

**UNIVERZA V LJUBLJANI  
ZDRAVSTVENA FAKULTETA  
FIZIOTERAPIJA, 1. STOPNJA**

**Maruša Zupet**

**UČINKI VIBRACIJSKE VADBE PRI OSEBAH S  
KRONIČNO BOLEČINO V SPODNJEM DELU  
HRBTA**

diplomsko delo

**EFFECTS OF WHOLE-BODY VIBRATION IN  
PATIENTS WITH CHRONIC LOW BACK PAIN**

diploma work

**Mentor: izr. prof. dr. Alan Kacin**

**Somentor: izr. prof. dr. Matej Drobnič**

**Recenzentka: viš. pred. mag. Sonja Hlebš**

**Ljubljana, 2019**



# ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju, izr. prof. dr. Alanu Kacinu za hitro odzivnost, ves trud ter vse usmeritve pri nastajanju mojega diplomskega dela.

Zahvaljujem se somentorju, izr. prof. dr. Mateju Drobniču in recenzentki, viš. pred. mag. Sonji Hlebš.

Zahvaljujem se tudi učiteljici slovenščine Majdi Podlesnik Repovž za lektoriranje diplomskega dela.

Hvala moji družini, še posebej očetu Jožetu, mami Nataši in bratu Maticu, da so ves čas študija verjeli vame in mi nudili vso spodbudo in podporo.

Hvala prijateljici Evi za vso spodbudo, pomoč in motivacijo med študijem.

Zahvaljujem se vsem in vsakemu posebej, ki mi je na kakršen koli način pomagal na moji poti do zaključka študija.



## IZVLEČEK

**Uvod:** Kronična bolečina v spodnjem delu hrbta predstavlja eno izmed najpogostejših okvar gibalnega sistema v razvitem svetu. Povezana je s povečanjem telesne nezmožnosti in z odsotnostjo od dela. Telesna dejavnost velja za učinkovito intervencijo pri obvladovanju in zdravljenju te vrste bolečine. Nekateri posamezniki zaradi pridruženih bolezni in intenzivnosti določenih oblik telesne dejavnosti v le-teh žal ne morejo sodelovati. Priljubljenost uporabe vibracijske vadbe se je povečala v zadnjem desetletju tako pri zdravih posameznikih kot tudi pri osebah s kronično bolečino v spodnjem delu hrbta. Vibracijska vadba naj bi zmanjšala bolečino, izboljšala ravnotežje, gibljivost in mišično moč ter tako vplivala na kvaliteto življenja. **Namen:** Ugotoviti, kakšne učinke ima vibracijska vadba pri osebah s kronično bolečino v spodnjem delu hrbta. **Metode dela:** Uporabljena je bila deskriptivna metoda raziskovanja. Pregledana je bila strokovna in znanstvena literatura podatkovnih zbirk COBISS+, PEDro in PubMed. Uporabili smo 6 ustreznih poročil o raziskavah, objavljenih med letoma 2002 in 2018. **Rezultati:** Raziskave so preučevale učinke vibracijske vadbe pri osebah s kronično bolečino v spodnjem delu hrbta. Ugotovljeni pozitivni učinki vibracijske vadbe so bili zmanjšanje občutenja bolečine, večja mišična zmogljivost, boljše ravnotežje in gibljivost. Zmožnost se je prav tako izboljšala, depresivnost pa se je zmanjšala med vadbenim programom. Bolečina se je najbolj zmanjšala po dvanajsttedenskem vadbenem programu in trajanjem vadbene enote štiri minute dvakrat tedensko in enkrat tedensko po sedem minut. Najmanj učinkovita za zmanjšanje bolečine je bila vadba s frekvenco dvakrat na teden ter trajanju vadbe 1 minuto na začetku vadbenega programa in nato 6 minut proti koncu vadbenega programa. Večji učinek na zmanjšanje bolečine je imela vadba z dinamičnimi kontrakcijami mišic. Telesna nezmožnost se je tekom vadbenih programov zmanjšala, nekaj tednov po zaključku le-teh pa zopet povečala. Zmogljivost mišic trupa se je tekom vadbenih programov povečala. Horizontalna vibracijska vadba je enako učinkovita kot vertikalna vibracijska vadba. **Razprava in zaključek:** Kronična bolečina v spodnjem delu hrbta je zelo pogost simptom različnih bolezenskih stanj ali drugih okvar. Rezultati kažejo, da je vibracijska vadba učinkovita pri tej vrsti bolečine. Lahko se uporablja kot sredstvo za obvladovanje bolečine ter drugih posledic le-te ali kot dodatek oz. v kombinaciji z ostalimi fizioterapevtskimi postopki.

**Ključne besede:** kronična bolečina, bolečina v spodnjem delu hrbta, vibracijska vadba, terapija



## ABSTRACT

**Introduction:** Chronic low-back pain presents one of the most common problems of the general population nowadays. Physical activity is an effective intervention when controlling and treating this kind of pain. It relates to increasing physical disability and to being absent from work. Because of multimorbidity and intensive exercise programs, some people unfortunately cannot participate in them. The popularity of whole-body vibration has increased over the last decade when referring to healthy individuals as well as patients with chronic low-back pain. It is expected that whole-body vibration reduces pain, improves balance, flexibility and muscle strength and thus affects the quality of life.

**Purpose:** The purpose of the paper is to determine how whole-body vibration affects patients with chronic low-back pain. **Methods:** A descriptive method of research was used. Professional and scientific literature was reviewed in COBISS+, PEDro and PubMed. We used 6 studies, which were published between the years 2002 and 2018.

**Results:** The studies investigated the effects of whole-body vibration on patients with chronic low-back pain. The positive effects mentioned are the reduction of pain sensation and disability, better muscle performance, balance and flexibility, and the reduction of depression (during the exercise protocol) among these patients. The pain decreased the most when the protocol lasted 12 weeks and when an exercise unit lasted 4 minutes 2 times a week at first and then 7 minutes once a week. Pain decreased the least when an exercise unit lasted 1 minute and then 6 minutes, both 2 times a week. More efficient than that was the exercise with dynamic contractions. Disability decreased during exercise protocols, but then increased again a few weeks after the end. Trunk muscle performance increased during exercise protocols. The horizontal whole-body vibration is as effective as the vertical whole-body vibration. **Discussion and conclusion:** Chronic low-back pain is a very common symptom of different diseases or disabilities. The results reveal that the whole-body vibration exercises are effective when treating this kind of pain. They can be used as a modality for controlling pain and effects of the pain or as an addition in combination to other physiotherapeutic procedures.

**Keywords:** chronic pain, low back pain, whole-body vibration, therapy





# KAZALO VSEBINE

1	UVOD .....	1
1.1	Teoretična izhodišča .....	1
1.1.1	Anatomske in biomehanske značilnosti ledvene hrbtenice .....	1
1.1.2	Kronična bolečina v spodnjem delu hrbta.....	2
1.1.3	Vibracijska vadba.....	4
1.1.3.1	Značilnosti vibracijske vadbe .....	4
1.1.3.2	Različni tipi vibracijskih plošč .....	5
1.1.3.3	Učinki vibracijske vadbe .....	6
2	NAMEN .....	8
3	METODE DELA.....	9
3.1	Iskalna strategija.....	9
4	REZULTATI.....	10
4.1	Vzorec preiskovancev .....	10
4.2	Ocenjevanje in merilna orodja.....	14
4.3	Lastnosti terapevtskih vadb.....	16
4.4	Rezultati raziskav .....	17
5	RAZPRAVA .....	24
6	ZAKLJUČEK.....	29
7	LITERATURA.....	30



## KAZALO TABEL

Tabela 1: Ključne metodološke značilnosti posameznih raziskav.....	12
Tabela 2: Intenziteta bolečine v spodnjem delu hrbta pred in po programu terapevtske vadbe v posameznih raziskavah.....	18
Tabela 3: Učinki terapije na zmanjšano zmožnost pred in po programu terapevtske vadbe v posameznih raziskavah.....	19
Tabela 4: Učinki horizontalne in vertikalne vibracijske vadbe na kontrolo ravnotežja ob različnih časih ocenjevanja v raziskavi.....	22



## KAZALO SLIK

Slika 1: Vertikalna (levo) in horizontalna (desno) smer vibracij na vibracijski plošči .... 5

Slika 2: Začetni položaj VV stohastične resonance na vibracijski plošči..... 6



## SEZNAM UPORABLJENIH KRATIC IN OKRAJŠAV

<b>ADS</b>	Splošna lestvica za ocenjevanje depresivnosti (nem. Allgemeine Depressions Skala)
<b>BSH</b>	Bolečina v spodnjem delu hrbta
<b>ODI</b>	Vprašalnik zmanjšane zmožnosti Oswestry (angl. Oswestry Disability Index)
<b>PILE</b>	Ocena progresivnega dvigovanja bremena s konstantno inercijo (angl. Progressive Isoinertial Lifting Evaluation)
<b>PDI</b>	Vprašalnik zmanjšane zmožnosti zaradi bolečine (angl. Pain Disability Index)
<b>RMDQ</b>	Vprašalnik za ocenjevanje zmanjšane zmožnosti Roland Morris (angl. Roland Morris Disability Questionnaire)
<b>SF-36</b>	Kratki vprašalnik o zdravju (angl. Short-Form Health Survey)
<b>VAL</b>	Vidna analogna lestvica (angl. Visual Analogue Scale)
<b>VSLH</b>	Vadba za stabilizacijo ledvene hrbtenice
<b>WAI</b>	Vprašalnik o oceni sposobnosti za delo (angl. Work Ability Index Questionnaire)





# 1 UVOD

Bolečina je elementarna, univerzalna in hkrati osebna izkušnja. Primarna biološka evolucijska funkcija bolečine je obvestilo in opozorilo o poškodbi ali bolezni, povečana pozornost na možne vzroke in povečana aktivnost, spontani umik, zaščita, preprečitev, zmanjšanje nadaljnjega poškodovanja s tipičnimi organskimi, čutnimi, čustvenimi, spoznavnimi in vedenjskimi odzivi (Kovačič, 2014). Zelo pogost simptom številnih bolezenskih stanj in poškodb je prav bolečina.

Bolečina v spodnjem delu hrbta (BSH, angl. *Low Back Pain*) je med najpogostejšimi zdravstvenimi težavami današnje populacije (Walker, 2000). Zaradi visoke pojavnosti je BSH pomemben socialnoekonomski dejavnik in je najpomembnejši razlog za bolniško odsotnost z dela pri mlajših od 45 let. Hkrati je BSH drugi najpogostejši razlog za obisk pri zdravniku, tretji najpogostejši razlog za operativno zdravljenje nasploh in peti najpogostejši razlog za hospitalizacijo (Šarabon, Voglar, 2014). Zmanjšana zmožnost zaradi kronične BSH je večja v razvitih državah sveta.

Telovadba je učinkovita intervencija za zmanjšanje bolečine ter izboljšanje funkcije pri posameznikih s kronično BSH, zato jo večina kliničnih smernic priporoča kot ključno obliko terapije (Wang et al., 2014). Zaradi pridruženih bolezni in drugih razlogov pa nekateri pacienti niso zmožni izvajati intenzivnejše terapevtske vadbe (Kim et al., 2018).

## 1.1 Teoretična izhodišča

### 1.1.1 Anatomske in biomehanske značilnosti ledvene hrbtenice

Ledveno hrbtenico sestavlja pet vretenc. Telesa le-teh so veliko večja v primerjavi z ostalimi vretenci hrbtenice (Platzer, 2015). Sklepne površine so skoraj vzporedne s sagitalno ravnino. Zgornje sklepne površine so usmerjene medialno in nekoliko nazaj (dorzalno), spodnje pa lateralno in naprej (ventralno). Baza križnice je povezana s petim ledvenim vretencem tako kot so povezana ostala ledvena vretenca. Vretenca, medvretenčne ploščice in čvrste vezi tvorijo skupaj močno in elastično os telesa, hrbtenico (Hlebš, 2014).

Hrbtne mišice so razporejene v več plasti, poenostavljeno jih delimo na povrhnje in globoke. Globoke oz. intrinzične mišice ležijo v vezivno-kostnem kanalu, sestavljenem iz lokov vretenc, trnastih odrastkov ter rebrnih odrastkov (Platzer, 2015). Te mišice gibljejo hrbtenico (Hlebš, 2014). Kanal iz zadnje in stranske strani prekriva torakolumbalna fascija (Platzer, 2015). Povrhnje ekstrinzične mišice so mišice zgornjih okončin, ki se nato nadaljujejo nazaj na predel hrbta (Schuenke et al., 2013) in tako gibljejo zgornje ude in rebra (Hlebš, 2014). Mišice vežejo hrbtenico in medenični obroč kot močne, zategnjene elastične vrvi in s svojim medsebojnim usklajenim delovanjem zagotavljajo pravilen položaj in stabilnost hrbtenice pri različnih gibih in držah telesa (Hlebš, 2014).

Razmeroma kompleksen sistem togih (vretenc) in podajnih teles (medvretenčne ploščice skupaj z ligamenti in mišicami) ima vrsto kinetičnih omejitev gibanja v vseh smereh. V ledveni hrbtenici so sklepne površine fasetnih sklepov postavljene zelo navpično, zato sta v ledveni hrbtenici možna velika amplituda gibanja v smeri upogiba in iztega v sagitalni ravnini, zmerna v smeri stranskega upogiba v frontalni ravnini, medtem ko so zasuki v transverzalna ravnini zelo omejeni (Šarabon, Voglar, 2014).

### **1.1.2 Kronična bolečina v spodnjem delu hrbta**

Nevrofiziološki mehanizmi nastanka in ohranjanja kronične bolečine oziroma prehoda iz akutne v kronično bolečino so slabo poznani. So obsežnejši in zapletenejši kot pri akutni bolečini, vključujejo receptorske sisteme, znotrajcelične in medcelične spremembe (modifikacije prenašalcev, receptorjev, zgradbe in povezav nevronov), dolgotrajno povečano aktivnost ter nasploh dolgotrajne funkcionalne in anatomske spremembe v bolečinskem živčnem omrežju (Krčevski-Škvarč, 2005; Pražnikar, 2013), poleg tega pa se aktivirajo še mnogi psihološki odzivi. Na psihološki ravni lahko zmanjšujejo ali povečujejo bolečino in spremene pojave spoznavni, čustveni in vedenjski dejavniki (Kovačič, 2014).

Cherkin in sodelavci (1994) so BSH definirali kot bolečino, ki je združena z mišično napetostjo ali otrdelostjo lokalizirano zadaj pod rebrnim lokom in nad glutealnimi gubami z ali brez bolečine v nogi. Poznamo akutno, subakutno ter kronično BSH. Razlikovanje med njimi je pomembno, saj so biološke osnove, zgodovina poteka bolezenskega stanja ter odgovor na zdravljenje drugačni pri vsaki od njih (Bogduk, McGuirk, 2002). Kronična BSH je definirana kot bolečina v spodnjem delu hrbta, ki traja več kot tri mesece (Bogduk,

McGuirk, 2002). Vsak dan jo občuti med 12 in 33 % ljudi v razvitih državah, medtem ko jo vsaj enkrat v življenju doživi kar 84 % oseb (Walker, 2000).

BSH delimo tudi na specifično in nespecifično, odvisno od tega ali je vzrok bolečine ugotovljen ali ne. Specifična BSH je definirana kot bolečina, ki je povzročena zaradi specifičnega patofiziološkega mehanizma, kot npr. hernija medvretenčne ploščice, infekcija, osteoporoza, revmatoidni artritis, zlom ali tumor (Koes et al., 2006). Nespecifična BSH zajema velik del primerov oseb z BSH, vključuje pa BSH z neprepoznavno in/ali neznano patologijo, tako da patogeneza bolezní ni povsem jasna. (Zheng et al., 2019). Nespecifična BSH se praviloma epizodno ponavlja prek daljšega časovnega obdobja, kar 42 % ljudi pa ima po prvi epizodi bolečinsko epizodo vsaj enkrat letno (Šarabon, Voglar, 2014).

Izdelava načrta intervencije mora temeljiti na dobri analizi stanja vseh za BSH ključnih vidikov, saj si prav na podlagi teh informacij o pomanjkljivostih/ nepravilnostih zastavimo cilje obravnave (Šarabon, Voglar, 2014). Anamneza in telesni pregled kot sama sta nezadostna za postavitve veljavne diagnoze za BSH. Z anamnezo lahko dobimo informacije o morebitnih t.i. rdečih zastavicah, a ta sum je potrjen šele v nadaljevanju s slikovnimi in ostalimi preiskavami (Bogduk, McGuirk, 2002).

Vzroki za kronično BSH so (Bogduk, McGuirk, 2002):

- stanja, ki so t.i. rdeče zastavice (tumorji, vnetja),
- strukturne nepravilnosti (prirojene nepravilnosti, spondilolisteza, spondiloliza, spondiloza),
- nestabilnost hrbtenice,
- pooperativni zapleti,
- poškodbe medvretenčne ploščice.

Tveganje za pojav kronične BSH se povečuje s starostjo. Med dejavniki, ki prispevajo k daljši zmanjšani zmožnosti so starost, lokacija simptomov, socialno-ekonomski ter psihološki dejavniki (Bogduk, McGuirk, 2002). Nicholas in sodelavci (2011) navajajo, da med dejavnike, ki povečujejo tveganje za nastanek kroničnosti pri BSH sodijo strah zaradi bolečine, neizpolnjena pričakovanja glede izida zdravljenja, tesnoba, obupanost in izogibanje telesni dejavnosti zaradi bolečine.

Telesna dejavnost je nedvomno med pomembnejšimi ukrepi pri zdravljenju kronične BSH. Descarreaux in sodelavci (2002) so dokazali, da izbira vaj na podlagi individualnih lastnosti in morebitnih primanjkljajev v gibalnih sposobnostih, pomembno izboljša učinkovitost programov za zdravljenje kronične BSH. V težjih in bolj zapletenih primerih je potrebna preiščljena in postopna kinezioterapija, ki se jo lahko kombinira z različnimi podpornimi tehnikami (Hussein, 2018).

Poleg vadbe za mišično zmogljivost, stabilizacijo in gibljivost, se pri zdravljenju kronične BSH priporoča tudi različne aerobne aktivnosti. V praksi se kot dodatek k vadbi ali samostojen ukrep pogosto uporabljajo tudi številni fizikalni agensi (ultrazvok, udarni valovi, termoterapija, balneoterapija ipd.) (Hussein, 2018). Vibracijska vadba se je uveljavila kot način vadbe mišično-skeletnega sistema pod nadzorom terapevta ali kot samostojna vadba v domačem okolju. Zaradi preprostosti uporabe je še posebej primerna za starejše posameznike in tiste, ki se tradicionalnih vadb ne morejo udeležiti (Kim et al., 2018).

### **1.1.3 Vibracijska vadba**

Vibracijska vadba (angl. *Whole Body Vibration*) je priročna in varna metoda neposrednega stimuliranja mišic in tetiv in se lahko uporablja v različnih položajih telesa (Yang, Seo, 2015).

V preteklosti je le nekaj avtorjev raziskovalo terapevtske učinke vibracij na telo (Rittweger, 2010). Nazarov in Spivak (1985) sta bila prva, ki sta aplicirala vibracije kot obliko vadbe pri atletih. Z malo zamika je to vodilo k vse večjemu zanimanju o vibracijski vadbi ter posledično k proizvodnji vse več naprav za vibracijsko vadbo (Rittweger, 2010). V zadnjih letih je postala ta priljubljena pri zmanjšanju intenzitete bolečine ter izboljšanju telesne pripravljenosti pri številnih populacijah ljudi (Zheng et al., 2019).

#### **1.1.3.1 Značilnosti vibracijske vadbe**

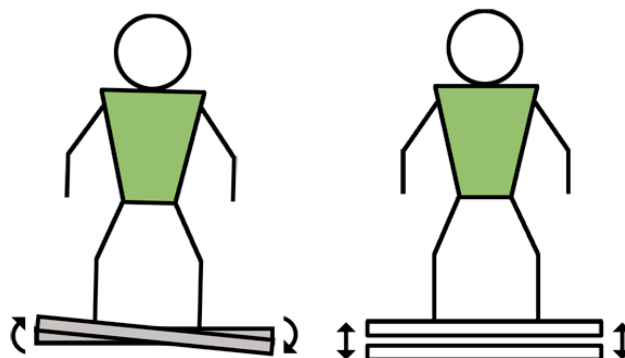
Vibracija je mehanska oscilacija, ki povzroči periodično spremembo sile, pospeška in premika v času. Vibracijska vadba v fizikalnem pomenu je prisilna oscilacija, kjer se energija prenaša iz pogona (t.j. vibracijske naprave) do resonatorja (t.j. človeškega telesa ali njegovih

delov). Večina vibracijskih naprav ima oscilacije s sinusno obliko (Rittweger, 2010). Pri vadbi, so stopala najpogosteje v stiku z vibracijsko ploščo, ki vibrira s predhodno določeno frekvenco in amplitudo (del Pozo-Cruz et al., 2011). Vibracije iz vibracijske plošče se prenesejo po telesu in tako stimulirajo vse senzorične receptorje znotraj povrhnjice, usnjice, sklepnih kapsul in mišičnega vretena. Refleks na razteg je sprožen kot posledica sprememb v dolžini mišičnih vreten (Kim et al., 2018). Vibracijska vadba omogoča posamezniku izvajanje statičnih ali dinamičnih vaj na vibracijski plošči (Chung et al., 2017).

Večina vibracijskih naprav ima možnost spreminjanja frekvence in amplitude vibracij. Literatura priporoča razpon frekvenc med 15 in 60 Hz ter razpon amplitud med 2 in 10 milimetrov (Cardinale, Wakeling, 2005). Kakorkoli, učinki posameznih frekvenc in amplitud pri različnih stanjih še niso povsem raziskani.

### 1.1.3.2 Različni tipi vibracijskih plošč

Vibracijska vadba se najpogosteje izvaja kot vibracija celega telesa stoje na vibracijski plošči, ki oddaja vertikalne ali horizontalne vibracije. Tako je lahko prisotna ali sinhrona vibracija na obe stopali oz. t.i. horizontalna vibracija (Slika 1 desno) ali izmenična oz. vertikalna vibracija (Slika 1 levo), kjer je levo stopalo nižje in desno višje (Rittweger, 2010). Glede na način vibracij tako poznamo vertikalno vibracijsko vadbo (angl. *Vertical Vibration Exercise*) in horizontalno vibracijsko vadbo (angl. *Horizontal Vibration Exercise*).



Slika 1: Vertikalna (levo) in horizontalna (desno) smer vibracij na vibracijski plošči (Rittweger et al., 2010)

V zadnjih letih se je pojavila nova oblika vibracijske vadbe, in sicer vibracijska vadba stohastične resonance, kjer posameznik stoji na dveh vibracijskih ploščah (Slika 2). Gre za naključno porazdelitev oz. dovajanje vibracij, kar pomeni da sta smer ter spreminjanje sile s časom nepredvidljiva. Tako je telo nenehno izzvano k prilagoditvi reakcij mišic (Elfering et al., 2013). Učinki naj bi bili podobni učinkom pri klasičnih oblikah vibracijske vadbe; izboljšanje ravnotežja, zmanjšanje mišične bolečine, boljše počutje posameznika idr. (Elfering et al., 2013).



*Slika 2: Začetni položaj VV stohastične resonance na vibracijski plošči (Elfering et al., 2013)*

### **1.1.3.3 Učinki vibracijske vadbe**

Pomemben učinek vibracijske vadbe je zmanjšanje občutenja bolečine. Vibracije so dražljaj, ki zmanjša aktivnost spinotalamične proge. Posledica je zmanjšanje bolečine in zvišanje praga bolečine. Drugi mehanizem je teorija vrat, kjer dražljaj, v tem primeru občutek vibracije, prispe v možgane pred bolečinskim dražljajem, kar prav tako zmanjša občutenje bolečine. Mišično-skeletni sistem se na vibracije hitro odzove zaradi potrebe po uravnavanju

mišične napetosti, ki je zaradi vibracijskih valov spremenjena (Musumeci, 2017). Pamukoff in sodelavci (2017) navajajo, da vibracijska vadba izboljša mišično funkcijo preko povečanja aktivnosti refleksov s stimulacijo sistema mišičnega vretena. Raziskave kažejo, da vibracijska vadba izboljša mišično moč, kvaliteto življenja ter ravnotežje (Kim et al., 2018; del Pozo-Cruz et al., 2011). Dodatni pozitivni učinki te vrste vadbe so zmanjšan srčni utrip ter krvni tlak, izboljšana avtonomna funkcija srca in pa zmanjšanje vnetja (Pamukoff et al., 2017).

Vibracijska vadba se je najprej začela uveljavljati pri zdravih posameznikih, v različnih fitness centrih in zdravstvenih ustanovah (Baard et al., 2011). Vadba se je izkazala za primerno pri različnih populacijah ljudi, med drugim tudi za posameznike z različnimi zdravstvenimi težavami, zato se postavlja vprašanje ali je lahko učinkovita in varna tudi pri pacientih s kronično BSH. In sicer, na katere sisteme vse ta vrsta vadbe vpliva in kako dolgo je določen učinek prisoten. Rittweger in sodelavci (2002) navajajo, da bi lahko vibracijska vadba učinkovala na mišice trupa preko refleksa na razteg, kar posledično aktivira in okrepi te mišice. To predstavlja večjo stabilnost hrbtencev in zmanjšano intenziteto bolečine, kar vodi v boljšo kvaliteto življenja (Yang, Seo, 2015). Pravzaprav je to eden glavnih ciljev obravnave posameznikov s kronično BSH.

## **2 NAMEN**

Namen diplomskega dela je ugotoviti, kakšne učinke ima vibracijska vadba pri osebah s kronično bolečino v spodnjem delu hrbta.



### **3 METODE DE LA**

Uporabljena je bila deskriptivna metoda raziskovanja. Pregledali smo strokovno in znanstveno literaturo, ki je prosto dostopna na spletu, s pomočjo oddaljenega dostopa ter v knjižnici Zdravstvene fakultete Univerze v Ljubljani. V sistematični pregled literature so bile vključene raziskave, ki so dostopne v angleškem jeziku.

#### **3.1 Iskalna strategija**

Iskanje literature je potekalo preko podatkovnih zbirk COBISS+, PEDro in PubMed.

Članki so bili iskani z naslednjimi ključnimi besedami in/ali kombinacijo naslednjih ključnih besed: »whole body vibration« AND »chronic low back pain«, »whole body vibration therapy« AND »chronic low back pain«, »whole body vibration exercise« AND »chronic low back pain«, »vibration training« AND »chronic low back pain«.

##### **Vključitveni kriteriji:**

- raziskave, ki proučujejo učinke vibracijske vadbe pri osebah s kronično BSH,
- članki, ki so dostopni v celoti,
- članki, napisani v angleškem ali slovenskem jeziku,
- članki, objavljeni med letoma 2002 in 2018.

##### **Izključitveni kriteriji:**

- raziskave, ki obravnavajo akutno BSH,
- raziskave brez kontrolne skupine,
- članki, ki niso dostopni v celoti,
- članki, ki niso v angleškem ali slovenskem jeziku.

Na podlagi ključnih besed smo poiskali ustrezna poročila o raziskavah in nato na podlagi vključitvenih ter izključitvenih kriterijev naredili ožji izbor najbolj primernih.

## 4 REZULTATI

Pri iskanju literature so bile uporabljene ključne besede, ki so navedene v poglavju Metode dela. Po vpisu ključnih besed v podatkovne zbirke je bilo v prvi fazi iskanja najdenih 58 poročil o raziskavah. Na podlagi izbranih izvlečkov smo glede na metodološke kriterije izločili:

- 38 poročil o raziskavah, ki niso preučevala učinkov vibracijske vadbe pri osebah s kronično BSH,
- 5 poročil o raziskavah, ki niso bila dostopna v celoti,
- 6 poročil o raziskavah, ki niso bila v slovenskem ali angleškem jeziku.

Po pregledu celih besedil raziskav smo izločili:

- 3 poročila o raziskavah, ki niso imela kontrolne skupine.

Šest poročil o raziskavah je v celoti ustrezalo vključitvenim kriterijem. Raziskave so bile objavljene v sledečih serijskih publikacijah: Journal of Rehabilitation Medicine (del Pozo-Cruz et al., 2011), Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports (Kaeding et al., 2017), Journal of Physical Therapy Science (Yang, Seo, 2015), The Spine Journal (Rittweger et al., 2002), Annals of Rehabilitation Medicine (Kim et al., 2018) in v The South African Journal of Sports Medicine (Baard et al., 2011).

V raziskavah so preučevali učinke vibracijske vadbe pri osebah s kronično BSH. Baard in sodelavci (2011) so preučevali učinke vibracijske vadbe in vadbe za stabilizacijo ledvene hrbtenice (VSLH). Kim in sodelavci (2018) so preučevali učinke vertikalne vibracijske vadbe in horizontalne vibracijske vadbe, Rittweger in sodelavci (2002) so preučevali učinke vibracijske vadbe ter vadbe z ledveno ekstenzijo, Yang in Seo (2015), del Pozo-Cruz in sodelavci (2011) in Kaeding in sodelavci (2017) so preučevali učinke vibracijske vadbe pri osebah s kronično BSH.

### 4.1 Vzorec preiskovancev

Število preiskovancev v raziskavah je bilo v razponu od 20 (Baard et al., 2011) do 60 (Rittweger et al., 2002). Najnižja povprečna starost je bila 46,3 let (Baard et al., 2011),

najvišja 51,7 let (Rittweger et al., 2002). V treh raziskavah ni bilo podatka o povprečni starosti preiskovancev.

V vseh raziskavah so preiskovance razdelili v dve skupini; v petih v intervencijsko in kontrolno ter v eni raziskavi v dve intervencijski skupini z vibracijsko vadbo (horizontalna in vertikalna) (Kim et al., 2018). V Tabeli 1 so predstavljene ključne metodološke značilnosti posameznih raziskav.

Tabela 1: Ključne metodološke značilnosti posameznih raziskav

	N (ž)	Povprečna starost ± SO ali starostni razpon	Ocenjevanje in merilno orodje	Pogostost ocenjevanja	Trajanje vadbenega protokola
<b>Rittweger et al. (2002)</b>	60	51,7±5,8	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bolečina: VAL</li> <li>• Omejitve v dejavnosti: PDI</li> <li>• Gibljivost: naprava za merjenje ledvene ekstenzije</li> <li>• Depresivnost: ADS</li> <li>• Maks. izometr. kontrak. ekst. ledvene hrbtenice: LE Mark1 lumbar extension machine</li> </ul>	Pred začetkom raziskave, 6 mesecev po končani raziskavi	12 tednov
<b>Del Pozo-Cruz et al. (2011)</b>	49	40 -70	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bolečina: VAL</li> <li>• Zmanjšana zmožnost: ODI, RMDQ</li> <li>• Ravnotežje: Biodex</li> <li>• Vzdržljivost mišic: PILE</li> </ul>	Pred začetkom raziskave, po koncu raziskave	12 tednov
<b>Baard et al. (2011)</b>	20 (13)	46,3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bolečina: občutenje bolečine</li> <li>• Zmanjšana zmožnost: ODI</li> <li>• Gibljivost: test funkcijskega dosega sede</li> <li>• Vzdržljivost mišic: krčenje trupa, ekstenzija trupa na rimskem stolu</li> </ul>	Pred začetkom raziskave, med raziskavo (po štirih tednih), po koncu raziskave	8 tednov

	N(ž)	Povprečna starost± SO ali starostni razpon	Ocenjevanje in merilno orodje	Pogostost ocenjevanja	Trajanje vadbenega protokola
<b>Yang, Seo (2015)</b>	40	Ni podatka	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bolečina: VAL</li> <li>• Zmanjšana zmožnost: KODI</li> <li>• Ravnotežje: naprava Tetrax</li> </ul>	Pred začetkom raziskave, po koncu raziskave	6 tednov
<b>Kaeding et al. (2017)</b>	41	45,5±9,1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zmanjšana zmožnost: ODI, RMDQ</li> <li>• Kvaliteta življenja: SF-36</li> <li>• Ravnotežje: statična posturografija</li> <li>• Vzdržljivost mišic: naprava CON-TREX Multi-Joint System</li> <li>• Sposobnost za delo: WAI</li> </ul>	Pred začetkom raziskave, po koncu raziskave	3 mesece
<b>Kim et al. (2018)</b>	28 (21)	Ni podatka	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bolečina: VAL</li> <li>• Zmanjšana zmožnost: ODI</li> <li>• Ravnotežje: Biodex</li> <li>• Zmogljivost mišic: dinamometrija</li> <li>• Debelina trebušnih in paraspinalnih mišic: ultrasonografija</li> </ul>	Pred začetkom raziskave, 6. teden, po koncu raziskave, 4 tedne po zaključku	12 tednov

*N: število, SO: standardni odklon, ž: ženske, VAL: Visual Analogue Scale, PDI: Pain Disability Index, ADS: Allgemeine Depressions Skala, ODI: Oswestry Disability Index, RMDQ: Roland Morris Disability Questionnaire, KODI: korejska različica ODI, SF-36: Short Form 36, WAI: Work Ability Index Questionnaire, PILE: Progressive Isoinertial Lifting Evaluation, 3D: tridimenzionalno*

## 4.2 Ocenjevanje in merilna orodja

V vseh raziskavah, razen v eni (Kaeding et al., 2017), so kot ključno mero izida ocenjevali intenziteto bolečine. Kot merilno orodje so uporabili Vidno analogno lestvico (angl. Visual Analogue Scale, VAL) (razpon 0-10 cm), kjer 0 pomeni »ni bolečine« in 10 pomeni »najhujšo možno bolečino«. Preiskovanec označi poljubno točko na 10 centimetrski daljici, ocene so med merjenjem vidne le preiskovalcu, ki jo po koncu izmeri in odčita. (Rittweger et al., 2002; del Pozo-Cruz et al., 2011; Yang, Seo, 2015; Kim et al., 2018). Baard in sodelavci (2015) so ocenili občutenje bolečine, niso pa omenili določenega imena merilnega orodja. Ocene so predstavljene v Tabeli 2.

Poleg bolečine so v štirih raziskavah ocenjevali stopnjo zmanjšane zmožnosti z Vprašalnikom zmanjšane zmožnosti Oswestry (angl. Oswestry Disability Index, ODI). Sestavljen je iz desetih tem dejavnosti vsakdanjega življenja (npr. dvigovanje, hoja, sedenje), pri vsaki temi sledi šest podvprašanj, ki so vrednotena s točkami 0-5 (5=popolna zmanjšana zmožnost, 0= brez zmanjšane zmožnosti). ODI je pogosto v uporabi pri BSH, tako ga zasledimo v mnogih raziskavah (Kaeding et al., 2017). Korejsko različico ODI (angl. *Korean Oswestry Disability Index*) so uporabili v eni raziskavi (Yang, Seo, 2015). Rezultati sprememb v izidu ODI so predstavljene v Tabeli 3. Rittweger in sodelavci (2002) so za oceno omejitev dejavnosti v vsakdanjem življenju, ki je povezana z bolečino, uporabili Vprašalnik zmanjšane zmožnosti zaradi bolečine (angl. The Pain Disability Index, PDI). Vsebuje sedem vprašanj, na katere se odgovori s pomočjo vizualne analogne lestvice z razponom 0-10, sam rezultat pa je razlika meritev po vadbenem programu in pred le-tem (Rittweger et al., 2002). V Tabeli 3 so predstavljene točke vprašalnika PDI (0-70).

Z vprašalnikom za ocenjevanje zmanjšane zmožnosti Roland Morris (angl. The Roland Morris Disability Questionnaire, RMDQ) so ocenili subjektivno zmanjšano zmožnost pri posameznikih z BSH v zadnjih 24 urah (del Pozo-Cruz et al., 2011; Kaeding et al., 2017). Vprašalnik vsebuje 24 dejstev z možnim odgovorom da/ne glede izvedbe dnevnih telesnih dejavnosti in tudi funkcij, ki so lahko prizadete zaradi BSH. Točkovanje je 0-24, in sicer manjše vrednosti predstavljajo manj zmanjšane zmožnosti (Kaeding et al., 2017). Tabela 3 prikazuje točke vprašalnika RMDQ.

V večini raziskav so ocenjevali tudi zmogljivost mišic (moč, vzdržljivost, jakost). Za ocenjevanje vzdržljivosti hrbtnih in trebušnih mišic so kot merilno orodje v eni raziskavi uporabili ekstenzijo trupa na rimskem stolu in krčenje trupa (Baard et al., 2015), v drugi so pri vzdržljivosti mišic trupa ocenjevali največji izokinetični navor fleksije in ekstenzije s pomočjo naprave CON-TREX Multi-Joint System (Kaeding et al., 2017). Kim in sodelavci (2018) so merili jakost mišic ledvene hrbtenice z izokinetičnim dinamometrom ter debelino trebušnih in paraspinalnih mišic z uporabo ultrasonografije. Rittweger in sodelavci (2002) so ocenjevali silo maksimalne izometrične kontrakcije mišic ekstenzorjev ledvene hrbtenice. V eni od raziskav so kot merilno orodje za vzdržljivost uporabili Oceno progresivnega dvigovanja bremena s konstantno inercijo (angl. Progressive Isoinertial Lifting Evaluation, PILE), kjer se v kilogramih ocenjuje sposobnost izvedbe ponavljajočih serij dviganj otežene škatle z mize na tla in nazaj, in sicer štirikrat v času 20 s (del Pozo-Cruz et al., 2011).

V štirih raziskavah so ocenjevali ravnotežje. V dveh so uporabili sistem Biodex, kjer posameznik stoji na podlagi naprave z rahlo fleksijo v kolenskih sklepkih. Narejeni so bili trije preizkusi po 30 s, naprava meri in analizira premike težišča v medio-lateralni ter antero-posteriorni smeri, končni rezultat so točke indeksa za vsako smer posebej, ki ga izračuna naprava Biodex. Prenos teže oz. premik težišča je prikazan na zaslonu in razdeljen na štiri kvadrante. Medio-lateralni indeks predstavlja stabilnost v frontalni ravnini, medtem ko antero-posteriorni indeks v sagitalni ravnini glede na premike težišča. Višji kot je rezultat, večja je nestabilnost posameznika (Arnold, Schmitz, 1998; del Pozo-Cruz et al., 2011; Kim et al., 2018). Kaeding in sodelavci (2017) so za oceno ravnotežja uporabili statično posturografijo, medtem ko sta Yang in Seo (2015) s pomočjo statične posturografije izračunala indeks padcev. Nižji indeks predstavlja boljše stabilnost telesa.

Rittweger in sodelavci (2002) so ocenjevali gibljivost ledvene hrbtenice v smeri fleksije in ekstenzije na napravi, in sicer do tolerance bolečine pri posamezniku. Test funkcijskega dosega sede (angl. *Sit and reach test*) je bil uporabljen za oceno raztegljivosti zadnjih stegenskih mišic, meril se je v milimetrih (Baard et al., 2011).

Ocenjevali so tudi depresivnost s Splošno lestvico za ocenjevanje depresivnosti (nem. Allgemeine Depressions Skala, ADS), ki je sestavljena iz 20 tem, ki pokrivajo čustvene, motivacijske, kognitivne, somatske in motorične simptome in kjer normalni razpon znaša med 40 in 60. Večje število točk pomeni večjo stopnjo depresije (Rittweger et al., 2002).

Kaeding in sodelavci (2017) so uporabili Vprašalnik sposobnosti za delo (angl. Work Ability Questionnaire, WAI), kjer posameznik oceni svojo sposobnost za delo. Razpon točk je od 7 do 49, manjše število točk pomeni slabšo pripravljenost za delo. Z zdravjem povezana kakovost življenja je ocenjena s Kratkim vprašalnikom o zdravju (angl. Short-Form Health Survey, SF-36), kjer 0 pomeni »maksimalna nezmožnost«, 100 pa »ni nezmožnosti«. Ocenjuje se lahko več različnih kategorij, npr. duševno zdravje, telesna kategorija, vitalnost idr. (Kaeding et al., 2017).

### **4.3 Lastnosti terapevtskih vadb**

Vadbeni program je v treh raziskavah trajal 12 tednov (Rittweger et al., 2002; del Pozo-Cruz et al., 2011; Kim et al., 2018), v eni raziskavi 6 tednov (Yang, Seo, 2015) ter v še eni raziskavi 3 mesece (Kaeding et al., 2017). Baard in sodelavci (2011) so izvedli raziskavo, ki je trajala 8 tednov.

Rittweger in sodelavci (2002) so preiskovance naključno razdelili v 2 skupini. Vadba je v obeh skupinah potekala prvih šest tednov 2-krat tedensko, v nadaljevanju 1-krat tedensko. Prva skupina je bila deležna vibracijske vadbe na napravi Galileo2000, in sicer z amplitudo 6 milimetrov, frekvenco 18 Hz ter trajanjem vadbene enote 4 minute. Po korakih se je trajanje vadbene enote stopnjevalo do 7 minut. Druga skupina je izvajala vaje ledvene ekstenzije na napravi LE Mark1, in sicer ponavljajoče cikle kontrakcij s stalno hitrostjo (50 % začetne maksimalne izometrične vrednosti).

Del Pozo-Cruz in sodelavci (2011) so v svoji raziskavi primerjali 2 skupini, v katerih so preiskovance naključno razdelili. V intervencijski skupini so bili preiskovanci deležni vibracijske vadbe 2-krat tedensko na napravi Galileo2000 z nastavljenimi frekvenco 20 Hz. Čas vadbene enote se je stopnjeval po tednih od 1 minute do 6 minut. V kontrolni skupini ni bilo intervencije.

V raziskavi, ki so jo izvedli Baard in sodelavci (2011), so prav tako primerjali 2 skupini; prva z vibracijsko vadbo in druga z VSLH. V obeh je bila frekvenca vadbe 3-krat tedensko. V skupini z vibracijsko vadbo se je frekvenca vibracij stopnjevala od 30 do 50 Hz, trajanje vadbene enote se čez tedne ni spreminjalo (1 minuta), medtem ko se je skupni čas vadbene enote podaljševal iz 20 na 35 minut.



Yang in Seo (2015) sta v svoji raziskavi primerjala 2 skupini naključno razdeljenih preiskovancev. V intervencijski skupini so bili deležni vibracijske vadbe na napravi Galileo2000, in sicer 5 minut 3-krat tedensko s frekvenco vibracij 18 Hz ter 25 minut VSLH. V kontrolni skupini so preiskovanci izvajali vadbo prav tako 3-krat tedensko, in sicer po 30 minut VSLH.

Kaeding in sodelavci (2017) so preiskovance naključno razdelili v 2 skupini; intervencijsko ter kontrolno. V intervencijski skupini so bili deležni vibracijske vadbe 2,5-krat tedensko na napravi Galileo Fit z amplitudo 1,5-3,5 milimetrov in frekvenco 10-30 Hz. Kontrolna skupina je nadaljevala z normalnimi vsakdanjimi dejavnostmi.

Kim in sodelavci (2018) so v svojo raziskavo vključili 2 intervencijski skupini. Preiskovance so naključno razdelili v skupino s horizontalno vibracijsko vadbo in v skupino z vertikalno vibracijsko vadbo. Obe skupini sta bili deležni vadbe 3-krat tedensko po 20 minut. Skupina s horizontalno vibracijsko vadbo je imela nastavljeno amplitudo 1-48 milimetrov ter frekvenco 3-5 Hz, medtem ko skupina z vertikalno vibracijsko vadbo amplitudo 2,5-5 milimetrov in frekvenco 28-34 Hz.

Osnovni položaji telesa na vibracijski plošči med vadbo so se v raziskavah le minimalno razlikovali. V treh raziskavah opisujejo stoječ položaj z rahlo fleksijo v kolenskem sklepu ter povečano ledveno lordozo (Rittweger et al., 2002; Yang, Seo, 2015; Kaeding et al., 2017). Del Pozo-Cruz in sodelavci (2011) navajajo vrednost fleksije kolenskega sklepa, in sicer 120°, medtem ko Kim in sodelavci (2018) vrednost fleksije kolenskega sklepa 60°. V eni od raziskav je bil položaj rok na bokih (Rittweger et al., 2002), v dveh raziskavah so bile roke na ročajih (Kaeding et al., 2017; Kim et al., 2018). Kaeding in sodelavci (2017) so pri osnovnem položaju dodatno navedli še kontrakcijo trebušnih mišic in glavo v vzravnem položaju, v raziskavi Rittweger in sodelavci (2002) pa so posamezniki izvajali tudi rahle nagibe medenice, upogibe naprej in nazaj ter lateralne odklone.

#### **4.4 Rezultati raziskav**

Avtorji v raziskavah, ki so ocenjevale bolečino, pri posameznikih s kronično BSH navajajo izboljšanje v smislu zmanjšanja intenzitete bolečine. Rittweger in sodelavci (2002) poročajo o pomembnem zmanjšanju bolečine tako pri skupini z vibracijsko vadbo, kot tudi pri skupini

z vadbo ledvene ekstenzije. Med skupinama v času trajanja raziskave ni prišlo do pomembnih razlik. Baard in sodelavci (2011) so primerjali vibracijsko vadbo in VSLH. Ugotovili so zmanjšanje občutenja bolečine pri ocenjevanju med terapijo in po koncu terapije v skupini z vibracijsko vadbo, pri skupini z VSLH pa so bili učinki podobni pred in po terapiji. Pomembne razlike so bile ugotovljene tudi v skupini z vibracijsko vadbo, ki je bila kombinirana z VSLH, kot tudi v kontrolni skupini, kjer so bili posamezniki deležni samostojne VSLH (Yang, Seo, 2015). V raziskavi, kjer so primerjali vertikalno in horizontalno vibracijsko vadbo, sta obe skupini dosegli podobne rezultate, med skupinama ni bilo pomembnih razlik (Kim et al., 2018). V raziskavi, kjer so v eni skupini izvajali vibracijsko vadbo, v drugi skupini pa ni bilo nobene terapije, so ugotovili zmanjšanje intenzitete bolečine v intervencijski skupini, v kontrolni pa se je bolečina za malenkost povečala (del Pozo-Cruz et al., 2011). Tabela 2 predstavlja učinke terapije na intenzivnost bolečine pred in po programu terapevtske vadbe v posameznih raziskavah.

*Tabela 2: Intenziteta bolečine v spodnjem delu hrbta pred in po programu terapevtske vadbe v posameznih raziskavah*

Avtor	Terapija	Merilno orodje	Pred terapijo	Med terapijo	Takoj po koncu terapije	Nekaj časa po terapiji
<b>Rittweger et al. (2002)</b>	VV	VAL	4,16±1,86	/	1,40±1,83	/
	vaje ledvene ekstenzije		4,52±2,21		1,20±1,76	
<b>Del Pozo-Cruz et al. (2011)</b>	VV	VAL	3,83	/	2,90	/
	KS		3,95		3,96	
<b>Baard et al. (2011)</b>	VV	občutenje bolečine	3,00±0,87	2,10±1,08	1,76±1,32	/
	VSLH		3,49±1,68	2,60±1,37	2,35±1,49	
<b>Yang, Seo (2015)</b>	VV + VSLH	VAL	5,60	/	2,70	/
	VSLH		5,25		3,50	
<b>Kim et al. (2018)</b>	HVV	VAL	4,3±1,5	3,2±1,1	2,0±0,9	2,6±1,0
	VVV		4,9±1,9	3,6±1,6	2,8±1,3	3,1±1,5

$x \pm SO$  = povprečje, standardni odklon, VV = vibracijska vadba, KS = kontrolna skupina brez terapije, VSLH = vadba za stabilizacijo ledvene hrbtenice, HVV = horizontalna vibracijska vadba, VVV = vertikalna vibracijska vadba, VAL = Visual Analogue Scale

Za ocenjevanje zmanjšane zmožnosti so uporabili merilna orodja ODI, RMDQ in PDI. Statistično pomembno izboljšanje je bilo ugotovljeno pri skupini z vibracijsko vadbo pri ODI, medtem ko se je v intervencijski skupini brez terapije zmanjšana zmožnost za malenkost povečala (del Pozo-Cruz et al., 2011). V raziskavi Kaeding in sodelavcev (2017), kjer so prav tako primerjali skupino z vibracijsko vadbo ter skupino brez terapije, je prišlo do pomembnega izboljšanja v intervencijski in pa do poslabšanja v kontrolni skupini. Pomembne razlike glede zmanjšane zmožnosti so bile vidne po koncu raziskave, in sicer pri skupini z vibracijsko vadbo v kombinaciji z VSLH pri korejski različici ODI, prav tako kot v kontrolni skupini s samo VSLH (Yang, Seo, 2015). RMDQ je v obeh raziskavah, kjer je bil uporabljen, pokazal izboljšanje zmanjšane zmožnosti pri intervencijskih skupinah z vibracijsko vadbo (del Pozo-Cruz et al., 2011; Kaeding et al., 2017). V eni od teh raziskav se je zmanjšana zmožnost povečala v kontrolni skupini, ki ni bila deležna nobene terapije (Kaeding et al., 2017). Rittweger in sodelavci (2002) poročajo o pomembni spremembi pri PDI v skupini z vadbo ledvene ekstenzije takoj po koncu terapije in nekaj časa po terapiji. Medtem v skupini z vibracijsko vadbo teh sprememb ni bilo. Tabela 3 predstavlja učinke terapije na zmanjšano zmožnost.

*Tabela 3: Učinki terapije na zmanjšano zmožnost pred in po programu terapevtske vadbe v posameznih raziskavah*

Avtor	Terapija	Merilno orodje	Pred terapijo	Med terapijo	Takoj po koncu terapije	Nekaj časa po terapiji
<b>Rittweger et al. (2002)</b>	VV	PDI	20,7±14,3	/	11,6±11,1	14,8±13,6
	vaje ledvene ekstenzije		20,3±9,9		10,5±12,8	12,0±12,4
<b>Del Pozo-Cruz et al. (2011)</b>	VV	ODI	26,50	/	20,28	/
	KS		29,16		29,24	
	VV	RMDQ	11,63		10,47	
	KS		12,44		12,40	
<b>Yang, Seo (2015)</b>	VV+VSLH	KODI	17,85	/	12,45	/
	VSLH		15,30		12,80	

Avtor	Terapija	Merilno orodje	Pred terapijo	Med Terapijo	Takoj po koncu terapije	Nekaj časa po terapiji
<b>Kaeding et al. (2017)</b>	VV	ODI	17,2±9,2	/	12,3±7,4	/
	KS	RMDQ	15,7±7,1		17,3±6,8	
	VV		4,0±3,8		2,3±2,9	
	KS		3,5±2,3		4,0±2,4	
<b>Kim et al. (2018)</b>	HVV	ODI	21,57±4,11	18,07±3,50	14,57±3,67	14,71±5,47
	VVV		22,36±6,76	18,86±5,04	16,21±4,02	17,43±5,42

*x ± SO = povprečje, standardni odklon, KS: kontrolna skupina brez terapije, VV = vibracijska vadba, VSLH = vadba za stabilizacijo ledvene hrbtenice, HVV = horizontalna vibracijska vadba, VVV = vertikalna vibracijska vadba, PDI: Pain Disability Index, ODI: Oswestry Disability Index, RMDQ: Roland Morris Disability Questionnaire, KODI= korejska različica ODI*

Kim in sodelavci (2018) poročajo o pomembnem povečanju moči mišic trupa v obeh skupinah z intervencijo (horizontalna in vertikalna vibracijska vadba). Pri horizontalni vibracijski vadbi je bilo opazno pomembno povečanje moči 12 tednov po začetku vadbenega programa, pri vertikalni vibracijski vadbi pa 6 tednov po začetku vadbenega programa. Izboljšanje je bilo ugotovljeno še 4 tedne (horizontalna vibracijska vadba) in 6 tednov (vertikalna vibracijska vadba) po zadnji vadbeni enoti. Ti avtorji poročajo o nepomembnih spremembah glede debeline trebušnih in paraspinalnih mišic čez čas v obeh skupinah. Ocena vzdržljivosti mišic trupa je s pomočjo ocene PILE pokazala pomemben učinek vibracijske vadbe na največjo jakost mišic v primerjavi s kontrolno skupino pred obravnavo ter po koncu obravnave, kjer je bil rezultat v intervencijski skupini boljši za 1,85 kilograma, v kontrolni skupini pa za 0,25 kilograma (del Pozo-Cruz et al., 2011). Vzdržljivost hrbtnih in trebušnih mišic se je pomembno povečala v času vadbenega programa v skupini z vibracijsko vadbo v primerjavi s skupino, ki je izvajala VSLH. Tako je bila razlika povprečja ponovitev po in pred vadbenim protokolom v intervencijski skupini naslednja (Baard et al., 2011):

- 5,1 ponovitve za trebušne mišice,
- 4,2 ponovitve za hrbtne mišice.

V kontrolni skupini pa so bile razlike naslednje:

- 5,9 ponovitve za trebušne mišice,
- 2,9 ponovitve za hrbtne mišice.

Rittweger in sodelavci (2002) so v svoji raziskavi ugotovili izboljšanje maksimalne izometrične kontrakcije mišic ledvene hrbtenice v obeh skupinah (vibracijska vadba in vadba ledvene ekstenzije), boljša pa je bila skupina z vadbo ledvene ekstenzije. V eni od raziskav niso ugotovili pomembnega izboljšanja pri največjem izokinetičnem navoru v izvedbi fleksije in ekstenzije trupa (Kaeding et al., 2017).

V štirih raziskavah so ocenjevali ravnotežje. Pri eni raziskavi so uporabili test ravnotežja v povezavi z uporabo točk za antero-posteriorno in medio-lateralno smer in tako ugotovili pomembno izboljšanje v ravnotežju. Relativne spremembe so naslednje (del Pozo-Cruz et al., 2011):

- Intervencijska skupina: pri antero-posteriorni smeri izboljšanje za 11 %, pri medio-lateralni izboljšanje za 3 %,
- Kontrolna skupina: pri antero-posteriorni smeri izboljšanje za 0 %, pri medio-lateralni smeri izboljšanje za 0 %.

Kim in sodelavci (2018) so ugotovili statistično pomembne razlike v ravnotežju v času trajanja raziskave pri obeh skupinah (horizontalne in vertikalne vibracije). Rezultati točk indeksa so predstavljeni v Tabeli 4.

*Tabela 4: Učinki horizontalne in vertikalne vibracijske vadbe na kontrolo ravnotežja ob različnih časih ocenjevanja v raziskavi (Kim et al., 2018)*

Kontrola ravnotežja	Vrsta VV	Pred začetkom raziskave (točke)	Po 6 tednih raziskave (točke)	Po koncu raziskave (točke)	4 tedne po koncu raziskave (točke)
<b>AP</b>	HVV	3,86	2,96	2,38	2,50
	VVV	4,00	3,11	2,52	2,41
<b>ML</b>	HVV	3,83	2,58	2,23	2,28
	VVV	3,89	3,02	2,25	2,19

*AP: antero- posteriorna smer, ML: medio- lateralna smer, VV: vibracijska vadba, HVV: horizontalna vibracijska vadba, VVV: vertikalna vibracijska vadba*

Kaeding in sodelavci (2017) niso ugotovili pomembnih razlik pri testih z zaprtimi ali odprtimi očmi v času treh mesecev pri obeh skupinah. V eni raziskavi poročajo o pomembnem izboljšanju pri indeksu padcev po intervenciji vibracijske vadbe (Yang, Seo, 2015), kjer se je indeks po obravnavi v intervencijski skupini zmanjšal za 17,79 točke, v kontrolni skupini pa za 1,71 točke.

Rezultati meritev gibljivosti s Testom funkcijskega dosega sede so pokazali pomembno izboljšanje pred vadbenim programom v primerjavi z meritvami 4 tedne po začetku vadbenega programa. Pri intervencijski skupini se je doseg izboljšal za 29,2 milimetra, v kontrolni skupini z VSLH pa za 37,3 milimetra (Baard et al., 2011) V drugi raziskavi so Rittweger in sodelavci (2002) poročali o večjem obsegu giba pri več posameznikih (n=7) v kontrolni skupini z vajami LE kot pa pri intervencijski skupini z vibracijsko vadbo (n=3).

V raziskavi, v kateri so primerjali vibracijsko vadbo in vaje ledvene ekstenzije, so ugotovili takojšnje zmanjšanje depresivnosti po vadbeni enoti v obeh skupinah ter tudi po šestih mesecih v skupini z vadbo ledvene ekstenzije. ADS lestvica je pokazala naslednje (Rittweger et al., 2002):

- Skupina z vibracijsko vadbo : pred raziskavo (45,5 točke), med raziskavo (43 točk) in po raziskavi (46 točk),
- Skupina z vadbo ledvene ekstenzije: pred raziskavo (48 točk), med raziskavo (43,7 točke) in po raziskavi (43,7 točke).

Kar zadeva kakovost življenja, se je le-ta izboljšala v intervencijski skupini ter poslabšala v kontrolni skupini, prav tako pa so se točke vprašalnika WAI zvišale po vadbi. Tako se je povprečje točk povečalo za 1,8 točke, v kontrolni skupini pa zmanjšalo za 0,3 točke (Kaeding et al., 2017). Pri vprašalniku SF-36 se je v času 12 tednov vadbenega programa z zdravjem povezana kakovost življenja (telesna kategorija) povečala za 3,4 točke pri skupini z vibracijsko vadbo in zmanjšala za 3,9 točke pri kontrolni skupini. Pri kategoriji o mentalnem zdravju je kontrolna skupina dosegla izboljšanje za 4,1 točke, intervencijska skupina pa za 0,3 točke (Kaeding et al., 2017).

## 5 RAZPRAVA

Namen diplomskega dela je bil na podlagi pregledanih raziskav analizirati in nato predstaviti učinke vibracijske vadbe pri osebah s kronično BSH. V analizo smo vključili šest raziskav, v katerih so ugotavljali učinke te vadbe v primerjavi s konvencionalnimi vadbenimi protokoli ali brez določene intervencije. Ena raziskava je med sabo primerjala učinke dveh oblik vibracijskih vadb.

Dandanes je kronična bolečina prisotna v velikem deležu prebivalstva po vsem svetu, tako pri mlajših kot tudi pri starejših posameznikih. Pojavi se lahko na različnih delih telesa, skupno vsem pa je, da traja dalj časa in posameznika ovira v vsakdanjem življenju. Je moteč simptom, zaradi česar se veliko ljudi odloči za medikamentozno zdravljenje, ki pa ima poleg svojih prednosti seveda tudi neželene stranske učinke. Prav zaradi tega se vse bolj aktualizira konzervativno zdravljenje, kamor poleg različnih vrst vadb sodi tudi vibracijska vadba. Pri kronični bolečini je smiselno ukrepati že pred prehodom v kronično fazo, ko je bolečina še akutna ali subakutna, in tako zmanjšati število negativnih posledic, ki jih prinaša kroničnost. Iz rezultatov lahko sklepamo, da ima izvajanje vibracijske vadbe kot samostojen postopek ali v kombinaciji z drugimi vrstami vadbe pri osebah s kronično BSH pozitivne učinke v smislu zmanjšanja bolečine, povečanja zmožnosti oz. zmanjšanja nezmožnosti, izboljšanja ravnotežja in počutja posameznika. Priporočeno je, da je vibracijska vadba pod nadzorom osebe, ki se na to vrsto vadbe spozna. Osebo, pacienta moramo obravnavati celostno in individualno. Fizioterapevt oz. strokovnjak naj se pravilno odloči za izbiro vseh parametrov vibracijske vadbe glede na klinične smernice in strokovna priporočila. Pacientu naj odgovori na vsa vprašanja v zvezi s tem ter mu predstavi varno izvedbo vibracijske vadbe.

Rittweger in sodelavci (2002) so poudarili, da je pri osebah s kronično BSH ključno občutenje bolečine, kajti pri teh posameznikih pride do večje občutljivosti. Dražljaj, ki pride do telesa kot vibracija, zmanjša število aktivnih spinotalamičnih nevronov. Ta učinek zviša prag bolečine in s tem zmanjša bolečino. V vseh raziskavah, ki so ocenjevale intenziteto ali občutenje bolečine, se je le-ta zmanjšala. Preiskovanci so tako na vibracijskih ploščah izvajali dinamične ali statične vaje, v večini primerov je šlo za statične oz. izometrične vaje. Glede na zmanjšanje bolečine po vadbenem protokolu se je bolečina najbolj zmanjšala v raziskavi Rittweger in sodelavci (2002), ki je trajala 12 tednov, vibracijsko vadbo so prvih šest tednov izvajali 2-krat tedensko po 4 minute in zadnjih šest tednov 1-krat tedensko po 7 minut . V ta



vadbene program so bili vključeni rahli nagibi medenice, upogibi naprej in odkloni vstran; se pravi bile so prisotne dinamične kontrakcije mišic. V drugi raziskavi, ki je bila po učinku na zmanjšanje bolečine blizu predhodno omenjeni, so izvajali vibracijsko vadbo 5 minut 3-krat na teden, in sicer 6 tednov vadbene programa skupaj. Ta vadba ni vsebovala dinamičnih kontrakcij mišic (Yang, Seo, 2015). Horizontalna in vertikalna vibracijska vadba sta dosegli podobne rezultate v spreminjanju intenzitete bolečine pred in po terapiji s trajanjem vadbene programa 12 tednov, tedensko frekvenco 3 ter trajanjem vadbene enote 20 minut. Najmanj učinkovita vibracijska vadba na zmanjšanje bolečine je bila tista, kjer so raziskovalci uporabili tedensko frekvenco 2 in čas trajanja vadbene enote 1 minuto na začetku raziskave in nato stopnjevanje na 6 minut, četudi je celoten vadbeni program trajal 12 tednov (del Pozo-Cruz et al., 2011). Kot vidimo, lahko velik del učinka vibracijske vadbe na intenziteto bolečine pripišemo trajanju vadbene enote in celotnega vadbene programa. Pomembno pa je tudi, kakšne vaje posamezniki izvajajo. Tako menimo, da bi lahko v prihodnje razmislili o vključitvi več koncentričnih in ekscentričnih vaj. To so npr. v svoji raziskavi storili Zheng in sodelavci (2019), kjer so posamezniki na vibracijski plošči izvajali različne vaje, in sicer počepe, klečanje, most, most z dvigi nog, mali most in sprostitvev hrbta (angl. *back release*), kjer oseba stoji na vibracijski plošči, glavo in trup ima nagnjena rahlo naprej, niso pa definirali kakšna kontrakcija mišic in kateri gibi so prisotni pri tej vaji. Zraven so dodali tudi slikovno gradivo za lažjo predstavo. Položaji na vibracijski plošči so se v vseh pregledanih raziskavah razlikovali minimalno. Definirali so osnoven položaj stoje, postavitev rok se je razlikovala.

Vredno je izpostaviti tudi izbor pacientov in njihove značilnosti. V dveh raziskavah podatka o starosti preiskovancev žal nimamo. Rittweger in sodelavci (2002) so izbrali posameznike s povprečno starostjo 51,7 in tvorili vzorec 60, kar je bil največji vzorec glede na vse vključene raziskave v tem pregledu literature in kjer se je intenziteta bolečine najbolj zmanjšala. Tudi drugi raziskovalci v ostalih treh raziskavah so vključili paciente s podobno starostjo, le vzorec je bil pri njih manjši. Ker se je intenziteta bolečine zmanjšala pri vseh teh raziskavah, lahko to razumemo kot dejstvo, da vibracijska vadba zmanjša intenziteto bolečine pri posameznikih s kronično BSH, ki so starejši od 40 let. Seveda pa bi bilo potrebno v bodoče ta sklep potrditi ali preučevati le bolj natančno določeno starostno skupino. Čeprav Rittweger in sodelavci (2002) omenjajo, da ima BSH večjo nagnjenost h kroničnosti pri starejših pacientih, bi bilo morda vseeno smiselno raziskati tudi področje spreminjanja intenzitete kronične BSH pri mlajših posameznikih, ki bi izvajali vibracijsko vadbo.

Zanimivo je, da ena od pregledanih raziskav ni ocenjevala občutenja bolečine in so tako kot primarni izid v njej uporabili RMDQ. Slednji ocenjuje vpliv oz. posledice bolečine, se pravi samo zmožnost/nezmožnost pri posameznikih. Kaeding in sodelavci (2017) in del Pozo-Cruz in sodelavci (2011) so potrdili zmanjšanje nezmožnosti oz. povečanje zmožnosti z RMDQ takoj po koncu vadbenega programa, kar se kaže kot bolj nemoteno izvajanje dnevnih telesnih dejavnosti. V teh dveh raziskavah so uporabili frekvenco vibracij 20 Hz in 10-30 Hz, tedensko frekvenco 2,5 in 2, sam vadbeni program pa je trajal pri obeh 12 tednov oz. 3 mesece. Učinek vibracijske vadbe po nekaj tednih po zaključku raziskave je pokazal povečanje zmanjšane zmožnosti, iz česar lahko sklepamo, da so učinki te vrste vadbe kratkotrajni. Zmanjšana zmožnost se je zmanjšala pri ocenjevanju z ODI pri vseh raziskavah, v katerem so slednjega uporabili. V dveh raziskavah se je v kontrolni skupini brez terapije zmanjšana zmožnost povečala ali pa je ostala nespremenjena, iz česar lahko sklepamo, da je ciljno usmerjena telesna dejavnost oz. vadba ključnega pomena za zmanjšanje kronične BSH.

Rezultati pregledanih raziskav so pokazali, da je eden od učinkov vibracijske vadbe tudi izboljšanje mišične zmogljivosti, torej tako jakosti, moči, kot tudi vzdržljivost skeletnih mišic. Kar se tega tiče, obe horizontalna in vertikalna vibracijska vadba izboljšata moč mišic trupa. V raziskavi, kjer so primerjali kontrolno skupino brez kakršnekoli intervencije in skupino z vibracijsko vadbo, je v tej prav tako prišlo do izboljšanja v največji jakosti mišic (del Pozo-Cruz et al., 2011). Vzdržljivost hrbtnih mišic je bila boljša v intervencijski skupini z vibracijsko vadbo, vzdržljivost trebušnih mišic pa v kontrolni skupini, kjer so izvajali VSLH (Baard et al., 2011). Tako lahko sklepamo, da vibracijska vadba bolj vpliva na vzdržljivost mišic hrbta. Je pa prav to ocenjevala le ena raziskava, tako da bi bilo potrebno izvesti še kakšno in tako dobiti bolj relevantne rezultate.

Avtorji pregledanih raziskav (del Pozo-Cruz et al., 2011; Kim et al., 2018) so poročali, da vibracijska vadba pomembno vpliva na statično ravnotežje, prav tako pa so ugotovili, da horizontalna in vertikalna vibracijska vadba pozitivno vplivata na kontrolo ravnotežja v antero-posteriorni in medio-lateralni smeri. To je morda posledica trajanja vadbenega protokola, ki je bil v obeh raziskavah 12 tednov (najdaljša protokola) ali pa zaradi frekvence vibracij, ki se je v obeh skupinah gibala okoli 20 Hz. Med vrstama vibracijske vadbe ter kontrolo ravnotežja ni bilo opaznih večjih odstopanj, kar nam pove, da je učinek obeh na tem področju enak.

Pri pregledu literature smo ugotovili, da je vibracijska vadba v večini raziskav kombinirana z različnimi konvencionalnimi vadbami, ki veljajo za učinkovite pri obvladovanju kronične BSH. Največkrat je šlo za VSLH ali vadbo ledvene ekstenzije, ki spodbujata stabilnost hrbteničnih segmentov in tako ohranjata prevodnost živcev, izboljšata ravnotežje in držo (Yang, Seo, 2015). Glede na rezultate pregledanih raziskav so se ti postopki izkazali za dobro kombinacijo z vibracijsko vadbo pri osebah s kronično BSH. Z ozirom na rezultate pri oceni gibljivosti lahko trdimo, da je imela kontrolna skupina s prej omenjenimi konvencionalnimi vadbami bistveno boljše rezultate kot skupina z vibracijsko vadbo. Pomemben je tudi podatek, da se je pri skupinah z vibracijsko vadbo zmanjšala stopnja depresivnosti ter povečala kakovost življenja posameznikov s kronično BSH, kar je iz tega stališča dobra popotnica za naprej. Zavedati pa se je potrebno, da imajo vsakršne oblike telesne dejavnosti pozitiven vpliv na duševno zdravje, če so seveda pravilno izvedene in v pravšnji meri. Strinjamo se lahko z novejšim pregledom literature Belvederi Murri in sodelavcev (2019), ki so navedli pozitivne učinke telesne dejavnosti na telo: poveča se kakovost življenja in presnova, boljša je kardiorespiratorna zmogljivost in regulacija hormonov, ki uravnavajo apetit ter spanec je daljši in boljši. Vse to vodi v večje zadovoljstvo posameznika in tako boljše počutje.

Vključene raziskave imajo nekatere omejitve. Majhno število preiskovancev lahko omejuje odkritje drugih učinkov vibracijske vadbe na določene sekundarne izide (del Pozo-Cruz et al., 2011) ali posplošitev rezultatov na celotno populacijo oseb s kronično BSH (Yang, Seo, 2015). Ena od pregledanih raziskav je imela dve intervencijski skupini z različnima vrstama vibracijske vadbe, kar pomeni, da ni imela kontrolne skupine oz. primerjave s konvencionalno terapijo (Kim et al., 2018). Za bolj natančno ugotavljanje učinkov vibracijske vadbe pri osebah s kronično BSH bi bilo tako potrebno povečati vzorec preiskovancev, poenotiti parametre in protokol vadbe ter med sabo primerjati intervencijsko in kontrolno skupino. Le dve od vseh pregledanih raziskav sta ocenjevali učinke vibracijske vadbe tudi nekaj tednov, mesecev po že končanem vadbenem programu (Rittweger et al., 2002; Kim et al., 2018). V prihodnje bi bilo to smiselno ponoviti, saj bi tako spremljali učinke na dolgi rok. Kaeding in sodelavci (2017) poročajo o manjših stranskih učinkih vibracijske vadbe, in sicer o akutni bolečini v vratu, blagi paresteziji spodnjih ekstremitet ter o mišični bolečini. Tako je pomembno, da se v prihodnje upoštevajo navodila o pravilni izvedbi vadbe. V nadaljevanju bi bilo smiselno v ocenjevalni protokol vključiti tudi algometrijo ali McGillov vprašalnik za ocenjevanje bolečine, saj so pri ocenjevanju z VAL mogoče napake

ter se preiskovanec ne poglubi toliko v doživljanje svoje bolečine kot bi se pri bolj obsežnem McGillovem vprašalniku.

Glavni pomanjkljivosti našega pregleda literature sta majhno število raziskav, ki smo jih vključili v pregled ter neusklajenost med vadbenimi protokoli (kontrolna skupina z različnimi intervencijami, kontrolna skupina brez intervencije, razlike v parametrih vibracijske vadbe). V nadaljnjem raziskovanju bi bilo potrebno to upoštevati.

## 6 ZAKLJUČEK

V diplomskem delu smo želeli predstaviti učinke vibracijske vadbe pri osebah s kronično BSH, saj le-ta predstavlja velik problem današnje populacije in vpliva na vse več posameznikov.

Po pregledu raziskav smo ugotovili, da ima vibracijska vadba številne pozitivne učinke pri osebah s kronično BSH. V večini raziskavah so navedli izboljšanje v smislu zmanjšanja intenzitete bolečine oz. občutenja bolečine, izboljšanja zmanjšane zmožnosti ter povečanja mišične zmogljivosti (vzdržljivost, moč, jakost). Izboljšanja so bila opazna tudi na področju ravnotežja, gibljivosti ter depresivnosti. Skratka, kvaliteta življenja se je pri posameznikih s kronično BSH po terapiji z vibracijsko vadbo izboljšala. Glede na ta pregled literature bi obravnava morala vključevati več koncentričnih in ekscentričnih vaj na vibracijski plošči. K vibracijski vadbi bi bilo smiselno vključiti tudi ostale fizioterapevtske postopke (VSLH, vaje ledvene ekstenzije), pomembno pa je tudi, da je ta vrsta vadbe izvedena pravilno in pod strokovnim nadzorom. Za trdnejše dokaze o vključitvi vibracijske vadbe v vsako obravnavo kronične BSH bi bilo potrebno bolj natančno definirati parametre vadbe ter tako na tem področju izvesti nadaljnje raziskave.

## 7 LITERATURA

Arnold BL, Schmitz RJ (1998). Examination of Balance Measures Produced by the Biodex Stability System. *J Athl Train* 33(4): 323-327.

Baard ML, Pietersen J, Janse van Rensburg S (2011). Interventions for chronic low back pain: whole body vibration and spinal stabilisation. *SAJSM* 23(2): 35-39.

Belvederi Murri M, Ekkekakis P, Magagnoli M et al. (2019). Physical Exercise in Major Depression: Reducing the Mortality Gap While Improving Clinical Outcomes. *Front Psychiatry* 9: 1-10. doi: 10.3389/fpsy.2018.00762.

Bogduk N, McGuirk B (2002). Medical management of acute and chronic low back pain. An evidence-based approach. 1. izd. Amsterdam: Elsevier Science.

Cardinale M, Wakeling J (2005). Whole body vibration exercise: are vibrations good for you?. *Br J Sports Med* 39: 585–589. doi: 10.1136/bj.2005.016857.

Cherkin DC, Deyo RA, Wheeler K, Ciol MA (1994). Physician variation in diagnostic testing for low back pain. *Arthritis Rheum* 37(1): 15-22.

Chung P, Liu C, Wang H, Liu Y, Chuang L, Shiang TY (2017). Various performance-enhancing effects from the same intensity of whole-body vibration training. *J Sport Health Sci* 6: 333-339.

Del Pozo-Cruz B, Hernandez Mocholi MA, Adsuar JC, Parraca JA, Muro I, Gusi N (2011). Effects of whole body vibration therapy on main outcome measures for chronic non-specific low back pain: a single-blind randomized controlled trial. *J Rehabil Med* 43: 689-694. doi: 10.2340/16501977-0830.

Elfering A, Arnold S, Schade V, Burger C, Radlinger L (2013). Stochastic Resonance Whole-Body Vibration, Musculoskeletal Symptoms, and Body Balance: A Worksite Training Study. *Saf Health Work* 4:149-155. doi: 10.1016/j.shaw.2013.07.002.

Hlebš S (2014). Funkcionalna anatomija trupa. Skripta za študente Zdravstvene fakultete. Ljubljana: Zdravstvena fakulteta: 11, 36.

Hussein M (2018). Pogosta stanja v ortopediji, 6. Artrosov strokovni simpozij. 1. izd. Ljubljana: Artros, center za ortopedijo in športne poškodbe, 71-76.

Kaeding TS, Karch A, Schwarz R et al. (2017). Whole-body vibration training as a workplace-based sports activity for employees with chronic low-back pain. *Scand J Med Sci Sports* 27: 2027-2039. doi: 10.1111/sms.12852.

Kim H, Kwon BS, Park JW et al. (2018). Effect of Whole Body Horizontal Vibration Exercise in Chronic Low Back Pain Patients: Vertical Versus Horizontal Vibration Exercise. *Ann Rehabil Med* 42(6): 804-813. doi: 10.5535/arm.2018.42.6.804.

Koes BW, van Tulder MW, Thomas S (2006). Diagnosis and treatment of low back pain. *BMJ* 332: 1430-1434.

Kovačič DS (2014). Bolečina: psihološka stran mehanizma preživetja. *ANTHROPOS* 1-2(233-234): 65-86.

Krčevski-Škvarč N (2005). Kronična bolečina-bolezen. V: Kersnik J. 7. Fajdigovi dnevi, Kronična bolečina, hiperlipidemije, menopavza, hipertenzija, podporno zdravljenje rakavih bolnikov, erektilne motnje, Zbornik predavanj. Kranjska Gora: Združenje zdravnikov družinske medicine SZD, 3-5.

Musumeci G (2017). The Use of Vibration as Physical Exercise and Therapy. *J Funct Morphol Kinesiol*. doi: 10.3390/jfmk2020017.

Nicholas MK, Linton SJ, Watson PJ, Main CJ (2011). Early Identification and Management of Psychological Risk Factors (“Yellow Flags”) in Patients With Low Back Pain: A Reappraisal. *Phys Ther* 91(5): 737-753.

Pamukoff DN, Pietrosimone B, Ryan ED, Lee DR, Brown LE, Blackburn JT (2017). Whole-body vibration improves early rate of torque development in individuals with anterior cruciate ligament reconstruction. *JSCR* 31(11): 2992-3000.

Platzer W (2015). *Color Atlas of Human Anatomy- Vol. 1 Locomotor System*. 7th ed. North-Carolina: Thieme.

Pražnikar A (2013). Mehanizmi nastanka kronične bolečine. V: Kronična nerakava bolečina v vratu. Ljubljana: Univerzitetni rehabilitacijski inštitut Slovenije, 48-56.

Rittweger J (2010). Vibration as an exercise modality: how it may work, and what its potential might be. *Eur J Appl Physiol* 108: 877-904. doi: 10.1007/s00421-009-1303-3.

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. *SPINE* 27(17): 1829-1834. doi: 10.1097/01.BRS.0000025726.67278.8B.

Schuenke M, Schulte E, Schumacher U (2012). *Atlas of Anatomy: Latin nomenclature*. 2nd ed. New York: Thieme.

Šarabon N, Voglar M (2014). *Bolečina v spodnjem delu hrbta: struktura, funkcija, ergonomija in gibalna terapija*. 1. izd. Koper: Univerza na Primorskem.

Zheng Y, Wang X, Chen B et al. (2019). Effect of 12-Week Whole-Body Vibration Exercise on Lumbopelvic Proprioception and Pain Control in Young Adults with Nonspecific Low Back Pain. *Med Sci Monit* 25: 443-452. doi: 10.12659/MSM.912047.

Yang J, Seo D (2015). The effects of whole body vibration on static balance, spinal curvature, pain, and disability of patients with low back pain. *J Phys Ther Sci* 27: 805-808.

Yang WW, Chou LW, Chen WH, Shiang TY, Liu C (2017). Dual-frequency whole body vibration enhances vertical jumping and change-of-direction ability in rugby players. *JSHS* 6(3): 346-351. doi: 10.1016/j.jshs.2015.12.009.

Walker BF (2000). The Prevalence of Low Back Pain: A Systematic Review of the Literature from 1966 to 1998. *J Spinal Disord* 13(3): 205-217.

Wang XQ, Pi YL, Chen PJ et al. (2014). Whole body vibration exercise for chronic low back pain: study protocol for a single-blind randomized controlled trial. *Trials* 15(104): 1-6.