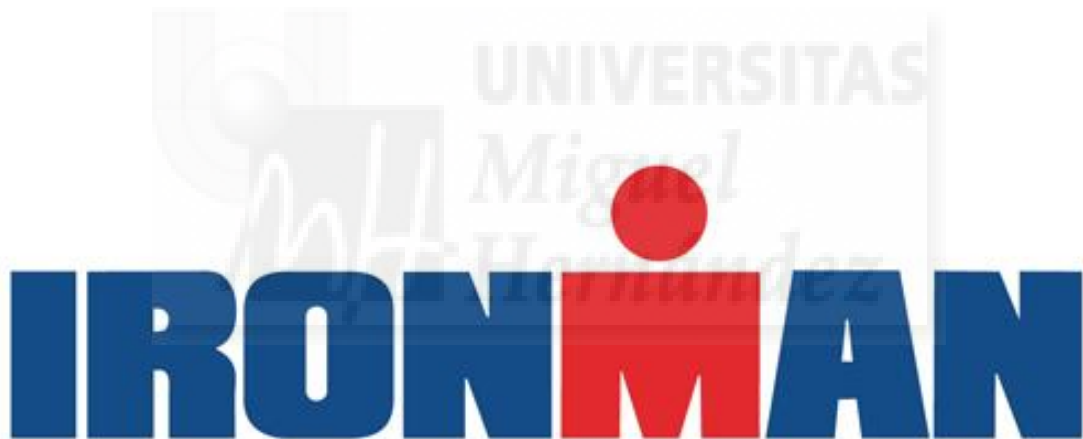


Efectos de un periodo de desarrollo de la fuerza máxima en el rendimiento de nado en un ironman



Nombre: Alberto Galindo Martínez

Tutor: Eugenio Bonete Torralba

Índice

Resumen	2
Introducción	2
Método	3
Resultados	5
Discusión	6
Conclusión	7
Bibliografía	8

Efectos de un periodo de desarrollo de la fuerza máxima en el rendimiento de nado en un ironman

Alberto Galindo Martínez

Resumen

La importancia de un entrenamiento complementarlo de fuerza máxima se pone de manifiesto en deportes de larga duración. Por ello hemos realizado un entrenamiento de fuerza máxima de 8 semanas de duración con un triatleta de larga distancia o ironman, además de un análisis de la carga de resistencia. El sujeto tuvo mejoras en los niveles de fuerza máxima, pero no así en el test de 1400m en piscina (25:16 vs 26:06). Quizá esto se debe a que la técnica tiene mayor importancia que los cambios fisiológicos, en el medio acuático. En conclusión, el entrenamiento de fuerza máxima no obtuvo mejoras, en la natación en este sujeto, pero no podemos extraer ninguna conclusión fiable por el tamaño de la muestra y las limitaciones que ha tenido el estudio.

Introducción

El entrenamiento de la fuerza máxima en deportes de larga duración, cada vez se pone más de manifiesto de su necesidad para realizarlo y así aumentar el rendimiento dentro de la disciplina en cuestión, a través del entrenamiento de la fuerza máxima, debido a varios factores.

En un deporte como el Ironman, la importancia de ser eficiente, definido según Kim (2013) como el coste del movimiento, es vital para el desarrollo de la prueba, ya que conseguimos avanzar los mismos metros sin gastar tanta energía y así aumentar el rendimiento. Tal como dijo Louis, Hawsswirth, Eastshope y Brisswalter

(2011), hay una gran relación entre los niveles de fuerza máxima y eficiencia, pero esta relación era mayor en atletas máster, que en jóvenes, después de un entrenamiento de fuerza máxima.

Esta mejora en la eficiencia debido al entrenamiento de fuerza complementario, puede ser que se deba a un cambio en las fibras tipo IIb a IIa, las cuales son más eficientes (Barrett-O'Keefe, Helgerud, Wagner, y Richardson (2013); Aagard. et al, (2011)), a un aumento de la fuerza en las fibras tipo I lo cual retrasan la activación de las fibras tipo II, que son menos eficientes (Rønnestad, Rastad y Hansen (2011)), y como dijo Horowitz, Sidossi y Coile (1994),

el mayor %de fibras tipo I, estaba relacionado con un mayor rendimiento y a una mejora a nivel neuromuscular (Mikkola. et al (2011)), que dice que el entrenamiento de fuerza máxima debería mezclarse con el de fuerza explosiva para tener mayores beneficios neuromusculares.

Por ello, realizar un ciclo de fuerza complementario al de resistencia es cada vez más necesario para la mejora en el rendimiento en deportes de larga duración.

También es necesario el control de la carga, en cuanto a resistencia se refiere, tanto la objetiva como la subjetiva. Hay muchos métodos de cuantificación tanto de forma objetiva como puede ser mediante el Método Edwards, Lucia's TRIMP o ECO, y métodos de cuantificación subjetiva como mediante método Foster o ECS (Cejuela y Lanao (2013)).

La carga subjetiva nos indica la carga percibida por el sujeto, mientras que la carga objetiva nos indica la carga prescrita y realizada por el sujeto. La diferencia entre ambas es que la subjetiva si tiene en cuenta la percepción del esfuerzo del esfuerzo del sujeto y por tanto el impacto en él, mientras que la carga objetiva es el estímulo que estamos aplicando al sujeto.

Por ello en este TFG, el objetivo es comprobar cómo afecta el entrenamiento de fuerza en términos de eficiencia, a ver si mejora el rendimiento, en el nado, además de un análisis de la carga aeróbica.

Método

Sujeto

El estudio ha sido desarrollado por solo un sujeto, corredor de ironman de nivel aficionado. El sujeto tiene una edad de 52

años, por lo que pertenece al grupo de Máster 50. Ya tiene una alta experiencia en el deporte del triatlón, exactamente hace 26 años, y más en el mundo de la bicicleta en particular, donde compitió de joven. En 2011 empezó a disputar ironmanes.

Como limitación dentro del sujeto sufre una hernia discal a nivel lumbosacro, por lo que está limitada el tipo de ejercicio que puede realizar no pudiendo realizar aquellos en que se le exige una postura hiperlordótica, además le resulta incómodo correr, por lo que realiza también marcha, pero sobretodo en pruebas largas.

Entrenamiento

El sujeto ha seguido desarrollando su entrenamiento de resistencia que él mismo se prescribe, pero he intervenido en él con un entrenamiento de fuerza máxima, realizándolo durante 8 semanas, con 2 sesiones por semana. El ciclo se ha acortado y solo se han realizado las dos primeras de fuerza máxima, dejando sin hacer tanto la de potencia como la de fuerza específica, ya que como han visto una gran cantidad de autores, han mejorado el rendimiento con solo estas dos primeras fases, Ronnestad (2011) o Louis (2011), entre muchos otros.

Antes de empezar las 8 semanas de ciclo, el sujeto realizo una semana de familiarización, donde el sujeto realizo 12 repeticiones al 50%RM estimado.

Durante el entrenamiento de fuerza ha realizado los siguientes ejercicios por sesión: Prensa, Flexión plantar en prensa, Zancada guiada, press banca guiado, Jalón al pecho, Remo al pecho y Press militar guiado.

Todos los ejercicios se han realizado en máquinas o máquina guiada, para así

reducir los grados de libertad del movimiento y que la familiarización con el ejercicio fuera más rápida. Los ejercicios se hacían a una alta velocidad, ya que como dijo Hakkinen. et al (2003), podía provocar una interferencia en la fuerza explosiva, la cual es importante trabajar también.

La carga ha ido oscilando utilizando un formato 3+1, es decir 3 semanas de subida de carga, por 1 de bajada, donde la intensidad crecía cada dos semanas y el volumen se reducía.

Para el volumen y la intensidad he seguido el modelo propuesto por Badillo y Serna (2002), clasificando al sujeto en un grado de experiencia 2. En la siguiente tabla 1, se indica la intensidad de las sesiones de fuerza.

Semana I y II	Semana III y IV	Semana V y VI	Semana VII y VIII
12 (20)	10 (17)	8 (14)	6 (10)

Tabla 1. Intensidad ciclo de fuerza.

En cuanto su entrenamiento de resistencia he controlado su carga mediante los métodos creadas por Cejuela y Esteve Lanao (2013), ECS, que mide la carga subjetiva y ECO, que mide la carga objetiva. Este método fue específicamente creado para triatlón, hecho por el cual me he decidido por él.

Cada zona tiene un valor de intensidad, como vemos en la tabla 2, que se multiplica por el tiempo que pase a esta intensidad, luego tiene una ponderación según la modalidad. Esta ponderación consiste en multiplicar por 0'75 la carga en natación, 0'5 en ciclismo y por 1 en carrera.

Zone	Swim	Bike	Run	Value
<Aet	A0	Ext. training	Ext. training	1
Aet	A1	Aet	Aet	2
Aet-Ant	A2	Moderate	Moderate	3
Ant	Ant	Ant	Ant	4
>Ant	>Ant	>Ant	>Ant	6
MAP	A3	MAP	MAV	9
LAC Cap	LAC Cap	LAC Cap	LAC Cap	15
Lac Pow	Lac Pow	Lac Pow	Lac Pow	50

Tabla 2. Zonas de ECO, Esteve Lanao y Cejuela, (2013).

Para valorar la carga subjetiva el sujeto tenía que controlar el tiempo que pasaba entrenando y luego dar una intensidad subjetiva, como indica la tabla 3, multiplicando los minutos por el valor de intensidad que quiera dar el sujeto.

Value	Daily load type
0	Rest
0,5	
1	Light total load
1,5	
2	Medium total load
2,5	
3	High total load
3,5	
4	Very High total load
4,5	
5	Competition. Also Exhaustive training or Test as hard as a competition

Tabla 3. Intensidad ECS, Esteve Lanao y Cejuela, 2013.

Para controlar la carga objetiva, el sujeto se realizó una prueba de esfuerzo y contaba con un pulsómetro, por lo que controlaba el tiempo que estaba en cada zona en carrera y ciclismo, y en la piscina se controlaba las pulsaciones con la toma de pulso, entrando en el rango estimado en cada intensidad. En cambio, para el control de la carga subjetiva, el sujeto realizó una semana anterior al ciclo de fuerza y el control del entrenamiento donde el sujeto después de cada sesión, se

medía el RPE, para así familiarizarse con el método.

Testeo

Al sujeto se le realizó el pre test el día 13 de marzo, donde se realizó un test de resistencia y otro de fuerza, mientras que el post test se realizó el día 22 de mayo.

En el test de resistencia, el sujeto realizó 1400 metros all out, donde se le midió el tiempo y la frecuencia de brazada cada 100m, en una piscina de 25 metros. Así intentamos medir la eficiencia, controlando velocidad, tiempo, frecuencia por brazada y longitud de brazada.

Posteriormente al test de resistencia, se le hizo un test de fuerza, para la prescripción del ciclo de fuerza y también se sacó el RM estimado de cada ejercicio.

El orden de testeo fue inverso a la teoría, tanto en el pretest como en el posttest, ya que el sujeto trabaja en la piscina donde se hizo la prueba y le venía mejor realizarlo así, por lo que me tuve que adaptar a las circunstancias.

Resultados

RM

Tras el primer testeo realizado encontramos unas mejoras notables en el RM de los ejercicios de fuerza. El RM fue estimado con la siguiente fórmula: $1-RM = 100 * load\ rep / (102.78 - 2.78 * rep)$ (Brzycki, 1993).

En el pretest se le testeo al sujeto todos los ejercicios para su prescripción, y para sacar su RM estimado mientras que en el posttest solo se le testeo para sacar el RM estimado.

Los resultados para el RM estimado según la fórmula de Brzycki los indico en la siguiente tabla 4, además de su % de mejora.

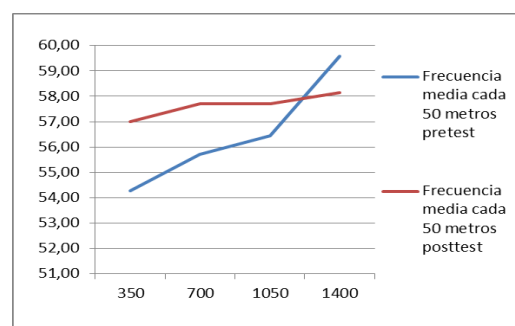
Ejercicio	Pretest	Posttest	%
Prensa	104,53	128,60	23,03
Zancada izquierda	54,01	83,50	54,59
Zancada derecha	69,35	90,05	29,84
Press militar	24,00	34,77	44,85
Press banca	64,02	70,47	10,07
Gemelos	131,58	152,04	15,55
Remo	63,88	73,35	14,83
Jalón al pecho	58,07	60,02	3,35

Tabla4. Cambios de RM estimados en kg.

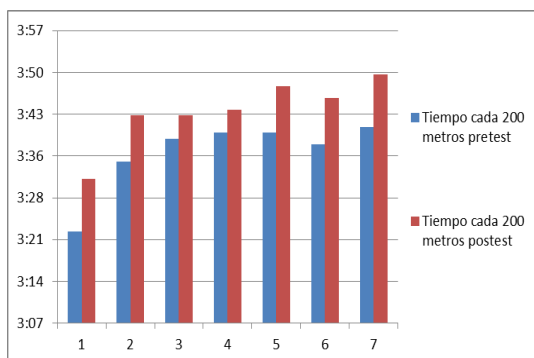
Vemos en la tabla como el sujeto mejoró en todos los ejercicios de fuerza, si bien es cierto que en unos la mejora ha sido mayor que en otros, siendo la mayor en zancada izquierda (54%), y siendo la menor en jalón (3%).

1400 metros all out

El sujeto desarrollo en piscina de 25 metros, el test de 1400 metros all out, donde se midió su tiempo cada 200 metros y su frecuencia media de brazada cada 50 metros. Indicamos la frecuencia media en la gráfica 1 y el tiempo medio a continuación en la gráfica 2.



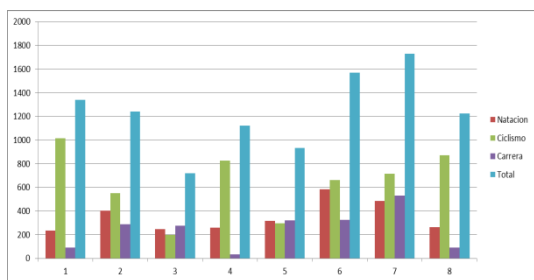
Gráfica 1. Frecuencia Media cada 50m.



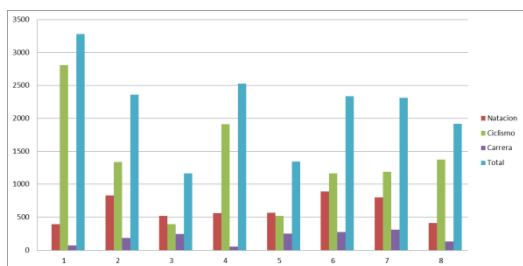
Gráfica 2. Tiempo prueba cada 200m.

Podemos ver que en el pretest el rendimiento del sujeto fue mayor, que en el posttest ya que en el pretest hizo un tiempo total de 25:16, mientras que en el posttest fue de 26:06, siendo todos los parciales de mayor rendimiento en el pretest. La frecuencia media de toda la prueba también aumento, aunque en el posttest se mantuvo más estable, cosa que hizo que al final fuera menor su frecuencia.

La cuantificación de la carga con los métodos ECO y ECS, ha dado el siguiente resultado a lo largo de las 8 semanas, como vemos en la gráfica 3 y 4, habiendo dividido la carga en las tres modalidades diferentes, además de la carga conjunta.



Gráfica 3. Carga ECO



Gráfica 4. Carga ECS

Discusión

Vemos que el sujeto ha mejorado en todos los ejercicios de fuerza, su nivel de fuerza máxima. Esto era lógico debido a la especificidad del entrenamiento, como hay en tantos artículos donde se implementa un trabajo de fuerza máxima, como por ejemplo, Esteve- Lanao, Rhea, Fleck y Lucia (2008) o Rønnestad, Hansen, Hollan u Ellefsen (2014), entre muchos otros.

En cambio en el objetivo de ver si el entrenamiento de fuerza máxima tiene una mejora en el rendimiento en este test, he visto que no la ha tenido, si no que por el contrario ha aumentado el tiempo que ha necesitado para cubrir los 1400 metros en la piscina, al contrario de otros estudios que indican que hay mejora en el rendimiento en otros test de características similares en cuanto a tiempo, aunque realizados en otras modalidades de larga duración, como en Roonestad (2014) o Aagard (2011), realizados en test de ciclismo o por ejemplo en corredores, como hicieron Guglielmo, Greco y Denadai (2008).

Y es que la natación es un medio muy diferente a estos dos, ya que desarrolla en el medio acuático y como vieron Kilen. et al (2014), donde realizaron un trabajo en HIT, donde no encontraron mejoras, y justificaron estos resultados argumentando que en natación el rendimiento está más condicionado por la ejecución técnica que las mejoras fisiológicas, a diferencia de la carrera o el ciclismo. Y aunque en algunos estudios si se han encontrado mejoras de la ejecución técnica por la ganancia en fuerza, es cierto que la muestra estaba formada por velocistas (Garrido. et al., (2010)) y no responde al perfil de nuestro deportistas analizado.

También es verdad que en estudios con triatletas se han observado mejoras mediante un entrenamiento de fuerza en una prueba de 400m all out (Filho. et al.,2015), pero es verdad que la orientación de las cargas en ese estudio alcanzó niveles más exigentes que los desarrollados en este trabajo, además que y según refieren los autores el entrenamiento de fuerza era muy específico para la modalidad, pues el trabajo de fuerza máxima se desarrollaba conjuntamente con un trabajo de fuerza en el agua con palas o lastres.

Podríamos decir que nuestra intervención no ha tenido los mismos resultados que la de Louis (2011) o el de Filho. et al (2015), donde encontraba relación entre mejores niveles de fuerza máxima y rendimiento en deportes de duración, y entendemos que eso obedece a las limitaciones propias de nuestro trabajo.

Entre las limitaciones internas podemos encontrar el número de sujetos, donde siendo $n=1$ no podemos concluir nada claro, ya que quizá este ciclo de fuerza tendría efectos positivos en otros sujetos, que en este no ha sido así. Por lo que al no poder hacer un análisis estadístico, no podemos inferir nada.

También quizá el ciclo ha sido un poco corto, ya que la duración de los ciclos según Badillo (2002), debería ser de entre 15-20 semanas (aunque incluyendo la fase de potencia y de fuerza específica) y vemos como por ejemplo el de Ronnestad (2011), para ciclistas, tiene 12 semanas, ya que tenía que adaptarme a las fechas de entrega del trabajo final de grado.

Otro aspecto importante que ha faltado, ha sido la no realización de un tapering, buscando el objetivo de disminuir el cansancio para la prueba del posttest, sin

poner en compromiso las adaptaciones adquiridos, que hubiera podido mejor el test en alrededor de un 3% (Mujika y Padilla, 2013), pero como el sujeto tiene que seguir su entrenamiento no le venía bien este aspecto.

Si bien es cierto que se podría haber propuesto otro test de carrera en media o larga distancia, ya que el sujeto en la carrera sí que se encontraba mejorando tiempos, donde paso de correr unos 15 segundos más rápido por kilómetro en pruebas de 5km y en sus entrenamientos, respecto a cuándo empezó el sujeto el ciclo de fuerza, siendo más difícil la realización de uno de ciclismo ya que no teníamos los materiales necesarios, para que fuera fiable y valido.

También hay que considerar que el sujeto al finalizar el 7º Microciclo, sufrió un percance donde fue atropellado por un coche y aun sin tener lesión grave, sufrió un gran traumatismo en la zona izquierda de su cuerpo y estuvo dolorido durante una semana, donde no pudo entrenar a gusto y sin llegar al rendimiento habitual.

Conclusión

Aunque no podemos inferir nada debido al tamaño de la muestra, es cierto que un entrenamiento de fuerza bien orientado mejora obviamente esta cualidad, pero no queda claro que para la natación sea una cualidad fundamental, y se necesite una ganancia en fuerza máxima para mejorar el rendimiento, como se ve más claro en ciclismo o carrera. Aun así se necesita una mayor cantidad de estudios con gente de triatlones de larga distancia, para sacar datos concluyentes en esta especialidad.

Bibliografía

- Aagard, P., Andersen, J.L., Bennekou, M., Larsson, B., Olesen, J.L., Cramer, R., Magnusson, S.P., y Kjær, M. (2011). Effects of resistance training on endurance capacity and muscle fiber composition in young top-level cyclists. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 21, 298-307.
- Amarante do Nascimento, M., Serpeloni, C.E., Yuzo, N.F., Romanzini, M., Cardoso, H.J., y Queiroga, M.R. (2007). Validation of the Brzycki equation for the estimation of 1-RM in the bench press. *Revista Brasileira Medicina Esporte*, 13,1, 40-42.
- Barrett-O'Keefe, Z., Helgerud, J., Wagner, P.D., y Richardson, R.S. (2012). Maximal strength training and increased work efficiency: contribution from the trained muscle bed. *Journal of Applied Physiology*, 113(12),1846-1851.
- Brzycki, M. (1993). Strength testing: predicting a one-rep max from repetitions to fatigue. *JOPERD*, 64,88-90.
- Cejuela, R., y Esteve-Lanao, J. (2011). Training load quantification in triathlon. *J. Hum. Sport Exerc*, 6 (2), 218-232.
- Domingues Filho, L.A., Lopes, C.R., Lopes Evangelista, A., Ribeiro da Mota, G., Gomes, W.A., Marchetti, P.E., y Pelegrinotti, I.L. (2015). Efeito do treinamento de força na performance motora de atletas de triathlon ao longo da temporada esportiva. *Revista CPAQV*, 7 (2), 1-9.
- Garrido, N., Marinho, D.A., Reis, V.M., Van den Tillaar, R., Costa, A.M., Silva, A.J., y Marques, M.C. (2010). Does combined dry land strength and aerobic training inhibit performance of young competitive swimmers?. *Journal of Sports Science and Medicine*, 9, 300-310.
- Ginn, E., y PhD. (1993). Critical speed and training intensities for swimming. *Australian Sports Commission*.
- González, J.J., y Ribas, J. (2002). La programación del entrenamiento de fuerza. *Bases de la programación del entrenamiento de la fuerza* (pp. 249-311). Barcelona: INDE.
- Häkkinen, K., Alen, M., Kraemer, W.J., Gorostiaga, E., Izquierdo, M., Rusko, H., Mikkola, J., Häkkinen, A., Valkeinen, H., Kaarakainen, E., Romu, S., Erola, V., Ahtiainen, J., y Paavolainen, L. (2003). Neuromuscular adaptations during concurrent strength and endurance training versus strength training. *Europe journal of applied physiology*, 89 (1), 42-52.
- Horowitz, J.F., Sidossi, L.S., y Coyle, E.F. (1994). High Efficiency of Type I Muscle Fibers Improves Performance. *International Journal Sports Medicine*, 15, 152-157.
- Kilen, A., Larsson, T. H., Jorgensen, M., Johansen, L., Jorgensen, S., y Nordsborg, N. (2014). Effects of 12 Weeks High-Intensity and Reduced-Volume Training in Elite Athletes. *PlosOne*, 9 (4).
- Kim, D.Y. (2013). Effects of endurance and strength training of cyclists and triathlon athletes on efficiency, economy and VO2

- kinetics. *The Journal of Digital Policy and Management*, 11(11),491-498.
- Louis, J., Hausswirth, C., Easthope, C., y Brisswalter, J. (2011). Strength training improves cycling efficiency in master endurance athletes. *Europe journal of applied physiology*, 112 (2), 631-640.
 - Mikkola, J., Vesterinen, V., Taipale, R., Capostagno, B., Häkkinen, K., y Nummela, A. (2011). Effect of resistance training regimens on treadmill running and neuromuscular performance in recreational endurance runners. *Journal Sports Science*, 29, 1359–1371.
 - Mujika, I. (2006). Métodos de cuantificación de las cargas de entrenamiento y competición. *Kronos: La revista universitaria de la educación física y el deporte*, 10, 45-54.
 - Mujika, I., y Padilla, S. (2003). Scientific Bases for Precompetition Tapering Strategies. *Medicine and science in sports and exercise*, 35 (7), 1182–1187.
 - Muñoz, I., Cejuela, R., Seiler, S., Larumbe, E., y Esteve-Lanao, J. (2014). Training-Intensity Distribution During an Ironman Season: Relationship With Competition Performance. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9, 332 -339.
 - Neal, C. M., Hunter, A.M., y Galloway, S.D.R. (2011). A 6-month analysis of training-intensity distribution and physiological adaptation in Ironman triathletes. *Journal of Sports Science*, 29 (14), pp. 1515-1523.
 - Ronnestad, B.R, Hansen, J., Hollan, I., y Ellefsen, S. (2014). Strength training improves performance and pedaling characteristics in elite cyclists. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in sports*, 25(1),89-98.
 - Ronnestad, B.R., Raastad, T., y Hansen, E.A. (2011). Strength training improves 5-min all-out performance following 185 min of cycling. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in sports*, 21, 250-269.
 - Storen, O., Helgerud, J., Stoa, E.M., y Hoff, J. (2008). Maximal Strength Training Improves Running Economy in Distance Runners. *Medicine and science in sports and exercise*, 40, 1087–1092.
 - Sunde, A., Storen, O., Bjerkass, M., Larsen, M.H., Hoff, J., y Helgerud, J. (2010). Maximal strength training improves cycling economy in competitive cyclists. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(8), 2157–2165.
 - Wallace, L., Coutts, A., PhD., Bell, J., Simpson, N., y Slattery, K. (2008). Using Session-RPE to Monitor Training Load in Swimmers. *National Strength and Conditioning Association*, 30 (6), 72-76.