



ESCALADA DEPORTIVA: UN DEPORTE CON EXPLICACIÓN POLI FACTORIAL DEL RENDIMIENTO

SPORT CLIMBING: A DISCIPLINE WITH A POLYFACTORIAL PERFORMANCE EXPLANATION

Isaac López Laval¹, Sebastian Sitko¹

¹Universidad de Zaragoza, Grupo de investigación movimiento humano, España. E-mail: isaac@unizar.es.

RESUMEN

La escalada deportiva es un deporte cada vez más popular y practicado. Esta popularidad se ha visto refrendada en la incorporación de esta disciplina deportiva a los Juegos Olímpicos de Tokio 2020. Hasta la fecha, ningún estudio ha analizado los factores que determinan el rendimiento en esta disciplina deportiva, hecho que podría facilitar la preparación física de los deportistas así como simplificar el trabajo de los entrenadores de esta disciplina. En este estudio hemos analizado uno por uno los principales factores técnicos, tácticos, físicos y psicológicos que inciden en el rendimiento de esta disciplina deportiva intermitente y compleja.

PALABRAS CLAVE: escalada, rendimiento, técnica, fuerza.

ABSTRACT

Sport climbing is an increasingly popular sport discipline, a popularity that has been exposed especially after the discipline was included in the future Tokyo 2020 Olympic Games. To date, there has been no study that evaluated the performance factors that determine results in this sports discipline, a study that would facilitate physical conditioning of athletes and would simplify the job of the specialized coaches. In this study we have analyzed one by one all of the technical, physical, tactical and psychological factors that play a role in the performance in this complex and intermittent discipline.

KEYWORDS: climbing, performance, technique, strength.

1. INTRODUCCIÓN

La escalada deportiva es un deporte con una popularidad creciente que se ha visto culminada con la inclusión de esta modalidad en los Juegos Olímpicos de Tokio 2020. La posibilidad de un aumento de las retribuciones de los escaladores profesionales así como la fama incipiente han provocado que un número cada vez mayor de escaladores se preocupe por su entrenamiento y rendimiento, aspecto que está llevando a una mayor profesionalización de la disciplina así como el aumento de lesiones por sobrecargas de entrenamiento¹.

No existe a día de hoy una metodología objetiva para el análisis de la carga de entrenamiento en escalada, algo que supone un severo lastre para el entrenamiento científico. Los principales métodos se derivan de la metodología de repetición máxima utilizada ampliamente en los gimnasios, basados en el conteo de movimientos y el porcentaje subjetivo de intensidad².

Dado que la cuantificación de la dificultad en la escalada es relativamente subjetiva, resulta complejo dividir a los escaladores en distintos grupos de nivel durante los estudios³. Por suerte, la aparición de escalas de transferencia numéricas está permitiendo una mayor objetivización de la división por grupos en los estudios con escaladores⁴.

2. REVISIÓN DE LA LITERATURA

Un primer estudio⁵ afirmó que menos de un 5% de la variabilidad en el rendimiento de escaladores se veía afectada por sus factores antropométricos. Estos mismos resultados fueron corroborados por un estudio más reciente⁶ que corroboró las mismas

¹ LUTTER, C., EL-SHEIKH, Y., SCHÖFFL, I. et al., 2017. Sport climbing: medical considerations for this new Olympic discipline. *British journal of sports medicine*, vol. 51, no. 1, pp. 2-3.

² MICHAILOV, M.L., 2013. Workload characteristic, performance limiting factors and methods for strength and endurance training in rock climbing. *Med Sport*, no. 18, pp. 97-106.

³ DRAPER, N., CANALEJO, J., FRYER, S., DICKSON, T., et al., 2011. Reporting climbing grades and grouping categories for rock climbing. *Isokinet Exerc Sci*, vol. 19, no. 4, pp. 273-280.

⁴ DRAPER, N., GILES, D., SCHÖFFL, V., et al., 2015. Comparative grading scales, statistical analyses, climber descriptors and ability grouping: International Rock Climbing Research Association. *Sports Technology*, vol. 8, no. 3-4, pp. 88-98.

⁵ MERMIER, C.M., JANOT, J.M., PARKER, et al., 2000. Physiological and anthropometric determinants of sport climbing performance. *British journal of sports medicine*, vol. 34, no. 5, pp. 359-65.

⁶ LAFFAYE, G., LEVERNIER, G. y COLLIN, J.-M., 2016. Determinant factors in climbing ability: Influence of strength, anthropometry, and neuromuscular fatigue. *Scandinavian journal of medicine &*

conclusiones. Analizando en profundidad ambos estudios podemos extraer que un menor peso está relacionado positivamente con el rendimiento, algo que resulta obvio en un deporte de potencia relativa al peso. Por otro lado, una estatura pequeña podría evidenciar un mayor rendimiento, siempre y cuando fuera ligada a un peso menor. Otros dos factores característicos de los escaladores de alto nivel es el grado moderado de hipertrofia y su considerable envergadura. De nuevo repetimos que, a pesar de que este tipo de cualidades se pueden observar con frecuencia en escaladores de élite, estos factores no explican en gran medida el rendimiento en la disciplina.

Existen muy pocos estudios con variables psicológicas en escaladores. A este respecto, se ha comprobado que los escaladores de distintos niveles presentan niveles similares de motivación y búsqueda de sensaciones, con autopercepción positiva de sí mismos⁷. Por otro lado, se sabe que el estrés no afecta a los escaladores de alto nivel de igual manera que a los iniciados e intermedios. Teniendo esto como resultado, un similar rendimiento en este grupo en la escalada de segundo y de primero de cuerda⁸. Se sabe también que niveles óptimos de ansiedad cognitiva son positivos para el rendimiento⁹ siempre y cuando la ansiedad no provenga de una sensación de descontrol de la situación, tal como ocurre en iniciados que se encuentran en alturas a las que no están acostumbrados¹⁰. Finalmente, la previsualización de las rutas (práctica muy utilizada en las competiciones) parece ser útil únicamente para los escaladores más experimentados¹¹, siendo capaz de producir esta práctica una alteración de la técnica de ejecución de los movimientos durante la vía. Dos estudios^{12,13} otorgaron a estos factores más de la mitad de la variabilidad del

science in sports, vol. 26, no. 10, pp. 1151-1159.

⁷ ASCI, F.H., DEMIRHAN, G. y DINC, S.C., 2007. Psychological profile of Turkish rock climbers: an examination of climbing experience and route difficulty. *Perceptual and motor skills*, vol. 104, no. 3 Pt 1, pp. 892-900.

⁸ FRYER, S., DICKSON, T., DRAPER, et al., 2013. A psychophysiological comparison of on-sight lead and top rope ascents in advanced rock climbers. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, vol. 23, no. 5, pp. 645-650.

⁹ HARDY, L. y HUTCHINSON, A., 2007. Effects of performance anxiety on effort and performance in rock climbing: a test of processing efficiency theory. *Anxiety, stress, and coping*, vol. 20, no. 2, pp. 147-161.

¹⁰ NIEUWENHUYNS, A., PIJPERS, J.R., OUDEJANS, R.R.D. et al., 2008. The influence of anxiety on visual attention in climbing. *Journal of sport & exercise psychology*, vol. 30, no. 2, pp. 171-185.

¹¹ SANCHEZ, X., LAMBERT, P., JONES, G. et al., 2012. Efficacy of pre-ascent climbing route visual inspection in indoor sport climbing. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, vol. 22, no. 1, pp. 67-72.

¹² MERMIER, C.M., JANOT, J.M., PARKER, et al., 2000. Physiological and anthropometric determinants of sport climbing performance. *British journal of sports medicine*, vol. 34, no. 5, pp. 359-65.

rendimiento en escaladores. Así, se sabe que los escaladores presentan niveles de fuerza absoluta medidos en dinamometría manual que no se diferencian de los resultados obtenidos por sujetos controles^{14,15}. No obstante, cuando estos resultados se ajustan al peso de los sujetos sí se obtienen diferencias significativas. Los mismos resultados se han obtenido también en poblaciones de escaladoras¹⁶. Por otro lado, se sabe que la musculatura flexora del antebrazo y mano es más fuerte en escaladores que en grupos control¹⁷. El estado de prefatiga de esta musculatura causa un menor rendimiento en escalada al compararla con la fatiga de otros grupos musculares¹⁸.

Uno de los factores de rendimiento más importantes es la capacidad reoxidativa en la musculatura local¹⁹, que puede predecir con gran exactitud el grado de escalada ensayado. Esta capacidad resulta determinante incluso en ausencia de flujo de sangre al músculo²⁰.

Por otro lado, la resistencia a la fuerza es también una capacidad determinante del rendimiento. Se sabe que los escaladores de más nivel tienen una mayor resistencia de musculatura de tronco superior²¹ y que ésta se reduce tras varios intervalos de actividad²². Al igual que ocurre en otras actividades interválicas, se observan

¹³ LAFFAYE, G., LEVERNIER, G. y COLLIN, J.-M., 2016. Determinant factors in climbing ability: Influence of strength, anthropometry, and neuromuscular fatigue. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, vol. 26, no. 10, pp. 1151-1159.

¹⁴ GRANT, S., HASLER, T., DAVIES, C., et al., 2001. A comparison of the anthropometric, strength, endurance and flexibility characteristics of female elite and recreational climbers and non-climbers. *Journal of sports sciences*, vol. 19, no. 7, pp.

¹⁵ CUTTS, A. y 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*, vol. 207, no. 2.

¹⁶ GRANT, S., HASLER, T., DAVIES, C., et al., 2001. A comparison of the anthropometric, strength, endurance and flexibility characteristics of female elite and recreational climbers and non-climbers. *Journal of sports sciences*, vol. 19, no. 7, pp. 499-505.

¹⁷ VIGOUROUX, L., GOISLARD DE MONSABERT, B. y BERTON, E., 2015. Estimation of hand and wrist muscle capacities in rock climbers. *European journal of applied physiology*, vol. 115, no. 5, pp. 947-957. ISSN 1439-6327 (Electronic). DOI 10.1007/s00421-014-3076-6.

¹⁸ DEYHLE, M.R., HSU, H.-S., FAIRFIELD, T.J., et al., 2015. Relative Importance of Four Muscle Groups for Indoor Rock Climbing Performance. *Journal of strength and conditioning research*, vol. 29, no. 7, pp. 2006-2014.

¹⁹ FRYER, S., STONER, L., STONE, et al., 2016. Forearm muscle oxidative capacity index predicts sport rock-climbing performance. *European journal of applied physiology*, vol. 116, no. 8, pp. 1479-1484.

²⁰ FRYER, S., STONER, L., SCARROTT, C., et al., 2015. Forearm oxygenation and blood flow kinetics during a sustained contraction in multiple ability groups of rock climbers. *Journal of sports sciences*, vol. 33, no. 5, pp. 518-526.

²¹ OZIMEK, M., ROKOWSKI, R., DRAGA, P., et al., 2017. The role of physique, strength and endurance in the achievements of elite climbers. *PloS one*, vol. 12, no. 8, pp 12-19.

²² WATTS, P.B., DAGGETT, M., GALLAGHER, P. et al., 2000. Metabolic response during sport rock climbing and the effects of active versus passive recovery. *International journal of sports medicine*, vol. 21, no. 3, pp. 185-190.

aumentos de lactato en sangre que permanecen elevados incluso tras periodos de descanso prolongados²³. Las técnicas para aumentar el flujo sanguíneo en la musculatura local parecen ser también efectivas para mejorar la recuperación entre intervalos²⁴.

Finalmente, los escaladores de nivel presentan un reparto de cargas más simétrico durante la actividad²⁵ y engrosamiento de tejidos blandos en las manos tras varios años de actividad²⁶.

Al igual que sucede en otros deportes intermitentes, se observan valores moderados de consumo de oxígeno en los escaladores^{22,27}. Por tanto, este tipo de medida no se puede utilizar para valorar el rendimiento en esta disciplina deportiva²⁸. Por otro lado, al contrario de lo que sucede en otros deportes, no existe una linealidad entre el consumo de oxígeno y la frecuencia cardíaca²⁹ que puede deberse a la utilización de sustratos sobre todo a nivel local. Un aumento de la demanda central ocurre sobre todo al aumentar la inclinación de la pared^{30,31}. En estas situaciones, los escaladores

²³ SCHOFFL, V.R., MOCKEL, F., KOSTERMEYER, G., et al., 2006. Development of a performance diagnosis of the anaerobic strength endurance of the forearm flexor muscles in sport climbing. *International journal of sports medicine*, vol. 27, no. 3, pp. 205-211.

²⁴ BALAS, J., MICHAILOV, M., GILES, D., et al., 2016. Active recovery of the finger flexors enhances intermittent handgrip performance in rock climbers. *European journal of sport science*, vol. 16, no. 7, pp. 764-772. I

²⁵ DONATH, L., ROESNER, K., SCHOFFL, V. et al., 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*, vol. 23, no. 4, pp. 12-19.

²⁶ SCHREIBER, T., ALLENSPACH, P., SEIFERT, B. et al., 2015. Connective tissue adaptations in the fingers of performance sport climbers. *European journal of sport science*, vol. 15, no. 8, pp. 696-702.

²⁷ RODIO, A., FATTORINI, L., ROSPONI, A., et al., 2008. Physiological adaptation in noncompetitive rock climbers: good for aerobic fitness? *Journal of strength and conditioning research*, vol. 22, no. 2, pp. 359-364.

²⁸ LIMONTA, E., BRIGHENTI, A., RAMPICHINI, S., et al., 2018. Cardiovascular and metabolic responses during indoor climbing and laboratory cycling exercise in advanced and elite climbers. *European Journal of Applied Physiology*, vol. 118, no. 2, pp. 371-379.

²⁹ MERMIER, C.M., ROBERGS, R.A., MCMINN, S.M. et al., 1997. Energy expenditure and physiological responses during indoor rock climbing. *British journal of sports medicine*, vol. 31, no. 3, pp. 224-228.

³⁰ BILLAT, V., PALLEJA, P., CHARLAIX, T., et al., 1995. Energy specificity of rock climbing and aerobic capacity in competitive sport rock climbers. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, vol. 35, no. 1, pp. 20-24.

³¹ BALAS, J., PANACKOVA, M., STREJCOVA, B., et al., 2014. The relationship between climbing ability and physiological responses to rock climbing. *TheScientificWorldJournal*, vol. 2014, pp. 678387. ISSN 1537-744X (Electronic). DOI 10.1155/2014/678387.

de nivel muestran una mejor economía del esfuerzo que se ve reflejada en un consumo de oxígeno por movimiento menor que en los escaladores aficionados³².

3. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La escalada deportiva es un deporte con una explicación del rendimiento multifactorial. La existencia de actividad en altitudes, muchas veces con un elemento de riesgo (caídas) y en un medio poco controlado como es el natural, produce una incidencia de factores psicológicos que van más allá de lo puramente motivacional. El factor psicológico apenas se ha estudiado en esta disciplina deportiva y su importancia queda en entredicho hasta la llegada de futuros estudios.

Desde siempre se ha hablado de los factores antropométricos como claves para el rendimiento en la escalada. Lo cierto es que la evidencia científica de la que disponemos hasta la fecha no muestra que este tipo de factores tengan una implicación clara en esta modalidad deportiva. Esto se puede observar con un rápido análisis de los mejores escaladores del mundo, entre los que destacan atletas como Jan Hojer (188cm y 88kg) y Sachi Amma (172cm y 53kg). Por tanto, se puede concluir que la variabilidad antropométrica se puede suplir con otros factores de rendimiento más desarrollados.

La fuerza general y local del tronco superior se muestra indudablemente clave en el rendimiento de los escaladores, sobre todo si hablamos de una aplicación relativa al peso. En los últimos años la capacidad reoxidativa de la musculatura local ha cobrado importancia en el análisis del rendimiento y su predicción. Creemos que nuevas metodologías que permitan un trabajo específico de esta capacidad aumentarán sustancialmente el rendimiento visto en la disciplina hasta la fecha.

Tal como se ha podido ver, la capacidad cardiorrespiratoria de los escaladores no es destacable. No obstante, ello no implica que no sea necesario su entrenamiento dadas sus aplicaciones positivas en la economía del esfuerzo y mejora del rendimiento.

Finalmente, las necesidades nutricionales de los escaladores apenas se han estudiado hasta la fecha. La vertiente nutricional en esta modalidad deportiva puede ser crucial

³² BERTUZZI, R., FRANCHINI, E., TRICOLI, et al., 2012. Fit-climbing test: a field test for indoor rock climbing. *Journal of strength and conditioning research*, vol. 26, no. 6, pp. 1558-1563.

dadas sus dobles posibilidades de actuación: por un lado las intervenciones dietéticas permiten una modificación de la composición corporal que resulta en un aumento del ratio fuerza/peso y por otro lado permiten optimizar la utilización de sustratos energéticos determinantes en situaciones clave mediante intervenciones ya conocidas en otras disciplinas deportivas como la carga de glucógeno. Hasta la fecha sólo un estudio con escaladores de bloque ha tratado la materia, evidencia escasa para sacar conclusiones determinantes en esta materia³³.

BIBLIOGRAFÍA

- ASCI, F.H., DEMIRHAN, G. y DINC, S.C., 2007. Psychological profile of Turkish rock climbers: an examination of climbing experience and route difficulty. *Perceptual and motor skills*, vol. 104, no. 3 Pt 1, pp. 892-900. ISSN 0031-5125 (Print). DOI 10.2466/pms.104.3.892-900.
- BALAS, J., MICHAILOV, M., GILES, D., KODEJSKA, J., PANACKOVA, M. y FRYER, S., 2016. Active recovery of the finger flexors enhances intermittent handgrip performance in rock climbers. *European journal of sport science*, vol. 16, no. 7, pp. 764-772. ISSN 1536-7290 (Electronic). DOI 10.1080/17461391.2015.1119198.
- BALAS, J., PANACKOVA, M., STREJCOVA, B., MARTIN, A.J., COCHRANE, D.J., KALAB, M., KODEJSKA, J. y DRAPER, N., 2014. The relationship between climbing ability and physiological responses to rock climbing. *TheScientificWorldJournal*, vol. 2014, pp. 678387. ISSN 1537-744X (Electronic). DOI 10.1155/2014/678387.
- BERTUZZI, R., FRANCHINI, E., TRICOLI, V., LIMA-SILVA, A.E., PIRES, F.D.O., OKUNO, N.M. y KISS, M.A.P.D.M., 2012. Fit-climbing test: a field test for indoor rock climbing. *Journal of strength and conditioning research*, vol. 26, no. 6, pp. 1558-1563. ISSN 1533-4287 (Electronic). DOI 10.1519/JSC.0b013e318231ab37.
- BERTUZZI, R.C. de M., FRANCHINI, E., KOKUBUN, E. y KISS, M.A.P.D.M.,

³³ SMITH, E.J., STOREY, R. y RANCHORDAS, M.K., 2017. Nutritional Considerations for Bouldering. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, vol. 27, no. 4, pp. 314-324.

2007. Energy system contributions in indoor rock climbing. *European journal of applied physiology*, vol. 101, no. 3, pp. 293-300. ISSN 1439-6319 (Print). DOI 10.1007/s00421-007-0501-0.
- BILLAT, V., PALLEJA, P., CHARLAIX, T., RIZZARDO, P. y JANEL, N., 1995. Energy specificity of rock climbing and aerobic capacity in competitive sport rock climbers. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, vol. 35, no. 1, pp. 20-24. ISSN 0022-4707 (Print).
 - CUTTS, A. y 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*, vol. 207, no. 2, pp. 87-92. ISSN 0954-4119 (Print). DOI Strength, endurance and anthropometric factors in climbing.
 - DEYHLE, M.R., HSU, H.-S., FAIRFIELD, T.J., CADEZ-SCHMIDT, T.L., GURNEY, B.A. y MERMIER, C.M., 2015. Relative Importance of Four Muscle Groups for Indoor Rock Climbing Performance. *Journal of strength and conditioning research*, vol. 29, no. 7, pp. 2006-2014. ISSN 1533-4287 (Electronic). DOI 10.1519/JSC.0000000000000823.
 - DONATH, L., ROESNER, K., SCHOFFL, 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*, vol. 23, no. 4, pp. 406-414. ISSN 1600-0838 (Electronic). DOI 10.1111/j.1600-0838.2011.01399.x.
 - DRAPER, N., CANALEJO, J., FRYER, S., DICKSON, T., WINTER, D., ELLIS, G., HAMLIN, M., SHEARMAN, J. y NORTH, C., 2011. Reporting climbing grades and grouping categories for rock climbing. *Isokinet Exerc Sci*, vol. 19, no. 4, pp. 273-280.
 - DRAPER, N., GILES, D., SCHÖFFL, V., KONSTANTIN FUSS, F., WATTS, P., WOLF, P., BALÁŠ, J., ESPANA-ROMERO, V., BLUNT GONZALEZ, G., FRYER, S., FANCHINI, M., VIGOUROUX, L., SEIFERT, L., DONATH, L., SPOERRI, M., BONETTI, K., PHILLIPS, K., STÖCKER, U., BOURASSA-MOREAU, F., GARRIDO, I., DRUM, S., BEEKMEYER, S., ZILTENER, J.-L., TAYLOR, N., BEERETZ, I., MALLY, F., MITHAT AMCA, A., LINHART, C. y

- ABREU, E., 2015. Comparative grading scales, statistical analyses, climber descriptors and ability grouping: International Rock Climbing Research Association position statement. *Sports Technology*, vol. 8, no. 3-4, pp. 88-94. ISSN 1934-6182. DOI 10.1080/19346182.2015.1107081.
- FRYER, S., DICKSON, T., DRAPER, N., BLACKWELL, G. y HILLIER, S., 2013. A psychophysiological comparison of on-sight lead and top rope ascents in advanced rock climbers. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, vol. 23, no. 5, pp. 645-650. ISSN 1600-0838 (Electronic). DOI 10.1111/j.1600-0838.2011.01432.x.
 - FRYER, S., STONER, L., SCARROTT, C., LUCERO, A., WITTER, T., LOVE, R., DICKSON, T. y DRAPER, N., 2015. Forearm oxygenation and blood flow kinetics during a sustained contraction in multiple ability groups of rock climbers. *Journal of sports sciences*, vol. 33, no. 5, pp. 518-526. ISSN 1466-447X (Electronic). DOI 10.1080/02640414.2014.949828.
 - FRYER, S., STONER, L., STONE, K., GILES, D., SVEEN, J., GARRIDO, I. y ESPANA-ROMERO, V., 2016. Forearm muscle oxidative capacity index predicts sport rock-climbing performance. *European journal of applied physiology*, vol. 116, no. 8, pp. 1479-1484. ISSN 1439-6327 (Electronic). DOI 10.1007/s00421-016-3403-1.
 - 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*, vol. 19, no. 7, pp. 499-505. ISSN 0264-0414 (Print). DOI 10.1080/026404101750238953.
 - GRANT, S., SHIELDS, C., FITZPATRICK, V., LOH, W.M., WHITAKER, A., WATT, I. y KAY, J.W., 2003. Climbing-specific finger endurance: a comparative study of intermediate rock climbers, rowers and aerobically trained individuals. *Journal of sports sciences*, vol. 21, no. 8, pp. 621-630. ISSN 0264-0414 (Print). DOI 10.1080/0264041031000101953.
 - HARDY, L. y HUTCHINSON, A., 2007. Effects of performance anxiety on effort and performance in rock climbing: a test of processing efficiency theory.

- Anxiety, stress, and coping*, vol. 20, no. 2, pp. 147-161. ISSN 1477-2205 (Electronic). DOI 10.1080/10615800701217035.
- LAFFAYE, G., LEVERNIER, G. y COLLIN, J.-M., 2016. Determinant factors in climbing ability: Influence of strength, anthropometry, and neuromuscular fatigue. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, vol. 26, no. 10, pp. 1151-1159. ISSN 1600-0838 (Electronic). DOI 10.1111/sms.12558.
 - LIMONTA, E., BRIGHENTI, A., RAMPICHINI, S., CÈ, E., SCHENA, F. y ESPOSITO, F., 2018. Cardiovascular and metabolic responses during indoor climbing and laboratory cycling exercise in advanced and elite climbers. *European Journal of Applied Physiology*, vol. 118, no. 2, pp. 371-379. ISSN 1439-6319. DOI 10.1007/s00421-017-3779-6.
 - LUTTER, C., EL-SHEIKH, Y., SCHÖFFL, I. y SCHÖFFL, V., 2017. Sport climbing: medical considerations for this new Olympic discipline. *British journal of sports medicine*, vol. 51, no. 1, pp. 2-3. ISSN 1473-0480. DOI 10.1136/bjsports-2016-096871.
 - 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*, vol. 34, no. 5, pp. 359-65; discussion 366. ISSN 0306-3674 (Print).
 - 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*, vol. 31, no. 3, pp. 224-228. ISSN 0306-3674 (Print).
 - MICHAILOV, M.L., 2013. Workload characteristic, performance limiting factors and methods for strength and endurance training in rock climbing. *Med Sport*, no. 18, pp. 97-106. DOI 10.5604/17342260.1120661.
 - NIEUWENHUYS, A., PIJPERS, J.R., OUDEJANS, R.R.D. y BAKKER, F.C., 2008. The influence of anxiety on visual attention in climbing. *Journal of sport & exercise psychology*, vol. 30, no. 2, pp. 171-185. ISSN 0895-2779 (Print).
 - OZIMEK, M., ROKOWSKI, R., DRAGA, P., LJAKH, V., AMBROZY, T.,

- KRAWCZYK, M., REGWELSKI, T., STANULA, A., GORNER, K., JURCZAK, A. y MUCHA, D., 2017. The role of physique, strength and endurance in the achievements of elite climbers. *PloS one*, vol. 12, no. 8, pp. e0182026. ISSN 1932-6203 (Electronic). DOI 10.1371/journal.pone.0182026.
- RODIO, A., FATTORINI, L., ROSPONI, A., QUATTRINI, F.M. y MARCHETTI, M., 2008. Physiological adaptation in noncompetitive rock climbers: good for aerobic fitness? *Journal of strength and conditioning research*, vol. 22, no. 2, pp. 359-364. ISSN 1533-4287 (Electronic). DOI 10.1519/JSC.0b013e3181635cd0.
 - SANCHEZ, X., LAMBERT, P., JONES, G. y LLEWELLYN, D.J., 2012. Efficacy of pre-ascent climbing route visual inspection in indoor sport climbing. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, vol. 22, no. 1, pp. 67-72. ISSN 1600-0838 (Electronic). DOI 10.1111/j.1600-0838.2010.01151.x.
 - SCHOFFL, V.R., MOCKEL, F., KOSTERMEYER, G., ROLOFF, I. y KUPPER, 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*, vol. 27, no. 3, pp. 205-211. ISSN 0172-4622 (Print). DOI 10.1055/s-2005-837622.
 - SCHREIBER, T., ALLENSPACH, P., SEIFERT, B. y SCHWEIZER, A., 2015. Connective tissue adaptations in the fingers of performance sport climbers. *European journal of sport science*, vol. 15, no. 8, pp. 696-702. ISSN 1536-7290 (Electronic). DOI 10.1080/17461391.2015.1048747.
 - SMITH, E.J., STOREY, R. y RANCHORDAS, M.K., 2017. Nutritional Considerations for Bouldering. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, vol. 27, no. 4, pp. 314-324. ISSN 1543-2742 (Electronic). DOI 10.1123/ijsnem.2017-0043.
 - VIGOUROUX, L., GOISLARD DE MONSABERT, B. y BERTON, E., 2015. Estimation of hand and wrist muscle capacities in rock climbers. *European journal of applied physiology*, vol. 115, no. 5, pp. 947-957. ISSN 1439-6327 (Electronic). DOI 10.1007/s00421-014-3076-6.

- WATTS, P., NEWBURY, V. y SULENTIC, J., 1996. Acute changes in handgrip strength, endurance, and blood lactate with sustained sport rock climbing. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, vol. 36, no. 4, pp. 255-260. ISSN 0022-4707 (Print).
- WATTS, P.B., DAGGETT, M., GALLAGHER, P. y WILKINS, B., 2000. Metabolic response during sport rock climbing and the effects of active versus passive recovery. *International journal of sports medicine*, vol. 21, no. 3, pp. 185-190. ISSN 0172-4622 (Print). DOI 10.1055/s-2000-302.