

**UNIVERZA V LJUBLJANI
ZDRAVSTVENA FAKULTETA
FIZIOTERAPIJA 2. STOPNJA**

Urška Urankar

MAGISTRSKO DELO

Ljubljana, 2018

**UNIVERZA V LJUBLJANI
ZDRAVSTVENA FAKULTETA
FIZIOTERAPIJA 2. STOPNJA**

Urška Urankar

**ZANESLJIVOST MERITEV
IN UČINKI MODELA VADBE ZA ZMANJŠEVANJE
POŠKODB KOLENA IN GLEŽNJA NA OBČUTEK ZA
POLOŽAJ KOLENSKEGA SKLEPA V ZAPRTI
KINEMATIČNI VERIGI**

Magistrsko delo

**THE RELIABILITY OF MEASUREMENTS
AND EFFECT OF EXERCISE MODEL FOR
REDUCING KNEE AND ANKLE INJURY ON KNEE
JOINT POSITION SENSE IN CLOSED KINEMATIC
CHAIN**

Master thesis

Mentorica: doc. dr. Renata Vauhnik

Somentorica: doc. dr. Urška Puh

Recenzentka:izr. prof. dr. Darja Rugelj

Ljubljana, 2018

ZAHVALA

Zahvaljujem se Petru za vso podporo, spodbudne besede ter motivacijo, ki mi jo je vlival, ko sem obupovala. Hvala družini za podporo pri študiju.

Iskrena hvala mentorici doc. dr. Renati Vauhnik za vso pomoč, razumevanje in pozitivno energijo tekom celotnega študija ter za strokovno vodenje pri pisanju magistrskega dela. Hvala tudi somentorici doc. dr. Urški Puh za nasvete pri dokončanju magistrskega dela.

Hvala tudi vsem preiskovancem, ki so sodelovali v raziskavi in Simonu za pomoč pri izvedbi meritev. Hvala sošolcem za nesebično pomoč, za smeh in bodrenje v trenutkih, ko sem izgubljala voljo, ki je vodila proti cilju.

IZVLEČEK

Uvod: Sherrington je propriopcijo opredelil kot zaznavanje položaja in gibanja telesnih segmentov oz. skupek aferentnih informacij, ki izhajajo iz mehanoreceptorjev. Obstajajo različni vadbeni modeli za spodbujanje in izboljšanje senzomotoričnega sistema, vendar pa vsebina tovrstne vadbe, ki se v literaturi pogosto omenja kot proprioceptivna vadba, ni jasno določena. Natančno merjenje občutka za položaj sklepa je poglavitno pri vrednotenju vadbe, ki vključuje vadbo za izboljšanje proprioceptije v klinično prakso. **Namen:** Namen magistrske naloge je preveriti zanesljivost posameznega preiskovalca za testiranje občutka za položaj kolenskega sklepa z elektrogoniometrom in ugotoviti vpliv modela vadbe za zmanjšanje poškodb kolena in gležnja na občutek za položaj sklepa v zaprti kinematični verigi pri igralcih badmintona. **Metode dela:** V raziskavi zanesljivosti je sodelovalo 20 mladih zdravih preiskovancev. Zanesljivost merjenja je bila ocenjena s koeficientom intraklasne korelacije (ICC). V drugem delu raziskave ugotavljanja vpliva modela 12-tedenske vadbe na občutek za položaj kolena je sodelovalo 16 mladih igralcev badmintona. Meritve smo izvedli s pomočjo dvoosnega elektrogoniometra SG 110 (Biometrics Ltd.), pri testnih kotih 15° in 30° fleksije kolena v zaprti kinematični verigi. **Rezultati:** Zanesljivost posameznega preiskovalca pri testnih pogojih 15° fleksije kolena na mehki (ICC=0,66) ter 30° fleksije kolena na trdi (ICC=0,55) in mehki podlagi (ICC=0,50) je zmerna, pri 15° fleksije kolena na trdi podlagi (ICC=0,79) pa visoka. Model vadbe za zmanjšanje poškodb kolena in gležnja pri aktivnih igralcih badmintona ne vpliva na statistično značilno izboljšanje občutka za položaj kolenskega sklepa v zaprti kinematični verigi. **Razprava in zaključek:** Zanesljivost merjenja z elektrogoniometrom SG 110 (Biometrics Ltd.) je zmerna do visoka. Potrebna je standardizacija postopka merjenja občutka za položaj kolena v zaprti kinematični verigi z elektrogoniometrom. Model vadbe statistično značilno ne vpliva na izboljšanje občutka za položaj kolenskega sklepa pri aktivnih igralcih badmintona v zaprti kinematični verigi. V literaturi se pojavlja neenotnost poimenovanja vadbe ter razlike v vsebini glede na specifičnost populacije. Potrebno bi bilo izvesti medsebojno primerljivejše raziskave višje metodološke kakovosti z bolj natančno opredeljeno vsebino vadbe glede na specifiko športa.

Ključne besede: proprioceptija, koleno, vadba, elektrogoniometer, zanesljivost

ABSTRACT

Introduction: Proprioception is the perception of the joint position and its movement and as afferent information arising from mechanoreceptors. There is numerous of different training models for improving impaired sensorimotor function. However, there is little agreement of what constitutes proprioceptive training. Reliable assessment of joint position sense it is essentially for implementation of proprioception training in clinical practice.

Purpose: The purpose of the study is to asses the intra-rater reliability of joint position sense measurements with electrogoniometer and establish effect of exercise model for reducing knee and ankle injury on knee joint position sense in closed kinematic chain.

Methods: 20 subjects participated in the study of reliability. In order to assess the reliability, intraclass correlation coefficient (ICC) were calculated. In second part of research involved 16 young badminton players. Measurements of joint position sense were performed using a biaxial electrogoniometer SG 110 (Biometrics Ltd.). Testing angles were 15° and 30° of knee joint flexion in closed kinematic chain. **Results:** Statistical data analysis revealed moderate intra-rater reliability for the 15° of knee joint flexion on the soft surface (ICC=0,66), for 30° of knee joint flexion on the hard (ICC=0,55) and soft surface (ICC=0,50) and good reliability for 15° of knee joint flexion on the hard surface. There is no significantly improvement in knee joint position sense by badminton players after performing exercise model for reducing knee and ankle injury on knee joint position sense.

Discussion and conclusion: According to the obtained results we conclude that the observed method is moderate to good reliable. The procedure of knee joint position sense measurements with electrogoniometer should be standardized. Exercise model was not effective on improving knee joint position sense of badminton players. Terminological unclarity on how proprioceptional training is defined is needed to be overcome. There is need for another more comparable research with higher methodological quality, including more specifically defined content of the proprioception training.

Keywords: proprioception, knee, exercise, electrogoniometer, reliability

KAZALO VSEBINE

1 UVOD.....	1
1.1 Pomen vadbe za povečanje proprioceptivnega priliva v preventivi in rehabilitaciji poškodb kolena in gležnja.....	2
1.2 Vadbeni programi za izboljšanje proprioceptije	3
1.2.1 Učinkovitost in vsebina vadbenih programov za izboljšanje proprioceptije spodnjega uda	5
1.3 Ocenjevanje občutka za položaj kolenskega sklepa	8
1.3.1 Zanesljivost merjenja občutka za položaj kolenskega sklepa z elektrogoniometrom	9
1.4 Primerjava občutka za položaj kolenskega sklepa v zaprti kinematični verigi pri stoji na trdi in mehki podlagi	10
2 NAMEN.....	12
3 METODE DE LA.....	13
3.1 Preiskovanci.....	13
3.2 Merjenje občutka za položaj kolenskega sklepa.....	14
3.2.1 Merilne naprave in pripomočki	14
3.2.2 Izvedba meritev	15
3.2.3 Izpis podatkov	16
3.4 Model vadbe za zmanjševanje poškodb kolena in gležnja	16
3.5 Metode statistične analize	18
4 REZULTATI	19
4.1 Zanesljivost merjenja občutka za položaj sklepa z elektrogoniometrom	19
4.2 Vpliv modela vadbe za zmanjševanje poškodb kolena in gležnja na občutek za položaj kolenskega sklepa merjenega z elektrogoniometrom	20
5 RAZPRAVA.....	22
5.1 Zanesljivost posameznega preiskovalca pri merjenju občutka za položaj kolenskega sklepa v zaprti kinematični verigi z elektrogoniometrom.....	22
5.2 Vpliv modela vadbe za zmanjšanje poškodb kolena in gležnja na občutek za položaj kolenskega sklepa merjenega z elektrogoniometrom pri aktivnih igralcih badmintona. 25	
5.3 Omejitve raziskave	28
6 ZAKLJUČEK	29
7 LITERATURA	29
8 PRILOGE	

8.1 Etična komisija

KAZALO SLIK

Slika 1: Graf meritve pri testnem kotu 15° fleksije v kolenskem sklepu z elektrogoniometrom SG 110 (Biometrics Ltd.) in računalniškim programom Acqknowledge 3.9.2. Biopac System Inc.....	16
Slika 2: Povprečje absolutnih napak in standardni odkloni pri meritvah za položaj kolena pri 15° fleksije.....	21
Slika 3: Povprečje absolutnih napak in standardni odkloni pri meritvah za položaj kolena pri 30° fleksije.....	21

KAZALO TABEL

Tabela 1: Pregled raziskav, ki opisujejo vsebine vadbenih programov za povečanje proprioceptivnega priliva v spodnjem udu ter učinki vadbe (prirejeno po Puh et al., 2016 ter dopolnjeno).....	5
Tabela 2: Karakteristike raziskav	9
Tabela 3: Zanesljivost posameznega preiskovalca in zanesljivost med preiskovalci	10
Tabela 4: Antropometrične značilnosti preiskovancev v raziskavi zanesljivosti	13
Tabela 5: Antropometrične značilnosti igralcev badmintona.....	14
Tabela 6: Vrednosti koeficienta interklasne korelacije (angl. Interclass correlation coefficient – ICC) (Portney and Watkins, 2009).....	18
Tabela 7: Zanesljivost posameznega preiskovalca	19
Tabela 8: Primerjava povprečij absolutnih napak med 1. in 2. merjenjem na trdi in mehki podlagi pri testnem kotu 15 ⁰ in 30 ⁰ fleksije v kolenskem sklepu	19
Tabela 9: Razlika povprečij absolutnih napak pred in po vadbi med stojo na trdi in mehki podlagi pri kotu 15 ⁰ in 30 ⁰ fleksije v kolenskem sklepu.....	20

SEZNAM UPORABLJENIH KRATIC IN OKRAJŠAV

A	Aktivno
AE	Povprečna absolutna napaka (ang. absolute error)
EG	Elektrogoniometer
ES	Eksperimentalna skupina
ICC	Koeficient intraklasne koleracije (ang. intraclass correlation coefficient)
IZ	Interval zaupanja
FK	Fleksija kolena
KS	Kontrolna skupina
MDC	Mininimalna zaznavna sprememba meritev (ang. Minimal detectable change)
OO	Odprte oči
P	Pasivno
PCC	Pearsonov korelacijski koeficient
PBFS	Patelofemoralni bolečinski sindrom
RKŠ	Randomizirana kontrolirana raziskava
SE	Standardna napaka meritev (ang. standard error)
ZZ	Zaprte oči

1 UVOD

Izraz propiocepcija izhaja iz latinske besede *proprius* in se nanaša na senzorične procese, ki omogočajo zavedanje telesne drže in gibanja (Jones, 1999). Propriocepcija je sposobnost zavestne in podzavestne zaznave položaja, lokacije, orientacije in gibanja telesa ter telesnih segmentov (Fix, 2002). Prvi je omenjeni izraz uporabil Sherrington (1906), ki je zapleten živčno-mišični proces opredelil kot zaznavanje položaja in gibanja telesnih segmentov ali kot skupek aferentnih informacij, ki izhajajo iz mehanoreceptorjev (Sherrington, 1906, cit. po Furmanek et al., 2014). Natančneje so Grob in sodelavci (2002) zaznavanje gibanja telesnih segmentov ali kinestezijo označili kot dinamičen fenomen, zaznavanje lokacije telesnega segmenta v prostoru oz. občutek za položaj sklepov ali statognozijo pa kot statičen fenomen. Zavedni del propiocepcije vključuje zavedanje položaja ter gibanja telesa in telesnih segmentov, nezavedni del pa refleksno uravnavanje reakcij nadzora drže ter ravnotežja in mišičnega tonusa (Konczak et al., 2009). Proprioceptivni prilivi iz mehanoreceptorjev v sklepih, mišicah, kitah, fascijah so nujni za nemoten nadzor osrednjega živčevja nad gibanjem. Gibanje spodbuja delovanje mehanoreceptorjev, ki dajejo propioceptivne informacije, potrebne za izvedbo normalnih vsakodnevnih dejavnosti ter bolj zapletenih gibalnih nalog (Kinzey in Armstrong, 1998).

Sistem povratne zanke je moten, kadar pride do poškodbe ali patološkega procesa v tkivu, kar poslabša uravnavanje gibanja in posledično poveča tveganje za nastanek nove poškodbe (Baker et al., 2002). Izguba oz. pomanjkanje propioceptivnega priliva lahko vpliva na slabši nadzor nad mišičnim tonusom in refleksni nadzor drže ter oslabi prostorske in časovne komponente zavestnega gibanja (Rossignol et al., 2006).

Okvare propioceptivne funkcije se lahko odražajo pri različnih nevroloških in ortopedskih patoloških stanjih, kot so poškodbe vezi, sklepnih ovojnic in mišic (Aman et al., 2015). Oslabljena propiocepcija in posledična odsotnost povratne informacije, ki je nujna za prilagoditev in izboljšanje spretnosti, je lahko vzrok težav pri učenju novih gibov ter zmanjša sposobnost izboljševanja kakovosti gibanja in njegovo vzdrževanje skozi serijo več ponovitev (Hillier et al., 2015). Pri poškodbah mišično-skeletnega sistema okvara propioceptivne funkcije prispeva k bolečini, šibkosti mišic, nestabilnosti sklepa in

motnjam ravnotežja, kar poveča tveganje za ponovitev iste poškodbe ali nastanek novih poškodb (Gokeler et al., 2012).

1.1 Pomen vadbe za povečanje proprioceptivnega priliva v preventivi in rehabilitaciji poškodb kolena in gležnja

Propriocepcija skočnega ali kolenskega sklepa je močno povezana z nadzorom ravnotežja, ki postane moten, kadar se zaradi poškodbe poslabša proprioceptivna funkcija sklepa (Han et al., 2015). Poškodbe kolenskega sklepa predstavljajo najpogostejšo poškodbo mišično-skeletnega sistema v Evropi in drugih razvitih deželah (Gage et al., 2012). Poškodba sprednje križne vezi pa je najpogostejša poškodba kolena, katere pojavnost je bila ocenjena na 1:3500 (Mehl et al., 2017). Biomehanska vloga sprednje križne vezi je zelo pomembna za stabilnost kolenskega sklepa. Enako pomembna pri stabilnosti pa je tudi nevrofiziološka proprioceptivna funkcija vezi. Znano je, da je uspeh rekonstrukcije sprednje križne vezi odvisen od kvalitete obnove proprioceptivne funkcije. Cilj specifične vadbe ravnotežja je izboljšanje te funkcije in stimuliranje osrednjega živčevja, da v vsakem trenutku zaznava položaj telesnih segmentov in se primerno odzove na spremembe položajev (Vathrakokilis et al., 2008). Na primer, med vadbo za povečanje proprioceptivnega priliva na ravnotežni deski vadeči poskuša nadzirati gibanje in položaj sklepov spodnjega uda v vseh ravninah. S ponavljanjem gibanja v frontalni in sagitalni ravnini vedno znova vrača sklep v pravo pozicijo. S tem ohranja ravnotežje na ravnotežni deski. Gibanje skočnega ali kolenskega sklepa v različnih smereh povzroča spremembe v dolžini ligamentov sklepa, ki z ustvarjanjem reakcije mišic spodbujajo stabilizacijo sklepa (Cho et al. 2015).

Avtorji ugotavljajo, da specifična vadba ravnotežja lahko izboljša proprioceptivno funkcijo tudi po daljšem časovnem obdobju po operaciji sprednje križne vezi (Vathrakokilis et al., 2008). O statistično značilnem izboljšanju funkcionalnega stanja, občutku za položaj sklepa, zmanjšanju bolečine po rekonstrukciji sprednje križne vezi poročajo tudi Ordahan in sodelavci (2015), kjer je bil 6-mesečni rehabilitacijski protokol usmerjen v izvajanje vadbe za povečanje proprioceptivnega priliva. Zouita in sodelavci (2013) so ugotovili statistično značilno izboljšanje v maksimalni mišični zmogljivosti in stabilnosti skočnega sklepa po zvinu gležnja pri tekačih po osmih tednih vadbe za povečanje proprioceptivnega priliva. Prav tako o zmanjšanju nihanja telesnega težišča pri preiskovancih s kronično nestabilnostjo v gležnju poročata Eils in Rosenbaum (2001), in sicer po 6-tedenski vadbi, ki je vključevala vadbo na ravnotežnem disku, ravnotežni deski in različne aktivnosti stoje

na eni nogi. Pri zdravih preiskovancih, ki so izvajali dvotedensko vadbo za izboljšanje proprioceptivnega priliva v skočnem sklepu, se je izboljšalo statično ravnotežje, ki so ga ocenjevali s testom stoje na eni nogi in na obeh nogah pri odprtih očeh. Test stoje so izvedli na okrogli ravnotežni deski, povezani z računalniškim programom za ocenjevanje gibanja težišča pritiska. (Karakaya et al., 2015).

Dobra proprioceptivna funkcija je nujna za zagotavljanje dinamične in funkcijske stabilnosti sklepov pri športnih in vsakodnevnih dejavnostih (Blackburn et al., 2000). Hrysonmallis (2007) navaja, da izguba proprioceptije in okvara živčno-mišične zmožnosti lahko vpliva na večje tveganje za nastanek poškodbe. Sensorimotorična vadba, ki se sicer široko uporablja v rehabilitaciji športnih poškodb, je zato prav tako pomemben del preventive. V literaturi obstaja kar nekaj raziskav, kjer so dokazali, da je vadba za povečanje proprioceptivnega priliva učinkovita, še zlasti v primeru vračanja k normalni funkciji po različnih poškodbah spodnjih udov.

1.2 Vadbeni programi za izboljšanje proprioceptije

Glede na to, kako pomemben dejavnik v procesu motoričnega nadzora je proprioceptija, bi morala biti vadba, katere cilj je povrnitev normalne gibalne funkcije po poškodbi, usmerjena v izboljšanje zaznavanja oz. povečanje proprioceptivnega priliva. Obstajajo različni vadbeni modeli za spodbujanje in izboljšanje sensorimotoričnega sistema, vendar pa vsebina tovrstne vadbe, ki se v literaturi pogosto omenja kot proprioceptivna vadba, ni jasno določena (Aman et al., 2015). Vadbeni modeli za spodbujanje proprioceptivnega sistema so lahko osredotočeni na izboljševanje zavednih ali nezavednih senzomotoričnih vidikov. Jasno je, da morajo za draženje proprioceptorjev ti modeli vključevati gibanje telesnih segmentov (Aman et al., 2015). Vadbeni modeli za izboljšanje proprioceptivnega priliva naj bi vključevali vaje, ki izzivajo sposobnost sklepa, da zazna in reagira na aferentni dražljaj s spreminjanjem položaja sklepa. S tem se izboljšuje zmogljivost sensorimotoričnega sistema ter preprečuje pojavnost primarnih in sekundarnih poškodb (Schifftan et al., 2015).

Aman in sodelavci (2015) so spodbujanje proprioceptivnega sistema definirali kot model obravnave za izboljšanje ali povrnitev sensorimotorične funkcije, pri čemer je poudarek

obravnave na uporabi somatosenzornih aferentnih prilivov ob istočasni odsotnosti vidnih ali slušnih prilivov. Modele obravnav za povečanje proprioceptivnega priliva so razdelili na pet različnih kategorij:

- aktivno gibanje/vadba ravnotežja,
- pasivno gibanje,
- vadba somatosenzorične stimulacije,
- vadba somatosenzoričnega razlikovanja,
- različne kombinacije omenjenih vadb.

V sistematičnem pregledu so ugotovili, da omenjeni modeli obravnav lahko izboljšajo somatosenzorično in somatomotorično funkcijo, vendar pa opozarjajo, da se v literaturi pojavlja še veliko nejasnosti ter neskladnosti glede njihove vsebine in učinkovitosti (Aman et al., 2015).

Clark in sodelavci (2015) so opredelili različne vadbene programe za povečanje proprioceptivnega priliva, in sicer:

- aktivno postavljanje sklepa v določen položaj,
- vadba zaznave in ponavljanja mišične aktivacije z določeno silo,
- vaje koordinacije,
- vadba proti uporu,
- vadba ravnotežja na različnih manj stabilnih oz. nestabilnih podlagah (mehka podlaga, ravnotežne deske),
- pliometrična vadba,
- vadba na vibracijski plošči.

Različni vadbeni programi lahko različno vplivajo na osrednji živčni sistem, nekateri bolj na supraspinalni nivo, drugi na nivo hrbtenjače. Posledično v različnih funkcijskih okoliščinah vplivajo na različne vidike proprioceptije (Clark et al., 2015). Clark in Lephart (2014) navajata, da se lahko vsaka aktivna telesna vaja smatra za vadbo za povečanje proprioceptivnega priliva, saj se pri tem vedno ustvari priliv v centralni živčni sistem iz

sklepnih in mišično-kitnih mehanoreceptorjev. Aktivna vadba naj bi bila najpomembnejši del spodbujanja proprioceptivnega sistema (Clark in Lephart, 2014). Predvideva se, da je pri aktivnem gibanju in bolj dinamičnih dražljajih aktivnih več proprioceptorjev (Lederman, 2010).

1.2.1 Učinkovitost in vsebina vadbenih programov za izboljšanje propriocepcije spodnjega uda

Kidgell in sodelavci (2007) v vsebino vadbenega programa za povečanje proprioceptivnega priliva v spodnjih udih vključujejo vaje na različnih nestabilnih podlagah v kombinaciji s koordinacijskimi vajami in poskoki. Različni avtorji so preučevali učinkovitost in vpliv vadbenih programov na povečanje proprioceptivnega priliva v spodnjem udu (Cho et al. 2015; Karakaya et al. 2015; Heleno et al. 2015; Cruz-Diaz 2015; Kumar et al. 2013; Sefton et al. 2011; Hupperts et al. 2010). Podrobnejši opis vsebine in učinkovitosti programov vadbe za povečanje proprioceptivnega priliva v pregledanih raziskavah je predstavljen v tabeli 1.

Tabela 1: Pregled raziskav, ki opisujejo vsebine vadbenih programov za povečanje proprioceptivnega priliva v spodnjem udu ter učinki vadbe (prirejeno po Puh et al., 2016 ter dopolnjeno)

Avtorji / tip raziskave	Preiskovanci	Eksperimentalna skupina	Kontrolna skupina	Merilna orodja	Spremembe po intervenciji
Hupperets in sod. (2010) RKŠ	športniki s poškodbo skočnega sklepa	n=256 <input type="checkbox"/> FT- obravnava <input type="checkbox"/> stoja na prstih z OO in ZO <input type="checkbox"/> stoja na eni nogi z izvajanjem fl. kolena, fl. kolka, oz. z addukcijo druge noge z OO in ZO	<input type="checkbox"/> n=266 <input type="checkbox"/> FT- obravnava <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Vprašalnik napredovanju vadbe, učinkih in o pojavnosti zvina skočnega sklepa	<input type="checkbox"/> ↓ pojavnosti ponovnega zvina skočnega sklepa v ES (p<0,05) <input type="checkbox"/> KS ni spremembe (p>0,05)
Cho in sod. (2015) RKŠ	artroza kolena	<input type="checkbox"/> n=30 <input type="checkbox"/> stoja na nestabilni ravnotežni plošči <input type="checkbox"/> sonožna stoja z OO <input type="checkbox"/> stoja na eni nogi z OO	<input type="checkbox"/> n=30 <input type="checkbox"/> TENS, termopak	3D-sistem za analizo gibanja RTG	<input type="checkbox"/> ↑ občutka za položaj sklepa, ↓ addukcijskega navora kolena v fazi opore v ES in KS (p<0,05)

Nadaljevanje tabele 1

		<input type="checkbox"/> stoja na eni nogi z ZO <input type="checkbox"/> izometrične kontrakcije m. quadriceps sede in leže			<input type="checkbox"/> večja sprememba v ES ($p < 0,05$)
Kumar in sod. (2013) RKŠ	artroza kolena	<input type="checkbox"/> n=/ <input type="checkbox"/> vstajanje s stola brez rok <input type="checkbox"/> stoja na prstih <input type="checkbox"/> hoja peta-prsti <input type="checkbox"/> nihanje z nogo naprej-nazaj v stoje <input type="checkbox"/> skoki na eni nogi na mehki blazini <input type="checkbox"/> hoja po stopnicah <input type="checkbox"/> hoja ali kolesarjenje na sobnem kolesu <input type="checkbox"/> raztezanje in krepitev mišic kolčnega, kolenskega in skočnega sklepa <input type="checkbox"/> UZ	<input type="checkbox"/> n=/ <input type="checkbox"/> vadba proti upor <input type="checkbox"/> UZ	elektrogonimeter	<input type="checkbox"/> ↑ občutka za položaj sklepa ($p < 0,001$), ↓ bolečine ($p < 0,001$), ↑ funkcije kolena v obeh skupinah <input type="checkbox"/> večja sprememba v ES ($p < 0,05$)
Karakaya in sod. (2015) RKŠ	Zdravi	<input type="checkbox"/> n=29 <input type="checkbox"/> stoja na ravnotežni deski <input type="checkbox"/> vaje za izboljšanje mišične jakosti mišic skočnega sklepa <input type="checkbox"/> raztezanje mišic skočnega sklepa	<input type="checkbox"/> n=30 <input type="checkbox"/> brez terapije	elektronska premična plošča	<input type="checkbox"/> izboljšanje ravnotežja v ES in KS ($p < 0,05$) <input type="checkbox"/> večja sprememba v ES ($p < 0,05$)
Heleno in sod. (2016) RKŠ	nogometaši	<input type="checkbox"/> n=12 <input type="checkbox"/> vadba nogometa <input type="checkbox"/> 5-tedenski program stopnjevane senzomotorične vadbe (vadba nadzora drže pri OO in ZO, stoja na mehki podlagi, enonožni poskoki, stoja na mehki podlagi z ZO in preprijemanjem žoge okoli pasu / vodenjem žoge z eno nogo okoli druge)	<input type="checkbox"/> n=10 <input type="checkbox"/> vadba nogometa	Test osmih elementov (F8), Test stranskega poskoka, Test dosega z nogo v 8 smereh, pritiskovna plošča	<input type="checkbox"/> izboljšanje nadzora drže, koordinacije in agilnosti <input type="checkbox"/> izboljšanje ravnotežja v ES pri OO in ZO

Nadaljevanje tabele 1

Cruz-Diaz (2015) RKŠ	kronična nestabilnost gležnja, športniki	<input type="checkbox"/> n=35 <input type="checkbox"/> specifična vadba mišične jakosti <input type="checkbox"/> vadbeni program za izboljšanje ravnotežja (vadba na ravnotežni deski, disku, polžogi, minitrampolinu in valju)	<input type="checkbox"/> n=35 <input type="checkbox"/> specifična vadba mišične jakosti	vprašalnik o občutku nestabilnosti v gležnju, Test dosega z nogo v 8 smereh, numerična bolečinska lestvica	<input type="checkbox"/> statistično značilno izboljšanje subjektivnega občutka stabilnosti in izboljšanje dinamičnega ravnotežja
Sefton in sod. (2011) PKŠ	kronična nestabilnost gležnja, zdravi	<input type="checkbox"/> n=12 <input type="checkbox"/> preiskovanci s kronično nestabilnostjo gležnja <input type="checkbox"/> 6-tedenski program vadbe ravnotežja (ravnotežna deska z vizualno povratno informacijo)	<input type="checkbox"/> n=9 <input type="checkbox"/> zdravi <input type="checkbox"/> izvajanje normalnih dnevnih aktivnosti	Test dosega z nogo v 8 smereh, pritiskovna plošča, EMG, dinamometer	<input type="checkbox"/> izboljšanje dinamičnega ravnotežja <input type="checkbox"/> izboljšanje občutka za položaj skočnega sklepa v smeri inverzije

LEGENDA: RKŠ – randomizirana kontrolirana raziskava, PKŠ – prospektivna kohortna raziskava, OO – odprte oči, ZO – zaprte oči, FT – fizioterapevtska, ES – eksperimentalna skupina, KS – kontrolna skupina

V pregledanih randomiziranih kontroliranih raziskavah so vadbeni programi trajali od 2 (Karakaya et al. 2015) do 12 tednov (Cho et al., 2015). Vadba je potekala vsak dan (Cruz-Diaz 2015), 5-krat/teden (Karakaya et al. 2015), 3-krat/teden (Sefton et al. 2011; Heleno et al. 2016; Hupperets et al. 2010) in 2-krat/teden (Cho et al. 2015). Vadbena enota je trajala od 30 minut (Hupperets et al., 2010; Cho et al., 2015) do 50 minut (Heleno et al. 2016).

Neposredno ocenjevanje propriocepcije (občutek za položaj ali gibanje sklepa) so izvedli v treh raziskavah, in sicer z elektrogoniometrom (Kumar et al., 2013), dinamometrom (Sefton et al., 2011) ter rentgenskim slikanjem (Cho et al., 2015). Izboljšanje propriocepcije so preko ravnotežja ocenjevali s testom dosega z nogo v osmih smereh (Sefton et al., 2011; Heleno et al., 2016; Cruz-Diaz, 2015), gibanjem težišča na pritiskovni plošči (Sefton et al., 2011; Heleno et al., 2016) in z elektronsko pomično ploščo (Karakaya et al., 2015). Posredno ocenjevanje propriocepcije je bilo izvedeno še s pomočjo vprašalnika o subjektivnem občutku nestabilnosti sklepa (Cruz-Diaz et al., 2015). Pri mladih nogometaših so z izvedbo testa osmih elementov (ang. Figure of eight test) in s testom stranskega poskoka (ang. Side hop test) ocenjevali izboljšanje agilnosti in koordinacije (Heleno et al., 2016). V eni od raziskav so s pomočjo sistema Biodex

elektromiografsko merili Hoffmanov refleks mišice soleus (Sefton et al., 2011). Cho in sodelavci (2015) so pri preiskovancih z artrozo kolenskega sklepa s 3-D sistemom za analizo gibanja merili spremembo addukcijskega navora v kolenskem sklepu.

1.3 Ocenjevanje občutka za položaj kolenskega sklepa

Natančno merjenje občutka za položaj sklepa je poglavitno pri vključevanju vadbe za izboljšanje propriocepcije v klinično prakso ter pri vrednotenju napredka in uspešnosti tovrstnih vadb (Smith et al., 2013). Pri ocenjevanju občutka za položaj kolenskega sklepa se ugotavlja natančnost ponavljanja položaja, ki se lahko izvede pasivno ali aktivno, v zaprti ali odprti kinematični verigi (Riemann et al., 2002). Obstaja več različnih tehnik merjenja. Direktne tehnike so npr. goniometri, potenciometri ter video analize, primer indirektne tehnike pa je npr. ocenjevanje z vidno analogno lestvico. Elektronske verzije standardnega goniometra so elektrogoniometri, kjer se kot v sklepu posname digitalno. Vse omenjene tehnike ocenjujejo zavestno dojetje položaja sklepa na podlagi dražljajev iz mehanoreceptorjev (Riemann et al., 2002). Testiranje občutka za položaj kolenskega sklepa je lahko aktivno ali pasivno. Pri aktivnem testiranju preiskovanec aktivno premakne telesni segment do določenega kota, se po nekaj sekundah vrne v izhodiščni položaj in potem skuša ponoviti testni kot. Pri pasivnem testiranju preiskovalec premakne preiskovančev telesni segment v določen testni kot, nato pa po vrnitvi v izhodiščni položaj to še enkrat ponovi, pri čemer gibanje v ponovnem dosegu testnega kota ustavi preiskovanec glede na subjektivno zaznavo. Testiranje se lahko izvaja v sedečem, ležečem ter stoječem položaju, v zaprti in odprti kinematični verigi (Grob et al., 2002).

Elektrogoniometrija se izvaja z elektrogoniometri, ki omogočajo enostavno merjenje položaja in gibanja sklepa. Sestavljeni so iz dveh krakov in potenciometra. Običajno so dvoosni, kar omogoča hkratno zajemanje podatkov v dveh ravninah. So lahki, fleksibilni in minimalno občutljivi na mehanske poškodbe. Ko je elektrogoniometer nameščen na sklep, potenciometer med gibanjem telesnega segmenta proizvaja različne izhodne napetosti, ki so odvisne od kota gibanja. Elektrogoniometer je občutljiva in natančna naprava za merjenje položaja in gibanja kolenskega sklepa. Upoštevanje standardnega protokola uporabe elektrogoniometra zmanjša možnost napake meritev, ki vplivajo na zanesljivost izvedbe ocenjevanja (Piriyaprasarth et al., 2008).

1.3.1 Zanesljivost merjenja občutka za položaj kolenskega sklepa z elektrogoniometrom

Različni avtorji so ugotavljali zanesljivost merjenja občutka za položaj kolenskega sklepa z elektrogoniometrom v različnih položajih (Fischer-Rasmussen, 2001; Ghiasi in Akbari, 2007; Kiefer in sod., 1998; Kramer in sod., 1997; Olsson in sod., 2004; Petrella in sod., 1997; Piriyaarasarth in sod., 2008). Podrobnosti prikazuje Tabela 2.

Tabela 2: Karakteristike raziskav

	Št. Preiskovancev	Protokol	Št. preiskovalcev	št.dni med testiranj
Fischer-Rasmussen, 2001	15 zdravih	testiranje z EG v sede, A in P doseganje položaja 15°, 25° in 35° FK, A vračanjev izhodiščni položaj	1	7
Ghiasi in Akbari, 2007	15 zdravih	testiranje z EG v stoje in v supiniranem položaju, A doseganje položaja 45°, 60° in 90° FK, A vračanjev izhodiščni položaj	1	7
Kiefer in sod., 1998	40 zdravih	testiranje z EG v stoje in v sede, A doseganje položaja 15°, 30°, 45° in 60° FK, A vračanje v izhodiščni položaj	1	14
Kramer in sod., 1997	48 (24 zdravih, 24 PFBS)	testiranje z EG v stoje in v sede, A doseganje položaja 15°, 30°, 45° in 60° FK, A vračanje v izhodiščni položaj	1	/
Olsson in sod., 2004	39 zdravih	testiranje z EG, A doseganje položaja 30°, 50° in 70° FK v sede in 40°, 70° in 100° FK v stoje, A vračanje v izhodiščni položaj	2	7
Petrella in sod., 1997	40 zdravih	testiranje z EG, A izvajanje počepov v stoje, od 10° do 60° FK	1	7
Piriyaarasarth in sod., 2008	35 zdravih	testiranje z EG v stoje, sede in v supiniranem položaju, A doseganje dveh kotov v FK, A vračanje v izhodiščni položaj 0°	2	0.5

Legenda: EG – elektrogoniometer, FK – fleksija kolena, A – aktivno, P – pasivno

V raziskavah so preučevali zanesljivost med preiskovalci ter zanesljivost posameznega preiskovalca (tabela 3).

Tabela 3: Zanesljivost posameznega preiskovalca in zanesljivost med preiskovalci

	Protokol (pozicija/patologija)	AE	Intra ICC	Inter ICC	PCC
Piriyaprasarth in sod., 2008	A poizkus-A ponovitev (v sede/zdravi)	/	0,86-0,87	0,68-0,79	/
	A poizkus-A ponovitev (v supiniranem položaju/zdravi)	/	0,75-0,76	0,58-0,71	/
	A poizkus-A ponovitev (v stoje/zdravi)	/	0,87-0,88*	0,57-0,80	/
Petrella in sod., 1997	A poizkus-A ponovitev (v stoje/zdravi)	/	/	/	R=0,88
Olsson in sod., 2004	A poizkus-A ponovitev (v sede/zdravi)	4,2°	0,31-0,82	/	/
	A poizkus-A ponovitev (v proniranem položaju/zdravi)	5,1°	0,17-0,75	/	/
Ghiasi in Akbari, 2007	A poizkus-A ponovitev (v stoje in v supiniranem položaju/zdravi)	/	0,91-0,99*	/	/
Kiefer in sod., 1998	A poizkus-A ponovitev (v sede in stoje/zdravi)	/	0,08-0,67	/	/
Kramer in sod., 1997	A poizkus-A ponovitev (v sede/zdravi)	/	0,18-0,67	/	/
	A poizkus-A ponovitev (v sede položaju/PFBS)	/	0,58-0,79	/	/
	A poizkus-A ponovitev (v stoje/zdravi)	/	0,17-0,59	/	/
	A poizkus-A ponovitev (v stoje/PFBS)	/	0,42-0,63	/	/
Fischer-Rasmussen in sod., 2001	A poizkus-A ponovitev (v sede/zdravi)	/	/	/	R=0,70
	P poizkus-A ponovitev (v sede/zdravi)	/	/	/	R=0,80

Legenda: AE – povprečna absolutna napaka, ICC – intraklasni korelacijski koeficient, Intra – zanesljivost posameznega preiskovalca, Inter – zanesljivost med preiskovalci, PCC – Pearsonov korelacijski koeficient, A – aktivno, PFBS – patelofemoralni bolečinski sindrom

1.4 Primerjava občutka za položaj kolenskega sklepa v zaprti kinematični verigi pri stoji na trdi in mehki podlagi

Mehka podlaga se v rehabilitaciji pogosto uporablja za izboljšanje propiocepcije ter ocenjevanje integracije propioceptivnih informacij, pomembnih za vzdrževanje ravnotežja. Eden od pristopov ugotavljanja vpliva informacij iz mehanoreceptorjev na podplatih, ki prispevajo k ohranjanju drže med stojo, je spreminjanje značilnosti podporne površine. Pri stoji na mehki podlagi se zmanjša zmožnost zaznave orientacije telesa. Zaradi

viskoelastične narave mehke podlage se namreč zmanjša produkcija natančnih popravnih odzivov (Patel et al., 2008). Kožni mehanoreceptorji na podplatu zaznavajo premike, hitrost in pospeške premika kože ter s tem pripomorejo k ohranjanju stabilnosti. Med stojo na mehki podlagi se natančnost informacij iz teh receptorjev zmanjša (Fransson et al., 2007).

V raziskavi Palme in sod. (2016), kjer so primerjali občutek za položaj kolenskega sklepa med stojo na trdi in mehki podlagi, ni prišlo do statistično pomembnih razlik. Ugotovili so, da mehka podlaga pri mladih zdravih oziroma nepoškodovanih preiskovancih bistveno ne vpliva na občutek za položaj kolenskega sklepa. Chiang in Wu (1997) navajata, da stoja na mehki podlagi vpliva na informacije iz kožnih mehanoreceptorjev in sklepnih receptorjev, ne pa tudi na mišične receptorje v začetni fazi premikanja podporne ploskve. Informacije, ki pridejo do mišičnega vretena in odgovori povezani z njim, med stojo na mehki podlagi niso spremenjeni.

2 NAMEN

Namen prvega dela magistrske naloge je preveriti zanesljivost posameznega preiskovalca pri mladih zdravih preiskovancih za testiranje občutka za položaj kolenskega sklepa z elektrogoniometrom. V drugem delu magistrske naloge pa je namen ugotoviti, kakšen je vpliv modela vadbe za zmanjšanje poškodb kolena in gležnja na občutek za položaj sklepa v zaprti kinematični verigi pri igralcih badmintona.

Delovne hipoteze:

Hipoteza 1: Zanesljivost posameznega preiskovalca za testiranje občutka za položaj kolenskega sklepa pri kotu 15° fleksije na trdi podlagi pri zdravih mladih osebah je odlična.

Hipoteza 2: Zanesljivost posameznega preiskovalca za testiranje občutka za položaj kolenskega sklepa pri kotu 15° fleksije na mehki podlagi pri zdravih mladih osebah je odlična.

Hipoteza 3: Zanesljivost posameznega preiskovalca za testiranje občutka za položaj kolenskega sklepa pri kotu 30° fleksije na trdi podlagi pri zdravih mladih osebah je odlična.

Hipoteza 4: Zanesljivost posameznega preiskovalca za testiranje občutka za položaj kolenskega sklepa pri kotu 30° fleksije na mehki podlagi pri zdravih mladih osebah je odlična.

Hipoteza 5: Model vadbe za zmanjšanje poškodb kolena in gležnja vpliva na izboljšanje občutka za položaj kolenskega sklepa v zaprti kinematični verigi v vseh testnih pogojih pri aktivnih igralcih badmintona.

3 METODE DE LA

Raziskavi sta potekali v laboratoriju Zdravstvene fakultete Univerze v Ljubljani. Raziskavo je odobrila Komisija za medicinsko etiko Republike Slovenije (številka odločbe 164/07/13). Vsi preiskovanci so podpisali pisno soglasje za sodelovanje v raziskavi.

3.1 Preiskovanci

V prvem delu raziskave za ugotavljanje zanesljivosti posameznega preiskovalca za testiranje občutka za položaj kolenskega sklepa z elektrogoniometrom je sodelovalo 20 preiskovancev (7 moških in 13 žensk), starih med 19 in 21 let. Vsi preiskovanci razen enega so imeli dominantno nogo desno. Vključitveni kriteriji za sodelovanje v prvem delu raziskave so bili:

- starost med 19 in 21 let
- odsotnost mišično-skeletnih poškodb in obolenj na spodnjih udih
- odsotnost lažje poškodbe spodnjih udov v obdobju zadnjih šest mesecev
- odsotnost hujše poškodbe spodnjih udov nasploh

V Tabeli 4 so predstavljene antropometrične značilnosti preiskovancev v raziskavi zanesljivosti.

Tabela 4: Antropometrične značilnosti preiskovancev v raziskavi zanesljivosti

Značilnost	Min	Max	Povprečje/stdn.odklon	Mediana
Starost (leta)	19	21	20 ± 0,8	20
Telesna višina (cm)	155	191	176 ± 10,5	176,5
Telesna masa (kg)	52	92	68,4 ± 12	71
Indeks telesne mase	18,3	28	22 ± 2,3	21,8

V drugem delu raziskave za ugotavljanje vpliva modela vadbe za zmanjševanje poškodb kolena in gležnja na občutek za položaj kolenskega sklepa merjenega z elektrogoniometrom je sodelovalo 16 preiskovancev (10 moških in 6 žensk), starih med 11

in 19 let. Vsi preiskovanci z izjemo dveh so imeli dominantno nogo desno. Vključitveni kriteriji za sodelovanje v drugem delu raziskave so bili:

- ukvarjanje z igranjem badmintona
- starost med 11 in 19 let
- odsotnost mišično-skeletnih poškodb in obolenj na spodnjih udih
- odsotnost lažje poškodbe spodnjih udov v obdobju zadnjih šest mesecev
- odsotnost hujše poškodbe spodnjih udov nasploh

Pri testiranju so bili preiskovanci v obeh raziskavah bosi in oblečeni v kratke hlače.

V tabeli 5 so predstavljene antropometrične značilnosti preiskovancev v raziskavi vpliv modela vadbe za zmanjševanje poškodb kolena in gležnja na občutek za položaj kolenskega sklepa pri igralcih badmintona.

Tabela 5: Antropometrične značilnosti igralcev badmintona

Značilnost	Min	Max	Povprečje/stdn.odklon	Mediana
Starost (leta)	11	19	14,3 ± 2,1	14
Telesna višina (cm)	150	187	171,3 ± 12	174
Telesna masa (kg)	35	76	58,1 ± 12,7	62
Indeks telesne mase	15,6	24,4	19,5 ± 2,3	20

3.2 Merjenje občutka za položaj kolenskega sklepa

3.2.1 Merilne naprave in pripomočki

Meritve občutka za položaj kolenskega sklepa smo izvedli s pomočjo dvoosnega elektrogoniometra SG 110 (Biometrics Ltd.). Elektrogoniometer je sestavljen iz dveh kratkov in potenciometra (optična vlakna). Med gibanjem potenciometer proizvaja različne izhodne napetosti, ki so odvisne od kota gibanja (Bronner et al., 2010). Pred vsakim merjenjem smo izvedli umerjanje elektrogoniometra pri kotu 0° v kolenskem sklepu, medtem ko je preiskovanec stal na dominantni nogi, in 90° v kolenskem sklepu, ko je preiskovanec sedel na stolu. Kote smo izmerili z ročnim plastičnim goniometrom.

Elektrogoniometer je bil povezan z vmesnikom (Biopac System Inc), preko katerega so se podatki prenesli na računalnik.

3.2.2 Izvedba meritev

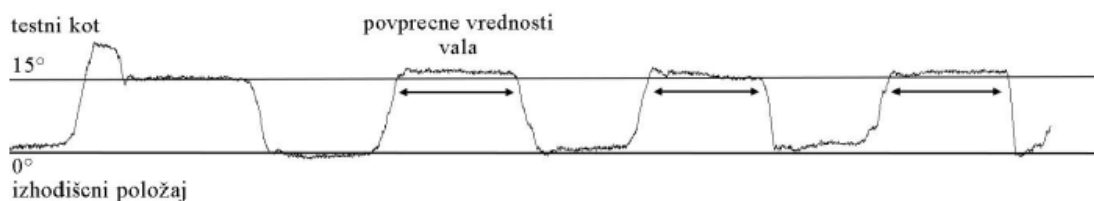
V prvem in drugem delu raziskave so bile meritve izvedene na enak način, razlika je bila le v času izvedbe ponovitvenega testiranja. Vsak preiskovanec je pred začetkom testiranja izpolnil anamnestični vprašalnik. Dominantno nogo smo določili tako, da so preiskovanci s poljubno izbrano nogo brcnili žogo, pred sabo pohodili imaginarnega hrošča in v stoječem položaju z nogo na tleh izrisovali črke. Za dominantno nogo je bila določena tista, ki so jo izbrali v vsaj dveh primerih (Gentry in Gabbard, 1995). Preiskovanci so izvedli meritve na trdi in mehki podlagi (Airex AG) pri različnih testnih kotih. Vrstni red testnih kotov in vrsto podlage, na kateri so preiskovanci začeli s testiranjem, smo določili z žrebom. Nato smo izvedli merjenje občutka za položaj kolenskega sklepa v zaprti kinematični verigi z elektrogoniometrom. Protokol meritev je bil sestavljen na podlagi pregleda predhodnih raziskav (Kiran et al., 2010; Mir et al., 2014; Palma et al., 2014; Palma et al., 2016) ter prilagojen glede na raziskovalni prostor in opremo.

Med nameščanjem elektrogoniometra je preiskovanec stal v anatomskega položaju. Proksimalno bazo elektrogoniometra smo s pomočjo obojestranskega lepilnega traku nalepili na dominantno nogo nad lateralni kondil stegenice v liniji s trohantrrom, distalno bazo pa pod glavo mečnice, v liniji z lateralnim maleolom, tako da je bila sklepna špranja kolenskega sklepa na sredini elektrogoniometra. Sledilo je umerjanje elektrogoniometra pri 0° v kolenskem sklepu, medtem ko je preiskovanec stal na dominantni nogi, in pri 90° v kolenskem sklepu med sedenjem na stolu. Preiskovanec je med testiranjem stal ob steni in se stene rahlo dotikal s kazalcema, medtem ko je izvajal počepe na dominantni nogi. Oči je imel prekrite z neprosojnimi temnimi očali. Izhodiščni položaj je bil kot 0° v kolenskem sklepu. Poskusna meritev, s katero smo preverili, ali je preiskovanec razumel protokol meritev, je bila pri kotu 45° fleksije v kolenskem sklepu. Iz izhodiščnega položaja smo preiskovanca z verbalnimi navodili po 5 sekundah vodili v testni položaj, ki ga je preiskovanec zadržal 5 sekund in se nato ponovno vrnil v izhodiščni položaj. Za tem je

sam trikrat poskušal doseči izbrani testni položaj, ki ga je zadržal 5 sekund. Testni koti so bili 15° in 30° fleksije kolenskega sklepa. Vse meritve so se izvajale aktivno.

3.2.3 Izpis podatkov

S pomočjo elektrogoniometra smo pridobili podatke v obliki izrisane krivulje v računalniškem programu Acqknowledge 3.9.2. Biopac System. Vsak testni položaj se je izrisal na računalniškem zaslonu kot krivulja štirih valov. Analiza podatkov je potekala tako, da smo izračunali povprečne vrednosti zadnjih treh valov, iz katerih smo nato izračunali absolutno razliko med testnim in ponovljenim kotom v sklepu. Za nadaljnjo analizo smo iz povprečja absolutnih razlik izračunali še absolutno napako.



Slika 1: Graf meritve pri testnem kotu 15° fleksije v kolenskem sklepu z elektrogoniometrom SG 110 (Biometrics Ltd.) in računalniškim programom Acqknowledge 3.9.2. Biopac System Inc.

3.4 Model vadbe za zmanjševanje poškodb kolena in gležnja

Model vadbe za zmanjševanje poškodb kolena in gležnja, ki so ga 12 tednov izvajali preiskovanci, je bil sestavljen na podlagi upoštevanja priporočil različnih avtorjev (Cho et al. 2015; Karakaya et al. 2015; Heleno et al. 2015; Cruz-Diaz 2015; Kumar et al. 2013; Sefton et al. 2011; Hupperts et al. 2010). Vključeval je 7 različnih vadbenih postaj. Vadba je potekala v paru, tako da je vse postaje najprej opravil eden od preiskovancev v paru, nato je sledila menjava. Preiskovanci so vadbo izvajali bosi, brez obutve in nogavic. Na vsaki izmed postaj so preiskovanci vajo izvajali 1 minuto, premori med postajami pa so trajali 30 sekund. Vadbene postaje so vključevale naslednje vaje:

1. Preiskovanec je ob podpori partnerja, ki ga je držal za roko, izvajal izpadne korake na trdi podlagi, po 30 sekundah je sledila menjava sprednje noge.

NAMEN VAJE: Koncentrična ter ekscentrična aktivacija sprednjih in zadnjih stegenskih mišic ter glutealnih mišic.

2. Preiskovanec je 30 sekund zadrževal stoji na eni nogi na mehki podlagi (ravnotežna blazina Airex Pad Blue), hkrati pa si je s partnerjem podajal mehko napihljivo žogo. Po 30 sekundah je sledila menjava stojne noge.

NAMEN VAJE: Krepitev mišic stopala, mečnih mišic, z manjšo podporno ploskvijo (stoji na eni nogi) in mehko podlago povečati proprioceptivni priliv v stopalu, gležnju in kolenu.

3. Preiskovanec je s pomočjo elastičnega traku proti uporju izvajal inverzijo in everzijo v spodnjem skočnem sklepu.

NAMEN VAJE: Krepitev mišic invertorjev in evertorjev gležnja.

4. Preiskovanec je izvajal stranske poskoke iz ene na drugo nogo na mehki podlagi.

NAMEN VAJE: Aktivacija mišic abduktorjev kolka, izboljšanje stabilnosti in nadzora v kolenu in gležnju.

5. Preiskovanec je izvajal vertikalne sonožne poskoke na mehki podlagi.

NAMEN VAJE: Pliometrična aktivacija stegenskih in glutealnih mišic, izzivanje mišic gležnja k pravočasni aktivaciji in zagotavljanju stabilnosti v skočnih sklepih pri pristanku na mehko blazino.

6. Preiskovanec je v stoječem položaju 30 sekund izvajal pritiskanje prstov obeh nog ob tla (zadrževanje 5 sekundnih izometričnih kontrakcij), nadaljnih 30 sekund pa je izvajal koncentrično aktivacijo fleksorjev prstov.

NAMEN VAJE: Krepitev intrinzičnih mišic stopal.

7. Preiskovanec je izvajal stoji na eni nogi na trdi podlagi pri zaprtih očeh, 30 sekund na eni in nato še 30 sekund na drugi nogi.

NAMEN VAJE: Izzivanje ohranjanja ravnotežja z zmanjšanjem podporne ploskve in odtegnitvijo ene od treh senzoričnih informacij (vid).

3.5 Metode statistične analize

Analiza podatkov je bila izvedena s programom Microsoft Excel 2010 in s statističnim programom SPSS 23.0 za Windows. Pri meritvah občutka za položaj kolenskega sklepa smo uporabili povprečje absolutnih napak za posamezni testni kot. Za oceno zanesljivosti meritev smo izračunali ICC. Za izračun zanesljivosti je bil uporabljen ICC tipa 2,1. Stopnja zanesljivosti testa, izmerjena z ICC, je bila določena po klasifikaciji Portney and Watkins, (2009) (tabela 6). Za statistično primerjavo sprememb med izhodiščnimi vrednostmi in vrednostmi, dobljenimi po zaključenem izvajanju 12-tedenske vadbe, smo uporabili t-test za odvisne vzorce. Statistično značilnost smo sprejeli ob 5% napaki alfa.

Tabela 6: Vrednosti koeficienta interklasne korelacije (angl. Interclass correlation coefficient – ICC) (Portney and Watkins, 2009)

Vrednosti ICC	Ocena
<0,50	nizka
0,50 - 0,75	zmerna
0,76 – 0,90	visoka
>0,90	odlična

4 REZULTATI

4.1 Zanesljivost merjenja občutka za položaj sklepa z elektrogoniometrom

V prvem delu magistrske naloge, kjer smo ugotavljali zanesljivost posameznega preiskovalca za testiranje občutka za položaj kolenskega sklepa z elektrogoniometrom, je statistična analiza podatkov pokazala, da je zanesljivost posameznega preiskovalca pri testnih pogojih 15° fleksije kolena na mehki podlagi ter 30° fleksije kolena na trdi in mehki podlagi zmerna. Pri testnem pogoju 15° fleksije kolena na trdi podlagi (ICC=0,79) je zanesljivost visoka. Standardna napaka meritve je manjša od 1,9°, najmanjša zaznana sprememba pa ne presega 5,27°. Rezultati so prikazani v tabeli 7.

Tabela 7: Zanesljivost posameznega preiskovalca

	ICC (2, 1)	95% IZ za ICC	SD	SEM	MDC
Mehka 15°	0,66	0,31 - 0,85	2,70	1,57	4,36
Trda 15°	0,79	0,53 - 0,91	2,33	1,07	2,96
Mehka 30°	0,50	0,11 - 0,76	2,69	1,90	5,27
Trda 30°	0,55	0,17 - 0,79	2,76	1,85	5,13

ICC-intraklasna korelacija, IZ-interval zaupanja, SD-standardni odklon, SEM-standardna napaka meritve; $SEM = SD \times \sqrt{1 - ICC}$, MDC-najmanjša zaznana sprememba (temelji na 95% IZ); $MDC = 1.96 \times SEM \times \sqrt{2}$;

Tabela 8 prikazuje primerjavo povprečij absolutnih napak med 1. in 2. merjenjem za vsak testni pogoj.

Tabela 8: Primerjava povprečij absolutnih napak med 1. in 2. merjenjem na trdi in mehki podlagi pri testnem kotu 15° in 30° fleksije v kolenskem sklepu

	Merjenje	Povpr.abs. napaka (°)	SO	Min	Max
Mehka 15°	1.	3,29	3,52	0,13	10,18
	2.	3,18	3,25	0,19	9,96
Trda 15°	1.	2,98	3,09	0,12	8,45
	2.	3,12	2,58	0,82	9,52
Mehka 30°	1.	3,63	3,53	0,17	8,59
	2.	2,4	3,28	0,33	10,16
Trda 30°	1.	4,14	4,06	0,07	10,16
	2.	3,23	3,63	0,34	8,63

Povpr.abs.napaka – povprečje absolutnih napak, SO – standardni odklon, Min – minimalna vrednost, Max – maksimalna vrednost

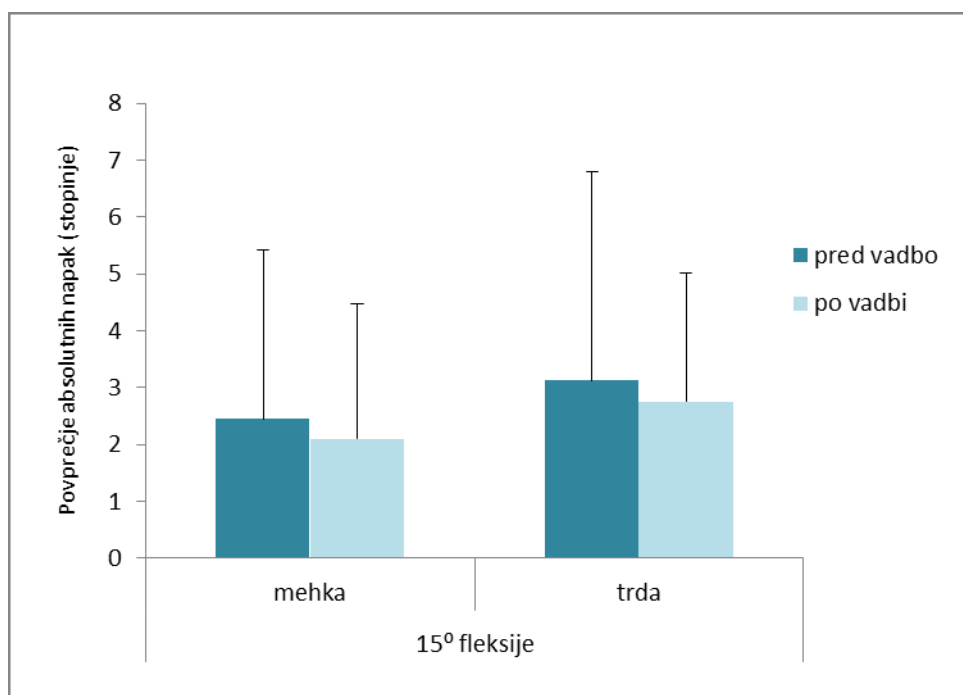
4.2 Vpliv modela vadbe za zmanjševanje poškodb kolena in gležnja na občutek za položaj kolenskega sklepa merjenega z elektrogoniometrom

V drugem delu magistrske naloge, kjer smo ugotavljali vpliv modela vadbe za zmanjšanje poškodb kolena in gležnja na občutek za položaj kolenskega sklepa merjenega z elektrogoniometrom pri aktivnih igralcih badmintona, ni prišlo do statistično značilnega izboljšanja občutka za položaj kolenskega sklepa v zaprti kinematični verigi. Vrednost-p je bila večja od 0,05 pri vseh štirih testnih pogojih. Do največje razlike povprečij absolutnih napak pred in po vadbi je prišlo pri testnem pogoju 30° fleksije kolena na mehki podlagi (2,47°), kjer se je p-vrednost približala statistično pomembni razliki (p=0,07). Rezultati so prikazani v tabeli 8. Primerjava povprečij absolutnih napak s standardnimi odkloni za testni kot 15° fleksije kolena je prikazan na sliki 2, za testni kot 30° fleksije kolena pa na sliki 3.

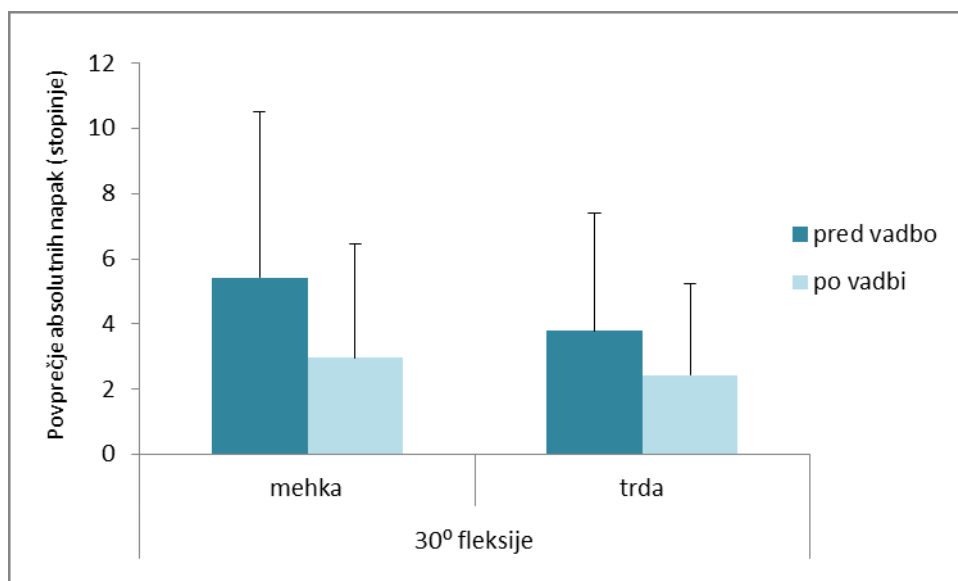
Tabela 9: Razlika povprečij absolutnih napak pred in po vadbi med stojo na trdi in mehki podlagi pri kotu 15° in 30° fleksije v kolenskem sklepu

	Razlika pred in po vadbi (kotne stopinje) (95 % IZ)	p
Mehka 15°	0,35 (-1,26 - 1,96)	0,65
Trda 15°	0,37 (-0,93 - 1,67)	0,56
Mehka 30°	2,47 (-0,27 - 5,21)	0,07
Trda 30°	1,35 (-0,34 - 3,03)	0,11

IZ-interval zaupanja, p-statistična značilnost



Slika 2: Povprečje absolutnih napak in standardni odkloni pri meritvah za položaj kolena pri 15° fleksije



Slika 3: Povprečje absolutnih napak in standardni odkloni pri meritvah za položaj kolena pri 30° fleksije

5 RAZPRAVA

5.1 Zanesljivost posameznega preiskovalca pri merjenju občutka za položaj kolenskega sklepa v zaprti kinematični verigi z elektrogoniometrom

V prvem delu magistrske naloge smo ugotavljali zanesljivost posameznega preiskovalca pri merjenju občutka za položaj kolenskega sklepa v zaprti kinematični verigi z elektrogoniometrom pri testnih kotih 15° in 30° fleksije kolena na trdi in mehki podlagi. Zanesljivost meritev posameznega preiskovalca, ki smo jih izvedli v naši raziskavi, se je pri testnih pogojih 15° fleksije kolena na mehki ter 30° fleksije kolena na trdi in mehki podlagi izkazala za zmerno ($ICC=0,50 - 0,66$), pri testnem pogoju 15° fleksije kolena na trdi podlagi pa za visoko ($ICC=0,79$). Pri testnem pogoju 15° fleksije kolena pri stoji na trdi ($ICC=0,79$) in mehki podlagi ($ICC=0,66$) so bili rezultati nekoliko boljši v primerjavi s testnim pogojem 30° fleksije kolena na trdi ($ICC=0,55$) in mehki podlagi ($ICC=0,50$). Pri obeh testnih kotih so bili rezultati boljši na trdi podlagi v primerjavi z mehko podlago.

Rezultati naše raziskave se razlikujejo od rezultatov raziskave Piriya Prasartha in sod. (2008), kjer so ugotovili visoko zanesljivost posameznega preiskovalca pri merjenju občutka za položaj kolenskega sklepa z elektrogoniometrom v zaprti kinematični verigi ($ICC=0,87$) pri dveh različnih kotih fleksije kolena (velikost kotov v raziskavi niso navedli). Standardna napaka meritve v naši raziskavi je bila manjša od $1,9^\circ$, v raziskavi Piriya Prasarth in sod. (2008) pa manjša od $1,7^\circ$. V raziskavi Piriya Prasartha in sodelavcev (2008) so preiskovanci vsak testni kot ponovili 10-krat. Časovna razlika med prvim in ponovnim testiranjem je bila 0,5 dneva. Meritve so izvajali na skupini zdravih odraslih ($n=37$) povprečne starosti 31 let, kar ne sovпада s starostno skupino, ki smo jo testirali v naši raziskavi, kjer so bili preiskovanci mlajši. Protokol ugotavljanja zanesljivosti meritev torej ni popolnoma primerljiv s protokolom naše raziskave. Razlike v postopku izvajanja meritev med raziskavama, torej krajši čas med prvim in drugim testiranjem ter večje število ponovitev testnega položaja v raziskavi Piriya Prasartha in sod. (2008), bi lahko bila vzroka, da je zanesljivost meritev v naši raziskavi nižja od zanesljivosti meritev raziskave Piriya Prasartha in sod. (2008). Tudi Piriya Prasarth s sodelavci (2008) navaja, da je zanesljivost meritve, ki je ponovljena desetkrat, višja od zanesljivosti meritve ene same ponovitve testnega položaja. Predvidevamo, da ob večjem številu ponovitev testnega kota

ter pri krajšem času med prvim in drugim testiranjem lahko pri preiskovancih pride do procesa učenja, s tem pa bi lahko bila izvedba njihovih ponovitev natančnejša. Občutek za položaj telesa se prilagaja namreč preko poti motoričnega učenja. Motorični ukazi ustvarjajo gibanje, hkrati pa s ponavljanjem istih ukazov pride tudi do prilagoditve občutljivosti našega zaznavanja telesa oz. telesnih segmentov. Motorično učenje namreč izboljša propriocepcijo oz. zaznavanje telesnih segmentov (Wong et al., 2011). Tudi Blackburn in sod. (2000) navajajo, da ponavljanje iste naloge vodi k motoričnemu učenju, zaradi česar lahko pride do boljših rezultatov pri zaznavanju telesa in telesnih segmentov. Poleg tega so preiskovanci v naši raziskavi izvajali testne ponovitve brez zunanjih taktilnih ali verbalnih stimulusov, preiskovanci v raziskavi Piriyaarasartha in sod. (2008) pa so imeli pri izvedbi vseh 10 ponovitev zunanji taktilni stimulus (lahen dotik stene s kolenom), ki jim je dajal informacijo o koncu giba. Torej bi lahko prišlo do slabše zanesljivosti meritev posameznega preiskovalca zaradi večje napake preiskovancev. Nekateri preiskovanci v naši raziskavi so imeli težave pri vračanju kolena v nevtralni položaj, kjer se niso uspeli izogniti hiperekstenziji v kolenskem sklepu, kljub temu, da so imeli navodila, naj se vračajo le do ničelnega položaja. Do razlik v izvedbi bi lahko prišlo tudi pri kompenzacijah preiskovancev z medenico in s trupom. V navodilih smo preiskovance prosili le, da naj med izvajanjem meritev zadržujejo nevtralni položaj medenice, kar si je lahko vsak interpretiral nekoliko drugače. Položaja preiskovančeve medenice med samim izvajanjem meritev verbalno ali taktilno nismo popravljali.

Odlično zanesljivost posameznega preiskovalca pri merjenju občutka za položaj sklepa z elektrogoniometrom pri zdravih mladih, starih povprečno 21,5 let, sta ugotovila Ghiasi in Akbari (2007) (ICC=0,91-0,99). Nasprotno pa je Kramer s sodelavci (1997) prišel do rezultatov, ki kažejo na nizko do zmerno zanesljivost merjenja občutka za položaj sklepa z elektrogoniometrom v zaprti kinematični verigi. Pri zdravih mladih preiskovancih, starih povprečno 24 let, je bila zanesljivost meritev pri testnem kotu 15° fleksije kolena zmerna (ICC=0,59), pri 30° fleksije kolena pa nizka (ICC=0,17). Podobno je tudi v naši raziskavi prišlo do boljše zanesljivosti meritev pri testnem kotu 15° fleksije kolena v primerjavi s kotom 30° fleksije kolena. Do podobnih ugotovitev so prišli tudi Kiefer in sodelavci (1998), kjer je bila zanesljivost meritev nizka do zmerna. Raziskava so izvedli na skupini zdravih mladih, starih povprečno 22,5 let, testni koti pa so bili 15°, 30°, 45° in 60°. Avtorji domnevajo, da je občutek za položaj sklepa sicer boljši pri večjih obsegih gibljivosti, kar naj bi bilo povezano z zaščitnim mehanizmom, ki preprečuje preveliko raztegnitev

mehkega tkiva (mišic, kit in fascij) (Selfe et al., 2006). Selfe s sodelavci (2006), ki je sicer ugotavljal zanesljivost meritev posameznega preiskovanca pri izvajanju meritev v sedečem položaju, je ugotovil, da ni statistično pomembne razlike v zanesljivosti meritev med testnima položajema pri kotu 20° in 60° fleksije kolena. Fatoye s sodelavci (2008) pa poroča o nizki zanesljivosti meritev pri kotu 10° fleksije kolena (ICC=0,18) ter zmerni pri kotu 25° fleksije kolena, ki so bile prav tako izvedene v sedečem položaju.

Pri primerjavi zanesljivosti meritev glede na testni pogoj - trda in mehka podlaga, je v naši raziskavi pri obeh testnih kotih prišlo do boljše zanesljivosti meritev na trdi podlagi. Dobljene rezultate meritev smo želeli primerjati z drugimi avtorji, vendar v pregledani literaturi nismo našli primerljivih raziskav, kjer bi ugotavljali zanesljivost meritev z elektrogoniometrom v zaprti kinetični verigi na različnih podlagah. Palma in sod. (2016) so sicer ugotovili, da ni pomembnejših razlik med zaznavanjem občutka za položaj kolenskega sklepa pri stoji na trdi in mehki podlagi, a je bila njihova raziskava narejena na majhnem vzorcu (n=30). Do večje razlike v zanesljivosti meritev v naši raziskavi v primerjavi med trdo in mehko podlago je sicer prišlo pri testnem kotu 15° (mehka - ICC=0,66; trda - ICC=0,79) v primerjavi s testnim kotom 30° v kolenskem sklepu (ICC=0,50; ICC=0,55). Razlago o večji razliki v zanesljivosti meritev v primerjavi med trdo in mehko podlago pri pogoju 15° fleksije v kolenskem sklepu bi lahko iskali v tem, da pri začetnih stopinjah fleksije pri gibanju kolena v zaprti kinematični verigi iz nevtralnega položaja (0° fleksije) proti večjemu kotu v kolenskem sklepu še ni vključeno tolikšno število mišičnih vreten kot kasneje pri večjem kotu, kjer mehka podlaga naj ne bi imela večjega vpliva. To lahko argumentiramo z navedbami avtorjev, ki pravijo, da so informacije iz kožnih mehanoreceptorjev in sklepnih receptorjev zaradi stoje na mehki podlagi motene, mehka podlaga pa ne vpliva toliko na informacije iz mišičnih vreten, ki se vključujejo preprosto razmerno z večanjem kota v kolenskem sklepu pri gibanju v zaprti kinematični verigi (Chiang in Wu, 1997). Zato bi teoretično lahko prišlo do večje razlike v zanesljivosti med trdo in mehko podlago pri 15° fleksije. Predvidevamo, da je bila pri manjšem kotu mehka podlaga za preiskovance bolj moteča, tako so delali večje napake, kar pa bi lahko vplivalo na zanesljivost meritev.

Raztegljiv in lahek elektrogoniometer je zanesljiva naprava za merjenje statičnih kotov kolenskega sklepa v ležečem, sedečem in stoječem položaju. Z upoštevanjem standardiziranega protokola uporabe elektrogoniometra oz. izvedbe testiranja je absolutna

napaka meritev posameznega preiskovanca manjša od $1,7^{\circ}$ (Piriya-prasarth et al., 2008). Zanesljivost posameznega preiskovanca pri merjenju občutka za položaj kolenskega sklepa v zaprti kinematični verigi se je izkazala za zmerno do visoko, absolutna napaka meritev je bila manjša od $1,9^{\circ}$. Glede na rezultate prvega dela naše raziskave delovno hipotezo 1,2,3 in 4 zavrnamo. Zaradi odstopanj naših rezultatov od primerljivih raziskav bi bilo smiselno raziskavo ponoviti na večjem vzorcu.

5.2 Vpliv modela vadbe za zmanjšanje poškodb kolena in gležnja na občutek za položaj kolenskega sklepa merjenega z elektrogoniometrom pri aktivnih igralcih badmintona

V drugem delu magistrske naloge smo ugotavljali vpliv modela vadbe za zmanjšanje poškodb kolena in gležnja na občutek za položaj kolenskega sklepa merjenega z elektrogoniometrom pri aktivnih igralcih badmintona. Ugotovili smo, da po 12-tedenskem izvajanju omenjenega modela vadbe ni prišlo do statistično pomembnega izboljšanja občutka za položaj kolenskega sklepa v zaprti kinematični verigi. Pri vseh štirih testnih pogojih (pri kotu 15° v kolenu na mehki in trdi podlagi ter pri kotu 30° na mehki in trdi podlagi) je sicer prišlo do zmanjšanja absolutne napake po izvajanju 12-tedenske vadbe, vendar so bile razlike premajhne, da bi bile statistično pomembne. Še najbližje pragu statistične značilnosti je bila vrednost pri kotu 30° na mehki podlagi ($p=0,07$), kjer je bila razlika povprečnih vrednosti absolutnih napak pred in po vadbi $2,47^{\circ}$. V pregledani literaturi žal nismo našli primerljive raziskave, kjer bi avtorji ocenjevali učinek vadbe za povečanje proprioceptivnega priliva s podobnim protokolom izvedbe, kot smo ga uporabili v naši raziskavi.

V dveh raziskavah s preiskovanci z artrozo kolena se je po izvajanju vadbe za povečanje proprioceptivnega priliva statistično značilno izboljšal občutek za položaj kolenskega sklepa (Cho et al., 2015; Kumar et al., 2013). V raziskavi Kumarja in sodelavcev (2013) je sodelovalo 44 preiskovancev z artrozo kolena, povprečno starih 53,2 let. Preiskovanci so bili razdeljeni v dve skupini in izvajali 4-tedenski program konvencionalne fizioterapije (3-krat tedensko), pri čemer je imela eksperimentalna skupina v program dodano še vadbo za povečanje proprioceptivnega priliva. Občutek za položaj sklepa so ocenjevali pred in po zaključenem 4-tedenskem programu vadbe s pomočjo elektrogoniometra. Meritve so izvajali pri testnih kotih 30° , 45° in 60° fleksije v kolenskem sklepu, pri čemer je pri vseh

testnih kotih prišlo do zmanjšanja absolutne napake pri obeh skupinah. V eksperimentalni skupini je prišlo do statistično pomembne razlike v izboljšanju občutka za položaj kolenskega sklepa v primerjavi s kontrolno skupino. Eden od razlogov za razlike v rezultatih med našo raziskavo in raziskavo Kumarja in sod. (2013) bi lahko bilo odstopanje v vzorcu, saj smo mi izvajali meritve na zdravih mladih preiskovancih, Kumar in sod. (2013) pa na vzorcu starejših z artrozo kolena. Znano je namreč, da se sposobnost zaznavanja oz. občutek za položaj sklepov s starostjo slabša (Kumar e tal., 2013). Hurley in Scott (1998) navajata, da pri pacientih z osteoartrozo kolenskega sklepa obrabljena sklepna površina vpliva na zmanjšanje motorične vzdražnosti sprednje stegenske mišice, k posledični oslavitvi mišice ter k poslabšanju občutka za položaj in gibanje kolenskega sklepa. Predvidevamo lahko, da vadba za povečanje proprioceptivnega priliva v večji meri pripomore k izboljšanju občutka za položaj sklepa pri osebah, ki imajo večji proprioceptivni primanjkljaj.

Pri športnikih, ki so izvajali 8-tedenski program vadbe za povečanje proprioceptivnega priliva, je po enem letu prišlo do zmanjšanja pojavnosti zvina gležnja v primerjavi s kontrolno skupino, ki vadbe ni izvajala (Hupperets et al., 2010). Prav tako o izboljšanju dinamičnega ravnotežja in zmanjšanju nestabilnosti glede na subjektivno zaznavo poročajo Cruz-Diaz in sodelavci (2015) pri športnikih s kronično nestabilnostjo gležnja, ki so 6 tednov 3-krat tedensko izvajali krožno vadbo iz 7 različnih ravnotežnih nalog. Vsako nalogo so izvajali 45 sekund z vmesnimi 30 sekundami počitka, celotno vadbo so nato po 2 minutah počitka še enkrat ponovili. Heleno in sodelavci (2016) poročajo o učinkovitosti 5-tedenskega programa specifične (usmerjene v nogomet) senzori-motorične vadbe z lahko dostopnimi in cenovno ugodnimi pripomočki. Učinek vadbe so preučevali na zdravih mladih nogometaših, kjer je pri ocenjevanju nihanja težišča na pritiskovni plošči pri testu stoje na eni nogi prišlo do izboljšanja ravnotežja pri zaprtih in odprtih očeh. Prav tako sta se izboljšala koordinacija ter agilnost, ki so ju ocenjevali s testom osmih elementov in testom stranskega poskoka ter nadzor drže, ki je bila ocenjena z modificiranim testom dosega z nogo v osmih smereh. V raziskavi Seftona in sodelavcev (2011) je po izvajanju 6-tedenske vadbe na ravnotežni deski z vizualno povratno informacijo prišlo do izboljšanja dinamičnega ravnotežja in občutka za položaj skočnega sklepa v smeri inverzije. Pri ocenjevanju statičnega ravnotežja in občutka za položaj sklepa v smeri plantarne fleksije pa se stanje ni statistično pomembno spremenilo. Med pregledano literaturo nismo našli raziskav, kjer bi ugotavljali vpliv vadbe za povečanje proprioceptivnega priliva na občutek

za položaj kolenskega sklepa specifično z vzorcem, ki se ukvarja z aktivnim igranjem badmintona. Vprašanje je, ali je bil model vadbe, ki so ga izvajali naši preiskovanci, dovolj specifičen glede na biomehaniko športa. To bi namreč lahko bil eden od razlogov, zakaj v rezultatih naše raziskave ni prišlo do pričakovanih statistično pomembnih razlik. Mehl in sodelavci (2018) navajajo, da se pri športnikih, ki v sklopu svojih treningov izvajajo specifično preventivno vadbo za povečanje proprioceptivnega priliva, pojavnost rupture sprednje križne vezi in ostalih poškodb kolena dokazano precej zmanjša. Preventivni vadbeni modeli naj bi vključevali: teoretične informacije o mehanizmu poškodb kolena, vaje s poskoki za izboljšanje mišične jakosti stegenske miškulature z nadzorovano korekcijo gibalnih vzorcev, trening ravnotežja na nestabilnih in mehkih podlagah, trening moči, tek in raztezne vaje. Še zlasti trening ravnotežja naj bi imel neposredni vpliv na povečanje proprioceptivnega priliva. Informacije iz proprioceptorjev so pomemben del mehanizma, ki omogoča ustrezno medmišično kooordinacijo ter interakcijo med fleksorji in ekstenzorji kolena. Omenjena interakcija pa je ključna pri uravnavanju zunanjih sil, ki med aktivnim gibanjem delujejo na sprednjo križno vez (Mehl et al., 2018). Poudarja se, da je potrebna hitra ter pravočasna aktivacija fleksorjev kolena kot reakcija na stimulus poškodbe, ki pomaga zaščititi kolenski sklep in zmanjša tveganje za nastanek omenjene poškodbe (Aune et al., 1995). Mehl in sodelavci (2018) sicer opozarjajo, da so dokazi o učinkovitosti omenjene vadbe omejeni na športe z žogo. Pri ostalih športih z visokim tveganjem za poškodbo sprednje križne vezi (smučanje, tenis, hokej) ni dokazov o učinkovitosti podobnih vadbenih modelov, ki bi bili vsebinsko jasno definirani.

Dodatni razlogi, da v naši raziskavi ni prišlo do statistično značilnih razlik, so lahko tudi razmeroma majhen vzorec ter visoke vrednosti standardnih odklonov (slika 1 in 2). Do odstopanj pri rezultatih meritev je lahko prišlo zaradi naprave, preiskovancev ali preiskovalca (Piriyaprasarth et al., 2008). Do razlik je lahko prišlo pri samem postopku izvedbe, saj so imeli preiskovanci precej težav pri vračanju kolena v izhodiščni položaj. Kljub navodilom, da se morajo pri vračanju v izhodiščni položaj izogibati hiperekstenziji kolena, je marsikdo od preiskovancev imel pri tem težave, tako da smo ga morali verbalno popravljati, posledično pa se je pri iskanju pravilnega ničelnega položaja tam zadržal kakšen trenutek dlje od predvidenega časa. Podobne težave v svoji raziskavi navajajo tudi Palma in sodelavci (2016). Predvsem daljše zadrževanje v statičnem položaju pred začetkom gibanja naj bi vplivalo na zmanjšanje natančnosti občutka za položaj sklepa. Med ohranjanjem statičnega položaja pride namreč do zmanjšane aktivnosti

proprioceptorjev in upada senzoričnega priliva (Salgada et al., 2015). Aktivnost mišičnih vreten se zmanjša, ko je ud nekaj časa v statičnem položaju (Romero et al., 2003).

Aman s sodelavci (2015) v sistematičnem pregledu literature ugotavlja, da dalj časa kot se vadba za povečanje proprioceptivnega priliva izvaja, večja naj bi bila njena učinkovitost. Vsaj 6 tednov ali več trajajoča vadba naj bi pripomogla k relativno velikim spremembam oz. izboljšanju proprioceptivne ali senzomotorične funkcije. V naši raziskavi so preiskovanci model vadbe izvajali 12 tednov, kar je dlje časa kot v primerljivih raziskavah, kjer so prav tako ugotavljali učinkovitost vadbe za izboljšanje proprioceptivnega priliva (Cruz-Diaz et al., 2015; Heleno et al., 2016; Sefton et al., 2011). Vadba je sicer potekala pod nadzorom, vendar je redoslednost izvajanja vadbe pri naših preiskovancih kljub temu vprašljiva. Podatka o tem, kolikokrat v 12 tednih so preiskovanci dejansko bili na treningu badmintona, kjer se je 2-krat tedensko dodatno izvajal model vadbe za zmanjšanje poškodb kolena in gležnja, nimamo. Tudi to bi lahko bil eden od razlogov, da pri rezultatih ni prišlo do statistično pomembnih razlik.

Vadba za povečanje proprioceptivnega priliva je dokazano učinkovita in pripomore k izboljšanju somatosenzorične in somatomotorične funkcije (Aman et al., 2015). V literaturi se pojavlja problem glede neenotnosti poimenovanja omenjene vadbe, največkrat se uporablja pod pojmom proprioceptivna vadba. Prav tako se pojavljajo precejšnje razlike v vsebini vadbe in doziranju glede na specifičnost populacije, ki vadbo izvaja. V naši raziskavi ni prišlo do pričakovanih sprememb v izboljšanju občutka za položaj kolena po 12-tedenskem izvajanju vadbenega modela za zmanjšanje poškodb kolena in gležnja pri aktivnih igralcih badmintona, zato delovno hipotezo št. 5 prav tako zavrnemo. Preiskovance bi bilo zanimivo spremljati daljše časovno obdobje ter slediti dejanski pojavnosti poškodb kolena in gležnja med in po koncu sezone.

5.3 Omejitve raziskave

Ena od omejitev naše raziskave bi lahko bila nezmožnost preiskovancev izognitvi hiperekstenzije pri vračanju kolena v nevtralni položaj ter kompenzacijski gibi z medenico in trupom, ki so jih izvajali med testiranjem. Druga omejitev je relativno majhen vzorec preiskovancev. V drugem delu raziskave bi kot tretjo omejitev lahko izpostavili

nespecifičnost modela vadbe glede na biomehaniko gibanja pri badmintonu ter slab nadzor nad redoslednostjo preiskovancev glede izvajanja 12-tedenske vadbe.

6 ZAKLJUČEK

Zanesljivost posameznega preiskovalca pri merjenju občutka za položaj kolena v zaprti kinematični verigi z elektrogoniometrom SG 110 (Biometrics Ltd.) je zmerna do visoka. Model vadbe za zmanjšanje poškodb kolena in gležnja statistično značilno ne vpliva na izboljšanje občutka za položaj kolenskega sklepa pri aktivnih igralcih badmintona v zaprti kinematični verigi, merjenega z elektrogoniometrom. V naši raziskavi smo zavrnili vseh pet delovnih hipotez.

V prihodnosti je potrebna standardizacija postopka merjenja občutka za položaj kolena v zaprti kinematični verigi z elektrogoniometrom, pri čemer je potrebno določiti bolj natančen protokol izvedbe merjenja (način izognitve hiperekstenzije v ničelnem položaju kolena ter preprečitev kompenzacijskih gibov z medenico in trupom). Neenotnost poimenovanja vadbe za povečanje proprioceptivnega priliva v literaturi ter precejšnje razlike v vsebini in doziranju vadbe glede na specifičnost populacije otežujejo primerljivost raziskav. V prihodnje bi bilo potrebno izvesti medsebojno primerljive raziskave višje metodološke kakovosti, vsebina vadbe pa bi morala biti bolj natančno opredeljena glede na specifiko športa.

7 LITERATURA

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.

Baker V, Bennell K, Stillman B (2002). Abnormal knee joint position sense in individuals with patellofemoral pain syndrome. *J Orthop Res* 20 (2): 208-14.

Blackburn T, Guskiewicz KM, Petschauer MA, Prentice WE (2000). Balance and joint stability: the relative contributions of proprioception and muscular strength. *J Sport Rehabil* 9: 315-28.

- Bronner S, Agraharasamakulam S, Ojofitimi S (2010a). Reliability and validity of electrogoniometry measurement of lower extremity movement. *J Med Eng Technol* 34 (3): 232-42.
- Chiang JH, Wu G (1997). The influence of foam surfaces on biomechanic variables contributing to postural control. *Gait Posture* 5 (3): 239-45.
- 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.
- Clark N, Lephart S. Management of the sensorimotor system: the lower limb. In: Jull G, Moore A. Moore A. (2014) *Grievess modern musculoskeletal physiotherapy*. Edinburgh: Elsevier.
- Clark NC, Roijezon U, Treleaven J (2015). Proprioception in musculoskeletal rehabilitation. Part 2: Clinical assessment and intervention. *Man Ther* 20(3): 378-87.
- Cruz-Diaz D, Lomas-Vega R, Osuna-Pérez C (2015). Effects of 6 weeks of balance training on chronic ankle instability in athletes: a randomized controlled trial. *Int J Sports Med* 36: 754-60.
- Eils E, Rosenbaum D (2001). A multi-station proprioceptive exercise program in patients with ankle instability. *Med Sci Sports Exerc* 33: 1991-8.
- Fatoye FA, Palmer ST, Macmillan F, Rowe PJ, van der Linden ML (2008). Repeatability of joint proprioception and muscle torque assessment in healthy children and in children diagnosed with hypermobility syndrome. *Musculoskelet Care*; 6 (2): 108-23. doi: 10.1002/msc.127 <16. 4. 2018>
- Fischer-Rasmussen T, Jensen TO, Kjaer M, Krogsgaard M, Dyhre-Poulsen P, Magnusson SP (2001). Is proprioception altered during loaded knee extension shortly after ACL rupture? *Int J Sports Med* 22: 385-91.
- Fix JD (2002). *Neuroanatomy*. Lippincott Williams & Wilkins, Hagerstown, MD.
- Furmanek MP, Slomka K, Juras G (2014). The effects of cryotherapy on proprioception system. *Biomed Res Int* (1):1-14.
- Fransson PA, Gomez S, Patel M, Johansson L (2007). Changes in multi-segmented body movements and EMG activity while standing on firm and foam support surfaces. *Eur J Appl Physiol* 101 (1): 81-9.
- Gage BE, McIlvain NM, Collins CL, Fields SK, Comstock RD (2012). Epidemiology of 6.6 million knee injuries presenting to United States emergency departments from 1999 through 2008. *Acad Emerg Med* 19(4): 378-85.
- Gentry V, Gabbard C (1995). Foot-preference behavior: a developmental perspective. *J Gen Psychol*. (1): 37-45.

- Ghiasi F, Akbari A (2007). Comparison of the effects of open and closed kinematic chain and different target position on the knee joint position sense. *J Med Sci* 7: 969–76.
- Gokeler A, Benjaminse A, Hewett TE (2012). Proprioceptive deficits after ACL injury: are they clinically relevant? *Br J Sports Med* 46 (3): 180-92.
- Grob KR, Kuster MS, Higgins SA, Lloyd DG, Yata H (2002). Lack of correlation between different measurements of proprioception in the knee. *J Bone Joint Surg* 84-B: 614–8.
- Han J, Anson J, Waddington G, Adams R, Liu Y (2015). The role of ankle proprioception for balance control in relation to sports performance an injury. *Biomed Res Int* 8: 1-8.
- Heleno LR, Da Silva RA, Shigaki L (2016). Five-week sensory motor training program improves functional performance and postural control in young male soccer players: a blind randomized clinical trial. *Phys Ther Sport* 22: 74-80.
- Hillier S, Immink M, Thewlis D (2015). Assessing proprioception: a systematic review of possibilities. *Neurorehabil Neural Repair* 29 (10): 933-49. doi: [10.1177/1545968315573055](https://doi.org/10.1177/1545968315573055) <4. 4. 2018>
- Hrysomallis C (2007). Relationship between balance ability, training and sports injury risk. *Sports Med* 37 (6): 547-56.
- 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.
- Hurley MV, Scott DL (1998). Improvement in Quadriceps sensimotor function and disability of patient with knee osteoarthritis following a clinically practicable exercise regimen. *Br J Rheumatol* 37 (11): 1181-7.
- Jones LA (1999). Somatic sense 3: proprioception. In: Cohen H, eds. *Neuroscience for rehabilitation*. 2nd ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins: 111-20.
- Karakaya MG, Rutbíl H, Akpınar E, Yildirim A, Karakaya IC (2015). Effect of ankle proprioceptive training on static body balance. *J Phys Ther Sci* 27: 3299-302.
- Kidgell DJ1, Horvath DM, Jackson BM, Seymour PJ (2007). Effect of six weeks of dura disc and mini-trampoline balance training on postural sway in athletes with functional ankle instability. *J Strength Cond Res* 21(2):466-9.
- Kiefer G, Forwell L, Kramer J, Birmingham T (1998). Comparison of sitting and standing protocols for testing knee proprioception. *Physiother Can* 50: 30-4.
- Kinzey SJ, Armstrong CW (1998). The reliability of the star-excursion test in assessing dynamic balance. *J Orthop Sports Phys Ther* 27: 356-60. doi: [10.2519/jospt.1998.27.5.356](https://doi.org/10.2519/jospt.1998.27.5.356) <6. 2. 2018>

Kiran D, Carlson M, Medrano D, Smith DR (2010). Correlation of three different knee joint position sense measures. *Phys Ther Sport* 11 (3): 81-5.

Konczak J, Corcos DM, Horak F, Poizner H (2009). Proprioception and motor control in Parkinson's disease. *J Mot Behav* 41(6): 543-52.

Kramer J, Handfield T, Kiefer G, Forwell L, Birmingham T (1997). Comparisons of weight-bearing and non-weight-bearing tests of knee proprioception performed by patients with patello-femoral pain syndrome and asymptomatic individuals. *Clin J Sport Med* 7: 113-8.

Kumar S, Kumar A, Kumar R (2013). Proprioceptive training as an adjunct in osteoarthritis of knee. *J Musculoskelet Res* 16 (1): 1-10.

Lederman E (2010). Neuromuscular rehabilitation in manual and physical therapies: principle to practice. Edinburgh: Churchill Livingstone: 62-64.

Mehl J, Diermeier T, Herbst E (2018). Evidence-based concepts for prevention of knee and ACL injuries. 2017 guidelines of the ligament committee of the German Knee Society (DKG). *Arch Orthop Trauma Surg* 138 (1): 51-61.

Mir SM, Talebian S, Naseri N, Hadian MR (2014). Assessment of knee proprioception in the anterior cruciate ligament injury risk position in healthy subjects: A cross-sectional study. *J Phys Ther Sci* 26 (10): 1515-8.

Mulligan T, Michael LJ, Johannes DV (1995). Physiological within Subject Variability and Test-Retest Reliability of Deconvolution Analysis of Luteinizing Hormone Release. *Elselvier* (28): 93-106.

Olsson L, Lund H, Henriksen M, Rogind H, Bliddal H, Danneskiold-Samsoe B (2004). Test-retest reliability of a knee joint position sense measurement method in sitting and prone position. *Adv Physiother* 6: 37-47.

Ordahan B, Kücüksen S, Tuncay I (2015). The effect of proprioception exercises on functional status in patients with anterior cruciate ligament reconstruction. *J Back Musculoskelet Rehabil* 28 (3): 531-7.

Palma P, Tkalec J, Puh U (2016). Primerjava občutka za položaj kolenskega sklepa v zaprti kinematični verigi pri stoji na trdi in mehki podlagi. *Fizioterapija: revija Društva fizioterapevtov Slovenije* 24 (1): 1-7.

Palma P, Urankar U, Puh U (2014). Takojšnji učinki elastičnega lepilnega traku na mišicah gasroknemius in tibialis anterior na ravnotežje in občutek za položaj sklepa. *Fizioterapija: revija Društva fizioterapevtov Slovenije* 22 (2): 8-15.

Patel M, Frasson PA, Lush D (2008). The effects of foam surface properties on standing body movement. *Acta Otolaryngol* 128 (9): 952-60.

Petrella RJ, Lattanzio PJ, Nelson MG (1997). Effect of age and activity on knee joint proprioception. *Am J Phys Med Rehabil* 76: 235-41.

Postle K, Pak D, Smith TO (2012). Effectiveness of proprioceptive exercises for ankle ligament injury in adults: a systematic literature and meta-analysis. *Man Ther* 17 (4): 285-91.

Piriyaprasarth P, Morris ME, Winter A, Bialocerkowski AE (2008). The reliability of knee joint position testing using electrogoniometry. *BMC Musculoskelet Disord* 22: 6.

Portney LG, Watkins MP (2009). *Foundations of clinical research. Application to practice.* 3rd ed. New Jersey: Prentice-Hall, Inc: 77-96.

Puh U, Dečman M, Palma P (2016). Vsebinska in učinski programov proprioceptivne vadbe za spodnje ude – pregled literature. *Fizioterapija* 24 (2): 50-8.

Riemann BL, Myers JB, Lephart SM (2002). Sensomotor system measurement techniques. *J Athl Train* 37 (1): 85-98.

Rossignol S., Dubuc R., Gossard JP (2006). Dynamic sensorimotor interactions in locomotion. *Physiol Rev* 88 (1): 89-154.

Smith TO, Davies L, Hing CB (2013). A systematic review to determine the reliability of knee joint position sense assessment measures. *Knee* 20(3): 162-9.

Sefton JM, Yarar C, Hicks CA (2011). Six weeks of balance training improves sensorimotor function in individuals with chronic ankle instability. *J Orthop Sports Phys Ther* 41(2): 81-89.

Stokes EK (2011). *Rehabilitation outcome measures.* Churchill Livingstone. Elsevier: 27-35.

Vathrakokilis K, Malliou P, Gioftsidou A (2008). Effects of a balance training protocol on knee joint proprioception after anterior cruciate ligament reconstruction. *J Back Musculoskelet Rehabil* 21: 233-7.

Vidmar G, Jakovljević M (2016). Psihometrične lastnosti ocenjevalnih instrumentov. *Rehabilitacija letn XV* (1): 7/1-7/15.

Zouita MB, Majdoub O, Ferchichi H (2013). The effect of 8-weeks proprioceptive exercise program in postural sway and isokinetic strength of ankle sprains of Tunisian athletes. *Ann Phys Rehabil Med* 56 (9-10): 634-43.

Weir JP (2005). Quantifying test-retest reliability using the intraclass correlation coefficient and the SEM. *J Strength Cond Res* 19 (1): 231-40.

Wong JD, Wilson ET, Gribble PL (2011). Spatially selective enhancement of proprioceptive acuity following motor learning. *J Neurophysiol* 105 (5): 2512-21.

8 PRILOGE

8.1 Etična komisija

