

Revisió dels beneficis físics de l'electroestimulació integral

Review of the Physical Benefits of Whole-body Electromyostimulation

MIGUEL ÁNGEL DE LA CÁMARA SERRANO

Universitat Autònoma de Madrid (Espanya)

ANA ISABEL PARDOS SEVILLA

Hospital Universitario del Henares (Madrid, Espanya)

Autor per a la correspondència

Miguel Ángel de la Cámara Serrano

miguelangeldelacamara@gmail.com

Resum

L'electroestimulació integral (WB-EMS) està cobrant gran rellevància a causa de la irrupció d'aquesta tecnologia en el sector del fitness i a la propagació viral de multitud de centres que ofereixen aquest sistema, els quals promouen una sèrie de beneficis associats a l'ús de WB-EMS que considerem que no estan prou justificats o fonamentats. L'objectiu d'aquesta revisió és valorar-los i raonar sobre la seva pràctica. Observem que les investigacions sobre EMS no fonamenta els beneficis que promouen més enllà dels relacionats principalment amb els paràmetres de força. Investigacions sobre WB-EMS tampoc fonamenten aquests beneficis i a més a més són poc extensibles pel fet que s'han dut a terme amb poblacions específiques. Així mateix, els resultats d'aquests són molt modestos, especialment en la despesa energètica que, sumat al màxim temps que pot practicar-se (20 minuts, dues vegades per setmana), no s'aconsella ni com a alternativa ni com substitutiu a l'activitat física tradicional.

Paraules clau: electroestimulació integral, electroestimulació neuromuscular, beneficis electroestimulació, exercici, pèrdua de pes

Abstract

Review of the Physical Benefits of Whole-body Electromyostimulation

Whole-body electromyostimulation (WB-EMS) is gaining great importance due to the emergence of this technology in the fitness industry and the spread of multiple centers that offer this system. These centers promote a number of benefits associated with the use of WB-EMS that we consider are not sufficiently justified or well-founded. The aim of this review is to assess the benefits that these centers promote and account for their practice. We find that research on EMS does not support the benefits promoted by these centers beyond those principally related to the strength parameters. Research on WB-EMS also does not support these benefits which moreover cannot be widely applied due to being conducted with specific populations. Likewise, the results of these benefits are very modest, especially in energy expenditure which, added to the maximum time it can be practiced (20 minutes, twice a week), means it is not advisable either as an alternative or as a substitute for traditional physical activity.

Keywords: *whole-body electromyostimulation, neuromuscular electrical stimulation, electromyostimulation benefits, exercise, weight loss*

Introducció i objectiu

Des de l'any 2013, els centres que utilitzen l'electroestimulació muscular integral (WB-EMS) han augmentat de manera exponencial. Aquests centres d'electroestimulació susciten una sèrie de beneficis físics associats a la seva utilització.

L'electroestimulació muscular (EMS) o electroestimulació neuromuscular (NMES) ha estat objecte d'estudi durant els últims trenta anys tant en l'àmbit de la rehabilitació com en l'esportiu. Els seus principals avan-

tatges es produeixen en diversos paràmetres de l'entrenament, principalment els relacionats amb els de la força muscular, Seyri i Maffiuletti (2011); Filipovic, Kleinöder, Dörmann i Mester (2012). Diferents estudis i autors coincideixen que aquestes millores són més grans quan es realitzen de manera simultània amb l'exercici voluntari, Paillard (2008); Benito i Martínez (2013) i que han de considerar-se com complementàries a l'entrenament i no com a mètode aïllat o alternatiu, Herrero, Abadía, Morante i García (2007); Gondin, Cozzone i Bendahan

(2011), a excepció dels programes de rehabilitació en períodes d'immobilització.

Aquest article té com a objectiu avaluar la validesa dels beneficis físics que es divulguen o associen a la pràctica de WB-EMS.

Mètode

Es va fer una revisió bibliogràfica. Les paraules claus emprades per a la recerca van ser: electroestimulació muscular, electroestimulació integral, beneficis electroestimulació. En llengua anglesa, es van emprar les paraules: *electromyostimulation*, *electromyostimulation benefits*, *muscle stimulation*, *whole 'body' electromyostimulation*. Es va utilitzar el motor de recerca Google Acadèmic i els buscadors científics SportDiscus i PubMed (MEDLINE). A més d'aquests, es va fer una recerca manual en llibres i articles publicats fora d'aquestes fonts.

Respecte als criteris d'inclusió, es van utilitzar articles que fessin referència a l'EMS, NMES o WB-EMS de manera preferent en l'àmbit esportiu i no en el terapèutic. Es van limitar els anys de recerca a fi d'obtenir una informació actualitzada de l'objecte de revisió, per la qual cosa les dades estudiades comencen l'any 2000.

L'electroestimulació integral

WB-EMS és un sistema de NMES aplicada de forma general en diferents grups musculars. L'equipament amb què es realitza WB-EMS consisteix en una armilla i unes cingles o bandes que envolten els braços i les cuixes en les quals s'han integrat o adaptats una sèrie d'elèctrodes. Tot això queda unit mitjançant cables entre aquestes peces i la consola o dispositiu que emet el corrent. Aquest equipament permet l'activació simultània d'entre 14 i 18 regions o 8-12 grups musculars Kemmler, Von Stengel, Schawarz i Mayhew (2012); Kemmler i Von Stengel (2013).

La consola genera un corrent de baixa freqüència i utilitza un tipus d'impuls o ona rectangular, bifàsica i simètrica Kemmler, Bebenek, Engelke i Von Stengel (2014); Von Stengel, Bebenek, Engelke i Kemmler (2015); Kemmler et al. (2012); Kemmler i Von Stengel (2013). Aquest tipus d'impuls és el més documentat en la literatura científica, Herrero, Abadía, Abaradía i Maffiuletti (2008). També sembla el més còmode (millor tolerància) i optimitza el rendiment de l'elec-

troestimulació Boschetti (2004). D'altra banda un corrent diferent a la rectangular pot fer que s'hagi d'augmentar la intensitat per aconseguir la mateixa quantitat de càrregues elèctriques, per la qual cosa aquest tipus d'impuls comprèn major superfície amb uns paràmetres d'intensitat mínims, Pombo, Rodríguez, Brunet i Requena (2004).

L'entrenament d'electroestimulació integral generalment té una durada de 20 minuts (màxim 2 vegades per setmana) i es realitza de manera simultània a l'activació muscular generada per l'EMS, exercicis estàtics o dinàmics, fins i tot, se solen combinar amb dispositius d'entrenament cardiovascular com l'el·líptica o simulador d'esquí de fons i la bicicleta estàtica o cicloergòmetre.

Beneficis teòrics que susciten els centres de WB-EMS

- 20 minuts d'electroestimulació integral equivalen a més de 3 hores d'exercici convencional.
- Augment de la resistència muscular.
- Augment de la tonificació i hipertrofia muscular.
- Redueix el greix corporal general i localitzat.
- Augment del consum de calories posterior a l'electroestimulació integral.
- Prevé l'osteoporosi.
- Major reclutament muscular i profunditat d'activació.
- Millora la circulació sanguínia.
- Redueix la cel·lulitis.
- Redueix el dolor d'esquena i recupera la musculatura.
- Ajuda a la recuperació postpart i augmenta el to del sòl pelvià.

WB-EMS en la bibliografia científica

WB-EMS, en ser un dispositiu relativament nou, no posseeix una bibliografia científica extensa respecte d'això. En la recerca realitzada trobem un total d'11 referències, de les quals, 6 d'elles són referències directes d'estudis sobre WB-EMS; Kemmler, Schliffka, Mayhew i Von Stengel (2010); Kemmler et al., 2012 Kemmler i Von Stengel (2012); Kemmler i Von Stengel (2013); Kemmler et al. (2014); Von Stengel et al. (2015) i les altres cinc són referències realitzades dins una revisió sistemàtica de diferents mètodes d'electroestimulació, Filipovic et al. (2012).

Resultats i discussió

WB-EMS i despesa energètica

L'EMS no sembla tenir un efecte important sobre la despesa energètica (GE). Grosset, Crowe, De Vito, O'Shea i Caulfield (2013) van comparar els efectes sobre el GE i l'oxidació de substrats en subjectes obesos que realitzaven 1 hora de caminada i 1 hora d'EMS aplicada de forma local sobre els músculs gluti major, quàdriceps i isquiotibials de forma bilateral. L'EMS va produir un GE de $318,5 \pm 64,3$ kcal/h. equivalent a caminar a una velocitat de 3 km/h. Hsu, Wei i Chang (2011) van comprovar l'efecte de l'EMS aplicada de forma local en múscul recte abdominal, glutis, quàdriceps i isquiotibials en subjectes sedentaris, realitzant tres intensitats diferents de treball (10 minuts cadascuna). En la màxima intensitat realitzada (màxima intensitat tolerada de manera confortable) l'EMS va produir una despesa energètica de 19,13 kcal/h. L'estudi de Kemmler et al. (2012) és l'únic estudi fet fins avui sobre el GE produït per una sessió de WB-EMS. Van comparar els efectes d'aquesta, sumats a diferents exercicis voluntaris realitzats de forma dinàmica (16 minuts de durada) amb una altra sessió on es realitzaven els mateixos exercicis dinàmics sense WB-EMS. La sessió d'exercicis voluntaris va produir 352 ± 60 kcal/h a una intensitat mitjana d' $11,9 \pm 1,8$ en l'escala d'esforç percebut de Borg (RPE) mentre que WB-EMS va generar una despesa calòrica de 412 ± 60 kcal/h a una intensitat mitjana superior, $14,7 \pm 1,5$ en l'EEP de Borg. Per últim, amb intensitat semblant (15 EEP) i utilitzant una màquina d'entrenament cardiovascular (el·líptica) es va obtenir una GE en dones i homes de $637,23 \pm 35,21$ kcal/h i $1.000,5 \pm 29,02$ kcal/h respectivament (Chuvi-Medrano & Masiá, 2012).

Segons els resultats de Kemmler et al. (2012) una sessió de 20 minuts amb WB-EMS (simultània a un protocol d'exercicis estàndard que inclouen flexions i extensions de genoll, braços i tronc) generaria un GE de ± 136 kcal. Aquest GE no arribaria a acumular el mínim acceptat (300-350 kcal), González, Benito i Meléndez (2008) perquè la sessió de treball tingui un efecte positiu en la pèrdua de greix corporal, per la qual cosa no podem afirmar que l'entrenament amb WB-EMS pugui produir un major GE ni pèrdua de greix.

WB-EMS hipertròfia muscular i tonificació

L'EMS produeix hipertròfia muscular per la qual cosa augmenta i millora el to de la musculatura, encara

que aquests guanys no semblen més grans que els obtinguts amb entrenament convencional, Paillard, Noe, Passelergue i Dupui (2005); Wilmore i Costill (2007). Holcomb (2005) comenta que hi ha evidència quant a la hipertròfia muscular en l'àmbit terapèutic (com en immobilitzacions després de cirurgies) però no succeeix el mateix en subjectes sans. Gran part dels estudis comparen l'efecte de l'EMS superposada a l'exercici voluntari en l'increment de l'àrea de secció transversal (CSA) respecte a l'entrenament voluntari sense EMS i no davant de l'entrenament amb EMS de forma aïllada. Un exemple d'aquesta metodologia és l'estudi realitzat per Bezerra, Zhou, Crowley, Brooks i Hooper (2009) on van investigar l'efecte de l'EMS en el CSA en tres grups; un grup control (GC) el qual no va realitzar cap tipus d'activitat, un grup que va realitzar exercicis voluntaris i per últim, un grup que va realitzar un entrenament voluntari amb EMS superposada. Hi ha evidència que aquest tipus d'entrenament augmenta el CSA després de diverses setmanes utilitzant EMS, en Herrero et al. (2007).

S'ha comprovat un augment de la massa muscular en estudis que analitzen l'efecte de WB-EMS sobre la massa muscular, Kemmler i Von Stengel (2013); Kemmler et al. (2014) però els diferents temps d'entrenament imposts als grups d'estudi; grup WB-EMS (18 minuts de sessió, 3 vegades cada 2 setmanes, durant 54 setmanes amb 2 setmanes de vacances) davant d'un GC que va realitzar 10 setmanes d'entrenament (60 minuts, 1 vegada a la setmana) alternes amb 10 setmanes de vacances, poden haver condicionat els resultats. S'ha de tenir en compte a més a més, que els mesuraments es van realitzar a la setmana 54 pel que el GC va tenir a més a més 4 setmanes de desentrenament. Per acabar, Meynial-Denis, Guérin, Schneider, Volkert i Sieber (2012) fan referència als estudis realitzats amb WB-EMS i assenyalen que encara que poden augmentar la força i la potència, no milloren la massa muscular.

WB-EMS reclutament muscular i profunditat d'activació

Quant a la profunditat d'activació, Herrero et al. (2008) citen diversos estudis que mostren un reclutament principalment d'unitats motores pròximes als elèctrodes i que l'EMS va poder activar zones musculars profundes possiblement per dos motius: la ubicació dels elèctrodes i la fisiologia muscular pròpia de cada individu. Cal comentar que aquesta activació es produeix principalment

al 75 % de la màxima contracció voluntària isomètrica (MCV).

El corrent excitomotor aplicada per l'EMS activa un nombre més gran d'unitats motores grans en comparació amb les unitats motores de mida menor, invertint l'ordre d'activació fisiològic d'una contracció produïda de manera voluntària (Llei d'Hennemann o principi de la mida) Cometti (2014); Herrero et al. (2008). En una contracció voluntària de llarga durada, el sistema nerviós central (SNC) realitza un intercanvi/activació d'altres fibres per suplir les fatigades. Aquest procés d'intercanvi no es produeix en l'EMS perquè el patró de reclutament de les unitats motores és fix durant el temps que duri l'EMS, la qual cosa produeix una major fatiga i dany muscular en comparació amb la contracció voluntària, Jubeau et al. (2008); Gregory i Bickel (2005). Aquest dany muscular es pot observar en els augments de Creatina Quinasa (CK) que produeix l'EMS (superposada amb exercici voluntari o aïllada) en comparació amb l'exercici voluntari o isomètric, Jubeau et al. (2008); Jubeau, Muthalib, Millet, Maffiuletti, i Nosaka (2012); Wahl, Hein, Achtzehn, Bloch i Mester (2015). Per últim hem d'afegir que el primer cas de rabdomiòlisi per ús d'EMS va ser reportat per Guarascio, Lusi i Soccorsi (2004) i que recentment s'estan observant casos de rabdomiòlisi amb l'ús de WB-EMS en subjectes que han utilitzat WB-EMS una única vegada; Guillén, Zegarra i Medina (2014); Boteanu, Cardeñosa i Espejo (2015).

WB-EMS i sòl pelvià

No hi ha referències directes sobre WB-EMS i millores en el to del sòl pelvià. Quant a l'EMS com a eina per millorar la incontinença urinària (IU) i millorar el to del sòl pelvià les referències estan més orientades a l'àmbit fisioterapèutic i fins i tot mèdic pel fet que el procediment és molt diferent del que s'utilitza o s'aconseguiria utilitzant WB-EMS, com es pot observar a Pena, Rodríguez, Duarte, Màrmol i Lozano (2007). Hi ha evidència sobre millores en la reducció de la IU, Pereira, Boniotti, Correia i Driusso (2012) i augment del to del sòl pelvià després de sessions d'EMS perineal però, com comentàvem anteriorment, la metodologia difereix de la que es pugui dur a terme amb WB-EMS atès que aquesta EMS perineal es realitza de forma habitual de dues maneres: superficial (elèctrodes situats a la zona perineal i en contacte amb la pell i mucoses) i profunda (estimulació anal o vaginal).

WB-EMS i osteoprosi

En la investigació realitzada per Von Stengel et al. sobre la utilització de WB-EMS per combatre l'osteopènia en un grup de dones (mitjana d'edat de $74,7 \pm 3,7$ anys) l'aplicació d'una sessió de WB-EMS superposada a exercicis voluntaris, amb una durada 18-19 minuts, 3 vegades en dues setmanes durant 54 setmanes no va obtenir diferències significatives en la massa mineral òssia (BMD) de la columna lumbar L1-L4 ($P=0,51$) ni en la BMD del maluc ($P=0,771$) entre el GC i el grup de WB-EMS. Amb aquests resultats, no podem afirmar que la WB-EMS sigui un mètode efectiu que impacti de manera clara i directa sobre l'osteogènia.

WB-EMS i pèrdua de greix

WB-EMS sembla no tenir un fort impacte en la pèrdua de greix. En l'estudi de Kemmler i Von Stengel (2012) s'observen els resultats següents entre un grup amb WB-EMS i un GC; disminució de la massa greix total $-1,35 \pm 0,88$ kg davant de $-0,42 \pm 0,85$ kg, disminució de la massa greix abdominal -252 ± 196 g davant de -52 ± 128 g i circumferència de la cintura $-5,7 \pm 1,8$ cm davant de $-3,0 \pm 2,0$ cm. Cal destacar que el GC només va realitzar el seu programa d'entrenament habitual (60 minuts dues vegades per setmana) i que al grup de WB-EMS a més del mateix entrenament que el GC, se li va afegir WB-EMS en sessions de 20 minuts cada 5 dies durant un període de 14 setmanes. En un altre estudi publicat pels mateixos autors, Kemmler i Von Stengel (2013) s'observen uns resultats molt semblants; greix corporal abdominal -126 ± 560 g davant de 243 ± 607 g i una circumferència de cintura de $-1,1 \pm 2,1$ cm davant de $1,0 \pm 2,8$ cm entre WB-EMS i GC respectivament. Cal destacar que el grup de WB-EMS va realitzar WB-EMS (18 minuts, 3 vegades per setmana, en dues setmanes durant 54 setmanes amb 2 de vacances) superposat a exercicis voluntaris davant d'un GC que realitzava els mateixos exercicis sense WB-EMS però amb una freqüència diferent (60 minuts 1 vegada a la setmana, alternant 10 setmanes d'exercicis amb altres 10 de descans). En els estudis de Kemmler et al. (2010) i Kemler et al. (2014) s'extreuen resultats semblants a aquests pel fet que formen part del mateix estudi o es van realitzar amb la mateixa metodologia.

El ritme d'intercanvi respiratori (RER) pot utilitzar-se com un índex per avaluar la utilització de substrats en la producció d'energia. Quan els àcids grassos són el principal substrat el RER és de 0,7 mentre que

quan s'oxiden els hidrats de carboni (CH) el RER és d'1,0, Benito (2014). L'EMS superposada sembla augmentar el RER proporcionalment a la intensitat que s'aplica. El RER durant l'EMS s'eleva o roman en nivells corresponents a la utilització preferent de CH, com es mostra en diferents gràfiques de RER en Hamada, Hayashi, Kimura, Nakao i Moritani (2004); Hsu et al. (2011); Wahl et al. (2015).

WB-EMS, dolor d'esquena i recuperació postfatiga

Encara que l'EMS pot emprar-se per a analgèsia, Rodríguez (2004) és la Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation (TENS) el dispositiu més estudiat per al tractament del dolor crònic o agut en patologies associades al dolor musculoesquelètic. En la bibliografia científica hi ha controvèrsia en relació amb la seva efectivitat en el dolor crònic, Brosseau et al. (2002); García, Márquez, Gómez i Beltrán (2013). No hi ha, fins avui, estudis de WB-EMS que justifiquin o mostrin la seva eficàcia.

D'altra banda, l'EMS no sembla el millor mètode de recuperació posterior a l'exercici en comparació amb altres mètodes per dur-la a terme com la recuperació activa o el descans passiu, Vanderthommen, Makrof i Demoulin (2010); Pinar, Kaya, Bicer, Erzeybek i Cotuk (2012).

WB-EMS i cel·lulitis

No hem trobat estudis que fessin referència a la millora o reducció de la cel·lulitis amb WB-EMS o EMS. Revisions sobre l'etiologia i tractament de la cel·lulitis no contempnen l'EMS com a tractament per prevenir-la o reduir-la, Rossi i Vergnanini (2000); Rawlings (2006); Gold (2012) pel que no podem afirmar que siguin uns mètodes efectius per al seu tractament.

Conclusions

Encara que WB-EMS és un mètode d'entrenament nou, l'EMS utilitzada en la seva tecnologia o dispositius ha estat àmpliament estudiada durant les últimes dècades i els seus beneficis o millores no fonamenten els promoguts pels centres de WB-EMS. Tampoc les recents investigacions sobre WB-EMS han obtingut resultats que fonamentin els beneficis suscitats els quals són molt modestos i poc extensibles perquè s'han

realitzat majoritàriament sobre poblacions específiques. A més a més, no impacta de manera clara sobre la pèrdua de greix corporal i no compleix amb el mínim de minuts d'activitat física setmanal recomanada per l'Organització Mundial de la Salut, per la qual cosa no ha d'utilitzar-se com a substitut o alternativa a l'exercici físic tradicional.

Conflicte d'interessos

Els autors declaren no tenir cap conflicte d'interessos.

Referències

- Bezerra, P., Zhou, S., Crowley, Z., Brooks, L., & Hooper, A. (2009). Effects of unilateral electromyostimulation superimposed on voluntary training on strength and cross-sectional area. *Muscle & Nerve*, 40(3), 430-437. doi:10.1002/mus.21329
- Benito, P. J. (2014). Gasto energético. A P. J. Benito, S. C. Calvo, C. Gómez & C. Iglesias, *Alimentación y nutrición en la vida activa: ejercicio físico y deporte* (pàg. 323-348). Madrid: UNED.
- Benito, E. L., & Martínez, E. J. (2013). *Electroestimulación neuromuscular en el deporte*. Sevilla: Wanceulen.
- Boschetti, G. (2004). *¿Qué es la electroestimulación? Teoría, práctica y metodología del entrenamiento*. Barcelona: Paidotribo.
- Boteanu, A., Cardeñoso, A. B., & Espejo, A. (2014). Rabdomiolisis secundaria al uso de electroestimulación muscular. *Acta Reumatológica*, 1(2).
- Brosseau, L., Milne, S., Robinson, V., Marchand, S., Shea, B., Wells, G., & Tugwell, P. (2002). Efficacy of the transcutaneous electrical nerve stimulation for the treatment of chronic low back pain: a meta-analysis. *Spine*, 27(6), 596-603. doi:10.1097/00007632-200203150-00007
- Chulvi-Medrano & I., Masiá, L. (2012). Entrenamiento cardiovascular utilizando máquinas elípticas. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 12(45), 170-178.
- Cometti, G. (2014). *Los métodos modernos de musculación*. Barcelona: Paidotribo.
- Filipovic, A., Kleinöder, H., Dörmann, U., & Mester, J. (2012). Electromyostimulation. A systematic review of effects of different electromyostimulation methods on selected parameters in trained and elite athletes. *Journal of Strength and Conditioning Association*, 26(9), 2600-2601.
- García, R., Márquez, S., Gómez, R. I., & Beltrán, C. (2013). *Eficacia, seguridad y coste-efectividad de la estimulación eléctrica transcutánea (TENS) en el tratamiento del dolor musculoesquelético crónico*. Sevilla: Agencia de Evaluación de Tecnologías Sanitarias de Andalucía.
- Gold, M. H. (2012). Cellulite—an overview of noninvasive therapy with energy-based systems. *Journal der Deutschen Dermatologischen Gesellschaft*, 10(8), 553-558. doi:10.1111/j.1610-0387.2012.07950.x
- Gondin, J., Cozzone, P. J., & Bendahan, D. (2011). Is high-frequency neuromuscular electrical stimulation a suitable tool for muscle performance improvement in both healthy humans and athletes? *European journal of applied physiology*, 111(10), 2473-2487.
- González, M., Benito, P. J., & Meléndez, A. (2008). Obesidad. A J. L. Chicharro & M. López, *Fisiología clínica del ejercicio* (pàg. 279-300). Madrid: Médica Panamericana.

- Gregory, C. M., & Bickel, C. S. (2005). Recruitment patterns in human skeletal muscle during electrical stimulation. *Physical therapy*, 85(4), 358-364.
- Grossset, J. F., Crowe, L., De Vito, G., O'Shea, D., & Caulfield, B. (2013). Comparative effect of 1 h session of electrical muscle stimulation and walking activity on energy expenditure and substrate oxidation in obese subjects. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 38(1), 57-65. doi:10.1139/apnm-2011-0367
- Guarascio, P., Lusi, E. A., & Soccorsi, F. (2004). Electronic muscular stimulators: a novel unsuspected cause of rhabdomyolysis. *British Journal of Sports Medicine*, 38(4), 505. doi:10.1136/bjism.2003.008540
- Guillén, C. A., Zegarra, S., & Medina, C. (2015). Rábdomiolisis secundaria a la realización de actividad física y electroestimulación simultánea: reporte de un caso. *Reumatología Clínica*, 11(4). doi:10.1016/j.reuma.2014.12.012
- Hamada, T., Hayashi, T., Kimura, T., Nakao, K., & Moritani, T. (2004). Electrical stimulation of human lower extremities enhances energy consumption, carbohydrate oxidation, and whole body glucose uptake. *Journal of Applied Physiology*, 96(3), 911-916.
- Herrero, J. A., Abadía, O., Morante, J. C., & García, J. (2007). Parámetros del entrenamiento con electroestimulación y efectos crónicos sobre la función muscular (II). *Archivos de Medicina del Deporte*, 24(117), 43-53.
- Herrero, J. A., Abadía, O., Abaradía, C., & Maffiuletti, N. A. (2008). Entrenamiento con electroestimulación neuromuscular. A M. Izquierdo, *Biomecánica y bases neuromusculares de la actividad física y el deporte*. (pàg. 727-743). Madrid: Panamericana.
- Holcomb, W. R. (2005). Is neuromuscular electrical stimulation an effective alternative to resistance training? *Strength and Conditioning Journal*, 27(3), 76-79.
- Hsu, M. J., Wei, S. H., & Chang, Y. J. (2011). Effect of neuromuscular muscle stimulation on energy expenditure in healthy adults. *Sensors*, 11(2), 1932-1942. doi:10.3390/s110201932
- Jubeau, M., Muthalib, M., Millet, G. Y., Maffiuletti, N. A., & Nosaka, K. (2012). Comparison in muscle damage between maximal voluntary and electrically evoked isometric contractions of the elbow flexors. *European Journal of Applied Physiology*, 112(2), 429-438. doi:10.1007/s00421-011-1991-3
- Jubeau, M., Sartorio, A., Marinone, P. G., Agosti, F., Van Hoecke, J., Nosaka, K., & Maffiuletti, N. A. (2008). Comparison between voluntary and stimulated contractions of the quadriceps femoris for growth hormone response and muscle damage. *Journal of Applied Physiology*, 104(1), 75-81.
- Kemmler, W., Bebenek, M., Engelke, K., & Von Stengel, S. (2014). Impact of whole-body electromyostimulation on body composition in elderly women at risk for sarcopenia: the training and electrostimulation trial (TEST-III). *American Aging Association*, 36(1), 395-406. doi:10.1007/s11357-013-9575-2
- Kemmler, W., Schliiffka, R., Mayhew, J. L., & Von Stengel, S. (2010). Effects of whole-body electromyostimulation on resting metabolic rate, body composition, and maximum strength in postmenopausal women: the training and electrostimulation trial. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(7), 1880-1887.
- Kemmler, W., & Von Stengel, S. (2012). Alternative exercise technologies to fight against sarcopenia at old age: a series of studies and review. *Journal of Aging Research*, 2012, 8 pàg.
- Kemmler, W., & Von Stengel, S. (2013). Whole-body electromyostimulation as a means to impact muscle mass and abdominal body fat in lean, sedentary, older female adults: subanalysis of the TEST-III trial. *Clinical Intervention in Age* (8), 1353-1364. doi:10.2147/CIA.S52337
- Kemmler, W., Von Stengel, S., Schawarz, J., & Mayhew, J. L. (2012). Effect of whole-body electromyostimulation on energy expenditure during exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(1), 240-245. doi:10.1519/JSC.0b013e31821a3a11
- Meynial-Denis, D., Guérin, O., Schneider, S. M., Volkert, D., & Sieber, C. C. (2012). New strategies to fight against sarcopenia at old age. *Journal of Aging Research*, 2012. doi:10.1155/2012/676042
- Paillard, T. (2008). Combined application of neuromuscular electrical stimulation and voluntary muscular contractions. *Sports Medicine*, 38(2), 161-177. doi:10.2165/00007256-200838020-00005
- Paillard, T., Noe, F., Passelergue, P., & Dupui, P. (2005). Electrical stimulation superimposed onto voluntary muscular contraction. *Sports Medicine*, 35(11), 951-966. doi:10.2165/00007256-200535110-00003
- Pena, J. M., Rodríguez, A. J., Duarte, A., Mármol, S., & Lozano, J. M. (2007). Tratamiento de la disfunción del suelo pélvico. *Actas Urológicas Españolas*, 31(7), 719-731. doi:10.1016/S0210-4806(07)73712-9
- Pereira, V. S., Boniotti, L., Correia, G. N., & Driusso, P. (2012). Effects of surface electrical stimulation in older women with stress urinary incontinence: A randomized controlled pilot study. *Actas Urológicas Españolas*, 36(8), 491-496. doi:10.1016/j.acuro.2011.11.016
- Pinar, S., Kaya, F., Bicer, B., Erzeybek, M. S., & Cotuk, H. B. (2012). Different recovery methods and muscle performance after exhausting exercise: comparison of the effects of electrical muscle stimulation and massage. *Biology of Sport*, 29(4), 269. doi:10.5604/20831862.1019664
- Pombo, M., Rodríguez, J., Brunet, X., & Requena, B. (2004). *Electroestimulación: entrenamiento y periodización*. Barcelona: Paidotribo.
- Rawlings, A. V. (2006). Cellulite and its treatment. *International Journal of Cosmetic Science*, 28(3), 175-190. doi:10.1111/j.1467-2494.2006.00318.x
- Rodríguez, J. M. (2004). *Electroterapia en fisioterapia*. Madrid: Panamericana.
- Rossi, A. B. R., & Vergnanini, A. L. (2000). Cellulite: a review. *Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology*, 14(4), 251-262. doi:10.1046/j.1468-3083.2000.00016.x
- Seyri, K. M., & Maffiuletti, N. A. (2011). Effect of electromyostimulation training on muscle strength and sports performance. *Strength & Conditioning Journal*, 33(1), 70-75. doi:10.1519/SSC.0b013e3182079f11
- Vanderthommen, M., Makrof, S., & Demoulin, C. (2010). Comparison of active and electrostimulated recovery strategies after fatiguing exercise. *Journal of Sports Science & Medicine*, 9(2), 164.
- Von Stengel, S., Bebenek, M., Engelke, K., & Kemmler, W. (2015). Whole-body electromyostimulation to fight osteopenia in elderly females: the randomized controlled training and electrostimulation trial (TEST-III). *Journal of Osteoporosis*, 2015. doi:10.1155/2015/643520
- Wahl, P., Hein, M., Achtzehn, S., Bloch, W., & Mester, J. (2015). Acute effects of superimposed electromyostimulation during cycling on myokines and markers of muscle damage. *Journal of Musculoskeletal & Neuronal Interactions*, 15(1), 53-59.
- Wilmore J. H., & Costill, D. L. (2007). *Fisiología del esfuerzo y del deporte*. Barcelona: Paidotribo.