PubliCE, (PubliCE) 2005

Monograph

Efectos del Entrenamiento con Estimulación Eléctrica Neuromuscular sobre la Fuerza y la Resistencia Abdominal y sobre Mediciones Antropométricas Seleccionadas

John P Porcari[1], Carl Foster[1], Jennifer Miller[1], Kelly Cornwell[1], Mark Gibson[1], Karen McLean[2] y Tom Kernozek[2]

[1]*Department of Physical Therapy, University of Wisconsin-La Crosse, Estados Unidos.*

RESUMEN

Hemos estudiado los efectos de la estimulación eléctrica neuromuscular (NMES) autoadministrada sobre los cambios en la fuerza, la resistencia y mediciones antropométricas seleccionadas, y sobre la percepción acerca de la forma y la satisfacción de los sujetos por la pared abdominal. Veinticuatro adultos (grupo experimental) estimularon sus abdominales 5 días por semana (20-40 minutos por sesión) durante 8 semanas y evitaron realizar cualquier tipo adicional de ejercicio durante el estudio. El grupo control (n=16) evitó ejercitar sus abdominales o realizar cualquier tipo de entrenamiento durante el estudio. Los sujetos fueron evaluados al comienzo, a la mitad y al final del estudio. La fuerza isométrica de los abdominales fue evaluada utilizando un dinamómetro isocinético, la resistencia fue evaluada utilizando el test del ACSM para abdominales (curl-up), el perímetro abdominal fue medida utilizando una cinta métrica de acero, y la forma corporal y la satisfacción se valoraron por medio de cuestionarios. El grupo que realizó la estimulación tuvo un incremento del 58% en la fuerza abdominal, mientras que no se observaron cambios en el grupo control. El grupo que realizó la estimulación también tuvo un 100% de incremento en la resistencia abdominal versus un 28% de incremento en el grupo control. El perímetro de la cintura se redujo en 3.5 cm en el grupo que realizó la estimulación en comparación con un cambio no significativo en el grupo control. Los 24 sujetos del grupo que realizó la estimulación sintieron que su zona media estaba más “tonificada” y “firme” y 13/24 (54%) sintieron que su postura había mejorado como resultado de la estimulación. Ninguno de los sujetos del grupo control reportó cambios en estos parámetros. No se observaron diferencias significativas en el peso corporal, BMI, o en los pliegues cutáneos a lo largo del curso del estudio en ninguno de los grupos. La NMES, como se utilizó en el presente estudio, resultó en mejoras significativas en la fuerza y resistencia muscular de la región abdominal, así como también en una mejora de la forma percibida y de la satisfacción de la zona media por parte de los sujetos.

Palabras Clave: aptitud física, entrenamiento, isométrico

INTRODUCCION

La estimulación eléctrica neuromuscular (NMES) ha sido utilizada durante muchos años por los terapeutas físicos para retardar la atrofia en músculos desenervados y para mantener o mejorar la fuerza muscular en músculos inmovilizados luego de una cirugía. En la década del 60' Kots utilizó la NMES en atletas de elite de la ex Unión Soviética (Kotz, 1977) y halló mejoras en la fuerza del 30-40%, utilizando lo que pasaría a ser conocido como "estimulación rusa". Este investigador incluso sugirió que la NMES podría ser más efectiva que el ejercicio por si solo para el desarrollo de la fuerza.

En años recientes, las compañías fabricantes de equipos para el fitness han tratado de comercializar los beneficios del NMES como otro instrumento en la larga lista de esquemas "póngase en forma rápido". El potencial de obtener "abdominales duros como una roca" o "glúteos de acero" sin ejercitar realmente es un señuelo atractivo para aquellas personas que no tienen tiempo o motivación para involucrarse en la realización de programas tradicionales de ejercicio. Un área ha obtenido considerable atención, la sección media. Alon y colaboradores llevaron a cabo una serie de estudios que investigaron los efectos de la NMES sobre la fuerza y la resistencia de la región abdominal (Alon et al, 1987; 1992, Alon y Taylor, 1997). Estos investigadores hallaron que la NMES en la musculatura abdominal era bien tolerada y resultaba en mejoras en la fuerza que iban desde el 14 al 22%. Alon et al. (1992) también hallaron que, para inducir cambios, 5 días de estimulación eran mejores que 3 días (Alon et al, 1992). De manera similar, cuando la NMES fue aplicada para inducir la contracción de los músculos extensores de la rodilla o de los flexores plantares, se han hallado ganancias de fuerza en el rango de 17-31% (Balogun et al., 1993; Currier y Mann, 1983; Maffiuletti et al., 2002; Romero et al., 1982; Selkowitz, 1985). Un hallazgo común entre estos estudios fue que la estimulación era razonablemente confortable, permitiéndoles a los sujetos alcanzar contracciones musculares mayores al 60% de su contracción voluntaria máxima (MVC).

Tratando de capitalizar la vanidad de los consumidores, numerosas compañías han incorporado la tecnología de la NMES a sus sistemas de cinturones y almohadillas de estimulación abdominal. Un estudio bien controlado llevado a cabo en nuestro laboratorio (Porcari et al., 2002) no halló mejoras en la fuerza muscular, composición corporal o en la apariencia física utilizando uno de estos estimuladores disponibles a nivel comercial. La falta de resultados positivos fue atribuida a la pobre calidad de los estimuladores y al disconfort provocado por la estimulación, lo cual evitó que los sujetos alcanzaran contracciones lo suficientemente intensas como para provocar mejoras en la fuerza.

Los resultados de este estudio llevaron a que la Comisión Federal de Marcas (FTC) quitara varios cinturones de NMES del mercado (Green, 2002).

Un cinturón de estimulación abdominal relativamente nuevo en el mercado, el Slendertone FLEX™ (Compex Technologies, Minneapolis, MN) ha sido autorizado por la Administración Federal de Drogas (FDA), como un dispositivo para fortalecer, tonificar y afirmar los músculos abdominales. Dos estudios llevados a cabo por los fabricantes hallaron que la utilización de este sistema mejoraba la fuerza isométrica y la resistencia dinámica, así como también varias mediciones de resultados autopercibidos (Caulfield et al., 2002; Cullinane et al., 2002). Sin embargo, dados los sesgos inherentes característicos de los estudios donde los sujetos entrenan en su casa, sería deseable que se presentara evidencia independiente que respalde la precisión de las afirmaciones del fabricante. De acuerdo con esto, el propósito de este estudio fue investigar de manera independiente los efectos de 8 semanas de NMES sobre parámetros similares.

METODOS

Sujetos

Cuarenta y un sujetos voluntarios fueron reclutados de la comunidad de La Crosse para participar en el estudio. Los criterios de inclusión requirieron que los sujeto tuvieran entre 25-50 años de edad, y que tuvieran un Índice de Masa Corporal (BMI) de entre 18-30 , y que no hubieran estado involucrados en ningún tipo de programa formal de entrenamiento abdominal en los 6 meses previos al estudio. Además, aquellos sujetos con marcapasos cardíaco, con cualquier tipo de implante abdominal, o las mujeres que en ese momento estuvieran embarazadas o hubieran estado embarazada en los 3 meses previos no fueron elegibles para participar en el estudio. Los 41 individuos fueron aleatoriamente asignados a dos grupos: un grupo control y un grupo experimental denominado grupo estimulación. A ambos grupos se les instruyó para que no alteraran sus dietas o se involucraran en programas de ejercicios durante el curso de las 8 semanas del estudio. Todos los sujetos dieron su consentimiento escrito. El protocolo de investigación fue previamente aprobado por el Comité de Revisión Institucional para la Protección de Sujetos Humanos. Con el propósito de asegurar su cumplimiento con el protocolo del estudio, a los sujetos del grupo estimulación se les pagó $100 por

participar. Además pudieron quedarse con el cinturón de estimulación que utilizaron para el entrenamiento. Los sujetos del grupo control recibieron gratuitamente un cinturón de estimulación al finalizar el estudio.

Evaluación

Ambos grupos realizaron una batería idéntica de test al comienzo, a la mitad (4 semanas) y al finalizar (8 semanas) el estudio. Las evaluaciones consistieron de una serie de cuestionarios, mediciones de pliegues cutáneos, mediciones de perímetros, valoración de la fuerza abdominal, y valoración de la resistencia abdominal. También se midieron la talla y el peso utilizando instrumentos estándar de laboratorio.

Cuestionarios

Se les pidió a los sujetos que completaran tres cuestionarios: la Escala de Evaluación de la Forma (Caulfield et al., 2002; Cullinane et al., 2002), la Escala de Satisfacción Corporal (Caulfield et al., 2002; Cullinane et al., 2002) y la Escala de Autoestima de Rosenberg (Rosenberg, 1989). La Escala de Evaluación de la Forma valora la percepción de la forma abdominal utilizando un conjunto de diez ítems divididos en dos partes que describen varios aspectos concernientes con la forma y la apariencia de la región abdominal. Los ítems están clasificados con una escala semántica diferencial de cinco puntos. La Escala de Evaluación del Cuerpo consiste de 12 ítems que valoran los sentimientos acerca de la forma corporal en una escala tipo Likert de cinco puntos que van desde “totalmente de acuerdo” hasta “totalmente en desacuerdo”. La Escala de Autoestima de Rosenberg consiste de 10 ítems en una escala tipo Likert de cuatro puntos que se refieren a aspectos de la autoestima, incluyendo el orgullo por si mismo, la competencia general, y la igualdad con los otros.

Mediciones de los Perímetros y de los Pliegues Cutáneos

Todas las mediciones de los pliegues cutáneos y las circunferencias fueron realizadas por el mismo asistente de investigación a lo largo del estudio. Las mediciones de los pliegues cutáneos fueron realizadas en dos sitios utilizando calibres Lange (Cambridge Scientific Industries, Inc., Cambridge, MD); los pliegues medidos fueron el abdominal y el suprailíaco. Para la medición del pliegue en el sitio abdominal, se tomo el pliegue en forma vertical a una pulgada de la parte derecha del ombligo. Para la medición del pliegue en el sitio suprailíaco, se tomo el pliegue en forma diagonal justo por encima y ligeramente hacia delante de la cresta ilíaca. Se realizaron tres mediciones en cada sitio y se promediaron las dos mediciones más próximas para su posterior utilización en los análisis.

Los perímetros abdominal y de la cintura fueron realizadas utilizando una cinta métrica de acero. Para el abdomen, se midió el menor perímetro horizontal en el área ubicada entre las costillas y la cresta ilíaca: nivel de la cintura natural. El perímetro de la cintura fue medido horizontalmente al nivel del ombligo. Se realizaron dos mediciones en cada sitio y se promediaron ambas mediciones para su posterior utilización en los análisis.

Medición Antropométrica Anteroposterior

Se midió el diámetro del torso al nivel de la mayor saliente del abdomen, utilizando un par de calibres grandes y deslizantes. La medición fue realizada desde el costado, con las hojas del antropómetro en contacto con la columna vertebral en la espalda y tocando apenas el abdomen en el frente. Se realizaron dos mediciones en cada sitio y se promediaron ambas mediciones para su posterior utilización en los análisis.

Resistencia Abdominal

La resistencia abdominal fue evaluada utilizando el test abdominal del Colegio Americano de Medicina del Deporte (ACSM) (Figura 1). El test fue llevado a cabo utilizando una cinta de audio pre-grabada. Los sujetos se colocaron en posición supina sobre una colchoneta, con las rodillas flexionadas a 90 grados (verificado con un goniómetro), con ambos brazos extendidos a los costados y con lo dedos tocando un trozo de cinta. Un segundo trozo de cinta fue colocado 12 centímetros más allá del primero. Al comienzo de la cinta de audio (cadencia de 40 abdominales por minuto), los sujetos levantaban sus omóplatos de la colchoneta y deslizaban sus dedos hasta que tocaban con la punta de los dedos el segundo trozo de cinta. Los sujetos realizaban, sin parar, tantas abdominales como les fuera posible. El test terminaba cuando los sujetos no podían sostener la cadencia o cuando no alcanzaban el trozo de cinta. La cinta de audio pre-grabada incluía 6 repeticiones de entrada en calor antes de que comenzara el test.



Figura 1. *Posición inicial del test de resistencia muscular.*



Figura 2. *Posición final del test de resistencia muscular.*

Fuerza Abdominal

La fuerza abdominal fue valorada utilizando un dinamómetro isocinético (Cybex 6000, Estados Unidos, Figura 3). Los sujetos debían colocarse decúbito supino sobre un banco móvil con las rodillas flexionadas. El brazo de palanca del dinamómetro isocinético fue colocado a 180 grados (horizontal con el piso) y la almohadilla fue colocada justo por debajo de la línea del pezón sobre el tercio inferior del esternón. La altura del banco fue ajustada para cada sujeto, de manera que la extensión se mantuviera a 180 grados. Se permitió que cada sujeto realizara varias pruebas de práctica para asegurar que la posición del brazo de palanca estuviera en una posición cómoda sobre el pecho. Luego de esto, los sujetos realizaron cinco contracciones isométricas, con aproximadamente 30 segundos de pausa entre cada repetición. Para los análisis se utilizó el torque promedio de las dos repeticiones que mayor valor alcanzaran.

Entrenamiento

Los sujetos del grupo estimulación realizaron 5 sesiones de estimulación por semana durante 8 semanas. El sistema de estimulación abdominal consistió de un cinturón de neopreno ajustable con electrodos separables y con gel que estaban conectados al estimulador sin cables visibles desde el exterior. Los electrodos fueron reemplazados al final de la tercera y de sexta semana del estudio. Cada sujeto fue provisto con su propio cinturón y tuvo que asistir a dos sesiones supervisadas por semana en las primeras dos semanas del estudio, y a una sesión supervisada por semana por el resto del estudio. Todas las otras sesiones fueron llevadas a cabo por cuenta de los sujetos. Durante cada sesión de estimulación, los sujetos fueron estimulados para que incrementaran la amplitud del estimulador hasta el mayor nivel tolerable con el propósito de alcanzar las contracciones más fuertes posibles. Los sujetos fueron instruidos para que no realizaran contracciones voluntarias junto con el estimulador y se les permitió que realizaran las sesiones de estimulación en la posición que prefirieran. Luego de cada sesión, los sujetos registraron el nivel promedio de intensidad utilizada, así como también el

pico de intensidad alcanzado durante la sesión.

Durante la semana 1, los sujetos completaron dos sesiones utilizando el programa 1 (20 minutos por sesión), y tres sesiones utilizando el programa 2 (25 minutos por sesión). Durante las semanas 2-4, los sujetos utilizaron el programa 3 (30 minutos por sesión) para todas las sesiones de estimulación. Durante las semanas 5-8 los sujetos utilizaron el programa 4 (40 minutos por sesión) para todas las sesiones de estimulación (Tabla 1).

Análisis Estadísticos

Las diferencias entre los grupos, sexo y tiempo (pre-test, semana 4 y semana 8) fueron valoradas utilizando el análisis de varianza ANOVA de tres vías para medidas repetidas para cada variable. Las diferencias intra-grupales fueron valoradas utilizando el análisis de varianza ANOVA de dos vías (sexo x tiempo) para medidas repetidas. Si se hallaba alguna F significativa, se utilizaba el test post hoc de Tukey para realizar las comparaciones de datos apareados. Las diferencias en el cambio en los valores entre los grupos estimulación y control en cada punto del tiempo (pre-test, semana 4 y semana 8) fueron valoradas utilizando la prueba t para medidas independientes con el ajuste Bonferoni del nivel alfa (0.05).



Figura 3. *Posición inicial del test de fuerza isométrica muscular.*



Figura 2. *Posición final del test de fuerza isométrica muscular.*

RESULTADOS

Los 41 sujetos completaron exitosamente el estudio. Los datos de un varón del grupo estimulación no fueron utilizados en los análisis debido a la no confiabilidad de los resultados de su evaluación.

	Tiempo	Frecuencia	Duración del Pulso	Inicio del Tiempo	Tasa de Crecimiento	Tasa de Decrecimiento	Finalización del Tiempo	Retraso de interfase
	min	Hz	µseg	seg	seg	seg	seg	µseg
Programa 1								
Entrada en calor	1	70	200	2.0	2.0	2.0	2.0	140
Tratamiento	18	70	200	2.5	2.0	2.0	2.5	140
Vuelta a la calma	1	70	200	2.0	2.0	2.0	2.0	140
Programa 2								
Entrada en calor	1	60	200	2.0	2.0	2.0	2.0	140
Tratamiento	23	60	200	3.5	2.0	2.0	3.5	140
Vuelta a la calma	1	60	200	2.0	2.0	2.0	2.0	140
Programa 3								
Entrada en calor	1	50	200	2.0	2.0	2.0	2.0	140
Tratamiento	28	50	200	4.5	2.0	2.0	4.5	140
Vuelta a la calma	1	50	200	2.0	2.0	2.0	2.0	140
Programa 4								
Entrada en calor	1	50	200	2.0	2.0	2.0	2.0	140
Tratamiento	38	50	200	5.5	2.0	2.0	5.5	140
Vuelta a la calma	1	50	200	2.0	2.0	2.0	2.0	140

Tabla 1. *Parámetros del estimulador Slendertone FLEX™.*

Grupos	Sexo	Edad (años)	Talla (m)	Peso (kg)	BMI
Estimulación	Hombres (n=12)	44 (4) *	1.78 (.05)	88.1 (7.0)	28.1 (2.1)
	Mujeres (n=12)	45 (4) *	164 (.05)	69.3 (7.0)	26.0 (2.7)
Control	Hombres (n=8)	39 (8)	177 (.06)	83.0 (8.6)	26.5 (2.6)
	Mujeres (n=8)	40 (6)	163 (.05)	67.1 (6.5)	25.3 (2.9)

Tabla 2. *Características descriptivas de los sujetos al comienzo del estudio. Los datos son presentados como medias±DE. * Significativamente diferente con respecto al grupo control (p<0.05).*

Las características descriptivas de los sujetos que fueron utilizados en los análisis se presentan en la Tabla 2. La única diferencia significativa entre los grupos al comienzo del estudio fue en la edad, siendo la del grupo control significativamente menor que la del grupo estimulación.

El grupo estimulación fue incitado para que utilizara la mayor intensidad del estimulador que fuera posible con el propósito de provocar las contracciones más vigorosas. La intensidad promedio para cada sesión fue registrada

diariamente en un cuaderno. En la Tabla 3 se presenta un resumen semanal de los datos. También se les pidió a los sujetos que clasificaran la fuerza de la contracción que estaban recibiendo del estimulador en una escala del 1 al 10 (0=sin contracción, 10=máxima contracción tolerable). En la mitad del estudio, los sujetos clasificaron la fuerza de contracción como 8.2±1.2. Al final del estudio, los sujetos clasificaron la fuerza de contracción como 8.5±1.5.

Semana		Hombres	Mujeres	Total
1	Promedio	61 (20)	64 (16)	62 (17)
	Pico	71 (20)	77 (15)	74 (17)
2	Promedio	80 (15)	84 (13)	82 (14)
	Pico	90 (15)	93 (10)	91 (13)
3	Promedio	87 (12)	88 (11)	87 (11)
	Pico	94 (12)	95 (6)	95 (10)
4	Promedio	90 (8)	90 (10)	90 (9)
	Pico	97 (6)	98 (4)	97 (5)
5	Promedio	93 (4)	92 (9)	93 (7)
	Pico	99 (1)	98 (3)	98 (2)
6	Promedio	94 (3)	93 (9)	93 (7)
	Pico	99 (0)	98 (3)	99 (2)
7	Promedio	95 (2)	93 (9)	94 (6)
	Pico	99 (0)	98 (3)	99 (2)
8	Promedio	95 (3)	93 (8)	94 (6)
	Pico	99 (0)	98 (3)	99 (2)

Tabla 3. *Valores pico y promedio de la intensidad del estimulador utilizado en este estudio. Los datos son presentados como medias (±DE).*

Los cambios en la fuerza y en la resistencia abdominal se presentan en la Tabla 4. En el transcurso del estudio el grupo estimulación tuvo un incremento del 58% en la fuerza isométrica abdominal. El grupo control no mostró cambios. Los resultados fueron similares en hombres y mujeres.

Tanto el grupo estimulación como el grupo control incrementaron la resistencia abdominal en el transcurso de las 8 semanas que duró el estudio. El grupo estimulación tuvo un incremento del 100% mientras que el grupo control tuvo un incremento del 28%, lo que resultó en un incremento neto del 72% para el grupo experimental. Nuevamente los resultados de hombres y mujeres fueron similares.

Los datos acerca de las mediciones de la composición corporal se presentan en la Tabla 5. No se hallaron diferencias significativas en el peso corporal, en el Indice de Masa Corporal, ni en los pliegues abdominal y suprailíaco entre los grupos en el transcurso del estudio. En forma global, el perímetro abdominal se redujo en 2.6cm y el perímetro de la cintura se redujo en 3.6cm en el grupo estimulación, con resultados similares para hombres y mujeres. No se observaron cambios en el grupo control en el transcurso del estudio. También se observó una reducción significativa en el diámetro anteroposterior (1.4cm) de la sección media en el grupo estimulación. No hubo cambios en el perímetro abdominal, el perímetro de la cintura o en el diámetro anteroposterior en el grupo control.

Los puntajes totales para los tres cuestionarios se presentan en la Tabla 6. Los resultados tanto para la Escala de Evaluación de la Forma, como para la Escala de Evaluación de la Satisfacción fueron idénticos. Los hombres y las mujeres tuvieron una mejora significativa en sus puntajes, tanto en la evaluación de la semana 4 como en la evaluación de la semana 8, y estos cambios fueron significativamente mayores que los del grupo control. Consistentes con estos resultados fueron las respuestas a las otras dos preguntas que se le presentaron a los sujetos en forma escrita al final del estudio. A los sujetos se les preguntó si sentían que sus músculos abdominales estaban más “firmes” y “tonificados” luego de haber utilizado el Slendertone FLEX™ durante las 8 semanas. Los 24 sujetos respondieron positivamente. Además se les preguntó si sentían que su postura había mejorado como resultado de la utilización del Slendertone FLEX™. Trece de los 24 sujetos (54%) respondieron que sentían que su postura había mejorado. No hubo mejoras significativas en los puntajes totales de la Escala de Autoestima (Tabla 6).

DISCUSION

Los resultados de este estudio muestran que la NMES incrementó significativamente la fuerza isométrica y la resistencia dinámica de la musculatura abdominal.

Variables	Grupos		Pre - test	semana 4	semana 8
Peso Corporal (kg)	Estimulación	Hombres	88.1 (7.0)	88.1 (7.4)	87.6 (7.8)
		Mujeres	69.3 (7.0)	69.5 (6.3)	67.0 (6.6)
		Total	78.7 (11.8)	78.8 (11.7)	78.3 (11.9)
	Control	Hombres	83.0 (8.6)	83.7 (8.6)	84.0 (8.9)
		Mujeres	67.1 (6.5)	67.1 (6.3)	66.6 (6.0)
		Total	75.0 (11.0)	75.4 (11.3)	75.3 (11.6)
Indice de Masa Corporal	Estimulación	Hombres	28.1 (2.1)	28.1 (2.3)	27.9 (2.4)
		Mujeres	25.6 (2.7)	26.0 (2.5)	25.9 (2.6)
		Total	27.0 (2.6)	27.0 (2.6)	26.9 (2.7)
	Control	Hombres	26.5 (2.6)	26.7 (2.5)	26.8 (2.6)
		Mujeres	25.3 (2.9)	25.3 (2.9)	25.1 (2.9)
		Total	25.9 (2.8)	26.0 (2.7)	26.0 (2.8)
Pliegue Abdominal (mm)	Estimulación	Hombres	29.0 (4.1)	28.9 (4.1)	30.0 (3.7)
		Mujeres	22.1 (5.0)	22.2 (5.5)	22.9 (5.1)
		Total	25.6 (5.7)	25.6 (5.8)	26.4 (5.7)
	Control	Hombres	28.6 (7.3)	29.3 (7.1)	28.9 (6.9)
		Mujeres	22.3 (6.2)	22.5 (5.3)	21.7 (5.7)
		Total	25.4 (7.3)	25.9 (7.0	25.3 (7.1)
	Estimulación	Hombres	15.4 (3.4)	14.4 (3.3)	15.0 (3.4)
		Mujeres	15.8 (5.0)	14.9 (5.0)	15.0 (5.4)
		Total	15.6 (4.2)	14.7 (4.2)	15.0 (4.4)

Pliegue Suprailiaco (mm)					
	Control	Hombres	14.9 (3.4)	14.0 (4.7)	15.0 (3.4)
		Mujeres	15.1 (4.8)	15.5 (4.4)	15.4 (3.7)
		Total	15.0 (4.3)	14.8 (4.4)	15.2 (4.0)
Perímetro Abdominal (mm)	Estimulación	Hombres	96.6 (4.6)	96.3 (5.3)	94.1 (6.0) * #
		Mujeres	82.4 (6.3)	82.3 (5.3)	79.6 (5.4) * #
		Total	89.5 (9.0)	89.3 (8.9)	86.9 (9.3) * #
	Control	Hombres	91.8 (6.7)	91.7 (7.4)	91.9 (6.9)
		Mujeres	81.6 (6.4)	81.5 (8.0)	81.0 (7.3)
		Total	86.7 (8.2)	86.6 (9.1)	86.4 (8.9)
Perímetro de la Cintura (cm)	Estimulación	Hombres	101.2 (4.2)	99.8 (5.0)	97.9 (5.5) * #
		Mujeres	92.2 (5.9)	90.1 (6.4) *	88.4 (7.7) * #
		Total	96.7 (6.8)	94.9 (7.5) * #	93.1 (8.1) * #
	Control	Hombres	94.8 (6.7)	94.9 (7.4)	94.8 (7.1)
		Mujeres	86.5 (7.8)	86.3 (8.2)	86.0 (7.0)
		Total	90.7 (8.2)	90.6 (8.8)	90.4 (8.2)
Antropometría Anteroposterior (cm)	Estimulación	Hombres	25.8 (1.4)	24.8 (1.7)	24.3 (2.1) *
		Mujeres	23.1 (2.1)	22.4 (2.2)	22.0 (2.6)
		Total	24.5 (2.2)	23.6 (2.3) *	22.0 (2.6)
	Control	Hombres	24.3 (2.9)	23.8 (3.0)	23.9 (2.6)
		Mujeres	23.0 (2.8)	21.3 (2.6)	21.3 (2.3)
		Total	23.0 (2.8)	22.6 (3.0)	22.6 (2.7)

Tabla 4. *Cambios en las mediciones de la composición corporal en el transcurso del estudio. Los datos son presentados como medias (±DE). * Significativamente diferente con respecto al valor pre-test (p<0.05). # El cambio en el grupo estimulación es significativamente diferente con respecto al cambio en el grupo control en el mismo punto del tiempo (p<0.05).*

La ganancia de fuerza de 58% es al menos dos veces mayor que la hallada por otros investigadores (Alon et al., 1987; 1992; Alon y Taylor, 1997; Ballantye y Donne, 1999). La explicación más obvia para este hallazgo es que la duración del presente estudio fue de 8 semanas, en comparación con las 4 semanas de duración que tuvo el estudio llevado a cabo por el laboratorio de Alon. La duración del estudio llevado a cabo por Ballantyne y Donne fue de 6 semanas, y sus datos sugirieron que los beneficios de la NMES tendían a estabilizarse a las cuatro semanas. En el presente estudio no se observó una estabilización. La fuerza mejoró en un promedio de 34% luego de las primeras 4 semanas y se incrementó otro 24% en el período subsiguiente de 4 semanas. Otra explicación posible para esta discrepancia es que el protocolo de estimulación fue diferente entre los estudios. En el presente estudio "el tiempo" del estimulador se aumento de 4.5 a 5.5 segundos luego de la 4ta semana y la duración de las sesiones de estimulación se incrementó de 30 a 40 minutos. En el estudio de Ballantyne y Donne, los parámetros de estimulación se mantuvieron constantes a lo largo del período de 42 días.

Con respecto a la resistencia abdominal, el grupo estimulación tuvo un incremento del 100% en el rendimiento del test. Sin embargo, el grupo control también tuvo un incremento del 28% en el transcurso de las 8 semanas que duró el estudio. El incremento en el grupo control fue atribuido al efecto del aprendizaje y subsiguientemente fue sustraído de los resultados del grupo estimulación para resultar en un incremento neto del 72% en el grupo estimulación. Alon et al. (1987) no hallaron una mejora significativa en la resistencia abdominal luego de aplicar NMES a los músculos abdominales.

Variables	Grupos		Pre - test	Semana 4	Semana 8
Fuerza Abdominal (N.m)	Estimulación	Hombres	75.5 (27.3)	99.9 (25.4) * #	119.3 (25.0) * #
		Mujeres	37.6 (13.6)	51.5 (15.7) *	59.0 (12.7) * #
		Total	56.6 (28.7)	75.8 (32.2) * #	89.2 (36.4) * #
	Control	Hombres	78.4 (17.4)	82.2 (16.9)	84.9 (19.1)
		Mujeres	41.1 (10.7)	45.6 (8.5)	45.6 (9.8)
		Total	59.7 (23.8)	63.9 (22.9)	65.2 (25.1)
Resistencia Abdominal (Repeticiones)	Estimulación	Hombres	39 (20)	61 (40)	80 (53) * #
		Mujeres	31 (11)	43 (10)	60 (27) * #
		Total	35 (16)	52 (30) * #	70 (42) * #
	Control	Hombres	34 (17)	36 (16)	44 (17)
		Mujeres	29 (14)	29 (14)	38 (15)
		Total	32 (15)	32 (14)	41 (16) *

Tabla 5. *Cambios en la fuerza y en la resistencia abdominal en el transcurso del estudio. Los datos son presentados como medias (±DE). * Significativamente diferente con respecto al valor pre-test (p<0.05). # El cambio en el grupo estimulación fue significativamente diferente con respecto al cambio en el grupo control en el mismo punto del tiempo (p<0.05).*

Sin embargo, el test de resistencia se basó en cronometrar el tiempo que los sujetos podían mantener una posición isométricamente, el cual se daba por finalizado en base a la reducción del torque desarrollado. Las fluctuaciones del goniómetro causada por los movimientos del tórax pudo causar que las decisiones de terminar el test fueran poco confiables, como lo evidencia el hecho de que el grupo control tuviera un incremento del 112% en el tiempo de mantenimiento (versus 144% en el grupo estimulación, p>0.05). Ballantype y Donne (1999) halló mejoras altamente significativas en la resistencia isométrica de 154% y 114% con ángulos de 0º y 10º, respectivamente. Estos también hallaron un incremento del 33% en la resistencia dinámica abdominal cuando utilizaron un test de abdominales progresivo y cronometrado. La inconsistencia de los resultados probablemente refleja el hecho de que los métodos y procedimientos de evaluación y entrenamiento variaron considerablemente entre los estudios.

El grupo estimulación también tuvo una reducción de 2.6cm en el perímetro abdominal, una reducción de 3.6cm en el perímetro de la cintura, y una reducción de 1.4cm en el diámetro anteroposterior. Estos cambios fueron significativos, ya que se produjeron a pesar de que no se produjeran cambios en el peso corporal o en las mediciones de los pliegues cutáneos abdominal y suprailíaco. Ninguno de los otros estudios revisados halló cambios significativos en las mediciones de los perímetros como resultado de la NMES. Sin embargo, la mayoría de los otros estudios (Currier y Mann, 1983; Porcari et al., 2002; Romero et al., 1982) midieron el perímetro del muslo. No se esperaría que el incremento en la fuerza del muslo provocara una reducción del perímetro de los músculos del muslo en ausencia de una pérdida significativa del peso. Como mucho, la hipertrofia resultante se pondría de manifiesto como un incremento en el perímetro del muslo.

El incremento en la fuerza de los músculos abdominales podría en teoría provocar una reducción de los perímetros de la sección media. Debido a que uno de los roles de la musculatura abdominal es soportar el contenido abdominal, entonces el fortalecimiento de los músculos abdominales podría en efecto “empujar” el abdomen hacia adentro al igual que una faja.

Variables	Grupos		Pre - test	Semana 4	Semana 8
Escala de Evaluación de la Forma	Estimulación	Hombres	23.9 (3.5)	30.5 (3.5) * #	32.8 (2.9) * #
		Mujeres	19.7 (4.4)	26.0 (6.9) * #	30.1 (7.2) * #
		Total	21.8 (4.5)	28.3 (5.2) * #	31.5 (5.5) * #
	Control	Hombres	27.4 (6.5)	28.5 (6.5)	28.9 (6.3)
		Mujeres	22.1 (3.8)	22.6 (2.5)	24.0 (3.5)
		Total	24.8 (5.8)	25.6 (5.6)	26.4 (5.5)
Escala de Satisfacción Corporal	Estimulación	Hombres	28.3 (5.6)	37.2 (6.1) * #	39.7 (6.2) * #
		Mujeres	28.6 (4.5)	36.7 (7.7) * #	38.3 (8.2) * #
		Total	28.4 (5.0)	36.7 (6.8) * #	39.0 (7.1) * #
	Control	Hombres	32.0 (5.8)	30.3 (6.0)	32.0 (5.6)
		Mujeres	30.0 (5.5)	32.1 (5.8)	32.1 (5.9)
		Total	31.0 (5.5)	31.2 (5.7)	32.1 (5.6)
Escala de Autoestima	Estimulación	Hombres	33.6 (5.8)	34.3 (4.5)	34.9 (4.7)
		Mujeres	36.3 (3.5)	36.7 (3.6)	37.1 (2.7)
		Total	34.9 (4.8)	35.5 (4.2)	36.0 (3.9)
	Control	Hombres	32.3 (3.2)	31.1 (2.6)	31.0 (3.1)
		Mujeres	34.5 (2.6)	33.0 (3.0)	32.8 (3.3)
		Total	33.4 (3.0)	32.1 (2.9)	31.9 (3.2)

Tabla 6. *Cambios en las respuestas a los cuestionarios en el transcurso del estudio. * Significativamente diferente con respecto al valor pre-test (p<0.05). # El cambio en el grupo estimulación fue significativamente diferente con respecto al cambio en el grupo control en el mismo punto del tiempo (p<0.05).*

Este efecto podría reducir tanto el perímetro como el diámetro anteroposterior de la cintura. En respaldo a la reducción del perímetro de la cintura se observó el hecho de que al finalizar el estudio 13 de los 24 (54%) sujetos del grupo estimulación tuvieron la sensación de que la ropa les quedaba mejor en la sección media. Ninguno de los sujetos del grupo control reportó cambios acerca de cómo le quedaba la vestimenta.

Otro rol de los músculos abdominales es mantener la postura (Juker et al., 1998; Mulhearn y George, 1999). Trece de los 24 (54%) de los sujetos manifestó que la utilización de la NMES provocó mejoras en su postura. Esto es teóricamente posible si el incremento en la fuerza de los músculos abdominales produjera que la pelvis se elevara hacia el frente, reduciendo de esta manera la curva de la columna en la zona lumbar.

Con respecto a la percepción de cada sujeto, cada uno de los sujetos sintió que sus músculos abdominales estaban más “firmes” y “tonificados” luego de utilizar la NMES durante 8 semanas. Esta percepción estuvo respaldada por mejoras significativas en los puntajes de los cuestionarios de Forma Corporal y de Satisfacción Corporal. Estos resultados coinciden con los hallazgos de Caufield et al. (2002) y Cullinane et al. (2002), quienes también hallaron que la NMES abdominal proporcionaba beneficios a la autopercepción.

A pesar del hecho de que los sujetos percibieron que sus abdómenes estaban más firmes y tonificados, estos no tuvieron mejoras significativas en su autoestima. Los ítems individuales del cuestionarios de autoestima indicaron que al finalizar el estudio, los sujetos no se sintieron más confiados, tampoco compararon más favorablemente su forma corporal con la de otros, ni se sintieron más saludables. Esto probablemente se debió al hecho de que aun cuando los sujetos sintieron que sus abdómenes estaban más fuertes y firmes, estos no tuvieron la percepción de que se veían diferentes debido a que no perdieron nada de grasas subcutánea.

La gran pregunta es: ¿Por qué este estudio tuvo tales resultados positivos cuando en los otros estudios, donde se han utilizado otros productos de NMES comercialmente disponibles, se han hallado pocas mejoras en muchos de los mismos parámetros estudiados aquí? La respuesta probablemente este relacionada con la fuerza de las contracciones inducidas

eléctricamente alcanzadas por los sujetos en el presente estudio. Para mejorar la fuerza de un músculo, tanto por medio del entrenamiento de sobrecarga como por la NMES, el músculo debe ser sobrecargado por encima de un umbral crítico. Si bien este umbral puede ser tan bajo como el 30% de la MVC en individuos desentrenados (Muller, 1959), para inducir cambios, este umbral debe estar de manera característica en el rango de 60-80% de la MVC (Currier y Mann, 1983; Selkowitz, 1989; Soo et al., 1988). Los estudios que han mostrado beneficios positivos de la utilización de la NMES (Currier y Mann, 1983; Muffiuletti, 2002; Selkowitz, 1985) han utilizado contracciones mayores al 60% de la MVC pre-entrenamiento. Slkowitz (1985) reportó una fuerte correlación entre el % de la MVC utilizada para el entrenamiento y la magnitud de la mejora en la fuerza. En el estudio de Porcari et al. (2002) en donde no se hallaron beneficios de la NMES, las contracciones provocadas fueron de una magnitud menor al 20% de la MVC.

En el presente estudio, la fuerza de contracción no fue valorada directamente, pero se les pidió a los sujetos que clasificaran la fuerza de contracción que sentían estaban recibiendo en una escala de 0 (sin contracción) a 10 (máxima contracción tolerable). Los sujetos clasificaron las contracciones como 8.2 en la mitad del estudio y como 8.5 al final del estudio. Si bien es imposible trasladar esto a un % de la MVC, es obvio que los sujetos estaban obteniendo contracciones fuertes.

La capacidad del producto utilizado en este estudio para provocar fuertes contracciones probablemente se deba a dos factores. Primero, la unidad de NMES utiliza electrodos grandes, con gel. Por lo tanto, la corriente eléctrica aplicada al músculo se distribuye en un área grande. En el estudio de Porcari et al. (2002), los electrodos estaban hechos de goma y se utilizaba agua como medio conductor. Esto hizo que las contracciones inducidas eléctricamente fueran muy incómodas. Segundo, el estimulador utilizado en el presente estudio tenía una función en “rampa”. En otras palabras, en lugar de aparecer y desaparecer súbitamente, la corriente se incrementa hasta el nivel deseado, se mantiene durante el tiempo programado, y después de esto se disipa lentamente. La combinación de los dos factores mencionados hizo que la estimulación fuera mucho más fácil de tolerar permitiendo a los usuarios obtener contracciones musculares muy fuertes.

CONCLUSION

En este estudio se halló que la utilización del cinturón Slendertone FLEX™ incrementó significativamente la fuerza y la resistencia abdominal, redujo el perímetro de la cintura, y mejoró la percepción de los sujetos acerca de la firmeza y tono de sus abdominales. Los resultados probablemente pueden ser atribuidos a la fuerza de las contracciones musculares inducidas eléctricamente, las cuales fueron posibles debido a la calidad de los electrodos utilizados en el cinturón, así como también debido a la calidad del mismo estimulador. Futuros estudios tal vez quieran comparar los beneficios de la utilización de este producto de NMES con los beneficios de realizar ejercicios abdominales, igualando el número de contracciones realizadas. Además, tal vez en futuros estudios se exploren los beneficios potenciales de la utilización de la NMES sobre la fuerza y la resistencia abdominal en individuos con dolor lumbar que no puedan realizar los ejercicios abdominales tradicionales.

Puntos Clave

La estimulación muscular eléctrica (EMS) fue efectiva para incrementar la fuerza y la resistencia muscular.

Todos los sujetos percibieron que sus músculos abdominales estaban más firmes y más tonificados como resultado de la utilización de EMS.

El perímetro de la cintura se redujo significativamente, a pesar de que no hubo cambios en el peso corporal ni en la grasa subcutánea.

Agradecimientos

Los autores quisieran agradecer a Complex Technologies (Minneapolis, Minnesota) por proporcionar los fondos y los cinturones de estimulación abdominal utilizados en este estudio.

REFERENCIAS

1. Alon, G., Frederickson, R., Gallagher, L., Rehwoldt, C.T., Guillen, M., Putnam Pement, M.L. and Barhart, J.B (1992). Electrical stimulation of the abdominals: The effects of three versus five weekly treatments. *Journal of Clinical Electrophysiology 4, 5-11*
2. Alon, G., McCombe, S.A., Koutsantinis, S., Stumphauzer, L.J., Burgwin., K.C., Parent., M.M. and Bosworth, R.A (1987). Comparison of the effects of electrical stimulation and exercise on abdominal musculature. *The Journaal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy 8, 567-573*
3. Alon, G. and D.J. Taylor (1997). Electrically elicited minimal visible tetanic contraction and its effect on abdominal muscles strength and endurance. *European Journal of Physical Medicine and Rehabilitation 7, 2-6*
4. Ballantyne E. and Donne, B (1999). Effects of neuromuscular electrical stimulation on static and dynamic abdominal strength and endurance in healthy males. *Sports Sciene, 431*
5. Balogun, J.A., Onilari, O.O., Akeju, O.A. and Marzouk., D.K (1993). High voltage electrical stimulation in the augmentation of muscle strength: Effects of pulse frequency. *Archives in Physical Medicine and Rehabilitation 74, 910-916*
6. Caulfield, B., Cullinane, C., White, C. and Monique, C (2002). The effects of CSI electrical muscle stimulation on strength of the quadriceps femoris and hamstring muscles and on body satisfaction: A controlled study. *Unpublished, Bio-Medical Research Institute, Dublin, Ireland*
7. Cullinane, C., Caulfield, B., Monique, C., and White, C (2002). The effects of CSI electrical muscle stimulation of the abdominal muscles and walking on body image and abdominal muscle strength. *Unpublished, Bio-Medical Research Institute, Dublin, Ireland*
8. Currier, D.P. and Mann, R (1983). Muscular strength development by electrical stimulation in healthy individuals. *Physical Therapy 663, 915-921*
9. Green, D (2002). FTC takes action against electrical ab belt manufacturers. *ACE Fitness Matters JJuly/August, 13*
10. Juker, D., McGill, S.M., Kropf, P., and Steffen T (1998). Quantitative intramuscular myoelectric activity of lumbar portions of psoas and abdominal wall during a wide variety of tasks. *Medicine and Science in Sports and Exercise 30, 301-310*
11. Kots, Y (1977). Electrostimulation of skeletal muscles. *Canadian Soviet Exchange Symposium, Concoria Univeristy*
12. Maffiuletti, N.A., Dugnani, S., Folz, M., Di Pierno, E., and Mauro, F (2002). Effect of combined electrostimlation and plyometric training on vertical jump height. *Medicine and Science in Sports and Exercise 34, 1638-1644*
13. Mueller, E.A (1959). Training muscle strength. *Ergonomics 2, 216-222*
14. Mulhearn, S. and George, K (1999). Abdominal muscle endurance and its association with posture and low back pain. *Physioltherapy 885, 210-216*
15. Porcari, J.P., Palmer McLean, K., Foster, C., Kernozek, T., Crenshaw, B. and Swenson, C (2002). Effects of electrical muscle stimulation on body composition, muscle strength, and physical appearance. *Journal of Strength and Conditioning Association Research 116, 165-172*
16. Romero, J.A., Sanford, T.L., Schroeder, R.V. and Fahey, T.D (1982). The effects of electrical stimulation of normal quadriceps on strength and girth. *Medicine and Science in Sports and Exercise 14, 194-197*
17. Rosenberg, M (1989). Society and the adolescent self-image, Revised edition. *Middletown: Wesleyan University Press*
18. Selkowitz, D.M (1985). Improvements in isometric strength of the quadriceps femoris muscle after training with electrical stimulation. *Physical Therapy 665, 186-196*
19. Selkowitz, D.M (1989). High frequency electrical stimulation in muscle strengthening. *American Journal of Sports Medicine 17, 103-111*
20. Soo, C.L., Currier, D.P. and Threlkeld, A.J (1988). Augmenting voluntary torque of healthy muscle by optimization of electrical stimulation. *Physical Therapy 68, 333-337*

Cita Original

John P. Porcari, Jennifer Miller, Kelly Cornwell, Carl Foster, Mark Gibson, Karen McLean, and Tom Kernozek The Effects of Neuromuscular Electrical Stimulation Training on Abdominal Strength, Endurance, and Selected Anthropometric Measures. Journal of Sports Science and Medicine; 4, 66-75, 2005.