

# L'electroestimulació com a complement a l'entrenament isomètric voluntari en la millora de la força isomètrica màxima. Diferències entre homes i dones de mitjana edat

**PABLO RUIZ GALLARDO**

*Llicenciat en Ciències de l'Activitat Física i de l'Esport*

**JOSÉ LUIS GONZÁLEZ MONTESINOS\***

*Professor Titular Universitat. Facultat Ciències de l'Educació. Universidad de Cádiz*

**JESÚS MORA VICENTE**

*Facultat de Ciències de l'Educació. Universidad de Cádiz*

**Correspondència amb autors**

\* [jgmontesinos@uca.es](mailto:jgmontesinos@uca.es)

## Resum

En aquest estudi s'analitza l'eficàcia de l'electroestimulació com a complement a l'entrenament voluntari de la força isomètrica màxima (FIM). Per fer-ho, es va estudiar la millora de la FIM en 20 subjectes de mitjana edat i de tots dos sexes ( $n = 20$ ). Després del protocol d'entrenament es van trobar diferències significatives en tots dos entrenaments. Es va trobar més estabilitat en la resposta del grup que només va utilitzar l'entrenament isomètric voluntari, no obstant això, es va trobar un major rang de millora del grup que va fer servir l'electroestimulació simultània amb l'entrenament. Dels resultats es dedueix la necessitat d'un treball específic i totalment personalitzat per trobar els paràmetres òptims d'entrenament amb l'ús d'aquestes tecnologies, atès que l'increment en el rendiment serà molt més favorable.

## Paraules clau

Electroestimulació, Entrenament, Força isomètrica màxima.

## Abstract

*Electrical stimulation supplementation during maximal voluntary isometric force training. Efficiency of subjects, both female and male healthy athletes median aged*

*The aim of the study was to investigate the efficiency of electrical stimulation supplementation during maximal voluntary isometric force training. Subjects: Both female and male healthy athletes aged between 18-24 years ( $n=20$ ). Design: 2 groups. Isometric Training (IT) and Electrical Stimulation supplementing Isometric Training (ES). Methods and measures: For normalization purposes, maximal voluntary isometric contraction (MVIC) force was assessed with a load cell prior to the application of the training protocol (15minutes, twice a week during 3 weeks. 7s contractions and 21s relaxation time). Results: Significant differences were found after the training protocol in both groups however the range of improvement was greater in ES group and the response was more stable in IT group. Conclusions: Based on this research, IT training protocol produced more homogeneous results. Further research should be directed toward identifying the optimal parameters for isometric training supplemented with electrical stimulation.*

## Key words

*Electrical stimulation, Training, Strength, Maximal isometric force.*

## Introducció

Hi ha molts esports en els quals el rendiment es veu limitat per la capacitat de l'esportista d'aplicar una força al límit de les seves possibilitats, ja sigui de forma dinàmica o isomètrica; això requereix que

l'esportista dediqui un temps substancial a la seva preparació física.

Actualment, el desenvolupament de la força té un paper molt important en tots els esports. González i Gorostiaga (2002) defineixen la força com "la capacitat

de produir tensió que té el múscul en activar-se o, com s'entén habitualment, en contreure's, per la qual cosa obvien les condicions en les quals es produeix aquesta tensió muscular”.

Siff i Verkhoshansky (1996) afirmen que el règim isomètric només ocorre en repòs, i l'angle articular és l'única cosa que roman constant i no la longitud del múscul, perquè cal tenir en compte les propietats elàstiques dels components no contràctils. En aquell no hi trobem cap treball des del punt de vista mecànic ( $W = F \cdot d = F \cdot 0 = 0$ ). L'ús del terme “estàtic” potser fóra menys confús, però aniria en contra de l'àmplia acceptació del terme “isomètric”, per la qual cosa cal tenir sempre presents les seves limitacions, és a dir, que existeix un moviment intramuscular.

Cometti (1998) parla de 2 tipus fonamentals d'entrenament per al règim isomètric: sense càrrega i amb càrrega (la isometria màxima i la isometria fins a la fatiga). També resumeix diferents tipus d'entrenaments mixtos, com ara el mètode estaticodinàmic o l'entrenament búlgar.

Una munió d'autors han estudiat els paràmetres òptims de desenvolupament de la força màxima isomètrica. Fleck & Kraemer (1997), Tous (1999), Siff i Verkhoshansky (2000), entre uns altres, coincideixen en diversos aspectes de la seva metodologia d'entrenament: el temps de contracció (TC) ha d'estar entre 6-8 segons, el temps de repòs (TR) de 15-20 segons, les intensitats de contracció properes al 100 % de la contracció isomètrica voluntària màxima (CIVM) i el nombre de contraccions per sessió (NCS) ha d'estar per sobre de 15-20. A més a més, la durada total del període d'entrenament no ha de sobrepassar les 3 setmanes (González, 2002 i Bosco, 2000).

En els exercicis on es requereixen contraccions de gran magnitud durant un cert estadi del moviment, sembla ser que l'entrenament isomètric pot ser més eficaç en el desenvolupament de la força que no pas els exercicis dinàmics (Siff & Verkhoshansky, 2000). Aquesta especificitat angular és un altre punt important en el procés d'entrenament, car tot entrenament isomètric produeix millores en l'angle articular específic de treball.

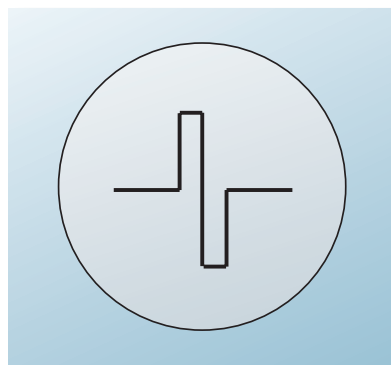
Les noves aplicacions de l'electromedicina amplien la nostra perspectiva sobre el problema. L'electroestimulació (ES) s'ha estat utilitzant de forma regular des del s. XVIII com a eina per a la rehabilitació, però no va ser fins als anys 70 –popularitzada per Kotz– quan els atletes van començar a utilitzar-la com a complement de l'entrenament convencional. Aquest sistema pretén, mitjançant la col·locació directa d'elèctrodes sobre la pell,

substituir l'impuls nerviós natural per un de provinent d'un generador de corrent elèctric, que produeix contraccions musculars estàtiques i involuntàries (Wazny, 1974; citat per Tous, 1999).

Aquest sistema estimula les fibres tipus II de manera preferent (Dellito i Snyder-Mackler, 1990; Sinacore *et al.*, 1990; Binder *et al.*, 1995; Feiereisen *et al.*, 1997). A més a més, la superposició d'ES a la CIVM produeix increments en la força generada a causa d'un dèficit d'activació muscular (Strojnik, 1995 i 1998), perquè és gairebé impossible d'activar totalment la musculatura de forma voluntària. Segons això i en teoria, un grup muscular contret voluntàriament, al qual hom aplica una estimulació elèctrica externa simultània incrementarà el nombre de fibres musculars activades i pot millorar més que un altre que sigui contret només voluntàriament.

Si ens centrem una mica més en els paràmetres òptims per a la millora de la força màxima a través d'un programa d'ES hem de destacar l'estudi de Sinacore *et al.* (1990). Aquests autors van determinar la influència de la freqüència en el comportament de la fibra tipus II, i van concloure que a 50 Hz es produïa la tetanització de la fibra tipus IIa, mentre que si no se superaven els 66 Hz no es produïria la tetanització de la fibra tipus IIb. Estudis com els de Maffiuletti *et al.* (2000), Briglia *et al.* (1999) i Martin *et al.* (1993) recolzen aquests resultats, atès que tots ells van utilitzar freqüències d'estimulació superiors a 66 Hz i tots van trobar millores de la força. Podem destacar que aquests estudis amb ES mostren una millora fonamental en l'angulació específica de treball, tal com trobem en l'entrenament isomètric voluntari.

Finalment, estudis com el de Laufer *et al.* (2001) ens fan pensar que el millor tipus de corrent elèctric per a aquest propòsit és el bifàsic quadrangular compensat (*Figura 1*), perquè dóna millors resultats i provoca menys fatiga en els subjectes.



◀ **Figura 1**  
Impuls quadrangular  
bifàsic compensat.

El propòsit del nostre estudi és investigar la influència de l'electroestimulació en l'entrenament de la força isomètrica màxima d'extensió de cames en subjectes esportistes de mitjana edat d'ambdós sexes.

## Hipòtesi

L'aplicació simultània d'electroestimulació a la contracció isomètrica màxima voluntària durant l'entrenament de la força isomètrica màxima en millorarà el desenvolupament en subjectes esportistes de mitjana edat d'ambdós sexes.

## Mètode

### Mostra

En el procés de selecció de la mostra van prendre part alumnes de la Facultat de Ciències de l'Activitat Física i l'Esport de la Universitat de Granada. Tots ells van signar el seu compromís i consentiment, en rebre un dossier informatiu sobre el propòsit i les característiques de l'estudi. Després dels tests inicials, es van rebutjar els subjectes que havien tingut qualsevol tipus de patologia articular amb anterioritat a l'estudi, i també els que van obtenir els resultats més alts i més baixos ( $n = 20$ ).

### Variables i disseny utilitzat

Les variables que formaran part del nostre estudi són les següents:

#### Variables dependents

Paràmetres referents a la força màxima extensora de les cames:

- CIVM en cèl·lula de càrrega a  $90^\circ$  ( $N \cdot m$ ).

#### Variables independents

Desenvolupament de la força isomètrica màxima a través d'un entrenament isomètric voluntari amb dos nivells

- Entrenament Isomètric Voluntari (EIV).
- Entrenament Isomètric Voluntari + electroestimulació (EIV + ES).

#### Possibles variables contaminants

- Tipus d'esport practicat fins a la data.
- Nivell d'entrenament.
- Activitat física paral·lela a l'estudi.

- Nivell d'activitat física (Qüestionari Internacional d'Activitat Física IPAQ)
- Condicions ambientals.

Els subjectes van ser distribuïts homogèniament dintre dels 2 grups experimentals mitjançant contrabalanceig, tenint en compte les variables A, B, C i D. Es va recórrer al qüestionari internacional estandaritzat IPAQ per determinar el nivell d'activitat física dels subjectes i assegurar que tots tenien un nivell semblant. Les condicions ambientals es van mantenir sempre dintre de les estàndards de laboratori.

## Material o instrumental

### Proves de força isomètrica i dinàmica: Anàlisi funcional

- Banc de *fitness* regulable i adaptat amb fixacions per a diverses posicions.
- Goniòmetre.
- Cèl·lula de càrrega amb una precisió de 10 g fins a 250 kg.
- Pantalla per a lectura de la punta màxima.
- Cadenes i mosquetons per a la fixació de la cèl·lula de càrrega al banc.
- Cingles, agafadors per fixar els subjectes al banc.
- Fulls de registre individualitzats.

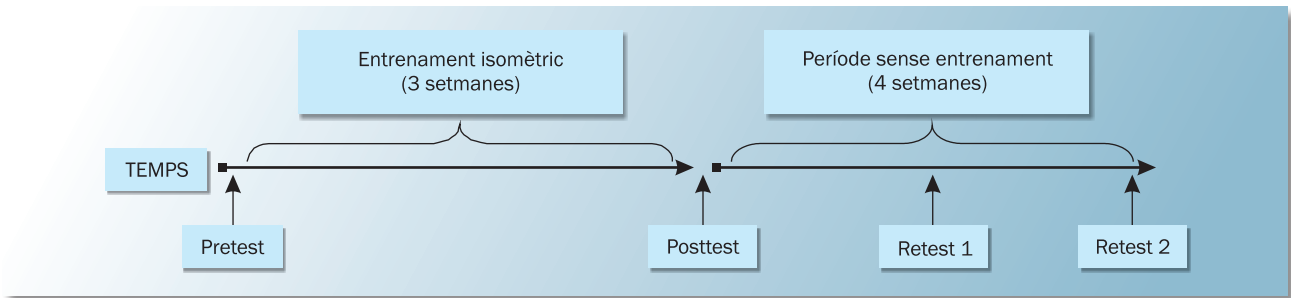
### Tractament

- 4 Electroestimuladors programables Cefar® Myo 4 Pro.
- Qüestionari Internacional estandaritzat IPAQ per a nivell de l'activitat física.
- Protocol de contracció relaxació computat.
- Fulls de registre individualitzats.
- Programari estadístic SPSS v11 en espanyol.

## Procediment

A la *figura 2* es pot observar l'estructura general de l'estudi. Abans del pretest, els subjectes van superar un procés d'adaptació a l'ES, perquè és a les primeres sessions on es produeixen les adaptacions més importants a les sensacions i es descobreixen els límits personals d'intensitat. No es van trobar a la bibliografia estudis precedents sobre l'ús d'aquest tipus de protocol d'adaptació.

El pretest va consistir en la valoració de les condi-

**Figura 2**

Esquema general de l'estudi.

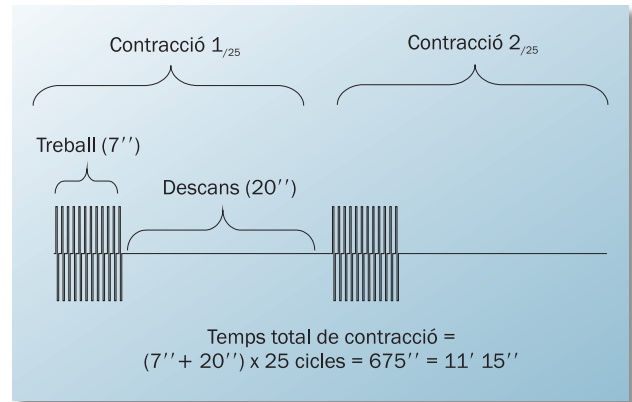
cions de força isomètrica del tren inferior (Parell de força), i alhora del seu nivell d'activitat física, segons el qüestionari estandarditzat internacional IPAQ. Posteriorment, es van seleccionar els subjectes experimentals que van formar part de l'estudi.

Durant el tractament (3 setmanes), tots els subjectes van seguir un protocol d'EIV del quàdriceps. La revisió bibliogràfica anterior ens aconsella emprar TC curts davant de TR llargs en entrenaments no superiors a 12 minuts i amb intensitats pròximes al 100% CIVM (Bosco, 2000). Seguint Siff & Verkhoshansky (2000) i González (2002) vam concloure el protocol d'EIV en 25 CIVM de 7s amb períodes de descans de 20s

Els subjectes van restar asseguts, amb l'esquena dreta, amb els genolls flexionats a 90° i els malucs subjectes al banc mitjançant cingles regulables. El subjecte tenia la possibilitat d'agafar-se al banc per aplicar més força, sempre que no n'aixequés els malucs. L'angulació correcta es va verificar mitjançant l'ús d'un goniòmetre.

Per tal d'automatitzar el protocol d'entrenament (TC i TR) i extingir qualsevol motivació externa, es va desenvolupar una aplicació informàtica que, a través d'un sistema d'altaveus, emet un so agut durant el període de contracció (1 senyal per segon: 7 senyals) i un altre so més greu durant el procés de relaxació (1 senyal cada 5 segons: 4 senyals) durant els 11'15'' que dura l'entrenament. Amb això assegurem que tots els subjectes rebin la mateixa informació referent a temps d'entrenament. En el grup que va rebre ES a més a més es va prendre nota de les intensitats (mA) en començar i en finalitzar la sessió.

Tots els grups van seguir el protocol estàndard explicat anteriorment, dues vegades per setmana durant 3 setmanes consecutives. El Grup EIV només va realitzar aquest protocol. El Grup EIV+ES va rebre, a més

**Figura 3**

Sessió d'ES simultània a l'EIV.

a més, ES simultània a través d'un electroestimulador programable, a totes les sessions. Es va utilitzar una ona bifàsica rectangular compensada amb una freqüència d'estimulació de 80 Hz i amb una amplitud d'impuls de 400  $\mu$ s durant la fase de contracció. A la figura 3 observem un esquema del senyal aplicat per l'electroestimulador. Per tal d'avaluar les adaptacions provocades pel tractament, es va sotmetre la mostra a un posttest i dos tests de retenció (Retest 1 i Retest 2). Tots ells van consistir en la mateixa bateria de proves que es van passar en el pretest. Els tests de retenció Retest 1 i Retest 2 es van realitzar després d'un període sense entrenament de dos i quatre setmanes respectivament, per valorar la persistència del tractament.

## Resultats

L'anàlisi estadística descriptiva inicial de la mostra revela una edat mitjana de 22,4 anys, un pes mitjà de 64,78 kg i una força mitjana de 421,38  $N \cdot m$  per a la

musculatura extensora de les cames (*Taula 1*). La *taula 2* fa referència a l'antropometria del tren inferior i també al percentatge de greix corporal.

La comprovació de la distribució del parell de força mitjançant la prova de normalitat de Shapiro-Wilk per a mostres inferiors a 50 va ser no significativa, per la qual cosa podem afirmar que aquesta variable és normal (EIV: 415  $N \cdot m$ ; EIV+ES: 412  $N \cdot m$ ). Es van dividir els subjectes experimentals de forma aleatòria en 2 grups d'entrenament mitjançant contrabalanceig, prenent com a referència aquest parell de forces.

El posttest va revelar diferències significatives en el grup EIV (\*), no obstant això, el grup EIV+ES va presentar indicis de significació. Els rangs de millora es van aproximar força en tots dos grups, tanmateix, el grup

EIV va ser l'únic en què tots els subjectes van millorar (*Taula 3*).

Una anàlisi detallada en funció del sexe revela que els canvis són semblants entre tots dos sexes i que hi ha poques diferències en els rangs de millora. Ambdós grups van millorar, tant en homes com en dones, tanmateix, solament el grup EIV $\sigma$  va obtenir significació estadística (*Taula 4*).

A l'anàlisi dels tests de retenció 1 i 2, després de dues i de quatre setmanes sense entrenament, respectivament, vam observar que tots dos grups van disminuir el rendiment de forma similar (*Taula 5*). El grup EIV va obtenir significació estadística, mentre que el grup EIV+ES va presentar indicis de significació.

	N	Mínim	Màxim	Mitjana	Desv. típ.
Edat		20	28	22,40	1,769
Talla		151,0	193,5	168,81	8,780
Pes		45,3	94,2	64,78	11,076
Parell de força		252,0	620,5	412,38	99,344
SJ		18,4	47,7	32,26	7,125
CMJ		20,4	54,8	35,96	8,432
N vàlid (segons llista)	20				

**Taula 1**

Anàlisi descriptiva de la mostra.

	Mínim	Màxim	Mitjana	Desv. típ.
Longitud tíbia (cm)	32,5	44,0	39,1	2,3
Longitud fèmur (cm)	34,0	45,0	39,7	2,4
Perímetre cuixa (cm)	41,0	56,5	49,0	3,7
Perímetre cama (cm)	31,5	42,0	36,4	2,5
Plec cutani cuixa (mm)	9,0	40,0	20,1	7,5
Plec cutani cama (mm)	10,0	35,0	18,4	5,8
Percentatge greix corporal (%)	5,0	28,5	15,5	6,3

**Taula 2**

Anàlisi antropomètrica de la mostra (n = 20).

Grup	N	Pretest	Posttest	Diferència	Nivell Sign.	Rang	Min	Màx	Desviació
EIV	10	415,43	452,55	9,11	0,002*	9,76	4,58	14,35	4,279
EIV+ES	10	411,72	455,26	10,34	0,059	24,53	-0,87	23,66	10,447

**Taula 3**

Prova T per a mostres relacionades amb IC = 95 % del parell de força mesurat en pretest i posttest i rangs de millora.

## Discussió

L'entrenament de la força en qualsevol de les seves manifestacions ocupa gran part de la preparació en esportistes de nivell mitjà o alt, per això veiem la necessitat d'indagar en les repercussions que té aquest entrenament en el rendiment esportiu.

A la major part dels estudis científics sobre el desenvolupament de la força, s'han fet servir mostres d'esportistes de nivell mitjà, barons i actius. Sabem que el sexe és un factor que condiciona el desenvolupament de la força, a causa de diversos factors hormonals i fisiològics (Willmore & Costill, 1999), per això l'ús de grups mixtos ens dona la possibilitat de comparar el comportament del mateix entrenament en tots dos sexes.

El temps d'entrenament és una variable que afecta directament qualsevol entrenament i a la bibliografia hi podem trobar protocols ben variats. A la *taula 6* es poden observar alguns dels estudis revisats.

Tots els protocols van obtenir millores en la força isomètrica, malgrat les grans diferències en el temps total de tractament, el nombre de sessions setmanals i/o els períodes de treball-descans. Segons Bosco (2000) i González (2002), no és aconsellable fer servir cicles d'entrenament de més de 3 setmanes per al treball de la força isomètrica màxima, atès que es tracta d'un tractament agressiu: pot produir alteracions en la coordinació,

	Rang	Mín	Màx	Mitjana	Desv.	
♂	EIV*	8,97	5,38	14,35	9,13	4,12
	EIV+ES	23,36	0,01	23,37	10,84	10,55
♀	EIV	9,01	4,58	13,59	9,09	6,37
	EIV+ES	24,53	-0,87	23,66	9,68	12,62

**Taula 4**

Anàlisi descriptiu de la mostra.

Grup	Posttest	Retest 1	Dif. (%)	Sign.	Retest 2	Dif (%)	Sign.
EIV	452,55	428,77	-5,54	0,003**	427,39	-5,88	0,004**
EIV+ES	455,26	434,21	-4,84	0,081	428,06	-6,35	0,084

**Taula 5**

Rangs de millora per a EIV i EIV+ES, tot diferenciant el sexe.

Autor	Any	Títol	Mètode/Resultats
Newton, Hakkinen, Hakkinen, McCormick, Volek & Kraemer	2002	L'entrenament de resistència amb mètodes mixtos incrementa la potència i la força en joves i en adults	10 setmanes Millores del 23±15% en joves Millores del 40±42% en adults
Kanehisa, Nagareda Kawakami, Akima, Masani, Kouzaki & Fukunaga	2002	Efectes d'un programa isomètric del mateix volum de resistència mitjana o alta en la mida muscular i la força	10 setmanes (3 dies a la setmana)
Maffiuletti & Martin	2001	Contraccions ràpides vs. progressives en set setmanes d'entrenament de musculació isomètric	7 setmanes (3 dies a la setmana) Millores en la força generada amb diferències en les adaptacions
Colson, Martin & Van Hoecke	2000	Re-examen dels efectes de l'entrenament per ES en el sistema musculoesquelètic del colze	7 setmanes (5 dies a la setmana) Millores en la força extensora
Maffiuletti, Cometti, Amiridis, Martin, Pousson, & Chatard	2000	Efectes de l'entrenament per electroestimulació i la pràctica del bàsquet en la força muscular i l'habilitat del salt	4 setmanes (3 dies a la setmana) Grans millores en els tests de força isomètrica màxima i de salt
Briglia, Verardi, Mondardini, Tanzi, Drago, Maietta & Tentoni	1999	Ús d'aparells d'ES en l'enfortiment del quàdriceps femoral	5 setmanes Millores sorprenents de la força estàtica i dinàmica

**Taula 6**

Temps d'entrenament en diversos estudis sobre força isomètrica.



tenir efectes nocius sobre el sistema cardiovascular, reduir l'elasticitat dels teixits tous i disminuir la velocitat dels moviments (Siff & Verkhoshansky, 2000).

Un segon cicle d'entrenament de 3 setmanes després d'un període de descans adequat, ben segur que proporcionaria diferències més grans entre el pretest i el posttest, i oferiria una resposta més estable. Plantegem a altres investigadors la possibilitat d'estudiar aquests blocs d'entrenament per separat o fins i tot d'introduir-los en un cicle d'entrenament mixt.

Per al càlcul d'aquests moments angulars es va tenir en compte l'antropometria del membre inferior del subjecte, calculant la palanca exercida amb la fórmula següent (ISAK, 2001):

$$|\vec{P}ar| = |\vec{F}_c| \times 9,8 \times L_r$$

$F_c$ : Mòdul de la força màxima registrat a la cèl·lula de càrrega (kg).

$L_r$ : Longitud de la tibia mesurada entre la línia interarticular del genoll i el còndil tibial (m).

En els grups que van utilitzar ES, es va controlar la intensitat suportada durant cada sessió; sempre va ser la màxima tolerada per cada individu. A més a més, es va seguir un protocol en escala que privava el subjecte de mantenir la mateixa intensitat gaire temps i adaptar-s'hi, perquè aquesta s'elevava contínuament.

## Alteracions del parell de força degudes a l'entrenament

Les millores dels grups EIV i EIV+ES van ser 9,11 % i 10,34 % respectivament (Taula 3). Aquests resultats confirmen els trobats per Colson *et al.* (2000) i Graves & James (1990) pel que fa a l'entrenament amb ES; i contradueixen els obtinguts per Porcari *et al.* (2002), el qual, després d'un període d'entrenament amb ES, no va trobar cap mena de millora en la força isomètrica. Comparant aquestes dades amb les de la taula 6, veiem que el nostre protocol de tres setmanes va ser suficient per aconseguir resultats molt acceptables en un temps gens comparable (7-10 setmanes).

El grup EIV va obtenir millores de la força lleugerament inferiors, un 14,35 % com a molt, encara que tots els subjectes del grup van millorar pel cap baix un 4,58 %. Al grup EIV+ES trobem millores molt més importants (23,66 %) en alguns subjectes, però hi va haver

individus que no van millorar gens o que fins i tot van empitjorar en el seu rendiment.

D'això deduíem que l'EIV és el més conservador, però alhora el més efectiu, perquè sempre aconseguirà millores de l'esportista; cal no obviar que l'entrenament amb ES va obtenir millores superiors (Taula 4). Pensem que els individus que no van millorar és perquè no es van adaptar correctament al mètode d'entrenament i que una personalització d'aquest podria aconseguir resultats més satisfactoris. Per això no hem de menystenir l'ajuda que ens presta l'electroestimulació i hem d'investigar quins paràmetres són els que influeixen la millora de l'individu davant d'un estímul d'aquestes característiques.

D'altra banda, l'examen d'aquestes modificacions en funció del sexe revela que les diferències estadísticament significatives ( $p < 0,05$ ) només es van produir en homes del grup EIV (Taula 4). Ben segur que un augment del nombre de subjectes experimentals ajudaria a determinar la tendència dels grups, sobretot en el cas de les dones.

Els tests de retenció a les dues setmanes i a les quatre setmanes van mostrar un desmillorament estadísticament significatiu ( $p < 0,05$ ) per al grup EIV i indicis de significació per al grup EIV+ES (Taula 5); els tests indicaven un comportament similar amb tots dos mètodes de treball.

## Conclusions

Els resultats obtinguts en aquest estudi no es poden generalitzar a altres segments de la població, a causa de les diferències morfofuncionals entre els subjectes, per la qual cosa resultaria interessant de comprovar el comportament d'aquest tipus de protocol en persones sedentàries i en atletes d'elit. Aquests darrers, potser obtindrien millors resultats a causa de la seva capacitat de sacrifici i de resistència davant la fatiga acumulada.

L'aplicació d'un segon bloc d'entrenament després d'un període de descans, o l'augment de la mostra, sobretot en el cas de les dones, s'hauria traduït probablement en una estabilització de la resposta intragrup i en un augment de les diferències intergrup. Una replicació de la investigació donaria més dades sobre aquests protocols per al desenvolupament de la FIM, tanmateix, però, vam observar que només tres setmanes d'entrenament ja són representatives per a induir canvis en esportistes d'aquestes característiques.

Podem afirmar que el grup EIV va ser el més con-

servador quant a nivell de millora, però el més estable en la resposta, i l'únic que va aconseguir augments en la força de tots els subjectes. No obstant això, en el grup que va fer servir ES trobem subjectes que van millorar molt més. Plantegem la necessitat d'un treball específic i totalment personalitzat per tal de trobar els paràmetres òptims d'entrenament amb l'ús d'aquestes tecnologies, perquè l'increment en el rendiment serà molt més favorable.

La retenció de les modificacions obtingudes pel tractament a les dues i a les quatre setmanes va ser pobre en els grups EIV i EIV+ES.

Cal valorar les possibles adaptacions morfològiques i funcionals en funció del tipus d'entrenament en investigacions posteriors.

## Bibliografia

- Binder Macleod, S. A.; Halden, E. E. i Jungles, K. A. (1995). Effects of stimulation intensity on the physiological responses of human motor units. *Medicine and science in sports and exercise* 24(4), 556-565.
- Bosco, C. (2000). *La fuerza muscular: Aspectos metodológicos*. Barcelona: Inde.
- Briglia, S.; Verardi, L.; Mondardini, P.; Tanzi, R.; Drago, E.; Maietta, P.L. i Tentoni, C. (1999). Use of electrical stimulation devices in strengthening the quadriceps femoral muscle. *Medicina dello sport* 52(4), 243-260.
- Colson, S.; Martin, A. i Van Hoecke, J. (2000). Re-examination of training effects by electrostimulation in the human elbow musculoskeletal system. *International journal of sports medicine* 21(4), 281-288.
- Cometti, G. (1998). *Los métodos modernos de musculación*. Barcelona: Paidotribo.
- Delitto, A. i Snyder Mackler, L. (1990). Two theories of muscle strength augmentation using percutaneous electrical stimulation. *Physical Therapy* 70(3), 158-164.
- Feiereisen, P.; Duchateau, J. i Hainaut, K. (1997). Motor unit recruitment order during voluntary and electrically induced contractions in tibialis anterior. *Experimental Brain Research* 114, 117-123.
- Fleck i Kraemer (1997). *Designing resistance training programs*. Champaign Il: Human Kinetics.
- González Badillo (2002). *Fundamentos del entrenamiento de la fuerza, aplicación al alto rendimiento*. Barcelona: Inde.
- Graves, J. E. i James, R. J. (1990). Concurrent augmented feedback and isometric force generation during familiar and unfamiliar muscle movements. *Research quarterly for exercise and sport* 61(1), 75-79.
- ISAK (2001). International Standards for Anthropometric Assessment. International Society for the Advancement of Kinanthropometry. University of South Australia.
- Laufer, Y.; Ries, J. D.; Leininger, P. M. i Alon, G. (2001). Quadriceps femoris muscle torques and fatigue generated by neuromuscular electrical stimulation with three different waveforms. *Physical therapy* 81(7), 1307-1316.
- Maffiuletti, N. A. i Martin, A. (2001). Progressive versus rapid rate of contraction during 7 weeks of isometric resistance training. *Medicine and science in sports and exercise* 33(7), 1220-1227.
- Maffiuletti, N. A.; Cometti, G.; Amiridis, I. G.; Martin, A.; Pousson, M. i Chatard, J.C. (2000). The effects of electromyostimulation training and basketball practice on muscle strength and jumping ability. *International journal of sports medicine* 21(6), 437-443.
- Martin, L.; Cometti, G.; Pousson, M. i Morlon, B. (1993). Effect of electrical stimulation training on the contractile characteristics of the triceps surae muscle. *European journal of applied physiology and occupational physiology* 67(5), 457-461.
- Porcari, J. P.; McLean, K. P.; Foster, C.; Kernozek, T.; Crenshaw, B. i Swenson, C. (2002). Effects of electrical muscle stimulation on body composition, muscle strength, and physical appearance. *Journal of strength and conditioning research* 16(2), 165-172.
- Siff, M. C. i Verkoshansky, Y. (2000). *Superentrenamiento*. Barcelona: Paidotribo.
- Sinacore, D.; Delitto, A.; King, D. i Rose, S. (1990). Type II fiber activation with electrical stimulation: a preliminary report. *Physical Therapy*, 70(7), 416-422.
- Strojnik, V. (1995). Muscle activation level during maximal voluntary effort. *European journal of applied physiology and occupational physiology* 72(1/2), 144-149.
- (1998). The effects of superimposed electrical stimulation of the quadriceps muscles on performance in different motor tasks. *Journal of sports medicine and physical fitness* 38(3), 194-200.
- Tous, J. (1999). *Nuevas tendencias en fuerza y musculación*. Barcelona: Ergo.
- Wazny, Z. (1975). *Novedades en entrenamiento de la fuerza*. Centro de documentación, INEF Madrid. (Article original de 1974).
- Wilmore, J. i Costill, D. (1999). *Fisiología del esfuerzo y del deporte*. Barcelona: Paidotribo.