



Anja Pavšič

Vpliv različnih vadbenih intervencij na kostni sistem pri starejših odraslih

The impact of different exercise interventions on the skeletal system in older adults

Izvleček

Kost je dinamično tkivo, odzivno na mehanske obremenitve, zato je vadba pomembna za ohranjanje ali povečevanje mineralne kostne gostote v starosti. Namen znanstvenega članka je s krovnim pregledom literature preučiti vpliv različnih vadbenih intervencij na kostni sistem starejših odraslih. Vire, objavljene med letoma 2012 in 2022, smo pridobili iz elektronskih baz PubMed, Scopus, Web of Science in Science Direct. Vključili smo 28 sistematičnih pregledov. Ti viri so ugotavljali učinkovitost vadbe v vodi, aerobne vadbe, vadbe proti upor, udarnih aktivnosti, kombinirane vadbe, vibracijskega treninga in duhovno-telesne vadbe. V študijah so merili mineralno kostno gostoto v predelu ledvene hrbtenice, vratu stegenice, celotnega kolka, trohantra, Wardovega trikotnika, celega telesa, golenice in zapestja. Med preiskovanci so bile večinoma ženske. Ugotavljamo, da je kombinirana vadba, ki vključuje vadbo proti upor, najučinkovitejša za povečevanje mineralne kostne gostote pri starostnikih. Tudi vadba proti upor kot samostojna intervencija pozitivno vpliva na kostni sistem. Udarne aktivnosti niso najprimernejše zaradi povečanega tveganja za poškodbe. Manj učinkovite intervencije za povečevanje mineralne kostne gostote so vadba v vodi, duhovno-telesna vadba in aerobna vadba. Za starejše, ki ne zmorejo visoko intenzivne vadbe, je primeren vibracijski trening. Sklenemo lahko, da je učinkovitost opisanih vadbenih intervencij odvisna od lastnosti posameznikovih kosti in njegovih sposobnosti.

Ključne besede: starejši odrasli, vadba, mineralna kostna gostota, osteoporoza

Abstract

Bone is a dynamic tissue that responds to mechanical loading - therefore exercise is important for maintaining or increasing bone mineral density in the elderly. The aim of this umbrella review was to examine the impact of exercise interventions on the skeletal system in older adults. Electronic databases PubMed, Scopus, Web of Science, and Science Direct were scanned for studies, published between 2012 and 2022. Twenty-eight systematic reviews met the inclusion criteria. Evidence for water-based exercise, aerobic exercise, resistance training, impact activities, combined exercise, vibration training, and mind-body exercise was provided. Bone mineral density was measured at the lumbar spine, femoral neck, total hip, trochanter, Ward's triangle, whole body, tibia, and wrist. Participants were predominantly women. Combined exercise interventions that include resistance training, were found to be the most effective for increasing bone mineral density in older adults. Resistance exercise alone also has a positive impact on the skeletal system. Impact activities are not recommended due to safety concerns. Less effective interventions are water-based, mind-body and aerobic exercise. Vibration training represents an effective alternative for older individuals, who cannot engage in high-intensity exercise. In conclusion, any form of exercise can be beneficial, as long as individual's bone characteristics are considered.

Keywords: elderly, exercise, bone mineral density, osteoporosis

■ Uvod

Kost je dinamično mineralizirano vezivno tkivo, ki se dobro odziva na mehanske obremenitve (L. Zhang, Zheng, Wang, Wang in Zhang, 2022). Spremembe v kostnem tkivu, ki nastanejo kot posledica mehanskih obremenitev, sprožijo obnavljanje kostnine (Nomura in Takano-Yamamoto, 2000). To je uravnotežen proces razgradnje in izgradnje kostnine, ki je odgovoren za vzdrževanje normalne mineralne kostne gostote (v nadaljevanju: MKG) in ja-

kosti kosti (Lim in Bolster, 2015). Ko se ravnoesje med razgradnjo in izgradnjo poruši – ko je razgradnja večja od izgradnje kostnine, začne MKG upadati (Raisz in Prestwood, 2000). Velik upad MKG je značilen predvsem za obdobje starosti (Mohammad Rahimi idr., 2020). Starejši ljudje so v povprečju manj telesno aktivni in pogosto so zaradi pridruženih bolezni daljše obdobje imobilizirani (L. Zhang idr., 2022). Mehanske obremenitve na skelet so posledično manjše, zato kostno tkivo ne dobi dovolj dražljajev za izgradnjo (Borschmann, Pang, Bernhardt in Iuliano-Burns, 2012). Za vzdrževa-

nje MKG je pomembno tudi hormonsko ravnoesje, zlasti pri ženskah. Znano je, da začne MKG močno upadati med menopavzo (Yan idr., 2021). Prvih nekaj let po menopavzi naj bi ženske izgubljale do 5 % MKG na leto, pozneje naj bi se upad zmanjšal na 2–3 % letno (Gómez-Cabello, Ara, González-Agüero, Casajús in Vicente-Rodríguez, 2012). Za to je v veliki meri odgovoren estrogen, saj se njegove vrednosti v telesu po pojavu menopavze znižajo (Bolam, van Uffelen in Taaffe, 2013). Pomanjkanje estrogena zmanjšuje tvorbo osteoblastov, poglavitnih celic za izgradnjo kostnine (Koshy idr., 2022). Posledično nizek MKG najbolj ogroža ženske po menopavzi (de Oliveira idr., 2023). Močno zmanjšan MKG in sprememba mikrogradbe kosti sta opredeljena kot osteoporoza (Simas, Hing, Pope in Climstein, 2017). Gre za sistemsko skeletno bolezen, ki postopno zmanjšuje odpornost kostnega tkiva in posledično poveča tveganje za zlome (Kanis, Cooper, Rizzoli in Reginster, 2019). Pri osteoporozi znaša T-vrednost, s katero primerjamo izmerjeni MKG posameznika s povprečno MKG zdravih mladih oseb istega spola in rase, –2,5 ali manj (Aibar-Almazán idr., 2022). Poznamo primarno in sekundarno osteoporozo (Glaser in Kaplan, 1997). Prva je pogostejša, značilna je za starejšo populacijo in nastane idiopatsko (Aibar-Almazán idr., 2022). Druga oblika je manj pogosta in nastane kot posledica jemanja zdravil ali pridruženih bolezni (Stein in Shane, 2003). V klinični diagnostiki in študijah se MKG najpogosteje meri z dvoenergijsko rentgensko absorpciometrijo (angl. dual-energy X-ray absorptiometry – v nadaljevanju: DXA) (Gómez-Cabello idr., 2012), natančnejša je meritev kostne mikrogradbe s periferno kvantitativno računalniško tomografijo (angl. peripheral quantitative computed tomography – v nadaljevanju: pQCT) (Polidoulis, Beyene in Cheung, 2012), redko se izvajajo meritve kakovosti kostnine s kvantitativnim ultrazvokom (angl. quantitative ultrasound) (Kistler-Fischbacher, Weeks in Beck, 2021).

Starostniki so populacija, ki po svetu najhitreje narašča, saj se življenjska doba podaljšuje (Lane, 2006). Zaradi staranja prebivalstva in čedalje večjega deleža starejših in starostnikov v družbi se prevalenca osteoporoze močno zvišuje in predstavlja globalni javnozdravstveni problem (S. Zhang idr., 2022). Za osteoporozo trpi skoraj 30 % žensk po menopavzi v Evropi in Združenih državah Amerike (Massini idr., 2022). V Koreji je prevalenca osteoporoze še večja in pri ženskah, starejših od 50 let, znaša 35,5 % (Kim, Moon in Jin, 2016). Posledica starosti v kombinaciji z osteoporozo je povečano tveganje za padce in zlome (Tsuda, 2017). Osteoporoza naj bi bila povezana z 8,9 milijona zlomov po svetu letno, to število pa naj bi se še povečevalo (Ganesan, Jandu, Anastasopoulou, Ahsun in Roane, 2023). Najpogostejši so zlomi kolka, vretenc, proksimalnega dela nadlahtnice in distalnega dela koželjnice (Kanis idr., 2019). Statistika kaže, da naj bi vsaka tretja ženska in vsak peti moški z osteoporozo v starosti nad 50 let doživel osteoporotični zlom (L. Zhang idr., 2022). Zdravljenje zlomov in njegovih posledic pomeni velike stroške za zdravstveni sistem in hkrati močno zniža kakovost pacientovega življenja (Dennison, Mohamed in Cooper, 2006). Za starejše so zlomi lahko tudi usodni, predvsem zlom kolka (Su, Chen in Xie, 2020).

Vse večja razširjenost osteoporoze zahteva učinkovite intervencije za njeno obvladovanje. Pacienti z osteoporozo se najpogosteje odločijo za farmakološko zdravljenje, kar lahko dolgoročno povzroči neželene stranske učinke in predstavlja visoke stroške, zato je treba paciente ozaveščati o učinkovitih nefarmakoloških metodah (S. Zhang idr., 2022). Poleg uživanja hrane, bogate s kalcijem, vitaminom D in beljakovinami ter izogibanja čezmernemu uživanju

alkohola in kajenju je za vzdrževanje MKG najpomembnejša telesna aktivnost (Simas idr., 2017; Wherry, Miller, Jeong in Beavers, 2021). Redna vadba spada med z dokazi najbolj podprte ukrepe za povečevanje oziroma ohranjanje MKG (Tong idr., 2019). Mehanske obremenitve kostnega sistema, ki jih povzročamo z redno vadbo, spodbujajo izgradnjo kostnine (Kim idr., 2016). Kostni sistem lahko mehansko obremeni sila reakcije podlage ali krčenje skeletnih mišic (Kohrt, Barry in Schwartz, 2009). Vadba je varna intervencija brez stranskih učinkov in z minimalnimi stroški (Shojaa idr., 2020b). Poleg povečevanja MKG redna vadba pozitivno vpliva na kakovost življenja starejših (Dionello idr., 2016). Poveča tudi mišično maso in izboljša ravnotežje, kar pripomore k zmanjšanju tveganja za padce in zlome (Wei, Xu, Yin in Zhang, 2015).

Ob pregledu literature smo ugotovili, da vadba pozitivno vpliva na kostni sistem. Mehanske obremenitve, povzročene z vadbo, pomagajo ohranjati ali povečevati MKG. Ta tema je že dobro raziskana in opravljenih je bilo veliko sistematičnih pregledov literature, v kateri se pojavljajo različne vadbene intervencije z različnimi vadbenimi spremenljivkami, ki naj bi imele pozitivne učinke na MKG pri starejših. Ugotovitve sistematičnih pregledov si velikokrat nasprotujejo pri vprašanju o učinkovitosti posameznih vadbenih intervencij ter vadbenih spremenljivkah za doseganje optimalnega dražljaja za izgradnjo kostnine. Zaznali smo potrebo po primerjavi ugotovitev sistematičnih pregledov in podajanju praktičnih priporočil za vadbo starejših, katerih cilj je povečevanje ali ohranjanje MKG.

Metode

Strategija iskanja

Pridobivanje literature za krovni pregled je potekalo med novembrom 2022 in marcem 2023. Literaturo smo pridobivali iz štirih spletnih podatkovnih zbirk, in sicer PubMed, Scopus, Web of Science ter Science Direct. Za iskanje po ključnih besedah v naslovih ali povzetkih je bil uporabljen naslednji iskalni niz v angleščini, za vsako elektronsko bazo je bil prilagojen posebej: (elder*OR older OR senior* OR aged OR aging OR postmenopaus*) AND ("bone density" OR "bone mineral density" OR "bone mass" OR »bone strength« OR "bone biomarkers" OR "bone structure" OR "bone metabolism" OR "bone health" OR "bone loss" OR "bone mineral content" OR "bone turnover markers") AND (training OR exercise OR intervention OR "physical activity"). Kjer je bilo mogoče, smo rezultate omejili na časovno obdobje med 2012 in 2022, raziskave na ljudeh ter na sistematične preglede.

Vključitveni in izključitveni kriteriji

Vključitvene in izključitvene kriterije smo določili z uporabo orodja PICOS. V pregled smo vključili vire, ki so izpolnjevali naslednje kriterije: vrsta študije je sistematični pregled ali sistematični pregled z metaanalizo, preiskovanci so, neodvisno od spola, zdravi starejši odrasli in starejši odrasli z že diagnosticirano osteoporozo ali osteopenijo, intervencija zajema kakršnokoli obliko vadbe in jo primerja z drugo obliko vadbene intervencije ali s kontrolno skupino brez intervencije, zadnji kriterij je bila meritev mineralne kostne gostote ali druge mere jakosti kosti na različnih delih telesa kot primarna mera izida.

Izključili smo vire, ki niso bili dostopni, vire v drugih jezikih (ne v slovenščini ali angleščini), študije, ki primerjajo učinek zdravil ali prehranskih dodatkov z vadbo, take, ki vključujejo preiskovance

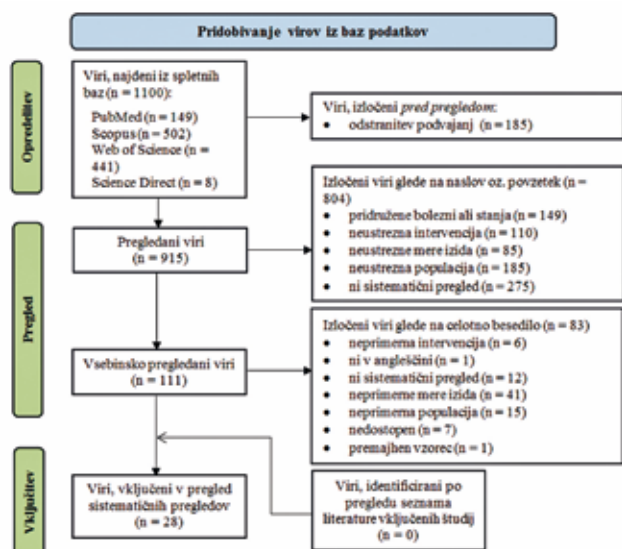
s pridruženimi boleznimi ali stanji (rak, pljučni bolniki, srčno-žilne težave, presaditev srca in podobno), otroke, mlajše odrasle ali profesionalne športnike, ter vire, ki navajajo kostne biomarkerje kot primarno mero izida.

Zbiranje in obdelava podatkov

Vire iz vseh štirih spletnih baz smo uvozili v program za navajanje literature Zotero in izločili dvojnike. Sledila sta dva koraka pregledovanja virov. Najprej smo pregledali naslove in povzetke virov, nato je sledil pregled celotnih besedil preostalih virov. Pri oceni ustreznosti virov smo upoštevali predhodno določene vključitvene in izključitvene kriterije. Pregledali smo še sezname literature vključenih sistematičnih pregledov za morebitno dodatno literaturo. Podatke vključenih pregledov smo nato izpisali v programu Microsoft Excel. Za vsak vir smo v preglednici navedli avtorja, leto, starost, spol in število preiskovancev, vrsto vadbene intervencije in njeno trajanje, področje merjenega MKG ter ugotovitve. Zbrane podatke smo ovrednotili in opisno predstavili skupne lastnosti in ugotovitve vključenih pregledov. Kakovost vključenih sistematičnih pregledov je bila ocenjena z orodjem AMSTAR z 11 možnimi točkami (Shea idr., 2007).

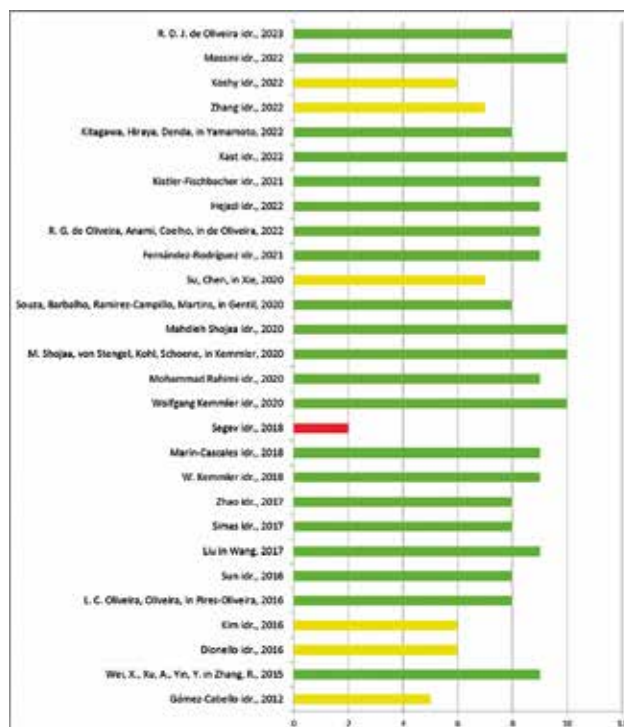
Rezultati

Potek iskanja in zbiranja virov je prikazan na Sliki 1. Iz baz podatkov smo z omenjenim iskalnim nizom pridobili skupno 1100 potencialno uporabnih virov. Po odstranitvi dvojnikov jih je ostalo 915. Po ročnem pregledu naslovov in izveščkov nam je ostalo še 111 potencialno uporabnih virov. V končno analizo smo vključili 28 sistematičnih pregledov, ki so sovpadali z našimi vključitvenimi kriteriji. Pregledali smo tudi seznam literature vključenih raziskav, da bi vključili še morebitne z iskalnim nizom izpuščene vire.



Slika 1. Prikaz procesa zbiranja virov za vključitev v krojni pregled

Rezultati ocene kakovosti študij so prikazani na Sliki 2. Večina sistematičnih pregledov, ki smo jih vključili v krojni pregled, je visoke kakovosti (obarvani zeleno), šest jih je srednje kakovosti (obarvani rumeno) in en nizke (obarvan rdeče).



Slika 2. Ocena kakovosti študij z orodjem AMSTAR

Večina raziskav je bila opravljena na ženskah, in sicer je takih virov 21. Le en sistematični pregled vključuje samo moške preiskovance, šest pa oba spola. Povprečne starosti preiskovancev so v vseh virih višje od 40 let, najvišja povprečna starost je 85,6 leta (Dionello idr., 2016). Viri so obravnavali različne vadbene intervencije, in sicer aerobno vadbo, vadbo v vodi, vadbo proti upor, udarne aktivnosti, kombinirano vadbo, vibracijski trening, taj čí, jogo, pilates in vadbo wuqinxi (posnemanje gibanja petih živali). Intervencije so različno dolge in trajajo od dveh mesecev pa vse do 16 let.

Vsi viri kot primarno mero izida navajajo MKG na različnih delih telesa. Večina poroča o spremembah v ledveni hrbtenici (v nadaljevanju: LH) in vratu stegenice (v nadaljevanju: VF), manj pogosto navajajo MKG celotnega kolka (v nadaljevanju: Σk), trohantra (v nadaljevanju: Tro), Wardovega trikotnika (v nadaljevanju: WT), celotnega telesa, golenice in zapestja oziroma distalnega dela koželjnice.

Aerobna vadba in vadba v vodi

Aerobno vadbo (v nadaljevanju: AV) je preučevalo osem sistematičnih pregledov. Pri šestih so bili preiskovanci ženske po menopavzi, pri preostalih dveh moški in ženske skupaj, v enem od teh diagnosticirani z osteoporozo in osteopenijo. AV je največkrat vključeval hojo, redkeje lahkoten tek, tek, hojo po stopnicah, hojo v hribe, kolesarjenje in ples. En vir je opisoval učinke AV na MKG na splošno, preostali so opisovali učinke na določen del telesa. Sedem virov je poročalo o MKG LH in VF, pet Σk, dva Tro, dva WT in en o MKG celotnega telesa.

Dve študiji sta dokazali, da AV ni dovolj za povečanje MKG LH. Nasprotno je pet študij ugotovilo povečanje. Ena od teh ugotavlja, da je AV na kopnem učinkovitejši od plavanja. Za MKG VF so štiri študije dokazale povečanje z AV, od teh en vir ugotavlja večjo učinkovitost AV na kopnem kot plavanja. Nasprotno so pri treh

študijah dokazali, da AV ni dovolj za povečanje MKG VF. Pri Tro je v obeh študijah opazno povečanje. Za Šk so tri študije ugotovile povečanje MKG. Preostali dve študiji povečanja nista dokazali. Pri WT je ena študija ugotovila povečanje MKG, druga ne. Edini vir, ki je opazoval MKG celotnega telesa, ni dokazal povečanja. Vir, ki na splošno opisuje učinke AV na MKG, ni zaznal povečanja, ampak samo ohranjanje.

Vadbo v vodi (v nadaljevanju: VVV) so raziskovali pri štirih sistematičnih pregledih. Pri vseh so bile preiskovanke ženske po menopavzi, v eni študiji tudi ženske pred menopavzo. VVV vključuje plavanje, hidroгимnastiko, vadbo v vodi s pripomočki in visoko intenzivno vadbo v vodi s poudarkom na poskokih. Vse štiri študije so opisovale učinek na LH, tri na VF, dve na Tro, dve na WT, ena na Šk, ena na celotno telo in ena na zapestje.

Trije sistematični pregledi so dokazali povečanje MKG LH, od teh en vir ugotavlja povečanje samo pri ženskah pred menopavzo, ki plavajo najmanj 3 do 6 ur na teden, drugi pa večje povečanje z vajami na kopnem. En vir navaja neenotnosti, saj opaža povečanje z VVV, ki temelji na skakanju, medtem ko izboljšanja pri VVV s pripomočki ni. Za MKG VF sta dve študiji opazili povečanje z VVV, pri čemer en vir navaja večjo učinkovitost vaj na kopnem, drugi pa ne navaja razlik med vadbo na kopnem in VVV. Povečanja MKG VF ni dokazal en vir, in sicer pri VVV s pripomočki. Edini vir, ki opisuje učinke na MKG Šk, je ugotovil povečanje pri VVV, ki temelji na skakanju. Pri Tro in WT sta dve študiji dokazali povečanje MKG, od tega ena večjo učinkovitost vaj na kopnem kot v vodi. Edini vir, ki je opazoval MKG celotnega telesa, opisuje povečanje z VVV, ki vključuje skakanje, ne pa pri VVV s pripomočki, zato raziskovalci niso prišli do zaključka in navajajo potrebo po dodatnih študijah. En vir je dokazal izboljšanje MKG zapestja pri ženskah pred menopavzo.

Vadba proti upor

Učinke vadbe proti upor (v nadaljevanju: VPU) je preučevalo 14 sistematičnih pregledov. Pri osmih so bili preiskovanci ženske po menopavzi, v petih sta bila vključena oba spola, od tega so bili v eni preiskovanci z osteoporozo in osteopenijo. Samo pri enem sistematičnem pregledu so bili preiskovanci izključno moškega spola. Vadba proti upor je večinoma vključevala proste uteži ali vadbo na napravah. Nekateri so primerjali VPU s kontrolno skupino brez intervencije, drugi pa z drugimi vrstami vadbe. Dva sistematična pregleda sta primerjala tudi intenzivnost vadbene intervencije. Vsi so poročali o ugotovitvah za MKG LH, deset pregledov za VF, eden za proksimalni del stegenice, osem za Šk, dva za Tro, en za WT, trije za celotno telo in en za zapestje.

O povečanju MKG LH poroča osem sistematičnih pregledov. Od tega dva opažata povečanje neodvisno od intenzivnosti. Štiri študije niso dokazale izboljšanja MKG LH. Dva vira sta prišla do negotovih ugotovitev, pri tem je en vir vseboval izključno moške preiskovance. Povečanje MKG VF je zaznalo osem virov, nasprotno dva vira povečanja nista dokazala. Za MKG proksimalnega dela stegenice je en vir prišel do negotovih ugotovitev. Sedem virov, ki je poročalo o MKG Šk, je zaznalo povečanje, od tega je eden dokazal izboljšanje neodvisno od intenzivnosti. En vir povečanja ni dokazal. Pri Tro en vir ne ugotavlja izboljšanja MKG, drugi je povečanje dokazal. Edini vir, ki opisuje MKG WT, dokazuje izboljšanje. Vsi trije viri, ki opisujejo učinke VPU na MKG celotnega telesa, ne ugotavljajo izboljšanja. En vir je dokazal povečanje MKG zapestja.

Udarne aktivnosti

Udarne aktivnosti (v nadaljevanju: UA) obravnavajo štirje sistematični pregledi. V enem so preiskovanci izključno moški, v dveh samo ženske po menopavzi in v enem oba spola. Intervencije z UA vključujejo predvsem aktivnosti s poskoki. Vsi viri poročajo o MKG LH, po eden o MKG VF, proksimalnega dela stegenice in golenice ter dva o MKG Šk.

Za MKG LH trije viri dokazujejo povečanje z UA, eden od teh poroča o izboljšanju neodvisno od intenzivnosti. Ena študija z izključno moškimi preiskovanci navaja negotovost pri povečanju MKG LH. Pri MKG VF en vir ugotavlja izboljšanje, en vir z izključno moškimi preiskovanci pa navaja negotovost v zvezi s povečanjem MKG proksimalnega dela stegenice. Oba vira, ki poročata o Šk, dokazujeta povečanje, od tega eden ugotavlja izboljšanje neodvisno od intenzivnosti. Edini vir, ki navaja MKG golenice, je opazil povečanje.

Kombinirana vadba

Kombinirano vadbo (v nadaljevanju: KV) je preučevalo 11 sistematičnih pregledov. Pri devetih virih so bili preiskovanci ženske po menopavzi, v enem izmed teh so že imele diagnosticirano osteoporozo ali osteopenijo. Pri dveh pregledih sta bila vključena oba spola, pri enem so preiskovanci imeli osteoporozo ali osteopenijo. KV je največkrat vključeval kombinacijo dveh intervencij, in sicer VPU in AV ter VPU in UA. Ponekod je KV sestavljalo tudi tri in redko več vadbениh intervencij. Devet virov je poročalo o MKG LH in VF, štirje Šk, dva Tro, eden WT, dva o MKG celotnega telesa in eden o MKG zapestja. En vir je poročal o splošnih učinkih KV na MKG.

Osem sistematičnih pregledov je ugotovilo povečanje MKG LH, od tega je eden dokazal izboljšanje neodvisno od intenzivnosti pri preiskovancih, starejših od 60 let. En vir ni ugotovil povečanja na LH. Za MKG VF sedem virov ugotavlja izboljšanje, od tega so pri enem dokazali povečanje neodvisno od intenzivnosti pri preiskovancih, starejših od 60 let. Izboljšanja nista zaznala dva vira. Za MKG Šk so trije viri dokazali povečanje, medtem ko en vir izboljšanja ne ugotavlja. Oba vira, ki sta opisovala učinke KV na MKG Tro, sta dokazala povečanje. Edini vir, ki je opazoval MKG WT, je zaznal povečanje. En vir, ki je opazoval MKG celotnega telesa, je ugotovil povečanje, drugi ne. Edini vir, ki je opazoval MKG zapestja, ni opazil izboljšanja. Vir, ki je opisoval MKG na splošno, je ugotovil povečanje s KV.

Vibracijski trening

Vibracijski trening (v nadaljevanju: VT) je obravnavalo devet sistematičnih pregledov. Pri šestih so bili preiskovanci ženske po menopavzi, pri dveh oba spola. En vir je vključeval ženske z osteoporozo in osteopenijo. Vadbene spremenljivke so bile različne. Sedem virov navaja podatke meritev MKG za LH, šest jih navaja za VF, trije za Tro, trije za Šk, dva za WT, eden za celotno telo in eden za kožljnico in golenico. Dva vira nista specifično določila, kateremu delu telesa je VT povečal MKG, ampak navajata splošno povečanje MKG.

MKG LH se je povečal pri petih virih, od tega je eden dokazal izboljšanje pri ženskah, mlajših od 65 let. Povečanja ne ugotavljata dva vira. Izboljšanje MKG VF so dokazali štirje viri, od tega je eden zaznal le povečanje pri ženskah v starosti do 65 let. Pri dveh sistematičnih pregledih povečanja MKG VF niso zaznali. MKG Tro se je dokazano izboljšal pri dveh virih, pri enem ne. MKG Šk se ni povečal v nobenem viru. En vir, ki je meril MKG WT, je zaznal izboljšanje,

drugi ne. V edinem viru, ki opisuje učinke na celotno telo, ter viru s podatki za koželjnico in golenico povečanja niso zaznali nikjer.

Duhovno-telesna vadba

Duhovno-telesno vadbo (v nadaljevanju: DTV) je preučevalo skupno osem sistematičnih pregledov. Od tega so štirje opisovali izključno taj či, dva pilates in jogo in eden vadbo wuqinxi. Preiskovanci so bili pri štirih virih ženske po menopavzi, v dveh ženske na splošno in v dveh oba spola z diagnozo osteoporoze ali osteopenije.

Eden izmed virov, ki je opisoval učinke joge in pilatesa, ni ugotovil povečanja MKG na nobenem delu telesa. Prav tako drugi vir, ki je opisoval samo pilates, ni dokazal izboljšanja MKG LH, VF ali Šk. Vir, ki je opisoval vadbo wuqinxi, ugotavlja povečanje MKG LH in VF. Intervencija s taj čijem se je pri dveh virih izkazala kot neučinkovita za povečevanje MKG LH, v drugih dveh pa je bilo opazno izboljšanje. Za MKG VF ena študija ni ugotovila izboljšanja, medtem ko sta dve povečanje zaznali. Oba pregleda, ki sta opazovala učinke na MKG Šk, sta ugotovila povečanje s taj čijem. Vir, ki ni opredelil vrste DTV, je dokazal izboljšanje MKG LH, VF ter Šk, ko je bilo trajanje intervencije dovolj dolgo.

Razprava

Sistematični pregledi ugotavljajo povečanje MKG pri večini vadbenih intervencij. Če tega niso zaznali, se je MKG z vadbo ohranjal oziroma se je njegov upad zmanjševal, kar je tudi pozitiven izid (S. Zhang idr., 2022). Izboljšanje MKG je bilo opazno predvsem pri vrstah vadbe, pri katerih so bile na kostni sistem proizvedene večje mehanske obremenitve. Za najučinkovitejšo vadbeno intervencijo se je izkazal KV, katerega del je VPU. Tudi VPU kot samostojna intervencija ima dokazano pozitivne učinke na kostni sistem. UA lahko proizvede velike sile reakcije podlage in posledično pozitivno vpliva na kostni sistem, a za starejše odrasle to ni najbolj priporočena oblika vadbe zaradi povečanega tveganja za poškodbe. Za posameznike z nizkim MKG, ki niso zmožni visoko intenzivne vadbe, je primeren predvsem VT. Manj učinkovite intervencije za povečevanje MKG so VVV, DTV in AV, saj z njimi ne proizvedemo zadostnih sil za sprožitve dražljaja za izgradnjo kosti. Kljub temu imajo še vedno pozitivne učinke pri manj aktivnih posameznikih. Na podlagi naših ugotovitev lahko sklenemo, da vadba pozitivno vpliva na kostni sistem v starosti, vendar mora biti izbira vadbene intervencije prilagojena posamezniku.

Ugotovitve po vadbenih intervencijah

Vadba v vodi

V vodi je obremenitev sklepov zaradi vzgona manjša kot na kopnem, zato je VVV primeren predvsem za starejše odrasle s težavami v sklepih (Simas idr., 2017). Mehanizem, prek katerega potencialno vpliva na MKG, je vlek mišic, saj mora vadeči premagovati upor vode (Schinzel idr., 2023). Poleg tega hidrostatični tlak izboljšuje prekrvavitve ter poveča dotok kisika in hranil do kostnih celic (Moreira idr., 2014). Kot ugotavljajo sistematični pregledi, z VVV težko dosežemo obremenitve, večje od vsakdanjih, zato je s tega vidika kakršnakoli vadba na kopnem boljša za povečanje MKG. VVV je lahko dobra alternativa za neaktivne posameznike, ki visoko do zmerno intenzivne vadbe na kopnem ne zmorejo (Kim idr., 2016). Po navedbah dveh virov je za povečanje MKG pomembno, da je

skupno trajanje VVV več kot 3 ure na teden (Simas idr., 2017; Su idr., 2020). Intervencije VVV so bile zelo različne – ker je bilo sistematičnih pregledov o učinkovitosti VVV malo, zato težko podamo priporočila glede vadbenih spremenljivk in določimo optimalno obliko VVV.

Aerobna vadba

V nasprotju z VVV so pri AV, ki se izvaja na kopnem, sile na kostni sistem večje. Za izgradnjo kostnine med AV je pomembna predvsem zadostna sila reakcije podlage, v manjši meri tudi vlek mišic (Mohammad Rahimi idr., 2020). Tek je učinkovitejši od hoje, saj z njim dosežemo več intenzivnejših udarcev ob tla, medtem ko pri kolesarjenju sile reakcije podlage ni in prevladuje sila mišičnega krčenja (Morseth, Emaus in Jørgensen, 2011). Pomemben je tudi presnovni vidik, saj naj bi AV zmanjševal oksidativni stres in reaktivne kisikove spojine v telesu, kar pozitivno vpliva na kosti (de Sousa idr., 2017). Čeprav je večina sistematičnih pregledov dokazala povečanje MKG z AV na kopnem v primerjavi s kontrolno skupino brez vadbe, se avtorji strinjajo, da to ni najučinkovitejša vadbena intervencija za povečevanje MKG pri starejši populaciji. Dokazana je bila večja učinkovitost AV v kombinaciji z VPU (Gómez-Cabello idr., 2012; Hejazi, Askari in Hofmeister, 2022; Kim idr., 2016). Sistematični pregledi ugotavljajo večjo učinkovitost VPU in VT v primerjavi z AV (Kemmler, Shojaa, Kohl in von Stengel, 2020; Kim idr., 2016; Mohammad Rahimi idr., 2020; Segev, Hellerstein in Dunskey, 2018). Prednosti AV so enostavno izvajanje, varnost ter možnost za druženje in sprostitve v naravi, zato je za starejše odrasle kljub temu priporočena, a bolj kot dopolnilna intervencija (S. Zhang idr., 2022).

Vadba proti uporu

Nasprotno od AV je pri VPU sila krčenja mišic v večini tista, ki sproži proces izgradnje kostnine (Kim idr., 2016). Večina sistematičnih pregledov se strinja, da je za povečevanje MKG pri starejših ženskah VPU učinkovita intervencija, če je ta skrbno stopnjevana (Koshy idr., 2022; S. Zhang idr., 2022). Kemmler, Shojaa, Kohl in von Stengel (2018) so preučevali vpliv VPU pri starejših moških in ugotovili, da samo VPU ni dovolj za povečanje MKG ne glede na intenzivnost (75–85 % ali 40–60 % 1 RM), saj imajo moški povprečno višje začetne vrednosti MKG v primerjavi z ženskami. Za izpeljavo sklepov o učinkih pri moških potrebujemo več raziskav. VPU naj bi bila učinkovitejša od AV (Kemmler idr., 2020) in UA (Koshy idr., 2022). Kljub temu Massini idr. (2022) ugotavljajo večjo učinkovitost KV, ki vključuje VPU, v primerjavi z VPU kot samostojno intervencijo, saj lahko s KV združimo več različnih mehanizmov delovanja na kost in je učinek večji. V zvezi z intenzivnostjo so ugotovitve sistematičnih pregledov zelo različne. Shojaa, von Stengel, Kohl, Schoene in Kemmler (2020a), Kast idr. (2022) ter Souza, Barbalho, Ramirez-Campillo, Martins in Gentil (2020) so v svojih sistematičnih pregledih ugotovili, da intenzivnost ne vpliva na učinkovitost VPU, saj so opazili povečanje MKG pri nizki (< 70 % 1 RM) in visoki (> 70 % 1 RM) intenzivnosti. Preiskovanci v omenjenih virih so imeli večinoma nižji začetni MKG in so bili zato bolj odzivni na vadbo pri nizki intenzivnosti. Poleg tega so, razen v sistematičnem pregledu Shojaa in sodelavcev (2020a), imele nizko intenzivne intervencije precej več ponovitev kot visoko intenzivne in morda se je nizka intenzivnost kompenzirala z večjim številom ponovitev. Čeprav je povečanje MKG mogoče tudi pri nizki intenzivnosti, je to manjše in počasnejše kot pri visoki intenzivnosti (Souza idr., 2020). Vsi starejši niso zmožni visoko intenzivne vadbe (70–90 % 1 RM), zato je VPU z

nižjimi bremenimi dobra alternativa (Souza idr., 2020). Večina virov se strinja, da je daljša intervencija učinkovitejša. Splošna priporočila za VPU z namenom povečevanja MKG pri starejših so naslednja: visoko intenzivna vadba (70–90 % 1 RM) vsaj trikrat na teden, skupno štiri do pet vaj za zgornji in spodnji ud ter trup, dve do tri serije z 8–12 ponovitvami (Gómez-Cabello idr., 2012; Massini idr., 2022).

Udarne aktivnosti

Podobno kot pri AV je za izgradnjo kostnine med UA potrebna zadostna sila reakcije podlage (Morseth idr., 2011). UA deluje pretežno na MKG spodnjega dela telesa, najbolj na kolk in stegnenico (Koshy idr., 2022). Ugotavljamo, da ta oblika vadbe ni najprimernejša za povečevanje MKG pri starejši populaciji, saj težko dosežejo zadostne sile reakcije podlage, ki bi sprožile osteogenezo in bi bila vadba vseeno varna. Na podlagi ugotovitev vključenih pregledov ni mogoče zaključiti, kakšne velikosti sile so potrebne za doseganje prilagoditev kosti. Eden izmed sistematičnih pregledov je primerjal visoko in nizko intenzivnost UA, a ni ugotovil statistično značilnih razlik med njima (Kast idr., 2022). Isti vir navaja podobno učinkovitost VPU in UA. Vplive UA na MKG pri starejših bi bilo treba natančneje raziskati.

Kombinirana vadba

KV vključuje dve ali več vadbenih oblik, s katerimi dosežemo različne mehanske obremenitve na kostni sistem na več delih telesa (Zhao, Zhang in Zhang, 2017). Čeprav je rezultate težko analizirati zaradi različnih vadbenih spremenljivk in kombinacij vadbenih intervencij, se je v večini sistematičnih pregledov KV izkazal za najučinkovitejšo intervencijo. Vse oblike KV so vključevale VPU. Kim idr. (2016) ter Hejazi idr. (2022) ugotavljajo največjo učinkovitost kombinacije VPU in AV, saj naj bi VPU na kostni sistem deloval s silo krčenja mišic, AV pa z odbojno silo tal. Zhao in sodelavci (2017) so opazili povečanje MKG v primerjavi s kontrolno skupino brez vadbe pri KV, sestavljenem iz VPU, AV in UA. Za učinkovito se je izkazala tudi kombinacija VPU in UA (Kistler-Fischbacher idr., 2021). S. Zhang in sodelavci (2022) priporočajo vključevanje vadbe ravnotežja v intervencijo KV predvsem za ljudi z osteoporozo in povečanim tveganjem za padce. Kistler-Fischbacher idr. (2021) ter Hejazi idr. (2022) poudarjajo, da je povečanje MKG s KV opazno le, če je ta zmerno do visoko intenzivna. Nasprotno Kitagawa, Hiraya, Denda in Yamamoto (2022) ugotavljajo učinkovitost neodvisno od intenzivnosti pri ženskah, starejših od 60 let, medtem ko podatka za mlajše ni. Kistler-Fischbacher idr. (2021) ter Hejazi idr. (2022) se strinjajo, da je KV učinkovitejši od preostalih posameznih vadbenih intervencij, medtem ko Kemmler s sodelavci (2020) ne dokazuje razlik v učinkovitosti pri primerjavi KV, VPU in AV. Priporoča se predvsem VPU, ki naj predstavlja osrednji del vadbe, in dodatna vadbene intervencije, izbrana na podlagi potreb posameznika.

Vibracijski trening

V nasprotju s predhodno omenjenimi oblikami vadbe VT ne zahteva veliko motivacije za izvajanje, trajanje vadbenih enot je kratko, pozitivni učinki so tudi pri majhnih obremenitvah in primeren je predvsem za neaktivne posameznike z nižjo MKG (S. Zhang idr., 2022). Vibracije med VT povzročajo mehanske dražljaje na kostni sistem, kar sproži izgradnjo kostnine (Dionello idr., 2016). Večina sistematičnih pregledov se strinja, da je VT varna in učinkovita metoda za povečevanje MKG pri starejši populaciji. Pri primerjavah z drugimi vadbenimi intervencijami ugotavljajo večjo učinkovitost

VT v primerjavi s hojo, a podobne učinke pri preostalih vadbenih oblikah (de Oliveira idr., 2023; Gómez-Cabello idr., 2012; Marín-Cascales idr., 2018; Oliveira, Oliveira in Pires-Oliveira, 2016). Nasprotno Mohammad Rahimi s sodelavci (2020) potrjuje povečanje MKG LH pri starejših ženskah po menopavzi samo z VT in ne z VPU, AT in KV.

Kljub različnim vadbenim spremenljivkam in parametrom so nekateri avtorji navedli bolj specifična priporočila za povečanje MKG LH, o spremembah pri tem delu telesa so viri tudi najpogostejše poročali. Oliveira idr. (2016) ter de Oliveira idr. (2023) ugotavljajo, da je za povečanje MKG LH najučinkovitejša visoka frekvenca (> 20 Hz) z nizko magnitudo (< 1 g) in visoka kumulativna doza (> 822 min) z nizko magnitudo (< 1 g). V obeh omenjenih virih so se vibracijske plošče z rotacijskim nihanjem okoli osi na sredini izkazale za malenkost učinkovitejše od plošč z vertikalnim nihanjem, a je kakovost dokazov nizka. Oliveira idr. (2016) dokazujejo pozitivne učinke tudi pri nizki frekvenci (≤ 20 Hz) z visoko magnitudo (> 1 g), višji kumulativni dozi z visoko magnitudo in pri položaju preiskovanca na plošči z upognjenimi koleno. Koshy idr. (2022) ugotavljajo povečanje MKG LH pri visoki frekvenci (25–35 Hz) z visoko magnitudo (3,2 g). Omenjeni vir navaja tudi trajanje vadbene enote, to naj bi bilo približno pet minut. Marín-Cascales idr. (2018) ter Gómez-Cabello idr. (2012) izpostavljajo pomembnost telesne mase preiskovancev, saj so se pozitivni učinki VT pokazali le pri ženskah z indeksom telesne mase, nižjim od 25 kg/m². Učinki VT na kostni sistem naj bi bili v primerjavi z drugimi oblikami vadbe najhitreje vidni, in sicer po treh do šestih mesecih, a viri ne navedejo natančnih priporočil o optimalnem trajanju intervencij (Gómez-Cabello idr., 2012). Marín-Cascales in sodelavci (2018) ter de Oliveira idr. (2023) navajajo večjo pomembnost kumulativne doze, ki naj bi bila višja od 1000 min. oziroma 108 vadbenih enot. Oliveira idr. (2016) ter de Oliveira idr. (2023) ugotavljajo, da izvajanje vaj na plošči med VT ni učinkovito, saj menjava položajev preiskovanca na plošči onemogoči prenos vibracij na skelet v celoti. Omenjena vira ugotavljata neučinkovitost položaja na plošči z iztegnjenimi koleno, a so bile vse študije izvedene z nizko magnitudo iz varnostnih razlogov, da bi preprečili prenos vibracij do lobanje in možganov. Položaj s pokrčenimi koleno naj bi bil učinkovitejši, a zmanjša prenos vibracij, zato mora biti frekvenca dovolj visoka (> 30 Hz) (Oliveira idr., 2016).

Poleg pozitivnih učinkov na MKG naj bi se z VT izboljšalo tudi ravnotežje, kar zmanjša število padcev (Gómez-Cabello idr., 2012). Kljub prednostim ima VT nekaj slabosti. Mogoči so sicer redki stranski učinki, kot so vrtoglavica, glavobol, bolečine v hrbtu in nogah ter poslabšanje hipertenzije (Koshy idr., 2022). Da bi se izognili tem stranskim učinkom, moramo biti pozorni na intenzivnost in trajanje vadbene enote (de Oliveira idr., 2023).

Duhovno-telesna vadba

DTV izvira iz tradicionalnih kitajskih športov ter temelji na koordinaciji gibanja in dihanja (S. Zhang idr., 2022). Je varna in nežna oblika vadbe, ki postaja zelo priljubljena med starejšo populacijo, a so mnenja o njenih učinkih na kostni sistem različna. S. Zhang in sodelavci (2022) so ugotovili, da izvajanje DTV dlje časa najbolj poveča MKG LH in proksimalnega dela stegenice v primerjavi z VPU, KV, AT in VT, a niso navedli, za kakšno obliko DTV gre. Wei idr. (2015) so preučevali učinke vadbe wuqinxī, a zaradi nizke kakovosti študij niso prišli do jasnih ugotovitev. Joga je oblika DTV, ki se osredotoča predvsem na dihanje in meditacijo, medtem ko pilates bolj poudarja krepitev globokih trebušnih mišic in medeničnega dna (Fernández-Rodríguez idr., 2021). Oba sistematična pregleda,

ki sta opisovala učinke joge in pilatesa, kažeta, da omenjeni vadbi ne predstavljata zadostnega dražljaja za povečevanje MKG, ugotavljata pa večjo učinkovitost pilatesa v primerjavi z jogo zaradi večje sile krčenja mišic (de Oliveira, Anami, Coelho in de Oliveira, 2022; Fernández-Rodríguez idr., 2021). Sistematična pregleda kot slabosti navajata kratko trajanje intervencij, premajhen vzorec in nizko kakovost študij. Študije, ki so opazovale učinke taj čija, so bile nizke kakovosti, vzorec je bil majhen in veliko preiskovancev je poleg vadbene intervencije jemalo kalcij, zato morebitnih učinkov ni mogoče pripisati izključno učinkom vadbene intervencije. Liu in Wang (2017) kot slabost izpostavljata tudi prekratko trajanje intervencij, saj naj bi bili učinki taj čija opazni šele po treh letih redne vadbe. Prednost DTV za starejšo populacijo je, da vključuje veliko vaj za ravnotežje in stabilnost, kar je koristno predvsem za starejše z osteoporozo ter povečanim tveganjem za padce in zlome. Kljub temu se DTV za zdaj priporoča le kot dopolnilna terapija oziroma v kombinaciji z dokazano učinkovitejšimi vadbenimi intervencijami. Pojavlja se potreba po več kakovostnih študijah na tem področju.

Druge ugotovitve in priporočila za prakso

Za povečevanje MKG z vadbo je poleg vrste vadbene intervencije pomembno določiti tudi optimalne vadbene spremenljivke. Splošno se za povečanje MKG priporoča srednja do visoka intenzivnost vadbe, pri tem velja, da morajo biti obremenitve večje od vsakdanjih. Visoko intenzivna vadba ni primerna za vse starejše, zato je treba najti alternativo oziroma vadbo prilagoditi posamezniku. Pomembno je tudi trajanje intervencije, saj kostni sistem potrebuje od štiri do šest mesecev pa vse do leta oziroma dveh, da lahko z meritvami opazimo spremembe MKG, nastale kot posledica vadbe (Kim idr., 2016). Zato je priporočeno trajanje vadbene intervencije najmanj 24 tednov oziroma šest mesecev. Optimalna frekvenca za pozitiven učinek na MKG je trikrat oziroma vsaj dva- do trikrat na teden (Gómez-Cabello idr., 2012; Kim idr., 2016). Nasprotno Shojaa in sodelavci (2020a) ugotavljajo, da je za povečanje MKG Σk in LH bolj učinkovita frekvenca manj kot dvakrat na teden, a poudarjajo vprašljivost te ugotovitve.

Z vadbo se MKG ne povečuje na vseh delih telesa enako, ampak je povečanje opazno na mestih, kjer so obremenitve kostnega sistema največje (Gómez-Cabello idr., 2012). V sistematičnih pregledih se najpogosteje poroča o spremembah MKG LH, pri čemer marsikateri vir zazna povečanje, tudi večina avtorjev se strinja, da je to najbolj odziven del telesa na vadbo. Shojaa in sodelavci (2020a) ugotavljajo, da je VF najmanj odziven na vse vadbene intervencije, saj naj bi že med vsakdanjimi aktivnostmi prenašal velike obremenitve, zato bi morale biti obremenitve z vadbo zelo visoke. Nasprotno so Hejazi in sodelavci (2022) ugotovili največje povečanje MKG VF in Σk , a so preiskovanci izvajali izključno vaje za spodnji ud. Znano je, da pri posameznikih z nižjimi začetnimi vrednostmi MKG prej pride do povečanja kot pri ljudeh z višjimi začetnimi vrednostmi. Moški naj bi bili manj dovzetni za povečevanje MKG, saj ima večina višje začetne vrednosti MKG kot ženske (Gómez-Cabello idr., 2012). Za povečevanje MKG pri ženskah so pomembna tudi leta od začetka menopavze. Ženske, mlajše od 60 let, naj bi bile bolj odzivne na vadbo, saj imajo v telesu višjo raven estrogena kot starejše ženske, kar je nujno za obnavljanje kostnine (Zhao idr., 2017).

Večina raziskav v sistematičnih pregledih je izvajala meritve MKG z DXA in le redki so merili kostno zgradbo s pQCT ali kakovost kostnine s kvantitativnim ultrazvokom. Pregledi poudarjajo večjo natančnost meritve pQCT v primerjavi z DXA. Jakost kosti je po-

leg MKG odvisna tudi od njihove mikrogradbe, zato lahko kljub nespremenjenosti MKG pride do pozitivnih prilagoditev zgradbe kosti z vadbo. V sistematičnem pregledu Gómez-Cabello in sodelavcev (2012) so viri, ki so poleg DXA izvajali meritve s pQCT, opazili izboljšanje mikrogradbe kosti z različnimi vadbenimi oblikami pri meritvi s pQCT, medtem ko meritev z DXA povečanja MKG ni zaznala. Nasprotno eden izmed virov v sistematičnem pregledu Dionello in sodelavcev (2016) s trajanjem intervencije 22 mesecev ni dokazal izboljšav v kakovosti kostnine z VT, čeprav so meritve izvajali z visokoločljivim pQCT. Pregleda Kistler-Fischbacher in sodelavcev (2021) ter Oliveira idr. (2016) sicer zajemata vire, ki so izvajali tudi meritve s pQCT, a je podatkov za končno sklepanje premalo. Avtorji poudarjajo potrebo po več študijah, ki bi meritve izvajale s pQCT.

Čeprav sistematični pregledi ugotavljajo največjo učinkovitost KV, katere del predstavlja VPU, je ta ugotovitev vprašljiva, saj je posplošena na celotno populacijo. Učinkovitost vadbene intervencije je močno pogojena z značilnostmi posameznika in ravni njegove aktivnosti. Bolj sposobnim aktivnim posameznikom se priporoča KV s poudarkom na VPU in dodatkom vadbene intervencije, prilagajene potrebam posameznika, medtem ko bi neaktivnim starejšim svetovali AV, DTV, VVV ali VT, kar lahko pozneje stopnjujemo z nizko intenzivno vadbo proti uporabi. Pomembno je predvsem to, da posameznik z vadbo doseže večje obremenitve od vsakdanjih. Preden se posamezniku svetuje o optimalni vadbi z namenom povečevanja MKG, bi se morali fizioterapevti, kineziologi in drugi zdravstveni delavci pozanimati o njegovem zdravstvenem in telesnem stanju, življenjskem slogu, ravni aktivnosti in stopnji motivacije ter testirati njegovo telesno zmogljivost. Velikost dražljaja, potrebnega za izgradnjo kostnine, se lahko pri starejših odraslih zelo razlikuje, zato mora biti vadba prilagojena posamezniku.

Omejitve

Poleg uporabnih ugotovitev ima naš krovni pregled nekaj omejitev. Sistematični pregledi vključujejo predvsem ženski spol, moški so le redko vključeni. Pojavlja se potreba po več raziskavah o vplivih vadbe na MKG pri starejših moških, zato zanje nismo mogli navesti natančnejših priporočil. Pri ženski populaciji smo zaznali pomanjkanje analiz o vplivu števila let po menopavzi, saj je znano, da to vpliva na učinkovitost vadbene intervencije. Dodatna omejitev je, da so se v sistematičnih pregledih pojavljale zelo različne vadbene spremenljivke, kar nam otežuje svetovanje o izbiri optimalnih. Meritve MKG so izvajali na več različnih delih telesa in ti niso bili pri vseh virih enaki, zato imamo za nekatere dele telesa premalo podatkov in smo jih težko primerjali. Pri nobenem izmed sistematičnih pregledov niso poročali o ravni aktivnosti posameznika v eksperimentalni skupini oziroma njegovi telesni zmogljivosti, zato ne moremo ponuditi natančnih priporočil za vadbo starejše populacije. V prihodnjih študijah bi bilo treba najprej določiti telesno zmogljivost posameznika z različnimi testi in šele nato aplicirati vadbene intervencije ter opazovati učinke na MKG, saj je učinkovitost vadbene intervencije odvisna tudi od začetne ravni aktivnosti posameznika.

Zaključek

Vadba ima pomembno vlogo pri ohranjanju ali celo povečevanju MKG v starosti. S krovnim pregledom smo ugotovili, da je KV, katere osrednji del predstavlja VPU, najučinkovitejša vadbena in-

tervencija z namenom povečevanja MKG v starosti. Tudi VPU kot samostojna intervencija pozitivno vpliva na kostni sistem in je za starejše odrasle zelo priporočljiva. UA zaradi povečanega tveganja za poškodbe ni najprimernejša oblika vadbe za starejše. Manj učinkovite vadbene intervencije za povečevanje MKG so VVV, DTV in AV, a imajo še vedno pozitivne učinke pri manj aktivnih posameznikih. Pri starejših, ki zaradi zdravstvenih ali drugih omejitev niso zmožni visoko intenzivne vadbe, se je za zelo učinkovito vadbeno intervencijo izkazal VT, ki se lahko uporablja kot dobra alternativa. Sklenemo lahko, da ima vadba pozitivne učinke na kostni sistem pri starejših, vendar je učinkovitost vadbenih intervencij odvisna od lastnosti kosti posameznika in njegovih sposobnosti. To lahko sicer trdimo predvsem za ženske, medtem ko je posploševanje na moško populacijo omejeno zaradi majhnega števila moških preiskovancev. Pri svetovanju o vadbi z namenom povečevanja MKG je pomembno, da je ta prilagojena posamezniku, stopnji njegove telesne aktivnosti ter njegovim omejitvam in zmožnostim.

Literatura

- Aibar-Almazán, A., Voltes-Martínez, A., Castellote-Caballero, Y., Afanador-Restrepo, D. F., Carcelén-Fraile, M. D. C. in López-Ruiz, E. (2022). Current Status of the Diagnosis and Management of Osteoporosis. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(16). <https://doi.org/10.3390/ijms23169465>
- Bolam, K. A., van Uffelen, J. G. Z. in Taaffe, D. R. (2013). The effect of physical exercise on bone density in middle-aged and older men: a systematic review. *Osteoporosis International: A Journal Established as Result of Cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA*, 24(11), 2749–2762. <https://doi.org/10.1007/s00198-013-2346-1>
- Borschmann, K., Pang, M. Y. C., Bernhardt, J. in Iuliano-Burns, S. (2012). Stepping towards prevention of bone loss after stroke: a systematic review of the skeletal effects of physical activity after stroke. *International Journal of Stroke: Official Journal of the International Stroke Society*, 7(4), 330–335. <https://doi.org/10.1111/j.1747-4949.2011.00645.x>
- de Oliveira, R. D. J., de Oliveira, R. G., de Oliveira, L. C., Santos-Filho, S. D., Sá-Caputo, D. C. in Bernardo-Filho, M. (2023). Effectiveness of whole-body vibration on bone mineral density in postmenopausal women: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Osteoporosis International: A Journal Established as Result of Cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA*, 34(1), 29–52. <https://doi.org/10.1007/s00198-022-06556-y>
- de Oliveira, R. G., Anami, G. E. U., Coelho, E. A. in de Oliveira, L. C. (2022). Effects of Pilates Exercise on Bone Mineral Density in Postmenopausal Women: A Systematic Review and Meta-analysis. *Journal of Geriatric Physical Therapy* (2001), 45(2), 107–114. <https://doi.org/10.1519/JPT.0000000000000309>
- de Sousa, C. V., Sales, M. M., Rosa, T. S., Lewis, J. E., de Andrade, R. V. in Simões, H. G. (2017). The Antioxidant Effect of Exercise: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 47(2), 277–293. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0566-1>
- Dennison, E., Mohamed, M. A. in Cooper, C. (2006). Epidemiology of Osteoporosis. *Rheumatic Disease Clinics*, 32(4), 617–629. <https://doi.org/10.1016/j.rdc.2006.08.003>
- Dionello, C. F., Sá-Caputo, D., Pereira, H. V., Sousa-Gonçalves, C. R., Maiworm, A. I., Morel, D. S., ... Bernardo-Filho, M. (2016). Effects of whole body vibration exercises on bone mineral density of women with postmenopausal osteoporosis without medications: novel findings and literature review. *Journal of Musculoskeletal & Neuronal Interactions*, 16(3), 193–203.
- Fernández-Rodríguez, R., Alvarez-Bueno, C., Reina-Gutiérrez, S., Torres-Costoso, A., Nuñez de Arenas-Arroyo, S. in Martínez-Vizcaíno, V. (2021). Effectiveness of Pilates and Yoga to improve bone density in adult women: A systematic review and meta-analysis. *PloS One*, 16(5), e0251391. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0251391>
- Ganesan, K., Jandu, J. S., Anastasopoulou, C., Ahsun, S. in Roane, D. (2023). Secondary Osteoporosis. V *StatPearls*. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing. Pridobljeno s <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK470166/>
- Glaser, D. L. in Kaplan, F. S. (1997). Osteoporosis. Definition and clinical presentation. *Spine*, 22(24 Suppl), 12S-16S. <https://doi.org/10.1097/00007632-199712151-00003>
- Gómez-Cabello, A., Ara, I., González-Agüero, A., Casajús, J. A. in Vicente-Rodríguez, G. (2012). Effects of training on bone mass in older adults: a systematic review. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 42(4), 301–325. <https://doi.org/10.2165/11597670-000000000-00000>
- Hejazi, K., Askari, R. in Hofmeister, M. (2022). Effects of physical exercise on bone mineral density in older postmenopausal women: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Archives of Osteoporosis*, 17(1), 102. <https://doi.org/10.1007/s11657-022-01140-7>
- Kanis, J. A., Cooper, C., Rizzoli, R. in Reginster, J.-Y. (2019). European guidance for the diagnosis and management of osteoporosis in postmenopausal women. *Osteoporosis International*, 30(1), 3–44. <https://doi.org/10.1007/s00198-018-4704-5>
- Kast, S., Shojaa, M., Kohl, M., von Stengel, S., Gosch, M., Jakob, F., ... Kemmler, W. (2022). Effects of different exercise intensity on bone mineral density in adults: a comparative systematic review and meta-analysis. *Osteoporosis International: A Journal Established as Result of Cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA*, 33(8), 1643–1657. <https://doi.org/10.1007/s00198-022-06329-7>
- Kemmler, W., Shojaa, M., Kohl, M. in von Stengel, S. (2018). Exercise effects on bone mineral density in older men: a systematic review with special emphasis on study interventions. *Osteoporosis International: A Journal Established as Result of Cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA*, 29(7), 1493–1504. <https://doi.org/10.1007/s00198-018-4482-0>
- Kemmler, W., Shojaa, M., Kohl, M. in von Stengel, S. (2020). Effects of Different Types of Exercise on Bone Mineral Density in Postmenopausal Women: A Systematic Review and Meta-analysis. *Calcified Tissue International*, 107(5), 409–439. <https://doi.org/10.1007/s00223-020-00744-w>
- Kim, J. E., Moon, H. in Jin, H. M. (2016). The effects of exercise training and type of exercise training on changes in bone mineral density in Korean postmenopausal women: a systematic review. *Journal of Exercise Nutrition & Biochemistry*, 20(3), 7–15. <https://doi.org/10.20463/jenb.2016.09.20.3.2>
- Kistler-Fischbacher, M., Weeks, B. K. in Beck, B. R. (2021). The effect of exercise intensity on bone in postmenopausal women (part 1): A systematic review. *Bone*, 143, 115696. <https://doi.org/10.1016/j.bone.2020.115696>
- Kitagawa, T., Hiraya, K., Denda, T. in Yamamoto, S. (2022). A comparison of different exercise intensities for improving bone mineral density in postmenopausal women with osteoporosis: A systematic review and meta-analysis. *Bone Reports*, 17, 101631. <https://doi.org/10.1016/j.bonr.2022.101631>
- Kohrt, W. M., Barry, D. W. in Schwartz, R. S. (2009). Muscle Forces or Gravity: What Predominates Mechanical Loading on Bone? *Medicine and science in sports and exercise*, 41(11), 2050–2055. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181a8c717>
- Koshy, F. S., George, K., Poudel, P., Chalasani, R., Goonathilake, M. R., Waqar, S., ... Mohammed, L. (2022). Exercise Prescription and the Minimum Dose for Bone Remodeling Needed to Prevent Osteoporosis in

- Postmenopausal Women: A Systematic Review. *Cureus*, 14(6), e25993. <https://doi.org/10.7759/cureus.25993>
23. Lane, N. E. (2006). Epidemiology, etiology, and diagnosis of osteoporosis. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*, 194(2, Supplement), S3–S11. <https://doi.org/10.1016/j.jog.2005.08.047>
24. Lim, S. Y. in Bolster, M. B. (2015). Current approaches to osteoporosis treatment. *Current Opinion in Rheumatology*, 27(3), 216–224. <https://doi.org/10.1097/BOR.0000000000000169>
25. Liu, F. in Wang, S. (2017). Effect of Tai Chi on bone mineral density in postmenopausal women: A systematic review and meta-analysis of randomized control trials. *Journal of the Chinese Medical Association: JCMA*, 80(12), 790–795. <https://doi.org/10.1016/j.jcma.2016.06.010>
26. Marín-Cascales, E., Alcaraz, P. E., Ramos-Campo, D. J., Martínez-Rodríguez, A., Chung, L. H. in Rubio-Arias, J. Á. (2018). Whole-body vibration training and bone health in postmenopausal women: A systematic review and meta-analysis. *Medicine*, 97(34), e11918. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000011918>
27. Massini, D. A., Nedog, F. H., de Oliveira, T. P., Almeida, T. A. F., Santana, C. A. A., Neiva, C. M., ... Pessôa Filho, D. M. (2022). The Effect of Resistance Training on Bone Mineral Density in Older Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Healthcare (Basel, Switzerland)*, 10(6), 1129. <https://doi.org/10.3390/healthcare10061129>
28. Mohammad Rahimi, G. R., Smart, N. A., Liang, M. T. C., Bijeh, N., Albanaqi, A. L., Fathi, M., ... Mohammad Rahimi, N. (2020). The Impact of Different Modes of Exercise Training on Bone Mineral Density in Older Postmenopausal Women: A Systematic Review and Meta-analysis Research. *Calcified Tissue International*, 106(6), 577–590. <https://doi.org/10.1007/s00223-020-00671-w>
29. Moreira, L. D. F., Fronza, F. C. A. O., dos Santos, R. N., Zach, P. L., Kunii, I. S., Hayashi, L. F., ... Castro, M. L. (2014). The benefits of a high-intensity aquatic exercise program (HydROS) for bone metabolism and bone mass of postmenopausal women. *Journal of Bone and Mineral Metabolism*, 32(4), 411–419. <https://doi.org/10.1007/s00774-013-0509-y>
30. Morseth, B., Emaus, N. in Jørgensen, L. (2011). Physical activity and bone: The importance of the various mechanical stimuli for bone mineral density. A review. *Norsk Epidemiologi*, 20(2). <https://doi.org/10.5324/njev.2012.1338>
31. Nomura, S. in Takano-Yamamoto, T. (2000). Molecular events caused by mechanical stress in bone. *Matrix Biology*, 19(2), 91–96. [https://doi.org/10.1016/S0945-053X\(00\)00050-0](https://doi.org/10.1016/S0945-053X(00)00050-0)
32. Oliveira, L. C., Oliveira, R. G. in Pires-Oliveira, D. A. A. (2016). Effects of whole body vibration on bone mineral density in postmenopausal women: a systematic review and meta-analysis. *Osteoporosis International: A Journal Established as Result of Cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA*, 27(10), 2913–2933. <https://doi.org/10.1007/s00198-016-3618-3>
33. Polidoulis, I., Beyene, J. in Cheung, A. M. (2012). The effect of exercise on pQCT parameters of bone structure and strength in postmenopausal women—a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Osteoporosis International: A Journal Established as Result of Cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA*, 23(1), 39–51. <https://doi.org/10.1007/s00198-011-1734-7>
34. Raisz, L. G. in Prestwood, K. M. (2000). Epidemiology and pathogenesis of osteoporosis. *Clinical Cornerstone*, 2(6), 1–7. [https://doi.org/10.1016/S1098-3597\(00\)90001-2](https://doi.org/10.1016/S1098-3597(00)90001-2)
35. Schinzel, E., Kast, S., Kohl, M., von Stengel, S., Jakob, F., Kersch-Schindl, K., ... Kemmler, W. (2023). The effect of aquatic exercise on bone mineral density in older adults. A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Physiology*, 14, 1135663. <https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1135663>
36. Segev, D., Hellerstein, D. in Dunsky, A. (2018). Physical activity—does it really increase bone density in postmenopausal women? A review of articles published between 2001–2016. *Current Aging Science*, 11(1), 4–9. <https://doi.org/10.2174/1874609810666170918170744>
37. Shea, B. J., Grimshaw, J. M., Wells, G. A., Boers, M., Andersson, N., Hamel, C., ... Bouter, L. M. (2007). Development of AMSTAR: a measurement tool to assess the methodological quality of systematic reviews. *BMC Medical Research Methodology*, 7(1), 10. <https://doi.org/10.1186/1471-2288-7-10>
38. Shojaa, M., von Stengel, S., Kohl, M., Schoene, D. in Kemmler, W. (2020a). Effects of dynamic resistance exercise on bone mineral density in postmenopausal women: a systematic review and meta-analysis with special emphasis on exercise parameters. *Osteoporosis International: A Journal Established as Result of Cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA*, 31(8), 1427–1444. <https://doi.org/10.1007/s00198-020-05441-w>
39. Shojaa, M., Von Stengel, S., Schoene, D., Kohl, M., Barone, G., Bragonzoni, L., ... Kemmler, W. (2020b). Effect of Exercise Training on Bone Mineral Density in Post-menopausal Women: A Systematic Review and Meta-Analysis of Intervention Studies. *Frontiers in Physiology*, 11, 652. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.00652>
40. Simas, V., Hing, W., Pope, R. in Climstein, M. (2017). Effects of water-based exercise on bone health of middle-aged and older adults: a systematic review and meta-analysis. *Open Access Journal of Sports Medicine*, 8, 39–60. <https://doi.org/10.2147/OAJSM.S129182>
41. Souza, D., Barbalho, M., Ramirez-Campillo, R., Martins, W. in Gentil, P. (2020). High and low-load resistance training produce similar effects on bone mineral density of middle-aged and older people: A systematic review with meta-analysis of randomized clinical trials. *Experimental Gerontology*, 138, 110973. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2020.110973>
42. Stein, E. in Shane, E. (2003). Secondary osteoporosis. *Endocrinology and Metabolism Clinics*, 32(1), 115–134. [https://doi.org/10.1016/S0889-8529\(02\)00062-2](https://doi.org/10.1016/S0889-8529(02)00062-2)
43. Su, Y., Chen, Z. in Xie, W. (2020). Swimming as Treatment for Osteoporosis: A Systematic Review and Meta-analysis. *BioMed Research International*, 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/6210201>
44. Sun, Z., Chen, H., Berger, M. R., Zhang, L., Guo, H. in Huang, Y. (2016). Effects of tai chi exercise on bone health in perimenopausal and postmenopausal women: a systematic review and meta-analysis. *Osteoporosis International: A Journal Established as Result of Cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA*, 27(10), 2901–2911. <https://doi.org/10.1007/s00198-016-3626-3>
45. Tong, X., Chen, X., Zhang, S., Huang, M., Shen, X., Xu, J. in Zou, J. (2019). The Effect of Exercise on the Prevention of Osteoporosis and Bone Angiogenesis. *BioMed Research International*, 2019, e8171897. <https://doi.org/10.1155/2019/8171897>
46. Tsuda, T. (2017). Epidemiology of fragility fractures and fall prevention in the elderly: a systematic review of the literature. *Current Orthopaedic Practice*, 28(6), 580–585. <https://doi.org/10.1097/BCO.0000000000000563>
47. Wei, X., Xu, A., Yin, Y. in Zhang, R. (2015). The potential effect of Wuqinxi exercise for primary osteoporosis: A systematic review and meta-analysis. *Maturitas*, 82(4), 346–354. <https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2015.08.013>
48. Wherry, S. J., Miller, R. M., Jeong, S. H. in Beavers, K. M. (2021). The Ability of Exercise to Mitigate Caloric Restriction-Induced Bone Loss in Older Adults: A Structured Review of RCTs and Narrative Review of Exercise-Induced Changes in Bone Biomarkers. *Nutrients*, 13(4), 1250. <https://doi.org/10.3390/nu13041250>
49. Yan, Y., Tan, B., Fu, F., Chen, Q., Li, W., Chen, W. in He, H. (2021). Exercise vs Conventional Treatment for Treatment of Primary Osteoporosis: A Sys-

stematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Orthopaedic Surgery*, 13(5), 1474–1487. <https://doi.org/10.1111/os.13036>

50. Zhang, L., Zheng, Y.-L., Wang, R., Wang, X.-Q. in Zhang, H. (2022). Exercise for osteoporosis: A literature review of pathology and mechanism. *Frontiers in Immunology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2022.1005665>
51. Zhang, S., Huang, X., Zhao, X., Li, B., Cai, Y., Liang, X. in Wan, Q. (2022). Effect of exercise on bone mineral density among patients with osteoporosis and osteopenia: A systematic review and network meta-analysis. *Journal of Clinical Nursing*, 31(15–16), 2100–2111. <https://doi.org/10.1111/jocn.16101>
52. Zhao, R., Zhang, M. in Zhang, Q. (2017). The Effectiveness of Combined Exercise Interventions for Preventing Postmenopausal Bone Loss: A Systematic Review and Meta-analysis. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 47(4), 241–251. <https://doi.org/10.2519/jospt.2017.6969>

Anja Pavšič, dipl. fiziot.
Dom upokoencev Podbrdo,
anja.pavsic@gmail.com

SEZNAM KRATIC IN OKRAJŠAV

Σk	Celoten kol
AV	Aerobna vadba
DTV	Duševo-telesna vadba
DXA	Angl. dual-energy X-ray absorptiometry, dvoenergijska rentgenska absorpciometrija
KV	Kombinirana vadba
LH	Ledvena hrbtenica
MKG	Mineralna kostna gostota
pQCT	Angl. peripheral quantitative computed tomography, periferna kvantitativna računalniška tomografija
Tro	Trohanter
UA	Udarne aktivnosti
VF	Vrat stegenice
VPU	Vadba proti upor
VT	Vibracijski trening
VVV	Vadba v vodi
WT	Wardov trikotnik



Foto: T. Leish (<https://www.pexels.com/>)