

Helkroppsvibrationsträning Populär träningsform med begränsad evidens

CHRISTINA BROGÅRDH OCH JAN LEXELL

Sammanfattning

Helkroppsvibrationsträning har blivit en populär träningsmetod i Sverige och används av elitidrottare, motionärer, äldre och personer med olika skador och sjukdomar. Det finns vissa dokumenterade effekter av vibrationsträning hos friska personer men resultaten är inte entydiga. För personer med skador och sjukdomar i nervsystemet är resultaten mycket begränsade och evidens saknas. Innan vibrationsträning sprider sig inom hälso- och sjukvården behövs fler randomiserade kontrollerade studier som sedan bör ligga till grund för riktlinjer över hur träningen ska läggas upp för bästa möjliga effekt.

Christina Brogårdh, Leg sjukgymnast, Med dr

Jan Lexell, Professor, överläkare

Båda är verksamma vid VO Rehabiliteringsmedicin, Universitetssjukhuset i Lund

VIBRATIONSTRÄNING har på senare år blivit en populär träningsmetod i Sverige. Så kallad helkroppsvibrationsträning (*eng. whole-body vibration training; WBV*) innebär att man står på en vibrerande plattform och utför statiska eller dynamiska rörelser och vid behov använder händerna som stöd (Figur 1).

Vibrationsplattor finns idag på gym och hos sjukgymnaster men kan också köpas i sportaffärer eller via internet för hemmabruk. Företag som säljer vibrationsplattor marknadsför produkten hårt och i reklamen sägs 10-15 minuters träning på vibrationsplatta kunna motsvara mellan en och två timmars träning på gym.

Helkroppsvibrationsträning uppges kunna förbättra muskelstyrka och uthållighet, minska risken för benskörhet, förbättra blodcirkulationen, minska smärta, öka läkningsprocessen efter stukningar och ledbandsskador, förbättra balans, öka fettförbränning och ämnesomsättning (1), men också motverka trög mage, slapp hud och celluliter samt ge ökat välbefinnande!

Helkroppsvibrationsträning används i flera olika sammanhang. Det är vanligt på friskvårdscentra och gym som en motionsform och för att uppnå viktminskning, och inom idrotten och rehabiliteringen som en kompletterande träningsform för att komma igång snabbare

efter skada. Helkroppsvibrationsträning används också inom sjuk- och äldreården, exempelvis för personer som har svårt att genomföra sedvanlig träning på grund av funktionsnedsättningar efter olika skador och/eller sjukdomar. Eftersom muskelstyrkan kan tränas i en statisk position på vibrationsplattan, utan särskilt hög belastning, har denna träningsform antytts vara särskilt lämplig för otränade individer, för äldre (2) och för personer med olika rörelsesvårigheter efter skador eller vid kroniska sjukdomar.

Forskningen om helkroppsvibrationsträning är dock begränsad och kunskapen om effekterna saknas till stora delar hos såväl friska individer som, framförallt, personer med funktionsnedsättningar efter olika sjukdomstillstånd. Man kan därför ifrågasätta om träning på vibrationsplatta bör bedrivas inom ramen för hälso- och sjukvård då den vetenskapliga evidensen fortfarande saknas.

Syftet med denna artikel är att sammanfatta vad helkroppsvibrationsträning är och vilka omedelbara och långsiktiga effekter som finns dokumenterade, såväl för friska individer som för personer med olika neurologiska sjukdomar. Särskilt fokus har lagts på vilka effekter som finns dokumenterade efter helkroppsvibrationsträning avseende muskelstyrka och uthållighet i benen.

Historik

Träningsmetoden kommer ursprungligen från öststaterna, där helkroppsvibrationsträning har använts i olika former sedan slutet av 1910-talet i syfte att träna patienter efter frakturer eller andra skador i rörelseapparaten samt för massage.

På 60-talet började ryska astronauter använda metoden. På grund av tyngdlösheten i rymden behövdes en träningsteknik som kunde stimulera skelettet och musklerna, vilket annars inte var möjligt. Träningsmetoden utvecklades efterhand och på 70-talet började helkroppsvibrationsträning användas flitigt bland östtyska elit- och andra idrottsutövare.

I slutet på 80-talet, i samband med Sovjetunionens sönderfall, spreds informationen om träningsmetoden och blev tillgänglig för fler forskare världen över (1, 3). Utvecklingen av vibrationsplattor och helkroppsvibrationsträning har därför tagit fart under senare år och

idag erbjuder marknaden flera olika typer av vibrationsapparater av varierande kvalitet.

Tänkbara mekanismer vid helkroppsvibrationsträning

Vid träning på vibrationsplatta skapas mekaniska vibrationer, det vill säga oscillerande (svängande) rörelser som utsätter kroppen för gravitationskrafter. Parametrar som bestämmer vibrationernas intensitet är frekvens (antalet rörelser per sekund, mäts i Hz), amplitud (storlek på oscillationen, mäts i mm) samt riktning och acceleration (rörelseförändring i varje oscillation, mäts i m/s^2) (1, 3, 4).

Vid helkroppsvibrationsträning är vibrationerna kraftigast i benen, men fortplantar sig i kroppen till bälen, ryggen och armarna. Kroppen svarar reflexmässigt på vibrationerna genom att musklerna kontraheras och relaxeras kontinuerligt på samma frekvens som apparaten är inställd på. Tänkbara mekanismer är att genom den toniska vibrationsreflexen stimuleras de afferenta Ia-fibrerna via muskelpolarerna, som i sin tur resulterar i en ökad stimulering av alfa-motoneuronen (3, 5, 6).

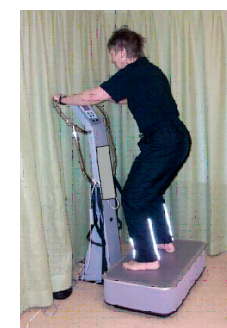
Träningen på vibrationsplatta genomförs vanligen två-fem gånger per vecka genom att statiska eller dynamiska övningar utförs under 30-60 sekunder. Ofta upprepas träningen fyra-tio gånger vid samma träningstillfälle med cirka en minuts vila mellan varje repetition.

Ingen vibrationsplatta effektivare än den andra

Det finns idag flera olika vibrationsplattor på marknaden: Nemes Bosco System®, OMP, Rieti, Italien; Galileo 2000 device®, Novotec, Pforzheim, Tyskland; Powerplate®; North America Inc, Northbrook, IL, USA och Xrsix®[®], Sverige.

Priset för en vibrationsplatta varierar mellan cirka 2 500 kronor och 100 000 kronor. Nemes Bosco System® sägs vara den ursprungliga vibrationsapparaten, stamfader till dagens modernare plattor. De olika plattorna kan erbjuda olika typer av vibrationer såsom vertikala vibrationer (Xrsix®, Nemes®), tredimensionella vibrationer (Powerplate®), tippbrädor (Galileo®) och kombinerad balans- och vibrationsplatta (Vibrosfär®).

Även om företagen som säljer de olika plattorna marknadsför produkterna hårt och utlo-



Figur 1. Helkroppsvibrationsträning på vibrationsplatta i statisk position.

Tabell 1. Sammanställning av omedelbara och långsiktiga effekter av helkropps vibrationsträning hos yngre och äldre friska individer.

Omedelbara effekter	Långsiktiga effekter
Ökad explosiv styrka	Ökad muskelstyrka
Förbättrad hopphöjd	Ökad muskulär uthållighet
Förbättrad balans	Ökad hopphöjd
Ökad muskulär trötthet	Ökad led- och muskelrörlighet
Minskad maximal styrka	Nedsatt muskelkontraktionskraft
Ökad laktatnivå	Ökad muskulär trötthet
Ökad syrgasförbrukning	Förbättrad gångförmåga
Förhöjd puls och blodtryck	Förbättrad balans
Endokrina förändringar	Positiv inverkan på benskörlighet
Ökad led- och muskelrörlighet	

var goda resultat, finns det idag inget vetenskapligt belägg för att den ena typen av vibration eller träningsform skulle vara effektivare än den andra.

Effekter av helkropps vibrations-träning hos friska

Effekter av helkropps vibrationsträning har bland annat utvärderats på friska individer (5, 7, 8), på elitidrottare (9-11) och på äldre personer (2, 12-17).

Exempel på omedelbara effekter av träningen – effekter minuter eller timmar efter träningen – är ökad explosiv styrka, ökad isometrisk styrka, ökad hopphöjd (10, 18), ökning av puls, blodtryck, syrgasförbrukning samt laktatnivå (19), endokrina reaktioner (till exempel ökning av testosteron och tillväxthormon, minskning av kortisol) (4), ökad flexibilitet och eftergivlighet i musklerna (10), förbättrad balans (18) men också minskad maximal styrka (5) och ökad muskulär trötthet (19, 20) (Tabell 1).

Helkropps vibrationsträning som pågått under flera veckor eller månader har rapporterats kunna ge ökad muskelstyrka (11, 16, 21, 22) och uthållighet (12), ökad muskelmassa (16), ökad explosiv kraft (16), förbättrad hopphöjd (21, 23), ökad flexibilitet och eftergivlighet i musklerna (11, 24), positiv inverkan på benskörlighet (25) samt förbättrad balans (13, 15)

och gångförmåga hos äldre (13, 17). Det finns dock andra studier där långvarig träning på vibrationsplattan inte har påvisats kunna förbättra muskelstyrkan (9, 26) eller balansen (21, 23), utan istället har medfört nedsatt muskelkraft och ökad muskulär trötthet (4) (Tabell 1).

I dagsläget finns således studier om helkropps vibrationsträning på friska som visar på antingen positiva effekter (2) eller obetydliga/inga effekter.

I vissa studier har helkropps vibrationsträning på friska lett till ökad muskelstyrka på mellan 5 och 20 procent och antytts vara lika effektiv som styrketräning (7, 12, 16, 22, 25). Ökad muskelstyrka efter helkropps vibrations-träning har kunnat påvisas både hos vältränade (3, 11, 27), hos otränade kvinnor (7, 12), hos postmenopausala äldre kvinnor (12, 25) samt hos äldre män (16).

Andra studier har dock inte kunnat påvisa att denna träningsform på friska skulle ge någon effekt, varken på muskelstyrka (23, 26), balans (21), bentäthet (23), hastighet av kraftutveckling eller hopphöjd (20, 26).

I vissa kontrollerade studier har helkropps vibrationsträning inte visat sig vara effektivare än konventionell fitness- och motståndsträning hos friska (8, 16) eller vältränade (9).

Effekter av helkropps vibrations-träning vid neurologiska sjukdomar

Det finns idag mycket litet publicerat kring effekten av helkropps vibrationsträning för personer med olika neurologiska sjukdomar såsom cerebral pares (28), multipel skleros (MS) (29), Parkinsons sjukdom (30) eller stroke (31, 32), trots att intresset för träningsmetoden är stort bland dessa patientkategorier och även inom vården.

Exempel på omedelbara eller kortvariga effekter som finns beskrivna hos patienter med stroke är minskat posturalt svaj (31), ökad isometrisk och eccentric muskelstyrka samt förbättrad muskulär aktivering i knästräckarna (33) (Tabell 2).

Exempel på långvariga effekter av helkropps vibrationsträning är ökad isokinetisk lårmuskelstyrka vid snabba rörelser, minskad spasticitet i knästräckarna hos personer med cerebral pares efter åtta veckors träning (28), förbättrad balans hos patienter med stroke efter sex veckors träning (32), tendens till för-

Tabell 2. Effekt av helkropps vibrationsträning (WBV) för personer med neurologiska sjukdomar

Referens	Syfte, studiedesign	Träning	Resultat	Slutsats
31	Undersöka korttidseffekten av WBV på postural kontroll hos strokepatienter (n=23); kontrollerad studie.	4 x 45 sek Vibrationsplatta: Galileo. Frekvens: 30 Hz Amplitud: 3 mm.	Signifikant minskat posturalt svaj i stående blundande och ökad hastighet vid tyngdöverföringar	WBV kan förbättra postural kontroll efter stroke
32	Undersöka effekten av WBV på postural kontroll hos strokepatienter (n=53); randomiserad kontrollerad studie	4 x 45 sek, 5 dgr/v i 6v Vibrationsplatta: Galileo. Frekvens: 30 Hz. Amplitud: 3 mm Kontrollgrupp: rörelser till musik.	Förbättringar i båda grupperna, men ingen signifikant skillnad mellan grupperna avseende balans, förflyttningar och ADL vid uppföljning efter 6v och 12 v	WBV under 6 v var inte effektivare än rörelser till musik tidigt efter stroke
33	Undersöka effekten av WBV på styrkan i knästräckarna hos strokepatienter (n=16); randomiserad kontrollerad studie	6 x 60 sek Vibrationsplatta: Nemes Frekvens: 20 Hz Amplitud: 5 mm Kontrollgruppen utan vibration.	Signifikant ökad isometrisk och eccentric lårmuskelstyrka och EMG- amplitud i det paretiska benet	WBV ökar den viljemässiga aktiveringen och styrkan i lårmuskulaturen efter stroke
28	Jämföra effekten av WBV och styrketräning hos vuxna med cerebral pares (n=14); randomiserad kontrollerad studie	6 min inkl vila, 3 ggr/v i 8v. Vibrationsplatta: Nemes-Lsc. Frekvens: 25-40 Hz Amplitud: oklart Styrketräning: 3 x 10-15 repetitioner	Minskad spasticitet och ökad isokinetisk lårmuskelstyrka efter WBV; ökad isokinetisk lårmuskelstyrka efter styrketräning men oförändrad gångförmåga i båda grupperna	Båda träningsmetoderna ökade lårmuskelstyrkan utan att påverka spasticiteten negativt men påverkade inte gångförmågan
29	Undersöka effekten av WBV hos patienter med multipel skleros (n=12); randomiserad kontrollerad studie	5 x 1 min Vibrationsplatta: Zeptor-Med Frekvens: 2- 4.4 Hz, Amplitud: 3 mm Placebobehandling: TENS på armen 5 x 1 min	Efter 1 v signifikant snabbare gång och tendens till förbättrad balans i träningsgruppen	WBV hade en kortvarig effekt på gångförmåga och balans vid multipel skleros
30	Jämföra effekten av WBV med sjukgymnastik hos personer med Parkinsons sjukdom (n=27); randomiserad kontrollerad studie	3 v träning: 40 min standard-träning + 30 pass helkropps vibrationsträning eller balansträning (2 x 15 min/dag, 5 dgr/v). Vibrationsplatta: Galileo. Frekvens: 25 Hz Amplitud: 7-14 mm.	Förbättrad balans och gångförmåga i båda grupperna; dynamisk posturografi endast signifikant förbättrad i WBV-gruppen.	WBV var inte bättre än vanlig balansträning vid Parkinsons sjukdom

”Resultaten av helkropps vibrations-träning är alltså inte entydiga”

bättrad balans och snabbare gångförmåga hos personer med MS en vecka efter träningen (29) samt förbättrad balans och gångförmåga hos personer med Parkinsons sjukdom efter tre veckors träning (30) (Tabell 2).

Effekten av helkropps vibrationsträning för personer med neurologiska sjukdomar är dock inte övertygande. I tre randomiserade kontrollerade studier där effekten av helkropps vibrationsträning jämfördes med kontrollbehandlingar som motståndsträning (28), träning till musik (32) och vanlig balansträning (30), kunde man inte visa att träningen var effektivare än kontrollbehandlingarna (Tabell 2).

Det har spekulerats i om helkropps vibrationsträning kan vara ett särskilt bra alternativ till styrketräning för otränade individer och äldre (2, 4) eller för personer med funktionsnedsättningar efter skador och sjukdomar (4). Det är dock svårt att dra några slutsatser eftersom studierna är få och träningsuppläggen och utvärderingsinstrumenten varierar mellan studierna (Tabell 2).

Ogynnsamma effekter av vibrationer

Några direkt skadliga effekter av helkropps vibrationsträning, utifrån angiven frekvens och amplitudinställning som apparaterna på marknaden idag erbjuder, har inte kunnat påvisas (1, 31, 32). Det finns dock studier där obehag såsom smärta i skenbenen (26), ”kliande känsla” i benen (22) och ödem (12) har noterats efter träningen.

Alltför låga frekvenser (under 18 Hz) och mycket höga frekvenser (över 250 Hz) kan vara skadligt för kroppen vid långvarig exponering och finns beskrivet hos en del yrkesgrupper såsom tandläkare, kranförare och skogsarbetare (1).

Kroppspositionen vid träning på vibrationsplatta är viktig för att undvika kraftiga vibrationer i huvudet. Genom att träna med böjda ben så minskar vibrationerna upp i huvudet, vilket annars kan upplevas som mycket obehagligt. För att undvika att andra organ (till exempel ögonen) kan komma i resonans med vibrationsplattan bör inte frekvensen understiga 20 Hz (1, 34, 35).

Kontraindikationer eller försiktighet att träna på vibrationsplatta anses råda, men är inte vetenskapligt visat, vid hjärt-kärlsjukdomar (35), blodproppar, inopererad pace-maker, all-

varlig migrän, epilepsi, diskbråck, tumör, höft- och knäleds proteser, diabetes, graviditet och pågående infektioner (1).

De vetenskapliga beläggen är inte entydiga

Resultaten av helkropps vibrationsträning är alltså inte entydiga och de vetenskapliga beläggen är fortfarande högst osäkra (6, 9). Tänkbara orsaker till de varierande resultaten kan vara olikheter i studiedesign. Upplägget av vibrationsträningen skiljer sig i studierna avseende inställningar, träningsupplägg och genomförande (6). Frekvensen varierar ofta mellan 2 Hz och 40 Hz och amplituden mellan 3 mm och 14 mm.

Träningstiden varierar vanligen mellan 30 sekunder och 60 sekunder och antal repetitioner mellan fyra och tio. Antalet träningstillfällen varierar mellan två per dag (30) och tre-fem gånger per vecka, och durationen mellan tre veckor till ett år.

Det är inte heller klarlagt hur länge träningen bör pågå för maximal effekt. I en studie med 24 veckors helkropps vibrationsträning var effekten avseende muskelstyrkan störst efter tolv veckors träning (12). Sättet att mäta muskelstyrka varierar också och vi vet att reproducerbarheten av styrkemätningar skiljer sig, beroende på vilken metod som används (36).

Det saknas därför riktlinjer för hur träningen på vibrationsplatta bör läggas upp för att få bästa möjliga resultat och för att undvika överbelastning och därmed skador (35).

Det är oklart vilken effekt helkropps vibrationsträning har om försökspersonerna i sin vardag har en hög respektive låg fysisk aktivitetsnivå, vilken betydelse ålder och kön har, vilken typ av träning på apparaten som utförs (statisk eller dynamisk träning samt grad av belastning), hur intensiteten och durationen i träningen vid varje träningspass och över tid bör vara. Det är inte heller klarlagt vilken frekvens och amplitudinställning på apparaten som ger bäst resultat (27, 35).

Träningseffektens överförbarhet

För att en behandling vid en skada eller sjukdom ska anses ha ett värde bör effekten kunna visas inte bara på en enskild kropps funktion, till exempel muskelstyrka, utan också medföra en förbättring av personernas aktivi-

tetsförmåga, till exempel gång eller förflyttning. Exempelvis har progressiv styrketräning av lärmuskler efter stroke visats kunna leda till ökad muskelstyrka men också förbättrad gångförmåga och ökad delaktighet (37).

Då man planerar och designar träningsstudier är det därför viktigt att utgå ifrån WHO:s ICF-modell (International Classification of Functioning, Disability and Health) (38) för att kunna studera om förbättringar av kropps funktioner leder till för individerna ökad aktivitetsnivå och upplevelse av ökad delaktighet.

I huvuddelen av studierna har effekterna utvärderats på funktionsnivå enligt ICF, till exempel muskelstyrka och hormonnivåer. Få studier har utvärderat vilken överförbarhet träningen har i det dagliga livet, det vill säga om funktionsförbättringarna har lett till ökad förmåga att utföra olika dagliga aktiviteter (14, 32).

I en studie gjord på patienter i postakut fas efter stroke kunde inte någon ytterligare effekt på balans eller aktiviteter i vardagliga livet ses efter sex veckors helkropps vibrationsträning jämfört med kontrollbehandlingen som bestod av övningar till musik (32).

I en annan studie (14) noterades däremot att helkropps vibrationsträning förbättrade äldre personers balans och gångförmåga samt livskvalitet. Författarna menade därför att denna träningsform kan vara en god kompletterande behandling för äldre för att minska fallrisken.

Sammanfattning

Denna litteraturgenomgång har visat att effekterna av helkropps vibrationsträning, med särskilt fokus på muskelstyrka hos friska individer och hos personer med funktionsnedsättningar efter neurologiska sjukdomar, fortfarande är oklar.

Fler randomiserade kontrollerade studier behövs innan vi vet om denna träningsform ger resultat, hur träningen bör läggas upp och vid vilka tillstånd den kan användas. Framtida studier bör fokusera på att undersöka vilka inställningsparametrar (frekvens och amplitud) som ska användas för optimal effekt, hur träningen bör utföras på vibrationsplattan, intensitet och duration samt vilka målgrupper som har bäst nytta av träningen.

Det är också viktigt att klargöra om effekten av helkropps vibrationsträning har någon betydelse för individerna i det vardagliga livet.

Referenser

1. Frick A, Niegemann T. Träning och rehabilitering med vibrationsplatta. Idrottsmedicinsk center i Malmö. Malmö: 2006.
2. Rehn B, Lidström J, Skoglund J, Lindström B. Effects on leg muscular performance from whole-body vibration exercise: a systematic review. *Scand J Med Sci Sports* 2007; 17: 2-11.
3. Cardinale M, Bosco C. The use of vibration as an exercise intervention. *Exerc Sport Sci Rev* 2003; 31(1): 3-7.
4. Cardinale M, Wakeling J. Whole body vibration exercise: are vibrations good for you? *Br J Sports Med* 2005; 39: 585-89.
5. de Ruyter CJ, van der Linden RM, van der Zijden MJA, Hollander AP, de Haan A. Short-term effects of whole body vibration on maximal voluntary isometric knee extensor force and rate of force rise. *Euro J Appl Physiol* 2003; 88: 472-75.
6. Nordlund MN, Thorstensson A. Strength training effects of whole-body vibration? *Scand J Med Sci Sports* 2007; 17: 12-17.
7. Delecluse C, Roelants M, Verschueren S. Strength increase after whole-body vibration training compared with resistance training. *Med Sci Sports Exerc* 2003; 35: 1033-41.
8. Cochrane DJ, Legg SJ, Hooker MJ. The short-term effect of whole-body vibration training on vertical jump, sprint, and agility performance. *J Strength Cond Res* 2004; 18: 828-32.
9. Delecluse C, Roelants M, Diels R, Koninckx E, Verschueren S. Effects of whole body vibration training on muscle strength and sprint performance in sprint-trained athletes. *Int J Sports Med* 2005; 26(8): 662-68.
10. Cochrane D, Stannard S. Acute whole-body vibration training increases vertical jump and flexibility performance in elite female hockey players. *Br J Sports Med* 2005; 39: 860-65.
11. 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.
12. Roelants M, Delecluse C, Verschueren SM. Whole-body-vibration training increases knee-extension strength and speed of movement in older

- women. *J Am Geriatr Soc* 2004; 52: 901-08.
13. Bautmans I, van Hees E, Lemper J-C, Mets T. The feasibility of whole body vibration in institutionalised elderly persons and its influence on muscular performance, balance and mobility: a randomised controlled trial [ISRCTN62535013]. *BMC Geriatrics* 2005; 5: 17.
 14. Bruyere O, Wuidart M-A, 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.
 15. Bogaerts A, Verschueren S, Delecluse C, Claessens AL, Boonen S. Effects of whole body vibration training on postural control in older individuals: a 1 year randomized controlled trial. *Gait & Posture* 2007; 26: 309-16.
 16. Bogaerts A, Delecluse C, Claessens AL, Coudyzer W, Boonen S, Verschueren S. Impact of whole-body vibration training versus fitness training on muscle strength and muscle mass in older men: a 1-year randomized controlled trial. *J Gerontol* 2007; 62A(6): 630-35.
 17. Kawanabe K, Kawashima A, Sashimoto I, Takeda T, Sato Y, Iwamoto J. Effect of whole-body vibration exercise and muscle strengthening, balance, and walking exercises on walking ability in the elderly. *Keio J Med* 2007; 56(1): 28-33.
 18. Torvinen S, Kannus P, Sievänen H, Järvinen TAH, Pasanen M, Kontulainen S, et al. Effect of a vibration exposure on muscular performance and body balance. Randomized cross-over study. *Clin Physiol & Funct Im* 2002; 22: 145-52.
 19. Rittweger J, Beller G, Felsenberg D. Acute physiological effects of exhaustive whole-body vibration exercise in man. *Clin Physiol* 2000; 20(2): 134-42.
 20. Torvinen S, Sievänen H, Järvinen TA, Pasanen M, Kontulainen S, Kannus P. Effect of 4-min vertical whole body vibration on muscle performance and body balance: a randomized cross-over study. *Int J Sports Med* 2002; 23(5): 374-9.
 21. Torvinen S, Kannus P, Sievänen H, Järvinen TAH, Pasanen M, Kontulainen S, et al. Effects of four-month vertical whole-body vibration on performance and balance. *Med Sci Sports Exerc* 2002; 34(9): 1523-28.
 22. Russo CR, Lauretani F, Bandinelli S, Bartali B, Cavazzini C, Guralnik JM, et al. High-frequency vibration training increases muscle power in postmenopausal women. *Arch Phys Med Rehabil* 2003; 84: 1854-57.
 23. Torvinen S, Kannus P, Sievänen H, Järvinen TA, Pasanen M, Kontulainen S, et al. Effect of 8-month vertical whole body vibration on bone, muscle performance, and body balance: a randomized controlled study. *J Bone Miner Res* 2003; 18(5): 876-84.
 24. van den Tillaar R. Will whole-body vibration training help increase the range of motion of the hamstrings? *J Strength Cond Res* 2006; 20(1): 192-96.
 25. Verschueren SM. Effects of 6-months whole body vibration on hip density, muscle strength and postural control in menopausal women. *J Bone Miner Res* 2004; 19(3): 352-59.
 26. de Ruitter CJ, van Raak SM, Schilperoort JV, Hollander AP, de Haan A. The effects of 11 weeks whole body vibration training on jump height, contractile properties and activation of human knee extensors. *Eur J Appl Physiol* 2003; 90: 595-600.
 27. Lou J, McNamara B, Moran K. The use of vibration training to enhance muscle strength and power. *Sports Med* 2005; 35(1): 23-41.
 28. Ahlborg L, Andersson C, Julin P. Whole-body vibration training compared with resistance training, effects on spasticity, muscle strength and motor performance in adults with cerebral palsy. *J Rehabil Med* 2006; 38: 302-08.
 29. Schuhfried O, Mittermaier C, Jovanovic T, Pieber K, Paternostro-Sluga T. Effects of whole-body vibration in patients with multiple sclerosis; a pilot study. *Clin Rehabil* 2005; 19: 834-42.
 30. Ebersbach G, Edler D, Kaufhold O, Wissel J. Whole body vibration versus conventional physiotherapy to improve balance and gait in Parkinson's disease. *Arch Phys Med Rehabil* 2008; 89: 399-403.
 31. van Nes IJM, Geurts ACH, 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.
 32. van Nes IJW, Latour H, Schils F, Meijer R, van Kuijk A, Geurts ACH. Long-term effects of 6-week whole-body vibration on balance recovery and activities of daily living in the postacute phase of stroke. *Stroke* 2006; 37: 2331-35.
 33. Tihanyi TK, Horvath M, Fazekas G, Hortobagyi T, Tihanyi J. One session of whole body vibration increases voluntary muscle strength transiently in patients with stroke. *Clin Rehabil* 2007; 21: 782-93.
 34. Yue Z, Mester J. A modal analysis of resonance during the whole-body vibration. *Stud Appl Mathematics* 2004; 112(3): 293-314.
 35. Mester J, Kleinöder H, Yue Z. Vibration training: benefits and risks. *J Biomech* 2006; 39: 1056-65.
 36. Lexell JE, Downham DY. How to assess the reliability of measurements in rehabilitation. *Am J Phys Med Rehabil* 2005; 84: 719-23.
 37. Flansbjerg UB, Miller M, Downham D, Lexell J. Progressive resistance training after stroke: effects on muscle strength, muscle tone, gait performance and perceived participation. *J Rehabil Med* 2008; 40(1): 42-48.
 38. World Health Organization. International Classification of Functioning, Disability and Health: ICF Geneva: WHO; 2001.