

Efecte de les vibracions mecàniques en l'entrenament de força

PEDRO MANONELLES MARQUETA*

Llicenciat en Medicina i Cirurgia. Especialista en Medicina de l'Esport

LUIS GIMÉNEZ SALILLAS

Doctor en Medicina i Cirurgia. Professor Titular E.U. Ciències de la Salut.

Universidad de Zaragoza.

E.U. de Ciències de la Salut. Departament de Fisiatria i Infermeria

JAVIER ÁLVAREZ MEDINA

Doctor en Ciències de l'Activitat física i de l'esport.

Professor Associat Facultat Ciències de la Salut i de l'Esport.

Universidad de Zaragoza

E.U. de Ciències de la Salut. Departament de Fisiatria i Infermeria

BLAS GARCÍA RIVAS

Fisioterapeuta Hospital Universitario Lozano Blesa.

E.U. de Ciències de la Salut

Correspondència amb autors

* *manonelles@telefonica.net*

Resum

El treball té com a objectiu l'estudi del comportament del salt en dones no entrenades davant d'un entrenament en plataforma de vibració mecànica amb finalitats de propiocepció inicial i de força posteriorment.

Es van estudiar 14 dones no entrenades. Es va utilitzar una plataforma vibratòria Zeptor® amb dues plataformes oscil·latòries. L'entrenament es va realitzar en 2 fases durant 4 setmanes (5 dies/sem): Fase 1: Entrenament de propiocepció (frec. theta: 3,5-7,5 Hz). Fase 2: Entrenament de força (frec. alfa: 7,5-12,5 Hz).

Es va utilitzar el test de salt vertical de Lewis que avalua la potència anaeròbica alàctica. El test es va realitzar els dies 1, 14 i 28 del període d'estudi.

Es va utilitzar el programa SPSS 11.5 amb estadística descriptiva i analítica, amb prova *t* de Student entre variables de dades aparellades. Diferències estadísticament significatives per a $p \leq 0,05$.

S'ha observat un augment significatiu ($p = 0,049$) del salt de la primera ($31,52 \pm 5,38$) a la segona determinació ($33,33 \pm 5,47$) i un augment significatiu ($p = 0,022$) del salt de la primera ($31,52 \pm 5,38$) a la tercera determinació ($33,59 \pm 5,36$).

L'entrenament mitjançant exercici en la plataforma de vibració mecànica provoca un augment del salt per l'increment de la força dels músculs extensors del genoll.

Paraules clau

Entrenament. Plataforma de vibració. Força.

Abstract

Effect of mechanical vibrations on strength training

The work wants to study the performance of a jump on non-trained women with a training on a mechanical vibration plate and their performance related with self-perception and strength.

14 non-trained women were studied. A Zeptor® vibration plate with two oscillatory plates was used. The training program was realized in 2 periods for 4 weeks (5 days a week): Period 1: Self-perception training (frec. theta: 3,5-7,5 Hz). Period 2: Strength training (frec. alfa: 7,5-12,5 Hz).

Lewis vertical jump test was used due to its evaluation of alactic anaerobic power. The subjects were tested on the 1st, 14th, and 28th days during the study period.

*The SPSS 11.5 program with descriptive and analytic statistics was used, with *t* test of Student among paired data. Statistically significant differences for $p \leq 0,05$.*

A significant increase has been detected ($p = 0,049$) from the first jump test ($31,52 \pm 5,38$) to the second one ($33,33 \pm 5,47$) and a significant increase ($p = 0,022$) from the first test ($31,52 \pm 5,38$) to the third jump test. ($33,59 \pm 5,36$).

The training with a mechanical vibration plate makes an improvement on jumps due to an strength increase on extension knee muscles.

Key words

Training, Vibration plate, Strength.

Introducció

Vibració mecànica

“La vibració és un moviment ràpid oscil·latori de vaivé” (*Diccionari terminològic de ciències mèdiques*). Les vibracions mecàniques (VM), en funció de la seva freqüència i amplitud, de la durada de les sessions i del temps durant el qual se’n manté l’aplicació, tenen diversos efectes en diferents nivells de l’organisme com a estimulació de nombrosos receptors cutanis i fusos musculars (Cordo i cols., 1995), generació de reflexos, com el reflex tònic vibratori o de cicle curt d’estirament, canvis en les concentracions de neurotransmissors, com la dopamina o la serotonina, canvis en la concentració d’hormones com la cortisona, que baixa la concentració mitjançant la vibració (Bosco i cols., 2000), l’hormona del creixement, de la qual augmenta la concentració (Bosco i cols., 2000; Cardinale i Pope, 2003) i la testosterona (Bosco i cols., 2000; Cardinale i Pope, 2003) i prevenció de la sarcopènia i possiblement de l’osteoporoïsi (Cardinale i Pope, 2003).

Com a conseqüència dels variats efectes de les VM sobre el cos, se n’han trobat diverses aplicacions, tant en el tractament de diversos processos patològics com en múltiples aspectes de la preparació física i de l’entrenament esportiu.

No hi ha una relació lineal entre la generació de l’estímul vibratori i els efectes fisiològics aconseguits i com a conseqüència d’això els programes terapèutics i d’entrenament físic han de ser estructurats sobre les necessitats d’adaptació individual.

Hi ha diverses investigacions que demostren modificacions de diversos aspectes de les qualitats físiques mitjançant l’aplicació de VM. S’ha observat millora de la força dels braços en boxadors (Bosco, Cardinale i Tsarpela), millora de l’excitabilitat neuromuscular (NM) a través d’una alteració en els patrons de reclutament NM aconseguits amb un entrenament d’extensors de genoll amb vibració corporal (Rittweger, Mutschelknauss i Felsenberg, 2003), millora de la potència aeròbica i possibilitat de control paramètric de l’entrenament amb l’exercici de vibració corporal total en funció de la freqüència i l’amplitud de la VM i per l’aplicació de càrregues addicionals (Rittweger i cols., 2002). També s’ha trobat un augment remarcable i estadísticament significatiu en la velocitat, força i potència musculoesquelètica, mitjançant l’exposició a VM i que s’ha atribuït a factors neurològics (Bosco i cols., 1999). S’ha establert la utilitat de la vibració corporal total com a entrenament

(Rittweger, Beller i Felsenberg, 2000) i un augment de la força en dones no entrenades (Roelants i cols., 2004) i guany de força en extensors del genoll, en dones no entrenades, de la mateixa magnitud que l’entrenament de resistència d’intensitat moderada (Delecluse, Roelants i Verschueren, 2003). S’ha trobat augment de l’altura vertical del salt, però sense efecte sobre l’os en joves (Torvinen i cols., 2003). S’ha vist millora transitòria en l’altura del salt, en la força d’extensió isomètrica de les extremitats inferiors i en l’equilibri corporal (Torvinen i cols., 2002) i s’ha trobat increment de la potència metabòlica deguda a activitat muscular (Rittweger, Schiessl i Felsenberg, 2001).

Les plataformes que produeixen vibració mecànica (PVM) sobre grans grups musculars han demostrat interessants efectes sobre diferents aparells i sistemes de l’organisme que, com és lògic, poden ser d’utilitat en determinats camps de l’entrenament esportiu. S’han utilitzat diferents sistemes que fan servir l’efecte vibratori en funció de l’altura de la vibració, la freqüència utilitzada i la possibilitat de ser emprades en extremitats inferiors i superiors o solament en les inferiors. En la major part dels casos es tracta de superfícies úniques amb freqüències altes fixes i amb altures de desplaçament petites. La plataforma Zeptor presenta com a característiques principals: la variació estocàstica de la vibració i l’ocupació de dues superfícies de suport independents, una per a cada extremitat; a més a més el moviment és actiu en els eixos craniocaudal i laterolateral, mentre s’afegeix un element passiu de pronosupinació del peu.

Aquest treball té com a objectiu determinar si es produeix una millora de la força de l’extremitat inferior amb el treball continuat en plataforma vibratòria en dones no entrenades.

Material i mètodes

El grup d’estudi ha estat format per 14 voluntàries, no practicants habituals d’esport, alumnes de l’Escola de Ciències de la Salut de Saragossa, que van acceptar la participació en l’estudi un cop informades de la seva metodologia i objectius.

Els criteris d’inclusió van ser:

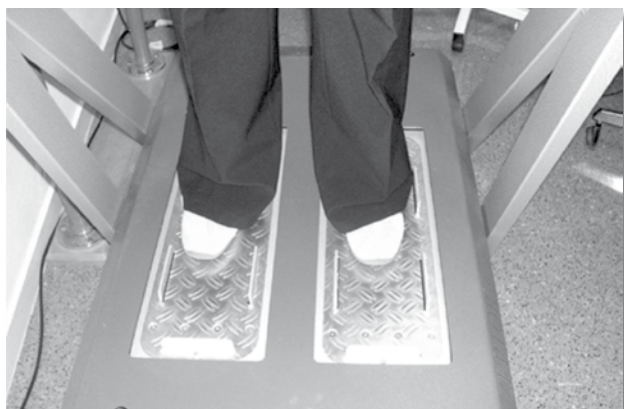
- Sexe femení.
- Edat: 20-25 anys.
- No ser esportista habitual ni de competició.
- No realitzar cap tipus d’entrenament estructurat.

	N	Minim	Màxim	Mitjana	Desv. Típ.
Edat	14	20,00	24,00	20,9286	1,32806
Pes	14	48,00	72,00	61,5000	7,18706
Talla	14	157,00	179,00	166,5000	6,06059

▲
Taula 1
Característiques de les participants.



▲
Figura 1
Plataforma de vibració. Vista lateral.



▲
Figura 2
Plataforma de vibració. Vista posterior.

Les característiques de les participants en el treball es mostren en la *taula 1*.

Entrenament en plataforma de vibració mecànica

L'estudi, de tipus prospectiu-descriptiu, va consistir en la realització d'entrenament en PVM Zeptor (Scisens GMBH. Frankfurt. Germany) que disposa de dues plataformes oscil·latòries, amb una amplitud d'oscil·lació de 3 mm i un tercer grau de llibertat passiu. Té una funció d'interacció amb sèries d'oscil·lacions aleatoritzades i una regulació de freqüència de 0,5 Hz a 12,5 Hz. (figs. 1 i 2).

L'entrenament es va realitzar durant quatre setmanes dividides en dues fases:

- Fase 1: Entrenament de propiocepció mitjançant la utilització de freqüències theta (3,5-7,5 Hz) que generen forces de nivell baix i que tenen acció i efectes alts sobre la propiocepció, però que tenen acció i efectes baixos sobre l'activitat muscular, la fatiga, la força i la potència.
- Fase 2: Entrenament de força mitjançant la utilització de freqüències alfa (7,5-12,5 Hz) que generen forces de nivell alt i que tenen acció i efectes alts sobre l'activitat muscular, la fatiga, la força i la potència, però que tenen acció i efectes baixos sobre la propiocepció.

L'entrenament en la plataforma de vibració es va realitzar durant cinc sessions diàries cadascuna de les quatre setmanes que va durar l'estudi, amb les característiques que s'exposen a la *taula 2*. La posició de treball va correspondre a la de mini-esquat amb flexió discretament més accentuada en la vibració de màxima intensitat (fig. 3).

La *taula 3* resumeix l'acció i els efectes de la plataforma de vibració mecànica Zeptor sobre aspectes fisiològics i mecànics segons la freqüència de vibració utilitzada.

Taula 2
Característiques de l'entrenament en la plataforma de vibració.

Setmana	1	2	3	4
Repeticions (nombre)	4	4	4	4
Temps d'estímul (segons)	90	90	120	120
Temps de repòs (segons)	30	30	60	60
Freqüència (Hertz)	6	7	10	12
Posició (graus flexió genolls)	110	110	110	110



Figura 3
Execució d'una sessió d'entrenament mitjançant vibració mecànica.

Efectes fisiològics i mecànics	Freqüència	
	theta (3,5-7,5 Hz)	alfa (7,5-12,5 Hz)
Forces generades	*	**
Activitat muscular	*	**
Fatiga	*	**
Efectes sobre força i potència	*	**
Efectes en propiocepció	**	*
Efecte: * moderat ** alt		

Taula 3
Acció i efectes de la plataforma de vibració mecànica Zeptor segons la freqüència utilitzada.

Test de salt de vertical de Lewis

Per a la valoració del comportament de la força de salt de les extremitats inferiors, que són les que van experimentar l'entrenament mitjançant plataforma de vibració mecànica, es va utilitzar el test de salt vertical o test de Lewis (Wilmore i Costill, 1999) que avalua la potència anaeròbica alàctica de les extremitats inferiors.

Es va utilitzar el test de salt vertical perquè es va considerar la prova més adequada per al tipus de població estudiada i el protocol triat.

Aquest test, que requereix una escassa implementació (una paret, un metre i guix per a marcar), és de considerable fiabilitat i és de fàcil realització per la seva simplicitat d'execució, atès que requereix un patró bàsic de moviment executable per qualsevol persona sense discapacitat ni lesió.

El test permet de determinar nivells de força i, més concretament, de força elàstica explosiva, per a la qual cal una bona coordinació intramuscular i intermuscular i una resposta neural adequada.

El test de salt es va realitzar els dies 1, 14 i 28 del període d'estudi. El dia 1 es van establir els valors de salt de cada subjecte sense que existís cap tipus d'adaptació a l'entrenament.

El dia 14, a mig estudi, es va determinar el valor del salt vertical per tal d'avaluar si es produïa millora de la força després de realitzar un període de treball de propiocepció.

El dia 28, últim dia de l'estudi, es va determinar el valor del salt vertical per comprovar si existia millora de la força després de realitzar un període de treball de força.

El protocol del test de salt vertical va consistir en un escalfament realitzat pujant i baixant dues vegades les escales de dues plantes (total 80 escales). Després es van



Figura 4
Test de salt vertical de Lewis.

	N	Mínim	Màxim	Mitjana ± D.S.
TEST1	14	21,00	41,30	31,52 ± 5,38
TEST2	14	21,00	39,30	33,33 ± 5,47
TEST3	14	22,00	42,30	33,59 ± 5,36

TEST1: Test de salt vertical (1a determinació).
TEST2: Test de salt vertical (2a determinació).
TEST3: Test de salt vertical (3a determinació).

Taula 4
Valors mitjans dels tests de Lewis.

realitzar 10 repeticions de l'exercici bàsic d'esquat amb el propi pes i deixant dos minuts per a estirar.

Es van fer tres intents. Es va prendre com a resultat la mitjana dels tres.

La tècnica del test de salt vertical de Lewis, amb moviment de braços, consisteix en una posició de partida amb el lateral del cos recolzat en una paret i amb un braç estès cap amunt; aleshores es fa una marca en el punt més alt possible amb el dit més llarg de la mà en posició estesa. (fig. 4).

Un cop feta aquesta marca se separa uns deu centímetres de la paret i després d'una semiflexió de genolls es realitza el salt tan amunt com sigui possible, i es torna a fer una marca amb guix en el punt més alt possible. L'execució del salt és lliure. La diferència entre els punts marcats correspon als centímetres de salt realitzats.

Anàlisi estadística

Estudi prospectiu, descriptiu i transversal. Per a l'anàlisi de les dades es va utilitzar un full Excel i el programa informàtic SPSS 11.5 per a Windows; es va realitzar una estadística descriptiva i analítica, utilitzant

la prova *t* de Student entre variables de dades aparellades per tal d'establir si existien diferències estadísticament significatives quan $p \leq 0,05$.

Resultats

A la *taula 4* es poden veure els valors mitjans i la desviació estàndard dels paràmetres i a la *taula 5* es mostren les variacions estadísticament significatives.

	Desviació típica	Sig. (bilateral)
TEST1-TEST2	3,13120	,049*
TEST1-TEST3	2,98623	,022*
TEST2-TEST3	1,23083	,448

TEST1: Test de salt vertical (1a determinació).
TEST2: Test de salt vertical (2a determinació).
TEST3: Test de salt vertical (3a determinació).
* $p < 0,05$.

Taula 5
Desviació típica i significativitat dels tests de Lewis.

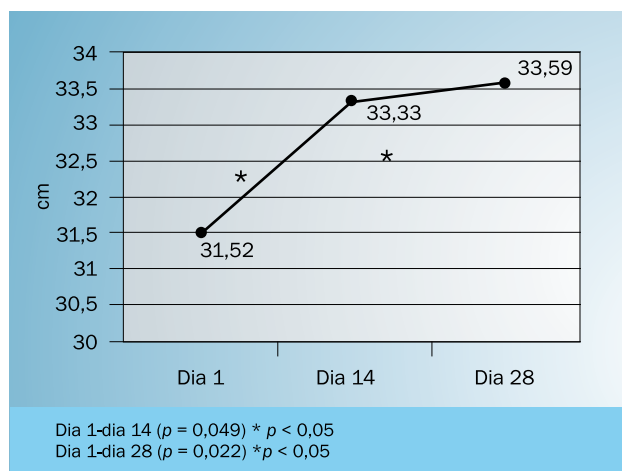


Figura 5

Variació del test de salt tot al llarg del període d'estudi.

Test de salt

En el test de Lewis s'han observat les següents variacions estadísticament significatives:

- Augment significatiu ($p = 0,049$) del salt de la primera ($31,52 \pm 5,38$) a la segona determinació ($33,33 \pm 5,47$). (Fig. 5).
- Augment significatiu ($p = 0,022$) del salt de la primera ($31,52 \pm 5,38$) a la tercera determinació ($33,59 \pm 5,36$). (Fig. 5).

Discussió

Pel que fa a la determinació de la força de la musculatura de l'extremitat inferior efectuada mitjançant el test de salt vertical de Lewis s'ha trobat un augment estadísticament significatiu ($p = 0,049$) del primer test ($31,52 \pm 5,38$) al segon ($33,33 \pm 5,47$) i també de la primera determinació ($31,52 \pm 5,38$) a la tercera ($33,59 \pm 5,36$), amb una significació $p = 0,022$.

L'augment de la determinació del segon test ($33,33 \pm 5,47$) a la del tercer test ($33,59 \pm 5,36$) no va ser estadísticament significatiu.

Els efectes de l'entrenament en plataforma de vibració mecànica, com forma d'entrenament NM, sobre la resposta motora del tren inferior, han generat diversos treballs que han demostrat millores de la condició física en diferents circumstàncies.

S'han estudiat els efectes aguts de l'exposició a PVM en períodes curts de temps i s'ha observat que una exposició de quatre minuts en PVM en subjectes joves i sans

provocava una millora transitòria del rendiment muscular i en l'equilibri comprovat mitjançant tests motors (estabilitat en plataforma, força de premsió, força isomètrica d'extensió de les extremitats inferiors, marxa "en tàndem", salt vertical i llançament) i electromiografia (Torvinen i cols., 2002).

La investigació dels canvis aguts en l'excitabilitat NM mitjançant exercici en plataforma de vibració mecànica, en comparació amb el treball convencional dels extensors del genoll, troba efectes sobre el nivell de lactat sanguini i sobre la percepció subjectiva d'esforç que suggereixen nivells comparables de fatiga en ambdós tipus d'exercici. Únicament s'aprecia una reducció significativa del temps fins a l'esgotament en l'exercici en plataforma de vibració mecànica. Després de l'esforç, es van observar efectes comparables sobre l'altura del salt vertical, igual que s'ha observat en el treball que es presenta, sobre el temps de contacte en el sòl i sobre el "torque" isomètric. Els autors van concloure que aquest tipus d'entrenament tenia efecte sobre els patrons de reclutament NM i que aparentment millorava l'excitabilitat NM, per la qual cosa aquest tipus d'exercici podia ser utilitzat per a dissenyar nous programes d'entrenament (Rittweger i cols., 2002).

En un treball realitzat en ciclistes, saltadors i practicants de "fitness" als quals es va aplicar una sessió de vibroestimulació, es va observar un increment de la força explosiva i un augment de les capacitats de salt, per la qual cosa els autors es van plantejar la utilització d'aquest mètode com a tècnica d'escalfament per a proves ràpides (Fetz i Kornexl, 1976).

Altres treballs demostren que una única sessió d'exercici de VM provoca un increment significatiu, encara que temporal, en la força de les extremitats inferiors (Roelants i cols., 2004) i en els flexors de braços (Rittweger, Mutschelknauss i Felsenberg, 2003).

L'entrenament en plataforma de vibració mecànica és tan efectiu com el treball de musculació dels extensors del genoll mitjançant exercicis dinàmics d'extensió del genoll, per a millora de la força d'extensió del genoll i velocitat de moviment i contramoviment en el rendiment de salt, en dones postmenopàusiques en un període d'entrenament de 24 setmanes (Kouzaki, Shinohara i Fukunaga, 2000).

L'entrenament en plataforma de VM, en dones joves no entrenades (mitjana d'edat 21,3 anys, similar al grup utilitzat en aquest estudi de 20,9 anys), realitzat durant 24 setmanes va induir un augment significatiu de la força dels músculs extensors del genoll similar a l'aconseguit mitjançant un programa d'entrenament de "fitness"

consistent en entrenament aeròbic o cardiovascular i de força (Roelants i cols., 2004). Un resultat similar amb augment significatiu de la força extensora dinàmica i isomètrica del genoll també va ser aconseguit en un altre grup de dones no entrenades, en una forma similar a l'entrenament convencional de resistència (Delecluse, Roelants i Verschueren, 2003).

L'entrenament de curta durada, dues setmanes, no produeix millora de l'activació muscular en la producció de força extensora del genoll isomètrica màxima ni augment de la quantitat total de força màxima, cosa que suggereix que és necessari un entrenament de més durada en el temps per tal d'aconseguir resultats en la millora del rendiment muscular (Roelants, Delecluse i Verschueren, 2004). En aquest treball sí que es van produir els efectes aguts de l'exercici, reducció de la força màxima voluntària de la flexió del genoll després de vibració, tal com s'ha comunicat en altres treballs (Rittweger, Beller i Felsenberg, 2000).

En un altre treball de més durada, 11 setmanes, realitzat en subjectes no entrenats no es van observar millores de la força dels extensors del genoll, però els subjectes només van entrenar tres dies per setmana, en sessions de 5 a 8 períodes d'un minut de durada amb un minut de repòs entre ells (De Ruiter i cols., 2003). Aquest treball suggereix que la consecució de resultats en la millora de la força necessita un major nombre de sessions d'entrenament setmanal amb exposicions de més temps.

En treballs on s'analitzen els efectes de l'entrenament de vibració mecànica a llarg termini s'ha trobat una millora de la potència de salt en joves sans després d'un programa de quatre mesos d'entrenament, cosa que suggereix una adaptació NM a l'estímul de vibració (Torvinen i cols., 2002). En un altre estudi del mateix grup van observar una millora d'un 7,8 % net en l'altura de salt vertical en joves sans després d'un programa d'entrenament amb vibració mecànica de vuit mesos de durada (Torvinen i cols., 2003).

En un altre treball, aquest dut a terme en dones postmenopàusiques, que van realitzar un entrenament de vibració mecànica de sis mesos de durada, es van observar millores de la força muscular isomètrica i dinàmica d'un 15 % i un 16 %, respectivament (De Ruiter i cols., 2003).

S'ha vist que, encara que la majoria de treballs refereixen millores en la funció muscular relacionades amb l'entrenament de plataforma de vibració mecànica, alguns altres no mostren aquesta millora (Verschueren i cols., 2004), cosa que és atribuïble d'una

banda als múltiples nivells fisiològics que s'afecten per la vibració mecànica i d'altra banda al fet que no existeix una relació lineal entre l'estímul de vibració i la reacció biològica que produeix (Humphries i cols., 2004). A més a més, cal considerar la intensitat i la durada dels programes utilitzats, perquè amb baixos nivells d'estimulació i curts períodes d'aplicació no sembla que es produeixin millores importants del rendiment muscular.

Conclusions

- L'entrenament propioceptiu i de força mitjançant plataforma vibratòria és tolerat perfectament per subjectes no entrenats, en aquest cas dones joves.
- L'entrenament mitjançant exercici en la PVM millora la resposta del test de Lewis.
- És raonable pensar que la conclusió anterior confirma un increment de la força dels músculs extensors del genoll utilitzant l'estímul vibratori en dones no entrenades prèviament.
- L'entrenament en PVM obre les possibilitats d'estudiar una millora del augment del rendiment muscular, partint de principis d'adequació propioceptiva amb sol·licitacions musculars intenses en curts períodes de temps d'estímul per sessió.

Bibliografia

- Bosco, C.; Colli, R.; Introini, E.; Cardinale, M. i Tsarpela, O. (1999). Madella A, Tihanyi J, Viru A. Adaptive responses of human skeletal muscle to vibration exposure. *Clin Physiol*; 19:183-187.
- Bosco, C.; Iacovelli, M.; Tsarpela, O.; Cardinale, M.; Bonifazi, J.; Tihanyi, J.; Viru, M.; De Lorenzo, A. i Viru, A. (2000). Hormonal responses to whole-body vibration in men. *Eur J Appl Physiol*; 81:449-454.
- Bosco, C.; Cardinale, M. i Tsarpela, O. Influence of vibration on mechanical power and electromyogram activity in human arm flexor muscles. *Eur J Appl Physiol G*.
- Cardinale, M. i Pope, M. H. (2003). The effects of whole body vibration on humans: dangerous or advantageous? *Acta Physiol Hung*; 90:195-206.
- Cordo, P.; Gurfinkel, V. S.; Bevan, L. i Kerr, G. K. (1995). Proprioceptive consequences of tendon vibration during movement. *J Neurophysiol*; 74:1675-1688.
- Delecluse, C.; Roelants, M. i Verschueren, S. (2003). Strength increase after whole-body vibration compared with resistance training. *Med Sci Sports Exerc*; 35:1033-1041.
- De Ruiter, C. J.; Van Der Linden, R.; Van der Zijden, M.; Hollander, A. i De Haan, A. (2003). Short-term effects of whole-body vibration on maximal voluntary isometric knee extensor force and rate of force rise. *Eur J Appl Physiol*; 88:472-475.
- De Ruiter, C. J.; Van Raak, S. M.; Schilperoort, J. V.; Hollander, A. P. i De Haan, A. (2003). The effects of 11 weeks whole body vibra-

- tion on jump height, contractile properties and activation of human knee extensors. *Eur J Appl Physiol*; 90:595-600.
- Diccionario terminológico de ciencias médicas* (1974). Barcelona: Salvat editores.
- Fetz F. i Kornexl, E. (1976). *Tests deportivo motores*. Buenos Aires: Ed. Kapelusz.
- Humphries, B.; Warman, G.; Purton, J.; Doyle, T. L. A. i Dugan, E. (2004). The influence of vibration on muscle activation and rate of force development during maximal isometric contractions. *J Sports Sci Med*; 3:16-22.
- Kouzaki, M.; Shinohara, M. i Fukunaga, T. (2000). Decrease in maximal voluntary contraction by tonic vibration applied to a single synergist muscle in humans. *J Appl Physiol*; 89:1420-1424.
- Rittweger, J.; Mutschelknauss, M. i Felsenberg, D. (2003). Acute changes in neuromuscular excitability after exhaustive whole body vibration exercise as compared to exhaustion by squatting exercise. *Clin Physiol Funct Imaging*; 23:81-86.
- Rittweger, J.; Ehrig, J.; Just, K.; Mutschelknauss, M.; Kirsch, K. A. i Felsenberg, D. (2002). Oxygen uptake in whole-body vibration exercise: influence of vibration frequency, amplitude, and external load. *Int J Sports Med*; 23:428-432.
- Rittweger, J.; Beller, G. i Felsenberg, D. (2000). Acute physiological effects of exhaustive whole-body vibration exercise in man. *Clin Physiol*; 20:134-142.
- Rittweger, J.; Schiessl, H. i Felsenberg, D. (2001). Oxygen uptake during whole-body vibration exercise: comparison with squatting as a slow voluntary movement. *Eur J Appl Physiol*; 86:169-173.
- Roelants, M.; Delecluse, C.; Goris, M. i Verschueren, S. (2004). Effects of 24 weeks of whole body vibration training on body composition and muscle strength in untrained females. *Int J Sports Med*; 25:1-5.
- Roelants, M.; Delecluse, C. i Verschueren, S. M. (2004). Whole-body-vibration training increases knee-extension strength and speed of movement in older women. *J Am Geriatr Soc*; 52:901-908.
- Torvinen, S.; Kannus, P.; Sievänen, H.; Järvinen, T. A. H.; Pasanen, M.; Kontulainen, S.; Nenonen, A.; Järvinen, T. L. N.; Paakkala, T.; Järvinen, M. i Vuori, I. (2003). Effect of 8-month vertical whole body vibration on bone, muscle performance and body balance: A randomized controlled study. *J Bone Miner Res*; 18:876-884.
- 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 and body balance. Randomized cross-over study. *Clin Physiol Funct Imaging*; 22:145-152.
- Verschueren, S. M. P.; Roelants, M.; Delecluse, C.; Swinnen, S.; Vanderschueren, D. i Boonen, S. (2004). Effect of 6-month whole body vibration training on hip density, muscle strength, and postural control in postmenopausal women: A randomized controlled pilot study. *J Bone Miner Res*; 19:352-359.
- Wilmore, J. H. i Costill, D. L. (1999). *Physiology of sport and exercise*. 2a Ed. Champaign: Human Kinetics.