

INCREMENTO DE LA FUERZA DINÁMICA MÁXIMA A TRAVÉS DE UN PROTOCOLO DE ACCIÓN RECÍPROCA CON DEPORTISTAS AMATEURS

Increase of force dynamics maxim through a protocol of reciprocal action with amateur athletes

Incremento da força dinâmica máxima através de um protocolo de ação recíproca com desportistas amateurs

Brian Johan Bustos Viviescas
Rafael Enrique Lozano Zapata, Ph.D.
Gustavo Adrian Justacaro Portillo

Recepción: 07/08/16 Aceptación: 15/11/17

Resumen

Existen escasos estudios que evidencien el incremento de la fuerza dinámica máxima (1 RM) a través de un Protocolo de Acción Recíproca (PAR). El objetivo del presente estudio fue determinar el incremento del 1 RM en los ejercicios sentadilla con barra (SQ), press banca (PB) y peso muerto (PM) a través de un PAR. Participaron voluntariamente veinte sujetos sanos (14 hombres y 6 mujeres) capacitados en el entrenamiento de fuerza con sobrecargas que fueron divididos de forma aleatoria en Grupo 1 (edad $20,4 \pm 3,72$ años, talla $1,72 \pm 0,06$ m, peso $63,7 \pm 14,59$ kg) y Grupo 2 (edad $20,1 \pm 2,28$ años, talla $1,66 \pm 0,07$ m, peso $65,6 \pm 14,34$ kg), en estos se aplicó un programa de entrenamiento de fuerza con una frecuencia de 3 sesiones semanales con una duración de 3 semanas, en el cual se realizó un pre-test (semana 0) y post-test (semana 4) del 1 RM, cabe destacar que en el post-test se empleó el PAR en el Grupo 1 para comparar el 1 RM por parte de ambos grupos. Para el análisis estadístico se utilizó el paquete estadístico IBM SPSS V.22, con un nivel de confianza del 95% y un p-valor de 0,05; se aplicaron pruebas de normalidad (Shapiro-Wilk), homogeneidad (prueba de Levene), análisis de varianza de un factor (ANOVA) y prueba de contrastes (Test post hoc). Después de analizar los resultados obtenidos se concluye que el protocolo de acción recíproca empleado en este estudio solo incrementó significativamente el 1 RM en el ejercicio SQ ($p < 0,05$).

Palabras clave: Deportistas amateurs, fuerza, protocolo de acción recíproca.



Abstract

There are few studies that show the increase of the dynamic force maximum (1 RM) through a protocol of action reciprocal (PAR). The objective of the present study was to determine the increase of 1 RM in the exercises squat barbell (SQ), bench press (PB) and deadlift (PM) through a PAR. Voluntarily involved 20 healthy subjects (14 men and 6 women) trained in strength training with overloads that were divided randomly into Group 1 (20,4±3,72 years old, size 1,72±0,06 m, weight 63,7±14,59 kg) and group 2 (20,1±2,28 years old, size 1,66±0,07 m, weight 65,6±14,34 kg), a program of strength training with a frequency of 3 sessions per week and 3 weeks was applied in these in which we performed a pre-test (week 0) and 1 RM post-test (week 4), include that in the post-test was used pair in Group 1 to compare 1 RM by both groups. For statistical analysis we used the statistical package IBM SPSS V.22 with a 95% confidence level and a p-value of 0,05, we applied tests of normality (Shapiro-Wilk), uniformity (test Levene), analysis of variance of a factor (ANOVA) and contrast test (Test post-hoc). After analyzing the results obtained it is concluded that the protocol of action reciprocal used in this study only significantly increase the 1 RM in the exercise SQ ($p<0,05$).

Key words: Amateur athletes, force, protocol of reciprocal action.

Resumo

Há poucos estudos que mostram o aumento da força dinâmica máxima (1 RM) através de um protocolo de recíproca ação (PAR). O objetivo do presente estudo foi determinar o aumento de 1 RM na barra de agachamento de exercícios (SQ), supino reto (PB) e peso morto (PM), através de um PAR. Foram voluntariamente envolvidos vinte indivíduos saudáveis (14 homens e 6 mulheres) treinados em treinamento de força com sobrecargas que foram aleatoriamente divididos no grupo 1 (idade 20,4 ± 3,72 anos, tamanho 1,72 ± 0,06 m, peso 63,7 ± 14,59 kg) e grupo 2 (idade 20,1±2,28 anos, estatura 1,66±0,07 m, peso 65,6±14,34 kg), nestes aplicar um programa de treinamento de força com uma frequência de 3 sessões por semana e uma duração de 3 semanas, em que um pré-teste (semana 0) e pós-teste (semana 4) de 1 RM, é notável que no Post-Test o par foi usado no grupo 1 para comparar o RM 1 por parte de ambos os grupos. Para análise estatística, nós usamos o pacote estatístico SPSS IBM V. 22 com um nível de confiança de 95% e um p-valor de 0.05, aplicamos testes de normalidade (Shapiro-Wilk), uniformidade (teste de Levene), análise de variância de um fator (ANOVA) e teste de contraste (teste post-hoc). Após analisar os resultados obtidos conclui-se que o protocolo de acção recíproca empregado neste estudo sozinho incremento significativamente o 1 RM no exercício SQ ($p<0,05$).

Palabras-chave: Desportistas amateurs, força, protocolo de acción recíproca.

Introducción

El entrenamiento de la fuerza debe ser cuidadosamente orientado si se espera obtener resultados concretos y tangibles (Correa & Corredor, 2009), debido a que la fuerza ocupa un lugar esencial para el ser humano desde la antigüedad, ya sea como capacidad física fundamental empleada para mejorar el rendimiento, o bien para garantizar la realización de cualquier acción motora (Galicia, 2014), por tal motivo el entrenamiento de la fuerza con sobrecargas es considerado una actividad esencial para garantizar un adecuado rendimiento físico aplicado a cualquier deporte (Naclerio & Jiménez, 2007), puesto que la fuerza es un factor determinante del éxito competitivo (Galicia, 2014), igualmente los métodos del entrenamiento de la fuerza son eficaces al ofrecer adaptaciones muy interesantes a un amplio campo de poblaciones de diferentes edades y características (Orquín, Torres-Luque & Ponce de León, 2009), por otra parte, los ejercicios más populares de los programas de entrenamiento de la fuerza son el press banca, sentadilla con barra y el peso muerto, puesto que son utilizados por sujetos entrenados y no entrenados para optimizar la preparación física, rehabilitación física, entrenamiento o en investigaciones científicas.

Durante mucho tiempo se había creído que el entrenamiento para el aumento de fuerza sólo afectaba al tejido muscular, pero también resulta en cambios adaptativos en el sistema nervioso central (Carroll, Selvanayagam, Riek & Semmler, 2011), sin embargo la evidencia científica indica que el entrenamiento de la fuerza induce cambios adaptativos en función del sistema nervioso, que a su vez, contribuyen al aumento de la fuerza máxima muscular contráctil inducida por el entrenamiento (Aagaard & Mayer, 2007), debido a que aumentan la ganancia neta de proyecciones neuronales corticoespinal de la corteza motora a los músculos entrenados (Carroll, Barton, Hsu & Lee, 2009), éstas incluyen la mayor eficacia de la sinapsis neuronal corticoespinal motora o mayor excitabilidad de las neuronas motoras (Nuzzo, Barry, Gandevia & Taylor, 2016), por consiguiente esta respuesta puede representar beneficios en el sentido de que la inhibición recíproca disminuye la susceptibilidad a la fatiga del músculo sobre las repeticiones, además de promover el mantenimiento de adecuados niveles de esfuerzo durante la sesión de entrenamiento (Carregaro, Gentil, Brown, Pinto & Botarro, 2011).

Durante la realización de algún ejercicio se genera activación de los músculos antagonistas en relación con la activación de los músculos agonistas (Paz, Willardson, Simao & Miranda, 2013), ésta respuesta nerviosa en el músculo se produce debido a que una activación con-

céntrica del músculo agonista, implica que el músculo antagonista tenga una inhibición recíproca que permite su relajación y, en consecuencia pueda facilitar la acción del agonista (Kisner & Colby, 2007). La activación previa del músculo antagonista a través de ejercicios de fuerza, puede aumentar el funcionamiento máximo en la musculatura agonista (Paz et al., 2013), por tal motivo se sugiere que un protocolo de acción recíproca es más eficiente a nivel neuromuscular y metabólico (Carregaro, Cunha, Gomes, Brown & Botarro, 2013), puesto que puede facilitar un aumento en las repeticiones comparado con sistemas de ejercicio tradicional y debe ser una alternativa para entrenadores y profesionales, con el objetivo de optimizar la calidad de las sesiones de ejercicio y los resultados (Paz et al., 2013), sin embargo no existe una documentación científica suficientemente amplia sobre los efectos de un protocolo de acción recíproca para la mejora de la fuerza en movimientos con sobrecargas.

Por consiguiente, el objetivo del presente estudio fue determinar la efectividad de un protocolo de acción recíproca para la mejora de la repetición máxima en los ejercicios sentadilla con barra, press banca plano y peso muerto en deportistas amateurs.

Métodos

Diseño del estudio

Este estudio tuvo un enfoque cuantitativo y un diseño cuasiexperimental no probabilístico, con una muestra a conveniencia, siendo seleccionados gracias a la conveniente accesibilidad y proximidad de los sujetos con los investigadores.

Participantes

20 sujetos sanos (14 hombres y 6 mujeres) capacitados en el entrenamiento con sobrecargas participaron voluntariamente en este estudio, estos sujetos fueron divididos en Grupo 1 (edad $20,4 \pm 3,72$ años, talla $1,72 \pm 0,06$ m, peso $63,7 \pm 14,59$ kg, frecuencia $4,3 \pm 0,6$ sesiones semanales, experiencia previa del entrenamiento de fuerza $3,33 \pm 0,5$ años) y Grupo 2 (edad $20,1 \pm 2,28$ años, talla $1,66 \pm 0,07$ m, peso $65,6 \pm 14,34$ kg, frecuencia $4,7 \pm 0,2$ sesiones semanales, experiencia previa del entrenamiento de fuerza $3,68 \pm 0,9$ años), todos los sujetos completaron un cuestionario de aptitud para la actividad física (PAR-Q) y firmaron un consentimiento informado por escrito antes de la participación en este estudio, igualmente el estudio fue aprobado por el Comité de Ética de la Universidad de

Pamplona el cual está adscrito a la Vicerrectoría de Investigación de esta entidad.

Adicionalmente como criterios de inclusión en el estudio se debía tener una experiencia mínima de 2 años en el entrenamiento con sobrecargas y ser mayor de 18 años, los criterios para la exclusión del estudio fueron: presentar alguna lesión o patología osteomuscular, metabólica o cardiorrespiratoria, encontrarse en estado de embarazo, y, por último, estar consumiendo algún medicamento.

Programa de entrenamiento de fuerza con sobrecargas

Los participantes de este estudio realizaron un programa de entrenamiento de fuerza con sobrecargas, usando el "método de intensidades máximas II", durante 3 semanas, con una frecuencia de 3 veces por semana en días alternos (48 h de recuperación). Este método tiene como objetivo principal el incremento de la fuerza con algo de hipertrofia y mejora de la coordinación intramuscular (Gonzalez-Badillo y Gorostiaga, 1995). El entrenamiento consistió en realizar en cada sesión 2 ejercicios de musculación multiarticulares o de carácter global (sentadilla con barra, press banca o peso muerto), según la planificación, las cargas empleadas al iniciar el programa fueron del 85% del 1 RM, y fueron incrementando hasta el 90% del 1 RM, en cuanto al volumen de trabajo las repeticiones iniciaron en 3, hasta aumentar a 5, mientras que las series se mantenían en el margen de 4 a 5 por ejercicio, y el descanso entre serie y serie entre los 3 y 5 minutos.

Procedimiento

Para el test de repetición máxima se aplicó el protocolo establecido por Gregory & Travis (2015), éste finalizaba cuando se fallara la repetición o cuando se realizara sin la técnica correcta, para lograr esto el descanso entre repetición y repetición era lo suficientemente prolongado para evitar la acumulación de fatiga en el evaluado, éste procedimiento se llevó a cabo en la semana 0 (pre-test), a partir del valor obtenido en el test se realizaba el protocolo de acción recíproca, previo a alcanzar la mejor marca anterior en el Grupo 1, mientras que el Grupo 2 siguió con el mismo protocolo sin modificaciones.

El protocolo de acción recíproca propuesto fue el siguiente:

PAR= 80% RM/ 4 Repeticiones/ 1 Serie/ 1 min de descanso

Entre los ejercicios para la musculatura antagonista para aplicar el protocolo de acción recíproca se realizaron los siguientes: El curl femoral acostado (sentadilla con barra), remo en polea baja (press banca) y sentadilla hack (peso muerto).

Instrumentos de análisis de datos

La tabulación y análisis de los resultados se realizó con el paquete estadístico IBM SPSS V.22®, en este software se aplicaron las pruebas de normalidad (Shapiro-Wilk), homogeneidad (prueba de Levene), análisis de varianza (ANOVA) y prueba de contrastes (Test Post Hoc), así mismo, para establecer diferencias significativas entre ambos grupos se utilizó un nivel de confianza del 95% y un p-valor de 0,05.

Resultados

En la tabla 1 se puede observar que los resultados de la repetición máxima en el pre-test y post-test del Grupo 1, presentaron una distribución normal en todos los ejercicios ($p > 0,05$).

En la tabla 2 se puede evidenciar que los resultados de la repetición máxima en el pre-test y post-test del Grupo 2, presentaron una distribución normal en todos los ejercicios ($p > 0,05$).

En la tabla 3 se puede identificar que la repetición máxima obtenida en pre-test y post-test por parte de ambos grupos, obtuvo una homogeneidad en todos los ejercicios ($p > 0,05$), sin embargo, solamente en el ejercicio sentadilla con barra, al comparar ambos grupos, se apreció un aumento significativo por medio del análisis de varianza (ANOVA) ($p < 0,05$), además la prueba de contraste sólo fue posible en el ejercicio sentadilla, expresando resultados significativos ($p < 0,05$), debido a que no existió diferencia significativa entre las medias de ambos grupos en los ejercicios press banca y peso muerto, por lo cual al comparar los resultados pre-test y post-test, en ambos grupos se obtuvieron resultados significativos con el protocolo de acción recíproca en el ejercicio sentadilla con barra ($p < 0,05$).

Discusión

Este estudio tuvo como objetivo determinar la efectividad de un protocolo de acción recíproca para la mejora de la repetición máxima en los ejercicios sentadilla con barra, press banca plano y peso muerto en depor-

Tabla 1. Repetición máxima obtenida en el pre-test y post-test del Grupo 1

Grupo 1	Sentadilla con barra		Press banca		Peso muerto	
	Pre-Test	Post-Test	Pre-Test	Post-Test	Pre-Test	Post-Test
Promedio (kg)	124,13	133,87	66,46	71,35	93,07	96,53
Desviación Estándar (kg)	23,64	26,87	18,93	20,27	16,46	16,05
Normalidad (Shapiro-Wilk)	0,26	0,38	0,34	0,5	0,8	0,48

Tabla 2. Repetición máxima obtenida en el pre-test y post-test del Grupo 2

Grupo 2	Sentadilla con barra		Press banca		Peso muerto	
	Pre-Test	Post-Test	Pre-Test	Post-Test	Pre-Test	Post-Test
Promedio (kg)	102,84	104,63	66,72	69,39	82,42	84,33
Desviación Estándar (kg)	32,97	34,35	44,94	46,62	18,52	19,26
Normalidad (Shapiro-Wilk)	0,22	0,09	0,31	0,32	0,1	0,09

Tabla 3. Comparación de medias en la repetición máxima

Grupo 1-Grupo 2	Sentadilla con barra	Press banca	Peso muerto
Prueba de Levene	0,85	0,05	0,53
ANOVA	0	0,1	0,12
Contrastes	0	-	-

tistas amateurs, sin embargo el análisis de varianza y la prueba de contrastes indican que solamente en el ejercicio sentadilla con barra se obtuvieron mejoras significativas, al comparar la repetición máxima del Grupo 1 con respecto al Grupo 2 ($p < 0,05$), mientras que en los ejercicios press banca y peso muerto no se evidenciaron resultados significativos en ningún grupo ($p > 0,05$). De igual forma, otro resultado de esta investigación señala que un programa de entrenamiento de fuerza con sobrecargas a corto plazo (<4 semanas) no incrementa significativamente la fuerza dinámica máxima (1 RM).

Teniendo en cuenta los resultados de esta investigación con estudios similares (Geertsen, Lundbye-Jensen & Nielsen, 2008; Carregaro et al., 2013; Paz et al., 2013), se puede inferir que no se obtuvieron resultados significativos en el incremento de la fuerza con un protocolo de acción recíproca en todos los ejercicios evaluados, ésta diferencia puede estar fundamentada en que estas investigaciones analizaron el incremento en movimientos monoarticulares (flexión plantar y dorsal, flexión y extensión de rodilla, entre otros), mientras que en el presente estudio se realizó con movimientos más complejos y de mayor implicación de diferentes grupos musculares (multiarticulares), sin embargo los resultados permiten identificar que solo en el ejercicio sentadilla con barra se obtuvieron resultados significativos en el incremento de

la fuerza con la aplicación del protocolo de acción recíproca, comparando al Grupo 1 con el Grupo 2.

Por otra parte, en un estudio realizado por Maeo, Takahashi, Takai & Kanehisa (2013), en el cual estos autores indicaron que la participación voluntaria a largo plazo en un entrenamiento de contracción voluntaria, aumenta progresivamente la actividad muscular durante la máxima contracción voluntaria, por tal motivo la efectividad de un protocolo de acción recíproca para incrementar la fuerza dinámica máxima puede estar influenciada por la experiencia en el entrenamiento de la fuerza con sobrecargas.

Por último, se recomienda que para estudios posteriores se mantenga el mismo diseño de este estudio, pero evaluando muestras más grandes, y que esos grupos sean evaluados durante periodos más largos, esto con la finalidad de constatar si los cambios obtenidos en esta investigación son consistentes y se prolongan o modifican durante periodos de mayor extensión, de este modo se podrá garantizar que un protocolo de acción recíproca, posibilita incrementar la repetición máxima de la sentadilla con barra, press banca plano y peso muerto en deportistas amateurs o con el grupo de sujetos con los que se realice el estudio posteriormente, además de incluir la evaluación electromiográfica (EMG)

y análisis biomecánico del gesto para interpretar de una forma más objetiva, como se comporta el mecanismo de coactivación durante la ejecución del movimiento.

Conclusión

En conclusión el protocolo de acción recíproca empleado en este estudio, solo incrementó la repetición máxima en el ejercicio sentadilla con barra en deportistas amateurs.

Agradecimientos

Gracias a los administrativos de The Body Perfect Gym y Sport Gym Center, por la autorización y prestación de sus instalaciones para realizar este estudio, e igualmente a la Universidad de Pamplona por apoyar esta investigación.

Referencias

- Aagaard, P. & Mayer, F. (2007). Neuronal adaptations to strength training. *Deutsche Zeitschrift Für Sportmedizin*, 58 (2), 50-53. Recuperado el 13 de noviembre del 2016 de: <http://www.zeitschrift-sportmedizin.de/fileadmin/content/archiv2007/heft02/50-53.pdf>
- Cardoso, E. A.; Bottaro, M.; Rodrigues, P.; Rezende, C. B.; Fischer, T.; Mota, J.; Fernandes, A. & Carregaro, R. L. (2014). Chronic effects of resistance exercise using reciprocal muscle actions on functional and proprioceptive performance of young individuals: randomized controlled trial. *Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano*, 16 (6), 618-628. doi: <https://dx.doi.org/10.5007/1980-0037.2014v16n6p618>
- Carregaro, R. L.; Gentil, P.; Brown, L. E.; Pinto, R. S. & Botarro, M. (2011). Effects of antagonist pre-load on knee extensor isokinetic muscle performance. *Journal of Sports Sciences*, 29 (3), 271-278. doi: <http://dx.doi.org/10.1080/02640414.2010.529455>
- Carregaro, R. L.; Cunha, R.; Gomes Oliveira, C.; Brown, L. E. & Botarro, M. (2013). Muscle fatigue and metabolic responses following three different antagonist pre-load resistance exercises. *Journal of electromyography and kinesiology*, 23 (5), 1090-1096. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jelekin.2013.04.010>
- Carroll, T. J.; Barton, J.; Hsu, M. & Lee, M. (2009). The effect of strength training on the force of twitches evoked by corticospinal stimulation in humans. *Acta Physiologica*, 197, 161-173. doi:10.1111/j.1748-1716.2009.01992.x
- _____ Selvanayagam, V. S.; Riek, S. & Semmler, J. G. (2011). Neural adaptations to strength training: Moving beyond transcranial magnetic stimulation and reflex studies. *Acta Physiologica*, 202, 119-140. doi:10.1111/j.1748-1716.2011.02271.x
- Correa, J. & Corredor, D. (2009). *Principios y métodos para el entrenamiento de la fuerza muscular*. Bogotá D.C, Colombia: Universidad del Rosario.
- Galicia, A. (2014.) Conceptos básicos sobre la fuerza muscular. *Revista Digital EFDeportes*, Año 18, N° 190. Recuperado el 15 de noviembre del 2016 de: <http://www.efdeportes.com/efd190/conceptos-basicos-sobre-la-fuerza-muscular.htm>
- Geertsen, S. S.; Lundbye-Jensen, J. & Nielsen, J. B. (2008). Increased central facilitation of antagonist reciprocal inhibition at the onset of dorsiflexion following explosive strength training. *Journal of Applied Physiology*, 105 (3), 915-922 doi: 10.1152/jappphysiol.01155.2007
- González Badillo, J. J. y Gorostiaga, E. (1995). *Fundamentos del entrenamiento de la fuerza. Aplicación al alto rendimiento deportivo*. Barcelona, España: Inde.

- Gregory Haff, G. & Travis Triplett, N. (2015). *Essentials of Strength Training and Conditioning (4 ed.)*. United States of America: Publishing Human Kinetics.
- Kisner C. & Colby, L. A. (2007). *Therapeutic exercise. Foundations and techniques*. 5th ed. Philadelphia: Davis Company.
- Maeo, S.; Takahashi, T.; Takai, Y. & Kanehisa, H. (2013). Trainability of muscular activity level during maximal voluntary co-contraction: comparison between bodybuilders and nonathletes. *Journal PLoS One*, (8). doi: 10.1371/journal.pone.0079486
- Naclerio Ayllón, F. & Jiménez Gutiérrez, A. (2007). Entrenamiento de la fuerza contra resistencias: cómo determinar las zonas de entrenamiento. *Journal of Human Sports & Exercise*, 11 (11), 42-52. Recuperado el 16 de noviembre del 2016 de: https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/899/4/JHSE_2_2_3.pdf
- Nuzzo, J. L.; Barry, B. K.; Gandevia, S. C. & Taylor, J. L. (2016). Acute Strength Training Increases Responses to Stimulation of Corticospinal Axons. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 48 (1), 139–150. doi: 10.1249/MSS.0000000000000733
- Orquín Castrillón, F. J.; Torres-Luque, G. & Ponce de León, F. (2009). Efectos de un programa de entrenamiento de fuerza sobre la composición corporal y la fuerza máxima en jóvenes entrenados. *Apunts Med Esport*, 44 (164), 156-62. Recuperado el 16 de noviembre del 2016 de: <http://www.apunts.org/es/efectos-un-programa-entrenamiento-fuerza/articulo/13146029/>
- Paz, A.; Willardson, J.; Simao, R. & Miranda, H. (2013). Effects of different antagonist protocols on repetition performance and muscle activation. *Medicina Sportiva*, 17 (3), 100-106. Recuperado el 16 de noviembre del 2016 de: https://works.bepress.com/jeffrey_willardson/22/

