

# Učinki vibracijske terapije na razvoj z mirovanjem povzročene atrofije in upad zmogljivosti skeletnih mišic

## Effects of vibration therapy on disuse atrophy and deterioration of skeletal muscle performance

Andreja Bratuž<sup>1</sup>, Alan Kacin<sup>1</sup>

### IZVLEČEK

**Uvod:** Dolgotrajno zmanjšanje aktivnosti pripelje do številnih fizioloških prilagoditev oblike in funkcije skeletnih mišic. Vibracije naj bi spodbudile mišično aktivnost, izboljšale mišično zmogljivost in povzročile hipertrofijo, zato se vibracijska vadba ponuja kot možna terapevtska metoda za preprečevanje atrofij. **Namen:** Predstaviti dokazane učinke vibracijske terapije na razvoj mišične atrofije in upad mišične zmogljivosti zaradi zmanjšane aktivnosti mišic. **Metode:** Pregled literature z brskalniki in elektronskimi bazami podatkov PubMed, PEDro, The Cochrane Library, Google Scholar in DiKUL. **Rezultati:** Vključenih 19 člankov je proučevalo tri oblike vibracijske terapije pri zdravih posameznikih. S statično vadbo na vibracijski plošči med večdnevnim mirovanjem v postelji se je delno ohranila mišična zmogljivost, učinka na mišično atrofijo ni bilo. Z dinamično vibracijsko vadbo se je v posameznih mišičnih skupinah delno ali v celoti preprečila atrofija in ohranila zmogljivost, vendar vpliv na različne mišice ni bil enak. **Zaključki:** Z dinamično vibracijsko vadbo lahko preprečimo z mirovanjem povzročeno mišično atrofijo, vendar ostaja nejasno, koliko k temu prispevajo vibracije in koliko vadba. S prihodnjimi raziskavami bi bilo treba opredeliti optimalne protokole vibracijske terapije in oceniti morebitno tveganje ob dolgotrajni uporabi pri različnih populacijah pacientov.

**Ključne besede:** mišična atrofija, vibracijska vadba, telesna nedejavnost.

### ABSTRACT

**Introduction:** Prolonged deprivation of muscle activity and mechanical loading results in alterations of skeletal muscle size and function. Due to its potential for eliciting muscle activity, hypertrophy and enhancing muscle performance, a vibration therapy has been proposed as a novel intervention for muscle atrophy prevention. **Objectives:** To review effects of vibration therapy on muscle atrophy and performance following prolonged muscle inactivity. **Methods:** Literature has been searched via PubMed, PEDro, Google Scholar, The Cochrane Library and DiKUL databases. **Results:** Nineteen studies have met the inclusion criteria. They elucidated effects of three different types of vibration therapy on healthy subjects. Application of direct muscle vibration prevented peripheral neural impairments during cast immobilization. Static vibration training preserved muscle strength during prolonged bed rest, with little or no effect on degree of muscle atrophy. Dynamic vibration training partially or fully prevented atrophy function and retained muscle performance. The effect varied between muscle groups. **Conclusions:** Dynamic vibration training has been demonstrated as the most effective form of vibration therapy for muscle atrophy prevention. However, the added value of vibrations *per se*, when combined with resistance training, remains elusive. Future research should determine the most effective protocols of vibration training and evaluate its safety in various patient populations.

**Key words:** muscle atrophy, vibration exercise/training, inactivity.

---

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

**Korespondenca/Correspondence:** doc. dr. Alan Kacin, dipl. fiziot.; e-pošta: alan.kacin@zf.uni-lj.si

Prispelo: 17.10.2014

Sprejeto: 17.11.2014

## UVOD

Izguba mišične mase in zmogljivosti lahko poveča možnost poškodb, podaljša obdobje rehabilitacije, negativno vpliva na sposobnost opravljanja vsakodnevnih aktivnosti in poveča stroške zdravljenja (1). Vibracijska vadba v zadnjih letih pridobiva priljubljenost tako v okviru športne vadbe kot v terapevtske namene. Zaradi preproste uporabe so nekateri avtorji mnenja (2), da je vibracijska vadba najbolj primerna za sedečo populacijo, poškodovance in starejše z oslabiljeno sposobnostjo mišične aktivacije. Rezultati posameznih raziskav so obetavni (3, 4), drugi kažejo na minimalen ali celo odsoten učinek vibracij na mišično zmogljivost in hipertrofijo (5). V literaturi so opisani različni, z vibracijami povzročeni fiziološki mehanizmi, vendar njihova vloga pri prilagoditvi živčno-mišičnega sistema na vibracijsko vadbo še ni jasna. Vibracijska vadba je zanimiva tudi za bolnike z nevrološkimi, mišično-skeletnimi in metabolnimi obolenji, saj naj bi se z njo izboljšali različni dejavniki zmanjšane telesne funkcije, kot so ravnotežje, propriocepcija, bolečina in v nekaterih primerih potek bolezni (6). Ugotovili so pozitivne učinke pri starejših šibkih osebah, pri terapiji pacientov z okvaro centralnega živčnega sistema, po transplantaciji srca in po rekonstrukciji križne vezi v kolenu. Z njo naj bi se olajšala kronična bolečina v križu, raziskuje se tudi njen učinek na povečanje kostne gostote (2, 7).

## Načini uporabe vibracij

Med aplikacijo vibracij mišice in kite delujejo kot vzmet, ki shranjuje in sprošča mehansko energijo, pri čemer se z veliko hitrostjo izmenjujejo faze raztega in kompresije tkiva. Kompresija nastane ob gibanju tkiva v medialni smeri, razteg pa med vibracijo v lateralni smeri, kar povzroči ciklično izmenjavo med ekscentričnimi in koncentričnimi mišičnimi kontrakcijami (7). Vibracije so lahko z manjšimi napravami aplicirane neposredno na mišico oziroma kito (neposredne vibracije) ali pa se uporabljajo vibracijske plošče (posredne vibracije), na katerih oseba le stoji (statična vibracijska vadba) ali aktivno izvaja vaje (dinamična vibracijska vadba), pri čemer se vibracije prenašajo prek stopal navzgor do drugih delov telesa (8). Vibracijske plošče so dveh vrst, pri prvi se vibracije sinhrono prenašajo v obe stopali (vertikalni tip plošče), pri drugem tipu pa se prenašajo izmenično (oscilirajoči tip plošče), tako

da je desno stopalo najnižje, ko je levo v najvišji točki. Izmenični način vibracij naj bi proizvajal rotacijsko gibanje okrog kolka in ledveno-križničnih sklepov. Intenzivnost pri vibracijski vadbi večamo s povečevanjem frekvence in/ali amplitude, kar poveča pospešek ter silo na telo. Pri neposrednih vibracijah se navadno uporabljata visoka frekvenca (100–150 Hz) in majhna amplituda (do 2 mm) vibracij kratek čas. Pri posrednih vibracijah, pri katerih te do mišic pridejo posredno prek drugih delov telesa, se večinoma uporabljajo nizke frekvence (25–45 Hz) in višje amplitude (2–10 mm), vadba je lahko intermitentna (več serij po 30–60 s) ali kontinuirano traja nekaj minut (8). V primerjavi s konvencionalno vadbo proti uporju je vibracijska vadba tehnično manj zahtevna, traja krajši čas in zahteva manj prostora.

## Takojšnji učinki vibracij na mišico

Vibracije naj bi imele podobne takojšnje učinke na mišico kot vadba proti uporju. Mehanizmi, s katerimi se z vibracijami lahko izboljša živčno-mišična funkcija, še niso popolnoma jasni. Neposredne vibracije povzročijo povečanje aktivnosti mišičnega vretena, čemur sledi ekscitatorni odziv mišice. Rezultat tega sta povečana mišična aktivnost agonistov in recipročna inhibicija antagonistov, kar predstavlja tonični vibracijski refleks (8). Mnenja so različna, vendar nekateri avtorji dvomijo, da lahko primerljiv tonični vibracijski refleks izzovemo tudi s posrednimi vibracijami (5). Kljub temu bi stimulacija različnih vrst mehanoreceptorjev v mišicah, kitah, ligamentih in koži, ki jo povzročijo posredne vibracije, lahko do neke mere vplivala na aktivnost gama motonevrona in posledično povečala mišični tonus (9). Z uravnavanjem mišične aktivnosti živčni centri verjetno dušijo prenos vibracij v mehkem tkivu in tako zmanjšujejo potencialno škodljive strižne sile.

Raziskave kažejo, da se z neposrednimi in posrednimi vibracijami poveča EMG-amplituda hotene kontrakcije (10, 11), vendar je ta učinek bolj izrazit pri submaksimalnih kot maksimalnih izometričnih kontrakcijah (4). Kljub temu se z vibracijami lahko izboljšata tudi maksimalni navor in hitrost dinamičnih kontrakcij (3). Tako se lahko izboljša tudi funkcija, saj se poveča navor med fazo odziva pri skoku (12, 13, 14), kar avtorji

pripisujejo izboljšani medmišični koordinaciji in sinhronizaciji motoričnih enot znotraj mišic, ki nastopita zaradi dodatne stimulacije mehanoreceptorjev z vibracijami. Vlogo pri takojšnjem izboljšanju mišične zmogljivosti bi lahko imela tudi z vibracijami povzročena termična hiperemija, saj trenje v tresočem se tkivu poveča mišično temperaturo (8).

Med vibracijsko vadbo se lahko pojavijo tudi prehodni neželeni stranski učinki, kot so srbečica, mravljinčenje, eritem in bolečine v mišicah. Nepravilna tehnika vadbe na vibracijski plošči lahko povzroči glavobol, morsko bolezen in bolečine v sprednjem delu kolenskega sklepa. Trajnejši stranski učinki, ki bi bili za zdravje nevarni, v literaturi niso opisani (6).

### **Predvideni trajni učinki vibracijske terapije**

Našteti takojšnji učinki vibracijske terapije lahko spodbudijo specifične hormonske odzive, kot je povečanje koncentracije testosterona in ravnega hormona, kar bi lahko spodbudilo mišično hipertrofijo (15). Lapole in Perot (16) poročata, da sta se po dveh tednih vsakodnevnih lokalnih aplikacij vibracij na Ahilovo tetivo povečala maksimalni navor in aktivacija plantarnih fleksorjev. Z nekaj tednov ali mesecev trajajočo vibracijsko vadbo pri starejših osebah se dokazano izboljšajo funkcijske sposobnosti, višina odriva in mišična moč (17, 18, 19, 20, 21, 22). Pri mlajših zdravih preiskovancih so poročila o učinkih bolj nekonsistentna, saj navajajo tako izboljšano (23, 24) kot nespremenjeno (25) mišično zmogljivost.

S stališča fizioterapije je eno najpomembnejših vprašanj, ali je vibracijska terapija lahko učinkovito nadomestilo za visokointenzivno vadbo proti upor, kadar je ta kontraindicirana ali neizvedljiva. Statična in dinamična vibracijska vadba bi lahko bili uporabni pri preprečevanju mišičnih atrofij in oslabelosti pacientov, ki dlje časa mirujejo ali so imobilizirani, in starejših oseb, ki niso sposobne ali motivirane za konvencionalno visokointenzivno vadbo proti upor. Namen članka je torej pregledati objavljene znanstvene dokaze o učinkih vibracijske terapije na razvoj mišične atrofije in upad zmogljivosti, ki nastane zaradi zmanjšane telesne dejavnosti, imobilizacije ali razbremenjevanja udov.

### **METODE**

Pregled literature o učinkih vibracijske terapije na razvoj mišične atrofije je bil opravljen z brskalniki in elektronskimi bazami podatkov PubMed, PEDro, The Cochrane Library, Google Scholar in DiKUL (Digitalna knjižnica Univerze v Ljubljani). Uporabljene so bile ključne besede v slovenskem jeziku: vibracijska vadba, razbremenjevanje telesa, imobilizacija, zmanjšana uporaba mišic, mirovanje, mišična atrofija in v angleškem jeziku: vibration exercise/training, unloading, immobilization, disuse, bed rest, muscle atrophy.

Vključitvena merila:

- randomizirane kontrolirane raziskave, pri katerih so proučevali učinke vibracijske terapije med vsaj en teden trajajočim mirovanjem oziroma razbremenjevanjem uda ali telesa in po njem;
- raziskave, ki so vključevale meritve mišične zmogljivosti ali meritve prečnega preseka oziroma volumna mišic ali elektromiografske meritve pred obdobjem mirovanja in po njem;
- raziskave, objavljene od leta 2000 do 2014.

### **REZULTATI IN RAZPRAVA**

Na podlagi vključitvenih meril je bilo izbranih 19 člankov, vsi so proučevali zdrave posameznike. Pri eni raziskavi so mirovanje mišice povzročili z imobilizacijo sklepa z mavcem (26), pri drugih raziskavah pa z dolgotrajnim mirovanjem v postelji. Trajanje mirovanja se je v raziskavah gibalo od 14 do 90 dni (tabela 1).

Raziskave so razdeljene glede na način aplikacije vibracij na tri skupine:

- neposredne vibracije – lokalna aplikacija vibracij na izbrano mišico (1 članek);
- posredne vibracije – statična vibracijska vadba (SVV) z vibracijsko ploščo (2 članka);
- posredne vibracije – dinamična vibracijska vadba (DVV) z vibracijsko ploščo (16 člankov);
  - v okviru Berlin Bed Rest Study 1 (BBR1) 11 člankov (27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37);
  - v okviru Berlin Bed Rest Study 2 (BBR2) 5 člankov (38, 39, 40, 41, 42).

Iz tabele 1 je razvidno, da so bili v raziskavah uporabljeni vibracijski terapevtski programi

različnih intenzivnosti. Pri aplikaciji neposrednih vibracij z ročno vibracijsko napravo so uporabili frekvenco 100 Hz in amplitudo 0,3 mm. Pri aplikaciji z vibracijsko ploščo se je frekvenca gibala od 16 do 30 Hz in amplituda od 2 do 4 mm, pri čemer so pri nekaterih raziskavah intenzivnost vadbe postopno večali z višanjem frekvence vibracij.

Tabela 1: Značilnosti preiskovancev, trajanje mirovanja in tip vibracijske terapije

Raziskava	Št. udeležencev, spol	Trajanje mirovanja (dnevi)	Tip VT	Količina in pogostost VV	Intenzivnost (FR, AMP, breme)
Zhao et al. (26)	17 M, 13 Ž	14	neposredne vibracije	4-krat 1 min 4-krat na dan	F = 100 Hz AMP = 0,3 mm OBR: /
Muir et al. (43)	19 M, 11 Ž	90	SVV leže na hrbtu	10 min 1-krat na dan	FR = 30 Hz OBR: 60 % tel. mase
Zange et al. (9)	8 M	14	SVV v stoječem položaju	5-krat 1 min 2-krat na dan	FR = 20 Hz AMP = 2–4 mm OBR = 115 % tel. mase
BBR1 11 člankov	od 12 M do 20 M	56	DVV leže na hrbtu (4 različne vaje za mišice sp. udov)	5–10 min 2-krat na dan (razen nedelje)	FR = 19–26 Hz AMP = 4 mm OBR: 1,2–1,8-krat tel. mase oz. 75–85 % 1PM
BBR2 5 člankov	24 M	60	DVV leže na hrbtu (4 različne vaje za mišice sp. udov in ledvene ekstenzorje)	6 min 3-krat na teden	FR = 16–26 Hz AMP = 4 mm OBR: 1,3–1,8-krat tel. mase oz. 75–80 % 1PM

VV – vibracijska vadba; DVV – dinamična vibracijska vadba; SVV – statična vibracijska vadba; M – moški; Ž – ženske; F – frekvenca vibracij; AMP – amplituda; OBR – obremenitev; PM – ponovitveni maksimum

### Neposredne vibracije

Le v eni raziskavi (26) so proučevali vpliv dvotedenske terapije z neposrednimi vibracijami na mišico triceps surae na razvoj mišične atrofije. Po dveh tednih imobilizacije gležnja z mavcem in razbremenjevanja uda je v kontrolni skupini prišlo do zmanjšanja EMG RMS-amplitude (–25 %) in razmerja med V-valom in M-valom ( $V/M_{maks}$ ; –31 %), pri vibracijski skupini pa so se vrednosti ohranile na izhodiščni ravni (26). Na podlagi ene raziskave sicer ne moremo dokončno sklepati o učinkovitosti neposrednih vibracij na preprečevanje upada mišične zmogljivosti in mase, vendar tudi raziskave na normotrofični mišici triceps surae (16, 44, 45) kažejo na potencialno uporabnost pri zmanjševanju učinkov neaktivnosti. Z neposrednimi enournimi vibracijami s frekvenco 50 Hz na Ahilovo kito mišice se je namreč zmanjšala mišična togost (44) in izboljšala

maksimalna sila plantarnih fleksorjev, vendar predvsem na račun izboljšane mišične aktivacije in ne hipertrofije (16). Učinkovitost neposrednih vibracij podpira tudi študija primera, pri katerem je po poškodbi in imobilizaciji radioulnarnega sklepa prišlo do artrofibroze in posledične omejitve gibljivosti, bolečine, mišične atrofije in oslabelosti. S standardno fizioterapijo se stanje ni izboljšalo, s pomočjo vibracijske terapije pa so povrnili mišično jakost in hkrati omilili prej naštete simptome (46).

### Posredne vibracije – statična vibracijska vadba

Dve raziskavi, ki sta proučevali vpliv statične vibracijske vadbe (SVV) na upad zmogljivosti in atrofijo mišic zaradi mirovanja, sta pokazali nasprotujoče si rezultate. Muir in sodelavci (43) so ugotovili, da je vibracijska vadba leže na hrbtu s podplati, prislonjenimi na vibracijsko ploščo in dodatno osno obremenitvijo (60 odstotkov telesne

teže), med 90-dnevnim mirovanjem pomagala ohraniti jakost fleksorjev kolena in plantarnih fleksorjev, čeprav kontrolna skupina ni bila podvržena enakim obremenitvam kot vibracijska skupina. Nasprotno so v raziskavi 14-dnevnega mirovanja ugotovili neučinkovitost stoje na vibracijski plošči pri preprečevanju izgube volumna mišic spodnjega uda (9). Upoštevati je treba, da v raziskavi niso merili mišične zmogljivosti in aktivacije, poleg tega je bilo vključeno majhno število preiskovancev. Raziskavi sta se pomembno razlikovali v protokolu vadbe in frekvenci vibracij.

Tudi o učinkih SVV na izboljšanje mišične zmogljivosti pri normalno aktivnih ljudeh so si nasprotujoča. Posamezne raziskave navajajo pozitivne učinke SVV na jakost (21), ravnotežje in hojo (17) pri starejših osebah. Nasprotno v 11 tednov trajajoči raziskavi de Ruyter in sodelavci (25) niso ugotovili pozitivnih učinkov na zmogljivost ekstenzorjev kolena zdravih odraslih posameznikov. Potrebne so dodatne raziskave, s katerimi bi ugotovili, ali SVV kljub razmeroma nizki intenzivnosti lahko vpliva na krepitev mišic in preprečevanje z mirovanjem povzročenih atrofij.

### **Posredne vibracije – dinamična vibracijska vadba**

Znanstvena poročila o učinkih dinamične vibracijske vadbe (DVV) so razdeljena v dve skupini (BBR1 in BBR2). Protokol vadbe se je med obema skupinama nekoliko razlikoval, vendar je bil tako pri BBR1 kot BBR2 sestavljen iz štirih vaj v ležečem položaju, pri čemer je bila na spodnje ude dodana osna obremenitev velikosti od 100 do 180 odstotkov telesne teže.

V raziskavi učinkov 56-dnevnega mirovanja (BBR1) so z DVV delno preprečili atrofijo in spremembe v motoričnem nadzoru mišic multifidus v ledvenem delu (27, 29). Pri ekstenzorjih kolena so bili ohranjeni prečni presek in volumen mišic (28, 34), zmogljivost pri izometričnem naprežanju (30, 34, 36, 37) in lokalna mišična vzdržljivost (35). Z metodo vsiljenih interpoliranih skrčkov izmerjena maksimalna aktivacija mišice se z vibracijsko vadbo ali brez nje med mirovanjem sicer ni spremenila (34, 36). Je pa bila opazna pomembna razlika pri maksimalnem hotenem naprežanju, pri

čemer se je amplituda RMS EMG povečala in hitrost prevajanja po živčnih vlaknih ohranila le pri skupini, ki je izvajala vibracijsko vadbo (37). Pri tem je treba upoštevati različen vpliv vibracij na posamezne mišične skupine. Tako DVV ni preprečila izgube volumna in prečnega preseka zadnjih stegenskih mišic, mišic adduktorjev kolka in anteriornih kolčnih mišic (28, 32), je pa pomagala ohraniti prečni presek (28) in maksimalen navor hotene kontrakcije (30, 31) plantarnih fleksorjev. Delno je bila učinkovita tudi pri ohranjanju moči in višine odriva, pri čemer se je razmerje med amplitudo RMS EMG in navorom ohranilo le pri skupini, ki je izvajala DVV (31). Kaže, da DDV med mirovanjem lahko zavira tudi pretvorbo tipa mišičnih vlaken, saj je spremljanje metabolnih proteinov pri vibracijski skupini pokazalo manjšo okvaro oksidativnih poti kot v kontrolni skupini (33). Z mišično biopsijo pridobljeni podatki so pokazali ohranjeno velikost vlaken mišice vastus lateralis in celo njihovo povečanje v mišici soleus, v kontrolni skupini pa se je velikost v obeh mišicah zmanjšala (30). Treba je poudariti, da raziskava BBR ni vsebovala kontrolne skupine, ki bi izvajala vadbo pod enakimi pogoji, vendar brez vibracij.

V raziskavi 60-dnevnega mirovanja (BBR2) se je z vibracijsko vadbo proti uporabi delno ohranil prečni presek ledvenih (38) in mečnih mišic (39, 42). Preprečila je zmanjšanje prečnega preseka in zmanjšanje navora pri izometričnem naprežanju ekstenzorjev kolena, hkrati pa povzročila izgubo hitrosti kontrakcije (42). Učinkovita je bila pri ohranjanju volumna glutealnih mišic, ni pa preprečila atrofije mišic dvosklepnih fleksorjev kolena (41). Živčno-mišična funkcija, izmerjena z več funkcijskimi testi, se je z DVV delno ali povsem ohranila (40). V primerjavi z BBR1 je raziskava BBR2 vključevala kontrolno skupino, ki je pod enakimi pogoji kot vibracijska skupina izvajala vadbo brez vibracij. Pomembnih razlik med vadečima skupinama niso ugotovili.

Rezultati raziskav v okviru BBR1 in BBR2 kažejo, da s kombinacijo vadbe proti uporabi in vibracij lahko delno ali v celoti preprečimo z mirovanjem povzročeno mišično atrofijo in ohranimo mišično zmogljivost. Iz raziskave BBR1 ni mogoče neposredno določiti, koliko so k temu pripomogle vibracije, saj niso vključili kontrolne skupine, ki bi

bila podvržena enaki vadbi brez vibracij. Kljub temu so avtorji navedli nekaj specifičnih adaptacij, ki so jih pripisali vibracijam in ne vadbi proti uporu, med drugim hitro povečanje EMG-amplitude ekstenzorjev kolena ter ohraneno zmogljivost in mišično maso soleusa, ki ga je le z vadbo proti uporu težko ohraniti (30, 34, 36, 37). Ti predvideni specifični učinki vibracij pa v boljše kontrolirani raziskavi BBR2 niso bili potrjeni, kar se ujema z ugotovitvami nekaterih drugih avtorjev (5).

V literaturi obstaja nekaj raziskav, narejenih na zdravih preiskovancih, ki niso bili podvrženi mirovanju, v katerih so primerjali učinke vadbe proti uporu z dodanimi vibracijami ali brez njih. Rezultati teh raziskav si prav tako nasprotujejo, kar je verjetno posledica razlik v protokolih vadbe in lastnostih preiskovancev. Delecluse in sodelavci (23) so ugotovili znatno večje izboljšanje mišičnega navora ekstenzorjev kolena in višine odriva pri vibracijski skupini. Do podobnih ugotovitev so prišli Osawa in sodelavci (24), tako za ekstenzorje kolena kot za mišice trupa. Nasprotno pa kar nekaj raziskav ni pokazalo nobenih ali le minimalne koristi vibracij, dodanih vadbi proti uporu, zato obstaja dvom o smiselnosti vadbe na vibracijski plošči (25, 47, 48). V raziskavah, v katerih so med DVV uporabili večje breme (od 75 do 90 odstotkov 1PM), vibracije navadno niso imele učinka (47, 48). Prav tako vibracije niso prinesle dodatne koristi k izboljšanju mišične moči in jakosti s protokoli, ki so obsegali kratkotrajno (do skupno 8 minut v eni obravnavi) nizkointenzivno vadbo ali visokointenzivno vadbo s kratkim trajanjem posamezne serije (do 30 sekund) (47, 48, 49, 50). Učinkovitost vibracij pri zdravih ljudeh je torej med drugim odvisna od trajanja izpostavljenosti vibracijam in vadbene bremena. Osawa in sodelavci (24) so ugotovili, da ob počasni nizkointenzivni vadbi proti uporu vibracije prispevajo k večjemu izboljšanju jakosti, moči, vzdržljivosti, mišične mase ter aktivacije mišic spodnjega uda in trupa. Predvidevajo, da se pri počasnem izvajanju vaj proti majhnemu uporu z vibracijami izrazito podaljša čas napetosti mišic. Poleg tega je napetost mišice pri počasni izvedbi gibanja bolj konstantna skozi celoten obseg giba, kar naj bi v kombinaciji z vibracijami omogočalo uporabo lažjega bremena za enak učinek (24). To bi bilo uporabno v okoliščinah, ko je vadba z

velikim bremenom kontraindicirana ali ni izvedljiva.

Osnovni namen BBR1 in BBR2 je bil ugotoviti primernost vibracijske vadbe za astronavte med vesoljskimi poleti, zato so med vadbo dodali velike dodatne obremenitve sklepov. V terapevtskem okolju tak način vadbe pogosto ni izvedljiv ali je kontraindiciran. Glede na dejstvo, da rezultati BBR2 kažejo neučinkovitost vibracij, kadar so dodane vadbi z velikimi obremenitvami, bi bilo v prihodnosti smiselno raziskati učinkovitost vibracij na atrofirano mišico pri nizkointenzivni dinamični vadbi s počasno hitrostjo, kot predlagajo Osawa in sodelavci (24) za zdrave ljudi. Iz pregledane literature sledi, da bi bilo najbolj smiselno proučiti vadbo na vibracijski plošči s frekvenco med 30 Hz in 40 Hz, pri čemer bi posamezna serija trajala vsaj eno minuto, v skupnem obsegu vsaj 15 minut na vadbena enoto. Pri tem bi bilo treba nadzorovati tudi druge parametre vibracijske vadbe, saj na uspešnost DVV lahko vplivajo tip vibracijske plošče, vrsta vaj, količina in hitrost izvajanja vadbe, tip obuvala, starost, spol in vadbena status. Potrebujemo več raziskav, ki bi dokazale dodano vrednost vibraciji, kadar so le te kombinirane z dinamično vadbo. V terapevtske namene bi bilo smiselno ovrednotiti tudi druge potencialne pozitivne učinke vibracijske vadbe, kot so zmanjšanje bolečine v križu (51), izboljšanje propriocepcije po poškodbah spodnjih udov (52) in vpliv na ravnotežje ter kostno maso (15). Omejitev raziskave BBR2 in tudi številnih drugih raziskav o učinkih vibracij je majhno število preiskovancev, zaradi česar je moč statističnih testov razmeroma nizka. Ker je bila večina objavljenih raziskav izvedenih na zdravih posameznikih, ostaja odprto vprašanje varnosti in učinkovitosti tovrstne vadbe pri različnih bolezenskih stanjih in po operativnih posegih.

## ZAKLJUČKI

V zadnjih letih vibracijska terapija, predvsem vadba na vibracijski plošči, pridobiva priljubljenost. Na podlagi rezultatov pregledanih člankov je razvidno, da ima vsaka izmed treh vrst vibracijske vadbe določene prednosti pri uporabi, pri čemer so dokazi pridobljeni predvsem na zdravi populaciji. Z neposrednimi vibracijami se lahko vpliva neposredno na izbrano mišico, s čimer se izognemo dušenju vibracij skozi daljšo kinetično

verigo; poleg tega se lahko uporablja tudi na imobiliziranem udu. Vadba na vibracijski plošči hkrati vpliva na več mišičnih skupin, vendar se z oddaljenostjo od vira frekvenca in amplituda vibracij zaradi dušenja v tkivu zmanjšujeta. O takojšnjih in trajnih učinkih statične in dinamične vibracijske vadbe v literaturi obstajajo nasprotujoči si rezultati, vendar večina kaže, da vibracije vsaj do neke mere spodbudijo mišično aktivnost, kar verjetno lahko pripomore k zaviranju atrofičnih procesov v mišici. Ugotoviti bi bilo treba, ali je ta učinek dovolj velik, da bi bila uporaba neposrednih ali posrednih vibracij za ohranjanje mišične mase in zmogljivosti v fizioterapevtski praksi upravičena in smiselna. Pri tem je treba ovrednotiti optimalne parametre vibracijske terapije in njene potencialne negativne učinke pri različnih bolezenskih stanjih in poškodbah.

## LITERATURA

- Hunter GR, McCarthy JP, Bamman MM (2004). Effects of resistance training on older adults. *Sports Med* 34 (5): 329–48.
- Cardinale M, Wakeling J (2005). Whole body vibration exercise: are vibrations good for you? *Br J Sports Med* 39 (9): 585–9.
- Luo J, McNamara B, Moran K (2005). The use of vibration training to enhance muscle strength and power. *Sports Med* 35 (1): 23–41.
- Marin PJ, Rhea MR (2010). Effects of Vibration Training on Muscle Strength: A Meta-Analysis: *Journal of Strength and Conditioning Research* 24 (2): 548–56.
- Nordlund MM, Thorstensson A (2007). Strength training effects of whole-body vibration? *Scand J Med Sci Sports* 17 (1): 12–17.
- Tomas R, Lee V, Going S (2011). The use of vibration exercise in clinical populations. *ACSM'S Health & Fitness Journal* 15 (6): 25–31.
- 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.
- Cochrane DJ (2011). The potential neural mechanisms of acute indirect vibration. *J Sport Sci Med* 10 (1): 19–30.
- Zange J, Mester J, Heer M, Kluge G, Liphardt A-M (2009). 20-Hz whole body vibration training fails to counteract the decrease in leg muscle volume caused by 14 days of 6A degrees head down tilt bed rest. *Eur J Appl Physiol* 105 (2): 271–7.
- Abercromby, AFJ, Amonette WE, Layne CS, Mcfarlin BK, Hinman MR, Paloski WH (2007). Variation in neuromuscular responses during acute whole-body vibration exercise. *Med Sci Sports Exerc* 39 (9): 1642–50.
- Cochrane DJ, Loram ID, Stannard SR, Rittweger J (2009). Changes in joint angle, muscle-tendon complex length, muscle contractile tissue displacement, and modulation of EMG activity during acute whole-body vibration. *Muscle Nerve* 40 (3): 420–9.
- Cochrane DJ, Stannard SR (2005). Acute whole body vibration training increases vertical jump and flexibility performance in elite female field hockey players. *Br J Sports Med* 39 (11): 860–5.
- Mileva KN, Naleem AA, Biswas SK, Marwood S, Bowtell JL (2006). Acute effects of a vibration-like stimulus during knee extension exercise. *Med Sci Sports Exerc* 38 (7): 1317–28.
- Bazett-Jones DM, Finch HW, Dugan EL (2008). Comparing the effects of various whole-body vibration accelerations on counter-movement jump performance. *J Sport Sci Med* 7 (1): 144–50.
- Rehn B, Lidström J, Skoglund J, Lindström B (2007). Effects on leg muscular performance from whole-body vibration exercise: a systematic review. *Scand J Med Sci Sports* 17 (1): 2–11.
- Lapole T, Perot C (2010). Effects of repeated Achilles tendon vibration on triceps surae force production. *J Electromyogr Kinesiol* 20 (4): 648–54.
- Bautmans I, Van Hees E, Lemper J-C, Mets T (2005). The feasibility of Whole Body Vibration in institutionalised elderly persons and its influence on muscle performance, balance and mobility: a randomised controlled trial [ISRCTN62535013]. *BMC Geriatr* 5: 17.
- Bogaerts A, Verschuere S, Delecluse C, Claessens AL, Boonen S (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. *J Gerontol Ser A-Biol Sci Med Sci* 62 (2): 630–5.
- Bruyere O, Wuidart MA, Di Palma E et al. (2005). Controlled whole body vibration to decrease fall risk and improve health-related quality of life of nursing home residents. *Arch Phys Med Rehabil* 86 (2): 303–7.
- Roelants M, Delecluse C, Verschuere SM (2004). Whole-body-vibration training increases knee-extension strength and speed of movement in older women. *J Am Geriatr Soc* 52 (1): 901–8.
- Russo CR, Lauretani F, Bandinelli S et al. (2003). High-frequency vibration training increases muscle power in postmenopausal women. *Arch Phys Med Rehabil* 84 (12): 1854–7.
- Verschuere SM, Roelants M, Delecluse C, Swinnen S, Vanderschuere D, Boonen S et al. (2004). Effect of 6-Month Whole Body Vibration

- Training on Hip Density, Muscle Strength, and Postural Control in Postmenopausal Women: A Randomized Controlled Pilot Study. *J Bone Miner Res* 19 (3): 352–9.
23. Delecluse C, Roelants M, Verschueren S (2003). Strength increase after whole-body vibration compared with resistance training. *Med Sci Sports Exerc* 35 (6): 1033–41.
  24. Osawa Y, Oguma Y (2013). Effects of resistance training with whole-body vibration on muscle fitness in untrained adults. *Scand J Med Sci Sports* 23 (1): 84–95.
  25. Ruiters CJ de, Raaijmakers SM van, Schilperoort JV, Hollander AP, Haan A de (2003). The effects of 11 weeks whole body vibration training on jump height, contractile properties and activation of human knee extensors. *Eur J Appl Physiol* 90 (5-6): 595–600.
  26. Zhao X, Fan X, Song X, Shi L (2011). Daily muscle vibration amelioration of neural impairments of the soleus muscle during 2 weeks of immobilization. *J Electromyogr Kinesiol* 21 (6): 1017–22.
  27. Belavy DL, Hides JA, Wilson S J et al. (2008). Resistive simulated weightbearing exercise with whole body vibration reduces lumbar spine deconditioning in bed-rest. *Spine* 33 (5): E121–31.
  28. Belavy DL, Miokovic T, Armbrrecht G, Rittweger J, Felsenberg D (2009). Resistive vibration exercise reduces lower limb muscle atrophy during 56-day bed-rest. *J Musculoskelet Neuronal Interact* 9 (4): 225–35.
  29. Belavý DL, Wilson SJ, Armbrrecht G, Rittweger J, Felsenberg D, Richardson CA (2012). Resistive vibration exercise during bed-rest reduces motor control changes in the lumbo-pelvic musculature. *J Electromyogr Kinesiol* 22 (1): 21–30.
  30. Blottner D, Salanova M, Puttmann B et al. (2006). Human skeletal muscle structure and function preserved by vibration muscle exercise following 55 days of bed rest. *Eur J Appl Physiol* 97 (3): 261–71.
  31. Buehring B, Belavý DL, Michaelis I, Gast U, Felsenberg D, Rittweger J (2011). Changes in lower extremity muscle function after 56 days of bed rest. *J Appl Physiol* 111 (1): 87–94.
  32. Mendis MD, Hides JA, Wilson SJ et al (2009). Effect of prolonged bed rest on the anterior hip muscles. *Gait Posture* 30 (4): 533–537.
  33. Moriggi M, Vasso M, Fania C et al (2010). Long-term bed rest with and without vibration exercise countermeasures: Effects on human muscle protein dysregulation. *Proteomics* 10 (21): 3756–74.
  34. Mulder ER, Stegeman DF, Gerrits K H L et al. (2006). Strength, size and activation of knee extensors followed during 8 weeks of horizontal bed rest and the influence of a countermeasure. *Eur J Appl Physiol* 97 (6): 706–15.
  35. Mulder ER, Kuebler WM, Gerrits KHL et al. (2007). Knee extensor fatigability after bedrest for 8 weeks with and without countermeasure. *Muscle Nerve* 36 (6): 798–806.
  36. Mulder ER, Gerrits KHL, Rittweger J, Felsenberg D, Stegeman DF, de Haan A (2008). Characteristics of fast voluntary and electrically evoked isometric knee extensions during 56 days of bed rest with and without exercise countermeasure. *Eur J Appl Physiol* 103 (4): 431–40.
  37. Mulder ER, Gerrits KHL, Kleine BU et al (2009a). High-density surface EMG study on the time course of central nervous and peripheral neuromuscular changes during 8 weeks of bed rest with or without resistive vibration exercise. *J Electromyogr Kinesiol* 19 (2): 208–18.
  38. Belavy DL, Armbrrecht G, Gast U, Richardson CA, Hides, Felsenberg D (2010). Countermeasures against lumbar spine deconditioning in prolonged bedrest: resistive exercise with and without whole body vibration. *J Appl Physiol* 109 (6): 1801–11.
  39. Belavy D L, Beller G, Armbrrecht G et al. (2011). Evidence for an additional effect of whole-body vibration above resistive exercise alone in preventing bone loss during prolonged bed rest. *Osteoporosis Int* 22 (5): 1581–91.
  40. Gast U, Silke J, Runge M, Rawer R, Felsenberg D, Belavy DL (2012). Short-Duration Resistive Exercise Sustains Neuromuscular Function after Bed Rest. *Med Sci Sports Exerc* 44 (9): 1764–72.
  41. Miokovic T, Armbrrecht G, Felsenberg D, Belavy DL (2011). Differential atrophy of the posterolateral hip musculature during prolonged bedrest and the influence of exercise countermeasures. *J Appl Physiol* 110 (4): 926–34.
  42. Mulder E R, Horstman A M, Stegeman D F et al. (2009b). Influence of vibration resistance training on knee extensor and plantar flexor size, strength, and contractile speed characteristics after 60 days of bed rest. *J Appl Physiol* 107 (6) 1789–98.
  43. Muir J, Judex S, Qin Y-X, Rubin C (2011). Postural instability caused by extended bed rest is alleviated by brief daily exposure to low magnitude mechanical signals. *Gait Posture* 33: 429–35.
  44. Lapole T, Perot C (2011). Effects of repeated Achilles tendon vibration on triceps surae stiffness and reflex excitability. *J Electromyogr Kinesiol* 21 (1): 87–94.
  45. Lapole T, Perot C (2012). Hoffmann reflex is increased after 14 days of daily repeated Achilles tendon vibration for the soleus but not for the gastrocnemii muscles. *Appl Physiol Nutr Metab* 37 (1): 14–20.



46. Macintyre I, Kazemi M (2008). Treatment of posttraumatic arthrofibrosis of the radioulnar joint with vibration therapy (VMTX Vibromax Therapeutics™): A case report and narrative review of literature. *Journal of the Canadian Chiropractic Association* 52 (1): 14–23.
47. Carson RG, Popple AE, Verschueren SMP, Riek S (2010). Superimposed vibration confers no additional benefit compared with resistance training alone. *Scand J Med Sci Sports* 20 (6): 827–33.
48. Kvorning T, Bagger M., Caserotti P, Madsen K (2006). Effects of vibration and resistance training on neuromuscular and hormonal measures. *Eur J Appl Physiol* 96 (5): 615–25.
49. Ronnestad B R (2004). Comparing the performance-enhancing effects of squats on a vibration platform with conventional squats in recreationally resistance-trained men. *J Strength Cond Res* 18 (4): 839–45.
50. Von Stengel S, Kemmler W, Engelke K, Kalender WA (2012). Effect of whole-body vibration on neuromuscular performance and body composition for females 65 years and older: a randomized-controlled trial. *Scand J Med Sci Sports* 22 (1): 119–27.
51. Rittweger J, Just K, Kautzsch K, Reeg P, Felsenberg D (2002). Treatment of chronic lower back pain with lumbar extension and whole-body vibration exercise: a randomized controlled trial. *Spine* 27 (17): 1829–34.
52. Moezy A, Olyaei G, Hadian M, Razi M, Faghihzadeh S (2008). A comparative study of whole body vibration training and conventional training on knee proprioception and postural stability after anterior cruciate ligament reconstruction. *Br J Sports Med* 42 (5): 373–8.