

# apunts

MEDICINA DE L'ESPORT

www.apunts.org



ORIGINAL

## Resposta cardiovascular i respiratòria aguda derivada de l'aplicació d'estímuls vibratoris de magnitud diferent

Moisés de Hoyo Lora\*, Borja Sañudo Corrales i Luis Carrasco Páez

Facultat de Ciències de l'Educació, Universidad de Sevilla, Sevilla, Espanya

Rebut el 21 de juny de 2009; acceptat el 24 de juliol de 2009

### PARAULES CLAU

Vibracions mecàniques de cos sencer;  
Consum d'oxigen;  
Freqüència cardíaca;  
Pressió arterial

### Resum

**Introducció:** L'objectiu d'aquest estudi és conèixer la resposta dels sistemes cardiovascular i respiratori després de l'aplicació d'estímuls vibratoris de magnitud diferent, analitzant la freqüència cardíaca (FC), la pressió arterial (PA) i el consum d'oxigen ( $VO_2$ ).

**Mètodes:** Els subjectes participants en l'estudi, que en el moment dur-lo a terme presentaven: edat mitjana,  $22 \pm 3,89$  anys; altura,  $1,76 \pm 0,61$  m; massa corporal,  $75,56 \pm 8,83$  kg, i índex de massa corporal (IMC),  $24,49 \pm 2,30$  kg/m<sup>2</sup>, van ser distribuïts en tres grups aleatòriament, i cadascun va ser sotmès a una sessió d'estímuls vibratoris de magnitud diferent: GEA (30 Hz i 4 mm), GEB (26 Hz i 4 mm) i GEC (20 Hz i 4 mm).

**Resultats:** Els resultats van mostrar una resposta semblant en els diversos grups establerts, i no hi havia una relació directa entre la magnitud de l'estímul vibratori i la resposta fisiològica. D'altra banda, les modificacions experimentades en els tres grups van ser estadísticament significatives en el cas del  $VO_2$  i l'FC, mentre que la resposta va ser més variable en el cas de la PA.

**Conclusions:** A la vista de les dades obtingudes, es podria afirmar que l'aplicació d'estímuls vibratoris, utilitzant paràmetres habituals d'entrenament, no és suficient per provocar adaptacions fisiològiques relacionades amb les variables analitzades.

© 2009 Consell Català de l'Esport. Generalitat de Catalunya. Publicat per Elsevier España, S.L. Tots els drets reservats.

\*Autor per a correspondència.

Correu electrònic: dehoyolora@us.es (M. de Hoyo Lora).

**KEYWORDS**

Whole body vibration;  
Oxygen uptake;  
Heart rate;  
Blood pressure

**Cardiovascular and respiratory response resulting from the application of vibratory stimuli with different magnitudes****Abstract**

*Introduction:* The aim of the current study is to determine the cardiovascular and respiratory systems response after different vibratory stimuli. Heart rate (HR), blood pressure (BP) and oxygen uptake ( $VO_2$ ) were analyzed during the training. Subjects ( $22 \pm 3.89$  yr, height:  $1.76 \pm 0.61$  m; weight:  $75.56 \pm 8.83$  kg; IMC:  $24.49 \pm 2.30$  kg/m<sup>2</sup>) were randomly allocated to one of three groups.

*Material and methods:* Each group performed a vibratory training session with different magnitude: GEA (30 Hz and 4 mm), GEB (26 Hz and 4 mm) and GEC (20 Hz and 4 mm).

*Results:* A similar response in all groups and a direct relationship between vibratory magnitude and physiological response wasn't established. In other hand, significant differences in  $VO_2$  and HR were found in the three groups, being the response regarding BP more variable.

*Conclusions:* It may be concluded that the use of vibratory stimuli with in standard training parameters is not enough to induce physiological adaptations in relation to the variables analyzed.

© 2009 Consell Català de l'Esport. Generalitat de Catalunya. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

**Introducció**

El camp científic amb més tradició en l'estudi de les vibracions mecàniques i els seus efectes sobre l'organisme és l'ergonomia, i les recerques s'han centrat en l'estudi dels efectes adversos derivats de l'exposició perllongada a les vibracions en l'àmbit del treball. Amb tot, els primers estudis sobre els possibles efectes positius de l'estimulació vibratòria sobre l'organisme es van dur a terme en l'esport, amb unes característiques radicalment diferents quant a freqüència, amplitud i temps d'aplicació. Així doncs, han proliferat els treballs que mostren, fonamentalment, els efectes beneficiosos de les vibracions mecàniques sobre el rendiment neuromuscular en diferents mostres<sup>1-6</sup>. El mecanisme pel qual les vibracions mecàniques de cos sencer produeixen aquesta resposta neuromuscular encara no s'ha aclarit, si bé s'ha proposat que implica els reflexos monosinàptics, els quals són induïts per l'estirament-escurçament continuat produït als músculs que actuen sobre les articulacions en què s'absorbeix la vibració<sup>7</sup>.

Avui dia l'entrenament vibratori desperta un gran interès en el camp de la fisiologia i la medicina de l'esport, i cada vegada es duen a terme més investigacions i treballs de revisió a fi de descriure rigorosament aquesta forma d'exercici<sup>8-12</sup>.

Més recentment se n'ha estès l'ús a l'àmbit clínic, de manera que persones grans<sup>13,14</sup>, malalts coronaris<sup>15</sup>, lesionats medul·lars<sup>16</sup>, subjectes exposats a llargs períodes d'enllitament<sup>17,18</sup> i fins i tot pacients amb lumbàlgies cròniques<sup>19</sup> s'han beneficiat del tractament mitjançant vibracions. S'ha passat, doncs, a investigar els efectes potencials en altres àrees que afecten la salut i la qualitat de vida. Malgrat que les vibracions mecàniques s'han aplicat en els entrenaments, en general d'atletes, es pretén esbrinar si hi ha un benefici amb un abast més generalitzat, com pot ser el benestar de la vida diària<sup>20</sup>.

Pel que fa a la resposta del sistema cardiovascular, els primers estudis que pretenien analitzar els efectes derivats de l'aplicació de vibracions es van emprendre des del punt de vista de la medicina del treball. En aquells treballs es van estudiar diversos individus que presentaven trastorns vasoespàstics als dits<sup>20</sup>. Des de la perspectiva de l'entrenament i de la rehabilitació, un dels primers estudis realitzats va ser el de Kerschman-Schindl et al<sup>21</sup>, els quals van analitzar el volum sanguini muscular del gastrocnemi i quàdriceps femoral, el flux sanguini de l'artèria poplitàia, la pressió arterial (PA) i la freqüència cardíaca (FC). Després de l'exercici, els dos primers paràmetres van augmentar significativament, mentre que els altres dos no van presentar modificacions significatives. També són rellevants els estudis realitzats per Rittweger et al<sup>22-24</sup>, que han analitzat, entre altres paràmetres, el consum d'oxigen ( $VO_2$ ), l'FC, la PA i la concentració de lactat en sang. Atenent als resultats derivats dels seus estudis, els autors van concloure que l'entrenament amb vibracions millora de manera substancial la potència metabòlica i, de retruc, l'activitat muscular. S'ha demostrat que l'activitat electromiogràfica augmenta durant l'aplicació de vibracions mecàniques de cos sencer<sup>1,25</sup> i que pot provocar una activitat muscular suficient per incrementar el treball muscular de tot l'organisme, tot manifestant-se una més elevada absorció d'oxigen<sup>23</sup>. Igualment, s'ha observat un augment lineal en el  $VO_2$  amb l'increment de la freqüència de vibració<sup>24</sup>. Estudis més recents, com els de Cochrane et al<sup>6</sup>, també vénen a confirmar aquesta hipòtesi, en mostrar augments significatius del paràmetre esmentat tant en gent gran com en joves.

En qualsevol cas, cal tenir en compte que una gran part d'aquestes recerques s'han dut a terme mitjançant entrenaments vibratoris d'una magnitud que, segons la norma ISO 2631-1<sup>26</sup>, es pot considerar excessiva i generar efectes adversos sobre la salut<sup>27</sup>. En aquest sentit, la bibliografia

recomana exposicions continuades que no superin els 60-90 s<sup>28</sup>. Malgrat aquestes recomanacions, no s'ha definit amb exactitud el tipus d'estímul més apropiat per aconseguir adaptacions positives des del punt de vista fisiològic i funcional. A més, continua sense estar definida amb rotunditat la resposta del sistema cardiovascular, així com la seva cinemàtica al llarg de tota l'exposició a l'estímul vibratori. I aquest aspecte és de vital importància, ja que permetria fonamentat l'ús d'aquest tipus de dispositius per aconseguir adaptacions en l'esmentat sistema. Per tot això, l'objectiu d'aquest treball és definir la resposta cardiovascular, com també l'evolució dels seus paràmetres principals (VO<sub>2</sub>, l'FC i la PA), en el decurs de tres protocols d'estimulació vibratòria de curta durada i freqüència variable.

## Material i mètodes

### Mostra

En aquest estudi han participat en total 30 homes actius, tots estudiants universitaris. En el moment de l'estudi els subjectes presentaven una edat (mitjana ± desviació típica [DT]) de 22,00 ± 3,89 anys, una altura d'1,76 ± 0,61 m, una massa corporal de 75,56 ± 8,83 kg i un índex de massa corporal (IMC) de 24,49 ± 2,30 kg/m<sup>2</sup> (taula 1). Els subjectes van ser distribuïts aleatòriament en tres grups de la mateixa grandària (GEA, GEB, GEC). En qualsevol cas, els criteris d'exclusió van ser: presència de malalties cardiovasculars, respiratòries, abdominals, urinàries, neurològiques, musculoesquelètiques o cròniques, com també la presència de pròtesi o l'administració de medicaments que poguessin afectar el sistema musculoesquelètic. Tots els participants van donar el seu consentiment informat per escrit abans d'iniciar-se l'estudi, i el protocol va ser aprovat pel Comitè Ètic de la Universitat de Sevilla.

### Procediment

#### Protocol de vibració

Tots els subjectes van ser sotmesos a 5 sèries d'1 min de durada amb el mateix temps de recuperació entre sèries (1 min). Per a cada grup es van utilitzar uns paràmetres vibratoris diferents: en el GEA la freqüència va ser de 30 Hz i l'amplitud de 4 mm; en el GEB la freqüència va ser de 26 Hz i l'amplitud de 4 mm, i finalment en el GEC la freqüència va ser de 20 Hz i l'amplitud de 4 mm. Els participants es van situar en bipedestació sobre una plataforma vibratòria Gali-

leo Fitness® (Novotec, Alemanya) i mantenint-se en un angle de flexió de genolls de 110 graus durant tota la prova.

#### Consum d'oxigen (VO<sub>2</sub>)

A l'inici de la intervenció es va establir el nivell de referència basal del VO<sub>2</sub>, que va ser analitzat prèviament a la prova durant 3 min mentre el subjecte estava assegut, prenent-ne com a referència el valor mitjà. Per obtenir els valors d'aquest paràmetre es va utilitzar un analitzador de gasos portàtil VO200 Medgraphics® (Medical Graphics, Estats Units). Durant la prova els valors van ser registrats de manera contínua, emprant un sistema de mesurament Breath by Breath, a partir del qual es va obtenir el registre del VO<sub>2</sub> en termes relatius, i eliminant els registres corresponents al període de recuperació entre sèries i prenent els valors en funció de la massa corporal (ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>).

#### Pressió arterial i freqüència cardíaca

Per a l'anàlisi de la PA sistòlica (PAS) i diastòlica (PAD) i l'FC es va utilitzar un tensiòmetre Omron® (MX2, Japó), amb un sistema de mesurament oscil·lomètric amb un rang de 30-280 mmHg i 40-200 batecs·min<sup>-1</sup>. El dispositiu es va col·locar al braç dret, situat damunt d'un suport, amb una angulació de 90 graus del colze, amb el subjecte en sedestació. Els valors es van registrar en repòs, després de romandre 5 min assegut i relaxat i justament després de finalitzar l'estímul vibratori en cadascuna de les sèries realitzades.

#### Anàlisi estadística

Les mesures obtingudes van ser bolcades en una base de dades i després analitzades emprant el paquet estadístic SPSS 15.0 per a Windows. Per a totes les dades es van computar els estadístics següents: mitjana aritmètica i desviació típica. Com a prova de normalitat es va utilitzar la prova de Kolmogorov-Smirnov. Per fer un contrast de mitjanes es van emprar les proves d'ANOVA per a mostres independents (intergrup) i la t d'Student per a mostres emparellades (intragrup). El nivell de significació establert va ser de 0,05.

## Resultats

Tot seguit mostrem els resultats més rellevants obtinguts en aquest estudi. Primerament cal indicar que després de la distribució aleatòria dels tres grups no es van trobar diferències estadísticament significatives en les variables

Taula 1 Dades descriptives de la mostra

Grup	Edat (anys)	Pes (kg)	Talla (m)	IMC (kg/m <sup>2</sup> )
GEA	22,90 ± 5,06	72,39 ± 9,46	1,73 ± 0,57	24,03 ± 2,63
GEB	22,00 ± 3,38	76,83 ± 10,01	1,76 ± 0,67	24,72 ± 2,46
GEC	23,20 ± 3,39	77,20 ± 6,31	1,77 ± 0,57	24,65 ± 1,89
Total	22,00 ± 3,89	75,56 ± 8,83	1,76 ± 0,61	24,49 ± 2,30

GEA: grup experimental 1; GEB: grup experimental 2; GEC: grup experimental 3.  
Dades presentades com a valors mitjans ± desviació típica.

descriptives mesurades i els paràmetres cardiovasculars i respiratoris de l'inici de l'estudi (taules 1 a 3).

En relació amb el post-test, no es van trobar diferències significatives en les variables  $VO_2$  i FC entre els diversos grups experimentals (taula 2 i figs. 3 i 4). Respecte de la PA, les dades també van mostrar, tant per a la PAS com per a la PAD, una absència de diferències significatives en fer la comparació intergrup (taula 3 i figs. 1 i 2).

Per la seva banda, la comparació intragrup del  $VO_2$  va mostrar, per als tres grups establerts, diferències estadísticament significatives en comparar els valors obtinguts després de les cinc sèries respecte de la situació pre-test. Si tenim en compte la variació màxima assolida, podem observar com per als GEB i GEC, aquesta es va obtenir en la cinquena sèrie (GEB =  $+6,73 \pm 1,47$  ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>; GEC =  $+5,84 \pm 3,02$  ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>), mentre que per al GEA, aquesta es va obtenir en la segona sèrie (GEA =  $+5,37 \pm 4,08$  ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>) (taula 2 i fig. 3).

En el cas de l'FC, la comparació intragrup va mostrar, en els tres grups analitzats, diferències estadísticament significatives per a les cinc sèries realitzades. En relació amb el pretest, l'increment experimentat va ser més gran: per al GEA en la quarta sèrie (GEA =  $+41,14 \pm 16,90$  batecs·min<sup>-1</sup>), mentre que per als GEB i GEC es va obtenir en la cinquena sèrie (GEB =  $+38,20 \pm 23,06$  batecs·min<sup>-1</sup>; GEC =  $+44,66 \pm 13,19$  batecs·min<sup>-1</sup>) (taula 2 i fig. 4).

Per a la PA, l'anàlisi intragrup va suposar, en el GEA, diferències estadísticament significatives ( $p < 0,05$ ), en el cas de la PAS, en les cinc sèries, tot observant-se la major variació en la segona (GEA =  $+16,89 \pm 10,48$  mmHg) (taula 3 i fig. 1); mentre que en el cas de la PAD, les diferències estadísticament significatives es van obtenir en les sèries 1, 2 i 4 ( $p < 0,05$ ), tot observant-se la major variació en la primera (GEA =  $+9,33 \pm 7,43$  mmHg). En el GEB no es van obtenir diferències estadísticament significatives en cap de les sèries, si bé és cert que la variació més gran es va obtenir en la sèrie 2 per a la PAS (GEB =  $+11,90 \pm 19,62$  mmHg) i en la sèrie 1 en la PAD (GEB =  $+6,30 \pm 13,49$  mmHg). En el cas del GEC, no es van trobar diferències estadísticament significatives per a la PAS en cap de les sèries realitzades, però sí per a la PAD en les sèries 1 i 2, tot observant-se la major variació en la primera (GEC =  $+18,17 \pm 17,03$  mmHg) (taula 3 i fig. 2).

## Discussió

Els objectius principals d'aquest estudi han estat, d'una banda, investigar la relació existent entre la freqüència de vibració i la resposta fisiològica associada i, per una altra, analitzar la cinemàtica de les variables cardiorespiratòries associades, durant una càrrega bàsica d'entrenament vibratori. En termes quantitius, els resultats han mostrat que la freqüència de vibració utilitzada no suposa un estrès diferent quan treballem amb freqüències recomanades per a l'entrenament. És cert que s'han observat diferències en realitzar la comparació intergrup, si bé en cap cas s'han pogut considerar estadísticament significatives. Atenent a aquests resultats, es podria indicar que quan es treballa amb protocols habituals d'entrenament amb vibracions mecàniques, els paràmetres utilitzats no suposen un estrès diferent per als sistemes cardiovascular i respiratori.

Taula 2 Valors sobre consum d'oxigen ( $VO_2$ ) i freqüència cardíaca (FC) en els tres grups establerts

Grup	$VO_2$ pre	$VO_2$ 1	$VO_2$ 2	$VO_2$ 3	$VO_2$ 4	$VO_2$ 5	FC pre	FC1	FC2	FC3	FC4	FC5
GEA	4,91 ± 2,13	8,83 ± 1,63**	10,29 ± 4,90*	9,62 ± 9,17**	9,68 ± 3,58**	8,70 ± 2,52**	68,85 ± 14,33	93,14 ± 18,79***	101,57 ± 25,24***	103,86 ± 17,53***	110,00 ± 18,52***	108,29 ± 17,91***
GEB	4,04 ± 1,78	10,11 ± 1,98***	10,39 ± 3,40**	9,49 ± 2,96**	9,31 ± 2,40**	10,77 ± 2,84***	67,50 ± 10,39	91,60 ± 21,79**	97,70 ± 21,12***	100,60 ± 22,22***	104,70 ± 26,85***	105,70 ± 27,99***
GEC	4,41 ± 3,24	9,38 ± 3,80**	9,84 ± 4,86**	9,17 ± 3,54***	9,74 ± 3,88**	10,26 ± 5,87*	65,17 ± 8,75	91,83 ± 12,19**	95,83 ± 18,54*	97,67 ± 22,46*	106,67 ± 18,90**	109,83 ± 17,52***

FC: freqüència cardíaca; GEA: grup experimental 1; GEB: grup experimental 2; GEC: grup experimental 3;  $VO_2$ : consum d'oxigen. Dades presentades com a valors mitjans ± desviació típica.

$VO_2$  (ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>) y FC (batecs·min<sup>-1</sup>) mesurats en la situació pre-test ( $VO_2$  pre y FC pre) i després de les cinc sèries realitzades (1, 2, 3, 4 y 5).

\*  $p < 0,05$ .

\*\*  $p < 0,01$ .

\*\*\*  $p < 0,001$  per a comparació intragrup.

**Taula 3** Valors sobre pressió arterial sistòlica (PAS) i diastòlica (PAD) en els tres grups establerts

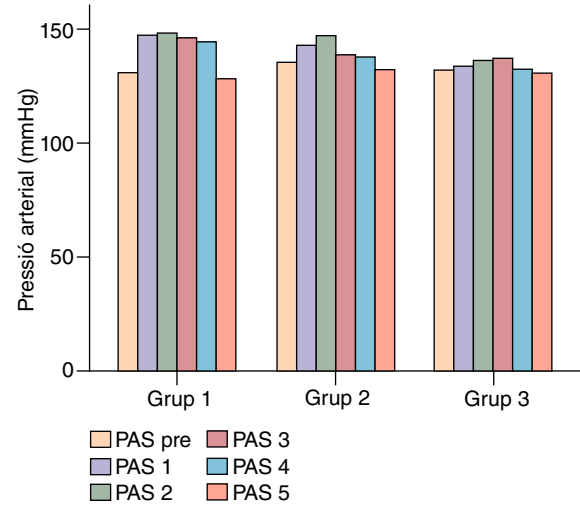
Grup	PAS pre	PAS1	PAS2	PAS3	PAS4	PAS5	PAD pre	PAD1	PAD2	PAD3	PAD4	PAD5
GEA	130,33±14,37	146,66±20,71**	147,22±17,70***	146,33±21,55**	143,66±22,30*	139,00±26,80	81,33±9,86	90,66±8,38**	89,88±9,26*	86,88±9,66	87,00±9,55*	85,77±14,66
GEB	134,90±12,53	142,30±22,26	146,80±24,29	138,50±29,22	137,10±24,81	136,50±28,83	82,30±8,60	88,60±15,94	85,20±13,39	80,90±19,46	78,40±16,74	74,60±18,52
GEC	131,50±10,29	133,33±33,54	135,83±10,79	136,50±10,96	131,83±13,70	130,16±15,27	77,83±3,97	96,00±13,95*	87,83±7,96	86,33±9,91	83,00±13,74	78,16±13,02

Dades presentades com a valors mitjans±desviació típica. PAS (mmHg) i PAD (mmHg) mesurades en la situació pretest (PAS pre i PAD pre) i després de les cinc sèries realitzades (1, 2, 3, 4 i 5); GEA: grup experimental 1; GEB: grup experimental 2; GEC: grup experimental 3.

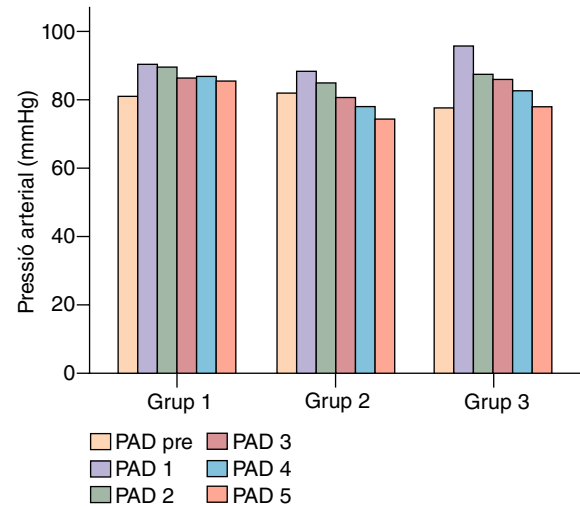
\*p < 0,05.

\*\*p < 0,01.

\*\*\*p < 0,001 per a comparació intragrup.



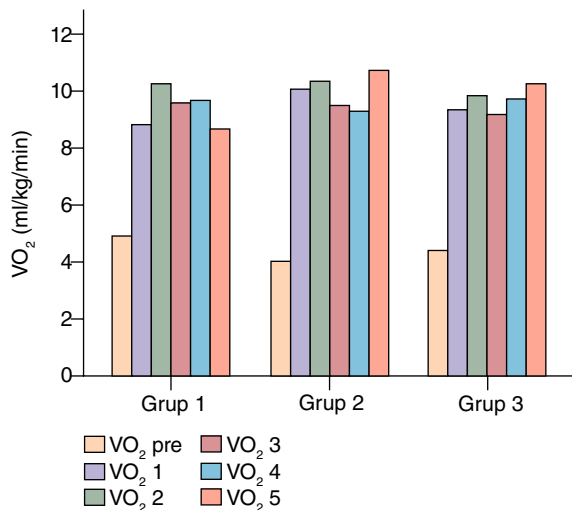
**Figura 1** Representació gràfica de la pressió arterial sistòlica (PAS) en els tres grups establerts i sèries realitzades.



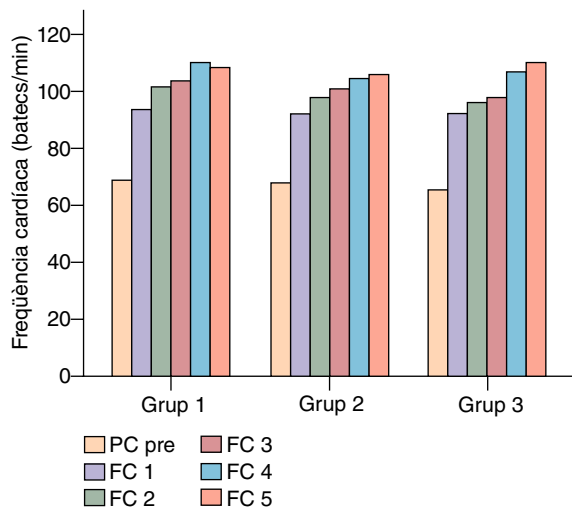
**Figura 2** Representació gràfica de la pressió arterial diastòlica (PAD) en els tres grups establerts i sèries realitzades.

Per la seva banda, el  $VO_2$  va presentar un patró irregular en cadascuna de les sèries realitzades, però sense que sembli que hi hagi una incidència directa de la freqüència de vibració ni del temps d'exposició sobre aquest paràmetre. Tanmateix, autors com Rittweger et al<sup>24</sup> sí van trobar una relació directa amb la freqüència de vibració en sotmetre subjectes d'una mostra semblant a la del nostre estudi a entrenament vibratori. Ara bé, cal tenir en compte que una durada d'exposició tan elevada no se sol recomanar, a causa de la fatiga muscular que pot suposar una resposta muscular ineficaç, tot utilitzant-s'hi exposicions que varien entre els 30 i els 90 s<sup>28</sup>.

D'altra banda, la resposta experimentada pel  $VO_2$  suposa uns valors màxims que voregen els 10 ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>, sent la variació mitjana observada d'uns 5-6 ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup> en comparar-lo amb la situació de pre-test. Si tenim en compte estudis previs, com el de Rittweger et al<sup>24</sup>, en què es van utilitzar freqüències de 18, 26 i 34 Hz i una amplitud fixa de 5 mm, la variació mitjana experimentada va oscil·lar entre



**Figura 3** Representació gràfica del consum d'oxigen ( $VO_2$ ) en els tres grups establerts i sèries realitzades.



**Figura 4** Representació gràfica de la freqüència cardíaca (FC) en els tres grups establerts i sèries realitzades.

els 3-5  $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$  (5,72 ml amb 18 Hz; 6,41 ml amb 26 Hz; 7,76 ml/min/kg amb 34 Hz), tot seguint una relació exponencial amb la freqüència de vibració. Aquesta menor resposta podria ser a causa de la posició adoptada sobre la plataforma, en ser aquesta de 170 graus, mentre que en el nostre cas, en ser de 110 graus, pot suposar un estrès més elevat sobre aquest sistema. Amb tot, aquest mateix grup d'autors sí van observar un increment més gran d'aquest paràmetre en un estudi previ<sup>23</sup>, amb uns resultats obtinguts semblants als nostres ( $10,2 \pm 1,2 ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ).

En aquesta mateixa línia, Cochrane et al<sup>6</sup> van utilitzar en el seu estudi un dispositiu que regulava la freqüència de vibració entre 0 i 60 Hz i l'amplitud entre 0,5 i 1 mm, amb el subjecte en posició horitzontal. Els subjectes participants van haver de mobilitzar el seu propi cos i dues càrregues, una del 20% i una altra del 40% del pes corporal durant l'exposició a vibracions i, al mateix temps, cada situació va tenir una durada de 4 min. En un estudi pilot previ d'aquest mateix grup d'autors, la resposta electromiogràfica màxima

es va obtenir amb una freqüència de 30 Hz i una amplitud d'1 mm, per la qual cosa es van utilitzar aquests paràmetres per analitzar la resposta del  $VO_2$ . Els resultats van mostrar, per a la mostra amb característiques semblants a la nostra, un increment del 19,7% quan van mobilitzar el seu propi cos ( $5,8 ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ), del 26,7% quan van mobilitzar el 20% del seu propi pes ( $7,1 ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ) i del 62,9% quan la càrrega fou del 40% del pes corporal ( $10 ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ). En aquest sentit, els autors indiquen que aquesta menor variació obtinguda, en comparació amb estudis previs, pot ser per les diferències en el dispositiu utilitzat, ja que la vibració es va produir en un eix horitzontal, mentre que habitualment s'utilitza un eix vertical<sup>6</sup>.

De totes maneres, aquests resultats relacionats amb el  $VO_2$  permeten igualar la resposta obtinguda amb la que s'obté en realitzar una caminada d'intensitat moderada<sup>23,24</sup>, la qual pot vorejar els 4 km/h<sup>29,30</sup>. Si tenim en compte que el  $VO_{2m\grave{a}x}$  mitjà d'una persona jove (20-29 anys) se situa entorn de 44,2  $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$  (percentil 50)<sup>31</sup>, podem observar que, en el nostre estudi, els subjectes van treballar d'una forma teòrica al voltant del 23% del  $VO_{2m\grave{a}x}$ , valors per sota del 40%, que se suposa com a límit per aconseguir adaptacions fisiològiques<sup>32</sup>.

En el cas de l'FC, vam poder observar una resposta ascendent en cadascuna de les sèries realitzades, tot produint-se la variació més gran en el grup que va ser sotmès a una freqüència de vibració més elevada (GEA). Igualment, es va poder observar que la recuperació d'1 min, considerada òptima per buscar una adaptació neuromuscular<sup>28</sup>, no va ser suficient per aconseguir una recuperació completa del sistema cardiovascular, la qual cosa ja havia estat indicada amb anterioritat per Mester et al<sup>33</sup>. Un increment semblant van obtenir Da Silva et al<sup>29</sup> en realitzar, amb una freqüència de 30 Hz i una amplitud de 4 mm, dos tipus d'exercicis sobre la plataforma, mig squat sense càrrega i mig squat sense càrrega i amb una càrrega equivalent a 10 repeticions màximes, que no van donar diferències significatives en funció de l'exercici. Tanmateix, la recuperació va ser de 2 min, que també va ser insuficient per aconseguir un restabliment de l'FC basal. Uns resultats semblants també van trobar Martínez et al<sup>34</sup>, els quals després de dos blocs de 5 min de durada, amb una freqüència de 26 Hz i una amplitud de 4 mm, van trobar augments significatius en l'FC basal, malgrat que en aquest cas la recuperació va ser de 3 min. En la mateixa línia també es mostren els resultats de Yamada et al<sup>35</sup>, que després d'avaluar un exercici d'asseguda amb vibracions, utilitzant una freqüència de 15 Hz i una amplitud de 2,5 mm, i sense, va reflectir increments significatius en l'FC en els subjectes exposats a les vibracions. Però en l'estudi de Hazzel et al<sup>36</sup>, en el qual van sotmetre els subjectes participants a 15 sèries d'1 min amb el mateix temps de recuperació i aplicant una freqüència de 45 Hz i una amplitud de 2 mm, l'FC només va tenir un lleu increment que no va aconseguir significació estadística.

En relació amb la PA, vam poder observar com únicament el patró de la PAS va presentar una resposta més gran a mesura que s'incrementava la magnitud de la vibració, la qual cosa no va esdevenir-se amb la PAD. Si analitzem més detingudament aquesta resposta associada, es pot considerar que tant la PAS com la PAD van augmentar notablement

durant les primeres sèries, per tal de davallar progressivament després fins a nivells semblants, i fins i tot per sota, als de repòs en acabar l'última sèrie. Sembla que aquest descens progressiu pot ocasionar-lo l'obertura de més capil·lars o la dilatació d'alguns vasos, o potser ambdós fenòmens, un cop que es produeix l'adaptació a l'exercici<sup>34</sup>. Uns resultats semblants van trobar Martínez et al<sup>34</sup>, que en el seu estudi van observar un increment significatiu en la PAS, mentre que la PAD només es va incrementar significativament després de la primera sèrie. Però una resposta molt diferent s'ha pogut observar en altres estudis, com el de Hazzel et al<sup>36</sup>, en què la PA mitjana va experimentar un lleu increment respecte de la basal, que es va mantenir durant tota l'exposició; o en el de Kerschand Schindl et al<sup>21</sup>, en el qual es va registrar un lleu augment tant de la PAS com de la PAD (no significatiu) en finalitzar l'entrenament vibratori, i en l'efectuat per Yamada et al<sup>35</sup>, que no van trobar canvis significatius en la PAS i la PAD en fer un mateix exercici d'asseguda amb vibració i sense.

Considerant tot això anterior, es pot concloure que els estímuls vibratoris aplicats en aquesta recerca provoquen una clara resposta dels sistemes cardiovascular i respiratori. A més, i malgrat les diverses freqüències utilitzades, la dinàmica o evolució de VO<sub>2</sub>, FC i PA al llarg de l'entrenament vibratori va ser molt semblant, si bé la dita resposta no sembla suficient per produir adaptacions positives en aquests sistemes, per la qual cosa aquest tipus d'entrenament no s'hauria de considerar un mitjà òptim per aconseguir adaptacions cardiorespiratòries.

## Conflicte d'interessos

Els autors declaren no tenir cap conflicte d'interessos.

## Bibliografia

- Cardinale M, Lim J. The acute effects of two different whole body vibration frequencies on vertical jump performance. *Med Sports*. 2003;56:287-92.
- Cochrane DJ, Stannard SR. Acute whole body vibration training increases vertical jump and flexibility performance in elite female field hockey players. *Br J Sports Med*. 2005;39:860-5.
- Cormie P, Russell S, Deane N, Triplett T, McBride JM. Acute effects of whole-body vibration on muscle activity, strength and power. *J Strength Cond Res*. 2006;20:257-61.
- Annino G, Padua E, Castagna C, Di Salvo V, Minichella S, Tsarpela O, et al. Effect of whole body vibration training on lower limb performance in selected high-level ballet students. *J Strength Cond Res*. 2007;24:1072-76.
- Fagnani F, Giombini A, Di Cesare A, Pigozzi F, Di Salvo V. The effects of a whole-body vibration program on muscle performance and flexibility in female athletes. *Am J Phys Med Rehabil*. 2006;85:956-62.
- Cochrane DJ, Sartor F, Winwood K, Stannard SR, Narici MV, Rittweger J. A comparison of the physiologic effects of acute whole-body vibration exercise in young and older people. *Arch Phys Med Rehabil*. 2008;89:815-21.
- Rittweger J, Mutschelknauss M, Felsenberg D. Acute changes in neuromuscular excitability after exhaustive whole body vibration exercise as compared to exhaustion by squatting exercise. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2003;23:81-6.
- Cardinale M, Bosco C. The use of vibration as an exercise intervention. *Exerc Sports Sci Rev*. 2003;31:3-7.
- Cardinale M, Wakeling J. Whole body vibration exercise: are vibrations good for you? *Br J Sports Med*. 2005;39:585-9.
- Nordlund MM, Thorstensson A. Strength training effects of whole-body vibration? *Scand J Med Sci Sports*. 2007;17:12-27.
- Rehn B, Lidstrom J, Skoglund J, Lindstrom B. Effects on leg muscular performance from whole-body vibration exercise: a systematic review. *Scand J Med Sci Sports*. 2007;17:2-11.
- Prisby RD, Lafage-Proust MH, Malaval L, Belli A, Vico L. Effects of whole body vibration on the skeleton and other organ systems in man and animal models: what we know and what we need to know. *Ageing Res Rev*. 2008;7:319-29.
- Verschueren SM, Roelants M, Delecluse C, Swinnen S, Vanderschueren D, Boonen S. 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*. 2004;19:352-9.
- Bruyere O, Wuidart MA, Di Palma E, Gourlay M, Ethgen O, Richy F, et al. Controlled whole body vibration to decrease fall risk and improve health-related quality of life of nursing home residents. *Arch Phys Med Rehabil*. 2005;86:303-7.
- Van Nes IJ, Geurts AC, Hendricks HT, Duysens J. Short-term effects of whole-body vibration on postural control in unilateral chronic stroke patients: preliminary evidence. *Am J Phys Med Rehabil*. 2004;83:867-73.
- Gianutsos JG, Ahn JH, Oakes LC, Richter III EF, Grynbaum BB, Thistle HG. The effects of whole body vibration on reflex-induced standing in persons with chronic and acute spinal cord injury. Abstract presented at 3rd Mediterranean Congress of Physical Medicine and Rehabilitation. 4-7 de setembre de 2000. Atenes, Grècia.
- Bleeker MW, De Groot PC, Rongen GA, Rittweger J, Felsenberg D, Smits P, et al. Vascular adaptation to deconditioning and the effect of an exercise countermeasure: results of the Berlin Bed Rest study. *J Appl Physiol*. 2005;99:1293-300.
- Blottner D, Salanova M, Puttmann B, Schiffl G, Felsenberg D, Buehring B, et al. Human skeletal muscle structure and function preserved by vibration muscle exercise following 55 days of bed rest. *Eur J Appl Physiol*. 2006;91:261-71.
- Rittweger J, Just K, Kautzsch K, Reeg P, Felsenberg D. Treatment of chronic lower back pain with lumbar extension and whole-body vibration exercise. *Spine*. 2002;27:1829-34.
- Da Silva ME, Vaamonde DM, Padullés JM. Entrenamiento con vibraciones mecánicas y salud: efectos sobre los sistemas óseo, endocrino y cardiovascular. *Apunts Med Esport*. 2006;84:48-57.
- Kerschand-Schindl K, Grampp S, Henk C, Resch H, Preisinger E, Fialka-Moser V, et al. Whole-body vibration exercise leads to alterations in muscle blood volume. *Clin Phys*. 2001;21:377-82.
- Rittweger J, Beller G, Felsenberg D. Acute physiological effects of exhaustive whole-body vibration exercise in man. *Clin Physiol*. 2000;20:134-42.
- Rittweger J, Hans S, Felsenberg D. Oxygen uptake during whole-body vibration exercise: comparison with squatting as a slow voluntary movement. *Eur J Appl Physiol*. 2001;86:169-73.
- Rittweger J, Ehrig J, Just K, Mutschelknauss M, Kirsch KA, Felsenberg D. Oxygen uptake in whole-body vibration exercise: influence of vibration frequency, amplitude, and external load. *Int J Sports Med*. 2002;23:428-32.
- Bosco C, Cardinale M, Tsarpela O. Influence of vibration on mechanical power and electromyogram activity in human arm flexors muscles. *Eur J Appl Physiol*. 1999;79:306-11.
- International Organization for Standardization. ISO 2631-1:1997, Mechanical Vibration and Shock—Evaluation of Human Exposure to Whole-Body vibration, Part 1, General Requirements. Ginebra, Suïssa: International Organization for Standardization; 1997.

27. Abercromby AFJ, Amonette WE, Layne CS, Mcfarlin BK, Hinman MR, Paloski WH. Vibration exposure and biodynamic responses during whole-body vibration training. *Med Sci Sports Exerc.* 2007;39:1794-800.
28. García-Artero E, Ortega FB, Ruiz JR, Carreño F. Entrenamiento vibratorio. Base fisiológica y efectos funcionales. *Selección.* 2006;15:78-86.
29. Da Silva M, Fernandez JM, Castillo E, Nuñez VM, Vaamonde DM, Poblador MS, et al. Influence of vibration training on energy expenditure in active men. *J Strength Cond Res.* 2007;21:470-5.
30. McArdle WD, Katch FI, Katch VL. *Exercise physiology energy, nutrition, and human performance*, 5th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2001.
31. American College of Sports Medicine. *Guidelines for Exercise Testing and Prescription*, 7th ed. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins; 2006.
32. Evans WJ. Exercise training guidelines for the elderly. *Med Sci Sports Exerc.* 1999;31:12-7.
33. Mester J, Spitzenfell P, Schwarzer J, Seifriz, FJ. Biological reaction to vibration-implications for sport. *J Sci Med Sport.* 1999;2:211-26.
34. Martínez E, Alcaraz P, Mesa F, Carrasco L. Efecto de un entrenamiento vibratorio sobre la cinemática de la glucosa, presión arterial y dinamometría manual. *Archivos de Medicina del Deporte.* 2008;35:271-8.
35. Yamada E, Takashi K, Miyamoto K, Tanaka S, Morita S, Tanak S, et al. Vastus lateralis oxygenation and blood volume measured by near-infrared spectroscopy during whole body vibration. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2005;25:203-8.
36. Hazell TJ, Thomas G, DeGuire J, Lemon P. Vertical whole-body vibration does not increase cardiovascular stress to static semi-squat exercise. *Eur J Appl Physiol.* 2008;104:903-8.