

Article

Influencia de las Diferentes Velocidades de Acciones Musculares en la Fuerza Dinámica Máxima, el Volumen Máximo de Repeticiones, y el Índice de Esfuerzo Percibido

Hiago L. R. de Souza¹, Yuri A. C. Campos^{1,2}, Osvaldo C. Moreira^{1,3,4}, Miller P. Guimarães^{1,5}, Gaspar P. Silva^{1,5} y Sandro F. da Silva

¹Grupo de Investigación de Estudios en Respuestas Neuromusculares (GEPRE, Universidad de Lavras, Lavras, Brasil)

²Posgraduado de la FAEFID, Universidad de Juiz de Fora, Juiz de Fora, Brasil

³Instituto de Biomedicina, Universidad de León, León, España

⁴Instituto de Ciencia Biológica y Salud, Universidad de Viçosa, Florestal, Brasil

⁵Universidad de Pedro de Valdivia, Chillan, Chile

RESUMEN

Souza HLR, Campos YAC, Moreira OC, Guimarães MP, Silva GP, Silva SF. Influencia de las Diferentes Velocidades de Acciones Musculares en la Fuerza Dinámica Máxima, el Volumen Máximo de Repeticiones, y el Índice de Esfuerzo Percibido. JEPonline2016;19(1): 57-65. El propósito de este estudio fue investigar la influencia de las diferentes velocidades de la acción muscular en el volumen máximo de repeticiones (VMR), en el índice de esfuerzo percibido (IEP), y en la fuerza dinámica máxima de 9 mujeres. Al final de 3 series de cada ejecución, se agregó el protocolo al VMR, y se recogió el IEP, la fuerza dinámica máxima se evaluó 72 horas después de cada protocolo. Los resultados mostraron diferencias no significativas estadísticamente en el IEP, en el número máximo de repeticiones, y la fuerza dinámica máxima entre los tres protocolos: protocolo concéntrico (PC); protocolo excéntrico (PE); y protocolo de control (PCo). Este estudio no respalda las observaciones anteriores de una disminución en la fuerza máxima de contracción con protocolos excéntricos. También, en relación al IEP, hubo diferencias no significativas estadísticamente al final de la ejecución de las 3 series de los tres protocolos analizados.

Palabras Clave: Entrenamiento de Resistencia, Acciones Excéntricas, Hipertrofia

INTRODUCCIÓN

Actualmente, el entrenamiento de resistencia (ER) está despertando interés en un gran número de practicantes que buscan los beneficios de una mejora muscular para el atletismo, para fines estéticos, y/o para la búsqueda de una mejor calidad de vida (1). Ya que el ER promueve la distensión muscular que es esencial para la adaptación y el crecimiento del músculo

esquelético (22), el conocimiento de las diferentes adaptaciones que ocurren durante las contracciones concéntricas (CC) y las contracciones excéntricas (CE), es importante para prescribir un programa de entrenamiento de resistencia seguro y beneficioso. No cabe duda de que es por esto que la comunidad científica ha pasado a estudiar el comportamiento de las diferentes contracciones en la adaptación muscular (20). En este sentido, la investigación ayuda a desmitificar la controversia existente sobre los beneficios y las complicaciones que resultan del uso inapropiado del entrenamiento de CC y CE (2).

Las contracciones concéntricas están directamente incluidas en el movimiento humano diario (1), y en la bibliografía está bien documentado que la fatiga generada por las CC causa una disminución en el momento de fuerza, en la fuerza muscular, en la actividad electromiográfica, y produce un mayor costo metabólico (8). Por otro lado, los beneficios de las CC están muy claros en la bibliografía, como el aumento en la fuerza muscular a partir de la adaptación al entrenamiento y la menor cantidad de lesiones micromusculares (13).

Las contracciones excéntricas representan acciones musculares que se caracterizan por el alargamiento muscular que genera un mayor nivel de lesiones musculares y la posterior rigidez muscular (19,24). Sin embargo, hay informes que establecen que la CE ayuda en la rehabilitación de los músculos. Aparte del incremento en la fuerza muscular, la CE resulta en un menor costo metabólico comparado con la CC (19,25). Hollander et al. (17) destacó este punto durante un estudio de fuerza excéntrica y concéntrica bajo condiciones isocinéticas en la flexión y extensión de codo. Ellos encontraron que las CE resultaron en un aumento de la fuerza del 14% al 89% comparado con la fuerza concéntrica.

Roig y sus colegas (27) informaron que cuando se le da un mayor énfasis al ER en el entrenamiento de CE, éste genera fuerza muscular que se mantiene por un mayor período de tiempo ya que la pérdida de fuerza concéntrica es mucho más brusca con el paso del tiempo. Así, cuando se compara la fuerza concéntrica con la fuerza excéntrica, esta última muestra un poder de conservación que es un 20% más alto (27). Los mecanismos que regulan el beneficio de la CE originalmente parecen ser neuronales, dado que la CE genera mayor estimulación de la corteza motora durante la contracción voluntaria máxima (CVM) (14, 18, 28).

Además de las preguntas sobre la contracción muscular concéntrica y excéntrica y la fuerza generada, todavía está la necesidad de una mayor aclaración sobre los efectos agudos de cada una con respecto al volumen de repeticiones, la fuerza máxima, y la carga interna (como la definida por el índice de esfuerzo percibido, IEP). De este modo, el rol de la velocidad en la ejecución de la acción muscular en el ER no se entiende completamente, dando lugar así a la hipótesis de que las diferentes intensidades en las acciones musculares muchas veces resultan en respuestas contradictorias en las variables de entrenamiento del ER.

El propósito de este estudio fue investigar la influencia de diferentes velocidades de acción muscular en el volumen de repeticiones, el esfuerzo percibido, y la fuerza muscular dinámica máxima.

MÉTODOS

Sujetos

Los sujetos en este estudio fueron 9 femeninos con una edad promedio de 22 ± 1.8 años. Todos los sujetos estaban familiarizados con el ejercicio propuesto y tenían una mínima experiencia de 6 meses en ER. No estaban usando drogas y/o esteroides para influenciar el desarrollo muscular, y ninguno tenía lesiones en articulaciones óseas o infecciones agudas. Todos los sujetos leyeron y firmaron el Formulario de Consentimiento Informado, y el estudio fue aprobado por el Comité de Ética con el número de CAAE: 13480213.7.0000.5148.

Procedimientos

Este estudio utilizó el ejercicio de sentadilla con una barra de guiado. Cada sujeto se paró con la barra en los hombros. Los pies y las rodillas se alinearon con las articulaciones de las caderas. Luego, el sujeto se colocó en posición de sentadilla flexionando las caderas y las rodillas. Esta última logra un ángulo de 90° que se controló con la ayuda de un goniómetro digital GN360 de Miotec®. Los sujetos realizaron 3 series que resultaron en fallo concéntrico con 60% de carga máxima, que fue seguido por un intervalo de descanso de 90 segundos entre las series. Para controlar la velocidad de movimiento de los sujetos (por ejemplo, la contracción muscular), se utilizó el software Metronome Plus® 2.0.0.5.

La evaluación de todos los protocolos fue realizada por los mismos investigadores. Los sujetos se sometieron a un proceso de familiarización durante el cual llevaron a cabo las velocidades prescritas para cada protocolo tres veces con un total de nueve sesiones de familiarización. Los sujetos se evaluaron en cuatro momentos diferentes. Comenzando en el segundo

momento, hubo una asignación al azar para determinar los ejercicios que serían ejecutados. Se respetó un intervalo de 7 días entre los momentos.

- Después de la lectura y la firma del Formulario de Consentimiento Informado y un resumen de los procedimientos de la investigación, los sujetos fueron sometidos a una evaluación antropométrica. Luego, se determinó su fuerza dinámica máxima utilizando el test de 1RM con el propósito de estipular la carga que se utilizaría durante el estudio.
- En un segundo momento, los sujetos recibieron instrucciones para realizar 3 series de ejercicios que enfatizaban la fase concéntrica del movimiento; los mismos consistían en un protocolo concéntrico (PC): 30 rad·seg-1 (3 seg) para la acción concéntrica y 90 rad·seg-1 (1 seg) para la acción excéntrica (3CC a 1CE).
- En un tercer momento, los sujetos recibieron instrucciones para realizar 3 series de ejercicios que enfatizaban la fase excéntrica del movimiento; éstos consistían en un protocolo excéntrico (PE): 90 rad·seg-1 (1 seg) para la acción concéntrica y 30 rad·seg-1 (3seg) para la acción excéntrica (1CC a 2CE).
- En un cuarto momento, los sujetos recibieron instrucciones para realizar 3 series de ejercicios con un equilibrio entre los tiempos de las acciones musculares; éstos consistían en un protocolo de control (PCo): 45 rad·seg-1 (2 seg) para la acción concéntrica y 45 rad·seg-1 (2 seg) para la acción excéntrica (2CC a 2CE).

A- Composición Corporal 1RM. 72 horas. Protocolo Concéntrico (PC) IEP, VMR. 72 horas. 1RM. 168 horas
B- Protocolo Excéntrico (PE) IEP, VMR. 72 horas. 1RM 168 horas
C- Protocolo de Control (PCo) IEP, VMR. 72 horas. 1RM

Figura 1. Esquema de Investigación

Al final de cada serie de ejercicios y cada protocolo, se registró el IEP de los sujetos (26) y se utilizó para analizar el promedio del IEP de 3 series. En el análisis de volumen de repeticiones (Warren, #167), se determinó el total del número de repeticiones en cada serie de cada protocolo. La fuerza dinámica máxima se evaluó por el test de 1RM, que se determinó 72 horas después de cada protocolo (PC, PE y PCo).

Índice de Esfuerzo Percibido (IEP)

Para poder recopilar los datos del IEP, se utilizó la Escala de Ascenso de Ejercicio de Resistencia Omni (OMNI-RES). Fue creada por Robertson et al. (26) especialmente para la evaluación del esfuerzo percibido durante el entrenamiento de resistencia. Esta escala presenta sólo descripciones numéricas y verbales. La OMNI-RES es una escala numérica con valores entre 0 y 10 en la cual el 0 es un esfuerzo extremadamente fácil y 10 es un esfuerzo extremadamente difícil.

Evaluación de la Fuerza Dinámica Máxima (1RM)

Se usó el test de una repetición máxima (1RM) para analizar la fuerza dinámica máxima de los sujetos. Los sujetos recibieron instrucciones para completar una serie de 4 repeticiones al 60% de 1RM estimada, 1 serie de 3 repeticiones al 70% de 1RM estimada, una serie de 2 repeticiones al 80% de 1RM estimada, y 1 repetición al 90% de 1RM estimada. Luego, los sujetos comenzaron el intento de 1RM, siendo el número máximo de 5 intentos para identificar 1RM. Un intervalo de 3 min se utilizó entre las series (4).

Análisis Estadísticos

El análisis estadístico de los datos se realizó basado en la comparación de promedios y derivaciones estándar. Para verificar la distribución de la prueba, se usó el test de normalidad de Shapiro-Wilk. Para comparar los datos entre los grupos concéntricos, excéntricos y de control, se utilizó el ANOVA con mediciones repetidas junto al Scheffé *post hoc*. El Test no paramétrico Wilcoxon se utilizó para comparar las variables del mismo grupo. Para verificar el efecto de la prueba, se adoptó el Test de D Cohen. La significancia estadística se estableció en $P \leq 0.05$ para todos los tests.

RESULTADOS

La Tabla 1 presenta los datos antropométricos que caracterizan a los sujetos de este estudio.

Tabla 1. Características Antropométricas del Modelo.

N	Edad (años)	Altura (m)	Peso (Dideriksen, #339)	IMC	Grasa Corporal (%)
9	22 ± 1.8	1.71 ± 3.96	68.3 ± 12.94	23.63 ± 5.45	32.12 ± 6.30

En la Tabla 2, la fuerza dinámica máxima inicial de los sujetos (RMi) se presenta relativa a cada protocolo. No hubo diferencias significativas estadísticamente entre los protocolos en RM72 comparado con RMi. La RMi fue 103.33 kg. Después de la carga del PC, fue 104.44 kg. Esto es un aumento no significativo de 1% después de de 72 hs comparado con el PCo en el que hubo una disminución no significativa de 2%. Hubo una disminución no significativa en la carga del PE después de 72 hs, la cual representa una reducción de 6.40%. Las respuestas del IEP de los sujetos a lo largo de las tres fases de contracción muscular no fueron significativamente diferentes, éste fue también el caso con el volumen máximo de repeticiones de los sujetos (VMR) para cada uno de los tres diferentes protocolos.

Tabla 2. Comparación de la Fuerza Dinámica Máxima Antes y Después de los Diferentes Protocolos

Variables	Contracción						Magnitud del Efecto
	PC	PE	PCo	P			
RMi (kaf)	103.33 ± 20.61	103.33 ± 20.61	103.33 ± 20.61	CC-CE	CC-CT	CE-CT	
RM72 (kaf)	104.44 ± 18.10	97.77 ± 15.63	102.22 ± 15.89	0.387	0.863	0.297	d= 0.039
%	+ 1%	- 6%	- 2%	-	-	-	-
IEP	6.37 ± 1.85	6.48 ± 1.68	6.37 ± 2.23	0.113	0.605	0.113	d= 0.146
VMR	39.22 ± 5.35	34.77 ± 6.68	41.66 ± 9.32	0.720	0.931	0.863	d= 0.001

RMi: fuerza dinámica máxima inicial; **RM72:** fuerza dinámica máxima 72 hs después de la realización del protocolo; **IEP:** índice de esfuerzo percibido; **VMR:** volumen máximo de repeticiones; **PC:** protocolo concéntrico; **PE:** protocolo excéntrico; **PCo:** protocolo de control

DISCUSIÓN

El propósito de este estudio apuntaba a investigar la influencia de las diferentes velocidades de las acciones musculares en el volumen de repeticiones, el índice de esfuerzo percibido y la fuerza muscular dinámica máxima. No hubo diferencias significativas estadísticamente en la fuerza dinámica máxima entre los 3 protocolos (PC, PE, y PCo). Estos resultados son contrarios a los encontrados en otros estudios que informan una pérdida de la fuerza máxima de contracción después de realizar una contracción muscular excéntrica (3, 5, 9). Mientras que los efectos agudos de la ejecución de acciones musculares concéntricas no resultan en cambios significativos en la producción de la fuerza dinámica máxima (8), generalmente hay una disminución transitoria que se observa en la fuerza máxima de contracción con protocolos excéntricos. Sin embargo, los resultados en el presente estudio no confirman las observaciones anteriores. La existencia de daño muscular causado por este tipo de acción con alteraciones en el sarcolema e interrupción de las líneas Z (5, 6, 12) que se manifiestan a través de marcadores de lesión muscular tales como creatinkinasa (CK), y lactato deshidrogenasa (LDH) (10, 11) permanece poco claro.

Respecto al IEP, no hubo diferencias significativas estadísticamente al final de la ejecución de las 3 series en los tres

diferentes protocolos analizados. La bibliografía muestra datos polémicos sobre IEP y ejercicios que usan diferentes tipos de acciones musculares, en los que hay estudios que revelan un mayor IEP luego de la CC (16), y estudios que tienen un mayor IEP luego de realizar un protocolo de fatiga excéntrico (7). Los valores más altos de IEP y de CC pueden ser justificados en términos de un mayor costo energético causado por lo mismo comparado con la CE (8). Por otro lado, la teoría psicobiológica del rendimiento físico afirma el incremento en el IEP como una función de la intensidad del ejercicio (7).

La falta de una diferencia significativa entre los protocolos utilizados en el presente estudio y las inconsistencias reportadas en la bibliografía sobre el IEP y su rol en el análisis de la carga interna en ejercicios con énfasis en diferentes acciones musculares, puede estar relacionada a factores intrínsecos y extrínsecos que pueden afectar en mayor o menor medida a la respuesta al ejercicio (23). Así, el IEP podría no ser una medida muy precisa para evaluar la carga de trabajo cuando se realizan protocolos de entrenamiento de resistencia a diferentes velocidades de ejecución.

En cuanto al volumen total de repeticiones en los tres diferentes protocolos evaluados, los resultados indican diferencias no significativas estadísticamente. Aunque no hubo una diferencia significativa entre los grupos, uno podría especular que existió una tendencia hacia la ejecución de menos repeticiones en el PE. A pesar de que la bibliografía sugiere que el estímulo excéntrico lleva a una disminución de la amplitud de movimiento en respuesta al dolor muscular localizado que puede ser provocado por un aumento de la CK en la sangre (21), el presente estudio no apoya este punto. Quizás, vale la pena señalar que se necesita más investigación en esta área, dado que Chen et al. (5) mostró menor número de repeticiones realizadas luego del estímulo excéntrico, y mayor número de repeticiones después del estímulo excéntrico repetido. Más recientemente, Fernández-Gonzalo et al. (11) encontró una pérdida de fuerza, potencia muscular, y un mayor dolor muscular luego de realizar una serie de ejercicio excéntrico.

Los ejercicios con peso libre no son utilizados normalmente en la bibliografía para verificar el efecto agudo de CE y la mayoría de los estudios analizados intentan presentar la potencia muscular como un marcador fiable para evaluar estos efectos agudos (11). Siguiendo esta línea del uso de marcadores funcionales para verificar los efectos del entrenamiento excéntrico, es posible pensar que el volumen total de repeticiones podría representar una estrategia interesante para verificar las respuestas agudas y crónicas a la CE. Como se demostró por los estudios anteriormente mencionados, la reducción en el volumen total de repeticiones luego de CE, se convierte en una respuesta indirecta efectiva cuando es asociada con marcadores de daño muscular y metabolitos y actividad electromiográfica con respecto a la CE (15).

Limitaciones de este Estudio

Los resultados en el presente estudio son limitados debido a la falta de control de marcadores biomecánicos de daño muscular, que podrían haber ayudado a explicar los resultados. También, el pequeño número de sujetos en el ensayo fue una limitación. Más investigación debe abordar estos asuntos y otros, como los sujetos analizados en relación a edad y características (físicas, psicológicas, y ambientales) que pueden haber interferido con los resultados.

CONCLUSIONES

Los resultados indican que no hubo diferencias significativas estadísticamente en la fuerza dinámica máxima entre los 3 protocolos (PC, PE, y PCo). Este estudio no confirma las observaciones anteriores de una disminución en la fuerza de contracción máxima con protocolos excéntricos. Además, con respecto al IEP, no hubo diferencias significativas estadísticamente al final de la ejecución de las 3 series en los tres diferentes protocolos analizados.

AGRADECIMIENTO

Financial Support - FAPEMIG- Fundação de Amparo a Pesquisa de Minas Gerais.

Dirección de correo: Sandro Fernandes da Silva, PhD, NEMOH - Nucleus of Studies on Human Movement - Department of Physical Education - University of Lavras - University Campus, PO Box 3037, ZIP Code 37200-000. Lavras/MG. Brasil

REFERENCIAS

1. ACSM. American College of Sports Medicine position stand. (2009). Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc.* 2009;41:687-708.
2. Bird SP, Tarpenning KM, Marino FE. (2005). Designing resistance training programmes to enhance muscular fitness. *Sports Med.* 2005;35:841-851.
3. Blazevich AJ, Cannavan D, Coleman DR, Horne S. (2007). Influence of concentric and eccentric resistance training on architectural adaptation in human quadriceps muscles. *J Appl Physiol.* 2007;103:1565-1575.
4. Brown LE, Weir JP. (2001). ASEP procedures recommendation I: Accurate assessment of muscular strength and power. *JEPonline.* 2001;4:1-21.
5. Chen T, Nosaka K. (2006). Effects of number of eccentric muscle actions on first and second bouts of eccentric exercise of the elbow flexors. *J Sci Med Sport.* 2006;9:57-66.
6. Cormie P, McGuigan MR, Newton RU. (2006). Changes in the eccentric phase contribute to improved stretch-shorten cycle performance after training. *Med Sci Sports Exerc.* 2010;42:1731-1744.
7. deMorree HM, Marcora SM. (2013). Effects of isolated locomotor muscle fatigue on pacing and time trial performance. *Eur J Appl Physiol.* 2013;113:2371-2380.
8. de Souza-Teixeira F, de Paz J. (2013). Eccentric resistance training and muscle hypertrophy. *J Sport Med Dopng Stud.* 2012;1:2161-0673.
9. Ellwanger RB, Brentano MA, Kruel LFM. (2007). Efeito da utilização de diferentes velocidades do treino de força em marcadores indiretos de lesão muscular. *Rev Bras EduFisEsporte.* 2007;21:259-270.
10. Falvo MJ, Schilling BK, Bloomer RJ, Smith WA. (2009). Repeated bout effect is absent in resistance trained men: An electromyographic analysis. *J ElectromyogKines.* 2009;19:e529-e535.
11. Fernandez-Gonzalo R, Bresciani G, de Souza-Teixeira F, Hernandez-Murua JA, Jimenez-Jimenez R, Gonzalez-Gallego J, de Paz JA. (2011). Effects of a 4-week eccentric training program on the repeated bout effect in young active women. *J Sports SciMed.* 2011;10:692-699.
12. Flann KL, LaStayo PC, McClain DA, Hazel M, Lindstedt SL. (2011). Muscle damage and muscle remodeling: No pain, no gain? *J Exp Biol.* 2011;214:674-679.
13. Gabriel DA, Kamen G, Frost G. (2006). Neural adaptations to resistive exercise. *Sports Med.* 2006;36:133-149.
14. Gauche E, Couturier A, Lepers R, Michaut A, Rabita G, Hausswirth C. (2009). Neuromuscular fatigue following high versus low-intensity eccentric exercise of biceps brachii muscle. *J ElectromyogKines.* 2009;19:e481-e486.
15. Gonzalez-Izal M, Cadore EL, Izquierdo M. (2014). Muscle conduction velocity, surface electromyography variables, and echo intensity during concentric and eccentric fatigue. *Muscle Nerve.* 2014;49:389-397.
16. Hollander DB, Kilpatrick MW, Ramadan ZG, Reeves GV, Francois M, Blakeney A, Castracane VD, Kraemer RR. (2008). Load rather than contraction type influences rate of perceived exertion and pain. *J Strength Cond Res.* 2008;22:1184-1193.
17. Hollander DB, Kraemer RR, Kilpatrick MW, Ramadan ZG, Reeves GV, Francois M, Hebert EP, Tryniecki JL. (2007). Maximal eccentric and concentric strength discrepancies between young men and women for dynamic resistance exercise. *J Strength Cond Res.* 2007;21:37-40.
18. Hortobágyi T, Maffiuletti NA. (2011). Neural adaptations to electrical stimulation strength training. *Eur J Appl Physiol.* 2011;111:2439-2449.
19. Isner-Horobeti M-E, Dufour SP, Vautravers P, Geny B, Coudeyre E, Richard R. (2013). Eccentric exercise training: Modalities, applications and perspectives. *Sports Med.* 2013;43:483-512.
20. Moore DR, Young M, Phillips SM. (2012). Similar increases in muscle size and strength in young men after training with maximal shortening or lengthening contractions when matched for total work. *Eur J Appl Physiol.* 2012;112:1587-1592.
21. Newton MJ, Sacco P, Chapman D, Nosaka K. (2013). Do dominant and non-dominant arms respond similarly to maximal eccentric exercise of the elbow flexors? *J Sci Med Sport.* 2013;16:166-171.
22. Norrbrand L, Fluckey JD, Pozzo M, Tesch PA. (2008). Resistance training using eccentric overload induces early adaptations in skeletal muscle size. *Eur J Appl Physiol.* 2008;102:271-281.
23. Pageaux B, Marcora SM, Rozand V, Lepers R. (2015). Mental fatigue induced by prolonged self-regulation does not exacerbate central fatigue during subsequent whole-body endurance exercise. *Front Hum Neurosci.* 2015;9:67.
24. Peñailillo L, Blazevich A, Numazawa H, Nosaka K. (2015). Rate of force development as a measure of muscle damage. *Scand J Med Sci Sports.* 2015;25:417-427.
25. Reeves ND, Maganaris CN, Longo S, Narici MV. (2009). Differential adaptations to eccentric versus conventional resistance training in older humans. *Exp Physiol.* 2009;94:825-833.
26. Robertson RJ, Goss FL, Rutkowski J, Lenz B, Dixon C, Timmer J, Frazee K, Dube J, Andreacci J. (2003). Concurrent validation of the OMNI perceived exertion scale for resistance exercise. *Med Sci Sports Exer.* 2003;35:333-341.
27. Roig M, MacIntyre DL, Eng JJ, Narici MV, Maganaris CN, Reid WD. (2010). Preservation of eccentric strength in older adults: Evidence, mechanisms and implications for training and rehabilitation. *ExpGeront.* 2010;45:400-409.
28. Son J, Lee D, Kim Y. (2014). Effects of involuntary eccentric contraction training by neuromuscular electrical stimulation on the enhancement of muscle strength. *ClinBiomech.* 2014;29:767-772.