

VIBRACIONI TRENING CIJELOG TIJELA POBOLJŠAVA SNAGU MIŠIĆA KOD REKREATIVNO AKTIVNE POPULACIJE

Adam Hawkey¹

¹Istraživački centar za sport, vježbanje i trening, Univerzitet u Vulverhemptonu,
Ujedinjeno Kraljevstvo

ORIGINALNI NAUČNI ČLANAK

doi: 10.5550/sgia.120802.se.111H

UDK: 796.011.3

COBISS.BH-ID: 3463704

SAŽETAK

Vibracioni trening cijelog tijela pokazao je poboljšanje sportskih sposobnosti. Međutim, većina istraživanja relativno su koristila intenzivne programe treninga. Ovo istraživanje procijenilo je efekat šestonedelnog programa vibracionog treninga na rekreativno aktivnom stanovništvu. Nakon što je dobijeno etičko institucionalno odobrenje, 22-oje rekreativno zdravih muškaraca nasumično je regrutovano i podijeljeno na vibracionu grupu ($n = 11$) i kontrolnu grupu ($n = 11$). Sa vibracionom grupom odrađen je šestonedeljni trening jednom sedmično koristeći tri različite vježbe čučnja (120° i 90° statički čučanj i $120^\circ - 90^\circ$ dinamički čučanj) na NEMES Bosco vibracionoj platformi: prva sedmica (3 x 60 s, 35 Hz/2 mm), druga sedmica (3 x 70 s, 35 Hz/2 mm), treća sedmica (3 x 60 s, 40 Hz/2 mm), četvrta sedmica (3 x 70 s, 40 Hz/2 mm), peta sedmica (3 x 60 s, 45 Hz/2 mm) i šesta sedmica (3 x 70 s, 45 Hz/2 mm). Kontrolna grupa koristila je isti program treninga sa lažnom vibracijom (0 Hz/0 mm). Prije i po završetku istraživanja svi učesnici izvodili su tri maksimalna skoka za procjenu mišićne snage (countermovement skoka). Dvostruka ANOVA s ponovljenim mjerenjem, s jednim među-faktorom "grupa" (eksperimentalna nasuprot kontrolna) i jednim unutrašnjim faktorom "vrijeme" (prije i poslije istraživanja) pokazala su da postoji statistički značajna vrijeme x grupa interakcija ($p < 0,0001$) kod izvođenja countermovement skoka između eksperimentalne (prije - $0,43 \pm 0,08$ m i poslije - $0,49$ m $\pm 0,08$) i kontrolne grupe (prije - $0,43 \pm 0,07$ m i poslije - $0,41 \pm 0,08$ m). Rezultati pokazuju da šestonedeljni vibracioni trening proveden jedan puta nedeljno je dovoljan da izazove značajno povećanje preformansi skoka kod rekreativno aktivnog stanovništva

Ključne riječi: skokovi, performanse, čučnjevi, rekreativno aktivni, snaga, sila.

UVOD

Vibracija se može opisati kao mehanički stimulans koji karakteriše ponavljanje oscilatornog kretanja naprijed nazad po istom obrazcu. Mi doživljavamo vibracije u svakodnevnom životu kada se vozimo automobilom ili na industrijskim mašinama sa motorizovanim dijelovima. Izloženost vibracijama je tradicionalno povezana sa negativnim efektima na ljudsko tijelo. Međutim trening vibracije cijelog tijela (WBV) koji se takođe naziva i vibracioni trening (VT) ili vibraciono vježbanje (VE), je relativno nedavno razvijen u svrhu unapređenja zdravlja i kondicije. Najčešći način primjene vibracija, kao specifičan vid treninga, je korišćenjem vibracione platforme, takođe

poznate kao vibraciona ploča (Slika 1). Ove platforme rade pokretima koji mogu da budu klasifikovani kao linerani (samo vertikalno), oscilatorni (vertikalno kretanje sa svakim sledećim na drugoj strani po sistemu klackalice) i triplanarni (kretanje kroz sve tri ose), a intenzitetom treninga se rukovodi promjenom frekvencije i/ili amplitude oscilacija (Hawkey, 2012). Frekvencija vibracionih podsticaja jednostavno kvantifikuje broj impulsa ili oscilacija (Hz) isporučenih svake sekunde (ponavljanje stope ciklusa) dok amplituda odgovara obimu vertikalnog pomaka iz centralne tačke kretanja ili njenog ravnotežnog položaja (Riley i Sturges, 1996). Ubrzanje kretanja mjeri se u g-ovima, ili magnetudi gravitacije (gdje je 1g ubrzanje zbog gravitacionog zemljinog polja ili $9,81 \text{ ms}^{-2}$). Ubrzanje

koje tijelo doživljava dok je na vibracionoj platformi može se procijeniti korišćenjem formule prikazane na Slici 2 (Gdje je iskustveno ubrzanje izraženo kao ekvivalent ubrzanja zemljine gravitacije [9.81 ms^{-2}]; A je amplituda vibracije; f je frekvencija vibracije). Za ovu formulu, da bi efikasno djelovala, od presudnog značaja je da se smanje sve komponente mase, dužine i vremena, tako da $\text{sila} = \text{masa} \times \text{dužina} \times \text{vrijeme}^{-2}$ (Hawkey, 2012).

Iako tačni mehanizmi još nisu u potpunosti razumljivi, smatra se da WBV izaziva promjene kroz fiziološke adaptacije prilagođavanja vibracionim talasima (Cardinale i Bosco, 2003), putem procesa nazvanog tonik vibracioni refleks (TVR; Nordlund i Thorstensson, 2007), koji su prvobitno predložili Eklund i Hagbarth (1966) nakon istraživanja direktnog izlaganja tetiva na vibracije. Vjeruje se da stimulacija neuromišićnih puteva i mišićnog vretena (Ia. afferent) pobuđuje motorne neurone što izaziva kontrakcije istoimenih motornih jedinica (Luo, McNamara i Moran, 2005), što, prema Mester, Kleinoder i Yue (2006), znači da TVR može poboljšati makasimlanu voljnu kontrakciju mišića. Ipak, veza između WBV i TVR nije u potpunosti prihvaćena, s drugim prijedlozima alternativnih mehanizama povećanja mišićne temperature i protoka krvi (Issurin i Tenenbaum, 1999), promjene percepcije vibracijom (Liebermann i Issurin, 1997), povećanja sekrecije hormona (Cardinale i Bosco, 2003) i sinhronizaciju motornih jedinica i upošljavanje prethodno neaktivnih motornih jedinica (Issurin i Tenenbaum, 1999). Istraživanja su pokazala da izvođenje tradicionalnog treninga sa tegovima na vibracionoj platformi daje značajno veća poboljšanja maksimalne i eksplozivne snage u odnosu na tradicionalne treninge sa tegovima (Ronnestad, 2004), dok je povećanje stope sile razvoja i smanjenje elektromehaničkih kašnjenja i djelotvornost eksplozivne mišićne aktivacije takođe uočeni (Hong, Kipp, Maddalozzo i Hoffman, 2010).

Stoga se vibracioni trening koristi u različite namjene i u medicinskom i u sportskom polju. Uočena su poboljšanja zdravlja kostiju kod žena u postmenopauzi (Rubin i saradnici, 2004), ravnoteže, hoda i procjena kvaliteta života starijih osoba (Bruyere i saradnici, 2005) i smanjenje otoka zglobova kod pacijenata sa reumatoidnim artritisom (Kumari, Wyon, Hawkey i Metsios, 2011), dok je skočnost kod poluprofesionalnih fudbalera (Hawkey, Evans i Nevill, 2012), profesionalnih fudbalskih golmana (Hawkey, Morrison, Williams i Nevill, 2009a) i brzina, skok u vis i izdržljivost u eksplozivnoj snazi sportista (Paradisis i Zacharogiannis, 2007) sve bilo poboljšano WBV programima. Ipak, u svim istraživanjima nije došlo do takvih poboljšanja. Jedna studija, sprovedena na košarašima, nije prijavila

nikava poboljšanja u preformansama skoka nakon izlaganja WBV (Hawkey, Lau i Nevill, 2009b). Razlozi za ove razlike mogu da budu multifaktorijalne: različiti protokoli, oprema za testiranje i nivo vještine i iskustva učesnika. Dok su većina prethodnih istraživanja govorila o poboljšanju skakačkih kvaliteta kod populacije u treningu, ona sprovedena na fizički neaktivnim ili rekreativno aktivnim pojedincima su ograničena. Torvinen, Kanni i Sievanen (2002) našli su poboljšanje od 8,5% nakon četiri mjeseca treninga kod netreniranih osoba. Nažalost, nije koišćena placebo grupa što otežava da se utvrdi da li su poboljšanja rezultat vježbi koje su rađene na platformi ili od WBV djelovanja. Delecluse, Roelants i Verschueren (2003) uključili su kontrolnu grupu i prijavili su skoro 17% poboljšanja u snazi ekstenzora koljena i skoro 8% povećanja u skakačkim performansama kod osoba sa smanjenom fizičkom aktivnošću koji su uključeni u WBV trening program obuke tri puta sedmično u trajanju tokom dvanaest nedjelja. Istraživanja pokazuju povećanje popularnosti i dostupnosti vibracionih platformi u fitness centrima i dvoranama širom svijeta (Fischbach, 2007) takao da postoji potreba daljih dodatnih istraživanja na ograničen broj raspoloživih podataka o efektima WBV treninga na rekreativno aktivnu populaciju. Dakle, cilj ovog istraživanja bio je da se ispita uticaj relativno kratkog trajanja, niskog intenziteta WBV trening programa na skakačke performance rekreativno aktivne populacije.

METODE

Nakon etičkog institucionalnog odobrenja i popunjavanja informativnog pristanka i medicinskog upitnika, 22-oje zdravih, rekreativno aktivnih, redovnih studenata sportista muškog pola (prosječna starost 28, $s = 10$ godina; prosječna visina 1,77, $s = 0,10$ m; prosječna težina 77, $s = 13$ kg) su nasumično izabrani za WBV i kontrolnu grupu. Vibraciono djelovanje sastojalo se u šetonedjeljnom WBV treningu koristeći tri različite vježbe čučnja (120° i 90° statički čučanj i $120^\circ - 90^\circ$ dinamički čučanj, praćen pomoću goniometra) sprovedenom jednom nedjeljno na NEMES Bosco vibracionoj platformi (Slika 1). Prije treninga i testiranja i vibraciona i kontrolna grupa izvodili su petominutno zagrijavanje na Monark Cycle Ergometer sa otkucajima srca 120-140 BPM u skladu sa American College of Sports Medicine (ACSM) koji preporučuje minimalno pet do deset minuta niskog do umjerenog nivoa aktivnosti u cilju povećanja temperature mišića (ACSM, 2012). Trening se pridržavao sledećih principa opterećenja: 3 x 60 s (1 x 60 s za svaku vježbu, sa 30 s odmora između njih) sa frekvencijom od 35Hz i

SLIKA 1

Trening sportiste na NEMES Bosco vibracionoj platformi (© Adam Hawkey).



amplitudom 2 mm (ubrzanje = 9,86 g) u prvoj sedmici; 3 x 70 s sa 35 Hz/2 mm u drugoj sedmici; 3 x 60 s sa 40 Hz/2 mm (~12.9 g) u trećoj sedmici; 3 x 70s sa 40Hz/2mm (~12.9 g) u četvrtoj sedmici; 3 x 60 s sa 45 Hz/2 mm (~16.3 g) u petoj sedmici; i 3 x 70 s sa 45 Hz/2 mm (~16.3 g) u šestoj sedmici. Protokol je tako izabran da podržava prethodna istraživanja koja su pokazala da frekvencije između 35 Hz i 50 Hz mogu da unaprijede skakačke performanse kod netreniranih (Bazett-Jones, Finch i Dugan, 2008; Delecluse i saradnici, 2003) i treniranih osoba (Hawkey i saradnici, 2009a). Vibraciono ubrzanje izračunato je shodno Hawkey (2012) (Slika 2).

Prije i po završetku istraživanja svi učesnici izvodili su tri maksimalna countermovement skoka (CMJ) koji

su se pokazali tačnom i pouzdanom metodom procjene tjelesne veličine nezavisne mišićne snage (Marković i Jarić, 2007). Svi skokovi vršeni su na kontakt prostirci (Just Jump: Probotics Inc. USA) koristeći brojne prethodne studije (Christensen i Nordstrom, 2008; Delecluse i saradnici, 2003; Hawkey i saradnici, 2012) koji se pokazao kao pouzdan metod za procjenjivanje skakačkih performansi (Isaacs, 1998) sa visokim kriterijumom valjanosti (Leard i saradnici, 2007). Tokom testiranja skoka ruke su morale da ostanu na kukovima u skladu sa prethodnim istraživanjima (Hawkey i saradnici, 2012; Linthorne, 2001) u pokušaju standardizacije skokova pošto upotreba ruku ima značajan uticaj na skakačke performanse (Linthorne, 2001). Koljeni uglovi pri skokovima u početku su

SLIKA 2

Formula koja se koristi za izračunavanje ubrzanja vibracije (prilagodeno od Hawkey, 2012).

$$a = \frac{A \times (2\pi f)^2}{g}$$

mjereni goniometrom, a potom su vizuelno kontrolisani da bi se obezbjedila dosljednost. Svi CMJ podaci su analizirani korišćenjem dvostruke ANOVA sa ponovljenim mjerenjima, s jednim među-faktorom “grupa” (eksperimentalna nasuprot kontrolna) i jednim unutrašnjim faktorom “vrijeme” (prije i poslije istraživanja).

REZULTATI

Dvostruka ANOVA sa ponovljenim mjerenjem pokazala je da postoji statistički značajna vrijeme x

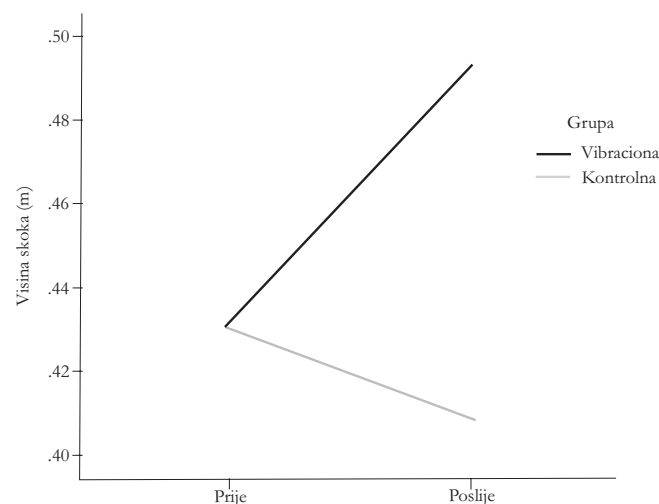
grupa interakcija ($p < 0,0001$) za CMJ performace tokom istraživanja (prije $0,43 \pm 0,08\text{m}$ do poslije $0,49\text{m} \pm 0,08$) i kontrolne grupe (prije $0,43 \pm 0,07\text{m}$ do poslije $0,41 \pm 0,08\text{m}$) (Slika 3).

DISKUSIJA

Prethodna istraživanja o efektima WBV pokazala su poboljšanja u različitim mjerama uticaja u različitim populacija. Istraživanja sprovedena na fudbalerima i atletičarima (Hawkey i saradnici, 2009a, 2009b; Hawkey i saradnici, 2012; Paradisis i Zachardiogiorgis, 2007)

SLIKA 3

Grafikon dvosmjerne ANOVA koji pokazuje sposobnost skoka prije i poslije vibracionog treninga eksperimentalne i kontrolne grupe



i pojedincima koji se ne bave fizičkom aktivnošću (Delecluse i saradnici, 2003; Torvinen i saradnici, 2002) su istakla da WBV ima mogućnost da unaprijedi specifične performanse. Rezultati ovog istraživanja su pokazala da šestomedjeljni WBV trening je dovoljan da dovede do značajnih poboljšanja performansi vertikalne skočnosti kod rekreativno aktivne muške populacije. Razlika između prije i poslije istraživanja skakačkih performansi WBV grupe jednaka je a > 14% poboljšanja, dok je kontrolna grupa doživjela 3% smanjenje u prije i poslije mjerenju što je rezultiralo statistički značajnom interakcijom vrijeme x grupa ($p < 0,0001$). Uprkos činjenici što je ovo istraživanje sprovedeno u periodu od šest nedjelja rezultati pokazuju sličnost sa istraživanjima Delecluse i saradnika (2003) and Torvinen i saradnika (2002) koji su porvednea u periodu od 12 sedmica odnosno 4 mjeseca. Ipak je teško porediti ova istraživanja zbog razlike u eksperimentalnim protokolima, korištenja različite opreme i za trening i za testiranje i nivoa vještine i iskustva učesnika. To su naglasili Moras, Tous, Muñoz,

Padullés i Vallejo (2006) koji navode da razlike njihovih rezultata kada se uporede sa drugim sličnim istraživanjima su zbog različite opreme (NEMES versus PowerPlate) ili različitog uzorka uključenih u odgovarajuće istraživanje. Jedna od razlika u protokolu je da Delecluse i saradnici (2003) koriste samo ženske učesnike dok ovo istraživanje koristi isključivo mušku populaciju. Ovo je potencijalno značajno zato što, prema Bazett-Jones i saradnici (2008), muškarci i žene različito reaguju na vibracione nadražaje. Ovdje je i očigledna razlika u frekvenciji i amplitudi platforme koja se koristila u ovom istraživanju u odnosu na neka prethodna istraživanja. Iako je opširno objašnjeno da frekvencija od 30 Hz je pogodna za poboljšanje mišićne snage (Paradisis i Zachardiogiorgis, 2007) nejasno je zašto je to tako i trenutno postoji konfuzija o tome kako su koje varijable korišćene u vibracionom treningu (frekvencija, amplituda i ubrzanje) i izvještavanju i kvantifikovanju (Hawkey, 2012; Lorenzen, Maschette, Koh i Wilson, 2009). Opravdanje za korištenje frekvencije u rasponu 35-45 Hz i amplitude 2 mm je u skladu sa prethodnim israživanjima (Delecluse

i saradnici, 2003; Hawkey i saradnici, 2009a, 2009b; Hawkey i saradnici, 2012) koji su prijavili poboljšanje u skakačkim performansama unutar ovog raspona. Vježbe čučnjeva (90° – 120°) korišćene u ovom istraživanju su u skladu sa prethodnim istraživanjima i pokazale su dobre rezultate u skakačkim performansama (Hawkey i saradnici, 2012; Paradisis i Zachardiogiorgis, 2007).

Takođe je teško kvantifikovati mehanizme uključene u prijavljenim poboljšanjima performansi. Poboljšanja u mišićnom učinku koja su proizašla nakon WBV treninga slična su onim koja se mogu vidjeti nakon treninga eksplozivne snage (Bosco, Colli i Introini, 1999). Neuronski mehanizam je prvi koji je uključen u adaptaciju skeletnih mišića (Delecluse i saradnici, 2003) stoga je vjerovatno da poboljšanja u performansama, o kojima se govori nakon WBV treninga, takođe vjerovatno dolaze od neuronskih adaptacija. Mehanizmi ovih prilagođavanja su vjerovatno su u stimulisanju primarnih završetaka mišićnog vretena što rezultira toničkim kontrakcijama mišića poznat kao tonički vibracioni refleks (Mester i saradnici, 2006), povećava sinhronizaciju motornih jedinica, kontrakcije mišića sinergista i povećava inhibiciju mišića antagonist (Hawkey, 2012). Moguće je ukazati da poboljšanja mišićne snage u dvanaestonedjeljnim (Delecluse i saradnici, 2003) i četvoromjesečnim (Torvinen i saradnici, 2002) istraživanjima nisu samo pod uticajem nervnih adaptacija (kao što je prethodno naglašeno) već i kroz intramuskularne faktore kao što su proširenja sporih i brzo trzajnih vlakana, kao što je ustanovljeno u istraživanjima u kojima su vibraciji bili izloženi štakori (Necking, Lundstrom, Lundborg, Thornell i Friden, 2006).

Rezultati ovog istraživanja idu u prilog sve većem broju dokaza o prednosti vibracijskog treninga na niz izmjerenih performansi na različite populacije. U kombinaciji sa nalazima istraživanja Delecluse i saradnika (2003) i Torvinen i saradnika (2002) i, naročito, ovog istraživanja rezultati su ohrabrujući za sedentarne ili fizički neaktivne pojedince koji žele da poboljšaju svoju mišićnu snagu sa relativno malim angažovanjem, uticajem vježbi niskog intenziteta. Međutim, postoje i neka ograničenja u aktuelnom istraživanju. Iako je istraživanje veoma dobro kontrolisano što se tiče standardizacije protokola treninga kao i nivoa sposobnosti pojedinaca nije bilo regulisanja aktivnosti učesnika izvan okvira istraživanja. Zato je moguće je da su učesnici i kontrolne i WBV grupe radili dodatne treninge tokom istraživanja, a to je moglo da utiče na bolje skakačke performanse WBV grupe ili da dovede u pitanje rezultate kontrolne grupe zbog umora mišića. Step en ubrzanja koje nije

kvantifikovano ili procijenjeno korišćenjem akcelerometra, kao što je to bio slučaj u istraživanju Delecluse i saradnika (2003) takođe je negativan aspekt ovog istraživanja.

ZAKLJUČAK

Rezultati ovog istraživanja pokazuju da šestonedjeljni WBV program treninga, koji se izvodi jedan put sedmično, ima potencijal da statistički značajno poboljša skakačke performanse, a samim tim i mišićnu snagu, rekreativno aktivnih muškaraca. Iako rezultati ovog i drugih prethodnih istraživanja govore u prilog uključivanja vibracionog treninga za čitav niz zdravstvenih, kondicionih i poboljšanja performansi trenutno su nejasni precizni mehanizmi koji utiču na te pogodnosti i potencijalni uticaj, ako postoji, svakog dodatnog treninga koji se izvodi izvan djelokruga i kontrole ovog istraživanja. Buduća istraživanja trebala bi da se fokusiraju na utvrđivanje optimalnih frekvencija i amplituda pogodnih za maksimalno poboljšanje performansi. Bilo bi korisno u daljnim istraživanjima usmjeriti se na uticaj nivoa aktivnost/ učinak, trajanje i specifičnost vježbi koje se izvode na vibracionoj platformi kao i na razlike u polu i godinama starosti.

LITERATURA

- Bazett-Jones, D. M., Finch, H. W., & Dugan, A. L. (2008). Comparing the effects of various whole-body vibration accelerations on counter-movement jump performance. *Journal of Sports Science and Medicine*, 7, 144–150.
- Bosco, C., Colli, R., & Introini, E. (1999). Adaptive responses of human skeletal muscle to vibration exposure. *Clinical Physiology*, 19, 183–187. doi: 10.1046/j.1365-2281.1999.00155.x; PMID: 10200901
- Bruyere, O., Wuidart, M. A., Di Palma, E., Gourlay, M., Ethgen, O., Richy, F., & Reginster, J. Y. (2005). Controlled whole body vibration to decrease fall risk and improve health-related quality of life of nursing home residents. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 86(2), 303–307. doi: 10.1016/j.apmr.2004.05.019; PMID: 15706558
- Cardinale, M., & Bosco, C. (2003). The use of vibration as an exercise intervention. *Exercise and Sport Science Reviews*, 31, 3–7. doi: 10.1097/00003677-200301000-00002
- Delecluse, C., Roelants, M., & Verschueren, S. (2003). Strength increase after whole-body

- vibration compared with resistance training. *Medicine and Science in Sport and Exercise*, 35, 1003–1041. doi: 10.1249/01.MSS.0000069752.96438.B0; PMID: 12783053
- Eklund, G., & Hagbarth, K. E. (1966). Normal variability of tonic vibration reflex. *Experimental Neurology*, 16, 80–92. doi: 10.1016/0014-4886(66)90088-4
- Fischbach, A. (2007). Shaky ground. *Fitness Business, Pro*, October Issue.
- Hawkey, A., Morrison, D., Williams, D., & Nevill, A. (2009a). Effect of a five-week whole body vibration training programme on vertical jump performance in male professional football goalkeepers. *Journal of Sports Sciences*, 27(4), S138.
- Hawkey, A., Lau, Y., & Nevill, A. (2009b). Effect of six-week whole body vibration training on vertical jump and flexibility performance in male national league basketball players. *Journal of Sport Sciences*, 27(4), S138–S139.
- Hawkey, A. (2012). Editorial: Quantification, clarification and standardisation of whole body vibration. *Journal of Sports Therapy*, 5(1), Editorial paper n. p.
- Hawkey, A., Evans, R., & Nevill, A. (2012). Whole body vibration training improves sport specific performance measures in semi-professional footballers. *Proceedings of British Association of Sport and Exercise Sciences (BASES) Biomechanics Interest Group Annual Meeting*, 27: 30. Retrieved from http://www.science.ulster.ac.uk/big2012/public/pdf/BIG_2012_Proceedings_Ulster.pdf
- Hong, J., Kipp, K., Maddalozzo, G., & Hoffman, M. A. (2010). Acute effects of whole body vibration on rate of force development and electromechanical delay. *Journal of Sports Therapy*, 3(3), 3–9.
- Issurin, V. B., & Tenenbaum, G. (1999). Acute and residual effects of vibratory stimulation on explosive strength in elite and amateur athletes. *Journal of Sports Sciences*, 17, 177–82. doi: 10.1080/026404199366073; PMID: 10362384
- Kumari, R., Wyon, M., Hawkey, A., & Metsios, G. (2011). Effects of vibration on disease activity scores in patients with rheumatoid arthritis: a case study. *Journal of Sports Therapy*, 4(1): 30–33.
- Leard, J. S., Cirillo, M. A., Katsnelson, E., Kimiatek, D. A., Miller, T. W., Trebincevic, K., & Garbalosa, J. C. (2007). Validity of two alternative systems for measuring vertical jump height. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(4): 1296–1299. doi: 10.1519/00124278-200711000-00055; doi: 10.1519/R-21536.1; PMID: 18076265
- Liebermann, D. G., & Issurin, V. B. (1997). Effort perception during isotonic muscle contractions with superimposed mechanical vibration stimulation. *Journal of Human Movements Studies*, 32, 171–186.
- Linthorne, N. P. (2001). Analysis of standing vertical jumps using a force platform. *American Journal of Physics*, 69(11), 1198–1204. doi: 10.1119/1.1397460
- Lorenzen, C., Maschette, W., Koh, M., & Wilson, C. (2009). Inconsistent use of terminology in whole body vibration exercise research. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12, 676–678. doi: 10.1016/j.jsams.2008.06.008; PMID: 18762453
- Luo, J., McNamara, B., & Moran, K. (2005). The use of vibration training to enhance muscle strength and power. *Sports Medicine*, 35, 23–41. doi: 10.2165/00007256-200535010-00003; PMID: 15651911
- Markovic, G., & Jaric, S. (2007). Is vertical jump height a body size-independent measure of muscle power? *Journal of Sports Sciences*, 25(12), 1355–1363. doi: 10.1080/02640410601021713; PMID: 17786688
- Mester, J., Kleinoder, H., & Yue, Z. (2006). Vibration training: benefits and risks. *Journal of Biomechanics*, 39(6), 1056–1065. doi: 10.1016/j.jbiomech.2005.02.015; PMID: 15869759
- Moras, G., Tous, J., Muñoz, C. J., Padullés, J. M., & Vallejo, L. (2006). Electromyographic response during whole-body vibrations of different frequencies with progressive external loads 10(93). Retrieved from <http://www.efdeportes.com/efd93/emg.htm>.
- Necking, L. E., Lundstrom, R., Lundborg, G., Thornell, L. E., & Friden, J. (1996). Skeletal muscle changes after short term vibration. *Scandinavian Journal of Plastic and Reconstructive Surgery and Hand Surgery*, 30, 99–103. doi: 10.3109/02844319609056390; PMID: 8815978
- Nordlund, M. M., & Thorstensson, A. (2007). Strength training effects of whole-body vibration? *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 17, 12–17.
- Paradisi, G., & Zacharogiannis, E. (2007). Effects of whole-body vibration training on sprint running kinematics and explosive strength performance. *Journal of Sports Science and Medicine*, 6, 44–49.
- Riley, W., & Sturges, L. (1996). *Engineering Mechanics: Dynamics*. 2nd ed. New York, NY: John Wiley & Sons, Inc.

- Rønnestad, B. R. (2004). Comparing the performance-enhancing effects of squats on a vibration platform with conventional squats in recreationally resistance-trained men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(4), 839–845. doi: 10.1519/00124278-200411000-00027; doi: 10.1519/14573.1; PMID: 15574092
- Rubin, C., Recker, R., Cullen, D., Ryaby, J., McCabe, J., & McLeod, K. (2004). Prevention of postmenopausal bone loss by a low-magnitude, high-frequency mechanical stimuli: a clinical trial assessing compliance, efficacy and safety. *Journal of Bone and Mineral Research*, 19(3), 343–351. doi: 10.1359/JBMR.0301251; PMID: 15040821
- Torvinen, S., Kannu, P., & Sievanen, H. (2002). Effect of four-month vertical whole body vibration on performance and balance. *Medicine and Science in Sport and Exercise*, 34, 1523–1528. doi: 10.1097/00005768-200209000-00020

Primljeno: 11. maja 2012

Izmjene primljene: 1. decembar 2012

Odobreno: 7. decembar 2012

Korespondencija:

Mr Adam Hawkey

Research Centre for Sport,
Exercise and Performance
University of Wolverhampton

Gorway Road

Walsall

WS1 3BD

Ujedinjeno Kraljevstvo

Telefon: 0044 19 02 32 28 24

Fax: 0044 19 02 32 32 95

E-mail: A.Hawkey@wlv.ac.uk