



UNIVERSITAS
Miguel Hernández

**EFFECTOS DE SOBRECARGA
EXCÉNTRICA SOBRE PRUEBAS DE
RENDIMIENTO Y CAMBIOS
MORFOLÓGICOS EN JUGADORES DE
BALONMANO**

Trabajo Final de Máster
Máster en Rendimiento y Salud

2017-2018

ALUMNO: CLEMENTE PÉREZ SALLAN

TUTOR: RAFAEL SABIDO

Índice

Introducción.....	3
Método.....	5
Participantes.....	5
Procedimiento.....	5
Pruebas de rendimiento/ecografía.....	6
Sesiones de entrenamiento.....	7
Análisis estadístico.....	8
Referencias.....	9
Anexos.....	12



Introducción

Con el fin de mejorar el entrenamiento para obtener un mayor rendimiento en el deportista es importante conocer cuáles son las exigencias físicas, fisiológicas y energéticas del deporte que se producen durante la competición (Barbero, Coutts, Granda, Barbero & Castagna, 2009). En los deportes de equipo competitivo la fuerza muscular y la potencia son fundamentales ya que estas habilidades son la base de acciones específicas que determinan el rendimiento, es decir, tirar, saltar, correr y golpear (Massuça, Fragoso & Teles, 2014). El balonmano es un deporte de equipo que implica ejercicio de corta duración de alta intensidad, que requiere una buena capacidad aeróbica, velocidad y fuerza. En el balonmano los jugadores deben realizar repetidamente esfuerzos cortos y explosivos, como aceleraciones y desaceleraciones durante los sprints con cambios de dirección (Massuça et al.; Ingebrigtsen, Jeffreys, & Rodahl, 2013; Póvoas et al., 2012).

Los métodos tradicionales de fuerza se han basado en ejercicios contra resistencia donde el estímulo proviene de la carga gravitacional, sin embargo, la eficacia de estos métodos se limita a acciones concéntricas, con menor activación en la fase excéntrica (de Hoyo et al, 2015). Tesch et al (2004) propusieron una alternativa a estos métodos, el entrenamiento de sobrecarga excéntrica (SE). El entrenamiento de SE es un sistema de ejercicio que utiliza la inercia inducida producida por un dispositivo de volante giratorio que permite acciones eficaces en las fases concéntrica y excéntrica (Alkner & Tesch, 2004; Tesch, Ekberg, Lindquist, & Trieschmann, 2004; Tous-Fajardo, Maldonado, Quintana, Pozzo, & Tesch, 2006). El entrenamiento SE proporciona un estímulo independiente de la gravedad (Alkner et al, 2003; Trappe et al, 2004) que causa una mayor activación muscular (Caruso et al, 2006; Norrbrand et al, 2010).

Estos métodos de entrenamiento han demostrado ser particularmente efectivo para promover ganancias tempranas en masa muscular (Seynnes et al., 2007), más que un entrenamiento de acciones concéntricas (Norrbrand, Fluckey, Pozzo, & Tesch, 2008). También, se producen mayores adaptaciones neurales, y consecuentemente de fuerza, comparado con entrenamientos contra resistencia convencionales (Núñez, Suarez-Arrones, Cater, & Mendez-Villanueva, 2016), así como la mejora en el rendimiento deportivo donde su importancia recae en un aumento de las capacidades de los deportistas para los cambios de dirección, la velocidad en sprint y los saltos según los estudios de Tous-Fajardo et al. (2016) y De Hoyo et al (2016).

Entre las aportaciones de estas metodologías están sus efectos positivos para la prevención y el tratamiento de lesiones en el deporte de competición (Askling et al., 2003; de Hoyo et al., 2015; Romero-Rodriguez et al., 2011). Por ello, es importante destacar que las tendinopatías prevalecen en deportes caracterizados por altas demandas de velocidad y potencia para los extensores de la pierna y pueden afectar en el rendimiento (Mascaró et al, 2018) como puede ser el caso del balonmano. Alfredson et al (1998) propusieron programas de ejercicios excéntrico-efectivos para las tendinopatías. Autores como Esparza et al (2011) encontraron que el ejercicio con

sobrecarga excéntrica produce un reforzamiento de los tendones provocando mejoras en la recuperación de tendinopatías aquileas y rotulianas.

En el entrenamiento con SE y aspectos relacionados con cambios estructurales del tendón, se cree que podría tener una repercusión muy positiva en la tendinopatía rotuliana, gracias a la elevada carga durante la fase excéntrica que eleva el volumen muscular distal, así como mejora la unión tendón-músculo, tanto en deportistas de élite y aficionados como proponen los siguientes estudios: Gual, Fort-Vanmeerhaeghe, Romero-Rodríguez, Tesch & Costa (2013) y Sanz-López et al (2016) respectivamente.

Entre los cambios estructurales, es relevante la adaptación del tejido tendinoso con el entrenamiento con SE. Así, los resultados del estudio de Norrbrand et al (2008), en el que se usa el entrenamiento en SE, inducen a adaptaciones del músculo esquelético similares o incluso más marcadas que el entrenamiento estándar de pesas, también, hay estudios que sugieren que el entrenamiento de SE en sentadillas promueve cambios de los tejidos del tendón de Aquiles y para el ángulo de penneación del gastrocnemio en menos tiempo que otros programas de entrenamiento excéntrico sin una fase de sobrecarga (Sanz-López et al, 2016).

Concretamente, en el balonmano, encontramos la aplicación de Maroto-Izquierdo et al. (2017), que sugiere que el entrenamiento con SE afecta los cambios funcionales y anatómicos de una manera que mejora el rendimiento en jugadores de balonmano profesionales bien entrenados. En el balonmano se requiere de repetidos esfuerzos cortos y explosivos, como aceleraciones y desaceleraciones durante los sprints con cambios de dirección y en los resultados de este estudio se sugiere que el entrenamiento con SE induce a mejoras significativas en la fuerza dinámica máxima, potencia de salida a diferentes cargas, altura de salto vertical, tiempo de sprint, agilidad y grosor muscular en jugadores profesionales de balonmano respecto los participantes con un entrenamiento de resistencia similar (volumen e intensidad) realizado con máquina tradicional de prensa de piernas e incluye un volumen similar y esfuerzo percibido.

Por ello, el objetivo de este TFM fue analizar si se producen mejoras en la condición física y cambios estructurales (tamaño del músculo y la arquitectura, tendón) después de un programa de entrenamiento de sobrecarga excéntrico de 6 semanas en jugadores de balonmano. La hipótesis es que tras un periodo de entrenamiento de sobrecarga excéntrica de 6 semanas para jugadores de balonmano se producirá una mejora de la condición física y cambios estructurales relacionados con un mayor rendimiento.

Método

Participantes

Veintiséis jugadores (edad= $24,2 \pm 4,37$ años; masa= $80,75 \pm 6,57$ kg; altura= $1,82 \pm 0,08$ m) tomaron parte en el estudio. Todos los participantes seguían un programa de entrenamiento de 4 días a la semana y tenían experiencia en entrenamiento de fuerza sistemático. Tres sesiones incluían ejercicios de fuerza / potencia, y entrenamiento físico específicas en la pista (cambios de dirección y ejercicios pliométricos) y una sesión correspondía a partido competitivo. Al inicio del estudio los jugadores se hallaban en período competitivo.

Se diseñó un estudio controlado para analizar los efectos del entrenamiento con SE en jugadores amateur de balonmano. Al inicio de la intervención los componentes de este equipo fueron informados de los objetivos, duración, características de la intervención. Además, fueron informados del riesgo potencial de este tipo de entrenamiento, con el consentimiento informado y firmado por el Comité Ético de la Universidad.

Los participantes se introdujeron en un grupo experimental de entrenamiento de sobrecarga excéntrica (SCE, $n = 26$) el cual agregó una sesión específica a su entrenamiento habitual. Finalmente, 19 jugadores fueron incluidos en el análisis final. Los criterios de exclusión para nuestro estudio fueron: lesión no relacionada con el estudio, y por no completar al menos un 90% de las sesiones de entrenamiento.

Procedimiento

Se compararon las medidas pre, post y re-test (6 semanas después de acabar la intervención) de los resultados con las siguientes variables: CMJ, CDD T-test y RM sentadilla.

Se realizaron ecografías a los jugadores por parte del fisioterapeuta del club previamente al inicio del programa de entrenamiento de SE de 6 semanas. La ecografía se utilizó para evaluar los cambios estructurales, en este caso, del tendón rotuliano y de Aquiles, antes, al finalizar y 6 semanas después de realizar el programa de entrenamiento con SE para poder afianzar el mejor estado del tendón y con ello la prevención de tendinopatías y saber si los cambios obtenidos pueden ser consistentes en el tiempo.

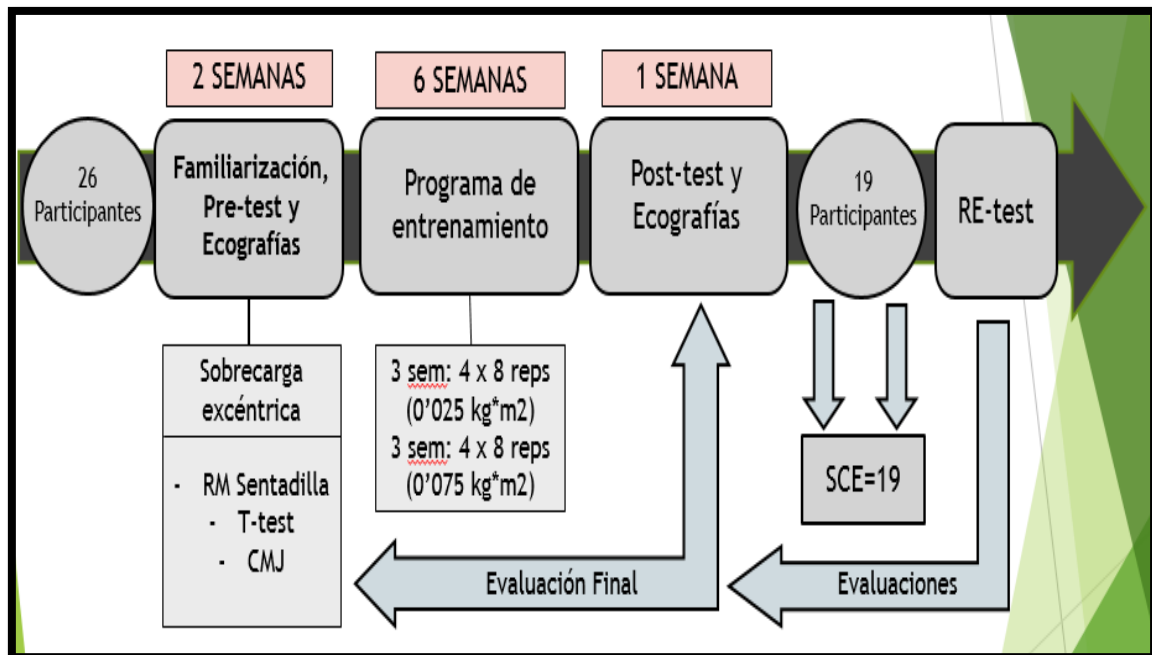


Figura 1. Cronograma del estudio

Pruebas de rendimiento/ecografía

Se realizaron una serie de test iniciales antes de la intervención y test finales la semana posterior a la intervención. Previo a la intervención, tuvieron lugar dos sesiones de familiarización con el sistema de entrenamiento de SE con la máquina yoyo, con el propósito de conseguir una técnica adecuada en la ejecución que les permitiese beneficiarse lo máximo posible del programa de entrenamiento con el mínimo riesgo.

Las pruebas realizadas durante este estudio a los jugadores fueron:

1. Test de salto a través de la realización de un salto con contramovimiento (CMJ). La altura del salto se midió con la plataforma de contacto (Tapeswitch Signal Mat, Tapeswitch Corporation America, New York, USA). El protocolo utilizado consistió en realizar el salto con las manos en la cadera para medir solamente la potencia en el tren inferior, el sujeto realizaba un contramovimiento flexionando las rodillas en un ángulo aproximado de 90° (fase excéntrica) y seguidamente el salto (fase concéntrica). Se realizaron 3 saltos con un breve descanso entre ellos y posteriormente se llevó a cabo la media de estos.
2. El test de cambio de dirección T-test se realizó de dos formas: realizando el primer cambio de dirección para el lado derecho y realizando el primer cambio de dirección para el lado izquierdo, realizando un intento en cada uno de ellos. El test consiste en correr 10 metros hacia delante, después de forma lateral 5 m, cambiar de sentido y correr 10 m de forma lateral, realizan otro giro y corren 5 metros, por último, vuelven a la posición central y vuelven 5 metros de frente hasta la posición de inicio. En la salida, los participantes se colocaron en una plataforma de contacto, alineando la punta de los pies (en paralelo) con el borde

- de la misma. Al despegar ambos pies, un cronómetro conectado a la plataforma de contacto (Tapeswitch Signal Mat, Tapeswitch Corporation America, New York, USA) se iniciaba. Tras completar todo el recorrido y volver a pisar la plataforma, el cronómetro se detenía con el tiempo empleado en completar el test. Se tuvo en cuenta el mejor tiempo para cada lado para su posterior análisis.
3. Fuerza máxima en sentadilla (RM sentadilla): El test de RM en el ejercicio de sentadilla se realizó en una máquina guiada y se midió mediante un encoder lineal (T-Force System Ergotech, Murcia, España). Se les pidió a los participantes que realizaran una flexión de rodilla y cadera hasta 90° y una posterior extensión completa hasta 180° para que fuera válida. El protocolo requería a los participantes incrementar progresivamente la carga durante las series. Se usaron los datos de una medición anterior para la estimación del nuevo RM, por lo que realizaron una primera serie de dos repeticiones con el 85% RM y una segunda serie de 2 repeticiones subiendo a un 90% RM. El descanso entre series fue de 3 minutos.
 4. Ecografías: prueba que nos aporta una imagen del tendón con la suficiente información como para realizar un diagnóstico de en qué estado se encuentra. Las imágenes del tendón de Aquiles, rotuliano y vientre del cuádriceps se obtuvieron usando un ultrasonido B-mode con opción Doppler color (Esaote MyLab70). Los participantes estaban acostados boca abajo sobre una mesa de exploración con los pies colgando sobre el borde de la mesa y en una posición a 90° y las espinillas ligeramente elevadas por el fisioterapeuta. Se utilizó un transductor lineal con una frecuencia de 10 Mhz.

Se aplicó gel de transmisión soluble en agua entre la piel y el transductor para optimizar el contacto antes de escanear las diferentes áreas y así, se obtuvieron con el transductor colocado transversalmente al tendón para la sección transversal (CSA). Para el espesor anteroposterior (AP), el transductor se colocó longitudinal al tendón. Los datos medidos 3 cm proximales a la inserción se obtuvieron para analizar la porción media del tendón de Aquiles, que se considera entre 2 y 7 cm proximal a la inserción calcánea, mientras que los datos medidos 1 cm proximal se obtuvieron para examinar la inserción en la parte distal porción del tendón de Aquiles.

Sesiones de entrenamiento

Cada sesión de entrenamiento comenzó con un calentamiento que constaba de: diferentes ejercicios y desplazamientos (30'' de carrera continua, carrera lateral, elevación de rodillas, talones al glúteo, abrir y cerrar abductores y carrera de espaldas), movilidad articular de tobillos, rodillas y cadera (15'' cada uno de ellos) y por último, ejercicios de core/planchas (20'' plancha frontal elevando cada vez un brazo, 20'' plancha lateral ambos lados y 20'' elevación de cadera unipodal con ambas piernas). Todos los jugadores debían también realizar una primera serie de 10 repeticiones submáximas en el dispositivo de sobrecarga excéntrica para finalizar el calentamiento.

La metodología de este estudio se basó en el estudio de Maroto-Izquierdo et al (2017) y Sabido et al (2017) en el que los jugadores completaron seis semanas de entrenamiento con la máquina Yo-Yo. Cada semana incluyó una sesión con SE realizando 4 series de 8 repeticiones con esfuerzo concéntrico máximo de este movimiento. El tiempo de descanso entre series del grupo SCE osciló entre 1 y 3 minutos.

Se utilizó un dispositivo isoinercial rotatorio (kBox 3, Exxentric AB TM, Bromma, Sweden) con un momento de inercia de 0,025 kg*m² con el que se han encontrado mayores valores de potencia máxima y de 0,075 kg*m² para el que se encuentran mayores valores de sobrecarga excéntrica (Sabido, Hernández-Davó & Pereyra, 2017). En este estudio, la carga que se ha utilizado durante el periodo de entrenamiento con SE fue de 0,025 kg*m² las 3 primeras semanas para que la intensidad fuese aumentando de forma progresiva y para una mejor adaptación a este tipo de ejercicios; y las 3 siguientes la carga fue de 0,075 kg*m².

El grupo de SE realizó la aceleración / frenado de los volantes a través de la extensión-flexión de las rodillas y las caderas (Fernández-Gonzalo et al., 2014). Cada repetición consistió en una acción concéntrica máxima de empuje en la plataforma donde se colocaron los pies, y haciendo rotar el volante. Se pidió a los participantes que empujaran con el máximo esfuerzo a través de toda la acción concéntrica, que variaba desde una flexión de rodilla de 70 ° hasta una extensión casi completa. Al final de esta acción concéntrica, la correa del volante se enrolló debido a fuerzas de inercia, que iniciaron la acción excéntrica invertida. Durante el primer tercio de la acción excéntrica, se instruyó a los participantes a resistir suavemente, y posteriormente, a aplicar la máxima fuerza de ruptura para detener el movimiento a aproximadamente 70 ° de flexión de la rodilla (Fernández-Gonzalo et al., 2014). Mediante este enfoque, se produjo SE (Norrbrand et al., 2010; Romero-Rodríguez et al., 2011; Tesch et al., 2004) (Anexo 1).

Análisis estadístico

El análisis estadístico fue realizado con el software SPSS, v 23.0 (IBM Corp. Released 2016, IBM SPSS Statistics for Windows) y el programa Microsoft Excel 2010. Se llevó a cabo un análisis de los descriptivos básicos (Media y Desviación Típica), una prueba de normalidad, una prueba T para medidas relacionadas entre las mediciones pre-post y re-test. El nivel de significación fue fijado en $P < 0.05$.

Además, se calculó el tamaño del efecto para todas las variables medidas. Para determinar la significatividad práctica se tuvo en cuenta el criterio para deportistas entrenados profesionalmente (trivial: <0.25 ; pequeño: 0.25-0.50; moderado: 0.5-1.0; grande: >1.0) (Rhea, 2004).

Referencias

- Alfredson, H., Pietilä, T., Jonsson, P., & Lorentzon, R. (1998). Heavy-load eccentric calf muscle training for the treatment of chronic Achilles tendinosis. *The American journal of sports medicine*, 26(3), 360-366.
- Alkner, B. A., Berg, H. E., Kozlovskaya, I., Sayenko, D., & Tesch, P. A. (2003). Effects of strength training, using a gravity-independent exercise system, performed during 110 days of simulated space station confinement. *European Journal of Applied Physiology*, 90(1-2), 44–49.
- Alkner, B., & Tesch, P. A. (2004). Efficacy of a gravity-independent resistance exercise device as a countermeasure to muscle atrophy during 29-day bed rest. *Acta Physiologica*, 181(3), 345-357.
- Askling, C., Karlsson, J., & Thorstensson, A. (2002). Hamstring injury occurrence in elite soccer players after preseason strength training with eccentric overload. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 15(1), 65–75.
- Barbero, J. C., Coutts, A., Granda, J., Barbero, V., & Castagna, C. (2009). The validity and reliability of a global positioning satellite system device to assess speed and repeated sprint ability (RSA) in athletes. *Journal of Science and Medicine Sport*, 2, 232-235.
- Caruso, J. F., Herron, J. C., Capps, L. B., Coday, M. A., Ramsey, C. C., Drummond, J. L. (2006). Blood lactate responses to leg presses performed against inertial resistance. *Aviation, Space and Environmental Medicine*, 77, 707-12
- de Hoyo, M., Pozzo, M., Sañudo, B., Carrasco, L., Gonzalo-Skok, O., Domínguez-Cobo, S., & Morán-Camacho, E. (2015). Effects of a 10-week in-season eccentric-overload training program on muscle-injury prevention and performance in junior elite soccer players. *Int J Sports Physiol Perform*, 10(1), 46-52.
- de Hoyo, M., Sañudo, B., Carrasco, L., Mateo-Cortes, J., Domínguez-Cobo, S., Fernandes, O., ... & Gonzalo-Skok, O. (2016). Effects of 10-week eccentric overload training on kinetic parameters during change of direction in football players. *Journal of sports sciences*, 34(14), 1380-1387.
- Esparza, F., Barrera, F., Pardo, A., Abellán, JF., Fernández, T., González, LM. (2011) Prevención de la tendinopatía rotuliana con ejercicios excéntricos en deportistas. *Trauma Fund MAPFRE*, 22, 4, 241-247.
- Gual, G., Fort-Vanmeerhaeghe, A., Romero-Rodríguez, D., & Tesch, P. A. (2016). Effects of in-season inertial resistance training with eccentric overload in a sports population at risk for patellar tendinopathy. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(7), 1834-1842.
- Fernandez-Gonzalo, R., Lundberg, T. R., Alvarez-Alvarez, L., & de Paz, J. A. (2014). Muscle damage responses and adaptations to eccentric-overload resistance exercise in men and women. *Eur J Appl Physiol*, 114(5), 1075-1084.
- Ingebrigtsen, J., Jeffreys, I., & Rodahl, S. (2013). Physical characteristics and abilities of junior elite male and female handball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(2), 302–309.

- Maroto-Izquierdo, S., García-López, D., & de Paz, J. A. (2017). Functional and muscle-size effects of flywheel resistance training with eccentric-overload in professional handball players. *Journal of human kinetics*, 60(1), 133-143.
- Mascaró, A., Cos, M. Á., Morral, A., Roig, A., Purdam, C., & Cook, J. (2018). Load management in tendinopathy: Clinical progression for Achilles and patellar tendinopathy. *Apunts. Medicina de l'Esport*, 53(197):19-27.
- Massuça, L. M., Fragoso, I., & Teles, J. (2014). Attributes of top elite team-handball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(1), 178–186.
- Norrbrand, L., Fluckey, J. D., Pozzo, M., & Tesch, P. A. (2008). Resistance training using eccentric overload induces early adaptations in skeletal muscle size. *Eur J Appl Physiol*, 102(3), 271-281.
- Norrbrand, L., Pozzo, M., & Tesch, P. A. (2010). Flywheel resistance training calls for greater eccentric muscle activation than weight training. *European Journal of Applied Physiology*, 110(5), 997–1005.
- Núñez, F. J., Suarez-Arrones, L. J., Cater, P., & Mendez-Villanueva, A. (2016). The High Pull Exercise: A Comparison Between a Versapulley Flywheel Device and the Free Weight. *Int J Sports Physiol Perform*, 1-21.
- Póvoas, S. C., Seabra, A. F., Ascensão, A. A., Magalhaes, J., Soares, J. M., & Rebelo, A. N. (2012). Physical and physiological demands of elite team handball. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(12), 3365–3375.
- Rhea, M. R. (2004). Determining the magnitude of treatment effects in strength training research through the use of the effect size. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 18(4), 918-920.
- Romero-Rodriguez, D., Gual, G., & Tesch, P. (2011). Efficacy of an inertial resistance training paradigm in the treatment of patellar tendinopathy in athletes: a case-series study. *Physical Therapy in Sport*, 12(1), 43-48.
- Sabido, R., Hernández-Davó, J. L., Botella, J., Navarro, A., & Tous-Fajardo, J. (2017). Effects of adding a weekly eccentric-overload training session on strength and athletic performance in team-handball players. *Eur J Sport Sci*, 1-9.
- Sabido, R., Hernández-Davó, J. L., & Pereyra-Gerber, G. T. (2017). Influence of different inertial loads on basic training variables during the flywheel squat exercise. *International journal of sports physiology and performance*, 1-30.
- Sanz-López, F., Sánchez, C. B., Hita-Contreras, F., Cruz-Díaz, D., & Martínez-Amat, A. (2016). Ultrasound changes in achilles tendon and gastrocnemius medialis muscle on squat eccentric overload and running performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(7), 2010-2018.
- Seynnes, O. R., de Boer, M., & Narici, M. V. (2007). Early skeletal muscle hypertrophy and architectural changes in response to high-intensity resistance training. *Journal of Applied Physiology*, 102(1), 368-373.
- Tesch, P. A., Ekberg, A., Lindquist, D. M., & Trieschmann, J. T. (2004). Muscle hypertrophy following 5-week resistance training using a non-gravity-dependent exercise system. *Acta Physiol Scand*, 180(1), 89-98.
- Tous-Fajardo, J., Gonzalo-Skok, O., Arjol-Serrano, J. L., & Tesch, P. (2016). Enhancing Change-of-Direction Speed in Soccer Players by Functional Inertial

- Eccentric Overload and Vibration Training. *Int J Sports Physiol Perform*, 11(1), 66-73.
- Tous-Fajardo, J., Maldonado, R. A., Quintana, J. M., Pozzo, M., & Tesch, P. A. (2006). The flywheel leg-curl machine: offering eccentric overload for hamstring development. *Int J Sports Physiol Perform*, 1(3), 293.
 - Trappe S, Trappe T, Gallagher P, Harber M, Alkner B, Tesch P. Human single muscle fibre function with 84 day bed-rest and resistance exercise. *J Physiol*, 2004; 557(Pt 2): 501-513.



Anexos

Anexo I.

