

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE MEDICINA
ESCUELA DE POSTGRADO



"Control de la Musculatura Axial en Escaladores Deportivos:
¿determinante de rendimiento?"

IGNACIO ANTONIO SOLAR ALTAMIRANO

Tesis para optar al grado de

Magister en Fisiología

Director de Tesis: Prof. Dr. Eduardo Cerda Díaz

2017

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE MEDICINA
ESCUELA DE POSTGRADO

INFORME DE APROBACION TESIS DE MAGISTER

Se informa a la Comisión de Grados Académicos de la Facultad de Medicina, que la Tesis de Magister presentada por el candidato

IGNACIO ANTONIO SOLAR ALTAMIRANO

ha sido aprobada por la Comisión Informante de Tesis como requisito para optar al Grado de Magister en Fisiología en el Examen de Defensa de Tesis rendido el día 21 de Agosto de 2017.

Prof. Dr. Eduardo Cerda Díaz
Director de Tesis
Facultad de Medicina - Universidad de Chile

COMISION INFORMANTE DE TESIS

Prof. Dr. Marcelo Cano Cappellacci

Profa. Dra. Julia Guerrero Peralta

Prof. Dr. Rodrigo Castillo Peñaloza

Profa. Dra. Carla Basualto Alarcón

*A la escalada,
universidad para la vida...*

La lista de personas que hicieron posible la presente tesis es larga, me permitiré el lujo de agradecerles a todas:

Agradecer a mi padre y madre, cada paso que doy brota desde su amor.

A mi familia nuclear y ampliada, por las risas y el sin sentido del día a día necesario para seguir soñando.

A Marcelo, por contagiarme con su carisma académico e introducirme al mundo de las ciencias de la actividad física y el deporte.

A Alejandro, por su amistad, profesionalismo y apoyo en los momentos clave.

A María José, Jorge, Nathalie, Karen, Fernando y Soledad del Departamento de Nutrición y a Pablo y Claudio, del Departamento de Kinesiología, por ampliar a un nivel insospechado los alcances de la presente tesis.

A Jose, por hacer de mi trabajo en la Universidad de Chile un lugar único.

Finalmente, agradecer a mi tutor de tesis, Eduardo Cerda, por conducir con prudente flexibilidad el disparate de investigar a escaladores deportivos en la Facultad de Medicina.

Índice

| | |
|--|----|
| Resumen..... | 7 |
| Abstract | 9 |
| Introducción | 11 |
| Musculatura axial y rendimiento deportivo..... | 11 |
| Determinantes de rendimiento en el/la escalador/a deportivo/a | 11 |
| Musculatura axial y escalada deportiva | 14 |
| Hipótesis de trabajo | 16 |
| Objetivos | 16 |
| Objetivo general..... | 16 |
| Objetivos específicos..... | 16 |
| Materiales y métodos | 17 |
| Diseño de la investigación..... | 17 |
| Criterios de inclusión..... | 17 |
| Variables..... | 18 |
| Protocolo de trabajo | 19 |
| Lugar de desarrollo de la investigación..... | 19 |
| Protocolo de captura de datos..... | 19 |
| Protocolo de procesamiento de datos..... | 21 |
| Protocolo de análisis de datos | 24 |
| Comité de ética | 24 |
| Resultados | 25 |
| Reclutamiento voluntarios..... | 25 |
| Fase 1 - Antropometría, composición corporal y condición física | 25 |
| Fase 2 - % CVM durante 1-RMTS y posturografías / Rendimiento en pruebas de balance | 27 |
| Discusión | 33 |
| Fase 1 | 33 |
| Experiencia escalando..... | 33 |
| Antropometría..... | 33 |
| Composición corporal | 34 |
| Condición física..... | 35 |

| | |
|--|----|
| Fase 2 | 36 |
| Conclusiones | 40 |
| Bibliografía | 41 |
| Anexos..... | 47 |
| Anexo n° 1 - El fenómeno de la escalada deportiva..... | 47 |
| Anexo n° 2 - Clasificación de escaladores/as y de dificultad de rutas/problemas de la International Rock Climbing Research Association (IRCRA)..... | 48 |
| Anexo n° 3 - Formularios de antecedentes deportivos, lesiones/molestias físicas y experiencia escalando | 49 |
| Anexo n° 4 - Protocolo de medición de composición corporal mediante DXA..... | 53 |
| Anexo n° 5 - Formulario de "Información a los/participantes" y "Consentimiento informado" .. | 54 |
| Anexo n° 6 - Protocolo de Deborah Kerr para evaluaciones antropométricas..... | 57 |
| Anexo n° 7 - Detalles tareas de 1-RMTS y balance durante segunda sesión..... | 58 |
| Anexo n° 8 - Certificado de aprobación del proyecto por el Comité de Ética en Investigación en Seres Humano - Facultad de Medicina - Universidad de Chile | 59 |

Resumen

La musculatura axial actúa como la base anatómica para el movimiento de los segmentos distales durante la ejecución de tareas de la vida diaria o de gestos deportivos (Calatayud et al., 2015). El control de la fuerza, balance y movimiento de la musculatura axial maximiza las cadenas cinéticas de las extremidades, permitiendo la generación máxima de fuerza y precisión a nivel distal (Kibler, Press, & Sciascia, 2006). Investigaciones en relación a dicho grupo muscular en diversas disciplinas han sugerido el rol que tendría sobre el rendimiento deportivo (Filipa, Byrnes, Paterno, Gregory, & Hewett, 2012; Gowan, Jobe, Tibone, Perry, & Moynes, 1987; Lephart, Smoliga, Myers, Sell, & Tsai, 2005; Tantawi, 2011; Torres-Ronda, Sánchez-Medina, & González-Badillo, 2011).

Por su parte, investigaciones en el campo del rendimiento en escalada deportiva han podido establecer su asociación con: la fuerza de prensión manual (V. España-Romero et al., 2009; Mermier, Janot, Parker, & Swan, 2000; Watts, 2004), la fuerza de dedos (MacLeod et al., 2007) y el % porcentaje de masa grasa (%MG) de los/las escaladores/as (Puletić & Stanković, 2014; Watts, Joubert, Lish, Mast, & Wilkins, 2003; Watts, 2004). Sin embargo, y a pesar de las referencias al control de tronco y de caderas en textos de entrenamiento de escalada (Hague & Hunter, 2013; MacLeod, 2012) y los efectos demostrados de esta disciplina sobre la musculatura axial (Grzybowski, Donath, & Wagner, 2014; Heitkamp, Wörner, & Horstmann, 2005; Muehlbauer, Granacher, Jockel, & Kittel, 2013; Muehlbauer, Stuerchler, & Granacher, 2012) no existen a la fecha estudios que hayan explorado si esta habilidad actúa como determinante de rendimiento.

La presente tesis buscó determinar la influencia del control sobre el trapecio transverso, serrato anterior, erector espinal y recto abdominal en relación al rendimiento de escaladores, exponiéndolos a 4 tareas: la primera, denominada 1 repetición máxima de tren superior (1-RMTS). Las restantes, tres tareas de balance sobre plataforma de fuerza: bipodal con ojos abiertos, bipodal con ojos cerrados y unipodal con ojos abiertos. La actividad eléctrica muscular de los 4 pares de músculos fue registrada mediante electromiografía de superficie. Como hipótesis de trabajo, se planteó que escaladores de mayor nivel presentarían mayores niveles de reclutamiento durante las tareas. Complementariamente se valoró perfil antropométrico, composición corporal y fuerza de prensión manual mediante dinamometría. Treinta escaladores (9, 11 y 10 escaladores intermedio, avanzado y elite respectivamente) participaron del estudio. La media (DE) de la muestra respecto de la experiencia escalando, peso y talla fueron 8,6 (4,67) años, 66,05 (6,34) kg.

y 172,82 (5,74) cm. respectivamente. Para la segunda fase, 2 escaladores abandonaron el estudio debido a la aparición de lesión de hombro (1) y de práctica irregular de escalada (1).

Dentro de las variables de la fase 1 de registro, se observó que el grupo elite levantó significativamente más peso que el grupo intermedio durante la 1-RMTS. No hubieron diferencias significativas en relación al porcentaje de masa grasa (%MG) y la fuerza de prensión manual. En relación a las variables de la fase 2, tanto respecto del reclutamiento de la musculatura axial durante las 4 tareas como del nivel de balance durante las tareas de equilibrio, no se observaron diferencias significativas entre los grupos. Sin embargo, se observó que durante la 1-RMTS el grupo muscular inferior (erector espinal y recto abdominal) se reclutó, porcentualmente hablando, en mayor grado que el grupo superior (trapecio transverso y serrato anterior) dentro de todos los grupos de escaladores.

De las variables de la fase 1 llama la atención la falta de diferencia entre grupos respecto del %MG y la fuerza de prensión manual. En lo relativo al %MG, el uso de técnicas de alta precisión (DXA), de protocolos de consenso (penta-compartamental) junto con la categorización de los escaladores según la recomendación de la Sociedad Internacional de Investigación en Escalada resaltan como fortalezas respecto de la literatura y permitirían a nuevos estudios comparar la real carga del %MG sobre el rendimiento en escalada. El uso de un dinamómetro de ajuste interválico y de baja especificidad para el deporte podrían explicar la falta de diferencias en lo relativo a la fuerza de prensión. El mayor rendimiento durante la 1-RMTS del grupo elite avala el antecedente de la mayor potencia del tren superior en escaladores de mayor nivel. Estudios de confiabilidad serían necesarios para definir si dicha prueba podría utilizarse en la evaluación y monitoreo del entrenamiento de escaladores/as. Respecto de las variables de la fase 2, en relación al reclutamiento de la musculatura axial y el rendimiento durante las posturografías, la falta de asociación no apoya la hipótesis de trabajo. Sin embargo, un mayor reclutamiento de musculatura inferior versus la musculatura superior en una tarea eminentemente de tren superior (1-RMTS) confirma el rol del control de tronco durante gestos deportivos de las extremidades y abre la posibilidad de explorar su rol en nuevas tareas de escalada (sub-maximales, durante movimientos sobre muro real).

La sensibilidad de las pruebas ejecutadas, las limitaciones propias de la EMG y el número de sujetos aparecen como limitantes. La integración de las técnicas de medición (EMG y cinética) en relación a una prueba real de escalada, la incorporación del estudio de los componentes neurales del control de tronco y un mayor número de voluntarios permitirían subsanarlas.

Abstract

Trunk and core muscles are the anatomical and functional base for extremities movements during daily and sport activities (Calatayud et al., 2015). Control of the axial musculature of body maximizes the kinetic chains of extremities, allowing the maximum stability, precision and force production at distal level (Kibler, Press, & Sciascia, 2006). Research related to trunk and core control has suggest their rol over performance in several sports. (Filipa, Byrnes, Paterno, Gregory, & Hewett, 2012; Gowan, Jobe, Tibone, Perry, & Moynes, 1987; Lephart, Smoliga, Myers, Sell, & Tsai, 2005; Tantawi, 2011; Torres-Ronda, Sánchez-Medina, & González-Badillo, 2011).

By the other hand, research related to climbing performance field has stablish its relation with different variables, such as: hand grip strength (V. España-Romero et al., 2009; Mermier, Janot, Parker, & Swan, 2000; Watts, 2004), fingers strength (MacLeod et al., 2007) and body fat percent of climbers (Puletić & Stanković, 2014; Watts, Joubert, Lish, Mast, & Wilkins, 2003; Watts, 2004). References to trunk/core control can be found in several climbing training books (Hague & Hunter, 2013; MacLeod, 2012) and investigations during the last decade had proved the effects of climbing over axial musculature (Grzybowski, Donath, & Wagner, 2014; Heitkamp, Wörner, & Horstmann, 2005; Muehlbauer, Granacher, Jockel, & Kittel, 2013; Muehlbauer, Stuerchler, & Granacher, 2012). However, research exploring if this particular skill could enhance climbing performance, to the best of our knowledge, has never been performed.

The present research project assessed the role of axial musculature control over climbing performance through the measure of electromyographic activity of bilateral trapezius transversus, anterior serratus, erector spinae and rectus abdominis during for 4 tasks: the first one called 1 maximum repetition of upper extremities (1-RMTS). The remaining ones, three balance tasks above a force plate: bipedal stance with open eyes, bipedal stance with closed eyes and unipedal stance with open eyes. The working hypothesis posed that climbers of higher level of performance will present highers level of muscular recruitment during these tasks. Complementary, anthropometric profile, body composition and hand grip strengths were measured. Thirty climbers (9, 11 y 10 intermediate, advanced and elite climbers, respectively) participated in the study. The mean (SD) related to climbing experience, weight and height were 8,6 (4,67) years, 66,05 (6,34) kg. and 172,82 (5,74) cms., respectively. For the second stage of measurements, 2 climbers withdrew from the study due to shoulder injury (1) and irregular climbing practice (1).

Among variables of stage 1, elite climbers showed higher level of upper extremity strength than intermediate climbers during 1-RMTS. None differences were found related to body fat

percent and hand grip strength. Among variables of stage 2, none differences were found related to axial musculature recruitment and posturography performance during the tasks. Nevertheless, during the 1-RMTS the recruitment data showed that lower axial muscles (erector spinae and rectus abdominis) were proportionally more recruited than upper axial muscles (trapezius transversus and anterior serratus) inside the three climbers categories.

Among variables of stage 1, highlights the lack of association of climbing performance with body fat percent and hand grip strength. In regard to body fat percent, the utilization of highly accurate techniques as dual energy x-ray absorciometry or consensus protocols as the Deborah Kerr body composition estimation besides the categorization of climbers using the last consensus of the International Rock Climbing Research Assosiation appears as strengths of the present study and will allow to compare future research exploring the real burden of body composition over climbing performance. The utilization of a non specific climbing test, as the Jamar dynamometer, could expleain the lack of assosiation between climbing performance and hand grip strength among groups. The higher performance of elite climbers during the 1-RMTS support the evidence of a higher power and strenght of upper extremities among this group of athletes. Reliability measurements are necessary to propose this test for climbers assessment and training monitoring. In regard to muscular recruitment, the lack of differences among groups do not support the working hypothesis. Nevertheless, highers level of recruitment of lower muscles (erector spinae and rectus abdominis) counterbalanced against upper muscles (trapezius transversus and anterior serratus) during the 1-RMTS supports the role of core stability during climbing as in other sports, opening new possibilities of research (sub-maximal tasks, real climbing tasks).

The sensitivity of the tasks, the natural limitations of the surface electromyography and the sample size appears as limitations of the present study. The integration of different movement assesment techniques during real climbing tasks, the addition of neural components of motor control assesment and a higher number of participants would improve the scopes of the measurements.

Introducción

Musculatura axial y rendimiento deportivo

La musculatura axial actúa como la base anatómica para el movimiento de los segmentos distales durante ejecuciones de tareas de la vida diaria o de gestos deportivos (Calatayud et al., 2015; F.J. Vera-García et al., 2015; Kibler et al., 2006). Por ejemplo, los músculos recto abdominales se activan de manera anticipada a patrones de movimientos específicos de los brazos, proveyendo del soporte postural necesario (Arui & Latash, 1995). El control de la fuerza, balance y movimiento de la musculatura axial maximiza las cadenas cinéticas de las extremidades, permitiendo la generación máxima de fuerza o la precisión y estabilidad necesaria a nivel distal (F.J. Vera-García et al., 2015; Kibler et al., 2006). A pesar de la dificultad de recopilar estudios que hayan tenido como única variable el control o la intervención sobre la musculatura axial y su relación con performance deportiva, investigaciones en atletas han demostrado:

- a) un mayor reclutamiento de la musculatura estabilizadora de la escápula en pitchers profesionales de baseball versus novicios (Gowan et al., 1987).
- b) mejoras en el test de excursión de balance en estrella (que valora balance dinámico) posterior a un protocolo de entrenamiento neuromuscular con foco en el core¹ en jugadoras de fútbol jóvenes (Filipa et al., 2012)
- c) mejoras en flexibilidad, resistencia, potencia de extremidades y en puntuación de performance por jueces especializados en un grupo de karatekas que recibió entrenamiento adicional de core en relación a un grupo control (Tantawi, 2011)
- d) una relación entre la fuerza de la musculatura de tronco y cadera con variables de rendimiento en golf (Torres-Ronda et al., 2011), así como una mejora de dichas variables posterior a un protocolo de entrenamiento sobre el balance y sobre la flexibilidad y fuerza de hombros, tronco y cadera (Lephart et al., 2005)

Determinantes de rendimiento en el/la escalador/a deportivo/a

Desde la década de los 80 se ha podido observar el sostenido crecimiento del interés en la práctica y estudio de la escalada (Nick Draper, Dickson, et al., 2011) [Para más detalles ver Anexo nº 1]. Las investigaciones científicas han centrado sus esfuerzos en definir aquellas variables fisiológicas que determinan el rendimiento de alto nivel escalando (es decir aquellos/as

¹ Se entiende como core al complejo musculoesquelético contenido en la zona dorsal, abdominal, lumbar, pélvica y caderas (Kibler et al., 2006)

escaladores que logran resolver rutas/problemas de altísima dificultad²) siendo la modalidad deportiva de escalada la más estudiada (Nick Draper, Couceiro, et al., 2011).

La escalada deportiva, por esencia, instala a quien la practica en situaciones de altas demandas fisiológicas. La progresión cuadrúpeda sobre terreno vertical y/o desplomado, la necesidad de incorporar regularmente nuevos gestos motores, el riesgo latente de caer desde altura, la posibilidad de lesiones por caída de material y la ubicación en alta montaña de algunas rutas han impuesto entre quienes persiguen el éxito en la tarea de escalar la necesidad de desarrollar una estructura físico-técnica-mental específica para este deporte. Utilizando análisis canónico de tres grupos (físico, psicológico y técnico) de 8 variables cada uno, Magiera et al. (2013) lograron explicar el 96% de la variabilidad del rendimiento de un escalador, explicando el aspecto físico, psicológico y técnico un 38, 25 y 33% respectivamente. En la misma línea, pero utilizando análisis de componente principal, Mermier et al. (2000) agruparon múltiples variables en los grupos "entrenables", "antropométricas" y "flexibilidad", dando cuenta de un 58.9, 0.3 y 1.8% de la variabilidad respectivamente.

Los estudios mencionados confirmaron la proposición de investigaciones anteriores de que uno de los determinantes de alto rendimiento en escalada sería el desarrollo de fuerza de prensión manual, particularmente en relación a su masa corporal (V. España-Romero et al., 2009; Mermier et al., 2000; Watts, 2004) y/o de fuerza y fuerza-resistencia de dedos (MacLeod et al., 2007). Otra variable fisiológica que genera consenso en relación al rendimiento es el porcentaje de masa grasa (%MG). Escaladores de mayor nivel se caracterizarían por poseer un bajo %MG (Watts et al., 2003; Watts, 2004), el que se correlacionaría de manera inversa con el máximo grado encadenado reportado (Baláš, Pecha, J. Martin, & Cochrane, 2012; Puletić & Stanković, 2014). Sin embargo, los resultados varían según el método de evaluación y la fórmula de estimación utilizada (V. España-Romero et al., 2009), fenómeno que se repite con variables antropométricas, especialmente con el índice APE (envergadura/altura), con dispares resultados entre estudios (Mermier et al., 2000; Tomaszewski, Gajewski, & Lewandowska, 2011; Watts et al., 2003). Por último, recientes investigaciones (mediante el uso de espectroscopía cercana al infrarrojo) han ampliado el panorama al demostrar que, en conjunto con las variables fisiológicas mencionada, los escaladores de mayor nivel se caracterizarían por poseer una capacidad oxidativa de la

² El reciente consenso de la International Rock Climbing Research Association (IRCRA) permite clasificar a los/las escaladores/as según el grado de dificultad de la última ruta/problema que han logrado resolver en 5 categorías: bajo grado, intermedio, avanzado, elite y elite superior (Nick Draper et al., 2016). Para el detalle de la categorización, ver Anexo n° 2.

musculatura del antebrazo elevada. Dicho fenómeno se manifiesta durante las contracciones isométricas interválicas propias de una escalada como una mayor extracción de oxígeno al momento de la contracción y una mayor y más rápida reposición del mismo al momento de la relajación (S. M. Fryer et al., 2015; MacLeod et al., 2007). Dicha habilidad permitiría discriminar entre no escaladores y escaladores (MacLeod et al., 2007), entre disciplinas de escalada (Kodejška, Michailov, & Baláš, 2016) y predecir el nivel de rendimiento global de los/las deportistas (S. Fryer et al., 2016).

Resumiendo lo anterior es que en el último congreso de la IRCRA, la investigadora Vanesa España, pionera en investigación en escalada, propuso el siguiente modelo fisiológico en relación al rendimiento entre escaladores/as deportivos.

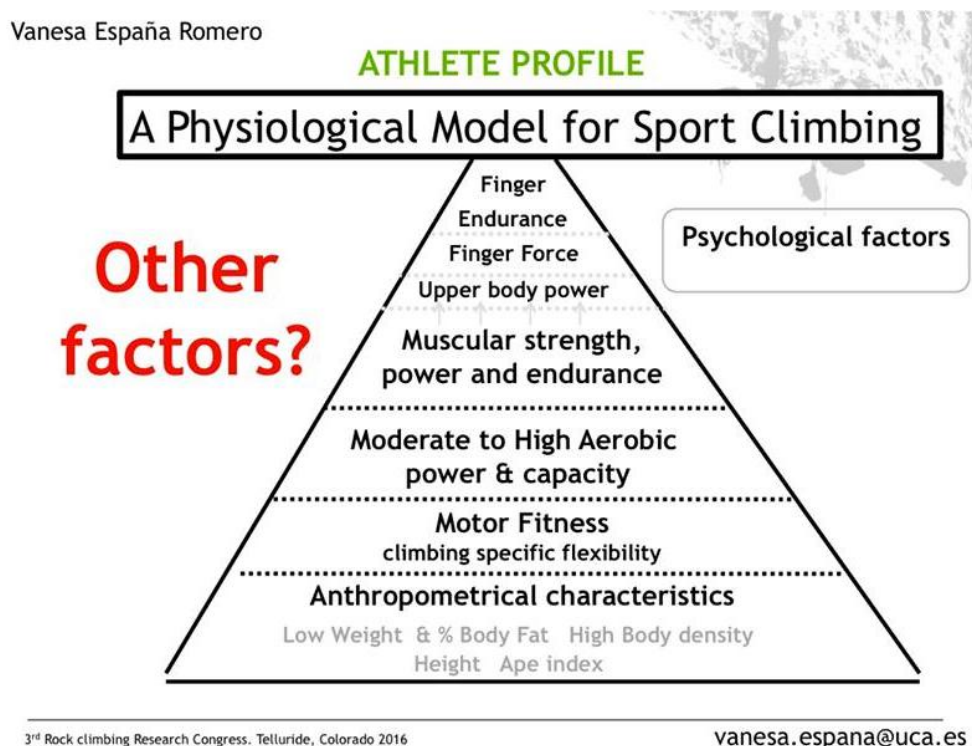


Imagen nº 1: modelo fisiológico en relación al rendimiento entre escaladores/as deportivos.

Agradecimientos a Vanesa España Romero, Universidad de Cádiz, España.

Musculatura axial y escalada deportiva

La progresión durante la escalada requiere de la integración y coordinación de los trenes superior e inferior (Bourdin, Teasdale, & Nougier, 1998), estableciéndose patrones/estrategias motoras durante su ejecución (Sibella, Frosio, Schena, & Borghese, 2007). En terreno vertical, el ascenso del centro de masa se obtiene principalmente por la distribución y ajuste del peso corporal sobre los apoyos para los pies, mecanismo que disminuye a medida que aumenta el grado de desplome del problema de escalada (Baláš et al., 2014; Noé, Quaine, & Martin, 2001; Zampagni, Brigadoi, Schena, Tosi, & Ivanenko, 2011). Se ha demostrado que escaladores más experimentados transmiten más peso corporal a los apoyos de los pies, determinando una menor participación del tren superior y una menor demanda fisiológica durante los ascensos (Baláš et al., 2014; Zampagni et al., 2011). Sin embargo, a la fecha ningún estudio ha investigado el mecanismo biomecánico involucrado para dicha habilidad. Las recomendaciones en este sentido provienen desde libros de entrenamiento para escaladores, basadas en la experiencia de entrenadores especializados o escaladores profesionales haciendo referencia al control de tronco y cadera en relación a su distancia de la pared y su ubicación respecto de los apoyos de pie (Hague & Hunter, 2013; MacLeod, 2012). En este sentido, llama la atención la escasez de estudios que hayan investigado el rol que podría jugar la musculatura axial en el rendimiento de los/las escaladores/as. Una primera aproximación se observa en el trabajo de Grzybowski y cols. (2014), quienes a través del uso de electromiografía de superficie (EMG), describieron la influencia de la inclinación de la pared y de la liberación de un punto de apoyo sobre la actividad de varios músculos axiales en relación a 3 posturas distintas de sujeción a la pared. Una inclinación mayor o igual a 12° y la liberación de un punto de apoyo aumentaron significativamente el reclutamiento de dichos músculos, situación que se repite al aumentar la complejidad del gesto motor que debía ejecutar el/la escalador/a (Muehlbauer et al., 2013). Complementariamente, Muehlbauer et al., (2012) y Heitkamp, Wörner, & Horstmann (2005) demostraron que un programa de 8-10 semanas de escalada era suficiente para aumentar significativamente la fuerza extensora, flexora y de lateralización del tronco en adultos y adolescentes, respectivamente.

Dados estos antecedentes y considerando que el control de la musculatura estabilizadora de escápula (Gowan et al., 1987; Kibler et al., 2006; Paine & Voight, 2013; Schachter et al., 2010) y de tronco (Jang, Kim, & Oh, 2015; Kibler et al., 2006; Lephart et al., 2005; Tantawi, 2011) maximizan las cadenas cinéticas de extremidades superiores e inferiores, que la actividad de la musculatura axial inferior (core) influye sobre la funcionalidad de la musculatura axial superior

(Nagai et al., 2013; Yamauchi et al., 2015), que la disminución de la base de sustentación y/o el requerimiento de cadenas cruzadas posteriores, aumentan el reclutamiento de la musculatura axial (Calatayud et al., 2015; Saeterbakken & Fimland, 2012) y que la práctica regular de escalada fortalece los movimientos propios del hombro (Grzybowski et al., 2014; Muehlbauer et al., 2013; Wong & Ng, 2008, 2009) y del tronco (Muehlbauer et al., 2012) es que el presente proyecto de tesis busca determinar si existe asociación entre el nivel de rendimiento de los escaladores y el control de la musculatura axial.

Hipótesis de trabajo

"Escaladores de mayor nivel de rendimiento tienen un mayor reclutamiento (actividad eléctrica) de la musculatura axial durante tareas de fuerza máxima de tracción de tren superior (1-RMTS) y de balance"

Objetivos

Objetivo general

Determinar la influencia del control de musculatura axial en el rendimiento de escaladores mediante el análisis de la asociación entre la actividad eléctrica (EMGs) de dicha musculatura y el nivel de rendimiento en una muestra de escaladores chilenos.

Objetivos específicos

1. Caracterizar 3 grupos de escaladores deportivos chilenos según su grado de rendimiento
2. Valorar y comparar en los deportistas descritos en el objetivo 1:
 - a. Reclutamiento (EMGs) de musculatura axial y fuerza máxima (1-RM) en ejercicio de tracción de tren superior
 - b. Reclutamiento (EMGs) de musculatura axial y control de postura (posturografía) en tareas de equilibrio bipodal, unipodal y con base inestable
 - c. Fuerza máxima de prensión manual, composición corporal (%MG) y perfil antropométrico
3. Analizar e integrar los resultados obtenidos en función del estado del arte en fisiología y programas de entrenamiento del escalador deportivo

Materiales y métodos

Diseño de la investigación

| Tipo de investigación | Diseño experimental | Población |
|-----------------------|---------------------|---|
| Correlacional | Cuasi experimental | Escaladores deportivos de la región metropolitana |

| Tipo de muestreo |
|---|
| Muestreo por conveniencia. Convocatoria de 10 escaladores de nivel intermedio, avanzado y elite |

Criterios de inclusión

Serán candidatos a participar de la investigación, aquellos voluntarios:

1. Hombres
2. Mayores de 18 años
3. Sin antecedentes médicos
4. Practicantes de escalada deportiva durante al menos 3 meses previo a las mediciones
5. Que no consuman ningún tipo de sustancias ergogénicas reconocidas como doping por la WADA
6. Que firmen el consentimiento informado de participación

Variables

| Variable | Definición conceptual | Definición operacional |
|----------------------------------|--|--|
| Rendimiento | Mayor grado alcanzado con 3 ascensos exitosos en 3 rutas diferentes en los último 3 meses (Nick Draper et al., 2016). | Bajo grado [1], intermedio [2], avanzado [3], elite [4] o elite superior [5] (Nick Draper et al., 2016) medido mediante encuesta de autoreporte (Anexo n°3, encuesta "Experiencia escalando"). |
| Actividad eléctrica muscular | Actividad neuromuscular durante un gesto motor reflejada en la sumatoria de sus potenciales de acción (Kamen & Gabriel, 2009) | Electromiografía de superficie medida mediante equipo FREEMG 300, BTS Bioengineering, Italia. |
| Control de balance | Habilidad para el control del balance corporal de forma espontánea o en respuesta a perturbaciones externas (García, Corresa, Bertomeu, & Suárez-Varela, 2012) | Variaciones del centro de presión sobre una plataforma de fuerza (Chaudhry, Bukiet, Ji, & Findley, 2011) medidas mediante equipo P-600, BTS Bioengineering, Italia. |
| Fuerza máxima | Máxima cantidad de fuerza producida contra un carga externa durante el movimiento dado (McMaster, Gill, Cronin, & McGuigan, 2014) | Fuerza en kilogramos, siguiendo protocolo y recomendaciones para 1-RM de Panissa et al. (2013). |
| Fuerza máxima de prensión manual | Fuerza máxima ejercida durante tarea de prensión isométrica de mano (Mermier et al., 2000). | Fuerza en kilogramos, medida mediante Jamar (Sammons Preston, Rolyon, Bolingbrook, IL), siguiendo las recomendaciones de España-Romero et al., (2009) y Savva, Karagiannis, & Rushton (2012). |
| Antropometría | Proporciones y medidas del cuerpo humano (Ross & Kerr, 1993) | Centímetro, gramo. Se seguirá el protocolo de Deborah Kerr (Ross & Kerr, 1993) usando conjunto para antropometría Siber-Hegner; balanza Seca (Seca, Birmingham, Reino Unido) y cinta plástica no extensible Lufkin (Lufkin, Maryland, USA) |
| Composición corporal (%MG) | Distribución porcentual del compartimento graso respecto de la totalidad del cuerpo (Ross & Kerr, 1993). | Absorciometría dual de rayos-x. Se utilizará DXA Lunar Prodigy Advance (Lunar Corporation, Madison, WI, USA) siguiendo protocolo y software de fabricante (Anexo n° 4). |

Tabla n° 1 - Resumen de variables

Protocolo de trabajo

Lugar de desarrollo de la investigación

1. Sala de procedimientos y sala de DXA, Departamento de Nutrición, Facultad de Medicina, Universidad de Chile.
2. Laboratorio de Análisis del Movimiento Humano, Departamento de Kinesiología, Facultad de Medicina, Universidad de Chile

Protocolo de captura de datos

La estructura de la investigación consideró la asistencia de los voluntarios a dos sesiones de mediciones, en las que se desarrollaron las siguientes actividades:

| Primera sesión | | | |
|---------------------------|---|-------------------------------|------------|
| Actividad | Detalle | Lugar | Duración |
| Ingreso al estudio | <ul style="list-style-type: none"> • Ficha "Información a los participantes" y Firma de consentimiento informado (Anexo n° 5) • Encuestas "Experiencia escalando", "Antecedentes deportivos", "Antecedentes de lesiones" (Anexo n° 3) | Departamento de Nutrición | 30 minutos |
| Evaluación antropométrica | Se medirán aquellas medidas y proporciones del cuerpo humano definidas en el protocolo Deborah Kerr (Anexo n° 6) | Departamento de Nutrición | 60 minutos |
| Composición corporal | Se medirá a través de DXA Lunar Prodigy Advance (Lunar Corporation, Madison, WI, USA) utilizando protocolo (Anexo n°4) y software de fabricante | Departamento de Nutrición | 30 minutos |
| Inducción 2da fase | Posterior a un calentamiento, se medirá la fuerza prensión de mano, la 1-RMTS y se les familiarizará con las tareas de equilibrio (detalle en tabla segunda sesión) | Gimnasio Facultad de Medicina | 30 minutos |

Tabla n° 2 - Resumen de actividades fase 1

| Segunda sesión | | | |
|----------------------------------|--|--|------------|
| Actividad | Detalle | Lugar | Duración |
| Calentamiento | <ul style="list-style-type: none"> • 5 minutos de movilidad articular guiada • 10 minutos de escalada libre sobre muro de escalada | Gimnasio Facultad de Medicina | 20 minutos |
| Preparación para EMG | <p>Preparación de piel siguiendo recomendaciones SENIAM. Posicionamiento bilateral de electrodos (FREEMG 300, BTS Bioengineering, Italia)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Trapecio transverso (SENIAM) • Serrato anterior [Boettcher, Ginn, & Cathers (2008)] • Erector espinal (SENIAM) • Recto abdominal [Feldwieser, Sheeran, Meana-Esteban, & Sparkes (2012)] | Laboratorio de Análisis del Movimiento Humano | 20 minutos |
| 1-RM TS | Registro de actividad EMGs durante 3 tracciones máximas de tren superior (1-RMTS) desde manilla de multipresa al ritmo de un metrónomo (1 Hz), contando con 1 segundo para completar la fase concéntrica (ver Anexo n° 7) | Laboratorio de Análisis del Movimiento Humano | 20 minutos |
| Tareas de balance | <p>Registro de actividad EMG durante 3 tareas de balance sobre plataforma de fuerza (P-600, BTS Bioengineering, Italia):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bipodal ojos abiertos • Bipodal ojos cerrados • Unipodal ojos abiertos <p>3 repeticiones de 30 segundos cada una (ver Anexo n° 7)</p> | Laboratorio de Análisis del Movimiento Humano | 60 minutos |
| Contracción Voluntaria Máxima | <p>Registro de actividad EMG durante CVM:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Serrato anterior y trapecio medio según <i>Shoulder Normalization Test</i> (Boettcher et al., 2008) • Erector espinal según prueba funcional SENIAM • Erecto anterior según prueba funcional (Hislop, Avers, & Brown, 2014) | Laboratorio de Análisis del Movimiento Humano | 30 minutos |

Tabla n° 3 - Resumen de actividades fase 2

Protocolo de procesamiento de datos

Primera sesión

Normalización de los datos

Previo al análisis de los datos se procedió a la normalización aquellas variables antropométricas y de condición física que lo requerían.

- Antropometría: el diámetro biacromial, biiliocrestídeo y el perímetro de cintura mínimo se normalizaron en relación a la talla. El diámetro de húmero, perímetro de brazo relajado y perímetro de brazo tenso se normalizaron en relación al largo del húmero. El diámetro del fémur se normalizó en relación al largo del fémur. El perímetro de antebrazo se normalizó en relación al largo del radio.
- Condición física: la fuerza absoluta de prensión de ambas manos se normalizó en relación al peso del voluntario. Para el análisis de la tarea de 1-Repetición Máxima de Tren Superior (1-RMTS) se calculó la 1-RMTS Total, resultado de la suma del peso del escalador mas el peso levantado. Para la normalización de dicha variable se procedió a la división de la 1-RMTS Total por el peso del escalador (1-RMTS Total Relativa)

Segunda sesión

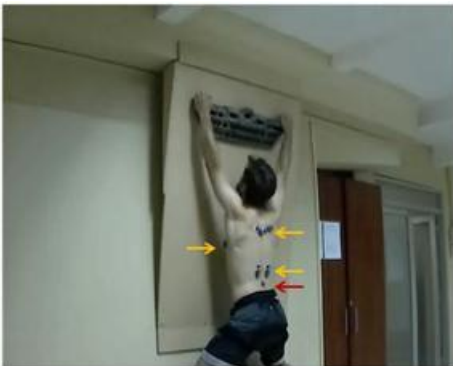
Tarea de 1-RM de tracción de tren superior (1-RMTS)

1. Definición de inicio y fin de tarea (normalización temporal): según marcador cinemático, cuando este supera el 10% de la velocidad máxima alcanzada, permitiendo discriminar las fases del movimiento (fase concéntrica, mantención y excéntrica). Sólo los datos contenidos durante la fase concéntrica fueron posteriormente procesados (ver Imágenes 2A, 2B y 2C).
2. Procesamiento de la señal EMG: la frecuencia de muestreo de los canales de EMG se fijo en 1000 Hz, según recomendaciones SENIAM. Posterior al registro se procedió al procesamiento de la señal durante la fase concéntrica:
 - a. Aplicación de filtro paso alto de 10 Hz: se aplica para eliminar el "ruido" electromiográfico generado por la perturbación mecánica de los canales de EMG o

los amplificadores de señal durante una tarea o movimiento dado (Reed, Cathers, Halaki, & Ginn, 2016; Villarroya, 2005)

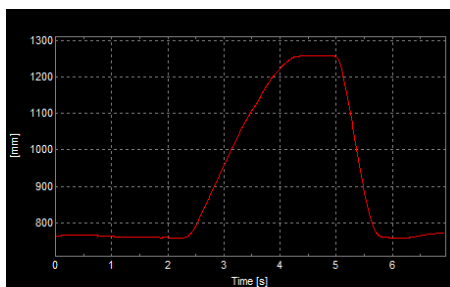
- b. Rectificación de la señal: dada la naturaleza bipolar de la representación gráfica de la señal EMG, se invierten las señales de amplitud negativa (rectificación de onda completa). Con ellos se obtienen solo valores positivos, lo que permite el procesamiento estadístico de los mismos (Villarroya, 2005)
- c. Cuantificación de la señal: dada la naturaleza aleatoria de la señal EMG, se debe realizar un "suavizado" de la misma. Una de las metodologías de mayor uso es el cálculo de la raíz de la media cuadrática (RMS por sus siglas en inglés).
- d. Promedio de las tareas: una vez procesadas las tres repeticiones de la tarea de 1-RMTS se procedieron a unificar y promediar en una única señal EMG

A

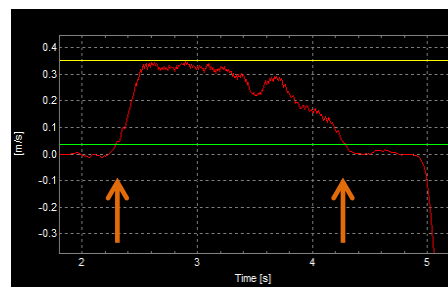


Imágenes 2 - Definición de inicio y fin de tarea A) escalador ejecutando tarea de 1-RM de tracción de tren superior. Con flechas amarillas, destacados los canales de EMG. Con flecha roja, el marcador cinemático instalado en sacro. B) Representación gráfica del desplazamiento del marcador cinemático en el eje vertical C) Representación gráfica de la velocidad del marcador cinemático (línea roja) en el eje vertical durante la fase concéntrica de la tarea. La línea amarilla indica la velocidad máxima. La línea verde indica el corte a un 10% de dicha velocidad. Los puntos de intersección entre el 10% de la velocidad máxima y la velocidad definen el inicio y fin de la fase concéntrica (flechas naranjas)

B



C



Tareas de balance

Se registraron 3 intentos, con al menos 2 minutos de pausa entre cada uno, para cada prueba de equilibrio. Dado el carácter estático de las posiciones, se fijó la frecuencia de muestreo de la plataforma de fuerza en 60 Hz (Karlsson & Frykberg, 2000). Se alternaron las posiciones unipodales y bipodales para evitar efectos de la fatiga. Todos los registros fueron exportados al software de posturografía del fabricante (Sway®) con el que se procesaron los datos según protocolo:

1. Delimitación de los datos: con el objetivo de omitir ajustes posturales iniciales o producto de la fatiga, se consideraron solo los registros entre los diez segundos centrales de cada repetición (entre los 10 y 20 segundos de cada intento).
2. Obtención del desplazamiento máximo anteroposterior, mediolateral y área geográfica: se obtuvieron los valores del máximo desplazamiento anteroposterior, mediolateral y área geográfica para cada repetición (García et al., 2012; Visser, Carpenter, van der Kooij, & Bloem, 2008).
3. Comparación entre grupos: debido a la variabilidad intra-sujeto para cada prueba, para el análisis estadístico se consideraron los datos de las variables correlativas a la mediana del área geográfica de cada tarea de balance.

Para el procesamiento de la actividad EMG durante las tareas posturográficas, se utilizó el mismo protocolo de la tarea de 1-RMTS, con la diferencia que se tomaron aquellos datos contenidos entre los 10 segundos centrales de cada repetición (entre los 10 y 20 segundos de registro).

Contracciones Voluntarias Máximas

1. Obtención CVM: se realizaron 3 intentos CVM de 5 segundos cada uno intercalados por 5 segundos de pausa. La señal se procesó siguiendo el mismo protocolo aplicado en 1-RMTS. Se extrajo el valor máximo de actividad electromiográfica para cada músculo (Boettcher et al., 2008).
2. Normalización de actividad EMGs: Se comparó el promedio de actividad EMGs durante las tareas de 1-RMTS y balance contra el valor máximo durante la CVM. Se obtuvo así el valor porcentual de CVM (%CVM) durante las tareas para cada músculo e individuo. En el caso de 1-RMTS además se procedió a la normalización biomecánica (Burden, 2010).

Protocolo de análisis de datos

Debido al número de casos por grupo, se asumió distribución no normal de datos. Para la estadística descriptiva se expresaron los datos en función de la mediana, mínimo y máximo valor por grupo. Para la estadística inferencial se realizaron comparaciones entre grupos de todas las variables mediante prueba de Kruskal Wallis. Para realizar comparaciones de lateralidad (lado derecho versus lado izquierdo) y de variables intra-grupo se compararon rangos mediante prueba de *U* de Mann-Whitney. Se fijó la significancia estadística al 95%.

La base de datos y pruebas se procesaron mediante Microsoft Excel y el software estadístico IBM SPSS v.22 (Chicago, IL, USA).

Comité de ética

El presente proyecto de investigación fue presentado al Comité de Ética de Investigación en Seres Humanos de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile, siendo analizado a la luz de los postulados de la Declaración de Helsinki, la Guía Internacional de Ética para la Investigación Biomédica que involucra sujetos humanos CIOS 1992 y de las Guías de Buena Práctica Clínica ICH 1996. Fue aprobado sin modificaciones el 28 de marzo de 2017 (n° proyecto 217-2016 / archivo acta n° 149). Resolución en Anexo n° 8.

Resultados

Reclutamiento voluntarios

Se reclutaron un total de 30 escaladores (9, 11 y 10 escaladores intermedio, avanzado y elite respectivamente). La media (DE) de la muestra respecto de la experiencia escalando, peso y talla fueron 8,6 (4,67) años, 66,05 (6,34) kgs. y 172,82 (5,74) cms. respectivamente. Para la segunda sesión, 2 escaladores abandonaron el estudio debido a la aparición de lesión de hombro (1) y de práctica irregular de escalada (1).

Fase 1 - Antropometría, composición corporal y condición física

En la tabla n°4 se pueden observar la mediana (mínimo - máximo) de las variables medidas durante la fase uno. Respecto a la antropometría, se puede apreciar un patrón directamente proporcional entre el nivel de escalada y la experiencia escalando, perímetro de brazo relajado y perímetro de brazo tenso. Adicionalmente, escaladores avanzados y elite obtuvieron un mayor diámetro de húmero normalizado e índice hombros/pelvis. Por su parte, escaladores elite obtuvieron una mayor perímetro de antebrazo normalizado e índice de APE que escaladores intermedio y avanzados. Respecto a la composición corporal no se observan patrones entre el %MG y el nivel de los atletas. Respecto de la condición física, no se observan patrones en relación a los valores absolutos de prensión de mano. Al segregar los datos por mano dominante/asistente y fuerza relativa, escaladores elite registran mayor fuerza para ambas manos, patrón que desaparece al normalizar el valor por el peso de los voluntarios. En el caso de la 1-RMTS, se observa una relación entre el nivel del escalador y el peso levantado únicamente cuando se normalizan los datos agregando el peso del voluntario (1-RMTS Total).

Al comparar las medianas mediante prueba de Kruskal Wallis, únicamente las variables "experiencia escalando" y "1-RMTS Total" fueron significativamente diferentes entre los grupos. Dicha prueba no paramétrica no permite conocer específicamente entre que grupos de la muestra se dan las diferencias. Sin embargo, al aplicar pruebas paramétricas (ANOVA de un factor y corrección post hoc de Gabriel) se observa que, en el caso de experiencia escalando, tanto el grupo intermedio como avanzado son significativamente diferentes del grupo elite. En el caso de la variable "1-RMTS Total" la diferencia se encontraría solamente entre los grupos intermedio y elite (Gráficos n° 1 y 2).

Tabla n° 4 - Mediana (mínimo - máximo) de variables fase n° 1

| Dimensión | Variable | Nivel escalador | | | p |
|-----------------------|---|----------------------------|----------------------|----------------------|--------------|
| | | Intermedio (n=9) | Avanzado (n=11) | Elite (n=10) | |
| | Edad (años) | 26,6 (21,1 - 31,9) | 28,4 (19,5 - 37,3) | 30,3 (19,7 - 34,3) | 0,475 |
| | Experiencia escalando (años) | Ω 4 (1 - 8) | Ω 7 (3 - 13) | 13,5 (7 - 18) | 0,003 |
| Antropometría | Peso (kg) | 63,7 (55,1 - 73,7) | 62,7 (57,8 - 76,1) | 69,1 (58,1 - 79,5) | 0,067 |
| | Talla (cms) | 170 (165,5 - 184) | 172 (167 - 178) | 173 (161 - 187,5) | 0,475 |
| | Diámetro de humero normalizado | 0,25 (0,21 - 0,30) | 0,27 (0,25 - 0,28) | 0,27 (0,26 - 0,30) | 0,26 |
| | Diámetro de femur normalizado | 0,21 (0,16 - 0,23) | 0,20 (0,18 - 0,22) | 0,21 (0,18 - 0,22) | 0,904 |
| | Diámetro biacromial normalizado | 0,22 (0,20 - 0,23) | 0,22 (0,20 - 0,23) | 0,22 (0,20 - 0,23) | 0,514 |
| | Diámetro bi-iliocrestideo normalizado | 0,15 (0,13 - 0,16) | 0,14 (0,13 - 0,16) | 0,15 (0,14 - 0,16) | 0,282 |
| | Perímetro antebrazo normalizado | 1,06 (1 - 1,15) | 1,06 (1,02 - 1,14) | 1,07 (0,97 - 1,17) | 0,548 |
| | Perímetro de brazo relajado normalizado | 1,09 (0,97 - 1,28) | 1,11 (1,06 - 1,21) | 1,14 (1,11 - 1,35) | 0,282 |
| | Perímetro de brazo tenso normalizado | 1,20 (1,05 - 1,43) | 1,24 (1,13 - 1,31) | 1,28 (1,19 - 1,47) | 0,067 |
| | Perímetro de cintura normalizado | 0,42 (0,40 - 0,45) | 0,43 (0,39 - 0,46) | 0,42 (0,40 - 0,47) | 0,74 |
| | APE index (envergadura/talla) | 1,03 (0,96 - 1,05) | 1,03 (1 - 1,06) | 1,05 (1,03 - 1,08) | 0,168 |
| Índice hombros/pelvis | 0,66 (0,62 - 0,71) | 0,69 (0,61 - 0,74) | 0,69 (0,61 - 0,75) | 0,207 | |
| CC | % Masa grasa pentacompartimental | 20,94 (18,84 - 24,8) | 20,04 (17,39 - 26,1) | 20,32 (14,73 - 24,2) | 0,475 |
| | % Masa grasa DEXA | 15,7 (10,8 - 20,2) | 13,9 (11,3 - 21,2) | 14,1 (11,4 - 19,2) | 0,475 |
| Condición física | Fuerza presión mano derecha (kg) | 46 (38 - 58) | 50 (42 - 60) | 52 (46 - 82) | 0,548 |
| | Fuerza presión mano izquierda (kg) | 50 (42 - 60) | 46 (36 - 60) | 52 (44 - 70) | 0,192 |
| | Fuerza relativa de presión mano derecha | 0,78 (0,61 - 0,86) | 0,79 (0,55 - 0,98) | 0,75 (0,69 - 1,20) | 0,74 |
| | Fuerza relativa de presión mano izquierda | 0,75 (0,71 - 0,92) | 0,74 (0,52 - 0,98) | 0,79 (0,65 - 1,02) | 0,26 |
| | Fuerza presión mano dominante (kg) | 50 (38 - 58) | 50 (42 - 60) | 52 (46 - 82) | 0,548 |
| | Fuerza presión mano asistente (kg) | 46 (42 - 60) | 46 (36 - 60) | 52 (44 - 70) | 0,192 |
| | Fuerza relativa presión mano dominante | 0,78 (0,61 - 0,86) | 0,79 (0,55 - 0,98) | 0,75 (0,69 - 1,20) | 0,26 |
| | Fuerza relativa presión mano asistente | 0,75 (0,62 - 0,92) | 0,74 (0,52 - 0,98) | 0,79 (0,65 - 1,02) | 0,26 |
| | 1-RMTS (kg) | 32,5 (12,5 - 42,5) | 42,5 (15 - 50) | 41,25 (30 - 60) | 0,105 |
| | 1-RMTS total (kg) | Ω 93 (77,2 - 113,7) | 109,1 (88,9 - 120,2) | 112,2 (88,1 - 128,3) | 0,039 |
| 1-RMTS total relativa | 1,54 (1,19 - 1,68) | 1,65 (1,19 - 1,81) | 1,56 (1,47 - 1,95) | 0,403 | |

CC= composición corporal. Se consideran estadísticamente significativas aquellas variables con un $p < 0.05$. Ω = indica una diferencia significativa respecto del grupo elite.

Gráfico n° 1

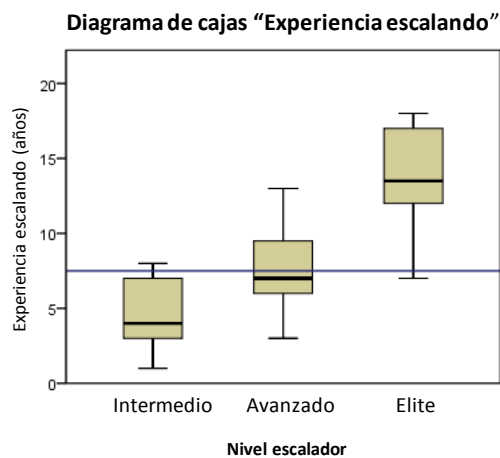


Gráfico n° 2

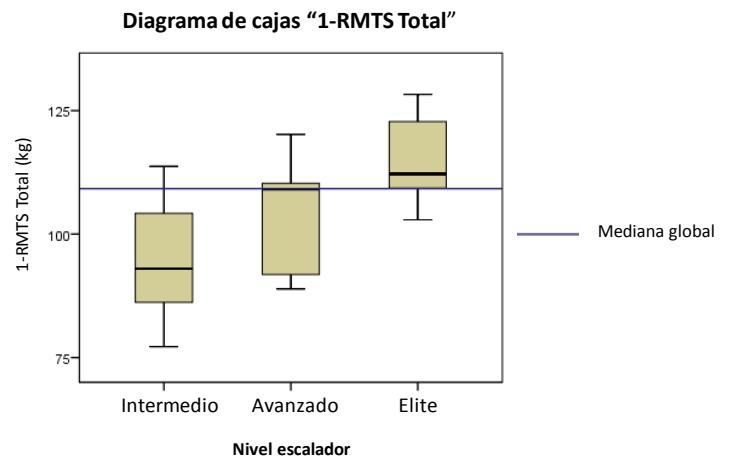


Gráfico n° 1) Diagrama de cajas de "Experiencia escalando". Las medianas de fueron de 4, 7 y 13,5 años para los grupos intermedio, avanzado y elite, respectivamente. Análisis paramétricos permiten proponer que el grupo elite tiene significativamente más experiencia que el grupo avanzado e intermedio. **Gráfico n° 2)** Diagrama de cajas "1-RMTS Total". Las medianas de fueron de 93, 109,1 y 112,2 kgs para los grupos intermedio, avanzado y elite, respectivamente. Análisis paramétricos permiten proponer que el grupo elite levanta significativamente más peso que el grupo intermedio.

Fase 2 - % CVM durante 1-RMTS y posturografías / Rendimiento en pruebas de balance

En las tablas n° 5, 8, 9 y 10 se pueden observar la mediana (mínimo - máximo) de las variables medidas durante la fase dos.

1-RMTS

Durante la 1-RMTS (tabla n° 5) no se apreció asociación ni tendencia entre el nivel de escalada del voluntario y el reclutamiento muscular. Por ejemplo, escaladores intermedios fueron quienes reclutaron proporcionalmente en mayor medida el erector espinal derecho y recto abdominal derecho. Por su parte, escaladores avanzados fueron quienes más reclutaron el trapecio, erector espinal y recto abdominal izquierdos. Escaladores elite fueron quienes más reclutaron los músculos restantes (trapecio derecho y ambos serratos anteriores). Complementariamente, se construyó el índice EMG/1-RMTS Total (alternativa de normalización de datos de EMG conocida *normalización biomecánica*; Burden, 2010) representando el porcentaje de contracción voluntaria máxima necesario para levantar 1 kilo de peso durante la tracción, relacionando nivel de escalador con reclutamiento muscular y rendimiento durante la tarea en un sólo indicador. Al observar los resultados de dicho indicador, se mantiene la aleatoriedad del reclutamiento, apreciándose el mayor valor del índice repartido entre los tres grupos de atletas.

Tabla n° 5 - Mediana (mínimo - máximo) de actividad EMG durante 1-RMTS

| Dimensión | Variable | Nivel escalador | | | p |
|-----------------------------------|--------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-------|
| | | Intermedio (n=8) | Avanzado (n=11) | Elite (n=9) | |
| EMG | Trap Izq (%CVM) | 24,91 (12,61 - 61,03) | 31,04 (12,6 - 55,79) | 28,43 (14,32 - 42,44) | 0,704 |
| | Trap Der (%CVM) | 23,33 (14,19 - 47,45) | 28,76 (14,91 - 51) | 30,9 (6,87 - 71,35) | 0,704 |
| | Ser Ant Izq (%CVM) | 13,17 (4,16 - 100,15) | 7,4 (5,63 - 17,84) | 17,97 (5,98 - 26,45) | 0,152 |
| | Ser Ant Der (%CVM) | 11,81 (6,3 - 25,58) | 11,19 (3,72 - 38,08) | 14,5 (7 - 23,62) | 0,451 |
| | EE Izq (%CVM) | 40,84 (19,79 - 90,07) | 46,51 (18,39 - 76,75) | 44,25 (24,54 - 62,93) | 0,904 |
| | EE Der (%CVM) | 49,83 (24,4 - 83,59) | 47,58 (22,03 - 93,25) | 42,38 (16,62 - 59,61) | 0,451 |
| | Abd Izq (%CVM) | 52,76 (5,24 - 99,82) | 58,77 (21,28 - 192,35) | 42,04 (24,37 - 161,29) | 0,403 |
| | Abd Der (%CVM) | 59,99 (25,61 - 102,39) | 56,66 (19,06 - 83,78) | 47,98 (18,32 - 143,39) | 0,904 |
| Índice EMG/1-RMTS Total (%CVM/kg) | TTIzq/1-RMTS | 0,27 (0,16 - 0,67) | 0,31 (0,12 - 0,62) | 0,24 (0,13 - 0,43) | 0,403 |
| | TTDer/1-RMTS | 0,25 (0,15 - 0,52) | 0,27 (0,14 - 0,49) | 0,26 (0,06 - 0,81) | 0,904 |
| | SerAnt Izq/1-RMTS | 0,13 (0,05 - 0,96) | 0,07 (0,05 - 0,16) | 0,16 (0,06 - 0,24) | 0,152 |
| | SerAnt Der/1-RMTS | 0,14 (0,07 - 0,25) | 0,12 (0,03 - 0,32) | 0,13 (0,07 - 0,19) | 0,489 |
| | EE Izq/1-RMTS | 0,42 (0,23 - 1,17) | 0,49 (0,17 - 0,73) | 0,41 (0,24 - 0,68) | 0,451 |
| | EE Der/1-RMTS | 0,49 (0,28 - 1,08) | 0,43 (0,2 - 1,04) | 0,35 (0,13 - 0,68) | 0,451 |
| | Abd Izq/1-RMTS | 0,51 (0,7 - 1,08) | 0,58 (0,2 - 1,73) | 0,34 (0,22 - 1,35) | 0,403 |
| | Abd Der/1-RMTS | 0,6048 (0,33 - 1,02) | 0,54 (0,17 - 0,75) | 0,39 (0,18 - 1,17) | 0,403 |

Los valores de actividad muscular se muestran como porcentajes de actividad eléctrica en relación a la máxima actividad eléctrica registrada durante las tareas de normalización de contracción voluntaria máxima (%CVM). Trap Izq= trapecio transversal izquierdo; Trap Der= trapecio transversal derecho; SerAnt Izq= serrato anterior izquierdo; SerAnt Der= serrato anterior derecho; EE Izq= erector espinal izquierdo; EE Der= erector espinal derecho; Abd Izq= recto abdominal izquierdo; Abd Der= recto abdominal derecho.

Se consideran estadísticamente significativas aquellas variables con un $p < 0,05$.

Al aplicar la prueba de Kruskal Wallis, no se observaron diferencias significativas en ninguna de las variables de la 1-RMTS. Sin embargo, al comparar los niveles de activación dentro de cada grupo, llama la atención el mayor grado de activación de la musculatura axial inferior (erector espinal y recto abdominal) en relación con la musculatura axial superior (trapecio transverso y serrato anterior). Con el fin de determinar si dicha diferencia es significativa y dado que al aplicar la prueba de U de Mann-Whitney no se observaron diferencias en el grado de activación de los músculos dependiendo de su lateralidad (lado derecho versus izquierdo), se procedió a promediar el %CVM de ambos lados con el fin de comparar el promedio de cada músculo superior con el promedio de cada músculo inferior (trapecio transverso y serrato anterior versus erector espinal y recto abdominal). En la tabla n°6 se puede observar la mediana (mínimo - máximo) del %CVM promediado durante la 1-RMTS según nivel de escalada. Se puede apreciar que se reclutaron de manera ascendente el serrato anterior, trapecio transverso, erector espinal y recto abdominal dentro de todos los grupos.

Tabla n° 6 - Mediana (mínimo - máximo) de actividad EMG promediada durante 1-RMTS

| Dimensión | Variable | Nivel escalador | | |
|-----------|---|-----------------------|------------------------|------------------------|
| | | Intermedio (n= 8) | Avanzado (n= 11) | Elite (n= 9) |
| EMG | Trapezio transverso (promedio %CVM D-I) | 25,26 (16,95 - 54,24) | 28,69 (14,81 - 46,06) | 28,65 (10,60 - 54,39) |
| | Serrato anterior (promedio %CVM D-I) | 12,25 (05,77 - 62,87) | 09,53 (05,18 - 22,23) | 16,05 (06,53 - 22,24) |
| | Erector espinal (promedio %CVM D-I) | 46,70 (22,10 - 86,83) | 47,06 (20,84 - 80,53) | 38,37 (24,81 - 59,73) |
| | Recto abdominal (promedio %CVM D-I) | 58,39 (15,43 - 97,12) | 58,82 (26,86 - 138,07) | 45,01 (25,11 - 106,43) |

%CVM D-I: porcentaje de contracción voluntaria máxima promediada entre las porciones derecha e izquierda para cada músculo

Tal como se esperaba, posterior al aplicar la prueba *U* de Mann-Whitney se observa que el reclutamiento proporcional de la musculatura inferior es significativamente mayor al de la musculatura superior para todos los grupos de escaladores, con excepción del trapecio transverso versus el erector espinal del grupo elite. En la tabla n° 7 se pueden observar los valores de *p* al aplicar la prueba *U* de Mann-Whitney comparando la musculatura superior contra la musculatura inferior. El detalle de las diferencias pueden observarse en los gráficos n° 3, 4, 5 y 6.

Tabla n° 7 - Valores de *p* al comparar musculatura superior versus inferior intra-grupo

| | Intermedio | | Avanzado | | Elite | |
|----|------------|-------|----------|--------|-------|--------|
| | TT | SA | TT | SA | TT | SA |
| EE | 0,05 | 0,005 | 0,028 | <0,001 | 0,161 | <0,001 |
| RA | 0,038 | 0,003 | 0,001 | <0,001 | 0,024 | <0,001 |

TT= trapecio transverso, SA= serrato anterior, EE= erector espinal, RA=recto abdominal.

Se considera estadísticamente significativo un valor de $p < 0,05$

Gráfico n° 3

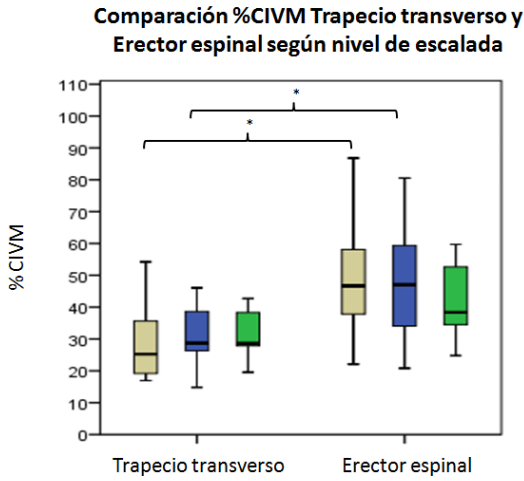


Gráfico n° 4

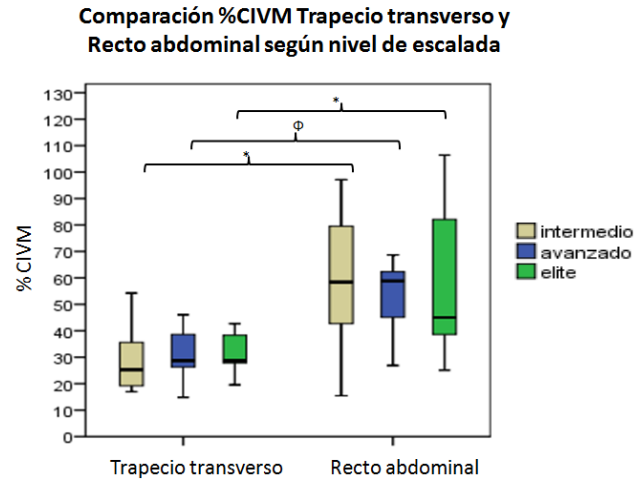


Gráfico n° 5

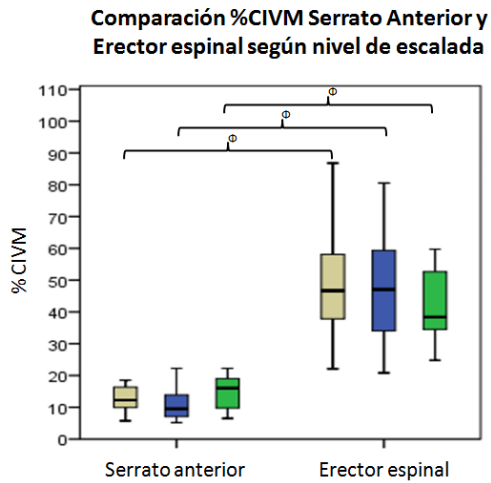
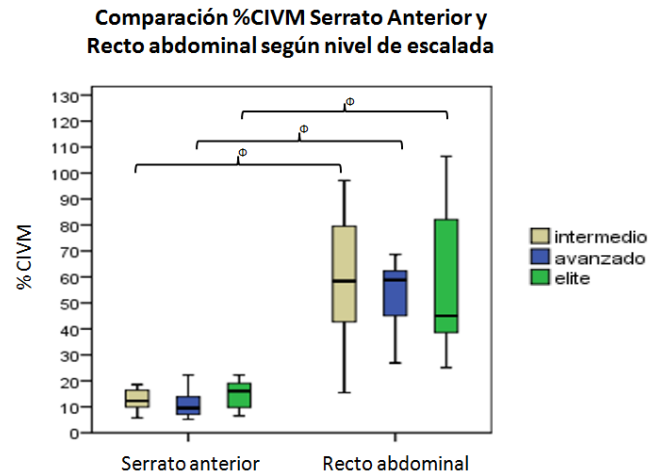


Gráfico n° 6



Gráficos n° 3, 4, 5 y 6) Diagramas de cajas del %CVM promediado para cada músculo según nivel de escalada. **3)** Comparación entre trapecio transverso y erector espinal. **4)** Comparación entre trapecio transverso y recto abdominal. **5)** Comparación entre serrato anterior y erector espinal. **6)** Comparación entre serrato anterior y recto abdominal. * indica = $p < 0,05$ / Φ indica = $p < 0,001$

Pruebas de balance

Durante la prueba de balance bipodal con ojos abiertos (tabla n° 8), no observó una asociación entre el reclutamiento porcentual de la musculatura axial y el nivel de los escaladores. Escaladores intermedios nuevamente fueron quienes más reclutaron el recto abdominal derecho. Por su parte, escaladores avanzados fueron quienes más reclutaron el trapecio izquierdo y ambos erectores espinales. El resto de los músculos fue reclutado en mayor medida por el grupo elite. El grupo avanzado obtuvo el mejor rendimiento (menores valores) en los parámetros de posturografía. Las diferencias entre grupos no fueron significativas al aplicar la prueba de Kruskal Wallis.

Tabla n° 8 - Mediana (mínimo - máximo) de actividad EMG durante prueba de balance bipodal con ojos abiertos

| Dimensión | Variable | Nivel escalador | | | p |
|-----------|--------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-------|
| | | Intermedio (n= 8) | Avanzado (n= 11) | Elite (n= 9) | |
| EMG | Trap Izq (%CVM) | 6,23 (1,9 - 13,76) | 10,02 (4,31 - 11,92) | 7,08 (1,47 - 20,04) | 0,152 |
| | Trap Der (%CVM) | 5,01 (2,09 - 14,8) | 5,55 (3,03 - 11,32) | 6,92 (3,14 - 16,95) | 0,403 |
| | Ser Ant Izq (%CVM) | 9,73 (4,57 - 16,41) | 6,41 (3,81 - 22,16) | 13,02 (3,54 - 18,69) | 0,152 |
| | Ser Ant Der (%CVM) | 7,19 (5,13 - 14,18) | 6,15 (2,66 - 14,47) | 8,78 (3,64 - 12,82) | 0,129 |
| | EE Izq (%CVM) | 1,88 (0,73 - 4,22) | 2,38 (0,96 - 4,07) | 1,32 (0,89 - 6,02) | 0,904 |
| | EE Der (%CVM) | 1,71 (0,77 - 5,23) | 2,68 (1,03 - 6,44) | 1,84 (0,7 - 11,18) | 0,489 |
| | Abd Izq (%CVM) | 1,26 (0,75 - 2,26) | 1,26 (0,84 - 2,95) | 1,31 (0,64 - 1,98) | 0,904 |
| | Abd Der (%CVM) | 1,68 (0,98 - 4,95) | 0,9 (0,64 - 3,94) | 0,92 (0,48 - 4,06) | 0,213 |
| Balance | APmax (mm) | 13,22 (10,5 - 19,71) | 12,12 (8,76 - 22,37) | 12,73 (7,8 - 17,87) | 0,489 |
| | MLmax (mm) | 6,74 (5,86 - 10,99) | 6,5 (4,87 - 9,7) | 8,66 (5,39 - 11,65) | 0,129 |
| | AG (mm2) | 15,52 (7,59 - 19,98) | 9,6 (4,97 - 48,34) | 12,85 (4,59 - 35,76) | 0,152 |

Los valores de actividad muscular se muestran como porcentajes de actividad eléctrica en relación a la máxima actividad eléctrica registrada durante las tareas de normalización de contracción voluntaria máxima (%CVM). Trap Izq= trapecio transversal izquierdo; Trap Der= trapecio transversal derecho; Ser Ant Izq= serrato anterior izquierdo; Ser Ant Der= serrato anterior derecho; EE Izq= erector espinal izquierdo; EE Der= erector espinal derecho; Abd Izq= recto abdominal izquierdo; Abd Der= recto abdominal derecho; APmax= desplazamiento máximo anteroposterior del centro de presión; MLmax= desplazamiento máximo mediolateral del centro de presión; AG= área geográfica del centro de presión durante posturografía

Se consideran estadísticamente significativas aquellas variables con un $p < 0.05$.

Mismo fenómeno se repite con las pruebas de balance bipodal con ojos cerrados (tabla n° 9) y unipodal con ojos abiertos (tabla n° 10). Durante ambas pruebas, el mayor valor de reclutamiento para cada músculo puede encontrarse repartido entre los tres niveles de grupos de escaladores sin apreciarse ninguna asociación -ni directa ni inversa- entre ambas variables. Nuevamente el grupo avanzado obtiene los mejores valores de posturografía durante ambas tareas. Todas las diferencias de todas las variables resultan estadísticamente no significativas posterior a la aplicación de la prueba de Kruskal Wallis, con excepción del reclutamiento del serrato anterior derecho durante la prueba bipodal con ojos cerrados. A pesar de que no se puede establecer entre que grupos es la diferencia, se puede descartar una asociación entre el

reclutamiento y el nivel de escalada debido al que el grupo de menor nivel (intermedio) obtuvieron una mediana mayor que los escaladores avanzados.

Tabla n° 9 - Mediana (mínimo - máximo) de actividad EMG durante prueba de balance bipodal con ojos cerrados

| Dimensión | Variable | Nivel escalador | | | p |
|-----------|-----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|--------------|
| | | Intermedio (n= 8) | Avanzado (n= 11) | Elite (n= 9) | |
| EMG | Trap Izq (%CVM) | 6,52 (1,7 - 15,59) | 9,31 (4,33 - 13,24) | 6,33 (1,49 - 19,1) | 0,08 |
| | Trap Der (%CVM) | 4,67 (2,09 - 11,61) | 5,71 (3,08 - 11,43) | 5,55 (3,25 - 18,79) | 0,403 |
| | Ser Ant Izq (%CVM) | 9,67 (4,88 - 18,62) | 6,17 (3,92 - 22,88) | 12,6 (2,87 - 18,68) | 0,024 |
| | Ser Ant Der (%CVM) | 7,71 (4,97 - 15,08) | 6,27 (2,92 - 15,17) | 8,82 (4,21 - 11,91) | 0,088 |
| | EE Izq (%CVM) | 1,81 (0,73 - 4,32) | 2,32 (0,96 - 4,72) | 1,36 (1,01 - 5,27) | 0,4036 |
| | EE Der (%CVM) | 1,67 (0,87 - 5,54) | 2,17 (0,99 - 8,37) | 1,76 (0,64 - 11,77) | 0,489 |
| | Abd Izq (%CVM) | 1,36 (0,7 - 2,77) | 1,24 (0,88 - 3,12) | 1,21 (0,75 - 2,01) | 0,971 |
| | Abd Der (%CVM) | 1,71 (1 - 4,57) | 0,96 (0,61 - 4,12) | 0,87 (0,47 - 2,51) | 0,213 |
| Balance | APmax (mm) | 13,76 (9,04 - 20,71) | 12,25 (9,83 - 18,96) | 14,88 (10,49 - 18,01) | 0,904 |
| | MLmax (mm) | 7,78 (5,94 - 11,22) | 7,34 (4,85 - 11,5) | 7,74 (5 - 38,86) | 0,904 |
| | AG (mm ²) | 16,45 (8,85 - 26,4) | 11,62 (5,72 - 29,4) | 17,54 (9,09 - 38,86) | 0,489 |

Los valores de actividad muscular se muestran como porcentajes de actividad eléctrica en relación a la máxima actividad eléctrica registrada durante las tareas de normalización de contracción voluntaria máxima (%CVM). Trap Izq= trapecio transverso izquierdo; Trap Der= trapecio transverso derecho; Ser Ant Izq= serrato anterior izquierdo; Ser Ant Der= serrato anterior derecho; EE Izq= erector espinal izquierdo; EE Der= erector espinal derecho; Abd Izq= recto abdominal izquierdo; Abd Der= recto abdominal derecho; APmax= desplazamiento máximo anteroposterior del centro de presión; MLmax= desplazamiento máximo mediolateral del centro de presión; AG= área geográfica del centro de presión durante posturografía

Se consideran estadísticamente significativas aquellas variables con un $p < 0.05$.

Tabla n° 10 - Mediana (mínimo - máximo) de actividad EMG durante prueba de balance unipodal con ojos abiertos

| Dimensión | Variable | Nivel escalador | | | p |
|-----------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|-------|
| | | Intermedio (n= 8) | Avanzado (n= 11) | Elite (n= 9) | |
| EMG | Trap Izq (%CVM) | 8,23 (1,41 - 20,17) | 12,15 (5,36 - 13,76) | 6,25 (1,45 - 14,06) | 0,451 |
| | Trap Der (%CVM) | 11,14 (2,21 - 19,54) | 7,41 (5,56 - 12,27) | 8,01 (3,33 - 22,25) | 0,704 |
| | Ser Ant Izq (%CVM) | 9,44 (3,96 - 17,31) | 6,45 (3,84 - 22,78) | 13,72 (2,24 - 20,97) | 0,152 |
| | Ser Ant Der (%CVM) | 8,18 (4,62 - 14,4) | 5,86 (2,72 - 11,92) | 9,9 (3,36 - 14,54) | 0,451 |
| | EE Izq (%CVM) | 3,19 (1,01 - 8,98) | 3,5 (1,52 - 8,41) | 2,7 (1,04 - 7,38) | 0,904 |
| | EE Der (%CVM) | 2,17 (0,86 - 6,54) | 3,77 (1,34 - 8,33) | 2,72 (1,12 - 6,93) | 0,704 |
| | Abd Izq (%CVM) | 1,65 (0,76 - 3,59) | 1,29 (0,94 - 3,06) | 1,39 (0,67 - 3,54) | 0,524 |
| | Abd Der (%CVM) | 1,72 (1,05 - 5,33) | 1,1 (0,61 - 4,28) | 0,99 (0,51 - 4,38) | 0,213 |
| Balance | APmax (mm) | 34,92 (23,82 - 188,8) | 31,73 (27,2 - 42,1) | 32,72 (21,13 - 47,52) | 0,489 |
| | MLmax (mm) | 31,68 (21,37 - 74,25) | 27,84 (21,76 - 36,52) | 30,58 (20,92 - 43,06) | 0,704 |
| | AG (mm ²) | 147,69 (87 - 612,29) | 118,77 (99,27 - 231,44) | 145,02 (72,05 - 167,35) | 0,489 |

Los valores de actividad muscular se muestran como porcentajes de actividad eléctrica en relación a la máxima actividad eléctrica registrada durante las tareas de normalización de contracción voluntaria máxima (%CVM). Trap Izq= trapecio transverso izquierdo; Trap Der= trapecio transverso derecho; Ser Ant Izq= serrato anterior izquierdo; Ser Ant Der= serrato anterior derecho; EE Izq= erector espinal izquierdo; EE Der= erector espinal derecho; Abd Izq= recto abdominal izquierdo; Abd Der= recto abdominal derecho; APmax= desplazamiento máximo anteroposterior del centro de presión; MLmax= desplazamiento máximo mediolateral del centro de presión; AG= área geográfica del centro de presión durante posturografía

Se consideran estadísticamente significativas aquellas variables con un $p < 0.05$.

En resumen, posterior a ambas fase de valoración, la muestra de escaladores chilenos arrojó una serie de resultados que distan tanto de la literatura internacional como de la hipótesis de trabajo de la presente tesis. En primer lugar, no se encontró asociación entre el nivel de escalada y variables fisiológicas respaldadas con evidencia como lo son el porcentaje de masa grasa y la fuerza relativa de presión manual. Más importante aún, no se encontró diferencias entre el nivel de escalada de los voluntarios y el porcentaje de reclutamiento de la musculatura axial durante las 4 tareas propuestas. A falta de diferencias significativas tampoco observó una relación -directamente o inversamente proporcional- entre reclutamiento y nivel de escalada. En solamente 5 de los 32 registros EMG se puede trazar una tendencia entre nivel de escalada y reclutamiento, observándose una relación directa en el caso del trapecio derecho durante la 1-RMTS y la tarea bipodal con ojos abiertos y una relación inversa en el caso del erector espinal durante la 1-RMTS, ambos rectos abdominales durante la tarea bipodal con ojos cerrados y el recto abdominal derecho durante la tarea unipodal con ojos abiertos. En todos los casos, la asociación es débil y estadísticamente no significativa.

Discusión

Fase 1

Tal como se menciona con anterioridad, una de las limitantes al momento de realizar comparaciones entre niveles de escaladores y estudios de escalada, ha sido la falta de consenso sobre el método de categorización del nivel de los participantes. Teniendo en cuenta esta limitante y considerando los resultados del presente proyecto de investigación se pueden realizar los siguientes alcances.

Experiencia escalando

Pocos estudios hacen mención a esta variable. Balas y cols (2012) proponen que la experiencia escalando, en conjunto con otras dos variables exógenas (volumen de escalada / % masa grasa) y tres variables endógenas (tiempo de suspensión desde manos, tiempo de suspensión con codos flectados y fuerza de prensión) podrían explicar el 97% de la variabilidad del rendimiento de un escalador. Tal como muestra nuestro estudio, no sorprende que exista una relación entre el tiempo de escalada y el rendimiento escalando. Considerando que la mayoría de las investigaciones incluyen atletas jóvenes (entre 18 y 35 años, en nuestro caso el rango de edades varió desde 19 a 37 años) sería interesante explorar si la experiencia escalando y el nivel de escalada alcanzado es independiente de la edad de comienzo de práctica del deporte o más bien refleja una práctica precoz del deporte desde la infancia temprana.

Antropometría

Al comparar las variables peso y talla de la muestra chilena de escaladores en relación a estudios internacionales no se observa ningún patrón en particular, encontrándose grupos con valores tan similares como dispares a los de la presente muestra. La falta de patrón podría responder a la limitante de comparar a los atletas desde una mirada de valores absolutos versus un punto de vista somatotópico (proporcional). En este sentido toma valor el índice de APE (envergadura/altura). Varios estudios han demostrado su relación con el nivel del escalador (Laffaye, Collin, Levernier, & Padulo, 2014; Magiera et al., 2013; Ozimek et al., 2017; Watts et al., 2003). La muestra chilena muestra un patrón en este sentido, que no alcanza a ser significativo. Sin embargo, análisis paramétricos de los datos relevan diferencias significativas. Un mayor número de voluntarios permitiría proponer definitivamente como se comporta dicho índice entre deportistas locales.

Respecto del resto de las variables antropométricas, resulta imposible hacer comparaciones con otros estudios dado que las variables son presentadas con valores absolutos y no relativos como en el presente proyecto. A pesar de lo anterior, las distintas medidas y proporciones medidas en escaladores extranjeros, al igual que en escaladores chilenos, tampoco han mostrado asociarse con el rendimiento en escalada. Para un extensa revisión de datos en el tema, referirse al trabajo de Vanesa España-Romero y cols. (2009)

Composición corporal

Los escaladores de mayor nivel se caracterizarían por poseer un bajo % de masa grasa [%MG] (Baláš et al., 2012; Watts et al., 2003; Watts, 2004), el que se correlacionaría de manera inversa con el máximo grado encadenado reportado (Baláš et al., 2012; Puletić & Stanković, 2014). Sin embargo, los resultados varían según el método de evaluación y la fórmula de estimación utilizada (V. España-Romero et al., 2009). En nuestra muestra de escaladores no se encontraron diferencias significativas entre los distintos grupos tanto en para %MG estimado por antropometría como en el estimado por DXA. Esto podría explicarse por :

- en estudios anteriores se usaron métodos de fraccionamiento tetra-compartmental, el cual requiere de pocas medidas corporales (4, 7 o 9 pliegues). En nuestro estudio se utilizó el fraccionamiento penta-compartmental (Deborah Kerr), método de consenso en la actualidad y que consideró 6 pliegues, 6 diámetros y 7 perímetros.
- la mayoría de las investigaciones anteriores usaron métodos doblemente indirectos (plicometría), de menor exactitud de los usados en nuestro estudio (DXA, considerado estándar de oro). El único estudio que también utilizó DXA tampoco encontró diferencias entre los grupos, siendo una limitante el que compararan escaladores elite con expertos (grupos no IRCRA)
- a la fecha de las investigaciones anteriores, no existía consenso sobre la categorización de los niveles de los escaladores según el grado encadenado, lo que provoca asimetrías y vuelve incomparables los resultados

Según nuestro conocimiento, este es el primer estudio que contrasta el %MG obtenido por DXA y método penta-compartmental contra grupos de escaladores categorizados según el consenso de la International Rock Climbing Research Association (IRCRA; Draper et al., 2011). Futuros estudios con metodologías comparables permitirán definir la consistencia de la relación entre ambas variables.

Condición física

Fuerza de prensión manual

Otro determinante de rendimiento propuesto es la fuerza de prensión manual, particularmente en relación a la masa corporal (V. España-Romero et al., 2009; Mermier et al., 2000; Watts, 2004). Llama la atención que en nuestra muestra de escaladores no se haya presentado dicha relación. Esto se podría explicarse principalmente por tipo de dinamómetro utilizado (Jamar®, Sammons Preston, Bolingbrook, IL). A pesar de ser un instrumento validado (Savva et al., 2012) posee algunas limitaciones a considerar:

- se ha demostrado que el largo óptimo de prensión del dinamómetro debe corregirse considerando el largo de la mano (Liao, 2016). En el caso del Jamar®, el ajuste del largo de prensión es posible solamente en 5 niveles (con una diferencia fija de 1/2 pulgada entre cada nivel), motivo por el que los protocolos que lo usan se limitan a realizar las mediciones solamente en la posición intermedia (número 3), tal como se midió en nuestro estudio.
- estudios de validez y confiabilidad de distintos dinamómetros han mostrado que dinamómetros tipo TKK serían más exactos para mediciones de este tipo (Vanesa España-Romero et al., 2010).
- la demanda clásica del antebrazo durante la escalada es la contracción isométrica de la musculatura flexora de dedos aislada y no del tipo pinza o prensión como la que miden los dinamómetros, lo que determina que no sea una herramienta específica para este deporte (V. España-Romero et al., 2009).

A pesar de lo anterior, al comparar los valores relativos de fuerza de prensión manual se observa que los valores obtenidos por la muestra chilena son similares a aquellos descritos en la literatura (V. España-Romero et al., 2009) . En consecuencia, y tal como recomienda Vanesa España, la dinamometría de mano, con sus restricciones y fortalezas, podría utilizarse como una herramienta complementaria para la evaluación sobre esta población en particular.

Fuerza máxima de tren superior (1-RMTS)

En relación a la fuerza máxima medida mediante la 1-RMTS, la diferencia encontrada entre el grupo intermedio versus elite apoya los resultados de otros estudios que han demostrado, con metodologías diferentes a la nuestra, que este componente físico es relevante dentro del

rendimiento de los escaladores (Baláš et al., 2012; N. Draper et al., 2016; Laffaye et al., 2014). La ventaja de nuestra metodología radica en que la 1-RMTS, además de discriminar el nivel del escalador, es una medida objetiva para la prescripción de cargas porcentuales de un ciclo de entrenamiento. Posterior a estudios de confiabilidad del test, los presentes resultados permitirían proponer a la 1-RMTS como prueba a considerar en la evaluación y monitoreo del entrenamiento para esta población de atletas.

Fase 2

Al comparar el grado de reclutamiento de la musculatura axial durante las 4 tareas propuestas entre los grupos de escaladores no se encontraron diferencias significativas. A la falta de diferencias se suma la falta de una tendencia en los niveles de activación entre los grupos de escaladores, observándose el mayor valor de reclutamiento para los diferentes músculos indistintamente entre los tres grupos de voluntarios. Dichos resultados no apoyan la hipótesis planteada en el proyecto. En ese contexto, varias consideraciones deben ser planteadas.

La sensibilidad de las pruebas

Ambas pruebas (1-RMTS y posturografías) contienen algunas limitaciones a considerar en relación a:

- la intensidad: por una parte, la 1-RMTS es una prueba de carácter maximal, es decir se estudió a cada sujeto en relación a su máximo esfuerzo. Por otro lado, la posturografía es una prueba que requiere un mínimo esfuerzo físico, motivo por el que se procedió a someter a los voluntarios a posturas de mayor inestabilidad (ojos cerrados y unipodal) con el fin de generar una mayor demanda sobre la estrategia de balance. Sin embargo, mientras se escala se realizan mayoritariamente esfuerzos de carácter interválico (movimientos de baja intensidad intercalados con otros de alta intensidad) siendo los de carácter máximo/mínimo infrecuentes. En consecuencia, las pruebas podrían no estar sometiendo a los voluntarios al esfuerzo típico de la escalada, y con ello, activando patrones musculares atípicos.
- los puntos de apoyo: en ambas pruebas los voluntarios contaron con 1-2 puntos de apoyo (un pie, dos pies, dos manos). Ambas situaciones distan de la posición natural de la escalada donde se cuenta con 2 a 4 puntos de apoyo, siendo 1 punto al menos del tren

superior y uno del tren inferior, mayormente de forma cruzada (p.ej.: toma de brazo izquierdo con apoyo de pie derecho). Dado lo anterior, se ha propuesto que mientras se escala, se activarían un patrón tipo cadena posterior cruzada para estabilizar el cuerpo sobre los apoyos (Mally, Litzenger, & Sabo, 2013). Al igual que con la intensidad de las pruebas, la falta de puntos de apoyos cruzados podría no reflejar los patrones de activación que se realizan realmente durante la escalada.

Ambas situaciones podrían corregirse. En el caso de la intensidad, podrían repetirse las mediciones considerando isocargas relativas (p.ej.: que todos los voluntarios realicen tracciones con 1,2 kg/kg de peso). En el caso de los puntos de apoyo y con el fin de dar el mayor realismo a los patrones de activación podrían repetirse las mediciones en un muro de escalada tal como en otros estudios (Grzybowski et al., 2014; Mally et al., 2013; Muehlbauer et al., 2013; Zampagni et al., 2011), considerando tanto mediciones de EMG como cinéticas. Un estudio interesante en este sentido es el realizado por Balas y cols.(2014) en el que demostraron la asociación entre el nivel de los escaladores, el peso transmitido a los pies y la eficiencia fisiológica durante el ascenso de 3 rutas de distinto grado de inclinación. La incorporación de la variable EMG permitiría explorar si el control de control se asocia con el peso transmitido y al eficiencia fisiológica, entregando un sustrato objetivo sobre técnica de escalada, fisiología y rendimiento.

Las limitaciones de la EMG de superficie

A pesar de ser una técnica ampliamente usada, la EMG posee una variabilidad intra e intersujeto alta. A pesar de utilizarse localizaciones de electrodos bajo recomendación SENIAM o con amplia uso en investigaciones previas, no es posible descartar efectos como la diafonía muscular ("cross-talk"), más aún considerando la diversidad de estructuras musculares presentes a nivel escapular. Por otro lado, el tipo de fibra muscular también genera ondas EMG de amplitudes variables, produciendo las fibras de tipo lentas (u oxidativas) onda EMG de amplitud significativamente menor. A pesar de que no se conoce con exactitud el patrón de fibras propias de los escaladores, indirectamente podríamos inferir que las fibras lentas (tipo I) o lentas-rápidas (tipo IIa) se relacionan con el rendimiento de los escaladores. Estudios con espectroscopía cercana al infrarrojo en antebrazos de escaladores han demostrados que a mayor nivel de escalada mayor es la capacidad oxidativa local, diferenciando escaladores de no escaladores (MacLeod et al., 2007), escaladores de distinto nivel (S. M. Fryer et al., 2015), modalidad de escalada preferente (Kodejška et al., 2016) o prediciendo el nivel del atleta (S. Fryer et al., 2016). Dado lo anterior,

diferencias en el patrón de fibras de los músculos estudiados también podrían aportar, en parte, a la falta de diferencias en la aproximación mediante EMG.

Sumado a lo anterior, se suma el hecho de que la EMG nos proporciona información de solamente uno de los pilares del control del tronco. Junto con el sistema muscular, la estabilidad del raquis depende también de estructuras pasivas (elementos osteo-articulares y ligamentosos) y de la coordinación del sistema de control motor (componente neural). Este último es incluso de mayor relevancia que la contracción muscular durante tareas dinámicas (F.J. Vera-García et al., 2015) como es el caso de la 1-RMTS.

El protocolo de procesamiento de datos de la posturografía

Atendiendo al rol del control neural motor sobre el control del tronco es que se practicaron 3 pruebas de posturografía mediante las cuales el déficit o fortaleza de dicho componente podría ser revelado. Dado que esta fuera del alcance del presente proyecto, no se realizaron procesamientos más finos de los datos provenientes de las pruebas de balance. Ante la falta de diferencias entre grupos, sería interesante ampliar el análisis de las posturografías, estudiando el espectro de frecuencias de la variación del centro de presión entre los distintos grupos. Dicho protocolo permitiría discriminar el sistema neural de control motor del balance predominante (vestibular, propioceptivo, mixto / Alessandrini, Lanciani, Bruno, Napolitano, & Di Girolamo, 2006). Junto con el estudio de los índice de Romberg , que relaciona el rendimiento de las posturografías con los ojos abiertos contra las de ojos cerrados (Yokoyama, Araki, Nishikitani, & Sato, 2002), se podría discriminar si existen diferencias entre las estrategias neurales de control de tronco (vestibular, propioceptivo, visual) y definir en que grupo predomina la estrategia más eficiente.

El tamaño muestral

El contar con un número reducido de voluntarios agrupados en 3 grupos imponen una mayor rigurosidad sobre el análisis estadístico de los datos. Es así como diferencias significativas bajo análisis paramétricos desaparecen al momento de aplicar estadística no paramétrica. Aumentar el número de voluntarios por grupo a al menos 20 sujetos podría revelar diferencias no observadas hasta el momento por la presente investigación.

A pesar de lo anterior, se pueden extraer algunos fenómenos interesantes a partir de la disgregación de los datos:

- el grado de reclutamiento de la musculatura "superior" (trapecio transverso y serrato anterior) versus la "inferior" (erector espinal y recto abdominal): no llama la atención que durante las posturografías la actividad de la musculatura superior sea mayor que la de la inferior. El mínimo esfuerzo requerido junto con la posición activa de los brazos dan cuenta lógica de ello. Sin embargo, al solicitar un esfuerzo maximal de tren superior como lo es la 1-RMTS se puede observar que dicha relación se invierte, siendo mayor, porcentualmente hablando, la actividad de la musculatura inferior respecto de la superior. Esto es particularmente llamativo si consideramos que el trapecio transverso realiza una contracción concéntrica directamente asociada a su función (retractor escapular). A pesar de ello, tanto erector espinal como recto abdominal son reclutados en mayor porcentaje en todos los grupos (gráficos n° 3, 4, 5 y 6). Lo anterior apoya el concepto de control de tronco utilizado tanto en clínica como en medicina deportiva, donde "la capacidad para controlar la posición y el movimiento del tronco sobre la pelvis, permite una óptima producción, transferencia y control de fuerza y movimiento hacia los elementos distales o terminales de las cadenas cinéticas desarrolladas en actividades atléticas o deportivas" (F.J. Vera-García et al., 2015). Tal como se expresó previamente, el carácter maximal de la prueba podría generar que en todos los grupos se produjera el mismo nivel de reclutamiento de manera inconsciente. Sin embargo, sería interesante explorar el comportamiento de esta variable ante estímulos de menor intensidad. La pérdida de control de tronco ante estímulos no maximales podrían conllevar a una deficiente producción de fuerza y movimiento a nivel distal, provocando una escalada menos eficiente.
- la presencia de actividad muscular superior al registro de la CVM: durante la 1-RMTS se observaron grados de reclutamiento superiores a aquellos registrados durante la CVM para el mismo músculo. Este fenómeno podría explicarse por la diferencia entre el tiempo de duración de la contracción (1 segundo en la 1-RMTS versus 5 segundos en la CVM) y por la operador-dependencia de la CVM, lo que disminuye su confiabilidad (Peacock, Westers, Walsh, & Nicholson, 2008). Sin embargo, el protocolo de normalización de datos utilizado en la presente tesis (señal EMG máxima durante una tarea isométrica de ángulo

inespecífico) es a la fecha uno de los métodos recomendados de normalización de datos cuando el objetivo es a comparación de señales entre músculos y sujetos (Burden, 2010).

- el rendimiento durante la posturografía de escaladores respecto de población sana: a pesar de la falta de indicadores de consenso para valorar el balance mediante posturografía (Blaszczyk, 2016), su uso predominante en población clínica (dolor lumbar, síndromes vestibulares, etc.) y la diferencia entre una posturografía regular (brazos al costado del cuerpo) y las ejecutadas en el presente proyecto de investigación, se puede observar que los escaladores obtuvieron valores menores en el área de excursión del centro de presión respecto de aquella ya documentada (Ruhe, Fejer, & Walker, 2011). Sería interesante evaluar un grupo control de no escaladores mediante la misma metodología. Eventualmente, la escalada podría promover un mayor control del balance que, aunque no es diferente entre niveles de escaladores, si podría serlo entre escaladores y población sana no escaladora.

Conclusiones

En consideración de los resultados obtenidos durante la fase 1, destaca que existe una relación directa entre el nivel del escalador y la experiencia escalando. En segundo lugar, no existiría un perfil antropométrico específico entre escaladores intermedio, avanzados y elite. Por otro lado, la falta de asociación entre el %MG y el nivel de rendimiento contrarresta la evidencia hasta ahora conocida. Futuros estudios con metodologías comparables permitirán definir el real comportamiento de estas variables. Complementariamente, no existe asociación entre la fuerza de prensión manual y el nivel de los 3 grupos de escaladores estudiados. La necesidad de comparar distintos dinamómetros o de crear herramientas deporte-específicas aparecen como proyecciones. Por último, se demostró que escaladores elite levantan significativamente más peso que escaladores intermedios, abriendo la posibilidad de proponer dicho test en la evaluación, dosificación y control del entrenamiento entre escaladores.

En relación con los resultados obtenidos durante la fase 2, se concluye que no existiría una asociación ente el grado de reclutamiento de la musculatura axial y el rendimiento de los escaladores. A pesar de lo anterior, el control de la musculatura del core es relevante en tareas similares a la escalada, como lo es la 1-RMTS, apoyando el concepto deportivo de la necesidad del control axial para la ejecución, control y potenciación de tareas de las extremidades.

Bibliografía

- Alessandrini, M., Lanciani, R., Bruno, E., Napolitano, B., & Di Girolamo, S. (2006). Posturography frequency analysis of sound-evoked body sway in normal subjects. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, 263(3), 248–252. doi:10.1007/s00405-005-0965-7
- Aruin, A. S., & Latash, M. L. (1995). The role of motor action in anticipatory postural adjustments studied with self-induced and externally triggered perturbations. *Experimental Brain Research*, 106(2), 291–300. doi:10.1007/BF00241125
- Baláš, J., Panáčková, M., Jandová, S., Martin, A. J., Strejcová, B., Vomáčko, L., ... Draper, N. (2014). The Effect of Climbing Ability and Slope Inclination on Vertical Foot Loading Using a Novel Force Sensor Instrumentation System. *Journal of Human Kinetics*, 44(December), 75–81. doi:10.2478/hukin-2014-0112
- Baláš, J., Pecha, O., J. Martin, A., & Cochrane, D. (2012). Hand–arm strength and endurance as predictors of climbing performance. *European Journal of Sport Science*, 12(1), 16–25. doi:10.1080/17461391.2010.546431
- Błaszczyk, J. W. (2016). The use of force-plate posturography in the assessment of postural instability. Sway vector analysis. *Gait & Posture*, 44, 1–6. doi:10.1016/j.gaitpost.2015.10.014
- Boettcher, C. E., Ginn, K. a., & Cathers, I. (2008). Standard maximum isometric voluntary contraction tests for normalizing shoulder muscle EMG. *Journal of Orthopaedic Research*, 26(12), 1591–1597. doi:10.1002/jor.20675
- Bourdin, C., Teasdale, N., & Nougier, V. (1998). Attentional demands and the organization of reaching movements in rock climbing. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 69(4), 406–410. doi:10.1080/02701367.1998.10607715
- Burden, A. (2010). How should we normalize electromyograms obtained from healthy participants? What we have learned from over 25years of research. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 20(6), 1023–1035. doi:10.1016/j.jelekin.2010.07.004
- Calatayud, J., Borreani, S., Martin, J., Martin, F., Flandez, J., & Colado, J. C. (2015). Core muscle activity in a series of balance exercises with different stability conditions. *Gait and Posture*, 42(2), 186–192. doi:10.1016/j.gaitpost.2015.05.008
- Chaudhry, H., Bukiet, B., Ji, Z., & Findley, T. (2011). Measurement of balance in computer posturography: Comparison of methods-A brief review. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 15(1), 82–91. doi:10.1016/j.jbmt.2008.03.003
- Draper, N., Couceiro, J., Fryer, S., Dickson, T., Winter, D., Ellis, G., ... North, C. (2011). Reporting climbing grades and grouping categories for rock climbing. *Isokinetics and Exercise Science*, 19, 273–280.
- Draper, N., Dickson, T., Blackwell, G., Fryer, S., Priestley, S., Winter, D., & Ellis, G. (2011). Self-reported ability assessment in rock climbing. *Journal of Sports Sciences*, 29, 851–858. doi:10.1080/02640414.2011.565362

- Draper, N., Giles, D., Schöffl, V., Fuss, F. K., Watts, P. B., Wolf, P., ... Abreu, E. (2016). Comparative grading scales, statistical analyses, climber descriptors and ability grouping: International Rock Climbing Research Association position statement. *Sports Technology*, (January), 1–7. doi:10.1080/19346182.2015.1107081
- Draper, N., Giles, D., Taylor, N., Altamirano, I. S., Arias, M. J., Baláš, J., ... Beeretz, I. (2016). *Assessment of climber performance: A multi-centre trial. IRCRA Congress.*
- España-Romero, V., Artero, E. G., Ortega, F. B., Jiménez-Pavón, D., Gutiérrez, A., Castillo, M. J., & Ruiz, J. R. (2009). Aspectos fisiológicos de la escalada deportiva. *Revista Internacional de Medicina Y Ciencias de La Actividad Física Y Del Deporte*, 9(35), 264–298.
- España-Romero, V., Ortega, F., Vicente-Rodríguez, G., Artero, E., Rey, P., & Ruiz, J. (2010). ELBOW POSITION AFFECTS HANDGRIP STRENGTH IN ADOLESCENTS: VALIDITY AND RELIABILITY OF JAMAR, DYNEX, AND TKK DYNAMOMETERS. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(1), 272–277.
- F.J. Vera-García, Barbado, D., Moreno-Pérez, V., Hernández-Sánchez, S., Juan-Recio, C., & Elvira, J. L. L. (2015). Core stability. Concepto y aportaciones al entrenamiento y la prevención de lesiones. *Revista Andaluza de Medicina Del Deporte*, 8(2), 79–85.
- Feldwieser, F. M., Sheeran, L., Meana-Esteban, a., & Sparkes, V. (2012). Electromyographic analysis of trunk-muscle activity during stable, unstable and unilateral bridging exercises in healthy individuals. *European Spine Journal*, 21(SUPPL. 2). doi:10.1007/s00586-012-2254-7
- Filipa, A., Byrnes, R., Paterno, M. V., Gregory, D., & Hewett, T. E. (2012). Neuromuscular Training Improves Performance on the Star Excursion Balance Test in Young Female Athletes. *J Orthop Sports Phys Ther*, 40(9), 551–558. doi:10.2519/jospt.2010.3325.Neuromuscular
- Fryer, S. M., Stoner, L., Dickson, T. G., Draper, S. B., McCluskey, M. J., Hughes, J. D., ... Draper, N. (2015). Oxygen recovery kinetics in the forearm flexors of multiple ability groups of rock climbers. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*, 29(6), 1633–9. doi:10.1519/JSC.0000000000000804
- Fryer, S., Stoner, L., Stone, K., Giles, D., Sveen, J., Garrido, I., & España-Romero, V. (2016). Forearm muscle oxidative capacity index predicts sport rock-climbing performance. *European Journal of Applied Physiology*, 116(8), 1479–1484. doi:10.1007/s00421-016-3403-1
- García, R. B., Corresa, S. P., Bertomeu, J. M. B., & Suárez-Varela, M. M. M. (2012). Static posturography with dynamic tests. Usefulness of biomechanical parameters in assessing vestibular patients. *Acta Otorrinolaringológica Española*, 63(5), 332–8. doi:10.1016/j.otorri.2012.03.006
- González Herrero, C. (2011). Estudio de la tendencia de evolución de las modalidades de práctica deportiva federada de la población española en relación a los hábitos deportivos de los españoles. *Acción Motriz*, (6), 21–38.
- Gowan, I. D., Jobe, F. W., Tibone, J. E., Perry, J., & Moynes, D. R. (1987). A comparative electromyographic analysis of the shoulder during pitching. Professional versus amateur pitchers. *The American Journal of Sports Medicine*, 15(6), 586–590. doi:10.1177/036354658701500611

- Grzybowski, C., Donath, L., & Wagner, H. (2014). Association between Trunk Muscle Activation and Wall Inclination during Various Static Climbing Positions: Implications for Therapeutic Climbing. *Sportverletzung Sportschaden*, 28, 75–84.
- Hague, D., & Hunter, D. (2013). *Guía completa de Entrenamiento en ESCALADA*. (E. Tutor, Ed.) (Primera ed.).
- Heitkamp, H. C., Wörner, C., & Horstmann, T. (2005). Sport climbing with adolescents: effect on spine stabilising muscle strength. *Sportverletzung Sportschaden : Organ Der Gesellschaft Fur Orthopadisch-Traumatologische Sportmedizin*, 19, 28–32. doi:10.1055/s-2005-857953
- Hislop, H., Avers, D., & Brown, M. (2014). *Daniels and Worthingham's Muscle Testing* (9th ed.). Missouri: Elsevier.
- Jang, H.-J., Kim, S.-Y., & Oh, D.-W. (2015). Effects of augmented trunk stabilization with external compression support on shoulder and scapular muscle activity and maximum strength during isometric shoulder abduction. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 25(2), 387–91. doi:10.1016/j.jelekin.2014.12.005
- Kamen, G., & Gabriel, D. (2009). *Essentials of Electromography*. (Human Kinetics, Ed.) (Primera ed.).
- Karlsson, A., & Frykberg, G. (2000). Correlations between force plate measures for assessment of balance. *Clinical Biomechanics*, 15(5), 365–369. doi:10.1016/S0268-0033(99)00096-0
- Kibler, W. Ben, Press, J., & Sciascia, A. (2006). The role of core stability in athletic function. *Sports Medicine*, 36(3), 189–198. doi:10.2165/00007256-200636030-00001
- Kodejška, J., Michailov, M. L., & Baláš, J. (2016). Forearm muscle oxygenation during sustained isometric contractions in rock climbers. *Auc Kinanthropologica*, 51(2), 48–55. doi:10.14712/23366052.2015.31
- Laffaye, G., Collin, J.-M., Levernier, G., & Padulo, J. (2014). Upper-limb power test in rock-climbing. *International Journal of Sports Medicine*, 35(8), 670–5. doi:10.1055/s-0033-1358473
- Lephart, S., Smoliga, J. M., Myers, J. B., Sell, T. C., & Tsai, Y.-S. (2005). An eight-week-golf-specific exercise program improves physical characteristics, swing mechanics, and golf performance in recreational golfers. *Strength And Conditioning Research*, 19(4), 826–830. doi:10.1519/R-20606.1
- Liao, K. H. (2016). Optimal Handle Grip Span for Maximum Hand Grip Strength and Accurate Grip Control Strength Exertion According to Individual Hand Size. *Journal of Osteoporosis and Physical Activity*, 4(2), 2–7. doi:10.4172/2329-9509.1000178
- MacLeod, D. (2012). *9 de cada 10 escaladores comenten los mismos errores*. (R. B. Productions, Ed.) (Primera ed.).
- MacLeod, D., Sutherland, D. L., Buntin, L., Whitaker, A., Aitchison, T., Watt, I., ... Grant, S. (2007). Physiological determinants of climbing-specific finger endurance and sport rock climbing performance. *Journal of Sports Sciences*, 25(12), 1433–43. doi:10.1080/02640410600944550

- Magiera, A., Rocznik, R., Maszczyk, A., Czuba, M., Kantyka, J., & Kurek, P. (2013). The structure of performance of a sport rock climber. *Journal of Human Kinetics*, 36(March), 107–17. doi:10.2478/hukin-2013-0011
- Mally, F., Litzenberger, S., & Sabo, a. (2013). Surface electromyography measurements of dorsal muscle cross-activation in therapeutic climbing. *Procedia Engineering*, 60, 22–27. doi:10.1016/j.proeng.2013.07.039
- McMaster, D. T., Gill, N., Cronin, J., & McGuigan, M. (2014). A brief review of strength and ballistic assessment methodologies in sport. *Sports Medicine*, 44(5), 603–623. doi:10.1007/s40279-014-0145-2
- Mermier, C. M., Janot, J. M., Parker, D. L., & Swan, J. G. (2000). Physiological and anthropometric determinants of sport climbing performance. *British Journal of Sports Medicine*, 34(5), 359–65.
- Muehlbauer, T., Granacher, U., Jockel, B., & Kittel, R. (2013). Muscle Activation during Therapeutic Climbing Exercises. *Sportverletzung Sportschaden*, 27, 162–168. doi:10.1055/s-0033-1335595
- Muehlbauer, T., Stuerchler, M., & Granacher, U. (2012). Effects of Climbing on Core Strength and Mobility in Adults. *International Journal of Sports Medicine*, 33, 445–451. doi:http://dx.doi.org/ 10.1055/s-0031-1301312
- Nagai, K., Tateuchi, H., Takashima, S., Miyasaka, J., Hasegawa, S., Arai, R., ... Ichihashi, N. (2013). Effects of trunk rotation on scapular kinematics and muscle activity during humeral elevation. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 23(3), 679–687. doi:10.1016/j.jelekin.2013.01.012
- Noé, F., Quaine, F., & Martin, L. (2001). Influence of steep gradient supporting walls in rock climbing: biomechanical analysis. *Gait and Posture*, 13, 86–94. doi:10.1016/S0966-6362(00)00098-9
- Ozimek, M., Krawczyk, M., Zadarko, E., Barabasz, Z., Ambrozy, T., Stanula, A., ... Mucha, D. (2017). SOMATIC PROFILE OF THE ELITE BOULDERERS IN POLAND. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(4), 963–970.
- Paine, R., & Voight, M. L. (2013). The role of the scapula. *The International Journal of Sports Physical Therapy*, 8(5), 617–629.
- Panissa, V. L. G., Azevedo Neto, R. M., Julio, U. F., Andreato, L. V., Pinto E Silva, C. M., Hardt, F., & Franchini, E. (2013). Maximum number of repetitions, total weight lifted and neuromuscular fatigue in individuals with different training backgrounds. *Biology of Sport*, 30(2), 131–136. doi:10.5604/20831862.1044458
- Peacock, B., Westers, T., Walsh, S., & Nicholson, K. (2008). Feedback and maximum voluntary contraction. *Ergonomics*, 24(3), 223–228. doi:10.1080/00140138108559236
- Physical Activity Council. (2013). 2013 Participation Report. doi:10.6009/jjrt.2014_JSRT_70.10.1198

- Puletić, M., & Stanković, D. (2014). THE INFLUENCE OF SOMATOTYPE COMPONENTS. *Physical Education and Sport*, 12(2), 105–111.
- Reed, D., Cathers, I., Halaki, M., & Ginn, K. a. (2016). Does changing the plane of abduction influence shoulder muscle recruitment patterns in healthy individuals? *Manual Therapy*, 21, 63–68. doi:10.1016/j.math.2015.04.014
- Ross, W., & Kerr, D. (1993). Fraccionamiento de la masa corporal: un nuevo método para utilizar en nutrición clínica y medicina deportiva. *Actualización En Ciencias Del Deporte*, 1(3).
- Ruhe, A., Fejer, R., & Walker, B. (2011). Center of pressure excursion as a measure of balance performance in patients with non-specific low back pain compared to healthy controls: A systematic review of the literature. *European Spine Journal*, 20(3), 358–368. doi:10.1007/s00586-010-1543-2
- Saeterbakken, A. H., & Fimland, M. S. (2012). Muscle activity of the core during bilateral, unilateral, seated and standing resistance exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 112(5), 1671–1678. doi:10.1007/s00421-011-2141-7
- Savva, C., Karagiannis, C., & Rushton, a. (2012). Test-retest reliability of grip strength measurement in full elbow extension to evaluate maximum grip strength. *Journal of Hand Surgery (European Volume)*, 2012–2015. doi:10.1177/1753193412449804
- Schachter, A. K., McHugh, M. P., Tyler, T. F., Kreminic, I. J., Orishimo, K. F., Johnson, C., ... Nicholas, S. J. (2010). Electromyographic activity of selected scapular stabilizers during glenohumeral internal and external rotation contractions. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 19(6), 884–890. doi:10.1016/j.jse.2010.05.015
- Schweizer, A. (2012). Sport climbing from a medical point of view. *Swiss Medical Weekly*, 142(October), 1–9. doi:10.4414/smw.2012.13688
- Sibella, F., Frosio, I., Schena, F., & Borghese, N. a. (2007). 3D analysis of the body center of mass in rock climbing. *Human Movement Science*, 26, 841–852. doi:10.1016/j.humov.2007.05.008
- Tantawi, S. S. (2011). Effect of Core Stability Training on Some Physical Variables and the Performance Level of the Compulsory Kata for Karate Players. *World Journal of Sport Sciences*, 5(4), 288–296.
- The Climbing Business Journal. (2015). *Gyms and Trends of 2015*. Retrieved March 8, 2016, from <http://www.climbingbusinessjournal.com/gyms-and-trends-of-2015/>
- The Outdoor Foundation. (2014). *Outdoor Participation Report 2014*. Retrieved from <http://www.outdoorfoundation.org/pdf/ResearchParticipation2013.pdf>
- The Outdoor Foundation. (2015). *Outdoor recreation participation: topline report 2015*. Retrieved from <http://www.outdoorfoundation.org/research.participation.2015.topline.html>
- Tomaszewski, P., Gajewski, J., & Lewandowska, J. (2011). Somatic profile of competitive sport climbers. *Journal of Human Kinetics*, 29, 107–113. doi:10.2478/v10078-011-0044-7
- Torres-Ronda, L., Sánchez-Medina, L., & González-Badillo, J. J. (2011). Muscle strength and golf performance: A critical review. *Journal of Sports Science and Medicine*, 10(1), 9–18.

- Villarroya, M. A. (2005). Electromiografía cinesiológica. *Rehabilitación*, 39(6), 255–264. doi:10.1016/S0048-7120(05)74359-0
- Visser, J. E., Carpenter, M. G., van der Kooij, H., & Bloem, B. R. (2008). The clinical utility of posturography. *Clinical Neurophysiology*, 119(11), 2424–2436. doi:10.1016/j.clinph.2008.07.220
- Watts, P. B. (2004). Physiology of difficult rock climbing. *European Journal of Applied Physiology*, 91(4), 361–72. doi:10.1007/s00421-003-1036-7
- Watts, P. B., Joubert, L. M., Lish, a K., Mast, J. D., & Wilkins, B. (2003). Anthropometry of young competitive sport rock climbers. *British Journal of Sports Medicine*, 37(5), 420–4.
- Wong, E. K. L., & Ng, G. Y. F. (2008). Isokinetic work profile of shoulder flexors and extensors in sport climbers and nonclimbers. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 38(9), 572–7. doi:10.2519/jospt.2008.2779
- Wong, E. K. L., & Ng, G. Y. F. (2009). Strength profiles of shoulder rotators in healthy sport climbers and nonclimbers. *Journal of Athletic Training*, 44(5), 527–30. doi:10.4085/1062-6050-44.5.527
- Yamauchi, T., Hasegawa, S., Matsumura, A., Nakamura, M., Ibuki, S., & Ichihashi, N. (2015). The effect of trunk rotation during shoulder exercises on the activity of the scapular muscle and scapular kinematics. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 24(6), 955–964. doi:10.1016/j.jse.2014.10.010
- Yokoyama, K., Araki, S., Nishikitani, M., & Sato, H. (2002). Computerized posturography with sway frequency analysis: application in occupational and environmental health. *Industrial Health*, 40(1), 14–22. doi:10.2486/indhealth.40.14
- Zampagni, M. L., Brigadoi, S., Schena, F., Tosi, P., & Ivanenko, Y. P. (2011). Idiosyncratic control of the center of mass in expert climbers, 688–699. doi:10.1111/j.1600-0838.2010.01098.x

Anexos

Anexo n° 1 - El fenómeno de la escalada deportiva

Los deportes al aire libre representan el segundo grupo con mayor número de participantes en los Estados Unidos. Durante el año 2013, un 49,2% de su población participó a lo menos de una actividad al aire libre (Physical Activity Council, 2013). De este grupo, la escalada ha sido uno de los deportes que más ha crecido durante la última década. El año 2013 se superó la barrera de los 10 millones de practicantes en dicho país (The Outdoor Foundation, 2014), principalmente debido al aumento de la práctica de escalada tradicional, modalidad que se ubicó dentro de los 10 deportes que más ha crecido durante los últimos tres años (período 2012-2014; The Outdoor Foundation, 2015). Consecuentemente, se ha podido observar el incremento del número de afiliados a clubes o federaciones afines (González Herrero, 2011), del número de nuevas instalaciones para su práctica en muros artificiales (Schweizer, 2012; The Climbing Business Journal, 2015) en línea con su postulación como deporte olímpico para el evento de Tokio 2020 (Nick Draper et al., 2016).

Haciendo eco de lo anterior, la comunidad científica también ha puesto su atención sobre esta disciplina, con un creciente número de publicaciones y líneas de investigación exclusivas al tema (Nick Draper et al., 2016), hechos culminados con la reciente conformación de la International Rock Climbing Research Association (www.ircra.rocks).

Anexo nº 2 - Clasificación de escaladores/as y de dificultad de rutas/problemas de la International Rock Climbing Research Association (IRCRA)

Para definir en qué categoría se encuentra el nivel de escalador, la IRCRA propone la regla del 3:3:3. Es decir, se debe clasificar considerando aquel grado de dificultad en que el escalador ha logrado 3 ascensos exitosos en 3 rutas distintas durante los últimos 3 meses. Por ejemplo, para caer dentro de la categoría "avanzado", el atleta debe haber logrado encadenar 3 rutas distintas de grado de dificultad al menos 5.12a (YDS) en los últimos 3 meses.

| Climbing Group | Vermin | Font | IRCRA | | | | | | | Metric | | |
|---|--------|------|-----------------|-------|--------------|--------------|--------|-----|--------|--------|-------|------|
| | | | Reporting Scale | YDS | French/sport | British Tech | Ewbank | BRZ | UIAA | UIAA | Watts | |
| Lower Grade (Level 1) Male & Female | | | 1 | 5.1 | 1 | | 2 | 4 | I sup | I | 1.00 | |
| | | | 2 | 5.2 | 2 | | 2 | 6 | II | II | 2.00 | |
| | | | 3 | 5.3 | 2+ | | | 8 | II sup | III | 3.00 | |
| | | | 4 | 5.4 | 3- | 3 | | 10 | III | III+ | 3.50 | |
| | | | 5 | 5.5 | 3 | | | 12 | IV | IV | 4.00 | |
| | | | 6 | 5.6 | 3+ | | 4 | 14 | V | IV+ | 4.33 | 0.00 |
| | | | 7 | 5.7 | 4 | | | 16 | V | V- | 4.66 | 0.25 |
| | | | 8 | 5.8 | 4+ | | | 18 | V sup | V | 5.00 | 0.50 |
| | VB | < 2 | 9 | 5.9 | 5 | 5a | | 20 | VI | V+ | 5.33 | 0.75 |
| | | | 10 | 5.10a | 5+ | | | 22 | VI | VI- | 5.66 | 1.00 |
| Intermediate (Level 2) Female | V0- | 3 | 11 | 5.10b | 6a | | 5b | 24 | VI | VI+ | 6.33 | 1.25 |
| | V0 | 4 | 12 | 5.10c | 6a+ | | | 26 | VI sup | VII- | 6.66 | 1.50 |
| Intermediate (Level 2) Male | V0+ | 4+ | 13 | 5.10d | 6b | 5c | | 28 | VII | VII | 7.00 | 1.75 |
| | V1 | 5 | 14 | 5.11a | 6b+ | | | 30 | 7a | VII+ | 7.33 | 2.00 |
| | | 5+ | 15 | 5.11b | 6c | | 6a | 32 | 7b | VIII- | 7.66 | 2.25 |
| Advanced (Level 3) Female | V2 | 6A | 16 | 5.11c | 6c+ | | | 34 | 7c | VIII | 8.00 | 2.50 |
| | V3 | 6B | 17 | 5.11d | 7a | | | 36 | 8a | VIII+ | 8.33 | 3.00 |
| Advanced (Level 3) Male | V4 | 6B+ | 18 | 5.12a | 7a+ | 6b | | 38 | 8b | IX- | 8.66 | 3.25 |
| | V5 | 6C | 19 | 5.12b | 7b | | | 40 | 8c | IX | 9.00 | 3.50 |
| | V6 | 6C+ | 20 | 5.12c | 7b+ | | | 42 | 9a | IX+ | 9.33 | 4.00 |
| | V7 | 7A | 21 | 5.12d | 7c | | 6c | 44 | 9b | X- | 9.66 | 4.25 |
| Elite (Level 4) Female | V8 | 7B | 22 | 5.13a | 7c+ | | | 46 | 9c | X | 10.00 | 4.50 |
| | V9 | 7B+ | 23 | 5.13b | 8a | | | 48 | 10a | X+ | 10.33 | 5.00 |
| Elite (Level 4) Male | V10 | 7C | 24 | 5.13c | 8a+ | | | 50 | 10b | XI- | 10.66 | 5.25 |
| | V11 | 7C+ | 25 | 5.13d | 8b | 7a | | 52 | 10c | XI | 11.00 | 5.50 |
| | | 8A | 26 | 5.14a | 8b+ | | | 54 | 11a | XI+ | 11.33 | 6.00 |
| Higher Elite (Level 5) Male | V12 | 8A+ | 27 | 5.14b | 8c | | | 56 | 11b | XII- | 11.66 | 6.25 |
| | V13 | 8B | 28 | 5.14c | 8c+ | | | 58 | 11c | XII | 12.00 | 6.50 |
| | V14 | 8B+ | 29 | 5.14d | 9a | | 7b | 60 | 12a | | | |
| | V15 | 8C | 30 | 5.15a | 9a+ | | | 62 | 12b | | | |
| | | 8C+ | 31 | 5.15b | 9b | | | 64 | 12c | | | |
| | | | 32 | 5.15c | 9b+ | | | 66 | | | | |

Anexo n° 3 - Formularios de antecedentes deportivos, lesiones/molestias físicas y experiencia escalando



Universidad de Chile
Facultad de Medicina
Programa de Graduados
Escuela de Postgrado

Investigación: "Control de la musculatura dorso-lumbar en escaladores deportivos: ¿determinante de rendimiento? "

Organización: Universidad de Chile

Investigador Principal: Dr. Ignacio Solar Altamirano

Contacto: ignaciosolar@med.uchile.cl / 29786817

| Participación deportiva / entrenamiento cruzado | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------|---------------------------------|----|------------------|------------------|-----------------------------------|----------------------------------|------|-----|------|----------|---|
| Detalles del participante | | | | | | | | | | | | |
| Nombre | | | | | | N° Participante | | | | | | |
| Deportes: recreación y entrenamiento cruzado | | | | | | | | | | | | |
| ¿Participas de algún otro deporte que no sea escalada? (ya sea por recreación o entrenamiento cruzado) | | | | | | SI | | | NO | | | |
| Si tu respuesta es afirmativa: participación en otros deportes en los últimos 6 meses | | | | | | | | | | | | |
| Deporte | Edad de inicio | ¿pausas en los últimos 6 meses? | | | Días a la semana | Duración promedio de las sesiones | Intensidad promedio de la sesión | | | | | ¿Has competido por ese deporte? (SI/NO) |
| | | Si | No | Duración (meses) | | | Muy baja | Baja | Med | Alta | Muy alta | |
| 1. | | | | | | | | | | | | |
| 2. | | | | | | | | | | | | |
| 3. | | | | | | | | | | | | |
| 4. | | | | | | | | | | | | |
| 5. | | | | | | | | | | | | |
| 6. | | | | | | | | | | | | |
| 7. | | | | | | | | | | | | |
| 8. | | | | | | | | | | | | |
| 9. | | | | | | | | | | | | |
| 10. | | | | | | | | | | | | |



Universidad de Chile
 Facultad de Medicina
 Programa de Graduados
 Escuela de Postgrado

Investigación: "Control de la musculatura dorso-lumbar en escaladores deportivos: ¿determinante de rendimiento? "

Organización: Universidad de Chile

Investigador Principal: Dr. Ignacio Solar Altamirano

Contacto: ignaciosolar@med.uchile.cl / 29786817

| Lesiones y molestias físicas | | | | | | |
|--|---|----|----------------------------|---|----|--|
| Detalles del participantes | | | | | | |
| Name | | | | N° participante | | |
| Lesiones y molestias físicas | | | | | | |
| ¿Has sufrido de lesiones o molestias físicas en los últimos 6 meses? | | | SI | NO | | |
| Si tu respuesta es afirmativa: lesiones o molestias físicas | | | | | | |
| Localización | ¿Detuviste tu entrenamiento en los últimos 6 meses? | | | Si tu respuesta es afirmativa: ¿retornaste a tu condición previa? | | |
| | Si | No | Duración en tiempo (meses) | Si | No | Tiempo desde que retornaste a escalar/entrenar (meses) |
| 1. | | | | | | |
| 2. | | | | | | |
| 3. | | | | | | |
| 4. | | | | | | |
| 5. | | | | | | |
| 6. | | | | | | |
| 7. | | | | | | |
| 8. | | | | | | |
| 9. | | | | | | |

Experiencia escalando

Detalles del participante

Nombre: _____ N° participante _____

Experiencia escalando

¿Hace cuanto que escalas? _____ (años y meses)

¿Cuán a menudo escalas por semana? _____ (número de sesiones)

Aproximadamente ¿qué porcentaje de tiempo _____ % deportiva % tradicional % boulder
inviertes en cada una de las disciplinas de escalada?

Aproximadamente ¿qué porcentaje de tiempo _____ % gimnasio % al aire libre
inviertes escalando en gimnasio y al aire libre?

Habilidad en boulder (dejar en blanco si no aplica)

| (AV: a vista; PR: punto rojo o trabajado) | Resina (muro artificial) | | Roca natural | |
|--|--------------------------|----|--------------|----|
| Mejor marca últimos tres meses (al menos tres ascensos) | AV | PR | AV | PR |
| Mejor marca últimos tres meses (grado más alto) | AV | PR | AV | PR |
| Mejor marca últimos doce meses (al menos tres ascensos) | AV | PR | AV | PR |
| Mejor marca últimos doce meses (grado más alto) | AV | PR | AV | PR |
| Mejor marca histórica (al menos tres ascensos) | AV | PR | AV | PR |
| Mejor marca histórica (grado más alto) | AV | PR | AV | PR |

Habilidad en deportiva (dejar en blanco si no aplica)

| (AV: a vista; PR: punto rojo o trabajado) | Resina (muro artificial) | | Roca natural | |
|--|--------------------------|----|--------------|----|
| Mejor marca últimos tres meses (al menos tres ascensos) | AV | PR | AV | PR |
| Mejor marca últimos tres meses (grado más alto) | AV | PR | AV | PR |
| Mejor marca últimos doce meses (al menos tres ascensos) | AV | PR | AV | PR |
| Mejor marca últimos doce meses (grado más alto) | AV | PR | AV | PR |
| Mejor marca histórica (al menos tres ascensos) | AV | PR | AV | PR |
| Mejor marca histórica (grado más alto) | AV | PR | AV | PR |

Habilidad en tradicional (dejar en blanco si no aplica)

| (AV: a vista; PR: punto rojo o trabajado) | Roca natural | |
|--|--------------|----|
| Mejor marca últimos tres meses (al menos tres ascensos) | AV | PR |
| Mejor marca últimos tres meses (grado más alto) | AV | PR |
| Mejor marca últimos doce meses (al menos tres ascensos) | AV | PR |
| Mejor marca últimos doce meses (grado más alto) | AV | PR |
| Mejor marca histórica (al menos tres ascensos) | AV | PR |
| Mejor marca histórica (grado más alto) | AV | PR |

Experiencia en competencias

| | | | | |
|--|------------------------|----------|----------|---------------|
| ¿Has participado de una competencia? | SI | | NO | |
| Si respondiste si ¿cuántas competencias en los últimos 12 meses? | número de competencias | | | |
| ¿A qué nivel fueron las competencias? | Local | Regional | Nacional | Internacional |
| ¿Cuál fue tu posición en la última competencia? | Local | Regional | Nacional | Internacional |

Anexo n° 4 - Protocolo de medición de composición corporal mediante DXA

Durante la medición, el paciente permanece recostado sin moverse sobre una superficie acolchada (que forma parte del equipo) mientras el instrumento escanea el cuerpo a través de rayos X de muy baja intensidad (una exposición equivalente a la décima parte de una radiografía simple de tórax). La misma dura entre 15 y 30 minutos, dependiendo del peso y la estatura del paciente.

Procedimiento

Previo al inicio del examen, el paciente debe retirar todos los materiales atenuantes (cinturones, botones metálicos, cierres, etc.) de la región de exploración, en este caso, cuerpo entero. Posterior a esto, los pasos a seguir son:

1. Con ayuda del operador, el paciente debe subir a la mesa de exploración (descalzo) y colocarse en posición decúbito supino (de espalda).
2. El cuerpo del paciente debe ubicarse en el centro de la tabla del escáner. Utilizar la línea central de la mesa sirve como referencia para posicionarlo. Si el paciente es más ancho que el área de barrido, puede posicionarse para una exploración de mitad de cuerpo (también conocida como exploración MirrorImage).
3. Las manos del paciente deben colocarse a los costados con los dedos pulgares hacia arriba. Las palmas de las manos deben mirar hacia las piernas y los brazos deben estar estirados a lo largo del cuerpo. Para obtener mejores resultados, se recomienda que las manos no toquen las piernas y que haya un pequeño espacio de aire (~1 cm) entre los brazos y el torso. Debe verificarse que los brazos del paciente estén dentro del área de exploración sobre la colchoneta de la mesa.
4. En casos especiales, se recomienda utilizar la cinta de velcro para fijar rodillas y pies, evitando que se mueva durante la medición.

Anexo n° 5 - Formulario de "Información a los/participantes" y "Consentimiento informado"



Universidad de Chile
Facultad de Medicina
Programa de Graduados
Escuela de Postgrado

Información a los/las participantes

Has sido invitado a participar del proyecto de investigación titulado "Control de la musculatura axial en escaladores deportivos: ¿determinantes de rendimiento?". Tu participación es opcional y tomará a lo más 6 horas de tu tiempo, distribuidas en dos sesiones.

La valoración de la condición física en escaladores/as, que constituye condición física en escaladores/as y cuales parámetros son los más importantes de considerar en estos/as deportistas ha sido tema de preocupación entre entrenadores/as e investigadores/as por muchos años. Existe cierto consenso en que el desarrollo de la fuerza muscular de antebrazo y el porcentaje de masa grasa son factores condicionantes para el alto rendimiento durante la escalada. Sin embargo, existe aún existe una multiplicidad de factores por estudiar que podrían dar explicación a las diferencias entre escaladores novicios, avanzados y elite.

El presente estudio pretende responder las siguientes preguntas:

- Valorar la actividad eléctrica de la musculatura axial durante dos tareas, una de control de postura y otra de fuerza máxima de tracción
- Valorar factores de rendimiento conocidos tales como porcentaje de masa grasa y de prensión de mano en escaladores de distinto nivel de rendimiento

¿En qué consistirán las evaluaciones?

Las evaluaciones involucrarán dos sesiones, cada una de máximo 3 hrs. de duración. Durante la primera sesión se entregarán detalles del protocolo, un formulario de información de participación (la información que estás leyendo en este momento) y se responderán las dudas que puedas tener. Tendrás todo el tiempo que necesites para decidir si firmas la declaración del consentimiento informado y el cuestionario de historial médico. Adicionalmente, se te pedirá llenar una encuesta sobre tu experiencia escalando, antecedentes deportivos y lesiones. Posteriormente, se te realizarán algunas mediciones corporales esenciales, incluyendo una evaluación antropométrica ampliada y la valoración de tu masa grasa a través de una densitometría corporal. Posteriormente se realizará una inducción a las tareas de control postural y fuerza que deberás completar durante la segunda sesión.

A lo largo de la segunda sesión, y posterior a un protocolo de calentamiento, se te solicitará realizar tareas ensayadas previamente, mientras se mide la actividad de varios músculos axiales mediante electromiografía de superficie.

¿Pueden ser las evaluaciones peligrosas?

La exposición a Rayos X de la densitometría es equivalente a 1/10 de la radiación recibida durante un radiografía de tórax. En relación a los ejercicios, existe una remota posibilidad de lesión y/o muerte. El riesgo, sin embargo, disminuye cuando completas ejercicios que tu realizarías normalmente en tu rutina, con las precauciones médicas adecuadas (incluyendo la recolección del historial médico y realizar los ejercicios bajo supervisión) y teniendo en cuenta que puedes detener tu participación en el momento que quieras.

¿Es mi participación voluntaria?

Se procura que tu participación sea totalmente voluntaria.

¿Qué información será registrada?

- El formulario de consentimiento informado
- Datos antropométricos según protocolo Deborah Kett
- Antecedentes deportivos, historial de lesiones y experiencia escalando
- Actividad eléctrica de los músculos objetivo
- Fuerza máxima de tracción de tren superior y de presión de mano

¿Cómo se almacenará mi información personal?

Los resultados se manejarán como datos agregados para efectos de la presente tesis de magíster y las publicaciones y/o presentaciones que deriven de la misma. Tus datos serán conservados de manera segura en el computador personal del investigador, garantizando tu anonimato y confidencialidad en todo momento. Tu identidad nunca se hará pública.

¿Puedo retirarme o pedir el retiro de mis datos?

Tienes el derecho de retirarte del proyecto en cualquier momento, incluyendo el retiro de la información ya recopilada hasta dos semanas después de la recolección de los datos. No necesitas entregar ninguna justificación para esta solicitud, simplemente debes contactar al Dr. Ignacio Solar A (ignaciosolar@med.uchile.cl) para hacer efectivo el retiro.



Universidad de Chile
Facultad de Medicina
Programa de Graduados
Escuela de Postgrado

Consentimiento informado

Yo, _____, a través de la presente doy mi consentimiento para participar del proyecto de tesis para el grado de magíster titulado "Control de la musculatura axial en escaladores deportivos: ¿determinante de rendimiento?" tal como se describe en la hoja "información a los/las participantes".

Firmando el presente documento confirmo que:

- se me han explicado de los propósitos del proyecto/los test de escalada
- me doy por satisfecho con mi comprensión del proyecto
- se me han explicado los posibles beneficios/riesgos del proyecto/test
- se han respondido todas mis preguntas sobre el proyecto/los test
- entiendo que, durante el curso del proyecto/los test, tengo el derecho a realizar más preguntas
- la información que he proporcionado a la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile previo al inicio de las evaluaciones es fidedigna y exacta según mi nivel de conocimientos. Además, creo y entiendo que debo notificar lo más prontamente posible de cualquier cambio de la misma.
- entiendo que mi información personal no será compartida con terceros sin mi permiso
- entiendo que mi participación en el proyecto/los test es voluntaria y tengo el derecho a retirarme en cualquier etapa del mismo.
- entiendo que puedo solicitar el retiro de mis datos hasta dos semanas posteriores a su registro.
- entiendo que una vez finalizado el proyecto/los test de escalada, los resultados obtenidos del mismo pueden ser usados para publicaciones o presentaciones de carácter científico.

Nombre y firma: _____

Fecha: _____

Anexo n° 6 - Protocolo de Deborah Kerr para evaluaciones antropométricas

Variables para las derivaciones de masas fraccionales

Masa de piel

- peso corporal
- estatura

Masa de tejido adiposo

- pliegue cutáneo tricipital
- pliegue cutáneo subescapular
- pliegue cutáneo supraspinal
- pliegue cutáneo abdominal
- pliegue cutáneo de la parte frontal del muslo
- pliegue cutáneo de la pantorrilla medial

Masa muscular

- perímetro del brazo relajado corregido por el pliegue cutáneo tricipital
- perímetro del antebrazo (no corregido)
- perímetro de la caja torácica, corregido por el pliegue cutáneo subescapular
- perímetro del muslo, corregido por el pliegue cutáneo de la parte frontal del muslo
- perímetro de la pantorrilla, corregido por el pliegue cutáneo de la pantorrilla medial

Fórmula General: $\text{Perímetro corregido} = \text{Perímetro total} - (\pi \times \text{Pliegue}) / 10^4$.

Masa ósea

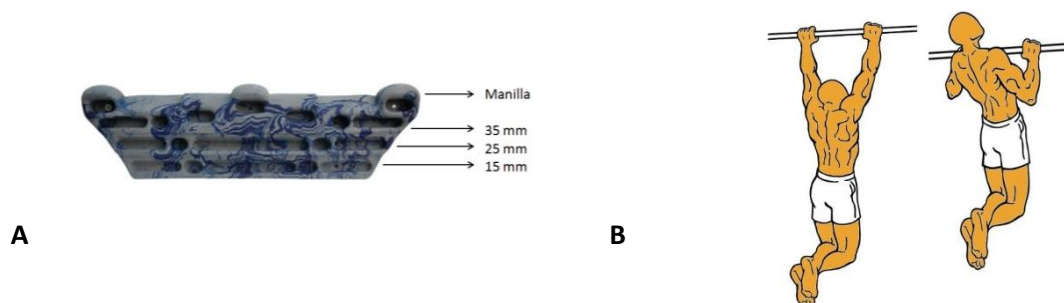
- diámetro biacromial
- diámetro biiliocristal
- diámetro biepicondilar del húmero
- diámetro bicondilar del fémur
- perímetro de la cabeza (la masa ósea del cráneo se predice independientemente)

Masa residual

- perímetro de la cintura, corregido por el pliegue cutáneo abdominal
- diámetro antero-posterior de la caja torácica
- diámetro transversal de la caja torácica



Anexo n° 7 - Detalles tareas de 1-RMTS y balance durante segunda sesión

1-RMTS



A) Multipresa de entrenamiento para escaladores. Se instalará permitiendo al voluntario alcanzar las presas denominadas "manilla" sin tener que extender los tobillo B) tarea de tracción de tren superior referencial. Se realizará desde una multipresa para el estudio

Detalle tareas de balance

| Tarea | Descripción | Imagen |
|-------------------------|---|---|
| Postura bipodal | <ul style="list-style-type: none"> • Posición erguida bipodal. Piernas separadas al ancho de hombros • Brazos en 90° de abducción en plano coronal, codos en 90° de flexión, palmas de las manos direccionadas hacia anterior • 3 repeticiones con ojos abiertos, 3 repeticiones con ojos cerrados |  |
| Postura unipodal | <ul style="list-style-type: none"> • Posición erguida unipodal sobre pierna derecha. Pierna izquierda abducida en plano coronal y rodilla flectada de forma de apoyar el talón sobre el cóndilo medial de pierna derecha • Brazos en 90° de abducción en plano coronal, codos en 90° de flexión, palmas de las manos direccionadas hacia anterior • 3 repeticiones con ojos abiertos |  |

Anexo n° 8 - Certificado de aprobación del proyecto por el Comité de Ética en Investigación en Seres Humano - Facultad de Medicina - Universidad de Chile



UNIVERSIDAD DE CHILE - FACULTAD DE MEDICINA
COMITÉ DE ÉTICA DE INVESTIGACIÓN EN SERES



ACTA DE APROBACIÓN DE PROYECTO

28 MAR 2017

FECHA: 28 de Marzo de 2017.

PROYECTO: "CONTROL DE LA MUSCULATURA AXIAL EN ESCALADORES DEPORTIVOS: ¿DETERMINANTE DE RENDIMIENTO?".

INVESTIGADOR RESPONSABLE: PROF. IGNACIO SOLAR

INSTITUCIÓN: ESCUELA DE MEDICINA, FACULTAD DE MEDICINA, UNIVERSIDAD DE CHILE.

Con fecha 28 de Marzo de 2017, el proyecto ha sido analizado a la luz de los postulados de la Declaración de Helsinki, de la Guía Internacional de Ética para la Investigación Biomédica que involucra sujetos humanos CIOMS 1992, y de las Guías de Buena Práctica Clínica de ICH 1996.

Sobre la base de la información proporcionada en el texto del proyecto el Comité de Ética de Investigación en Seres Humanos de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile, estima que el estudio propuesto está bien justificado y que no significa para los sujetos involucrados riesgos físicos, psíquicos o sociales mayores que mínimos resumida en anexo que se adjunta al acta.

En virtud de las consideraciones anteriores el Comité otorga la aprobación ética para la realización del estudio propuesto, dentro de las especificaciones del protocolo.

Este comité también analizó y aprobó el correspondiente documento de Consentimiento Informado en su versión original de fecha 04 de Enero de 2017.

Se extiende este documento por el periodo de un año a contar desde la fecha de aprobación prorrogable según informe de avance y seguimiento bioético.

LUGAR DE REALIZACIÓN DEL ESTUDIO:

- ESCUELA DE KINESIOLOGÍA, FACULTAD DE MEDICINA, UNIVERSIDAD DE CHILE.

Teléfono: 29789536 - Email: comiteceish@med.uchile.cl



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE MEDICINA

UNIVERSIDAD DE CHILE - FACULTAD DE MEDICINA
COMITÉ DE ÉTICA DE INVESTIGACIÓN EN SERES



28 MAR. 2017

INTEGRANTES DEL COMITÉ DE ÉTICA DE INVESTIGACIÓN EN SERES HUMANOS

| NOMBRE | CARGO | RELACIÓN CON LA INSTITUCIÓN |
|----------------------------|------------|-----------------------------|
| Dr. Manuel Oyarzún | Presidente | Sí |
| Dr. Hugo Amigo | Miembro | Sí |
| Dra. Lucía Cifuentes | Miembro | Sí |
| Dra. Grisel Orellana | Miembro | Sí |
| Sra. Gina Raineri | Miembro | Sí |
| Dra. María Ángela Delucchi | Miembro | Sí |
| Dr. Miguel O'Ryan | Miembro | Sí |
| Sra. Claudia Marshall | Miembro | Sí |
| Dra. Julieta Gonzalez | Miembro | Sí |

Santiago, 28 de Marzo de 2017.

Sra. Gina Raineri B.
Secretaria Ejecutiva CEISH

c.c.: - Proyecto Nº 217-2016
- Archivo Acta nº 149

Teléfono: 29789536 - Email: comiteceish@med.uchile.cl