

Učinkovitost dodajanja vibracij telesa med ravnotežno vadbo pri fizioterapiji nestabilnega gležnja

Effectiveness of adding whole - body vibrations to balance training used for physiotherapy of chronic ankle instability

Tjaša Vidmar^{1,2}, Alan Kacin¹

IZVLEČEK

Uvod: Do 70 % posameznikov po akutnem zvinu gležnja razvije sindrom kronične nestabilnosti gležnja. Normalna propriocepcija in mišični nadzor sklepa imata pomembno vlogo pri preprečevanju ponavljajočih se zvinov gležnja, zato je njuna ponovna vzpostavitev eden od najpomembnejših ciljev fizioterapije sindroma kronične nestabilnosti gležnja. Vibracije celega telesa naj bi z intenzivnim draženjem kožnih receptorjev, mišičnih vreten in sklepnih mehanoreceptorjev izboljšale živčno-mišični nadzor sklepa ter tako posredno vplivale na izboljšanje ravnotežja in mehanizmov za aktivno zaščito sklepa. Namen pregleda literature je predstaviti in analizirati učinkovitost dodajanja vibracij telesa med ravnotežno vadbo pri fizioterapiji posameznikov s kronično nestabilnostjo gležnja. **Metode:** Izvedli smo pregled literature v podatkovnih zbirkah PubMed (Medline) in PEDro do oktobra 2019. **Rezultati:** Vključitvenim merilom so ustrezale štiri raziskave. Ugotovljeno je bilo, da lahko z vadbo na vibracijski plošči pride do izboljšanja statičnega in dinamičnega ravnotežja, nima pa tovrstna vadba vpliva na izokinetično jakost mišic ali na spremembo telesne sestave. **Zaključek:** Vadba z vibracijami celega telesa lahko vpliva na izboljšanje ravnotežja pri posameznikih s kronično nestabilnostjo gležnja, vendar so za dokončno potrditev tega učinka potrebne dodatne metodološko kakovostnejše raziskave.

Glavne besede: kronična nestabilnost gležnja, vadba z vibracijami celega telesa, kinezioterapija, nestabilna podlaga, ravnotežje.

ABSTRACT

Introduction: Up to 70% of people suffering an acute ankle sprain develop chronic ankle instability syndrome. Normal proprioception and joint motor control are important for preventing recurrent ankle sprains, hence re-establishing effective proprioception and neuromuscular control are key goals of physiotherapy of chronic ankle instability. Whole-body vibration induces intensive stimulation of skin receptors, muscle spindles and joint mechanoreceptors, which brings about more effective neuro-muscular control, improved balance and active protection of the ankle joint. The purpose of this literature review was to determine the effectiveness of adding whole-body vibrations to balance training in treating individuals with chronic ankle instability. **Methods:** Scientific articles published until October 2019 were searched in PubMed (Medline) and PEDro databases. **Results:** Four studies were included in the literature review. Whole-body vibration training can improve static and dynamic balance, but it does not improve isokinetic strength of ankle muscles or body composition. **Conclusion:** The whole-body vibration training may improve balance of people with chronic ankle instability; however, further high-quality research is needed to confirm this.

Key words: chronic ankle instability, whole-body vibration exercise, kinesiotherapy, unstable surface, balance.

¹ Univerza v Ljubljani, Zdravstvena fakulteta, Ljubljana

² Univerzitetni rehabilitacijski inštitut Republike Slovenije - Soča, Ljubljana

Korespondenca/Correspondence: Tjaša Vidmar, dipl. fiziot.; e-pošta: tjasa.vidmar@ir-rs.si

Prispelo: 18.12.2019

Sprejeto: 3.2.2020

UVOD

Akutni zvin gležnja je ena izmed najpogostejših poškodb gibal (1). Najpogosteje gre za poškodbo lateralnih ligamentarnih struktur gležnja (2). Iz metaanalize raziskav, ki so proučevale pojavnost zvinov gležnja, glede na sicer različne mere izpostavljenosti obremenitvam med športom (npr. 1000 ur telesne dejavnosti, 1000 dni vadbe, 1000 skokov ipd.), je razvidno, da je incidenca 11,55 poškodbe gležnja na 1000 dogodkov (3). Najpogostejši dejavnik tveganja za lateralni zvin gležnja je predhoden zvin gležnja, saj se poškodba ponovi pri kar 19 do 72 % posameznikov, ki so že utrpeli zvin gležnja (4, 5). Do 70 % posameznikov po zvinu razvije dolgotrajne simptome oziroma sindrom kronične nestabilnosti gležnja (5).

Sindrom je povezan z občutkom nestabilnosti v gležnju, s ponavljajočimi se zvini, bolečinami v gležnju, težavami pri hoji in večjim tveganjem za razvoj osteoartroze (6, 7). Vzrok za kronično nestabilnost gležnja je lahko mehanski, funkcionalni ali pa gre za kombinacijo obeh (4). Mehanska nestabilnost je posledica povečane laksnosti ligamentov in sklepne ovojnice, okvarjene artrokinematike, utesnitve in degenerativnih sprememb. Zdravi se operativno (4). Funkcijska nestabilnost pa je posledica oslabelosti oziroma insuficience proprioceptivnih živčno-mišičnih refleksnih poti, katerih receptorji ležijo v mišicah, kitah, sklepni obojnici in ligamentih (7). Funkcijska nestabilnost, ki sledi zvinu gležnja, lahko vodi oziroma se kaže kot slabše ravnotežje, okvarjen občutek za položaj sklepa (8, 9), podaljšan reakcijski čas peronealnih mišic (10), spremenjena funkcija peronealnega živca (11) in slabša jakost mišic, ki obdajajo gleženj (12, 13). Propriocepcija ima pomembno vlogo pri preprečevanju ponavljajočih se zvinov gležnja (14), zato je cilj rehabilitacije ponovna vzpostavitev učinkovite propriocepcije ter s tem tudi živčno-mišičnega nadzora (6).

Vibracije celotnega telesa temeljijo na prenosu mehanskih dražljajev skozi telo posameznika, medtem ko ta stoji na vibracijski plošči v različnih položajih ali na njej izvaja različne vaje (6). Vibracijska plošča lahko vibracije prenaša sinhrono v obe stopali – vertikalno nihanje, lahko pa se vibracije prenašajo izmenično – rotacijsko nihanje. Biomehanski spremenljivki, ki določata

intenzivnost vibracij, sta frekvenca in amplituda nihanja (15). Najpogosteje se uporabljajo frekvence med 15 in 60 Hz ter amplitude od 1 do 10 mm (15).

Vibracije, ki se prenašajo iz vibracijske plošče na človeško telo, naj bi imele močan stimulatorni učinek na kožne receptorje, mišična vretena in sklepne mehanoreceptorje (4). Prek stimulacije primarnih aferentnih končičev mišičnih vreten (vlakna Ia in II) pride do aktivacije alfa motoričnih nevronov, kar povzroči refleksno aktivacijo agonistične mišice in inhibicijo antagonistične mišice, kar imenujemo tudi tonični vibracijski refleks (16, 17). Z uporabo vibracij naj bi se spremenila tudi vzdružnost motoričnih nevronov in izboljšala sinhronizacija motoričnih enot (16, 17). Naštete spremembe naj bi vodile v učinkovitejši živčno-mišični nadzor, s tem pa vplivale na izboljšanje ravnotežja in mehanizmov za aktivno zaščito sklepa (16).

Namen prispevka je s pregledom literature ugotoviti, kakšna je učinkovitost dodajanja vibracij telesa med ravnotežno vadbo v fizioterapiji posameznikov s kronično nestabilnostjo gležnja.

METODE

Metoda dela je bil pregled literature. Znanstvena in strokovna literatura je bila iskana v podatkovnih zbirkah PubMed (Medline) in PEDro do vključno oktobra 2019. Pri iskanju literature smo v podatkovni zbirki PubMed uporabili naslednjo kombinacijo ključnih besed: vibration training AND ankle instability AND randomized controlled trial. V zbirki PEDro smo kot ključne besede uporabili: vibration training in ankle instability. Merila za vključitev raziskav v pregled so določala, da je šlo za randomizirane kontrolirane poskuse v angleškem jeziku, v katerih so preučevali vpliv vadbe z vibracijami celega telesa pri posameznikih s kronično nestabilnostjo gležnja. Na podlagi ključnih besed je bilo najdenih 12 raziskav. Po odstranitvi člankov, ki so se podvajali, ter ob upoštevanju že omenjenih vključenih meril so pogojem ustrezale štiri randomizirane kontrolirane raziskave, ki so bile vključene v pregled literature.

REZULTATI

V pregled literature smo zajeli štiri randomizirane kontrolirane raziskave, ki so bile objavljene med letoma 2010 in 2018. Raziskave so obsegale od 33 (17) do 50 (16, 18) preiskovancev. V raziskave so

bili vključeni preiskovanci, ki so poročali o občutku nestabilnosti v gležnju in so na Cumberlandovem orodju za oceno nestabilnosti gležnja (angl. Cumberland ankle instability tool – CAIT) dosegli manj kot 24 (16, 18) oziroma 23

Preglednica 1: Lastnosti preiskovancev in značilnosti terapevtskih postopkov vključenih raziskav

Avtorji	Velikost vzorca in značilnosti preiskovancev	Značilnosti vadbenih programov	Ocena kakovosti RKP po PEDro
Sierra-Guzman et al. 2018 (16)	ES 1: N = 17; 22,4 leta; CAIT = 18,9 ES 2: N = 16; 21,8 leta; CAIT = 19,9 KS: N = 17; 23,6 leta; CAIT = 19,8	– 6 tednov, 3-krat/teden ES 1: vadba na ravnotežni polžogi (BOSU), položeni na vibracijsko ploščo (Fitvibe, Bilen, Belgija) ES 2: vadba na ravnotežni polžogi (BOSU) KS: brez vadbe; normalna vsakodnevna telesna dejavnost – 3 serije, 4 vaje, trajajoče po 45 s, vmes 45 s počitek – ↑ intenzivnosti vaj po 3 tednih (ES1, ES2); ↑ frekvence vibracij za 5 Hz vsaka 2 tedna; ↑ amplitude vibracij iz 2 na 4 mm v 1. tednu	6/10
Sierra-Guzman et al. 2017 (18)	ES 1: N = 17; 22,4 leta; CAIT = 18,9 ES 2: N = 16; 21,8 leta; CAIT = 19,9 KS: N = 17; 23,6 leta; CAIT = 19,8	– 6 tednov, 3-krat/teden ES 1: vadba na ravnotežni polžogi (BOSU), položeni na vibracijsko ploščo (Fitvibe, Bilen, Belgija) ES 2: vadba na ravnotežni polžogi (BOSU) KS: brez vadbe; normalna vsakodnevna telesna dejavnost – 3 serije, 4 vaje, trajajoče po 45 s, vmes 45 s počitek – ↑ intenzivnosti vaj po 3 tednih (ES1, ES2); ↑ frekvence vibracij za 5 Hz vsaka 2 tedna; ↑ amplitude vibracij iz 2 na 4 mm v 1. tednu	6/10
Cloak et al. 2013 (17)	ES 1: N = 11; 22,2 leta; CAIT = 18,1 ES 2: N = 11; 22,7 leta; CAIT = 17,4 KS: N = 11; 23,1 leta; CAIT = 17,9	– 6 tednov, 2-krat/teden ES 1: vadba na ravnotežni vibracijski deski s stično površino v obliki krogle (VibroSphere, ProMedvi), položeni na mehko blazino ES 2: vadba na ravnotežni vibracijski deski s stično površino v obliki krogle z izključeno funkcijo vibracij, položeni na mehko blazino KS: brez vadbe – 2 seriji, 4 vaje, trajajoče 45 s – ↑ časa izvajanja vaj za 15 s vsake 2 tedna (ES 1, ES 2); ↑ zahtevnosti vaj z menjavo blazin na 2 tedna (ES1, ES 2); ↑ frekvence vibracij za 5 Hz vsake 2 tedna	5/10
Cloak et al. 2010 (19)	ES: N = 19; 19 let; CAIT = 18,4 KS: N = 19; 19 let; CAIT = 18	– 6 tednov, 2-krat/teden ES: vadba na vibracijski plošči (Bosco, Grčija) KS: brez vadbe, normalna vsakodnevna telesna dejavnost – 3 serije, 2 vaji, trajajoči 50 s – ↑ časa izvajanja vaj za 10 s vsake 2 tedna; ↑ frekvence vibracij za 5 Hz vsake 2 tedna	5/10

N – število preiskovancev; ES – eksperimentalna skupina; KS – kontrolna skupina; CAIT – Cumberlandovo orodje za oceno nestabilnosti gležnja (angl. Cumberland ankle instability tool); PEDro – (angl. Physiotherapy Evidence Database).

točk (17, 19). Povprečna starost preiskovancev je bila od 19 (19) do 24 let (16, 18). Lastnosti preiskovancev in značilnosti terapevtskih postopkov so predstavljene v preglednici 1.

Preiskovanci so bili v raziskavah naključno razdeljeni v dve ali tri skupine. V eksperimentalnih skupinah so bili preiskovanci deležni vadbe na nestabilni podlagi (ravnotežni polžogi, ravnotežni deski s stično površino v obliki krogle), nameščeni na vibracijsko ploščo (16–18), le na vibracijski plošči (19) ali le na nestabilni podlagi (16–18). V kontrolnih skupinah pa preiskovanci niso izvajali programa terapevtske vadbe, temveč so bili naprošeni, da nadaljujejo s svojimi vsakodnevnimi telesnimi dejavnostmi. Vse raziskave so trajale šest tednov. Frekvenca vadbe je bila od dva- (17, 19) do trikrat (16, 18) na teden. V skupini, ki je bila deležna vadbe na vibracijski plošči, je bila uporabljena frekvenca vibracij od 30 do 40 Hz ter amplituda vibracij od 2 do 4 mm. V vseh

raziskavah so se vadbeni programi skozi šest tednov progresivno stopnjevali, kar je podrobneje predstavljeno v preglednici 1.

Za vrednotenje učinkovitosti vadbenih programov so bila uporabljena različna ocenjevalna orodja. V vseh raziskavah so meritve opravili pred začetkom vadbenega programa in po njegovem zaključku, v dveh raziskavah pa so z meritvami 6 tednov po koncu vadbe ugotavljali še dolgoročne učinke vadbe (16, 18). Uporabljena ocenjevalna orodja in rezultati vključenih raziskav so predstavljeni v preglednici 2.

V dveh raziskavah so ugotovili statistično pomembno izboljšanje statičnega ravnotežja, merjenega z zmanjšanjem gibanja središča pritiska, in statistično pomembno povečanje dosega z nogo, v skupini, ki je vaje izvajala na vibracijski plošči, v primerjavi s skupino, ki je vaje izvajala le na

Preglednica 2: Uporabljena ocenjevalna orodja in rezultati vključenih raziskav

Avtorji	Uporabljena ocenjevalna orodja	Rezultati
Sierra-Guzman et al. 2018 (16)	1. Meritev gibanja središča pritiska pri stoji na nogi s kronično nestabilnim gležnjem na pritiskovni plošči (Biodex balance system) 2. SEBT v 5 smereh (A, AM, M, PM, PL) 3. Analiza telesne zgradbe	Med skupinami ni prišlo do statistično pomembnih razlik ($p > 0,05$) pri meritvah gibanja središča pritiska, SEBT in pri analizi telesne zgradbe.
Sierra-Guzman et al. 2017 (18)	1. Test nenadne inverzije gležnja z EMG meritvami mišic peroneus longus, peroneus brevis in tibialis anterior 2. Izokinetični test jakosti mišic evertorjev gležnja (hitrosti: 60, 180 in 300 °/s)	Med skupinami ni prišlo do statistično pomembnih razlik med skupinami ($p > 0,05$) v EMG aktivnosti mišic ali izokinetični jakosti mišic.
Cloak et al. 2013 (17)	1. Meritev gibanja središča pritiska pri stoji na nogi s kronično nestabilnim gležnjem na pritiskovni plošči 2. Modificiran SEBT v 3 smereh (A, PM, PL) 3. Trojni skok v daljino	V ES 1 je prišlo do statistično značilnega zmanjšanja gibanja središča pritiska ($p < 0,001$), povečanja dosega v A ($p \leq 0,01$) in PL ($p \leq 0,002$) smeri na SEBT ter povečanja dolžine pri trojnem skoku v daljino ($p \leq 0,001$).
Cloak et al. 2010 (19)	1. Meritev gibanja središča pritiska pri stoji na nogi s kronično nestabilnim gležnjem na pritiskovni plošči 2. SEBT 3. Merjenje utrujanja m. peroneus longus s površinskim EMG pri izometrični kontrakciji	V ES je prišlo do statistično značilnega zmanjšanja gibanja središča pritiska ($p < 0,05$) ter povečanja dosega v A, AL, M in AM smeri pri SEBT ($p < 0,05$). Med skupinama ni prišlo do statistično pomembnih razlik v utrujanju m. peroneus longus.

SEBT – test dosega z nogo v osmih smereh (angl. Star excursion balance test); A – anteriorno; AM – anteromedialno; M – medialno; PM – posteromedialno; PL – posterolateralno; EMG – elektromiografija; ES – eksperimentalna skupina.

nestabilni podlagi, in kontrolno skupino brez vadbe (17, 19). V eni raziskavi so ugotovili statistično značilno povečanje dolžine pri testu trojnega skoka v daljino v skupini, ki je vaje izvajala na nestabilni podlagi na vibracijski plošči, v primerjavi s kontrolno skupino, ki je vaje izvajala le na nestabilni podlagi (17). Pri statistični analizi znotraj posamezne skupine so Sierra-Guzman in sodelavci (16, 18) ugotovili statistično značilno povečanje dosega z nogo v skupini, ki je vaje izvajala na nestabilni podlagi na vibracijski plošči, in v skupini, ki je vaje izvajala le na nestabilni podlagi. Zmanjšanje gibanja središča pritiska in skrajšanje reakcijskega časa mišic peroneus longus, peroneus brevis ter tibialis anterior so ugotovili le v skupini, ki je vaje izvajala na nestabilni podlagi na vibracijski plošči. Kljub opazovanim spremembam, ki so se v nekaterih skupinah pojavile z vadbo, tudi po koncu vadbe razlike med skupinami niso bile statistično pomembne (16, 18). Prav tako v nobeni izmed raziskav niso poročali o statistično pomembnih razlikah v izokinetični jakosti mišic evertorjev gležnja ali o utrujanju mišice peroneus longus med skupinami vadečih (18, 19).

RAZPRAVA

Kronična nestabilnost gležnja, ki se pogosto pojavi po akutnem zvinu gležnja, je pogosto povezana s slabšim ravnotežjem in mišično funkcijo. Tako kurativni kot preventivni programi fizioterapije za posameznike s poškodbo gležnja pogosto vključujejo vadbo za izboljšanje ravnotežja ter propriocepcije (16). Izvajanje vadbe na vibracijski plošči je ena izmed oblik proprioceptivne vadbe, ki se vse pogostejše uporablja v fizioterapiji, saj naj bi dodajanje vibracij k vadbi vodilo v izboljšanje mišične jakosti in moči ter izboljšanje ravnotežja (20–25).

Pomemben vpliv vadbe z vibracijami celega telesa na statično in dinamično ravnotežje pri posameznikih s kronično nestabilnostjo gležnja je ugotovil tudi Cloak s sodelavci (19). Toda v primerih, ko so raziskovalci vadbi na vibracijski plošči dodali še nestabilno podlago, rezultati niso enotni (16, 17). Cloak in sodelavci (17) so tako poročali o zmanjšanju gibanja središča pritiska, povečanju dolžine pri testu dosega z nogo in trojnem skoku v daljino v skupini, ki je izvajala vadbo na nestabilni podlagi na vibracijski plošči.

Boljše izide pri testih ravnotežja po vibracijski vadbi z dodano nestabilno podlago so avtorji pripisali večji stimulaciji proprioceptivnih poti (Ia, II), ki vodijo v refleksno mišično kontrakcijo (17). Izboljšanje mišične funkcije z vibracijsko vadbo se pripisuje zlasti povečanju občutljivosti primarnih aferentnih končičev mišičnih vreten na vibracije, posledičnemu znižanju praga vzdražnosti motoričnih enot na vibracije in spremenjenemu vzorcu njihove aktivacije, kar naj bi omogočilo bolj koordinirano in močnejšo aktivacijo mišic (17, 26). Nasprotno pa obe raziskavi, ki so jih opravili Sierra-Guzman in sodelavci (16, 18) nista potrdili dodane vrednosti nestabilne podlage pri izvajanju vadbe na vibracijski plošči na izboljšanje mišične jakosti ter statičnega in dinamičnega ravnotežja. Odsotnost dodane vrednosti vibracij pri vadbi v teh raziskavah bi morda lahko pojasnili z razliko v sestavi in dolžini vadbenega programa ter trajanju izvajanja posameznih vaj; torej manjši skupni količini vadbe kot v drugih dveh vključenih raziskavah (17, 26). Druga možna razlaga pa bi lahko bila tudi razlika v blaženju vibracij med različnimi nestabilnimi podlagami. Verjetno polžoga, uporabljena v raziskavah brez pomembnega učinka (16, 18), precej zaduši vibracije in tako zmanjša njihov učinek na telo kot ravnotežna deska, uporabljena v raziskavi s pomembnim učinkom (17). Težava z dušenjem vibracij pri uporabi različnih nestabilnih podlag na vibracijski plošči v literaturi sicer še ni opisana, zato se bomo v nadaljevanju razprave osredotočili zlasti na težavo nezadostnega vadbenega dražljaja, ki je pogoj, da se sploh lahko zazna morebitna dodana vrednost vibracij telesa. Da je vadba na vibracijski plošči pogosto neustrezna oziroma premalo intenzivna, kažejo namreč tudi raziskave na zdravih, pri katerih niso uporabljali dodatne nestabilne podlage. Med vadbo na vibracijski plošči pri zdravih posameznikih niso zaznali statistično pomembnih sprememb reakcijskih časov mišic skočnega sklepa (27). Da je vadba za posameznike s kronično nestabilnim gležnjem tudi sicer lahko premalo intenzivna, kažejo rezultati raziskave, v kateri poročajo, da vadba proti uporabi elastičnimi trakovi ne izboljša izokinetične jakosti mišic skočnega sklepa pri tej skupini posameznikov (28). Prekratko trajanje vadbenega programa ali premajhna zahtevnost vaj bi bila lahko vzrok tudi za to, da ni prišlo do sprememb v vzdržljivosti mišice peroneus longus v skupini, ki

je vadila na vibracijski plošči (19). Prav tako z vadbo na nestabilni podlagi na vibracijski plošči ni prišlo do povečanja puste telesne mase (16). Razlog za izostanek kakršnegakoli učinka na razmerja telesnih sestavin bi lahko bile prenizke frekvence vibracij, saj naj bi do povečanja puste telesne mase med vibracijsko vadbo prišlo le pri visokih amplitudah in frekvencah vibracij (50 Hz) (29).

Omejitve našega pregleda so, da smo vanj vključili le objave v angleškem jeziku, prav tako pa nismo pregledali vseh obstoječih podatkovnih baz in strokovnih publikacij. Zaradi pomanjkanja raziskav na področju vadbe z vibracijami celega telesa dokončnih zaključkov o njeni učinkovitosti in varnosti v rehabilitaciji posameznikov s kronično nestabilnostjo gležnja za zdaj ne moremo podati. Potrebne so nadaljnje visokokakovostne randomizirane kontrolirane raziskave, s katerimi bi opredelili najučinkovitejše parametre vadbenih programov ter dolgoročne učinke vadbe z vibracijami celega telesa posameznikov s kronično nestabilnostjo gležnja.

ZAKLJUČEK

Vadba z vibracijami celega telesa se vse pogosteje uporablja v preventivne in rehabilitacijske namene, med drugim tudi pri fizioterapiji posameznikov s kronično nestabilnostjo gležnja. V pregled literature so bile vključene štiri raziskave, v katerih so ugotavljali predvsem vpliv vadbe na vibracijski plošči in nestabilni podlagi na izboljšanje ravnotežja pri posameznikih s kronično nestabilnostjo gležnja. Rezultati pregledanih raziskav kažejo, da se z dodajanjem vibracij celega telesa med različnimi oblikami vadbe ravnotežja lahko izboljša statično in dinamično ravnotežje posameznikov, nima pa tovrstna vadba pomembnega vpliva na izokinetično jakost mišic evertorjev skočnega sklepa ali na spremembo telesne sestave. V prihodnje bodo potrebne dodatne raziskave, s katerimi bi proučili morebiten negativen vpliv dušenja vibracij ob uporabi mehkih (nestabilnih) podlag za vadbo, določili optimalne vadbene parametre in ugotovili dolgoročne učinke takšne vadbe.

LITERATURA

- Gribble PA, Bleakley CM, Caulfield BM, Docherty CL, Fourchet F, Fong DT, Hertel J, Hiller CE, Kaminski TW, McKeon PO, Refshauge KM, Verhagen EA, Vicenzino BT, Wikstrom EA, Delahunt E (2016). Evidence review for the 2016 International ankle consortium consensus statement on the prevalence, impact and long-term consequences of lateral ankle sprains. *Br J Sports Med* 50(24): 1496–505.
- Doherty C, Bleakley C, Hertel J, Caulfield B, Ryan J, Delahunt E (2016). Recovery from a first-time lateral ankle sprain and the predictors of chronic ankle instability. *Am J Sports Med* 44(4): 995–1003.
- Doherty C, Delahunt E, Caulfield, Hertel J, Ryan J, Bleakley C (2014). The incidence and prevalence of ankle sprain injury: a systematic review and meta-analysis of prospective epidemiological studies. *Sports Med* 44(1): 123–40.
- Rendos NK, Jun HP, Pickett NM, Lew Feirman K, Harriell K, Lee SY, Signorile JF (2017). Acute effects of whole-body vibration on balance in persons with and without chronic ankle instability. *Res Sports Med* 25(4): 391–407.
- Richie DH, Izadi FE (2015). Return to play after an ankle sprain. *Clin Podiatr Med Surg* 32(2): 195–215.
- Otzel DM, Hass CJ, Wikstrom EA, Bishop MD, Borsa PA, Tillman MD (2019). Motoneuron function does not change following whole-body vibration in individuals with chronic ankle instability. *J Sport Rehabil* 14: 1–9.
- Pen M (2016). Nestabilnost gležnja. V 12. Mariborsko ortopedsko srečanje: Gleženj in stopalo v ortopediji. Maribor: Univerzitetni klinični center Maribor.
- Cho BK, Park JK (2019). Correlation between joint-position sense, peroneal strength, postural control, and functional performance ability in patients with chronic lateral ankle instability. *Foot Ankle Int* 40(8): 961–8.
- Forkin DM, Koczur C, Battle R, Newton RA (1996). Evaluation of kinesthetic deficits indicative of balance control in gymnasts with unilateral chronic ankle sprains. *J Orthop Sports Phys Ther* 23(4): 245–50.
- Sierra-Guzman R, Jimenez-Diaz F, Abian-Vicen J (2018). Predictors of chronic ankle instability: analysis of peroneal reaction time, dynamic balance and isokinetic strength. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 54: 28–33.
- Simon J, Docherty C (2014). Slower nerve conduction velocity in individuals with functional ankle instability. *Int J Sports Med* 35(9): 731–6.
- Cho BK, Park JK, Choi SM, Kang SW, SooHoo NF (2019). The peroneal strength deficits in patients with chronic ankle instability compared to ankle

- sprain copers and normal individuals. *Foot Ankle Surg* 25(2): 231–6.
13. Wisthoff B, Matheny S, Struminger A et al. (2019). Ankle strength deficits in a cohort of college athletes with chronic ankle instability. *J Sport Rehabil* 28(7): 752–7.
14. McKeon JM, McKeon PO (2012). Evaluation of joint position recognition measurement variables associated with chronic ankle instability: a meta-analysis. *J Athl Train* 47(4): 444–56.
15. Cardinale M, Wakeling J (2005). Whole body vibration exercise: are vibrations good for you? *Br J Sports Med* 39(9): 585–9.
16. Sierra-Guzman R, Jimenez-Diaz F, Ramirez C, Esteban P, Abian-Vicen J (2018). Whole-body vibration training and balance in recreational athletes with chronic ankle instability. *J Athl Train* 53(4): 355–63.
17. Cloak R, Nevill A, Day S, Wyon M (2013). Six-week combined vibration and wobble board training on balance and stability in footballers with functional ankle instability. *Clin J Sport Med* 23(5): 384–91.
18. Sierra-Guzman R, Jimenez-Diaz F, Ramirez C, Esteban P, Abian-Vicen J (2017). Effects of synchronous whole-body vibration training on a soft, unstable surface in athletes with chronic ankle instability. *Int J Sports Med* 38(6): 447–55.
19. Cloak R, Nevill AM, Clarke F, Day S, Wyon MA (2010). Vibration training improves balance in unstable ankles. *Int J Sports Med* 31(2): 894–900.
20. Novak S, Rugelj D, Weber D (2018). Učinki vibracije celega telesa na ravnotežje starejših odraslih. *Fizioterapija* 26(1): 50–8.
21. Lipovšek T, Weber D, Jakovljević M (2016). Vpliv vibracij celotnega telesa na mišično zmogljivost spodnjega uda. *Fizioterapija* 24(2): 35–43.
22. Orr R (2015). The effect of whole body vibration exposures on balance and functional mobility in older adults: a systematic review and meta-analysis. *Maturitas* 80(4): 342–58.
23. Adelman DL (2013). Acute effects of whole-body vibration on dynamic postural control in subjects with functional ankle instability. Master thesis. Chapel Hill: University of North Carolina, 28–35.
24. Pollock RD, Provan S, Martin FC, Newham DJ (2011). The effects of whole body vibration on balance, joint position sense and cutaneous sensation. *Eur J Appl Physiol* 111: 3069–77.
25. Rogan S, Hilfiker R, Herren K, Radlinger L, de Bruin ED (2011). Effects of whole-body vibration on postural control in elderly: a systematic review and meta-analysis. *BMC Geriatr* 11: 72
26. Delecluse C, Roelants M, Verschueren S (2003). Strength increase after whole body vibration compared with resistance training. *Med Sci Sports Exerc* 35: 1033–41.
27. Melnyk M, Schloz C, Schmitt S, Gollhofer A (2009). Neuromuscular ankle joint stabilisation after 4-weeks WBV training. *Int J Sports Phys Ther* 8: 15–24.
28. Kaminski TW, Buckley BD, Powers ME, Hubbard TJ, Ortiz C (2003). Effect of strength and proprioception training on eversion to inversion strength ratios in subjects with unilateral functional ankle instability. *Br J Sports Med* 37: 410–5.
29. Martinez-Pardo E, Romero-Arenas S, Alcaraz PE (2013). Effects of different amplitudes (high vs. low) of whole-body vibration training in active adults. *J Strength Cond Res* 27(7): 1798–806.