

## Vsebina in učinki programov propioceptivne vadbe za spodnje ude – pregled literature

### The content and effectiveness of proprioceptive training programmes for the lower limbs – literature review

Urška Puh<sup>1</sup>, Mojca Dečman<sup>1</sup>, Polona Palma<sup>1</sup>

#### IZVLEČEK

**Uvod:** Vadba, katere cilj je povečanje propioceptivnega priliva in s tem izboljšanje odziva senzorimotoričnega sistema, se v fizioterapiji pogosto uporablja, vendar pa njena vsebina ni jasno določena. Namen pregleda literature je bil ugotoviti sestavo programov, ki so jih avtorji poimenovali propioceptivna vadba za spodnje ude, in njihove učinke. **Metode:** Pregled literature v podatkovnih zbirkah PubMed in CINAHL. **Rezultati:** V pregled je bilo vključenih deset raziskav s kontrolno skupino, od tega štiri randomizirani kontrolirani poskusi. Opravljene so bile pri športnikih, starostnikih in pacientih z artrozo kolena, zvinom skočnega sklepa ter multiplo sklerozo. Vadbeni programi so trajali od 2 do 12 tednov, dva- do petkrat na teden po 20 do 60 minut. Vsi so obsegali vaje za ravnotežje, nekateri tudi vadbo proti uporu in poskoke. Proprioceptivno funkcijo so neposredno ocenjevali le v štirih raziskavah. Po propioceptivni vadbi so se izboljšali občutek za položaj in gibanje sklepa, ravnotežje, hitrost hoje, jakost mišic in funkcioniranje, zmanjšala se je pojavnost ponovnih poškodb. **Zaključki:** Proprioceptivna vadba je po sestavi programov raznolika. Lahko je učinkovita pri različnih skupinah preiskovancev. Potrebni je več dobro načrtovanih randomiziranih kontroliranih poskusov, s katerimi bi primerjali različno vsebino programov, pa tudi trajanje in frekvenco vadbe.

**Ključne besede:** propiocepcija, vadbeni protokoli, spodnji ud, propioceptivna vadba, fizioterapija.

#### ABSTRACT

**Background:** The training of which the goal is to improve the sensory-motor system through stimulation of the proprioceptors activity is often used in physiotherapy, but its content is not clearly defined. The purpose of the literature review was to establish the content of the programs for the lower limbs, which the authors named proprioceptive training, and their effects. **Methods:** A literature review was conducted using databases PubMed and CINAHL. **Results:** 10 controlled studies, of which four were randomized controlled trials, were included. Studies were conducted on athletes, elderly, and patients with the knee osteoarthritis, ankle sprains, and multiple sclerosis. Training programs varied from 2 to 12 weeks, twice to five times a week for 20 to 60 minutes. In all the programs, balance training was included, and in some muscle strength training and jumps. Proprioceptive function was indirectly assessed in four studies only. After proprioceptive training, improvement of proprioceptive function, balance, walking speed, muscle strength, and functioning, as well as decreased reinjures were reported. **Conclusions:** The content of proprioceptive training programmes is diverse. They can be effective in different subjects groups. Well-designed randomised controlled trials to compare different contents, durations and frequencies of proprioceptive training programmes are needed.

**Key words:** proprioception, training protocols, lower limb, training program, physiotherapy.

---

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

**Korespondenca/Correspondence:** doc. dr. Urška Puh, dipl. fiziot.; e-pošta: urska.puh@zf.uni-lj.si

Prispelo: 22.11.2016

Sprejeto: 7.12.2016

**UVOD**

Proprioceptivna funkcija (globoka senzorika) vključuje občutke oziroma podatke o položaju in gibanju sklepa ter zaznavanju sile, ki se jih lahko zavedamo ali pa so nezavedni (1, 2). Ti podatki se nanašajo na kombinacijo prilivov iz receptorjev v mišicah, fasciji, sklepah in koži (3, 4). Proprioceptorji so: mišično vreteno, Golgijev kitni organ, mehanoreceptorji v sklepni ovojnici in koži, prosti živčni končiči in Pacinijeva telesca (1, 4, 5). Zavedni del proprioceptivnosti prispeva k zavedanju položaja ter gibanja telesa in udov, nezavedni del pa omogoča refleksno uravnavanje mišičnega tonusa in reakcije nadzora drže oziroma ravnotežja. Proprioceptivnost je bistvena za motorično učenje ter nemoteno uravnavanje gibanja prek senzorične povratne informacije in vnaprejšnje sensorimotorično uravnavanje. Vpliva na prostorske in časovne vidike nameravanega gibanja (4, 6). Ocenjevanje lahko vključuje zavedne vidike (angl. aspects) oziroma specifične teste proprioceptivnosti (npr. občutka za položaj in gibanje sklepa) ali nezavedne vidike oziroma nespecifične teste proprioceptivnosti (npr. teste ravnotežja, kinematiko in kinetiko gibanja) (4, 6).

Posledice okvare proprioceptivne funkcije se lahko pojavijo pri starejših (7) in pacientih z okvaro živčevja (8) ali mišično-kostnega sistema (9, 10). Motena proprioceptivnost je združena z akutno ali kronično bolečino, lahko je posledica izliva v sklep, poškodbe tkiv s pripadajočimi proprioceptorji in utrujenosti (4) ali pa je moten prenos in/ali obdelava proprioceptivnih podatkov v osrednjem živčevju. Okvara proprioceptivnosti spodnjih udov je pomemben dejavnik tveganja za padce, oteženo je ohranjanje stabilnega položaja telesa (11). Slabša proprioceptivna funkcija, povezana s staranjem, vpliva na slabše uravnavanje drže, motnje ravnotežja in zmanjšanje samostojnosti ter posledično slabšo kakovost življenja in večjo možnost za nastanek poškodb (12). Okvara proprioceptivne funkcije tudi pri pacientih z mišično-kostnimi poškodbami prispeva k nestabilnosti sklepa, bolečini, šibkosti mišic in motnjam ravnotežja ter poveča tveganje za nastanek novih poškodb (13–17).

Za draženje proprioceptorjev je potrebno premikanje tkiv ali gibanje telesnih segmentov (6). Spodbujanje proprioceptivnega sistema lahko

obsega postopke, ki so usmerjeni v izboljšanje zavednih vidikov proprioceptivnosti ali nezavednih oziroma implicitnih sensorimotoričnih vidikov (6). V ta namen se poleg aktivnih vaj (6, 18) in pasivnega gibanja (6) uporabljajo postopki manualne terapije (npr. sklepna mobilizacija/manipulacija, mobilizacija mehkih tkiv) (18, 19), lepljenje s trakovi (1, 18) in opornice (18), pa tudi ultrazvok (20). Predvideva se, da je aktivnih več proprioceptorjev, če je dražljaj bolj dinamičen in če je gibanje aktivno (21), zato je aktivna vadba verjetno bistveni sestavni del spodbujanja proprioceptivnega sistema (18). Aman in sodelavci (6) so programe oziroma postopke za izboljšanje proprioceptivnosti razdelili na aktivno gibanje in vadbo za ravnotežje, pasivno gibanje, somatosenzorično stimulacijo, somatosenzorično razlikovanje ter kombinacijo vadbe s somatosenzorično stimulacijo ali razločevanjem. V sistematičnem pregledu so ugotovili, da lahko ti programi oziroma postopki pomembno izboljšajo somatosenzorično in sensorimotorično funkcijo (6), vendar ostaja še precej nejasnosti glede optimalne sestave programov in učinkov.

Vadba, katere cilj je povečanje proprioceptivnega priliva in s tem izboljšanje odziva sensorimotoričnega sistema, se v fizioterapiji pogosto uporablja, vendar pa njena vsebina ni jasno določena. Za vadbo, usmerjeno v povečanje proprioceptivnega priliva, je v nadaljevanju uporabljen izraz proprioceptivna vadba. V ta namen se lahko izvajajo različni vadbeni programi, ki obsegajo: 1) aktivno postavljanje sklepa v določen položaj, 2) ponavljanje mišične aktivacije z določeno silo, 3) vaje za koordinacijo (18), 4) vadbo proti uporju (18, 22, 23), 5) vaje za ravnotežje oziroma vaje na zmanjšani in/ali nestabilni površini (različne ravnotežne deske, mehke podlage), z vidnim prilivom in brez njega (18, 24), 6) pliometrične vaje (18, 25, 23) ter 7) vaje na vibracijskih ploščah (18, 26). K vadbi se lahko dodajajo motnje, kot je izvajanje sočasne naloge z zgornjimi udi (npr. lovljenje in metanje žoge). Različni tipi vaj predvidoma delujejo na osrednji živčni sistem na različne načine, nekateri predvsem na supraspinalno raven (npr. male možgane), drugi pa bolj na ravni hrbtenjače ter zato vplivajo na različne vidike proprioceptivnosti v različnih funkcijskih okoliščinah (4, 18).

Predvideva se, da proprioceptivna vadba poveča zavedanje položaja in gibanja telesa ter nezavedno stabilizacijo telesa (27) ter spodbuja aktivnost receptorjev, ki so pomembni za zaznavanje položaja in gibanja udov (6), ter tako izboljša senzomotorično uravnavanje gibanja.

Namen pregleda literature je bil ugotoviti sestavo programov, ki so jih avtorji poimenovali proprioceptivna vadba za spodnje ude, in njene učinke.

## **METODE**

Raziskovalni članki so bili iskani v podatkovnih zbirkah Pubmed (Medline) in CINAHL. Ključne besede, ki so bile uporabljene za iskanje literature, so bile v angleškem jeziku: proprioception, training protocols, lower limb, training program for proprioception (v slovenskem jeziku: propriocepcija, vadbeni protokoli, spodnji ud, vadba za propriocepcijo). Vključene so bile raziskave v angleškem jeziku, ki so bile objavljene v polnem besedilu in so imele v naslovu "proprioceptivna vadba" ali "proprioceptivne vaje" ter so imele preiskovalno in primerjalno skupino. Izključene so bile raziskave, v katerih protokol proprioceptivne vadbe ni bil natančno opisan.

## **REZULTATI**

S ključnimi besedami je bilo najdenih 28 člankov. Na podlagi meril za vključitev in izključitev je bilo analiziranih deset raziskav s kontrolno skupino, od tega so bile štiri randomizirani kontrolirani poskusi (9, 10, 20, 28). Raziskave so bile objavljene med letoma 2002 in 2015.

### **Značilnosti preiskovancev**

V treh raziskavah so ugotavljali učinke proprioceptivne vadbe pri plesalcih in atletih (23, 29) ter zdravih preiskovancih (28). V dveh raziskavah so ugotavljali učinke pri starejših (7, 12). Dve raziskavi sta proučevali učinke pri pacientih z artrozo kolenskega sklepa (9, 20), dve pa pri pacientih s poškodbo in nestabilnostjo skočnega sklepa (10, 30). Ena raziskava je proučevala učinke pri pacientih z multiplo sklerozo (8).

### **Programi proprioceptivne vadbe**

V preiskovalni skupini so vadbeni programi trajali od dva (28) do 12 tednov (9, 29). Najpogosteje je vadba potekala trikrat na teden (10, 12, 20, 23, 29,

30). Trajanje ene vadbene enote je potekalo od 20 (12) do 60 minut (23). Le dve raziskavi sta podali natančne podatke o številu setov in ponovitev vaj (7, 12).

V vseh vadbenih programih so preiskovanci izvajali statične (zadrževanje različnih položajev) in dinamične vaje (hoja, vstajanje) za ravnotežje (7–10, 12, 20, 23, 28–30). Vaje so izvajali na nestabilni površini (ravnotežne deske, mehke blazine) oziroma s postopnim zmanjševanjem podpore ploskve (7–10, 12, 20, 23, 28–30). V nekaj raziskavah so vaje otežili z zunanjo motnjo (npr. žoge, gibanje z drugimi deli telesa) (12, 20, 23, 29). V šestih raziskavah so pri nekaterih vajah izključili vidni priliv (8–10, 12, 23, 29). V treh raziskavah je preiskovalna skupina izvajala le vaje za ravnotežje oziroma gibanje na zmanjšani in/ali nestabilni površini (7, 8, 12), v štirih so v proprioceptivni program vključili vadbo proti uporu (9, 20, 28, 30), v treh raziskavah (20, 23, 29) so izvajali tudi skoke oziroma poskoke in v dveh raztezanje (20, 28). V eni raziskavi so proprioceptivno vadbo kombinirali z ultrazvokom (20) in v eni so jo dodali k fizioterapevtski obravnavi po zvinu skočnega sklepa (10). Podrobnejši opis vsebine programov proprioceptivne vadbe je predstavljen v razpredelnici 1 in 2. V eni raziskavi (10) so preiskovanci izvajali proprioceptivno vadbo doma, po določenem programu, brez nadzora fizioterapevta.

### **Dejavnosti primerjalne skupine**

Primerjalna skupina v šestih raziskavah ni prejela nobene terapije (kontrolna skupina), nadaljevala je z izvajanjem vsakodnevnih dejavnosti (7, 8, 12, 23, 28, 30). V drugih štirih raziskavah je primerjalna skupina prejela fizioterapevtsko obravnavo brez elementov proprioceptivne vadbe (10), vadbo plesa (29), vadbo proti uporu in ultrazvok (20) ali transkutano električno živčno stimulacijo (TENS) in segrevanje s termopakom (9). Obravnava v primerjalnih skupinah je trajala od štiri (20) do 12 tednov (9, 29). Vadbo so izvajali dvakrat (9) do trikrat na teden (10, 20, 29), trajala je 30 minut (9, 10, 29).

### **Merilna orodja**

V štirih raziskavah so ocenjevali propriocepcijo neposredno, in sicer občutek za položaj sklepa z

*Razpredelnica 1: Primerjava dejavnosti preiskovalne in primerjalne skupine ter spremembe oziroma učinki vadbe v raziskavah, objavljenih v letih od 2002 do 2013, v katerih so proučevali vpliv proprioceptivne vadbe*

Avtorji/tip raziskave/preiskovanci	Preiskovalna skupina	Primerjalna skupina	Spremembe v preiskovalni in primerjalni skupini
Amrinder in sod. (30) KP poškodba skočnega sklepa	<ul style="list-style-type: none"> <li>– vaje na žogi, ravnotežni deski in telovadni blazini</li> <li>– hoja po neravni površini</li> <li>– vaje z elastičnim trakom</li> </ul>	Brez terapije	<ul style="list-style-type: none"> <li>– ↑ ravnotežja v ES in KS (<math>p &lt; 0,05</math>)*, ↑ občutka za položaj sklepa v ES in KS (<math>p &lt; 0,05</math>)*</li> <li>– razlika med skupinama ni bila izračunana</li> </ul>
Gertenbach (12) KP Starejši	<ul style="list-style-type: none"> <li>– stoja na eni nogi na trdih tleh</li> <li>– stoja na ravnotežni blazini s prenosi teže z noge na nogo, z odprtimi in zaprtimi očmi ter dodajanjem zunanje motnje</li> <li>– stoja na ravnotežni deski</li> </ul>	Brez terapije	<ul style="list-style-type: none"> <li>– ↑ občutka za položaj in gibanje sklepa v ES (<math>p &lt; 0,001</math>)*, ni spremembe v KS (<math>p = 0,31</math>)</li> <li>– ↑ ravnotežja v ES (<math>p = 0,03</math>)*, ni spremembe v KS (<math>p = 0,92</math>)</li> </ul>
Hupperets in sod. (10) RKP poškodba skočnega sklepa	<ul style="list-style-type: none"> <li>– FT-obravnavna</li> <li>– stoja na prstih z OO in ZO</li> <li>– hoja po prstih z OO in ZO</li> <li>– stoja na eni nogi z izvajanjem fleksije kolena, fleksije kolka oz. z addukcijo druge noge z OO in ZO</li> </ul>	FT-obravnavna	<ul style="list-style-type: none"> <li>– ↓ pojavnosti ponovnega zvina skočnega sklepa v ES (<math>p &lt; 0,05</math>)*</li> <li>– KS ni spremembe (<math>p &gt; 0,05</math>)</li> </ul>
Kumar in sod. (20) RKP artroza kolena	<ul style="list-style-type: none"> <li>– vstajanje s stola brez pomoči rok</li> <li>– nihanje z noge naprej in nazaj v stoječem položaju</li> <li>– stoja na prstih</li> <li>– hoja peta-prsti</li> <li>– skoki na eni nogi na mehkih blazinah</li> <li>– hoja po stopnicah</li> <li>– hoja ali kolesarjenje na sobnem kolesu</li> <li>– raztezanje mišic kolčnega, kolenskega in skočnega sklepa</li> <li>– vaje za izboljšanje mišične jakosti mišic spodnjih udov v odprti kinetični verigi</li> <li>– ultrazvok</li> </ul>	Vadba proti upor, ultrazvok	<ul style="list-style-type: none"> <li>– ↑ občutka za položaj sklepa (<math>p &lt; 0,001</math>)*, ↓ bolečine (<math>p &lt; 0,001</math>)*, ↑ funkcije kolena (<math>p &lt; 0,05</math>)* v ES in KS</li> <li>– večja sprememba v ES (<math>p &lt; 0,05</math>)*</li> </ul>
Ljubojević in sod. (29) KP zdravi plesalci	<ul style="list-style-type: none"> <li>– stoja na mehkih blazinah in ravnotežnih deskah z dodatnimi nalogami z OO ali ZO</li> <li>– poligon: postaje z nestabilnimi podlagami</li> <li>– skoki na ravnotežnih deskah</li> </ul>	Vadba plesa	<ul style="list-style-type: none"> <li>– ↑ ravnotežja v ES in KS (<math>p = 0,00</math>)*</li> <li>– večja sprememba v ES (<math>p = 0,00</math>)*</li> </ul>
Martínez-Amat in sod. (7) KP starejši	<ul style="list-style-type: none"> <li>– šest statičnih in dinamičnih vaj na terapevtskih žogah (Swiss ball) in pol-žogah (BOSU)</li> </ul>	Brez terapije	<ul style="list-style-type: none"> <li>– ↑ ravnotežja (<math>p &lt; 0,001</math>)*, uravnavanja drže (<math>p &lt; 0,001</math>)* v ES</li> <li>– ni spremembe v KS (<math>p &gt; 0,05</math>)</li> </ul>
Prosperini in sod. (8) KP multipla skleroza	<ul style="list-style-type: none"> <li>– stoja na obeh ali na eni nogi med premikanjem podporne ploskve v anteroposteriorni, mediolateralni smeri in diagonalno z OO ali ZO</li> </ul>	Brez terapije	<ul style="list-style-type: none"> <li>– ↑ ravnotežja, ↑ hitrosti hoje, ↓ vrtoglavice in utrujanja, ↑ kakovosti življenja v ES (<math>p &lt; 0,005</math>)*</li> <li>– ni spremembe v KS (<math>p &gt; 0,005</math>)</li> </ul>
Šimek Šalaj in sod. (23) KP zdravi atleti	<ul style="list-style-type: none"> <li>– statične in dinamične vaje na obeh in na eni nogi z OO in ZO med stojo na ravnotežnih deskah, dodatne zunanje motnje (manipulacija s predmeti, vadba za jakost)</li> <li>– poskoki</li> </ul>	Brez terapije	<ul style="list-style-type: none"> <li>– ↑ mišične moči in spretnosti spodnjih udov v ES (<math>p &lt; 0,05</math>)*</li> <li>– ni spremembe v KS (<math>p &gt; 0,05</math>)</li> </ul>

*Legenda: ES – preiskovalna skupina, KS – primerjalna skupina, RKP – randomiziran kontroliran poskus, KP – kontroliran poskus, OO – odprte oči; ZO – zaprte oči; FT – fizioterapevtska, ↑ – izboljšanje/povečanje, ↓ – zmanjšanje, \*statistično značilna razlika ( $p \leq 0,05$ )*

*Razpredelnica 2: Primerjava dejavnosti preiskovalne in primerjalne skupine ter spremembe oziroma učinki vadbe v raziskavah, objavljenih leta 2015, v katerih so proučevali vpliv proprioceptivne vadbe*

Avtorji/tip raziskave/preiskovanci	Preiskovalna skupina	Primerjalna skupina	Spremembe v preiskovalni in primerjalni skupini
Cho in sod. (9) RKP artroza kolena	– stoja na nestabilni ravnotežni plošči (Torsiomed) – stoja na obeh nogah z OO – stoja na eni nogi z OO – stoja na eni nogi z ZO – izometrične kontrakcije mišice kvadriceps sede in leže na hrbtu	TENS, termopak	– ↑ občutka za položaj sklepa, ↓ addukcijskega navora kolena v fazi opore v ES in KS ( $p < 0,05$ )* – večja sprememba v ES ( $p < 0,05$ )*
Karakaya in sod. (28) RKP zdravi	– stoja na ravnotežni deski – vaje za izboljšanje mišične jakosti mišic skočnega sklepa – raztezanje mišic skočnega sklepa	Brez terapije	– ↑ ravnotežja v ES in KS ( $p < 0,05$ )* – večja sprememba v ES ( $p < 0,05$ )*

*Legenda: ES – preiskovalna skupina, KS – primerjalna skupina, RKP – randomiziran kontroliran poskus, KP – kontroliran poskus, OO – odprte oči; ZO – zaprte oči; FT – fizioterapevtska, ↑ – izboljšanje/povečanje, ↓ – zmanjšanje, \*statistično značilna razlika ( $p \leq 0,05$ )*

gravitacijskim inklinometrom (30), elektrogoniometrom (20) in rentgenskim slikanjem (9), ter občutek za položaj in gibanje sklepa s Harrinsonovim testom (12). Za ocenjevanje uravnavanja drže oziroma ravnotežja so uporabili pritiskovno (7) in elektronske premične plošče (8, 28, 30), Bergovo lestvico za oceno ravnotežja (7, 12) in Tinettijevo lestvico (7). Pri zdravih športnikih so ocenjevali stojo na eni in obeh nogah, z odprtimi in zaprtimi očmi, vzdolžno in prečno na ravnotežni deski (29) ter mišično moč in spretnost pri izvajanju skokov (23). V eni raziskavi (9) so s 3D-sistemom za analizo gibanja spremljali tudi addukcijski navor v kolenskem sklepu, v drugi raziskavi (8) pa so s testom hoje na 25 čevljev merili hitrost hoje.

Bolečino so vrednotili v eni raziskavi, z vidno analogno lestvico (20). Pri pacientih z multiplo sklerozo so spremljali prisotnost vrtoglavice in drugih okvar ter ocenjevali utrujanje z lestvico za ugotavljanje utrujanja (8). Uporabili so tudi vprašalnik o napredovanju vadbe, učinkih in pojavnosti zvina skočnega sklepa (10), indeks artroze univerz Zahodnega Ontaria in McMaster (angl. Western Ontario and McMaster universities arthritis index – WOMAC) (20) ter vprašalnik o kakovosti življenja pri pacientih z multiplo sklerozo (8).

### Učinki programov proprioceptivne vadbe

V raziskavi (28), v kateri je skupina mladih zdravih preiskovancev izvajala proprioceptivno vadbo, so poročali o izboljšanju ravnotežja. Pri

športnikih so poleg izboljšanja ravnotežja (29) poročali tudi o izboljšanju odzivne moči pri skokih (23). Prav tako sta se pri starejših ljudeh po proprioceptivni vadbi izboljšala ravnotežje (7, 12) in občutek za položaj in gibanje sklepov (12). Pri pacientih z artrozo so poročali o izboljšanju občutka za položaj kolenskega sklepa, o zmanjšanju bolečine, izboljšanju funkcije kolenskega sklepa, ocenjene z WOMAC (20), o izboljšanju občutka za položaj sklepa in o zmanjšanju addukcijskega navora v kolenskem sklepu v fazi opore (9). Pri športnikih z nestabilnim skočnim sklepom sta se po vadbi izboljšala ravnotežje in občutek za položaj skočnega sklepa (30). Hupperets in sodelavci (10) so poročali o zmanjšanju pojavnosti ponovnega zvina skočnega sklepa. Tudi pri pacientih z multiplo sklerozo so poročali o izboljšanju ravnotežja, pa tudi o povečanju hitrosti hoje. Zmanjšala se je prisotnost vrtoglavic in utrujenosti, izboljšala se je kakovost življenja (8). Spremembe v izidih preiskovalnih in primerjalnih skupin v posameznih raziskavah so povzete v razpredelnicah 1 in 2.

### RAZPRAVA

Čeprav se proprioceptivna vadba v fizioterapiji pogosto uporablja, še ni jasnega dogovora o optimalni sestavi programov. Vsebina vadbe, ki jo avtorji imenujejo proprioceptivna vadba, je lahko zelo raznolika. To so ugotovili tudi Aman in sodelavci (6), ki so v sistematičnem pregledu analizirali postopke za spodbujanje proprioceptivnega sistema, in sicer aktivno gibanje

ter vadbo za ravnotežje, pasivno gibanje, somatosenzorično stimulacijo in razlikovanje. Opozoriti je treba, da so ti avtorji vse navedene postopke uvrstili med proprioceptivno vadbo (angl. proprioceptive training). Naš pregled literature je bil osredotočen le na vadbene programe, ki so jih avtorji v naslovu članka opredelili kot proprioceptivna vadba oziroma proprioceptivne vaje, in sicer le za spodnje ude. Poleg tega smo se v primerjavi s predhodnim pregledom (6) omejili le na študije s kontrolno skupino.

Po pregledu desetih raziskav ugotavljamo, da so se programi proprioceptivne vadbe, kot so jih poimenovali avtorji, med seboj vsebinsko in količinsko precej razlikovali. Kljub temu je v vseh pregledanih raziskavah (7–10, 12, 20, 23, 28–30) prišlo do večjega izboljšanja opazovanih spremenljivk v skupinah s proprioceptivno vadbo kot v primerjalnih skupinah. Na podlagi tega bi lahko sklepali, da so programi proprioceptivne vadbe bolj učinkoviti za izboljšanje proprioceptivne funkcije in sensorimotoričnega uravnavanja gibanja kot dejavnosti kontrolne skupine. Pri tem sklepanju pa se je treba zavedati precejšnje omejitve obstoječih raziskav, saj so od pregledanih raziskav le štiri randomizirani kontrolirani poskusi (9, 10, 20, 28). V njih so ugotovili statistično pomembno večje izboljšanje občutka za položaj sklepa (9, 20), ravnotežja (28), zmanjšanje bolečine (20) in izboljšanje funkcioniranja (20), tako pri zdravih preiskovancih (28) kot pri pacientih z artrozo kolena (9, 20) in nestabilnostjo skočnega sklepa (10).

V štirih raziskavah (9, 12, 20, 30) od desetih, ki so bile vključene v pregled, so proprioceptijo ocenjevali neposredno, to je s specifičnimi testi, ki ocenjujejo zavedne vidike, in sicer z različnimi metodami. V vseh štirih raziskavah je prišlo do pomembnih razlik v izboljšanju občutka za položaj (9, 12, 20, 30) in gibanje sklepa (12) med primerjalno in preiskovalno skupino.

V šestih raziskavah proprioceptije niso ocenjevali neposredno, vendar so avtorji na podlagi ocenjevanja ravnotežja (7, 8, 28, 29), hitrosti hoje (8) ter mišične moči in spretnosti spodnjih udov pri skokih (23) ter vprašalnika o pojavnosti zvina skočnega sklepa (10) sklepali, da je prav tako prišlo do izboljšanja proprioceptivne funkcije. Po

proprioceptivni vadbi je prišlo do pomembno večjega izboljšanja ravnotežja v primerjavi s primerjalno skupino v vseh šestih raziskavah, v katerih so ga ocenjevali (7, 8, 12, 28–30). V teh raziskavah so ugotavljali učinke proprioceptivne vadbe na nezavedne vidike proprioceptije. Čeprav s testi ravnotežja lahko ocenimo integrirano sensorimotorično uravnavanje ravnotežja, se moramo zavedati, da spremembe izidov teh testov niso odvisne le od sprememb proprioceptivne funkcije (18). Ljubojevič in sodelavci (29) so izboljšanje ravnotežja pojasnili z boljšo aktivacijo mišičnih skupin (primarno sklepnih stabilizatorjev), ki so bile aktivne med vadbo. Avtorji so predvidevali, da se bo kot posledica večjega ravnotežja po proprioceptivni vadbi pogostnost padcev zmanjšala pri starejših (7, 12) in pacientih z multiplo sklerozo (8). Prosperini in sodelavci (8) so predvidevali, da ima izboljšanje proprioceptivne funkcije pomembno vlogo pri zmanjševanju strahu pred padci ter tako vpliva na lažje izvajanje vsakodnevnih dejavnosti, čeprav tega niso ocenjevali.

Zaradi aferentnih prilivov iz sklepnih in mišično-kitnih mehanoreceptorjev v osrednji živčni sistem, ki jih povzročajo, bi po mnenju Clarka in sodelavcev (18) lahko vsako aktivno vadbo obravnavali kot proprioceptivno vadbo. Čeprav ima lahko posamezna vaja, ki jo dovolj dolgo ponavljamo, učinke na več telesnih sistemov (18), je znano, da so učinki programa vaj specifični za izvedene naloge ali vaje in udeležene mišice (31). V našega in predhodne (4, 6, 18) preglede literature so bile vključene raziskave, v katerih so se avtorji opredelili, da je namen njihovega programa vadbe povečati proprioceptivni priliv in tako izboljšati funkcijo sensorimotoričnega sistema. Kaže, da redno izvajanje kompleksnih gibalnih vzorcev spodbuja odzivnost perifernih receptorjev, izboljša senzorično povratno informacijo (proprioceptijo) ter posledično izboljša sensorimotorično uravnavanje gibanja (32).

V vseh pregledanih raziskavah je proprioceptivna vadba obsegala vaje za ravnotežje oziroma vaje na zmanjšani in/ali nestabilni površini (7–10, 12, 20, 23, 28–30). V šestih raziskavah so z izključitvijo vidnega priliva želeli spodbuditi delovanje vestibularnega sistema in izboljšati občutek za položaj ter gibanje sklepov (8–10, 12, 23, 29).

Lahko rečemo, da so bile nekatere od vaj za ravnotežje v teh raziskavah hkrati tudi vaje za koordinacijo celega telesa. V treh raziskavah (20, 23, 29) so izvajali tudi skoke oziroma poskoke, vendar je zaradi pomanjkljivih opisov izvedbe težko razbrati, ali je šlo za pliometrične vaje.

V štirih raziskavah (9, 20, 28, 30) so v proprioceptivno vadbo vključili vadbo proti upor. V vseh omenjenih raziskavah je sicer prišlo do statistično pomembnega izboljšanja občutka za položaj sklepa (9, 20, 30) in/ali ravnotežja (28, 30) v obeh skupinah, ki je bilo pomembno večje v preiskovalni skupini glede na primerjalno v treh raziskavah (9, 20, 28), v eni raziskavi (20) pa o tem izračunu niso poročali. Pri tem je zanimivo, da je do izboljšanja občutka za položaj sklepa prišlo tudi v kontrolnih skupinah brez terapije, v katerih so preiskovanci izvajali le vsakodnevne dejavnosti (28, 30). Amrinder in sodelavci (30) so razložili, da z raztegovanjem mišice med vadbo proti upor povečamo aktivnost mišičnega vretena, zato pride do večjega proženja akcijskih potencialov, kar izboljša informacijo o zaznavanju položaja in gibanja sklepa. Ti avtorji menijo, da je draženje mišičnega vretena pri izboljšanju proprioceptivne pomembnejše kot samo draženje sklepnih mehanoreceptorjev. Kumar in sodelavci (20) pa so vadbo proti upor vključili tako v program preiskovalne kot tudi primerjalne skupine, ki je bila poleg tega obravnavana še z ultrazvokom, kar lahko tudi spodbuja delovanje proprioceptorjev (20). Kljub temu sta bila izboljšanje občutka za položaj sklepa in funkcijskih zmožnosti po WOMAC ter zmanjšanje bolečine statistično pomembno večja v preiskovalni skupini, ki je izvajala še vaje na mehkih blazinah, z zmanjševanjem podporne ploskve in dodajanjem zunanjih motenj (20). Podobno so tudi v raziskavah, ki niso bile vključene v pregled, po proprioceptivni vadbi poročali o povečanju mišične jakosti fleksorjev in ekstenzorjev kolena (33).

Vadbeni programi v pregledanih raziskavah niso vključevali aktivnega postavljanja sklepa v določen položaj, ponavljanja mišične aktivacije z določeno silo in vaj na vibracijskih ploščah, tipov aktivnih vaj, ki so bili prav tako opredeljeni za proprioceptivno vadbo (18). Aman in sodelavci (6) so s sistematičnim pregledom ugotovili, da se

izsledki raziskav nagibajo k večjim učinkom programov, ki kombinirajo pasivno in aktivno gibanje z vidno povratno informacijo in brez nje. V raziskavah, vključenih v naš pregled, proprioceptivne vadbe niso kombinirali s pasivnim gibanjem, postopki manualne terapije in drugimi pasivnimi postopki za spodbujanje delovanja proprioceptivnega sistema ter s somatosenzorično stimulacijo in razlikovanjem.

Vadbeni programi proprioceptivne vadbe so trajali različno dolgo in imeli različno frekvenco vadbe, vendar so se kljub temu v vseh pregledanih raziskavah pokazali pozitivni učinki vadbe. V raziskavi (12) pri starostnikih, v kateri je vadbeni enota trajala najkrajši čas (20 minut), je po vadbi prav tako prišlo do pozitivnih rezultatov. Najdlje je ena vadbeni enota trajala v raziskavi (23), v katero so bili vključeni športniki (60 minut). V tej skupini je prišlo do izboljšanja odzivne moči pri skokih. Ravnotežje se je izboljšalo že po dveh tednih proprioceptivne vadbe pri zdravih mladih preiskovancih (28), vendar pa v tej raziskavi proprioceptivne niso ocenjevali s specifičnimi testi. Po štirih tednih vadbe so poročali o izboljšanju občutka za položaj sklepa in funkcijskih zmožnosti pri pacientih z artrozo kolena (20). Sklepamo lahko, da proprioceptivna vadba razmeroma hitro vpliva na izboljšanje proprioceptivne funkcije.

Izvajanje fizioterapevtskih postopkov elektroterapije (TENS) (9), vadbe plesa (29) ter, kot že omenjeno, vadbe proti upor in ultrazvoka (20) v primerjalnih skupinah je prav tako vplivalo na izboljšanje občutka za položaj sklepa, zmanjšanje addukcijskega navora v kolenskem sklepu (9), na izboljšanje ravnotežja (29), zmanjšanje bolečine in izboljšanje funkcijskih zmožnosti (20), zaradi česar je razlika v učinkovitosti proprioceptivne vadbe lahko manjša, kot bi bila, če bi jo primerjali s pravo kontrolno skupino. Ugotavljamo, da optimalna sestava programa proprioceptivne vadbe in njeni mehanizmi delovanja oziroma spodbujanja proprioceptivnega sistema še niso jasni.

## ZAKLJUČKI

Po pregledu literature ugotavljamo, da so avtorji pod pojmom proprioceptivna vadba za spodnje ude izvajali vsebinsko precej različne vadbene programe. Proprioceptivna vadba je v pregledanih

raziskavah obsegala vaje za ravnotežje oziroma vaje na zmanjšani in/ali nestabilni površini z dodajanjem zunanje motnje in z izključitvijo vidnega priliva, vključno z vajami za koordinacijo celega telesa. Tudi vadba proti uporju je lahko pomemben element proprioceptivne vadbe. V proprioceptivno vadbo so bili vključeni tudi poskoki. Vadbeni programi so se razlikovali v trajanju vadbenega obdobja, frekvenci vadbe in trajanju vadbe.

V pregledanih raziskavah je imela proprioceptivna vadba za spodnje ude učinke na izboljšanje občutkov za položaj in gibanje sklepa ter na izboljšanje ravnotežja in hitrosti hoje ter jakosti mišic stabilizatorjev kolenskega in skočnega sklepa. Izkazala se je kot učinkovita preventiva pred ponovnim zvinom gležnja. Poleg tega se je pri pacientih z artrozo kolena zmanjšala bolečina, pri pacientih z multiplo sklerozo pa izboljšala kakovost življenja.

Potrebni je več dobro načrtovanih randomiziranih kontroliranih poskusov pri različnih skupinah preiskovancev, s katerimi bi primerjali različno vsebino programov proprioceptivne vadbe, pa tudi trajanje in frekvenco vadbe.

## LITERATURA

- Martin J, Jessell T (1991). Modality coding in the somatic sensory system. In: Kandel E, Schwartz J, Jessell T, eds. Principles of neural science. 3rd ed. London: Prentice-Hall International Inc., 341–52.
- Riemann B, Lephart S (2002). The sensorimotor system, part I: the physiologic basis of functional joint stability. *J Athl Train* 37: 71–9.
- Liepert J, Graef S, Uhde I, Leidner O, Weiller C (2000). Training-induced changes of motor cortex representations in stroke patients. *Acta Neurol Scand* 101: 321–6.
- Röijezon U, Clark CN, Treleaven J (2015). Proprioception in musculoskeletal rehabilitation. Part 1: Basic science and principles of assessment and clinical interventions. *Man Ther* 20: 368–77.
- Schmitz TJ (2007). Examination of sensory function. In: O'Sullivan SB, Schmitz TJ, eds. Physical rehabilitation, 5th ed. Philadelphia: FA Davis Co., 138–56.
- Aman JE, Elangovan N, Yeh IL, Konczak J (2015). The effectiveness of proprioceptive training for improving motor function: a systematic review. *Front Hum Neurosci* 8 (1075): 1–18.
- Martínez-Amat A, Hita-Contreras F, Lomas-Vega R, Caballero-Martínez I, Alvarez PJ, Martínez-López E (2013). Effects of 12-week proprioception training program on postural stability, gait, and balance in older adults: a controlled clinical trial. *J Strength Cond Res* 27 (8): 2180–8.
- Prosperini L, Leonardi L, De Carli P, Mannocchi ML, Pozzilli C (2010). Visio – proprioceptive training reduces risk of falls in patients with multiple sclerosis. *Mult Scler* 16 (4): 491–9.
- Cho Y, Kim M, Lee W (2015). Effect of proprioceptive training on foot posture, lower limb alignment, and knee adduction moment in patients with degenerative knee osteoarthritis: a randomized controlled trial. *J Phys Ther Sci* 27: 371–4.
- Hupperets MDW, Verhagen E, Heymans MW, Bosmans JE, van Tudler MW, van Mechelen W (2010). Potential savings of a program to prevent ankle sprain recurrence economic evaluation of a randomized controlled trial. *Am J Sports Med* 38 (11): 2194–200.
- Rossat A, Fantino B, Nitenberg C, Annweiler C, Poujol L, Herrmann FR, Beauchet O (2010). Risk factors for falling in community-dwelling older adults: which of them are associated with the recurrence of falls? *J Nutr Health Aging* 14 (9): 787–91.
- Gertenbach HJ (2002). The influence of proprioceptive training on the functional balance of older adults. Stellenbosch: University of Stellenbosch.
- Carter ND, Jenkinson TR, Wilson D, Jones DW, Torode AS (1997). Joint position sense and rehabilitation in the anterior cruciate ligament deficient knee. *Br J Sports Med* 31 (3): 209–12.
- Gokeler A, Benjaminse A, Hewett TE et al. (2012). Proprioceptive deficits after ACL injury: are they clinically relevant? *Br J Sports Med* 46 (3): 180–92.
- Héroux ME, Tremblay F (2005). Weight discrimination after anterior cruciate ligament injury: a pilot study. *Arch Phys Med Rehabil* 86 (7): 1362–8.
- Lee HM, Cheng CK, Liau JJ (2009). Correlation between proprioception, muscle strength, knee laxity, and dynamic standing balance in patients with chronic anterior cruciate ligament deficiency. *Knee* 16 (5): 387–91.
- Willems T, Witvrouw E, Verstuyft J, Vaes P, De Clercq D (2002). Proprioception and muscle strength in subjects with a history of ankle sprains and chronic instability. *J Athl Train* 37 (4): 487–93.
- Clark CN, Röijezon U, Treleaven J (2015). Proprioception in musculoskeletal rehabilitation. Part 2: Clinical assessment and intervention. *Man Ther* 20: 378–87.



19. Henriksen M, Höjrup A, Lund H, Christensen L, Danneskiold-Samsøe B, Bliddal H (2004). The effect of stimulating massage of thigh muscles on knee joint position sense. *Adv Physiother* 6 (29): 29–36.
20. Kumar S, Kumar A, Kumar R (2013). Proprioceptive training as an adjunct in osteoarthritis of knee. *J Musculoskelet Res* 16 (1): 1–10.
21. Lederman E (2010). *Neuromuscular rehabilitation in manual and physical therapies: principles to practice*. Edinburgh: Churchill Livingstone.
22. Docherty CL, Moore JH, Arnold BL (1998). Effects of strength training on strength development and joint position sense in functionally unstable ankles. *J Athl Train* 33: 310–4.
23. Šimek Šalaj S, Milanović D, Jukić I (2007). The effects of proprioceptive training on jumping and agility performance. *Kinesiology* 39 (2): 131–41.
24. Westlake KP, Wu Y, Culham EG (2007). Sensory-specific balance training in older adults: effect on position, movement, and velocity sense at the ankle. *Phys Ther* 87 (5): 560–8.
25. Swanik KA, Lephart SM, Swanik CB, Lephart SP, Stone DA, MD, Fu HF (2002). The effects of shoulder plyometric training on proprioception and selected muscle performance characteristics. *J Shoulder Elbow Surg* 11 (6): 579–86.
26. Trans T, Aaboe J, Henriksen M, Christensen R, Bliddal H, Lund H (2009). Effect of whole body vibration exercise on muscle strength and proprioception in females with knee osteoarthritis. *Knee* 16: 256–61.
27. Rogol IM, Ernst G, Perrin DH (1998). Open and closed kinetic chain exercises improve shoulder joint reposition sense equally in healthy subjects. *J Athl Train* 33 (4): 315–8.
28. Karakaya MG, Rutbil H, Akpinar E, Yildirim A, Karakaya IC (2015). Effect of ankle proprioceptive training on static body balance. *J Phys Ther Sci* 27: 3299–302.
29. Ljubojević A, Bijelić S, Zagorc M, Radisavljević L, Uzunović S, Pantelić K (2012). Effects of proprioceptive training on balance skills among sport dance dancers. *Kinesiology (Zagreb)* 10 (3): 257–66.
30. Amrinder S, Deepinder S, Singh SJ (2012). Effect of proprioceptive exercises on balance and center of pressure in athletes with functional ankle instability. *Medicina sportiva* 8 (3): 1927–33.
31. ACSM – American College of Sports Medicine (2010). *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription*. 8th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
32. Thompson KR, Mikesky AE, Bahamonde RE, Burr DB (2003). Effects of physical training on proprioception in older women. *J Musculoskel Neuron Interact* 3 (3): 223–31.
33. Waddington Heitkamp HC, Horstmann T, Mayer F, Weller J, Dickhuth HH (2001). Gain in strength and muscular balance after balance training. *Int J Sports Med* 22 (4): 285–90.