

Aplicación de un entrenamiento isoinercial sobre el rendimiento en balonmano.

Alumno: Ángel Navarro Navarro 53243107-Q

Profesor: Rafael Sabido Solana

Universidad Miguel Hernández de Elche



Correspondencia:

Universidad Miguel Hernández de Elche

Centro de Investigación del Deporte

Avenida de la universidad, s/n.

03202 Elche (Alicante)

Abstract

Introducción: El entrenamiento isoinercial se ha demostrado muy eficaz en los aumentos de fuerza y muscular. Por otra parte, el éxito en deportes como el balonmano está muy relacionado con la capacidad de producir fuerza a grandes velocidades en acciones determinadas. El objetivo de este estudio fue identificar el efecto de un periodo de 7 semanas de entrenamiento isoinercial sobre una serie de variables de rendimiento relacionadas con el balonmano.

Método: Veinte jugadores de balonmano (79.54 ± 7.72 kg, 1.83 ± 0.07 cm) participaron en este estudio y fueron distribuidos en un grupo experimental (EXP) y uno control (CON). El programa de entrenamiento para el grupo EXP consistió en 1 sesión/semanal (8 series de 8 repeticiones) durante 7 semanas y los resultados fueron comparados con unos test de rendimiento relacionados con el balonmano (squat RM, CMJ, sprint 20-, velocidad de lanzamiento [7 y 9 m] y longitud de salto con una pierna).

Palabras clave: entrenamiento isoinercial, sobrecarga excéntrica y entrenamiento de fuerza.

Introducción

Según el tipo de deporte, la fuerza muscular, la potencia, la resistencia, así como el control neuromuscular, la capacidad aeróbica o la agilidad, juegan un papel más o menos importante en el rendimiento del mismo (Peterson, Rhea, & Alvar, 2004). Es necesario conocer las demandas del tipo de deporte y de los deportistas para poder prescribir el tipo de ejercicio (Rhea, Alvar, Burkett, & Ball, 2003). Se ha escrito mucho acerca del papel importante de la fuerza en la mayoría de los deportes y de cómo las fibras musculares responden al entrenamiento de ésta con un aumento de la sección transversal (Moore et al., 2004), existiendo una relación directa entre el tamaño

muscular y la fuerza muscular (Stone et al., 2003). Además, se producen otro tipo de adaptaciones como un rápido reclutamiento de fibras tipo II y su posterior hipertrofia (Melissa, MacDougall, Tarnopolsky, Cipriano, & Green, 1997; Kawada & Ishii, 2005). Todo ello hace que el entrenamiento de la fuerza tenga un papel fundamental tanto en el deporte (Marques & González-Badillo, 2006), así como en programas de salud (Faigenbaum et al., 2009).

Tradicionalmente, en los programas de entrenamiento de fuerza, el estímulo esta proporcionado por cargas gravitacionales (Fernandez-Gonzalo, Lundberg, Alvarez-Alvarez, & de Paz, 2014). Sin embargo, la eficacia de estos métodos implica un alto estímulo durante las acciones concéntricas, con menor activación en la fase excéntrica (Norrbrand, Fluckey, Pozzo, & Tesch, 2008; Norrbrand, Pozzo, & Tesch, 2010). El músculo esquelético tiene por naturaleza una mayor capacidad de producción de fuerza durante la fase excéntrica que en la concéntrica (Fernandez-Gonzalo et al., 2014). Se ha demostrado que el entrenamiento isoinercial produce una mayor sobrecarga en la fase excéntrica (Askling, Karlsson, & Thorstensson, 2002; Romero-Rodriguez, Gual, & Tesch, 2011) y una mayor activación muscular (Norrbrand et al., 2008; Norrbrand et al., 2010; Onambélé et al., 2008) que los ejercicios de fuerza tradicionales con peso estándar. Por lo tanto, para optimizar los efectos del entrenamiento de fuerza, es recomendable introducir acciones musculares excéntricas en el entrenamiento (Hather, Tesch, Buchanan, & Dudley, 1991).

Los sistemas de entrenamiento isoinercial, tienen unas características únicas de carga. Está compuesto una rueda/volante giratoria que aprovecha la inercia para emplear una sobrecarga excéntrica, provocando con ello aumentos tempranos en la fuerza y en la masa muscular (Norrbrand et al., 2008; Norrbrand et al., 2010; Norrbrand, Tous-

Fajardo, Vargas, & Tesch, 2011). Dicho sistema de entrenamiento antigraavitatorio también se ha demostrado muy eficaz durante la prevención de lesiones (Askling et al., 2002; de Hoyo et al., 2015) y en rehabilitación de las mismas (Romero-Rodríguez et al., 2011). Sin embargo, pocos estudios se han encontrado donde se compare este tipo de entrenamiento con las mejoras producidas en el rendimiento de deportistas.

El balonmano es un deporte olímpico de alta intensidad en el que compiten dos equipos de siete jugadores cada uno (Milanese, Piscitelli, Lampis, & Zancanaro, 2011), que se caracteriza por la rápida transición de acciones de defensa a ataque durante el juego con el objetivo de marcar goles (Wagner, Finkenzeller, Würth, & von Duvillard, 2014). Como hemos visto, predominan las acciones de alta intensidad realizadas a altas velocidades (Rogulj, Srhoj, & Srhoj, 2004), que requieren un buen desarrollo de la capacidad aeróbica y anaeróbica (Hermassi, Chelly, Tabka, Shephard, & Chamari, 2011; Massuça, Fragoso, & Teles, 2014). Sin embargo, el rendimiento en este deporte está más relacionado con la velocidad, agilidad, fuerza, fuerza explosiva, y la habilidad de repetir estas acciones a intensidad submáxima, más que en el dominio de las habilidades con el balón (Hermassi et al., 2011; Ingebrigtsen, Jeffreys, & Rodahl, 2013; Póvoas et al., 2012; Souhail, Castagna, Mohamed, Younes, & Chamari, 2010). Por lo tanto, el éxito depende en gran parte de la fuerza muscular bien desarrollada, y algunos autores como Marques (2010), sugieren el entrenamiento de fuerza y de potencia en ejercicios de squat, press banca y rotaciones de tronco para la mejorar del rendimiento individual en balonmano.

El objetivo de este estudio es ver cómo se modifican variables de rendimiento relacionadas con el balonmano tras un periodo de 7 semanas de entrenamiento isoinericial.

Material y método

Sujetos

Veinte jugadores de la liga de Balonmano Primera Estatal pertenecientes al Club Balonmano Elche (masa corporal, 79.54 ± 7.72 kg, altura, 1.83 ± 0.07 cm) participaron voluntariamente en este estudio. Todos ellos eran deportistas entrenados que entrenaban al menos cinco días a la semana. Ninguno de ellos había usado previamente un sistema de entrenamiento isoinercial.

El protocolo fue elaborado de acuerdo con la Declaración de Helsinki y aprobado por la comisión ética de la Universidad Miguel Hernández de Elche (España).

Procedimiento

Los jugadores fueron divididos aleatoriamente en dos grupos diferentes, uno que añadió a su entrenamiento habitual una sesión con sobrecarga excéntrica (EXP, $n = 11$) y el grupo control (CON, $n = 9$) que mantuvo el entrenamiento habitual. Ambos grupos realizaron los entrenamientos de balonmano con una carga y volumen similar (4 sesiones/semana de 90 minutos y 1 partido/semana).

El rendimiento fue evaluado una semana antes de comenzar el periodo de entrenamiento de 7 semanas y una semana después de terminarlo comparando las medidas pre y post de los resultados del entrenamiento isoinercial con los siguientes test: salto con contra-movimiento (CMJ), test de 20-m a sprint, fuerza máxima en el ejercicio de sentadilla (1 RM), triple salto de longitud a una pierna, lanzamiento en estático desde 7-m, lanzamiento en salto desde 9-m y lanzamiento de balón medicinal de 5kg.

Antes de empezar el entrenamiento, ambos grupos realizaron una sesión de familiarización con el sistema de entrenamiento, que consistía en realizar 2 series de 8

repeticiones en el ejercicio de media sentadilla o squat y 4 series de 8 repeticiones en el ejercicio de zancada o lunge, 2 con la pierna derecha y 2 con la izquierda.

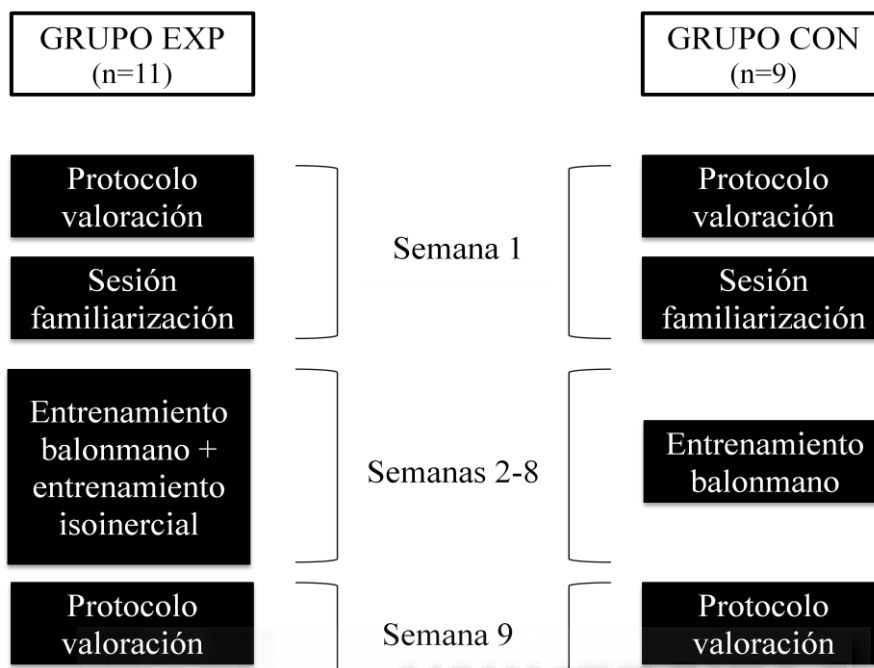


Figura 1. Cronograma del proceso de intervención.

Protocolo de entrenamiento

Dos dispositivos de entrenamiento isoinerciales (kBox 3, Exxentric AB TM, Bromma, Suecia) se utilizaron durante el programa de entrenamiento, además del software informático con el que se registraron todas las sesiones (SmartCoach Power Encoder, SmartCoach Europe AB, Estocolmo, Suecia), el chaleco utilizado para transmitir la fuerza del deportista a la máquina (Exxentric Harness AB TM, Bromma, Sweden) y el volante o rueda con una inercia de 0.05 kg/m². Durante la fase concéntrica del movimiento, el deportista proporciona una rotación al eje del sistema a través de una correa, que une el chaleco y el volante giratorio. En el final del movimiento, que coincide con la correa completamente extendida, el volante sigue girando según su inercia y después de rebobinarse la correa alrededor del eje, vuelve a enrollarse, exigiendo al deportista frenar esa inercia durante la fase excéntrica (Berg &

Tesch, 1998; Tous-Fajardo, Maldonado, & Quintana, 2006). A través del control de la ejecución, es decir, ser capaz de frenar la inercia del volante, se conseguirá un determinado grado de sobrecarga excéntrica.

Los participantes realizaron dos ejercicios diferentes durante el entrenamiento, media sentadilla o squat y zancada con pierna derecha e izquierda o lunge. Para realizar la sentadilla, los participantes empezaban el movimiento con 90° de flexión bilateral de rodillas y acababan en extensión completa de las mismas, 170°-180° (Figura 2). En el caso de la zancada, comenzaban también con rodillas flexionadas a 90° y flexión de cadera de 90° de la pierna adelantada y terminaban el movimiento con la extensión completa de ambas rodillas, 170°-180° y con una extensión de cadera de la pierna adelantadas 160° (Figura 3).

Se utilizaron protocolos de entrenamiento similares a los realizados en varios estudios donde se llevó a cabo un periodo de entrenamiento isoinercial (Norrbrand et al., 2010; Tesch, Ekberg, Linqquist, & Trieschmann, 2004; Tous-Fajardo, et al., 2006). Los participantes realizaron ambos ejercicios en 1 sesión semanal durante 7 semanas, completando 4 series de cada uno, 2 con la pierna derecha adelantada y 2 con la izquierda en el caso de la zancada, realizando series de 8 repeticiones a máxima velocidad, con 2 repeticiones previas para que el volante cogiese inercia. Los participantes descansaron 2 minutos entre series.

Previo a cada sesión de entrenamiento, los participantes realizaron un calentamiento estandarizado que consistía en 5 minutos de ejercicio aeróbico, ejercicios calisténicos realizando 1 serie de 10 sentadillas y 10 zancadas con ambas piernas, además de 1 serie de 10 repeticiones en sentadilla con la máquina Exxentric a una intensidad subjetiva del 50% de su máxima velocidad.



Figura 2. Sujeto realizando el ejercicio de media sentadilla o squat.

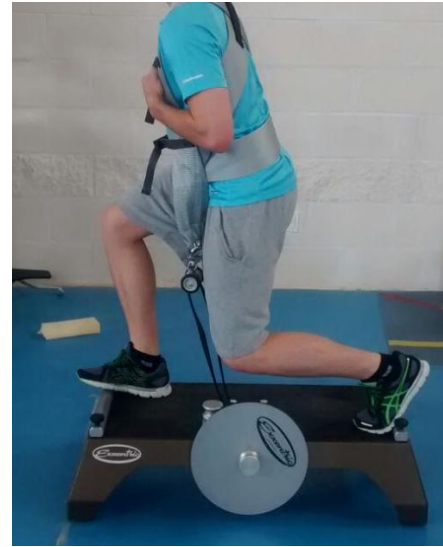


Figura 3. Sujeto realizando el ejercicio de zancada o lunge.

Protocolo de valoración

Una semana antes de comenzar el entrenamiento y una semana después de la séptima sesión, los participantes fueron medidos en los siguientes tests:

Test con la máquina Exxentric: El protocolo de valoración fue el mismo que el protocolo de una sesión de entrenamiento del grupo EXP. Donde se tomaron medidas de la potencia media, potencia pico en la fase concéntrica y excéntrica (W) para cada uno de los diferentes movimientos.

Salto con contra-movimiento (CMJ): La altura de salto fue medida con la plataforma de contacto Tapeswitch Signal Mat (Tapeswitch Corporation America, Nueva York, USA) y Globus ErgoTester (Codognè, Italia). El tipo de salto era con contra movimiento (CMJ) y los sujetos empezaban en una posición recta, con los brazos apoyados en sus caderas y tenían la orden de saltar lo más alto posible manteniendo la posición de los brazos. Realizaron dos intentos y se contabilizó el mejor de ellos.

Sprint de 20-m: La velocidad en un sprint de 20 metros desde parado fue medida con las fotocélulas Datalogic S6 Series (Bologna, Italia). Realizaron 2 intentos y se contabilizó el de menor tiempo.

Fuerza máxima en sentadilla (1 RM): El test de 1 RM en el ejercicio de sentadilla fue realizado en una máquina Smith guiada y fue medido con el T-Force System Ergotech (Murcia, España), en el cual los sujetos realizaron 3 repeticiones con 90° de flexión de rodilla hasta la extensión completa (180°) con una carga de 100 kg. Realizaron 2 series de 3 repeticiones máximas y se contabilizó la predicción de la RM en la mejor repetición.

Triple salto de longitud a una pierna: La distancia horizontal de triple salto a una pierna fue medida con una cinta métrica y los sujetos realizaban tres saltos consecutivos apoyando la misma pierna. La posición de partida era apoyando únicamente el pie con el que se realizaría el salto detrás de la línea de salida y se tomaría como punto de referencia o de caída el talón del pie más atrasado tras caer en el tercer apoyo. Se realizaron 2 repeticiones con cada pierna y se contabilizó la mejor de cada una de ellas.

Velocidad de lanzamiento en estático desde 7-m: La velocidad de lanzamiento en este test fue evaluada con el radar Stalker Radar 2 (Texas, USA). Los jugadores lanzaban desde una distancia de 7 metros a la portería, con las instrucciones de lanzar a la máxima velocidad posible, a media-altura de la portería y que fuese en estático con su mano dominante. Realizaron dos intentos y se contabilizó el mejor.

Velocidad de lanzamiento en carrera y salto desde 9-m: La velocidad de lanzamiento en este test fue evaluada con el radar Stalker Radar 2 (Texas, USA). Los jugadores lanzaban desde una distancia de 9 metros a la portería, con las instrucciones de lanzar a la máxima velocidad posible, a media-altura de la portería, con una carrera previa de 4-5

metros y en salto con su mano dominante. Realizaron dos intentos y se contabilizó el mejor.

Lanzamiento horizontal de balón medicinal de 5kg: En el test del lanzamiento de balón medicinal se utilizó un balón de 5 kg y se medía la distancia horizontal desde el lugar del lanzamiento hasta el primer lugar donde el balón impactaba con el suelo. Los sujetos recibieron las instrucciones de colocar los pies de forma simétrica, sosteniendo el balón con ambas manos y lanzar el balón hacia delante por detrás y por encima de la cabeza, sirviéndose de ambas manos. El lanzamiento no fue tenido en cuenta si no se cumplieron estos requisitos o si el sujeto se adelantaba a la línea de lanzamiento tras el mismo. Se realizaron dos intentos y se contabilizó el mejor.

Análisis estadístico

Todos los análisis estadísticos fueron realizados con el software SPSS (IBM Corp. Released 2013, IBM SPSS Statistics for Windows, Version 22.0). La base de datos fue examinada para su normalidad con la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Los resultados de las distintas pruebas del protocolo de valoración fueron analizados utilizando una ANOVA de medidas repetidas de dos niveles con un ajuste de Bonferroni. Además, se realizaron correlaciones bivariadas entre las diferencias de las variables para describir su relación utilizando los coeficientes de correlación de Pearson. El nivel de significación fue fijado en $P < 0.05$.

Referencias

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), 65–65. doi:
10.1111/j.1600-0838.2005.00443.x

Berg, H. E. & Tesch, P. A. (1998). Force and power characteristics of a resistive exercise device for use in space. *Acta Astronáutica*, 42(1-8), 219–230. doi:
10.1016/s0094-5765(98)00119-2

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. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 10(1), 46–52. doi: 10.1123/ijsp.2013-0547

Faigenbaum, A. D., Kraemer, W. J., Blimkie, C. J., Jeffreys, I., Micheli, L. J., Nitka, M., & Rowland, T. W. (2009). Youth resistance training: updated position statement paper from the national strength and conditioning association. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(5), 60–79.

Fernandez-Gonzalo, R., Lundberg, T. R., Alvarez-Alvarez, L., & Paz, J. A. (2014). Muscle damage responses and adaptations to eccentric-overload resistance exercise in men and women. *European Journal of Applied Physiology*, 114(5), 1075–1084. doi: 10.1007/s00421-014-2836-7

Hather, B. M., Tesch, P. A., Buchanan, P., & Dudley, G. A. (1991). Influence of eccentric actions on skeletal muscle adaptations to resistance training. *Acta Physiologica Scandinavica*, 143(2), 177–185. doi: 10.1111/j.1748-1716.1991.tb09219.x

- Hermassi, S., Chelly, M. S., Tabka, Z., Shephard, R. J., & Chamari, K. (2011). Effects of 8-Week in-Season Upper and Lower Limb Heavy Resistance Training on The Peak Power, Throwing Velocity, and Sprint Performance of Elite Male Handball Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(9), 2424–2433. doi: 10.1519/jsc.0b013e3182030edb
- 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. doi: 10.1519/jsc.0b013e318254899f
- Kawada, S. & Ishii, N. (2005). Skeletal muscle hypertrophy after chronic restriction of venous blood flow in rats. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 37(7), 1144–1450.
- Marques, M. C. (2010). In-Season Strength and Power Training for Professional Male Team Handball Players. *Strength and Conditioning Journal*, 32(6), 74–81. doi: 10.1519/ssc.0b013e3181fbec32
- Marques, M. C. & González-Badillo, J.J. (2006). In-season Resistance Training and Detraining in Professional Team Handball Players. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(3), 563–571.
- 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. doi: 10.1519/jsc.0b013e318295d50e

- Melissa, L., MacDougall, J. D., Tarnopolsky, M.A., Cipriano, N., & Green H. J. (1997). Skeletal muscle adaptations to training under normobaric hypoxic versus normoxic conditions. *Medicine & Science in Sports & Exerc*, 29(2), 238–243.
- Milanese, C., Piscitelli, F., Lampis, C., & Zancanaro, C. (2011). Anthropometry and body composition of female handball players according to competitive level or the playing position. *Journal of Sports Sciences*, 29(12), 1301–1309. doi: 10.1080/02640414.2011.591419
- Moore, D. R., Burgomaster, K. A., Schofield, L. M., Gibala, M. J., Sale, D. G., & Phillips, S. M. (2004). Neuromuscular adaptations in human muscle following low intensity resistance training with vascular occlusion. *European Journal of Applied Physiology*, 92(4-5). doi: 10.1007/s00421-004-1072-y
- Norrbrand, L., Fluckey, J. D., Pozzo, M., & Tesch, P. A. (2008). Resistance training using eccentric overload induces early adaptations in skeletal muscle size. *European Journal of Applied Physiology*, 102(3), 271–281. doi: 10.1007/s00421-007-0583-8
- 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. doi: 10.1007/s00421-010-1575-7
- Norrbrand, L., Tous-Fajardo, J., Vargas, R., & Tesch, P. A. (2011). Quadriceps Muscle Use in the Flywheel and Barbell Squat. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 82(1), 13–19. doi: 10.3357/ase.2867.2011

- Onambélé, G. L., Maganaris, C. N., Mian, O. S., Tam, E., Rejc, E., McEwan, I. M., & Narici, M. V. (2008). Neuromuscular and balance responses to flywheel inertial versus weight training in older persons. *Journal of Biomechanics*, *41*, 3133–3138. doi:10.1016/j.jbiomech.2008.09.004
- Peterson, M. D., Rhea, M. R., & Alvar, B. A. (2004). Maximizing Strength Development in Athletes: A Meta-Analysis to Determine the Dose-Response Relationship. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, *18*(2). doi: 10.1519/r-12842.1
- Póvoas, S. C., Seabra, A. F., Ascensão, A. A., Magalhães, J., Soares, J. M., & Rebelo, A. N. (2012). *Journal of Strength and Conditioning Research*, *26*(12), 3365–3375. doi: 10.1519/jsc.0b013e318248aeec
- Rhea, M. R., Alvar, B. A., Burkett, L. N., & Ball, S. D. (2003). A Meta-analysis to Determine the Dose Response for Strength Development. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *35*(3), 456–464. doi: 10.1249/01.mss.0000053727.63505.d4
- Rogulj, N., Srhoj, V., & Srhoj, L. (2004). The contribution of collective attack tactics in differentiating handball score efficiency. *Collegium Antropologicum*, *28*(2), 39–746.
- Romero-Rodriguez, D., Gual, G., & Tesch, P. A. (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. doi: 10.1016/j.ptsp.2010.10.003

- Souhail, H., Castagna, C., Mohamed, H. Y., Younes, H., & Chamari, K. (2010). Direct Validity of the Yo-Yo Intermittent Recovery Test in Young Team Handball Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(2), 465–470. doi: 10.1519/jsc.0b013e3181c06827
- Stone, M. H., Sanborn, K., O'Bryant, H. S., Hartman, M., Stone, M. E., Proulx, C., Ward, B., & Hruby, J. (2003). Maximum Strength-Power-Performance Relationships in Collegiate Throwers. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(4).
- 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 Physiologica Scandinavica* 180, 89-98.
- 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. *International journal of sports physiology and performance*, 1(3), 293–298.
- Wagner, H., Finkenzeller, T., Würth, S., & Duvillard, S. P. von (2014). Individual and team performance in team-handball: a review. *Journal of Sports Science and Medicine*, 13(4), 808-16.