

Učinki vibracijske terapije celega telesa pri ženskah v postmenopavzalnem obdobju

Effects of whole body vibration therapy in postmenopausal women

Taja Pipan¹, Polona Palma¹

IZVLEČEK

Uvod: Osteoporoza je sistemsko obolenje kosti, za katerega je značilna nizka kostna masa, ki poveča krhkost kosti in s tem tudi dovzetnost za zlome. Vibracija celega telesa je eden izmed postopkov zdravljenja osteoporoze, ki je primeren za osebe, ki niso zmožne izvajati intenzivnih vadb. **Namen:** Namen pregleda literature je bil analizirati vpliv vibracij celega telesa na kostno gostoto pri ženskah v postmenopavzalnem obdobju. **Metode dela:** Iskanje literature je potekalo v podatkovnih zbirkah ScienceDirect in PubMed. **Rezultati:** Analiziranih je bilo sedem raziskav. V eksperimentalni skupini so izvajali vibracije celega telesa, kontrolne skupine niso imele terapije ali pa so prejemale le dodatke vitamina D in kalcija. V štirih raziskavah se je kostna gostota preiskovane eksperimentalne skupine statistično pomembno izboljšala ($p < 0,05$) v primerjavi s kontrolno skupino. Največje spremembe kostne mase so bile izmerjene na območju ledvene hrbtenice in trohanterične regije, in sicer tudi do 8,8 %. V dveh raziskavah po končnih meritvah v eksperimentalni skupini niso zaznali izboljšanja kostne gostote v primerjavi s kontrolno skupino. **Zaključki:** Vadba vibracij celega telesa se je pokazala za učinkovito metodo ohranjanja in/ali povečevanja mineralne kostne gostote pri ženskah v postmenopavzalnem obdobju.

Ključne besede: postmenopauza, osteoporoza, vibracija celega telesa, mineralna kostna gostota.

ABSTRACT

Introduction: Osteoporosis is a systemic bone disease characterized by low bone mass, which increases bone fragility and thus susceptibility to fractures. Whole-body vibration is one of the methods for treating osteoporosis that is suitable for people who cannot perform high-intensity exercise. **Purpose:** The aim of the literature review was to analyse the effect of whole-body vibration on bone density in postmenopausal women. **Methods:** The literature search was conducted in the ScienceDirect and PubMed databases. **Results:** Seven studies were analysed. The experimental group received whole-body vibration, while the control group received no therapy or only vitamin D and calcium supplements. In four studies, the bone density of the participants in the experimental group improved statistically significantly ($p < 0.05$) compared to the control group. The greatest changes in bone mass were measured in the lumbar spine and trochanteric region, namely up to 8.8 %. In two studies, no improvement in bone density was observed in the experimental group compared to the control group after the final measurements. **Conclusion:** Whole-body vibration training has been shown to be an effective method for maintaining and/or increasing bone mineral density in postmenopausal women.

Key words: postmenopause, osteoporosis, whole-body vibration, bone mineral density.

¹ Univerza v Ljubljani, Zdravstvena fakulteta, Ljubljana

Korespondenca/Correspondence: asist. dr. Polona Palma, dipl. fiziot., prof. šp. vzg.; e-pošta: polona.palma@zf.uni-lj.si

Prispelo: 27. 02. 2025

Sprejeto: 17. 04. 2025

UVOD

Menopavza je eden pomembnejših dogodkov v življenju ženske in prinaša več fizioloških sprememb, ki trajno vplivajo na njeno kakovost življenja (Adena & Gallagher, 1982). Opredeljena je kot zadnja menstruacija, ki jo je mogoče potrditi po 12 zaporednih mesecih amenoreje. Ta čas označuje trajni konec menstruacije in plodnosti (NAMS, 2010). Starost ob menopavzi je genetsko določena, dejavniki, ki so škodljivi za jajčnike, pa pogosto povzročijo zgodnejšo menopavzo (Adena & Gallagher, 1982). V zadnjih letih pred izgubo menstruacije govorimo o perimenopavzi, ki jo lahko definiramo kot časovno obdobje, ki se začne nekaj let pred zadnjo menstruacijo in traja do enega leta po menopavzi. Postmenopavza obsega časovno obdobje po perimenopavzi, torej eno leto po zadnji menstruaciji (NAMS, 2010). Glavne posledice menopavze so povezane predvsem s pomanjkanjem in nihanjem ravni estrogena. Mednje prištevamo vročinske oblike, razdražljivost, nihanje razpoloženja, težave s koncentracijo, zmedenost, stresno inkontinenco, osteoporozo, depresijo, glavobol, vazomotorične težave in nespečnost (Dalal & Agarwal, 2015).

Osteoporozo je opredeljena kot sistemsko obolenje kosti, za katerega so značilne nizka kostna masa in mikroarhitekturne spremembe kostnega tkiva, kar povzroča povečano krhkost kosti in večjo dovzetnost za zlome (Kanis et al., 1994). Je kronična bolezen, ki za zdaj še ni dokončno ozdravljiva, lahko pa jo upočasnimo ali celo zaustavimo njeno napredovanje (Kocjan, 2020). Med bolniki z osteoporozo je kar 80 % žensk, saj v menopavzi zaradi upada ravni estrogena kosti hitreje izgubljajo mineralno kostno gostoto kot pri moških (Kocjan, 2020). Osebe z osteoporozo se pogosto srečujejo s kronično bolečino, zmanjšano telesno funkcijo, zmanjšano udeležbo v družabnih dejavnostih in s poslabšanjem kakovosti življenja (Bianchi et al., 2005). Zato je pomembno, da poznamo dejavnike, ki povečujejo tveganje za nastanek in razvoj osteoporoze, to pa so na primer spol, starost, dednost, prehrana in življenjski slog, kajenje, menopavza pred 45. letom in drugi. Zdravljenje in preprečevanje osteoporoze lahko poteka farmakološko, z zdravili, ki zavirajo razgradnjo kosti, ali pa nefarmakološko, in sicer z uravnoteženo prehrano ter redno telesno dejavnostjo (Kocjan, 2020).

Vibracija celega telesa (VCT) je vrsta vadbe, ki se izvaja na vibracijski plošči. Vibracija je mehanski dražljaj, ki ga proizvede oscilatorno gibanje motorja v vibracijski plošči (Cardinale & Bosco, 2003). VCT se na človeško telo prenesejo prek stika človeka s ploščo, medtem ko posameznik na plošči vzdržuje določen položaj ali izvaja dinamične vaje (da Cunha de Sá-Caputo et al., 2019). Biomehانيčni parametri, ki določajo intenzivnost vibracij, so amplituda, frekvenca in trajanje oscilacij, točni parametri vibracij za doseganje optimalnih rezultatov pa še niso enotno določeni (Merriman & Jackson, 2009). Glede na smer premikanja vibracijske plošče ločimo tri najpogostejše modele, in sicer vertikalni, rotacijski ter horizontalni model (da Cunha de Sá-Caputo et al., 2019).

Odzive na VCT opazujemo na mišično-skeletni, nevrološki, endokrinološki in vaskularni ravni (da Cunha de Sá-Caputo et al., 2019). Na mišično-skeletni ravni so na splošno opazili povečanje mišične zmogljivosti (Dalal & Agarwal, 2015) in kostne gostote (Weber-Rajek et al., 2015), izboljšanje ravnotežja (Bogaerts et al., 2007) in zmanjšanje tveganja za padce tako pri treniranih kot pri netreniranih posameznikih (da Cunha de Sá-Caputo et al., 2019). VCT lahko vplivajo tudi na raven ravnega hormona (Kvorning et al., 2006), obščitničnega hormona (Martín et al., 2009) in testosterona v serumu (Di Giminiani et al., 2014). Vibracije stimulirajo mišična vretena in tako aktivirajo motorične nevrone, kar pa povzroči krčenje mišic prek refleksa na razteg. Ta mehanizem imenujemo tonični vibracijski refleks (Trans et al., 2009). Skeletni odzivi na VCT so podobni odzivom na vadbo prek procesa mehanotransdukcije. Mehanska stimulacija se z vibracijske plošče prenaša na celice v kosti, ki sprožijo biokemične signale za spodbujanje osteogeneze. Posledično se razgradnja kostnine lahko nekoliko zmanjša ali celo zaustavi (Beck, 2015).

Namen pregleda znanstvene literature je bil analizirati vpliv VCT na kostno gostoto pri ženskah v postmenopavznem obdobju.

METODE

Iskanje literature je potekalo decembra 2024 v podatkovnih zbirkah ScienceDirect in PubMed. Pri tem so bile v različnih kombinacijah uporabljene

naslednje ključne besede in besedne zveze: whole body vibration, bone mineral density, bone mass, osteoporosis, postmenopausal women. Raziskave, ki smo jih preučevali, smo izbrali na podlagi vključitvenih in izključitvenih meril. Vključitvena merila so bili angleški jezik, raziskave, prosto dostopne v celotnem besedilu, raziskave, v katerih so izvajali VCT, raziskave, ki so vključevale preiskovanke z osteoporozo ali osteopenijo, raziskave, v katerih so merili mineralno kostno gostoto pri preiskovankah v postmenopavzalnem obdobju, metodološka ocena raziskav po PEDro lestvici 5 ali več ter raziskave, v katerih so bile preiskovanke razdeljene v eksperimentalne in kontrolne skupine. Izključitvena merila so bili pregledni članki, poročila o primerih in raziskave, v katerih so izvajali lokalne vibracije.

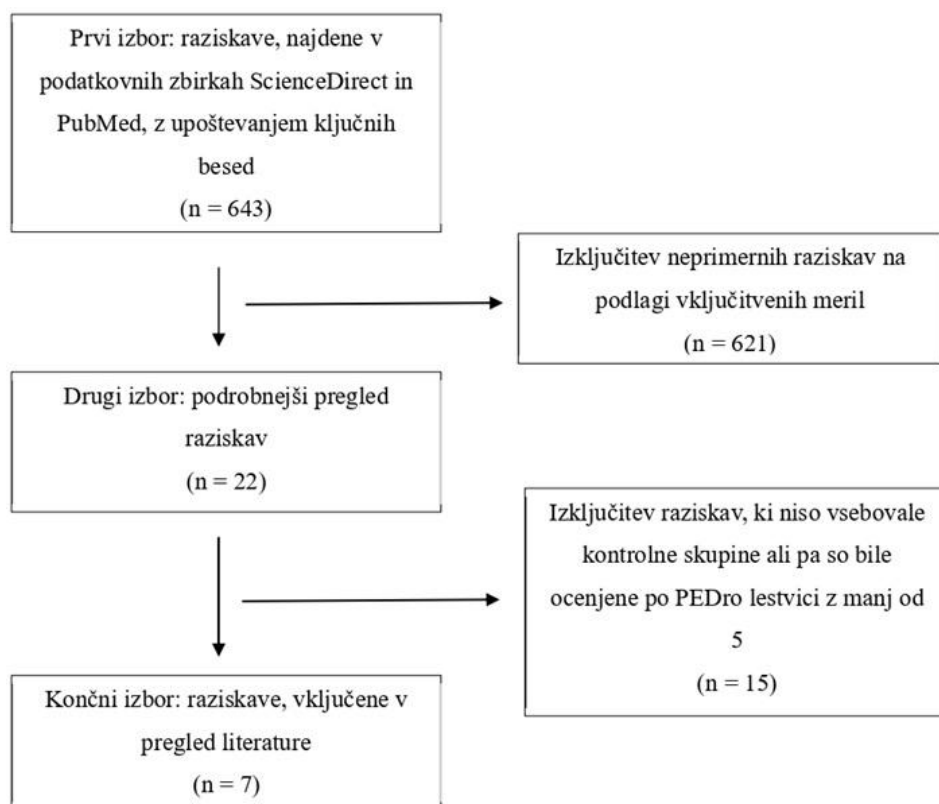
Metodološka kakovost raziskav je bila ocenjena po PEDro lestvici. Razpon ocen vključenih raziskav po lestvici PEDro je bil od 5 do 7. Tri raziskave (Santin-Medeiros et al., 2015; Lai et al., 2013; Sen et al., 2020) so bile ocenjene kot srednje kakovosti z oceno 5 in štiri raziskave so bile ocenjene kot

visoko kakovostne z oceno 6 (ElDeeb & Abdel-Aziem, 2020; Seungsub et al., 2018) in z oceno 7 (de Oliveira et al., 2019; Verschueren et al., 2011).

REZULTATI

Z uporabo navedenih ključnih besed je bilo v podatkovni zbirki ScienceDirect najdenih 465 raziskav, v podatkovni zbirki PubMed pa 178 raziskav. Glede na vključitvena in izključitvena merila je bilo na koncu v ožji izbor in podrobnejšo analizo vključenih sedem raziskav (slika 1).

V raziskave so bile vključene ženske v postmenopavzalnem obdobju. V vseh analiziranih raziskavah je skupno sodelovalo 355 preiskovank. Najmanj preiskovank ($n = 28$) je sodelovalo v raziskavi, ki so jo izvedli Ali in sodelavci (2013), največ preiskovank ($n = 113$) pa je sodelovalo v raziskavi Verschuerna in sodelavcev (2011). Povprečna starost preiskovank je bila 63 let, in sicer od 52,5 leta (Sen et al., 2020) do 82,5 leta (Santin-Medeiros et al., 2015). Avtorji so za izbor primernih preiskovank uporabili različna vključitvena in izključitvena merila. Vključitveno merilo je bilo v



Slika 1: PRISMA diagram iskanja in izbora virov

vseh raziskavah enako, in sicer zadnja menstruacija preiskovanke pred dvanajstimi ali več meseci. Izključitvena merila pa so se med raziskavami nekoliko razlikovala. V raziskavo, ki so jo izvedli Santin-Medeiros in sodelavci (2015), niso vključili žensk s sladkorno boleznijo, epilepsijo, ledvičnimi kamni, kardiovaskularnimi boleznimi in endoprotezami sklepov. Sen in sodelavci (2020) so iz raziskave izključili tudi preiskovanke, ki so

uživale zdravila, ki vplivajo na presnovo kosti, živčno-mišično aktivnost ali ravnotežje. De Oliveira in sodelavci (2019) pa v raziskavo niso vključili preiskovank, ki so se v zadnjih 6 mesecih ukvarjale s kakršnokoli telesno vadbo.

Vse raziskave so bile zasnovane na primerjavi eksperimentalne skupine s kontrolno skupino. Tri

Preglednica 1: Protokoli VCT v analiziranih raziskavah

Avtorji raziskave	Oblika vibracij	Parametri vibracij			Trajanje obravnave (VCT : O)	Pogostost terapij	Položaj preiskovanca	Trajanje raziskave
		(Hz)	(mm)	(g)				
Santin-Medeiros et al. (2015)	Vertikalna	20	2	NP	30 s : 30 s (skupno 6 min)	6 setov, 2-krat na teden	18 različnih vaj (sonožni počepi, stoja, sede ...)	8 mesecev
ElDeeb & Abdel-Aziem (2020)	Vertikalna	20–35	2,5–5	NP	1 min : 30 s (skupno 10 min)	2-krat na teden	Različne vrste počepov, stoja, izpadni korak	24 tednov
Lai et al. (2013)	Horizontalna	30	NP	3,2	5 min kontinuirano	3-krat na teden	Stoja, roke na ročaju plošče	6 mesecev
de Oliveira et al. (2019)	Rotacijska	20	4	3,2	5 min kontinuirano	3-krat na teden	Stoja s flektiranimi koleno za 30°, roke na ročaju plošče	6 mesecev
Verschuieren et al. (2011)	Vertikalna	30	NP	1,6	1 min : 1 min (skupno 15 min)	3-krat na teden	Različne statične in dinamične vaje (stoja, počep, dvig na prste, enonožni počep ...)	6 mesecev
Seungsub et al. (2018)	Vertikalna	25–30	1–3	NP	5 min : 1 min (skupno 10–15 min)	5-krat na teden	Stoja z rahlo pokrčenimi koleno, roke na ročaju plošče	12 tednov
Sen et al. (2020)	NP	30–40	2–4	3,6	30 s : 60 s (skupno 5–10 min)	3-krat na teden	5 različnih statičnih položajev (stoja, počep, globok počep, širok počep, izpadni korak, izpadni korak z iztegom rok naprej)	6 mesecev

VCT – vibracija celega telesa, O – odmor, Hz – frekvenca vibracij, mm – amplituda vibracij, g – gravitacijski pospešek vibracij, min – minute, s – sekunde, NP – ni podatka.

raziskave (Seungsub et al., 2018; Sen et al., 2020; de Oliveira et al. 2019) so imele dve eksperimentalni skupini. Ena izmed eksperimentalnih skupin je izvajala VCT, druga eksperimentalna skupina je v raziskavi Seungsuba in sodelavcev (2018) izvajala VCT z dodatno obremenitvijo, v raziskavi, ki so jo izvedli Sen in sodelavi (2020), so izvajali vadbo proti upor, v raziskavi de Oliviere in sodelavcev (2019) pa so izvajali vadbo pilatesa. Kontrolna skupina v štirih

raziskavah (Santin-Medeiros et al. 2015; Lai et al. 2013; de Oliveira et al. 2019; Seungsub et al. 2018) ni prejela nobene vrste terapije, v treh raziskavah (ElDeeb & Abdel-Aziem 2020; Verschueren et al. 2011; Sen et al. 2020) pa je bila kontrolni skupini predpisana dnevna količina prehranskega dodatka D-vitamina in kalcija.

V štirih raziskavah (Lai et al., 2013; de Oliveira et al., 2019; Seungsub et al., 2018; Sen et al., 2020) so

Preglednica 2: Rezultati meritev VCT na mineralno kostno gostoto, merjeni z dvoenergetsko rentgensko absorpciometrijo

Avtorji raziskave	Merjeni predel	Mineralna kostna gostota eksperimentalne skupine (g/cm ²)			Mineralna kostna gostota kontrolne skupine (g/cm ²)			P-vrednost razlike med skupinama
		Pred	Po	P-vrednost	Pred	Po	P-vrednost	
Santin-Medeiros et al. (2015)	Kolk	0,76	0,74	0,15	0,79	0,76	0,86	0,68
ElDeeb & Abdel-Aziem (2020)	L2–L4	0,95 ± 0,11	1,03 ± 0,17	0,01*	0,90 ± 0,11	0,92 ± 0,11	0,89	0,22
	Vrat stegenice	0,66 ± 0,006	0,71 ± 0,07	0,001*	0,62 ± 0,9	0,64 ± 0,11	0,60	0,10
	Wardov trikotnik	0,57 ± 0,27	0,72 ± 0,33	0,001*	0,52 ± 0,23	0,53 ± 0,27	0,773	0,041*
	Veliki trochanter	0,55 ± 0,13	0,60 ± 0,11	0,001*	0,52 ± 0,11	0,53 ± 0,09	0,266	0,032*
Seungsub et al. (2018)	L2–L4	0,95 ± 0,20	0,93 ± 0,20	NP	1,00 ± 0,18	1,00 ± 0,18	NP	NP
	Vrat stegenice	0,67 ± 0,06	0,65 ± 0,09	NP	0,75 ± 0,07	0,74 ± 0,83	NP	NP
de Oliveira et al. (2019)	L1–L4	0,96	0,98	0,00*	0,94	0,94	0,53	0,018*
	Vrat stegenice	0,77	0,78	0,14	0,75	0,75	0,63	1,00
	Veliki trochanter	0,90	0,91	0,00*	0,89	0,89	0,80	0,012*
	Kolk	0,61	0,63	0,24	0,60	0,61	0,69	1,00
	Intertrochanter	1,06	1,06	0,23	1,04	1,04	0,04	1,00
	Wardov trikotnik	0,54	0,55	0,54	0,54	0,53	0,92	1,00
Verschueren et al. (2011)	Kolk	0,758	0,763 ± 0,0029	0,001*	0,790	0,797 ± 0,0032	0,001*	0,949
Lai et al. (2013)	L2–L4	0,818 ± 0,088	0,835 ± 0,098	0,047*	0,819 ± 0,078	0,815 ± 0,076	0,188	0,016*
Sen et al. (2020)	L2–L4	0,899 ± 0,024	0,911 ± 0,030	0,051	0,891 ± 0,038	0,874 ± 0,046	0,017*	B 0,005*
	Vrat stegenice	0,780 ± 0,057	0,819 ± 0,061	0,013*	0,776 ± 0,055	0,753 ± 0,048	0,009*	B 0,003*
	Kolk	0,844 ± 0,065	0,860 ± 0,063	0,006*	0,815 ± 0,101	0,826 ± 0,097	0,003*	B 0,031
	L1–L4	0,890 ± 0,025	0,898 ± 0,032	0,129	0,865 ± 0,025	0,870 ± 0,025	0,356	NP

NP – ni podatka, * – statistično pomembna razlika ($p < 0,05$), B – Bonferronijev popravek ($p < 0,017$).

preiskovanke na vibracijski plošči vzdrževale statičen položaj, v treh raziskavah (Verschueren et al., 2011; Santin-Medeiros et al., 2015; ElDeeb & Abdel-Aziem, 2020) pa so poleg statičnih položajev preiskovanke izvajale tudi različne dinamične vaje, kot na primer počepe in dvige na prste. Natančnejši podatki protokolov VCT so predstavljeni v preglednici 1.

Učinki VCT na mineralno kostno gostoto so bili v vseh raziskavah merjeni z dvoenergetsko rentgensko absorpcijometrijo (angl. Dual energy X-ray absorptiometry). V raziskavi, ki so jo izvedli Sen in sodelavci (2020), so meritve kostne gostote izvedli na začetku raziskave, po treh mesecih in na koncu raziskave. V vseh preostalih raziskavah so meritve izvedli le dvakrat, in sicer na začetku in na koncu raziskave.

V štirih raziskavah (ElDeeb & Abdel-Aziem, 2020; Lai et al., 2013; Sen et al. 2020; de Oliveira et al., 2019) se je kostna gostota preiskovank eksperimentalne skupine statistično pomembno izboljšala v primerjavi s kontrolno skupino ($p < 0,05$). V raziskavi de Oliveira in sodelavcev (2019) je bilo statistično pomembno izboljšanje med skupinama izmerjeno le na predelu ledvenih vretenc in velikega trohantra, ne pa tudi na drugih merjenih območjih. Prav tako sta ElDeeb & Abdel-Aziem (2020) statistično pomembne rezultate ugotovila le na območju Wardovega trikotnika in velikega trohantra. V dveh raziskavah (Santin-Medeiros et al., 2015; Verschueren et al., 2011) po končnih meritvah v eksperimentalni skupini niso zaznali izboljšanja kostne gostote v primerjavi s kontrolno skupino. V eni izmed raziskav (Seungsub et al., 2018) pa statistične vrednosti sprememb med začetnimi in končnimi rezultati meritev niso bile navedene. Rezultati meritev učinkov VCT na mineralno kostno gostoto so predstavljeni v preglednici 2.

RAZPRAVA

Osteoporotični zlomi in z njimi povezane posledice so postali zelo obsežen in kompleksen zdravstveni problem, zato je bil namen tega pregleda literature analizirati učinek VCT na mineralno kostno gostoto pri ženskah v postmenopavznem obdobju. Ugotovljeno je bilo, da so izmed sedmih raziskav, ki smo jih vključili v pregled, v šest raziskavah (ElDeeb & Abdel-Aziem, 2020; Lai et al., 2013; de

Oliveira et al., 2019; Verschueren et al., 2011; Seungsub et al., 2018; Sen et al. 2020) poročali o izboljšanju mineralne kostne gostote na določenem predelu telesa po izvajanju VCT.

ElDeeb & Abdel-Aziem (2020) sta ugotovila, da VCT lahko izboljša mineralno kostno gostoto tako na predelu stegenice kot tudi na predelu kolka in ledvenih vretenc. Do podobnih ugotovitev so prišli tudi Sen in sodelavci (2020), ki so izboljšanje kostne gostote izmerili na predelu kolka in stegenice, Lai in sodelavci (2013), ki so meritve opravili le na predelu ledvene hrbtenice, in Verschueren in sodelavci (2011), ki so meritve opravili le na predelu kolka. Prav tako so tudi de Oliveira in sodelavci (2019) ugotovili izboljšanje mineralne kostne gostote na predelu ledvene hrbtenice in velikega trohantra po VCT.

V štirih raziskavah (ElDeeb & Abdel-Aziem, 2020; Lai et al., 2013; Sen et al., 2020; de Oliveira et al., 2019) se je mineralna kostna gostota preiskovank eksperimentalne skupine statistično pomembno izboljšala v primerjavi s kontrolno skupino ($p < 0,05$). ElDeeb & Abdel-Aziem (2020) sta statistično pomembne razlike med eksperimentalno in kontrolno skupino odkrila le na območju Wardovega trikotnika in velikega trohantra. Prav tako so de Oliveira in sodelavci (2019) statistično pomembno izboljšanje izmerili le na območju lumbalne hrbtenice in trohantra, ne pa tudi na drugih merjenih območjih. V predhodni raziskavi, ki so jo izvedli Oliviera in sodelavci (2016), je bilo ugotovljeno, da sta ledvena hrbtenica in trohanterična regija najbolj odzivni na povečanje kostne gostote pri ženskah v postmenopavznem obdobju. Prav tako so bili v omenjeni raziskavi statistično pomembni rezultati opaženi le pri eksperimentalnih skupinah, pri katerih so bili uporabljeni rotacijski modeli vibracij, rahlo pokrčena kolena preiskovank na vibracijski plošči ter nizka frekvenca in visoka magnituda vibracij (Oliviera et al., 2016). Pri VCT namreč lahko spreminjamo veliko različnih parametrov in ostaja vprašanje, kateri parametri omogočajo najboljše pogoje za spodbujanje procesa osteogeneze (de Oliveira et al., 2019). Položaj z iztegnjenimi koleno naj bi omogočal večjo porazdelitev vibracij skozi skelet preiskovanca, vendar pa je bilo dokazano, da pri frekvencah do 30 Hz položaj z rahlo pokrčenimi koleno ne vpliva pomembno na dušenje vibracij za

regije ledvene hrbtenice in stegenice (Judex & Rubin, 2010). Na pomembnost položaja preiskovanca med VCT je opozoril že Rittweger (2010), ki meni, da stoja oziroma položaj posameznika na vibracijski plošči precej vpliva na prenos vibracij na okostje, še posebej pa na varno izvedbo terapije.

V raziskavi, ki so jo izvedli Lai in sodelavci (2013), so preiskovanke VCT izvajale v nevtralnem stoječem položaju. Rezultati končnih meritev so pokazali statistično pomembno izboljšanje kostne gostote preiskovank tako med eksperimentalno in kontrolno skupino ($p = 0,016$) kot tudi znotraj eksperimentalne skupine ($p = 0,047$). Avtorji raziskave menijo, da nevtralna drža preiskovanca, ki je bila uporabljena tudi v njihovi raziskavi, lahko poveča učinek VCT v predelu ledvene hrbtenice. Lai in sodelavci (2013) še navajajo, da preiskovanke, ki so izvajale VCT, niso prejemale kalcija ali dodatkov D-vitamina, na dobre končne rezultate pa bi lahko vplivalo tudi dejstvo, da so preiskovanke v raziskavi zelo dobro sodelovale. Do konca raziskave je namreč v vadbenem programu ostalo kar 88 % preiskovank, k čemur je po mnenju avtorjev pripomogla tudi primerna pogostnost vadb (trikrat na teden), ki je bila za preiskovanke še sprejemljiva. Nasprotno pa so v raziskavi Ruana in sodelavcev (2008) VCT potekale kar petkrat na teden in zato so avtorji ob koncu raziskave lahko končnemeritve izvedli le še s 23 % preiskovank. Lai in sodelavci (2013) zato poudarjajo pomembnost primerne pogostosti vadbe.

Celoten program vadb VCT je bil v raziskavi Lai in sodelavcev (2013) izveden v športnem centru bolnišnice, nadzoroval pa ga je dobro usposobljena fizioterapevt. Lai in sodelavci (2013) menijo, da tudi omenjeni dejavnik lahko prispeva k dobrim rezultatom ob koncu raziskav, hkrati pa sta stalen nadzor preiskovank in osredotočenost na pravilno tehniko izvedbe VCT ključna načina za varno izvedeno vadbo. Tudi Emerenziani in sodelavci (2014) menijo, da naj se nenadzorovana vadba VCT ne bi izvajala.

V dveh raziskavah (Santin-Medeiros et al., 2015; Verschueren et al., 2011) po končnih meritvah v eksperimentalni skupini niso zaznali izboljšanja kostne gostote v primerjavi s kontrolno skupino. Santin-Medeiros in sodelavci (2015) navajajo, da bi

do tovrstnih rezultatov lahko prišlo zaradi več dejavnikov. Prvi dejavnik bi lahko bile premajhne mehanske obremenitve telesa, uporabljene med VCT. Na boljšo izgradnjo kosti namreč bolje vpliva vadba, ki vključuje večje obremenitve v krajšem časovnem obdobju (na primer poskoki) (Allison et al., 2013). Tako so v raziskavi, ki so jo izvedli Seungsub in sodelavci (2018), primerjali rezultate vadbe VCT z dodatno obremenitvijo in brez nje. Ugotovili so, da se je skupini, ki je VCT izvajala z dodatno obremenitvijo, kostna masa statistično pomembno izboljšala, medtem ko v skupini, ki je prejemala le VCT brez obremenitve, ni bilo statistično pomembnega izboljšanja. Santin-Medeiros in sodelavci (2015) menijo, da bi na rezultate v njihovi raziskavi lahko vplivala tudi starost preiskovank, saj so bile njihove preiskovanke v povprečju najstarejše. Struktura osteoblastov, starostne spremembe v ravnih faktorjih in ravni hormonov lahko zmanjšajo pozitivne učinke vadbe na kost (Kassem & Marie, 2011). Na izboljšanje mineralne kostne gostote pa bi lahko vplivala tudi pogostnost VCT, saj so v raziskavi Santin-Medeiros in sodelavcev (2015) VCT izvajali le dvakrat na teden. Ruan in sodelavci (2008) navajajo, da so v raziskavah, v katerih so izvedli pet terapij na teden ali več, poročali o vidnih spremembah kostne mase.

Santin-Medeiros in sodelavci (2015) še navajajo, da bi bilo treba uporabiti tudi več izključitvenih meril, saj so vsakodnevna prehrana, uporaba zdravil, prehranska dopolnila, kajenje in raven telesne dejavnosti lahko vplivali na končne rezultate raziskave.

V raziskavi Verschuerna in sodelavcev (2011) so učinke VCT primerjali z učinki dnevnega dodatka vitamina D. Ugotovili so enako statistično pomembno izboljšanje ($p < 0,001$) mineralne kostne gostote tako v testni kot tudi v kontrolni skupini. Do podobnih ugotovitev so prišli tudi Sen in sodelavci (2020). Verschueren in sodelavci (2011) so tovrstno izboljšanje kostne gostote v kontrolni skupini izmerili na območju kolka, Sen in sodelavci (2020) pa poleg kolka še na vratu stegenice in ledveni hrbtenici. Dejavnik, ki je vplival na kostno gostoto preiskovank v kontrolni skupini, je bil dnevni odmerek D-vitamina in kalcija, ki so ju preiskovanke prejemale 6 mesecev. Ugotovili so, da VCT v primerjavi s konvencionalnim (880 IE; 400

IE = 10 µg; NIJZ, 2016) ali velikim odmerkom (1600 IE) D-vitamina in kalcija niso povzročile dodatnih izboljšav kostne gostote. Starejše institucionalizirane ženske imajo namreč pogosto pomanjkanje D-vitamina, kar se opredeli kot raven D-vitamina pod 50 nmol/L (Lips, 2001). Verschuern in sodelavci (2011) navajajo, da je v njihovi raziskavi več kot polovica preiskovank (56,9 %) ob začetku raziskave imela raven D-vitamina pod navedeno mejo. Dnevni dodatek D-vitamina je v šestih mesecih pri preiskovankah povzročil dvig ravni D-vitamina, kar je bilo povezano z izboljšanjem mišične zmogljivosti in kostne gostote na območju kolka. To dejstvo še dodatno podpira potrebo po dodajanju D-vitamina starejšim institucionaliziranim osebam (Verschueren et al., 2011). Kot dodatno omejitev raziskave Verschueren in sodelavci (2011) navajajo, da zaradi razmeroma majhnega vzorca preiskovank (n = 113) rezultati morda niso reprezentativni za širšo populacijo, saj so bile preiskovanke ločene v več manjših skupin. Prav tako so menili, da sta na končne rezultate vplivali uporaba nizke amplitude vibracij in nizka intenzivnost vadbe, ki je bila izbrana zaradi razmeroma visoke starosti preiskovank.

V vseh preostalih analiziranih raziskavah (Santín-Medeiros et al., 2015; ElDeeb & Abdel-Aziem, 2020; Seungsub et al., 2018; de Oliveira et al., 2019; Lai et al., 2013) se kostna gostota preiskovank v kontrolni skupini ni statistično pomembno izboljšala. Največje izboljšanje vrednosti kostne gostote preiskovank kontrolne skupine je bilo izmerjeno v raziskavi ElDeeb & Abdel-Aziem (2020), v kateri se je na predelu vratu stegenice kostna gostota izboljšala za kar 2,89 %, vendar omenjeni rezultat ni bil statistično pomemben. Tudi v tej raziskavi je kontrolna skupina prejela dnevne dodatke D-vitamina in kalcija, kar je vplivalo na izboljšanje kostne gostote ob odsotnosti VCT.

Smernice za uporabo najprimernejših parametrov VCT še niso dobro raziskane, vendar se zdi, da imajo nekoliko višje intenzivnosti vadbe (frekvenca, amplituda, pospešek) in stoječ položaj na vibracijski plošči večji potencial za izboljšanje mineralne kostne gostote pri ženskah v postmenopavzi. Smiselno bi bilo še dodatno raziskati, katere kombinacije parametrov dajejo

najboljše rezultate in kateri mehanizmi so zares odgovorni za spodbujanje procesa osteogeneze. Za doseg dobrih rezultatov bi bilo treba poleg izbire optimalnih parametrov izvajati VCT pod strokovnim nadzorom ustrezno usposobljene osebe.

ZAKLJUČKI

Rezultati analiziranih raziskav kažejo, da imajo VCT pozitiven vpliv na mineralno kostno gostoto pri ženskah v postmenopavznem obdobju, ki imajo zmanjšano kostno gostoto. Izpostavljenost VCT ugodno vpliva na proces tvorbe kostnine in tako lahko VCT omogočijo ohranjanje in/ali povečanje kostne mase. Tovrstna vadba bi lahko bila rešitev predvsem za ženske, ki niso zmožne izvajati vadbe proti uporabi in drugih visoko intenzivnih vadb.

Kljub raznolikosti protokolov v pregledanih raziskavah menimo, da so najboljše frekvence vibracij med 20 in 40 Hz ter pogostost vadbe od dva do petkrat na teden. Stoja na vibracijski plošči z rahlo pokrčenimi koleno se je izkazala za učinkovit in varen način izvajanja VCT, ki pa ga mora nadzorovati usposobljen kader. Za zelo učinkovit način preprečevanja upada kostne gostote se je izkazala tudi vsakodnevna uporaba dodatkov kalcija in D-vitamina, ki je bila v nekaterih raziskavah uporabljena v kontrolnih skupinah.

Za nadaljnjo oceno učinkovitosti VCT na kostno gostoto žensk v postmenopavznem obdobju so potrebne raziskave z natančno definiranim in nadzorovanim protokolom. Določiti bi bilo namreč treba enotne parametre vibracij in najbolj optimalno pogostost vadbe.

LITERATURA

1. Adena MA, Gallagher HG (1982). Cigarette smoking and the age at menopause. *Annals of human biology*, 9(2), 121–130. <https://doi.org/10.1080/03014468200005591>.
2. Beck BR (2015). Vibration therapy to prevent bone loss and falls: mechanisms and efficacy. *Current osteoporosis reports*, 13(6), 381–389. <https://doi.org/10.1007/s11914-015-0294-8>.
3. Bianchi ML, Orsini MR, Saraifoger, S, Ortolani S, Radaelli G, Betti S (2005). Quality of life in postmenopausal osteoporosis. *Health and quality of life outcomes*, 3, 78. <https://doi.org/10.1186/1477-7525-3-78>.

4. Bogaerts A, Delecluse C, Claessens AL, Coudyzer W, Boonen S, Verschueren SM (2007). Impact of whole-body vibration training versus fitness training on muscle strength and muscle mass in older men: a 1-year randomized controlled trial. *The journals of gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences*, 62(6), 630–635. <https://doi.org/10.1093/gerona/62.6.630>.
5. Cardinale M, Bosco C (2003). The Use of Vibration as an Exercise Intervention. *Exercise and Sport Sciences Reviews* 31(1), 3–7.
6. da Cunha de Sá-Caputo D, Tajar R, Bernardo-Filho M (2019). Whole-Body Vibration Exercise as an Intervention to Improve Musculoskeletal Performance. *IntechOpen*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.89372>.
7. Dalal PK, Agarwal M (2015). Postmenopausal syndrome. *Indian journal of psychiatry*, 57(Suppl2), S222–S232. <https://doi.org/10.4103/0019-5545.161483>.
8. Di Giminiani R, Fabiani L, Baldini G, Cardelli G, Giovannelli A, Tihanyi J (2014). Hormonal and neuromuscular responses to mechanical vibration applied to upper extremity muscles. *PloS one*, 9(11), e111521. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0111521>.
9. Kanis JA, Melton LJ 3rd, Christiansen C, Johnston CC, Khaltayev N (1994). The diagnosis of osteoporosis. *Journal of bone and mineral research : the official journal of the American Society for Bone and Mineral Research*, 9(8), 1137–1141. <https://doi.org/10.1002/jbmr.5650090802>.
10. Kocjan T (2020). Vse, kar moram vedeti o osteoporozi. Zveza društev bolnikov z osteoporozo Slovenije. <https://osteoporoza.si/wp-content/uploads/2020/09/Osteoporoza-web.pdf>.
11. Kvorning T, Bagger M, Caserotti P, Madsen K (2006). Effects of vibration and resistance training on neuromuscular and hormonal measures. *European journal of applied physiology*, 96(5), 615–625. <https://doi.org/10.1007/s00421-006-0139-3>.
12. Martín G, de Saa Y, Da Silva-Grigoletto ME, Vaamonde D, Sarmiento S, García-Manso JM (2009). Effect of whole body vibration (WBV) on PTH in elderly subjects. *Rev Andal Med Deporte*. 1–6. <http://www.elsevier.es/es-revista-revista-andaluza-medicina-del-deporte-284-articulo-effect-whole-body-vibration-wbv--13134193>.
13. Merriman H, Jackson K (2009). The effects of whole-body vibration training in aging adults: a systematic review. *Journal of geriatric physical therapy* (2001), 32(3), 134–145. <https://doi.org/10.1519/00139143-200932030-00009>.
14. NAMS (2010). The North American menopause society. *Menopause glossary*. <http://www.menopause.org/for-women/menopause-glossary#P>.
15. Trans T, Aaboe J, Henriksen M, Christensen R, Bliddal H, Lund H (2009). Effect of whole body vibration exercise on muscle strength and proprioception in females with knee osteoarthritis. *The Knee*, 16, 4, 256–261. <https://doi.org/10.1016/j.knee.2008.11.014>.
16. Weber-Rajek M, Mieszkowski J, Niespodziński B, Ciechanowska K (2015). Whole-body vibration exercise in postmenopausal osteoporosis. *Przegląd menopauzalny = Menopause review*, 14(1), 41–47. <https://doi.org/10.5114/pm.2015.48679>.