

# Prescripció de programes d'entrenament abdominal. Revisió i posada al dia

## FRANCISCO J. VERA-GARCÍA

Doctor en Ciències de l'Activitat Física i l'Esport.

Post-Doctoral Fellow. Department of Kinesiology. Faculty of Applied Health Sciences. University of Waterloo (Canadà)

## MANUEL MONFORT PAÑEGO

Doctor en Ciències de l'Activitat Física i l'Esport. Professor Titular del Departament de Didàctica de l'Expressió Corporal.

Escuela Universitaria de Magisterio "Ausiàs March". Universitat de València

## M<sup>a</sup> ÁNGELES SARTI MARTÍNEZ

Doctora en Medicina. Professora Titular del Departament d'Anatomia i Embriologia Humana. Facultat de Medicina i Odontologia.

Universitat de València

### Resum

L'èxit dels programes d'entrenament abdominal depèn de factors múltiples, principalment, del nombre i tipus d'exercicis utilitzats, del tipus i velocitat de contracció muscular i de la intensitat, volum i freqüència de l'entrenament. L'objectiu del nostre treball és revisar aquests factors i aportar informació per a la prescripció de programes d'entrenament abdominal. Segons els treballs existents a la literatura, cada sessió ha d'combinar tipus d'exercicis diversos: exercicis de flexió del tronc per al desenvolupament del recte de l'abdomen, exercicis de rotació i de flexió lateral per al desenvolupament dels músculs oblics i exercicis d'estabilització per millorar la funció abdominal estabilitzadora. Es recomana la utilització d'intensitats elevades (pesos, màquines de musculació, etc.) per tal de desenvolupar la força abdominal i grans volums d'entrenament (15-30 repeticions per sèrie o més) per a l'increment de la resistència. En general, es realitzen tres sessions d'entrenament setmanals en dies alterns, encara que dues sessions podrien ser suficients per al condicionament de la musculatura abdominal en individus no entrenats.

### Paraules clau

Músculs abdominals, Exercicis, Contracció muscular, Intensitat de l'entrenament, Volum de l'entrenament, Freqüència de l'entrenament

### Abstract

*The success of the abdominal training programs depends mainly on the number and variety of exercises, type and velocity of muscle contraction, and the intensity, volume, and frequency of training. The purpose of this work is to review these factors and provide information for prescribing abdominal training programs. Current research indicates that each session should combine various types of exercises: trunk flexion exercises to develop the rectus abdominis muscle, rotation and lateral flexion exercises to develop the oblique muscles, and stabilization exercises to improve the abdominal stabilizing function. High intensity training (free-weights, resistance machines, etc.) is recommended to increase abdominal strength, and large training volumes (15-30 repetitions per set or more) to improve abdominal endurance. Usually, three training sessions a week take place on alternate days, although two may be sufficient for conditioning the abdominal muscles in untrained individuals.*

### Key words

*Abdominal muscles, Exercises, Muscular contraction, Training intensity, Training volume, Training frequency.*

## Introducció

Els músculs de la paret abdominal participen en nombroses funcions, entre elles, la premsa abdominal, l'excreció del contingut de vísceres abdominals i pelvianes, la ventilació pulmonar i la mobilització i estabilització del tronc (Monfort, 1998; Vera-García, 2002). La importància funcional d'aquesta musculatura i, de forma especial, la seva habilitat per estabilitzar el

raquis, ha despertat l'interès dels investigadors per determinar la manera més adequada de desenvolupar-la. Segons nombrosos estudis, els programes d'exercicis abdominals són un mitjà efectiu per a l'increment de la força i de la resistència muscular. L'èxit d'aquests programes depèn de factors múltiples, principalment, del nombre i tipus d'exercicis utilitzats, del tipus i velocitat de contracció muscular i de la intensitat, volum i fre-

qüència de l'entrenament. L'objectiu del nostre treball és revisar aquests factors i aportar informació útil per a la prescripció de programes d'entrenament abdominal en diferents àmbits: esportiu, educatiu, recreatiu, etc. Per fer-ho, hem recollit informació a les bases de dades Med-line i Sport-discus (1970-Abril 2005) fent servir les paraules clau següents: “*abdominal muscles*”, “*exercises*”, “*training intensity*”, “*training volume*”, “*training frequency*”, “*training velocity*”, “*muscular contraction*”, “*spinal stability*”, “*electrical stimulation*” i “*vibration*”.

## Exercicis abdominals

Les sessions d'entrenament abdominal haurien d'incloure diversos exercicis, atès que no hi ha una tasca única que compleixi dos criteris principals, és a dir, produir un nivell d'activació elevat a tots els músculs de l'abdomen i no exercir un estrès important en les estructures raquídies (Axler i McGill, 1997; Juker *et al.*, 1998; Knudson, 1999; Monfort, 1998). En general, la musculatura abdominal s'activa durant la realització d'exercicis de flexió del tronc. No obstant això, la disposició de les fibres dels músculs abdominals determina diferències en la seva capacitat flexora. Segons els resultats d'estudis electromiogràfics i mecànics, el recte de l'abdomen és el flexor principal, car les seves fibres musculars s'escurcen en la direcció de la flexió sagital del raquis (Andersson *et al.*, 1998; Axler i McGill, 1997; Juker *et al.*, 1998; Monfort, 1998; Thorstensson *et al.*, 1985; Vera-García, 2002; Whiting *et al.*, 1999). D'altra banda, la disposició de les fibres dels músculs oblics externs i interns de l'abdomen, afavoreix fonamentalment els moviments o posicions de rotació i flexió lateral (Axler i McGill, 1997; Ekholm *et al.*, 1979; Konrad *et al.*, 2001; McGill, 1991; Monfort, 1998; Thorstensson *et al.*, 1985). El transvers de l'abdomen participa en l'estabilització activa del tronc (Hodges, 1999; Hodges i Richardson, 1999), funció on els músculs oblics, i de forma especial, l'oblic intern de l'abdomen, tenen també un paper rellevant (Gardner-Morse i Stokes, 1998; Hodges i Richardson, 1999; Miller i Medeiros, 1987; Richardson i Toppenberg, 1990; Snijders *et al.*, 1998; Vera-García *et al.*, 2000). Tenint en compte les diferències funcionals dels músculs de l'abdomen i als resultats de diversos estudis electromiogràfics i mecànics, recomanem la combinació de 3 grups d'exercicis per a la prescripció de programes d'entrenament abdominal:

**Grup 1. Exercicis de flexió del tronc per desenvolupar el múscul recte de l'abdomen:** encorbament del tronc (*figura 1*), encorbament del tronc amb gir (*figura 2*), etc. (Andersson *et al.*, 1998; Axler i McGill, 1997; Juker *et al.*, 1998; Monfort, 1998; Sarti *et al.*, 1996; Vera-García, 2002). Aquests exercicis generen els índexs “reclutament abdominal *versus* compressió raquídia” més alts (Axler i McGill, 1997). La incorporació del tronc (*figura 3*) és una altra de les tasques que s'han utilitzat tradicionalment per a l'enfortiment del recte de l'abdomen. Tanmateix, s'ha demostrat que l'exercici activa també els músculs del maluc (Andersson *et al.*, 1998; Godfrey i Kindig, 1977; Juker *et al.*, 1998; Konrad *et al.*, 2001; McGill, 1995) i que durant la seva execució es produeixen grans càrregues i pressions en les estructures raquídies (Axler i McGill, 1997; McGill, 1995; Nachemson i Elfström, 1970). Tot plegat, n'ha reduït dràsticament la utilització en l'última dècada.

**Grup 2. Exercicis de rotació i de flexió lateral per desenvolupar els músculs oblics:** encorbament del tronc amb gir (*figura 2*), encorbament lateral del tronc (*figura 4*), suport lateral dinàmic (*figura 5*), etc. (Axler i McGill, 1997; Ekholm *et al.*, 1979; Juker *et al.*, 1998; Konrad *et al.*, 2001; Monfort, 1998).

**Grup 3. Exercicis d'estabilització raquídia:** suport lateral isomètric (*figura 5*), maniobra d'enfonsament abdominal (*figura 6*), exercicis sobre superfícies inestables (*figura 7*), etc. (Axler i McGill, 1997; Juker *et al.*, 1998; O'Sullivan *et al.*, 1997; Richardson *et al.*, 1992; Vera-García *et al.*, 2000; Vezina i Hubley-Kozey, 2000). El suport o pont lateral isomètric ha adquirit una gran popularitat en els últims anys, perquè activa els músculs transversos, oblics interns i oblics externs de l'abdomen sense produir grans càrregues de compressió en el raquis lumbar (Axler i McGill, 1997; Juker *et al.*, 1998). La maniobra d'enfonsament abdominal ha estat utilitzada amb èxit en el tractament de pacients amb inestabilitat raquídia (O'Sullivan *et al.*, 1997), tanmateix, produeix intensitats de contracció que podrien no ser suficients per a l'enfortiment muscular en poblacions sanes (Vezina i Hubley-Kozey, 2000). En relació amb les superfícies inestables, la realització d'exercicis abdominals sobre pilotes suïsses, plataformes basculants, etc., exigeix més participació del sistema de control motor per tal d'estabilitzar i equilibrar el tronc. Malgrat tot, l'execució d'aquestes tasques pot sotmetre el raquis lumbar a càrregues massa elevades per a subjectes inexperts o pacients amb lesions raquídies (Vera-García *et al.*, 2000).



**Figura 1**  
Encorbament del tronc (de l'anglès "curl-up" o "crunch").



**Figura 2**  
Encorbament del tronc amb gir (de l'anglès "cross curl-up").



**Figura 3**  
Incorporació del tronc (de l'anglès "sit-up"). Aquest exercici exerceix grans forces de compressió en el raquis.



**Figura 4**  
Encorbament lateral del tronc (de l'anglès "side-lying curl-up").



**Figura 5**  
Suport lateral dinàmic (fletxa) o isomètric (sense fletxa) (de l'anglès "dynamic or static horizontal side support").



**Figura 6**  
Maniobra d'enfonsament abdominal (de l'anglès "abdominal drawing in maneuver"). El subjecte contreu la musculatura abdominal profunda per abaixar la part inferior de l'abdomen en direcció al tòrax. Durant l'execució de l'exercici cal mantenir un bon control de la respiració.



**Figura 7**  
Encorbament estàtic del tronc sobre pilota suïssa.



**Figura 8**  
Elevació de membres inferiors (de l'anglès "straight leg raising"). Aquest exercici exerceix grans forces de compressió en el raquis. Si el subjecte no és capaç de mantenir el raquis en una posició "neutral" durant la tasca, es recomana modificar l'exercici: reduir el rang de moviment, elevar un sol membre, etc.

Quan es fa la prescripció d'un programa d'exercicis abdominals, l'instructor de condicionament físic, l'entrenador o el professor d'Educació Física, ha de combinar adequadament els diferents exercicis per obtenir un benefici màxim. A continuació, presentem algunes recomanacions per a la prescripció d'exercicis abdominals en diversos àmbits:

**Activitat Física i Salut.** En àmbits relacionats amb el condicionament físic i la salut, és convenient utilitzar exercicis que activin els músculs de l'abdomen sense produir grans forces de compressió en el raquis. Al nostre parer, la realització d'encorbaments del tronc (*figures 1, 2 i 4*) i exercicis de suport lateral (*figura 5*), és una combinació de tasques adequada per a les primeres fases de l'entrenament en poblacions adultes. En fases d'entrenament més avançades, recomanem també la utilització de superfícies inestables (*figura 7*).

**Educació Física.** Els exercicis abdominals són tasques eficaces per al condicionament muscular en poblacions joves (Vera-García, 2002). Tanmateix, la repetició d'aquestes tasques és massa monòtona i avorrida per utilitzar-les com a única forma d'entrenament abdominal (Bell i Laskin, 1985), cosa que pot reduir la freqüència de l'entrenament i afavorir l'abandonament de la pràctica (Vera-García, 2002). La combinació d'exercicis abdominals i jocs motors podria crear actituds més favorables cap a l'activitat física i augmentar l'adherència als programes d'entrenament abdominal. En aquest sentit, jocs com "fer el carretó" i "l'hula-hop" poden produir nivells d'intensitat de contracció adequats per al desenvolupament de la força i de la resistència dels músculs indicats (Vera-García *et al.*, 2005). Malgrat tot, cal realitzar treballs d'investigació que valorin les càrregues exercides en el raquis durant l'execució d'aquestes tasques i determinar si són realment eficaces, tant per al condicionament dels músculs de l'abdomen, com per a l'increment de l'adherència als programes d'entrenament abdominal.

**Rendiment Esportiu.** A l'esport professional, es recomana la utilització d'exercicis que reproduïxin els requeriments de l'esport, és a dir, exercicis mecànicament i estructuralment similars als moviments que fan els esportistes professionals i les posicions que adopten durant la competició (Müller *et al.*, 2000; Norris, 1993). Així, per exemple, en els esports en què s'executen múltiples accions de flexió del maluc (karate, futbol, rem, etc.), és adient utilitzar exercicis com ara les elevacions de membres inferiors i les incorporacions del tronc (*figures 8 i*

3). Malgrat tot, s'han de prendre algunes precaucions, perquè els exercicis esmentats produeixen càrregues elevades en el raquis (Axler i McGill, 1997; McGill, 1995; Nachemson i Elfström, 1970), la qual cosa en desaconsella la utilització en altres àmbits (educació, salut, etc.). En aquest sentit, és important que els esportistes no pateixin alteracions raquídies o síndrome de dolor lumbar i que siguin capaços de mantenir la columna en una posició "neutral" durant l'execució. També es recomana alternar aquests exercicis amb altres que no sotmetin les estructures raquídies a càrregues elevades (encorbament del tronc, suport lateral dinàmic, etc.), encara que no s'ajustin específicament a l'acció o accions pròpies de l'esport.

Quan els exercicis abdominals no es realitzen dintre de sessions d'entrenament específiques per a aquesta musculatura, sinó combinats amb altres tasques en sessions d'entrenament esportiu, classes d'Educació Física, sessions de condicionament físic, etc., no és adequat incloure'ls al començament de la sessió (Knudson, 1999), perquè la fatiga abdominal pot influir negativament en l'execució d'altres tasques on es requereix un bon control i una adequada estabilització del tronc (Sparto *et al.*, 1997; Van Dieën, 1996).

Un altre aspecte al qual s'ha de prestar atenció, és el correcte aprenentatge dels exercicis. En aquest sentit, s'ha demostrat que l'habilitat d'una persona per realitzar un exercici abdominal influeix en la intensitat de la contracció muscular (Sarti *et al.*, 1996). Durant el procés d'aprenentatge, és convenient que les explicacions s'adaptin al nivell de comprensió dels participants. Quan l'execució d'un exercici és complicada (inclinació posterior de la pelvis, maniobra d'enfonsament abdominal, etc.), es recomana proporcionar informació multisensorial sobre els segments corporals a desplaçar o els músculs a contreure (Kennedy, 1980; Miller i Medeiros, 1987; Monfort, 1998; Norris, 1993). Així, durant l'aprenentatge d'un exercici de molta dificultat, un esportista pot requerir informació verbal i tàctil per part del seu entrenador i informació visual mitjançant la utilització de miralls.

## Tipus i velocitat de la contracció muscular

Tant la força com la resistència muscular poden ser desenvolupades mitjançant exercicis dinàmics o estàtics (Has *et al.*, 2001). Tots dos tipus d'exercicis tenen

avantatges i limitacions. Per exemple, a diferència dels exercicis dinàmics, els exercicis isomètrics poden ser utilitzats per persones amb mobilitat limitada (Fleck i Schutt, 1983) i l'absència de moviment redueix les forces de compressió i cisalla en el raquis (Davis i Marras, 2000; Granata i Marras, 1995a, 1995b). Tanmateix, les contraccions isomètriques i la maniobra de Valsalva produeixen un gran increment de la pressió arterial (Enoka, 1994; Grillner *et al.*, 1978; MacDougall *et al.*, 1985; Petrofsky i Phillips, 1986) i la repetició d'exercicis isomètrics pot reduir la motivació dels participants (Fleck i Schutt, 1983). El professor d'Educació Física, el monitor de condicionament físic, l'entrenador, etc., escolliran mètodes dinàmics, estàtics o mixtos en funció dels seus objectius i de les característiques dels participants. Actualment, es recomana la combinació d'exercicis dinàmics i estàtics per al condicionament de la musculatura abdominal en poblacions sanes (Knudson, 1999; Monfort, 1998) i la realització d'exercicis d'estabilització del tronc en pacients amb inestabilitat raquídia (Elia *et al.*, 1996; Kennedy, 1980; O'Sullivan *et al.*, 1997; Richardson *et al.*, 1992; Richardson i Toppenberg, 1990; Souza *et al.*, 2001; Vezina i Hubleby-Kozey, 2000).

La velocitat d'execució dels exercicis dinàmics és un altre dels factors a tenir en compte en el disseny de programes d'entrenament abdominal, atès que influeix tant en l'activació dels músculs del tronc com en les càrregues exercides en la columna vertebral. Segons els resultats de diferents treballs experimentals, durant la realització de moviments d'flexió-extensió del tronc, l'augment de la velocitat incrementa la intensitat de la contracció dels músculs de l'abdomen (Kim i Marras, 1987; Thorstensson *et al.*, 1985; Vera-García, 2002) i la durada de la contracció en relació amb la durada total del moviment (Godfrey i Kindig, 1977). No tenim constància d'estudis que analitzin la influència de la velocitat dels exercicis abdominals sobre les forces de compressió i cisalla en el raquis. Tanmateix, estudis realitzats en posició erecta, indiquen que l'increment de la velocitat de mobilització del tronc té un impacte significatiu sobre les càrregues exercides en la columna i en el risc de lesió (Davis i Marras, 2000; Granata i Marras, 1995a, 1995b). Per tot plegat, mentre no hi hagi nous treballs experimentals, si l'objectiu d'un programa d'entrenament abdominal és el manteniment o la millora de la salut del raquis lumbar, recomanem la utilització de mètodes que combinin la realització d'exercicis estàtics i d'exercicis dinàmics executats a velocitat lenta o moderada. Per contra, si l'objectiu és incrementar la velocitat

de mobilització del tronc per millorar l'execució esportiva (llançaments, fintes, copejaments, etc.), els exercicis haurien de ser realitzats a gran velocitat, perquè els efectes de l'entrenament són específics de la velocitat d'execució utilitzada (Kanehisa i Miyashita, 1983a, 1983b; Narici *et al.*, 1989).

## Intensitat i volum de l'entrenament

El volum, o durada de l'esforç, defineix la quantitat d'entrenament abdominal, és a dir, el nombre de sèries i de repeticions dels exercicis utilitzats en cadascuna de les sessions. D'altra banda, la intensitat de l'entrenament fa referència al nivell d'esforç exigut pels exercicis, el qual es gradua, principalment, gràcies a la utilització de pesos (Cerny, 1991), màquines d'enfortiment abdominal (Cresswell *et al.*, 1994; DeMichele *et al.*, 1997; Smidt *et al.*, 1989; Thomas i Ridder, 1989), taules inclinades (Thomas i Ridder, 1989) i canvis en la col·locació dels membres (Bell i Laskin, 1985; Hemborg *et al.*, 1983). També s'utilitzen aparells o estacions comercials, encara que el seu ús no sempre incrementa la intensitat de la contracció muscular (Beim *et al.*, 1997; Demont *et al.*, 1999; Whiting *et al.*, 1999).

És ben sabut, que la intensitat de l'entrenament és un factor fonamental per al desenvolupament de la força muscular, mentre que el volum de l'entrenament és més important per al desenvolupament de la resistència (Feigenbaum i Pollock, 1999; Has *et al.*, 2001). Segons els resultats de diferents estudis, en els programes d'entrenament abdominal on s'apliquen intensitats elevades mitjançant pesos, màquines de musculació, etc., i es realitzen poques repeticions d'un o de diversos exercicis (normalment no més de 10 repeticions per sèrie), es desenvolupa principalment la força muscular (Cerny, 1991; Cresswell *et al.*, 1994; DeMichele *et al.*, 1997; Hemborg *et al.*, 1983; Smidt *et al.*, 1989). Per contra, en aquells en què no s'utilitzen pesos o càrregues externes, es realitzen moltes repeticions (en general 15-30 o més) i els períodes de descans són breus, s'acostumen a produir millores en la resistència (Bell i Laskin, 1985; Cerny, 1991; Vera-García, 2002). Si desitgem de desenvolupar la força i la resistència muscular alhora, es recomana la realització de 8 a 12 repeticions màximes per sèrie (Has *et al.*, 2001).

Segons McDonagh i Davies (1984), perquè es produeixi un augment de la força màxima durant el procés

d'entrenament, els músculs han de ser activats a una intensitat mínima del 66 % de la capacitat màxima. Igualment, Andersson *et al.* (1998) i McArdle *et al.* (1995), situen aquest nivell d'intensitat en un rang que oscil·la entre el 60 i el 70 % i entre el 60 i el 80 %, respectivament. Per contra, durant la realització d'exercicis de flexió del tronc (encorbaments, incorporacions, etc.), es mobilitza el pes de la part superior del cos, cosa que suposa nivells d'intensitat de contracció abdominal que no acostumen a superar el 50 % de l'EMG màxima (Andersson *et al.*, 1998; Juker *et al.*, 1998; Knudson, 1999; Konrad *et al.*, 2001; McGill, 1995; Vera-García, 2002).

## Freqüència de l'entrenament

La freqüència és una variable important dels programes d'entrenament abdominal (DeMichele *et al.*, 1997; Vera-García, 2002). La recuperació muscular entre sessions ha de ser suficient per permetre les adaptacions i evitar el sobreentrenament, però no tan extensa com per afavorir el desentrenament (Feigenbaum i Pollock, 1999; Has *et al.*, 2001). En general, s'utilitzen freqüències de dues o tres sessions d'entrenament a la setmana per al desenvolupament de la força o de la resistència muscular en individus no entrenats prèviament (Has *et al.*, 2001). Malgrat tot, no hi ha una única freqüència d'entrenament adequada per a tots els grups musculars (Braith *et al.*, 1989; DeMichele *et al.*, 1997; Graves *et al.*, 1990; Pollock *et al.*, 1993; Sorichter *et al.*, 1997; Taaffe *et al.*, 1999; Tucci *et al.*, 1991; Vera-García, 2002). A la literatura científica, la majoria dels programes d'entrenament abdominal utilitzen freqüències de tres sessions setmanals en dies alterns (Bell i Laskin, 1985; Cresswell *et al.*, 1994; Demont *et al.*, 1999; Mens *et al.*, 2000; Smidt *et al.*, 1989; Thomas i Ridder, 1989; Vera-García, 2002). Tanmateix, dues sessions podrien ser suficients per al condicionament de la musculatura abdominal en persones no entrenades (DeMichele *et al.*, 1997; Vera-García, 2002).

No tenim constància de l'existència d'estudis que mostrin la freqüència d'entrenament més adequada per al desenvolupament de la força o de la resistència abdominal en individus experimentats. Per això, remetem el lector a les indicacions de l'American College of Sports Medicine (2002). Segons aquesta institució, en fases d'entrenament avançades, els beneficis aconseguits per programes d'enfortiment muscular poden ser mantinguts

mitjançant la utilització de freqüències d'entrenament baixes (1-2 sessions/setmana).

## Noves tendències

En els últims anys, s'han anat introduint en els programes d'enfortiment abdominal mètodes i sistemes d'entrenament innovadors. Alguns dels més utilitzats actualment són l'electroestimulació, els sistemes vibratoris i els exercicis sobre superfícies inestables, ja comentats anteriorment. Com qualsevol mitjà per desenvolupar la musculatura abdominal, aquestes noves formes d'entrenament tenen avantatges i limitacions, algunes de les quals comentem a continuació.

L'electroestimulació consisteix en la generació artificial de potencials d'acció en les branques nervioses intramusculars, preferentment en les més grans (Enoka, 1994). El seu ús adequat produeix importants adaptacions histoquímiques i metabòliques en els músculs esquelètics (Pérez *et al.*, 2002; Vinge *et al.*, 1996). En l'entrenament esportiu, ha estat utilitzada de manera eficaç, tant per al desenvolupament de la força i de la resistència muscular, com per a la millora de l'execució esportiva (Brocherie *et al.*, 2005; Enoka, 1994; Maffiuletti *et al.*, 2000). Igualment, l'estimulació elèctrica de la musculatura de l'abdomen en pacients amb lesions medul·lars, pot facilitar la ventilació pulmonar (Langbein *et al.*, 2001), el mecanisme de la tos (Zupan *et al.*, 1997) i la defecació (Korsten *et al.*, 2004). En relació amb l'entrenament abdominal, no tenim constància de l'existència de gaire nombre de treballs experimentals. Alon *et al.* (1987) van comparar un protocol d'electroestimulació amb un programa d'encorbaments del tronc en persones no entrenades prèviament. Segons els seus resultats, l'electroestimulació pot incrementar la força dels músculs de l'abdomen, especialment si es combina amb exercicis abdominals. D'altra banda, un estudi desenvolupat per Porcari *et al.* (2002) rebutja la utilitat dels electroestimuladors comercials per a la reducció localitzada de greix subcutani abdominal i la millora de l'aparença física. Igualment, durant l'ús d'aquesta mena d'aparells s'ha registrat un cas de colitis isquèmica en una persona d'edat avançada (Tsujimoto *et al.*, 2004) i dos casos d'alteracions en el funcionament de desfibril·ladors cardioversors subcutanis en pacients amb arítmies ventriculars (Wayar *et al.*, 2003). Cal fer nous treballs d'investigació per conèixer adequadament els efectes de la utilització dels electroestimuladors sobre l'organisme.

L'estimulació mecànica mitjançant vibracions és un altre dels nous mètodes que s'estan estudiant per al de-

sevolupament dels músculs esquelètics i de l'os. La vibroestimulació, com a mètode d'entrenament, consisteix a aplicar al cos humà, tremolors o sacseigs de diferent acceleració i amplitud a través de plataformes vibratòries. Encara que no coneixem estudis sobre l'efecte de la vibroestimulació en la musculatura abdominal i l'estabilització del raquis, els treballs realitzats amb aquest mètode han donat resultats positius en l'increment de l'activitat neuromuscular, la força i la velocitat de contracció de la musculatura dels membres inferiors (Bosco *et al.*, 1998, 1999a, i 1999b; Cardinale i Lim, 2003; Torvinen *et al.*, 2002 i 2003), la força de la musculatura extensora del raquis (Rittweger *et al.*, 2002), la posició (Bluthner, Seidel i Hinz 2002) i l'equilibri corporal (Torvinen *et al.* 2002). Totes aquestes millores es troben relacionades amb l'ús de vibracions a freqüències baixes (20 Hz) i temps d'aplicació reduïts (cinc minuts) (Cardinale i Lim, 2003). Tanmateix, s'ha de continuar estudiant l'efecte de les vibracions sobre la salut dels éssers humans atès que, per exemple, en l'àmbit ocupacional s'ha demostrat que les vibracions mecàniques es troben relacionades amb la fatiga muscular (Rittweger *et al.*, 2002) i les patologies raquídies (Guo *et al.*, 2005; Kumar *et al.*, 1999).

## Bibliografia

- Alon, G.; McCombe, S. A.; Koutsantonis, S.; Stumphauzer, L. J., Burgwin, K. C.; Parent, M. M. i Bosworth, R. A. (1987). Comparison of the effects of electrical stimulation and exercise on abdominal musculature. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 8, 567-573.
- American College of Sports Medicine. (2002). Position stand: Progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34, 364-380.
- Andersson, E. A.; Ma, Z. i Thorstensson, A. (1998). Relative EMG levels in training exercises for abdominal and hip flexor muscles. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*, 30, 175-183.
- Axler, C. T. i McGill, S. M. (1997). Low back loads over a variety of abdominal exercises: searching for the safest abdominal challenge. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29, 804-811.
- Beim, G. M.; Giraldo, J. L.; Pincivero, D. M., Borrer, M. J. i Fu, F. H. (1997). Abdominal strengthening exercises: a comparative EMG study. *Journal of Sport Rehabilitation*, 6, 11-20.
- Bell, R. D. i Laskin, J. (1985). The use of curl-up variations in the development of abdominal musculature strength and endurance by post 50-year-old volunteers. *Journal of Movement Studies*, 11, 319-324.
- Bluthner, R.; Seidel, H. i Hinz, B. (2002). Myoelectric response of back muscles to vertical random whole-body vibration with different magnitudes at different postures. *Journal of Sound and Vibration*, 253(1), 37-56.
- Bosco, C.; Cardinale, M.; Colli, R.; Tihanyi, J.; Von Duvillard, S. P. i Viru, A. (1998). The influence of whole body vibration on jumping ability. *Biology of Sport*, 15, 157-164.
- Bosco, C.; Cardinale, M. i Tsarpela, O. (1999a). Influence of vibration on mechanical power and electromyogram activity in human arm flexor muscles. *European Journal of Applied Physiology*, 79, 306-311.
- Bosco, C.; Colli, R.; Introini, E.; Cardinale, M.; Tsarpela, O.; Madella, A.; Tihanyi, J. i Viru, A. (1999b). Adaptive responses of human skeletal muscle to vibration exposure. *Clinical Physiology*, 19, 183-187.
- Braith, R. W.; Graves, J. E.; Pollock, M. L.; Leggett, S. L.; Carpenter, D. M. i Colvin, A. B. (1989). Comparison of two versus three days per week of variable resistance training during 10 and 18 week programs. *International Journal of Sports Medicine*, 10, 450-454.
- Brocherie, F.; Babault, N.; Cometti, G.; Maffiuletti, N. i Chatard, J. C. (2005). Electrostimulation training effects on the physical performance of ice hockey players. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 37, 455-460.
- Cardinale, M. i Lim, J. (2003). The acute effects of two different whole body vibration frequencies on vertical jump performance. *Medicina dello Sporto*, 56, 287-292.
- Cerny, K. (1991). Do curl-up exercises improve abdominal muscle strength? *Journal of Human Muscle Performance*, 1, 37-47.
- Cresswell, A. G.; Blake, P. L. i Thorstensson, A. (1994). The effect of an abdominal muscle training program on intra-abdominal pressure. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*, 26, 79-86.
- Davis, K. G. i Marras, W. S. (2000). The effects of motion on trunk biomechanics. *Clinical Biomechanics*, 15, 703-717.
- DeMichele, P. L.; Pollock, M. L.; Graves, J. E.; Foster, D. N.; Carpenter, D.; Garzarella, L.; Brechue, W. i Fulton, M. (1997). Isometric torso rotation strength: effect of training frequency on its development. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 78, 64-69.
- Demont, R. G.; Lephart, S. M.; Giraldo, J. L.; Giannantonio, F. P.; Yuktanandana, P. i Fu, F.H. (1999). Comparison of two abdominal training devices with an abdominal crunch using strength and EMG measurements. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 39, 253-258.
- Eklholm, J.; Arborelius, U.; Fahlcrantz, A.; Larsson, A. M. i Mattson, G. (1979). Activation of abdominal muscles during some physiotherapeutic exercises. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*, 11, 75-84.
- Elia, D. S., Bohannon, R. W.; Cameron, D. i Albro, R. C. (1996). Dynamic pelvic stabilization during hip flexion: a comparison study. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 24, 30-36.
- Enoka, R. M. (1994). *Neuromechanical Basis of Kinesiology*. Champaign, Illinois, USA: Human Kinetics Publishers.
- Feigenbaum, M. S. i Pollock, M.L. (1999). Prescription of resistance training for health and disease. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31, 38-45.
- Fleck, S. J. i Schutt, R. C. (1983). Types of strength training. *Orthopedic Clinics of North America*, 14, 449-458.
- Gardner-Morse, M. G. i Stokes, I. A. F. (1998). The effects of abdominal muscle coactivation on lumbar spine stability. *Spine*, 23, 86-92.
- Godfrey, K. i Kindig, L. (1977). Electromyographic study of duration of muscle activity in sit-up variations. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 58, 132-135.
- Granata, K. P. i Marras, W. S. (1995a). An EMG-assisted model

- of trunk loading during free-dynamic lifting. *Journal of Biomechanics*, 28, 1309-1317.
- (1995b). The influence of trunk muscle coactivity on dynamic spinal loads. *Spine*, 20, 913-919.
- Graves, J. E.; Pollock, M. L.; Foster, D.; Leggett, S. H.; Carpenter, D. M.; Vuoso, R. i Jones, A. (1990). Effect of training frequency and specificity on isometric lumbar extension strength. *Spine*, 15, 504-509.
- Grillner, S.; Nilsson, J. i Thorstensson, A. (1978). Intra-abdominal pressure changes during natural movements in man. *Acta Physiologica Scandinavica*, 103, 275-283.
- Guo, L. X., Teo, E. C.; Lee, K. K. i Zhang Q. H. (2005). Vibration characteristics of the human spine under axial cyclic loads: effect of frequency and damping. *Spine*, 30, 631-637.
- Has, C. J.; Feigenbaum, M. S. i Franklin, B. A. (2001). Prescription of resistance training for healthy populations. *Sports Medicine*, 31, 953-964.
- Hemborg, B.; Mortiz, U.; Hamberg, J.; Löwing, H. i Akesson, I. (1983). Intra-abdominal pressure and trunk muscle activity during lifting. Effect of abdominal muscle training in healthy subjects. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*, 15, 183-196.
- Hodges, P. W. (1999). Is there a role for transversus abdominis in lumbo-pelvic stability? *Manual Therapy*, 4, 74-86.
- Hodges, P. W. i Richardson, C. (1999). Altered trunk muscle recruitment in people with low back pain with upper limb movement at different speeds. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 80, 1005-1012.
- Juker, D.; McGill, S. M.; Kropf, P. i Steffen, T. (1998). Quantitative intramuscular myoelectric activity of lumbar portions of psoas and the abdominal wall during a wide variety of tasks. *Medicine y Science in Sports y Exercise*, 30, 301-310.
- Kanehisa, H. i Miyashita, M. (1983a). Effect of isometric and isokinetic muscle training on static strength and dynamic power. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 50, 365-371.
- (1983b). Specificity of velocity in strength training. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 52, 104-106.
- Kennedy, B. (1980). An Australian programme for management of back problems. *Physiotherapy*, 66, 108-111.
- Kim, J. Y. i Marras, W. S. (1987). Quantitative Trunk muscle Electromyography during lifting at different speeds. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 1, 219-229.
- Knudson, D. (1999). Issues in abdominal fitness: testing and technique. *Journal of Physical Education, Recreation y Dance*, 70, 49-55,64.
- Konrad, P.; Schmitz, K. i Denner, A. (2001). Neuromuscular evaluation of trunk-training exercises. *Journal of Athletic Training*, 36, 109-118.
- Korsten, M. A.; Fajardo, N. R.; Rosman, A. S.; Creasey, G. H., Spungen, A. M. i Bauman, W. A. (2004). Difficulty with evacuation after spinal cord injury: colonic motility during sleep and effects of abdominal wall stimulation. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 41, 95-100.
- Kumar, A.; Varghese, M.; Mohan, D.; Mahajan, P.; Gulati, P. i Kale, S. (1999). Effects of whole-body vibration on the low back. A study of tractor-driving farmers in north India. *Spine*, 24, 2506-2515.
- Langbein, W. E.; Maloney, C.; Kandare, F.; Stanic, U.; Nemchausky, B. i Jaeger, R. J. (2001). Pulmonary function testing in spinal cord injury: effects of abdominal muscle stimulation. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 38, 591-597.
- MacDougall, J. D.; Tuxen, D.; Sale, D. G.; Moroz, J. R. i Sutton, J. R. (1985). Arterial blood pressure response to heavy resistance training. *Journal of Applied Physiology*, 58, 785-790.
- 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, 437-443.
- McArdle, W.; Katch, F. i Daatch, V. (1995). *Fisiología del ejercicio. Energía, nutrición y rendimiento humano*. Madrid, Spain: Alianza Deporte.
- McDonagh, M. J. N. i Davies, C. T. M. (1984). Adaptive response of mammalian skeletal muscle to exercise with high loads. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 52, 139-155.
- McGill, S. M. (1991). Electromyographic activity of the abdominal and low back musculature during the generation of isometric and dynamic axial trunk torque: implications for lumbar mechanics. *Orthopaedic Research Society*, 9, 91-103.
- (1995). The mechanics of torso flexion: situps and standing dynamic flexion manoeuvres. *Clinical Biomechanics*, 10, 184-192.
- Mens, J. M.; Snijders, C. J. i Stam, H. J. (2000). Diagonal trunk muscle exercises in peripartum pelvic pain: a randomized clinical trial. *Physical Therapy*, 80, 1164-1173.
- Miller, M. i Medeiros, J. (1987). Recruitment of internal oblique and transversus abdominis muscles during the eccentric phase of the curl-up exercise. *Physical Therapy*, 67, 1213-1217.
- Monfort, M. (1998). *Musculatura del tronco en ejercicios de fortalecimiento abdominal*. Valencia, Spain: Servei de Publicacions de la Universitat de València.
- Müller, E.; Benko, U.; Raschner, C. i Schwameder, H. (2000). Specific fitness training and testing in competitive sports. *Medicine y Science in Sports y Exercise*, 32, 216-220.
- Nachemson, A. i Elfström, G. (1970). *Intravital dynamic pressure measurements in lumbar discs*. Stockholm, Sweden: Almquist y Wilsell AB.
- Narici, M. V.; Roi, G. S.; Landoni, L.; Minetti, A. E. i Cerretelli, P. (1989). Changes in force, cross-sectional area and neural activation during strength training and detraining of the human quadriceps. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 59, 310-319.
- Norris, C. M. (1993). Abdominal muscle training in sport. *British Journal of Sports Medicine*, 27, 19-27.
- O'Sullivan, P.B., Twomey, L.T. i Allison, G.T. (1997). Evaluation of specific exercise in the treatment of chronic low back pain with radiological diagnosis of spondylolysis and spondylolisthesis. *Spine*, 22, 2959-2967.
- Pérez, M.; Lucia, A.; Rivero, J. L. L.; Serrano, A. L.; Calbet, J. A. L., Delgado, M. A. i Chicharro, J.L. (2002). Effects of transcutaneous short-term electrical stimulation on M. vastus lateralis characteristics of healthy young men. *Pflugers Archiv. European Journal of Physiology*, 443, 866-874.
- Petrofsky, J. S. i Phillips, C. A. (1986). The physiology of static exercise. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 14, 1-44.
- Pollock, M. L.; Graves, J. E.; Bamman, M. M.; Leggett, S. H.;



- Carpenter, D. M., Carr, C.; Cirulli, J.; Matkožich, J. i Fulton, M. (1993). Frequency and volume of resistance training: effect on cervical extension strength. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 74, 1080-1086.
- 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, 165-172.
- Richardson, C. i Toppenberg, R. (1990). An initial evaluation of eight abdominal exercises for their ability to provide stabilisation for the lumbar spine. *Australian Journal of Physiotherapy*, 36, 6-11.
- Richardson, C.; Jull, G.; Toppenberg, R. i Comerford, M. (1992). Techniques for active lumbar stabilisation for spinal protection: a pilot study. *Australian Journal of Physiotherapy*, 38, 105-112.
- Rittweger, J.; Just, K.; Kautzsch, K.; Reeg, P. i Felsenberg, D. (2002). Treatment of chronic lower back pain with lumbar extension and whole-body vibration exercise. A randomized controlled trial. *Spine*, 27, 1829-34.
- Sarti, M. A.; Monfort, M.; Fuster, M. A. i Villaplana, L. A. (1996). Muscle activity in upper and lower rectus abdominis during abdominal exercises. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 77, 1293-1297.
- Smidt, G. L.; Blanpied, P. R. i White, R. W. (1989). Exploration of mechanical and electromyographic responses of trunk muscles to high-intensity resistive exercise. *Spine*, 14, 815-30.
- Snijders, C. J.; Ribbers, M. T. L. M.; Baker, H. V., Stoekart, R. i Stam, H.J. (1998). EMG recording of abdominal and back muscles in various standing postures: validation of a biomechanical model on sacroiliac joint stability. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 8, 205-214.
- Sorichter, S.; Mair, J.; Koller, A.; Secnik, P.; Parrak, V.; Haid, C. Muller, E. i Puschendorf, B. (1997). Muscular adaptation and strength during the early phase of eccentric training: influence of the training frequency. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29, 1646-1652.
- Souza, G. M.; Baker, L. L. i Powers, C. M. (2001). Electromyographic activity of selected trunk muscles during dynamic spine stabilization exercises. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 82, 1551-1557.
- Sparto, P. J.; Parnianpour, M.; Reinsel, T. E. i Simon, S. (1997). The effect of fatigue on multijoint kinematics, coordination, and postural stability during a repetitive lifting test. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 25, 3-12.
- Taaffe, D. R.; Duret, C.; Wheeler, S. i Marcus, R. (1999). Once-weekly resistance exercise improves muscle strength and neuromuscular performance in older adults. *Journal of the American Geriatrics Society*, 47, 1208-1214.
- Thomas, T. R. i Ridder, M. B. (1989). Resistance exercise program effects on abdominal function and physique. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 29, 45-48.
- Thorstensson, A.; Oddsson, L. i Carlson, H. (1985). Motor control of voluntary trunk movements in standing. *Acta Physiologica Scandinavica*, 125, 309-321.
- Torvinen, S.; Kannus, P.; Sievanen, H.; Jarvinen, T. A.; Pasanen, M.; Kontulainen, S.; Jarvinen, T. L.; Jarvinen, M.; Oja P. i Vuori I. (2002). Effect of a vibration exposure on muscular performance and body balance. Randomized cross-over study. *Clinical Physiology & Functional Imaging*, 22, 145-152.
- Torvinen, S.; Kannus, P.; Sievanen, H.; Jarvinen, T. A.; Pasanen, M.; Kontulainen, S.; Nenonen, A.; Jarvinen, T. L.; Paakkala, T.; Jarvinen, M. i Vuori I. (2003). Effect of 8-month vertical whole body vibration on bone, muscle performance, and body balance: a randomized controlled study. *Journal of Bone and Mineral Research*, 18, 876-884.
- Tsujimoto, T.; Takano, M.; Ishikawa, M.; Tsuruzono T.; Matsumura, Y.; Kitano, H.; Yoneda, S.; Yoshiji, H.; Yamao, J. i Fukui, H. (2004). Onset of ischemic colitis following use of electrical muscle stimulation (EMS) exercise equipment. *Internal Medicine*, 43, 693-695.
- Tucci, J. T.; Carpenter, D. M.; Pollock, M. L.; Graves, J. E. i Leggett, S. H. (1991). Effect of reduced frequency of training and detraining on lumbar extension strength. *Spine*, 17, 1497-1501.
- Van Dieën, J. H. (1996). Asymmetry of erector spinae muscle activity in twisted postures and consistency of muscle activation patterns across subjects. *Spine*, 21, 2651-2661.
- Vera-García, F. J. (2002). *Adaptaciones neuromusculares tras un programa de entrenamiento abdominal dinámico y otro estático*. Valencia, Spain: Servei de Publicacions de la Universitat de València.
- Vera-García, F. J.; Grenier, S. G. i McGill, S. M. (2000). Abdominal response during curl-ups on both stable and labile surfaces. *Physical Therapy*, 80, 564-569.
- Vera-García, F. J.; López Elvira, J. L.; Alonso Roque, J. I., Flores-Parodi, B.; Arroyo Fenoll, N. i Sarti Martínez, M. A. (2005). Jocs motors. Una alternativa per enfortir els músculs de l'abdomen. *Apunts. Educació Física i Esports* (79), 80-85.
- Vezina, M. J. i Hubble-Kozey, C. L. (2000). Muscle activation in therapeutic exercises to improve trunk stability. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 81, 1370-1379.
- Vinge, O.; Edvardsen, L.; Jensen, F., Jensen, F. G., Wernerman, J. i Kehlet, H. (1996). Effect of transcutaneous electrical muscle stimulation on postoperative muscle mass and protein synthesis. *British Journal of Surgery*, 83, 360-363.
- Wayar, L.; Mont, L.; Silva, R. M. F. L.; Alvarenga, N.; Fosch, X.; Castro, J. i Brugada, J. (2003). Electrical interference from an abdominal muscle stimulator unit on an implantable cardioverter defibrillator: report of two consecutive cases. *Pace*, 26, 1292-1293.
- Whiting, W. C.; Rugg, S.; Coleman, A. i Vincent, W. J. (1999). Muscle activity during sit-ups using abdominal exercise devices. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 13, 339-345.
- Zupan, A.; Savrin, R.; Erjavec, T.; Kralj, A.; Karcnick, T.; Skorjanc, T.; Benko, H. i Obreza, P. (1997). Effects of respiratory muscle training and electrical stimulation of abdominal muscles on respiratory capabilities in tetraplegic patients. *Spinal Cord*, 35, 540-545.