



UNIVERSIDAD DE CASTILLA LA MANCHA
DEPARTAMENTO DE ACTIVIDAD FÍSICA Y CIENCIAS DEL DEPORTE
FACULTAD DE CIENCIAS DEL DEPORTE

TESIS DOCTORAL

Efectos de Diferentes Métodos de Entrenamiento de Fuerza y Resistencia de Agarre en Escaladores Deportivos de Distintos Niveles

AUTORA: Eva María López Rivera
DIRIGIDA POR: Dr. Juan José González Badillo
Toledo, 2014



Efectos de Diferentes Métodos de Entrenamiento de Fuerza y Resistencia de Agarre en Escaladores Deportivos de Distintos Niveles

Universidad de Castilla-La Mancha

Programa de Doctorado de Rendimiento Deportivo

Departamento de Actividad Física y Ciencias del Deporte

Facultad de Ciencias del Deporte

Tesis Doctoral presentada por:

Eva María López Rivera

Dirigida por:

Dr. Juan José González Badillo

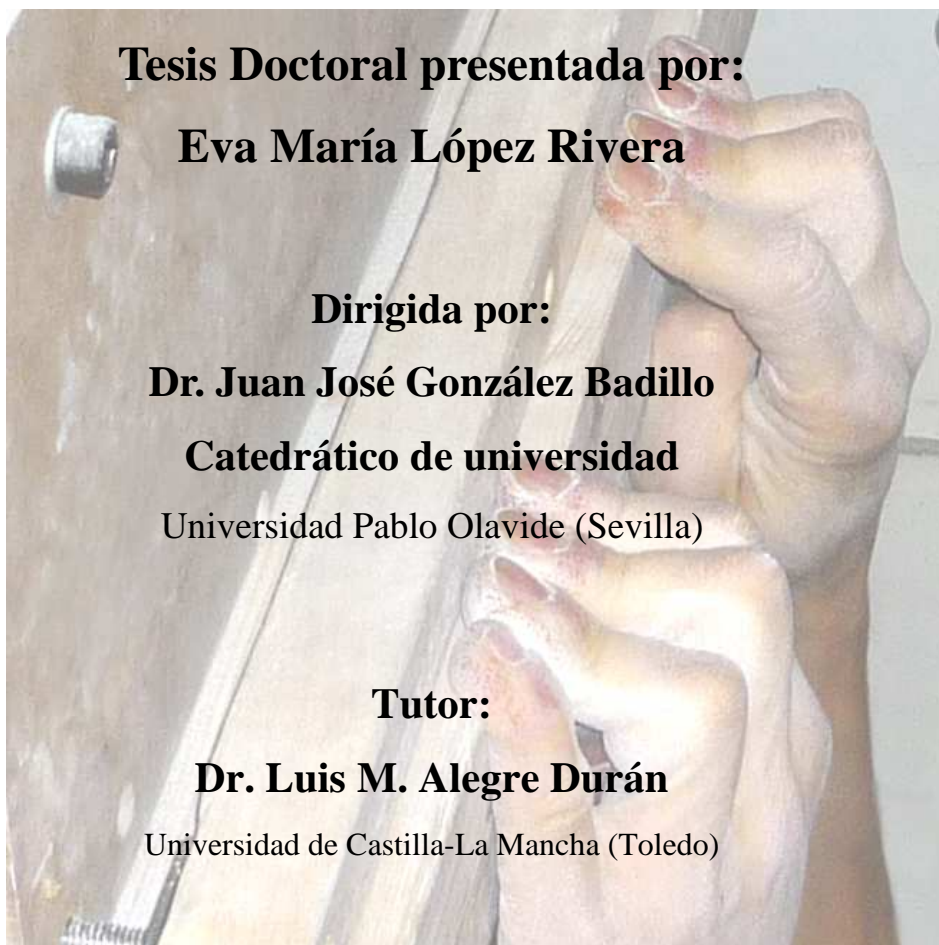
Catedrático de universidad

Universidad Pablo Olavide (Sevilla)

Tutor:

Dr. Luis M. Alegre Durán

Universidad de Castilla-La Mancha (Toledo)



A mis padres y a Dafnis

AGRADECIMIENTOS

A Juan José González Badillo, mi director de tesis. Nunca podré agradecerle lo suficiente todo lo que me ha enseñado. Por su paciencia, por hacerme huecos imposibles en su apretada agenda, por su enfoque científico, por su rigor, por “iniciarme” en el arte del que pocos son maestros como él: la escritura científica. Por sus grandes, grandísimos conocimientos, por su inspiración, su ejemplo, su grandeza. Ha sido un verdadero privilegio escribir esta tesis bajo su dirección. Gracias por todo.

A Luis M. Alegre, mi tutor, por servirme de apoyo por el campus, por su esfuerzo al aceptar este cargo a costa de dedicarme un tiempo del que no disponía.

A mis padres, por inculcarme con su ejemplo un enfoque de la vida basado en el esfuerzo y en la lucha diaria por superarme. Sin su excepcional educación y sin su amor y cuidado por nuestra familia, no podría existir esta tesis. A mis queridas hermanas, por su confianza ciega en mí, por siempre saber qué decir, por sus ánimos. A mi pequeña gran abuela, que ya no está aunque siempre estará, porque siempre será un ejemplo de lucha y bondad.

A Dafnis, mi más fuerte apoyo, compañero de aventuras y desventuras, mi *igual*, *The One*.

A mis primeros pupilos, Eva y Luis, que despertaron en mí la gran pasión por el entrenamiento que está detrás de esta tesis y que, como los que vinieron después, tanto me enseñaron e hicieron disfrutar con sus logros y mejoras diarias: A Dafnis, *Chacho*, Pablo B., *Wito*, Fernando M., Dani M., Carlos, *Chori*, *Bolo*, Esther B., Elena F., *Bicho*, *Primo*, Andrea C., Jose Y., Kevin H., Lorea M., Lourdes A., Marcos G., Nacho S., Nuria A., Raquel H., Salva C., Santi V., Sole M., Eric L.....a los que vinieron y a los que vendrán: Gracias por permitirme entrar en vuestro pequeño mundo, y sobre todo, gracias por vuestra confianza e ilusión.

A Jose M. “Bolo” y Esther B., por su generosidad y apoyo al iniciarme en este deporte que llena mi vida: La escalada. A él, por ser mi *manager* y *coach*; a ella por ser *mi modelo* a seguir. De mi parte y de todos los “plafoneros” de Toledo: Por siempre, ¡gracias!

A todos mis cobayitas de Toledo y Madrid, porque sin ellos no hubiera sido posible esta tesis.

A Inma, amiga del insti, si yo era “la uña”, tú eras “la carne”, gracias por seguir estando siempre cerca aunque estés lejos. A Chus, amiga incondicional, compañera de carrera, amiga para siempre. A Eva, amiga del alma y compañera de fatigas e ilusiones dentro y fuera de la escalada. A Ana, por su comprensión, cariño, apoyo, sus ánimos incondicionales, por su amistad. A Ismael e Irene, por una amistad tan especial. A todos los demás amigos y amigas: Jose, Marcos, Nuri, Lourdes, Santi, Raquel, Elena, Antonio J...y a todos los *plafoneros*-amigos con los que he compartido tantas charlas motivantes (y también de consuelo y desconsuelo) entre serie y serie: *los Brother*, Carles, Chiki, Geles, Javipec, Javiqui, Perico, Yayo, y especialmente a Luis A. Félix “Luisito”.

Y a todos aquellos *gigantes sobre cuyos hombros nos vamos elevando todos* los demás: A los pioneros en investigación en escalada: Billat, Guidi, Watts, Booth, Mermier, etc. y a los que les siguieron: Bertuzzi, España-Romero, Fanchini, MacLeod, Phillipe, etc. A los entrenadores pioneros: Eric Hörst, Guido Kostermeyer, Udo Neumann, David Macià, Juan Martín Miranda “Marvin”, etc. A todos aquellos con los que últimamente tengo el privilegio de compartir inquietudes, ideas y en definitiva, motivación y conocimiento: Andi Schweizer, Andrew Pacey, Dave MacLeod, Douglas Hunter, Eric Hörst, Guido Kostermeyer, Kris Hampton; Mark Frasier, Roberto Bagnoli, Udo Newman, Volker Schöffl, y especialmente a mis amigos Carlos Cabrera y Juan Martín Miranda “Marvin”.

En general, a todas y todos con los que he compartido tantas ilusiones y proyectos, incluida esta tesis. Formáis y formaréis siempre parte de mí y de todo lo que haga.

Gracias por todo.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	11
ARTÍCULOS PUBLICADOS	13
LISTA DE ABREVIATURAS	14
LISTA DE FIGURAS.....	16
LISTA DE TABLAS	17
I. INTRODUCCIÓN.....	19
II. MARCO TEÓRICO	22
2.1 Características de la escalada deportiva.....	23
2.2 Perfil Antropométrico del Escalador	24
2.3 Fisiología de la Escalada.....	24
2.3.1 Consumo máximo de oxígeno	24
2.3.2 La frecuencia cardiaca	25
2.3.3 La concentración media de lactato en sangre	26
2.4 Factores de Rendimiento en Escalada.....	30
2.4.1 Fuentes energéticas	30
2.4.2 Factores técnicos	30
2.4.3 La fuerza del tren superior	31
2.4.4 La fuerza de los flexores de los dedos	33
2.5 La Fatiga en Escalada	34
2.5.1 La fatiga en las contracciones isométricas.....	34
2.5.2 La fatiga en las contracciones isométricas en escalada.....	34
2.6 Fuerza y resistencia isométrica de los flexores de los dedos en escalada.....	35
2.7 Entrenamiento de fuerza máxima y resistencia de agarre en escalada	37
2.7.1 Entrenamiento de la fuerza dinámica con sobrecargas	37
2.7.2 Entrenamiento de la fuerza estática	39
2.7.3 Entrenamiento de la resistencia a la fuerza	40
2.7.4 Efecto del entrenamiento de la fuerza sobre el aumento de la resistencia específica.....	41
2.7.5 Efecto del entrenamiento de la fuerza de dedos sobre el aumento de la resistencia de dedos en Escalada	43
2.7.6 Entrenamiento de resistencia de dedos en escalada.....	45
2.8 Efectos del entrenamiento según nivel de partida del deportista.....	47

2.9 Control de la carga en el entrenamiento de fuerza.....	47
2.9.1 Control de la carga en entrenamiento en escalada	48
III. PROBLEMAS, OBJETIVOS E HIPÓTESIS.....	52
3.1 ESTUDIO I.....	54
3.1.1 Problema de investigación	54
3.1.1.1 Problema del estudio I.....	54
3.1.2 Objetivos del estudio I:	54
3.1.3 Hipótesis:	55
3.2 ESTUDIO II.....	56
3.2.1 Problema de investigación	56
3.2.1.1 Problema del estudio II.....	56
3.2.2 Objetivos del estudio II:	56
3.2.3 Hipótesis:	57
3.3 ESTUDIO III	59
3.3.1 Problema de investigación	59
3.3.1.1 Problema del estudio III	59
3.3.2 Objetivos del estudio III.....	59
3.3.3 Hipótesis:	59
IV. METODOLOGÍA.....	61
4.1 ESTUDIO I.....	62
4.1.1 Participantes	62
4.1.2 Procedimiento	63
4.1.3 Materiales.....	65
4.1.4 Tests	66
4.1.4.1 Test de resistencia (TR)	66
4.2 ESTUDIO II.....	68
4.2.1 Participantes	68
4.2.2 Procedimiento	69
4.2.3 Materiales.....	70
4.2.4 Tests	70
4.2.4.1 Test de fuerza (TF).....	70
4.2.4.2 Test de resistencia (TR)	72
4.2.5 Entrenamientos	72
4.2.5.1 Entrenamiento de fuerza con máximo lastre (FMáxL)	73

4.2.5.2 Entrenamiento de fuerza sobre la mínima regleta (<i>FMínReg</i>).....	74
4.2.5.3 Entrenamiento físico técnico.....	75
4.3 ESTUDIO III	76
4.3.1 Participantes	76
4.3.2 Procedimiento	77
4.3.3 Materiales.....	78
4.3.4 Tests	78
4.3.4.1 Test de fuerza (<i>TF</i>).....	78
4.3.4.2 Test de resistencia (<i>TR</i>)	78
4.3.5 Entrenamientos	79
4.3.5.1 Entrenamiento de fuerza con máximo lastre (<i>FMáxL</i>).....	79
4.3.5.2 Entrenamiento de fuerza sobre la mínima regleta (<i>FMínReg</i>).....	80
4.3.5.3 Entrenamiento de resistencia a la fuerza sobre la mínima regleta (<i>RMínRg</i>)	80
4.3.5.4 Entrenamiento físico técnico.....	81
V. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	83
5.1 ESTUDIO I	84
5.2 ESTUDIO II.....	85
5.3 ESTUDIO III	86
VI. RESULTADOS	89
6.1 ESTUDIO I.....	90
6.1.1 Fiabilidad de los tests de resistencia en regletas de distinta profundidad.....	90
6.1.2 Test de resistencia en regletas de distinta profundidad.....	90
6.1.2.1 Test de resistencia en regletas de distinta profundidad según el nivel deportivo	92
6.1.3 Relación entre tiempo de suspensión en regletas de distinta profundidad y el nivel deportivo	94
6.1.4 Relación entre tiempo de suspensión en regletas de distinta profundidad y factores antropométricos.....	96
6.2 ESTUDIO II.....	98
6.2.1 Fiabilidad de los tests de fuerza máxima y resistencia	98
6.2.2 Diferencias intra e intergrupos en fuerza y resistencia por dos programas diferentes de entrenamiento de fuerza de agarre	98
6.2.3 Relación entre fuerza y resistencia de agarre.....	102
6.3 ESTUDIO III	103

6.3.1 Diferencias intra e intergrupos en fuerza y resistencia por distintos programas de entrenamiento de fuerza y resistencia de agarre	103
6.3.1.1 Cambios en fuerza entre grupos	103
6.3.1.2 Cambios en resistencia entre grupos	106
6.3.2 Cambios en fuerza y resistencia según nivel inicial en fuerza de agarre en los sujetos que entrenaron la fuerza máxima con lastre en las primeras cuatro semanas.....	107
6.3.3 Relación entre fuerza y resistencia de agarre.....	110
VII. DISCUSIÓN.....	111
7.1 ESTUDIO I	113
7.1.1 Estudio de Fiabilidad	113
7.1.2 Tiempo de suspensión en regletas de diferentes profundidades	115
7.1.3 Relación entre tiempo de suspensión y nivel deportivo según el tamaño de regleta ..	117
7.1.4 Relación entre tiempo de suspensión en cantos pequeños y tiempo de suspensión en cantos mayores	118
7.1.5 Relación entre tiempo de suspensión en cantos de diferente profundidad y longitud de la falange distal del dedo medio.....	119
7.2 ESTUDIO II.....	121
7.2.1 Cambios en fuerza de agarre después del entrenamiento	121
7.2.2 Cambios en resistencia de agarre después del entrenamiento	125
7.2.3 Cambios por desentrenamiento.....	126
7.2.4 Relación entre cambios en fuerza y cambios en resistencia	128
7.2.5 Relación entre fuerza y resistencia de agarre.....	129
7.3 ESTUDIO III	132
7.3.1 Cambios en fuerza de agarre.....	132
7.3.2 Cambios en resistencia de agarre	137
7.3.3 Cambios en fuerza y resistencia según el nivel inicial de fuerza tras entrenamiento de fuerza con lastre	141
7.3.4 Relación entre fuerza máxima de agarre inicial y nivel deportivo	143
7.3.5 Relación entre resistencia de agarre inicial y nivel deportivo	144
7.3.6 Relación entre fuerza y resistencia de agarre.....	145
VIII. CONCLUSIONES	147
IX. APLICACIONES PRÁCTICAS	150
9.1 ESTUDIO I.....	151
9.1.1 Estimación de la dificultad que representan los distintos tamaños de regleta	151

9.1.2 Modelo de regresión	151
9.2 ESTUDIO II Y III	153
X. LIMITACIONES DE LA TESIS	154
XI. FUTUROS ESTUDIOS.....	156
REFERENCIAS.....	158
ANEXOS	178
Anexo 1: Información para participantes en el estudio I	179
Anexo 2: Documento de consentimiento	185
Anexo 3: Cuestionario para participantes en estudios I y II	186
Anexo 4: Información para participantes en estudio II.....	187
Anexo 5: Calentamiento para estudios I, II y III	188
Anexo 6: Información para participantes en el estudio III	191
Anexo 7: Cuestionario para participantes en estudio III.....	197

RESUMEN

Hasta el momento la metodología y planificación de entrenamiento utilizada por los escaladores ha estado basada en la observación, intuición y en el ensayo-error. Numerosos estudios sugieren que la fuerza y resistencia de dedos es un factor de rendimiento en la escalada deportiva. Sin embargo, no hemos encontrado ningún trabajo que haya comparado y valorado los efectos de diferentes métodos de entrenamiento específico de fuerza y resistencia de dedos. El control de la carga es un elemento esencial en el entrenamiento deportivo. En el entrenamiento de fuerza, la variable más importante es la intensidad. En escalada, la intensidad viene determinada en gran parte por el tamaño de las presas.

Ante estas deficiencias observadas en relación con la problemática del entrenamiento en escalada, se plantearon tres estudios (1 descriptivo y 2 experimentales tipo intervención) en los que participaron un total de 86 escaladores deportivos (68 hombres, 18 mujeres) con un grado encadenado con ensayos de 6b a 9a, 20 a 46 años de edad y 1 a 31 años de práctica. Los objetivos principales fueron los siguientes: a) Analizar la intensidad que representan distintos tamaños de presa tipo regleta (6 mm, 8 mm, 10 mm, 12 mm, 14 mm), medida a través del tiempo que se puede soportar el ejercicio de suspensión de dedos en cada una de ellas (estudio I), b) Comprobar los efectos de dos métodos de entrenamiento de fuerza, uno con lastre sobre regleta grande y otro sin lastre sobre regleta pequeña, aplicados en distinto orden, a dos grupos equivalentes de sujetos de alto nivel en escalada deportiva (estudio II), y c) Comprobar qué tratamiento es más efectivo para aumentar la fuerza y resistencia de agarre: i) entrenar con la combinación de métodos que resultó más efectiva para el desarrollo de la fuerza en el estudio II, ii) realizar primero un entrenamiento de fuerza con lastre y después un entrenamiento de resistencia sin lastre, o iii) realizar un entrenamiento de resistencia sin lastre (estudio III).

Los resultados de esta tesis sugieren que: a) de los distintos tests de tiempo de suspensión realizados sobre regletas de distinta profundidad, el que ha mostrado mayor fiabilidad y relación con el rendimiento ha sido el realizado en una regleta de 14 mm., b) el rendimiento en cantos pequeños no solo tiene relación con la fuerza máxima, sino con la habilidad técnica y con la experiencia en la práctica deportiva, c) los tiempos de suspensión en regletas de un rango de 6 a 14 mm tienen relación con el nivel deportivo, d) es más efectivo para mejorar la fuerza de agarre utilizar durante cuatro semanas el método de suspensiones con lastre en una

regleta grande (18 mm) y después otras cuatro semanas de suspensiones sin lastre en una regleta mínima, que la secuencia inversa (estudio II) o que un entrenamiento de resistencia en regleta mínima (suspensiones intermitentes, estudio III), e) el método más efectivo para mejorar la resistencia de agarre es hacer un volumen alto de suspensiones sin lastre con una pausa incompleta sobre la regleta más pequeña de la que se aguante el volumen total de repeticiones programadas (suspensiones intermitentes), y e) la alta correlación significativa entre la fuerza de agarre y la resistencia de agarre y entre los cambios obtenidos en fuerza y los cambios obtenidos en resistencia sugiere que el entrenamiento de la fuerza de agarre tiene efecto sobre el aumento de la resistencia.

Estos hallazgos pueden ayudar a entrenadores y escaladores en la prescripción de entrenamientos de fuerza y resistencia de agarre. El test de resistencia en cada tamaño de regleta se podría utilizar para valorar el proceso de entrenamiento, evaluar a escaladores, detectar talentos, determinar la carga con el objetivo de prevenir o recuperarse de lesiones, o para que los fabricantes de presas y equipamiento de entrenamiento para escalada personalicen sus productos.

ARTÍCULOS PUBLICADOS

López-Rivera, E., & González-Badillo, J. J. (2012). The effects of two maximum grip strength training methods using the same effort duration and different edge depth on grip endurance in elite climbers. *Sports Technology*, 5(3-4), 100-110.

LISTA DE ABREVIATURAS

1 RM	1 repetición máxima.
ANOVA	Análisis de la varianza.
AST	Área de sección transversal muscular.
ATP	Adenosín Trifosfato.
CCI	Coefficiente de correlación intraclase.
CV	Coefficiente de variación.
dt	Desviación típica.
EMGI	Electromiografía integrada.
FC	Frecuencia cardiaca.
FCmáx	Frecuencia cardiaca máxima.
FIM	Fuerza isométrica máxima.
FMáxL	Entrenamiento de Fuerza de dedos con Máximo Lastre soportado.
FMáxL-FMínRg	Grupo que entrenó la fuerza con máximo lastre en las primeras 4 semanas y después entrenamiento de fuerza sin lastre sobre la mínima regleta en las siguientes 4 semanas.
FMáxL-RMínRg	Grupo que entrenó la fuerza con máximo lastre en las primeras 4 primeras semanas y después entrenamiento de resistencia sin lastre sobre la mínima regleta en las siguientes 4 semanas.
FMínRg	Entrenamiento de Fuerza de dedos con la Mínima Regleta soportada.
IC	Intervalo de confianza.
IFD	Articulación Interfalángica Distal.
IFP	Articulación Interfalángica Proximal.
kPa	kilopascal.
lat/min	latidos por minuto.
LS	Concentración media de lactato en sangre.
MCV	Máxima contracción voluntaria.
MCV/MLG	Máxima contracción voluntaria por unidad de masa libre de grasa (masa ósea sumada a la masa muscular).
Nm	Newton-metro.
PCr	Fosfocreatina.
REP	Rango de esfuerzo percibido.

RFD	Rate of Force Development (relación entre la fuerza producida y el tiempo empleado en ello o fuerza explosiva).
RMínRg	Entrenamiento de Resistencia de dedos con la Mínima Regleta soportada.
RMínRg-RMínRg	Grupo que entrenó la resistencia sobre la mínima regleta sin lastre durante 8 semanas.
RMS	Root Mean Square (media cuadrática) del EMG.
TE	Tamaño del efecto.
VO2máx esc	Consumo máximo de oxígeno durante una vía de escalada.
VO2máx	Consumo máximo de oxígeno.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Tipos de agarre a) Agarre en extensión o “slope grip”, b) Agarre en semiarqueo o “half-crimp” (Pág. 35)

Figura 2. Aparato de medida: Presa de madera regulable en forma de regleta que fue fabricada para medir y entrenar la fuerza y resistencia de agarre. Dimensiones: 500x250x24 mm; por Eva López y Dafnis Fernández, 2004; Creative Commons licencia. (estudios I, II y III) (pág. 65)

Figura 3. Test de resistencia de dedos del estudio I, II y III. (pág. 67)

Figura 4. Programa de tests y entrenamientos del estudio II. (pág. 70)

Figura 5. Test de fuerza de dedos del estudio II. (pág. 71)

Figura 6. Profundidad usada en el test de fuerza de estudios II y III: 15 mm. (pág. 71)

Figura 7. Profundidad usada en el test de resistencia de estudios II y III: 11mm. (pág. 72)

Figura 8. Programa de tests y entrenamientos del estudio III. (pág. 78)

Figura 9. Tiempo de suspensión según profundidad de regleta (n = 36) (Estudio I, pág. 91)

Figura 10. Relación entre tiempo de suspensión en distintas profundidades de regleta y nivel deportivo. (Estudio I, pág. 93)

Figura 11. Diferencias en tiempo de suspensión sobre regletas de distinta profundidad en función del nivel deportivo. (Estudio I, pág. 93)

Figura 12. Relación entre tiempo máximo en regleta de 14 mm y nivel deportivo. (Estudio I, pág. 95)

Figura 13. Cambios intragrupo en fuerza (%) respecto al nivel inicial a las 4 semanas (TF2), 8 semanas (TF3) de entrenamiento, y a las 2 semanas (TF4) y 4 semanas sin entrenar suspensiones (TF5). (Estudio II, pág. 99)

Figura 14. Cambios intragrupo en resistencia (%) respecto al nivel inicial a las 4 semanas (TF2), 8 semanas (TF3) de entrenamiento, y a las 2 semanas (TF4) y 4 semanas sin entrenar suspensiones (TF5). (Estudio II, pág. 101)

Figura 15. Cambios intragrupo en fuerza a las 4 semanas (TF2) y 8 semanas (TF3) de entrenamiento respecto al nivel inicial (TF1). (Estudio III, pág. 105)

Figura 16. Cambios intragrupo en resistencia (%) respecto al test inicial a las 4 semanas (TR1-TR2) y 8 semanas de entrenamiento (TR1-TR3). (Estudio III, pág. 106)

Figura 17. Resultados según nivel inicial de fuerza de los sujetos que entrenaron la fuerza con lastre en las primeras cuatro semanas en a) fuerza y b) resistencia. (Estudio III, pag. 109)

LISTA DE TABLAS

Tabla I. Escala de graduación francesa (pág. 24).

Tabla II. Resumen de los tres estudios (pág. 53).

Tabla III. Requisitos de selección de los participantes del estudio I (pág. 62).

Tabla IV. Estadística descriptiva de los participantes del estudio I (pág. 62).

Tabla V. Tabla de conversión para estandarizar el nivel deportivo de escala francesa a escala numérica en estudios I, II y III (pág. 63).

Tabla VI. Requisitos de selección de los participantes del estudio II (pág. 68).

Tabla VII. Estadística descriptiva de los grupos del estudio II (pág. 68).

Tabla VIII. Programa de entrenamientos del estudio II (pág. 73).

Tabla IX. Requisitos de selección de los participantes del estudio III (pág. 76).

Tabla X. Estadística descriptiva de los grupos del estudio III (pág. 76).

Tabla XI. Programa de Entrenamiento del estudio III (pág. 79).

Tabla XII. Resumen de análisis estadísticos realizados (pág. 87 y 88) .

Tabla XIII. Resumen de estudio de fiabilidad de tiempo de suspensión colgado en regletas de distinta profundidad del estudio I (pág. 90).

Tabla XIV. Resultados de tiempo máximo por profundidad de regleta del estudio I (n = 36) (pág. 91).

Tabla XV. Resultados de tiempo máximo por profundidad de regleta por grupos de nivel del estudio I (pág. 92).

Tabla XVI. Diferencias entre grupos en TR en distintas profundidades de regleta según análisis de Batterham y Hopkins (2006) (estudio II) (pág. 94).

Tabla XVII. Correlaciones entre TR en distintas profundidades de regleta, nivel deportivo y longitud de la falange distal del dedo medio (LFD) (r) y correlaciones controlando la variable peso corporal (r^{pc}) (n = 36) del estudio I (pág. 96).

Tabla XVIII. Estadística descriptiva de las medidas antropométricas del dedo medio del estudio I (pág. 96).

Tabla XIX. Correlaciones (r) entre test de tiempo de suspensión en distintas profundidades de regleta y nivel deportivo y correlaciones controlando la variable tamaño de falange distal del dedo medio (r^{fd}) del estudio I (pág. 97).

Tabla XX. Resultados en el test de fuerza máxima de dedos (kg.; media \pm desviación típica) y resistencia de dedos (segundos; media \pm desviación típica) en el test inicial, a las 4

semanas , 8 semanas, 11 semanas , y 13 semanas; y Tamaño del efecto del estudio II (pág. 98).

Tabla XXI. Cambios entre grupos en fuerza y resistencia según prueba de Batterham y Hopkins (2006) del estudio II (pág. 100).

Tabla XXII. Resultados por grupo en fuerza (kg, media \pm desviación típica) y resistencia (segundos; media \pm desviación típica) del estudio III (pág. 104).

Tabla XXIII. Cambios entre grupos en fuerza y resistencia según prueba de Batterham y Hopkins (2006) del estudio III (pág. 104).

Tabla XXIV. Resultados en fuerza (kg; media \pm desviación típica) y resistencia (segundos; media \pm desviación típica) de los sujetos del grupo que entrenaron la fuerza con lastre durante las primeras cuatro semanas (FMáxL), por categorías según el nivel inicial de fuerza del estudio III (pág. 108).

Tabla XXV. Cambios intergrupo en sujetos que entrenaron las primeras 4 semanas con FMáxL por categorías AF (n = 10) y BF (n = 12) según prueba de Batterham y Hopkins (2006) en el estudio III (pág. 109).

Tabla XXVI. Correlaciones (r) y correlaciones controlando el peso corporal a través de correlación parcial (r^{pc}) del estudio III (pág. 110).

I. INTRODUCCIÓN

La escalada deportiva es una modalidad que deriva del alpinismo, y más concretamente de la variante de la escalada libre, donde la cuerda y los mosquetones se utilizan sólo como medio de aseguramiento y el objetivo es desplazarse por paredes en sentido ascendente agarrándose y apoyándose en presas (puntos de agarre y de apoyo) con la única ayuda de pies y manos. La presa tipo regleta es representativa de la escalada.

Con la llegada de las primeras competiciones de escalada deportiva en los años 90, surgieron los primeros estudios científicos que trataron de describir el perfil del escalador deportivo y hallar los factores de rendimiento en la escalada deportiva. Algunos autores sugieren que la fuerza máxima y la resistencia de dedos para mantener el agarre son factores determinantes del rendimiento en escalada deportiva. Por otra parte, algunos estudios han comprobado que el aumento de la fuerza tiene un efecto positivo sobre el aumento de la resistencia, y es bien conocido que el entrenamiento con sobrecargas, en cualquier ejercicio, puede tener efecto positivo sobre el aumento de la fuerza. A la vista de estos hechos, podría sugerirse el uso de presas de distinto tamaño, con y sin sobrecargas añadidas (lastres), para entrenar con ejercicios de colgarse (suspensiones), como métodos de entrenamiento de fuerza y de resistencia en escalada. Sin embargo, no hemos encontrado estudios que hayan analizado los efectos de diferentes entrenamientos de fuerza sobre la fuerza máxima y la resistencia de agarre en escalada utilizando este tipo de entrenamiento.

Escalar implica no solamente altos grados de fuerza, sino también de resistencia, lo que exige tener una alta capacidad de recuperación entre las contracciones isométricas intermitentes de alta intensidad típicas de este deporte. Sin embargo, no hemos encontrado ningún estudio que haya valorado el efecto sobre el rendimiento en escalada de un entrenamiento de resistencia realizado con el ejercicio de suspensiones.

La intensidad en escalada viene determinada, en gran parte, por el tamaño de las presas. Sin embargo no hemos encontrado ningún estudio que haya estimado la intensidad que representan diferentes tamaños de presas para escaladores de diferentes niveles.

Ante las deficiencias observadas en relación con la problemática del entrenamiento en escalada, se plantean tres estudios:

Estudio I

Este estudio vendrá definido por tres objetivos: i) analizar la intensidad que representan distintos tamaños de presa de tipo regleta. La intensidad se medirá a través del tiempo que se puede soportar un ejercicio de suspensión de dedos en cada una de ellas, ii) comprobar la relación entre el rendimiento en escalada y el rendimiento en cada tamaño de regleta. El rendimiento en la regleta vendrá determinado por el tiempo de suspensión, y el rendimiento en escalada por los baremos vigentes, iii) comprobar la fiabilidad del rendimiento en regletas de distinta profundidad.

Estudio II

Consistirá en comprobar el efecto de dos tipos de entrenamiento de fuerza, uno con lastre y otro sin lastre, aplicados en distinto orden, durante cuatro semanas cada uno, a dos grupos equivalentes de sujetos de alto nivel en escalada deportiva, sobre el rendimiento en fuerza y en resistencia en ejercicios específicos de escalada. El rendimiento en fuerza vendrá determinado por la máxima carga que pueda soportar el sujeto en suspensión de dedos durante 5 segundos en una regleta de 15 mm, y el rendimiento en resistencia por el máximo tiempo que pueda soportar el sujeto en suspensión de dedos sin lastre en una regleta de 11 mm.

Estudio III

En este estudio se analizará el efecto sobre la fuerza y resistencia en suspensión de dedos de tres tipos de entrenamiento, realizados por tres grupos equivalentes de sujetos:

- i) Cuatro semanas de entrenamiento de fuerza con lastre + cuatro semanas de entrenamiento de fuerza sin lastre
- ii) Cuatro semanas de entrenamiento de fuerza con lastre + cuatro semanas de entrenamiento de resistencia sin lastre.
- iii) Ocho semanas de entrenamiento de resistencia sin lastre.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Características de la escalada deportiva

La escalada deportiva es una modalidad que deriva del alpinismo, más concretamente de la variante de la escalada libre, donde la cuerda y los mosquetones se utilizan sólo como medio de aseguramiento. El objetivo es ascender con la única ayuda de pies y manos sin caídas ni reposos artificiales. A esto se le denomina “encadenar”.

Existen tres formas de encadenar:

- “a vista”: al primer intento y sólo con información visual propia acerca del recorrido.
- “a flash”: al primer intento y obteniendo información acerca del recorrido a través de una fuente externa.
- “con ensayos”: antes de encadenar se ha ensayado el recorrido tantas veces como han sido necesarias.

Al recorrido concreto por el que transcurre una escalada se le llama vía de escalada. Una vía normalmente discurre por un muro de unos 15-25 metros, aunque puede hacer algunas de sólo 8 metros y otras de hasta 50 metros. El nivel de dificultad viene determinado por varios factores:

- a) el tamaño, la forma y la orientación de los agarres o apoyos que ofrece la roca (presas),
- b) la distancia entre presas y la distribución de las mismas,
- c) el ángulo que forma el muro respecto a la vertical (desplome),
- d) la complejidad de los movimientos a realizar para ascender o la distribución de las presas en el muro, lo cual se puede considerar como una combinación de los anteriores factores.

Teniendo en cuenta el medio en el que se desarrolla, a partir de la escalada deportiva surgen dos modalidades: a) escalada en muro artificial o rocódromo, donde normalmente se realiza la escalada de competición y b) escalada en roca o aquella realizada en el medio natural.

En la escalada de roca, el nivel deportivo viene dado por el máximo nivel de dificultad o “grado” que se es capaz de encadenar. El grado de dificultad de las vías de escalada se establece según escalas de graduación subjetivas que normalmente vienen representadas por

números o una combinación de letras y números. Nosotros vamos a tomar como referencia la francesa, que es una de las más utilizadas en Europa. En ella cada grado está representado por un número y una letra, o por ambos más un signo + (Tabla I).

Tabla I. Escala de graduación francesa																					
5	6a	6a+	6b	6b+	6c	7a	7a+	7b	7b+	7c	7c+	8a	8a+	8b	8b+	8c	8c+	9a	9a+	9b	9b+

En la escalada de competición, que surgió a partir de los años 80, el campeón es el que llega más alto que los demás en el itinerario propuesto dentro de un tiempo establecido. Con la llegada de esta modalidad se desarrolla también una mayor preocupación por el aumento del rendimiento y a partir de esa época surgen los primeros intentos de organizar el entrenamiento. Posteriormente, en los años 90, aparecieron los primeros estudios científicos que trataron de describir el perfil del escalador deportivo y hallar los factores de rendimiento en la escalada deportiva.

2.2 Perfil Antropométrico del Escalador

Entre las características antropométricas que se han observado en los escaladores de elite están el tener un bajo peso corporal, poca talla, bajo porcentaje graso y una gran envergadura de brazos con respecto a la población general (Watts y col., 1993, 1996, 1998; Grant y col., 1996; Mermier y col., 1997 y 2000; Booth y col., 1999; Watts y Jensen, 2003; Giles y col., 2006; España-Romero y col., 2009).

2.3 Fisiología de la Escalada

2.3.1 Consumo máximo de oxígeno

También se ha estudiado el consumo máximo de oxígeno durante una vía de escalada ($\text{VO}_{2\text{máx esc}}$). Por ejemplo, en uno de los primeros estudios, Booth y col. (1999) observaron un $\text{VO}_{2\text{máx esc}}$ de $43,8 \pm 2,2$ ml/kg/min en escaladores principiantes (de nivel 6b según escala francesa: ver tabla I) durante un test en el que se elevaba la velocidad de escalada en un muro rodante o ergómetro específico de escalada (Crestville Holding, Sydney, NSW, Australia). En otros estudios con escaladores de nivel medio (7b, ver tabla 1), el $\text{VO}_{2\text{máx esc}}$ osciló entre los

46 \pm 4,9 ml/kg/min (Billat y col., 1995) y los 50 \pm 6 ml/kg/min (Lehner, 2000), lo que representó entre el 84% (Billat y col., 1995) y el 85% del obtenido en tapiz rodante (Lehner, 2000).

En escaladores se han registrado valores de consumo máximo de oxígeno (VO₂_{máx}) en un tapiz rodante de 50 a 58 ml/kg/min (Billat y col., 1995; Booth y col., 1999; Doran y Grace, 1999; Lehner, 2000; de Geus y col, 2006; España-Romero y col., 2010; Bertuzzi y col., 2012). Teniendo en cuenta que una competición de escalada indoor dura entre 3-8 minutos (Schadle-Shardt, 1998 [en MacLeod y col., 2007]; Bertuzzi y col., 2012) y comparando estos valores con los de deportistas que se dedican a pruebas de duración similar, como los corredores de 3000-5000 metros, observamos que los de los escaladores resultan menores, mientras que son similares a los observados p.ej. en gimnastas (Watts, 2004). A la vista de estos datos, los autores coinciden en que la escalada requiere una participación importante del metabolismo aeróbico (Billat y col., 1995; Booth y col., 1999; Watts y Drobish, 1998; Lehner, 2000), aunque no se ha sugerido que el VO₂_{máx} sea un factor clave de rendimiento en escalada (Billat y col., 1995, Watts y col., 2004; España-Romero y col., 2009)

2.3.2 La frecuencia cardíaca

En las vías de escalada más exigentes se ha registrado un rango de frecuencia cardíaca (FC) entre los 160 y 170 latidos por minuto (lat/min) hasta un máximo de 190 lat/min, lo que corresponde a un 79-88% de la FC máxima (FC_{máx}) obtenida en el tapiz rodante (Doran y Grace, 1999). En estos trabajos y en otros recientes como en los de Bertuzzi y col. (2007, 2012) se observa que tanto la FC_{máx} como el VO₂ máx esc son menores para la misma tarea cuanto mayor es el nivel del escalador ($p < 0,05$).

Durante una escalada, la FC aumenta con el ángulo del muro que se escale (Watts y Drobish, 1998, Mermier y col., 1997), con el aumento de la velocidad de escalada ($r = 0,98$, $p < 0,01$ en Booth y col., 1999) y durante recorridos ascendentes respecto a descendentes o en travesía (de Geus y col, 2006). Mientras que el VO₂_{máx esc}, según Booth y col. (1999), solo aumenta con la velocidad de escalada ($r = 0,97$, $p < 0,01$).

Con el fin de hallar un parámetro con el que controlar la intensidad de entrenamiento en escalada, algunos autores (Billat y col., 1995, Mermier y col., 1997, Booth y col., 1999, Michailov, 2002; Sheel y col., 2003, Burnik y Jereb, 2007) han investigado si se cumple en escalada la relación lineal entre VO₂ y FC observada en otros deportes. Estos autores

encontraron una discrepancia entre valores de FC alta y $VO_{2\text{máx esc}}$ bajo, que explicaron basándose en las características fisiológicas del deporte que vienen dadas por las activaciones estáticas continuas de duración media de los brazos y antebrazos con ligeros desplazamientos, la elevación de los brazos respecto al nivel del corazón, las apneas que ocurren durante la ejecución de movimientos intensos o causas psicológicas relacionadas con el miedo a la caída o el estrés. Todos estos resultados parecen indicar que ni la frecuencia cardiaca (Michailov, 2002, Burnik y Jereb 2007), ni el $VO_{2\text{máx}}$ (Mermier y col., 1997, Michailov, 2002) son indicadores válidos de control de la intensidad en escalada.

2.3.3 La concentración media de lactato en sangre

El aumento del lactato sanguíneo (LS), por su relación significativa con la fatiga muscular, se ha propuesto como uno de los indicadores de fatiga local periférica (Enoka y Stuart, 1992). También se ha sugerido su utilidad como herramienta de control de la intensidad de entrenamiento en algunos métodos de entrenamiento de fuerza con cargas altas y baja recuperación (Kraemer y col., 1987), así como en aquellas actividades físicas en los que este factor ha mostrado una relación lineal con el umbral aeróbico y anaeróbico (Binney y Rolf, 2002), con el uso de mayores cargas (Brown y col., 1990) o con el rango de esfuerzo percibido (REP). En escalada, tradicionalmente los escaladores han asociado la fatiga que sienten durante la escalada a la acumulación de ácido láctico (Watts y col., 1996; MacLeod y col., 2007). Esta afirmación, unida a las continuas contracciones isométricas de los flexores de los dedos de alta intensidad propias de este deporte, han motivado a numerosos autores a estudiar el nivel de lactato en sangre durante o después de una escalada para tratar de estudiar la fatiga y los métodos de recuperación (Watts y col., 1996; Draper y col., 2006), así como para establecer su relación con la intensidad de entrenamiento (Mermier y col., 1997; Watts y Drobish, 1998; Booth y col., 1999; Werner y Gebert, 2000) y comprobar su validez como herramienta de control del proceso de entrenamiento (Schöffl y col., 2006).

La concentración media de lactato en sangre (LS) oscila entre 4 y los 6 mmol/l en escaladores de nivel medio (Watts y col., 1996 y 2000; Mermier y col., 1997; Watts y Drobish, 1998; Booth y col., 1999; Gajewski y col., 2009) y los 9 y 10 mmol/l que se observa en vías desplomadas en escaladores de nivel internacional y medio respectivamente (Werner y Gebert, 2000; Lehner, 2000, Giles y col., 2006). Los valores más altos se observan en las escaladas de muros con mayores desplomes ($p < 0,05$) (Watts y Drobish, 1998; Billat y col., 1999; de Geus y col., 2006), así como con el mayor tiempo de escalada independientemente

de la intensidad ($r = 0,67$, $p > 0,05$) (Guidi, 1994) o con la mayor altura alcanzada ($r = 0,41$; $p < 0,05$) (Werner y Gebert, 1999). Shell (2004) sugiere que cuando se encuentra asociación entre la acumulación de lactato e incremento de dificultad, probablemente se deba a que ésta suele coincidir con mayores ángulos de desplome y tiempos de escalada. En cuanto a la intensidad, el único factor que ha mostrado relación inversa con ella es la frecuencia de desplazamiento (segundos por movimiento) y no el LS (Guidi, 1996 y de Geus y col., 2006).

Los autores coinciden en que estos valores de LS obtenidos en escalada son muy bajos porque los grupos musculares responsables del rendimiento son pequeños y se activan principalmente a nivel estático, además de por un efecto de dilución o de reciclado por los músculos adyacentes (Mermier y col., 1997) y porque existe poco desplazamiento (Billat y col., 1995 y Booth y col., 1999; Sheel y col., 2003). Apoyan esta conclusión los datos obtenidos por autores como Billat y col. (1999) que observaron que durante los 3 minutos 30 segundos a 4 minutos de media que permanecían escalando los sujetos, el $37 \pm 9\%$ del tiempo utilizaban acciones estáticas. Dupuy (1986) también observó que las acciones estáticas en una vía de escalada ocupaban el 30% del tiempo total. Este tipo de acciones fueron definidas por los autores como aquellas en las que no se observa desplazamiento de la cadera, es decir, cuando el escalador no se está trasladando. Sin embargo, no se especificó el tiempo de duración de las contracciones isométricas de los grupos musculares responsables del rendimiento: los flexores de los dedos, que se encuentran activados durante toda la escalada independientemente de que el escalador esté o no desplazándose.

Se ha analizado el tiempo que los flexores de los dedos mantienen una contracción cuando se agarra una presa respecto al de relajación o el de soltar la presa para ir a agarrar la siguiente. En el estudio de White y col. (2010) de análisis de vídeo de escalada de bloques de competición (modalidad de escalada de 3-4 metros de secuencias de alta intensidad en la que no se usa cuerda), se encontró una media del tiempo de contracción por agarre de 8 segundos respecto a 0,5 segundos de relajación durante un tiempo medio de escalada continua de 30 segundos durante la ejecución del bloque. En la escalada de vías de roca modalidad por ensayos, el tiempo medio de escalada es superior. Según observaciones propias, habitualmente se tarda en escalar una vía entre 8 a 25 minutos. El tiempo por agarre es alrededor de 10-12 segundos respecto a 0,3 a 0,6 segundos de relajación. En ocasiones, los tiempos de relajación son mayores. Por ejemplo, entre 2 y 3 segundos cuando el escalador se unta magnesio en los dedos para no resbalarse, entre 3 y 5 segundos para “*chapar*” o pasar la

cuerda por el mosquetón para evitar caer al suelo en caso de fallo durante la escalada (esta acción se realiza más o menos cada 4 o 5 movimientos de mano), o entre 3 y 10 segundos cuando el escalador suelta cada mano alternativamente mientras la otra permanece agarrada a una presa de gran profundidad con el objetivo de recuperarse en los llamados “*reposos*” o paradas de una vía.

En escalada de competición en muros artificiales el tiempo por agarre puede ser algo menor y la intensidad suele ser homogénea durante todo el recorrido. Donath y col. (2013) registraron en escaladores de nivel 7a a 7c un tiempo de agarre medio de 5 segundos respecto a 1 segundo de relajación, y de 7 segundos respecto a 1 segundo de relajación en escaladores de menor nivel. Según observaciones propias, en la escalada de competición a nivel internacional los tiempos de agarre suelen ser de 8 segundos respecto a 0,3 a 0,5 segundos de relajación. Estos datos implican que los músculos responsables del rendimiento se activan isométricamente a una alta intensidad durante un elevado número de veces y se mantienen activos durante toda la escalada. Estas circunstancias, junto a los escasos tiempos de recuperación respecto a los de contracción, provocan finalmente fatiga. Esta fatiga es descrita por los mismos escaladores como una sensación dolorosa junto a una falta de fuerza y podría estar relacionada con la acidosis y la acumulación de lactato (MacLeod y col., 2007; Gajewski y col., 2009; Philippe y col., 2012). Además, algunos estudios han observado una hiperemia después de una prolongada contracción isométrica de tan sólo 340 N, independientemente de la MCV (Barnes, 1980, en Green y Stannard, 2010)], por lo que es lógico pensar que además de los factores comentados anteriormente, la acumulación de líquidos podría también explicar la sensación de hinchazón que experimentan los escaladores tras una larga y/o intensa escalada (Ferguson y Brown, 1997; Sjogaard y col, 1988; Green y Stannard, 2010).

Se ha estudiado la relación entre el LS y la fatiga y se ha encontrado que los niveles de LS permanecen elevados durante los 20 minutos (Watts y Drobisch, 1998; Watts y col., 2000) a 30 minutos después del ejercicio (Gajewski y col., 2009). Asimismo, se ha encontrado que la fuerza y resistencia de agarre durante ese periodo permanecen deprimidas y se ha relacionado este descenso con el aumento de ángulo de desplome a partir de la vertical y con el aumento de LS (Watts y col., 1996). En los estudios de Watts y col. (1996); Watts y Drobish (1998) y Gajewski y col. (2009) se encontró que la resistencia fue la que tardó más en restablecerse, y

según Watts y Drobish (1998) y Watts y col. (1996) sólo resultó significativo el descenso en fuerza.

Gajewski y col. (2009) estudiaron la capacidad de aclarar el LS, la fuerza de agarre y el rendimiento, y encontraron correlación significativa entre el LS durante los 3 minutos posteriores a la escalada y el nivel deportivo. Esto se puede explicar por la relación entre una mayor carga absoluta soportada y el LS sugerida por Brown y col., (1990). Además, Gajewski y col. (2009) observaron que los escaladores que obtuvieron mejores puestos en competición también tuvieron una mejor capacidad de aclarado del lactato a los 20 minutos, por lo que se sugiere que la capacidad para tolerar el lactato o eliminarlo, podría ser un factor de rendimiento en escalada (Watts y col., 1996; Gajewski y col., 2009). Esta capacidad a su vez podría depender de un buen nivel de condición física aeróbica (Köstermeyer, 2000; Watts y col., 2000; Draper y col., 2006; Schöffl y col., 2006). Sin embargo, sería lógico sugerir que el desarrollo de esta capacidad tendría utilidad para la recuperación entre distintas escaladas consecutivas y no tanto para mantener unos niveles altos de fuerza durante una vía determinada, lo cual ha sido propuesto por numerosos autores como el factor físico clave de rendimiento en escalada (MacLeod y col., 2007, Philippe y col., 2012).

Köstermeyer (2000) sugiere que más que la capacidad para tolerar y amortiguar el lactato, el factor más importante para la fuerza resistencia durante una escalada es mantener un equilibrio entre la producción y la eliminación de lactato. Sabiendo que en escalada poseer una alta fuerza de dedos implica que el peso corporal representa una menor carga y teniendo en cuenta que esto supone a nivel fisiológico que se han de activar menor número de unidades motoras para la misma carga, demorándose la intervención de las fibras tipo II relacionadas con una mayor concentración de lactato (Hickson y col., 1988; Brown y col., 1990), es lógico pensar que una mayor fuerza máxima favorece un aumento del tiempo de agarre en las secciones intensas, en parte por una menor acumulación de lactato (Stone y col., 2006; Brown y col., 1990; Marcinik y col., 1991). En apoyo de estas afirmaciones, Gajewski y col. (2009) encontraron que el único parámetro que mostró diferencias significativas entre finalistas y no finalistas fue la fuerza de agarre.

Por último, Schöffl y col. (2006) comprobaron que el LS no muestra la relación lineal con el umbral aeróbico y anaeróbico que ocurre en otros deportes. Por ello, aunque proponen utilizar el LS en estudios longitudinales para controlar el proceso de mejora de un escalador

sobre una misma vía de escalada, concluyen que no es un parámetro válido de control de la intensidad de entrenamiento.

2.4 Factores de Rendimiento en Escalada

Un factor clave de rendimiento en un deporte es aquel que sirve, por ejemplo, para diferenciarlo de otros deportes, detectar talentos, clasificar a deportistas de diferente nivel o incluso predecir el rendimiento. Esto quiere decir que una mejora en dicho factor, provocaría paralelamente una mejora en el nivel deportivo.

2.4.1 Fuentes energéticas

Los autores coinciden en que la escalada requiere una participación importante del metabolismo aeróbico y del anaeróbico local (Billat y col., 1995; Booth y col., 1999; Lehner, 2000; Sheel y col., 2003; Usaj y col., 2007), especialmente del anaeróbico aláctico (de Geus y col., 2006; Bertuzzi y col., 2007). En esta línea, Bertuzzi y col. (2007) concluyeron que la mayor contribución del sistema oxidativo se debe a la duración de una escalada y tiene gran importancia para ayudar a la resíntesis de los fosfágenos que ocurre durante los periodos de parada y recuperación que ocurren durante el desarrollo de esta actividad.

Se ha comprobado que el tiempo de escalada hasta la fatiga durante la escalada a vista en un tapiz rodante es un factor de rendimiento en escalada (España-Romero y col., 2009) y que los escaladores de mayor nivel consumen menos oxígeno por movimiento de escalada (Bertuzzi y col., 2007), lo cual lleva a estos autores a establecer la eficiencia como un factor de rendimiento. Sin embargo, no se ha sugerido ni comprobado que el $VO_{2\text{máx}}$ sea un factor predictivo del rendimiento (Watts y col., 2004, España-Romero y col. 2009) y sí la reposición de fosfágenos y la capacidad para mantener un elevado porcentaje de la fuerza (Billat y col., 1995; Watts, 2004; Schöffl y col., 2006).

2.4.2 Factores técnicos

La escalada es un deporte con altas demandas de fuerza, pero numerosos autores han recalcado también la importancia de la relación de este factor con los factores técnico-tácticos. Se ha sugerido que los escaladores de mayor nivel técnico-táctico tienen un mejor optimización del ritmo de escalada (Bourdin y col., 1993), un mejor posicionamiento del

centro de gravedad y una aplicación de la fuerza de agarre que genera mayor fricción sobre las presas (Fuss y Niegl, 2012), permitiéndoles acortar las fases de contacto con las presas ahorrando gasto energético y trabajo isométrico (Bertuzzi y col., 2007, España-Romero y col., 2011) que favorecen un mayor rendimiento.

2.4.3 La fuerza del tren superior

En la escalada moderna, parece que a mayor dificultad mayor importancia de la fuerza y resistencia del miembro superior (Giles y col. 2006). Las razones pueden ser una mayor distancia entre presas, un menor tamaño de las presas de mano y pie (Quaine y Vigouroux, 2004, Watts, 2004; MacLeod y col., 2007) y con frecuencia, la combinación de éstas dentro de un mayor ángulo de desplome.

Noè y Quaine (2001) comprobaron que en un desplome de tan sólo 10° respecto a la vertical, el porcentaje del peso corporal que tienen que soportar manos y brazos respecto a las piernas pasa a ser del 62% frente a un 43% que soportan en una placa vertical. Estas son algunas de las razones por las que autores como Watts y col. (2004) proponen el ratio de fuerza del miembro superior/peso corporal como uno de los factores de rendimiento en escalada. Algunos tests de rendimiento escalada que se han propuesto son el número máximo de tracciones hasta la fatiga, así como el tiempo en bloqueo o flexión de codos a 90°.

Grant y col. (1996) comprobaron en su estudio que los escaladores iniciados (a partir de 6a encadenado) realizaron un número de tracciones máximas significativamente mayor que los principiantes o que los no escaladores. El mismo resultado encontraron Lehner y Hayters (1998) y Leong (2009) entre escaladores de diferentes niveles, y la misma tendencia se ha observado en tiempo de bloqueo (colgarse de una barra con codos flexionados a 90°) (Grant y col., 1996; Baláš y col., 2011). En el trabajo de Draper y col., (2011) se encontró una correlación alrededor de 0,70 ($p < 0,005$) entre la altura alcanzada en un test denominado “Powerslap” y el grado encadenado o nivel deportivo. Dicho test combinaba suspensión, tracción y bloqueo en un gesto similar al que se realiza escalando, con la diferencia de que no se apoyaban los pies: El escalador se suspendía de dos presas grandes de mano, flexionaba a máxima velocidad los codos y sacaba una mano a tocar en el punto más alto. No obstante, Arija (2007) observó que la capacidad de tracción medida con el número máximo de tracciones hasta la fatiga respecto al peso corporal, tiene correlación con el rendimiento a

niveles medios e inferiores, pero no en niveles altos y de élite. Esto significa que esta capacidad puede perder importancia a medida que aumenta el rendimiento.

Sin embargo, estos datos son algo diferentes para las mujeres. Baláš y col. (2011) observó una correlación entre el test de bloqueo a 90° y el nivel deportivo de 0,76 y 0,80 para hombres y mujeres respectivamente ($p < 0,05$). El rendimiento en el test de bloqueo a 90° fue significativamente superior en hombres que en mujeres, y esta diferencia fue aún mayor a niveles inferiores. Estas diferencias entre sexos también ha sido también obtenida por otros autores (Mermier y col., 2000; Binney y Cochrane, 2003; Leong, 2009). Este resultado, junto al hecho de que escaladoras de mayor nivel rindan significativamente más que escaladoras de menor nivel en este test en el estudio de Wall y col. (2004), es lo que lleva a proponer a estos autores y a otros como Grant y col. (2001) y Baláš y col. (2011) que este test y/o el de dominadas máximas (Binney y Cochrane, 2003) es más específico y predictor del rendimiento para mujeres. Esto es lógico dado el menor nivel de fuerza en el miembro superior que poseen las mujeres respecto a los hombres para todos los niveles deportivos: cerca de un 60% en relación a kg de peso corporal y 70-75% en relación a kg de masa libre de grasa (Stone, Stone y Sands, 2007). A la vista de estos datos, parece plausible pensar que las mujeres que aumentaran este componente observarían un aumento del rendimiento.

Otros autores han propuesto algunos tests específicos que aúnan la potencia del tren superior con la fuerza de dedos, en un ejercicio similar al gesto de escalada. Binney y Cochrane (1999) encontraron en escaladores de élite una correlación significativa de 0,92 y 0,82 para hombres y mujeres, respectivamente, entre el grado encadenado y la habilidad de traccionar de regletas hasta el fallo usando únicamente las manos sobre una estructura que se usa para entrenar llamada “campus board”. Esta estructura consiste en un panel anclado al suelo y al techo, de unos 4 mts de alto x 1,50 mts de ancho en el que se instalan varias regletas de 30mm separadas unos 20cm entre ellas. Esta correlación obtenida por Binney y Cochrane (1999) y la encontrada por Leong (2009) de 0,88 y 0,77 para hombres y mujeres respectivamente, en un ejercicio similar al anterior (“test campus”), llevan a estos autores y los anteriores a proponer la capacidad de traccionar de regletas hasta el fallo como factor clave y test específico de rendimiento para escaladores de élite.

No obstante, ninguno de estos factores mencionados hasta el momento ha mostrado una correlación tan alta con el nivel deportivo, ni ha resultado estar significativamente más

elevado en escaladores de alto nivel que en menor nivel y tampoco respecto a no escaladores, como la fuerza y resistencia de dedos. Según numerosos autores, la fuerza de dedos es un buen predictor del rendimiento en escalada (Wall y col., 2004; Watts, 2004; Giles y col., 2006; Macleod y col., 2007; Schweizer y Furrer, 2007; Baláš y col., 2011). Sin embargo, ningún estudio ha comprobado hasta el momento si un entrenamiento de mejora de estas capacidades, provocaría un cambio significativo en el rendimiento (Baláš y col., 2012).

2.4.4 La fuerza de los flexores de los dedos

En la escalada, la carga viene representada por el efecto de la aceleración de la gravedad sobre el cuerpo del deportista en los desplazamientos. La “caída” o la interrupción de la escalada es consecuencia de la incapacidad para sostenerse en una presa o alcanzar la siguiente, ya sea como resultado de una sucesión de errores técnicos y tácticos o por la fatiga (Guidi, 1994; Watts y Jensen, 2003).

La limitación física se produce por la pérdida de fuerza de los músculos flexores del antebrazo, que realizan acciones intermitentes de agarrar y soltar presas de mano. Esta acción de agarre implica un componente isométrico que ocluye parcial o totalmente el flujo sanguíneo en los músculos, dependiendo del porcentaje de la máxima contracción voluntaria que el sujeto aplique (MacLeod y col., 2007). En este sentido, hemos podido observar que en la modalidad de escalada ensayada las fases de desplazamiento en las secciones difíciles suelen durar de 30 segundos a 3 minutos, donde como se ha dicho anteriormente, el ratio de contracción-relajación de los músculos flexores de los dedos es habitualmente de 8 a 15 segundos de contacto con una presa, respecto a 0,3-0,5 segundos de soltarla para ir a la siguiente.

Los músculos flexores de los dedos son unos grupos musculares muy pequeños comparativamente a la carga que deben soportar, que en ocasiones representan casi la totalidad del peso corporal. El alto porcentaje de la máxima fuerza que aplica el escalador en cada contracción durante las secciones intensas, donde normalmente hay menor tamaño de las presas de mano o pie (Amca y col., 2012) o un mayor ángulo de desplome que implica un mayor porcentaje de peso corporal soportado por las manos, junto a las cortas fases de reposo entre contracciones intensas (MacLeod, 2007; Philippe, 2012), ocasionan una fatiga que provoca en último caso la pérdida del agarre (Watts y col, 2008).

2.5 La Fatiga en Escalada

2.5.1 La fatiga en las contracciones isométricas

Cuando la contracción estática es mayor del 50% de la fuerza isométrica máxima, el flujo de sangre en el músculo disminuye bruscamente (Gaffney y col., 1990; Louhevaara y col., 2000), lo cual puede provocar fatiga periférica por mecanismos como el déficit en el aporte de oxígeno al músculo y la acumulación de metabolitos como el H⁺, Pi, Mg (Green y col., 2010). En contracciones sostenidas estáticas al 60% de la máxima contracción voluntaria (MCV), se observa que la fatiga ocasiona un empeoramiento de la máxima fuerza, de la curva fuerza-tiempo y del tiempo de relajación de la máxima contracción isométrica sin apenas cambios en la IEMG (Hakkinen y Komi, 1986). En la misma línea, Kroghlund y Jorgensen (1993b) y Kroghlund (1993b) [en González-Badillo y Gorostiaga Ayestarán, 1997]) observaron que la fatiga en la flexión mantenida del brazo a intensidades del 30% y 40% de la MCV provoca un enlentecimiento en la propagación del potencial de acción, que se manifestaba en una bajada de la velocidad de conducción en la fibra muscular y de la frecuencia media de impulso de las motoneuronas, que a su vez se compensa con un aumento de las unidades motoras reclutadas, tal como refleja el aumento de la RMS (root mean square) del electromiograma.

2.5.2 La fatiga en las contracciones isométricas en escalada

La fatiga en escaladores también ha sido estudiada. Quaine y Vigouroux (2004) estudiaron la fatiga a lo largo de 20 contracciones intermitentes al 80% MCV de 5 segundos de activación y 5 de reposo en dos tipos de agarre propios de la escalada: a) agarre en “extensión”, en el que la articulación interfalángica distal (IFD) está flexionada entre 50° y 70° y la articulación interfalángica proximal (IFP) está ligeramente flexionada, y b) agarre en “semiarqueo”, en el que la articulación IFD está hiperextendida y la IFP está flexionada entre 90° y 100° (figura 1). Estos autores observaron que la fuerza durante el ejercicio decreció un 36% y un 31% de la MCV en el agarre de extensión y agarre de semiarqueo, respectivamente. Asimismo, Guidi (1994) en una muestra de 13 escaladores de nivel internacional que realizaron en un dinamómetro adaptado a la postura de escalada dos contracciones isométricas usando agarre de semiarqueo al 60% MCV con una recuperación de 30 segundos, observó una disminución significativa del tiempo de agarre del 40% en la segunda contracción isométrica. En la misma línea, MacLeod y col., (2007) y Philippe y col., (2012) también valoraron la fatiga en

escaladores a lo largo de contracciones isométricas intermitentes de 10 segundos de activación y 3 de reposo al 40% de la MCV y observaron que ésta se producía al final de 3 a 4 minutos. MacLeod y col. (2007) sugieren que la caída en escalada en algunos casos puede estar relacionada con una disminución del control fino y de la coordinación para mantener el agarre provocada por la fatiga. Según estos dos últimos autores, un aumento en la fuerza isométrica permitiría mantener durante más tiempo contracciones isométricas de alta intensidad, ya que al utilizar un menor porcentaje de la fuerza máxima, no serían necesarias las altas frecuencias de descarga relacionadas con movimientos de alta coordinación e intensidad.

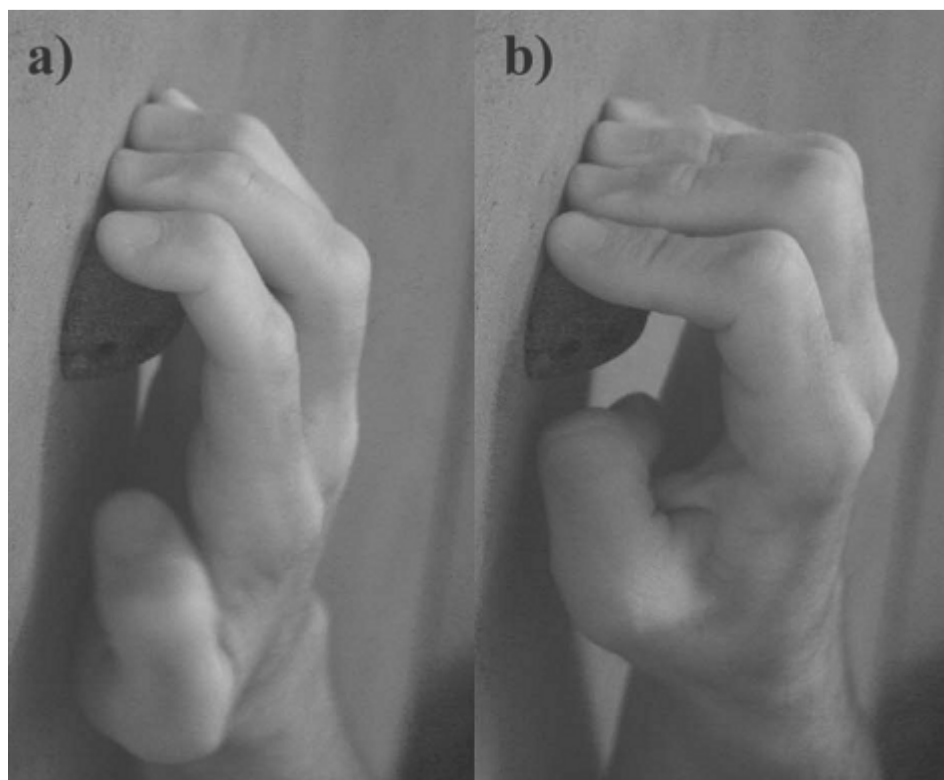


Figura 1. Tipos de agarre a). Agarre de “extensión” o “slope grip”, b) Agarre de “semiarqueo” o “half-crimp” (Amca y col., 2012)

2.6 Fuerza y resistencia isométrica de los flexores de los dedos en escalada

Ya que el esfuerzo muscular en escalada es fundamentalmente isométrico, las mejoras en la resistencia estática exigen un aumento de la fuerza máxima estática (Zintl, 1991 [en Navarro, 1998]). Este hecho permite reducir la intensidad relativa que representa para el sujeto el propio peso corporal, y como consecuencia, aumentar la resistencia. Varios estudios han mostrado que los individuos que producen mayor cantidad de fuerza absoluta son capaces de

aplicar mayor potencia con una carga determinada respecto a individuos más débiles, así como de realizar un mayor número de repeticiones. Ualí y col. (2012) comprobaron que los valores relacionados con el rendimiento en un sprint de 12 metros en kayak (distancia recorrida en las primeras 8 paladas, pico de velocidad, tiempo y media de aceleración) tienen una correlación alta significativa con 1RM en los ejercicios de remo horizontal con barra y remo a un brazo con polea. Estos autores sugieren que los valores de fuerza máxima en esos ejercicios son buenos predictores del rendimiento en la primera fase de las pruebas en los piragüistas de élite. Naclerio y col. (2009) comprobaron en una población de 14 bomberos que en el ejercicio de press de banca, 1RM en relación al peso corporal tiene correlación con el número de repeticiones máximas con 40 kg en 40 segundos.

Escalar implica para los músculos del antebrazo, no sólo altos niveles de fuerza, sino también de resistencia a contracciones isométricas intermitentes de alta intensidad (Philippe y col., 2012), lo cual explica que se haya observado que la fuerza máxima de dedos (Grant y col., 1996, 2001; Lehner y Heyters, 1998; Vigouroux y Quaine, 2006; Mac Leod y col. 2007, Limonta y col. 2008, Esposito y col. 2009, Philippe y col., 2012) y la resistencia de dedos en contracciones sostenidas con porcentajes del 25% y 30% de la MCV (Usaj, 1996, 2001 y 2002), del 40% (Grant y col., 2003) y del 40% y 80% de la MCV en los escaladores de alto nivel (Cutts y Bollen, 1993; Limonta y col., 2008; Esposito y col. 2009; Philippe y col., 2012), es significativamente mayor que en escaladores de nivel medio o que en no escaladores. El tiempo hasta la fatiga en contracciones intermitentes con 40% de la MCV durante 5 de activación y 2 segundos de reposo (Ferguson y Brown, 1997) o durante 5 de activación y 4-5 segundos de reposo aplicando un 80% de la MCV (Quaine y col., 2003b; Vigouroux y Quaine, 2006) también es significativamente mayor en escaladores que en no escaladores, así como durante 10 segundos y 3 segundos de reposo en contracciones intermitentes al 40% de la MCV en escaladores de alto nivel respecto a no escaladores (Philippe y col., 2012).

MacLeod y col. (2007) y Philippe y col. (2012) comprobaron que los escaladores perdían significativamente menos fuerza respecto al valor inicial que los no escaladores durante las fases de recuperación de 3 segundos entre contracciones de 10 segundos en un test de contracciones intermitentes al 40% MCV con agarre de semiarqueo hasta la fatiga. Estos autores concluyeron que la resistencia a la fuerza de los músculos flexores de los dedos es un factor clave de rendimiento en escalada.

Esposito y col., (2009) explican esta mayor fuerza y resistencia de dedos en los escaladores a partir de la hipótesis de la hipertrofia en los flexores de los dedos debido al uso de altas intensidades de contracciones isométricas durante años de escalada (McDonagh y Davies, 1984; Davies y col., 1988). En esta línea, Limonta y col. (2008) han comprobado que los escaladores de élite tienen un ratio MCV/MLG un 13% superior ($p < 0,05$) que los no escaladores.

A la vista de estos datos, algunos autores sugieren como factor determinante del rendimiento en escalada deportiva la fuerza (Watts y col., 1993; 1996 y 2003; Philippe y col., 2012) y la resistencia de los músculos flexores de los dedos (Grant y col., 1996; Binney y Cochrane, 1999; Wall y col., 2004; Vigouroux y Quaine, 2006), o más específicamente una mayor capacidad de vasodilatación durante contracciones isométricas (Ferguson y Brown, 1997), que en parte provoca una más rápida capacidad de oxigenación durante los breves periodos de descanso entre contracciones isométricas (MacLeod y col., 2007; Philippe y col., 2012).

2.7 Entrenamiento de fuerza máxima y resistencia de agarre en escalada

La correlación positiva significativa entre MCV y el nivel deportivo que observaron Macleod y col. (2007) y Philippe y col. (2012) sugiere que la fuerza máxima de dedos es importante para el rendimiento en escalada. Y la correlación positiva significativa que encontró Guidi (1994) entre la MCV que tenían escaladores de elite y el tiempo hasta la fatiga después de una activación al 60% de la MCV sugiere que el entrenamiento y mejora de la fuerza máxima de dedos es importante para la resistencia local en escalada..

2.7.1 Entrenamiento de la fuerza dinámica con sobrecargas

Existe consenso en la importancia del uso de sobrecargas para obtener ganancias en fuerza y tamaño muscular (Kraemer y col., 2002; McDonagh y Davies, 1984 [en Gentil y col., 2006]). Esta es la razón de que este tipo de entrenamiento actualmente aparezca como parte esencial de la periodización de entrenamiento para numerosas disciplinas deportivas (Mirzaei y col., 2008). En la prescripción del entrenamiento existen diferentes variables de entrenamiento a manipular que determinarán los diferentes efectos en base a unos objetivos de entrenamiento y características individuales: la intensidad, el volumen, la velocidad de repeticiones y el tiempo de recuperación entre series y repeticiones (ACSM, 2009). Dentro de éstas, la

intensidad parece ser la más importante para el desarrollo de la fuerza (Fry, 2004). Habitualmente viene definida por el porcentaje respecto a 1 RM, a la MCV, o por el número de repeticiones máximas por serie.

La literatura consultada sugiere que el entrenamiento con cargas al 70% en personas desentrenadas (Hakkinen y col., 1985a,b; 2001) y superiores al 80% de la MCV (Judge, 2003; Rhea y col., 2003a,b; Peterson, Rhea y Alvar, 2004), o cargas correspondientes a 1-6 RM en deportistas de alto nivel, son las más efectivas para aumentar la fuerza máxima dinámica (Berger, 1962 [en revisión de Tan, 1999]; Campos y col., 2002; Hakkinen y Komi, 1985a; Hakkinen y col., 1987; Willoughby, 1993; Rhea y col., 2003a). Por otra parte, se sabe que utilizar varias series de un mayor número de repeticiones por serie (8 a 15 RM) y una recuperación corta en un rango de 30 segundos a 2 minutos tiene mayor efecto sobre la resistencia a la fuerza absoluta a altas intensidades, que hacer un menor número de repeticiones (McGee, 1992; Hickson, Hidaka y Foster, 1994; Robinson y col, 1995). Por último, el uso de un elevado número de repeticiones por serie (a partir de 15-20 RM), parece provocar los mayores efectos sobre la resistencia muscular relativa o el máximo nº repeticiones posibles a un determinado porcentaje de 1 RM (Anderson y Kearney, 1982; Campos y col., 2002; Stone y Coulter, 1994; Rhea y col., 2003c).

No obstante, aunque se ha comprobado que el entrenamiento de fuerza de pocas repeticiones y alta intensidad tiene los mayores efectos de mejora sobre la fuerza máxima, algunos autores han encontrado que también tiene beneficios sobre el aumento de la resistencia a la fuerza a una carga absoluta (Huczel y Clarke, 1992). Por ejemplo, Anderson y Kearney (1982), Stone y Coulter, (1994) y McGee y col. (1992), han encontrado mejoras del 23% al 31% en resistencia muscular absoluta después de realizar un entrenamiento durante 8 semanas de 5-8 RM. Sin embargo, aunque se ha sugerido que la fuerza y resistencia de dedos en escalada son factores de rendimiento en escalada, no hemos encontrado ningún estudio que compare los efectos sobre el aumento de la fuerza y resistencia de agarre de diferentes combinaciones de repeticiones, número de series y periodos de recuperación en ejercicios específicos de fuerza de dedos con o sin sobrecargas en escalada.

2.7.2 Entrenamiento de la fuerza estática

En diferentes estudios sobre entrenamiento estático o isométrico también se ha observado que cargas mantenidas durante un tiempo de esfuerzo de 3 a 10 segundos, repetidas de 10 a 40 veces y con una recuperación entre repeticiones de 3 a 20 segundos y de 1 a 3 minutos entre series, provoca una mejora en la fuerza máxima isométrica y en el tiempo a la fatiga (Ikai y Fukunaga, 1970; McDonagh, Hayward y Davies, 1983; Davies y col., 1985; Amusa y Obajuluwa, 1986; Davies y col., 1988; Siff y Verkhosansky, 2000; Pucci, Griffin y Caffarelli, 2005). Asimismo, diferentes autores también han comprobado mejoras en la MCV en sujetos previamente no entrenados que usaron un menor número de series (entre 3 y 5) de contracciones isométricas de máxima intensidad (Komi y col., 1978, Ikai y Fukunaga, 1970; Rich y Cafarelli, 2000), así como un aumento en el tiempo hasta la fatiga ante una carga del 60% de la MCV (Komi y col. 1978), lo que apoya el efecto positivo del entrenamiento de fuerza sobre el aumento de la fuerza máxima y la resistencia muscular.

En el único estudio de entrenamiento isométrico con escaladores que hemos encontrado, Usaj (2001) observó que un entrenamiento de 5 contracciones isométricas del 30% MCV de 30-75 segundos realizadas durante 4 semanas, provocó mejoras significativas en el tiempo hasta el agotamiento, aunque no en la fuerza isométrica máxima, probablemente por el uso de una baja intensidad y un elevado tiempo de esfuerzo. Este mismo autor (Usaj y col, 2007) realizó otro estudio con escaladores de hielo, que es una modalidad en la que para ascender se tracciona utilizando crampones en los pies (dispositivos metálicos puntiagudos que lleva la suela de la bota para penetrar en el hielo y mejorar la adherencia) y un martillo afilado o piolet en cada mano. El grupo de entrenamiento realizó 5 veces por semana series de contracciones intermitentes a un anillo de goma con una intensidad alrededor del 30% MCV de 2 minutos y 2 minutos de descanso hasta el agotamiento. A las 6 semanas, se obtuvieron mejoras significativas en tiempo hasta la fatiga en el mismo ejercicio de entrenamiento y en la oxigenación durante los primeros 60-80 segundos del ejercicio, lo que indica que hubo un incremento en flujo sanguíneo y en la perfusión en los músculos flexores de los dedos.

No obstante, en estos estudios se usaron bajas intensidades y a un elevado volumen, que sabemos que son factores que provocan mejoras en la resistencia a cargas de baja intensidades. El rendimiento en escalada depende de conseguir mantener elevados niveles de fuerza isométrica en los flexores de los dedos (Sheel, 2004). Sin embargo, no hemos encontrado ningún estudio que analice el efecto del entrenamiento de la fuerza máxima de

agarre con cargas altas (superiores al 80% MCV o 10 segundos de tiempo de esfuerzo) sobre la fuerza y resistencia de agarre en escalada deportiva.

2.7.3 Entrenamiento de la resistencia a la fuerza

Un entrenamiento vinculado a un alto volumen y cargas submáximas, en el que se usen entre 15-25 RM, está relacionado con mejoras en la resistencia muscular o resistencia a la fuerza (McGee y col, 1992; Robinson y col., 1995; Campos y col., 2002; Rhea y col, 2003c; Ebben y col., 2004; Iglesias y col., 2010).

En algunos trabajos se sugiere que el modo más efectivo para aumentar la resistencia a alta intensidad es realizar la mayor cantidad de series posibles a las que se pueda mantener la intensidad elegida, más que acortar los periodos de descanso (McGee y col., 1992; Robinson y col., 1995). La explicación es que el uso de una carga elevada provocaría mejoras en la fuerza máxima, fuerza explosiva (Aagard y col., 2002), eficiencia energética (Ploutz y col., 1994) y en factores metabólicos como el aumento de depósitos de fosfágenos, glucógeno y enzimas oxidativas, así como en la densidad capilar. Estos efectos influyen positivamente en el aumento de la resistencia local a altas intensidades (Huzcel y Clarke, 1992; McGee y col., 1992; Robinson y col., 1995; Goto y col., 2004; Gallagher y col., 2010).

Por otra parte, se considera que el tiempo de recuperación entre repeticiones es uno de los factores que determinan los efectos del entrenamiento (Robinson y col., 1995; Willardson, 2007), ya que afecta significativamente la respuesta metabólica, hormonal (Kraemer y col, 1990; Kramer y col., 1991; Kraemer y col., 1993) y cardiovascular (Fleck y col., 1988) que ocurre durante y posteriormente a la realización de sucesivas series de un ejercicio (Kraemer, 1997). Una pausa suficiente entre repeticiones o específicamente, de 2 a 3 minutos, ha mostrado ser importante para maximizar los incrementos en la fuerza vía neural (Robinson y col., 1995), mientras que intervalos de descanso iguales o inferiores a 1 minuto, parece provocar una mayor respuesta de la testosterona (Kraemer y col. 1987, 1990) y de la hormona del crecimiento (Willardson, 2006) , que están relacionadas con un aumento de la fuerza máxima vía hipertrofia. Asimismo, dado que conduce a una alta fatiga por el tiempo insuficiente para reponer los fosfágenos (Kraemer y col., 1990; Rahimi y col, 2007; Ratamess y col, 2007; Willardson, 2007; Miranda y col, 2009; Senna y col. 2009) y/o neutralizar los efectos de los desequilibrios en el pH y la concentración de iones

intracelulares, tiene efecto sobre la mejoras de la fuerza resistencia a alta intensidad (Tesch y Larson, 1982; Robinson y col., 1995, Stone y col. 2006). Según Anderson y Kearney (1982) y Stone y col., (1994), para obtener mejoras en la fuerza resistencia a alta intensidad, los intervalos de descanso deben ser tan largos que permitan reponer los fosfágenos, retirar o metabolizar las sustancias relacionados con la fatiga (iones hidrógeno, fósforo inorgánico), y restaurar la producción de fuerza y el mantenimiento de la intensidad durante suficiente número de repeticiones a lo largo de sucesivas series. Sin embargo, también deben ser lo suficientemente cortos como para estimular otras adaptaciones relacionadas con el aumento del rendimiento en la resistencia muscular, como la capacidad de amortiguación de la acidez y las que tienen lugar a nivel mitocondrial y de capilarización.

Por último, se ha propuesto que una periodización basada en combinar entrenamiento de fuerza con pocas repeticiones y alta intensidad con elevadas repeticiones y cargas menores es efectiva para el aumento de la fuerza y resistencia muscular, más que usar una única combinación de rango de repeticiones durante todo el entrenamiento (Goto y col., 2004). Sin embargo, no hemos encontrado ningún estudio que haya comprobado los efectos sobre la fuerza y resistencia de dedos de combinar un método de entrenamiento de fuerza con otro de resistencia a la fuerza, en escaladores deportivos.

2.7.4 Efecto del entrenamiento de la fuerza sobre el aumento de la resistencia específica

En muchos deportes, el rendimiento depende de la capacidad de aplicar fuerza en la unidad de tiempo o de la capacidad de mantener altos niveles de fuerza aplicada durante el tiempo que dure la competición. Desde hace unos años, el efecto del entrenamiento de fuerza con sobrecargas sobre la mejora del rendimiento específico en deportes de resistencia de corta duración (< 15 minutos) y de larga duración (> 15 minutos) es un tema objeto de amplio debate científico.

Hickson y col. (1988) comprobó en corredores que un entrenamiento de fuerza con cargas altas (3x5 RM) provocó una mejora del tiempo de fatiga al 80% VO_{2max} . En la misma línea, Marcinik y col. (1991) obtuvieron mejoras significativas en el tiempo hasta la fatiga al 75% VO_{2max} después de un entrenamiento de fuerza con 8-12 RM. Estos efectos también han sido comprobados en ciclistas entrenados, que después de añadir un entrenamiento con sobrecargas de 3x4-10 RM, 2 veces por semana, durante 12 semanas al específico de resistencia de ciclismo, mejoraron significativamente un 21% la FIM en squat y un 6% la

media de potencia en la prueba de los 40 minutos respecto al que el que sólo entrenó ciclismo (Rønnestad, 2010). Similares resultados encontraron Millet y col. (2002) en triatletas de nivel nacional e internacional que añadieron 2 sesiones por semana un entrenamiento de fuerza de 3 a 5 series de 3 a 5 RM a su entrenamiento habitual de resistencia específica, y a las 14 semanas mejoraron la economía de carrera y la fuerza máxima sin efectos significativos sobre el aumento del VO₂ respecto al grupo de control, que solo realizó el entrenamiento habitual de resistencia.

En esquí de fondo también se ha observado que un entrenamiento de fuerza explosiva compuesto por saltos, ejercicios de piernas realizados a gran velocidad (5-20 repeticiones por serie) y sprints añadido al entrenamiento de resistencia específica provocó mejoras en la prueba de 5 km (Paavolainen y col., 1999).

En deportes de resistencia de corta duración como la natación, Girolid y col. (2007) también comprobaron que las mejoras en fuerza en un grupo muscular relacionado con el rendimiento proporciona un beneficio en el rendimiento específico de la prueba. Tras 12 semanas de entrenamiento de fuerza con 3 series de 3 ejercicios de 6 RM al 80 a 90% de 1 RM y 2 minutos de recuperación entre series, encontraron correlación entre la fuerza concéntrica máxima del tríceps a 180°/segundo y el porcentaje de mejora en la prueba de 50 metros de natación. Concluyeron que este factor es un buen predictor del rendimiento en esta prueba.

La literatura consultada sugiere que para deportistas previamente entrenados y de élite, añadir al entrenamiento habitual de resistencia un programa de entrenamiento de fuerza con sobrecargas en ejercicios específicos resulta beneficioso para su rendimiento deportivo (Aagard y Andersen, 2010). Sin embargo, hasta el momento la metodología y planificación de entrenamiento que utilizan los escaladores ha estado basada en la observación, intuición y en el ensayo-error. Para nuestro conocimiento, ninguno de los métodos que emplean los escaladores ha sido valorado hasta ahora con el método científico. Tal como sugieren Watts (2004) y Sheel (2009) en sus completas revisiones sobre la fisiología de la escalada, es necesario ofrecer investigación adicional que compare y valore los efectos de diferentes métodos de entrenamiento específico sobre el rendimiento en escalada.

2.7.5 Efecto del entrenamiento de la fuerza de dedos sobre el aumento de la resistencia de dedos en Escalada

Según la literatura consultada, para que el entrenamiento de la fuerza tenga efectos positivos sobre el aumento de la resistencia específica es necesario que el entrenamiento de la fuerza se realice a través de ejercicios específicos (Anderson y Kearny, 1982, Bell y col, 1989, Tanaka y col., 1993, Tanaka y Swensen, 1998; Paavolainen y col., 1999). Jaakson y Maestu (2012) comprobaron en remeros muy entrenados que el grupo que realizó durante 4 semanas un programa de ejercicios de fuerza en el remoergómetro mejoraron significativamente más el tiempo al 95% de la potencia aeróbica máxima en remoergómetro, que el grupo control que entrenó la fuerza con ejercicios generales en el gimnasio.

Sin embargo, en la mayoría de los primeros estudios de escalada que se hicieron, se utilizó un dinamómetro de mano para medir la fuerza y la resistencia de agarre (Quaine y col., 2000a; Usaj, 2001; Binney, 2002; Watts y Jensen, 2003; Quaine y Vigouroux, 2004) y para entrenar la resistencia de agarre (Usaj, 2001), lo cual puede dar lugar a resultados cuestionables desde el punto de vista del rendimiento específico (Watts, 2004; Schöffl y col., 2006; Danion y col., 2008) por varias razones: a) el escalador no agarra las presas “estrujándolas” entre su segunda falange y la base de la mano como hace con un dinamómetro, sino que se suspende de la presa acomodando las últimas falanges de los dedos en función de las características de la misma (Watts, 2004), b) porque en las mediciones con dinamómetro se ha observado mediante electromiografía que se reclutan menor número de fibras musculares que en el mantenimiento de un agarre en una vía de escalada (Watts y col., 2003) y que en una suspensión de dedos de una presa de escalada (Watts y col., 2008) y c) por último, porque en la musculatura flexora de los dedos se combina una activación excéntrica inicial para acomodar los dedos con una isométrica posterior que es la que finalmente estabiliza el agarre (Vigouroux y Quaine, 2006) y no únicamente concéntrica como cuando se tensa un dinamómetro (Schweizer y Furrer, 2007).

Para intentar dar solución a este problema de la especificidad de los instrumentos de medida en escalada, algunos autores han intentado utilizar metodología más específica, adaptando un sensor de fuerza debajo de las presas artificiales que hay en los rocódromos (estructuras artificiales de entrenamiento o competición indoor) para realizar estudios biomecánicos (Bourdin y col., 1998; Noé y col., 2001; Schweizer, 2001) o para medir la fuerza y la resistencia de agarre en escaladores (Watts y col., 1996, 2005; Grant y col., 1996, 2001;

MacLeod y col., 2007; Schweizer y Furrer, 2007; Schweizer, Schneider y Goehner, 2007; Michailov, Mladenov y Schöffl, 2009; Bourne y col., 2011; Amca y col., 2012; Philippe y col., 2012; Fanchini y col., 2013). Sin embargo, no hemos encontrado ningún estudio que haya medido la fuerza máxima a través de un ejercicio específico de escalada como las suspensiones de dedos.

Tradicionalmente, los escaladores han usado para entrenar la fuerza de los dedos el ejercicio de suspensiones, que consiste en colgarse de los dedos de las llamadas “tablas multipresas”. Estas tablas son unas estructuras de unos 60x40x15 cm (ancho x alto x profundidad) fabricadas en resinas de poliéster o en poliuretano, que contienen diferentes formas de presas que intentan imitar a las que ofrece la roca: agujeros, pinzas, regletas y presas redondeadas o romas con distinta profundidad, anchura y perfil. Popularmente, los escaladores usan dos tipos de entrenamiento: a) el denominado método “repeaters” en los países anglosajones o “contratos” en España, que consisten en un elevado número de ejercicios de bloqueos, tracciones y suspensiones de presas de distintos tamaños y formas, con recuperaciones incompletas entre ellos, y b) suspensiones breves (<15 segundos) y con pausa completa de presas de varias formas y tamaños, que combinan con otros ejercicios de brazos como dominadas, bloqueos, etc.

Sin embargo, no hemos encontrado ningún estudio que haya valorado cuál de estos programas de entrenamiento resulta más útil para la mejora de la fuerza de agarre, cuál es más útil para la mejora de la fuerza resistencia y tampoco qué combinación de métodos es idónea para mejorar en ambas cualidades. Solo hemos encontrado dos estudios sobre entrenamiento de fuerza de dedos en escalada, sin embargo, en ninguno de ellos se compararon diferentes métodos de entrenamiento de fuerza y resistencia de agarre. El estudio de Schweizer y col. (2007) trató de comprobar los efectos de entrenar de forma dinámica los dedos a través de un ejercicio en el que los escaladores se colgaban de una barra giratoria de 30 mm de diámetro y flexionaban y extendían sus dedos para elevar su peso corporal o parte de él (si se descargaban). Sin embargo, no estandarizaron la metodología, ni la periodización de métodos, no se supervisaron los entrenamientos y no existió grupo de control. Los autores concluyeron que el ejercicio había sido beneficioso a través de una encuesta inicial y final sobre el nivel deportivo. En el otro estudio que hemos encontrado, Koestermeyer y Weineck (1995) utilizaron únicamente 1 sujeto de alto nivel que entrenó cada dedo de forma aislada a través de 3 ejercicios en los que usaba sobrecargas.

Una característica esencial de la escalada es colgarse de presas pequeñas, y en alto nivel consideramos pequeña a aquella de profundidad menor a una falange (Schweizer y Hudek, 2011; Vigouroux y col., 2006; Watts, 2004). El modo habitual de sostenerse de tales agarres es el llamado “semiarqueo”, en el que existe 90°-100° de flexión en IFP, e hiperextensión en IFD de todos los dedos excepto el pulgar (Schweizer, 2001). En línea de estas observaciones, sería lógico sugerir que para aumentar la fuerza de agarre, se podría realizar un entrenamiento consistente en colgarse de la regleta mínima soportada (FMínRg). Por otra parte, a la vista de los datos presentados anteriormente, se ha observado la efectividad del entrenamiento con sobrecargas o máximo lastre para la mejora de la fuerza (FMáxL). Sin embargo, no hemos encontrado ningún estudio que haya intentado comparar la efectividad de los dos métodos mencionados anteriormente en escalada deportiva: aquel en el que se trabaje la fuerza con un ejercicio de suspensiones usando como carga la mínima regleta (FMínRg), con otro que utilice el máximo lastre (FMáxL).

2.7.6 Entrenamiento de resistencia de dedos en escalada

Tal como se ha visto hasta el momento, la escalada implica no sólo la aplicación de altos niveles de fuerza, sino también de resistencia a contracciones isométricas intermitentes de alta intensidad (Philippe y col, 2012), lo cual explica la elevada fuerza máxima de dedos y la mayor oxigenación entre contracciones y perfusión muscular encontrada en escaladores respecto a no escaladores y en escaladores de élite respecto a escaladores de menor nivel.

Según Philippe y col. (2012), la capacidad de oxigenación del antebrazo tiene relación con la resistencia de dedos y es un factor altamente entrenable. Depende de algunos factores como el tiempo de relajación de las fibras musculares (Jones y Round, 1990 en MacLeod y col. 2007), la densidad capilar y la capacidad vasodilatadora que favorecen la perfusión muscular (Ferguson y Brown, 1997). MacLeod y col. (2007) sugieren que es importante la incorporación de programas de entrenamiento que favorezcan la angiogénesis en los músculos flexores de los dedos para el aumento del rendimiento en escaladores de roca de élite.

El entrenamiento de fuerza a intensidad media con sobrecargas, el de resistencia continuo a intensidad moderada y el intermitente se han mostrado efectivos para el aumento del número de capilares, el ratio de número de capilares por fibra muscular y la densidad capilar, (Jensen

y col., 2004; Green y col., 1999; McCall y col., 1996; Klausen y col, 1981). Por otra parte, se ha sugerido un entrenamiento basado en la imitación del ratio de actividad y reposo del deporte (Meckel y col., 2009) con el fin de obtener un aumento en la resistencia específica. En escalada, dicho entrenamiento consistiría en contracciones de alta intensidad y recuperación incompleta de un ejercicio específico de fuerza de agarre (White y Olsen, 2010). De un modo similar a lo que ocurre en deportes de equipo como el fútbol o el baloncesto, en los que el rendimiento físico depende de la capacidad de recuperarse entre esfuerzos intensos y breves como sprints, golpes y lanzamientos (Costill y col., 1979; Brown, 1990), en escalada podríamos plantear un entrenamiento físico de dedos basado en contracciones intermitentes de altas intensidades de una duración de 8 a 10 segundos (White y Olsen, 2010) y distintos tamaños de presas hasta la fatiga, de un modo similar al entrenamiento tipo “cluster” o con descansos “intrarrepeticiones” que plantean algunos autores como Iglesias y col. (2010), Haff y col. (2008) y Hansen (2012). Este entrenamiento específico de los dedos, basado en contracciones isométricas intermitentes a alta intensidad, incrementaría la oxigenación durante las cortas fases de descanso y permitiría una resíntesis más rápida de fosfocreatina (Tomlin y Wenger, 2001; McMahon y Jenkins, 2002), adaptaciones que favorecerían un aumento del rendimiento gracias a una mayor capacidad para mantener elevados niveles de fuerza isométrica. Por otra parte McGee y col (1992) y Robinson y col. (1995) han mostrado que el modo más efectivo para aumentar la resistencia a alta intensidad es utilizar una carga alta y realizar la mayor cantidad de series posibles con las que se pueda mantener dicha intensidad.

Todos estos datos nos llevan a sugerir que para elevar la resistencia de dedos en escalada se podrían valorar diferentes metodologías: a) un entrenamiento basado en un volumen elevado de esfuerzos a alta intensidad, intercalados con pausas incompletas, b) un entrenamiento que incremente la fuerza máxima de dedos, con el cual se podría elevar de forma paralela la resistencia a la fuerza, ya que la carga corporal representaría un menor porcentaje de la fuerza máxima y c) elevar primero la fuerza, y una vez obtenidas mejoras en ésta, trabajar la resistencia a la fuerza.

Sin embargo, no hemos encontrado ningún estudio que haya comparado el efecto de un entrenamiento de fuerza de agarre, con otro de resistencia de agarre y con un tercero que combine ambas cualidades, sobre la resistencia de agarre, a través de un ejercicio específico de escalada como las suspensiones de dedos.

2.8 Efectos del entrenamiento según nivel de partida del deportista

Los efectos sobre el rendimiento de una periodización concreta o de combinaciones de entrenamientos de fuerza a lo largo de varias semanas son diferentes según el nivel inicial de fuerza o la experiencia previa de los deportistas entrenados. Los incrementos iniciales en las primeras semanas de entrenamiento en general van del 10% a 30% y pueden ser de tan sólo el 3-6% o como máximo hasta el 15% en sujetos entrenados (Hakkinen y col., 1987; Moss y col., 1997; Ahtiainen y col., 2003). En contraste, las mejoras pueden llegar hasta el 100% en los sujetos más débiles (Izquierdo y col., [en Izquierdo, (editor), 2008]). Incluso, distintos entrenamientos pueden suponer mejoras similares para sujetos previamente no entrenados y por el contrario, marcar importantes diferencias en rendimiento en entrenados (Chestnut y Doherty, 1999; Ebben y col., 2004).

Sin embargo, no hemos encontrado ningún estudio en escalada que haya comprobado los efectos de distintos entrenamientos de fuerza o resistencia de agarre en escaladores con diferente nivel inicial en fuerza.

2.9 Control de la carga en el entrenamiento de fuerza

En el entrenamiento de fuerza con sobrecargas, las adaptaciones que se desarrollan vienen determinadas por la carga de entrenamiento, que a su vez viene definida por diferentes variables. Dentro de éstas, la intensidad parece ser la más importante (Fry, 2004) y habitualmente viene definida por el porcentaje respecto a 1 RM o la MCV.

Para un ejercicio dinámico, se ha sugerido las repeticiones máximas por serie como el parámetro más fiable de control de la intensidad. En un ejercicio isométrico, la intensidad habitualmente se ha medido con el tiempo hasta el agotamiento para determinada carga (González-Badillo y Gorostiaga, 1997), ya que se ha comprobado una correlación entre ambos parámetros (Rohmert, 1973; Allison y col., 2004; Law y Avin, 2010). Por tanto, es este factor tiempo el que estaría relacionado con los efectos de entrenamiento (nerviosos, estructurales, etc.). Por ejemplo, se sabe que el tiempo hasta el agotamiento para una carga del 90% es de unos 15 segundos y el fallo podría deberse a la depleción de fosfágenos y muy probablemente a la fatiga neural (González-Badillo y Gorostiaga, 1997). Algunos estudios han comprobado que durante la realización de ejercicios de alta intensidad y corta duración

(30 segundos), se pueden agotar selectivamente las fibras tipo II (Greenhaff, 1994 [en González-Badillo y Gorostiaga Ayestarán, 1997]). Esto quiere decir que un entrenamiento en el que surgiera la fatiga en esos tiempos, muy probablemente conduciría a efectos de mejora de los factores neurales y de los depósitos de PCr y ATP.

Esta relación entre intensidad de una contracción isométrica y tiempo hasta el agotamiento durante la misma es curvilínea, de modo que una contracción menor al 50% de la MCV se puede mantener durante largo tiempo, pero una de superior intensidad se aguanta durante un tiempo desproporcionadamente corto respecto a la primera (Law y Avin, 2010). Por ejemplo, contracciones a intensidades inferiores al 10% de la FIM se pueden mantener indefinidamente o durante más de 2 horas (Fallentin, 1993 [en González-Badillo y Gorostiaga Ayestarán, 1997]) e intensidades entre 10 y 20% se pueden mantener entre 110 y 7 minutos (Fallentin, 1993; Knudtson, 1993 y Pearson, 1972 [en González-Badillo y Gorostiaga Ayestarán, 1997]). El tiempo de contracción hasta el agotamiento a intensidades comprendidas entre el 30 y el 60% de la FIM, oscila entre 40 y 155 segundos. Por último, el tiempo de agotamiento a una contracción isométrica del 90% de intensidad surge en unos 15 segundos (Shalin, 1978; Maughan, 1986; Hakkinen, 1986; Hakkinen, 1990 y Krog Lund, 1993 [en González-Badillo y Gorostiaga Ayestarán, 1997]). Sin embargo, hay que resaltar que estos tiempos se obtuvieron de población no entrenada, por tanto no se pueden generalizar a toda la población. Además de que pueden variar según el grupo muscular, el sujeto, nivel deportivo y modalidad practicada.

2.9.1 Control de la carga en entrenamiento en escalada

La determinación de la carga en escalada ha resultado una tarea difícil debido a la misma naturaleza del deporte (Morrison y Schöffl, 2007). Al desarrollarse en el medio natural o en instalaciones que intentan emularlo, y por tanto ser una tarea no estandarizada, resulta ser de tipo abierto. Según la modalidad practicada (a vista o ensayada), puede representar distinto nivel de incertidumbre para el practicante y por tanto distinto nivel de esfuerzo. En cuanto a la determinación de la dificultad de una vía de escalada, además de que ésta esté influida por factores como el tipo de roca, meteorología y recorrido (dirección, altura, ángulo de desplome, ubicación de las protecciones o seguros, etc.), es la combinación de éstos con las características antropométricas (altura, envergadura, peso), físicas, técnicas y psicológicas de cada escalador e incluso con el estado de forma en ese momento, los que determinarán que

pueda resultar ligeramente más fácil o más difícil que para otros escaladores con diferentes cualidades.

Hasta el momento, el método elegido para valorar la dificultad de una vía de escalada o “grado” ha sido subjetivo, ya que se decide por consenso en base a una escala de graduación entre los diferentes escaladores que consiguen ascenderla. Existen diferentes escalas de graduación, de entre las cuales, como hemos dicho anteriormente, nosotros utilizaremos la escala francesa (Tabla I). Estos baremos se usan para valorar el rendimiento, detectar talentos o categorizar y clasificar escaladores para competiciones o investigación.

Objetivamente, y en base a lo comentado hasta ahora, podríamos afirmar que gran parte de la dificultad de cada vía está representada por la distancia entre agarres o por el tamaño de las presas de pie y mano de las que hay que sostenerse para ascender. Más concretamente, por el porcentaje de la fuerza máxima de dedos que cada tamaño de presa representa para el escalador, que a su vez determina que el escalador pueda sostenerse de esas presas el tiempo que necesita para resolver cada sección en la que se encuentran y ascender con éxito.

Se ha estudiado el tiempo que los escaladores pueden mantener en un dinamómetro diferentes porcentajes de la MCV hasta la fatiga. Los escaladores de nivel medio pueden mantener entre 4 y 5 minutos una contracción al 30% MCV hasta la fatiga (Usaj y col., 2007), cerca de 1 minuto y medio una intensidad del 50% MCV en el estudio de Mermier y col. (2000) y alrededor de los 30 segundos al 80% MCV en el de Limonta y col., (2008).

En mediciones con un instrumento de medida más específico de escalada, en el que se integró un sensor de fuerza debajo de una pieza metálica con forma de regleta de una profundidad de unos 20 mm, escaladores de alto nivel en posición de sentado y con el antebrazo apoyado en la mesa, mantuvieron 35 segundos una contracción al 80% MCV con el agarre de semiarqueado (Guidi, 1996) y cerca de 1 minuto una contracción del 60% al 70% MCV (Guidi, 1996; Watts y col., 1996).

También se han hecho mediciones con un instrumento similar al anterior, pero con una postura del brazo más próxima al gesto de escalar (flexión codo y hombro de 90° y abducción hombro 60°) y se ha observado que los escaladores de nivel medio (6c a 7c, ver tabla I), pueden aguantar una media alrededor de los 2 minutos una contracción al 40% MCV hasta la

fatiga presionando con los dedos en postura de semiarqueado sobre una superficie del tamaño de una falange (unos 20 mm) (MacLeod y col., 2007); mientras que los escaladores de élite (8a a 9a+) pueden llegar de media alrededor de los 3 minutos en el mismo test (Philippe y col, 2012). Los tiempos totales son algo mayores sumando varios ciclos de contracciones isométricas intermitentes. En esta línea, Quaine y col (2006) observaron que un total de 19 ciclos de 5 segundos y 5 de reposo, a una intensidad del 80% MCV, correspondía a unos 3 minutos en total. En el estudio de Philippe y col. (2012) con series de 10 segundos de contracción y 3 segundos de reposo a una intensidad del 40% MCV, los escaladores de élite alcanzaron los 7 minutos en total y los de nivel medio alrededor de 5 minutos en el estudio de MacLeod y col., (2007).

Sin embargo, en ninguno de los trabajos anteriores se estudió la fuerza o la resistencia de dedos sobre diferentes profundidades de presa. Sólo hemos encontrado dos estudios que han estudiado la fuerza aplicada en diferentes profundidades de regleta en un instrumento similar al de Philippe y col. (2012), aunque con objetivos diferentes a los expuestos anteriormente. Bourne y col. (2011) valoraron en 15 escaladores de nivel medio (media de grado encadenado de 7b+ y mínimo de 5 años de práctica) la fuerza máxima sobre regletas de diferentes tamaños de 2,8 mm, 4.3 mm, 5.8 mm, 7.3 mm, y 12.5 mm para comprobar si existía relación entre fuerza máxima en los tamaños mayores y en los más pequeños y entre las características antropométricas del dedo (longitud, distancia del hueso al final de la falange distal) y la fuerza en los tamaños menores. Amca y col. (2012) estudiaron, en 10 escaladores de nivel medio (grado encadenado de 7b), la relación entre tipo de agarre (arqueado, semiarqueado, y extensión), tamaño de presa y la fuerza máxima aplicada en dirección vertical y antero-posterior en regletas de 10 mm, 20 mm, 30 mm y 40 mm.

Únicamente hemos encontrado dos estudios que han usado un ejercicio específico de escalada de suspensión de dedos de una presa de escalada. Watts y col. (2008) encontraron un tiempo medio de 35 a 40 segundos en 5 escaladores expertos que se suspendieron de una presa redondeada, con una inclinación negativa respecto a la horizontal y una profundidad de dos falanges (unos 40mm). Baláš y col. (2012) observaron tiempos medios de 13, 30, 56, y 79 segundos para escaladores de nivel 6a, 6a+ a 6b+, 6c a 7c+, y de 8a a 9a respectivamente, en una suspensión de dedos de una regleta de 25 mm. Además, este autor encontró relación entre el tiempo en suspensión de ese tamaño de regleta y el nivel deportivo.

En base a lo visto hasta el momento, podemos decir que la fuerza aplicada o el tiempo en suspensión es distinto según el tamaño de canto y el nivel del escalador. Por ejemplo, desde un punto de vista práctico, podemos decir que una regleta de la que un sujeto se pueda colgar (suspensión de dedos) durante 3 segundos máximos es la mínima regleta de la que puede soportar su peso corporal, o lo que es mismo, su record personal para esa sesión. Por otra parte, dos escaladores estarán obteniendo similares efectos de entrenamiento si ambos entrenan sobre una regleta de la que pudieran suspenderse el mismo tiempo de esfuerzo. Por último, la misma profundidad de regleta, puede representar para escaladores de distintos niveles, diferente intensidad de entrenamiento y por tanto diferente efecto si ambos utilizan en mismo tiempo de esfuerzo.

En esta línea, teniendo en cuenta la relación entre intensidad o porcentaje de la fuerza máxima isométrica y tiempo hasta el agotamiento (Rohmert, 1960; Allison y col., 2004; Law y Avin, 2010) y la importancia del control de la intensidad para obtener efectos en la fuerza (Fry, 2004), así como la relación entre la dificultad en escalada y el tamaño de los cantos, pensamos que se podría estimar la intensidad de diferentes profundidades de regleta a través del tiempo que cada escalador puede aguantar hasta la fatiga suspendido de ellas. Sin embargo, no hemos encontrado ningún estudio que haya valorado este aspecto, así como su relación con el nivel deportivo. Tampoco conocemos ningún estudio que haya estudiado la fiabilidad de un test de tiempo en suspensión sobre diferentes tamaños de presa.

La valoración de cada profundidad de presa en escalada se puede hacer, al menos, para conseguir los siguientes objetivos: a) controlar el proceso de entrenamiento de la fuerza y resistencia de agarre, b) predecir el rendimiento, c) discriminar entre escaladores del mismo y diferentes niveles deportivos, d) contribuir a la identificación de talentos, e) definir la dificultad en escalada.

III. PROBLEMAS, OBJETIVOS E HIPÓTESIS

La presente tesis consta de tres estudios:

1. Estudio I: Trabajo descriptivo denominado “Valoración de la resistencia de dedos sobre distintos tamaños de regleta en escaladores deportivos de diferente nivel”.
2. Estudio II: Trabajo experimental de intervención denominado “Efecto de dos entrenamientos de fuerza máxima de agarre con distinta presa y mismo tiempo de esfuerzo sobre la resistencia de agarre en escaladores deportivos de alto nivel”.
3. Estudio III: Trabajo experimental de intervención denominado “Efectos de tres programas de entrenamientos de fuerza y resistencia de agarre sobre la fuerza y resistencia de agarre en escaladores deportivos de distintos niveles”.

En la tabla II se presenta un resumen de las características de cada estudio.

Tabla II. Resumen de los tres estudios.

Estudio	Nivel Deportivo de participantes (escala francesa) Media (Rango)	Tipo de Estudio	Descripción
I	7b+ (7a-8c)	Descriptivo	Valoración del tiempo de suspensión en distintas profundidades de regleta
II	8a+/b (8a-8c+)	Experimental	Comparar los efectos de dos tipos de entrenamiento de fuerza de agarre aplicados en distinto orden: 4 semanas con máximo lastre y después otras 4 semanas sobre mínima regleta vs 4 semanas de entrenamiento sobre mínima regleta y 4 semanas de entrenamiento con máximo lastre
III	8a (7a-9a)	Experimental	Comparar efectos de tres programas diferentes de entrenamiento: 4 semanas de entrenamiento de fuerza con máximo lastre y 4 semanas de entrenamiento de fuerza sobre mínima regleta vs. 4 semanas de fuerza con máximo lastre y 4 semanas de resistencia sobre mínima regleta vs. 8 semanas de entrenamiento de resistencia sobre mínima regleta

Nivel deportivo* valorado como la ascensión más difícil con ensayos encadenada en los 6 meses previos, según la escala francesa (mín. 5, máx. 9b+)

3.1 ESTUDIO I

3.1.1 Problema de investigación

Numerosos autores han sugerido que la fuerza y resistencia de dedos son factores predictores del rendimiento en escalada. Para obtener un aumento del rendimiento es esencial el control del proceso de entrenamiento. Gran parte de la dificultad de una vía de escalada está representada por el tamaño de las presas, que es lo que determina la intensidad de la vía. De tal manera que cuanto menor sea la presa, mayor se considera la intensidad del esfuerzo y la tensión muscular necesaria, por lo que se podría deducir que el conocimiento de la intensidad en el entrenamiento de la fuerza de agarre es necesario para programar el entrenamiento. Sin embargo no hemos encontrado ningún estudio que haya estimado la intensidad que representan diferentes tamaños de presas para escaladores de diferentes niveles. Por tanto, nos planteamos el siguiente problema:

3.1.1.1 Problema del estudio I

¿Qué intensidad representan diferentes tamaños de presas para especialistas en escalada deportiva de diferentes niveles?

Para dar respuesta a esta problemática, se planteó un primer estudio con los siguientes objetivos.

3.1.2 Objetivos del estudio I:

- I. Analizar la intensidad que representan distintos tamaños de presa de tipo regleta, medida a través del tiempo que se puede soportar un ejercicio de suspensión de dedos en cada una de ellas.
- II. Comprobar la relación entre el rendimiento en cada tamaño de regleta y el rendimiento en escalada, así como con otras variables antropométricas como longitud de dedos y peso corporal.
- III. Comprobar la fiabilidad del rendimiento en regletas de distinta profundidad.

3.1.3 Hipótesis:

Se ha propuesto que la fuerza máxima (Watts y col., 1993; 1996 y 2003; Lehner y Heyters, 1998; MacLeod y col., 2007; Philippe y col., 2012; Fanchini y col., 2013) y la resistencia de agarre (Grant y col., 1996; Lehner y Heyters, 1998; Binney y Cochrane, 1999; Wall y col., 2004; MacLeod y col., 2007; Philippe y col., 2012) sobre presas cada vez más pequeñas (Quaine y Vigouroux, 2004, Watts, 2004) son factores determinantes del rendimiento en escalada deportiva. Específicamente, se ha encontrado relación entre tiempo de suspensión sobre una presa de escalada y nivel deportivo (Baláš y col., 2012) y entre la fuerza aplicada en una regleta de 12,5 mm y el nivel deportivo (Bourne y col., 2011). Además, otros autores han observado que la fuerza aplicada por escaladores sobre regletas de distintos tamaños disminuye con el tamaño de regleta (Bourdín y col., 1998; Bourne y col., 2011, Amca y col. 2012; Schweizer y Hudek, 2011). Por lo tanto, es probable que la menor fuerza aplicada se corresponda con un menor tiempo de suspensión cuanto menor sea la presa, y que este tiempo de suspensión mejore a medida que aumente el rendimiento deportivo. Por tanto, formulamos las siguientes hipótesis:

Hipótesis 1: El tiempo de suspensión es menor cuanto menor es el tamaño de regleta.

Hipótesis 2: El tiempo de suspensión sobre cada tamaño de regleta presenta relación positiva significativa con el nivel deportivo.

3.2 ESTUDIO II

3.2.1 Problema de investigación

Algunos estudios han comprobado que el aumento de la fuerza tiene un efecto positivo sobre el aumento de la resistencia. La escalada consiste en desplazarse agarrándose y apoyándose en presas (puntos de agarre y de apoyo) por paredes en sentido ascendente. Por otra parte, es bien conocido que el entrenamiento con sobrecargas, en cualquier ejercicio, puede tener efecto positivo sobre el aumento de la fuerza. Se ha sugerido que colgarse de la punta de los dedos (suspensiones) es un ejercicio específico de escalada. A la vista de estos hechos, podría sugerirse el uso de presas de distinto tamaño, con y sin sobrecargas añadidas (lastres), en el ejercicio de suspensiones, como métodos de entrenamiento de fuerza y de resistencia en escalada. Sin embargo, no hemos encontrado estudios que hayan analizado los efectos de diferentes entrenamientos de fuerza sobre la fuerza máxima y la resistencia de agarre en escalada utilizando este tipo de entrenamiento. Por tanto, nos planteamos el siguiente problema:

3.2.1.1 Problema del estudio II

¿Cuál es el efecto sobre el rendimiento en fuerza y resistencia de agarre en suspensión de dos tipos de entrenamiento de fuerza, uno con lastre sobre regleta grande y otro sin lastre sobre regleta pequeña, aplicados en distinto orden, en dos grupos equivalentes de sujetos de alto nivel en escalada deportiva?

Para dar respuesta a esta problemática, se planteó un segundo estudio con los siguientes objetivos.

3.2.2 Objetivos del estudio II:

- I. Comprobar los efectos de dos tipos de entrenamiento de fuerza, uno con lastre sobre regleta grande y otro sin lastre sobre regleta pequeña, aplicados en distinto orden, a dos grupos equivalentes de sujetos de alto nivel en escalada deportiva, sobre el rendimiento en fuerza y en resistencia de agarre en suspensión.

- II. Comprobar si la mejora de la fuerza de agarre tiene un efecto positivo sobre la resistencia de agarre.
- III. Comprobar los efectos del desentrenamiento de la fuerza de agarre.

3.2.3 Hipótesis:

Se ha sugerido que la fuerza máxima (Watts y col., 1993; 1996 y 2003; Lehner y Heyters, 1998) y la resistencia de agarre (Grant y col., 1996; Lehner y Heyters, 1998; Binney y Cochrane, 1999; Wall y col., 2004) sobre presas cada vez más pequeñas (Quaine y Vigouroux, 2004, Watts, 2004) son factores determinantes del rendimiento en escalada deportiva, y se sabe que el uso de sobrecargas tiene un efecto positivo sobre la mejora de la fuerza (Harris y col., 2000; Sale, 1988; Hakkinen y col., 1985a). Además, se ha observado que el entrenamiento de la fuerza tiene un efecto positivo sobre la resistencia específica especialmente cuando el ejercicio es específico (Anderson y Kearny, 1982, Bell y col, 1989, Paavolainen y col., 1999, Tanaka y col., 1993, Tanaka y Swensen, 1998). La explicación a ello es que al aumentar la fuerza, el peso corporal representa una menor carga, y por tanto se tendría que activar un porcentaje menor de unidades motoras para vencer la misma carga absoluta, lo cual aumenta el tiempo hasta la fatiga. Por tanto, es probable que entrenando de manera específica con ejercicios de suspensión con intensidades que mejoren la fuerza máxima se produzca una mejora en la resistencia de agarre en el propio ejercicio de suspensión. Por ello, formulamos una primera hipótesis:

Hipótesis 1: El entrenamiento de la fuerza máxima de agarre produce mejora significativa en la resistencia de agarre.

Dado que el entrenamiento con cargas tiene un efecto positivo sobre la fuerza y que el aumento de la fuerza tiene un efecto positivo sobre la resistencia, entendemos, en primer lugar que el orden más eficaz para mejorar el rendimiento sería utilizar primero entrenamiento con lastre y a continuación realizar el entrenamiento más específico utilizando el ejercicio de suspensión con el propio peso corporal, y en segundo lugar que es probable que los cambios en la fuerza de agarre presenten una relación positiva significativa con los cambios en la resistencia de agarre. Por tanto, formulamos las siguientes hipótesis:

Hipótesis 2: La secuencia de entrenamiento más efectiva para el aumento del tiempo de suspensión es utilizar en primer lugar un entrenamiento de suspensiones con lastre y a continuación un entrenamiento de suspensiones sin lastre.

Hipótesis 3: Los cambios en la fuerza de agarre presentan una relación positiva significativa con los cambios en la resistencia de agarre.

3.3 ESTUDIO III

3.3.1 Problema de investigación

Escalar implica no solamente altos grados de fuerza, sino también de resistencia, lo que exige tener una alta capacidad de recuperación entre las contracciones isométricas intermitentes de alta intensidad típicas de este deporte. Sin embargo, no hemos encontrado ningún estudio que haya valorado el efecto sobre el rendimiento en escalada de un entrenamiento de resistencia realizado con el ejercicio de suspensiones. Por ello nos planteamos el siguiente problema:

3.3.1.1 Problema del estudio III

¿Cuál es el efecto sobre la fuerza y resistencia de agarre de un entrenamiento de fuerza de agarre, un entrenamiento de resistencia de agarre y la combinación de entrenamiento de fuerza y resistencia de agarre?

Para dar respuesta a esta problemática, se planteó un tercer estudio con los siguientes objetivos.

3.3.2 Objetivos del estudio III

- I. Comprobar qué tratamiento es más efectivo para aumentar la fuerza y resistencia de agarre: a) entrenar durante ocho semanas con la combinación de métodos que resultó más efectiva para el desarrollo de la fuerza en el estudio II, b) realizar en las primeras cuatro semanas un entrenamiento de fuerza con lastre y en las siguientes cuatro semanas un entrenamiento intermitente de resistencia sin lastre, o c) entrenar ocho semanas con un método intermitente de resistencia sin lastre.

3.3.3 Hipótesis:

Se sabe que un entrenamiento con sobrecargas vinculado a un alto volumen y cargas submáximas está relacionado con mejoras en la resistencia muscular (Campos y col., 2002; Ebben y col., 2004; Iglesias y col., 2010; McGee y col, 1992; Rhea y col, 2003c; Robinson y col., 1995). En este sentido, se ha sugerido un entrenamiento basado en la imitación del ratio de actividad y reposo del deporte (Meckel y col., 2009) con el fin de obtener un aumento en

la resistencia específica. Se ha propuesto que la escalada consiste en contracciones isométricas intermitentes de los flexores de los dedos con escasa recuperación entre ellas (MacLeod y col., 2007; White y Olsen., 2010; Philippe y col., 2012). Por otra parte, como se dijo anteriormente, se ha observado que el entrenamiento de la fuerza tiene un efecto positivo sobre la resistencia específica especialmente cuando el ejercicio es específico (Anderson y Kearny, 1982, Bell y col., 1989, Tanaka y col., 1993, Tanaka y Swensen, 1998; Paavolainen y col., 1999). Según la literatura, es probable que los tres tratamientos propuestos en el presente estudio tengan efecto positivo sobre la resistencia y la fuerza de agarre, pero dado que el objetivo prioritario del presente estudio es comprobar el efecto sobre la resistencia específica, es probable que el efecto sobre la resistencia específica en un periodo de entrenamiento de 8 semanas sea superior realizando el tratamiento más específico, por lo que el entrenamiento intermitente de resistencia podría ser más efectivo que la combinación de fuerza con lastre y sin lastre y de fuerza con lastre y resistencia intermitente. Por tanto, se propone la siguiente hipótesis:

Hipótesis 1: El entrenamiento más efectivo para el aumento de la resistencia de agarre en un periodo de 8 semanas es utilizar un entrenamiento de suspensiones intermitentes sin lastre, en comparación con un entrenamiento de 4 semanas fuerza con lastre y 4 semanas sin lastre y de 4 semanas fuerza con lastre y 4 semanas de resistencia intermitente sin lastre.

IV. METODOLOGÍA

4.1 ESTUDIO I

4.1.1 Participantes

Se seleccionaron un total de 36 sujetos a partir de unos requisitos establecidos previamente que se recogen en la tabla III.

Tabla III. Requisitos de selección de los participantes

-
- Llevar escalando al menos 1 año.
 - Llevar en activo un mínimo de 1 mes de entrenamiento previo al test.
 - No sufrir ni haber sufrido, en los 6 meses previos, ninguna lesión o enfermedad que contraindique la realización de un esfuerzo máximo de fuerza de agarre, ni estar tomando medicamentos que contraindiquen la realización de esfuerzos máximos.
 - Tener una edad superior a 18 años.
-

Como se muestra en la tabla IV, los participantes tenían entre 20 y 46 años de edad, de 1 a 31 años de años de práctica de la escalada y un nivel deportivo de bajo a alto (6b a 8c). Para facilitar el tratamiento estadístico de los datos de nivel deportivo se utilizó la tabla de conversión propuesta por Watts, Martin y Durstchi (1993), que convierte la escala francesa a una numérica (tabla V)

Tabla IV. Estadística descriptiva de los participantes (Media \pm dt) (n = 36).

Edad (años)	Altura (cm)	Peso (kg)	Años experiencia	Nivel deportivo* (escala Watts y col. 1993)	Nivel deportivo* (escala francesa)
30,4 \pm 6,7	169,4 \pm 6,9	63,9 \pm 8,2	11,1 \pm 7	3,2 \pm 1,1	7b+

Nivel deportivo*= la ascensión más difícil encadenada con ensayos en los 6 meses previos.

Tabla V. Tabla de conversión para estandarizar el nivel deportivo de escala francesa a escala numérica (Watts, Martin y Durtschi, 1993).

Escala francesa	Escala estandarizada
6a	1
6a+	1,25
6b	1,50
6b+	1,75
6c	2
6c+	2,25
7a	2,50
7a+	2,75
7b	3
7b+	3,25
7c	3,50
7c+	3,75
8a	4
8a+	4,25
8b	4,50
8b+	4,75
8c	5
8c+	5,25
9a	5,50
9a+	5,75
9b	6
9b+	6,25

4.1.2 Procedimiento

Una vez seleccionados, los sujetos participaron de forma voluntaria en este estudio y previamente fueron informados individualmente por escrito de los objetivos, características, riesgos e inconvenientes del mismo (anexo 1). Después, firmaron el documento de consentimiento (anexo 2) y completaron el cuestionario relativo a sus datos personales, años de experiencia, edad y nivel deportivo determinado por el grado máximo encadenado en los seis meses previos (anexo 3).

La recogida de datos tuvo lugar en el rocódromo “Club Vertical de Escalada” (Toledo) y “Bulderking” (Madrid). Previamente al día del test, el sujeto hizo un reposo deportivo de 24 horas y el entrenamiento realizado 48 horas antes fue suave. Cada participante fue informado de las condiciones y normas del test y había aprendido la postura correcta previamente.

El día 1 se realizaron los tests de resistencia sobre regletas de diferentes profundidades: 6, 8, 10, 12 y 14 mm y se repitió una semana después a la misma hora. Las condiciones de

temperatura y humedad relativa fueron similares entre ambos tests. Se pidió a los sujetos que durante el tiempo que transcurrió entre ambos tests no realizaran entrenamiento intensivo de dedos, ni modificaran su entrenamiento y sus hábitos diarios respecto a los del día 1. Los datos obtenidos en el segundo test fueron los que se tuvieron en cuenta para los cálculos estadísticos. El primer y segundo día, antes de iniciar los tests, se realizó un calentamiento estandarizado de 15 minutos que consistió en movilizaciones de hombros, brazos y dedos seguidos de estiramientos y 3 series progresivas del ejercicio del test (suspensiones) a una intensidad moderada (anexo 5).

Durante los cinco minutos de recuperación después del calentamiento se tomaron las medidas antropométricas del modo siguiente: se determinó la altura con una precisión de 5 cm con una cinta métrica fijada a la pared. El peso se midió con una precisión de 0,1 kg, con una báscula de baño marca “EKS”. Se estimó la longitud de la falange distal (LFD) del dedo medio como la distancia de la articulación interfalángica distal a la punta del dedo. La longitud de la falange distal y la falange media (LFD+LFM) se tomó como la distancia de la articulación interfalángica media a la punta del dedo. Por último, la longitud del dedo medio (LD) se determinó como la distancia de la articulación metacarpo-falángica a la punta del dedo. Todas las longitudes se tomaron con una precisión de 1 mm.

A continuación de la toma de medidas antropométricas se hicieron los tests de resistencia en regletas de 6 mm, 8 mm, 10 mm, 12 mm y 14 mm. El descanso entre los tests de 6 mm, 8 mm y 10 mm, fue de 5 minutos para aquellos sujetos que aguantaron menos de 30 segundos, y de 10 minutos para aquellos que lo superaron. El descanso entre los tests en 10 mm y 12 mm, y entre 12 mm y 14 mm fue de 10 minutos. La toma de tiempos la realizaron dos personas.

4.1.3 Materiales

Para realizar el ejercicio de suspensiones, se fabricó una presa de madera en forma de regleta (Dimensiones 500x250x24 mm; por Eva López y Dafnis Fernández, 2004; Creative Commons licencia) (figura 3) cuya profundidad podía ser modificada. La profundidad de la regleta se controló a través de un calibre con una precisión de décima de milímetro. También se utilizó un cronómetro de mano marca “Casio” para medir los tiempos de suspensión y carbonato de magnesio marca “camp” para reducir el efecto de la sudoración.



Figura 2. Aparato de medida: Presa de madera regulable en forma de regleta que fue fabricada para medir y entrenar la fuerza y resistencia de agarre. Dimensiones: 500x250x24 mm; por Eva López y Dafnis Fernández, 2004; Creative Commons licencia.

4.1.4 Tests

4.1.4.1 *Test de resistencia (TR)*

Al test de resistencia se le denominó TR y consistió en suspenderse con los brazos extendidos y el agarre de semiarqueo de una presa tipo regleta (figura 1b) hasta el fallo (figura 3). El test finalizaba cuando el sujeto perdía el contacto de alguno de sus cuatro dedos con el agarre, o flexionaba los brazos, hombros o cadera. En ese momento, se anotaba el tiempo registrado con una precisión de décimas de segundo.

Se eligió el tipo de agarre de semiarqueo por ser el más utilizado para el agarre de presas pequeñas en escalada (Bollen, 1988; Schweizer, 2001, Quaine y Vigouroux, 2004, Watts, 2004), que son aquellas de profundidad menor a una falange y por tanto, el característico de las secciones más intensas de las vías de dificultad (Quaine y Vigouroux, 2004, Watts, 2004). Se eligió la presa tipo regleta por haberse considerado que es la representativa de las secciones más intensas de las vías de escalada y de las presas más pequeñas (Schweizer, 2001; Schöffl y col., 2009; Amca y col., 2012). Por otra parte, se eligieron las suspensiones de dedos por haberse considerado por diferentes autores como un ejercicio específico de escalada (Vigouroux y col., 2006; Watts y col., 2008).

Se realizó TR en regletas de 6 mm, 8 mm, 10 mm, 12 mm, y 14 mm, a los que se denominó TR6, TR8, TR10, TR12 y TR14, respectivamente. Estas profundidades de regleta fueron elegidas tras realizar un estudio piloto previo de tests de tiempo de suspensión hasta la fatiga en distintos tamaños de regleta con 4 escaladores de élite y determinarse previamente el tamaño de las presas de las secciones clave de las vías de máxima dificultad y de las de competición. También se tuvieron en cuenta las conclusiones de Bourne y col (2011) de que la fuerza sobre regletas menores a 6 mm depende en mayor medida de factores antropométricos que de la fuerza muscular. La profundidad de la regleta fue controlada gracias al uso de un calibre con precisión de décimas de milímetro.



Figura 3. Test de resistencia (TR), medida a través del tiempo en suspensión.

4.2 ESTUDIO II

4.2.1 Participantes

En base a los requisitos establecidos previamente (Tabla VI) se seleccionaron un total de 12 sujetos (10 hombres y 2 mujeres) de los cuales solo terminaron el estudio 9 (8 hombres y 1 mujer). La tabla VII, que recoge la estadística descriptiva de los participantes por grupos, muestra que tenían entre 26 y 39 años de edad, de 9 a 22 años de práctica deportiva y eran de nivel alto (8a a 8c+; escala francesa). El nivel deportivo se definió como el grado máximo encadenado en los seis meses previos según la escala francesa. Del mismo modo que se hizo en el estudio I, cada grado deportivo se convirtió a un número usando la misma tabla de conversión que en el estudio I.

Tabla VI. Requisitos de los participantes

- Llevar escalando al menos 5 años.
- Tener actualmente un nivel de escalada ensayada superior a 8a.
- No tener ninguna lesión o enfermedad que imposibilite la realización de un entrenamiento físico intensivo de dedos.
- No haber entrenado con suspensiones de dedos en el mes previo a la investigación.
- Haber entrenado habitualmente escalada durante el último año (más de 2 días/semana).
- Comprometerse a cumplir un calendario de entrenamiento (3 días/semana y 1-2 escalada en roca) y tests durante 10 semanas.
- Tener una edad superior a 25 años.

Tabla VII. Estadística descriptiva por grupos (Media \pm dt)

Grupo	Edad (años)	Altura (cm.)	Peso (kg.)	Años experiencia	Nivel deportivo (escala Watts y col. 1993)	Nivel deportivo (escala francesa)
FMínRg-FMáxL (n = 5)	32,20 \pm 4,32	171,40 \pm 10,91	63,68 \pm 11,98	15,80 \pm 4,60	4,30 \pm 0,57	8a+/b
FMáxL-FMínRg (n = 4)	28,25 \pm 2,06	168,88 \pm 4,48	68,95 \pm 4,87	11,25 \pm 2,22	4,19 \pm 0,75	8a+

Nivel deportivo = la ascensión más difícil (máximo grado) encadenada con ensayos en los 6 meses previos. FMáxL-FMínRg = entrenamiento de fuerza con máximo lastre-entrenamiento de fuerza sobre mínima regleta; FMínRg-FMáxL = entrenamiento de fuerza sobre mínima regleta-entrenamiento de fuerza con máximo lastre.

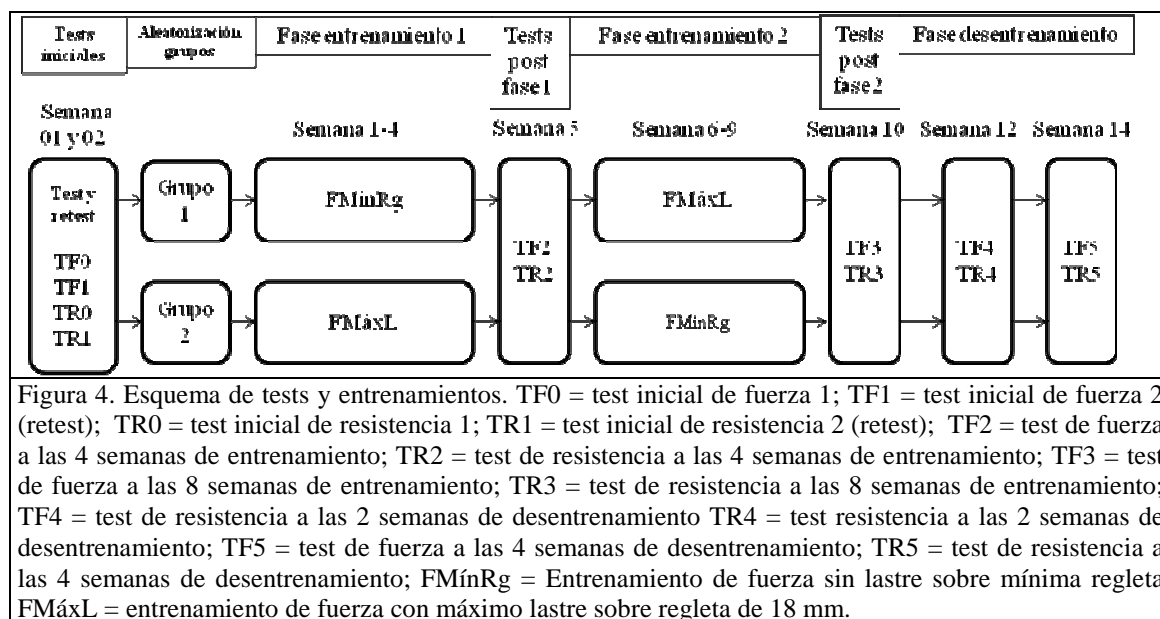
4.2.2 Procedimiento

Una vez seleccionados, los sujetos participaron de forma voluntaria en el estudio después de haber sido informados individualmente por escrito de los objetivos, características, riesgos e inconvenientes del mismo (anexo 4). Después, firmaron el documento de consentimiento (anexo 2) y completaron el cuestionario relativo a sus datos personales, años de práctica de la escalada, edad y nivel deportivo (anexo 3).

La toma de datos se realizó en el rocódromo del “Club Vertical de Escalada” (Toledo). En la semana 1 se realizaron los tests de fuerza (TF) y de resistencia (TR). En la semana 2 se repitieron los tests el mismo día a la misma hora con el fin de comprobar la fiabilidad, y estas medidas fueron las que se tomaron para los cálculos estadísticos. El protocolo previo a la realización de los tests y el calentamiento fue el mismo que para el estudio I (anexo 4). La toma de medidas antropométricas de peso y altura se tomaron durante los 5 minutos después del calentamiento. A continuación se hizo el test de fuerza y tras 10 minutos de reposo, el de resistencia.

La asignación de los sujetos a cada grupo se realizó según sus resultados en el test de fuerza (TF1) por el procedimiento *abba*: Se sorteó el primer sujeto y se asignó al grupo 1 y a continuación se siguió el orden *bba* hasta completar los dos grupos. A cada grupo se le asignó un método de entrenamiento distinto para la primera fase de cuatro semanas. En la semana 5 se realizaron los tests de fuerza y resistencia (TF2 y TR2). De la semana 6 a la 9 se realizó la segunda fase de entrenamiento, en la que los grupos se intercambiaron los métodos usando cada uno el que había usado el otro. En la semana 10 se repitieron los tests de fuerza y resistencia (TF3 y TR3).

Para valorar los efectos del desentrenamiento se realizaron tests de fuerza y resistencia a las 2 semanas (TF4 y TR4) y 4 semanas (TF5 y TR5) de interrupción del entrenamiento de suspensiones, aunque los sujetos siguieron realizando el entrenamiento físico-técnico habitual de manera controlada. Este entrenamiento físico-técnico era similar para todos, aunque individualizado según el nivel y experiencia de cada uno. Para mayor claridad, presentamos en la figura 4 un esquema de la periodización de tests y entrenamientos.



4.2.3 Materiales

El instrumento de medida y los materiales utilizados fueron los mismos que en el estudio I. Además se usó un arnés de cintura marca Roca para colgar el lastre en el test de fuerza.

4.2.4 Tests

4.2.4.1 Test de fuerza (TF)

El objetivo fue medir la carga máxima que el sujeto podía aguantar suspendido durante 5 segundos con brazos extendidos usando el agarre “semiarqueo” (figura 1b) sobre una regleta de 15 mm (figura 4). El tamaño de la regleta fue de 15 mm (figura 5) por haberse considerado previamente que es el tamaño medio más representativo de la superficie de agarre de las presas de competición y por haberse comprobado en el estudio I la fiabilidad de TR14, así como su relación significativa con el nivel deportivo.



Figura 5. Test de fuerza



Figura 6. Profundidad usada en el test de fuerza: 15 mm

La profundidad de la regleta se midió con un calibre con una precisión de 1 décima de milímetro. A partir de esta medida se eligió una medida mayor para los entrenamientos (18 mm) y otra inferior para el test de resistencia (11 mm) teniendo en cuenta las conclusiones de Bourne y col. (2011) de que el rendimiento en regletas menores a 6 mm depende más de factores anatómicos, como la cantidad de de tejido (pulpejo) que hay del extremo óseo de la falange distal a la punta del dedo, que de la fuerza muscular.

El test se realizó en primer lugar después del calentamiento y se determinó la carga del modo siguiente: Por tanteo se eligió una primera carga con la que el sujeto pudiera soportar 15-20 segundos. Después de 5 minutos de descanso tras cada intento, se fue aumentando la carga con incrementos de 10 a 5 kilos según la dificultad observada. Con el fin de prevenir los efectos de la fatiga, se trató de alcanzar la carga máxima en un tope de 5 intentos. Cuando el sujeto no podía soportar los 5 segundos manteniendo el contacto de los cuatro dedos en el agarre, flexionaba los brazos o elevaba el tronco o las piernas, el test se daba por finalizado y se registraba la última carga soportada.

4.2.4.2 Test de resistencia (TR)

El test fue el mismo que se usó en el estudio I, pero utilizando una regleta de profundidad de 11 mm (figura 3 y 7).



Figura 7. Profundidad usada en test de resistencia: 11mm

4.2.5 Entrenamientos

Los tests y los entrenamientos se realizaron siempre a la misma hora y se advirtió a los sujetos que no debían cambiar sus hábitos diarios durante el periodo que durara el estudio.

Los dos grupos utilizaron como ejercicio de entrenamiento específico las suspensiones de dedos con agarre de semiarqueo de una regleta debido a las razones de especificidad que se han comentado en el estudio I. Se realizaron dos métodos de entrenamiento diferentes y cada grupo los utilizó en un orden distinto. Un método consistió en realizar un entrenamiento de fuerza máxima con lastre (FMáxL) y el otro en un entrenamiento de fuerza máxima sobre una regleta mínima (FMínRg). El grupo 1 realizó FMínRg en las primeras 4 semanas (fase de entrenamiento 1) y en las siguientes 4 semanas (fase de entrenamiento 2) hizo FMáxL. A este grupo desde ahora lo denominaremos grupo FMínRg-FMáxL. El grupo 2 realizó FMáxL en la fase 1 y en las siguientes 4 semanas hizo FMínRg. A este grupo desde ahora lo denominaremos grupo FMáxL-FmínRg (figura 4). El número de series por sesión, tiempo de esfuerzo y tiempo de recuperación entre series por método se muestra en la tabla VIII.

Tabla VIII. Programa de entrenamiento

Fase de entrenamiento 1		
	grupo 1: FMáxL	grupo 2: FMínRg
semana 1	3x10":3'	3x10":3'
semana 2	4x10":3'	4x10":3'
semana 3	5x10":3'	5x10":3'
semana 4	5x10":3'	5x10":3'
Fase de entrenamiento 2		
	grupo 1: FMínRg	grupo 2: FMáxL
semana 6	3x10":3'	3x10":3'
semana 7	4x10":3'	4x10":3'
semana 8	5x10":3'	5x10":3'
semana 9	5x10":3'	5x10":3'

FMínRg = Entrenamiento de fuerza sin lastre sobre mínima regleta
 FMáxL = entrenamiento de fuerza con máximo lastre sobre regleta de 18 mm.

4.2.5.1 Entrenamiento de fuerza con máximo lastre (FMáxL)

Consistió en colgarse mediante suspensiones de una regleta de 18 mm usando el agarre de semiarqueo con un lastre que permitiera soportar 10 segundos sobre 13 realizables. El calentamiento específico consistió en 3-4 series de calentamiento con cargas progresivas en lastre (50-90% de la carga utilizada en la anterior sesión de entrenamiento). La determinación de la carga de entrenamiento se realizó de la forma siguiente en la primera serie: se elegía una carga con la que se pudiera aguantar el tiempo de 10 segundos con ese margen establecido de

3 segundos. Pero si el sujeto percibía que no iba a poder cumplir dicho margen, añadía o retiraba lastre (2-5 kg en función del peso corporal) con el fin de mantener la carga constante. Durante las series siguientes, seguía controlando la carga con el mismo procedimiento. Como referencia, el sujeto más fuerte llegó a utilizar 55kg y el menos fuerte, 5kg. El número de series por sesión y el tiempo de recuperación establecidos se recogen en la tabla VII.

4.2.5.2 Entrenamiento de fuerza sobre la mínima regleta (FMínReg)

Se realizó sin lastre adicional y consistió en colgarse con el agarre de semiarqueo de una regleta con la mínima profundidad que permitiera soportar 10 segundos sobre 13 realizables. El calentamiento específico consistió en 3-4 series de suspensiones progresivas en tamaño de regleta utilizado (8-2 mm más grandes que la usada en la anterior sesión de entrenamiento). La elección de la regleta de entrenamiento se realizó de la forma siguiente en la primera serie: se escogía un tamaño en el que se pudiera aguantar 10 segundos con el margen de 3 establecido previamente, pero si el sujeto percibía que no iba a poder cumplir ese margen, cambiaba a una regleta superior o inferior (1-2 mm en función del esfuerzo percibido). Como en el anterior método, a lo largo de las series cada sujeto seguía controlando la carga con el mismo procedimiento. Como referencia, la regleta más pequeña que se utilizó fue de 5 mm y la más grande, de 10 mm. Este ajuste de carga se realizó en cada serie, y el número de series por sesión y la pausa establecida se recogen en la tabla VII.

Una característica destacable de los entrenamientos de este estudio fue que el ajuste de la carga se realizaba en cada serie y repetición para cumplir con un carácter del esfuerzo establecido (González Badillo y Ribas, 2002) de 10 segundos de suspensión sobre un máximo posible de 13 segundos. En el método FMáxL, el ajuste se realizó a través del lastre usado en cada serie y en FMínRg, con el tamaño de regleta.

El entrenamiento del estudio se hizo 2 días por semana (lunes y miércoles) durante dos ciclos de 4 semanas y se realizaba siempre después del calentamiento y previamente al entrenamiento físico técnico habitual.

4.2.5.3 Entrenamiento físico técnico

Estaba personalizado a las características y objetivos de cada sujeto y fue diseñado, supervisado y controlado por Eva López. Se realizó 6 días por semana (de lunes a jueves, sábado y domingo; de 2 a 4 horas/día) y los días que se realizaba el entrenamiento de suspensiones del estudio, se iniciaba tras un reposo de 15 minutos de dicho entrenamiento. De lunes a jueves se entrenaba en un muro artificial con 3 a 10 series de 3 a 90 movimientos de dificultades comprendidas entre el 70%-100% del nivel deportivo máximo y los fines de semana se entrenaba en roca en rutas de 10 a 25 metros de dificultad de 7b a 8c en función de las características y cualidades de cada individuo.

4.3 ESTUDIO III

4.3.1 Participantes

A partir de los requisitos establecidos previamente (tabla IX) se seleccionaron un total de 38 participantes (32 hombres y 6 mujeres), de los cuales acabaron el estudio 26 (23 hombres y 3 mujeres). Los participantes tenían entre 21 y 45 años de edad, llevaban una media de 5 a 22 años de práctica deportiva y tenían de nivel medio a élite (7a a 9a) (Tabla X).

Tabla IX. Requisitos de selección de los participantes

- Llevar escalando al menos 2 años.
- Tener actualmente un nivel de escalada ensayada superior a 7a.
- No tener ninguna lesión o enfermedad que te imposibilite la realización de un entrenamiento físico intensivo.
- No haber entrenado con suspensiones de dedos en el mes previo a la investigación.
- Haber entrenado habitualmente en los últimos 6 meses (mínimo 2 días/semana).
- Comprometerse a cumplir un calendario de entrenamiento (3 días/semana y 1-2 escalada en roca) y tests durante 10 semanas.
- Tener una edad superior a 25 años.

Tabla X. Estadística descriptiva por grupos (Media \pm dt).

Grupo	Edad (años)	Altura (cm)	Peso (kg)	Años experiencia	Nivel deportivo (escala Watts y col. 1993)	Nivel deportivo (escala francesa)
FMáxL-FMínRg (n = 11)	33,91 \pm 7,00	171,3 \pm 7,41	67,04 \pm 8,90	14,27 \pm 6,34	4,13 \pm 0,91	8a
FMáxL-RMínRg (n = 7)	31,11 \pm 5,30	172,6 \pm 9,31	63,30 \pm 9,93	10,44 \pm 5,75	3,97 \pm 0,69	8a
RMínRg-RMínRg (n = 8)	30,13 \pm 5,77	171,0 \pm 5,57	66,51 \pm 6,90	11,19 \pm 6,14	3,47 \pm 0,72	7c

Nivel deportivo = la ascensión más difícil (máximo grado) encadenada con ensayos en los 6 meses previos.

FMáxL-FMínRg = entrenamiento de fuerza con máximo lastre-entrenamiento de fuerza sobre mínima regleta;

FmáxL-RMínRg = entrenamiento de fuerza con máximo lastre-entrenamiento de resistencia sobre mínima regleta;

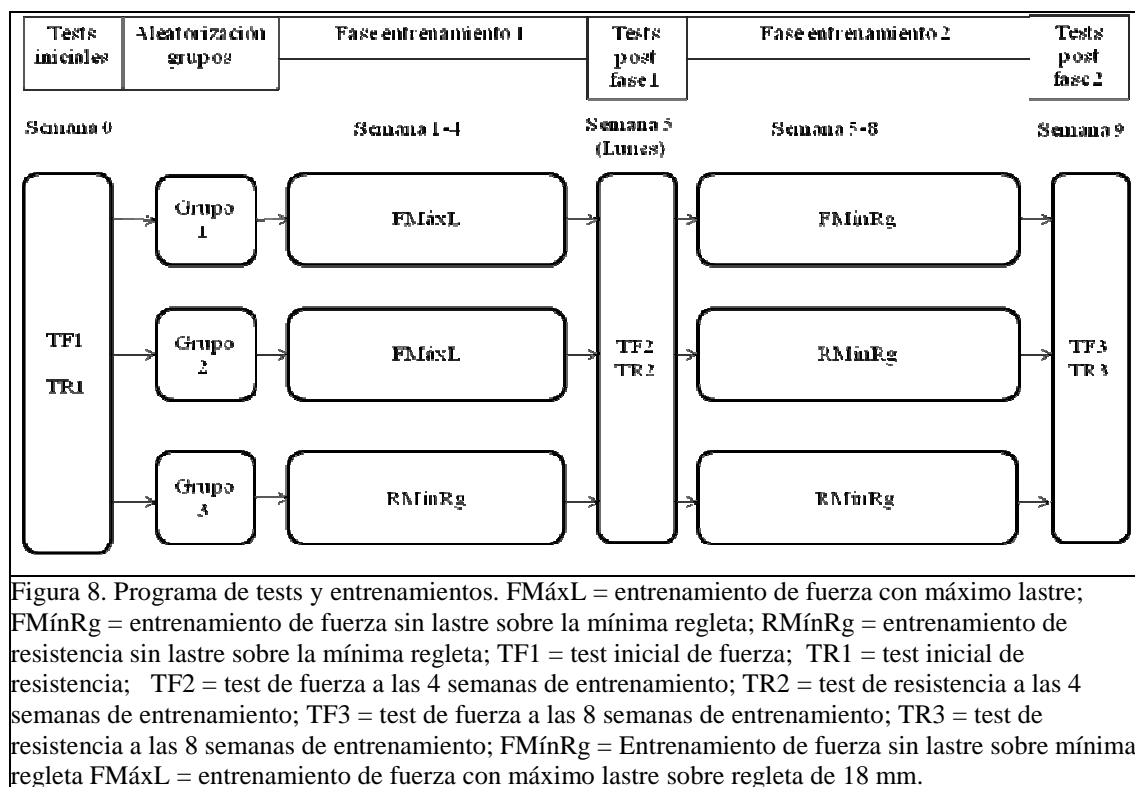
RMínRg-RMínRg = entrenamiento de resistencia sobre mínima regleta-entrenamiento de resistencia sobre mínima regleta.

4.3.2 Procedimiento

Una vez seleccionados, los sujetos participaron de forma voluntaria en el estudio después de haber sido informados individualmente por escrito de los objetivos, características, riesgos e inconvenientes del mismo (anexo 6). Después, firmaron el documento de consentimiento (anexo 2) y completaron el cuestionario relativo a sus datos personales, años de práctica de la escalada, edad, experiencia en entrenamiento y nivel deportivo determinado por el grado máximo encadenado en los seis meses previos (anexo 7).

La toma de datos se realizó en el rocódromo del “Club Vertical de Escalada” (Toledo). Los tests y el protocolo de realización fueron los mismos que en el estudio II, a excepción de la repetición de TF y TR en la semana 2, dado no fue necesario comprobar su fiabilidad por haberse realizado en este estudio anterior. Por tanto, los tests iniciales de fuerza (TF1) y de resistencia (TR1) fueron los realizados la semana previa a los entrenamientos (figura 8).

La asignación de los sujetos a cada uno de los tres grupos se realizó de forma aleatorizada con el mismo procedimiento *abba* que en el estudio II a partir de sus resultados en el test de fuerza (TF1). Cada grupo entrenó de la semana 1 a la 4 con uno de los tres métodos que se le asignó. El lunes de la semana 5 se realizaron los tests de fuerza y resistencia (TF2 y TR2) y el resto de la semana se cambió de método, con el que se entrenó hasta la semana 8 (fase de entrenamiento 2). El lunes de la semana 9 se repitieron los tests de fuerza y resistencia (TF3 y TR3). Para mayor claridad, presentamos un esquema del programa de tests y entrenamientos en la figura 8.



4.3.3 Materiales

El instrumento de medida y los materiales utilizados fueron los mismos que en el estudio II.

4.3.4 Tests

4.3.4.1 Test de fuerza (TF)

Se utilizó el mismo tests de fuerza descrito en el estudio II.

4.3.4.2 Test de resistencia (TR)

Se utilizó el mismo tests de fuerza descrito en el estudio II.

4.3.5 Entrenamientos

Los tests y los entrenamientos se realizaron siempre a la misma hora y se advirtió a los sujetos que no debían cambiar sus hábitos diarios durante el periodo que durara el estudio. Todos los grupos utilizaron el mismo ejercicio de entrenamiento que en los anteriores estudios: las suspensiones de dedos con agarre de semiarqueo sobre una regleta. Se utilizaron tres programas de entrenamiento diferentes que combinaron tres métodos distintos: Los métodos de fuerza FMáxL y FMínRg usados en el estudio II y un tercero de resistencia a la fuerza sin lastre (suspensiones intermitentes) sobre la regleta mínima posible (RMínRg). El grupo 1 realizó FMáxL en las primeras 4 semanas (fase de entrenamiento 1) y FMínRg en las siguientes 4 semanas (fase de entrenamiento 2), por lo que a este grupo desde ahora lo denominaremos grupo FMáxL-FMínRg. El grupo 2 realizó FMáxL en la fase 1 y RMínRg en la fase 2. A este grupo desde ahora lo denominaremos FMáxL-RMínRg. El grupo 3 realizó durante las dos fases de entrenamiento u 8 semanas el método RMínRg, por lo que lo denominaremos desde ahora RMínRg-RMínRg (tabla XI y figura 8).

Tabla XI. Programa de entrenamiento.

Fase de entrenamiento 1			
	grupo 1: FMáxL	grupo 2: FMáxL	grupo 3: RMínRg
sem 1	3x10":3'	3x10":3'	3x4x10":5"/1'
sem 2	4x10":3'	4x10":3'	4x4x10":5"/1'
sem 3	5x10":3'	5x10":3'	5x4x10":5"/1'
sem 4	5x10":3'	5x10":3'	5x4x10":5"/1'
Fase de entrenamiento 2			
	grupo 1: FMínRg	grupo 2: RMínRg	grupo 3: RMínRg
sem 5	3x10":3'	3x4x10":5"/1'	3x5x10":5"/1'
sem 6	4x10":3'	4x4x10":5"/1'	4x5x10":5"/1'
sem 7	5x10":3'	5x4x10":5"/1'	5x5x10":5"/1'
sem 8	5x10":3'	5x4x10":5"/1'	5x5x10":5"/1'

FMáxL = Entrenamiento de fuerza con máximo lastre; FMínRg = Entrenamiento de fuerza sin lastre sobre la mínima regleta; RMínRg = Entrenamiento de resistencia sin lastre sobre la mínima regleta.

4.3.5.1 Entrenamiento de fuerza con máximo lastre (FMáxL)

El mismo descrito en el estudio II. El número de series por sesión y el tiempo de recuperación entre series se recogen en la tabla XI.

4.3.5.2 Entrenamiento de fuerza sobre la mínima regleta (FMínReg)

El mismo descrito en el estudio II. El número de series por sesión y el tiempo de recuperación entre series se recogen en la tabla XI.

4.3.5.3 Entrenamiento de resistencia a la fuerza sobre la mínima regleta (RMínRg)

Se realizó sin lastre adicional y consistió en colgarse de una regleta de la mínima profundidad que permitiera completar todas las repeticiones con la pausa incompleta establecida, por lo que se le llamó *suspensiones intermitentes* (tabla XI). El manejo de la carga (profundidad de regleta) a lo largo de las repeticiones debía permitir llegar al fallo o muy próximo a él en la última repetición de la última serie.

Antes de entrenar, se realizó un calentamiento que consistió en realizar 4-5 series progresivas en cuanto a profundidad de regleta de 10 segundos de suspensión y 5 segundos de recuperación, respectivamente. La elección del tamaño de regleta para la primera serie del calentamiento fue aquella de la que el sujeto calculara que podría suspenderse cerca de 1 minuto, o unos 5-10 mm mayor que la regleta de entrenamiento utilizada en la anterior sesión. La regleta de entrenamiento para la primera sesión se eligió previamente y fue aquella de la que los sujetos eran capaces de soportar unos 30 segundos colgados.

La carga se manejaba de modo similar a la de los anteriores métodos: si a lo largo de las repeticiones el sujeto percibía que no iba a poder completar todas las repeticiones de una serie o por el contrario, que no iba a llegar próximo al fallo en la última repetición, debía cambiar a una regleta que se ajustara a dicho fin (más pequeña o más grande). Como referencia, la regleta más pequeña utilizada en los entrenamientos fue la de 8 mm y la más grande, la de 22 mm. El número de series, repeticiones y el tiempo de recuperación entre series programado se recoge en la tabla XI.

Se eligió este método de contracciones intermitentes a intensidad submáxima con pausa incompleta basándonos en las afirmaciones de Costill y col., (1979), Brown y col., (1990), Iglesias y col. (2010) y Meckel y col. (2009) de que son beneficiosas para el aumento de la resistencia a alta intensidad. Asimismo, Usaj y col., (2007) sugiere que utilizar ejercicios de entrenamiento de duración e intensidad similar a la del gesto específico se ha mostrado

positivo para el aumento de la resistencia específica. En línea de este autor, se eligió el tiempo de suspensión de 10 segundos por haberse considerado previamente mediante observación que es el tiempo medio de agarre de cada mano durante las secciones clave (más intensas) de las vías de roca y de competición. Se establecieron 4-5 repeticiones por serie (total de 40 a 50 segundos) tras comprobar que el tiempo de agarre total durante la ascensión de las secciones difíciles de las vías de escalada suele ser de media entre 30 segundos y 2 minutos. Asimismo, se determinó 5 segundos de micropausa teniendo en cuenta varios hechos: a) que durante la ascensión de secciones difíciles, existe un tiempo medio de 1 a 5 segundos entre agarres dependiendo de si se realiza acción de chapar o no, b) que 5 segundos es el tiempo necesario para que tenga lugar el mecanismo de oxigenación entre contracciones isométricas intermitentes según Demura y col., (2008), y c) para facilitar el uso de magnesio y la colocación correcta y precisa de los dedos en los agarres más pequeños en los escaladores de más nivel. Por último, se estableció 1 minuto de pausa entre series considerando las conclusiones de Watts y col., (2008) de que ese tiempo no permite la recuperación de la fuerza entre series y que por tanto es adecuada para trabajar la resistencia a la fuerza. Por otra parte, la peculiaridad de este entrenamiento es que se usan suspensiones del mismo tiempo de esfuerzo que los anteriores grupos, pero a una intensidad menor debido a la breve recuperación y a un volumen 50% superior (Mirzaei y col. 2008). El sujeto debía elegir un tamaño de regleta que soportara durante unos 30 segundos, es decir aquella que representara entre un 70%-80% del tamaño en el que aguantaría como máximo 3 segundos, que sería su 100%. Por último, para cambiar el entrenamiento de la fase 1 a la 2 se eligió modificar el parámetro repeticiones por serie en vez de disminuir la pausa basándonos en las sugerencias de Robinson y col. (1995) y McGee y col. (1992) de que el modo más efectivo para aumentar la resistencia a alta intensidad es realizar la mayor cantidad de series posibles a las que se pueda mantener la intensidad elegida, más que acortar los periodos de descanso.

Todos los entrenamientos de suspensiones se hicieron 2 días por semana (lunes y miércoles) durante dos ciclos de 4 semanas y se realizaba siempre después del calentamiento y previamente al entrenamiento físico técnico habitual.

4.3.5.4 Entrenamiento físico técnico

Estaba personalizado a las características y objetivos de cada sujeto y fue diseñado, supervisado y controlado por Eva López. Se realizó 6 días por semana (de lunes a jueves,

sábado y domingo; 2 a 4 horas/día) y los días que se realizaba el entrenamiento de suspensiones se iniciaba tras un reposo de 15 minutos de dicho entrenamiento. De lunes a jueves se entrenaba en un muro artificial con 3 a 10 series de 3 a 90 movimientos de dificultades comprendidas entre el 70%-100% del nivel deportivo máximo. Los fines de semana se entrenaba en roca en rutas de 10 a 25 metros de dificultad de 6b a 9a en función de las características y cualidades de cada individuo.

V. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

5.1 ESTUDIO I

Se halló la estadística descriptiva (medias y desviaciones típicas) de edad, años de entrenamiento, altura, peso, medidas antropométricas del dedo medio (LFD, LFD+LFM, LD), nivel deportivo y de los resultados en TR6, TR8, TR10, TR12 y TR14.

Se realizó un ANOVA de medidas repetidas con la fórmula que contempla las diferencias entre medidas (“one way random”) para comprobar la fiabilidad de las medidas en el grupo total y en el grupo de mayor nivel técnico (> 7c de grado encadenado). Se realizó la prueba de probabilidad e inferencias prácticas descrito por Batterham y Hopkins (2006) por el que se calcula la probabilidad de que el efecto verdadero (desconocido) para cada grupo [Es decir, mayor que el menor cambio apreciable entre grupos ($0,2 \times$ desviación típica) basado en el tamaño del efecto de Cohen] fuera beneficioso/mejor, no claro/trivial o perjudicial/peor para el rendimiento que el de los otros. La probabilidad cuantitativa de beneficioso/mejor o perjudicial/peor se valoró cualitativamente de la siguiente forma: <1% casi con seguridad no; de 1 al 5%, muy improbable; > 5 al 25%, improbable; > 25-75%, posible; >75- al 95%, probable; >95-99%, muy probable; >99%, casi cierto. Si la probabilidad de obtener la calificación de beneficioso/mejor o perjudicial/peor fuera > 5%, en los dos casos, se considera la diferencia como “no clara”.

Se aplicó correlación de Pearson para comprobar la relación entre los tests de suspensión en las diferentes medidas y el nivel deportivo, así como con las medidas antropométricas, y entre las diferentes medidas.

5.2 ESTUDIO II

Se halló la estadística descriptiva (medias y desviaciones típicas) de edad, años de entrenamiento, altura, peso, nivel deportivo y de los resultados en los tests de fuerza y resistencia. Se aplicó un ANOVA de medidas repetidas con la fórmula que contempla las diferencias entre medidas (“one way random”) para comprobar la fiabilidad de las medidas y un ANOVA de medidas repetidas con el ajuste de Bonferroni para comprobar las diferencias intra e intergrupos. Se realizó el análisis de probabilidad y diferencias prácticas de Batterham y Hopkins (2006) para comprobar los cambios entre grupos del mismo modo que en el estudio I. También se aplicó la correlación de Pearson para comprobar la relación entre variables y se calculó el tamaño del efecto (TE) para comprobar los cambios intragrupo (Hedges y Olkin, 1985), representada con la fórmula: $g = M_1 - M_2 / dt_{ponderada}$, donde M_1 es la media en el test inicial y M_2 es la media en el test post-entrenamiento y $dt_{ponderada}$ es la desviación típica ponderada de las dos desviaciones típicas. Se definió un TE < 0.25 como trivial, de 0.25-0.50 pequeño, de 0,50-1 moderado y > 1 grande, según la escala propuesta por Rhea (2004) para intervenciones de entrenamiento de fuerza en deportistas muy entrenados.

5.3 ESTUDIO III

Se halló la estadística descriptiva (medias y desviaciones típicas) de edad, años de entrenamiento, altura, peso, nivel deportivo en los últimos 6 meses y de los resultados en los tests de fuerza y resistencia. Se aplicó un ANOVA de medidas repetidas con el ajuste de Bonferroni para comprobar las diferencias intra e intergrupos en fuerza y resistencia. Se calculó el análisis de probabilidad y diferencias prácticas de Batterham y Hopkins (2006) del mismo modo que en el estudio I para comprobar las diferencias entre grupos. También se aplicó la correlación de Pearson para comprobar la relación entre variables y se calculó y definió el tamaño del efecto (TE) con el mismo procedimiento que en el estudio II.

Para todos los estudios, las diferencias entre medias y las correlaciones se consideraron significativas cuando la probabilidad de error fue $\leq 5\%$.

Para mayor claridad, se presenta un cuadro que reúne los análisis estadísticos que se hicieron (Tabla XII)

Tabla XII. Resumen de análisis estadísticos realizados

Estudio	Análisis estadístico	Objetivo del análisis
I	Cálculo del CCI y CV. ANOVA de medidas repetidas con la fórmula que contempla las diferencias entre medidas ("one way random"), y el CV derivado del error típico de medida (ETM) calculado sobre la raíz cuadrada de la media cuadrática de error total (entre medidas e interacción).	Estudiar la fiabilidad de los tests de tiempo en suspensión en cada profundidad de regleta.
	Cálculo del CCI y CV. Por los mismos procedimientos anteriores, con los datos del subgrupo de participantes con nivel superior a 7c.	Estudiar la fiabilidad de los tests de tiempo en suspensión en cada profundidad de regleta según el nivel técnico.
	Estadística descriptiva (media \pm dt, mín., máx.) de edad, datos antropométricos, y resultados de tiempo en suspensión por profundidad de regleta.	Describir características del grupo. Estimar la dificultad que representa cada profundidad de regleta para el grupo.
	Estadística descriptiva (media \pm dt, mín., máx.) de los resultados de tiempo en suspensión por profundidad de regleta según nivel deportivo.	Estimar la dificultad que representa cada profundidad de regleta para cada categoría de nivel deportivo.
	Prueba de probabilidad e inferencias prácticas de Batterham y Hopkins (2006).	Calcular la probabilidad de que el tiempo en suspensión en las distintas regletas sean mejores/triviales/perores en unos grupos respecto a otros.
	Cálculo de recta de regresión entre tiempo en suspensión y profundidad de regleta.	Estudiar la relación entre tiempo en suspensión y profundidad de regleta.
	Cálculo de recta de regresión entre tiempo en suspensión y profundidad de regleta para cada nivel deportivo.	Estudiar la relación entre tiempo en suspensión y profundidad de regleta para cada nivel deportivo.
	Cálculo de correlación de Pearson.	Estudiar la relación entre tiempo en suspensión y factores antropométricos por profundidad de regleta.
	Cálculo correlación parcial controlando la variable peso corporal.	Estudiar la influencia de la longitud de la falange distal del dedo medio sobre la relación entre variables.
	Cálculo correlación parcial controlando la variable longitud falange distal.	Estudiar la influencia de la longitud de la falange distal del dedo medio sobre la relación entre variables.
	Gráfico de dispersión de tiempo de suspensión en regleta de 14mm y nivel deportivo.	Estudiar relación entre tiempo de suspensión en regleta de 14mm y nivel deportivo.

Tabla XII (continuación). Resumen de análisis estadísticos realizados

Estudio	Análisis estadístico	Objetivo del análisis
II	Estadística descriptiva (media \pm dt, mín., máx.)	Describir las características de los grupos y analizar los datos de cada intervención
	Cálculo del CCI y CV por los mismos procedimientos anteriores.	Estudiar la fiabilidad de los tests de fuerza y resistencia.
	ANOVA de medidas repetidas con el ajuste de Bonferroni.	Comprobar los cambios intergrupos e intragrupo.
	Tamaño del efecto con la fórmula de Hedges (1985) y fórmula corregida de Hedges en los grupos $n < 10$.	Estudiar los cambios intragrupo.
	Prueba de probabilidad e inferencias prácticas de Batterham y Hopkins (2006).	Comprobar los cambios intergrupos a través del cálculo de la probabilidad de que el efecto de un entrenamiento sea mejor/trivial/peor para el aumento de la fuerza o la resistencia respecto al otro.
	Cálculo correlación pearson.	Estudiar relación entre variables y rendimiento deportivo y entre cambios en fuerza y cambios en resistencia en cada fase.
	Cálculo correlación parcial controlando la variable peso corporal.	Estudiar la influencia del peso corporal sobre la relación entre variables.
III	Estadística descriptiva descriptiva (media \pm dt, mín., máx.)	Describir las características de los grupos y analizar los datos de cada intervención
	ANOVA de medidas repetidas con el ajuste de Bonferroni.	Comprobar diferencias intergrupos. Comprobar diferencias intragrupos.
	Tamaño del efecto con la fórmula de Hedges (1985) y fórmula corregida de Hedges en los grupos $n < 10$.	Estudiar los cambios intragrupo.
	Prueba de probabilidad e inferencias prácticas de Batterham y Hopkins (2006).	Comprobar los cambios intergrupo a través del cálculo de la probabilidad de que los cambios en fuerza y resistencia para un grupo sean mejores/triviales/peores respecto a los otros.
	ANCOVA oneway random con ajuste Bonferroni tomando como covariable la fuerza inicial.	Analizar las diferencias en fuerza y resistencia según el nivel de fuerza inicial.
	Cálculo correlación pearson.	Estudiar relación entre variables y rendimiento deportivo y entre cambios en fuerza y cambios en resistencia.
	Cálculo correlación parcial controlando la variable peso corporal.	Estudiar la influencia del peso corporal sobre la relación entre variables.

VI. RESULTADOS

6.1 ESTUDIO I

6.1.1 Fiabilidad de los tests de resistencia en regletas de distinta profundidad

No existieron diferencias significativas entre el test y el retest de TR (test de resistencia, medido a través del tiempo en suspensión) en ninguna de las profundidades de regleta ($p > 0,05$).

En la tabla XIII aparecen los valores de CCI y CV en la medida del tiempo de suspensión en regletas de distinta profundidad. Como se puede observar, la fiabilidad es mayor cuanto mayor es la profundidad de la regleta. Dado que el componente técnico puede tener influencia sobre un test de tiempo de suspensión sobre regletas muy pequeñas, se realizó también el estudio de fiabilidad en el subgrupo de escaladores de nivel deportivo superior a 7c encadenado con ensayos ($n = 15$). Se eligió este nivel o grado teniendo en cuenta que representaba la mediana en la escala de 15 grados totales que reunía a todos los participantes del estudio ($n = 36$), en la que el grado inferior fue 6b y el superior 8c. En la tabla XIII podemos observar que el subgrupo de sujetos de mayor nivel presentan mayor fiabilidad que el grupo completo.

Tabla XIII. Resumen de estudio de fiabilidad de test de resistencia (TR) en regletas de distinta profundidad.

Grupo completo de nivel bajo a alto (6b a 8c) (n = 36)					
	6 mm (n = 11)	8 mm (n = 23)	10 mm (n = 32)	12 mm (n = 35)	14 mm (n = 35)
CCI	0,86 (0,52 y 0,96)	0,92 (0,81 y 0,97)	0,96 (0,91 y 0,98)	0,97 (0,95 y 0,98)	0,97 (0,93 y 0,98)
CV	21,7%	20,3%	15,6%	11,3%	9,3%
Subgrupo de nivel medio a alto (7c a 8c) (n = 15)					
	6 mm (n = 6)	8 mm (n = 13)	10 mm (n = 14)	12 mm (n = 15)	14 mm (n = 15)
CCI	0,90 (0,42 y 0,99)	0,91 (0,71 y 0,97)	0,93 (0,78 y 0,98)	0,98 (0,95 y 0,99)	0,94 (0,82 y 0,98)
CV	20,2%	21,3%	14,1%	6,4%	6,3%
TR = Test de resistencia (medida a través del tiempo en suspensión en diferentes tamaños de regleta)					

6.1.2 Test de resistencia en regletas de distinta profundidad

La estadística descriptiva de los resultados en TR en las distintas profundidades de regleta se recoge en la tabla XIV. El análisis de los datos nos muestra que los tiempos por tamaño son diferentes. El tiempo fue menor cuanto menor era la profundidad de la regleta. De un total de 36 sujetos, 17 no consiguieron suspenderse de la regleta de 6 mm y 7 de la de 8 mm.

Únicamente hubo 1 sujeto que no consiguió quedarse de ningún tamaño de regleta. Exceptuando los tiempos de cero segundos, los tiempos mínimos en las regletas más pequeñas (6, 8 y 10 mm) de los sujetos que consiguieron suspenderse de ellas fueron alrededor de 1 segundo. En las regletas de 12 y 14 mm los tiempos mínimos fueron superiores a unos 10 segundos.

Tabla XIV. Resultados de TR (test de resistencia, medida a través del tiempo en suspensión) por profundidad de regleta (s) (n = 36)

	TR6	TR8	TR10	TR12	TR14
Media \pm dt	4,95 \pm 6,99	12,18 \pm 11,15	24,65 \pm 15,63	36,45 \pm 18,18	41,08 \pm 16,23
Mínimo (excluyendo 0 seg.)	1,18	1,31	1,73	9,75	12,12
Máximo	22,36	34,88	58,13	71,32	75,04
nº sujetos tiempo = 0 seg	17 (46%)	7 (19%)	1 (3%)	1 (3%)	1 (3%)

TR6 = Test de resistencia en 6 mm, TR8 = Test de resistencia en 8 mm, TR10 = Test de resistencia en 10 mm, TR12 = Test de resistencia en 12 mm, TR14 = Test de resistencia en 14 mm.

A partir de la media de tiempo en cada tamaño de regleta obtenida, se halló la recta de regresión que se muestra en la figura 9 y que presenta una tendencia lineal entre tiempo de suspensión y profundidad de regleta.

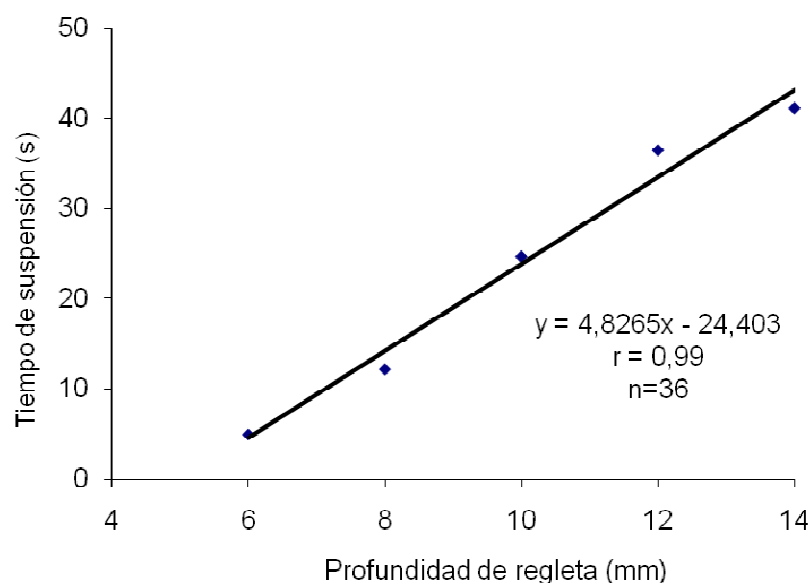


Figura 9. Tiempo de suspensión según profundidad de regleta (n = 36)

6.1.2.1 Test de resistencia en regletas de distinta profundidad según el nivel deportivo

Teniendo en cuenta que la alta especificidad de este test implica dominio técnico, se analizaron los resultados según el nivel deportivo. Se establecieron tres categorías: a) de 6b a 7a (n = 11), b) de 7a+ a 7c+ (n = 16) y c) de 8a a 8c (n = 9). Los resultados del test de resistencia por profundidad de regleta (medida a través del tiempo en suspensión) categorizados según nivel deportivo se recogen en la tabla XV. Se puede observar que todos los sujetos que consiguieron suspenderse de la regleta de 6 mm tenían nivel deportivo superior a 7a+. Asimismo, de los 29 sujetos que se suspendieron de la regleta de 8 mm, 23 tenían un nivel superior a 7a+. La relación entre tiempo en suspensión y nivel deportivo se muestra en la figura 10.

Tabla XV. Resultados de TR (test de resistencia medido a través del tiempo de suspensión) por profundidad de regleta según grupos de nivel.

TR6 (s)				
	Media \pm dt	Máx.	Mín.	n
7a+ a 7c+	5,56 \pm 7,38	19,52	1,87	10
8a a 8c	9,22 \pm 6,91	22,36	1,18	9
TR8 (s)				
	Media \pm dt	Máx.	Mín.	n
6b a 7a	1,08 \pm 1,20	3,15	1,55	6
7a+ a 7c+	^a 15,52 \pm 10,19	33,19	1,31	14
8a a 8c +	^a 20,47 \pm 8,24	34,88	6,38	9
TR10 (s)				
	Media \pm dt	Máx.	Mín.	n
6b a 7a	8,87 \pm 7,16	22,30	1,73	10
7a+ a 7c+	^a 29,34 \pm 11,69	50,94	9,33	16
8a a 8c	^a 37,17 \pm 11,74	58,13	20,95	9
TR12 (s)				
	Media \pm dt	Máx.	Mín.	n
6b a 7a	18,63 \pm 9,03	28,64	9,75	10
7a+ a 7c+	^a 39,87 \pm 12,28	57,07	12,19	16
8a a 8c	^a 52,79 \pm 12,88	71,32	36,72	9
TR14 (s)				
	Media \pm dt	Máx.	Mín.	n
6b a 7a	25,10 \pm 10,23	36,73	16,37	10
7a+ a 7c+	^a 43,83 \pm 11,56	57,09	12,12	16
8a a 8c	^{a b} 56,35 \pm 10,55	75,04	42,91	9

TR6 = Test de resistencia en 6 mm, TR8 = Test de resistencia en 8 mm, TR10 = Test de resistencia en 10 mm, TR12 = Test de resistencia en 12 mm, TR14 = Test de resistencia en 14 mm, n = número de sujetos que obtuvieron tiempos superiores a 1 segundo.

^a diferencias significativas respecto grupo 6b a 7a ($p < 0,05$), ^b diferencias significativas respecto grupo 7a+ a 7c+ ($p < 0,05$).

El grupo de 6b a 7a no consiguió tiempos superiores a 1 segundos en TR6

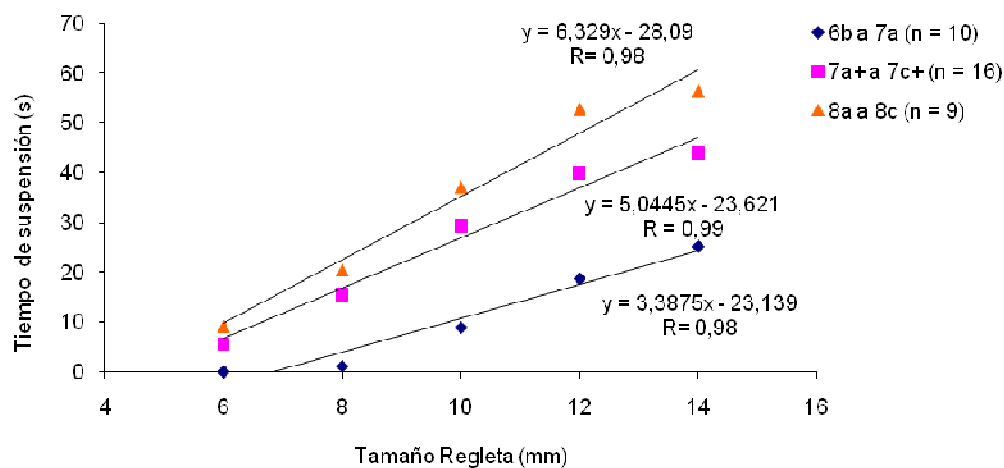


Figura 10. Relación entre tiempo de suspensión por profundidad de regleta según nivel deportivo.

Las diferencias en tiempo de suspensión sobre regletas de distinta profundidad en función del nivel deportivo se muestran en la figura 11. Entre los dos grupos de más nivel sólo hubo diferencias significativas en el tiempo de suspensión en la regleta de 14 mm, en la que el grupo de 7a+ a 7c+ obtuvo una media de 43,8 segundos respecto a 56,3 segundos del grupo de 8a a 8c ($p < 0,05$). Los resultados obtenidos por el grupo de 6b a 7a para todos los tamaños de regleta fueron significativamente inferiores a los de los dos grupos de mayor nivel ($p < 0,05$).

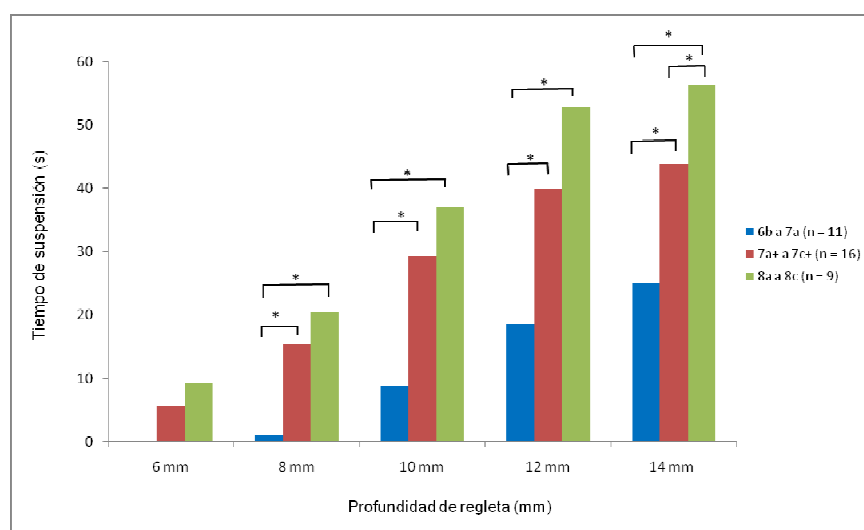


Figura 11. Diferencias en tiempo de suspensión sobre regletas de distinta profundidad en función del nivel deportivo. * $p < 0,05$

Los resultados de la prueba de probabilidad e inferencias prácticas descrita por Batterham y Hopkins (2006) que recogemos en la tabla XVI mostró una probabilidad “casi cierta” de que los dos grupos de mayor nivel obtengan un mejor resultado de TR en todas las profundidades de regleta respecto al grupo de menor nivel. Asimismo, según este análisis la probabilidad de que el grupo de mayor nivel respecto al de nivel medio obtenga un mejor resultado en TR aumenta con el aumento de tamaño de regleta, alcanzando en los tamaños de 12 y 14 mm un resultado de 93% a favor “muy probable” respecto a un 6% de obtener un efecto trivial.

Tabla XVI. Diferencias entre grupos en TR (test de resistencia, medida con el tiempo en suspensión) en distintas profundidades de regleta según análisis de Batterham y Hopkins (2006)

Grupos	TR según profundidad de regleta	p	TE (Cohen) (90% IC)	Porcentaje de probabilidad del mejor/trivial/peor efecto	Inferencia práctica
7a+ a 7c+ (n = 16) vs 6b a 7a (n = 11)	TR6	--	---	---	---
	TR8	p < 0,05	1,83 (1,21/2,44)	100/0/0	Casi cierto
	TR10	p < 0,05	1,34 (0,86/1,82)	100/0/0	Casi cierto
	TR12	p < 0,05	0,96 (0,58/1,33)	100/0/0	Casi cierto
	TR14	p < 0,05	0,73 (0,43/1,02)	100/0/0	Casi cierto
8a a 8c (n = 9) vs 6b a 7a (n = 11)	TR6	p < 0,05	1,70 (0,91/2,50)	100/0/0	Casi cierto
	TR8	p < 0,05	3,14 (2,30/3,98)	100/0/0	Casi cierto
	TR10	p < 0,05	1,69 (1,20/2,18)	100/0/0	Casi cierto
	TR12	p < 0,05	1,38 (1,01/1,76)	100/0/0	Casi cierto
	TR14	p < 0,05	0,61 (0,46/0,77)	100/0/0	Casi cierto
8a a 8c (n = 9) vs 7a+ a 7c+ (n = 16)	TR6	ns	0,43 (-0,25/1,12)	72/22/6	Posiblemente mejor
	TR8	ns	0,56 (-0,13/1,24)	81/16/4	Probablemente mejor
	TR10	ns	0,51 (-0,01/1,03)	84/14/1	Probablemente mejor
	TR12	ns	0,62 (0,16/1,08)	93/6/0	Muy probablemente mejor
	TR14	p < 0,05	0,53 (0,17/0,90)	93/6/0	Muy probablemente mejor

TR6 = Test de resistencia en 6 mm, TR8 = Test de resistencia en 8 mm, TR10 = Test de resistencia en 10 mm, TR12 = Test de resistencia en 12 mm, TR14 = Test de resistencia en 14 mm, n = número de sujetos que obtuvieron tiempos superiores a 1 segundo.
-- El grupo de 6b a 7a no consiguió tiempos superiores a 1 segundos en TR6
ns = p > 0,05

6.1.3 Relación entre tiempo de suspensión en regletas de distinta profundidad y el nivel deportivo

Se encontró correlación entre nivel deportivo y TR (test de resistencia medida a través del tiempo en suspensión) ($p < 0,001$) para todos los tamaños de regleta, y esta relación aumentó con el aumento de tamaño de la regleta (Tabla XVI). La mayor relación la mostró TR14. El

gráfico de dispersión que presentamos en la figura 12 muestra que la resistencia en una regleta de 14 mm explica el 66% de la varianza del nivel deportivo.

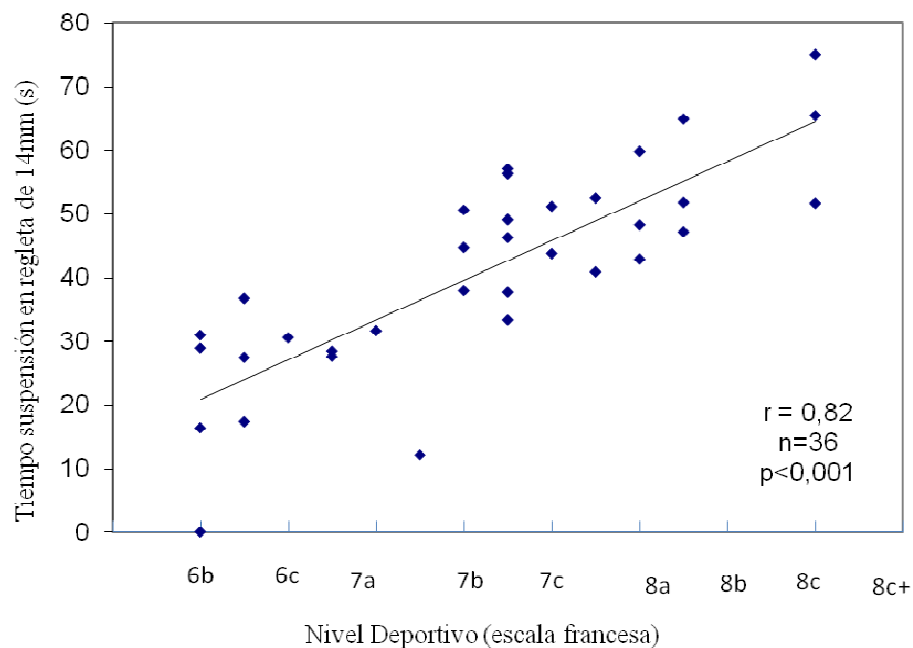


Figura 12. Relación entre tiempo de suspensión en regleta de 14 mm y nivel deportivo (grado encadenado con ensayos en los 6 meses anteriores según la escala francesa)

El tiempo de suspensión en cada regleta mostró la mayor correlación con el tamaño de regleta más cercano, y esta correlación fue mayor cuanto mayor era el tamaño del agarre.

Para comprobar la influencia del peso corporal sobre la resistencia por tamaño de regleta y el nivel deportivo se aplicó una correlación parcial controlando el peso corporal (tabla XVII), y se observó que la correlación positiva significativa aumentó para todos los tamaños de regleta. También aumentó y alcanzó la significatividad la correlación entre TR12 y LFD, y entre TR14 y LFD (0,44 y 0,52; $p<0,05$, respectivamente). Sin embargo, tras controlar la variable peso corporal con una correlación parcial, no se observaron cambios en el tamaño de las correlaciones entre los distintos tamaños de regleta excepto para la relación entre TR6 y TR12, que disminuyó ligeramente de 0,75 a 0,73 (tabla XVII).

Tabla XVII. Correlaciones entre TR en distintas profundidades de regleta, nivel deportivo y longitud de la falange distal del dedo medio (LFD) (r) y correlaciones controlando la variable peso corporal (r^{pc}) (n = 36)

	TR6		TR8		TR10		TR12		TR14		LFD	
	r	r^{pc}	r	r^{pc}	r	r^{pc}	r	r^{pc}	r	r^{pc}	r	r^{pc}
Nivel dep	,52***	,54***	,67***	,71***	,72***	,79***	,74***	,82***	,82***	,83***	0,39* p = 0,017	0,34 p = 0,053
TR6			,88***	,88***	,79***	,79***	,75***	,73***	,63**	,63***	0,01 p=0,96	0,06 p=,74
TR8					,91***	,91***	,84***	,84***	,74***	,74***	0,10 p=0,55	0,14 p = 0,43
TR10							,94***	,94***	,88***	,88***	0,17 p = 0,33	0,31 p = 0,07
TR12									,95***	,95***	0,24 p = 0,16	0,44** p = 0,010
TR14											0,40* p = 0,017	0,52** p = 0,002

Nivel dep = grado máximo encadenado con ensayos en 6 meses anteriores, TR6 = Test de resistencia en 6 mm, TR8 = Test de resistencia en 8 mm, TR10 = Test de resistencia en 10 mm, TR12 = Test de resistencia en 12 mm, TR14 = Test de resistencia en 14 mm, LFD = Longitud falange distal dedo medio.

* p<0,05; ** p<0,01; *** p<0,001.

6.1.4 Relación entre tiempo de suspensión en regletas de distinta profundidad y factores antropométricos

Se encontró una correlación positiva significativa de 0,39 (p = 0,017) entre la longitud de la falange distal del dedo medio (LFD) y nivel deportivo, así como de 0,40 (p = 0,017) entre LFD y TR14 (tabla XVII). No se encontró relación con ninguna otra medida antropométrica para ninguna de las demás profundidades de regleta. Para mayor información, la estadística descriptiva de las medidas antropométricas se exponen a continuación en la tabla XVIII.

Tabla XVIII. Estadística descriptiva de las medidas antropométricas del dedo medio

	LFD	LFM+LFD	LD
Media \pm dt	2,4 \pm 0,2	5,3 \pm 0,3	10,2 \pm 0,5
Mínimo	2,0	4,6	9,1
Máximo	2,7	6,1	11,4

LFD = longitud de la falange del dedo medio (de la articulación interfalángica distal a la punta del dedo), LFD+LFM = longitud de la falange distal y la falange media (de articulación interfalángica media a la punta del dedo). LD = longitud del dedo medio (de la articulación metacarpo-falángica a la punta del dedo)

Dado que la longitud de la falange distal podía tener cierta influencia sobre la relación entre resistencia por tamaño de regleta y nivel deportivo, se aplicó una correlación parcial controlando dicha variable y se observó que las correlaciones entre el tiempo en suspensión y nivel deportivo subieron ligeramente para todos los tamaños de regleta, excepto para TR14 que bajó de 0,82 a 0,77 ($p < 0,001$) (tabla XIX).

Tabla XIX. Correlaciones (r) entre test de tiempo de suspensión en distintas profundidades de regleta y nivel deportivo y correlaciones controlando la variable tamaño de falange distal del dedo medio (r^{fd}).

	TR6		TR8		TR10		TR12		TR14	
	r	r^{fd}	r	r^{fd}	r	r^{fd}	r	r^{fd}	r	r^{fd}
Nivel deportivo	,52***	,58***	,67***	,70***	,72***	,75***	,74***	,77***	,82***	,79***

Nivel deportivo = grado máximo encadenado con ensayos en 6 meses anteriores

 $p < 0,001$.

6.2 ESTUDIO II

Este estudio consistió en comprobar en escaladores de alto nivel los efectos de cuatro semanas de entrenamiento de fuerza sin lastre en regleta pequeña más cuatro semanas de entrenamiento de fuerza con lastre en una regleta de 18 mm con respecto a la aplicación de los mismos entrenamientos en orden inverso.

6.2.1 Fiabilidad de los tests de fuerza máxima y resistencia

El test de fuerza máxima (TF) mostró un CCI de 0,96 (95% IC: 0,87/0,99) y un CV de 7,8%. El test de resistencia (TR) mostró un CCI de 0,92 (95% IC: 0,72/0,98) y un CV de 12,8%. No existieron diferencias significativas en el test inicial en ninguna de las pruebas.

6.2.2 Diferencias intra e intergrupos en fuerza y resistencia por dos programas diferentes de entrenamiento de fuerza de agarre

En la tabla XX aparecen los resultados (media \pm dt) de los tests de fuerza y resistencia. No hubo diferencias significativas en fuerza ni en resistencia intragrupo ni entre los grupos.

Tabla XX. Resultados en el test de fuerza máxima de dedos (kg, media \pm dt) y resistencia de dedos (s, media \pm dt)

		Grupo FMínRg-FMáxL		Grupo FMáxL-FMínRg	
Fuerza Máxima			TE		TE
Test inicial	TF1	39,68 \pm 17,52		48,52 \pm 11,31	
Entrenamiento	TF2	40,50 \pm 15,15	0,1	53,18 \pm 12,78	0,4
	TF3	40,32 \pm 16,18	0	49,18 \pm 12,81	0,1
	TF4	39,90 \pm 16,23	0	51,88 \pm 10,70	0,2
	TF5	37,70 \pm 16,67	-0,2	48,40 \pm 9,60	-0,1
Resistencia			TE		TE
Test inicial	TR1	51,81 \pm 10,76		46,62 \pm 14,53	
Entrenamiento	TR2	57,78 \pm 11,48	0,2	54,40 \pm 16,21	0,5
	TR3	60,56 \pm 16,05	0,3	55,92 \pm 13,86	0,7
	TR4	60,25 \pm 14,71	-0,1	50,61 \pm 15,09	-0,4
Desentrenamiento	TR5	51,24 \pm 11,28	-0,5	45,41 \pm 13,38	-0,8

FMínRg-FMáxL = entrenamiento de fuerza sin lastre con mínima regleta-entrenamiento de fuerza con máximo lastre. FMáxL-FmínRg = entrenamiento de fuerza con máximo lastre-entrenamiento de fuerza sin lastre con mínima regleta. TE = Tamaño del efecto. TF1 = test inicial de fuerza, TF2 = test de fuerza a 4 semanas de entrenamiento, TF3 = test de fuerza a 8 semanas de entrenamiento, TF4 = test de fuerza a 2 semanas de desentrenamiento de suspensiones, TF5 = test de fuerza a 4 semanas de desentrenamiento de suspensiones, TR1 = test inicial de resistencia, TR2 = test de resistencia a 4 semanas de entrenamiento, TR3 = test de resistencia a 8 semanas de entrenamiento, TR4 = test resistencia a 2 semanas de desentrenamiento de suspensiones, TR5 = test resistencia a 4 semanas de desentrenamiento de suspensiones. ($p > 0,05$).

Los mayores porcentajes de cambio en fuerza los obtuvo el grupo FMáxL-FMínRg en TF2 y TF4 (9,6% y 6,9% frente a 2,1% y 0,6% del grupo FMínRg-FMáxL), aunque estas mejoras no fueron estadísticamente significativas. En línea de estas mejoras a las 4 semanas, el análisis de probabilidad e inferencias prácticas de Batterham y Hopkins (2006) mostró que el grupo que entrenó con lastre mejoró en TF2 con un resultado a favor “posible” respecto al grupo que en esta fase entrenó con regleta pequeña (probabilidad de mejor/trivial/peor efecto = 56/40/4; tabla XX). Ambos grupos perdieron fuerza en TF5, siendo más acusada en el grupo FMínRg-FMáxL (-5% frente -0,3% del grupo FMáxL-FMínRg), aunque según este análisis, la probabilidad de que un grupo perdiera más que el otro fue trivial (29/66/5; tabla XXI). Los dos grupos consiguieron las mayores ganancias en fuerza en las primeras cuatro semanas de entrenamiento, es decir, mejoraron más de TF1 a TF2, que de TF1 a TF3 (figura 13).

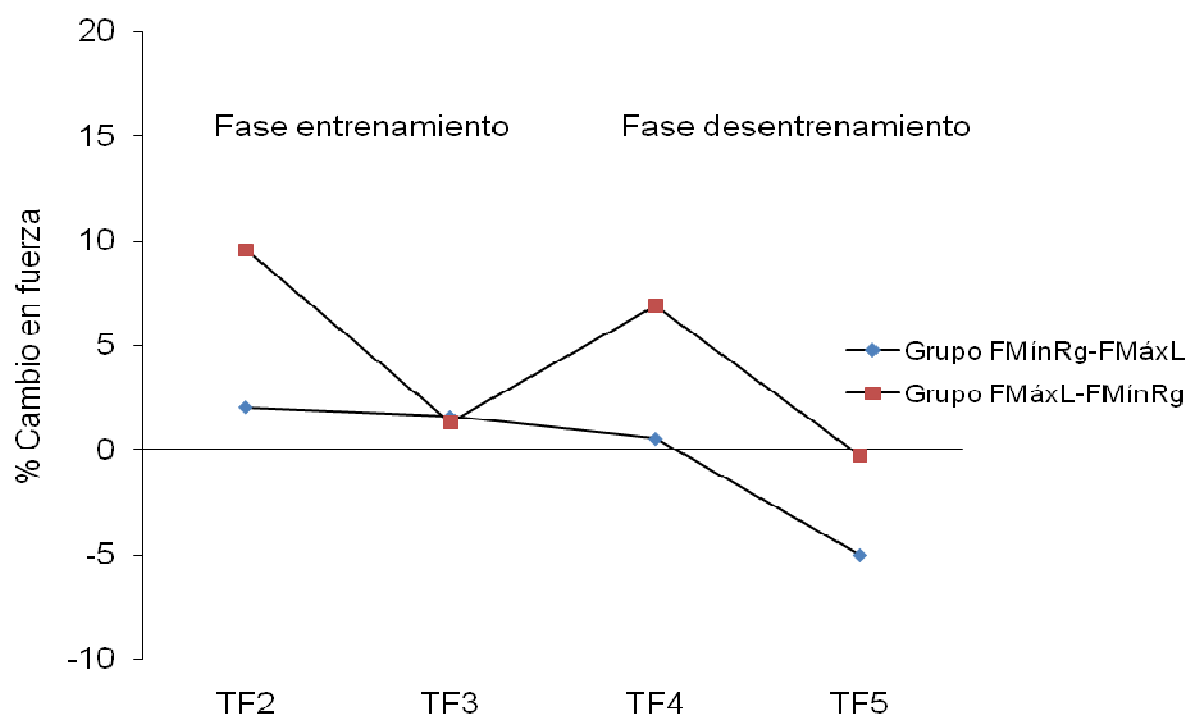


Figura 13. Cambios intragrupo en fuerza (%) respecto al nivel inicial a las 4 semanas (TF2), 8 semanas (TF3) de entrenamiento y a las 2 semanas (TF4) y 4 semanas de interrupción del entrenamiento de suspensiones (TF5) Grupo FMínRg-FMáxL = entrenamiento con mínima regleta sin lastre-entrenamiento con máximo lastre. Grupo FMáxL-FMínRg = entrenamiento con máximo lastre-entrenamiento sin lastre con mínima regleta.
p>0,05

Tabla XXI. Cambios entre grupos en fuerza y resistencia según análisis de Batterham y Hopkins (2006)

Grupo	Cambios entre	p	TE (Cohen) (90% IC)	Porcentaje de probabilidad de cambio positivo/trivial/peor	Inferencia práctica
FMáxL-FMínRg vs FMínRg-FMáxL	TF2- TF1	ns	0,23 (-0,18/0,64)	56/40/4	Posiblemente mejor ^a
	TF3- TF1	ns	0,00 (-0,55/0,56)	23/54/23	No claro
	TF3-TF2	ns	-0,23 (-0,54/0,08)	2/41/58	Posiblemente peor
	TF4-TF3	ns	0,19 (-0,16/0,54)	47/49/4	No claro
	TF5-TF3	ns	0,11 (-0,26/0,48)	32/61/7	No claro
	TF5-TF1	ns	0,11 (-0,20/0,42)	29/66/5	No claro
	TR2-TR1	ns	0,13 (-0,79/1,05)	44/32/25	No claro
	TR3-TR1	ns	0,04 (-0,94/1,01)	38/30/32	No claro
	TR3-TR2	ns	-0,09 (-0,53/0,35)	12/56/32	No claro
	TR4-TR3	ns	-0,35 (-0,67/-0,03)	1/18/81	Probablemente peor
	TR5-TR3	ns	-0,08 (-0,77/0,60)	20/44/36	No claro
	TR5-TR1	ns	-0,04 (-0,74/0,65)	23/45/32	No claro

FMínRg-FMáxL = entrenamiento de fuerza con mínima regleta sin lastre-entrenamiento de fuerza con máximo lastre. FMáxL-FmínRg = entrenamiento de fuerza con máximo lastre-entrenamiento de fuerza sin lastre con mínima regleta, TE = tamaño del efecto (Cohen).

TF1 = test inicial de fuerza, TF2 = test de fuerza a las 4 semanas de entrenamiento, TF3 = test de fuerza a las 8 semanas de entrenamiento, TF4 = test de fuerza a las 2 semanas de interrupción del entrenamiento de suspensiones, TF5 = test de fuerza a las 4 semanas de interrupción del entrenamiento de suspensiones, TR1 = test inicial de resistencia, TR2 = test de resistencia a las 4 semanas de entrenamiento, TR3 = test de resistencia a las 8 semanas de entrenamiento, TR4 = test resistencia a las 2 semanas de interrupción del entrenamiento de suspensiones, TR5 = test resistencia a las 4 semanas de interrupción del entrenamiento de suspensiones.

^a “Probablemente mejor” en este caso se refiere a FMáxL-FMínRg respecto a FMínRg-FMáxL ($p > 0.05$).

Los dos grupos aumentaron notablemente la resistencia, siendo más acusada en el grupo FMáxL-FMínRg en TR2 y TR3 (16,7% y 19,9%) y en el grupo FMínRg-FMáxL en TR4 (16,3%), aunque estas mejoras no fueron estadísticamente significativas. En esta línea, la prueba de Hopkins no mostró probables cambios a favor ni en contra “claros” para ningún grupo en ninguna etapa excepto para el grupo FMínRg-FMáxL de TR3 a TR4 (81/18/1) (Tabla XXI). Ambos grupos perdieron resistencia en TR5, sobre todo el grupo FMáxL-FMínRg (- 2,6%) (Figura 14).

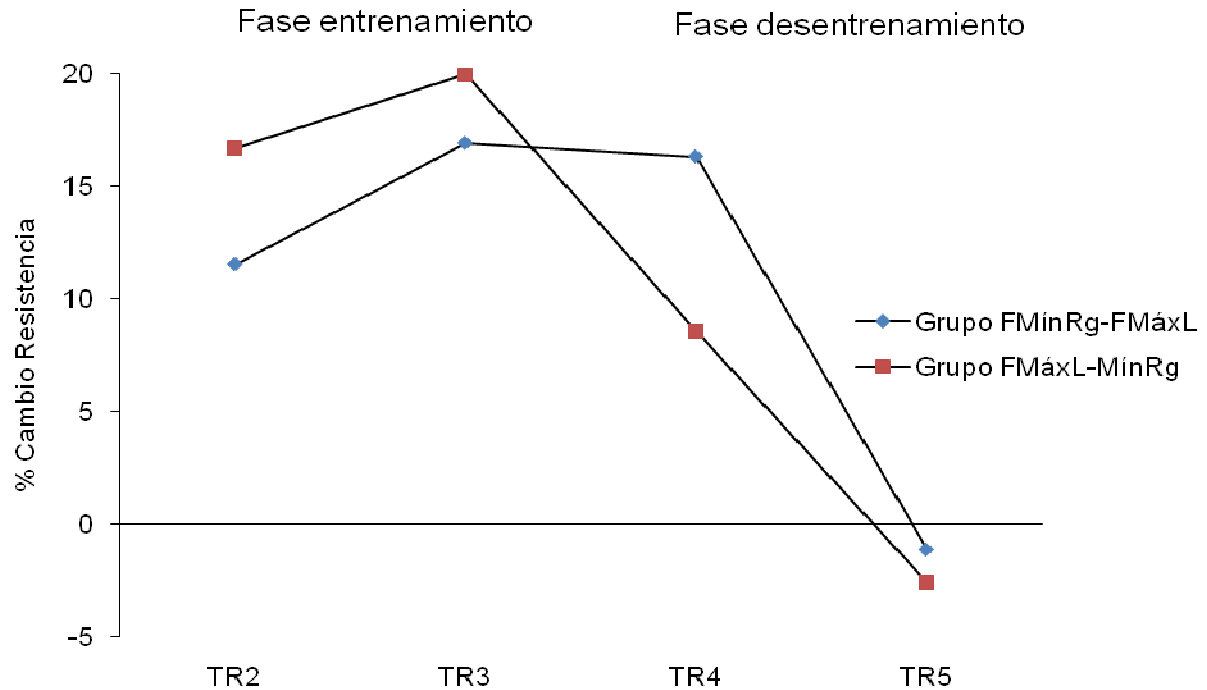


Figura 14. Cambios intragrupo en resistencia (%) respecto al nivel inicial a las 4 semanas (TR2), 8 semanas de entrenamiento (TR3) y a las 2 semanas (TR4) y 4 semanas sin entrenar suspensiones (TR5)

Grupo FMinRg-FMáxL = entrenamiento con mínima regleta sin lastre-entrenamiento con el máximo lastre.
 Grupo FMáxL-FMínRg = entrenamiento con máximo lastre-entrenamiento sin lastre con mínima regleta.
 $p > 0,05$

Las mayores pérdidas respecto a los valores máximos alcanzados ocurrieron a las 4 semanas de desentrenamiento en ambos grupos, tanto en fuerza (-6,9%, grupo FMinRg-FMáxL y -9%, grupo FMáxL-FMínRg respecto al máximo alcanzado en TF2) como en resistencia (-15,4%, grupo FMinRg-FMáxL y -18,8%, grupo FMáxL-FMínRg respecto al máximo alcanzado en TR3) (Figuras 13 y 14).

El tamaño del efecto (TE) en fuerza a las 4 semanas fue de 0,1 y 0,4 para el grupo FMinRg-FMáxL y FMáxL-FMínRg, respectivamente. En TF4, sólo mostró aumento el grupo FMáxL-FMínRg (TE = 0,2) (Tabla XX). En resistencia ambos grupos experimentaron un TE positivo a las 4 semanas, especialmente el grupo FMáxL-FMínRg (0,5 frente a 0,2 del grupo FMinRg-FMáxL). En las cuatro semanas siguientes (TR3) los dos grupos siguieron aumentando, aunque de nuevo el grupo FMáxL-FMínRg fue el que obtuvo un alto TE (0,7), frente a un pequeño TE (0,3) obtenido por el grupo FMinRg-FMáxL. Las mayores pérdidas las sufrió el Grupo FMáxL-FMínRg en TR4 con TE = -0,4 y en TR5 con TE = -0,8 frente a TE = -0,1 y TE = -0,5 del Grupo FMinRg-FMáxL. (Tabla XX).

6.2.3 Relación entre fuerza y resistencia de agarre

Se encontró correlación positiva próxima a la significatividad entre TF1 y TR1 ($r = 0,59$; $p = 0,06$). Dado que el peso corporal podría estar influyendo en el grado de la correlación, se aplicó una correlación parcial controlando dicha variable y se observó que la relación aumentó y alcanzó la significatividad ($r = 0,85$; $p = 0.016$).

Al analizar las correlaciones entre los cambios de fuerza y resistencia controlando el peso, se encontraron las siguientes correlaciones: $r = 0,76$ ($p = 0.046$) entre los cambios en fuerza en TF1-TF2 y los cambios en resistencia de TR1- TR2; $r = 0,76$ ($p = 0.048$) entre los cambios en fuerza en TF1-TF3 y los cambios en resistencia en TR1-TR3; y $r = 0,84$ ($p = 0.018$) entre los cambios en fuerza en TF1-TF4 y los cambios en resistencia en TR1-TR4.

6.3 ESTUDIO III

6.3.1 Diferencias intra e intergrupos en fuerza y resistencia por distintos programas de entrenamiento de fuerza y resistencia de agarre

6.3.1.1 Cambios en fuerza entre grupos

En este estudio se compararon los siguientes tratamientos: a) el programa de entrenamiento de fuerza máxima con lastre y fuerza en mínima regleta (FMáxL-FMínRg), b) entrenamiento de fuerza con lastre y entrenamiento de resistencia a la fuerza en mínima regleta (FMáxL-RMínRg) y c) entrenamiento de resistencia a la fuerza en mínima regleta (RMínRg-RMínRg). No se observaron diferencias significativas entre los grupos en fuerza y resistencia ni a las cuatro ni a las ocho semanas de entrenamiento respecto a los valores iniciales.

En las primeras 4 semanas de entrenamiento, los dos grupos que usaron el método de entrenamiento de fuerza con lastre (FMáxL-FMínRg y FMáxL-RMínRg) obtuvieron mejoras en TF2 equivalentes (probabilidad de cambios triviales de 69%), y superiores a las del grupo que usó en esta fase un entrenamiento de resistencia en regleta pequeña (RMínRg) (15,2% y 20,6% respecto a 4,6%, respectivamente, $p > 0,05$) (Tabla XXII y figura 15). La probabilidad de que los cambios de FMáxL-FMínRg y FMáxL-RMínRg fueran mejores/triviales/peores que los del grupo RMínRg-RMínRg fue de 51/48/1 y 71/28/1, respectivamente (tabla XXII).

Tabla XXII. Resultados por grupo en fuerza (kg, media \pm dt) y resistencia (s, media \pm dt).

FMáxL-FMínRg (n = 11)		FMáxL-RMínRg (n = 7)		RMínRg-RMínRg (n = 8)	
Fuerza	TE	TE	TE	TE	TE
TF1	30,00 \pm 11,67		34,64 \pm 14,68		33,75 \pm 13,43
TF2	34,55 \pm 9,21	0,4	41,79 \pm 14,34	0,5	35,31 \pm 10,73
TF3	38,41 \pm 9,17 ^a	0,7	39,29 \pm 12,22	0,3	38,44 \pm 11,64
FMáxL-FMínRg (n = 11)		FMáxL-RMínRg (n = 7)		RMínRg-RMínRg (n = 8)	
Resistencia	s	s	s	s	s
TR1	32,36 \pm 16,86		45,42 \pm 25,32		34,15 \pm 14,50
TR2	35,67 \pm 14,41	0,2	47,94 \pm 20,54	0,1	42,78 \pm 16,63 ^a
TR3	43,39 \pm 11,22 ^{a,b}	0,6	48,43 \pm 18,34	0,1	49,59 \pm 15,38 ^a

FMáxL-FMínRg = entrenamiento de fuerza usando el máximo lastre-entrenamiento sin lastre usando la mínima regleta; FMáxL-RMínRg = entrenamiento de fuerza usando el máximo lastre-entrenamiento de resistencia sobre la mínima regleta; RMínRg-RMínRg = entrenamiento de resistencia sobre la mínima regleta-entrenamiento de resistencia sobre la mínima regleta; TF1 = test fuerza inicial, TR1 = test resistencia inicial; TF2 = test fuerza a las 4 semanas; TR2 = test resistencia a las 4 semanas; TF3 = test fuerza a las 8 semanas; TR3 = test resistencia a las 8 semanas. TE = Tamaño del efecto. Diferencias entre grupos no significativas.
^a Diferencias significativas intragrupo respecto a TF1 (p \leq 0,05). ^b Diferencias significativas intragrupo respecto a TF2 (p \leq 0,05).

Tabla XXIII. Cambios entre grupos en fuerza y resistencia según prueba de Batterham y Hopkins (2006)

Comparación entre grupos	Cambios de	p	TE (Cohen) (90% IC)	Porcentaje probabilidad cambios del mejor/trivial/peor efecto	Inferencia práctica
FMáxL-RMínRg Vs FMáxL-FMínRg	TF2- TF1	ns	0,07 (-0,23/0,38)	24/69/7	No claro
	TF3-TF2	ns	-0,39 (-0,73/-0,05)	0/16/83	Probablemente peor ^a
	TF3- TF1	ns	-0,23 (-0,49/0,03)	1/41/58	Posiblemente peor
	TR2-TR1	ns	-0,01 (-0,47/0,45)	22/54/24	No claro
	TR3-TR2	ns	-0,37 (-0,86/0,11)	3/23/74	Posiblemente peor
	TR3-TR1	ns	-0,41 (-0,97/0,14)	4/21/75	Probablemente peor
RMínRg-RMínRg Vs FMáxL-FMínRg	TF2- TF1	ns	-0,20 (-0,50/0,09)	1/48/51	No claro
	TF3-TF2	ns	-0,05 (-0,30/0,20)	5/80/15	No claro
	TF3- TF1	ns	-0,25 (-0,62/0,13)	3/39/59	Posiblemente peor ^b
	TR2-TR1	ns	0,19 (-0,10/0,49)	49/49/2	No claro
	TR3-TR2	ns	-0,05 (-0,43/0,32)	13/62/25	No claro
	TR3-TR1	ns	0,26 (-0,13/0,65)	60/37/3	Posiblemente mejor
RMínRg-RMínRg Vs FMáxL-RMínRg	TF2-TF1	ns	-0,32 (-0,69/0,05)	1/28/71	Posiblemente peor ^c
	TF3-TF2	ns	0,42 (0,04/0,79)	84/15/1	Probablemente mejor
	TF3-TF1	ns	0,00 (-0,39/0,40)	19/62/19	No claro
	TR2-TR1	ns	0,19 (-0,25/0,63)	48/45/7	No claro
	TR3-TR2	ns	0,33 (-0,17/0,83)	68/28/4	Posiblemente mejor
	TR3-TR1	ns	0,65 (0,09/1,22)	91/7/1	Muy probablemente mejor

FMáxL-FMínRg = entrenamiento de fuerza usando el máximo lastre-entrenamiento sin lastre usando la mínima regleta, FMáxL-RMínRg = entrenamiento de fuerza usando el máximo lastre-entrenamiento de resistencia sobre la mínima regleta, RMínRg-RMínRg = entrenamiento de resistencia sobre la mínima regleta-entrenamiento de resistencia sobre la mínima regleta; TF1 = test fuerza inicial; TR1 = test resistencia inicial; TF2 = test fuerza a las 4 semanas; TR2 = test resistencia a las 4 semanas; TF3 = test fuerza a las 8 semanas; TR3 = test resistencia a las 8 semanas

ns = p > 0,05

^a“Probablemente peor” en este caso se refiere al entrenamiento FMáxL-RMínRg respecto a FMáxL-FMínRg.

^b“Posiblemente peor” en este caso se refiere al entrenamiento RMínRg-RMínRg respecto a FMáxL-FMínRg.

^c“Posiblemente peor” en este caso se refiere al entrenamiento RMínRg-RMínRg respecto a FMáxL-RMínRg.

En la segunda fase del programa de entrenamiento (semana 5 a semana 8), el grupo FMáxL-RMínRg cambió de método e hizo un entrenamiento de resistencia sobre una regleta mínima sin lastre, obteniendo pérdidas de -6% en TF3 respecto a TF1 ($p>0,05$). Sin embargo, los otros dos grupos siguieron mejorando la fuerza, siendo FMáxL-FMínRg el que obtuvo mayores mejoras respecto a TF1 (28% frente a 13,9% del grupo RMínRg-RMínRg, respectivamente). La prueba de Batterham y Hopkins corroboró esta tendencia, mostrando para FMáxL-FMínRg una probabilidad de cambios en fuerza de TF1 a TF3 “posiblemente mejores” (58/41/1), así como “probablemente mejores” de TF2 a TF3 respecto a FMáxL-RmínRg (83/16/0) (tabla XXIII). Asimismo, según este análisis FMáxL-FMínRg también muestra una probabilidad de cambios entre TF1 y TF3 “posiblemente mejores” que los de RMínRg-RmínRg (59/39/3; tabla XXII). Por último, el grupo que entrenó la resistencia (RMínRg-RmínRg) respecto al grupo que entrenó fuerza y resistencia (FMáxL-RmínRg) mostró una probabilidad de cambios de TF2 y TF3 “probablemente favorables” (84/15/1; tabla XXIII). En esta fase las diferencias entre grupos no fueron significativas y las diferencias intragrupo solo fueron significativas para el grupo FMáxL-FMínRg. (Tabla XXII y figura 15).

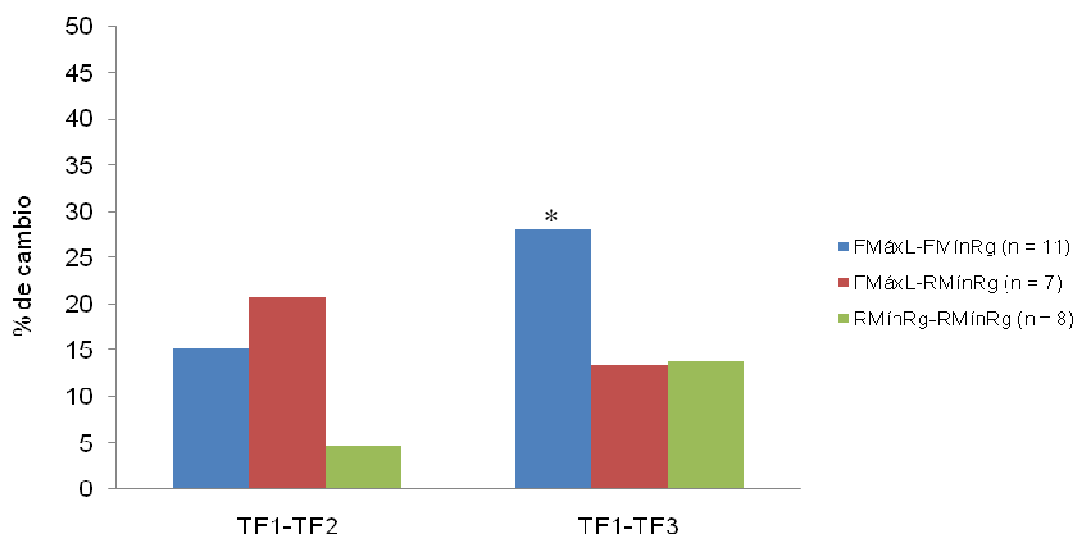


Figura 15. Cambios intragrupo (porcentaje de cambio) en fuerza respecto al test inicial a las 4 semanas (TF1-TF2) y 8 semanas de entrenamiento (TF1-TF3). FMáxL-FMínRg = entrenamiento de fuerza con máximo lastre-entrenamiento sin lastre con mínima regleta, FMáxL-RMínRg = entrenamiento de fuerza con máximo lastre -entrenamiento de resistencia sobre mínima regleta, RMínRg-RMínRg = entrenamiento de resistencia con mínima regleta-entrenamiento de resistencia sobre la mínima regleta.

Cambios intergrupo $p>0,05$

* Cambios intragrupo $p<0,05$.

6.3.1.2 Cambios en resistencia entre grupos

A las cuatro semanas de entrenamiento, el grupo RMínRg-RMínRg fue el que obtuvo mayores mejoras respecto a TR1 con un 25,2% respecto al 10,2% y 5,6% del grupo FMáxL-FMínRg y FMáxL-RMínRg, respectivamente ($p>0,05$) (tabla XXII y figura 16). Sin embargo, el análisis de Batterham y Hopkins (2006) matiza algo más esta tendencia sugiriendo que la probabilidad de que los cambios en resistencia del grupo RMínRg-RMínRg en esta fase fueran mejores que los de FMáxL-FMínRg y los del grupo FMáxL-RMínRg no está clara (49/49/2 y 48/45/2, respectivamente (tabla XXIII).

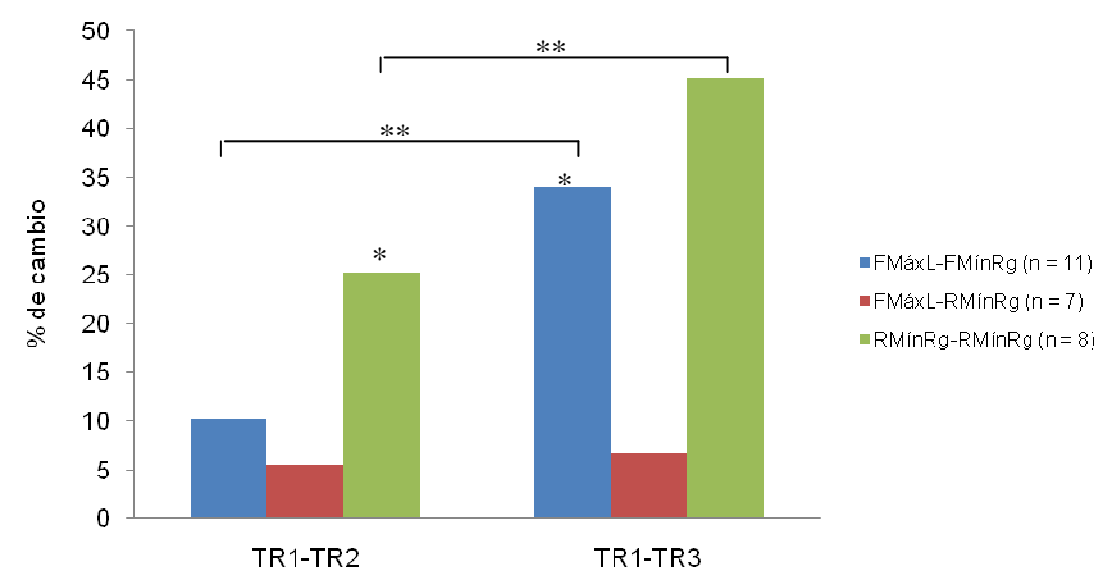


Figura 16. Cambios intragrupo (porcentaje de cambio) en resistencia respecto al test inicial a las 4 semanas (TR1-TR2) y 8 semanas de entrenamiento (TR1-TR3). FMáxL-FMínRg = entrenamiento de fuerza con máximo lastre-entrenamiento sin lastre con mínima regleta, FMáxL-RMínRg = entrenamiento de fuerza con máximo lastre -entrenamiento de resistencia sobre mínima regleta, RMínRg-RMínRg = entrenamiento de resistencia con mínima regleta-entrenamiento de resistencia sobre la mínima regleta. Cambios intergrupo $p>0,05$.

* Cambios intragrupo $p<0,05$, ** Cambios intragrupo $p<0,01$.

A las 8 semanas, ambos grupos FMáxL-FMínRg y RMínRg-RMínRg siguieron mejorando la resistencia, aunque no de manera significativa. Entre ellos, fue el grupo RMínRg-RMínRg el que mejoró más respecto al test inicial (45,2% frente a 34,1% del grupo FMáxL-FMínRg; tabla XXII, figura 16). En el análisis de Hopkins se infiere que la probabilidad de que esos cambios entre TR1 y TR3 del grupo RMínRg-RMínRg fueran mejores/triviales/peores para la resistencia que los de FMáxL-FMínRg es “posible” (60/37/3) y “probable” respecto a FMáxL-RmínRg (91/7/1). Asimismo, el grupo FMáxL-FMínRg respecto al FMáxL-RMínRg

mejoró la resistencia entre TR1 y TR3 con un resultado a favor “posible” 75/21/4 (tabla XXIII).

Sin embargo, respecto a la mejora obtenida a las 4 semanas, fue el grupo FMáxL-FMínRg el que obtuvo mayor ganancia (21,6% frente a 15,9% del grupo RMínRg-RMínRg, respectivamente) (figura 16), aunque según el análisis de Batterham y Hopkins (2006) se sugiere que la probabilidad de estos cambios fueran mayores en el grupo que entrenó la fuerza (FMáxL-FMínRg) que en el que entrenó la resistencia, es trivial (25/62/13; tabla XXIII). Por otra parte, el grupo FMáxL-RMínRg, que en esta etapa abandonó el lastre y cambió a un método de resistencia, obtuvo solo un 1% de mejora de resistencia respecto a la mejora conseguida tras las primeras 4 semanas de entrenamiento, obteniendo sólo un 6,6% en de incremento en resistencia respecto al test inicial. Comparando los efectos de cada entrenamiento entre las 4 y 8 semanas sobre la resistencia con la prueba de inferencias prácticas, observamos que la probabilidad de que FMáxL-FMínRg provoque cambios más beneficiosos en resistencia que con FmáxL-RmínRg es del 74% respecto al 23% de triviales y 3% peores (tabla XXIII). Asimismo, el entrenamiento RMínRg-RmínRg también mostró una probabilidad más favorable para el aumento de la resistencia que FMáxL-RmínR (68/24/4).

Las diferencias intragrupo en resistencia fueron significativas para el grupo FMáxL-FMínRg de TR1 a TR3 y de TR2 a TR3, así como para el grupo RMínRg-RMínRg de TR1 a TR2 ($p = 0,004$) y de TR1 a TR3 ($p = 0,002$). (Tabla XXII y Figura 16).

6.3.2 Cambios en fuerza y resistencia según nivel inicial en fuerza de agarre en los sujetos que entrenaron la fuerza máxima con lastre en las primeras cuatro semanas

Este efecto fue estudiado en un grupo formado por los sujetos de dos grupos que entrenaron con el mismo método de fuerza con lastre en las primeras 4 semanas (FMáxL-RMínRg y FMáxL-FMínRg; $n = 22$). Para estudiar el efecto del entrenamiento con lastre según el nivel inicial de fuerza, se dividió a los sujetos en “nivel bajo de fuerza de dedos” (BF) y “nivel alto en fuerza de dedos” (AF) a partir del valor que representaba la mediana en TF1:

- Grupo BF: compuesto por aquellos sujetos que obtuvieron en $TF1 \leq 30$ kg.
- Grupo AF: compuesto por aquellos sujetos que obtuvieron en $TF1 > 30$ kg.

Después de 4 semanas de entrenamiento de fuerza con lastre, las diferencias entre sujetos según su nivel en TF1 fueron cercanas a la significatividad en fuerza ($p = 0,086$) y no significativas para la resistencia ($p > 0,05$), aunque los de la categoría BF mejoraron más la fuerza y también la resistencia que los del grupo AF (tabla XXIV y figura 17).

Los cambios intragrupo en fuerza de 35,78% y del 35,59% en resistencia solo resultaron significativos para el grupo BF ($p = 0,001$ y $p = 0,003$, respectivamente). El grupo AF obtuvo mejoras de sólo 3,69% en fuerza y pérdidas de -4,22% en resistencia ($p > 0,05$) (tabla XXIV y figura 17). La prueba de Batterham y Hopkins (2006) sugiere para el grupo BF hay probabilidad del 90% de que los cambios en fuerza a las 4 semanas respecto al test inicial sean mejores que los del grupo AF (90/10/0), y del 95% para los cambios en la resistencia (95/10/4), (tabla XXV y figura 17).

Tabla XXIV. Resultados en fuerza (kg, media \pm dt) y resistencia (s, media \pm desviación típica) de los sujetos del grupo que entrenaron la fuerza con lastre durante las primeras cuatro semanas (FMáxL) por categorías según el nivel inicial de fuerza.

	BF (n = 12)	AF (n = 10)
TF1	22,71 \pm 7,72	41,95 \pm 7,71
TF2	30,83 \pm 9,96 ^a	43,50 \pm 9,80
TE de TF1 a TF2	1,05	0,20
TR1	24,95 \pm 11,99	50,35 \pm 18,04
TR2	33,82 \pm 15,83 ^b	48,22 \pm 13,30
TE de TR1 a TR2	0,74	-0,12

TF1 = test inicial de fuerza; TF2 = test a las 4 semanas de entrenamiento; TR1 = test resistencia a las 4 semanas; TR2 = test de resistencia a las 8 semanas. TE = tamaño del efecto

BF = bajo nivel inicial de fuerza; TF1 \leq 30 kg

AF = alto nivel inicial de fuerza; TF1 > 30 kg

Diferencias entre grupos no significativas. ^a Diferencias significativas intragrupo respecto a TF1 ($p \leq 0,001$). ^b

Diferencias significativas intragrupo respecto a TF1 ($p \leq 0,01$)

Tabla XXV. Cambios intergrupo en sujetos que entrenaron las primeras 4 semanas con FMáxL por categorías AF (n = 10) y BF (n = 12) según prueba de Batterham y Hopkins (2006)

Grupo	Cambios entre	p	TE (Cohen) (90% IC)	% probabilidad de cambios mejor/trivial/peor efecto
AF vs BF	TF2- TF1	ns	-0,40 (-0,67/-0,13)	0/10/90
	TR2- TR1	ns	-0,68 (-1,14/-0,21)	0/4/95

TF1 = test inicial de fuerza; TF2 = test a las 4 semanas de entrenamiento; TR1 = test resistencia a las 4 semanas; TR2 = test de resistencia a las 8 semanas. TE = tamaño del efecto; BF = bajo nivel inicial de fuerza (TF1 ≤ 30 kg); AF = alto nivel inicial de fuerza (TF1 > 30 kg)

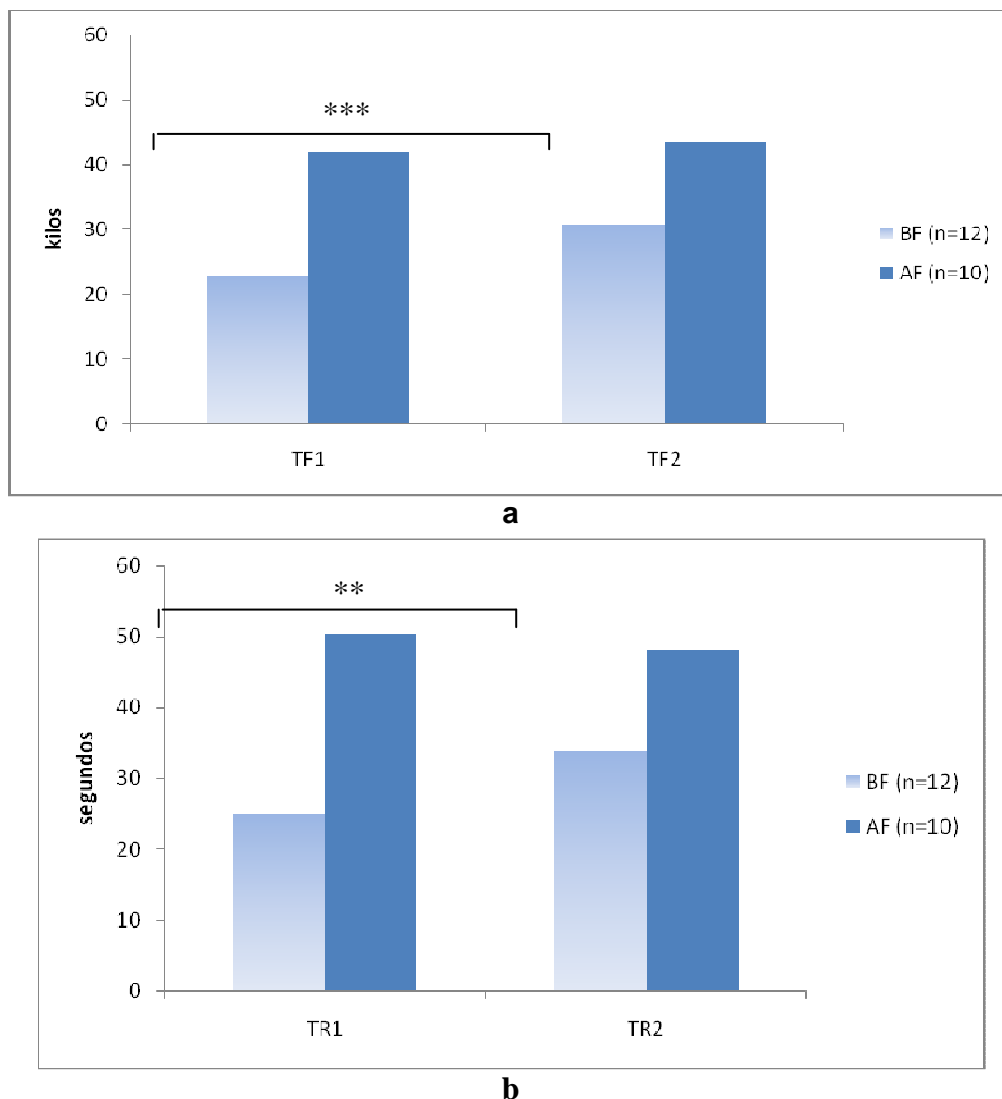


Figura 17. Resultados según nivel inicial de fuerza de los sujetos que entrenaron con lastre en las primeras cuatro semanas en a) fuerza y b) resistencia. TF1 = test inicial de fuerza, TF2 = test de fuerza a las 4 semanas, TR1 = test inicial de resistencia, TR2 = test resistencia a las 4 semanas, BF = sujetos de nivel inicial bajo de fuerza (TF1≤30kg); AF = sujetos de nivel inicial alto de fuerza (TF1>30kg). ***Cambios intragrupo p<0,001; **Cambios intragrupo p<0,01.

6.3.3 Relación entre fuerza y resistencia de agarre

Se encontró correlación positiva significativa entre los resultados de los tests iniciales de TF1 y los de TR1 ($r = 0,78$; $p = 0,000$, $n = 38$), entre TF1 y nivel deportivo ($r = 0,48$; $p = 0,002$; $n = 38$) y entre TR1 y nivel deportivo ($r = 0,66$; $p = 0,000$; $n = 38$) (Tabla XXVI). También se encontró una alta correlación entre TF2 y TR2 ($r = 0,72$, $p = 0,000$, $n = 32$) y entre TF3 y TR3 ($r = 0,71$, $p = 0,000$, $n = 26$) y entre los cambios en fuerza y los cambios en resistencia de las 4 a las 8 semanas ($r = 0,85$; $p = 0,000$) y entre los cambios en fuerza y los cambios en resistencia de las 4 a las 8 semanas ($r = 0,79$; $p = 0,000$). Cuando se controló el peso corporal con una correlación parcial, se observó que todas las correlaciones subieron excepto la correlación entre test inicial de resistencia y nivel deportivo, que disminuyó ligeramente.

Tabla XXVI. Correlaciones (r) y correlaciones controlando el peso corporal a través de correlación parcial (r^{pc}). Control con peso corporal inicial para correlación entre TF1, TR1 y nivel deportivo ($n = 38$), con peso corporal a las 4 semanas para correlación entre TF2 y TR2 ($n = 32$) y con peso corporal a las 8 semanas para correlación entre TF3 y TR3 ($n = 26$).

	TR1		TR2		TR3		Nivel deportivo	
	r	r^{pc}	r	r^{pc}	r	r^{pc}	r	r^{pc}
TR1							0,66***	0,62***
TF1	0,78***	0,83***					0,48***	0,51***
TF2			0,72***	0,83***				
TF3					0,71***	0,84***		

TF1 = test fuerza inicial; TR = test resistencia inicial; TF2 = test fuerza a las 4 semanas; TR2 = test resistencia a las 4 semanas; TF3 = test fuerza a las 8 semanas; TR3 = test resistencia a las 8 semanas, Nivel deportivo = grado máximo encadenado con ensayos 6 meses anteriores.

** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$

VII. DISCUSIÓN

Para nuestro conocimiento, el conjunto de trabajos que presentamos en esta tesis es el primero en el que se ha estudiado la dificultad que representan diferentes profundidades de regleta durante un ejercicio específico de escalada como las suspensiones de dedos y el efecto de diferentes métodos de entrenamiento de la fuerza y la resistencia de agarre usando dicho ejercicio específico en escaladores de distintos niveles deportivos.

7.1 ESTUDIO I

Este estudio consistió en medir el tiempo en suspensión que soportaba un grupo de escaladores de diferentes niveles deportivos en distintas profundidades de regleta.

7.1.1 Estudio de Fiabilidad

La fiabilidad del tiempo de suspensión en regletas de distinta profundidad fue mayor cuanto mayor era la profundidad de la regleta, oscilando desde un CCI de 0,86 (95% IC: 0,52/0,96) en la regleta de 6 mm a 0,97 (95% IC: 0,93/0,98) en la regleta de 14 mm, y no se observaron diferencias significativas entre ninguna de las medidas. Estos valores de fiabilidad no los podemos comparar con los de ningún otro estudio, ya que los dos únicos trabajos que hemos encontrado que han valorado la fuerza en distintas profundidades de regleta, o no realizaron estudio de fiabilidad (Amca y col., 2012), o solo comprobaron que no había diferencias significativas ($p > 0,08$) (Bourne y col., 2011), pero no calcularon el CCI ni el CV aunque las regletas que utilizaron fueron semejantes a las nuestras (2,8 mm a 12,5 mm en Bourne y col., 2011).

Los resultados de un test son fiables en la medida en que proporcionan con precisión el mismo valor de medida para un mismo sujeto en dos o más ocasiones, cuando éste es medido en las mismas condiciones y no se espera que exista una causa que deba modificar los resultados de la medición (González-Badillo J.J. [en Izquierdo M., en Izquierdo (editor), 2008]). Las causas que pueden influir en los resultados son la motivación, la fatiga debida a la actividad laboral, o factores relacionados con la técnica o el aprendizaje en la realización del test (González-Badillo J.J. y Izquierdo M. [en Izquierdo (editor), 2008]). Respecto a este último punto, algunos autores afirman que en un agarre de precisión, entendido como los agarres que se realizan en una suspensión de los dedos de tamaños de regleta menores a media falange, pueden influir las condiciones de fricción de intentos anteriores, el grado de habilidad (Tomlinson y col., 2008), (por ejemplo, para coordinar la retirada de los pies con el progresivo aumento de la tensión muscular de casi todo el cuerpo al suspenderse y específicamente de la de los dedos sobre el agarre) o por último, el nivel de experiencia en la tarea (Westling y Johansson, 1984). La razón es que estos factores determinan el tiempo que se tarda en detectar las condiciones de fricción y ajustar el agarre gracias al mecanismo de

control fino que usa principalmente información de los mecanorreceptores de las puntas de los dedos (Westling y Johansson, 1984). Según Brorsson (2008), se necesita un alto nivel técnico y de concentración para aplicar de forma consistente la misma posición de los dedos sobre una superficie de contacto muy pequeña. En base a estas afirmaciones, parece lógico pensar que si los sujetos no estaban perfectamente habituados a suspenderse de regletas de tamaños muy reducidos o a hacerlo en variables condiciones de fricción, cuanto menor fuese la profundidad de la regleta, mayor dificultad tendrían para mantener la consistencia en el rendimiento sobre la misma. Esto puede explicar por qué los tests de tiempo en suspensión en las regletas menores, las de 6 mm y 8 mm, fueron los que presentaron menor fiabilidad (Tabla XIII). Por tanto, dado que se estandarizó la superficie de contacto del instrumento de medida y el procedimiento de ejecución del ejercicio, y que factores que afectan a la fricción como la humedad y la temperatura no variaron en gran medida entre test y retest, podríamos suponer que la variabilidad entre las medidas para un mismo sujeto en la aplicación de la fuerza en presas de 6 y 8 mm pudo deberse a leves variaciones ambientales o de hidratación de la piel que influyen en la fricción (Sivamani y col., 2003, Tomlinson y col., 2007, Amca y col. 2012), pero especialmente a la propia dificultad de aplicar fuerza máxima con precisión sobre presas pequeñas, en las que hay menor fricción. Esta tarea implica no sólo altos niveles de fuerza, sino también una elevada motivación y concentración para evitar resbalarse y soportar el dolor por la alta fuerza de compresión por unidad de superficie (800, 724 y 616 kPa en regletas de 5,8, 7,3 y 12,5 mm, respectivamente, en Bourne y col. (2011), pero sobre todo un alto nivel técnico. Esta sugerencia viene ratificada por el mayor CCI y el menor CV encontrado en nuestro estudio en los tests de tiempo de suspensión para todas las profundidades de regleta en el grupo de escaladores de nivel deportivo medio a alto (de 7c a 8c encadenado con ensayos), respecto al grupo completo (6b a 8c). La mayor fiabilidad en las medidas en los escaladores de mayor nivel deportivo podría explicarse por una mayor habilidad técnica y sensorial cuando se trata de agarres en los cantos más pequeños (Bourne y col., 2011) o en los más difíciles debido a su forma. Por ejemplo, Fuss y Niegler (2012) realizaron un estudio del coeficiente de fricción o de rozamiento (ratio de la fuerza de fricción y fuerza normal) en el agarre de una presa redondeada del tamaño de la mano y sin filo, cuya superficie forma una inclinación o angulación negativa con el eje horizontal (presa “roma” o “sloper”), y encontraron que los escaladores más experimentados aplicaban un menor coeficiente de fricción (se “agarraban” mejor), lo cual les permitía conseguir más fricción con menor gasto energético. Esto se puede interpretar como un mayor grado de

técnica. Por tanto, para una mejor aplicación del potencial de fuerza sobre una presa, es necesario un alto nivel de técnica.

En resumen, la menor consistencia en un test de tiempo en suspensión sobre las regletas más pequeñas en un rango de 6 mm a 14 mm, podría explicarse por el menor coeficiente de fricción en los sujetos menos experimentados, lo cual significa un menor nivel técnico, así como por una menor fuerza muscular.

7.1.2 Tiempo de suspensión en regletas de diferentes profundidades

Como era de esperar, los tiempos de suspensión en el rango de 14 mm a 6 mm fueron disminuyendo con la profundidad de la regleta. Esta tendencia en la variación del rendimiento también fue encontrada en los estudios de Bourdin y col. (1998), Bourne y col. (2011) y Schweizer y Hudek (2011). No obstante, estos autores midieron el rendimiento a través de la fuerza máxima que se aplicaba sobre un sensor de fuerza colocado debajo de una presa, en vez de con el tiempo que se podía mantener un ejercicio específico de escalada, como las suspensiones de dedos, que fue lo que se hizo en nuestro estudio. Los distintos protocolos usados por estos autores no permiten una comparación directa de los resultados, aunque en ambos casos se observa una tendencia a la disminución del rendimiento (fuerza aplicada o tiempo de suspensión) a medida que disminuye el tamaño de la presa.

La relación lineal entre tiempo de suspensión y profundidad de regleta (figura 9) encaja con la relación lineal entre el tiempo máximo de contracción isométrica de la mano y el porcentaje de la MCV aplicada que encontró Rohmert (1973) para intensidades superiores al 50% MCV y que ha sido validada en posteriores trabajos (Allison y col., 2004; Law y Avin, 2010).

Analizando el rendimiento en la regleta de 14 mm, que fue la que presentó mayor fiabilidad en nuestro estudio, encontramos que el tiempo de suspensión en nuestro caso (41 segundos), con escaladores de un nivel de rendimiento comprendido entre los grados 6b a 8c, fue similar a los 35 a 40 segundos de suspensión que registraron Watts y col (2004) en 5 escaladores experimentados. Sin embargo, en este estudio puede que la dificultad fuera menor que en el nuestro, debido a que, aunque la presa era roma (“sloper”), permitía la utilización de dos

falanges en comparación con la de 14 mm que solo permite como máximo $2/3$ de falange. Por tanto, la igualdad de tiempos de suspensión pudo deberse a que el nivel deportivo de los participantes fuera menor, aunque no se puede confirmar puesto que los autores no indicaron esta característica de los sujetos. En el segundo de los dos únicos estudios que hemos encontrado que han utilizado un test de tiempo en suspensión en escaladores, Baláš y col. (2012) registraron una media de 64 segundos de suspensión en escaladores de 6b+ a 9a, en una regleta de 25 mm (1 falange y media), que es casi dos veces mayor a la de 14 mm de nuestro estudio ($2/3$ de falange). Estas diferencias en el tiempo de suspensión podrían explicarse por la mayor profundidad de la regleta y por el mayor nivel deportivo de los participantes en dicho estudio (6b+ a 9a frente a 6b a 8c en nuestro caso). Nos inclinamos a pensar en la primera razón, ya que si tomamos como referencia la ecuación de regresión que aparece en la figura 9, a una regleta de 25 mm le correspondería un tiempo medio de 96 segundos, con un intervalo de confianza del 95% comprendido entre 91,86 y 100,14 segundos, por lo que podríamos deducir que el nivel de los sujetos del estudio de Baláš y col. (2012) posiblemente fue inferior a los del nuestro.

El resultado de una menor fuerza aplicada en cantos pequeños respecto a los cantos mayores, podría deberse en parte a la desventaja biomecánica de un mayor brazo de resistencia respecto al brazo de fuerza. En apoyo de esta afirmación, Schweizer y Hudek (2011) registraron un aumento del brazo de resistencia en menores profundidades de regleta (0,49, 0,48 y 0,37 Nm para 8, 10 y 20 mm, respectivamente). Estos autores estudiaron la biomecánica del semiarqueo y la extensión en escalada en 7 dedos de cadáveres y observaron que cargando el tendón con una fuerza de 40 N, en la punta del dedo se aplicaba 11, 12 y 17 N sobre regletas de 8 mm, 10 mm y 20 mm, respectivamente. De forma similar, Marco y col. (1988) y Vigouroux y col. (2006) encontraron que la fuerza aplicada sobre una presa de 10 mm era entre 3,5 y 2,5 veces menor que la originada en el tendón. Estos datos indican que para soportar una suspensión con determinada carga de una regleta de menos de media falange, comparativamente hay que desarrollar más fuerza que para una suspensión de regletas mayores.

En resumen, el menor tiempo de suspensión en las regletas de menor profundidad podría venir explicado por una desventaja biomecánica de un mayor brazo de resistencia respecto al brazo de fuerza, la menor área de contacto y el menor coeficiente de fricción respecto a las regletas más grandes. Desde un punto de vista práctico, esto significa que mantenerse

colgado de una presa de pequeña profundidad exige generar una mayor tensión muscular y poseer mayor habilidad técnica para aplicar la misma fuerza que en presas mayores.

7.1.3 Relación entre tiempo de suspensión y nivel deportivo según el tamaño de regleta

Dentro del rango de profundidad de regletas utilizadas en nuestro estudio, se encontró que la regleta que presentó la mayor relación con el nivel deportivo o grado encadenado fue la de mayor profundidad, la de 14 mm. También se observó una clara tendencia al aumento de la correlación con el aumento de profundidad de regleta (Tabla XVII). Considerando que el peso corporal podría influir en el valor de la correlación, se aplicó una correlación parcial controlando esta variable, y se encontró que las correlaciones aumentaron para todas las profundidades de regleta (tabla XVII). La correlación que encontramos entre tiempo de suspensión en una regleta de 14 mm y nivel deportivo controlando el peso corporal ($r = 0,84$; $p < 0,05$) fue similar ($r = 0,86$; $p < 0,05$) a la obtenida por Baláš y col. (2012) entre tiempo en suspensión normalizado al peso corporal en una regleta de 25 mm y el nivel deportivo. Estos resultados sugieren que el tiempo de suspensión en cualquier tipo de regleta es un buen predictor del nivel deportivo y que por tanto la mejora del tiempo de suspensión, ejercicio altamente específico, debería ser un objetivo y un ejercicio del entrenamiento de los escaladores. El aumento de los valores de las correlaciones cuando se controla el peso corporal reafirma esta sugerencia, ya que con este tipo de cálculo estamos comprobando que la verdadera relación entre el rendimiento y el tiempo de suspensión es superior a la que se obtiene sin controlar el peso corporal. De estos resultados se deduce que la mejora de la fuerza de suspensión manteniendo el peso corporal debería ser un objetivo del entrenamiento del escalador, puesto que el aumento de la fuerza máxima de agarre (carga máxima de suspensión), permitirá un mayor tiempo de suspensión, objetivo específico del entrenamiento, si esa nueva fuerza máxima se aplica ante la misma resistencia (mismo peso corporal).

La relación entre resistencia en suspensiones de dedos y nivel deportivo viene ratificada por las diferencias significativas encontradas ($p < 0,05$) en tiempo de suspensión para todos los tamaños de regleta entre los dos grupos de mayor nivel deportivo (de 7a+ a 8c) y el grupo de menor nivel deportivo (6b a 7a) de este mismo estudio. Además, el grupo de alto nivel también alcanza tiempos de suspensión superiores ($p < 0,05$) al grupo de nivel medio (7a+ a 7c+) en la regleta de 14 mm. En apoyo de estos resultados, la prueba de inferencias prácticas

de Batterham y Hopkins mostró que existe una probabilidad “casi cierta” de que los dos grupos de mayor nivel obtengan un mejor resultado de TR en todas las profundidades de regleta respecto al grupo de menor nivel. Asimismo, para el grupo de mayor nivel respecto al de nivel medio la probabilidad de tener un mejor resultado en TR aumentó con el aumento de tamaño de regleta, alcanzando en los tamaños de 12 y 14 mm un tamaño del efecto significativo y una probabilidad de 93% de obtener un mejor resultado respecto a un 6% de obtener un efecto trivial.

7.1.4 Relación entre tiempo de suspensión en cantos pequeños y tiempo de suspensión en cantos mayores

El rendimiento en la regleta de menor tamaño utilizada en nuestro estudio, que fue la de 6 mm, presentó relación ($r = 0,60$; $p < 0,000$) con el rendimiento en la regleta de 14 mm, la de mayor profundidad. Este resultado está en línea con el estudio de Bourne y col. (2011), que encontraron una relación de $r = 0,68$ ($p < 0,05$) entre la fuerza máxima aplicada en una regleta de 5,8 mm y en la de 12,5 mm. Aunque en el estudio de Bourne y col. (2011) la fuerza se midió a través de la fuerza máxima aplicada con una mano cuando el sujeto trata de colgarse y no lo consigue nunca, y no propiamente con una suspensión, estos resultados pueden considerarse comparables y semejantes, dado que hemos encontrado una alta relación entre TF o la carga máxima medida en una suspensión (equivalente a la máxima fuerza aplicada o RM) y el tiempo de suspensión (TR) en nuestros estudios II y III. Esta relación entre los tiempos en suspensión en regletas de tamaños muy diferentes sugiere que el rendimiento en tiempo de suspensión (sobre regletas de 6 mm a 14 mm) depende de la fuerza máxima del sujeto (estudios II y III), por cualquier procedimiento que se mida (carga máxima en suspensión o fuerza aplicada).

Por otra parte, cuando se analizó la relación entre los tiempos de suspensión en distintos tamaños de regleta, se observó que la relación era mayor cuanto más próximas eran las profundidades de regleta y que esta correlación fue mayor cuanto mayor era el tamaño del agarre. Sin embargo, cuando se eliminó la influencia del peso corporal aplicando una correlación parcial, la correlación entre los tiempos de suspensión en distintos tamaños no varió. Estos datos sugieren que el rendimiento en las distintas regletas es independiente del peso corporal, y por tanto se deben fundamentalmente a la fuerza máxima.

Combinando los resultados de las relaciones entre el nivel deportivo y profundidad de la regleta y tiempo de suspensión y profundidad de regleta, se podría concluir que el peso corporal influye en el rendimiento (tiempo de suspensión) ante una misma fuerza máxima (carga máxima en suspensión o RM), pero que esta influencia no existe en relación con la profundidad de regleta.

7.1.5 Relación entre tiempo de suspensión en cantos de diferente profundidad y longitud de la falange distal del dedo medio

Solo se encontró una baja relación, pero significativa, entre el tiempo en suspensión en 14 mm y la longitud de la falange distal del dedo medio (LFD). Además se observa una clara tendencia al aumento de la correlación en todos los tamaños de regleta al controlar la variable peso corporal. Y esta misma tendencia se observa entre las correlaciones entre los tiempos de suspensión de distintos tamaños y entre éstas y el nivel deportivo cuando se controla la propia variable de LFD, excepto para TR14, que bajó de 0,82 a 0,79 ($p < 0,05$).

De estos resultados se podría deducir que a igualdad de peso corporal, la longitud de la falange distal tiene cierta relación sobre el tiempo en suspensión, y que ésta es mayor cuanto mayor es el tamaño de regleta en un rango de 6 a 14 mm. Dado que al eliminar la influencia de la LFD sobre la relación entre tiempo en suspensión y nivel deportivo la correlación aumenta ligeramente para todos los tamaños excepto para 14 mm, podríamos decir que a igualdad de nivel deportivo, tener una mayor LFD es beneficioso para el rendimiento en tamaños de regleta entre 6 y 12 mm.

No hemos encontrado ningún estudio que haya valorado específicamente la relación entre la longitud falange distal del dedo medio y el rendimiento en distintos tamaños de regleta, pero sí con la cantidad de piel o pulpejo que hay del extremo óseo de la falange distal del dedo medio a la punta del dedo. En el estudio de Bourne y col. (2011) se observó que existe una alta correlación entre este factor y la fuerza aplicada en una regleta muy pequeña (2,8 mm $r = 0,65$, $p < 0,05$). Los autores explican esto por el aumento de la fricción gracias a las propiedades viscoelásticas de la piel para “enrollarse” sobre el canto al aplicar fuerza. Dado que nosotros no medimos esta parte de la falange distal, sino la longitud completa,

desconocemos si posiblemente este factor y no la LFD hubiera explicado mejor los resultados anteriormente expuestos.

A la vista de los resultados, podemos concluir que el tiempo en suspensión es menor cuanto menor es el tamaño de regleta, y que el tiempo en suspensión presenta relación significativa positiva con el nivel deportivo, por lo que nuestras hipótesis originales se pueden considerar confirmadas.

7.2 ESTUDIO II

Para nuestro conocimiento, este es el primer estudio que ha comparado dos métodos de entrenamiento de la fuerza de dedos usando un ejercicio específico de escalada en escaladores de roca de alto nivel: las suspensiones de dedos. Un método consistió en entrenar durante cuatro semanas con suspensiones con lastre en una regleta grande (18mm) durante 10 segundos sobre 13 máximos y en las siguientes cuatro semanas sin lastre en la regleta más pequeña que permitiera suspenderse durante 10 segundos sobre 13 máximos, y en el otro método se entrenó con el orden contrario. El principal hallazgo de este estudio fue que la secuencia de entrenamiento más efectiva para mejorar la fuerza y la resistencia de agarre fue el primero. También ha sido relevante el hallazgo de una alta correlación significativa entre los cambios obtenidos en fuerza y los cambios obtenidos en resistencia.

7.2.1 Cambios en fuerza de agarre después del entrenamiento

En nuestro estudio, ambos grupos obtuvieron las mayores mejoras en fuerza a las 4 semanas de entrenamiento, aunque el que en esta fase entrenó con lastre (FMáxL-FMínRg) obtuvo superiores porcentajes de mejora (9,6% frente a 2,1%, respectivamente), tamaño del efecto (0,4 frente a 0,1) y cambios a favor “posibles” (56/40/4) que el grupo que entrenó sin lastre en una regleta pequeña, si bien estas diferencias no fueron estadísticamente significativas. Estos resultados de aumento de fuerza después de cuatro semanas de entrenamiento con sobrecargas están en línea con los de otros trabajos en los que se ha observado que las mayores mejoras tras realizar un entrenamiento con cargas superiores al 80% de 1 RM ocurren en las primeras semanas de entrenamiento. Este resultado se ha encontrado en sujetos de alto nivel (Hickson y col., 1988; Judge y col., 2003; Ebben y col., 2004) así como en deportistas de nivel medio (Kraemer y col., 2002; Rhea y col., 2003b), en niños (Faigenbaum y col., 1999) y en adultos previamente no entrenados que utilizaron cargas del 70% al 80% de 1RM (Bell y col., 1989; Moritani y DeVries, 1979; Hakkinen y col., 1985a,b y Hakkinen y col., 2001). En estos estudios se sugiere que las mejoras durante las primeras semanas se deben a un efecto de tipo neural. Esta explicación viene apoyada por Hakkinen y col. (1985a), que encontraron que el incremento significativo en la fuerza isométrica tras las primeras semanas de entrenamiento con cargas del 70% al 120% de 1 RM tuvo correlación significativa con el incremento de la activación neural (EMG) de los músculos utilizados. Por

tanto, la posible explicación a la mejora producida en esta fase en nuestro estudio puede estar en un efecto de tipo neural.

Las mejoras del 9,6% en fuerza obtenidas por el grupo que entrenó con suspensiones con lastre durante las primeras cuatro semanas son similares al 11% de incremento en la fuerza máxima del dedo medio al final de 8 semanas de entrenamiento de 3 días/semana encontrado por Köstermeyer y Weineck (1995) en el único estudio que hemos encontrado sobre entrenamiento de fuerza de dedos en escalada. Sin embargo, este trabajo fue realizado con un solo sujeto de alto nivel, por lo que no es razonable comparar estos resultados con los obtenidos en un grupo.

En estudios de entrenamiento isométrico en general se han encontrado mejoras entre 15% y el 20%, que son algo superiores a las que encontramos nosotros, tras 4 a 12 semanas usando series de 3 a 10 segundos e intensidades superiores al 80% MCV con pausa completa (Ikai y Fukunaga, 1970; Komi y col., 1978; Cannon y Cafarelli, 1987; Jones y Rutherford, 1987; Davies y col., 1988; Khouw y col., 1998). No obstante, estas mayores mejoras podrían atribuirse a que los participantes fueron personas previamente no entrenadas, en los que son esperables mayores mejoras, y en algún caso, como en el estudio de Komi y col., (1978) por la mayor duración del estudio (12 semanas). No hemos encontrado ningún estudio en el que se haya comprobado los efectos de un entrenamiento estático con sobrecargas usando altas intensidades (10 segundos) en deportistas de alto nivel con un test isométrico como hemos hecho nosotros. Sin embargo, sí se ha comprobado estos efectos de entrenamiento usando sobrecargas e intensidades altas (superiores al 70%) con ejercicios dinámicos en deportistas entrenados y se han comprobado mejoras entre 6% y el 15%, que están en línea con las obtenidas en nuestro estudio por el grupo que entrenó con lastre en las primeras cuatro semanas (Hakkinen y Komi, 1985b; Judge y col., 2003; Moss y col., 1997; Lawton, 2012).

Aunque los sujetos de nuestro estudio eran altamente entrenados en escalada, es probable que las mejoras obtenidas en estas cuatro primeras semanas se deban fundamentalmente a un efecto de tipo neural (Hakkinen y col., 1998; Sale y col., 1988), que vendría especialmente explicado por un mayor reclutamiento y frecuencia de estímulo (Hakkinen y col., 1985a 1985b; Sale, 1988; Harris, 2000), aunque sin descartar la influencia de la coordinación intermuscular, especialmente en el momento de suspenderse. Esta sugerencia vendría apoyada por el hecho de que en ocho sesiones (2 sesiones por semana), es poco probable que se haya producido un cambio en la hipertrofia muscular, debido al escaso tiempo de

entrenamiento (Hakkinen y Komi, 1985a; Hakkinen y col., 1998; Sale y col., 1998; Hoffman y col., 2003) y a la amplia experiencia en este tipo de actividad por parte de los participantes. Dado que el grado de esfuerzo realizado por ambos grupos se puede considerar equivalente, pues en los dos casos consistió en suspenderse durante el mismo porcentaje del tiempo límite (10 segundos sobre 13 posibles de suspensión), la mayor mejora del grupo que entreno con lastre podría venir definida por la mayor proximidad en la profundidad de la regleta de entrenamiento (18 mm) con respecto a la regleta utilizada para el test (15 mm), así como en la utilización de lastre, mientras que el otro grupo usó una regleta de entrenamiento que osciló entre 5 y 9 mm y no usó lastre. En esta situación sería razonable aceptar que el entrenamiento con lastre en las condiciones realizadas es más específico para la mejora de la fuerza máxima en 15 mm que el entrenamiento sin lastre, además de que el efecto de aprendizaje del ejercicio del test pudo favorecer estos mejores resultados (Ikai y Fukunaga, 1970; Anderson y Kearney, 1982; Jensen y col., 2005) y que se ha comprobado que el uso de sobrecargas provoca mayores mejoras en la fuerza por una mayor activación muscular y reclutamiento de unidades motoras (Hakkinen y col., 1985a y 1985b; Sale, 1988; Harris, 2000). En nuestro caso, con el uso de lastre y una mayor profundidad del agarre es probable que se dé una mayor activación muscular y reclutamiento de unidades motoras que sin lastre en un canto menor.

Al finalizar las 8 semanas de entrenamiento (TF3), ambos grupos conservaron cierta mejora de fuerza respecto al test inicial (TF1) (1,6% y TE 0,1 frente a 1,3% y TE 0 para Grupo FMínRg-FMáxL y Grupo FMáxL-FMínRg, respectivamente), pero perdieron parte de la mejora obtenida en TF2. El grupo que entrenó primero con lastre (FMáxL-FMínRg) sufrió mayores pérdidas después de entrenar sin lastre de la 6ª a la 9ª semana (-7,5% frente a -0,4% del Grupo FMínRg-FMáxL) y mostró una probabilidad de 58% de obtener un peor resultado en TF3 que el grupo que en esta misma etapa cambió a entrenar con lastre (58/41/2; Tabla XXI). Esta no mejora en fuerza del grupo que entrenó sin lastre durante este segundo ciclo después de haber usado lastre en el primero, sugiere que el entrenamiento sin lastre ha supuesto un desentrenamiento (disminución del estímulo) de la fuerza máxima para los sujetos, o bien un exceso de fatiga. Pero si tenemos en cuenta la evolución de la fuerza en el periodo de desentrenamiento (ausencia de entrenamiento de suspensiones), al final del cual volvió a mejorar la fuerza, la explicación más plausible es que el entrenamiento sin lastre produjo excesiva fatiga. Partiendo de este mismo razonamiento, podríamos esperar que el grupo que entrenó con lastre en la segunda fase después de entrenar sin lastre (FMínRg-

F_{máxL}), debió obtener una mejora. Sin embargo, este hecho no se produjo. En este caso, sí que sería razonable aceptar como única alternativa que explique el resultado el hecho de que el entrenamiento sin lastre hubiera producido una elevada fatiga de la cual el sujeto no se recupera durante la fase de trabajo con cargas máximas del segundo ciclo. Dado que para una determinada carga se ha comprobado que el tiempo de suspensión o la fuerza aplicada sobre regletas muy pequeñas es menor que sobre regletas mayores (Estudio I de esta tesis, Bourne y col., 2011; Schweizer y Hudek, 2011; Amca y col., 2012) por una desventaja mecánica y de fricción y la exigencia de una mayor habilidad técnica en la aplicación de la fuerza para mantener el agarre (Brorsson, 2008; Bourne y col., 2011; MacLeod y col., 2007), sería razonable pensar que a igualdad de esfuerzo, medido por el mismo tiempo relativo de suspensión, la carga (peso corporal) en una suspensión sobre una regleta pequeña, al ser soportada por un menor número de unidades motoras, genere mayor tensión en éstas, por lo que podríamos sugerir que un entrenamiento sobre regletas pequeñas provoca una mayor fatiga comparada con la de un entrenamiento en una regleta mayor con lastre.

En síntesis, los mayores aumentos en fuerza los muestra el grupo que entrenó primero con lastre y luego sin lastre en regleta pequeña (F_{MáxL}-F_{MínRg}), lo cual puede indicar que para la mejora de la fuerza máxima de dedos sobre una presa representativa de la dificultad media en escalada (15 mm), medida con el máximo lastre soportado en suspensión durante 5 segundos, es más efectiva la combinación de entrenamiento de 4 semanas de F_{MáxL} sobre una regleta grande y después 4 semanas de F_{MínRg} sobre una regleta mínima. Globalmente, estos resultados sugieren que es más adecuado entrenar con lastre que entrenar sin lastre en regletas más pequeñas en las condiciones en las que se realizó nuestro estudio.

7.2.2 Cambios en resistencia de agarre después del entrenamiento

En resistencia, los mayores aumentos a las 4 y a las 8 semanas de entrenamiento respecto al test inicial fueron para el grupo FMáxL-FMínRg, que entrenó con lastre las primeras 4 semanas y las siguientes 4 semanas sin lastre en una regleta mínima (16,7% y TE 0,5 y 19,9% y TE 0,7 respecto a 11,5% y TE 0,2 y 16,9% y TE de 0,3 del grupo que entrenó con el orden contrario; $p>0,05$).

En el único estudio que hemos encontrado en el que se ha medido el efecto de un entrenamiento isométrico sobre el aumento de la fuerza y la resistencia isométrica, se observó una mejora de 29% en el tiempo hasta la fatiga aguantando una carga del 60% de la MCV al final de 12 semanas de contracciones isométricas de series de 3 a 5 segundos (Komi y col., 1978), que resulta algo superior a la obtenida por nosotros, posiblemente porque se realizó con sujetos no entrenados en los que se esperan mayores mejoras. Estos resultados de aumento de resistencia después de un entrenamiento de fuerza sí se han podido comprobar en numerosos estudios que han utilizado contracciones dinámicas. En el estudio de Hickson y col. (1988) se encontraron mejoras significativas del 11% en distancia recorrida durante 8 minutos de pedaleo o el 13% durante 4 minutos de carrera obtenido por después de un entrenamiento de fuerza de 3 x 5 RM realizado 3/sem durante 10 semanas. Asimismo, Osteras y col. (2002) encontraron un aumento significativo del 13% en el tiempo hasta la fatiga en el umbral de lactato en un ergómetro de esquí que esquiadores de fondo que entrenaron 3 x 5 RM 3/sem durante 9 semanas. La explicación a este efecto de aumento de la resistencia muscular por el uso de un entrenamiento de fuerza con sobrecargas, puede estar en que al aumentar la fuerza máxima, el peso corporal representa una menor carga durante el ejercicio, con lo cual se han de activar menor número de unidades motoras para la misma carga y cabe la posibilidad de reclutar un mayor número de las mismas no fatigadas. Esto hace que se demore la intervención de las fibras tipo II (Hickson y col., 1988) y la concentración de lactato, permitiendo un aumento del tiempo de suspensión hasta la fatiga (Marcinik y col., 1991). Otra posible explicación a las mayores mejoras en resistencia obtenidas por el grupo FMáxL-FMínRg es que al haber mejorado la fuerza entrenando con lastre en las primeras 4 semanas, después de entrenar las siguientes 4 semanas sin lastre en un canto más pequeño, mejora aún más la resistencia probablemente por la especificidad del ejercicio de entrenamiento respecto al del test.

7.2.3 Cambios por desentrenamiento

Después del periodo de entrenamiento, se volvió a medir la fuerza máxima de los sujetos a las 2 y 4 semanas. A las 2 semanas de interrupción del entrenamiento de suspensiones propuesto para el estudio, los dos grupos mostraron aumentos en fuerza respecto al test inicial, aunque no alcanzaron los valores máximos de fuerza que obtuvieron tras las primeras cuatro semanas de entrenamiento. El que obtuvo mayores mejoras fue el grupo que entrenó primero con lastre y luego sin lastre en regleta pequeña (FMáxL-FMínRg), con un 6,9% frente a solo 0,6% del grupo que entrenó con el orden contrario (FMínRg-FMáxL). Esta tendencia a la mejora de la fuerza durante el periodo de desentrenamiento necesariamente ha de deberse a la recuperación física producida después de una fase de fatiga tras cuatro semanas de entrenamiento sin lastre, que produjo una disminución del rendimiento. Este comportamiento confirma, como se ha indicado en párrafos anteriores, que la disminución de la ganancia en fuerza durante el periodo de entrenamiento sin lastre fue debido al exceso de fatiga. Aunque no hemos encontrado esta secuencia de cargas y descanso en trabajo isométrico ni en entrenamiento específico de escalada, este comportamiento en la evolución de los valores de fuerza también ha sido observado en esfuerzos dinámicos (Gibala y col., 2000). En este estudio se encontraron aumentos del 9% y 7,5% de aumento de fuerza a los 6 y 10 días de descanso, respectivamente, después de un entrenamiento de 3 semanas. Este “efecto rebote” producido después de una fase de notable fatiga se ha venido proponiendo en general en la literatura relacionada con la programación del entrenamiento, pero en nuestro caso no se puede afirmar que esta fase de carga extra (“overreaching”) haya sido positiva, puesto que, si bien ha producido una mejora del rendimiento en fuerza, no llega al máximo alcanzado previamente (9,6%), y además se pierde 2 semanas después (TF5, 14ª semana), aproximándose a los valores iniciales e incluso bajando respecto a ellos. Estos resultados están en consonancia con Gibala y col. (1994) y Hortogagy y col. (1993), que comprobaron pérdidas significativas en la fuerza isométrica a partir de los 10-14 días sin entrenar, así como con las pérdidas significativas del 6% a las 3 semanas sin entrenar encontradas por Hakkinen y col. (2001). La explicación a esta pérdida de fuerza viene aportada por Hakkinen y col. (1985a), que encontraron una correlación significativa ($p > 0,05$) entre la pérdida de la fuerza máxima ($p > 0,01$) y la disminución de la activación neural máxima (IEMG) ($p > 0,05$) de los extensores de las piernas por el cese del estímulo de entrenamiento después de 12 semanas de entrenamiento de fuerza con cargas del 70% que se incrementaron gradualmente cada mes hasta llegar al 120% RM.

Con respecto a los resultados en resistencia, volvió a medirse a las 2 y 4 semanas después del periodo de entrenamiento. A las 2 semanas de interrupción del entrenamiento de suspensiones propuesto para el estudio (semana 12), el grupo que entrenó primero sin lastre en regleta pequeña y luego con lastre en regleta más grande (FMínRg-FMáxL) prácticamente mantiene las ganancias respecto a las obtenidas a las 4 semanas (16,3% respecto a 16,9%), obteniendo un 81% de probabilidad de un mejor resultado respecto a 18% trivial y 1% peor que el otro grupo que en esta etapa entrenó sin lastre. Probablemente esto se deba a que el entrenamiento realizado en la fase previa al desentrenamiento fue el de lastre, mientras que el grupo que entrenó en el orden contrario (FMáxL-FMínRg), que llevaba más tiempo sin usar lastre (8 semanas), obtuvo una mayor pérdida, pasando de un 19,95% de mejora en TR2 a un 8,55% en TR3. Es decir, sufrió una pérdida respecto a la ganancia obtenida a las 8 semanas. Estas pérdidas respecto a los máximos valores obtenidos en TR2 por el cese del estímulo de entrenamiento también se han observado en numerosos estudios (Kraemer y col., 2002 y Hakkinen y col., 2001; Hakkinen y col. 1985a) y fueron aún mayores a 4 semanas de interrupción del entrenamiento en ambos grupos (-15,4%, grupo FMínRg-FMáxL y -18,8%, grupo FMáxL-FMínRg). Estos resultados sugieren que probablemente no sea conveniente abandonar el entrenamiento con cargas o de fuerza máxima durante periodos superiores a dos semanas durante el periodo de entrenamiento específico o de competición.

Desde el punto de vista práctico, ambos grupos han obtenido mejoras notables, ya que, como se ha comprobado, la fuerza máxima de agarre (Watts y col., 1993, 1996, 2003, Watts, 2004) y la resistencia de agarre (Grant y col., 1996; Binney y Cochrane, 1999; Wall y col., 2004, Schöffl y col., 2006) tienen una alta relación con el nivel deportivo (grado encadenado con ensayos) en escalada. No obstante, probablemente debido al escaso número de sujetos (grupo FMáxL-FMínRg, $n = 5$; grupo FMínRg-FMáxL, $n = 4$), estas mejoras no resultaran estadísticamente significativas. Dado que los mayores aumentos tanto en fuerza como en resistencia se dieron en el grupo FMáxL-FMínRg (TE de 0,4 en TF2 y 0,7 en TR2, frente a 0,1 y 0,3 del grupo que entrenó en el orden contrario), se puede sugerir que es más efectiva la combinación de entrenamientos que realizó, que la contraria (FMínRg-FMáxL), por lo que podemos considerar confirmada nuestra segunda hipótesis de que la secuencia de entrenamiento más efectiva es utilizar primero un entrenamiento de suspensiones con lastre y a continuación un entrenamiento de suspensiones sin lastre.

Los resultados también sugieren que en el entrenamiento de la capacidad de agarre, una misma intensidad, determinada por el tiempo de suspensión (10 segundos) que se puede aguantar una carga sobre diferente profundidad de regleta (18 mm frente a la mínima posible), no necesariamente ofrece los mismos efectos sobre la mejora de la fuerza máxima de agarre durante 5 segundos en un canto intermedio (15 mm). Dado que la profundidad del canto intermedio (15 mm) es representativa de la dificultad en escalada, sería razonable utilizar el entrenamiento de la fuerza máxima con un canto ligeramente superior a 15 mm (en este caso 18 mm).

7.2.4 Relación entre cambios en fuerza y cambios en resistencia

Otro hallazgo importante fue la correlación positiva que observamos entre los cambios obtenidos en fuerza entre TF1 y TF2 y los cambios obtenidos en resistencia entre TR1 y TR2 ($r = 0,76$; $p = 0.046$), entre TF1 y TF3 y los cambios obtenidos en resistencia entre TR1 y TR3 ($r = 0,76$; $p = 0.048$) y de TF1 y TF4 y los cambios obtenidos en resistencia entre TR1 y TR4 ($r = 0,84$; $p = 0.018$), por lo que podríamos considerar confirmada nuestra primera y tercera hipótesis de que el entrenamiento de la fuerza de agarre produce mejoras en la resistencia de agarre y que los cambios en la fuerza de agarre presentan una relación positiva significativa con los cambios en resistencia de agarre. Dado que el peso corporal podía influir en el tamaño de la correlación, aplicamos correlaciones parciales controlando el peso corporal entre los cambios entre el test inicial y el resto de los tests, y observamos que las correlaciones aumentaron, manteniendo la significatividad estadística.

No hemos encontrado ningún estudio con entrenamiento isométrico que haya cuantificado la relación entre los cambios en fuerza y los cambios en resistencia como hemos hecho nosotros. Sin embargo, hay un estudio que tras usar 4 veces por semana durante 5 semanas un entrenamiento dinámico de 3 x 10 RM encontró relación de $r = 0,72$ entre 1 RM y la suma de todos los picos de potencia máxima aplicada durante 15 pedaladas en el cicloergómetro (Robinson y col. (1995)). En cuanto a este efecto del entrenamiento de fuerza sobre el aumento de la resistencia muscular, en entrenamiento isométrico, Komi y col., (1978) encontraron que tras un entrenamiento isométrico de contracciones de 3 a 5 segundos durante 12 semanas, aumentó un 20% la FIM y el 29% el tiempo hasta la fatiga aguantando una contracción isométrica al 60% de la MCV. Estos resultados también se han podido

comprobar en numerosos estudios de entrenamiento dinámico. Por ejemplo, Hickson y col., (1988) encontraron que un entrenamiento de fuerza con cargas altas (3 x 5 RM) provocó una mejora significativa en 1 RM y en el tiempo de fatiga al 80% VO₂ max. Asimismo, Osteras y col., (2002) observaron un aumento en el tiempo hasta la fatiga en el umbral de lactato del 13% en un ergómetro de esquí, así como en 1 RM. De la misma manera, el entrenamiento de fuerza con 8-12 RM provoca una mejora significativa en 1 RM y en el tiempo de carrera hasta la fatiga al 75% VO₂ max (Marcinik y col., 1991). Y también se ha observado que un entrenamiento de fuerza explosiva compuesto por saltos, ejercicios de piernas realizados a gran velocidad (5-20 repeticiones por serie) y sprints junto con el entrenamiento de resistencia específica provocó mejoras significativas en la prueba de 5 km en esquí de fondo (Paavolainen y col., 1999). En todos los estudios mencionados, como se puede comprobar, la mejora de la fuerza se acompaña de la mejora de la resistencia, aunque en ninguno de ellos se haya cuantificado la relación como hemos hecho nosotros en el nuestro.

Sin embargo, Alricsson y col. (2004), no encontraron relación significativa entre la mejora de la fuerza isométrica y la resistencia isométrica de la flexión y extensión del cuello tras un entrenamiento dinámico de 4x10 repet realizado 3/sem durante 6 meses. Sin embargo, los sujetos aumentaron significativamente la fuerza y la resistencia un 10%, por lo que los mismos autores esperaron encontrar esta relación. Su explicación a este hecho fue que tal vez existían diferencias individuales entre los sujetos, es decir, que los sujetos más fuertes no eran los más resistentes y viceversa. Otros autores, como Tanaka y col. (1993), tampoco hallaron mejoras en un test específico de natación ni en la distancia recorrida por brazada tras un entrenamiento de fuerza de 8 semanas con ejercicios de pesas. Los sujetos mejoraron significativamente su potencia en el banco biocinético de natación, pero no aumentaron su resistencia específica por la poca especificidad de su entrenamiento fuera del agua. Esto refuerza la importancia de realizar un entrenamiento específico de fuerza para obtener efectos sobre la resistencia específica.

7.2.5 Relación entre fuerza y resistencia de agarre

Aparte de estos hallazgos, otro resultado destacable fue que antes de entrenar, la fuerza máxima de agarre inicial (TF1) y la resistencia de agarre inicial (TR1) presentaron una correlación casi significativa estadísticamente ($r = 0,59$; $p = 0,06$; $n = 12$). Dado que esta relación podría estar condicionada por el peso corporal, se realizó una correlación parcial

controlando esta variable, y se produjo un aumento de la correlación hasta $r = 0,85$ ($p = 0,016$), lo cual indica que el peso corporal hace disminuir la verdadera correlación entre estas variables. Estos resultados están en línea con los del estudio de Guidi (1994), que observó una tendencia lineal casi significativa en escaladores de elite entre el porcentaje de fuerza relativa (fuerza máxima de los dedos en relación con el peso corporal) y el tiempo que aguantaron en una contracción isométrica al 60% MCV ($r = 0,64$; $p = 0,06$). Sin embargo, en este caso tampoco la relación fue significativa, tal vez por el pequeño tamaño de la muestra ($n = 13$) o por el hecho de no haber controlado el peso corporal como hemos hecho nosotros. En este sentido, Watts y col. (1993) y Mermier y col. (2000), sugirieron que una de las variables determinantes del rendimiento es la relación entre la fuerza de dedos y el peso corporal. Resultados semejantes obtuvieron Janot y col. (1999), que observaron que la fuerza máxima de agarre dividida por el peso corporal tenía una relación positiva ($r = 0,78$) con el nivel deportivo, aunque no significativa ($p = 0,1$) debido, probablemente, al pequeño tamaño de la muestra ($n = 4$). Por último, estudios más recientes como el de Philippe y col. (2012) con escaladores de nivel similar a los que participaron en nuestro trabajo (media de 8b ensayado y 12 años de experiencia), han encontrado correlación positiva de 0,94 entre el grado máximo a vista y la ratio entre peso corporal y MCV, aunque ellos usaron un sensor de fuerza colocado debajo de una presa que el escalador presionaba con la primera falange de sus dedos.

En ningún otro estudio de escalada se ha valorado la relación entre la MCV y el tiempo de suspensión de suspensión o de contracción isométrica de agarre. No obstante, en un test de contracciones intermitentes al 40% MCV con agarre de semiarqueo hasta la fatiga, MacLeod y col. (2007) y Philippe y col. (2012) comprobaron que durante las fases de recuperación de 3 segundos entre contracciones de 10 segundos, los escaladores perdían significativamente menos fuerza respecto al valor inicial que los no escaladores. Los autores concluyeron que la fuerza resistencia en los músculos flexores de los dedos, o más específicamente, una rápida capacidad de oxigenación durante los breves periodos de descanso entre contracciones por un elevado flujo sanguíneo (MacLeod y col., 2007; Philippe y col., 2012), es un factor clave de rendimiento en escalada. Por ello, sugirieron que un aumento en la fuerza isométrica permitiría mantener durante más tiempo contracciones isométricas de alta intensidad, ya que al utilizar un menor porcentaje de la fuerza máxima, no serían necesarias las altas frecuencias de descarga relacionadas con movimientos de alta coordinación e intensidad y por tanto se demoraría la aparición de la fatiga.

Por tanto, los resultados sugieren que la fuerza máxima tiene una importancia relevante en la escalada, la cual se acentúa si eliminamos el efecto del peso corporal sobre el tiempo que el sujeto es capaz de mantener un agarre, por lo que nuestra tercera hipótesis de este estudio puede considerarse confirmada.

7.3 ESTUDIO III

En este estudio se compararon los efectos del programa de entrenamiento que resultó más efectivo para el aumento de la fuerza y la resistencia de agarre del estudio II, que fue el que realizó en las primeras cuatro semanas un entrenamiento de fuerza con lastre y en las siguientes cuatro semanas un entrenamiento de fuerza sin lastre en una regleta mínima (FMáxL-FmínRg), con los de otros dos: uno que empleó en las primeras cuatro semanas el método de fuerza con lastre del grupo anterior y en las siguientes cuatro semanas cambió a resistencia a la fuerza sobre una regleta mínima sin lastre (FMáxL-RMínRg), con un tercero que utilizó el anterior entrenamiento de resistencia a la fuerza en regleta mínima sin lastre durante ocho semanas (RMínRg-RMínRg). El grupo que obtuvo las mayores mejoras en fuerza máxima de agarre fue el que realizó fuerza con lastre y después fuerza sin lastre en regleta pequeña, que también fue el que obtuvo mayores ganancias en fuerza en el estudio II, por lo que esta parte del estudio III se puede considerar como una replicación del entrenamiento realizado por uno de los grupos experimentales del estudio II. El grupo que obtuvo mayores mejoras en resistencia en este estudio III fue el que entrenó 8 semanas en una regleta pequeña sin lastre (RMínRg-RMínRg).

7.3.1 Cambios en fuerza de agarre

En línea con los resultados del estudio II, las mayores mejoras en fuerza también se obtuvieron después de las primeras cuatro semanas de entrenamiento por los dos grupos que entrenaron en esta fase la fuerza con lastre (FMáxL-FMínRg y FMáxL-RMínRg). Ambos obtuvieron incrementos en la fuerza equivalentes de 15,2% y 20,6% de mejora y un TE de 0,4 y 0,5, respectivamente, frente al 4,6% y TE de 0,2 del grupo que entrenó la resistencia sin lastre en regleta pequeña (RMínRg-RMínRg) ($p>0,05$). Asimismo, los cambios en fuerza de ambos grupos FMáxL-FMínRg y FMáxL-RMínRg a las primeras cuatro semanas resultaron “posiblemente mejores” que los del grupo RMínRg-RMínRg (51/48/1 y 71/28/1, respectivamente).

Estas mayores mejoras a las cuatro semanas de los grupos FMáxL-FMínRg y FMáxL-RMínRg se atribuyen a mejoras de tipo neural (Hakkinen y Komi, 1985a; Hakkinen y col., 1998; Sale y col., 1998) y son similares al 15-18% de aumento en fuerza obtenido tras 4 a 6 semanas de la aplicación de un entrenamiento isométrico similar al nuestro (series de 3 a 10

segundos, intensidad >80% MCV y pausa completa) en los trabajos de Ikai y Fukunaga (1970), Cannon y Cafarelli (1987) y Davies y col. (1988) en personas previamente no entrenadas. En la misma línea, Judge y col. (2003) obtuvieron un 15% de mejora en la fuerza máxima isométrica en lanzadores tras un entrenamiento en el que se incrementaba el volumen e intensidad a lo largo de 16 semanas, aunque en este caso con ejercicios dinámicos y no estáticos como en nuestro estudio. No hemos encontrado ningún trabajo en el que se haya comprobado los efectos de un entrenamiento estático en deportistas entrenados a través de un test isométrico como hemos hecho nosotros. Sin embargo, en entrenamiento dinámico sí hay numerosos estudios que también han observado este aumento de fuerza después del uso de sobrecargas en deportistas. Hickson y col. (1988) encontraron un 30% de mejora significativa en 1 RM en ciclistas que utilizaron 3 x 5 RM en ejercicios de fuerza durante 10 semanas. Estas mejoras superiores a las encontradas por nosotros se pueden explicar porque estos deportistas tal vez no hubieran entrenado antes la fuerza en las piernas aunque estuvieran muy entrenados en resistencia específica, si bien los autores no mencionan nada al respecto.

Después de las primeras 4 semanas de entrenamiento (TF2), el grupo que entrenó la fuerza y el que entrenó la resistencia (FMáxL-FMínRg y RMínRg-RMínRg) siguieron mejorando la fuerza hasta el test de la 8ª semana (TF3), siendo el primero el que volvió a obtener las mayores mejoras (12,9% y TE de 0,7 frente a 9,3% y TE de 0,3, respectivamente), y también el que obtuvo mayores ganancias respecto a TF1 frente a los otros grupos (28% respecto a 13,4% y 13,9% de grupos FMáxL-FMínRg y RMínRg-RMínRg, respectivamente). Probablemente, la utilización del lastre, que produjo mayor mejora de fuerza, posibilitara que en las siguientes cuatro semanas se pudieran usar menores tamaños de regleta para el tiempo de suspensión establecido, lo que permitió mantener el aumento de la fuerza. Estos cambios en fuerza a las 8 semanas del 28% respecto a los niveles iniciales obtenidos por el grupo que entrenó la fuerza con lastre y luego sin lastre (FMáxL-FMínRg) son algo inferiores al 35% de cambio en la MCV que obtuvieron Jones y Rutherford (1987) tras un entrenamiento isométrico de 4 x 6 repeticiones de 4 segundos y 2 segundos de reposo al 80% de la MCV durante 12 semanas, y también al 35% de la MCV que encontraron Rich y Cafarelli (2002) tras un entrenamiento de 5 x 10 contracciones máximas de 3 a 5 segundos durante 8 semanas. Las razones de estas mayores mejoras se pueden atribuir a que estos trabajos se realizaron con personas desentrenadas en fuerza, en los que son esperables mayores mejoras. No hemos encontrado estudios de entrenamiento estático con deportistas entrenados de una duración mayor a 4 semanas. Sin embargo, sí se han comprobado mejoras similares a las

nuestras de 20 a 30%, medidas con tests dinámicos, en deportistas entrenados en fuerza (Hakkinen, Komi y Alen, 1985b), ciclistas entrenados (Rønnestad y col., 2010) o en nadadores de competición (Tanaka y col., 1993) que realizaron entrenamientos dinámicos de 1 a 10 RM durante 10 semanas.

El grupo que entrenó la resistencia (RMínRg-RMínRg) mejoró tan sólo un 4,6% la fuerza en las primeras 4 semanas. Algunas posibles explicaciones a esto pueden ser que no se usó lastre o que la intensidad utilizada fue menor que en los otros grupos, factores que se ha comprobado que están relacionados con el aumento de la fuerza máxima en deportistas entrenados como los de nuestro estudio (Hakkinen, 1994; Tan, 1999; Fry, 2004; Peterson, Rhea y Alvar, 2005). Esta menor intensidad usada en este entrenamiento vino dada por la elección de una regleta de entrenamiento en la que se pudiera soportar un tiempo de suspensión muy superior a los 13 segundos (concretamente 20-30 segundos, para soportar todas las repeticiones de 10 segundos con pausa incompleta entre ellas), que es el tiempo que podía soportar una suspensión el grupo que entrenó con lastre, por lo que la regleta usada, lógicamente fue mayor. Por otra parte, también pudo haber influido el hecho de que el tiempo de recuperación entre esfuerzos fue muy pequeño (5 segundos entre repeticiones y 1 minuto entre series), así como un alto volumen de entrenamiento (mucho tiempo de suspensión) (Rhea y col., 2003; Watts y col., 2004; Mirzaei y col. 2008).

Estas mayores mejoras en fuerza que obtuvo el grupo que realizó entrenamiento de fuerza con suspensiones con lastre y posteriormente sin lastre (FMáxL-FMínRg) respecto a las de los otros entrenamientos valorados en este estudio III, están de acuerdo con los resultados de nuestro estudio II, en el que también resultó más positivo para el aumento de la fuerza este entrenamiento que el realizado en el orden contrario (primero suspensiones de fuerza sin lastre y posteriormente con lastre; FMínRg-FmáxL). Sin embargo, tenemos que destacar que las mejoras del 28% obtenidas en TF3 en el estudio III resultaron superiores al 1,34% del estudio II. La explicación a este hecho puede estar en el menor nivel deportivo medio y la media de años de experiencia de los sujetos del estudio III respecto a los del estudio II (media 8a, mín. 7a, máx. 9a y 11,1 años de experiencia, frente a una media de 8a+/b, mín. 8a y máx. 8c+ y 16 años de experiencia de los sujetos del estudio II). Tal y como sugieren autores como Hakkinen y col. (1987) y Peterson, Rhea y Alvar (2004), el ritmo de mejora esperable tras un entrenamiento dado disminuye progresivamente cuando mayor es el nivel deportivo y años de experiencia del deportista. A mayor nivel en fuerza o experiencia en entrenamiento de fuerza,

menor magnitud en la respuesta adaptativa, y por tanto, mayor debe ser la dosis de entrenamiento de fuerza a aplicar (Hakkinen y col., 1987).

Es interesante resaltar que el grupo RMínRg-RMínRg obtuvo las mayores mejoras en fuerza respecto a TF1 a las 8 semanas en vez de a las 4 semanas como ocurrió en los otros grupos (13,9% en TF3 frente a 4,6% obtenida en TF2). Una posible razón de estos cambios a las 8 semanas puede ser que el entrenamiento que realizó este grupo, con el uso de una elevada duración por serie (4 a 5 repeticiones de 10 segundos y 5 segundos de recuperación entre ellas), intensidades menores (uso de una regleta que se soportara durante 30-40 segundos) y una pausa corta entre repeticiones y series, se ha sugerido que provoca un efecto de fuerza vía hipertrofia (Kraemer y col., 1990; Hakkinen, 1994; Behm, 1995; Robinson y col., 1995; Fleck y Kraemer, 1997; Hoffman y col., 2003; Goto y col., 2005; Ratamess y col., 2007; Willardson, 2007; Miranda y col., 2009) por razones de estrés metabólico y altas concentraciones de lactato y estrés hormonal (Hakkinen y col., 1994; Goto y col., 2005; Schoenfeld, 2012), o efectos sobre la mejora de la resistencia a la fuerza (Campos y col., 2002), que son tangibles a partir de 6-8 semanas a diferencia del efecto neural propio de la fase temprana de las primeras 4 semanas de entrenamiento (Hakkinen y Komi, 1985a; Hakkinen y col., 1998; Sale y col., 1998).

Estos resultados del 15,4% de mejora en fuerza obtenidos por el grupo RMínRg-RMínRg a las 8 semanas (que realizó un entrenamiento de 3-5 x 4-5 x 10":5"/1') son algo inferiores a la mejora del 33% en la MCV obtenido por electroestimulación del primer interoseo dorsal de la mano por Davies y col. (1988) con 40 contracciones en series de 10 repeticiones de 10 segundos y 20 segundos de recuperación y 2 minutos entre series durante 8 semanas, así como al 35% de la MCV obtenido por Jones y Rutherford (1987) tras 12 semanas de 4 x 6 contracciones isométricas de 4 segundos y 2 segundos de recuperación al 80% MCV. También son inferiores al 31% obtenido por Schott y col. (1995) con 10 series de contracciones isométricas de 3 segundos y 2 segundos de recuperación y 1 minuto entre series y por último al 20% de la MCV obtenido por McDonagh y col. (1984) después de 5 semanas de realizar 30 a 50 contracciones isométricas de los flexores del codo en series de 3 a 5 segundos y 20 segundos de recuperación entre ellas. Una posible razón de que se obtuvieran mayores mejoras en los estudios citados que en el nuestro puede ser que ninguno de ellos se realizó con personas entrenadas en fuerza, en los que es probable obtener menores mejoras. En el único estudio que hemos encontrado en el que deportistas entrenados

han realizado un entrenamiento isométrico, Gondin y col. (2005) estudiaron los efectos de 32 sesiones x 18 minutos/sesión, con 40 contracciones/sesión de electroestimulación en los extensores de rodilla y observaron alrededor del 6% y 27% de incremento en la MCV a las 4 y 8 semanas, respectivamente. En este caso, las mejoras encontradas a las 4 semanas fueron similares a las obtenidas por nosotros. Sin embargo, las de las 8 semanas resultan algo superiores, probablemente por el efecto de una mayor duración de la tensión muscular respecto a la nuestra (máx. 25 contracciones/sesión de 10 segundos cada una), aspecto que algunos autores han sugerido como uno de los aspectos clave en la magnitud de la hipertrofia (Sale y col., 1985 [en Wernborg y col., 2007]) y por tanto, del probable aumento de la fuerza por esta vía.

El grupo que cambió en esta fase (de la semana 5 a la 8) a un entrenamiento de resistencia sin lastre (FMáxL-RMínRg), experimentó unas pérdidas del 6% en fuerza respecto a las ganancias obtenidas en TF2 entrenando la fuerza con lastre ($p < 0,05$). Una probable explicación a esta no mejora puede ser que el cambio en el tipo de estímulo a un entrenamiento sin lastre y de menor intensidad podría implicar pérdidas en fuerza. En línea de esta afirmación está el TE negativo de 0,31 en 1 RM que obtuvieron Rhea y col. (2003) a las 15 semanas en un grupo que entrenó elevando el número de repeticiones cada 5 semanas, y por tanto bajando la intensidad, pasando de 15RM, a 20RM y 25RM (RLP) respecto a un grupo de control que entrenó en el orden contrario, bajando repeticiones cada 5 semanas de 25RM, 20RM y 15RM durante 15 semanas. Otra razón puede ser que un entrenamiento de resistencia con pausa incompleta sobre regleta pequeña provoque una elevada fatiga de la que no se recupere el escalador en 4 semanas, con el consiguiente efecto negativo sobre el test de fuerza máxima tal y como se comentó en la anterior discusión de los resultados del entrenamiento de fuerza con regleta pequeña del estudio II (FMínRg). Como sugieren Anderson y Kearney (1982), la fatiga ocasionada por cada tipo de entrenamiento puede conducir a diferentes efectos en cada caso. En su estudio, los sujetos que entrenaron con mayor volumen (100-150 RM), experimentaron mayores perturbaciones homeostáticas en el músculo.

En resumen, tanto en el estudio II como en el III de esta tesis, el grupo que obtuvo las mayores mejoras en fuerza a las ocho semanas fue el grupo FMáxL-FMínRg. Esto contribuye a ratificar que entrenar durante cuatro semanas la fuerza en una regleta grande con lastre y después cuatro semanas sin lastre en una regleta pequeña tiene mayor efecto sobre la

fuerza, que entrenar en el orden contrario (estudio II), que entrenar durante 4 semanas la fuerza en una regleta grande con lastre y después cuatro semanas la resistencia en una regleta pequeña y por último, que entrenar durante ocho semanas la resistencia en una regleta pequeña. Es reseñable también destacar que el grupo que entrenó la resistencia, experimentara las mayores mejoras en fuerza a las 8 semanas, probablemente debido a un efecto de hipertrofia. Estos resultados nos sugieren que en escalada, una combinación de un método de entrenamiento de fuerza y otro de resistencia a través del ejercicio de suspensiones, como los valorados en este estudio, permitiría mayores cambios en fuerza y resistencia en un escalador debido a que a los efectos neurales propios del entrenamiento de fuerza, se le sumarían los de hipertrofia asociados al mayor daño muscular y estrés metabólico y hormonal provocado por el entrenamiento de resistencia a la fuerza.

7.3.2 Cambios en resistencia de agarre

El grupo que entrenó durante 8 semanas con un método de resistencia de suspensiones sin lastre sobre regleta pequeña (RMínRg-RMínRg) fue el que obtuvo mayores mejoras en resistencia de agarre (alrededor de un 45%). También es reseñable que el grupo que usó entrenamiento de fuerza durante las 8 semanas con un método de suspensiones con lastre y posteriormente sin lastre en una regleta pequeña (FMáxL-FmínRg) obtuviera también mejoras notables del 35% en la resistencia sin haber entrenado esta cualidad.

En las primeras 4 semanas, el grupo que obtuvo mayores mejoras fue el grupo RMínRg-RMínRg, con un TE de 0,6 y un 25,2% de mejora, respecto a un TE de 0,2 y 10,2% y TE de 0,1 y 5,6%, respectivamente, de los otros dos grupos que entrenaron en esta fase la fuerza con suspensiones con lastre (FMáxL-FMínRg y FMáxL-RMínRg, respectivamente). Sin embargo, éstas diferencias entre grupos no fueron significativas y la probabilidad de que los cambios en resistencia del grupo RMínRg-RmínRg en esta fase fueran mejores que los de los otros dos no está clara (49/49/2 y 48/45/2, respectivamente).

Tras la segunda fase de entrenamiento (de la semana 5 a la 8), el grupo que entrenó la fuerza (FMáxL-FMínRg) y el que entrenó resistencia (RMínRg-RMínRg) siguieron mejorando notablemente la resistencia respecto a la fase anterior. La mayor mejora la obtuvo RMínRg-RMínRg (45,2% y TE de 1 frente a 34,1% y TE de 0,6, del grupo (FMáxL-FMínRg respectivamente), aunque estas diferencias entre grupos tampoco resultaron estadísticamente

significativas. Es reseñable destacar que el grupo que entrenó solo resistencia mostró mayor probabilidad de de obtener cambios mejores en resistencia en esta fase de TR1 a TR3 (60/37/3) respecto al que entrenó sólo la fuerza (FMáxL-FMínRg), y también respecto al que entrenó la fuerza y luego la resistencia (FMáxL-RmínRg) (91/7/1).

Comparando los resultados de mejora del 45% en resistencia a las 8 semanas con los obtenidos en otros estudios similares al nuestro que han valorado los efectos de un entrenamiento isométrico de alto volumen y recuperación incompleta entre repeticiones, observamos que McDonagh, Hayward y Davies (1984) encontraron mejoras similares a las nuestras en un menor número de semanas, probablemente porque los participantes eran sujetos que no tenían experiencia previa en entrenamiento, a diferencia de los de nuestro estudio. Estos autores encontraron a las 4 semanas de un entrenamiento de 30 a 50 contracciones en series de 3 a 5 de segundos de contracciones máximas, con 20 segundos de recuperación entre ellas, mejoras del 40% en el índice de fatiga a una contracción tetánica de los flexores del codo a 40Hz durante 2 minutos. En el único estudio que hemos encontrado con escaladores en el que se ha valorado un entrenamiento isométrico de los flexores de los dedos, Usaj (2001) encontró mejoras significativas del 40% en el tiempo hasta la fatiga a las 4 semanas de entrenamiento de contracciones continuas al 30% MCV, resultados que como en el anterior estudio, están en línea con las obtenidas en el nuestro por el grupo RMínRg-RMínRg a las 8 semanas. Es decir, igual que en el estudio anterior, estos autores obtuvieron mayores mejoras a las nuestras en un menor número de semanas, usando menor intensidad (30% MCV) y con un entrenamiento de resistencia con contracciones continuas en vez de intermitentes como nosotros (30 a 75 segundos, frente a 120 y 250 segundos distribuidos en 3-5 series de 4-5 repeticiones/serie de 10 segundos respectivamente). Probablemente la explicación a ello es que en sujetos desentrenados o de muy bajo nivel como los del estudio de Usaj (2001) es probable encontrar grandes mejoras en menos tiempo que en entrenados, incluso con bajas intensidades.

Las razones fisiológicas de estas mejoras en resistencia local a altas intensidades o en la capacidad para mantener un alto nivel de fuerza en el grupo RMínRg-RMínRg pueden ser el aumento de los depósitos de glucógeno y fosfágenos y la mejora de la fuerza máxima por el trabajo a intensidades submáximas (Robinson y col.,1995), el incremento en la perfusión y el flujo sanguíneo que mejora la oxigenación muscular (Usaj y col, 2007), el metabolismo anaeróbico o los cambios en el sistema de amortiguación del lactato (McGee y col., 1992;

Robinson y col., 1995) y la mayor eficiencia ante cargas submáximas (Komi y col., 1978). Estas mayores mejoras en resistencia obtenidas a las 8 semanas por el grupo RMínRg-RMínRg vienen explicadas por Robinson y col. (1995), que sugieren que los mayores efectos de un entrenamiento de resistencia local a altas intensidades tienen lugar tras más de 5 semanas en deportistas entrenados. En esta misma línea, McDonagh, Hayward y Devies (1983) midieron mediante un índice la fatiga al entrenamiento, y encontraron que éste fue significativamente diferente respecto al grupo control sólo a partir de la 5ª semana. Según los autores, este resultado puede mostrar que es a partir de entonces cuando el entrenamiento empieza a tener efecto sobre el aumento de la capacidad de resistencia. Dado que las mejoras en resistencia a la alta intensidad vienen dadas por cambios estructurales y metabólicos, la aplicación de un método de estas características (RMínRg) requiere de un mayor tiempo de aplicación que los métodos de intensidades máximas y pausa completa (FMáxL-FMínRg), que tal y como se ha mencionado anteriormente, provocan un aumento de la fuerza por un efecto neural a partir de las 4 semanas.

El grupo FMáxL-RMínRg, que en esta fase abandonó el entrenamiento con lastre para entrenar la resistencia sobre la mínima regleta, sólo mejoró la resistencia un 1% respecto a la fase anterior. Entre las posibles explicaciones a eso se encuentran algunas anteriormente descritas en el estudio II: O bien que un entrenamiento de resistencia realizado tras uno de fuerza con lastre haya supuesto un desentrenamiento (disminución del estímulo) de la fuerza máxima que ha repercutido en una pérdida de resistencia, o bien que ha provocado un exceso de fatiga. Basándonos en la discusión de los resultados del estudio II y en que este grupo también obtuvo pérdidas en fuerza tras cambiar de método, la explicación más plausible es que por las causas mencionadas anteriormente de desventaja mecánica y aumento de tensión muscular, este orden en los métodos haya provocado un exceso de fatiga en esta fase que no permita un aumento de la fuerza ni de la resistencia.

También es reseñable destacar el hecho de que el grupo que entrenó la fuerza durante las 8 semanas (FMáxL-FMínRg), aunque obtuvo mejoras en resistencia inferiores al grupo RMínRg-RMínRg (35% respecto a 45%), éstas se pueden considerar notables, sobre todo teniendo en cuenta que únicamente entrenó la fuerza y que la entrenó a través de un entrenamiento de bajo volumen respecto al de RMínRg-RMínRg. Teniendo en cuenta que en la escalada, la fuerza y resistencia de dedos son factores clave para el rendimiento, podemos pensar que este método además de ser efectivo, también es económico, pues con un volumen

de entrenamiento un 40-50% menor al de RMínRg (de un volumen mínimo de 30 segundos a un máximo de 50 segundos máximo por sesión, frente a 120 y 250 segundos, respectivamente), se obtienen unas mejoras solamente un 11% inferiores, y no significativas estadísticamente ni en términos de probabilidad. Esto está en línea con los resultados de McGee et al (1992), en cuyo estudio, el grupo que entrenó disminuyendo las repeticiones a lo largo de 7 semanas y por tanto elevando la intensidad y bajando el volumen total (3 x 10 RM durante 2 semanas, 3 x 5 RM durante 3 semanas y 3 x 3 RM durante 2 semanas, con pausa de 3 minutos entre series), alcanzó altos niveles de resistencia similares al grupo que realizó durante las 7 semanas un número alto de repeticiones (3 x 10 repeticiones). El autor concluyó que esto pudo ser debido a que este grupo, al utilizar mayor intensidad de entrenamiento, obtuviera altos niveles de fuerza que resultaran en un aumento de resistencia en la semana 7. Esto nos hace destacar la importancia del entrenamiento de fuerza máxima tiene sobre el aumento de la resistencia.

Los resultados alrededor del 11% de aumento de la resistencia obtenidos por este grupo FMáxL-FMínRg en esta última fase de entrenamiento son diferentes a los obtenidos en el estudio II por este mismo grupo, que sólo mejoró un 3,26% respecto a la mejora del 16,69% de la fase anterior. Tal vez se deba a las mismas razones que se expusieron anteriormente para los cambios en fuerza: el menor nivel medio de los participantes y años de entrenamiento de los del estudio III respecto a los del II, junto al hecho de que en el estudio II, los sujetos mejoraron más en resistencia en las primeras cuatro semanas que en el estudio III (16,69% frente a 15%), por lo que el margen de mejora en las siguientes 4 semanas ya no se extendió mucho más.

En síntesis, el entrenamiento que mostró mayores mejoras en fuerza fue el de FMáx-FMínRg, tanto en el estudio II, como en el III de esta tesis. Y el entrenamiento que provocó mayores ganancias en resistencia fue el RMínRg-RMínRg. No hemos encontrado estudios que hayan valorado los efectos de distintos entrenamientos de fuerza y resistencia isométricos, por lo que los compararemos con los de trabajos que lo han hecho en entrenamientos dinámicos y han concluido que un entrenamiento de fuerza de alto volumen de repeticiones, similar al método RMínRg usado en este estudio III, es más efectivo para el aumento de la resistencia muscular que un entrenamiento que utilice un volumen menor (McGee, 1992; Robinson y col, 1995) similar al FMáxL-FMínRg valorado en los estudios II y III. Por el contrario, el uso de un bajo volumen de repeticiones (menos de 8 RM) y mayores cargas es más efectivo para

la mejora de la fuerza máxima (McDonagh y Davies, 1984; González-Badillo y Ribas, 1996; Tan, 1999; ACSM, 2002; Rhea y col., 2003; Fleck y Kraemer, 2004). En línea de las afirmaciones anteriores, Anderson y Kearney (1982) encontraron a las 9 semanas mejoras en resistencia similares a las nuestras (41%) en el grupo que usó 30-40 RM, respecto al 23% en el grupo que usó 6-8 RM ($p>0,05$). Por el contrario, este último grupo, que usó mayor intensidad y menor número de repeticiones, obtuvo mayores incrementos en 1RM (20% respecto a 8% y 5% de los otros grupos). En la misma línea, Stone y Coulter (1994) encontraron un 19% de mejora en 1 RM en el grupo que hizo 3 x 6-8 RM frente al 12% de 1 x 30-40 RM después de 9 semanas. Campos y col (2002) usaron intensidades aún mayores y diferentes tiempos de reposo durante 8 semanas: un grupo usó 3-5 RM (bajas repeticiones) y 3 minutos de pausa, otro usó 3 x 9-11 RM (medias repeticiones) y 2 minutos de recuperación y un tercero hizo 2 x 20-28 RM (altas repeticiones) y 1 minuto de recuperación. El grupo que obtuvo las mayores mejoras en el test de 1 RM fue el de bajas repeticiones respecto a los otros dos (61% frente a 36% y 32% respectivamente). Asimismo, las mayores mejoras en resistencia muscular relativa las obtuvo el grupo de altas repeticiones respecto al de medias y bajas (94%, 10% y -20%, respectivamente).

A la vista de los resultados obtenidos en este estudio III, el entrenamiento más efectivo para el aumento de la resistencia de agarre en un periodo de 8 semanas es utilizar un entrenamiento de suspensiones intermitentes sin lastre, en comparación con un entrenamiento de 4 semanas fuerza con lastre y 4 semanas sin lastre y de 4 semanas fuerza con lastre y 4 semanas de resistencia intermitente sin lastre, por lo que la hipótesis planteada para este último estudio se puede considerar verificada.

7.3.3 Cambios en fuerza y resistencia según el nivel inicial de fuerza tras entrenamiento de fuerza con lastre

Considerando que el nivel inicial de fuerza podría tener influencia en los efectos producidos por cada tipo de entrenamiento, hicimos los análisis correspondientes para comprobarlo. Para ello, formamos un grupo con los 22 sujetos que compartieron durante las primeras 4 semanas el mismo método de entrenamiento con lastre (grupos FMáxL-FMínRg y FMáxL-RMínRg). Este grupo a su vez se dividió en dos subgrupos: grupo de nivel bajo en fuerza (BF)

compuesto por aquellos sujetos que registraron ≤ 30 kg en TF1 y un grupo de nivel alto en fuerza (AF) a los que soportaron >30 kg.

Se observó que los de AF ($n = 10$), ganaron solamente 3,7% y obtuvieron un TE de 0,20 en TF2, mientras que los de BF ($n = 12$) mejoraron notablemente la fuerza un 35,8% (pre a post entrenamiento $p < 0,001$) y obtuvieron un TE de 1,05. Las diferencias entre grupos no fueron significativas. Esto pone de manifiesto la menor progresión en mejora de la fuerza cuanto mayor es el nivel deportivo (Gillam, 1981; Hoffman, 1981). Como se ha dicho anteriormente, a menor nivel de partida, más rápidos y mayores incrementos se obtendrán con menores dosis de entrenamiento, probablemente por mejoras neurales que consisten generalmente en un aumento en el número de unidades motoras activadas (Hakkinen y col., 1987; Peterson, Rhea y Alvar, 2005). En esta línea está el 20,9% de mejora obtenido en el estudio de Ahtiainen y col. (2003) en sujetos previamente no entrenados en fuerza tras un entrenamiento de 21 semanas de 5 x 10 RM, frente a sólo un incremento del 3,9% por deportistas entrenados, o el 3,2% de mejora en fuerza isométrica de piernas que encontraron Paavolainen y col. (1999) en esquiadores de competición que realizaron un programa de entrenamiento dinámico de ejercicios explosivos durante seis semanas. En trabajos que han estudiado los efectos de un entrenamiento isométrico similar al nuestro en intensidad (series de 3-10 segundos máximos) y volumen durante un máximo de 14 semanas en sujetos previamente no entrenados se han encontrado mejoras del 36% al 92% (Ikai y Fukunaga, 1970; Moritani y DeVries, 1979; Amusa y Obajuluwa, 1986; Griffin y Cafarelli, 2003).

En resistencia, también el grupo BF obtuvo las mayores mejoras respecto, que obtuvo incremento de 35,6% y un TE de 0,74 (cambios pre a post entrenamiento $p < 0,01$) respecto a -4,2% y TE de -0,12 del grupo AF. Otra posible razón de que el grupo de AF experimentara unas mejoras tan pequeñas, podría estar en las características del entrenamiento y/o la composición muscular de los participantes. Parece lógico pensar que los sujetos más fuertes, al utilizar unos lastres absolutos más elevados en sus entrenamientos, experimentarían una mayor fatiga que podría haber afectado al resultado en el test de fuerza y resistencia. En apoyo de esta afirmación, Komi y Tesch (1979) encontraron que aquellos deportistas con un mayor porcentaje de fibras rápidas sufrieron una mayor fatiga neural por un entrenamiento de fuerza máxima. Esto es debido a la mayor velocidad de conducción que desarrollan estas fibras, que a su vez lleva a frecuencias de impulso superiores (dentro del EMG power spectrum) y en consecuencia, a mayor fatiga neural. Estos mismos autores encontraron

correlación entre el porcentaje de fibras rápidas y los cambios en lactato sanguíneo al finalizar un entrenamiento de fuerza máxima ($r = 0,87$; $p < 0,05$). Estas conclusiones están en línea con las de Hakkinen (1994), que comprobó que los deportistas hombres sufrían mayor fatiga neuromuscular al acabar y a los 2 días de un entrenamiento de 10 x 10 RM y un tiempo de recuperación de 3 minutos, que las mujeres. En el estudio de Ahtiainen y Hakkinen (2009) también se comprobó que los sujetos más entrenados sufren mayor fatiga neural ante una carga máxima hasta la fatiga. Los autores sugieren que debido a unas mayores adaptaciones neurales al entrenamiento de fuerza, son capaces de activar un mayor número de unidades motoras y conseguir una mayor activación neural que en consecuencia, les provoca una mayor fatiga. Otra posible explicación a estos resultados es la diferente composición de fibras musculares (Wüst y col. 2008) entre ambos grupos, que facilitaría un mayor desarrollo de una cualidad en detrimento de la otra, aunque esta circunstancia no la hemos podido comprobar en nuestro estudio.

7.3.4 Relación entre fuerza máxima de agarre inicial y nivel deportivo

La correlación positiva que se encontró entre TF1 y nivel deportivo ($r = 0,51$; $p < 0,001$; $n = 38$) controlando el peso corporal, pone de manifiesto la influencia de la fuerza de dedos en el rendimiento deportivo en escalada.

La correlación que encontramos en nuestro estudio entre fuerza máxima en suspensión de una regleta de 15 mm y nivel deportivo controlando el peso corporal es similar a la encontrada por Bourne y col., (2011) entre fuerza máxima aplicada sobre 12,3 mm en relación al peso corporal y el nivel deportivo ($r = 0,45$; $p < 0,05$). En otros estudios en los que se ha medido la fuerza máxima con la MCV, se ha encontrado mayor correlación entre ésta y el nivel deportivo que la que encontramos nosotros. MacLeod y col., (2007) encontraron una correlación de $r = 0,70$ entre la MCV y el máximo grado encadenado, aunque en su caso no tuvieron en cuenta el peso corporal. Otra diferencia de este estudio con el nuestro es que ellos trabajaron con escaladores de nivel medio ($n = 11$; media de grado encadenado de 7a+ y 5 años de experiencia), en vez de alto nivel (media de 8b y 12 años de experiencia; $n = 12$). Por otra parte, Philippe y col. (2012) encontraron una alta correlación significativa de $r = 0,94$ entre la ratio entre MCV y peso corporal y el máximo grado encadenado a vista. En estos casos, las correlaciones encontradas fueron muy superiores a las nuestras, tal vez porque en estos estudios el nivel deportivo se valoró a través del grado máximo a vista, en el que tal y

como explican los propios autores hubo poca variabilidad entre sujetos (homogeneidad de la muestra) respecto a la que había en grado ensayado (media grado a vista de 7c+, mín. 7b+ y máx. 8b+ respecto a media ensayado de 8b, mín. 8a, máx 9a+), además de por la menor especificidad del test de medida (Watts y col., 2003; Quaine y col., 1997; Vigouroux y col., 2006; Amca y col., 2013), ya que el sujeto aplicaba la fuerza apretando la falange distal de sus dedos sobre una presa de 20 mm con un sensor mientras estaba sentado. La suspensión de dedos que utilizamos en nuestro estudio es un ejercicio representativo de la escalada que incluye altos niveles de fuerza y de técnica. Exige combinar una activación excéntrica previa a la isométrica necesaria para mantener el agarre, así como coordinar el componente antero-posterior y vertical de la fuerza ejercida sobre la presa de una forma precisa al suspender peso corporal (Amca y col., 2012), y por último ajustar la cantidad de fuerza a las condiciones de fricción tal como se ha explicado anteriormente en el estudio I.

7.3.5 Relación entre resistencia de agarre inicial y nivel deportivo

En este estudio III se obtuvo relación significativa 0,66 ($p < 0,001$; $n = 38$) entre el tiempo de suspensión o resistencia (en una regleta de 11mm) y nivel deportivo. Si lo comparamos con la correlación de 0,72 ($p < 0,001$) obtenida entre el test de resistencia de 10 mm y el nivel deportivo en el estudio I de esta tesis, ésta última resultó solo ligeramente superior. Una de las explicaciones puede estar en la mayor variabilidad en nivel deportivo de los participantes de este estudio I ($n = 36$) respecto al de los del III (6b-8c frente a 7a-9a). El único trabajo que hemos encontrado en el que se estudió la relación entre el nivel deportivo y el tiempo de suspensión, Baláš y col.(2012) encontraron una correlación significativa de 0,80 entre ambas variables, que es mayor a la de 0,62 encontrada por nosotros. La explicación a esta mayor correlación puede estar en que ellos contaron con un tamaño de muestra mayor al nuestro, con una mayor variabilidad entre niveles ($n = 209$ frente a $n = 38$ respectivamente), así como en el mayor tamaño de la regleta de 25mm respecto a una de 11 mm que usamos nosotros. Tal y como se deduce del estudio I, que el tamaño de la relación entre tiempo de suspensión y nivel deportivo aumenta con el incremento de tamaño en el rango de regletas de 6mm a 14mm, es previsible que en una regleta de 25mm se obtuviera una mayor correlación.

7.3.6 Relación entre fuerza y resistencia de agarre

Se encontró una correlación significativa entre fuerza y resistencia inicial antes de empezar a entrenar ($r = 0,78$; $p < 0,001$; $n = 38$), y ésta aumentó cuando se eliminó la influencia del peso corporal mediante una correlación parcial ($r = 0,83$; $p < 0,001$; $n = 38$). Estos resultados del aumento de la correlación están en línea con los del estudio II ($n = 9$), en el que aumentó la correlación de $r = 0,59$ ($p = 0,06$) a $r = 0,85$ ($p = 0,016$) al controlar el peso corporal. También se encontró una alta correlación significativa entre TF2 y TR2, TF3 y TR3 y entre los cambios en fuerza y cambios en resistencia del test inicial a las 8 semanas y entre los cambios en fuerza y cambios en resistencia de las 4 a las 8 semanas (tabla XXVI). Igual que ocurrió en el estudio II, cuando se controló el peso corporal con una correlación parcial se observó que todas las correlaciones subieron (TF1 y TR1; $r = 0,83$; TF2 y TR2; $r = 0,83$, $p < 0,001$) excepto la correlación entre test inicial de resistencia y nivel deportivo, que disminuyó ligeramente. Asimismo, apenas varió la correlación entre los cambios en fuerza y resistencia del test inicial a las 4 semanas.

Esta relación entre el aumento de la fuerza y el aumento de la resistencia tras la aplicación de diferentes programas de entrenamiento de agarre en deportistas entrenados obtenida en este estudio III, también se ha comprobado en el estudio II de esta tesis. Sin embargo, tal y como se comentó anteriormente en dicho estudio, no hemos encontrado ningún trabajo sobre entrenamiento isométrico que haya cuantificado la relación entre los cambios en fuerza y los cambios en resistencia como hemos hecho nosotros. No obstante, sí hemos encontrado estudios de entrenamiento dinámico que han comprobado la relación entre la fuerza y el rendimiento en resistencia específica. Por ejemplo, Robinson y col. (1995) encontraron una $r = 0,72$ entre 1 RM y la suma de todos los picos de potencia máxima aplicada durante 15 pedaladas en el cicloergómetro tras un entrenamiento de 3×10 RM y 4 veces por semanas durante 5 semanas. Una mayor correlación de $0,84$ ($p < 0,05$) encontraron Girolld y col. (2007) entre los cambios en fuerza concéntrica del tríceps a $180^\circ \cdot s^{-1}$ y los cambios en la prueba de los 50 mts de natación tras 12 semanas de entrenamiento de fuerza con 3 series de 3 ejercicios de 6 RM al 80 a 90% de 1 RM y 2 minutos de recuperación entre series. Por último, Millet y col. (2012) encontraron una correlación moderada ($r = 0,55$; $p < 0,05$) entre los cambios en la media de potencia de saltos con los pies juntos (rebotes) y los cambios en la economía de carrera. En cuanto a estudios con contracciones isométricas, Komi y col. (1978) encontraron estos mismos resultados de cambios en fuerza y resistencia con un

entrenamiento de fuerza de contracciones isométricas breves, observando un aumento del 20% en la FIM y mejoras paralelas del 29% en una contracción isométrica hasta la fatiga al 60% de la MCV, aunque no cuantificaron la relación entre ambos cambios como hemos hecho nosotros. Estos resultados se han podido comprobar también en numerosos estudios de entrenamiento dinámico usando cargas altas (3 a 10 RM), en los que se han encontrado mejoras significativas entre 15% y 20% en la FIM y mejoras paralelas entre 6% y 9% en resistencia específica valorada con la media de potencia en una prueba ciclismo (Rønnestad, 2010), o con economía de carrera en triatletas de nivel nacional e internacional (Millet y col., 2002), sin efectos significativos sobre el aumento del VO₂.

A la vista de estos resultados y de la literatura consultada (Aagard y Andersen, 2009), se puede concluir diciendo que para deportistas previamente entrenados y de élite, añadir un programa de entrenamiento de fuerza con sobrecargas de ejercicios específicos al entrenamiento habitual de resistencia resulta beneficioso para su rendimiento deportivo. Sin embargo, hasta el momento la metodología y planificación de entrenamiento que utilizan los escaladores había estado basada en la observación, intuición y en el ensayo-error. Para nuestro conocimiento, este es el primer trabajo que ha valorado hasta ahora con el método científico los efectos de diferentes programas de entrenamiento de los dedos en escaladores.

VIII. CONCLUSIONES

Los principales hallazgos de esta tesis han sido:

- De los distintos tests de tiempo de suspensión realizados sobre regletas de distinta profundidad (6 mm, 8 mm, 10 mm, 12 mm, 14 mm), el que ha mostrado mayor fiabilidad y relación con el rendimiento ha sido el realizado en una regleta de 14 mm. Por el contrario, los que mostraron menor fiabilidad fueron los cantos menores de 6 y 8 mm (estudio I).
- El rendimiento en cantos pequeños, entendido como tiempo en suspensión, no solo tiene relación con la fuerza máxima, sino con la habilidad técnica y por tanto con el nivel de experiencia (estudio I).
- Los tiempos de suspensión en regletas de un rango de 6 a 14 mm aumentan con el tamaño de regleta, y el tiempo en cada regleta tiene relación con el nivel deportivo, ya que es significativamente diferente entre escaladores de nivel bajo (6b hasta 7a) y escaladores de nivel medio a alto (de 7c a 8c).
- Es más efectivo para mejorar la fuerza de agarre realizar la secuencia de cuatro semanas de suspensiones con lastre durante 10 segundos sobre 13 posibles en un canto grande (18 mm) y después otras cuatro semanas de suspensiones sin lastre en el canto más pequeño que permita suspenderse durante 10 segundos sobre 13 máximos, que la secuencia inversa (estudio II).
- La secuencia más efectiva para mejorar la resistencia de agarre es hacer suspensiones sin lastre durante 10 segundos con una pausa incompleta sobre la regleta más pequeña de la que se aguante el volumen total de series y repeticiones programadas (suspensiones intermitentes hasta el fallo).
- También ha sido relevante el hallazgo de una alta correlación significativa entre la fuerza de agarre y la resistencia de agarre (estudio II y III), y entre los cambios obtenidos en fuerza y los cambios obtenidos en resistencia (estudios II y III).

A partir de estos hallazgos, las conclusiones más importantes son: a) el tiempo de suspensión en 14 mm presenta una alta relación con el nivel deportivo, b) la secuencia de entrenamiento más efectiva para mejorar la fuerza de agarre es hacer primero suspensiones con lastre durante 10 segundos sobre 13 máximos en un canto grande (18 mm) y después suspensiones sin lastre en el canto más pequeño que permita suspenderse durante 10 segundos sobre 13 máximos, c) entrenando la fuerza máxima de agarre en un canto grande con lastre, se mejora también la resistencia de agarre en un canto intermedio, tal como sugiere la correlación significativa y positiva de los cambios en fuerza máxima de agarre con los cambios en el tiempo de suspensión de agarre, d) el entrenamiento más efectivo para la resistencia de agarre es realizar durante 8 semanas un entrenamiento de resistencia de suspensiones con pausa incompleta en una regleta pequeña.

IX. APLICACIONES PRÁCTICAS

9.1 ESTUDIO I

9.1.1 Estimación de la dificultad que representan los distintos tamaños de regleta

Teniendo en cuenta que uno de los problemas que existen en la metodología de entrenamiento en escalada es la determinación de la intensidad y que podría sugerirse un entrenamiento con el ejercicio de suspensiones con un manejo de la carga basada en la profundidad de la regleta, sugerimos una estimación de la intensidad a partir de los tiempos máximos de suspensión en los distintos tamaños de regleta. Esto puede tener diferentes usos: Por ejemplo, para comparar escaladores que usen en mismo método de entrenamiento: dos sujetos que aguanten 10 segundos en suspensión, pero cada uno en un tamaño de regleta diferente, podemos decir que están utilizando la misma intensidad relativa pero distinta intensidad absoluta, mientras que si aguantan diferente tiempo sobre la misma regleta, diremos que están usando distinta intensidad relativa. Asimismo, escaladores y entrenadores podrían utilizar el test de resistencia en cada tamaño de regleta para prescribir entrenamientos, controlar el proceso de mejora del rendimiento o determinar la carga con el objetivo de prevenir o recuperarse de lesiones. Por último, los diseñadores y fabricantes de presas artificiales y equipamiento para el entrenamiento de escalada podrían clasificar sus productos por nivel de dificultad y facilitar la individualización de su uso.

9.1.2 Modelo de regresión

Algunos autores como Amca y col. (2012) propusieron un modelo de regresión polinómico para estimar la fuerza máxima aplicada por profundidad de regleta a partir de los resultados obtenidos en su propio estudio de fuerza en semiarqueo en diferentes tipos de agarre sobre un rango de profundidades de regletas de 10 mm, 20 mm, 30 mm y 40 mm, con los del estudio de Bourne y col. (2011) en 2.8 mm, 4.3 mm, 5.8 mm, 7.3 mm. Asimismo, Rohmert (1973) encontró una relación curvilínea (curva de Rohmert) entre tiempo hasta la fatiga manteniendo una contracción isométrica y porcentaje de la MCV (intensidad) de la misma. En la misma línea, nosotros sugerimos el uso del modelo de regresión lineal propuesto en las figuras 9 y 10 para predecir el tiempo por tamaño de regleta, valorar el proceso de entrenamiento y evaluar escaladores. Su validez deberá ser comprobada en posteriores estudios, ya que fue

realizado con un grupo relativamente pequeño ($n = 36$). Para este fin, serían necesarios aproximadamente unos 300 participantes (15 participantes por cada uno de los 20 niveles deportivos según la escala francesa de 6b a 9b+).

Dada la alta relación lineal obtenida en nuestro estudio entre tiempo en suspensión en 14 mm y el nivel deportivo, sugerimos este test como predictor del rendimiento deportivo en escalada. Sin embargo, aunque los datos de tiempo de suspensión en la regleta de 14 mm se ajustaron a la distribución normal ($p = 0,994$, curtosis = 0,227; error estándar de curtosis = 0,788), estadísticamente no podemos decir que los sujetos participantes en el estudio se puedan considerar representativos de toda la población de escaladores en general.

En conclusión, pensamos que hemos desarrollado una serie de tests fáciles de realizar y accesibles para entrenadores y escaladores que pueden ser útiles para valorar el proceso de entrenamiento y el rendimiento deportivo. Por otra parte, estimar la dificultad que representan distintas profundidades de regleta puede ser útil para el control de la intensidad de entrenamiento y por tanto, para el aumento del rendimiento en escalada.

9.2 ESTUDIO II Y III

A partir de los resultados obtenidos en el estudio II, es probable que no sea conveniente abandonar el entrenamiento de fuerza máxima con cargas durante periodos superiores a dos semanas en la época de competición.

Se podía sugerir realizar una programación de métodos de entrenamiento que combinara en una primera fase el entrenamiento de la fuerza máxima a través del uso de lastre en una regleta grande (18mm) durante 4 semanas y posteriormente otras 4 semanas usando una regleta pequeña (4 semanas), con una segunda fase de 8 semanas en el que se entrenara la resistencia a la fuerza o la fuerza vía hipertrofia a través de suspensiones intermitentes. Es decir, una programación de 16 semanas de duración que previsiblemente provocaría óptimas mejoras en fuerza y resistencia de agarre que beneficiarían el rendimiento en escalada.

X. LIMITACIONES DE LA TESIS

La mayor limitación fue el reducido número de participantes en los estudios II y III. En un futuro se debería convocar a un mayor número de sujetos. En segundo lugar, la selección debería hacerse de modo más riguroso con el objetivo de no permitir participar a aquellos sujetos que no supieran con certeza desde el principio si iban a poder completar el estudio durante el tiempo previsto.

XI. FUTUROS ESTUDIOS

Podría ser interesante cuantificar la relación que existe entre el resultado en un test de resistencia sobre un determinado tamaño de regleta (como el realizado en el estudio I, II y III) y un test de suspensiones intermitentes hasta la fatiga sobre la misma regleta usando el tiempo de contracción y recuperación entre repeticiones utilizado en el estudio III.

Sería útil realizar en un futuro el test de fuerza con máximo lastre y los tests propuestos en este estudio sobre diferentes tamaños de regletas a un mayor número de sujetos de cada nivel deportivo, con el objetivo de comprobar las posibles correlaciones entre fuerza y resistencia y conseguir un modelo de regresión más preciso que represente a la población.

En un futuro sería interesante realizar tests de tiempo de suspensión en regletas de mayor profundidad a 14 mm para comprobar si la relación entre profundidad de regleta y rendimiento sigue siendo lineal, o si existe una pérdida de esta relación lineal en algún tamaño de regleta (que la curva pase a ser polinómica, de forma similar a la descrita por Amca y col., 2012).

Proponemos comprobar en próximos estudios si existen diferencias significativas inter e intragrupos si un mayor número de sujetos entrenaran durante más tiempo (16 semanas) con el entrenamiento sugerido como más beneficioso para la fuerza ($FM_{\text{máxL}}$), así como con el que se ha comprobado que es más beneficioso para la resistencia ($RM_{\text{mínRg}}$), y por último con una combinación de 8 semanas de fuerza y 8 semanas de resistencia.

REFERENCIAS

- Aagaard P., Simonsen, E. B., Andersen, J. L., Magnusson, P., y Dyhre-Poulsen, P. (2002).** Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. *Journal of Applied Physiology*, 93(4), 1318-1326.
- Aagaard, P., y Andersen, J.L. (2010).** Effects of strength training on endurance capacity in top-level endurance athletes. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 20(s2), 39-47.
- Alricsson, M., Harms-Ringdahl, K., Larsson, B., Linder, J. y Werner, S. (2004).** Neck muscle strength and endurance in fighter pilots: effects of a supervised training program. *Aviation, Space and Environmental Medicine* 75:23–8.
- Anderson, T. y Kearney, J.T. (1982).** Effects of three resistance training programs on muscular strength and absolute and relative endurance. *Research Quarterly for Exercise & Sport*. 53:1-7.
- Ahtiainen, J. P., Pakarinen, A., Alen, M., Kraemer, W. J., y Häkkinen, K. (2003).** Muscle hypertrophy, hormonal adaptations and strength development during strength training in strength-trained and untrained men. *European Journal of Applied Physiology*, 89(6), 555-563.
- Ahtiainen, J.P. y Häkkinen, K. (2009)** Strength athletes are capable to produce greater muscle activation and neural fatigue during high-intensity resistance exercise than nonathletes. *Journal of Strength & Conditional Research* 23(4): 1129-1134.
- Allison, B., Desai, A., Murphy, R., y Sarwary, R. M. (2004).** Human potential of applying static force as measured by grip strength: Validation of Rohmert's formula. Thesis. San Jose State University.
- Alricsson, M., Harms-Ringdahl, K., Larsson, B., Linder, J., y Werner, S. (2004).** Neck muscle strength and endurance in fighter pilots: Effects of a supervised training program. *Aviation, Space and Environmental Medicine*, 75, 23–28
- Amca, A.M., Vigouroux, L., Aritan, S., y Berton, E. (2012).** Effect of hold depth and grip technique on maximal finger forces in rock climbing. *Journal of sports sciences*, 30(7), 669-677.
- American College of Sports Medicine (ACSM) (2009).** Progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine and Science in Sports Exercise*; 34:364–80.
- Amusa, L.O., y Obajuluwa, V.A. (1986).** Static Versus Dynamic Training Programs for Muscular Strength Using the Knee Extensors in Healthy Young Men. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 8(5), 243-247.

- Anderson, T., y Kearney, J.T. (1982).** Effects of three resistance training programs on muscular strength and absolute and relative endurance. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 53(1), 1-7.
- Arija, A. (2007).** Relación entre una dominada a máxima velocidad y repeticiones máximas hasta el fallo en escaladores y no escaladores. *Trabajo para obtención del D.E.A. Facultad de CC de la Actividad física y el deporte*. Universidad de Castilla-La Mancha. Director: Navarro Valdivieso, F.
- Baláš, J., Pecha, O., Martin, A.J., y Cochrane, D. (2012).** Hand–arm strength and endurance as predictors of climbing performance. *European Journal of Sport Science*, 12(1), 16-25.
- Batterham, A.M., Hopkins, W.G. (2006).** Making meaningful inferences about magnitudes. *International Journal of Sports Physiology and Performance*; 1:50-57.
- Behm, D.G. (1995).** Neuromuscular implications and applications of resistance training. *Journal of Strength & Conditional Research* 9(4), 264-274.
- Bell, G.J., Snydermler, G.D., Neary, J.P. y Quinney, H.A. (1989).** The effect of high and low velocity resistance training on anaerobic power output in cyclists. *Journal of Human Movement Studies* 16, 173-181.
- Bertuzzi, R.C.M., Franchini, E., Kokubum, E., Kiss, M.A. (2007).** Energy systems contributions in indoor climbing. *European Journal of Physiology* 101:293-300
- Bertuzzi, R., Franchini, E., Tricoli, V., Lima-Silva, A.E., Pires, F.O., Okuno, N.M., y Kiss, M.A. (2012).** Fit-climbing test: A field test for indoor rock climbing. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(6), 1558-1563.
- 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. *Journal of sports medicine and physical fitness*, 35(1), 20-24.
- Binney, D.M., Cochrane, T. (1999).** Identification of selected attributes, which significantly predict competition climbing performance in competitive rock climbing. *Journal of Sports Sciences*, Vol 17(1): 11-12.
- Binney, D.M., y Cochrane, T. (2003).** Rock Climbing Trajectory: A Global Variable of Rock Climbing Performance. *Conference on Science and Technology in Climbing and Mountaineering, 7th - 9th April 1999 University of Leeds, UK*
- Binney, D.M. (2002).** A reliable and valid strength measurement of the crimp grip in rock climbing. *2nd International Conference on Science and Technology in Climbing &*

- Mountaineering*. 3rd to 5th April 2002. Leeds, UK. Abstract.
<http://www.thebmc.co.uk/safety/hp/articles/dynamometer.pdf>
- Binney, DM y Rolf, C.G. (2002).** Blood lactate response to forearm specific exercise in rock climbers. 2nd *International Conference on Science and Technology in Climbing & Mountaineering*.
https://www.thebmc.co.uk/bmcNews/media/u_content/File/competitions/high_performance_archive/lactate.pdf
- Bollen, S.R. (1988).** Soft tissue injury in extreme rock climbers. *British journal of sports medicine*, 22(4), 145-147.
- Booth, J., Marino, F., Hill, C., y Gwinn, T. (1999).** Energy cost of sport rock climbing in elite performers. *British journal of sports medicine*, 33(1), 14-18.
- Bourdin, C., Teasdale, N., y Nougier, V. (1998).** High postural constraints affect the organization of reaching and grasping movements. *Experimental brain research*, 122(3), 253-259.
- Bourne, R., Halaki, M., Vanwanseele, B., y Clarke, J. (2011).** Measuring lifting forces in rock climbing: effect of hold size and fingertip structure. *Journal of applied biomechanics*, 27(1), 40-46.
- Brorsson, S. (2008).** Biomechanical studies of finger extension function. Analysis with a new force measuring device and ultrasound examination in rheumatoid arthritis and healthy muscles. *Institute of Clinical Sciences. Department of Orthopaedics. University of Gothenburg*.
- Brown, S., Thompson, W., Bailey, J., Johnson, K., Wood, L., Bean, M., y Thompson, D. (1990).** Blood lactate response to weightlifting in endurance and weight trained men. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 4(4), 122-130.
- Burnik, S. y Jereb, B. (2007).** Heart rate as an indicator of sport climbing intensity. *Acta Universitatis Palackianae Olomucensis. Gymnica*. 37(1).
- Campos, G. E., Luecke, T. J., Wendeln, H. K., Toma, K., Hagerman, F. C., Murray, T. F. y Staron, R.S. (2002).** Muscular adaptations in response to three different resistance-training regimens: specificity of repetition maximum training zones. *European journal of applied physiology*, 88(1-2), 50-60.
- Cannon, R.J., y Cafarelli, E. (1987).** Neuromuscular adaptations to training. *Journal of Applied Physiology*, 63(6), 2396-2402.

- Chestnut, J.L., y Docherty, D. (1999).** The effects of 4 and 10 repetition maximum weight-training protocols on neuromuscular adaptations in untrained men. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 13(4), 353-359.
- Costill, D.L., Coyle, E.F., Fink, W.F., Lesmes, G. R., y Witzmann, F.A. (1979).** Adaptations in skeletal muscle following strength training. *Journal of Applied Physiology*, 46(1), 96-9.
- Cutts, A. y Bollen, S.R. (1993).** Grip strength and endurance in rock climbers. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers* 207 (2): 87-92.
- Danion, F. (2008).** Grip force safety margin in rock climbers. *International journal of sports medicine*, 29(02), 168-172.
- Davies, C.T.M., Dooley P., McDonagh M.J.N. y White M.J. (1985).** Adaptation of mechanical properties of muscle to high force training in man. *Journal of Physiology*, 365:277-284.
- Davies, J., Parker, D. F., Rutherford, O. M. Y Jones, D. A. (1988).** Changes in strength and cross sectional area of the elbow flexors as a result of isometric strength training. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 57(6), 667-670.
- De Geus, B., O'Driscoli, S.V. y Meesun, 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
- Demura, S., Nakada, M., Yamaji, S., Nagasawa, Y. (2008).** Relationships between Force-Time Parameters and Muscle Oxygenation Kinetics during Maximal Sustained Isometric Grip and Maximal Repeated Rhythmic Grip with Different Contraction Frequencies. *Journal of Physiological Anthropology*, 27(3):161-168
- Donath, L., Roesner, K., Schöffl, V. Y Gabriel, H.H.W. (2013).** Work-relief ratios and imbalances of load application in sport climbing: Another link to overuse-induced injuries?. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 23(4):406-14
- Doran, D.A. y Grace, S. (1999).** Physiological and Metabolic Responses in Novice and Recreational Rock Climbers. *1st International Conference on Science and Technology in Climbing and Mountaineering 7th-9th April 1999*
- Draper, N., Bird, E. L., Coleman, I., y Hodgson, C. (2006).** Effects of active recovery on lactate concentration, heart rate and RPE in climbing. *Journal of sports science & medicine*, 5(1), 97.

- Draper, N., Dickson, T., Blackwell, G., Priestley, S., Fryer, S., Marshall, H., y Ellis, G. (2011).** Sport-specific power assessment for rock climbing. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 51(3), 417-425.
- Dupuy, C. y Ripoll, H. (1989).** Analyse des stratégies visuo-motrices en escalade sportive. *Revue Sciences et Motricité*, 7, 19-26.
- Ebben, W.P., Kindler, A.G., Chirdon, K.A., Jenkins, N.C., Polichnowski, A.J. y Ng, A.V. (2004).** The effect of high-load vs. high-repetition training on endurance performance. *Journal of Strength & Conditioning Research* 18(3):513-7.
- Enoka, R.M. y Stuart, D.G. (1992).** Neurobiology of muscle fatigue. *J Appl Physiol*, 72(5), 1631-1648.
- España-Romero, V., Porcel F.B.O., Artero, E.G., Jiménez-Pavón, D., Sainz, A.G., Garzón, M.J.C., 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
- España-Romero, V., Jensen, R. L., Sanchez, X., Ostrowski, M. L., Szekely, J. E., y Watts, P. B. (2012).** Physiological responses in rock climbing with repeated ascents over a 10-week period. *European journal of applied physiology*, 112(3), 821-828.
- Esposito, F., Limonta, E., Cè, E., Gobbo, M., Veicsteinas, A., y Orizio, C. (2009).** Electrical and mechanical response of finger flexor muscles during voluntary isometric contractions in elite rock-climbers. *European Journal of Applied Physiology*, 105(1), 81-92.
- Faigenbaum, A. D., Westcott, W. L., Loud, R. L., y Long, C. (1999).** The effects of different resistance training protocols on muscular strength and endurance development in children. *Pediatrics*, 104(1), e5-e5.
- Fanchini, M., Violette, F., Impellizzeri, F.M. y Maffiuletti, N.A. (2013).** Differences in Climbing-Specific Strength Between Boulder and Lead Rock Climbers. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(2), 310-314.
- 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 and occupational physiology*, 76(2), 174-180.
- Fleck, S.J. (1988).** Cardiovascular adaptations to resistance training. *Medicine and science in sports and exercise*, 20(5 Suppl), S146-51.

- Fleck, S.J. y Kramer, A.J. (1997).** Designing Resistance Training Programs (2nd ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Fuss, F.K. y Niegl, G. (2012):** The importance of friction between hand and hold in rock climbing, *Sports Technology*, 5:3-4, 90-99
- Fry, A.C. (2004).** The role of resistance exercise intensity on muscle fibre adaptations. *Sports medicine*, 34(10), 663-679.
- Gallagher, D., DiPietro, L., Vissek, A.J., Bancheri, J.M., y Miller, T.A. (2010).** The effects of concurrent endurance and resistance training on 2,000-m rowing ergometer times in collegiate male rowers. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(5), 1208-1214.
- Gaffney, F.A., Sjøgaard, G., y Saltin, B. (1990).** Cardiovascular and metabolic responses to static contraction in man. *Acta physiologica scandinavica*, 138(3), 249-258.
- Gajewski, J., Hubner-Wozniak, E., Tomaszewski, P. y Sienkiewicz-Dianzenza, E. (2009).** Changes in handgrip force and blood lactate as response to simulated climbing competition. *Biology of Sport*, 26(1), 13.
- García-Pallarés, J., Sánchez-Medina, L., Pérez, C.E., Izquierdo-Gabarren, M. y Izquierdo, M. (2010).** Physiological effects of tapering and detraining in world-class kayakers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 42 (6):1209-1214.
- Gentil, P., Oliveira, E., Fontana, K., Molina, G., Oliveira, R.J.D., y Bottaro, M. (2006).** The acute effects of varied resistance training methods on blood lactate and loading characteristics in recreationally trained men. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 12(6), 303-307.
- Gibala, M.J., MacDougall, J.D. y Sale, D.G. (1994).** The effects of tapering on strength performance. in trained athletes. *International Journal of Sports Medicine* 15(8):492-497.
- Giles, L.V., Rhodes, E.C., Taunton, J.E. (2006).** The physiology of rock climbing. *Sports Medicine* 36(4):529-545.
- Gillam, G.M. (1981).** Effects of frequency of weight training on muscular strength. *Journal of Sports Medicine*. 21:432-436.
- Girold, S., Maurin, D., Dugue, B., Chatard, J. C. y Millet, G. (2007).** Effects of dry-land vs. resisted-and assisted-sprint exercises on swimming sprint performances. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 21(2), 599-605.

- Gondin, J., Guede, M., Ballay, Y., y Martin, A. (2005).** Electromyostimulation training effects on neural drive and muscle architecture. *Medicine and science in sports and exercise*, 37(8), 1291.
- González-Badillo, J.J. y Gorostiaga Ayestarán, E. (1997).** Fundamentos del entrenamiento de la fuerza. Barcelona. Inde
- González-Badillo, J.J. y Ribas, J. (2002).** Bases de la programación del entrenamiento de la fuerza. Barcelona. Inde.
- Goto, K., Nagasawa, M., Yanagisawa, O., Kizuka, T., Ishii, N. y Takamatsu, K. (2004).** Muscular adaptations to combinations of high-and low-intensity resistance exercises. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 18(4), 730-737.
- Grant, S., Hynes, V., Whittaker, A. y Aitchison, T. (1996).** Anthropometric, strength, endurance and flexibility characteristics of elite and recreational climbers. *Journal of Sports Sciences* Aug;14(4):301-9.
- Grant, S., Hasler, T., Davies, C., Aitchison, T. C., Wilson, J. y Whittaker, A. (2001).** A comparison of the anthropometric, strength, endurance and flexibility characteristics of female elite and recreational climbers and non-climbers. *Journal of sports sciences*, 19(7), 499-505.
- Grant, S., Shields, C., Fitzpatrick, V., Ming Loh, W., Whitaker, A., Watt, I. y Kay, J. (2003).** Climbing specific finger endurance: a comparative study of intermediate rock climbers, rowers and aerobically trained individuals. *Journal of Sports Science* 21, 621-630
- Green, H., Goreham, C., Ouyang, J., Ball-Burnett, M., Ranney, D. (1999).** Regulation of fiber size, oxidative potential, and capillarization in human muscle by resistance exercise. *American Journal of Physiology* 276:591–596.
- Green, J.G. y Stannard, S.R. (2010).** Active recovery strategies and handgrip performance in trained vs. untrained climbers. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(2), 494-501.
- Griffin, L. y Cafarelli, E. (2003).** Neural excitability following resistance training studied with transcranial magnetic stimulation. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 35(5), S293.
- Guidi, O. (1994).** Etude de la fatigue musculaire locale en escalade sportive dans une situation de test en laboratoire et sur stucture artificielle d'escalade. Approche electromyographique ; Trabajo de investigación para la obtención del D.E.A.

- Haff, G.G., Hobbs, R.T., Haff, E.E., Sands, W.A., Pierce, K.C. y Stone, M.H. (2008).** Cluster training: a novel method for introducing training program variation. *Strength & Conditioning Journal*, 30(1), 67-76.
- Hakkinen, K (1985).** Factors influencing trainability of muscular strength during short term and prolonged training. *Ntl Strength and Conditioning Association*, J.7(2):32–37.
- Hakkinen, K., Alen M. y Komi, P.V. (1985).** Changes in isometric force and relaxation time, electromyographic and muscle fibre characteristics of human skeletal muscle during strenght training and detraining. *Acta Physiologica Scandinavica* 125(4):573-8.
- Hakkinen, K., Komi, P.V. y Alen, M. (1985a).** Effect of explosive type strenght training on isometric force and relaxation time, electromyographic and muscle fibre characteristics of leg extensor muscles. *Acta Physiologica Scandinavica* 124(4):587-600
- Hakkinen, K., Komi, P.V. y Alen, M. (1985b).** Effect of explosive type strength training on electromyographic and force production characteristics of leg extensor muscles during concentric and various stretch-shortening cycle exercises. *Scandinavian Journal in Sports Science*; 7: 65-76.
- Häkkinen, K. y Komi, P. V. (1986).** Effects of fatigue and recovery on electromyographic and isometric force-and relaxation-time characteristics of human skeletal muscle. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 55(6), 588-596.
- Hakkinen, K., Komi, P.V., Alan, M. y Kauhanen, H. (1987).** EMG, muscle fibre and force production characteristics during a 1 year training period in elite weight-lifters. *European Journal of Applied Physiology*. 56:419-427
- Hakkinen, K., Pakarinen, A., Alen, M., Kauhanen, H. y Komi, P.V. (1988).** Neuromuscular and hormonal adaptations in athletes to strength training in two years. *Journal of Applied Physiology*, 65(6), 2406-2412.
- Häkkinen, K. (1994).** Neuromuscular fatigue in males and females during strenuous heavy resistance loading. *Electromyography and clinical neurophysiology*, 34(4), 205-214.
- Häkkinen, K., Kallinen, M., Izquierdo, M., Jokelainen, K., Lassila, H., Mälkiä, E., ... y Alen, M. (1998).** Changes in agonist-antagonist EMG, muscle CSA, and force during strength training in middle-aged and older people. *Journal of Applied Physiology*, 84(4), 1341-1349.

- Hakkinen, K., Alen, M., Kallinen, M., Newton, U. y Kraemer, W.J. (2000).** Neuromuscular adaptation during prolonged strength training, detraining and re-strength-training in middle-aged and elderly people. *European Journal of Applied Physiology* 83(1):51-62.
- Hakkinen, K., Pakarinen, A., Kraemer, W.J., Hakkinen, A., Valkeinen, H. y Alen, M. (2001).** Selective muscle hypertrophy, changes in EMG and force, and serum hormones during strength training in older women. *Journal of Applied Physiology* 91(2):569-80.
- Hansen, K. T., Cronin, J. B., Pickering, S. L. y Newton, M. J. (2011).** Does cluster loading enhance lower body power development in preseason preparation of elite rugby union players?. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(8), 2118-2126.
- Harris, G.R., Stone, M.H., O'Bryant H., Prolux C.M. y Johnson R. (2000).** Short term performance effects of high speed, high force and combined weight training methods. *The Journal of Strength & Conditioning Research* 14: 14-20
- Hedges, L.V. y Olkin, I. (1985).** Statistical methods for Meta-Analysis. New York: Academic Press
- Hickson, R.C., Dvorak, B.A., Gorostiaga, E.M., Kurowski, T.T. y Foster, C. (1988).** Potential for strength and endurance training to amplify endurance performance. *Journal of Applied Physiology* 65(5):2285-90
- Hickson, R.C., Hidaka K. y Foster C. (1994).** Skeletal muscle fiber type, resistance training, and strenght-related performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 26; 593-598
- Hoffman, J. R., Fry, A. C., Howard, R., Maresh, C. M. y Kraemer, W. J. (1991).** Strength, speed and endurance changes during the course of a division I basketball season. *The Journal of Applied Sport Science Research*, 5(3), 144-149.
- Hoffman, J.R., Im, J, Rundell, K.W., Kang, J., Nioka, S., Speireing, B.A., Kime, R., y Chance, B. (2003).** Effect of Muscle Oxygenation during Resistance Exercise on Anabolic Hormone Response. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 35(11):1929–1934
- Hortobagyi, T., Houmard, J.A., Stevenson, J.R., Fraser, D.D., Johns, R.A. y Israel, R.G. (1993).** The effects of detraining on power athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 25(8):929-35.

- Huczel, H.A., y Clarke, D.H. (1992).** A comparison of strength and muscle endurance in strength-trained and untrained women. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 64(5), 467-470.
- Iglesias, E., Boullosa, D. A., Dopico, X. y Carballeira, E. (2010).** Analysis of factors that influence the maximum number of repetitions in two upper-body resistance exercises: Curl biceps and bench press. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(6), 1566-1572.
- Ikai, M. y Fukunaga, T. (1970).** A study on training effect on strength per unit cross-sectional area of muscle by means of ultrasonic measurement. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 28(3), 173-180.
- Izquierdo, M. (editor) (2008).** Biomechanica y bases neuromusculares de la actividad física y el deporte. Ed. Médica Panamericana.
- Jaakson, E. y Mäestu, J. (2012).** The impact of low intensity specific and nonspecific strength-endurance training on submaximal work capacity in trained male rowers. *Acta Kinesiologiae Universitatis Tartuensis*, 18, 47-55.
- Janot, J., Mermier, C., Parker, D.L. y Robergs, R.A. (1999).** The relationship between muscular strength and endurance and rock climbing performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 31(5) Supplement
- Jensen, L., Bangsbo, J., Hellsten, Y. (2004).** Effect of high intensity training on capillarization and presence of angiogenic factors in human skeletal muscle. *Journal of Physiology* 557:571–582
- Jensen, R.J., Watts, P.B., Lawrence, J.E., Moss, D.M. y Wagonsomer, J.M. (2005).** Vertical hand force and forearm EMG during a high-step rock-on climbing move with and without added mass. *XXIII International Symposium on Biomechanics in Sports, Beijing - China, August 22 – 27, 2005.*
- Jensen, J.L., Marstrand, P.C.D. y Nielsen, J.B. (2005).** Motor skill training and strength training are associated with different plastic changes in the central nervous system. *Journal of Applied Physiology*, 99: 1558-1568.
- Jones, D.A. y Rutherford, O.M. (1987).** Human muscle strength training: The effects of three different regimens and the nature of the resultant changes. *Journal of Physiology*, 391:1-11
- Judge, L.W., Moreau, C. y Burke, J.R. (2003).** Neural adaptations with sport-specific resistance training in highly skilled athletes. *Journal of Sports Sciences* 21(5):419-27.

- Khouw, W. y Herbert, R. (1997).** Optimisation of isometric strength training intensity. *The Australian journal of physiotherapy*, 44(1), 43-46.
- Klausen, K., Andersen, L.B., Pelle, I. (1981).** Adaptive changes in work capacity, skeletal muscle capillarization and enzyme levels during training and detraining. *Acta Physiology Scandinavian* 113:9–16
- Köstermeyer, G. y Weineck, J. (1995):** Notwendigkeit des ein-fingrigen Trainings der Fingerbeugemuskulatur zur Leistungssteigerung im Klettern. Vergleich der Kraftentwicklung bei ein- und vierfingriger Maximalkontraktion, *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin* 46, 356–362.
- Komi, P.V., Viitasalo, J.T., Rauramaa, R. y Vihko, V. (1978).** Effect of isometric strength training on mechanical, electrical, and metabolic aspects of muscle function. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 40(1), 45-55.
- Komi, P.V., Tesch, P. (1979).** EMG frequency spectrum, muscle structure and fatigue during dynamic contractions in man. *European Journal of Applied Physiology*;42:41–50.
- Kraemer, W.J., Noble, B.J., Clark, M.J. y Culver, B.W. (1987).** Physiologic responses to heavy-resistance exercise with very short rest periods. *International Journal of Sports and Medicine*. 8:247.252
- Kraemer, W. J., Marchitelli, L., Gordon, S.E., Harman, E., Dziados, J.E., Mello, R., ... y Fleck, S.J. (1990).** Hormonal and growth factor responses to heavy resistance exercise protocols. *Journal of Applied Physiology*, 69(4), 1442-1450.
- Kraemer, W.J., Gordon, S.J., Fleck, S.J. (1991).** Endogenous anabolic hormonal and growth factor responses to heavy resistance exercise in male and females. *International Journal of Sports and Medicine*, 12:228–35.
- Kraemer, W.J., Dziados, J.E., Marchitelli, L.J., Gordon, S.E., Harman, E.A., Mello, R., ... y Triplett, N.T. (1993).** Effects of different heavy-resistance exercise protocols on plasma beta-endorphin concentrations. *Journal of Applied Physiology*, 74(1):450-459
- Kraemer, W.J. (1997).** A series of studies-The physiological basis for strength training in American football: fact over philosophy. *The Journal of Strength & Conditioning Research* 11:131-142.
- Kraemer, W.J., Koziris, L.P., Ratamess, N.A., Hakkinen, K., Triplett-McBride, N.T., Fry, A.C., Gordon, S.E., Volek, J.S., French, D.N., Rubin, M.R., Gomez, A.L., Sharman, M.J., Michael Lynch, J., Izquierdo, M., Newton, R.U. y Fleck, S.J. (2002).** Detraining produces minimal changes in physical performance and hormonal

- variables in recreationally strength-trained men. *The Journal of Strength & Conditioning Research* 16(3):373-82.
- Law, A.F. y Avin, K.G. (2010).** Endurance time is joint-specific: a modelling and meta-analysis investigation. *Ergonomics*, 53(1), 109-129.
- Lawton, T. W. (2012).** Strength testing and training of elite rowers (*Doctoral dissertation, AUT University*).
- Lehner, C. y Heyters, C. (1998).** Tests d'aptitudes physiques espécifiques et mesures de la laboratoire adaptés à l'escalade : Application aux grimpeurs de haut niveau. *Sport Belgique*. 163:43-53
- Lehner, C. (2000).** Etude de l'intervention relative des différentes filières énergétiques en escalade sportive. *Sport Belgique*. 170:12-20
- Leong, C.H. (2009):** [A comparison of upper body power, strength, endurance and flexibility characteristics of sport climbers and boulderers.](#) *Thesis presented to the Department of Kinesiology. California State University.* In partial fulfillment of the requirements for the Degree Master of Science in Kinesiology Option in Exercise Science.
- Louhevaara, V., Smolander, J., Aminoff, T., Korhonen, O., y Shen, N. (2000).** Cardiorespiratory responses to fatiguing dynamic and isometric hand-grip exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 82(4), 340-344.
- Limonta, E., Cè, E., Veicsteinas, A, y Esposito, F. (2008).** Force control during fatiguing contractions in elite rock climbers. *Sport Sciences for Health*, 4(3), 37-42.
- McGee, D., Jessee, T. C., Stone, M. H., y Blessing, D. (1992).** Leg and hip endurance adaptations to three weight-training programs. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 6(2), 92-95.
- MacLeod, D., Sutherland, D.L., Buntin, A., Whitaker, A., Aitchison, I, Bradley, J; Grant, S (2007).** Physiological determinants of climbing-specific finger endurance and sport rock climbing performance *Journal of Sports Sciences* 25:12, 1433-1443
- Marcinik, E.J., Potts, J., Schlabach, G., Will, S., Dawson, P. y Hurley, B.F. (1991).** Effects of strength training on lactate threshold and endurance performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 23, 739-743.
- Marco, R.A., Sharkey, N.A., Smith, T.S., y Zissimos, A. G. (1998).** Pathomechanics of Closed Rupture of the Flexor Tendon Pulleys in Rock Climbers. *The Journal of Bone & Joint Surgery*, 80(7), 1012-19.

- McCall, G.E., Byrnes, W.C., Dickinson, A., Pattany, P.M., Fleck, S.J. (1996).** Muscle fiber hypertrophy, hyperplasia, and capillary density in college men after resistance training. *Journal of Applied Physiology* 81:2004–2012
- McDonagh, M.J.N.; Hayward, C.M. y Davies, C.T.M. (1983).** Isometric training in human elbow flexor muscles. *The Journal of Bone and Joint Surgery*. 65, 3:355-358
- McGee, D., Jessee, T. C., Stone, M. H. Y Blessing, D. (1992).** Leg and hip endurance adaptations to three weight-training programs. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 6(2), 92-95.
- McMahon, S. y Jenkins, D. (2002).** Factors affecting the rate of phosphocreatine resynthesis following intense exercise. *Sports Medicine*, 32(12), 761-784.
- Meckel, Y., Machnai, O. y Eliakim, A. (2009).** Relationship among repeated sprint tests, aerobic fitness, and anaerobic fitness in elite adolescent soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(1), 163-169.
- Mermier, C.M., Robergs, R.A., McMinn, S.M., y Heyward, V.H. (1997).** Energy expenditure and physiological responses during indoor rock climbing. *British journal of sports medicine*, 31(3), 224-228.
- 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* 34:359-365
- Michailov, M.L., (2002).** Difficulties controlling the training load in sport climbing. In: *Sports, Society, Education, Vol 8. Sofia: Tiptoppres: 253-258.*
- Michailov, M.L., Mladenov, L.V., y Schöffl, V. (2009).** Anthropometric and Strength Characteristics of World-Class Boulderers. *Medicina Sportiva*, 13(4):231-238.
- Millet, G. P., Jaouen, B., Borrani, F. y Candau, R. (2002).** Effects of concurrent endurance and strength training on running economy and VO₂ kinetics. *Medicine and science in sports and exercise*, 34(8), 1351-1359.
- Miranda, H., Simão, R., Moreira, L. M., Souza, R., Souza, J. A. A. A., Salles, B. F., y Willardson, J. (2009).** Effect of rest interval length on the volume completed during upper body resistance exercise. *Journal of Sports Science and Medicine*, 8, 388-392.
- Mirzaei, B., Nia, F. R. y Saberi, Y. (2008).** Comparison of 3 different rest intervals on sustainability of squat repetitions with heavy vs. light loads. *Brazilian journal of biomotricity*, 2(4), 220-229.

- Moritani, T. y de Vries, H.A. (1979).** Neural factors versus hypertrophy in the time course of muscle strength gain. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 58(3), 115-130.
- Morrison, A.B., y Schöffl, V.R. (2007).** Physiological responses to rock climbing in young climbers. *British journal of sports medicine*, 41(12), 852-861.
- Moss, B. M., Refsnes, P. E., Abildgaard, A., Nicolaysen, K. y Jensen, J. (1997).** Effects of maximal effort strength training with different loads on dynamic strength, cross-sectional area, load-power and load-velocity relationships. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 75(3), 193-199.
- Naclerio, F.J., Colado, J.C., Rhea, M.R., Bunker, D. y Triplett, N.T. (2009).** The influence of strength and power on muscle endurance test performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(5), 1482-1488.
- Navarro, F. (1998).** La resistencia en el deporte. *Gymnos*.
- Noè, F., Quaine, F. y Martin, L. (2001).** Influence of steep gradient supporting walls in rock climbing: biomechanical analysis. *Gait & posture*, 13(2), 86-94.
- Osteras, H., Helgerud, J. y Hoff, J. (2002).** Maximal strength-training effects on force-velocity and force-power relationships explain increases in aerobic performance in humans. *European Journal of Applied Physiology* 88:255-263.
- Paavolainen, L., Hakkinen, K., Hamalainen, I., Nummela, A. y Rusko, H. (1999).** Explosive-strength training improves 5-km running time by improving running economy and muscle power. *Journal of Applied Physiology* 86: 1527-1533.
- Peterson, M.D., Rhea, M.R. y Alvar, B.A. (2004).** Maximizing strength development in athletes: a meta-analysis to determine the dose-response relationship. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 18(2), 377-382.
- Ploutz, L.L., Tesch, P.A., Biro, R.L. y Dudley G.A. (1994).** Effect of resistance training on muscle use during exercise. *Journal of Applied Physiology*, 76(4), 1675-1681.
- Philippe, M., Wegst, D., Müller, T., Raschner, C. y Burtcher, 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.
- Pucci, A.R., Griffin, L., y Cafarelli, E. (2006).** Maximal motor unit firing rates during isometric resistance training in men. *Experimental physiology*, 91(1), 171-178.
- Quaine F. y Vigouroux L. (2004).** Maximal resultant four fingertip force and fatigue of the extrinsic muscles of the hand in different sport climbing finger grips. *International Journal Sports Medicine* 25: 634-637

- Quaine, F., Vigouroux, L. y Martin L. (2003a).** Effect of simulated rock climbing finger postures on force sharing among the fingers. *Clinical Biomechanical* 18(5):385-8.
- Quaine, F., Vigouroux, L. y Martin, L. (2003b).** Finger flexors fatigue in trained rock climbers and untrained sedentary subjects. *International Journal of Sports Medicine*, 24(06), 424-427.
- Rahimi, R., Boroujerdi, S.S., Ghaeni, S. y Noori, R.S. (2007).** The effect of different rest intervals between sets on the training volume of male athletes. *Facta universitatis-series: Physical Education and Sport*, 5(1), 37-46.
- Ratamess, N. A., Falvo, M. J., Mangine, G. T., Hoffman, J. R., Faigenbaum, A. D. y Kang, J. (2007).** The effect of rest interval length on metabolic responses to the bench press exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 100(1), 1-17.
- Rhea, M.E., Alvar, B.A., Burkett, L.N. y Ball, S.D. (2003a).** A meta-analysis to determine the dose response for strenght development. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 35(3)456-464.
- Rhea, M.R., Ball, S.D., Phillips W.T. y Burkett, L.N. (2003b).** A comparison of linear and daily undulating periodized programs with equated volume and intensity for strength. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 16(2), 250-255.
- Rhea, M.R., Phillips, W.T., Burkett, L.N., Stone, W.J., Ball, S.B., Alvar, B.A., y Thomas, A.B. (2003c).** A comparison of linear and daily undulating periodized programs with equated volume and intensity for local muscular endurance. *Journal of Strength and Conditioning Research* 17: 82–87.
- Rhea, M.R. (2004):** Determining the magnitude of treatment effects in strength training research through the use of the effect size. *Journal of Strength and Conditioning Research* 18(4): 918-920.
- Rich, C. y Cafarelli, E. (2000).** Submaximal motor unit firing rates after 8 weeks of isometric resistance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32, 190-196
- Robinson, J.M., Stone, M.H., Johnson, R.L., Penland, C.M., Warren, B.J. y Lewis, R.D. (1995).** Effect of different weight training exercise/rest intervals on strength, power, and high intensity exercise endurance. *The Journal of Strength & Conditioning Research* 9:216-221.
- Rohmer, W. (1973)** Problems in determining rest allowances. Part 1: Use of modern methods to evaluate stress and strain in static muscular work. *Applied Ergonomics* V. 4, 91-95

- Rønnestad, B. R., Hansen, E.A., y Raastad, T. (2010).** Effect of heavy strength training on thigh muscle cross-sectional area, performance determinants, and performance in well-trained cyclists. *European Journal of Applied Physiology*, 108(5), 965-975.
- Sale, D.G. (1988).** Neural adaptations to resistance training. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 20: S135 - S245
- Sheel, A.W. (2004).** Physiology of sport rock climbing. *British journal of sports medicine*, 38(3), 355-359.
- Schoenfeld, B.J. (2012).** Does exercise-induced muscle damage play a role in skeletal muscle hypertrophy?. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(5), 1441-1453.
- Schott, J., McCully, K., Rutherford, O. M. (1995)** The role of metabolites in strength training. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 71(4):337-341
- Schöffl, V.R., Möckel, F., Köstermeyer, G., Roloff, I. y Küpper, T. (2006).** Development of a performance diagnosis of the anaerobic strength endurance of the forearm flexor muscles in sport climbing. *International Journal of Sports Medicine*, 27(3), 205-211.
- Schweizer, A. (2001).** Biomechanical properties of the crimp grip position in rock climbers. *Journal of Biomechanical* 34:217-223.
- Schweizer, A., Schneider, A., Goehner, K. (2007).** Dynamic eccentric-concentric strength training of the finger flexors to improve rock climbing performance. *Isokinetics and Exercise Science* 15, 131-136
- Schweizer, A. y Furrer, M. (2007).** Correlations of forearm strength and sport climbing performance. *Isokinetics and Exercise Science* 15, 211-216.
- Schweizer, A. y Hudek, R. (2011).** Kinetics of crimp and slope grip in rock climbing. *Journal of Applied Biomechanics*. May; 27(2):116-21.5.
- Senna, G., Salles, B. F., Prestes, J., Mello, R. A., y Roberto, S. (2009).** Influence of two different rest interval lengths in resistance training sessions for upper and lower body. *Journal of Sports Science & Medicine*, 8(2), 197.
- Sheel, A. W., Seddon, N., Andrew, K., McKenzie, C. D., Warburton, D. E. (2003).** Physiological responses to indoor rock-climbing and their relationship to maximal cycle ergometry. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 35(7):1225-1231.
- Sheel, A.W. (2004).** Physiology of Rock Climbing. *British Journal of Sports Medicine*. 38:355–359.
- Siff, M.C. y Verkhoshansky, Y. (1999).** Superentrenamiento. *Paidotribo*. Barcelona.

- Sivamani, R.K., Goodman, J., Gitis, N.V., y Maibach, H.I. (2003).** Coefficient of friction: tribological studies in man—an overview. *Skin Research and Technology*, 9(3), 227-234.
- Sjogaard, G., Savard, G., y Juel, C. (1988).** Muscle blood flow during isometric activity and its relation to muscle fatigue. *European Journal of Applied Physiology*; 57: 327–335
- Stone, W.J. y Coulter S.P. (1994).** Strength/endurance effects from three resistance training protocols with women. *The Journal of Strength & Conditioning Research* 8:23-234
- Stone, M.H., Stone, M.E., Sands, W.A., Pierce, K.C., Newton, R.U., Haff, G. G., y Carlock, J. (2006).** Maximum Strength and Strength Training - A Relationship to Endurance?. *Strength & Conditioning Journal*, 28(3), 44-53.
- Stone, M.H., Stone, M. y Sands, W.A. (2007):** Principle and Practice of Resistance Training. Human Kinetics
- Tan, B. (1999).** Manipulating resistance training program variables to optimize maximum strength in men: a review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 13, 289-304.
- Tanaka, H., Costill, D. L., Thomas, R., Fink, W. J. y Widrick, J. J. (1993).** Dry-land resistance training for competitive swimming. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 25(8): 952-959.
- Tanaka, H., y Swensen, T. (1998).** Impact of resistance training on endurance performance. *Sports Medicine*, 25(3), 191-200.
- Tesch, P. A. y Larsson, L. (1982).** Muscle hypertrophy in bodybuilders. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 49(3), 301-306.
- Tomlin, D.L. y Wenger, H.A. (2001).** The relationship between aerobic fitness and recovery from high intensity intermittent exercise. *Sports Medicine*, 31(1), 1-11.
- Tomlinson, S.E., Lewis, R., y Carré, M.J. (2007).** Review of the frictional properties of finger-object contact when gripping. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part J: Journal of Engineering Tribology*, 221(8), 841-850.
- Ualí, I., Herrero, A.J., Garatachea, N., Marín, P.J., Alvear-Ordenes, I., y García-López, D. (2012).** Maximal Strength on Different Resistance Training Rowing Exercises Predicts Start Phase Performance in Elite Kayakers. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(4), 941.

- Usaj, A. (1996).** The increase of duration of isometric contraction may not relate to change of relative oxygenation of forearm muscle. *Pflugers Archiv: European journal of physiology*. 431 (6): 265-266
- Usaj, A. (2001).** The endurance training effect on the oxygenation status of an isometrically contracted forearm muscle. *Pflugers Archiv: European journal of physiology*. 442 (7):155-156
- Usaj, A., Jereb, B., Robi, P., von Duvillard, S.P. (2007).** The influence of strength-endurance training on the oxygenation of isometrically contracted forearm muscles. *European Journal of Physiology*. 100:685-692
- Vigouroux, L. y Quaine, F. (2006).** Fingertip force and electromyography of finger flexor muscles during a prolonged intermittent exercise in elite climbers and sedentary individuals. *Journal of Sports Sciences*, 24(2), 181-186.
- Wall, C., Starek, J., Fleck, S. y Byrnes, W. (2004).** Prediction of indoor climbing performance in women rock climbers. *The Journal of Strength & Conditioning Research* 18 (1): 77-83.
- Watts, P.B., Martin, D.T. y Durtschi, S. (1993).** Anthropometric profiles of elite male and female competitive sport rock climbers. *Journal of Sports Sciences*, 11(2), 113-117.
- Watts, P.B., Newbury, V. y Sulentic, J. (1996).** Acute changes in handgrip strength, endurance, and blood lactate with sustained sport rock climbing. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 36(4):255-60.
- Watts, P.B. y Drobish, K.M. (1998).** Physiological responses to simulated rock climbing at different angles. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30(7), 1118-1122.
- Watts, P.B. y Jensen, R.L. (2003).** Reliability of peak forces during a finger curl motion common in rock climbing. *Measurement in Physical Education and Exercise Science* 7(4):263-267
- Watts, P.B., Joubert, L., Lish, A., Mast, J. y Wilkins, B. (2003).** Anthropometry of young competitive sport rock climbers. *British Journal of Sports Medicine* 37: 420-424.
- 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.
- Westling, G. y Johansson, R.S. (1984).** Factors influencing the force control during precision grip. *Experimental Brain Research*, 53(2), 277-284.

- Wernbom, M., Augustsson, J. y Thomé, R. (2007).** The influence of frequency, intensity, volume and mode of strength training on whole muscle cross-sectional area in humans. *Sports Medicine*; 37 (3): 225-264.
- Werner, I. y W. Gebert. (1999).** Blood lactate responses to competitive climbing. *International Conference on Science and Technology in Climbing and Mountaineering, 7th - 9th April 1999 University of Leeds, UK.*
- White, D.J., y Olsen, P.D. (2010).** A time motion analysis of bouldering style competitive rock climbing. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(5), 1356-1360.
- Willardson, J.M. (2007).** The application of training to failure in periodized multiple-set resistance exercise programs. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 21(2):628-631.
- Willoughby, D.S. (1993).** The effects of mesocycle-length weight training programs involving periodization and partially equated volumes on upper and lower body strength. *The Journal of Strength y Conditioning Research*, 7(1), 2-8.
- Wüst, R.C., Morse, C.I., De Haan, A., Jones, D.A. y Degens, H. (2008).** Sex differences in contractile properties and fatigue resistance of human skeletal muscle. *Experimental physiology*, 93(7), 843-850.

ANEXOS

ANEXO 1: INFORMACIÓN PARA PARTICIPANTES EN EL ESTUDIO

I

Título del trabajo: “Valoración de la resistencia de dedos sobre distintos tamaños de regleta en escaladores deportivos de diferente nivel”.

Directora del proyecto:

Eva López Rivera. Licenciada en Ciencias del Deporte por INEF de Madrid

Segundo Curso de Doctorado en Alto Rendimiento Deportivo; Línea de Investigación: Optimización del Desarrollo de la Fuerza para el Rendimiento Deportivo; Universidad Castilla La Mancha

Tlfno: 606 42 99 24

Email: eva@climbermania.com

Doctor Tutor:

Juan José González Badillo. Catedrático de Universidad, de la Universidad Pablo de Olavide, de Sevilla.

¿QUIÉNES PUEDEN PARTICIPAR?

Quienes cumplan los siguientes requisitos:

- Llevar escalando más de 1 año.
- Llevar en activo mínimo 1 mes de entrenamiento previo al test.
- No sufrir ni haber sufrido en los 6 meses previos, ninguna lesión o enfermedad que contraindique la realización de un esfuerzo máximo de fuerza de agarre, ni estar tomando medicamentos que contraindiquen la realización de esfuerzos máximos.
- Tener una edad superior a 18 años.

PROPÓSITO DEL ESTUDIO

Objetivos de este trabajo de investigación en el que colaboráis:

- Valorar por primera vez en un estudio que utiliza un medio específico de escalada (suspensión en regletas) si la capacidad máxima (tiempo máximo) en las diferentes regletas está relacionada o no con el nivel deportivo y/o con los años de entrenamiento.
- Hacer una estimación de la dificultad (intensidad) que supone cada regleta para un escalador en general y para los diferentes niveles que se establezcan para:
 - Llegar a elaborar una escala de intensidades por niveles para poder en un futuro a partir de ella elaborar entrenamientos específicos y personalizados con un manejo adecuado de la intensidad a través de la relación y combinación del tiempo de esfuerzo y el tamaño de la regleta
 - Estudiar la progresión o variación significativa o no de la intensidad de unos cantos a otros.
 - Evaluar y clasificar a los escaladores.
- Comprobar qué relación hay entre la capacidad máxima en cada agarre y variables antropométricas como longitud de dedos, altura o la relación del peso con la altura
- Estudiar la correlación entre agarres: si los que más aguantan en más pequeño, también aguantan más en más grande...

En definitiva, ayudarás a que se sepa algo más sobre cuáles son las claves de la fuerza de dedos y que en un futuro se pueda determinar con fiabilidad la intensidad en escalada, que es uno de los problemas más importantes a la hora de sistematizar el entrenamiento en nuestro deporte.

Inconvenientes y riesgos potenciales:

- Hay que esforzarse hasta el límite y el estar colgado de una regleta pequeña puede ocasionar molestias y “dolor”
- Puedes sufrir agujetas 24-48 horas después, sobre todo si no estás acostumbrado a este ejercicio
- Hay que concentrarse para llegar al máximo
- Si tienes especial debilidad en dedos o antebrazo, así como piel muy sensible, podrías sufrir lesiones por el sobreesfuerzo

Ventajas:

- La satisfacción de ayudar a que se sepa algo más de las claves de nuestro deporte en el primer estudio específico de escalada que estudia la fuerza de dedos en regletas
- Recibirás tus resultados y una copia de las conclusiones del estudio e información sobre su publicación
- ¿Quien sabe si pasarás a la Historia de la Ciencia de la Escalada...?

Confidencialidad

Los datos y la información personal obtenida para esta investigación, se considera confidencial y no será revelada si tú no das tu autorización por escrito. Tu derecho a la privacidad será mantenido sustituyendo tu nombre por un código a la hora de presentar los resultados.

PROCEDIMIENTO

En general

- La recogida de datos comenzará el 7 de octubre de 2004.
- Se harán grupos de 4 personas y se les citará a diferentes horarios y días de acuerdo a su disponibilidad personal (importante confirmar asistencia)
- A partir del 25 de octubre comenzarán los tests en el Búlderking y a partir del 7 de octubre en Toledo
- El instrumento de medida es una tabla de madera en la que se pueden graduar el tamaño de las diferentes regletas

- El test consiste en realizar esfuerzos máximos (hasta la fatiga) en forma de suspensiones de dedos en 5 regletas diferentes en tamaño (de 6 mm a 14 mm)
- *El test se repite a la semana* para comprobar la fiabilidad y es muy importante que no se haga ni antes ni después de 5-7 días, por ello, comprueba que tienes disponibles los dos días para los dos tests: Pregunta a Eva el día y la hora

En particular

- El participante no podrá ni deberá en *ningún caso realizar ningún entrenamiento* previo con el fin de conseguir un resultado mejor el día del test
- En los días, semanas previas al test, el participante *no alterará su ritmo normal* de entrenamientos y escaladas a las que esté acostumbrado
- El participante al menos deberá llevar *un mínimo de 1 año de escalada y/o* entrenamiento
- En caso de que el participante hubiera dejado su entrenamiento sistemático y quiera realizar el test, al menos deberá llevar en *activo un mínimo de 1 mes* de entrenamiento previo al test.
- Es importante la salud. Por ello debes cumplir las siguientes requisitos:
 - *Salud de los músculos y articulaciones participantes en el ejercicio.* Es decir, se deberán tener los dedos y los antebrazos sanos y como norma deberán haber transcurrido al menos 6 meses desde la última lesión importante sufrida en dedos o antebrazos
 - No estar diagnosticado de ninguna *enfermedad Cardiovascular ni pulmonar*, especialmente no ser hipertenso
 - No haber sufrido *operaciones quirúrgicas* en los 6 meses anteriores al test
 - No estar resfriado, ni tener gripe u otras enfermedades los días del test
 - No sufrir enfermedades metabólicas o de otro tipo ni estar tomando medicamentos que contraindiquen la realización de esfuerzos máximos de este tipo
 - No estar bajo los efectos de ninguna droga durante la realización del test

La participación en este estudio es completamente voluntaria

Instrucciones para el participante

Antes del test

48 horas antes del test: El entrenamiento o la escalada han de ser suaves.

24 horas antes del test: Descanso completo de entrenar y escalar. A ser posible, que no tengáis mucha actividad física ni realicéis actividades estresantes.

Día del test

Al tratarse de tests máximos, es importante estar **motivado** para dar el mayor valor posible que seamos capaces. Si no, no nos sirve de nada. Por ello, si el día del test no os encontráis con ganas de “ir a muerte”, es preferible que **lo cambiemos** a otro día. No hay problema. Me avisáis y ya está.

Acude a la **hora** y el **día previsto** con **vestimenta** adecuada para entrenar, uñas cortadas y dedos sin heridas y yemas “impecables”.

El **tiempo aproximado** en completar el test será máximo 1 hora 15’: (15-20’ de calentamiento + 45’ tests)

Realizaréis realizar el calentamiento que yo propongo en la hojita adjunta (anexo 5) aunque lo ajustaremos a vuestras características en tiempo e intensidad (preguntadme a mí antes de hacerlo)

Podéis entrenar después aunque muy suavemente, ya que la fatiga de dedos os impedirá apretar al máximo. Cuidado por las posibles contracturas...

Actividades que se realizan el día del test:

I- Recogida de medidas antropométricas: Altura, peso, longitud de dedos

II- Encuesta de datos personales y deportivos: nombre, apellidos, edad, fecha nacimiento, años de entrenamiento, grado máximo conseguido

III- Test de tiempo en suspensión en regletas de diferente tamaño:

1- Calentamiento adecuado en volumen e intensidad

2- Test de tiempo en suspensión en 6mm hasta la fatiga. Descanso hasta siguiente test: 5 minutos

- 3- Test de tiempo en suspensión en 8 mm hasta la fatiga. Descanso hasta siguiente test:
5'-10'
- 4- Test de tiempo en suspensión en 10 mm hasta la fatiga. Descanso hasta siguiente test:
10'
- 5- Test de tiempo en suspensión en 12 mm hasta la fatiga. Descanso hasta siguiente test:
10'
- 6- Test de tiempo en suspensión en 14 mm hasta la fatiga.

IV- Estiramientos y vuelta a la calma (aconsejable para ti aunque no obligatorio para el estudio)

El test se repite a la semana para comprobar la fiabilidad. Es muy importante que no se haga ni antes ni después de 5-7 días. Por ello, comprueba que tienes disponibles los dos días para los dos tests: Pregunta a Eva el día y la hora

ANEXO 2: DOCUMENTO DE CONSENTIMIENTO

Yo, el/la participante, he leído el documento que informa sobre las condiciones de participación en la presente investigación y conozco los riesgos, inconvenientes y beneficios de este proyecto. Yo, (escribe tu nombre y apellidos a continuación)

_____, accedo a participar en el proyecto descrito en las páginas anteriores y cumplo los requisitos requeridos para ello. Entiendo que mi participación es voluntaria y que en cualquier momento puedo rehusar a participar, que puedo retirarme en cualquier momento y que siempre puedo modificar el día y hora del test previa comunicación a la Directora del Proyecto por teléfono, email o en persona. He recibido una copia de este documento de consentimiento:

Firmado:

Fecha: _____

ANEXO 3: CUESTIONARIO PARA PARTICIPANTES EN ESTUDIOS I Y II

NOMBRE Y APELLIDOS	
TELÉFONO	
DIRECCIÓN	
EMAIL	
FECHA NACIMIENTO	
EDAD	
AÑOS ESCALANDO	
AÑOS ENTRENANDO HABITUALMENTE, DÍAS POR SEMANA Y HORAS POR SEMANA	
GRADO MÁXIMO ENSAYADO (ÚLTIMOS 6 MESES)	
¿POR QUÉ PARTICIPAS EN ESTE PROYECTO?	
¿HAS REALIZADO PREVIAMENTE ALGÚN ENTRENAMIENTO O TEST DE SUSPENSIONES? ¿DURANTE CUÁNTO TIEMPO O CUÁNTAS VECES?	

ANEXO 4: INFORMACIÓN PARA PARTICIPANTES EN ESTUDIO II

¿QUIERES GANAR FUERZA Y RESISTENCIA EN LOS DEDOS?

COLABORA EN MI INVESTIGACIÓN

Solo tienes que cumplir los siguientes requisitos:

- Llevar escalando al menos 5 años.
- Tener actualmente un nivel de escalada ensayada superior a 8a.
- No tener ninguna lesión o enfermedad que imposibilite la realización de un entrenamiento físico intensivo de dedos.
- No haber entrenado con suspensiones de dedos en el mes previo a la investigación.
- Haber entrenado habitualmente escalada durante el último año (más de 2 días/semana).
- Comprometerse a cumplir un calendario de entrenamiento (3 días/semana y 1-2 escalada en roca) y tests durante 10 semanas.
- Tener una edad superior a 25 años.

CALENDARIO PROVISIONAL

	Fecha	Grupo 1	Grupo 2	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
Semana 1	2-2-2004	Tests iniciales					Test 01	
Semana 2	9-2-2004						Test 02	
Semana 3	16-2-2004	Etto Mét 1: suspensiones 10" sin carga en regleta pequeña	Etto Mét 2: suspensiones 10" con carga en regleta grande		Etto		Etto	
Semana 4	23-2-2004							
Semana 5	1-3-2004							
Semana 6	8-3-2004							
Semana 7	15-3-2004	Etto Mét 2	Etto Mét 1	test	Etto		Etto	
Semana 8	22-3-2004				Etto		Etto	
Semana 9	29-3-2004							
Semana 10	5-4-2004			Etto		Etto		
Semana 11	12-4-2004	medidas	medidas	descanso	Test 1			
Semana 12	19-4-2004							
Semana 13	26-4-2004			descanso	Test 2			
Semana 14	3-5-2004							
Semana 15	10-5-2004			descanso	Test 3			

Nota: se harán dos grupos al azar y cada uno entrenará con un método durante 4 semanas y las otras 4 semanas con otro método, de manera que solo cambiará el orden en el que se utilicen los métodos

Interesados: Llamar o hablar con Eva López aquí en directo o por teléfono:606429924; o por email: eva@climbermania.com







ANEXO 5: CALENTAMIENTO PARA ESTUDIOS I, II Y III

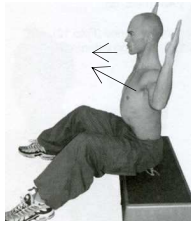




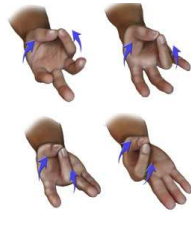




Es importante calentar adecuadamente los músculos y articulaciones del cuello, hombros, espalda, brazos, dedos y piernas no solo para evitar lesiones, sino también para poder llegar a nuestro tope en los tests.

Recuerda que los músculos, para poder contraerse al máximo y también para poder mantener una fuerza determinada durante el máximo tiempo, necesitan *alcanzar una temperatura adecuada*.

Un calentamiento adecuado y específico, también nos preparará psicológicamente para poder esforzarnos al máximo.

Tod@s deberéis realizar este calentamiento, con leves variaciones en intensidad absoluta y en volumen según vuestro nivel deportivo y condiciones externas como la temperatura. Para que os hagáis una idea, la duración mínima aproximada deberá ser de 20 a 30 minutos.

A) CALENTAMIENTO GENERAL. Haz 10 repeticiones:				
Movilizaciones cuello: 1º sin resistencia, 2ª contra resistencia de la mano 	Movilizaciones cuello: Extensiones de cuello contra resistencia 	Flexiones laterales de cuello 	Elevaciones de brazos a la vertical 	Elevaciones de hombros 
Brazos en cruz: 1º Junta manos delante (aperturas) 2º Vuelve a posición inicial, junta escápulas y mantén esa contracción 2	Flexiones laterales de tronco 	Rotación tronco a derecha e izquierda	Flexiones de tronco (mantén las piernas semiflexionadas y contrae abdominales y glúteos para evitar un	Flexión- extensión de piernas (sentadillas)

segundos 			sobreestiramiento o pinzamiento lumbar) 	
Ahora haz 50 repeticiones de:	Círculos con muñecas hacia dentro	Círculos con muñecas hacia Fuera	Flexiones de muñeca 	Extensiones de muñeca 
Movilizaciones de dedos 	Flexiones y extensiones de dedos 	Flexión y extensión dedos intentando tocar con cada yema en la muñeca	Flexiones y extensiones de dedos oponiendo resistencia con la otra mano	Flexiones y extensiones de dedos intentando tocar con la yema de cada dedo, la 1ª falange (flexión completa del dedo)
ESTIRAMIENTOS ESTÁTICOS: mantén una posición de moderada amplitud durante 10 segundos (10'')	Del flexor de cada dedo por separado 	Del extensor de cada dedo	Estiramiento de los flexores 	Estiramiento de los extensores 

B) CALENTAMIENTO ESPECÍFICO

1- Escalada fácil: Realiza entre 100-150 mov de escalada fácil o 5'-6' en total

Puedes completarlos dividiéndolo en series, o hacerlos todos seguidos, como prefieras

Si lo crees conveniente, haz 2 bloques de canto progresivamente más pequeño para calentar más los dedos

2- Suspensiones sin lastre: Realiza 2 series en cada canto. Puedes elegir los cantos de alguna de las dos multipresas de las que disponemos, o de alguno de los dos campus

- Suspensiones de canto muy bueno** (elige uno del que podrías estar 2-3 minutos (2'-3')). Cuélgate 15''-20''. Descansa 1'-2' entre series
- Suspensiones de regleta grande** (del que podrías estar 1'-2'). Cuélgate 15-20''. Descansa 1'-2' entre series y 3' hasta el siguiente ejercicio
- Suspensiones de canto pequeño** (elige uno del que podrías colgarte menos de 1'). Cuélgate 10''. Descansa 2' entre cada serie

Al finalizar el calentamiento, descansa 5' antes del test durante los cuales, Eva ó Dafnis te medirá y pesará.

Y RECUERDA: *Entre test y test: Moviliza dedos, suelta manos, y mantente abrigado para no perder calor intramuscular y poder dar el máximo en cada prueba. Es conveniente que te pongas unos guantes.*

Y DESPUÉS DEL TEST: *deja pasar unos minutos, y realiza una sesión completa de estiramientos para evitar sobrecargas*

GRACIAS POR TODO!

ANEXO 6: INFORMACIÓN PARA PARTICIPANTES EN EL ESTUDIO III

TÍTULO DEL TRABAJO: “EFECTOS DE TRES PROGRAMAS DE ENTRENAMIENTOS DE FUERZA Y RESISTENCIA DE AGARRE SOBRE LA FUERZA Y RESISTENCIA DE AGARRE EN ESCALADORES DEPORTIVOS DE DIFERENTE NIVEL “.

Autora del proyecto: Eva López Rivera; Licenciada en Ciencias del Deporte por INEF de Madrid; DEA en Rendimiento Deportivo.

Tlfno: 606 42 99 24

Email: evalopriv+tesis@gmail.com

Doctor director Tutor: Juan José González Badillo. Catedrático de Universidad en Teoría y Práctica del Entrenamiento Deportivo

Línea de Investigación: Optimización del Desarrollo de la Fuerza para el Rendimiento Deportivo; Universidad Castilla La Mancha

PROPÓSITO DEL ESTUDIO

Objetivos de este trabajo de investigación en el que colaboras:

- Comparar los efectos de tres entrenamientos de fuerza y resistencia de agarre sobre la fuerza y resistencia de agarre
- Comprobar qué relación existe entre la fuerza máxima de agarre y la resistencia de agarre en canto pequeño

Exigencias del estudio y riesgos potenciales

- Hay que comprometerse a cumplir con un programa de entrenamiento y tests durante 3 meses
- Hay que esforzarse hasta el límite en los tests y el estar colgado de una regleta pequeña puede ocasionar molestias y “dolor”
- Puedes sufrir agujetas 24-48 horas después del test inicial.
- Si tienes especial debilidad en dedos o antebrazo, así como piel muy sensible,
- podrías sufrir lesiones por el sobreesfuerzo

Ventajas:

- Obtendrás mucha información sobre tus capacidades y el entrenamiento en escalada
- Mejorarás tu forma física y posiblemente, tu rendimiento en escalada
- Ayudarás a aumentar el conocimiento en la Ciencia del Entrenamiento en Escalada Deportiva

CONFIDENCIALIDAD

Los datos y la información personal obtenida para esta investigación, se considera confidencial y no será revelada si tú no das tu autorización por escrito. Tu derecho a la privacidad será mantenido sustituyendo tu nombre por un código a la hora de presentar los resultados.

PROCEDIMIENTOS

En general

Se harán tres grupos según los resultados iniciales y a cada grupo se le asignará una planificación de métodos de entrenamiento de dedos de 8 semanas que llevará a cabo 2 días por semana además de un entrenamiento físico-técnico individualizado:

1. Un grupo entrenará durante 4 semanas la fuerza máxima de dedos con suspensiones con máximo lastre en un canto grande de 18 mm durante 10 segundos, y 4 semanas sin lastre sobre la regleta más pequeña posible
2. Otro grupo entrenará durante 4 semanas la fuerza máxima de dedos con suspensiones con máximo lastre en un canto de 18 mm durante 10 segundos, y 4 semanas la fuerza resistencia con suspensiones intermitentes sin lastre sobre la regleta más pequeña posible.
3. Otro grupo entrenará durante 8 semanas la fuerza resistencia de dedos, con suspensiones intermitentes sin lastre, sobre la regleta más pequeña posible.

El test de fuerza consiste en suspensiones de dedos de una regleta de 15 mm con el máximo lastre que se aguante durante 5 segundos y el test de resistencia en suspensión de regleta de 11 mm sin lastre de la que se debe aguantar el mayor tiempo posible.

Los tests se realizan dos semanas antes de empezar a entrenar para comprobar el nivel inicial, a las 4 semanas de entrenamiento para comprobar los efectos de la primera fase; y a las 8 semanas, para valorar las mejoras tras un ciclo completo.

Los entrenamientos comenzarán a partir de la semana del 18 de enero para los participantes de Toledo, y a partir de la semana del 25 de enero para los de Madrid. Los recibiréis en vuestro email unos días antes de esas fechas.

Los entrenamientos de las primeras semanas los supervisaré yo personalmente. Estaré por las tardes en el plafón de Toledo durante la semana del 18 al 21 de enero, y en el local de Madrid que sea más accesible para la mayoría, durante las tardes de la semana del 25 al 28 de enero. Una vez aprendido el procedimiento, cada uno podrá seguir entrenando en su local habitual y nos mantendremos en contacto diariamente por email y teléfono. Independientemente de todo

esto, elaboraré unas instrucciones lo más detalladas posibles sobre cómo realizar y controlar las sesiones de entrenamiento.

En particular

- El participante no podrá ni deberá en *ningún caso realizar ningún entrenamiento* previo con el fin de conseguir un resultado mejor el día del test
- En los días, y la semana antes del test, el participante *no alterará su ritmo normal* de entrenamientos y escaladas a las que esté acostumbrado
- Es importante la salud. Por ello debes cumplir las siguientes requisitos:
- *Salud de los músculos y articulaciones participantes en el ejercicio.* Es decir, se deberán tener los dedos y los antebrazos sanos y como norma deberán haber transcurrido al menos 6 meses desde la última lesión importante sufrida en dedos o antebrazos
- No estar diagnosticado de ninguna *enfermedad Cardiovascular ni pulmonar*, especialmente no ser hipertenso
- No haber sufrido *operaciones quirúrgicas* en los 6 meses anteriores al test
- No estar resfriado, ni tener gripe u otras enfermedades los días del test
- No sufrir enfermedades metabólicas o de otro tipo ni estar tomando medicamentos que contraindiquen la realización de esfuerzos máximos de este tipo
- No estar bajo los efectos de ninguna droga en los 6 meses previos ni durante la realización del test.

La participación en este estudio es completamente voluntaria y se podrá abandonar si así se decide.

Los tests

La jornada del test inicial realizaremos las siguientes tareas:

1. Lectura de documento informativo sobre la investigación experimental y los procedimientos a realizar en el día de hoy.
2. Resolución de dudas
3. Firma y entrega de documento de consentimiento informado

4. Toma de datos personales y deportivos no reflejados en el cuestionario enviado por email (si procede)
5. Realización de Calentamiento General y Específico (30 minutos; anexo 5)
6. Descanso de 5 minutos: Registro de medidas antropométricas: peso y altura
7. Realización de Test 1
8. Descanso de 10 minutos
9. Realización de test 2
10. Vuelta a la calma y Estiramientos

Descripción de los tests

Test 1: Fuerza máxima de agarre en regleta de 15 mm

Objetivo: medir la carga máxima que se puede aguantar suspendido en semiarqueo durante 5" de una regleta de 15 mm. Descripción:

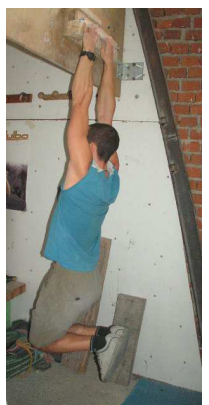
- Por tanteo, cada sujeto elegirá como carga inicial, aquella con la que pueda aguantar 15-20 segundos
- El sujeto toma contacto con la regleta con las manos colocadas a la anchura de hombros, y el test comienza cuando se despegan los pies del suelo.
- Si se cumpliera el tiempo previsto de 5", se anotará el peso, y se añadirán otros 10, 5 o 2,5kilos según la capacidad percibida
- El siguiente intento se realizará después de 5 minutos de descanso.
- El test finaliza cuando no se pueda mantener el agarre durante el tiempo establecido de 5 segundos (no vale "recolocar" los dedos una vez comenzado el test), cuando se flexionen los brazos, se eleven las piernas, o se modifique la postura de ejecución.
- La puntuación de cada sujeto será el peso adicional máximo soportado.
- Antes y después de cada intento se cepillará el agarre, y el sujeto se podrá aplicar magnesio en las manos antes de realizar la suspensión.



Test 2: Resistencia de agarre en canto pequeño

Objetivo: medir el tiempo máximo que se puede aguantar suspendido en semiarqueo de una regleta de 11 mm. Descripción:

- El sujeto toma contacto con la regleta con las manos colocadas a la anchura de hombros, y el test comienza cuando éste despegue los pies del suelo.



- El test finaliza cuando se flexionen los brazos, se eleven las piernas, se modifique la postura de ejecución, o se pierda contacto con el agarre (no vale “recolocar” una vez comenzado el test).
- La puntuación de cada sujeto será el tiempo durante el que haya permanecido suspendido del agarre.

ANEXO 7: CUESTIONARIO PARA PARTICIPANTES EN ESTUDIO III

DATOS PERSONALES Y DEPORTIVOS	
Nombre y apellidos	
Teléfono	
Dirección (Calle, nº, código postal, localidad y provincia)	
Email	
¿Miras habitualmente el correo?	
¿Con qué frecuencia?	
¿Dispones en casa o en el trabajo de conexión a internet diaria?	
Fecha nacimiento	
Edad	
Años escalando	
Lugar de escalada habitual en el último año	
Media de nº días por semana que escalas habitualmente en los últimos 6 meses	
Grado máximo encadenado con ensayos en los 6 últimos meses	
Grado máximo encadenado con ensayos (pon fecha)	
Modalidad que has practicado entrenado con más asiduidad y para la que has entrenado en los últimos 3 meses (vías, bloque o competición en resina)	
Día de la semana en el que prefieres venir a Toledo a hacer el test inicial (de lunes a viernes de semana del 11 o el 18 de enero)	
Horario aproximado en el que te viene mejor venir a Toledo a hacer el test inicial	
Plafón donde entrenarás durante el estudio	

(nombre del sitio, y dirección)	
¿Te podrías desplazar a otro plafón de tu misma ciudad si fuera necesario para entrenar tod@s junt@s o por grupos?	
Tiempo total y horario disponible para entrenar (pon desde qué hora hasta qué hora como máximo)	
¿Qué días te viene mejor entrenar? Elige 3 días/semana seguidos para entrenar durante el estudio (lunes a miércoles; martes a jueves; miércoles a viernes)	
Elige 2 días/semana para escalar durante el estudio (sábado y domingo; domingo y lunes...)	
Si eres de fuera de Toledo, ¿Conoces a otras personas que vivan por tu zona o entrenen contigo que también colaborarán en el estudio?	
<p>¿A quiénes?</p> <p><i>Esta información es por si os viene mejor que os agrupe a los que os conozcáis para que hagáis el test el mismo día. Así podéis venir juntos a Toledo</i></p>	
¿A través de qué medio te enteraste de que iba a realizar este proyecto? Blog, cartel en algún plafón, amigos...	
¿Por qué participas en este proyecto?	

DATOS SOBRE EXPERIENCIA DE ENTRENAMIENTO

Nota: No te preocupes, que la información que pongas aquí no nos servirá para evaluarte, sino para conocerte algo más , y para hacerme una idea de qué experiencia tienes en el entrenamiento y cómo entrenas.

Así puedo ajustarte mejor yo el entrenamiento que harás durante el estudio.

Años entrenando habitualmente	
Especifica días por semana (nº) y media de horas por semana	
¿Has realizado previamente algún entrenamiento o test de suspensiones? (Sí o No)	
¿qué método utilizabas? (nº series, segundos, reposo, con o sin lastre, tamaño canto...)	
¿en qué fechas?	
¿durante cuánto tiempo?	
¿cuántas veces por semana?	
El método de entrenamiento que utilizas para ganar fuerza de tracción es (pon ejercicio, nº series, repeticiones, reposo y días a la semana que lo usas)	
El método de entrenamiento que utilizas para ganar fuerza explosiva es (pon ejercicio, nº series, repeticiones, reposo y días a la semana que lo usas)	
El método de entrenamiento que utilizas para ganar bloque es (pon ejercicio, nº series, repeticiones, reposo y días a la semana que lo usas)	
El método de entrenamiento que utilizas para ganar continuidad es (pon ejercicio, nº series, repeticiones, reposo y días a la semana que lo usas)	
El método de entrenamiento que utilizas para ganar resistencia es (pon ejercicio, nº series, repeticiones, reposo y días a la semana que lo usas)	

PON UN EJEMPLO DE CÓMO SON 2 SEMANAS “TIPO” DE ENTRENAMIENTO Y ESCALADA PARA TI ÚLTIMAMENTE

(Pon contenido o ejercicios, nº series, repet, movimientos que tienen los bloques o vías, reposo, grados que pruebas en roca, si ensayas o vas a vista...

Por ejemplo: Lunes hago bloque (“x” bloques, “x” veces, de “x” movimientos, con “x” reposo), “x” series de dominadas con reposo “x” ...) y luego continuidad (“x” minutos con “x” reposo); Martes hago...

NOTA: Si no tienes un orden especial, o no cuentas las repeticiones o las series, o escalas un poco según lo que te apetezca, me pones más o menos lo que sueles hacer la mayoría de los días y ya está.

Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	domingo
GRACIAS POR TU COLABORACIÓN!						