

# Učinki vibracije celega telesa na ravnotežje starejših odraslih

## Effects of whole body vibration on balance in older adults

Sara Novak<sup>1</sup>, Darja Rugelj<sup>1</sup>, Daša Weber<sup>1</sup>

### IZVLEČEK

**Uvod:** Vadba na vibracijski plošči pozitivno vpliva na mišično jakost, uravnavanje drže, povečevanje kostne gostote in cirkulacijo. Ker je pri starejših ljudeh mišična jakost pomembna za vzdrževanje ravnotežja, je upravičena predpostavka, da bi lahko bila vibracija celotnega telesa učinkovita oblika vadbe za izboljšanje ravnotežja. Komerčno dostopni aparati ponujajo možnost izbire različnih parametrov vibracije, zato je zelo pomembno, da poznamo optimalne parametre vadbe, ki so potrebni za primeren fiziološki odziv in varno izvedbo vadbe. Namen pregleda je bil analizirati dokaze o učinkih vibracije celega telesa na ravnotežje pri starejših. **Metode:** Pregledane so bile randomizirane kontrolirane raziskave v podatkovni zbirki PubMed, ki so proučevale vpliv vibracije celega telesa na ravnotežje pri starejših odraslih. **Rezultati:** Vključenih je bilo devet raziskav, objavljenih med letoma 2005 in 2016, v katerih so primerjali eksperimentalno skupino, ki je izvajala vadbo na vibracijski plošči najmanj dvakrat na teden, in kontrolno skupino, ki je bila brez obravnave. V štirih raziskavah so poročali o izboljšanju ravnotežja, v petih statistično pomembnih razlik med skupinama niso ugotovili. V dveh raziskavah so opazili tudi nekaj negativnih stranskih učinkov. **Zaključki:** Čeprav nekatere raziskave poročajo o statistično pomembnem izboljšanju ravnotežja, je treba te rezultate kritično interpretirati, predvsem zaradi nekonsistentnih ugotovitev dosedanjih raziskav. Potrebne so nadaljnje raziskave s skrbno dokumentiranim protokolom.

**Gljučne besede:** vibracije celega telesa, drža, ravnotežje, starostniki.

### ABSTRACT

**Introduction:** Whole body vibration has multiple effects on muscle strength, postural control, bone formation and circulation. Muscle strength is an important component for balance control among elderly, therefore it is possible to assume that whole body vibration is a possible intervention. For planning the interventions, it is important to choose the optimal vibration parameters to elicit an appropriate physiological response and maintain safe exercises. The purpose was to systematically evaluate the effect of whole body vibration on balance in older adults. **Methods:** A literature search of randomized controlled trials published during 2005 and 2016 was conducted using PubMed database. **Results:** Four studies out of nine included reported improved balance of the subjects. On the other hand, five studies reported no statistically significant differences between the experimental group and the control group. Two studies also reported some adverse effects. **Conclusions:** Although there is evidence for an overall effect of vibration on balance, its impact is inconclusive due to heterogeneity of studies, methodological shortcomings and inconsistent findings and should therefore be interpreted with caution. Further investigations with clearly stated protocols seem necessary.

**Key words:** whole body vibration, postural control, balance, elderly.

---

<sup>1</sup> Univerza v Ljubljani, Zdravstvena fakulteta, Ljubljana

**Korespondenca/Correspondence:** asist. dr. Daša Weber, dipl. fiziot., prof. šp. vzg.; e-pošta: [dasa.weber@zf.uni-lj.si](mailto:dasa.weber@zf.uni-lj.si)

Prispelo: 28.8.2017

Sprejeto: 11.1.2018

## UVOD

V preteklosti so zaradi negativnih učinkov vibracije celega telesa na človeško telo pri nekaterih poklicnih dejavnostih ugotovili, da ima dolgotrajna izpostavljenost škodljive učinke na mehka tkiva (1). Novejše raziskave kažejo, da nadzorovana vibracija celega telesa poveča kostno gostoto in izboljša mišično jakost, spodbuja vzravnalne odzive ter tako vpliva na ravnotežje (2, 3, 4). Vibracija celega telesa je prenesena na posameznikovo celotno telo z neposrednim stikom, navadno med stajo ali sedenjem na vibracijski površini. Medtem ko oseba stoji na plošči, lahko izvaja tudi različne vaje. Gre za mehanski dražljaj, za katerega je značilno nihajno gibanje, bodisi rotacijsko ali vertikalno. Biomehanski spremenljivki, ki določata intenzivnost vibracije, sta frekvenca in amplituda (1) nihanja. Najpogosteje uporabljene frekvence so v razponu od 15 do 60 Hz (1, 5), amplituda od 1 do 10 mm (1, 5), pospešek lahko doseže do 15 g (5), trajanje posamezne terapije vibracija celega telesa pa se giblje med 30 sekundami in 10 minutami (5).

Razlaga učinka cikličnega mehanskega dražljaja temelji na predpostavki, da dražljaji, ki jih proizvede vibracijska naprava, stimulirajo mišična vretena skeletnih mišic (5). Monosinaptični prenos aferentnih signalov Ia naj bi privedel do aktivacije motoričnih nevronov alfa, kar naj bi privedlo do toničnih kontrakcij mišic oziroma do toničnega vibracijskega refleksa (5, 6, 7). Omenjeni tonični vibracijski refleks povzroči povečano vključevanje motoričnih enot prek aktivacije mišičnih vreten in polisintaptičnih poti (8). Povečanje mišične aktivnosti med stajo na vibracijski plošči so pokazali tudi rezultati analize elektromagnetnih signalov mišic (5, 6, 9). V katerih mišičnih skupinah bo odziv največji, je odvisno od položaja preiskovanca na vibracijski plošči in njegove togosti. Kadar je središče vibracijskega dražljaja pod peto, ta povzroči premik težišča proti sprednjemu delu podplata in obratno, kadar je vibracijski dražljaj usmerjen na sprednji del stopala, povzroči, da se težišče premakne nazaj (7). Kadar oseba stoji togo na vibracijski plošči, se vibracije prenesejo na vse med seboj povezane segmente vse do glave, prožno prilagajanje pa zmanjša vpliv vibracij v oddaljenih proksimalnih segmentih (8). Iz navedenega lahko sklepamo, da ima uporaba vibracijskih plošč v terapiji prek

izvabljanja mišične kontrakcije in prilagoditev drže pomemben in takojšnji učinek na držo in ravnotežje. Vibracija celega telesa torej sproži prilagoditve več živčno-mišičnih komponent, ki lahko vplivajo na izboljšanje kontraktibilnih lastnosti in jakosti mišic, in tudi medmišične koordinacije, potrebne za učinkovit ravnotežni odziv, kar posledično poveča sposobnost ohranjanja ravnotežja (6, 7, 10).

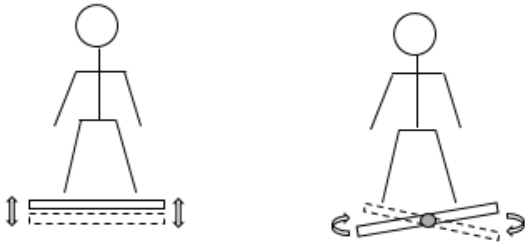
Za obravnavo v fizioterapiji se uporabljata dva tipa vibracijskih plošč. Sinusoidne vibracijske naprave (slika 1) zagotavljajo vibracije bodisi z rotacijskimi ali vertikalnimi dražljaji, uporabniki pa stojijo na eni vibracijski plošči (5).

Z rotacijsko vibracijo se plošča premika okoli anteriorne-posteriorne osi (slika 2 desno). Postavitev stopal bolj narazen pomeni večjo amplitudo gibanja in dovaja silo asinhrono na levo in desno nogo. Naprave z vertikalno vibracijo (slika 2 levo) pa imajo površino, ki se premika vertikalno in povzroča simetrično gibanje v spodnjih udih v isti smeri (5).

Pred kratkim so se poleg sinusoidnih naprav s stalno frekvenco vibracije pojavile tudi naprave z vibracijo stohastične resonance. Razlika med njimi



Slika 1: Sinusoidna vibracijska plošča



Slika 2: Vertikalni (levo) in rotacijski (desno) model vibracijske plošče

je, da naprava vibrira s spreminjajočo se frekvenco med 1 in 12 Hz ter amplitudo med 3 in 6 mm, oseba pa stoji na dveh vibracijskih ploščah (11).

Mišična jakost je povezana z ravnotežjem pri starejših odraslih (12), zato je upravičeno pričakovati, da bi bila vibracija celega telesa učinkovita alternativa ali dopolnitev klasičnim izvajanjem vaj za ravnotežje (3, 12). Vibracija celega telesa se pogosto izvaja tudi pri populaciji starejših, saj je primerna tudi za tiste, ki so šibkejši in imajo zmanjšano stopnjo premičnosti (11, 13), vendar pa optimalne vrednosti parametrov, ki so potrebni za specifični fiziološki odziv, ki bi povzročil izboljšanje ravnotežja, še niso jasne (5, 11).

Namen pregleda literature je bil ugotoviti, ali uporaba plošč za vibracijo celega telesa vpliva na ravnotežje starejših odraslih, kateri so najpogosteje uporabljeni parametri vibracijske vadbe in ali poročajo o negativnih oziroma nezaželenih učinkih.

## METODE

Iskanje literature je potekalo v podatkovni zbirki PubMed, julija 2016. Uporabljene ključne besede so bile »whole body vibration« OR »vibration training« AND »balance« OR »postural control« OR »stability« AND »elderly« OR »older adults«. Vključili smo randomizirane klinične raziskave ter raziskave z eksperimentalno in kontrolno skupino (kontrolna skupina ni bila deležna terapije), v katerih so bili vsi preiskovanci starejši od 50 let. Izključene so bile raziskave, ki so bile izvedene na preiskovancih z nevrološkimi boleznimi in na živalih. Ocene metodološke kakovosti raziskav, vključenih v pregled, po lestvici PEDro smo povzeli iz istoimenske podatkovne zbirke (14).

## REZULTATI

Z izbranimi ključnimi besedami je bilo v PubMed v prvi fazi iskanja pridobljenih 155 raziskav. Glede na vključitvena in izključitvena merila je bilo v pregled uvrščenih devet raziskav, v katerih preiskovanci poleg vadbe na vibracijski plošči niso bili deležni nobenih dodatnih terapij. Razpon ocen vključenih raziskav po PEDro lestvici je bil od 6 do 7, kar glede na lestvico pomeni dobro kakovost.

V raziskavah je skupno sodelovalo 1115 preiskovancev, starih povprečno 73,8 leta (razpon povprečja starosti od 58,8 (15) do 83,2 (16)). Udeleženci so bili starejši odrasli (večinoma ženske) iz domov za starejše občane (16, 17) ali v skupnosti živeči starejši (10, 18), v dveh raziskavah specifično z osteopenijo (15, 19) in v štirih raziskavah po menopavzalnem obdobju (4, 15, 18, 19). Uporabljene vibracijske plošče so bile proizvajalcev Galileo (10, 15, 18, 19), Zeptor (11), Vibro-sphere (16, 17), Juvent (18), X-trend (6) in vibracijska plošča lastne proizvodnje (4). V eni raziskavi so uporabili vibracije stohastične resonance (11), v preostalih osmih pa so uporabili sinusoidne vibracijske plošče.

Pregledane raziskave se močno razlikujejo v parametrih vadbe. V nekaterih raziskavah so primerjali tri skupine (6), in sicer vibracijo celega telesa z zaprtimi oz. prevezanimi očmi, vibracijo celega telesa z odprtimi očmi in kontrolno skupino. Beck in sodelavci (18) so primerjali visoko- in nizkointenzivno vibracijo celega telesa s kontrolno skupino. Rogan in sodelavci (11) so izvedli navzkrižno raziskavo: po 16 dneh so zamenjali eksperimentalno in kontrolno skupino. Natančni protokoli primerjanih raziskav so predstavljeni v preglednici 1. V vseh raziskavah so preiskovanci v kontrolni skupini imeli navodila, naj nadaljujejo z običajnimi dejavnostmi vsakodnevnega življenja.

V sedmih raziskavah je bil položaj preiskovancev na vibracijskih ploščah stoja z rahlo fleksijo v kolenih (od 20 do 30°). Edini raziskavi, ki sta izstopali, sta bili raziskava Leunga in sodelavcev (4) ter ena od eksperimentalnih skupin pri Beckovi in sodelavcih (18), v katerih so preiskovanci morali imeti iztegnjena kolena. Cheung in sodelavci (10) niso navedli podatka o položaju stoje preiskovancev med vibracijo celega telesa. Obutev med terapijo v večini raziskav ni bila opisana, v

Preglednica 1: Protokol vadbe z vibracijo celega telesa

Raziskava	Oblika vibracij	PREMIK PLOŠČE			VCT : O	Št. setov dni/teden	Trajanje (mesece)
		(Hz)	(mm)	(g)			
Beudart in sod. (2013)	Rotacijska	30	2	NP	15 s : 30 s	5 setov 3-krat na teden	3
Tseng in sod. (2016)	NP	20	4	1,5	5 min. kontinuirano	1 set 3-krat na teden	3
Beck in sod. (2010)	Vertikalna	30	NP	0,3	15 min. kontinuirano	1 set 2-krat na teden	8
Rogan in sod. (2015)	Vibracije stohastične resonance	12,5	2	1	3 min. : 1 min.	2 seta 2-krat na teden	1
		5	NP	NP	60 s : 60 s	5 setov 3-krat na teden	
Buckinx in sod. (2014)	Rotacijska	30	2	NP	15 s : 30 s	5 setov 3-krat na teden	6
Liphardt in sod. (2015)	Rotacijska	20	3–4	NP	60 s : 60 s	10 setov 2–3-krat na teden	12
Iwamoto in sod. (2012)	Rotacijska	20	NP	NP	4 min. kontinuirano	1 set 2-krat na teden	6
Leung in sod. (2014)	Vertikalna	35	< 0,1	0,3	20 min. kontinuirano	1 set 5-krat na teden	18
Cheung in sod. (2007)	Rotacijska	20	3	NP	3 min. kontinuirano	1 set 3-krat na teden	18

VCT – vibracije celega telesa, O – odmor, Hz – enota frekvence, mm – enota amplitude, g – enota pospeška, s – sekunde, min. – minute, NP – ni podatka

treh (10, 16, 17) so bili preiskovanci bosi, v raziskavi Rogan in sodelavci (11) so preiskovanci imeli obute čevlje.

Učinki vibracije celega telesa na ravnotežje so bili ocenjeni z veljavnimi in zanesljivimi testi statičnega in dinamičnega ravnotežja. Najpogosteje uporabljen je bil test vstani in pojdi, in sicer v štirih raziskavah. Izidi ocenjevanja so za lažjo primerjavo med raziskavami izraženi v odstotkih spremembe (preglednica 2).

V večini raziskav avtorji niso navedli nobenih negativnih stranskih učinkov, le Beudart in sodelavci (16) so ugotovili bolečine v kolku ( $n = 2$ ) ter Leung in sodelavci (4) vrtočlavo ( $n = 5$ ), bolečino v križu ( $n = 4$ ) in nogi ( $n = 2$ ) ter hipertenzijo ( $n = 8$ ). V preostalih treh raziskavah (6, 10, 17) te informacije niso bile omenjene.

*Preglednica 2: Uporabljeni testi za oceno ravnotežja in primerjava med rezultati eksperimentalne in kontrolne skupine za posamezne raziskave*

Raziskava	Ocena ravnotežja		Eksperimentalna skupina	Kontrolna skupina	P-vrednost	Izboljšanje v korist eksperimentalne skupine
			Razlika	Razlika		
Beudart in sod. (2013)	Tinnetijev test ravnotežja		0,07	0,40	0,54	NE
	Test vstani in pojdi (s)		-1,14	0,41	0,49	
Tseng in sod. (2016)	Pritiskovna plošča	VCT	20,00 %		< 0,001	DA
		OVPI + VCT	29,12 %	-2,36	< 0,001	
Beck in sod. (2010)	Test stoje na eni nogi (s)	NIVCT	-7,7 %		0,21	NE
		VIVCT	27,80 %	-15,60 %	0,53	
Rogan in sod. (2015)	Test funkcijskega dosega (cm)		-12,67	-2,33	0,432	NE
	Razširjen test vstani in pojdi (s)		-0,13	1,15	0,097	
Buckinx in sod. (2014)	Tinnetijev test ravnotežja		0,08	-0,36	NP	NE
	Test vstani in pojdi (s)		-0,15	0,89	0,19	
Liphardt in sod. (2015)	Modificiran klinični test senzorične organizacije		NP	NP	SNR	NE
Iwamoto in sod. (2012)	Test stoje na eni nogi (s)		159,9 %	14,4 %	< 0,05	DA
	Test vstani in pojdi (s)		-5,7 %	-0,16 %	SNR	
Leung in sod. (2014)	Pritiskovna plošča – test meje stabilnosti	Reakcijski čas (s)	-0,25	0,13	< 0,001	DA
		Hitrost gibanja (°/s)	0,93	-0,01	< 0,001	
		Končni odklon (%)	6,15	-1,74	< 0,001	
		Maks. odklon (%)	7,95	-2,78	< 0,001	
		Kontrola smeri (%)	-0,36	-0,81	0,74	
		Test funkcijskega dosega (cm)	23,8 %	6,6 %	0,221	
Cheung in sod. (2007)	Pritiskovna plošča – test meje stabilnosti	Reakcijski čas (s)	-34,47 %	-25,59 %	0,210	DA
		Hitrost gibanja (°/s)	53,49 %	14,96 %	0,003	
		Končni odklon (%)	20,36 %	11,12 %	0,261	
		Maks. odklon (%)	18,84 %	3,36 %	0,003	
		Kontrola smeri (%)	4,32 %	-6,61 %	0,049	
		Test funkcijskega dosega (cm)	23,8 %	6,6 %	0,221	

*s – sekunde, cm – centimetri, % – odstotki, °/s – enota hitrosti gibanja, NIVCT – nizkointenzivna VCT, VIVCT – visokointenzivna VCT, OVPIVCT odvzeta vizualna povratna informacija + VCT, maks. odklon – maksimalni odklon, SNR – statistično nepomembne razlike, NP – ni podatka, navedene so povprečne vrednosti, statistično pomembne razlike, če  $p < 0,05$*

## RAZPRAVA

Namen pregleda literature je bil oceniti učinkovitost vibracije celega telesa na ravnotežje

starejših odraslih in definirati najpogosteje uporabljene parametre, prav tako pa so nas zanimali morebitni negativni učinki vibracije

celega telesa. V štirih raziskavah poročajo o izboljšanju ene (ali več) komponent ravnotežja. Iwamoto in sodelavci (19) so ugotovili podaljšanje časa pri testu stoje na eni nogi, Beck in sodelavci (18) pa z enakim testom niso odkrili statistično pomembnih razlik pred vibracijo celega telesa in po njej. Avtorji preostalih treh raziskav (4, 6, 10), ki poročajo o izboljšanju ravnotežja, so ovrednotili ravnotežje na pritiskovni plošči z ugotavljanjem različnih komponent mej stabilnosti.

Ni še povsem pojasnjeno, kateri mehanizmi so pri vibraciji celega telesa odgovorni za izboljšanje ravnotežja. Spremembe so lahko povezane z izboljšanjem mišične jakosti in učinkovitejšim vključevanjem mišic ter boljšo živčno-mišično koordinacijo (3, 20), ki je potrebna za ravnotežni odziv. Vibracija celega telesa, izvabljen z rotacijskim premikom plošče z visokimi vrednostmi pospeškov, povzroči hitre premike podporne ploskve oziroma motnje (21), take motnje pa so primeren dražljaj za vadbo ravnotežja, saj vibracija kot dražljaj zmoti mirno stoji in poruši ravnotežje (22) ter tako izvabi ravnotežni odziv. Zato lahko sklepamo, da je mehanizem učinka vibracije celega telesa podoben kot pri spodbujanju ravnotežja na nestabilni podlagi.

Parametri vibracij pregledanih raziskav so večinoma skladni s priporočili Cardinala in Wakelinga (1), ki sta ugotovila, da so najpogosteje uporabljene frekvence v razponu od 15 do 60 Hz, vrednosti amplitude pa med 1 in 10 mm. Frekvenco 20 Hz so uporabili v štirih pregledanih raziskavah (6, 10, 15, 19), od tega v treh poročajo o izboljšanju ravnotežja (6, 10, 15). Do izboljšanja je prišlo tudi v eni raziskavi (4), v kateri so uporabili frekvenco 35 Hz, v preostalih treh raziskavah, v katerih so uporabili višje frekvence kot 20 Hz (16, 17, 18), pa ni prišlo do izboljšanja ravnotežja. Videti je, da so frekvence med 15 in 20 Hz tiste, ki lahko vplivajo na izboljšanje ravnotežja. Še vedno ni natančne razlage za večjo učinkovitost nižjih frekvenc vibracij v primerjavi z višjimi. Že Nazarov in Spivak sta leta 1985 (19) uporabila frekvenco 23 Hz, ki je temeljila na predpostavki, da so pri nizkih frekvencah izgube vibriranja v tkivu manjše. Naslednja mogoča razlaga je povezana z ugotovitvijo, da se frekvenca proženja akcijskih potencialov mišic spodnjih udov

giblje v razponu od 5 do 65 Hz (20). Najtesnejšo povezavo med frekvenco vibracij in odzivom mišice sta pokazala Cardinal in Lim (9). Pri spremljanju elektromagnetnih aktivnosti mišice vastus lateralis med vadbo na vibracijski plošči sta ugotovila veliko večji refleksni odgovor pri frekvenci 30 Hz kot pri frekvencah 40 in 50 Hz.

Amplituda vibriranja plošče je bila v sedmih raziskavah (6, 10, 11, 15–18) nižja od 4 mm, v preostalih raziskavah pa ta podatek ni bil dokumentiran. Pozitiven učinek vibracijske vadbe na ravnotežje je bil ugotovljen v dveh raziskavah (6, 10), v katerih so uporabili amplitudo od 3 do 4 mm, v eni raziskavi (4), v kateri so uporabili amplitudo, manjšo od 0,1 mm, in v raziskavi, v kateri ta podatek ni znan (21). Čeprav se je uporaba frekvence med 20 in 35 Hz in amplitude, manjše od 4 mm, izkazala za ustrezno v večini raziskav, težko govorimo o optimalnih frekvencah in amplitudah vibracijske vadbe za učinkovanje na ravnotežje. Glede na raznolikost frekvenc in amplitud vibracije pri raziskavah, ki poročajo o pozitivnem učinku vibracijske terapije, ne moremo z gotovostjo zaključiti, katere so optimalne oziroma najučinkovitejše nastavitve.

Razmerje med pogostostjo vadbe in odzivom pacienta je po mnenju Marina in sodelavcev (23) zelo pomembno za doseg pozitivnih učinkov vadbe. V raziskavah, v katerih so avtorji poročali o izboljšanju ravnotežja (4, 6, 10, 21), so bili preiskovanci na vibracijskih ploščah najmanj tri minute brez odmora. Nasprotno v raziskavi Beaudartove in sodelavcev (16), v kateri so uporabili zelo kratke intervale vibracij in so vibracijo izvajali samo 15 sekund, čemur je sledil 30-sekundni odmor, ni prišlo do pomembnih razlik med skupinama. Do podobnih ugotovitev so prišli tudi Buckinx in sodelavci (17), Liphardt in sodelavci (15) ter Rogan in sodelavci (11). Iz tega lahko sklepamo, da so za vpliv vibracij na ravnotežje potrebni kontinuirani dražljaji, ki trajajo vsaj tri minute. Dosedanja dognanja in rezultati tega pregleda kažejo, da se za vibracijo celega telesa priporoča terapija trikrat na teden, vpliv vadbe pa se lahko pričakuje po dveh mesecih (12). Vse pregledane raziskave razen ene (10) so trajale dovolj dolgo, da bi v njih lahko zaznali morebitne spremembe ravnotežja.

Oblika vibracij (vertikalna ali rotacijska) nima večjega vpliva na uspešnost terapije z vibracijo celega telesa. Pri primerjavi rezultatov opazimo, da ni bistvenega učinka v prid rotacijske vibracije. Kljub temu pa Rittweger (7) zagovarja uporabo rotacijske vibracije, ki naj bi izvabila močnejšo mišično aktivacijo, ki jo povzroči večja amplituda gibanja. Z uporabo EMG so namreč pokazali večjo mišično aktivnost pri rotacijskih vibracijskih ploščah v primerjavi z vertikalnimi (7).

Tseng in sodelavci (6) so ugotovili, da je kombinacija vibracije in odvzema vidnega priliva učinkovitejša za pridobivanje ravnotežja in mišično jakost spodnjega uda. Preiskovanci so v obeh eksperimentalnih skupinah (ena z vidnimi informacijami in druga brez) imeli manj gibanja središča pritiska na pritiskovni plošči v primerjavi s kontrolno skupino, ki ni bila deležna terapije. Izboljšanje ravnotežja v skupini z zaprtimi očmi je bilo še večje, kar lahko pojasnimo z dejstvom, da odvzem vidnega priliva poveča zahtevo za uporabo proprioceptivnih informacij (6). Izmed pregledanih raziskovalnih protokolov je bila ta raziskava edina, ki je primerjala vadbe z odprtimi in zaprtimi očmi, kar nakazuje možnosti za nadaljnje raziskovanje.

Naprava, ki proizvaja vibracijo celega telesa, je varna in enostavna za uporabo (1), če se upoštevajo na dokazih temelječa priporočila za obravnavo (1). S področja medicine dela je znano, da daljša izpostavljenost vibracijam povzroči višjo pojavnost bolečin v križu in utrujenost globokih hrbtnih mišic (m. erector spinae), prav tako pa negativno vpliva na prebavni, reproduktivni, vidni in vestibularni sistem (4, 24, 25). Dosedanja priporočila za varno izvedbo (1) so upoštevali v sedmih pregledanih raziskavah in te raziskave tudi ne poročajo o negativnih stranskih učinkih. O negativnih stranskih učinkih so poročali v dveh raziskavah (4, 16), vendar se je treba zavedati, da vibracija celega telesa ni nujno vzrok zanje. Največ poročil o negativnih stranskih učinkih vibracije celega telesa navajajo Leung in sodelavci (4), pri čemer so bili preiskovanci deležni 20-minutne kontinuirane vibracije petkrat na teden. Tako intenzivna obravnava je v nasprotju s priporočili (5), ki pravijo, da naj bi posamezna terapija trajala največ deset minut. Rittweger (7) je opozoril, da stoja oziroma položaj osebe na vibracijski plošči znatno vpliva na prenos vibracij na okostje in na

varno izvedeno terapijo. Prav tako je ugotovil, da je optimalen položaj na vibracijski plošči stoja z rahlo fleksijo kolen, natančneje med 10 in 30°, saj se tako omejuje vpliv vibracij na glavo in trup. Negativen stranski učinek, o katerem poročajo Leung in sodelavci (4), in sicer vrtoglavica, je lahko posledica stoje s popolnoma ekstenziranimi koleni v tej raziskavi ali pa je razlog morda uporaba naprave z vertikalnimi vibracijskimi dražljaji. Abercromby in sodelavci (24) so namreč poročali, da je eden izmed dejavnikov za zagotavljanje neškodljive terapije tudi oblika vibracijskih dražljajev (rotacijska ali vertikalna). Ključna razlika se zgodi pri prenosu vibracij. Prenos vibracij na glavo je od dva- do trikrat manjši pri napravah z rotacijsko obliko vibracij v primerjavi z vertikalno, zaradi česar je pri tej obliki vibracijske naprave manj možnosti za vrtoglavico. V petih raziskavah (10, 11, 16, 17, 21) so uporabljene naprave z rotacijsko vibracijo. Zdi se, da so bili negativni učinki (bolečine v kolku), ki so jih navedli Beaudart in sodelavci (16), sicer povezani z vibracijo celega telesa, vendar točnega razloga ni mogoče določiti.

V pregledanih raziskavah smo ugotovili največje razlike pri protokolu obravnave, torej frekvenci, amplitudi, pospešku vibracije in trajanju posamezne vibracije celega telesa (3, 5). Judex in sodelavci (25) ter Christiansen in sodelavci (26) so z različnimi frekvencami in pospeški izvedli raziskavi na miših in podganah ter preverjali kostno gostoto in vrednosti primerjali s kontrolno skupino. Njihovi rezultati nakazujejo, da imajo različne frekvence in pospeški drugačen vpliv na trabekularni (notranji) del kosti. To pomeni, da ugotovitve neke raziskave ni mogoče posplošiti, kadar gre za različne naprave, ki delujejo z različno intenzivnostjo vibracij. Dodatne pomanjkljivosti se pojavijo, kadar v raziskavah ni podatka o omenjenih parametrih. Glede na to, da so frekvenca, amplituda in pospešek vibracije najpomembnejše spremenljivke, ki določajo to terapijo, je nujno, da avtorji raziskav o teh podatkih tudi poročajo. Za pripravo z dokazi podprtih priporočil za vadbo pa so prav ti podatki pomembni.

Dosedanje ugotovitve ne podpirajo uporabe vibracij celega telesa kot samostojne terapije za vadbo ravnotežja. Rezultati pregledanih raziskav

ne kažejo klinično pomembnega izboljšanja ravnotežja, izmerjenega s kliničnimi testi ravnotežja (11, 15–18), kažejo pa na pomembno izboljšanje stabilnosti mirne stoji na pritiskovni plošči (4, 6, 10). Pomanjkanje skladnosti med raziskavami je razlog, da je težko primerjati učinke in omejuje možnosti za oblikovanje optimalnega programa vadbe z vibracijo celega telesa (37). Avtorji se zavedajo omejitve narejenega pregleda, saj so raziskave iskali le v eni podatkovni zbirki in samo v angleškem jeziku. Z vključitvijo več raziskav bi morda dobili bolj jasen odgovor o optimalnem protokolu vadbe z vibracijo celega telesa za izboljšanje ravnotežja.

## ZAKLJUČKI

O pozitivnih učinkih vibracije celega telesa na ravnotežje poročajo v pregledanih raziskavah, v katerih so uporabili frekvenci 20 in 35 Hz ter amplitude, manjše od 4 mm. Priporočeni čas posamezne vibracije celega telesa za učinkovito in neškodljivo terapijo je od 30 sekund do 10 minut. Izvaja naj se trikrat na teden, vsaj dva meseca, na napravi z rotacijsko obliko vibracij. Kontinuirana oblika vibracije celega telesa se je izkazala za učinkovitejšo v primerjavi z intermitentno vibracijo celega telesa. Za najbolj varen položaj na vibracijski plošči se je izkazala stoji z rahlo fleksijo kolen. Dodatna možnost za povečanje učinkovitosti vibracije celega telesa bi lahko bila izvedba z zaprtimi očmi. Za oceno učinkovitosti vibracije celega telesa na ravnotežje starejših odraslih so potrebni nadaljnji randomizirani kontrolirani poskusi, ki bi se osredotočili na optimalno trajanje posamezne terapije ter zmanjšanje razpona frekvence in amplitude. Terapija z uporabo vibracij stohastične resonance je še posebno slabo raziskana in ji bo treba nameniti več pozornosti.

## LITERATURA

- Cardinale M, Wakeling J (2005). Whole body vibration exercise: are vibrations good for you? *Br J Sports Med* 39 (9): 585–9.
- Lipovšek T, Weber D, Jakovljević M (2016). Vpliv vibracij celotnega telesa na mišično zmogljivost spodnjega uda. *Fizioterapija* 24 (2): 35–43.
- Orr R (2015). The effect of whole body vibration exposure on balance and functional mobility in older adults: a systematic review and meta-analysis. *Maturitas* 80 (4): 342–58.
- Leung KS, Li CY, Tse YK in sod. (2014). Effects of 18-month low-magnitude high-frequency vibration on fall rate and fracture risks in 710 community elderly – a cluster randomized controlled trial.
- Merriman H, Jackson K (2009). The effects of whole body vibration training in aging adults: a systematic review. *J Geriatr Phys Ther* 32 (3): 134–45.
- Tseng SY, Lai CL, Chang KL, Hsu PS, Lee MC, Wang CH (2016). Influence of whole-body vibration training without visual feedback on balance and lower-extremity muscle strength of the elderly. *Medicine (Baltimore)* 95 (5): 1–6.
- Rittweger J (2010). Vibration as an exercise modality: how it may work, and what its potential might be. *Eur J Appl Physiol* 108 (5): 877–904.
- Torvinen S, Kannus P, Sievänen H, Järvinen TA, Pasanen M, Kontulainen S, Järvinen TL, Järvinen M, Oja P, Vuori I (2002). Effect of four-month vertical whole body vibration on performance and balance. *Med Sci Sports Exerc* 34 (9): 1523–8.
- Cardinale M, Lim J (2003). Electromyography activity of vastus lateralis muscle during whole-body vibrations of different frequencies. *J Strength Cond Res* 17 (3): 621–4.
- Cheung WH, Mok HW, Qin L, Sze PC, Lee KM, Leung KS (2007). High-frequency whole-body vibration improves balancing ability in elderly women. *Arch Phys Med Rehabil* 88 (7): 852–7.
- Rogan S, Radlinger L, Hilfiker R, Schmidtbleicher D, Bie RA, Bruin ED (2015). Feasibility and effects of applying stochastic resonance whole-body vibration on untrained elderly: a randomized crossover pilot study. *BMC Geriatr* 15 (25): 1–8.
- Bogaerts A, Delecluse C, Boonen S, Claessens AL, Milisen K, Verschuere SM (2011). Changes in balance, functional performance and fall risk following whole body vibration training and vitamin D supplementation in institutionalized elderly women. A 6 month randomized controlled trial. *Gait Posture* 33 (3): 466–72.
- Kawanabe K, Kawashima A, Sashimoto I, Takeda T, Sato Y, Iwamoto J (2007). Effect of whole-body vibration exercise and muscle strengthening, balance, and walking exercises on walking ability in the elderly. *Keio J Med* 56 (1): 28–33.
- PEDro. <http://www.pedro.org.au/english/downloads/pedroscale/> <21. 8. 2017>.
- Liphardt AM, Schipilow J, Hanley DA, Boyd SK (2015). Bone quality in osteopenic postmenopausal women is not improved after 12 months of whole-body vibration training. *Osteoporos Int* 26 (3): 911–20.



16. Beudart C, Maquet D, Mannarino M, Buckinx F, Demonceau M, Crielaard JM, Reginster JY, Bruyère O (2013). Effects of 3 months of short sessions of controlled whole body vibrations on the risk of falls among nursing home residents. *BMC Geriatr* 13 (42): 1–10.
17. Buckinx F, Beudart C, Maquet D, Demonceau M, Crielaard JM, Reginster JY, Bruyère O (2014). Evaluation of the impact of 6-month training by whole body vibration on the risk of falls among nursing home residents, observed over a 12-month period: a single blind, randomized controlled trial. *Aging Clin Exp Res* 26 (4): 369–76.
18. Beck BR, Norling TL (2010). The effect of 8 months of twice-weekly low or higher intensity whole body vibration on risk factors for postmenopausal hip fracture. *Am J Phys Med Rehabil* 89 (12): 997–1009.
19. Cochrane DJ (2011). Vibration exercise: the potential benefits. *Int J Sports Med* 32 (02): 75–99.
20. Wakeling JM, Nigg BM (2001). Modification of soft tissue vibrations in the leg by muscular activity. *J Appl Physiol* 90 (2): 412–20.
21. Iwamoto J, Sato Y, Takeda T, Matsumoto H (2012). Whole body vibration exercise improves body balance and walking velocity in postmenopausal osteoporotic women treated with alendronate: Galileo and Alendronate Intervention Trial (GAIT). *J Musculoskelet Neuronal Interact* 12 (3): 136–43.
22. Yang F, King GA, Dillon L, Su X (2015). Controlled whole-body vibration training reduces risk of falls among community-dwelling older adults. *J Biomech* 48 (12): 3206–12.
23. Marín PJ, Martín-López A, Vicente-Campos D, Angulo-Carrere MT, García-Pastor T, Garatachea N, Chicharro JL (2011). Effects of vibration training and detraining on balance and muscle strength in older adults. *J Sports Sci Med* 10 (3): 559–64.
24. Abercromby AF, Amonette WE, Layne CS, McFarlin BK, Hinman MR, Paloski WH (2007). Vibration exposure and biodynamic responses during whole-body vibration training. *Med Sci Sports Exerc* 39 (10): 1794–800.
25. Judex S, Lei X, Han D, Rubin C (2007). Low-magnitude mechanical signals that stimulate bone formation in the ovariectomized rat are dependent on the applied frequency but not on the strain magnitude. *J Biomech* 40 (6): 1333–9.
26. Christiansen BA, Silva MJ (2006). The effect of varying magnitudes of whole-body vibration on several skeletal sites in mice. *Ann Biomed Eng* 34 (7): 1149–56.
27. Lam FM, Lau RW, Chung RC, Pang MY (2012). The effect of whole body vibration on balance, mobility and falls in older adults: a systematic review and meta-analysis. *Maturitas* 72 (3): 206–13.