

ESCALADA DEPORTIVA Y FUERZA RELATIVA. EFECTO DE ENTRENAMIENTO DE AUTOCARGAS FRENTE ENTRENAMIENTO DE CARGA EXTERNA

4º de CAFyD

**FACULTAD CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD
FÍSICA Y EL DEPORTE**



Realizado por: Álvaro López Arenillas

Grupo TFG: M41

Año Académico: 2021-2022

Tutor/a: Eduardo López Martínez

Área: diseño de un estudio experimental

RESUMEN

Introducción: En los Juegos Olímpicos de Tokyo 2020 debuta la escalada deportiva con una prueba combinada que incluye tres modalidades: velocidad, bloque y dificultad. Este reconocimiento, sumado a un incremento exponencial de la práctica debido a la creación de rocódromos interiores, supone una mayor profundidad en la comprensión del deporte, tanto en los sistemas de entrenamiento como en los factores que limitan el rendimiento. Se parte de la base de que cada modalidad es diferente, con métodos de entrenamientos y suministros de energía muy distintos. La velocidad implica en mayor medida potencia, el bloque fuerza máxima, mientras que la dificultad conlleva resistencia. No obstante, las tres modalidades requieren de unos niveles de fuerza relativa elevados. Esto conduce a una preparación física que incremente no sólo la fuerza relativa, sino también el propio rendimiento de escalada.

Objetivo: Comparar el incremento de fuerza relativa y rendimiento en la escalada producido por dos protocolos de preparación física, uno basado en autocargas y otro en carga externa.

Metodología: Estudio experimental longitudinal y prospectivo, con un muestreo no probabilístico por grupo de voluntarios, realizando una división aleatorizada para tres grupos. Los 44 participantes se dividirán en dos grupos de intervención de 15 sujetos, conformando el grupo A y el grupo B y un grupo control con 14 sujetos. El grupo A realizará un protocolo basado en autocargas y el grupo B uno con carga externa, mientras que el grupo C no realizará ninguna preparación física. La intervención será de 8 semanas y de 3 entrenamientos por semana con 3 tests para la progresión de la carga. Los resultados finales se recogerán en base a la prueba de rendimiento de escalada y la prueba de fuerza relativa, comparando los resultados de los tres grupos. El análisis de las variables cuantitativas se realizará mediante pruebas paramétricas, a través del cálculo de la media, la desviación típica y la comparación de porcentajes.

Palabras clave: fuerza relativa, autocarga, carga externa, rendimiento, escalada deportiva, preparación física.

ABSTRACT

Introduction: The Tokyo 2020 Olympic Games sees the debut of sport climbing with a combined event that includes three modalities: speed, bouldering and difficulty. This recognition, coupled with an exponential increase in practice due to the creation of indoor climbing walls, means a greater depth of understanding of the sport, both in terms of training systems and factors limiting performance. It is assumed that each sport is different, with very different training methods and energy supplies. Speed implies, to a greater extent, power; boulder involves maximum strength; while lead involves endurance. However, all three modalities require high levels of relative strength. This leads to physical preparation that increases not only relative strength, but also climbing performance itself.

Aim: To compare the increase in relative strength and climbing performance produced by two physical preparation protocols, one based on self-loading and the other on external loading.

Methodology: Longitudinal and prospective experimental study, with a non-probabilistic sampling per group of volunteers, with a randomised division into three groups. The 44 participants will be divided into two intervention groups of 15 subjects, forming group A and group B and a control group with 14 subjects. Group A will perform a protocol based on self-loads and group B one with external load, while group C will not perform any physical preparation. The intervention will be 8 weeks and 3 training sessions per week with 3 tests for load progression. The final results will be collected based on the climbing performance test and the relative strength test, comparing the results of the three groups. The analysis of the quantitative variables will be carried out using parametric tests, through the calculation of the mean, standard deviation and comparison of percentages.

Keywords: relative strength, self-load, external load, performance, sport climbing, physical preparation.

ÍNDICE

Contenido

1. INTRODUCCIÓN	5
1.1 Factores de rendimiento y modalidades:.....	5
1.2 Sistemas de entrenamiento:	6
1.3 Fuerza relativa y autocargas:.....	8
2. JUSTIFICACIÓN	10
3. OBJETIVOS E HIPÓTESIS DEL ESTUDIO.....	11
4. METODOLOGÍA	12
4.1 DISEÑO.....	12
4.2 MUESTRA Y FORMACIÓN DE GRUPOS	12
4.3 VARIABLES Y MATERIAL DE MEDIDA	14
4.4 PROCEDIMIENTOS	15
4.4.1 Etapa inicial o de valoración	15
4.4.2 Etapa de desarrollo.....	24
4.4.3 Etapa final o de resultados	32
4.4.5 Lugar de realización del estudio.....	32
4.4.4 Reuniones del equipo investigador y personal FEDME.....	33
5. ANÁLISIS DE DATOS	35
6. EQUIPO INVESTIGADOR.....	36
7. VIABILIDAD DEL ESTUDIO	37
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA	38
9. ANEXOS.....	43

1. INTRODUCCIÓN

La escalada deportiva es un deporte que se puede llevar a cabo tanto en interiores, utilizando estructuras artificiales, como en exteriores, en roca natural (Watts, 2004). Durante la última década, este deporte está sufriendo un proceso de reconocimiento y expansión (Watts, 2004), que ha conducido a que la escalada deportiva debute en la Olimpiadas de Tokyo 2020 con tres pruebas de competición combinadas: escalada de velocidad, bloque y dificultad (COI, 2022). La escalada de dificultad se lleva a cabo en altas paredes de entre 12 a 18 metros, mientras que la escalada de bloque se caracteriza por paredes de entre 4 a 5 metros y la resolución de rutas técnicas cortas llamadas problemas (Frachini et al., 2013). Por su parte, la escalada de velocidad busca ascender sobre paredes de 15 metros lo más rápido posible (Ozimek et al., 2018).

1.1 Factores de rendimiento y modalidades:

Según Sitko & López (2019) “la escalada es un deporte intermitente caracterizado por una lucha constante contra la gravedad”. Por esto, y según un estudio realizado por Saul et al. (2019), existen factores físicos, psicológicos, antropométricos y fisiológicos que determinan el rendimiento de un escalador. La revisión realizada por Sitko & López (2019) concluye que la fuerza del tren superior, la fuerza específica de antebrazos y flexores de dedos, la relación entre potencia y peso y la reoxigenación de los músculos locales como los factores determinantes en el rendimiento. No obstante, la resistencia a la fuerza (Michailov, 2014), la fuerza máxima de core y la flexibilidad de cadera en abducción (Muehlbauer et al., 2012) también pueden incluirse como factores del rendimiento.

Como se ha mencionado anteriormente, cada disciplina es diferente. La variable tiempo es la base de las diferencias entre la escalada de bloque y dificultades, encontrando tiempos de 30 segundos en bloque (Sitko & López, 2019) y entre 5 a 7 minutos en dificultad (FEDME, 2021). Por su parte, la escalada de velocidad alcanza tiempos entre 5 y 7 segundos (Ozimek et al., 2018). Por esto,

cada disciplina conllevará un entrenamiento físico y funcional diferente (Kozina et al., 2020), además de la intervención de un mecanismo de suministro de energía distinto (Ryepko & Kharkov, 2013). Según Ozimek et al. (2018) la escalada de dificultad se relaciona con un deporte de resistencia y fuerza; la escalada de bloque con altos niveles de fuerza máxima y dinámica; mientras que la escalada de velocidad combina fuerza y velocidad.

1.2 Sistemas de entrenamiento:

Relacionado directamente con los factores de rendimiento en la escalada, se encuentran los sistemas de entrenamiento propios del deporte. De forma general, y según han concluido varios autores (Mermier et al., 2000; Philippe et al., 2012; Saul et al., 2019) la fuerza y la resistencia del tren superior son los principales factores de predicción de rendimiento en escalada.

En cuanto a la fuerza, y según Consuegra (2020) la optimización del entrenamiento de fuerza puede ir dirigida a la mejora de: (1) fuerza de agarre, (2) fuerza de tracción, (3) fuerza isométrica o bloqueos, (4) potencia y fuerza explosiva.

En términos de fuerza máxima de agarre, se encuentra el entrenamiento por suspensiones. Según López-Rivera (2018), se puede emplear un método de suspensiones en canto grande con lastre; en canto mínimo sin lastre; o el método de suspensiones intermitentes (López-Rivera, 2017). Del mismo modo, Hörst (2016) establece cuatro protocolos similares: canto mínimo (sin lastre); canto grande con lastre; y el método de *repeaters*, equivalente al método de suspensiones intermitentes de López-Rivera.

La fuerza de tracción sería el equivalente a la dominada. Consuegra (2020) indica la importancia de traccionar con nuestros brazos, utilizando como método la dominada. En base a González-Badillo et al. (2017), el control de las intensidades mediante la velocidad de ejecución es el mejor método para la

mejora del rendimiento, además de poder controlar la fatiga mediante la pérdida de velocidad.

En cuanto a la fuerza isométrica, se produce en la escalada en forma de bloqueos. Consuegra (2020) indica que las ganancias de fuerza en el entrenamiento isométrico se producirán exclusivamente en el ángulo trabajado. Por lo tanto, “no solo debemos de trabajar con la mayor cantidad de ángulos posibles, sino que tendremos que elegir las posiciones que tendrán una mayor transferencia”. Según González & Gorostiaga (2002), se puede trabajar mediante un método isométrico máximo (contracción-relajación-contracción, con cargas máximas) o un método isométrico hasta la fatiga (con cargas submáximas).

La RFD o *rate of force development*, es la cantidad de fuerza producida por unidad de tiempo (González & Serna, 2018), relacionado con la curva fuerza-tiempo (F-t) y tradicionalmente conocido como fuerza explosiva (González & Serna, 2018). Según Stien et al. (2021), el entrenamiento de *campus board* involucra movimientos del tren superior con los pies libres, activando toda la musculatura traccionadora. En este estudio comparó dos grupos de escaladores con dos y cuatro sesiones de *campus* respectivamente, y un grupo control (entrenamiento de bloque). Los resultados produjeron una mayor RFD, aumento del alcance máximo, aumento del rendimiento en Boulder y del número de movimientos hasta el fallo en comparación con el grupo control (Stien et al., 2021).

Adicionalmente, Michailov (2014) establece el *campus board* como una herramienta extraordinaria para el desarrollo de fuerza explosiva, y coordinación intra e intermuscular.

En los métodos de resistencia, López (2014) presenta tres tipos de entrenamiento: (1) método continuo, (2) método interválico extensivo y (3) método intermitente. Del mismo modo, Consuegra (2020) expone la importancia de la mejora de la capacidad de recuperación mediante: métodos interválicos de alta intensidad, recuperaciones activas en pared y el método de suspensiones intermitentes.

De forma paralela, Michailov (2014) considera la resistencia como el mayor factor limitante del rendimiento en escalada en roca, afirmando: “como las rutas de escalada pueden variar en longitud y pueden exigir diferentes tipos de suministro de energía, deben desarrollarse tanto las capacidades aeróbicas como las anaeróbicas” (p.104). En la Tabla 1 se observa los diferentes métodos de entrenamiento de resistencia propuestos por Michailov (2014)

Tabla 1

Métodos de entrenamiento de resistencia.

Method	Duration	Volume		Intensity		
		# hand moves	# repetitions	Borg's category ratio scale (CR-10)Borg	Rest intervals	
Methods for developing aerobic capabilities	Continuous climbing	20-30 min			1-2	
	Climbing easy routes ⁸	5-10 min	~ 30-40	5-6	2-3	1-2 min
	Climbing difficult routes ⁸	3-4 min	~ 20-30	9	3-5	3 min
	Short intervals (classical interval method)	1-2 min	~ 15-20	5-6	4-6	1-2 min
	Intermittent climbing or hanging (enhancing myoglobin oxygen stores' functions) ^{3,52}	10-15 sec		6-8	6-7	10-30 sec
Methods for developing anaerobic capabilities	Repetitive method (maximal workload, full recovery)	3-8 min	~ 40-60	5-6	3-6	> 5 min
	Climbing up to 1 min (enhancing glycolytic power)	20-60 sec	~ 6-15	3-5	7-8	3-5 min
	Climbing up to 2 min (enhancing buffer capacity)	1-2 min	~ 15-20	3-5	5-7	> 5 min
	Repetitive method (maximal workload, full recovery)	1-3	~ 15-25	3-5	8-9	> 20 min

Nota. Michailov, M. (2014)

1.3 Fuerza relativa y autocargas:

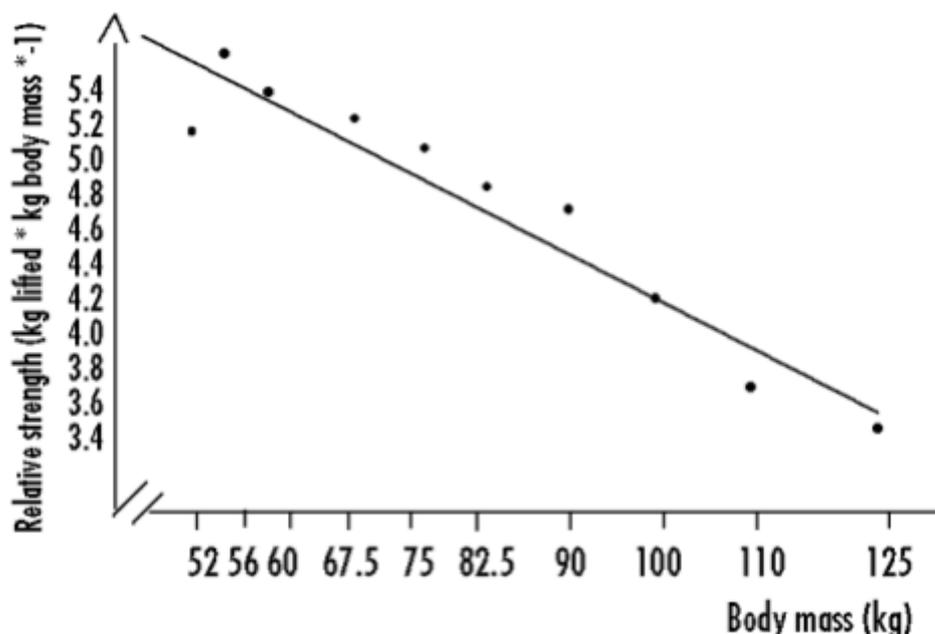
Uno de los factores limitantes del rendimiento expuesto por Sikto & López (2019) es la relación entre el peso y la potencia. Couceiro (2010) evidenció en su tesis unos porcentajes muy bajos de grasa y un peso no excesivamente alto en escaladores. Esta relación entre la fuerza producida y el peso del escalador es conocida como máxima contracción voluntaria dividida entre el peso (MVC/kg) o fuerza relativa (RS). Según Ariza (2004) tanto para la gimnasia artística como para otras modalidades deportivas donde se deba superar la inercia del propio

cuerpo frente a la acción de la gravedad, la fuerza relativa cobra una importancia especial. La capacidad de los gimnastas de mover y soportar su cuerpo en diferentes posiciones es lo que indica unos niveles de fuerza tan altos (Stanisław & Zasada et al., 2016).

El sistema de entrenamiento por autocargas se basa en la realización de ejercicios con el propio peso corporal. Este sistema de entrenamiento se ha mostrado efectivo en el desarrollo de fuerza y condición física general (Stanisław & Zasada et al., 2016) y en sujetos no entrenados (Thomas et al., 2017). Del mismo modo, el entrenamiento basado en autocargas es empleado por gimnastas debido a la unión del entrenamiento de fuerza y el entrenamiento de técnica (Major, 1996). Esto deriva de la preocupación por la hipertrofia, cuya ganancia provoca unos valores menores de fuerza relacionada con el peso corporal (Major, 1996), como se observa en la Figura 1.

Figura 1

La relación entre la fuerza máxima y el peso corporal en los récords del mundo de halterofilia olímpica.



Nota. Tittle, K. & Wutscherk, H. (1992).

2. JUSTIFICACIÓN

En base al estudio realizados por Michailov (2014), los escaladores de élite poseen una fuerza relativa a su peso corporal muy alta. Al mismo tiempo, Fryer et al. (2015) compara escaladores masculinos de edad, peso, altura y nivel de actividad física. La división la realiza en cuatro grupos: un grupo control, grupo intermedio, grupo avanzado y grupo de élite. En función de los valores recogidos, se reflejan dos datos de gran importancia: (1) los parámetros iniciales de peso y porcentaje de grasas son inversamente proporcionales al nivel de los grupos. (2) los valores obtenidos en relación a la MVC/kg son significativamente superiores en el grupo elite respecto a los tres grupos restantes.

Ambos estudios reflejan, de forma directa o indirecta, que la RS es un factor que determina el rendimiento en escalada deportiva.

De la misma forma, no se han encontrado artículos en la literatura científica que comparen el entrenamiento basado en autocargas con un entrenamiento con carga externa. Asimismo, el empleo de trabajo con autocargas se ha empleado en el trabajo específico de fuerza de gimnastas para elementos como el *iron cross* (Sawczyn et al., 2016). Del mismo, se ha demostrado el aumento de la fuerza con sujetos de entre 10 a 11 años que siguieron un plan de entrenamiento basado en autocargas de 2 días de 45 minutos por semanas, con una intervención total de 4 semanas (Schlegel et al., 2022). Paralelamente, no se han encontrado estudios donde se aplique un entrenamiento de autocargas como preparación física en sujetos adultos, independientemente del nivel de los participantes

Por lo tanto, la importancia de la RS en el rendimiento de escalada y la escasez de estudios científicos en cuanto a entrenamientos con autocarga y su efectividad, son la base de la realización de este estudio.

3. OBJETIVOS E HIPÓTESIS DEL ESTUDIO

El objetivo principal del estudio es:

- Valorar la efectividad de un entrenamiento con autocargas frente a un entrenamiento con carga externa, en la mejora del rendimiento en dos pruebas de escalada deportiva olímpica.

Como objetivo secundario:

- Comparar el efecto de un entrenamiento de autocarga frente a un entrenamiento con carga externa en la mejora de la fuerza relativa.

En base a los objetivos propuestos, se formulan las siguientes hipótesis:

1. El trabajo con autocarga supone una mejora mayor en el rendimiento de las dos principales pruebas de escalada deportiva olímpica, respecto al trabajo con carga externa.
2. El entrenamiento de autocargas mejorará en mayor medida la fuerza relativa que el entrenamiento basado en cargas externas.

4. METODOLOGÍA

4.1 DISEÑO

El estudio se basará en un método de investigación experimental no aleatorizado. De la misma forma, el estudio tendrá un carácter longitudinal y prospectivo.

Se llevará a cabo con un consentimiento informado con los participantes (Anexo I), y respetará la normativa en materia de bioética según la última revisión de la declaración de Helsinki (Asociación Médica Mundial, 2013).

El estudio se realizará en base a la legislación actual, de acuerdo con la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales; y el Real Decreto 1720/2007, de 21 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de desarrollo de la Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de protección de datos de carácter personal (Jefatura del Estado de España, 2018).

4.2 MUESTRA Y FORMACIÓN DE GRUPOS

El tipo de muestra empleado en el estudio será un muestreo no probabilístico por grupos de voluntarios. El planteamiento inicial de la muestra se basará en los estudios de Fryer et al. (2015); López-Rivera & González-Badillo (2019), con un total de 45 participantes jóvenes masculinos que serán reclutados del rocódromo local Sharma Climbing Madrid de forma voluntaria y siguiendo los criterios de inclusión:

- Tener mínimo 1 año de experiencia de escalada, entrenamientos de 3 días a la semana o escalada específica.
- Tener una edad comprendida entre 20 y 30 años.
- No presentar o haber presentado una lesión que pueda comprometer la salud del sujeto.
- Familiarización con dos de las tres pruebas olímpicas

De la misma forma, los participantes serán informados y deberán de atender a los criterios de exclusión:

- Lesión que impida la práctica deportiva en una semana continuada o en más de 5 sesiones alternas.
- Ausencia en tres o más sesiones de entrenamiento.
- Uso de medicamentos que interfieran con la práctica deportiva.
- Realización de una preparación física alternativa durante el desarrollo del estudio.
- Padecer algún tipo de enfermedad que inhabilite la práctica de alta intensidad.

Posteriormente, los sujetos serán divididos de forma aleatoria en tres grupos, dos de ellos de intervención (A y B) y uno de control (C). La distribución de los grupos será aleatoria, y la realizará el propio estadístico mediante sorteo, sin interferencia ni previo conocimiento del investigador principal y los entrenadores.

Los grupos de intervención realizarán una preparación física específica externa con diferentes tipos de cargas: el grupo A (n=15) trabajará con autocargas, y el grupo B (n=15) con carga externa. El grupo C (n=15) realizará un entrenamiento de escalada sin trabajo específico externo de preparación física y el cual no estará monitorizado. La duración en el tiempo del estudio será de 8 semanas, con 3 entrenamientos cada una de ellas.

Los entrenamientos de los grupos de intervención se realizarán lunes, miércoles y viernes con diferentes horarios. El grupo control entrenará los martes, jueves y sábado.

Es importante conocer que el único aspecto que será monitorizado de los entrenamientos es la preparación física externa específica de los grupos A y B. El resto de entrenamiento de cada sujeto se realizará de forma habitual con supervisión del investigador principal y el entrenador de escalada, pero sin intervención. Los sujetos pueden asistir a clases del propio rocódromo, seguir su propio plan de entrenamiento en pared, siempre y cuando sea su forma de entrenamiento de escalada habitual. Estos mismos requisitos se aplican al grupo

control, el cual no dispondrá de una preparación física monitorizada, simplemente la supervisión del entrenamiento propio sin intervención.

4.3 VARIABLES Y MATERIAL DE MEDIDA

La variable independiente del estudio será el tipo de entrenamiento, por lo que se tratará de variables activas que podrán ser modificadas. Concretamente, la variable independiente serán los dos protocolos de preparación física que llevará a cabo los grupos A y B, y el entrenamiento del grupo C, para observar la mejora en el rendimiento y la RS. Estos dos protocolos se basarán en dos entrenamientos de preparación física con diferentes tipos de cargas; un grupo trabajará con cargas externas, y otro con autocarga. Por su parte, el entrenamiento del grupo C será el habitual de los propios sujetos, pudiendo o no incorporar preparación física y trabajo en pared.

Existen dos variables dependientes que serán iguales para los tres grupos:

- Los resultados obtenidos de la prueba de escalada olímpica al final de la semana número 8, que determinará el rendimiento en la escalada. La prueba de bloque y la prueba de escalada de dificultad, cuyos procedimientos se basarán en el reglamento de la Federación Española de Deportes de Montaña y Escalada (FEDME, 2021).
- Los resultados de la prueba de fuerza relativa, también realizado al final de la semana número 8 y que indicará la mejora de la fuerza relativa, mediante el test propuesto por Venereol & Pigmentosum (2012).

En cuanto al material de medida, se empleará un acelerómetro isoinercial para el uso del arm-jump test de Venereol & Pigmentosum (2012) que nos proporcionarán valores sobre la aceleración.

Además, para la preparación física de los grupos de intervención y los test de carga, se requerirá el uso de varios ADR Encoder para el control de las cargas y la velocidad de ejecución.

4.4 PROCEDIMIENTOS

El estudio estará dividido en tres etapas, una etapa inicial, una etapa de desarrollo y una etapa final o de resultados, como muestra la Figura 2.

Figura 2

Organización general y diseño del estudio.



Nota. Fases y subfases del estudio. Elaboración propia.

4.4.1 Etapa inicial o de valoración

4.4.1.1 Reclutamiento y formación de grupos

Tras la realización del reclutamiento procedente de los criterios de inclusión, se asignan de forma aleatoria tres grupos. Dos de ellos serán de intervención: grupo A (G.A) y grupo B (G.B), y uno de control, grupo C (G.C). El G.A dispondrá de una preparación física específica externa monitorizada basada en autocargas, mientras que la del G.B se basará en carga externa, siendo esta parte de la sesión complementaria al entrenamiento de escalada de cada participante. Por su parte, el grupo control no dispondrá de preparación física

específica externa, solamente deberá realizar el entrenamiento de escalada de forma habitual.

4.4.1.2 Entrega de información

La siguiente subetapa se fundamenta en la entrega de toda la información que los participantes necesitarán para la realización del estudio. Se informará de los criterios de exclusión y se asegurará su cumplimiento, también se entregará la hoja de consentimiento informado para su aceptación (Anexo 1), la hoja resumen de las fases del estudio (Figura 2) y la información relacionada con los horarios que se expone en la Figura 3.

Figura 3

Calendario para los participantes del estudio.

Mayo 2022							Junio 2022						
Do.	Lu.	Ma.	Mi.	Ju.	Vi.	Sá.	Do.	Lu.	Ma.	Mi.	Ju.	Vi.	Sá.
1	2	3	4	5	6	7				1	2	3	4
8	9	10	11	12	13	14	5*	6	7	8	9	10	11
15	16	17	18	19	20	21	12	13	14	15	16	17	18
22	23	24	25	26	27	28	19*	20	21	22	23	24	25
29	30	31					26	27	28	29	30		

Nota. Organización en el tiempo general y horarios. Elaboración propia.

 → Entrenamiento G.A → 17:00- 19:00 (sala máquinas) /Entrenamiento G.B → 19:00-21:00 (sala de barras)

 → Entrenamiento G.C → entre 17:00 y 21:00 (libre)

 → Test de carga para G.A (11:00- 13:00) y G.B (17:00- 19:00)

 → Prueba escalada y RS (hall principal). G.A → 9:00-12:00/ G.B → 13:00-16:00/ G.C → 16:00- 20:00

* → Reunión IP y ayudante principal con Personal FEDME.

4.4.1.3 Valoración G.A y G.B

Una vez los participantes conocer toda la información necesaria para la realización del estudio, se avanza a la subetapa de valoración, que se llevará a cabo al día siguiente por parte del IP y el preparador físico. Sólo los grupos de intervención deberán de acudir a esta valoración.

El G.B realizará una medición indirecta para determinar su RM. Debido a las características de la escalada, los ejercicios que se emplearán será: (1) de tirón, la dominada lastrada, (2) de empuje, el press de banca. La medición se realizará en base a la fórmula de Brzycki (1993) [$1RM = \text{peso levantado} / (1,0278 - 0,0278 X)$]. Según González y Serna (2018) esta fórmula son especialmente efectivas en los ejercicios de sentadilla completa y press banca, y se deberá de realizar con una carga que impida la realización de más de 10-12 repeticiones, donde los valores se distorsionarían debido a la influencia de la resistencia a la fuerza. En cuanto a la medición de la dominada, se aplicará la misma fórmula pero con la suma del peso corporal [$1RM = (\text{peso levantado} + \text{peso corporal}) / (1,0278 - 0,0278 X)$]. En ambos casos, la X indica el número máximo de repeticiones realizadas con ese peso. En la Figura 4 y 5, se explica de forma detallada ambos ejercicios

Figura 4

Grupo B, ejercicio de press banca

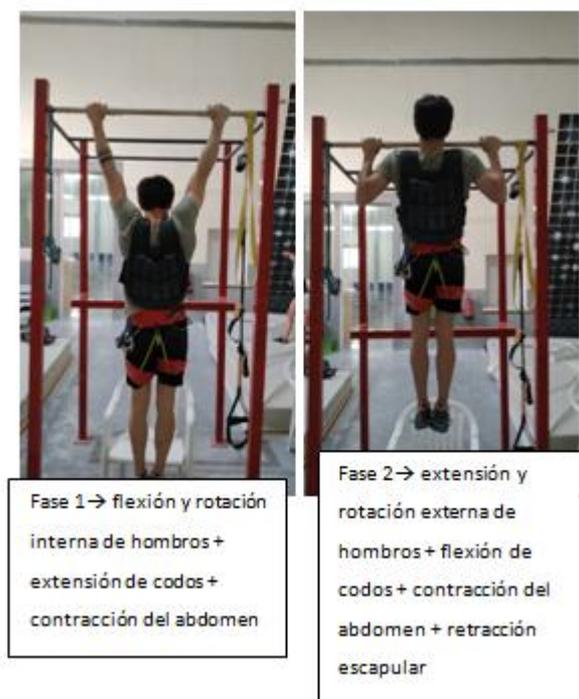


Nota. Fase 1= fase excéntrica / Fase 2= fase concéntrica. Elaboración propia

La incorporación de el ejercicio de press banca en la preparación física es compensatorio. En base a (Batalha et al., 2015), el trabajo compensatorio es fundamental para evitar descompensaciones como las que se producen en los nadadores con los rotadores internos y abductores del hombro. Es por esto que se incorpora el trabajo de empuje por medio del press banca, para compensar todo el trabajo de la parte posterior de la espalda (dominadas) con un trabajo de la parte anterior del torso (press banca).

Figura 5

Grupo B, ejercicio de dominadas lastradas



Nota. Fase 1= fase excéntrica / Fase 2= fase concéntrica. Elaboración propia.

El empleo de la dominada como ejercicio para el test se fundamenta en (Stien et al., 2021) que afirma la importancia de la musculatura traccionadora a la hora de escalar y como factor de rendimiento. Del mismo modo, Consuegra (2020) refleja la importancia de la dominada debido a su transferencia y al reclutamiento de músculos que intervienen en la acción de traccionar.

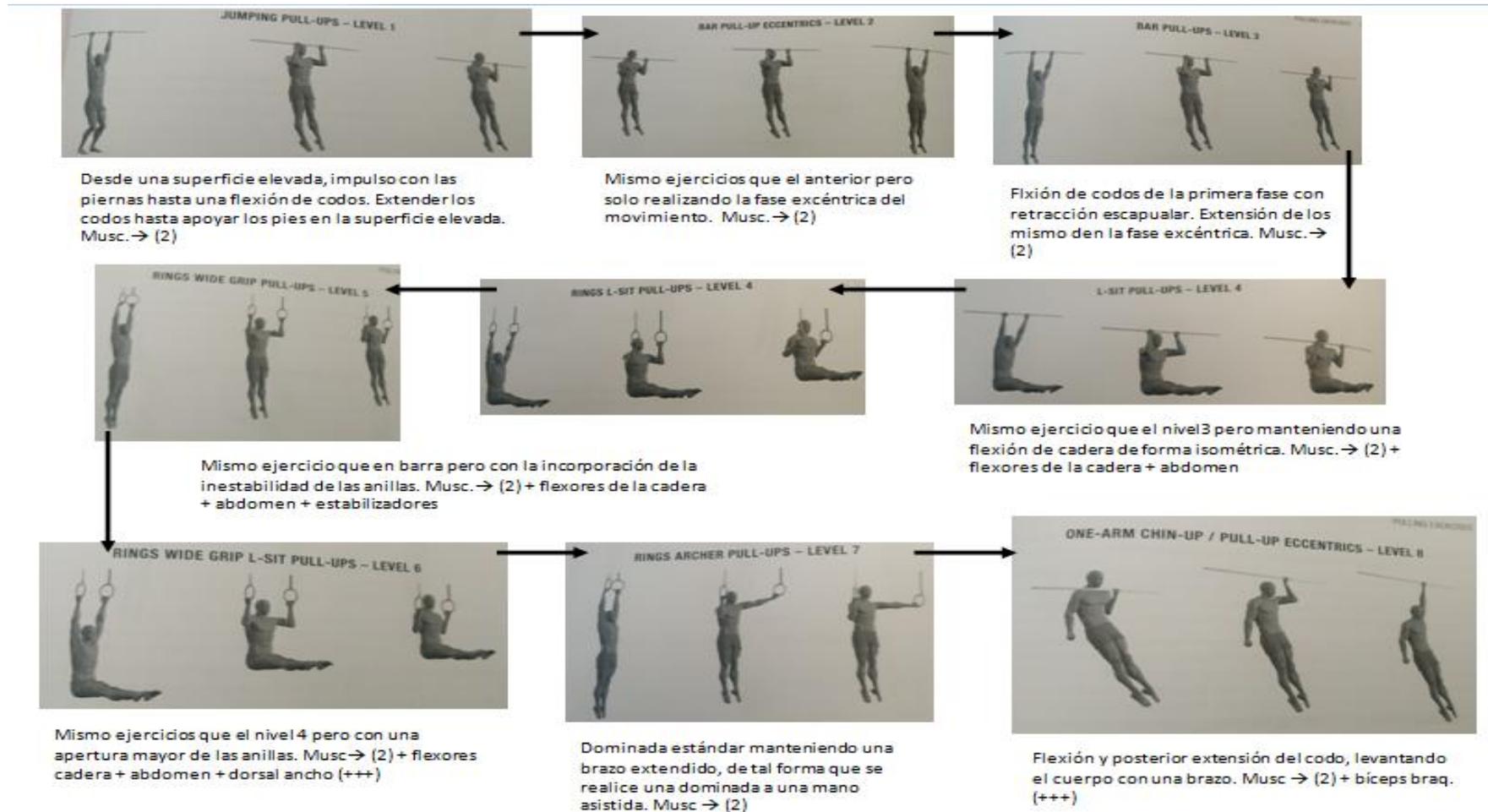
El G.A tendrá un test basado en las progresiones y tablas de Low (2016). El test consistirá en la realización de progresiones de menor a mayor nivel hasta la incapacidad de realizar del ejercicio. Destacar que cada progresión está clasificada por niveles basándose en el Código de Puntuación (COP) regulado por la Federación Internacional de Gimnasia (FIG). De esta forma, y debido a las características de la escalada se escogieron dos progresiones: (1) de tirón basada en la dominada, (2) de empuje basada en los fondos. Ambas progresiones se explican de forma detallada en la Figura 6 y 7.

Se ha escogido el movimiento de fondos para el ejercicio de empuje debido a la transferencia entre grupos musculares y la propia acción de empuje que en ocasiones se realiza en escalada, conocida como *mantle*.

Estos dos test de medición se realizarán dos veces más a lo largo de la intervención para seguir el principio de la carga de entrenamiento. De la misma forma, en las etapas posteriores se hará referencia a este proceso con el nombre de 'test de carga'.

Figura 6

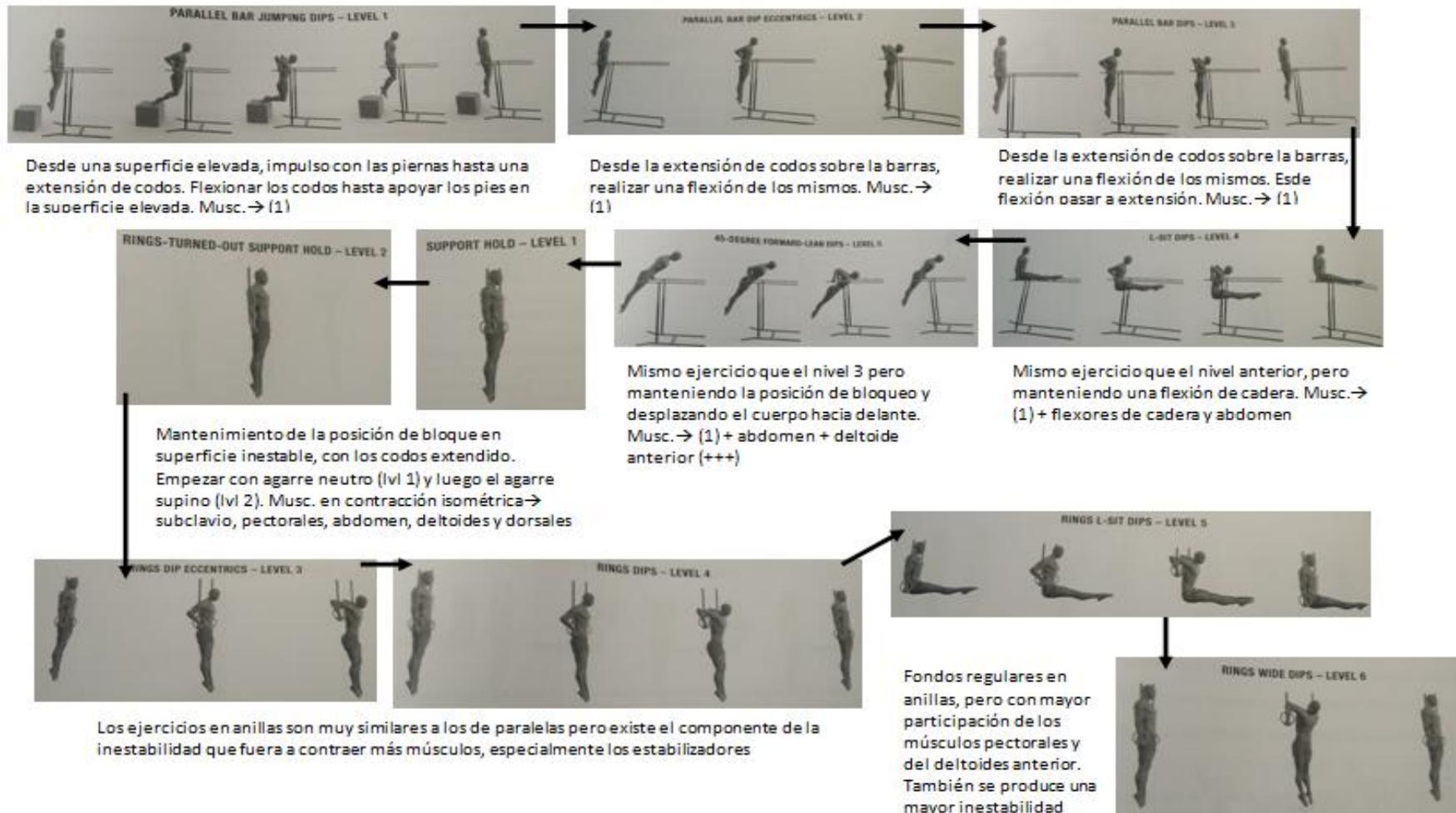
Test de carga grupo A para dominadas



Nota. Figuras pertenecientes a Cousin, R., Kash, M., & Tanaka, S. (2016). Elaboración propia.

Figura 7

Test de carga grupo A para fondos.



Nota. Figuras pertenecientes a Cousin, R., Kash, M., & Tanaka, S. (2016). Elaboración propia.

4.4.1.4 Pre-test RS

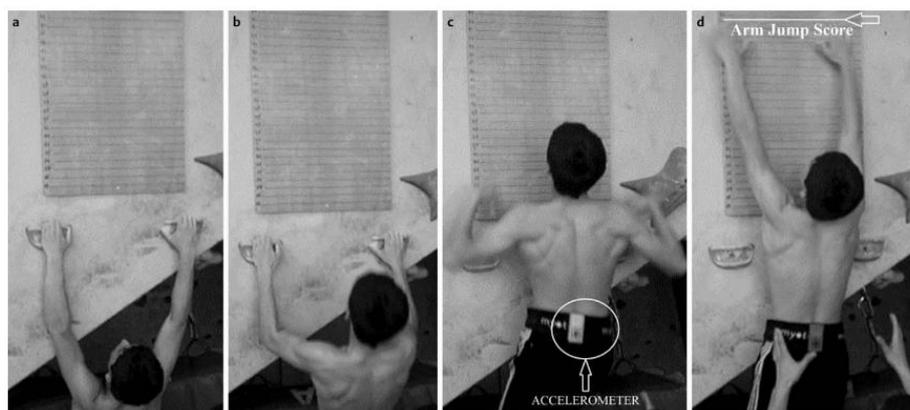
La valoración de la RS la realizarán el IP y entrenador de escalada y se basará en la realización del test de potencia del tren superior expuesto por Laffaye et al. (2014).

La prueba se denomina *arm-jump test*, y se realizará usando un tablero con escala en centímetro en la pared y dos agarres con forma de “jarra”. Estas presas, según Venereol & Pigmentosum (2012), permiten un agarre de todos los dedos sobre el labio superior de la misma, facilitando un agarre sencillo y positivo, y evitando las habilidades de agarre y los dedos. Por último, las presas se encontrarán separadas 55 cm y se utilizará un acelerómetro isoinercial para la medición que reflejará la aceleración del centro de masas.

Antes de la realización de la prueba los participantes llevarán a cabo un calentamiento de 10 minutos de duración de forma libre y supervisada por el IP y el entrenador de escalada. Una vez realizado el calentamiento, los participantes irán pasando de uno en uno por la prueba. Cada uno de ellos dispondrá de 3 intentos con un descanso de 3 minutos, siendo el mejor test el que servirá como resultado.

Figura 8

Arm jump test desde el inicio del movimiento hasta el final.



Nota. Laffaye, G., Collin, J.M., Levemier, G., & Padulo, J. (2014).

La prueba se realizará con ambas manos agarradas a las presas, con los codos totalmente extendidos y sin apoyar los pies. A continuación, el sujeto realiza una dominada lo más rápido y explosivo posible, soltando ambas manos y tratando de alcanzar la parte más alta del tablero, como se indica en la Figura 8.

4.4.1.5 Pre-test rendimiento en escalada

Por su parte, la valoración del rendimiento de escalada se realizará con la supervisión de IP y el entrenador de escalada, así como con la participación del jurado, árbitro, asegurador y equipador de vías (Personal FEDME). El formato de la prueba expuesto a continuación se basa en el reglamento de la Federación Española de Deporte de Montaña y Escalada (FEDME, 2021).

Los resultados son consecuencia de una prueba combinada que incluye velocidad, bloque y dificultad, en ese orden. No obstante, y debido a la gran novedad que supone la prueba de velocidad, se ha decidido retirar esta modalidad y analizar los resultados por medio de las pruebas de bloque y dificultad. La posibilidad de que algunos sujetos no hayan experimentado la prueba de velocidad puede provocar resultados difíciles de interpretar debido a la posible mejora a mayor número de intentos, por adaptación a la prueba.

La prueba de bloque constará de 3 problemas, con un total de 4 minutos para cada bloque, habiendo tenido un periodo de 2 minutos de visualización conjunta de los tres problemas. En cada bloque se diferenciará de forma clara la salida, la zona intermedia (finalización parcial del problema) y el top (finalización total). Los bloques se irán completando de uno en uno, siendo imposible pasar al siguiente problema si los demás sujetos no han finalizado su tiempo en el primer bloque, y debiendo de esperar en la zona de aislamiento. La puntuación dará prioridad a los tops alcanzados, luego las zonas alcanzadas y por último los intentos.

La prueba de dificultad se basará en una vía de 15 metros mínimo de recorrido y con un tiempo máximo de 6 minutos por participantes. De la misma forma, los sujetos dispondrán de un periodo de observación, y deberán de ir

completando su único intento de uno en uno esperando en la zona de aislamiento. La puntuación se basa en la presa más alta alcanzada, existiendo una bonificación si el participante inicia el movimiento a la siguiente, obteniendo un plus (+). En caso de empate, será el tiempo el que indique el mejor resultado.

En cuanto a la puntuación final, se multiplicarán los puestos en cada una de las pruebas, siendo el participante con menor puntuación el que ha obtenido un mejor rendimiento, como se muestra en la Tabla 1. En caso de empate, la cantidad de mejores posiciones indicará el desempate.

Tabla 1

Modelo de puntuación para prueba final de valoración de escalada.

SUJETO/MODALIDAD	BLOQUE	DIFICULTAD	FINAL
SUJETO 1	1.00	2.00	2.00
SUJETO 2	3.00	1.00	3.00
SUJETO 3	2.00	3.00	6.00

Nota. Basado en el reglamento de FEDME (2021).

4.4.2 Etapa de desarrollo

La etapa de desarrollo conforma las 8 semanas completas de intervención. En esta fase se llevará a cabo la preparación física monitorizada de los grupos de intervención, así como el entrenamiento habitual del grupo control y los diferentes test para la progresión de las cargas. La organización temporal de los entrenamientos y el lugar se expone en la Figura 3, y los participantes ya deberán de conocer esta información.

Cada grupo de intervención tendrá asignado uno o varios organizadores del estudio y la supervisión del IP. El G.A estará dirigido por el entrenador de gimnasia artística, mientras que el G.B lo dirigirá un preparador físico. En ambos casos, la dirección durará el tiempo necesario de preparación física, el resto de

entrenamiento en pared estará supervisado por el entrenador de escalada pero sin intervención, al igual que el entrenamiento completo del G.C.

4.4.2.1 Consideraciones generales de los protocolos

El modelo de planificación que se empleará será la programación de intensidad progresiva (PIP) expuesto por González & Serna (2018). Se ha escogido este modelo por dos razones: (1) enfatiza en la fatiga neural, por lo que se produce poca hipertrofia, (2) los participantes no tienen un nivel de entrenamiento homogéneo.

Por otro lado, durante las semanas de intervención se trabajará sobre la fuerza resistencia (1 entrenamiento por semana) y fuerza explosiva (2 entrenamientos por semana). Se ha incluido el trabajo de la fuerza resistencia debido a la prueba combinada, donde se encuentra la modalidad de dificultad, cuyo principal factor de rendimiento es la resistencia (Michailov, 2014), y la fuerza explosiva como uno de los aspectos para la mejora de la fuerza en escalada (Consuegra, 2020).

A la hora trabajar la fuerza explosiva, se basará en los conceptos expuestos por González & Serna (2018).

- Cualquier resistencia.
- Repeticiones por serie: 1-6.
- Carácter del esfuerzo (CE): desde el más pequeño (5-6) hasta una resistencia insalvable de una repetición.
- Velocidad de ejecución máxima.
- Recuperación entre series: 3-5 minutos (suficiente para alcanzar la máxima producción de fuerza en cada serie).

Por el contrario, los días que se realice un protocolo de fuerza-resistencia se asegurará del cumplimiento los siguientes requisitos (González & Serna, 2018):

- La carga no debe de cambiar la estructura de la técnica.
- Velocidad siempre alta.

- No más de 15-20 repeticiones.
- Tiempo de recuperación debe permitir realizar el ejercicio a una intensidad (velocidad) semejante.

El calentamiento según Stewart & Sleivert (1998) consiste en un periodo de ejercicios submáximos y estiramientos. En su estudio se observó a 9 jugadores de rugby, que fueron sometidos a un periodo de calentamiento de 15 minutos en cinta al 60, 70 u 80% del VO₂max, seguido de un periodo de estiramiento por el método de contracción-relajación de los flexores de cadera, isquiotibiales, gastrocnemios y cuádriceps. Como resultado se obtuvo una mejora de la capacidad anaeróbica, aunque las mejoras en el rango de movimiento no fueron significativas (Stewart & Sleivert, 1998).

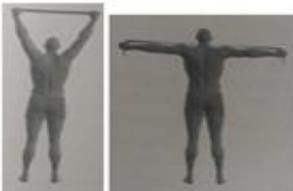
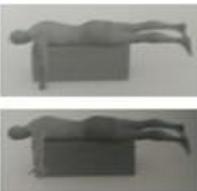
Según el metaanálisis de Fradkin et al. (2010), en el que se utilizaron 32 artículos de calidad y 92 combinaciones de calentamientos, se obtuvo como conclusión que un calentamiento correctamente realizado conlleva un incremento del rendimiento un 79% de las veces.

El calentamiento de los grupos de intervención comenzará con 5 minutos de comba a una intensidad del 40% o 50%, donde incorporan elementos coordinativos (saltar con un pierna cada 3 saltos), según propone Consuegra (2020). A continuación, se realizarán 5 minutos de estiramientos activos o dinámicos, que no deberán de llegar a los 8 segundos de duración para no activar el reflejo de inhibición autogénica (Consuegra, 2020). Estos estiramientos consistirán en realizar rebotes en todos los planos de movimiento del hombro, movilidad de los músculos de la espalda y de las escápulas (protección y retracción), así como movilidad del tren inferior, aunque en menor medida. Por último, se realizarán aproximaciones en los dos ejercicios que se trabajarán donde se irá aumentando el peso (G.B) y la dificultad del ejercicio (G.A). Para ello, se partirá de poca intensidad (peso) con más volumen, y se irá aumentando la intensidad a medida que el volumen disminuye (Merchante, 2015).

Por lo tanto, en la Figura 9 se explica de forma general el tipo de calentamiento que los grupos de intervención realizarán previo a la preparación física.

Figura 9

Calentamiento grupos de intervención

CALENTAMIENTO GRUPOS DE INTERVENCION			
Activación mediante comba con aspectos coordinativos (5 minutos)			
Movilidad de tren superior y tren inferior en menor medida (5 minutos)			
<p>Trabajo de escápula</p>  <p>Con los codos bloqueados retraer y protraer la escápula</p>	<p>Trabajo de compresión</p>  <p>Flexión de cadera</p>	<p>Trabajo de postura</p>  <p>Posición de bloqueo</p>	
<p>Trabajo de hombros</p>  <p>Circunducción de hombro con gomas</p>  <p>Flexión + abducción de hombro con gomas</p>  <p>Abducción de codos sobre bloque</p>		<p>Trabajo de codos</p>  <p>Flexión de codo y hombro</p>  <p>Aducción de hombros + flexión codos</p>  <p>Flexión de codo + aducción de hombro</p>	
Series de aproximación (5-10 minutos)			
<p>Grupo A (autocargas)</p> <p>-13 dominadas regulares/ 20"</p> <p>-10 dominadas L-sit/ 20"</p> <p>-8 dominadas en anillas amplias/ 30"</p>		<p>Grupo B (carga externa)</p> <p>-15 (barra) press banca/ 20"</p> <p>-12 (30%) press banca/ 20"</p> <p>-10 (40%)press banca/ 30"</p>	

Nota. Figuras pertenecientes a Cousin, R., Kash, M., & Tanaka, S. (2016). Elaboración propia.

Con este calentamiento se cumplen los 3 aspectos esenciales que debe cumplir un calentamiento propuesto por Marchante (2015):

- Activación del sistema nervoso central (SNC) y mejora del impulso nervioso.
- Deberá aumentar la temperatura del cuerpo, provocando trabajo del sistema musculoesquelético.
- Elevar la capacidad de carga de las articulaciones y el rango de movimiento (ROM) óptimo para la sesión.

4.4.2.2 Entrenamiento grupo A

Como se ha mencionado en apartados anteriores, habrá dos tipos de entrenamientos: (1) entrenamiento de fuerza explosiva o RDF representado en la Figura 10, (2) entrenamiento de resistencia a la fuerza, que se puede observar en la Figura 11. En ambos casos se seguirán las recomendaciones expuestas por González & Serna, (2018).

Figura 10

Entrenamiento de RFD para G.A.

ENTRENAMIENTO DE LA FUERZA EXPLOSIVA (RFD)							
Variables	Ejercicios	Series	Rep.	Intensidad	Descanso	Velocidad	Total
Semana 1	(1) Dominadas (2) Fondos	4	6	50% Nivel 5	3-5 minutos	Siempre máxima	4x6 (50%) / 3-5'
Semana 2		4	5	55% Nivel 6			4x5 (55%) / 3-5'
Semana 3		3	5	60% Nivel 7			3x5 (60%) / 3-5'
Semana 4		3	4	65% Nivel 7			3x4 (65%) / 3-5'
Semana 5		3	3	70% Nivel 8			3x3 (70%) / 3-5'
Semana 6		2	4	80% Nivel 9			2x4 (80%) / 3-5'
Semana 7		3	2	85% Nivel 9			3x2 (85%) / 3-5'
Semana 8		2	2	90% Nivel 10			2x2 (90%) / 3-5'

Nota. Elaboración propia.

Figura 11

Entrenamiento de resistencia a la fuerza para G.A.

ENTRENAMIENTO DE RESISTENCIA A LA FUERZA							
Variables	Ejercicios	Series	Rep.	Intensidad	Descanso	Velocidad	Total
Semana 1	(1) Dominadas (2) Fondos	3	15	30% Nivel 3	1-2 minutos	Siempre alta	3x15 (30%)/ 1-2'
Semana 2		3	13	40% Nivel 4			3x13 (40%)/ 1-2'
Semana 3		3	11	50% Nivel 5			3x11 (50%)/ 1-2'
Semana 4		3	10	55% Nivel 6			3x10 (55%)/ 1-2'
Semana 5		4	9	60% Nivel 6			4x9 (60%)/ 1-2'
Semana 6		4	9	65% Nivel 7			4x9 (65%)/ 1-2'
Semana 7		5	8	70% Nivel 8			5x8 (70%)/ 1-2'
Semana 8		5	7	75% Nivel 8			5x7 (75%)/ 1-2'

Nota. Elaboración propia.

Respecto al control de la intensidad en el entrenamiento de autocarga, se ha empleado los niveles de dificultad expuestos por Low (2016) y se han relacionado con los porcentajes de intensidad de carga externa. En la Figura 12, se observa la relación entre el nivel dentro de la progresión y el tipo de ejercicio.

Figura 12

Relación entre el nivel de las progresiones y el ejercicio asociado.

PROGRESIÓN DE FONDOS		PROGRESIÓN DE DOMINADAS	
1	Dominadas saltadas	1	Fondos saltados
2	Dominadas excéntricas/ Dominadas con patada	2	Fondos excéntricos
3	Dominadas regulares	3	Fondos regulares
4	Dominadas en L-sit/ Dominadas en L-sit en anillas	4	Fondos en L-sit
5	Dominadas amplias en anillas/ Dominadas con palmada y patada	5	Fondos con inclinación de 45°
6	Dominadas amplias en L-sit en anillas	6	Fondos en anillas excéntricos
7	Dominadas en arquero en anillas/ Dominadas en L-sit con palmada	7	Fondos en anillas
8	Dominadas en L-sit y manos al abdomen	8	Fondos en anillas en L-sit
9	Dominadas en L-sit y manos a las piernas	9	Fondos amplios en L-sit en anillas
10	Dominada a una mano excéntrica	10	Fondos en anillas hacia fuera con 45°
11	Dominadas con palmada detrás de la espalda	11	Fondos en anillas hacia fuera con 75°
12	Dominada a una mano	12	Fondos en anillas hacia fuera con 90°

Nota. Elaboración propia.

Para la medición de la velocidad del entrenamiento del G.A se empleará el dispositivo ADR Encoder en los ejercicios de dominadas. No obstante, y debido a la escasez de estudios sobre entrenamiento con autocargas y su monitorización y medición, no se ha empleado el Encoder en estos tipos de ejercicio. Si bien, se ha llegado a emplear en las dominadas lastradas, que será el único ejercicio donde se controlará la pérdida de velocidad, para evitar pérdidas de más del 10%.

4.4.2.3 Entrenamiento grupo B

El entrenamiento del grupo B funcionará igual que el del grupo A en cuanto al tipo de entrenamiento (RFD y resistencia a la fuerza) y las recomendaciones a seguir (González & Serna, 2018). Los aspectos que cambiarán serán los ejercicios y la intensidad que está expresada por la carga empleada.

Para el entrenamiento de la RFD se empleara la Figura 13 donde se expone las variables del entrenamiento por semana, mientras que la Figura 14 se explica el entrenamiento de resistencia a la fuerza.

Figura 13

Entrenamiento de RFD para G.B.

ENTRENAMIENTO DE LA FUERZA EXPLOSIVA (RFD)							
Variables	Ejercicios	Series	Rep.	Intensidad	Descanso	Velocidad	Total
Semana 1	(1) Dominadas lastradas (2) Press banca	4	6	50%	3-5 minutos	Siempre máxima	4x6 (50%) / 3-5'
Semana 2		4	5	55%			4x5 (55%) / 3-5'
Semana 3		3	5	60%			3x5 (60%) / 3-5'
Semana 4		3	4	65%			3x4 (65%) / 3-5'
Semana 5		3	3	70%			3x3 (70%) / 3-5'
Semana 6		2	4	80%			2x4 (80%) / 3-5'
Semana 7		3	2	85%			3x2 (85%) / 3-5'
Semana 8		2	2	90%			2x2 (90%) / 3-5'

Nota. Elaboración propia. .

Durante el entrenamiento del G.B se empleará el dispositivo ADR Encoder que nos permitirá conocer la velocidad de ejecución, variable fundamental para el entrenamiento de RDF donde la velocidad debe ser máxima y no puede haber pérdidas de velocidad superiores al 10%.

Figura 14

Entrenamiento de resistencia a la fuerza para G.B.

ENTRENAMIENTO DE RESISTENCIA A LA FUERZA							
Variables	Ejercicios	Series	Rep.	Intensidad	Descanso	Velocidad	Total
Semana 1	(1) Dominadas lastradas (2) Press banca	3	15	30%	1-2 minutos	Siempre alta	3x15 (30%)/ 1-2'
Semana 2		3	13	40%			3x13 (40%)/ 1-2'
Semana 3		3	11	50%			3x11 (50%)/ 1-2'
Semana 4		3	10	55%			3x10 (55%)/ 1-2'
Semana 5		4	9	60%			4x9 (60%)/ 1-2'
Semana 6		4	9	65%			4x9 (65%)/ 1-2'
Semana 7		5	8	70%			5x8 (70%)/ 1-2'
Semana 8		5	7	75%			5x7 (75%)/ 1-2'

Nota. Elaboración propia.

4.4.2.4 Entrenamiento grupo C

El entrenamiento del grupo C será diferente al de los grupos de intervención. En primer lugar, no dispondrá de una preparación física específica externa proporcionada por el equipo investigador. Además, el entrenamiento de cada sujeto del grupo C puede ser diferente, ya que se deberá seguir el entrenamiento habitual que los sujetos realizan. El único aspecto que deberán cumplir los participantes será la realización del entrenamiento dentro de las instalaciones del Sharma Climbing de Madrid.

Este grupo estará supervisado por el entrenador de escalada, pero sin intervención en el proceso de entrenamiento.

4.4.2.5 Test de carga grupos de intervención

Los test de carga serán realizados al comienzo del estudio, tras la asignación de grupos y el reclutamiento; y al final de la semana 3 y 6 para asegurar una adecuada progresión de las cargas de entrenamiento. Estos test serán realizados a los grupos de intervención por el preparador físico, el entrenador de gimnasia y el IP. Ambos test de carga se muestran explicados de

forma detallada en las Figuras 4, 5 correspondiente al test del G.B; y las Figuras 6 y 7 perteneciente al test del G.A.

4.4.3 Etapa final o de resultados

Esta etapa se llevará a cabo una vez finalizado el periodo de intervención de 8 semanas. Tras esto, se realizarán las valoraciones finales mediante el *arm-jump test* propuesto por Venereol & Pigmentosum (2012) que proporcionará información sobre la RS, y mediante la simulación de una competición basado en la normativa de la Federación Española de Deportes de Montaña y Escalada (FEDME, 2021). Ambas pruebas se han explicado de forma detallada en la etapa inicial, en el subapartado de pre-test.

4.4.5 Lugar de realización del estudio

El estudio se llevará a cabo en las instalaciones del rocódromo Sharma Climbing de Madrid. Se ha escogido este centro para la realización del estudio debido al tamaño el complejo y a su polivalencia, ya que ofrece salas de máquinas y salas de barras que pueden emplearse para la preparación física de cada uno de los grupos de intervención, sin necesidad de buscar un gimnasio u otra instalación alternativa. Hay que destacar que en la zona de gimnasio se encuentra todo el material necesario para la preparación física, contando con zonas de peso libre. En cuanto a la sala de barras, el único material que puede llegar a necesitarse y del cual el complejo no dispone serían las anillas, que las proporcionaría el propio equipo investigador. Del mismo modo, estas salas se encuentran aisladas y separadas de la zona de escalada, por lo que no sería necesaria la reserva de toda la zona de escalada. Por otro lado, para la prueba final de escalada, el complejo ofrece paredes para la realización de la prueba de bloque y dificultad, al mismo que dispone de zonas más aisladas que se pueden emplear como zona de calentamiento o zona de espera.

En cuanto a la comunicación, se puede llegar de forma cómoda a una parada de metro que nos ubica a 5 minutos andando del complejo. De la misma forma, existen varios autobuses de la EMT con parada cerca del recinto.

Por último, los horarios. En el rocódromo tiene lugar clases de 30 minutos, puede haber horarios en los que la preparación física y algunas clases coincidan. No obstante, este aspecto estaría hablado con el rocódromo de antemano y se gestionaría el espacio gracias a las numerosas salas con las que cuenta.

4.4.4 Reuniones del equipo investigador y personal FEDME

Las reuniones del personal FEDME se llevarán a cabo los dos domingos posteriores a la prueba de valoración final. En ella participarán el IP, el ayudante principal y el personal FEDME al completo. La primera reunión será informativa sobre las características de la prueba final de escalada, la cantidad de participantes y los horarios, y se podrá realizar de manera telemática. La segunda reunión constará de dos fases y será presencial.

- Organización para la preparación del espacio: la preparación general del espacio se encuentra indicada en la Figura 15. La zona de calentamiento se encontrará en la sala final del rocódromo, donde hay numerosos bloques, tensión board, campus y tablas multipresas. La zona de espera se encontrará en la parte izquierda del complejo, en la zona de autoaseguradores. Las zonas para la prueba de bloque se realizará en la pared desplomada debajo de la zona de espera, mientras que la prueba de dificultad se llevará a cabo en el muro que hay en la parte derecha del complejo. Por último, la posición de los jueces y el árbitro será frontal a la prueba que se esté realizando.
- Orden de salida y dorsales: será aleatorio dentro de cada grupo, y los dorsales se asignarán antes del comienzo del calentamiento.

Figura 15

Sharma Climbing Madrid, zonas para la realización de la prueba final.



Nota. Modificado de Sharma Climbing Madrid (s.f)

1→ Zona de problemas de bloque 2→Zona de espera 3→Zona de vía de dificultad 4→Zona de calentamiento.

Por otro lado, las reuniones generales donde deberán de asistir todos los miembros del equipo investigador. Estas reuniones se realizarán al antes del comienzo del estudio y al finalizar el mismo; con el objetivo de analizar los resultados obtenidos, extraer conclusiones y comenzar la redacción del proyecto final. En el Anexo 2 se expone la organización temporal del estudio.

5. ANÁLISIS DE DATOS

Las variables que se analizarán serán los datos recogidos procedentes de las valoraciones iniciales (pre-test) y las valoraciones finales de las pruebas de RS (*arm-jump test*) y de rendimiento en escalada.

Ambas variables son cuantitativas, por lo que se utilizarán las siguientes pruebas: (1) media, cálculo del valor medio teniendo en cuenta los valores extremos; (2) desviación típica, para reflejar la dispersión de los datos, (3) porcentajes que reflejen la diferencia entre las mediciones, para la comparación de datos. Todas estas pruebas se realizarán de forma descriptiva con la ayuda de un estadístico.

Se estudiarán y calcularán las medias los porcentajes de mejora y las desviaciones típicas de forma descriptiva.

En función del análisis de la normalidad de los resultados obtenidos, se elegirá la prueba estadística adecuada para el cálculo de la significación y el tamaño del efecto.

6. EQUIPO INVESTIGADOR

En la Tabla 2 se especifica la función y titulación de cada uno de los componentes del equipo investigador.

Tabla 2

Equipo investigador y funciones.

	PROFESIÓN	TITULACIÓN	FUNCIÓN
1	CAFyD (Investigador principal)	Grado en CAFyD + especialista en calistenia y SW	Organización general, supervisión de sujetos y ayuda en el diseño de sesiones
2	CAFyD + entrenador de gimnasia artística	CAFyD + Entrenador nacional gimnasia artística masculina	Diseño y dirección de la preparación física del G.A
3	CAFyD + entrenador de escalada deportiva (Ayudante principal)	CAFyD + Técnico deportivo nivel 2 de escalada	Ayudante del IP
4	Preparador físico	CAFyD + master en preparación física y deportiva	Diseño y dirección de la preparación física del G.B
5	Asegurador	Licencia federativa FEDME + certificado de la entidad que acredite que son aptos	Organización de la prueba final de escalada y asegurar a los participantes en vía
6	Árbitro de vía	Árbitro Nacional (FEDME) + licencia federativa de la FEDME de 2022	Organización de la prueba final de escalada indicando posibles faltas y elaborando la hoja de resultados
7	Equipador Delegado	Licencia federativa de la FEDME de 2022 + titulación de la FEDME	Organización de la prueba final de escalada y equipador de los problemas y las vías
8	Presidente del jurado	Árbitro Nacional (FEDME) + Licencia federativo de la FEDME de 2022	Organización y control de la prueba final, firma la hoja de resultados
9	Estadístico	Grado en estadística	Introducir y analizar los datos recogidos

Nota. Descripción de funciones generales y titulación del equipo investigador.

Elaboración propia  → Personal FEDME.

7. VIABILIDAD DEL ESTUDIO

Las principales limitaciones dentro del estudio sería la propia muestra, donde solo se observa y analiza a hombres, no pudiendo obtener datos para las mujeres. Además, la exclusión de la prueba de velocidad que podría ser relevante para deportistas de competición y no para aficionados. Para solucionar estas dos limitaciones existen tres opciones (1) realizar un estudio alternativo donde se analice la actuación de las mujeres, (2) realización de un futuro estudio con la incorporación de la prueba de velocidad cuando su práctica sea más habitual y extendida, (3) incorporar la prueba de velocidad limitando la muestra a participantes que hayan practicado las tres modalidades.

Otra limitación importante es la escasez de bibliografía respecto al entrenamiento con autocargas. La ausencia de métodos de medición de la velocidad y cuantificación de la carga suponen una gran barrera para el estudio. Se tratará de solucionar mediante el uso del ADR Encoder en los ejercicios de dominadas.

En cuanto a los aspectos económicos, los principales gastos derivarían de la toma de resultados al final de la semana 8 y el reclutamiento de profesionales. Del mismo modo, se debería de llegar a un acuerdo con el rocódromo Sharma Climbing Madrid para reservar la zona de gimnasio y barras para el grupo A y B. Además, el día de la realización de la prueba combinada se deberá reservar una zona para bloque y dificultad, así como el establecimiento de la zona de aislamiento, pudiendo derivar en la reserva del rocódromo entero. Como principal limitación en este aspecto es el requerimiento de financiación para la realización del estudio. Las principales soluciones a estos problemas es reducir el coste por otros medios, por ejemplo el uso de material de escalada propio (pies de gatos, arneses...) o derivado de los organizadores del estudio. Además, para el reclutamiento de profesionales se puede optar por el propio personal del rocódromo como ayuda. Otra opción es buscar financiación en asociaciones como la FEDME, de la que también se podrá requerir profesionales.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

Ariza Romojaro, J. (2004). La fuerza relativa como variable de pronóstico del rendimiento deportivo en gimnasia artística. *Kronos: Revista Universitaria de La Actividad Física y El Deporte*, 6, 64–77.

Asociación Médica Mundial. (2013). *Declaración de Helsinki de la AMM*. 1–4.

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

Batalha, N., Raimundo, A., Tomas-Carus, P., Paulo, J., Simão, R., & Silva, A. J. (2015). Does a land-based compensatory strength-training programme influences the rotator cuff balance of young competitive swimmers? *European Journal of Sport Science*, 15(8), 764–772.
<https://doi.org/10.1080/17461391.2015.1051132>

Comité Olímpico Internacional (2022). *Escalada deportiva*.
<https://olympics.com/es/deportes/escalada-deportiva/>

Couceiro, J., (2010). *Perfil antropométrico y perfil psico-fisiológica en escalada deportiva en roca: diferencias entre modalidades* [Tesis doctoral]. Universidad Politécnica de Madrid

Fanchini, M., Violette, F. D. R., Impellizzeri, F. M., & Maffiuletti, N. A. (2013). Differences in climbing-specific strength between boulder and lead rock climbers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(2), 310–314.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182577026>

Federación Española de Deportes de Montaña y Escalada (2021). *Reglamento de competiciones de escalda FEDME*. <https://fedme.es/wp-content/uploads/2022/04/Reglamento-Escalada-2022-aprobado-por-la-CD-11-diciembre-2021.pdf>

Fradkin, A. J., Zazryn, T. R., & Smoliga, J. M. (2010). Effects of warming-up on physical performance: A systematic review with meta-analysis. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(1), 140–148.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181c643a0>

- Fryer, S., Stoner, L., Scarrott, C., Lucero, A., Witter, T., Love, R., Dickson, T., & Draper, N. (2015). Forearm oxygenation and blood flow kinetics during a sustained contraction in multiple ability groups of rock climbers. *Journal of Sports Sciences*, 33(5), 518–526. <https://doi.org/10.1080/02640414.2014.949828>
- González, J. & Gorostiaga, E. (1995). *Fundamentos del entrenamiento de la fuerza. Aplicación al alto rendimiento deportivo*. Inde
- González, J., Sánchez, L., Pareja, F., & Rodríguez, D. (2017). *La velocidad de ejecución como referencia para la programación, control y evaluación del entrenamiento de fuerza*. Ergotech Consulting
- Hörst, E. (2016). 4 fingerboard strength protocols that work. Disponible en <http://trainingforclimbing.com/4-fingerboard-strength-protocols-that-work/>
- Jefatura del Estado de España. (2018). Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales. *Boletín Oficial Del Estado*, 294(BOE-A-2018-16673), 1–67. <https://www.boe.es/buscar/pdf/2018/BOE-A-2018-16673-consolidado.pdf>
- Kozina, Z., Uvarova, N., Kniaz, H., Kabanska, O., Kochina, M., Chernozub, A., Kochin, O., Prokopenko, I., Shkrebtii, Y., Zdanyuk, V., & Altukhov, V. (2020). The influence of results in various types of climbing on the result in the olympic climbing combined at the 2018 world cup (Men). *Journal of Physical Education and Sport*, 20(1), 255–261. <https://doi.org/10.7752/jpes.2020.01034>
- Laffaye, G., Collin, J. M., Levernier, G., & Padulo, J. (2014). Upper-limb power test in rock-climbing. *International Journal of Sports Medicine*, 35(8), 670–675. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1358473>
- López, E. (2014). *Efectos de diferentes métodos de entrenamiento de fuerza y resistencia de agarre en escaladores deportivos de distintos niveles* [Tesis doctoral]. Universidad de Castilla la Mancha
- López, E. (2017). ¿Por qué suspensiones intermitentes?. <https://evalopez.blogspot.com/2017/08/english-version-coming-soon-tal-como.html>

- López, E. (2018). Guía de entrenamiento de suspensiones (I). <https://eva-lopez.blogspot.com/2018/05/programas-de-entrenamiento-de-Suspensiones-i-evaluacion-inicial.html>
- López-Rivera, E., & González-Badillo, J. J. (2019). Comparison of the Effects of Three Hangboard Strength and Endurance Training Programs on Grip Endurance in Sport Climbers. *Journal of Human Kinetics*, *66*(1), 183–193. <https://doi.org/10.2478/hukin-2018-0057>
- Low, S. (2016). *Overcoming Gravity: a systematic approach to gymnastics and bodyweight strength*. Battle Ground Creative
- Major, J. J. (1996). Strength Training Fundamentals in Gymnastics Conditioning. *USA Gymnastics Online*, 1–14.
- Marchante, D. (2015). *PowerExplosive. Entrenamiento eficiente: explora tus límites*. Editorial Luhu
- 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), 359–365. <https://doi.org/10.1136/bjism.34.5.359>
- 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. <https://doi.org/10.5604/17342260.1120661>
- Muehlbauer, T., Stuerchler, M., & Granacher, U. (2012). Effects of climbing on core strength and mobility in adults. *International Journal of Sports Medicine*, *33*(6), 445–451. <https://doi.org/10.1055/s-0031-1301312>
- Ozimek, M., Krawczyk, M., Rokowski, R., Draga, P., Ambroży, T., Mucha, D., Omorczyk, J., Stanula, A., Pocięcha, M., & Görner, K. (2018). Evaluation of the level of anaerobic power and its effect on speed climbing performance in elite climbers. *Trends in Sport Sciences*, *25*(3), 149–158. <https://doi.org/10.23829/TSS.2018.25.3-5>
- Philippe, M., Wegst, D., Müller, T., Raschner, C., & Burtscher, M. (2012). Climbing-specific finger flexor performance and forearm muscle oxygenation

- in elite male and female sport climbers. *European Journal of Applied Physiology*, 112(8), 2839–2847. <https://doi.org/10.1007/s00421-011-2260-1>
- Ryepko, O. A., & Kharkov, G. S. (2013). Features and functionality of speed and power capabilities of elite climbers and various types of rock climbing. *Physical Education of Students*, 6, 59–63. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.840505>
- Saul, D., Steinmetz, G., Lehmann, W., & Schilling, A. F. (2019). Determinants for success in climbing: A systematic review. *Journal of Exercise Science and Fitness*, 17(3), 91–100. <https://doi.org/10.1016/j.jesf.2019.04.002>
- Sawczyn, S., Zasada, M., Kochanowicz, A., Niespodzinski, B., Sawczyn, M., & Mishchenko, V. (2016). The effect of specific strength training on the quality of gymnastic elements execution in young gymnasts. *Baltic Journal of Health and Physical Activity*, 8(4), 79–91. <https://doi.org/10.29359/bjhp.08.4.09>
- Schlegel, P., Sedláková, L., Křehký, A., Schlegel, P., Sedláková, L., & Křehký, A. (2022). Street Workout is the new gymnastics - strength development in a very short school-based program. *Journal of Physical Education and Sport*, 22(2), 489–494. <https://doi.org/10.7752/jpes.2022.02061>
- Sitko, S., & López, I. (2019). Performance Factors in Sport Climbing and Bouldering: Systematic Review. *Revista de Entrenamiento Deportivo*, 33(3).
- Smith, C. A. (1994). The Warm-up Procedure: To Stretch or not to Stretch. A brief review. *Journal of Orthopedic and Sport Physical Therapy*.
- Stewart, I. B., & Sleivert, G. G. (1998). The effect of warm-up intensity on range of motion and anaerobic performance. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 27(2), 154–161. <https://doi.org/10.2519/jospt.1998.27.2.154>
- Stien, N., Pedersen, H., Vereide, V. A., Saeterbakken, A. H., Hermans, E., Kalland, J., Schoenfeld, B. J., & Andersen, V. (2021). Effects of two vs. Four weekly campus board training sessions on bouldering performance and climbing-specific tests in advanced and elite climbers. *Journal of Sports Science and Medicine*, 20(3), 438–447. <https://doi.org/10.52082/jssm.2021.438>

- Thomas, E., Bianco, A., Mancuso, E. P., Patti, A., Tabacchi, G., Paoli, A., Messina, G., & Palma, A. (2017). The effects of a calisthenics training intervention on posture, strength and body composition. *Isokinetics and Exercise Science*, 25(3), 215–222. <https://doi.org/10.3233/IES-170001>
- Venereol, I. D., & Pigmentosum, X. (2012). Sport-Specific power assessment for rock climbing. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 147(2), 135–140. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.5129.4169>
- Watts, P. B. (2004). Physiology of difficult rock climbing. *European Journal of Applied Physiology*, 91(4), 361–372. <https://doi.org/10.1007/s00421-003-1036-7>

9. ANEXOS

Anexo 1

Hoja de consentimiento informado.

MODELO CONTENIDO CONSENTIMIENTO INFORMADO:

Datos del estudio para el que se otorga el consentimiento

Investigador principal

Título proyecto

Centro

Datos del participante/paciente

Nombre

Persona que proporciona la información y la hoja de consentimiento

Nombre

1. Declaro que he leído y la Hoja de Información al Participante sobre el estudio citado.
2. Se me ha entregado una copia de la Hoja de Información al Participante y una copia de este Consentimiento Informado, fechado y firmado. Se me han explicado las características y el objetivo del estudio, así como los posibles beneficios y riesgos del mismo.
3. He contado con el tiempo y la oportunidad para realizar preguntas y plantear las dudas que poseía. Todas las preguntas fueron respondidas a mi entera satisfacción.
4. Se me ha asegurado que se mantendrá la confidencialidad de mis datos.
5. El consentimiento lo otorgo de manera voluntaria y sé que soy libre de retirarme del estudio en cualquier momento del mismo, por cualquier razón y sin que tenga ningún efecto sobre mi tratamiento médico futuro.

DOY

NO DOY

Mi consentimiento para la participación en el estudio propuesto

Firmo por duplicado, quedándome con una copia

Fecha:

Firma del participante/paciente

Fecha:

Firma del asentimiento del menor

"Hago constar que he explicado las características y el objetivo del estudio y sus riesgos y beneficios potenciales a la persona cuyo nombre aparece escrito más arriba. Esta persona otorga su consentimiento por medio de su firma fechada en este documento".

Fecha

Firma del Investigador o la persona que proporciona la información y la hoja de consentimiento

Anexo 2

Calendario mensual para la organización antes, durante y después de la intervención.

MES/ACTIVIDAD	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE
Reunión del equipo investigador	X						
Organización con el Sharma Climbing		X					
Reclutamiento y formación de grupo		X					
Entrega de información inicial y valoración inicial		X					
Intervención			X	X			
Valoración final				X			
Análisis de datos					X		
Creación del escrito						X	X
Publicación del estudio							X