



MÁSTER UNIVERSITARIO EN RENDIMIENTO

DEPORTIVO Y SALUD

Universidad Miguel Hernández

TRABAJO FINAL DE MÁSTER

Estudio de la flexibilidad en escaladores de distintos niveles

Miriam Marín Quiles

Tutor:

Dr. Francisco Ayala Rodríguez

Elche, Junio de 2018

ÍNDICE

Resumen	1
Palabras clave.....	1
Abstract	1
Key words	1
Introducción	2
Material y método	4
Participantes	4
Procedimiento	5
Análisis estadístico.....	10
Referencias	12



Estudio de la flexibilidad en escaladores de distintos niveles

RESUMEN

El objetivo de este Trabajo Final de Máster será analizar la relación existente entre la fuerza del tren superior y de prensión manual y el rango de movimiento de las principales articulaciones de la extremidad inferior con el nivel de rendimiento en practicantes de escalada deportiva. Para ello, se valorará la flexibilidad de los principales grupos musculares de la extremidad inferior (glúteo mayor, isquiosural, aductores, rotadores de cadera, psoas-ilíaco, cuádriceps, gemelo y sóleo), la fuerza máxima de prensión manual y la fuerza resistencia de la cintura escapular. Un total de noventa escaladores/as con un mínimo de un año de experiencia deportiva federada en escalada formarán parte de este estudio.

Palabras clave: Flexibilidad, rango de movimiento, condición física, escalada deportiva.

Study of flexibility in climbers of different levels

ABSTRACT

The purpose of this Master's Final Project will be to analyze the relationship between the strength of the upper body and manual grip and the range of movement of the main joints of the lower limb with the level of performance in sports climbing practitioners. For this, will be evaluate the flexibility of the main muscle groups of the lower extremity (gluteus maximus, hamstring, adductor, hip rotator, psoas-iliac, quadriceps, gastrocnemius and soleus), the maximum manual grip strength and the resistance strength of the scapular waist. A total of ninety climbers with a minimum of one year of federated sports experience in climbing will be part of this study.

Key words: Flexibility, range of motion, physical fitness, Sport Climbing.

1. INTRODUCCIÓN

La escalada deportiva de competición es un deporte olímpico que requiere que sus practicantes asciendan por vías o paredes de rocódromo de 10 y hasta 40 metros de altura hasta alcanzar un determinado lugar con el menor número de intentos posible (De Benito, Sedano, Redondo y Cuadrado, 2013).

La popularidad de este deporte, tanto en su vertiente recreativa como de competición, ha ido aumentando en los últimos años (Mermier, Janot, Parker y Swan, 2000; Oviglia, 2006; White, 2010; Stankovic, 2013). De hecho, en la actualidad la escalada en roca presenta más de 35 millones de practicantes en todo el mundo, tanto a nivel profesional como amateur (International Federation of Sport Climbing, 2015). Además, en España la escalada en roca es un deporte practicado de forma federada por más de 200.000 personas, lo que supone aproximadamente un 5% del total de licencias deportivas registradas en este país.

Las características de los movimientos empleados en escalada para progresar en la ascensión, sobre todo los realizados cuando la inclinación de la pared es elevada, el tamaño de los agarres es pequeño y la distancia entre estos es notable, requieren de unas exigencias físicas (Grant et al., 2001; Sheel, 2004; Quaine y Vigouroux, 2004; Giles et al., 2006; McLeod et al., 2007; Balas et al., 2012; Ozimek, Staszkiwich, Rokowski y Stanula 2016) y mentales (Magiera et al., 2013) muy altas por parte de sus practicantes. En este sentido, los profesionales de la escalada reconocen la necesidad de optimizar la fuerza, potencia, resistencia, flexibilidad, estabilidad/equilibrio y control neuromuscular para alcanzar altos niveles de rendimiento deportivo (Mermier et al., 2000; Magiera y Rygula, 2007; Magiera et al., 2013).

La comunidad científica parece apoyar esta afirmación, aunque con ciertas restricciones debido a la aún limitada y, en algunos casos, contradictoria información disponible. Así, en los últimos años han surgido un número importante de estudios que describen los factores

fisiológicos modificables más importantes para optimizar el rendimiento en escalada en roca con el propósito de optimizar el diseño de los programas de entrenamiento (Grant et al., 2000; Gran et al., 2001; Watts, 2004; Sheel, 2004; Wall et al., 2004). En particular, la mayor parte de los estudios han analizado la fuerza, potencia y resistencia muscular (Ruchlewicz et al., 1997; Quaine y Vigouroux, 2004; Michailov et al., 2009) y el fitness aeróbico y anaeróbico (Cuadrado et al., 2007; Draper et al., 2014) de los escaladores. Los resultados obtenidos sugieren el desarrollo de un perfil de fuerza específico en el escalador de élite, donde se acentúa la importancia de la fuerza isométrica y concéntrica de los músculos flexores de los dedos, muñeca y codo (Palomares, 2004; Fanchini, Violette, Impellizzeri y Maffiuletti, 2013; Fryer et al., 2016;) y la fuerza (principalmente concéntrica) y potencia de los músculos extensores y rotadores del hombro (De Benito, Sedano, Redondo y Cuadrado, 2013) para un fuerte agarre en las superficies destinadas a este fin y un óptimo avance vertical y horizontal por la vía, respectivamente. Además, se destaca la contribución de los parámetros relacionados con el fitness aeróbico y anaeróbico en el rendimiento en la escalada en roca (Macleod et al., 2007).

Sin embargo, y a pesar de que muchos de los movimientos que los escaladores a menudo realizan para progresar en la ascensión de las vías implican la adopción de amplios rangos articulares (especialmente en las articulaciones de la extremidad inferior), son muy escasos los estudios científicos que han evaluado la flexibilidad muscular como posible factor determinante del rendimiento, informando a su vez de resultados contradictorios (Mermier et al., 2000; Grant et al., 2001; Wall et al., 2004). Además, los escasos estudios que han evaluado la flexibilidad muscular se centran en un número limitado de medidas de rango de movimiento (expresión cuantitativa de la flexibilidad [Ayala, 2012]), por lo que no se aporta una perspectiva global del perfil de flexibilidad del escalador en roca.

Por lo tanto, son necesarios más estudios científicos que evalúen los rangos de movimiento de las principales articulaciones para determinar la posible existencia de un perfil

de flexibilidad específico en el escalador de roca. Este conocimiento permitirá el diseño de programas de entrenamiento más específicos que optimicen los valores de flexibilidad muscular y con ello contribuir a mejorar el rendimiento deportivo y reducir el riesgo de lesión en estos deportistas.

Así, el principal objetivo de este Trabajo Final de Máster será analizar la relación existente entre la fuerza del tren superior y de prensión manual y el rango de movimiento de las principales articulaciones de la extremidad inferior con el nivel de rendimiento en practicantes de escalada deportiva.

2. MATERIAL Y MÉTODO

2.1 Participantes

Un total de noventa escaladores con un mínimo de un año de experiencia deportiva federada en escalada participarán de manera voluntaria en el presente estudio. Cuarenta y cinco hombres (quince por grupo de nivel) y cuarenta y cinco mujeres (quince por grupo de nivel). Los criterios de exclusión para este estudio se determinarán en: (1) poseer una historia clínica de alteraciones músculo-esqueléticas del miembro inferior en los 3 meses previos al día de valoración; (2) presentar dolor muscular de aparición tardía (DOMS) en el momento de ser evaluado, por restringir la extensibilidad de la unidad músculo-tendón y por consiguiente la movilidad articular (McHugh, Connolly, Eston y Gleim, 1999); y (3) cualquier patología que afecte la fuerza de las extremidades superiores y/o lesiones neurológicas periféricas (Crosby y Wehbe, 1994). Todos los sujetos serán verbalmente informados de la metodología a utilizar, así como de los propósitos y posibles riesgos del estudio, y cada uno de ellos firmará un consentimiento informado de acuerdo con las directrices de la declaración de Helsinki (2013) de la Asociación Médica Mundial. Se les requerirá no haber realizado ejercicio intenso 48h previas a la realización de la prueba.

2.2 Procedimiento

Previo a las pruebas de valoración, se le entregará un cuestionario de historial deportivo que se utilizará para obtener información sobre la experiencia (años escalando), frecuencia y rendimiento actual (definido como el grado más alto escalado "a vista" y ensayado), los programas de entrenamiento específicos de flexibilidad de cada sujeto, otros deportes practicados e historial de lesiones. Estas variables se utilizarán para cuantificar el entrenamiento, la experiencia y el grupo de nivel de cada sujeto.

El procedimiento a seguir en este estudio será el siguiente: (1) calentamiento que incluye diez minutos de carrera moderada al 40-60%FC_{máx}, seguido de dos series de treinta segundos de ejercicios de estiramientos estáticos estandarizados, enfatizando la actividad de los grupos musculares del miembro inferior (Cejudo et al., 2015); (2) ROM-SPORT (glúteo mayor, isquiosural, aductores, rotadores de cadera, psoas-ilíaco, cuádriceps, gemelo y sóleo) (Cejudo, 2016); (3) prueba de nivel, en el que el sujeto deberá completar "a vista" (sin conocer previamente la vía de escalada) su grado de dificultad actual; (4) dinamometría manual; y (5) dominadas hasta el fallo; con sus correspondientes descansos entre pruebas (cinco minutos) para intentar minimizar la fatiga y sus posibles influencias negativas sobre las variables a medir.

2.2.1 ROM-SPORT

Se utilizará un inclinómetro ISOMED (Portland, Oregon), un lumbosant (soporte lumbar) para estandarizar la curvatura lumbar (Santonja, 1995), una toalla y una camilla. Se recomienda que el sujeto vista con pantalones deportivos cortos para evitar que la ropa pueda tener influencias sobre la extensibilidad pasiva máxima en las mediciones.

Una vez finalizado el calentamiento estandarizado, se llevará a cabo nueve pruebas angulares pasivas máximas para medir indirectamente la extensibilidad de los principales

grupos musculares del miembro inferior [glúteo mayor, isquiosural, aductores, rotadores de cadera, psoas-iliaco, cuádriceps, gemelo y sóleo] (Figura 1) (Cejudo, 2016). Se realizarán dos intentos máximos para cada una de las pruebas de valoración y segmento corporal (dominante y no dominante), siempre que la diferencia entre ambos no sobrepase un cinco por ciento del valor obtenido, y se seleccionará el valor medio de ambos para el posterior análisis estadístico (Ayala y Sainz de Baranda, 2011). Esta justificación está fundamentada en los resultados de fiabilidad intrasesión determinada a través del coeficiente de correlación intraclase ($ICC_{2,1}$), empleando el método descrito por Hopkins (2000), obteniendo un ICC superior a 0,90 en todas las pruebas de exploración, lo cual demuestra una alta estabilidad de la medida (Cejudo, Sainz de Baranda, Ayala y Santonja, 2014). Será necesario dos examinadores con experiencia en el protocolo. Uno de ellos será quien realice el movimiento pasivo máximo de la articulación y anote el valor obtenido (en grados), mientras que el otro examinador será quien controle la posición y las posibles compensaciones articulares que puedan darse (Sainz de Baranda, Cejudo, Ayala y Santonja, 2015).

Cada test se dará por finalizado cuando se cumpla uno o varios de los siguientes criterios: (1) el examinador perciba resistencia firme por el grupo muscular evaluado (Zakas, 2005); (2) el explorado sienta estiramiento muscular fuerte pero tolerable (Ekstrand et al., 1982); o (3) los examinadores detectan algún movimiento de compensación (rotación de la cadera e incremento de la lordosis lumbar) que incrementa el rango de movimiento (Cejudo et al., 2015).

El sujeto se colocará en posición decúbito supino para las siguientes exploraciones: (1) se evaluará el glúteo mayor, llevando la pierna hasta su máxima flexión de cadera con rodilla flexionada (Figura 1.a); (2) para el isquiosural se realizará la misma flexión de cadera con rodilla en extensión (“Test de Elevación de la Pierna Recta”) (Figura 1.b); (3) en los aductores mono-articulares, el sujeto se coloca con la rodilla y la cadera explorada a noventa grados de

flexión y se llevará la pierna a su máxima abducción de cadera, en el que el examinador fija la cresta ilíaca no explorada para evitar compensación de la articulación (Gerhardt, 1994) (Figura 1.c); (4) para el psoas ilíaco se realizará el “Test de Thomas modificado”, en el que el sujeto se coloca previamente con el glúteo al borde de la camilla llevándose la pierna no evaluada con flexión de cadera y rodilla, evaluando la extensión de cadera, colocando previamente el muslo en una inclinación de cero grados en la horizontal (Figura 1.f); (5) para el cuádriceps, el sujeto adoptará la misma posición, pero se evaluará la flexión máxima de rodilla (Figura 1.g).

Para realizar la exploración de los rotadores de cadera, el sujeto deberá colocarse en posición decúbito prono, la cadera explorada en posición neutra y la rodilla en flexión de noventa grados, llevando a la extremidad hacia (1) rotación interna (Figura 1.d) y (2) rotación externa (Figura 1.e).

El sujeto se coloca en bipedestación apoyado sobre la pared y se le evaluará (1) la dorsi-flexión con rodilla completamente extendida mediante el “Test de la zancada modificada” para el gemelo (Figura 1.h); y (2) la dorsi-flexión con rodilla flexionada mediante el “Test de la zancada” para el sóleo (Figura 1.i) (Cejudó et al., 2014).

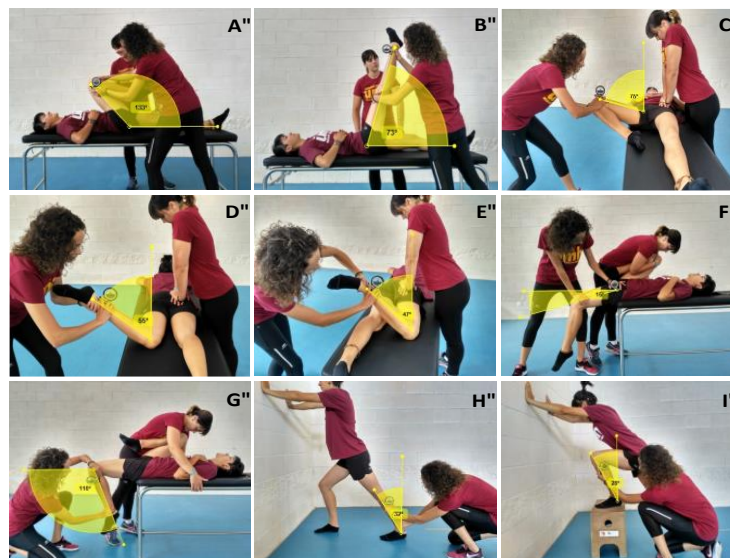


Figura 1. Representación gráfica de las 9 pruebas de valoración del rango de movimiento pasivo máximo a utilizar en el presente estudio.

2.2.2 DINAMOMETRÍA MANUAL

Se evaluará usando un dinamómetro hidráulico de mano con agarre ajustable (Saehan Modelo SH5001, Saehan Corporation, 973, Yangdeok-Dong, Masan 630-728, Korea). La posición del dinamómetro será determinada según el tamaño de la mano, permitiendo un agarre cómodo y funcional del instrumento con un adecuado cierre de las articulaciones metacarpofalángicas e interfalángicas en la posición de puño, favoreciendo el contacto entre la primera falange de índice y pulgar.

El sujeto se colocará en bipedestación con el brazo completamente extendido y la palma de la mano perpendicular a la línea del hombro (Figura 2) (Innés, 1994). Antes de realizar la medición se llevará a cabo un calentamiento de cinco segundos con contracción progresiva hasta el máximo, y cinco segundos de contracción isométrica al ochenta por ciento de su contracción voluntaria máxima (Marion y Niebuhr, 1992). Ambas manos serán medidas alternadamente y se deberá tener en cuenta la fatiga muscular y los periodos de recuperación del ATP del músculo, siendo aproximadamente de un minuto (Watanabe et al., 2005). Se realizarán dos mediciones por cada mano y se registrará la puntuación máxima de cada una para su posterior análisis estadístico.



Figura 2. Representación gráfica de la prueba de valoración de fuerza máxima de prensión manual

2.2.3 DOMINADAS

Para la realización de esta prueba se utilizará una barra de aproximadamente dos centímetros y medio de diámetro situada a una altura de dos metros. El sujeto se colocará en una posición cómoda con agarre en posición prono (Figura 3). La prueba comenzará una vez el sujeto realice el primer movimiento, y serán válidas aquellas repeticiones en las que se consiga noventa grados de flexión de codo y la barbilla sobrepase la barra. Se contabilizarán todas las repeticiones hasta el fallo. La prueba se dará por finalizada cuando (1) el sujeto es incapaz de seguir, (2) el sujeto es incapaz de sobrepasar la barra con la barbilla o (3) el sujeto suelta la barra (IRCRA Test Manual, 2015).



Figura 3. Representación gráfica de la prueba de valoración de fuerza resistencia de la cintura escapular

2.3 Análisis estadístico

Se dividirá a la muestra en tres grupos de nivel (bajo, medio y alto) acorde a la escala de graduación francesa, dado que es la más utilizada internacionalmente, como criterio para la estratificación de dificultad de las vías que los sujetos deberán superar. Se utilizará la escala IRCRA (International Rock Climbing Research Association, 2011) para su posterior análisis estadístico.

Tabla 1. Grupos de habilidad en escalada deportiva por sexo

HOMBRES	MUJERES	ESCALA FRANCESA	ESCALA IRCRA
		5	9
	BAJO	5+	10
BAJO		6a	11
		6a+	12
		6b	13
	MEDIO	6b+	14
		6c	15
MEDIO		6c+	16
		7a	17
		7a+	18
		7b	19
		7b+	20
		7c	21
		7c+	22
	ALTO	8a	23
		8a+	24
		8b	25
ALTO		8b+	26
		8c	27
		8c+	28
		9a	29
		9a+	30
		9b	31
		9b+	32

Previo al análisis estadístico, se comprobará la distribución normal de los datos obtenidos mediante la prueba de Kolomogorov-Smirnov. Se realizará un análisis descriptivo de cada una de las variables cuantitativas, que incluirá la media y su correspondiente desviación típica. La correlación de Pearson se utilizará para comprobar la correlación entre las variables fisiológicas (antropométricas, de prensión manual, resistencia del tren superior y flexibilidad) y el rendimiento en escalada. El análisis estadístico se llevará a cabo mediante un análisis de varianza de 3 factores (ANOVA) para distinguir las diferencias de medias para las variables independientes entre los tres grupos de niveles de habilidades (bajo, medio y alto). Además, se utilizará un análisis de regresión múltiple (ARM) para determinar la cantidad de varianza en el rendimiento de escalada que podría explicarse utilizando los componentes derivados de la ARM.

El análisis estadístico será realizado mediante el paquete estadístico SPSS (Statistical Package for Social Sciences, v.24.0, para Windows; SPSS Inc, Chicago) con un nivel de significación del 95% ($p < 0,05$).

Referencias

1. Ayala, F., de Baranda, P. S., Cejudo, A., y Santonja, F. (2012). Pruebas angulares de estimación de la flexibilidad isquiosural: análisis de la fiabilidad y validez. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 5(2), 67-74.
2. Ayala, F., Sainz de Baranda, P., Cejudo, A., y Santonja, F. (2013). Pruebas angulares de estimación de la flexibilidad isquiosural: descripción de los procedimientos exploratorios y valores de referencia. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 6(3), 120-128.
3. Balas, 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.

4. Bollen, S. R. (1993). Grip strength and endurance in rock climbers. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part H: Journal of Engineering in Medicine*, 207(2), 87-92.
5. Cejudo, A., Ruiz, I., de Baranda, P. S., Ayala, F., y Santoja, F. (2013). Rango de movimiento de la extremidad inferior en atletas de duatlón. *SPORT TK-Revista EuroAmericana de Ciencias del Deporte*, 2(2), 31-40.
6. Cejudo, A., Sainz de Baranda, P., Ayala, F., y Santonja, F. (2014). Perfil de flexibilidad de la extremidad inferior en jugadores senior de balonmano. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 14(2), 111-120.
7. Crosby, C. A., y Wehbé, M. A. (1994). Hand strength: normative values. *The Journal of hand surgery*, 19(4), 665-670.
8. Cuadrado, G.; De Benito, A. M.; Flor, G.; Izquierdo, J. M.; Sedano, S. y Redondo, J. C. (2007). Estudio de la eficacia de dos programas de entrenamiento de la fuerza en el rendimiento de la escalada deportiva. *European Journal of Human Movement*, 19, 61-76.
9. De Baranda, P. S., Cejudo, A., Ayala, F., y Santoja, F. (2015). Perfil de flexibilidad de la extremidad inferior en jugadoras senior de fútbol sala. *Revista española de educación física y deportes*, (409), 35-48.
10. De Benito, A., Sedano, S., Redondo, J., y Cuadrado, G. (2013). Análisis cualitativo de las implicaciones musculares de la escalada deportiva de alto nivel en competición. (Qualitative Study of high level sport climbing muscular involvement in competition). *Revista Internacional De Ciencias Del Deporte*, 9(32), 154-180.
11. Draper, N., Brent, S., Hodgson, C., y Blackwell, G. (2009). Flexibility assessment and the role of flexibility as a determinant of performance in rock climbing. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 9(1), 67-89.

12. Draper, N., Jones, G., Fryer, S., Hodgson, C., y Blackwell, G. (2010). Physiological and psychological responses to lead and top rope climbing for intermediate rock climbers. *European Journal Of Sport Science*, 10(1), 13-20.
13. Ekstrand, J., Wiktorsson, M., Oberg, B., y Gillquist, J. (1982). Lower extremity goniometric measurements: A study to determine their reliability. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 63(4), 171-175.
14. Fanchini, M., Violette, F., Impellizzeri, F. M., y Maffiuletti, N. A. (2013). Differences in climbing-specific strength between boulder and lead rock climbers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(2), 310–314.
15. Gerhardt, J. (1994). *Documentation of Joint Motion*. Oregon: Isomed.
16. 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*, 14(4), 301-309.
17. Hopkins, W.G. (2000). Measures of reliability in sports medicine and science. *Sports Medicine*, 30, 1-15.
18. Innes, E. V. (1999). Handgrip strength testing: a review of the literature. *Australian Occupational Therapy Journal*, 46(3), 120-140.
19. Macleod, D., Sutherland, D., Buntin, L., Whitaker, A., Aitchison, T., y Watt, I. et al. (2007). Physiological determinants of climbing-specific finger endurance and sport rock climbing performance. *Journal Of Sports Sciences*, 25(12), 1433-1443.
20. Magiera, A., Roczniok, R., Maszczyk, A., Czuba, M., Kantyka, J., y Kurek, P. (2013). The structure of performance of a sport rock climber. *Journal of human kinetics*, 36(1), 107-117.
21. Marion, R., y Niebuhr, B. R. (1992). Effect of warm-up prior to maximal grip contractions. *Journal of Hand Therapy*, 5(3), 143-146.

22. McHugh, M. P., Connolly, D. A., Eston, R. G., y Gleim, G. W. (1999). Exercise-induced muscle damage and potential mechanisms for the repeated bout effect. *Sports medicine*, 27(3), 157-170.
23. Mermier, C. M.; Janot, J.M.; Parker, D.L. y Swan, J.G. (2000). Physiological and anthropometric determinants of sport climbing performance. *British Journal of Sports Medicine*, 34(5), 359-365.
24. Oviglia, M. (2006). Rock festivals. *Up – European Climbing Report*, 3, 8 – 23.
25. Ozimek, M., Staszkievicz, R., Rokowski, R., y Stanula, A. (2016). Analysis of tests evaluating sport climbers' strength and isometric endurance. *Journal of human kinetics*, 53(1), 249-260.
26. Quaine, F., Vigouroux, L., y Martin, L. (2003). Finger flexors fatigue in trained rock climbers and untrained sedentary sub-jects. *International Journal of Sports Medicine*, 24(6), 424-427.
27. Santonja F., Ferrer V., y Martínez I. (1995). Exploración clínica del síndrome de isquiosurales Cortos. *Selección*, 4(2), 137-145.
28. Sheel, A. (2004). Physiology of sport rock climbing. *British Journal Of Sports Medicine*, 38(3), 355-359.
29. Stanković, D., Ignjatović, M., Puletić, M., y Raković, A. (2013). The morphological characteristics and motor abilities in sports climbers. In *Proceedings of the 16 Scientific Conference „FIS Communications*(pp. 129-133).
30. Watanabe, T., Owashi, K., Kanauchi, Y., Mura, N., Takahara, M., y Ogino, T. (2005). The short-term reliability of grip strength measurement and the effects of posture and grip span. *Journal of Hand Surgery*, 30(3), 603-609.

31. Wall, C. B., Starek, J. E., Fleck, S. J., y Byrnes, W. C. (2004). Prediction of indoor climbing performance in women rock climbers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(1), 77-83.
32. Watts, P. B. (2004). Physiology of difficult rock climbing. *European Journal of Applied Physiology*, 91, 361-372.
33. Zakas, A. (2005). The effect of warming up on the flexibility of adolescent élite tennis players. *Journal of Human Movement Studies*, 48, 133-146.

