



Original

Efecto de 8 semanas de corriente TENS modificada y la corriente rusa, sobre la fuerza muscular y la composición corporal



C. Campos-Jara^{a,*}, C. Martínez-Salazar^b, V. Carrasco-Alarcón^b, R. Arcay-Montoya^c,
R. Ramírez-Campillo^{b,d}, M. Mariscal-Arcas^e, D. Jerez-Mayorga^f y M.E. Da Silva-Grigoletto^g

^a Facultad de Ciencias de la Rehabilitación, Universidad Andres Bello, Santiago, Chile

^b Departamento de Educación Física, Universidad de La Frontera, Temuco-Chile

^c Departamento de Ciencias de la Actividad Física, Universidad de Los Lagos, Osorno-Chile

^d Carrera de Educación Física, Escuela de Pedagogía, Universidad de Los Lagos, Puerto Montt-Chile

^e Research group on Nutrition, Diet and Risk Assessment (Dpt. Nutrition and Food Science, University of Granada-Spain), Dpt. Food Technology, Nutrition and Food Science, University of Murcia-Spain

^f Carrera de Kinesiología, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad San Sebastián, Chile

^g Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de Sergipe-Brasil

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

Recibido el 18 de enero de 2014

Aceptado el 25 de marzo de 2015

Palabras clave:

Electroestimulación

Fuerza muscular

Cuádriceps

R E S U M E N

Objetivo: Comparar el efecto de 2 métodos de electroestimulación en las siguientes variables: fuerza y antropometría.

Método: Se realizó una investigación experimental, aleatoria y simple ciego. Se evaluó a 18 sujetos, distribuidos en: Grupo Corriente TENS Modificada (CTM: n = 6), Grupo Corriente Rusa (CR: n = 6) y Grupo Control (TC: n = 6, sometido a corriente TENS Convencional, considerada en la presente investigación como placebo).

Resultados: Al cabo de 8 semanas, solo CTM incrementó la fuerza máxima ($p < 0.035$) y redujo el grosor del pliegue subcutáneo de la pierna derecha ($p < 0.03$).

Conclusiones: La técnica de electroestimulación con corriente TENS Modificada es efectiva para el entrenamiento muscular.

© 2015 Consejería de Turismo y Deporte de la Junta de Andalucía. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Effects of 8 weeks of modified TENS current and russian current, on muscle strength and body composition

A B S T R A C T

Objective: To compare the effect of two methods of electrostimulation on the following variables: strength and anthropometry.

Method: An experimental, randomized, and simple blind investigation was performed. Eighteen subjects were evaluated distributed into a Modified TENS Current Group (CTM: n = 6), Russian Current Group (CR: n = 6), and a Control Group (TC: n = 6, submitted to traditional TENS current, considered as placebo in this research).

Results: After 8 weeks, only CTM obtained an increase in maximal strength ($p < 0.035$), and a reduction in the subcutaneous fat thickness of the right thigh ($p < 0.03$).

Conclusions: A Modified TENS Current is effective for muscular training.

© 2015 Consejería de Turismo y Deporte de la Junta de Andalucía. Published by Elsevier España, S.L.U. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Keywords:

Electrostimulation

Muscular strength

Quadriceps

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: Christian.campos@unab.cl (C. Campos-Jara).

Efeito de 8 semanas de corrente TENS modificada e corrente russa sobre a força e composição corporal

R E S U M O

Palavras-chave:
Eletroestimulação
Força muscular
Quadríceps

Objetivo: Comparar o efeito de 2 métodos de eletroestimulação nas seguintes variáveis: força e antropometria.

Método: Um estudo experimental, randomizado, cego simples. Foram avaliados 18 indivíduos, distribuídos em: grupo de corrente TENS modificada (CTM: n = 6), grupo corrente russa (CR: n = 6) e grupo controle (TC: n = 6, submetido a corrente TENS convencional, considerada nesta investigação como placebo).

Resultados: Após 8 semanas, CTM aumentou a força máxima ($p < 0,035$) e reduziu a espessura de pregas subcutâneas da coxa direita ($p < 0,03$).

Conclusões: A técnica de eletroestimulação com corrente TENS modificada é eficaz para treinamento muscular.

© 2015 Consejería de Turismo y Deporte de la Junta de Andalucía. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este é um artigo Open Access sob a licença de CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

INTRODUCCIÓN

La electroestimulación es un método utilizado en el área de rehabilitación clínica y entrenamiento de deportistas de alto rendimiento, siendo la corriente rusa e interferencial de aplicación común¹, ya sea con fines de conservación y/o recuperación de la masa muscular. Durante períodos prolongados de inactividad o inmovilización², se usa para mejorar la función muscular siendo aplicable en diferentes poblaciones (i.e., adulto mayor³, jóvenes⁴, atletas recreativos y competitivos⁵). Se emplea también como medida de fortalecimiento preoperatoria⁶.

El TENS Modificado se ha aplicado en los músculos cuádriceps de jugadores de voleibol y tenis, obteniendo resultados significativos en el aumento de fuerza muscular^{7,8}. Los estudios electromiográficos muestran que la actividad eléctrica en la contracción isométrica mantiene una relación lineal con la fuerza que se está ejerciendo y a una velocidad constante de acortamiento o estiramiento, esta es directamente proporcional a la fuerza, por lo tanto, para una fuerza constante, la actividad eléctrica aumenta linealmente con la velocidad de acortamiento, pero disminuye cuando el músculo se encuentra elongado^{9,10}.

Según MacDougall¹¹ la correlación no es alta como se preveía, existiendo una correlación débil y no significativa entre la fuerza y la superficie el área de sección de las fibras después del entrenamiento o del desentrenamiento. Esto sugiere que la fuerza máxima voluntaria no depende, más que en parte, de la cantidad de material contráctil. Los factores nerviosos son igual de importantes que el fenómeno de hipertrofia¹². Por otra parte la hipertrofia consecutiva de un trabajo con cargas pesadas afecta a los dos tipos de fibras musculares, pero es más marcada para las fibras de tipo II^{13,14}. El propósito del presente estudio es comparar el efecto de los tipos más usuales de corriente eléctrica para ganancia de fuerza muscular.

MÉTODOS

Sujetos

En el estudio participaron 18 sujetos entre 17 y 22 años de edad, (18.63 ± 1.32 años) pertenecientes al 1er año de la carrera de Educación Física, seleccionados a partir de un muestreo aleatorio simple. El estudio fue desarrollado de acuerdo a la Declaración de Helsinki y aprobado por el comité de ética del Departamento de Ciencias de la Actividad Física de la Universidad de Los Lagos, Osorno, Chile. Las características antropométricas de la muestra se presentan en la [tabla 1](#).

Diseño experimental

Se ha realizado un estudio experimental, aleatorio y prospectivo, evaluando antes y después de la intervención con técnicas de electroestimulación.

Medidas antropométricas

- Peso y talla: se obtuvieron a través de una pesa digital (Tanita UM 2204, graduada en gramos, con precisión de 5 g) y un estadiómetro.
- Perímetro del muslo medial bilateral: se obtuvo a través de una cinta métrica metálica graduada en mm (Lufkin®). La medida se toma en el nivel medio entre el trocánter mayor y el platillo tibial lateral, con los sujetos en posición bípeda según norma ISAK.
- Pliegue del muslo frontal bilateral: se obtuvo a través de un calibre para medición de pliegues cutáneos, graduado en mm (caliper modelo Gaucho Pro, marca Rosscraft, Argentina), siguiendo un protocolo previamente descrito¹⁵. Para la obtención de esta medida el sujeto se encuentra en posición bípeda con la rodilla flexionada a 90° y el pie en reposo sobre un cajón. El pliegue se ubica en la distancia media entre el pliegue inguinal y el borde superior de la rótula. Para facilitar la medición del pliegue se le puede pedir al sujeto que ayude levantando el muslo desde la parte posterior con sus manos para liberar la tensión de la piel.
- Fuerza máxima del cuádriceps femoral: antes de realizar la evaluación, los sujetos fueron sometidos a un calentamiento previo, que consistió en 10 minutos sobre un cicloergómetro, en modalidad manual, con exigencia de 50 rpm. Posteriormente se realizaron 2 repeticiones de elongaciones de 15 segundos para grupos musculares de extremidades inferiores.

El objetivo de este calentamiento previo fue preparar la musculatura que se requiere en la prueba, para mejorar las condiciones musculares y evitar una posible lesión.

Tabla 1

Medias y desviaciones estándar de todos los parámetros antropométricos

Datos Antropométricos	CTM	CR	TC
EDAD (años)	18.6 ± 0.8	19.1 ± 2.0	18.2 ± 1.2
ALTURA (cm)	165.2 ± 6.7	166.0 ± 9.1	163.9 ± 6.4
PESO (kg)	64.4 ± 8.6	69.8 ± 10.4	68.3 ± 9.8
IMC (kg/m ²)	23.8 ± 2.2	24.5 ± 2.0	25.3 ± 3.0

IMC: Índice de Masa Corporal.

CTM: Grupo Corriente TENS Modificada.

CR: Grupo Corriente Rusa.

TC: Grupo Control.

Tabla 2
Parámetros para la electroestimulación

	Ancho de pulso	Frecuencia	Ciclo de Trabajo	Intensidad
CTM	400 μ s	100 Hz	ON: 3 s OFF: 17 s	0-100 mA*
CR	-	2500 Hz	ON: 10 s OFF: 50 s	0-100 mA*
TC	150 μ s	100 Hz	-	Percepción de parestesias

CTM: Corriente TENS Modificada, **CR:** Corriente Rusa, **TC:** Corriente TENS Convencional.

* Según máxima contracción isométrica tolerada

Los valores de fuerza máxima se obtuvieron a través de la prueba de 1RM, la cual se define como el peso máximo que puede levantarse en una repetición de movimiento. El sujeto debe posicionarse con un correcto alineamiento corporal y apoyo de tronco en la silla de cuádriceps. Para la realización de la prueba se le solicita al sujeto cruzar los brazos, con el fin de evitar compensaciones a nivel de tronco y pelvis.

El valor de la fuerza de 1RM se obtiene mediante el sistema de ensayo – error. Después de cada intento con éxito hay que aumentar el peso entre 2.268 – 4.536 kg. El individuo debe descansar entre 2 a 3 minutos entre cada intento¹⁶.

Intervención

La intervención fue realizada con una frecuencia de tres veces por semana, con una duración de ocho semanas y el tiempo de electroestimulación fue de 15 minutos para los tres tipos de corrientes, los parámetros utilizados en la electroestimulación para cada grupo se mantuvieron constantes durante las 8 semanas, a excepción de la intensidad que varía según la percepción del paciente. (Electroterapia marca ENRAF-NONIUS©; Sonopuls 591, Miomed 932, Sonopuls 992, Sonopuls 590 y Endomed 582).

Los 18 sujetos fueron distribuidos al azar en 3 grupos: grupo de entrenamiento con electroestimulación muscular mediante Corriente TENS Modificado (CTM, n=6), grupo de entrenamiento con electroestimulación muscular mediante Corriente Rusa (CR, n=6) y grupo Control (TC, n=6), sometido a electroestimulación muscular mediante corriente TENS convencional, considerada en la presente investigación como placebo. Los parámetros para la electroestimulación se muestran en la [tabla 2](#).

Análisis Estadístico

El análisis estadístico se realizó mediante el programa computacional SPSS (versión 17.0, SPSS Inc., Chicago, USA). Se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk y de Levene para determinar la normalidad y homocedasticidad de la muestra, respectivamente. Ya que la muestra no presentó homocedasticidad, para comparar los resultados entre los grupos se utilizó la prueba de Dunnett T3 y Games – Howell. El nivel α de significación estadística se estableció en $p \leq 0.05$.

RESULTADOS

Después de 8 semanas de fortalecimiento muscular por medio de electroestimulación, se aprecia un aumento significativo de la fuerza máxima (31%) de la pierna derecha en el grupo sometido a corriente TENS modulada en relación al pre y post intervención ($p < 0.05$). Los resultados son presentados en la [tabla 3](#).

Se observó una disminución significativa en el grosor del pliegue cutáneo del muslo derecho en el grupo CTM (-21%, $p < 0.05$). Los resultados son presentados en la [tabla 3](#).

Tabla 3
Valores promedios de las evaluaciones iniciales y finales en los tres grupos de las variables estudiadas

	Grupos	Promedio Inicial	Promedio Final
Perímetro de Muslo Derecho (cm)	CTM	51.63	53.50
	CR	49.91	52.06
	TC	51.38	52.53
Perímetro de Muslo Izquierdo (cm)	CTM	51.71	53.33
	CR	49.81	51.92
	TC	50.50	51.58
Grosor Pliegue Subcutáneo de Muslo Derecho (mm)	CTM*	19.00	15.00
	CR	20.16	17.66
	TC	19.33	18.50
Grosor Pliegue Subcutáneo de Muslo Izquierdo (mm)	CTM	19.33	15.16
	CR	20.00	17.33
	TC	20.33	19.00
1RM Pierna Derecha (kg)	CTM*	20.50	26.83
	CR	17.10	22.16
	TC	18.50	19.66
1RM Pierna Izquierda (kg)	CTM	19.66	26.33
	CR	16.83	21.66
	TC	18.50	19.00

* $p \leq 0.05$

CTM: Grupo Corriente TENS Modificada.

CR: Grupo Corriente Rusa.

TC: Grupo Control.

DISCUSIÓN

Ocho semanas con electroestimulación muscular fueron suficientes para el incremento sustancial de la fuerza máxima de los extensores de rodilla de la pierna derecha del grupo CTM. Estos resultados son similares a los obtenidos por otros autores¹⁷.

La electroestimulación muscular se usa como método de entrenamiento^{18,19}, pero no está claro qué técnica de tratamiento pueda ser, por sí sola, de mayor efectividad, como método alternativo de tratamiento²⁰. Esto viene marcado por la disparidad de resultados que reflejan los diversos estudios que se han realizado en esta área^{20,21}.

Los resultados también muestran un cambio significativo en el grosor del pliegue cutáneo del muslo derecho (-21%, $p < 0.05$), mismo segmento que mostró un incremento significativo de su 1RM. Otros autores también han demostrado una reducción en el grosor del pliegue cutáneo adyacente al músculo entrenado²², sin embargo, esta reducción se explicaría por una compresión del tejido adiposo subcutáneo, que secundaría a un incremento de la masa muscular del segmento entrenado²². La electroestimulación muscular, aplicada en forma aislada²⁰⁻²² o en combinación con ejercicios voluntarios^{23,24} ha mostrado ser efectiva para incrementar la fuerza en sujetos saludables, y en aquellos que se recuperan de una cirugía reconstructiva²⁵⁻²⁸.

El aumento de la fuerza muscular que se refleja en las diferentes técnicas de tratamiento de electroestimulación muscular, indica la potencialidad del sistema que es capaz de mejorar la fuerza dinámica concéntrica en movimientos analíticos simples, ya que en los grupos tratados se han conseguido mejoras significativas de aumento de fuerza muscular^{29,30}. Una frecuencia de 50 Hz produciría tetanización de la fibra tipo IIa, mientras que si no se superan los 66 Hz, no se produciría tetanización de la fibra tipo IIb³¹. Diversos autores^{32,33}, utilizando frecuencias de estimulación superiores a 66 Hz, apoyan estos resultados, observando un incremento de fuerza, similar al encontrado en el grupo CTM. Es posible que parte del incremento de fuerza observado en la presente investigación, se explique por un incremento en la masa muscular de los extensores de rodilla, incremento no detectado por la técnica de evaluación utilizada. La compresión del tejido adiposo subcutáneo podría tener relevancia para deportes donde la estética juegue un rol importante en el rendimiento, como el fisicoculturismo u otros similares.

Futuras líneas de investigación podrían determinar los efectos de diferentes métodos de electroestimulación en sujetos no entrenados y con diversas patologías crónicas en las variables de parámetros metabólicos y composición corporal, utilizando una muestra más amplia a la de nuestra investigación.

En conclusión, en el grupo estudiado se observa que la técnica de electroestimulación con corriente TENS modificada fue efectiva para el entrenamiento muscular, por lo que podría ser una técnica adecuada para la ganancia o el aumento de fuerza muscular en población físicamente activa, aunque se debería estudiar con una muestra más elevada.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

- Maffiuletti NA, Cometti G, Amiridis IG, Martin A, Pousson M, Chatard JC. The effects of electromyostimulation training and basketball practice on muscle strength and jumping ability. *Int J Sports Med.* 2000;21:437-43.
- Stevens-Lapsley JE, Balter JE, Wolfe P, Eckhoff DG, Kohrt WM. Early neuromuscular electrical stimulation to improve quadriceps muscle strength after total knee arthroplasty: a randomized controlled trial. *Phys Ther.* 2012;92:210-26.
- Caggiano E, Emrey T, Shirley S, Craik RL. Effects of electrical stimulation or voluntary contraction for strengthening the quadriceps femoris muscles in an aged male population. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1994;20:22-8.
- Currier DP, Mann R. Muscular strength development by electrical stimulation in healthy individuals. *Phys Ther.* 1983;63:915-21.
- Deley G, Cometti C, Fatnassi A, Paizis C, Babault N. Effects of combined electromyostimulation and gymnastics training in prepubertal girls. *J Strength Cond Res.* 2011;25:520-6.
- Walls RJ, McHugh G, O'Gorman DJ, Moyna NM, O'Byrne JM. Effects of preoperative neuromuscular electrical stimulation on quadriceps strength and functional recovery in total knee arthroplasty. A pilot study. *BMC Musculoskelet Disord.* 2010;11:119.
- Maffiuletti NA, Bramanti J, Jubeau M, Bizzini M, Deley G, Cometti G. Feasibility and efficacy of progressive electrostimulation strength training for competitive tennis players. *J Strength Cond Res.* 2009;23:677-82.
- Malatesta D, Cattaneo F, Dugnani S, Maffiuletti NA. Effects of electromyostimulation training and volleyball practice on jumping ability. *J Strength Cond Res.* 2003;17:573-9.
- Cometti G. *Los métodos modernos de musculación Barcelona: Paidotribo;* 1998. p. 293.
- Altenburg TM, de Ruiter CJ, Verdijk PW, van Mechelen W, de Haan A. Vastus lateralis surface and single motor unit electromyography during shortening, lengthening and isometric contractions corrected for mode-dependent differences in force-generating capacity. *Acta Physiol (Oxf).* 2009;196:315-28.
- MacDougall JD, Wenger HA, Green HJ. Canadian Association of Sport Sciences. Physiological testing of the high-performance athlete: published for the Canadian association of Sport Sciences, 2a ed Champaign. Ill: Human Kinetics Books; 1991. p. 432.
- Sale D, MacDougall D. Specificity in strength training: a review for the coach and athlete. *Can J Appl Sport Sci.* 1981;6:87-92.
- Thorstensson. Muscle strength, fibre types and enzyme activities in man. *Acta Physiol Scand Suppl.* 1976;443:1-45.
- Karavirta L, Hakkinen A, Sillanpaa E, Garcia-Lopez D, Kauhanen A, Haapasaari A, et al. Effects of combined endurance and strength training on muscle strength, power and hypertrophy in 40-67-year-old men. *Scand J Med Sci Sports.* 2011;21:402-11.
- Norton K, Olds T. *Anthropometrica: a textbook of body measurement for sports and health education.* Indian ed New Delhi: CBS; 2006. p. 420.
- Heyward VH. *Evaluación de la aptitud física y prescripción del ejercicio/Vivian H. Heyward.* 5ª ed. Madrid: Médica Panamericana; 2008. p. 425.
- Maffiuletti NA, Dugnani S, Folz M, Di Pierno E, Mauro F. Effect of combined electrostimulation and plyometric training on vertical jump height. *Med Sci Sports Exerc.* 2002;34:1638-44.
- Billot M, Martin A, Paizis C, Cometti C, Babault N. Effects of an electrostimulation training program on strength, jumping, and kicking capacities in soccer players. *J Strength Cond Res.* 2010;24:1407-13.
- Brocherie F, Babault N, Cometti G, Maffiuletti N, Chatard JC. Electrostimulation training effects on the physical performance of ice hockey players. *Med Sci Sports Exerc.* 2005;37:455-60.
- Hainaut K, Duchateau J. Neuromuscular electrical stimulation and voluntary exercise. *Sports Med.* 1992;14:1007-13.
- Bampouras TM, Reeves ND, Baltzopoulos V, Jones DA, Maganaris CN. Is maximum stimulation intensity required in the assessment of muscle activation capacity? *J Electromyogr Kinesiol.* 2012;22:873-7.
- Kostek MA, Pescatello LS, Seip RL, Angelopoulos TJ, Clarkson PM, Gordon PM, et al. Subcutaneous fat alterations resulting from an upper-body resistance training program. *Med Sci Sports Exerc.* 2007;39:1177-85.
- Laughman RK, Youdas JW, Garrett TR, Chao EY. Strength changes in the normal quadriceps femoris muscle as a result of electrical stimulation. *Phys Ther.* 1983;63:494-9.
- Wolf SL, Ariel GB, Saar D, Penny MA, Railey P. The effect of muscle stimulation during resistive training on performance parameters. *Am J Sports Med.* 1986;14:18-23.
- Snyder-Mackler L, Delitto A, Bailey SL, Stralka SW. Strength of the quadriceps femoris muscle and functional recovery after reconstruction of the anterior cruciate ligament. A prospective, randomized clinical trial of electrical stimulation. *J Bone Joint Surg Am.* 1995;77:1166-73.
- Snyder-Mackler L, Ladin Z, Schepsis AA, Young JC. Electrical stimulation of the thigh muscles after reconstruction of the anterior cruciate ligament. Effects of electrically elicited contraction of the quadriceps femoris and hamstring muscles on gait and on strength of the thigh muscles. *J Bone Joint Surg Am.* 1991;73:1025-36.
- Wigerstad-Lossing I, Grimby G, Jonsson T, Morelli B, Peterson L, Renstrom P. Effects of electrical muscle stimulation combined with voluntary contractions after knee ligament surgery. *Med Sci Sports Exerc.* 1988;20:93-8.
- Wright RW, Preston E, Fleming BC, Amendola A, Andrich JT, Bergfeld JA, et al. ACL Reconstruction Rehabilitation: A Systematic Review Part II. *J Knee Surg.* 2008;21:225-34.
- Portmann M, Montpetit R. Effets de l'entraînement par électrostimulation isométrique et dynamique sur la force de contraction musculaire. *Sci Sports.* 1991;6:193-203.
- Colson S, Martin A, Van Hoeck J. Re-examination of training effects by electrostimulation in the human elbow musculoskeletal system. *Int J Sports Med.* 2000;21:281-8.
- Sinacore DR, Delitto A, King DS, Rose SJ. Type II fiber activation with electrical stimulation: a preliminary report. *Phys Ther.* 1990;70:416-22.
- Martin L, Cometti G, Pousson M, Morlon B. Effect of electrical stimulation training on the contractile characteristics of the triceps surae muscle. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1993;67:457-61.
- Snyder-Mackler L, Delitto A, Stralka SW, Bailey SL. Use of electrical stimulation to enhance recovery of quadriceps femoris muscle force production in patients following anterior cruciate ligament reconstruction. *Phys Ther.* 1994;74:901-7.