dificultad de la escalada, aunque varios estudios señalan que hay un aumento desproporcionado de la FC en comparación con el VO<sub>2</sub> max durante la escalada. Varios autores han observado hallazgos similares (Michailov, 2014; Mermier et al., 2000), mostrando una relación no lineal entre la frecuencia cardíaca y el VO<sub>2</sub> durante la escalada. Sheel (2004) atribuyó esta desproporción a las contracciones isométricas, citando que el ejercicio isométrico de la musculatura del antebrazo provoca un aumento desproporcionado de la FC comparado con el consumo de oxígeno, no siendo lineal como ocurre durante el ejercicio dinámico. Además, una particularidad de la escalada es la posición de los miembros superiores por encima de la cabeza durante un alto porcentaje de tiempo, lo que podría ocasionar mayores pulsaciones por minuto que en situación normal.

Algunos estudios han evaluado el consumo máximo de oxígeno en situaciones de escalada reales y en tapiz rodante. Curiosamente, la literatura ha confirmado que el VO<sub>2</sub> máx en situaciones límite de escalada, difiere mucho del resultado obtenido en un tapiz rodante. Por ejemplo, en un estudio realizado por Balas et al. (2014), en el que se evaluaron a escaladores élite realizando una vía de 18m de dificultad progresiva hasta el agotamiento, obtuvieron valores de VO<sub>2</sub> máx de 41 ml/min/kg, frente a valores de 54 ml/min/kg en el tapiz rodante. Phillips et al. (2012) sugieren que el gasto cardíaco es probable que no sea un factor limitante en la escalada, sino más bien la capacidad de la absorción de oxígeno de la musculatura de las extremidades superiores. Los factores que influyen en la re-oxigenación del antebrazo durante las fases de reposo podrían incluir densidad capilar muscular, capacidad vasodilatadora (Ferguson y Brown, 1997) y tiempos de relajación de los músculos (Jones y Round, 1990). Los regímenes de entrenamiento que promueven la angiogénesis en los músculos del antebrazo podrían ser un componente importante del entrenamiento para la escalada de élite. Sin embargo, existen discrepancias de la literatura frente a estos datos, pudiendo deberse a la variabilidad en los test para evaluar este componente (las vías a utilizar en los test difieren en dificultad y características).

## *SISTEMAS METABÓLICOS*

La escalada requiere una combinación de fuerza muscular, potencia y resistencia por lo que un escalador debe optimizar completamente su capacidad muscular entrenando las 3 vías principales de la producción de ATP mediante el entrenamiento de los sistemas metabólicos. Los sistemas anaeróbicos deben estar involucrados debido al carácter extenuante del deporte y el sistema aeróbico se activa debido a las fases de relajación cortas (Bertuzzi, Franchini, Kokubun y Kiss, 2007). Según De Geus, Villanueva O'Driscoll y Meeusen (2006), el grado en que cada sistema energético se utiliza depende del tipo de escalada que se esté realizando, de la dificultad y la longitud de la ruta.

La escalada deportiva se caracteriza por un mayor número de movimientos en el conjunto de la vía y tiempos de ejecución (Watts, 2004). Por lo general, en este tipo de vías existe una combinación de los 3 sistemas metabólicos, si bien la literatura destaca la importancia del sistema aeróbico y el glucolítico como una de las vías metabólicas más determinantes en la escalada deportiva (Bertuzzi et al., 2007; Billat, Palleja, Charlaix, Rizzardo y Janel, 1995). Por lo tanto, la importancia de la capacidad aeróbica de los escaladores de deportiva no debe ser subestimada.

A diferencia de la escalada deportiva, el boulder depende en gran medida de los sistemas de fosfágenos y sistema glucolítico. Phillips et al. (2012) explicaron esta circunstancia debido a la corta duración y la alta intensidad que requieren esta modalidad de escalada. Una de las características principales de la escalada es la alta concentración de lactato, principalmente en los músculos flexores de los dedos, demostrando una clara utilización del sistema glucolítico (Billat et al., 1995). Según Watts (2004), la concentración de lactato en sangre ha demostrado correlacionarse con la disminución de la fuerza de agarre de la musculatura del antebrazo y puede servir como marcador de fatiga durante la escalada, a pesar de no ser el responsable directo de ésta.

Como se puede comprobar en los párrafos precedentes, son numerosas las publicaciones de carácter científico sobre las variables determinantes de este deporte y se han centrado principalmente en las capacidades físicas (España-Romero et al., 2009; Ferguson y Brown, 1997; Grant et al., 2006; Mermier et al., 2000; Phillips et al., 2012; Watts, 2004), las demandas energéticas en escalada (Bertuzzi et al., 2007; Billat et al., 1995; De Geus et al., 2006), y estudios biomecánicos (Bertuzzi et al., 2001; Bourdin et al., 1998; Muro et al., 1994; Phillips et al., 2012; Salomón y Vigier, 1989). Sin embargo, se desconoce en profundidad los medios y métodos más eficaces para el entrenamiento de los factores determinantes en escalada.

El objetivo de esta revisión sistemática es (1) analizar en profundidad los factores determinantes para el rendimiento en escalada en estudios realizados durante los últimos años, así como los métodos de entrenamiento más óptimos de dichos factores y (2) crear una propuesta de intervención que permita individualizar el entrenamiento según la modalidad de escalada: deportiva y boulder.

## 2. METODOLOGÍA

Para poder desarrollar la propuesta de intervención, se realizó una revisión sistemática previa de la literatura científica actual siguiendo los criterios PRISMA (Preferred Reporting Items for Systemic Reviews and Meta-analyses) (Urrútia y Bonfill, 2010). Para ello, se realizó una búsqueda de artículos relacionados con la materia en las bases de datos Google académico, Pubmed y ScienceDirect. Para realizar la búsqueda, se utilizaron los términos: (Rock Climbing) AND [(training) OR (strenght) OR (physiology) OR (performance) OR (endurance) OR (recovery) OR (resistance)]. La última búsqueda fue realizada el 12 de abril de 2017.

Durante la selección de los artículos, se realizó una primera criba en la que se desecharon aquellos artículos que por título y/o resumen no se relacionaban con la materia. Posteriormente, se realizó una lectura completa para decidir la elegibilidad o no de los artículos. Finalmente, tras aplicar los criterios de inclusión que se detallan a continuación, se seleccionaron un total de 8 artículos.

### *Criterios de inclusión:*

- Análisis de variables relacionadas con los factores determinantes para el rendimiento en escalada.
- Las variables analizadas han sido evaluadas con test específicos para escalada.
- Artículos descriptivos sobre variables de rendimiento y experimentales con una evaluación PRE y POST.
- Artículos publicados después de enero de 2006.

## 3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Tras concluir el procedimiento de búsqueda de artículos siguiendo la estrategia anteriormente descrita, se detallan los aspectos más relevantes de cada artículo incluido para

esta revisión sistemática distribuidos en dos tablas. En primer lugar, se presentan los resultados más relevantes de los estudios descriptivos junto con las variables más determinantes para el rendimiento en escalada. Por último, se presenta una tabla con los estudios que analizan varios métodos de entrenamiento de algunas de estas variables.

**Tabla 2.** Diagrama de flujo PRISMA ilustrando los criterios de inclusión y exclusión de la revisión sistemática.

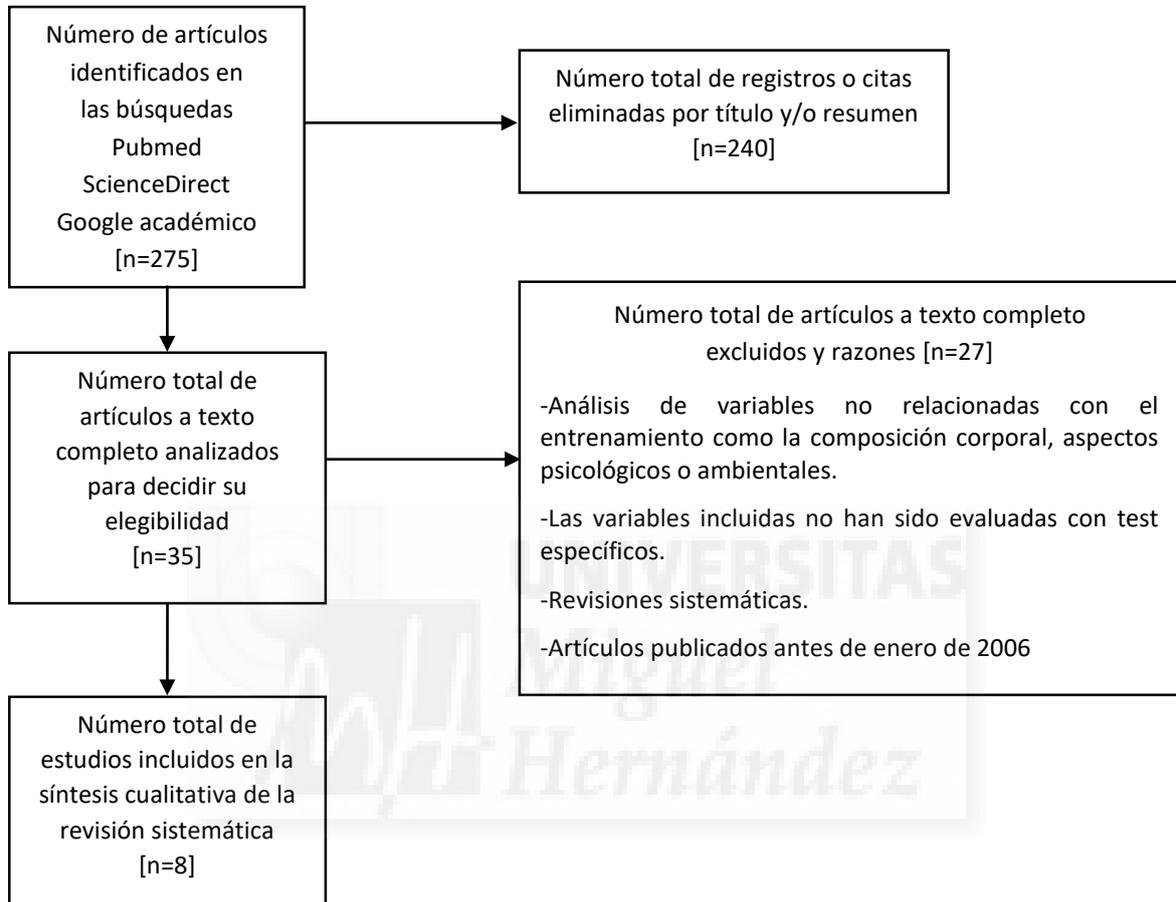


Tabla 3. Estudios descriptivos de las variables determinantes del rendimiento en escalada deportiva

Título	Autores	Muestra	Método	Test	Resultados	Conclusiones
Differences in Climbing specific strength between boulder and lead rock climbers	Fanchini et al., (2012)	<b>GB:</b> 10 Hombres Boulder élite <b>GD:</b> 10 Hombres Deportiva élite	1 sesión	-Suspensión en arqueo de dedos abierto/cerrado: MVC RDF	Boulder ↑ MVC en arqueo abierto y cerrado Boulder ↑ RDF en arqueo abierto y cerrado	El boulder requiere mayores niveles de fuerza y velocidad de la fuerza que la escalada deportiva.
The Relationship between Climbing Ability and Physiological Responses to Rock Climbing	Balás et al., (2014)	26 Hombres avanzados y élite	1 sesión	-Muro de escalada 3m: 90º-105º inclinación  -Tapiz rodante	A ↑ nivel de escalada ↓ gasto energético	La capacidad cardiorrespiratoria puede ser un buen predictor del rendimiento en escalada.
The blood lactate concentration responses in a real indoor sport Climbing competition	Gáspari et al., (2015)	8 Hombres élite	1 sesión Competición nacional	Lactacidemia: -Post-Calentamiento -Post-semifinales -Post-Final	Pico de lactato en post-finales	A mayor dificultad técnica más implicación anaeróbica. Mayores niveles de lactato en competiciones que en entrenamientos.
Forearm muscle oxidative capacity index predicts sport rock-climbing performance	Fryer et al., (2016)	36 Hombres 10 Mujeres avanzados	1 sesión	Isométricos máximos flexores de dedos: Electroscopia	A ↑ nivel de escalada, ↑ índice de capacidad oxidativa del Flexor Profundo de los Dedos	El índice de capacidad oxidativa del FPD es un buen predictor del rendimiento en escalada.
Physiological determinants of climbing-specific finger endurance and sport rock climbing performance	McLeod et al., (2016)	<b>GE:</b> 11 Hombres avanzados <b>GC:</b> 9 H No escaladores	3 sesiones 48h descanso entre sesiones.	-Aparato específico de escalada para flexores de dedos (Univ. Glasgow): MVC Resistencia (40% MVC) Intermitente 10'' -Brazaletes presión arterial -Espectroscopia	<b>Escaladores:</b> ↑ MVC con menor peso corporal (fuerza relativa) Resistencia ~ Intermitente ↑ fuerza Presión arterial ~ Oxigenación ↑ en reposo	La re-oxigenación muscular y la fuerza relativa de los flexores de dedos es un buen predictor del rendimiento. La presión arterial no predice el rendimiento en escalada.

GB: Grupo Boulder; GD: Grupo Deportiva; GC: Grupo Control; GE: Grupo Experimental; MVC: Contracción Voluntaria Máxima; RDF: Ratio de desarrollo de la fuerza

Tabla 4. Métodos de entrenamiento de escalada deportiva

Título	Autores	Muestra	Método	Test	Resultados	Conclusiones
Estudio de la eficacia de dos programas de entrenamiento de fuerza y resistencia en el rendimiento de la escalada deportiva	Cuadrado et al., (2007)	GC: 10 Hombres intermedio GFR: 10 Hombres intermedio GFM: 10 Hombres intermedio	GC: 3 días/sem 2h roco GFR: 2 días/sem 2h roco + 1 día FR (3x25x30%RM) GFM: 2 días/sem 2h roco + 1 día FM (3x10x60%RM)	-Suspensión -RM: jalón pecho, curl bíceps, "pájaros" -P1: 5+, 12mov -P2: 6a, 15mov -R: 6a, 61mov -Dinamómetro	GC: ~ GFR: ↑ resistencia y ↓ % pérdida de fuerza con respecto a GFM. GFM: ↑ RM y potencia 2 con respecto a GFR.	-El entrenamiento de FR consigue mejoras en factores específicos de la escalada. -El entrenamiento de FM como medio para conseguir el nivel de fuerza específica.
The effects of two maximum grip strength training methods using the same effort duration and different edge depth on grip endurance in elite climbers	López-Rivera, E. y González-Badillo, J.J., (2012)	GA: 4 Hombres 1 Mujer elite GB: 5 Hombres elite	-Sem (1, 2, 3, 4), (6, 7, 8, 9): GA: FM (18mm+CargaMáx) R (11mm) GB: R (11mm) FM (18mm+CargaMáx) -Sem 1, 5, 10, 12, 14: TEST 1, 2, 3, 4 y 5 -Sem 11 y 13: Descanso	-Suspensión: FM: 18mm con carga máxima en 5" R: 11mm máximo tiempo	GA y GB ↑ FM y R hasta Test3 GA y GB ↓ FM y R de Test3 a Test5 GA ↑ FM y R que GB	El método más eficaz es realizar el entrenamiento primero en un borde más grande con un peso adicional y luego en un borde más pequeño sin peso.
The effects of high resistance few repetitions and low resistance high repetitions training on climbing performance	Hermans et al., (2016)	GC: 10 M y H intermedio HR-FR: 10 M y H nivel intermedio LR-HR: 10 M y H nivel intermedio	-Dominadas -Press banca sentado -Remo sentado -Press militar sentado -Curl bíceps -Curl antebrazos HR-FR: 5RM LR-HR: 20RM 10 sem: 2 d roco + 1 fuerza	-Suspensión con brazos flexionados -Suspensión (Campus 2,5cm) -12RM Jalón pecho -Vía de progresión en dificultad (6a) 18m	HR-FR y LR-HR: ↑ rendimiento en vía. No existen diferencias significativas entre ambos grupos. GC: ~	Ambos métodos son igual de efectivos para el rendimiento en escalada.

GC: Grupo Control; GA: Grupo A; GB: Grupo B; GFR: Grupo Fuerza-Resistencia; GFM: Grupo Fuerza Máxima; FM: Fuerza máxima; R: Resistencia; P: Potencia; Roco: Rocódromo  
HR-FR: Alta Resistencia-Bajas Repeticiones; LR-HR: Baja Resistencia-Altas Repeticiones

#### 4. DISCUSIÓN

El objetivo de esta revisión sistemática fue analizar en profundidad los factores determinantes para el rendimiento en escalada, así como los métodos de entrenamiento más óptimos de dichos factores, además de crear una propuesta de intervención que nos permita individualizar el entrenamiento según la modalidad de escalada: deportiva y boulder. Los estudios descriptivos que han analizado los factores de rendimiento propios de la escalada deportiva son numerosos y muy diversos, si bien, nos hemos centrado en los publicados en los últimos diez años. Por el contrario, los estudios de intervención sobre los medios y métodos para entrenar dichos factores son relativamente muy pocos.

Tras hacer un análisis de la literatura existente acerca de las variables más determinantes, llama la atención la variedad en la metodología usada para evaluar dichas variables, dificultando la interpretación de sus resultados. Una primera limitación que encontramos fue la inespecificidad de los test utilizados (i.e. evaluación de la fuerza de los flexores de dedos con un dinamómetro manual, cuando rara vez durante una escalada se ejercen fuerzas con agarre cerrado con el pulgar) (Muehlbauer, Stuerchler y Granacher, 2012). Esta circunstancia pudo provocar que en algunos estudios (no incluidos en la revisión al no cumplir el criterio de especificidad de los test) no se encontraran diferencias significativas en la fuerza de los flexores de los dedos entre escaladores y no escaladores (Muehlbauer et al., 2012), mientras que si se encontraron en otros donde se emplearon test específicos (de fabricación casera), donde se evaluaban principalmente, agarres abiertos, más predominantes durante la escalada (McLeod et al., 2016; Fanchini et al., 2012). En este sentido, McLeod et al. (2016) mostraron una correlación positiva entre el grado de escalada y la máxima contracción voluntaria (MVC) del flexor profundo de los dedos, sugiriendo que el aumento de la fuerza de éste, confiere una ventaja de rendimiento en la escalada en roca. La relación entre la habilidad para escalar (medida con el grado de los escaladores) y la máxima contracción voluntaria (MVC) de los flexores de dedos encontrada por McLeod et al. (2016), con un 49.9% de varianza explicada, sugieren que el incremento de la fuerza en los dedos puede conferir una ventaja en el rendimiento en la escalada en roca. Además, los datos aportados por Francini et al. (2012) indican que los escaladores de boulder tienen una fuerza isométrica máxima y especialmente una ratio de desarrollo de la fuerza mayor en el agarre abierto y cerrado de los dedos que los escaladores de deportiva, probablemente por las características de esta modalidad. Relacionado con los músculos flexores profundos de los dedos, algunos autores propusieron la hipótesis de que la capacidad de oxigenación del flexor profundo de los dedos podría ser un factor importante en el rendimiento (Fryer et al., 2016); McLeod et al., 2016), debido a la intermitencia de las contracciones isométricas de alta intensidad a la que se ve sometido y puede servir como un simple e importante indicador del nivel de entrenamiento en la escalada deportiva.

En referencia a los requerimientos metabólicos, Gaspari, Berton, Lixandrão, Perlotti Piunti, Chacon-Mikahil y Bertuzzi (2015) señalaron la importancia del sistema anaeróbico láctico en la escalada deportiva de competición, al comparar la concentración de lactato sanguíneo en una evaluación pre y post-competición y encontrar una mayor concentración conforme aumentaba la dificultad de las vías, siendo estos valores mucho mayores que los encontrados en situaciones no competitivas.

Por lo que respecta a la capacidad aeróbica evaluada mediante un test específico de escalada submáximo y hasta el agotamiento sobre un boulder de 3 m y una inclinación entre 90º y 135º, un interesante estudio llevado a cabo por Balas et al. (2014) mostraron que las demandas fisiológicas aumentan conforme aumenta la inclinación del boulder, además de una correlación significativa negativa entre el VO<sub>2</sub> max y frecuencia cardíaca (FC) y el nivel en escalada. Estos resultados parecen indicar que una mayor habilidad del escalador se traduce en una menor respuesta fisiológica en intensidades submáximas. Además, interesantemente, el

nivel de escalada fue la variable que mejor predijo la inclinación del boulder alcanzada por los escaladores en el test máximo. Finalmente, los autores indicaron que estos test representan un método adecuado para valorar el componente aeróbico en el rendimiento en escalada.

Como conclusión, se puede establecer que las variables determinantes para conseguir un óptimo rendimiento en escalada deportiva son:

La fuerza relativa, definida como la relación entre la fuerza máxima y la masa corporal, cobra una especial importancia en la escalada tanto deportiva como en boulder.

En la escalada deportiva, la fuerza-resistencia, es decir, la capacidad para producir adecuados niveles de fuerza en periodos prolongados de tiempo, resulta determinante para el rendimiento en esta modalidad.

En el boulder es más determinante la ratio de desarrollo de la fuerza relativa y la fuerza isométrica máxima de los flexores de dedos en comparación con la escalada deportiva.

El grupo muscular más solicitado, y que, por lo tanto, parece ser el mayor determinante para el rendimiento, son los músculos flexores profundos de los dedos.

La capacidad de oxigenación del flexor profundo de los dedos parece ser determinante en el rendimiento de élite.

La economía de esfuerzo, representada por un menor consumo de VO<sub>2</sub> max, es una variable determinante en el rendimiento.

Los requerimientos metabólicos difieren según la modalidad de escalada, siendo el sistema aeróbico y el glucolítico una de las vías metabólicas más determinantes en la escalada deportiva, mientras que en el boulder cobran más importancia los sistemas de fosfágenos junto al sistema glucolítico.

Aunque no se han encontrado para esta revisión estudios específicos sobre la influencia de la flexibilidad en escalada, Giles, Rhodes y Taunton. (2006) en una revisión previa sobre los aspectos fisiológicos de los escaladores, sugirió que la flexibilidad puede no ser un factor determinante para el éxito en la escalada, aunque según estos autores, la flexibilidad "específica" para llevar a cabo algunos de los movimientos de escalada (i.e. puentes, pasos largos, etc.) si puede ser importante en el rendimiento. Hay que destacar, que los estudios que han analizado la influencia de la flexibilidad en escalada no encontraron diferencias significativas entre escaladores de élite y no escaladores, utilizaron el "Sit and Reach test" (Grant et al., 1996), test muy poco específico para evaluar esta cualidad en escaladores, por lo que los resultados deben ser interpretados con cautela.

Como se puede apreciar, existen claras diferencias en las características y variables determinantes del rendimiento entre escaladores especializados en deportiva y los especializados en boulder, por lo que se deben tener en cuenta estas características a la hora de prescribir un entrenamiento eficaz.

En cuanto a los métodos de entrenamiento en escalada, únicamente se han encontrado tres estudios en los últimos 10 años que analicen diferentes programas de entrenamiento para mejorar el rendimiento en escalada. Una de las limitaciones más importantes encontrada, es que todos ellos se centran únicamente en el desarrollo de la fuerza, dejando de lado variables del rendimiento tan importantes como la resistencia (entendida como movimientos globales prolongados en el tiempo), que incidan en los sistemas metabólicos predominantes según la disciplina o la flexibilidad. Además, estos estudios utilizan diferentes test de campo para evaluar la eficacia del entrenamiento, lo que dificulta la comparación de sus resultados. Esta circunstancia refleja la dificultad para establecer test específicos de escalada y la estandarización en el uso de vías de escalada que presenten la misma longitud, inclinación, tipo de presas, número de movimientos, etc.

Cuadrado, De Benito, Flor, Izquierdo, Sedano y Redondo (2007) analizaron la efectividad de dos programas de entrenamiento, uno de fuerza máxima (3 x 10RM; 2 min descanso) y otro de fuerza resistencia (3x25RM; 1 min descanso) en un grupo de escaladores con poca experiencia, encontrando que, tanto el entrenamiento exclusivo en rocódromo como el entrenamiento de fuerza máxima o fuerza resistencia, complementario al anterior, son válidos para la mejora de diferentes factores generales de condición física. Además, con el entrenamiento complementario de fuerza resistencia se consiguen mejoras en factores específicos del trabajo muscular propio de la escalada. Por lo tanto, parece que este tipo de trabajo resulta más interesante de cara a satisfacer las demandas específicas de trabajo muscular en escalada deportiva. Por último, estos autores indicaron que el entrenamiento de fuerza máxima es interesante como medio para conseguir un nivel de fuerza suficiente que nos permita realizar con posterioridad un trabajo de fuerza más específico.

Por otro lado, Lopez-Rivera y Gonzalez-Badillo (2012) concluyeron que la secuencia más efectiva de entrenamiento para mejorar la fuerza de agarre y la resistencia es trabajar primero la suspensión con un peso añadido y una profundidad de agarre de 18 mm para posteriormente realizar suspensión sin peso añadido sobre la profundidad más pequeña que permita a los participantes estar suspendidos un intervalo de 10 s. Además, estos autores encontraron una alta correlación entre los cambios obtenidos en fuerza y los cambios obtenidos en resistencia.

Finalmente, Hermans, Andersen y Saeterbakken (2016) comparó un programa de entrenamiento con cargas elevadas y pocas repeticiones (fuerza máxima) con un programa de entrenamiento con carga ligeras y muchas repeticiones (fuerza resistencia) concluyendo que ambas metodologías produjeron una mejora en los test específicos de fuerza y escalada y un incremento no significativo en el rendimiento en escalada a pesar de una reducción del 50% de las sesiones de escalada.

Las principales aportaciones de estos estudios se pueden resumir en:

El entrenamiento de fuerza-resistencia consigue mejoras en factores específicos de rendimiento de la escalada.

El entrenamiento de fuerza máxima es importante como base para el posterior desarrollo de la fuerza específica en escalada.

El método más óptimo para mejorar la fuerza de agarre y la resistencia en escalada es trabajar con pesos añadidos sobre superficies de apoyo anchas (18 mm) y posteriormente trabajar sin peso añadido, reduciendo las superficies de apoyo (11mm).

Tanto el trabajo de fuerza máxima como el trabajo de fuerza resistencia son efectivos para producir mejoras en test específicos de fuerza y escalada.

Es importante destacar que ninguno de los estudios analizados tiene en cuenta las características de las diferentes modalidades de escalada, lo que dificulta la extrapolación de sus resultados. Por ello, la propuesta de intervención desarrollada en el siguiente apartado, pretende cubrir esta limitación, proponiendo un entrenamiento individualizado que atienda a las características de las disciplinas analizadas en la contextualización: escalada deportiva y boulder.

## **5. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN**

Teniendo en cuenta las variables determinantes del rendimiento en escalada (tabla 3) y los estudios experimentales encontrados sobre los métodos de entrenamiento de los escaladores (tabla 4) se ha desarrollado la siguiente propuesta de entrenamiento para un escalador de nivel avanzado-élite (Anexos, tabla 1) en función de la modalidad en la que esté especializado (deportiva y/o boulder), y que pretende facilitar al escalador una guía de los métodos de entrenamiento más óptimos y eficaces de las variables determinantes de escalada.

Considerando los pocos estudios y las limitaciones encontradas, para la propuesta de entrenamiento se han tenido en cuenta algunas metodologías descritas en manuales de entrenamiento de escalada deportiva, además de la amplia experiencia práctica de los autores.

## 5.1. Características de la carga de trabajo en la escalada en roca

### *Indicadores de la carga de trabajo*

#### *Volumen*

El volumen parece tener una cuantificación relativamente sencilla en escalada, siendo los métodos más utilizados para cuantificarlo el tiempo y/o el número de movimientos de escalada. Tanto el tiempo como la cantidad de movimientos para completar una ruta de escalada puede variar en un amplio rango, dependiendo de las características de la ruta (Tabla 5). Por ejemplo, la escalada deportiva en paredes grandes puede llegar a requerir horas y muchos movimientos, mientras que un bloque de boulder puede durar tan solo unos segundos o minutos y una media aproximada de 10 movimientos. Por lo que según la modalidad de escalada que se realice, se requerirá un mayor o menor volumen de entrenamiento. En la tabla 5 se describe el volumen medio de carga en la escalada en roca.

#### *Intensidad*

A diferencia del volumen, la intensidad de trabajo en escalada no resulta relativamente sencilla de cuantificar, siendo los métodos propuestos, la velocidad y las fuerzas aplicadas en los agarres durante posiciones estáticas (Fuss y Nielg, 2008). En escalada, la velocidad no es un factor determinante del rendimiento (a excepción de la modalidad de velocidad). Según Fuss y Nielg (2008), la velocidad media de escalada específica se registró a 4,4 m/min con una fuerza media aplicada en los agarres en situaciones estáticas de entre 187 y 307N. Evaluar estos parámetros durante los entrenamientos resulta difícil, por lo que estos parámetros no serían demasiado útiles para controlar la intensidad (Michailov, 2014).

Debido a la variabilidad existente entre las vías de escalada, ya que no hay una ruta exactamente igual a otra (cantidad, profundidad y distancia de agarres, longitud y angulación de la vía, etc), y la subjetividad en la graduación de dificultad, establecer un marcador de intensidad resulta complicado para prescribir el entrenamiento de un escalador. Además, la FC, V02 y lactato durante la práctica de escalada, están muy por debajo de los mismos valores evaluados mediante los métodos estándar normalmente utilizados (es decir, pruebas ciclo-ergométricas o en tapiz rodante). Estos interesantes resultados señalan que la forma tradicional de utilizar los parámetros fisiológicos como marcadores de intensidad no es aplicable en la escalada deportiva.

Debido a la dificultad para poder controlar la intensidad, Michailov (2014) propuso utilizar la escala de Borg de esfuerzo percibido (Borg, 1990) o escalas similares de esfuerzo subjetivo (RPE), siendo, probablemente, la posibilidad más fácil de controlar la intensidad durante los entrenamientos. En este caso, se utilizará la escala de percepción del esfuerzo (RPE) de 1-10.

**Tabla 5. Variaciones de la carga en escalada deportiva**

Estudio	Parámetros	Magnitud	
Billas et al., 1995	<b>VOLUMEN</b>	-Longitud de la ruta	10-30 mts
		-Duración de la ruta	1-10 min
Watts et al., 1996	<b>VOLUMEN</b>	-Duración en función del tipo del estilo de escalada	50 seg-4 min
		-Número de movimientos	5-80
De Geus et al., 2006	<b>VOLUMEN</b>	-Velocidad media	4.4 m/min
		-Fuerzas aplicadas en los agarres durante posiciones estáticas	187N-307N
Fuss y Niegl, 2008	<b>INTENSIDAD</b>		

## 5.2. Métodos de entrenamiento de la fuerza

### *Ejercicios de fuerza específicos*

El ejercicio de fuerza-relativa más específico para los escaladores es el boulder (resolución de “problemas” de pocos movimientos y gran dificultad). Además de desarrollar la técnica de escalada, se consigue mejorar parámetros de fuerza máxima, coordinación, hipertrofia y fuerza-resistencia que, como ya se ha mostrado en la contextualización, parecen ser las manifestaciones de la fuerza más relevantes. En la tabla 6 se detallan los parámetros de la carga de trabajo de los métodos para el desarrollo de la fuerza específica de la escalada.

**Tabla 6. Métodos de entrenamiento de fuerza específica. (Michailov, 2014)**

Método	Volumen	Intensidad*	Descanso	Efecto
<b>FE1</b>	1-8 movimientos de manos	<b>8-10</b>	3-5 min	Fuerza máxima
<b>FE2</b>	40-60 seg	<b>3-5</b>	60-90 seg	Hipertrofia Fuerza resistencia

\*RPE (1-10); FE: Fuerza Específica.

Además, el entrenamiento en el campus (tablero de madera con distintas profundidades donde se realizan suspensiones con los pies libres, anexo 2) y el tablero multipresas (anexo 3) sirven como una herramienta extraordinaria para desarrollar la fuerza explosiva, mejorar la ratio de desarrollo de la fuerza, y la coordinación intramuscular e intermuscular de la musculatura flexora de los dedos.

En la tabla 8 se muestran los dos métodos de entrenamiento para trabajar la fuerza de agarre en suspensión (brazos extendidos y pies en el aire).

-Fuerza máxima: se emplea un peso adicional que el sujeto pudiera sostener durante 13s con 18mm de profundidad del agarre, prescribiendo 10s para el ejercicio. Descansos completos. A medida que se consigue adaptación se va aumentando el peso añadido.

-Fuerza resistencia: sin peso adicional, se escoge una profundidad de entre 10 y 15 mm donde el sujeto pudiera sostener y mantener el esfuerzo durante 13s, prescribiendo 10s para el ejercicio. Descansos incompletos para mejorar la angiogénesis. A medida que se consigue adaptación, se va ampliando el tiempo y disminuyendo la profundidad.

**Tabla 8.** *Métodos de entrenamiento de los flexores de dedos en suspensión en campus* (López-Rivera y González-Badillo, 2012).

Método	Agarre	Volumen	Intensidad	Descanso	Efecto
<b>S1</b>	18 mm	1-3 rep 10''	13segRM	3-5 min	Fuerza máxima
<b>S2</b>	11 mm	3-5 rep 10''		10-30 seg	Fuerza resistencia

S: Suspensión; RM: Repetición Máxima

### *Ejercicios de fuerza de base*

El entrenamiento de fuerza de base para los escaladores puede incluir entrenamiento contra resistencia con cargas muy elevadas (1-6RM) para mejorar la fuerza muscular máxima con un aumento mínimo en el área transversal, y un entrenamiento de fuerza-resistencia (15RM o más) para mejorar la capacidad de mantener una producción de fuerza adecuada en el tiempo.

**Tabla 7.** *Métodos de entrenamiento de fuerza de base* (Hermans et al., 2016; Cuadrado et al., 2007)

Ejercicios	Método	Volumen	Intensidad	Descanso	Efecto
-Pull ups	<b>FB1</b>	4x5 rep	<b>5RM</b>	3-5 min	Fuerza máxima
-Press banca sentado	<b>FB2</b>	3x10 rep	<b>10RM</b>	3-5 min	
-Remo sentado					
-Press militar					
-Curl bíceps	<b>FB3</b>	5x25 rep	<b>25RM</b>	1-2 min	
-Curl antebrazos					Fuerza resistencia
	<b>FB4</b>	3x20 rep	<b>20RM</b>	1-2 min	

FB: Fuerza Base; RM: Repetición Máxima.

### 5.3. Métodos de entrenamiento de la resistencia

Teniendo en cuenta el carácter específico de la carga de trabajo y con el objetivo de construir simultáneamente una técnica eficiente, los métodos de entrenamiento para la resistencia deben llevarse a cabo principalmente a través del ejercicio de la escalada, y no a través de ejercicios de coordinación general (Michailov, 2014). A continuación, se presenta los métodos de entrenamiento de la resistencia mediante ejercicios de escalada continua. El objetivo principal de estos métodos es mejorar capacidades metabólicas determinantes para el rendimiento.

**Tabla 9. Métodos de entrenamiento de resistencia (Michailov, 2014)**

CAPACIDAD	MÉTODO	DURACIÓN	VOLUMEN*	REPET	INTENSIDAD**	DESCANSO
<b>AERÓBICA</b>	<b>R1.</b> Continuo	10-20 min	40-60	---	1-2	----
	<b>R2.</b> Rutas fáciles	5-10 min	30-40	5-6	2-3	1-2 min
	<b>R3.</b> Rutas difíciles	3-4 min	20-30	9	3-5	3 min
	<b>R4.</b> Intervalos cortos	1-2 min	15-20	5-6	4-6	1-2 min
	<b>R5.</b> Suspensión	10-15 seg	----	6-8	6-7	10-30 seg
<b>ANAERÓBICA</b>	<b>R6.</b> Glucolítico	20-60 seg	6-15	3-5	7-9	3-5 min
	<b>R7.</b> Buffer	1-2 min	15-20	3-5	5-7	3-5 min

\*Número de movimientos de manos. \*\*RPE (1-10). R: Resistencia.

#### 5.4. Orientación del entrenamiento

Siguiendo el principio de individualización y, en función del tipo de disciplina en el que se esté especializado, según las recomendaciones del análisis realizado anteriormente, la orientación del entrenamiento en función de los objetivos de base y específicos debe de ser:

**Tabla 10. Orientaciones del entrenamiento según disciplina**

DISCIPLINA	ORIENTACIÓN	RESISTENCIA	FUERZA
<b>BOULDER</b>	BASE	DE R1 A R5	FE2, FB3, FB4, S2
	ESPECÍFICA	R6 Y R7	FE1, FB1, FB2, S1
<b>DEPORTIVA</b>	BASE	R6 Y R7	FE1, FB1, FB2, S1
	ESPECÍFICA	DE R1 A R5	FE2, FB3, FB4, S2

R: Resistencia; FE: Fuerza Específica; FB: Fuerza Base; S: Suspensión

Como se ha mostrado en el análisis de los factores de rendimiento, la modalidad de boulder se caracteriza por esfuerzos más intensos en cortos periodos de tiempo, requiriendo mayores niveles de fuerza máxima y potencia en los flexores de los dedos. Es por ello que se recomienda seguir unos métodos de entrenamiento donde predominen ejercicios de fuerza máxima relativa, potencia y sistemas metabólicos más anaeróbicos.

Contrariamente, la escalada deportiva depende en mayor medida de esfuerzos menos intensos y prolongados en el tiempo. Por ello, la orientación del entrenamiento para escaladores de esta modalidad, dependerá, en mayor medida, de ejercicios donde predomine la fuerza-resistencia muscular y sistemas metabólicos mayoritariamente más aeróbicos. En los anexos, tabla 2 se muestra un ejemplo de macrociclo para escaladores de nivel intermedio-avanzado y elite-super élite.

## 6. REFERENCIAS

- Baláš, J., Panáčková, M., Strejcová, B., Martin, A., Cochrane, D., y Kaláb, M. et al., (2014). The Relationship between Climbing Ability and Physiological Responses to Rock Climbing. *The Scientific World Journal*, 2014, 1-6.
- Bertuzzi, R., Franchini, E., Kokubun, E., y Kiss, M. (2007). Energy system contributions in indoor rock climbing. *European Journal of Applied Physiology*, 101(3), 293-300.
- Billat, V., Palleja, P., Charlaix, T., Rizzardo, P., y Janel, N. (1995). Energy specificity of rock Climbing and aerobic capacity in competitive sport rock climbers. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 35(3), 20-24.
- Borg, G. (1990). Psychophysical scaling with applications in physical work and the perception of exertion. *Scandinavian Journal of Work, Environment y Health*, 55-58.
- Bourdin, C., Teasdale, N., y Nougier, V. (1998). Attentional Demands and the Organization of Reaching Movements in Rock Climbing. *Research Quarterly For Exercise And Sport*, 69(4), 406-410.
- Cuadrado, G.; De Benito, A.M.; Flor, G.; Izquierdo, J.M.; Sedano, S. y Redondo, J.C. (2007). Estudio de la eficacia de dos programas de entrenamiento de la fuerza en el rendimiento de la escalada deportiva. Motricidad. *European Journal of Human Movement*, 19, 61-76.
- De Benito, A., Sedano, S., Redondo, J., y Cuadrado, G. (2013). Análisis cualitativo de las implicaciones musculares de la escalada deportiva de alto nivel en competición. (Qualitative Study of high level sport climbing muscular involvement in competition). RICYDE. *Revista Internacional De Ciencias Del Deporte*, 9(32), 154-180.
- De Geus, B.; Villanueva O'Driscoll, S. y 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, 489-496.
- Draper, N., Jones, G., Fryer, S., Hodgson, C., y Blackwell, G. (2010). Physiological and psychological responses to lead and top rope climbing for intermediate rock climbers. *European Journal of Sport Science*, 10(1), 13-20.
- Dupuy, C. y Ripoll, H. (1989) Analyse des stratégies visu-motrices en escalade sportive. *Revue Sciences et Motricité*, 7, 19-26.
- España-Romero, V.; Ortega, F.; García-Artero, E.; Jiménez-Pavón, D.; Gutiérrez, A.; Castillo, M.J. y Ruiz, J.R. (2009). Climbing time to exhaustion is a determinant of climbing performance in high-level sport climbers. *European Journal of Applied Physiology*, 107, 517-525.
- Fanchini, M., Violette, F., Impellizzeri, F., y Maffiuletti, N. (2013). Differences in Climbing-Specific Strength Between Boulder and Lead Rock Climbers. *Journal Of Strength And Conditioning Research*, 27(2), 310-314.
- Ferguson, R. A., y 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*, 76, 174 –180.
- Fryer, S., Stoner, L., Stone, K., Giles, D., Sveen, J., Garrido, I., y España-Romero, V. (2016). Forearm muscle oxidative capacity index predicts sport rock-climbing performance. *European Journal of Applied Physiology*, 116(8), 1479-1484.
- Fuss, F. K., y Niegl, G. (2008). Instrumented climbing holds and performance analysis in sport climbing. *Sports Technology*, 1(6), 301-313.

- Gáspari, A., Berton, R., Lixandrão, M., Perlotti Piunti, R., Chacon-Mikahil, M., y Bertuzzi, R. (2015). The blood lactate concentration responses in a real indoor sport climbing competition. *Science y Sports*, 30(4), 228-231.
- Giles, L. V., Rhodes, E. C. y Taunton, J. E. (2006). The physiology of rock climbing. *Sports Medicine*, 36(6), 529-545.
- Grant, S., Hynes, V., Whitaker, A., & Aitchison, T. (1996). Anthropometric, strength, endurance and flexibility characteristics of elite and recreational climbers. *Journal of Sports Sciences*, 14, 301-309.
- Hermans, E., Andersen, V., y Saeterbakken, A. (2016). The effects of high resistance–few repetitions and low resistance–high repetitions resistance training on climbing performance. *European Journal of Sport Science*, 17(4), 378-385.
- Hoffmann, M. (1993). *Manual de escalada*. Madrid: Desnivel Ediciones.
- Hörst, E. (2007). *Aprender a escalar en rocódromo*. Manuales Desnivel 72. Madrid: Desnivel Ediciones.
- Jones, D. A., y Round, J. M. (1990). *Skeletal muscle in health and disease: A textbook of muscle physiology*. Manchester: Manchester University Press.
- Kasundra, P., y Jethwa, Y. (2011). Effect of Rock Climbing Training on Strength, Speed and Endurance. *Journal of Exercise Science And Physiotherapy*, 7(1), 19.
- López-Rivera, E., y González-Badillo, 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.
- Mabe, J., y Butler, S. L. (2016). Analysis of Contemporary Anaerobic Sport Specific Training Techniques for Rock Climbing. *Sport Journal*. June.
- Macleod, D., Sutherland, D., Buntin, L., Whitaker, A., Aitchison, T., y Watt, I. et al. (2007). Physiological determinants of climbing-specific finger endurance and sport rock climbing performance. *Journal of Sports Sciences*, 25(12), 1433-1443.
- Mermier, C.M.; Janot, J.M.; Parker, D.L. y Swan, J.G. (2000). Physiological and anthropometric determinants of sport climbing performance. *British Journal of Sports Medicine*, 34(5), 359-365.
- Michailov, M. (2014). Workload characteristic, performance limiting factors and methods for strength and endurance training in Rock Climbing. *Medicina Sportiva*, 18(3), 97-106.
- Michailov, M., Mladenov, L., y Schöffl, V. (2009). Anthropometric and Strength Characteristics of World-Class Boulderers. *Medicina Sportiva*, 13(4), 231-238.
- Miranda, J.M. (2002). Las direcciones de la preparación física en la escalada deportiva. *Lecturas: Educación Física y Deportes (Revista Digital)*, 51.
- Muehlbauer, T., Stuerchler, M., y Granacher, U. (2012). Effects of climbing on core strength and mobility in adults. *International Journal of Sports Medicine*, 33(06), 445-451.
- Muro, I., Vila, R., Vives, J. y Gutiérrez, J.A. (1994). Estudio médico deportivo de la escalada deportiva. *Educación Física y Deportes*, 31, 141-149.
- Olaso, S., Planas, A., Fuster, J., Badia, E., Cazarro, S. (2002). El control de la potencia en la preparación de un grupo de escaladores de competición. *Apunts. Educación Física y Deportes*, 70, 30-40.

- Phillips, K., Sassaman, J., y Smoliga, J. (2012). Optimizing Rock Climbing Performance Through Sport-Specific Strength and Conditioning. *Strength and Conditioning Journal*, 34(3), 1-18.
- Quaine, F., Vigouroux, L., y Martin, L. (2003). Finger flexors fatigue in trained rock climbers and untrained sedentary subjects. *International Journal of Sports Medicine*, 24(6), 424-427.
- Salomon, J.C. Y Vigier, C. (1989). *Pratique de l'escalade*. París: Ed. Vigot.
- Schöffl V, Morrison A, Schwarz U, Schöffl I, Küpper, T. (2010). Evaluation of Injury and fatality risk in rock and ice climbing. *Sports Medicine*, 40(8), 657-79.
- Sheel, A. (2004). Physiology of sport rock climbing. *British Journal of Sports Medicine*, 38(3), 355-359.
- Úbeda Palomares, A.B. (2004). Valoración de la fuerza de agarre en escaladores. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 4(14), 122-143
- Watts, P. B. (2004). Physiology of difficult rock climbing. *European Journal of Applied Physiology*, 91, 361-372.
- Watts, P.B.; Jensen, R.L.; Agena, S.M.; Majchrzak, J.A.; Schellinger, R.A. y Wubbels, C.S. (2008). Changes in EMG and finger force with repeated hangs from the hands in rock climbers. *International Journal of Exercise Science*, 1(2), 62-70.



## 7. ANEXOS

**Tabla 1.** Graduación de dificultad en escalada deportiva. Grupos de nivel según sexo.

Escala francesa	YDS	Watts et al.,	IRCRA	Grupo Hombres	Grupo Mujeres
6a	5.10b	1	11	INTERMEDIO	INTERMEDIO
6a+	5.10c	1.25	12		
6b	5.10d	1.5	13		
6b+	5.11a	1.75	14		
6c	5.11b	2	15		
6c+	5.11c	2.25	16	AVANZADO	AVANZADO
7a	5.11d	2.5	17		
7a+	5.12a	2.75	18		
7b	5.12b	3	19		
7b+	5.12c	3.25	20		
7c	5.12d	3.5	21	ÉLITE	ÉLITE
7c+	5.13a	3.75	22		
8a	5.13b	4	23		
8a+	5.13c	4.25	24		
8b	5.13d	4.5	25		
8b+	5.14a	4.75	26	SUPER ÉLITE	SUPER ÉLITE
8c	5.14b	5	27		
8c+	5.14c	5.25	28		
9a	5.14d	5.5	29		
9a+	5.15a	5.75	30		
9b	5.15b	6	31	SUPER ÉLITE	SUPER ÉLITE
9b+	5.15c	6.25	32		

Fontainebleau, YDS Yosemite Decimal System, IRCRA International Rock Climbing Research Association (2011); Watts, Martin, and Durtschi (1993).

**Tabla 2.** Ejemplo de macrociclo para escaladores de nivel intermedio-avanzado y élite-super élite

MES 1	MES 2	MES 3	MES 4
<b>Nivel intermedio-avanzado</b>			
FUERZA BASE	FUERZA ESPECÍFICA	POTENCIA	RESISTENCIA A LA POTENCIA
			PICO DE RENDIMIENTO
ENTRENAMIENTO			DESCANSO
			RENDIMIENTO
			DESCANSO
<b>Nivel élite-Super élite</b>			
FUERZA BASE	FUERZA ESPECÍFICA	POTENCIA	RESISTENCIA A LA POTENCIA
			PICO DE RENDIMIENTO
ENTRENAMIENTO			DESCANSO
			RENDIMIENTO
			DESCANSO

The Rock Climber's Training Manual

**Anexo 2. Tabla Multipresa**



**Anexo 3. Campus training**

