



**Silvo Pšeničnik Sluga<sup>1</sup>,  
Žiga Kozinc<sup>1,2</sup>**

## Proprioceptivna in senzorno-motorična vadba: primerjava konceptov in učinki na ravnotežje pri starejših odraslih

### Izvleček

Ravnotežje je med ključnimi gibalnimi sposobnostmi, ki omogočajo starejšim odraslim neodvisno, učinkovito in varno gibanje. Proprioceptivna in senzorno-motorična vadba se v literaturi pogosto omenjata kot učinkovita pristopa za izboljšanje ravnotežja in gibalne funkcije pri tej populaciji. Hkrati ni povsem jasno, v čem se vadbena pristopa razlikujeta in kateri je učinkovitejši. Izsledki našega pregleda literature kažejo, da imata proprioceptivna in senzorno-motorična vadba podobne pozitivne učinke na ravnotežje pri starejših osebah. Predvsem pri dinamičnem ravnotežju so v dosedanjih študijah prišli do pomembnega izboljšanja in posledično tudi zmanjšanja števila padcev. Med vsemi študijami, v katerih so vadbo opredelili kot proprioceptivno, so le v dveh poročali, da se statično ravnotežje ni izboljšalo, v eni raziskavi pa se ni izboljšala stabilnost med hojo. Ugotavljamo, da so avtorji, ki trening oziroma vadbo opredeljujejo kot senzorno-motorično, prišli do podobnih rezultatov. Tudi v tem primeru le v dveh raziskavah niso ugotovili statistično pomembnega izboljšanja statičnega ravnotežja (gibanje centra pritiska na ploščah za merjenje sil), pri eni pa so ugotovili, da se je izboljšalo samo pri moških. Na podlagi vadbenih intervencij, ki so jih avtorji izvajali v svojih raziskavah, ugotavljamo, da avtorji nekonsistentno opredeljujejo proprioceptivni in senzorno-motorični trening. Prav tako smo ugotovili, da so avtorji v dveh raziskavah enako vadbeno intervencijo enkrat opredelili kot proprioceptivno, drugič pa kot senzorno-motorično, čeprav gre za različna izraza oziroma pristopa.

*Ključne besede:* starostniki, propriocepcija, motorika, trening ravnotežja.



Freepik.com ([freepik.com/free-photo/cheerful-senior-couple-training-together-sitting-yoga-mat-old-person-healthy-active-lifestyle-exercise-workout-home-elderly-training-fitness\\_15934625.htm](https://www.freepik.com/free-photo/cheerful-senior-couple-training-together-sitting-yoga-mat-old-person-healthy-active-lifestyle-exercise-workout-home-elderly-training-fitness_15934625.htm))

## Proprioceptive and sensorimotor training: a comparison of concepts and the effects on balance ability in older adults

### Abstract

Postural balance is one of the most important abilities that enable older adults to move independently, efficiently, and safely. Proprioceptive training and sensorimotor training are frequently cited in the literature as effective approaches to improve balance and motor function in this population. At the same time, it is not entirely clear how the two training approaches differ and which of them is more effective. The results of our literature review show that proprioceptive and sensorimotor training have similar positive effects on balance in older adults. In particular, for dynamic balance, there were significant improvements in balance and, as a result, a reduction in the number of falls. Authors who defined training as proprioceptive reported improvements in static balance in all but two studies, while there was no improvement in stability during walking in one study. The authors defining training/exercise as sensorimotor reached similar conclusions. Only two studies failed to find a statistically significant improvement in static balance (movement of the center of pressure on force plates), and one study found that there was improvement only in male subjects. Based on the training measures the authors used in their studies, we note that some the authors defined proprioceptive and sensorimotor training inconsistently. In addition, we found that in two studies, the authors defined the same training intervention once as proprioceptive and the second time as sensorimotor, although they are two different expressions or approaches.

*Key words:* elderly, proprioception, motor skills, balance training.

<sup>1</sup> Univerza na Primorskem, Fakulteta za vede o zdravju, Polje 42, SI-6310, Izola

<sup>2</sup> Univerza na Primorskem, Inštitut Andrej Marušič, Muzejski trg 2, SI-6000, Koper

## Uvod

Število starejših odraslih se z leti povečuje, kar pomeni, da se sočasno povečuje tudi število s staranjem povezanih obolenj in mišično-skeletnih poškodb. S starostjo povezano funkcionalno zmanjšanje mišične zmogljivosti in upad delovanja senzoričnih sistemov sta poleg številnih drugih težav med vzroki za poslabšanje ravnotežja, to pa povečuje tveganje za padce (Rogers, Page in Takeshima, 2013). Sistematični pregledi literature so pokazali, da so dejavniki tveganja za padce starost, zgodovina padcev, nestabilnost med hojo, kognitivne motnje, gibalna neaktivnost, uporaba antidepressivov, zmedenost in urinska inkontinenca (Cameron idr., 2018). Vieira, Freund-Heritage in da Costa (2011) navajajo, da so razlogi za padce zunanje ovire, vrtoglavica, motnje spanja, kronične bolezni, različna zdravila in odvisnost od pomoči drugih oseb.

Poškodbe pri padcih imajo zdravstvene, psihološke in socialne posledice ter so povezane z visokimi stroški zdravljenja. Pogosto zahtevajo dolgotrajno zdravljenje, povzročijo psihološke in gibalne omejitve ter lahko vodijo v izgubo samostojnosti (Hauer idr., 2001). Padci in poškodbe, povezane z njimi, so pri starejših zelo pogosti, saj vsako leto pade približno 30 % odraslih, starejših od 60 let. Padci so verjetnejši pri fizično šibkejših posameznikih, in tistih, ki živijo v skupnostih za starejše. Posledice padcev so poškodbe mehkih tkiv, zlomi kosti, poznejše težave z mobilnostjo in depresija (Montero-Odasso idr., 2021).

Strategije za preprečevanje padcev imajo pomembno vlogo pri zmanjševanju števila padcev in z njimi povezanih neželenih učinkov (Chantanachai idr., 2021). Veliko študij dokazuje, da so vadbene intervencije, ki vključujejo vadbo za ravnotežje in trening hoje, učinkovite pri zmanjševanju tveganja za padce (Borges idr., 2021). Proprioceptivni in senzorno-motorični trening sta možna pristopa za preprečevanje padcev in izboljšanje ravnotežja. Številne študije vključujejo nestabilno površino za izboljšanje propriocepcije nog (Martínez-Amat idr., 2013). Espejo-Antúnez, Pérez-Mármol, de los Ángeles Cardero-Durán, Toledo-Marhuenda in Albornoz-Cabello (2020) so zapisali, da je cilj proprioceptivne vadbe spodbujati proprioceptivne senzorične dražljaje v specifičnih položajih in med dinamičnim gibanjem. V mnogi študijah so ugotovili učinkovitost vpliva treninga funkcionalne vadbe na zmanjšanje padcev. Prav tako po navedbah različnih avtorjev to

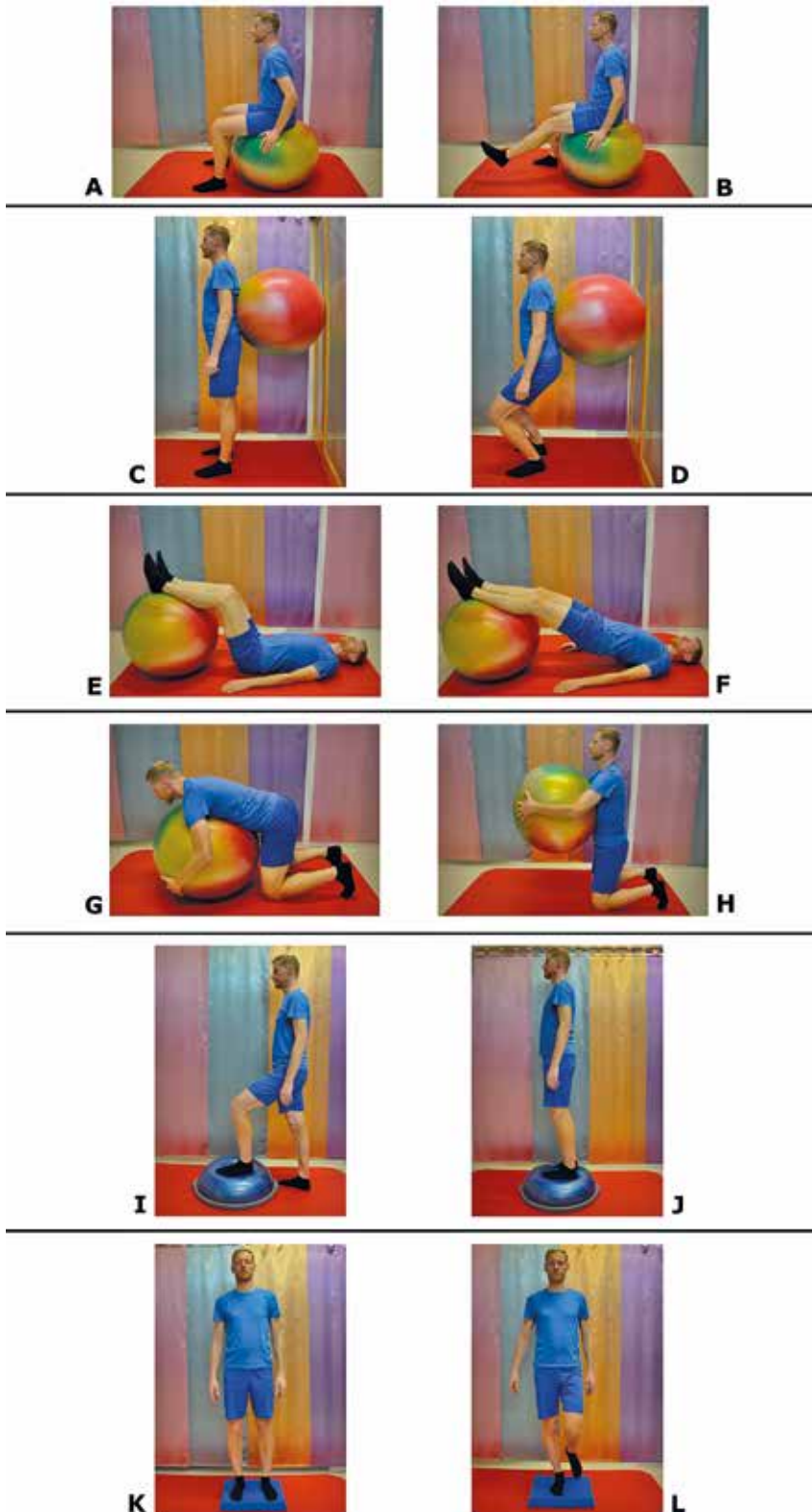
velja za vadbo v domačem okolju (Barnett, 2003).

Senzorno-motorični trening zajema pospešen vnos somatosenzoričnih in proprioceptivnih dražljajev, odpravlja mišično neravnovesje in zagotavlja pravilen motorični program na ravni centralnega živčnega sistema (Ahmad, Noohu, Verma, Singla in Hussain, 2019). Centralni živčni sistem združuje senzorične in motorične informacije za izvajanje spretnih in usklajenih gibov telesa. Ta proces imenujemo senzorno-motorična integracija. Vzajemno medsebojno delovanje senzoričnih in motoričnih sistemov je pogoj za učenje in izvajanje usklajenega gibanja. Propriocepcija je temelj kinestezije, opredeljena je kot sposobnost organizma za zaznavanje položaja, sile v prostoru in gibanja sklepov. Propriocepcijo lahko opredelimo kot kumulativni senzorični vnos v centralni živčni sistem iz proprioceptorjev v kitah, mišicah, vezeh in sklepnih kapsulah (Ferlinc, Fabiani, Velnar in Gradišnik, 2019). Plastičnost nevronov nam omogoča, da s senzorno-motoričnim treningom vplivamo nanje, ter je bistvenega pomena za razvoj in normalno delovanje živčnega sistema. Nevralna plastičnost je sposobnost živčnega sistema, da spremeni funkcionalno in strukturno stanje kot odziv na zunanje (ekstrinzične) in notranje (intrinzične) dejavnike (Ganguly in Poo, 2013). Riva idr. (2019) v študiji ugotavljajo, da se stabilnost starejših preiskovancev med stanjem na eni nogi po 6-tedenski proprioceptivni vadbi znatno izboljša. Prav tako navajajo, da njihovi predhodni rezultati za obdobje 10 let kažejo postopno in kontinuirano izboljšanje stabilnosti pri starejših med 60. in 75. letom starosti. Na podlagi rezultatov ugotavljajo, da bi zgodnja preventivna intervencija lahko zmanjšala število padcev in s tem znižala stroške zdravljenja njihovih posledic.

Kljub velikemu številu študij o proprioceptivni in senzorno-motorični vadbi še ni povsem razjasnjeno, kaj natančno ta izraza pomenita, kaj avtorji vključujejo v intervencije in kakšni so učinki teh dveh vrst vadbe na ravnotežje pri starejših. Namen tega članka je pregledati študije, izvedene med starejšimi, ki so intervencije poimenovala kot »proprioceptivno« ali »senzorno-motorično« vadbo oziroma trening. Preučili bomo, kako različni avtorji opredelijo (če sploh) omenjena vadbena pristopa, katere vadbene vsebine so vključili v svoje programe ter kakšni so bili učinki teh na ravnotežje starejših oseb.

## ■ Proprioceptivni trening

Številne študije vključujejo nestabilno površino v trening propriocepcije nog, saj ta vrsta treninga spodbuja delovanje proprioceptivnega sistema, ki prispeva h generiranju gibalnih odzivov in stabilizaciji sklepov (Martínez-Amat idr., 2013). Martínez-Amat idr. (2013) so proprioceptivni trening izvajali na nestabilni površini in za ustvarjanje nestabilnosti uporabili različne pripomočke, kot sta velika žoga (Swiss ball) (Slika 1 A–H) in mehka polžoga (BOSU) (Slika 1 I–J). Program vadbe je obsegal 6 specifičnih proprioceptivnih vaj, preiskovanci so jih izvajali v statičnih in dinamičnih pogojih. Avtorji so v trening vključili kombinacijo vadbe v stojećem, sedečem, klečečem in ležečem položaju, preiskovanci pa so bili v vseh položajih vedno v stiku z vadbениm pripomočkom, ki jim je zagotavljal nestabilno oporo (Slika 1 A–J). Vadbo so razdelili na 3 faze, in sicer v začetno, vmesno in napredno, kar je pomenilo, da je bila vadba za preiskovance čedalje zahtevnejša (postopno manj opore z rokami med stojo, več fleksije v kolkih in kolenih pri počepu ter vadba z odprtimi in pozneje zaprtimi očmi). Proprioceptivni trening s šestimi specifičnimi vajami na veliki žogi in mehki polžogi so preiskovanci izvajali tudi v študiji, ki so jo izvedli Martínez-López, Hita-Contreras, Jiménez-Lara, Latorre-Román in Martínez-Amat (2014). Martínez-Amat idr. (2013) so po 12-tedenski proprioceptivni vadbi poročali o statistično pomembnem izboljšanju ravnotežja v mirni stoji pri preiskovancih tako v anteriorno-posteriorni kot medialno-lateralni smeri z odprtimi in zaprtimi očmi. Prav tako pri eksperimentalni skupini poročajo o statistično pomembnem izboljšanju rezultatov Rombergovega količnika v primerjavi s kontrolno skupino. Izboljšala sta se tudi rezultat Tinnetijeve lestvice statičnega in dinamičnega ravnotežja (za 14,6 %) ter rezultat Bergove lestvice za oceno ravnotežja (za 11,5 %). Martínez-López idr. (2014) prav tako poročajo o izboljšanju dinamičnega ravnotežja in gibljivosti, ni pa bilo statistično pomembnih razlik pri gibljivosti kolčnega sklepa in statičnega ravnotežja. Pri eksperimentalni skupini so se rezultati Bergove lestvice za oceno ravnotežja izboljšali z 42,3 na 47,2 točke, pri Tinnetijevem testu pa z 22,9 na 26,3 točke. Po intervenciji se je delež preiskovancev z motnjami ravnotežja (Bergova lestvica ravnotežja) spremenil s 60 % na 30 % in z visokim tveganjem za padce (Tinnetijev test) s 55 % na 10 %.

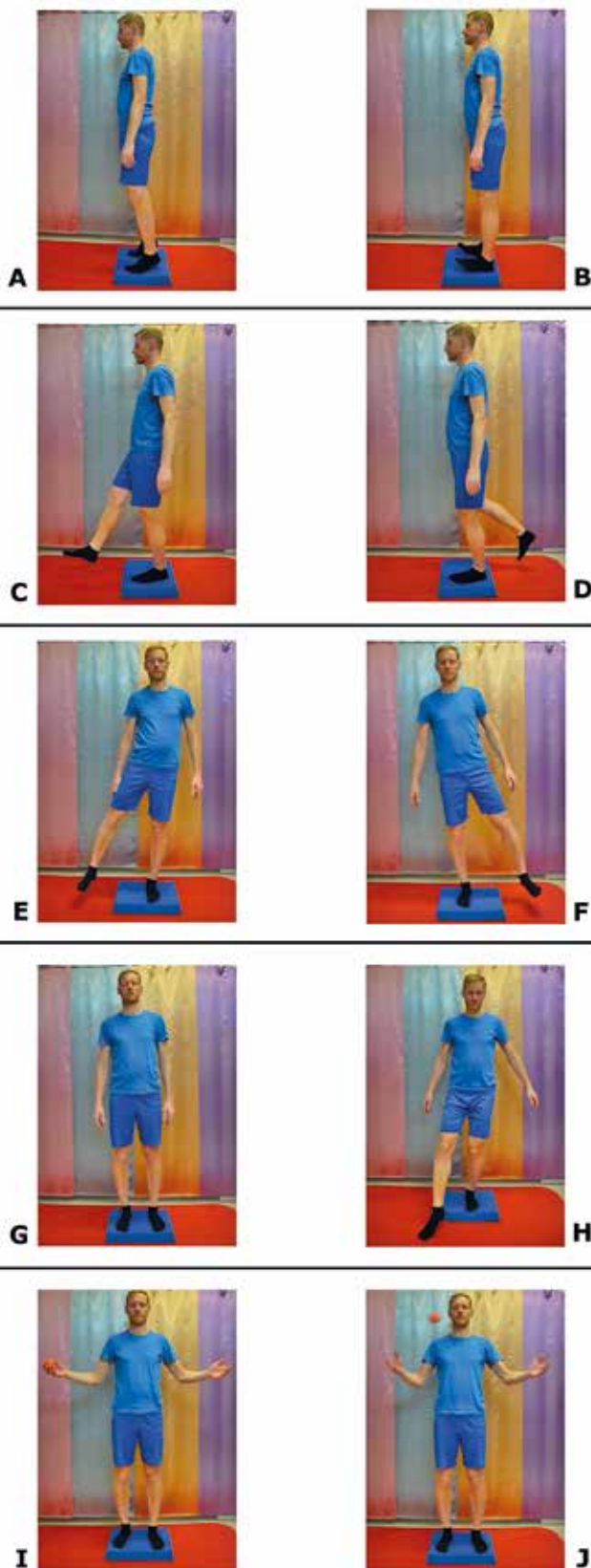


Slika 1. Proprioceptivni trening z veliko žogo, polžogo in ravnotežno blazino

da informacije čutil za položaj telesa in za gibanje telesnih segmentov potujejo po različnih poteh (Proske in Gandevia, 2009). Espejo-Antúnez, Pérez-Mármol, de los Ángeles Cardero-Durán, Toledo-Marhuenda in Albornoz-Cabello (2020) so zapisali, da je bil cilj njihove vadbe posredovati senzorične informacije v centralni živčni sistem prek proprioceptivnih in kinestetičnih vnosov v specifičnih položajih in med dinamičnim gibanjem. V trening so vključili vadbo z odprtimi očmi in vadbo z zaprtimi očmi. Ta strategija lahko aktivno usmerja pozornost na gibe in položaj telesa ter to integrira v centralni živčni sistem z novimi sinaptičnimi povezavami. Vadba je vključevala stopanje na prste in pete nog (Slika 2 A in B), statično (Slika 1 K in L) in dinamično stoji na eni nogi izmenično (Slika 2 C–F), hojo po ravni črti, iztegovanje rok naprej med stoji na obeh nogah ter vaje sede na stolu s premikanjem rok, v katerih so držali žogo. Riva idr. (2019) so v svoji študiji izvajali visokofrekvenčni proprioceptivni trening, ki je temeljil na aktivnem obvladovanju visokofrekvenčne nestabilnosti na ravnotežni deski, s čimer so želeli povečati prispevek proprioceptorjev in optimizirati doprinos vidnih informacij pri vzdrževanju ravnotežja. Preiskovanci so se med vadbo zaradi varnosti z obema rokama držali za podporno površino. Ravnotežna deska se je nagibala v smeri pronacije, supinacije, plantarne fleksije in dorzalne fleksije z nagibi do 15 stopinj. Trening je temeljil na več različnih konceptih, saj so preiskovanci vaje izvajali v različnih smereh nagiba ravnotežne deske z dodelitvijo posebnih nalog, ki so vplivale na gibanje gležnja, in dodatne interakcije z vizualnim podajanjem informacij na zaslonu. Iram, Kashif, Hassan, Bunyad in Asghar (2021) so v iskanju povezave med proprioceptorji in ravnotežjem izvajali vadbo, ki so jo razdelili na 3 dele. V prvem delu so preiskovanci stali na penasti podlagi in si podajali manjšo žogo iz roke v roko z odprtimi in zaprtimi očmi (Slika 2 I in J). V drugem delu vadbe so si v parih podajali žogo med seboj in med tem stali na penasti podlagi. V tretjem delu so preiskovanci pri podajanju žoge med seboj stali na trampolinu, ki jim je zagotavljal še več nestabilnosti kot v prvih dveh delih vadbe. Espejo-Antúnez idr. (2020) so v študiji poročali o znatnem izboljšanju funkcionalne zmogljivosti pri preiskovancih, saj so po intervenciji povprečno dosegli za 6,67 s krajši čas na testu vstani in pojdi ter v povprečju prehodili 32,63 m daljšo razdaljo na Cooperjevem testu hoje. Povprečna vrednost Tinettijevega testa

Nekateri avtorji v literaturi opisujejo kinestezijo zgolj kot gibalno čutilo, vendar je kinestezija sestavljena iz občutka za položaj telesa in občutka za gibanje (Proske,

2005). Kinestezija se nanaša na sposobnost zaznavanja telesa v prostoru in gibanja okončin glede na preostali del telesa brez vizualnega vnosa. Dokazi potrjujejo,



Slika 2. Proprioceptivni trening na ravnotežni blazini

je bila v eksperimentalni skupini 23,05, v kontrolni pa 19,88. Visokofrekvenčni proprioceptivni trening je izboljšal stabilnost preiskovancev, testiranih s testom stoje na eni nogi, za 18,9 %. Pri hoji po tekalni stezi s stopnjevanjem hitrosti pri preiskovancih ni bilo statistično pomembnega izboljšanja indeksa stabilnosti (Riva idr., 2019).

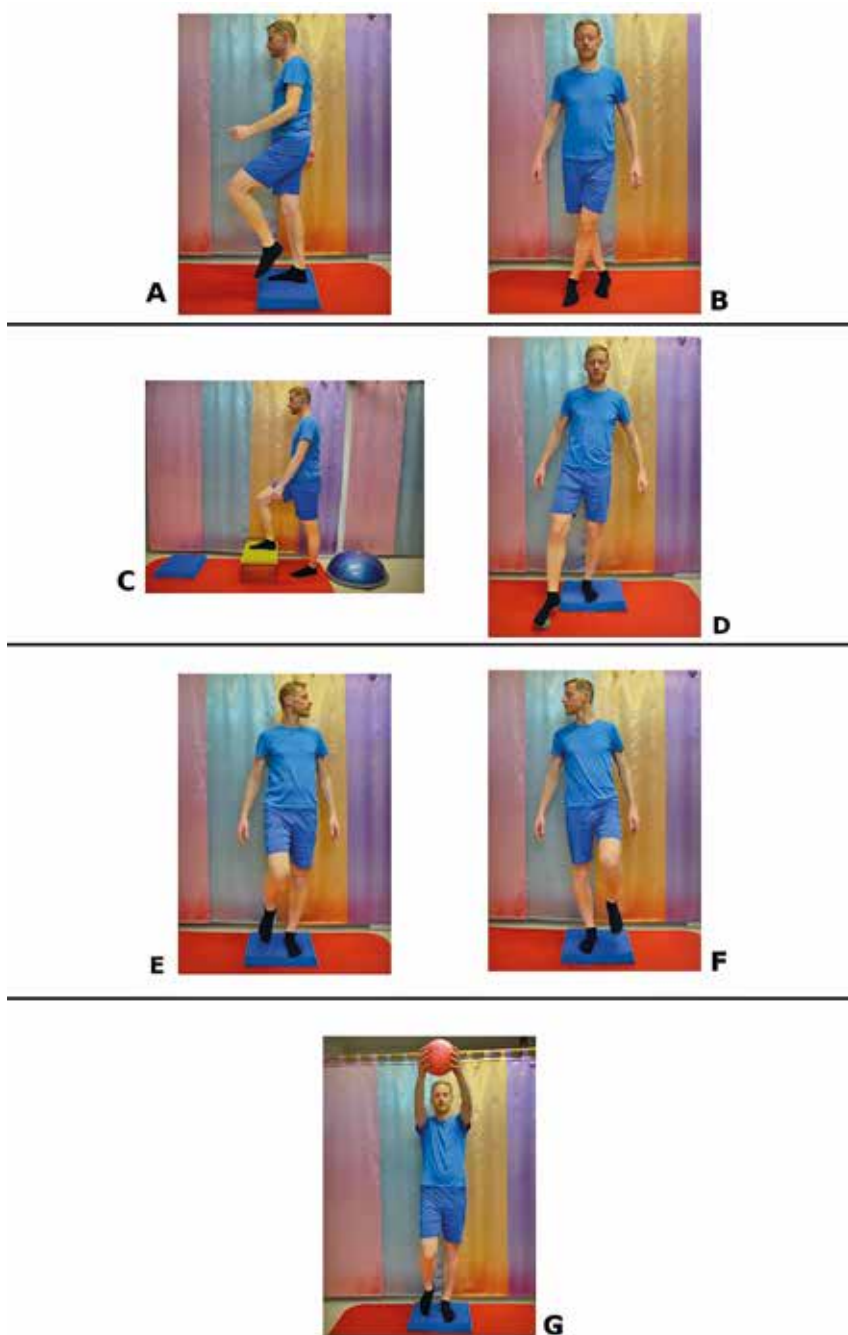
V mnogo študijah so ugotovili učinkovitost vpliva treninga funkcionalne vadbe na zmanjšanje padcev. Prav tako po navedbah različnih avtorjev to velja za vadbo v domačem okolju (Barnett, 2003). Teixeira idr. (2009) so v študiji izvajali funkcionalne vaje za izboljšanje propriocepcije po progresivnem zaporedju. Preiskovanci so vadbo začeli na stabilni površini in nadaljevali na nestabilni. Izvajali so hojo brez ovir, nato hojo z ovirami, hojo naprej z odprtimi in nato z zaprtimi očmi. Začeli so z nizko intenzivno vadbo in nadaljevali z visoko intenzivno. Sonožno stojo so nadgradili z enonožno, nestabilno površino pa so preiskovalci dosegli z ravnotežno blazino in trampolinom. Borges idr. (2021) so primerjali nadzorovano proprioceptivno vadbo z vadbo v domačem okolju. Vaje so bile sestavljene iz petih sklopov. Začeli so s korakanjem na mestu na bombažni blazini ter drsenjem nog (izmenično z eno in drugo nogo) na trdi podlagi, kot bi s stopali brisali po tleh (Slika 2 H). Nadaljevali so v sedečem položaju s prijemanjem bombažne krpe s prsti na nogah in premikanjem krpe v vse smeri. Zadnji dve vaji so preiskovanci izvedli na penasti podlagi debeline 2 cm s korakanjem na mestu in stojo na obeh nogah, medtem, ko so nagibali zgornji del telesa naprej, nazaj, levo in desno ter krožili z boki v obe smeri. Prav tako so vadbo za propriocepcijo v domačem okolju, ki je trajala 12 tednov, nadzirali Pérez-Ros, Martínez-Arnau, Malafarina in Tarazona-Santabalbina (2016), vendar v svoji študiji niso podrobno opredelili vaj, ki so jih preiskovanci izvajali. Teixeira idr. (2009) so pri svojih preiskovancih po 18 tednih spremljanja ugotovili statistično pomembno izboljšanje povprečnih rezultatov pri Bergovi lestvici ravnotežja (za 3,86 točke) ter pri testu vstani in pojdi (za 4,25 s). Dodatno so poročali, da so v eksperimentalni skupini po poznejšem spremljanju ugotovili 16 %, v kontrolni skupini pa kar 38 % padcev. Borges idr. (2021) v svoji študiji niso odkrili statistično pomembnih razlik pri rezultatih testa BEST in vrednostih gibanja težišča telesa s pomočjo plošč za merjenje sil med eksperimentalnima skupinama in kontrolno skupino. Pérez-Ros idr. (2016) so po 12 mesecih spremljanja svojih

preiskovancev ugotovili za 10 % manjšo incidenco padcev kot pred intervencijo.

## ■ Senzorno-motorični trening

Avtorji senzorno-motorični trening običajno omenjajo v povezavi s senzorično-motorično integracijo. Centralni živčni sistem združuje senzorične in motorične informacije za izvajanje spretnih in usklajenih gibov telesa. Vzajemno medsebojno delovanje senzoričnih in motoričnih sistemov je prvi pogoj za učenje in izvajanje usklajenega gibanja. Ahmad, Noohu, Verma, Singla in Hussain (2019) so zapisali, da senzorno-motorični trening vključuje pospešen vnos somatosenzornih in proprioceptivnih dražljajev, odpravlja mišično neravnovesje in zagotavlja pravilen motorični program na ravni centralnega živčnega sistema. Njihov trening je bil sestavljen iz vadbe za ravnotežje na nestabilni podlagi, vaj za krepitev mišic trupa in treninga hoje. Izvajali so počepa z drsenjem hrbta po navpični površini, vaje stoje na eni nogi izmenično ter stopanje na prste in pete obeh nog na ravnotežni blazini. Dodatno so izvajali vaji za krepitev mišic trupa in trening različnih vzorcev hoje. Podoben trening po sistemu krožne vadbe so izvajali Da Silva idr. (2013). Kot so zapisali, so senzorno-motorične vaje izvajali v različnih kombinacijah na stabilnih in nestabilnih površinah, z odprtimi in zaprtimi očmi in s stojo na obeh ter na eni in drugi nogi izmenično. Trening hoje so izvajali s hojo naprej, vzvratno, bočno v levo in desno stran (Slika 3 B), čez ovire (Slika 3 C), po stopnicah in s spremembami smeri hoje glede na zvočne signale, ki so jim jih dajali preiskovalci.

Senzorno-motorični trening hoje in vadbo na različnih podpornih površinah so v svoji študiji uporabili tudi Gomiero idr. (2017). Pri vadbi so uporabljali ravnotežno blazino in desko ter manjši trampolin. Silva, Figueredo Borges Botelho, de Oliveira Guirro, Vaz in de Abreu (2015) so ocenjevali učinke somatosenzoričnega treninga v stoječem in sedečem položaju. Menijo, da lahko kronična sprememba v organizmu prekine aferentne in eferentne živčne signale spodnjih okončin, zato so izvedli vadbo za spodbujanje teh signalov. Trening je bil sestavljen iz 13 vadbenih postaj z različnimi podpornimi površinami: 10 cm debela pena z visoko gostoto, lesena škatla s fižolom, 2 cm debela pena z nizko gostoto, lesena škatla z bombažem, 2 cm debela podloga, ravno-



Slika 3. Senzorno-motorični trening

težna deska, brisača, 10 cm debela podloga, žogice s premerom 10 cm, lesena škatla s prosom in brusni papir. Vaje s ponovitvami so vključevale trening ravnotežja, koordinacije, koncentracije in krepitev mišic stopal s ciljem spodbujanja mehanizmov nevroplastičnosti za izboljšanje senzoričnega sistema. Udeležencem so naročili, naj ostanejo 2 minuti na vsaki postaji ter z gibanjem sledijo počasnim in hitrim ritmom glasbe. Ahmad idr. (2019) so poročali o znatnem izboljšanju rezultatov preiskovan-

cev pri funkcionalnem testu dosega, testu vstani in pojdi ter vrednotenju gibanja težišča telesa s pomočjo plošč za merjenje sil, medtem ko pri testu stoje na eni nogi z odprtimi in zaprtimi očmi niso zaznali izboljšanja. Da Silva idr. (2013) so poročali o izboljšanju pri testu vstani in pojdi z 9,82 na 7,1 sekunde, Bergovi lestvici ravnotežja z 51,05 na 54,78 točke in Tinettijevi lestvici s 25,29 na 27,6 točke. V kontrolni skupini niso opazili razlik. Gomiero idr. (2017) so po 16 tednih senzorno-motoričnega treninga

poročali o izboljšanju povprečja rezultatov pri testu vstani in pojdi z 9,1 na 7,9 sekunde in Tinettijevem testu s 24,3 na 26 točk. Silva idr. (2015) so zaznali statistično pomembne razlike v gibanju težišča telesa z odprtimi in zaprtimi očmi v anteriorno-posteriorni smeri, v medialno-lateralni smeri pa ni bilo statistično pomembnega izboljšanja. Za celotno površino nihanja gibanja težišča telesa niso zaznali statistično pomembnih razlik za izboljšanje ravnotežja.

Raziskovalci ugotavljajo, da lahko trening korakanja pomaga pri izvedbi pravilnih, hitrih in dobro usmerjenih korakov, kar je ključnega pomena pri preprečevanju padcev. Tovrsten trening je specifičen še posebej v nestabilnih pogojih, saj izboljšuje živčno-mišične, psihološke in senzorno-motorične sposobnosti posameznika (Okubo, Schoene in Lord, 2016). Morat idr. (2019) navajajo, da je senzorno-motorična vadba korakanja bolj specifična za boljše ravnotežje in preprečevanje padcev kot klasične vaje za izboljšanje ravnotežja (zadrževanje položajev). Opravili so nadzorovano vadbo s specifičnim protokolom vaj s korakanjem v stabilnih in nestabilnih pogojih (Slika 3 A, E, F in G). Preiskovanci so se usposabljali na vadbeni platformi s senzori sile in zaslonom (Dividat Senso), ki omogoča raznovrsten trening za razvoj kognitivnih in gibalnih sposobnosti. Vadbena intervencija je obsegala 11 različnih nalog s korakanjem, izvedenih s pomočjo vadbениh iger (angl. Exergames; Targete, Divided, Simon, Flexi, Snake, Tetris, Habitats, Birds in Hexagon). Dve nalogi (Ski in Rocket) nista imeli dodatnih kognitivnih nalog, sicer pa so z različnimi igrami preiskovanci dodatno spodbujali kognitivne sposobnosti z deljeno in selektivno pozornostjo, vidno-prostorskim delovnim spominom, misleno rotacijo in kognitivno fleksibilnostjo.

Lim (2019) navaja, da so preiskovanci v njegovi študiji izvajali senzorno-motorično vadbo po vadbenem programu, ki je temeljil na vadbi ravnotežja s prenosom težišča in z manipulacijami senzoričnih vnosov v različnih pogojih. Multisenzorno motorično usposabljanje je zajemalo vaje na pripomočku z ravnotežno desko (StabilizeT) z odprtimi in zaprtimi očmi. Med drugo vajo so preiskovanci stali na premičnem pripomočku (Reha-Bar) in z izmeničnim pritiskanjem nog v podlago vrteli kolesa, da so se premikali po prostoru. Medtem so počasi dvigovali roke, obračali glavo v levo in desno stran (30 sekund) in s pogledom navzgor ob ekstenziji v vratu (10 sekund)

ter poskušali zadržati ravnotežje. Med vadbo so jim z električno stimulacijo stimulirali mišico gastrocnemius. Bellomo idr. (2009) so izvajali senzorno-motorični trening po posebnem (Huber) protokolu, ki naj bi spodbujal delovanje vestibularnega sistema in gibalno funkcijo. Vadbo so preiskovanci izvajali na motorizirani platformi ovalne oblike, ki je opravljala nihajoče rotacijske gibe v različnih območjih in pri različnih hitrostih. Naprava deluje tako, da uporabniku poruši ravnotežje, zaradi česar mora izvesti posturalne prilagoditve, da ponovno vzpostavi ravnotežje. Pri nalogah so bile dodane različne zvočne in vizualne povratne informacije o primernosti izvedbe naloge. Mansano Pletsch idr. (2021) v študiji navajajo, da so izvajali senzorno-motorični trening v domačem okolju, pri čemer je bila vadba, ki so jo izvajali preiskovanci, podobna tisti v raziskavi Borges idr. (2021), le da so slednji opredelili vadbo kot proprioceptivno. Morat idr. (2019) so pri eksperimentalni skupini ugotovili velik statistično pomemben pozitiven učinek na izboljšanje ravnotežja na plošči za merjenje sil in šibko statistično pomembno izboljšanje rezultata pri testu vstani in pojdi (s 6,1 s na 5,9 s). Do podobnih ugotovitev glede vpliva vadbe na ravnotežje je prišel tudi Lim (2019). Bellomo idr. (2009) so pri svojih preiskovancih po 12 mesecih spremljanja ugotovili izboljšanje parametrov stabilometričnega testa, pri čemer so imeli moški boljše rezultate kot ženske. Mansano Pletsch idr. (2021) po analizi ravnotežja niso ugotovili statistično pomembnega izboljšanja ravnotežja pri preiskovancih, razen pri meritvah v medialno-lateralni smeri z odprtimi očmi v prid skupine z nadzorovano vadbo v primerjavi z domačim programom vadbe, kjer je bil učinek velik in statistično pomemben.

## ■ Zaključek

Izsledki pregledane literature kažejo, da imata proprioceptivna in senzorno-motorična vadba oziroma trening podobne pozitivne učinke na ravnotežje pri starejših osebah. Predvsem pri dinamičnem ravnotežju se je ravnotežje pomembno izboljšalo in posledično zmanjšalo število padcev. Avtorji pregledanih člankov, ki so vadbo opredelili kot proprioceptivno, so v dveh raziskavah poročali, da se ni izboljšalo statično ravnotežje, v eni raziskavi pa se ni izboljšala stabilnost med hojo. Ugotavljamo, da so avtorji, ki trening oziroma vadbo opredeljujejo kot senzorno-motorično, prišli do podobnih rezultatov. Le v

dveh raziskavah niso ugotovili statistično pomembnega izboljšanja statičnega ravnotežja (gibanje centra pritiska na ploščah za merjenje sil), pri eni pa so ugotovili, da se je izboljšalo samo pri preiskovancih moškega spola. Na podlagi vadbениh intervencij, ki so jih avtorji izvajali v svojih raziskavah, ugotavljamo, da avtorji nepravilno nekonistentno opredeljujejo proprioceptivni in senzorno-motorični trening. Prav tako smo ugotovili, da so avtorji v dveh raziskavah enako vadbeno intervencijo enkrat opredelili kot proprioceptivno, drugič pa kot senzorno-motorično, čeprav gre za dva različna izraza oziroma pristopa.

## ■ Literatura

1. Ahmad, I., Noohu, M. M., Verma, S., Singla, D. in Hussain, M. E. (2019). Effect of sensorimotor training on balance measures and proprioception among middle and older age adults with diabetic peripheral neuropathy. *Gait & posture*, 74, 114–120. doi:10.1016/j.gaitpost.2019.08.01
2. Asan, A. S., McIntosh, J. R. in Carmel, J. B. (2021). Targeting sensory and motor integration for recovery of movement after CNS injury. *Frontiers in neuroscience*, 15: 791824. DOI: 10.3389/fnins.2021.791824
3. Barnett, A. (2003). Community-based group exercise improves balance and reduces falls in at-risk older people: a randomised controlled trial. *Age and ageing*, 32(4), 407–414. doi:10.1093/ageing/32.4.407
4. Bellomo, R. G., Iodice, P., Savoia, V., Saggini, A., Vermiglio, G. in Saggini, R. (2009). Balance and posture in the elderly: An analysis of a sensorimotor rehabilitation protocol. *International journal of immunopathology and pharmacology*, 22(3\_suppl), 37–44. doi:10.1177/03946320090220s308
5. Borges, N. C. de S., Pletsch, A. H. M., Buzato, M. B., Terada, N. A. Y., Cruz, F. M. F. in Guirro, R. R. de J. (2021). The effect of proprioceptive training on postural control in people with diabetes: A randomized clinical trial comparing delivery at home, under supervision, or no training. *Clinical Rehabilitation*, 35(7), 988–998. doi:10.1177/0269215521989016
6. Cameron, I. D., Dyer, S. M., Panagoda, C. E., Murray, G. R., Hill, K. D., Cumming, R. G. in Kerse, N. (2018). Interventions for preventing falls in older people in care facilities and hospitals. *Cochrane database of systematic reviews*. doi:10.1002/14651858.cd005465.pub
7. Chantanachai, T., Sturnieks, D. L., Lord, S. R., Payne, N., Webster, L. in Taylor, M. E. (2021). Risk factors for falls in older people with cognitive impairment living in the community: Systematic review and meta-analysis. *Age-*

- ing research reviews, 71, 101452. doi:10.1016/j.arr.2021.101452
8. Da Silva, K. N. G., Teixeira, L. E. P. de P., Imoto, A. M., Atallah, A. N., Peccin, M. S. in Trevisani, V. F. M. (2013). Effectiveness of sensorimotor training in patients with rheumatoid arthritis: a randomized controlled trial. *Rheumatology international*, 33(9), 2269–2275. doi:10.1007/s00296-013-2706-3
9. Espejo-Antúnez, L., Pérez-Mármol, J. M., de los Ángeles Cardero-Durán, M., Toledo-Marhuenda, J. V., in Albornoz-Cabello, M. (2020). The impact of proprioceptive exercises on balance and physical function in institutionalized older adults: A randomized controlled trial. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 101(10):1780–1788. doi:10.1016/j.apmr.2020.06.010
10. Ferlinc, A., Fabiani, E., Velnar, T. in Gradisnik, L. (2019). The importance and role of proprioception in the elderly: a short review. *Materia sociomedica* 31(3): 219–221. DOI: 10.5455/msm.2019.31.219-221
11. Ganguly, K. in Poo, M. (2013). Activity-dependent neural plasticity from bench to bedside. *Neuron*, 80(3), 729–741. doi:10.1016/j.neuron.2013.10.028
12. Gomiero, A. B., Kayo, A., Abraão, M., Peccin, M. S., Grande, A. J. in Trevisani, V. F. (2017). Sensory-motor training versus resistance training among patients with knee osteoarthritis: randomized single-blind controlled trial. *Sao Paulo medical journal*, 136(1), 44–50. doi:10.1590/1516-3180.2017.0174100917
13. Hauer, K., Rost, B., Rutschle, K., Opitz, H., Specht, N., Bartsch, P. in Schlierf, G. (2001). Exercise training for rehabilitation and secondary prevention of falls in geriatric patients with a history of injurious falls. *Journal of the American geriatrics society*, 49(1), 10–20. doi:10.1046/j.1532-5415.2001.49004.x
14. Iram, H., Kashif, M., Hassan, H. M. J., Bunyad, S. in Asghar, S. (2021). Effects of proprioception training programme on balance among patients with diabetic neuropathy: A quasi-experimental trial. *Affiliations expand* PMID: 34410254 DOI: 10.47391/JPMA.286
15. Lim, C. (2019). Multi-sensorimotor training improves proprioception and balance in subacute stroke patients: A randomized controlled pilot trial. *Frontiers in neurology*, 10. doi:10.3389/fneur.2019.00157
16. Mansano Pletsch, A. H., de Souza Borges, N. C., Villar, D. M., Franzini Sutilo, A. L., de Oliveira Guirro, E. C., de Paula, F. J. A. in de Jesus Guirro, R. R. (2021). Does sensorimotor training influence neuromuscular responses, balance, and quality of life in diabetics without a history of diabetic distal polyneuropathy? *Journal of bodywork and movement therapies*, 27, 148–156. doi:10.1016/j.jbmt.2021.01.012
17. Martínez-Amat, A., Hita-Contreras, F., Lomas-Vega, R., Caballero-Martínez, I., Alvarez, P. J. in Martínez-López, E. (2013). Effects of 12-week proprioception training program on postural stability, gait, and balance in older adults. *Journal of strength and conditioning research*, 27(8), 2180–2188. doi:10.1519/jsc.0b013e31827da35f
18. Martínez-López, E. J., Hita-Contreras, F., Jiménez-Lara, P. M., Latorre-Román, P. in Martínez-Amat, A. (2014). The association of flexibility, balance, and lumbar strength with balance ability: Risk of falls in older adults. *J sports sci med*. 2014 May; 13(2): 349–357. PMID: PMC3990889 PMID: 24790489
19. Methley, A. M., Campbell, S., Chew-Graham, C., McNally, R. in Cheraghi-Sohi, S. (2014). PICO, PICOS and SPIDER: a comparison study of specificity and sensitivity in three search tools for qualitative systematic reviews. *BMC health services research*, 14(1), 1–10.
20. Montero-Odasso, M. M., Kamka, N., Pieruccini-Faria, F., Osman, A., Sarquis-Adamson, J., Close, J., Hogan, D. B., ... Masud, T. (2021). Evaluation of clinical practice guidelines on fall prevention and management for older adults: A Systematic Review. *JAMA network open*. 2021;4(12):e2138911. doi:10.1001/jama-networkopen.2021.38911
21. Morat, M., Bakker, J., Hammes, V., Morat, T., Giannouli, E., Zijlstra, W. in Donath, L. (2019). Effects of stepping exergames under stable versus unstable conditions on balance and strength in healthy community-dwelling older adults: A three-armed randomized controlled trial. *Experimental gerontology*, 110719. doi:10.1016/j.exger.2019.110719
22. Okubo, Y., Schoene, D., in Lord, S. R. (2016). Step training improves reaction time, gait and balance and reduces falls in older people: a systematic review and meta-analysis. *British journal of sports medicine*, 51(7), 586–593. doi:10.1136/bjsports-2015-095452
23. Pérez-Ros, P., Martínez-Arnau, F. M., Malafarina, V. in Tarazona-Santabalbina, F. J. (2016). A one-year proprioceptive exercise programme reduces the incidence of falls in community-dwelling elderly people: A before–after non-randomised intervention study. *Maturitas*, 94, 155–160. doi:10.1016/j.maturitas.2016.09.0
24. Proske, U. (2005). What is the role of muscle receptors in proprioception? *Muscle & nerve*, 31(6), 780–787. doi:10.1002/mus.20330
25. Proske, U. in Gandevia, S. C. (2009). The kinaesthetic senses. *The journal of physiology*, 587(17), 4139–4146. doi:10.1113/jphysiol.2009.175372
26. Riva, D., Fani, M., Benedetti, M. G., Scarsini, A., Rocca, F. in Mamo, C. (2019). Effects of high-frequency proprioceptive training on single stance stability in older adults: Implications for fall prevention. *Biomed research international*, 2019, 1–11. doi:10.1155/2019/2382747
27. Rogers, M. E., Page, P. in Takeshima, P. (2013). Balance training for the older athlete. *The international journal of sports physical therapy*, 8(4): 517–530.
28. Silva, P., Figueredo Borges Botelho, P. F., de Oliveira Guirro, E. C., Vaz, M. M. O. L. L. in de Abreu, D. C. C. (2015). Long-term benefits of somatosensory training to improve balance of elderly with diabetes mellitus. *Journal of bodywork and movement therapies*, 19(3), 453–457. doi:10.1016/j.jbmt.2014.11.002
29. Teixeira, L. E. P. P., Silva, K. N. G., Imoto, A. M., Teixeira, T. J. P., Kayo, A. H., Montenegro-Rodrigues, R., ... Trevisani, V. F. M. (2009). Progressive load training for the quadriceps muscle associated with proprioception exercises for the prevention of falls in postmenopausal women with osteoporosis: a randomized controlled trial. *Osteoporosis international*, 21(4), 589–596. doi:10.1007/s00198-009-1002-2
30. Vieira, E. R., Freund-Heritage, R. in da Costa, B. R. (2011). Risk factors for geriatric patient falls in rehabilitation hospital settings: a systematic review. *Clinical rehabilitation*, 25(9), 788–799. doi:10.1177/0269215511400639

doc. dr. Žiga Kozinc  
Univerza na Primorskem,  
Fakulteta za vede o zdravju  
ziga.kozinc@fvz.upr.si