

# Učinki vibracijske terapije celega telesa pri pacientih z artrozo kolena

## Effects of whole-body vibration therapy in patients with knee osteoarthritis

Lana Uhan<sup>1</sup>, Matej Ipavec<sup>1</sup>, Sonja Hlebš<sup>1</sup>

### IZVLEČEK

**Uvod:** Fizioterapevtska obravnava artroze kolena je usmerjena v zmanjševanje bolečine in povečanje sklepne gibljivosti ter mišične zmogljivosti stegenskih mišic in vključuje različne postopke kinezioterapije in instrumentalne fizioterapije. Vadba z vibracijami celotnega telesa je vse pogosteje uporabljena kot sestavni del fizioterapevtske obravnave. Namen pregleda literature je predstaviti učinke vadbe z vibracijami celotnega telesa na bolečino in mišično zmogljivost pri pacientih z artrozo kolena. **Metode:** Iskanje literature oziroma člankov je potekalo v podatkovnih zbirkah PubMed, PEDro in Cochrane Library. **Rezultati:** Vključitvenim merilom je ustrezalo pet randomiziranih kontroliranih raziskav, objavljenih med letoma 2016 in 2021. Poskusne skupine so bile vključene v program vadbe z vibracijami celotnega telesa, primerjalne skupine so enak vadbeni program izvajale brez vibracij. Vadba na vibracijski plošči lahko vpliva na zmanjšanje bolečine in je učinkovita pri povečanju mišične jakosti ter moči ekstenzorjev kolena, vendar nima dodatnega učinka na mišično jakost fleksorjev kolena. **Zaključki:** Na podlagi pregledane literature lahko povzamemo, da vibracije celotnega telesa pozitivno vplivajo na zaznavo bolečine in mišično jakost ter moč ekstenzorjev kolena, vendar zaradi metodoloških razlik analiziranih raziskav ne moremo dati natančnih priporočil glede najprimernejšega vadbenege programa. Za določitev optimalnih parametrov in oblikovanje standardiziranega protokola vadbe so potrebne nadaljnje raziskave.

**Ključne besede:** artroza, kolenski sklep, vibracijska vadba, mišična zmogljivost, bolečina.

### ABSTRACT

**Background:** Physiotherapy for knee osteoarthritis focused on pain management, increasing knee mobility and muscle strength, and includes various procedures of kinesiotherapy and instrumental physiotherapy. Whole-body vibration exercise is increasingly being used as an integral part of physiotherapy intervention. The aim of this literature review is to present the effects of whole-body vibration exercise on pain and muscle performance in patients with knee osteoarthritis. **Methods:** Scientific articles were selected from the PubMed, PEDro and Cochrane Library databases. **Results:** Five randomised controlled trials published between 2016 and 2021 met the inclusion criteria. The intervention groups participated in whole-body vibration exercise programs, while the comparison groups performed the same exercise program without vibrations. Whole-body vibration exercise on a vibration platform was found to reduce pain and increase muscle strength and knee extension strength. However, it had no additional effect on knee flexor muscle strength. **Conclusion:** There is evidence that vibration exercise is effective in reducing pain and improving muscle strength and knee extension power, but due to methodological differences in the studies reviewed, no precise recommendations can be made regarding the most appropriate exercise program. Further research is needed to determine the optimal parameters and to develop a standardised exercise protocol.

**Key words:** osteoarthritis, knee joint, vibration therapy, muscle performance, pain.

---

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

**Korespondenca/Correspondence:** asist. dr. Matej Ipavec, dipl. fiziot., mag. kin.; e-pošta: matej.ipavec@zf.uni-lj.si

Prispelo: 06.09.2023

Sprejeto: 07.12.2023

## UVOD

Artroza je najpogostejša bolezen sklepov pri starejših odraslih, ki prizadene enega ali več sinovialnih sklepov ter vodi v njegovo strukturno in funkcijsko okvaro (1, 2). Gre za degenerativen proces propadanja sklepnega hrustanca s pridruženo zgoščitvijo subhondralne kosti in tvorbo kostnih izrastkov na robovih sklepnih površin (3, 4). Poleg naštetih sprememb artroza vključuje tudi sekundarne spremembe preostalih sklepnih in obsklepnih struktur – sklepane ovojnice, sinovialne tekočine, mišic ter vezivnega tkiva (5). Najpogosteje diagnosticirana je artroza kolena, z ocenjeno incidenco 240 novih primerov na 100.000 odraslih prebivalcev na leto (6). V literaturi so navedeni številni genetski, mehanski in vnetni dejavniki, katerih posamičen vpliv na razvoj klinične slike artroze zaradi kompleksnih procesov delovanja še ni popolnoma razumljen (7). V preteklosti je bila artroza opredeljena kot starostna degeneracija sklepnega hrustanca, ki nastane zaradi mehanske obrabe sklepov, kar je posledica običajnega procesa staranja. Razvoj medicine je omogočil pomemben preobrat v razumevanju vzroka za nastanek artroze kot zapletenega prepletanja različnih anatomskih, mehanskih, genetskih in vnetnih vplivov (7, 8).

Prevladujoč simptom artroze kolena je ostra bolečina, ki se stopnjuje med obremenitvijo in vsakodnevnim gibanjem. Degenerativne spremembe v sklepu in bolečina postopno zmanjšujejo obseg gibljivosti, predvsem v smeri ekstenzije kolenskega sklepa (1). Klinična slika pogosto obsega tudi sklepno okorelost, sklepne izlive zaradi sekundarnega vnetja in krepitacije v kolenskem sklepu (7, 9). Zmanjšan obseg gibljivosti, oteklina, izrazita bolečina in mirovanje posledično vodijo do zmanjšane mišične zmogljivosti in atrofije kolenskih mišic (10), kar kmalu onemogoči izvajanje vsakodnevnih dejavnosti in tako pomembno zmanjša posameznikovo kakovost življenja (7). Zdravljenje artroze je simptomatsko in je usmerjeno predvsem v nadzorovanje bolečine, ohranjanje integritete in funkcije sklepa (3) ter s tem v izboljšanje kakovosti življenja (11). Optimalna obravnava pacientov z artrozo kolena v zgodnji fazi združuje posamezniku prilagojene farmakološke in nefarmakološke ukrepe (12). Izbira postopkov zdravljenja je odvisna od stopnje artroze, pacientovih simptomov, starosti,

pridruženih boleznih in splošnega pacientovega stanja (7). Za opredelitev stopnje artroze na podlagi rentgenske slike se uporablja razvrstitveni sistem Kellgren in Lawrence (Kellgren and Lawrence classification system). Omenjena petstopenjska lestvica temelji na oceni izgube sklepnega hrustanca in zadebelitve subhondralne kosti ter prisotnosti kostnih izrastkov (13).

Z dokazi podprta fizioterapevtska obravnava velja za temelj nefarmakološkega konservativnega zdravljenja (2). Cilj fizioterapije je nadzorovanje bolečine, ohranjanje oziroma izboljšanje mišične zmogljivosti, sklepne stabilnosti in gibljivosti sklepa ter posledično preprečevanje nadaljnjih poškodb sklepa (11). Vključitev protibolečinskih in protivnetnih postopkov instrumentalne fizioterapije je priporočljiva v kombinaciji s kinezioterapijo (14). Med vedno pogosteje uporabljenimi vrstami vadbe v fizioterapiji je vadba z vibracijami celotnega telesa (VCT), ki v primerjavi s konvencionalno vadbo proti uporabi zahteva krajši čas izvajanja (15).

VCT se kot mehanski dražljaj, medtem ko oseba stoji oziroma zadržuje položaj na vibracijski plošči (statična vibracijska vadba) ali aktivno izvaja vaje s koncentrično-ekscentričnimi kontrakcijami mišic (dinamična vibracijska vadba), prek stopal prenašajo navzgor po kinetični verigi telesa (16). Parametri vibracijske vadbe so frekvenca vibracij, ki se giblje med 15 in 60 Hz, amplituda v razponu od enega do 10 mm ter količina vadbe (17). Intenzivnost VCT se tako prilagaja s spremembo frekvence in/ali amplitude oddajanja vibracij ter od njih odvisnih pospeškov, kar spremeni tudi sile na telo (17).

Oslabelost in/ali atrofija stegenjskih mišic (fleksorjev in ekstenzorjev kolena) je pomemben dejavnik tveganja ali posledica poslabšanja artroze kolena (18). Vadba proti uporabi dokazano poveča mišično aktivacijo in pomembno vpliva na sposobnost pravilnega razporejanja obremenitev na kolenski sklep. Posledično se izboljša tudi stabilnost kolena (19). Vpliv VCT na prilagoditve telesa je primerljiv vplivu vadbe proti uporabi (17). Prilagoditve na ravni živčnega, mišičnega, hormonskega in srčno-žilnega sistema zaradi vibracij pomembno vplivajo na mišično zmogljivost, kostno gostoto, koordinacijo, ravnotežje, sposobnost hoje in kakovost življenja

posameznika (20, 21), vendar pa mehanizmi delovanja VCT še niso popolnoma jasni (16). Avtorji menijo, da VCT vplivajo na adaptacijo centralnih mehanizmov, vzdraženost motoričnih nevronov in sinhronizacijo motoričnih enot ter tako izboljšajo delovanje posameznih mišic in mehanizmov za aktivno zaščito sklepa (21). Zaradi vse večje uporabe vibracijske vadbe v terapevtskih programih v zadnjem času narašča tudi število objavljenih raziskav o učinkih VCT pri pacientih z artrozo kolena. Namen pregleda literature je bil predstaviti vpliv vadbe z VCT na bolečino in mišično zmogljivost pri pacientih z artrozo kolena.

## METODE

Iskanje literature je potekalo v podatkovnih zbirkah PubMed, PEDro in Cochrane Library z uporabo naslednjih ključnih besed v angleškem jeziku: whole-body vibration, vibration therapy, knee osteoarthritis. V pregled literature so bile vključene raziskave, ki so izpolnjevale naslednja vključitvena merila: randomizirane kontrolirane raziskave, v katerih so avtorji proučevali učinke vadbe z VCT pri preiskovancih z artrozo kolenskega sklepa; metodološka ocena raziskav po PEDro lestvici šest ali več; raziskave, v katerih so ocenjevali bolečino in/ali mišično zmogljivost spodnjih udov. Vključili smo članke, objavljene v polnem besedilu, objavljene v angleškem jeziku, med letoma 2015 in 2022.

Izključitvena merila so bila: raziskave brez kontrolne skupine; raziskave, v katerih so bili vključeni preiskovanci s predhodno poškodbo kolenskega sklepa, vstavljeno endoprotezo kolena ali po rekonstrukciji sprednje križne vezi; raziskave, v katerih je bila vadba združena z drugimi intervencijami (npr. prehranski dodatki); raziskave, v katerih so uporabljali vadbo z lokalno apliciranimi vibracijami; pilotne raziskave, poročila o primeru in pregledni članki.

## REZULTATI

Potek iskanja literature je prikazan s procesogramom (slika 1). Za vključitev v pregled literature smo ob upoštevanju vključitvenih in izključitvenih meril izbrali pet randomiziranih kontroliranih raziskav. V analiziranih raziskavah je bilo skupno vključenih 264 preiskovancev, ki so imeli s slikovno diagnostiko potrjeno blago do

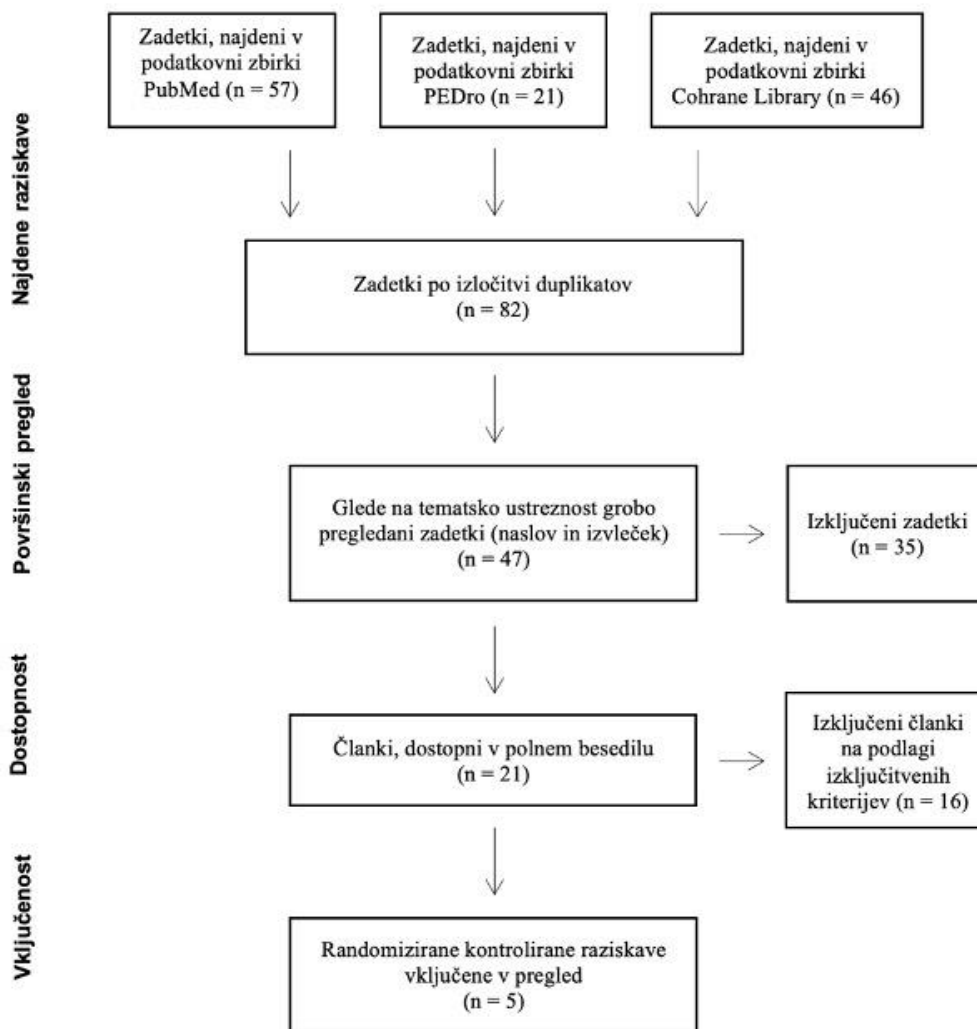
zmerno stopnjo artroze kolena. Posamezne raziskave so vključevale od 15 (22) do 99 (23) preiskovancev, starih povprečno od 51 (24) do 71 (22) let. V eni raziskavi (22) so sodelovale samo ženske, v preostalih so sodelovali tako moški kot ženske, skupno je tako sodelovalo 218 žensk in 46 moških.

Preiskovanci so bili naključno razvrščeni v dve ali tri skupine. V štirih raziskavah (22–25) sta bili vključeni poskusna in primerjalna skupina, v raziskavi Laijeve in sodelavcev (26) je bila poleg poskusne in primerjalne skupine vključena še dodatna kontrolna skupina. V dveh raziskavah (23, 24) so preiskovanci v poskusni skupini statično vibracijsko vadbo izvajali v kombinaciji z vadbo za krepitev stegenskih mišic, primerjalna skupina je izvajala zgolj vadbo za krepitev stegenskih mišic. Na vibracijski plošči so preiskovanci v omenjenih dveh raziskavah stali z rahlo pokrčenimi koleni. Poskusni skupini dveh raziskav (25, 26) sta izvajali statično vibracijsko vadbo, in sicer zadrževanje položaja v počepu, primerjalni skupini sta enak položaj zadrževali v odsotnosti VCT. Kontrolna skupina raziskave Laijeve in sodelavcev (26) je bila vključena v program zdravstvene vzgoje in vadbe ni izvajala. Dinamično vibracijsko vadbo – počepe so izvajali preiskovanci v poskusni skupini raziskave Simãa in sodelavcev (22), primerjalna skupina je počepe izvajala v odsotnosti VCT.

Parametri VCT in količina vadbe so se med raziskavami razlikovali, značilnosti vadbenih programov so navedene v preglednici 1. V izbranih raziskavah so uporabili frekvence vibracij od 20 do 40 Hz in amplitudo v razponu od 2 do 6 mm. Vadbeni programi so v vključenih raziskavah trajali osem, dvanajst ali 24 tednov. V vseh petih raziskavah so uporabili vertikalne vibracijske plošče.

V štirih raziskavah (23–26) so ugotavljali učinek VCT na bolečino z uporabo vidne analogne lestvice (VAL). Poleg VAL so v eni raziskavi (23) za vrednotenje bolečine uporabili del vprašalnika Indeks osteoartroze Univerze Zahodnega Ontaria in McMaster (angl. Western Ontario and McMaster University Osteoarthritis index – WOMAC).

V treh raziskavah (24–26) so z analizo rezultatov



Slika 1: Procesogram poteka iskanja literature (prirejeno po Moher et al., 2009)

izokinetičnih meritev mišične zmogljivosti stegenskih mišic ocenjevali na telesno maso normaliziran največji navor fleksorjev in ekstenzorjev kolenskega sklepa pri različnih kotnih hitrostih. Bokaeian in sodelavci (24) so poleg navora ocenjevali tudi povprečno moč in seštevek mišičnega dela. V dveh raziskavah (25, 26) so ocenjevali tudi na telesno maso normalizirano največjo mišično moč. Mišično vzdržljivost so ocenjevali Lai in sodelavci (25). Wang in sodelavci (23) so z ročnim dinamometrom merili največjo izometrično silo fleksorjev in ekstenzorjev kolenskega sklepa, Simão in sodelavci (22) so merili največjo izometrično silo ekstenzorjev kolenskega sklepa.

V vseh raziskavah so meritve izvedli pred začetkom vadbenega programa in po njegovem zaključku, Wang in sodelavci (23) so dodatno izvedli meritve v vmesnem času, in sicer drugi, četrti in šestnajsti teden vadbe.

Učinki VCT na subjektivno zaznavo bolečine preiskovancev so bili različni. Wang in sodelavci (23) so v drugem tednu izmerili statistično značilno zmanjšanje bolečine po VAL in WOMAC v obeh skupinah ( $p < 0,01$ ). V četrtem tednu je bilo zmanjšanje bolečine po VAL pomembno večje ( $p = 0,003$ ) v poskusni skupini. Statistično značilno izboljšanje v primerjavi s primerjalno skupino po WOMAC ( $p < 0,01$ ) je bilo dokazano v šestnajstem tednu. Razlike med skupinama so se pri obeh ocenjevalnih protokolih s trajanjem vadbenega

*Preglednica 1: Značilnosti vadbenih programov*

Avtorji	Parametri VCT in količina vadbe z VCT					
	Frekvenca	Amplituda	Trajanje (VCT/odmor)	Številno ponovitev	Pogostost	Trajanje vadbenega programa
Wang et al., 2016	35 Hz	4–6 mm	60/60s	15	5-krat na teden	24 tednov
Lai et al., 2019	20 Hz	2 mm	30–70/30–70s	6–9	3-krat na teden	8 tednov
Lai et al., 2021	20 Hz	2 mm	30–70/30–70s	6–9	3-krat na teden	8 tednov
Bokaeian et al., 2016	25–30 Hz	2 mm	30–70/30–70s	6–9	3-krat na teden	8 tednov
Simão et al., 2019	35–40 Hz	4 mm	20–40/25–40s	6–8	3-krat na teden	12 tednov

VCT – vibracije celotnega telesa.

programa večale. Po končani raziskavi se je vrednost VAL zmanjšala za 4,7 v poskusni skupini in za 3,9 v primerjalni skupini. Ugotovili so, da je vadba z VCT v kombinaciji z vadbo za krepitev stegenskih mišic učinkovitejša pri zmanjšanju bolečine v primerjavi s samostojno vadbo za krepitev stegenskih mišic. Bokaeian in sodelavci (24) so ugotovili zmanjšanje bolečine po VAL v poskusni in primerjalni skupini, vendar razlika povprečnih sprememb med skupinama ni bila statistično značilna ( $p = 0,218$ ). V dveh raziskavah (25, 26) vadba z VCT ni pokazala pomembnega vpliva na zmanjšanje bolečine, prav tako do zmanjšanja bolečine ni prišlo v primerjalnih in kontrolni skupini.

Vse vključene raziskave so ugotovljale tudi vpliv VCT na različne komponente mišične zmogljivosti. V raziskavi Wangove in sodelavcev (23) se je v primerjavi z začetnimi meritvami jakost fleksorjev in ekstenzorjev kolena pomembno povečala v drugem tednu pri poskusni skupini ter v četrtem tednu pri primerjalni skupini. Statistično značilno izboljšanje ( $p < 0,01$ ) v primerjavi s primerjalno skupino se je pri ekstenzorjih kolena pokazalo v šestnajstem tednu, povprečna sprememba je bila v poskusni skupini večja za 0,8 kg. Nasprotno razlike v spremembi jakosti fleksorjev kolena po končanem vadbenem programu niso bile statistično značilne ( $p = 0,09$ ). VCT so kot dodatek vadbi za krepitev stegenskih mišic v raziskavi Bokaeiana in sodelavcev (24) statistično značilno izboljšale največji navor ( $p = 0,002$ ) in povprečno moč ( $p = 0,033$ ) ekstenzorjev kolena pri preiskovancih, v primerjavi s primerjalno skupino. Največji navor ekstenzorjev kolena se je v poskusni skupini

povprečno povečal za 9,2 Nm, v primerjalni skupini se je povprečno zmanjšal za 3,9 Nm. Povprečna moč fleksorjev kolena se je v poskusni skupini povečala za 11,5 W, v primerjalni skupini se je povečala za 1,6 W. Razlike sprememb največjega navora in povprečne moči fleksorjev kolena niso bile statistično značilne ( $p > 0,05$ ).

V raziskavi Laijeve in sodelavcev (25) se je največji navor ekstenzorjev kolena pri kotni hitrosti  $180^\circ/s$  v poskusni skupini povprečno povečal za 0,2 Nm/kg, nasprotno se največji navor ekstenzorjev kolena v primerjalni skupini ni povečal. Sprememba v poskusni skupini je bila statistično značilna ( $p = 0,046$ ). Razlike sprememb največjega navora fleksorjev kolena in največje moči fleksorjev in ekstenzorjev kolena niso bile statistično značilne ( $p > 0,05$ ). Dodatna analiza je pokazala statistično značilno izboljšanje največjega navora fleksorjev kolena ( $p = 0,007$ ) ter največje moči ekstenzorjev kolena ( $p = 0,005$ ) v poskusni skupini. Statistično značilnih sprememb znotraj kontrolne skupine ni bilo ( $p > 0,01$ ). Pri meritvah lokalne mišične vzdržljivosti avtorji niso ugotovili učinkov VCT na spremembe v vzdržljivosti testiranih mišic.

Lai in sodelavci (26) so z izokinetičnimi meritvami pri kotni hitrosti  $90^\circ/s$  dokazali statistično značilno izboljšanje največje moči fleksorjev kolena v poskusni skupini ( $p < 0,05$ ), vendar razlike sprememb med skupinama niso bile statistično značilne ( $p = 0,02$ ). Prav tako pri navedeni kotni hitrosti niso ugotovili statistično značilnih razlik v spremembi največjega navora ekstenzorjev in fleksorjev kolena ter največje moči ekstenzorjev kolena ( $p > 0,05$ ). Pri kotni hitrosti  $180^\circ/s$  sta se v

primerjavi s primerjalno skupino v poskusni skupini statistično značilno izboljšala navor ( $p < 0,01$ ) in največja moč ( $p < 0,01$ ) ekstenzorjev kolena. Sprememba največjega navora ekstenzorjev kolena je bila v poskusni skupini v povprečju večja za 0,2 Nm/kg, sprememba največje moči ekstenzorjev kolena je bila v povprečju večja za 0,4 W/kg. V primerjavi s kontrolno skupino so se v poskusni skupini pri isti kotni hitrosti statistično značilno izboljšali največji navor fleksorjev ( $p = 0,01$ ) in ekstenzorjev ( $p < 0,01$ ) ter največja moč ekstenzorjev ( $p < 0,01$ ) kolena. Sprememba največjega navora ekstenzorjev kolena je bila v poskusni skupini v povprečju večja za 0,2 Nm/kg, sprememba največjega navora fleksorjev kolena je bila v povprečju večja za 0,1 Nm/kg, sprememba največje moči ekstenzorjev kolena je bila v povprečju večja za 0,4 W/kg.

Statistično pomemben ( $p < 0,05$ ) učinek VCT na izometrično mišično jakost ekstenzorjev kolena so ugotovili Simão in sodelavci (22). Po končanem vadbenem programu se je izmerjena vrednost v primerjavi z začetnimi meritvami v poskusni skupini povečala za 13,5 odstotka, v primerjalni skupini se je zmanjšala za 6,5 odstotka.

## RAZPRAVA

Namen prispevka je bil na podlagi pregleda literature predstaviti učinkovitost vadbe z VCT pri pacientih z artrozo kolena. Vzorci preiskovancev analiziranih raziskav so bili glede na starost in oceno okvare kolenskega sklepa med seboj primerljivi. Razširjenost bolezni je višja pri ženskah (27), zastopanost ženskega spola je bila večja v vseh vključenih raziskavah. Sklepamo, da je vzorec preiskovancev reprezentativen za izbrano populacijo, saj je statistična primerjava demografskih značilnosti in začetnih meritev v posameznih raziskavah pokazala, da pred začetkom vadbenih programov med poskusnimi, primerjalnimi in kontrolno skupino ni bilo značilnih razlik.

Učinki vadbe na zaznavanje bolečine pri preiskovancih so bili v analiziranih raziskavah različni. Wang in sodelavci (23) so ugotovili, da je šestmesečna vadba z VCT v primerjavi z vadbo, izvedeno brez vibracij, učinkovitejša pri zmanjšanju bolečine. Avtorji preostalih raziskav (24–26) so ugotovili nasprotno, in sicer, da vadba z VCT nima

pomembnega vpliva na subjektivno zaznavanje bolečine. Razlog bi lahko bilo krajše vadbeno obdobje ali prenizka intenzivnost oziroma frekvenca vibracij.

Primerna zmogljivost fleksorjev in ekstenzorjev kolena pomembno vpliva na sposobnost razporejanja sklepnih obremenitev in ohranja stabilnost sklepa (19). V vseh raziskavah so avtorji ugotovili, da je vadba z VCT v primerjavi z vadbo, izvedeno brez vibracij, enako ali bolj učinkovita pri izboljšanju mišične jakosti in mišične moči ekstenzorjev kolena. Avtorji treh raziskav (22, 24, 25) so si bili enotni pri domnevi, da izboljšanje mišične zmogljivosti temelji na z vibracijami povzročeni povečani občutljivosti senzoričnih vlaken mišičnih vreten in spremenjeni vzdraženosti motoričnih nevronov. Spremenil naj bi se vzorec mišične aktivacije, izboljšala sinhronizacija motoričnih enot in s tem posledično aktivacija mišic (24).

V štirih raziskavah (23–26) so z uporabo enakih meritvenih protokolov ugotavljali vpliv vibracijske vadbe na mišično zmogljivost fleksorjev kolena, vendar avtorji niso ugotovili učinkov vadbe na največjo ali povprečno mišično moč in lokalno mišično vzdržljivost, dokazi o učinkovitosti vadbe z VCT so za fleksorje kolenskega sklepa omejeni. Ugotovitve so skladne z rezultati obstoječih pregledov literature (28, 29). Avtorji kot vzrok za izmerjene razlike med fleksorji in ekstenzorji kolena navajajo položaj preiskovancev na vibracijski plošči. Učinek vibracij na neko mišico je namreč večji v njenem nekoliko raztegnjenem položaju (28). Vadbo z VCT so preiskovanci v vseh analiziranih raziskavah izvajali z rahlo pokrčenimi koleni ali v položaju počepa, kar je optimalen položaj za krepitev ekstenzorjev kolena. Prav tako so bili programi vadbe za krepitev stegenskih mišic v poskusnih in primerjalnih skupinah usmerjeni v izboljšanje mišične zmogljivosti ekstenzorjev kolena. Vadbo, usmerjeno v izboljšanje mišične zmogljivosti fleksorjev kolena, so preiskovanci izvajali zgolj v eni raziskavi (24).

Na podlagi rezultatov analiziranih raziskav je čas trajanja vadbenega programa pomemben dejavnik učinkovitosti VCT. V raziskavah, v katerih so preiskovanci izvajali vadbeni protokol dalj časa, so avtorji (23) ugotovili večji vpliv na zmanjšanje

subjektivne zaznave bolečine. Meritve so izvajali tudi med raziskavo, razlike med preiskovalno in kontrolno skupino so se pomembno večale s trajanjem vadbenega programa. Za zmanjšanje bolečine se je v pregledanih raziskavah kot učinkovit izkazal 24-tedenski program, medtem ko je do izboljšanja mišične zmogljivosti ekstenzorjev kolena prišlo tudi z 8-tedenskim in 12-tedenskim programom vadbe.

Vadbeni programi so bili vsebinsko in količinsko različni. Različen je bil tudi izbor vaj, ki so jih preiskovanci izvajali poleg vibracijske vadbe tako v poskusnih kot tudi v primerjalnih skupinah. Najvišji frekvenci in amplitudi vibracij so uporabili Wang in sodelavci (23) ter Simão in sodelavci (22), najnižji Lai in sodelavci (25, 26). Domnevamo, da je pri pacientih z artrozo kolena za rehabilitacijo ustreznejša višja intenzivnost vibracij oziroma izbira višje frekvence, v pregledanih raziskavah se je kot najučinkovitejša izkazala uporaba frekvenc od 25 do 40 Hz in amplituda v razponu od 4 do 6 mm. Do podobnih ugotovitev so prišli tudi v obstoječih metaanalizah in pregledih literature (28, 29). V prihodnjih raziskavah bi bilo smiselno proučiti in opredeliti optimalne parametre vadbenih programov za oblikovanje standardiziranih protokolov vadbe.

Naš pregled literature ima nekaj omejitev. V analiziranih raziskavah sta se razlikovala trajanje vadbenega programa in intenzivnost VCT, zato so nujne nadaljnje raziskave, ki bi pri enakih protokolih VCT primerjale vibracijsko vadbo v kombinaciji z vadbo za krepitev stegenskih mišic in vibracijsko vadbo kot samostojno vadbo. Avtorji (22–26) po končani intervenciji niso nadaljevali z meritvami za spremljanje in oceno dolgoročnega učinka VCT na bolečino ter mišično zmogljivost pri pacientih z artrozo kolena, kar ocenjujemo kot pomanjkljivost raziskav. Pomembno je poudariti, da preiskovanci v poskusnih skupinah niso poročali o neželenih učinkih vadbe, zato menimo, da je vibracijska vadba varna oblika vadbe za paciente z artrozo kolena.

## ZAKLJUČKI

Na podlagi rezultatov analiziranih raziskav lahko zaključimo, da je vadba z VCT v primerjavi z vadbo, izvedeno brez vibracij, enako ali bolj učinkovita pri izboljšanju mišične jakosti in mišične

moči ekstenzorjev kolena pri preiskovancih z artrozo kolena. Dolgotrajna vibracijska vadba prav tako lahko vpliva na zmanjšanje sklepne bolečine. Za oblikovanje standardiziranega protokola vadbe za uporabo v klinični praksi bi bilo treba raziskati dolgoročne učinke in določiti optimalne parametre vibracijske vadbe. Zaradi različnosti vadbenih programov, ki je pomembno vplivala na izide, ne moremo podati jasnih zaključkov glede učinkovitosti vadbe z VCT. Prav tako ne moremo oblikovati natančnih priporočil glede najprimernejšega programa vibracijske vadbe. Ne glede na to menimo, da je uporaba vadbe z VCT skupaj z vadbo za krepitev stegenskih mišic verjetno varna, učinkovita in smiselna izbira za lajšanje bolečine in izboljšanje mišične zmogljivosti pri pacientih z artrozo kolena.

## LITERATURA

1. Arzenšek A (2021). Bolnik z artrozo velikih sklepov – problem družinskega zdravnika. V 17. Mariborsko ortopedsko srečanje: Artroza in endoprotetika velikih sklepov. Maribor: Univerzitetni klinični center Maribor.
2. Michael J, Schlüter-Brust KU, Eysel P (2010). The epidemiology, etiology, diagnosis, and treatment of osteoarthritis of the knee. *Dtsch Arztebl Int* 107(9): 152–62.
3. Das SK, Farooqi A (2008). Osteoarthritis. *Best Pract Res Clin Rheumatol* 22(4): 657–75.
4. Mijatović I, Moličnik A (2021). Artroza velikih sklepov: epidemiologija, etiologija in patofiziologija. V 17. Mariborsko ortopedsko srečanje: Artroza in endoprotetika velikih sklepov. Maribor: Univerzitetni klinični center Maribor.
5. Loeser RF, Goldring SR, Scanzello CR, Goldring MB (2012). Osteoarthritis: a disease of the joint as an organ. *Arthritis Rheum* 64(6): 1697–707.
6. Arden N, Nevitt MC (2006). Osteoarthritis: epidemiology. *Best Pract Res Clin Rheumatol* 20(1): 3–25.
7. Lespasio MJ, Piuze NS, Husni ME, Muschler GF, Guarino A, Mont MA (2017). Knee Osteoarthritis: a primer. *Perm J* 21: 16–183.
8. El-Tawil S, Arendt E, Parker D (2016). Position statement: the epidemiology, pathogenesis, and risk factors of osteoarthritis of the knee. *J Isakos* 1(4): 219–28.
9. Vogrin M, Naranda J (2010). Osteoartroza: epidemiologija, patogeneza in dejavniki tveganja. V 6. Mariborsko ortopedsko srečanje: Artroza in endoprotetika sklepov. Maribor: Univerzitetni klinični center Maribor.

10. Železnikar M, Divjak M (2013). Učinki vadbe proti uporu pri pacientih z osteoartritisom kolena. *Fizioterapija* 21(1): 32–7.
11. Bregar M (2002). Novejša spoznanja na področju etiopatogeneze in zdravljenja primarne osteoartroze. *Zdravniški vestnik* 71(4): 235–9.
12. Pertot A (2014). Klinične smernice za rehabilitacijo bolnikov z artrozo kolka in kolena. *Rehabilitacija* 13(4): 168–74.
13. Kellgren JH, Lawrence JS (1957). Radiological assessment of osteo-arthritis. *Ann Rheum Dis* 16(4): 494–502.
14. Kljajić J, Rečnik G (2018). Konzervativno zdravljenje artroze kolenskega sklepa. V 14. Mariborsko ortopedsko srečanje: Koleno v ortopediji. Maribor: Univerzitetni klinični center Maribor.
15. Marín PJ, Rhea MR (2010). Effects of vibration training on muscle strength: a meta-analysis. *J Strength Cond Res* 24(2): 548–56.
16. Rehn B, Lidström J, Skoglund J, Lindström B (2007). Effects on leg muscular performance from whole-body vibration exercise: a systematic review. *Scand J Med Sci Sports* 17(1): 2–11.
17. Cardinale M, Bosco C (2003). The use of vibration as an exercise intervention. *Exerc Sport Sci Rev* 31(1): 3–7.
18. Alnahdi AH, Zeni JA, Snyder-Mackler L (2012). Muscle impairments in patients with knee osteoarthritis. *Sports Health* 4(4): 284–92.
19. Li Y, Su Y, Chen S, et al. (2016). The effects of resistance exercise in patients with knee osteoarthritis: a systematic review and meta-analysis. *Clin Rehabil* 30(10): 947–59.
20. Newhart S, Pearson A, Salas E, Jones C, Hulla R, Gatchel R (2019). Whole body vibration: potential benefits in the management of pain and physical function. *Pract Pain Manag* 19(1): 48–55.
21. Zaidell LN, Mileva KN, Sumners DP, Bowtell JL (2013). Experimental evidence of the tonic vibration reflex during whole-body vibration of the loaded and unloaded leg. *PLoS One* 8(12): e85247.
22. Simão AP, Mendonça VA, Avelar NCP, et al. (2019). Whole body vibration training on muscle strength and brain-derived neurotrophic factor levels in elderly woman with knee osteoarthritis: a randomized clinical trial study. *Front Physiol* 10: 756.
23. Wang P, Yang L, Liu C, et al. (2016). Effects of whole-body vibration exercise associated with quadriceps resistance exercise on functioning and quality of life in patients with knee osteoarthritis: a randomized controlled trial. *Clin Rehabil* 30(11): 1074–87.
24. Bokaeian HR, Bakhtiary AH, Mirmohammadkhani M, Moghimi J (2016). The effect of adding whole body vibration training to strengthening training in the treatment of knee osteoarthritis: a randomized clinical trial. *J Bodyw Mov Ther* 20(2): 334–40.
25. Lai Z, Lee S, Hu X, Wang L (2019). Effect of adding whole-body vibration training to squat training on physical function and muscle strength in individuals with knee osteoarthritis. *J Musculoskelet Neuronal Interact* 19(3): 333–41.
26. Lai Z, Lee S, Chen Y, Wang L (2021). Comparison of whole-body vibration training and quadriceps strength training on physical function and neuromuscular function of individuals with knee osteoarthritis: a randomised clinical trial. *J Exerc Sci Fit* 19(3): 150–7.
27. Palazzo C, Nguyen C, Lefevre-Colau MM, Rannou F, Poiraudreau S (2016). Risk factors and burden of osteoarthritis. *Ann Phys Rehabil Med* 59(3): 134–8.
28. Qiu CG, Chui CS, Chow SKH, Cheung WH, Wong RMY (2022). Effects of whole-body vibration therapy on knee osteoarthritis: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *J Rehabil Med* 54: 2023–38.
29. Wang Z, Zhang X, Sun M (2022). The application of whole-body vibration training in knee osteoarthritis. *Joint Bone Spine* 89(2): 105276.