



Darjan Smajla,
Katja Tomažin, Vojko Strojnik

Razlike v zaznavanju gibanja in položaja v gležnju med mlajšimi in starejšimi osebami

Izvleček

V raziskavi smo želeli preveriti ponovljivost testov na po meri izdelani opornici za merjenje zaznavanja gibanja in aktivne repozicije gležnja ter ugotoviti, ali obstajajo razlike v zaznavanju gibanja in položaja gležnja med mlajšimi in starejšimi osebami. V raziskavi je prostovoljno sodelovalo 17 mlajših in 15 starejših merjencev. Vsak merjenec je dvakrat izvedel test zaznavanja gibanja in aktivne repozicije gležnja v sagitalni ravnini, pri čemer smo ugotavljali sposobnost zaznavanja pasivnega premika gležnja in natančnost repozicije gležnja v različnih referenčnih položajih. Ugotovili smo, da imajo testi zaznavanja gibanja in aktivne repozicije gležnja visoko do odlično ponovljivost pri obeh skupinah. Prav tako smo ugotovili, da imajo starejši posamezniki višji prag zaznavanja gibanja gležnja v primerjavi z mlajšimi posamezniki, medtem ko so pri aktivni repoziciji gležnja bili manj natančni v dveh od štirih merjenih položajev. S študijo smo potrdili ponovljivost izbranih testov na po meri izdelani napravi, ki je lahko v prihodnje uporabna pri diagnostiki gležnja. Na podlagi rezultatov študije lahko zaključimo, da se staranje in z njim povezane spremembe v proprioceptivnem sistemu odražajo tudi v poslabšanju kinestetičnega zaznavanja v gležnju v primerjavi z mlajšimi posamezniki.

Ključne besede: gleženj, zaznavanje gibanja, aktivna repozicija, staranje.



Differences in ankle motion sense and active repositioning test between young and older adults

Abstract

The aim of the study was to identify reliability of ankle motion sense and active repositioning using a custom-built device, and to determine whether there were (significant) differences for each respective kinaesthetic test between young and older adults. In total, 17 younger and 15 older adults volunteered to participate in this study. Each participant undertook tests on two occasions to identify motion sense ability and active ankle repositioning in the sagittal plane. The reliability analysis revealed good and excellent reliability for motion sense test and active repositioning test for both groups. A higher threshold of ankle motion sense was determined in older adults, while higher absolute errors were identified in two of four reference positions in the older group. In summary, we confirmed acceptable reliability for motion sense and active repositioning test on a custom-built device which can be useful for measuring kinaesthetic sense of the ankle. Our findings showed that aging has an influence on the proprioceptive system which is also reflected by reduced kinaesthetic ability of the ankle between older and younger adults.

Key words: ankle, motion sense, active repositioning, aging.

■ Uvod

S starostjo se spreminja funkcionalno stanje živčno-mišičnega sistema. Te spremembe vplivajo na delovanje različnih sistemov, ki so pomembni za upravljanje našega gibanja. Strukturne in funkcionalne spremembe staranja zajemajo tudi somatosenzorni sistem, ki se kažejo tudi na področju kinestezije (Butler, Lord, Rogers in Fitzpatrick, 2008; Lord, Clark in Webster, 1991).

Obstajajo različne definicije kinestezije, vendar gre v osnovi za zaznavanje gibanja in položaja okončin in trupa (Proske in Gandevia, 2009). Ena od pogosto uporabljenih metod za merjenje kinestetičnega zaznavanja je zaznavanje pasivnega premika sklepa. Gre za počasen pasiven premik sklepa ali okončine s pomočjo naprave, naloga merjenja pa je signalizirati trenutek, v katerem je premik zaznal. To je ena od najbolj zanesljivih in ponovljivih metod za merjenje kinestetičnega zaznavanja (Deshpande, Connelly, Culham in Costigan, 2003). Zaradi tega je test lahko primeren za ugotavljanje morebitnih kinestetičnih okvar oziroma sprememb v delovanju proprioceptivnega sistema v povezavi s poškodbami ali staranjem. Drugi zelo pogosto uporabljen test za oceno kinestetičnih občutkov je zaznavanje položaja telesnega segmenta oz. test repozicije izbranega segmenta. S testom lahko ocenimo natančnost, s katero posameznik zazna ali izenači izbran referenčni položaj sklepa ali okončine brez vidne informacije.

Dobro kinestetično zaznavanje je z vidika vzdrževanja ravnotežja še posebej pomembno pri spodnjih okončinah (Sohn in Kim, 2015). Poslabšana kinestezija spodnjih okončin je povezana s poslabšanim ravnotežjem pri starejših osebah (Horak, Shupert, Dietz in Horstmann, 1994; Lord in Ward, 1994) in posledično s povečanim tveganjem za padce (Lord, Rogers, Howland in Fitzpatrick, 1999). Raziskave navajajo, da ima uspešna gibalna kontrola gležnja zelo pomembno vlogo pri vzdrževanju ravnotežja našega telesa med funkcionalnimi aktivnostmi, kot so stoja, hoja, tek, vstajanje, prestopanje itn. (Lee in Lin, 2008). Med vsakodnevnimi življenjskimi opravili pa je ohranjanje ravnotežja zelo pogosto uravnavano s strategijo gležnja (Faraldo-Garcia, Santos-Perez, Crujeiras in Soto-Varela, 2016).

Obstajajo različne študije, v katerih so merili kinestetično zaznavanje sklepov na spodnjih okončinah in poročajo o različnih ugotovitvah. Med mlajšimi in starejšimi po-

samezniki ni razlik v zaznavanju kolčnega sklepa v frontalni (Pickard, Sullivan, Allison in Singer, 2003) in sagitalni ravnini (Franco, Santos in Rodacki, 2015), medtem ko je pri rotacijah kolčnega sklepa opazno slabše zaznavanje pri starejših osebah (Wingert, Welder in Foo, 2014). Izrazitejše razlike v zaznavanju položaja sklepa med mlajšimi in starejšimi posamezniki so se pokazale v kolenskem sklepu (Petrella, Lattanzio in Nelson, 1997; Ribeiro in Olivera, 2010), čeprav so te razlike manjše pri starejših osebah, ki so redno telesno aktivne (Ribeiro in Olivera, 2010; Tsang in Hui-Chan, 2003).

Študije, ki so proučevale vpliv staranja na zaznavanje položaja in gibanja gležnja, navajajo, da starejši posamezniki slabše zaznavajo položaj gležnja v stoječem (Deshpande idr., 2003; Thelen, Ashton-Miller in Schultz, 1998; You, 2005) in sedečem položaju (Madhavan in Shields, 2005; Verschueren, Brumagne, Swinnen in Cordo, 2002), medtem ko v ležečem položaju niso bile ugotovljene statistično značilne razlike v primerjavi z mlajšimi posamezniki (Franco idr., 2015).

Spremembe v zaznavanju gibanja in položaja sklepa med mlajšimi in starejšimi osebami niso vedno potrjene. Razlike med študijami so lahko posledica razlik v testnih protokolih, kot so: položaj merjenja, vrsta naprave, različne hitrosti pri pasivnem zaznavanju gibanja, referenčni položaji ter telesna aktivnost merjencev. V študiji, v kateri so primerjali zaznavanje položaja gležnja v različnih pogojih, predlagajo izvedbo meritev v sedečem položaju zaradi udobja in varnosti starejših oseb (Westlake in Culham, 2006). Prednost testiranja zaznavanja gibanja in položaja gležnja v sedečem položaju je tudi v tem, da izoliramo kinestetično zaznavanje samo na gleženj, medtem ko v stoji lahko rotacijo gležnja zaznamo tudi v kolenu ali kolku (Ko, Simosick, Deshpande in Ferrucci, 2015).

Kljub dosedanjim raziskavam lahko na področju kinestetičnega zaznavanja spodnjih okončin med mlajšimi in starejšimi osebami zasledimo različne ugotovitve. Ker ima strategija gležnja ključno vlogo v ohranjanju ravnotežja ter je v nenehnem stiku s tlemi med pokončno držo, je bil namen naše študije ugotoviti, ali obstajajo razlike v kinestetičnem zaznavanju gležnja med gibalno aktivnimi mlajšimi in gibalno aktivnimi starejšimi posamezniki. Prav tako smo želeli ugotoviti ponovljivost testov za merjenje zaznavanja gibanja gležnja in ak-

tivne repozicije gležnja na lastni in po meri narejeni opornici.

■ Metode

Vzorec merjencev

V eksperimentu je prostovoljno sodelovalo 17 študentov Fakultete za šport (9 žensk in 8 moških (povprečna starost: $23,5 \pm 1,9$ leta; povprečna višina: $1,74 \pm 0,07$ m, povprečna teža: $67,6 \pm 11,6$ kg) in 15 starejših odraslih posameznikov (7 žensk in 8 moških) (povprečna starost: $67 \pm 1,7$ leta; povprečna višina: $1,73 \pm 0,08$ m; povprečna teža: $71,8 \pm 15,3$ kg). Prostovoljci niso imeli težjih poškodb gležnja, ki bi lahko vplivale na testiranje. Posamezniki z zgodovino težjih poškodb gležnja, disfunkcijo centralnega živčnega sistema ali akutnimi simptomi patologije spodnjih okončin so bili izključeni že pred začetkom testiranja. Vsi preizkušanci so bili gibalno aktivni ljudje. Vstopni kriterij za vstop posameznika v študijo je bila redna telesna aktivnost vsaj dvakrat na teden v zadnjem letu. Preizkušanci 48 h pred testiranjem niso izvajali težjih fizičnih aktivnosti in niso zaužili alkohola. Vsi preizkušanci so bili pisno seznanjeni z eksperimentalnim postopkom in morebitnimi nevšečnostmi. Svojo prostovoljno udeležbo so potrdili s pisnim privoljenjem. Celoten eksperiment je bil izveden v skladu s Helsinško-tokijsko deklaracijo in odobren s strani etične komisije Fakultete za šport.

Potek eksperimenta

Študija je potekala v Kineziološkem laboratoriju na Fakulteti za šport v Ljubljani. Pred začetkom eksperimenta smo merjence seznanili z merilnim postopkom. Merjenci so testni nalogi opravili dva krat na istem obisku, vmes pa je bilo 15 minut premora. Na ta način smo preverili ponovljivost testne naloge. Merjenci so najprej opravili test zaznavanja gibanja v gležnju, sledil pa je test aktivne repozicije gležnja. Po 15 minutnem premoru, v katerem so lahko merjenci prosto hodili po laboratoriju, so obe testni nalogi ponovili. Pred vsakim sklopom testov so merjenci trikrat premaknili gleženj skozi celoten obseg giba, da bi se izognili učinku tikotropičnosti (Wiktorson-Miller, Oberg, Ekstrand in Gillquist, 1983). Vse teste smo izvajali samo na dominantni nogi. Dominantno nogo smo določili s pomočjo vprašanja: »S katero nogo bi udarili žogo proti tarči?« (Coren, 1993). Merjenci med testi niso imeli vidne informacije o položaju

gležnja (zakrite oči), zaznavanje morebitnih zvočnih znakov je bilo onemogočeno s slušalkami za zaščito pred hrupom.

Zaznavanje gibanja v gležnju

Sposobnost zaznavanja pasivnega gibanja v gležnju smo testirali s po meri narejeno opornico, opremljeno z elektromotorjem (Beckoff, Verl, Nemčija), ki je omogočala gibanje gležnja v sagitalni ravnini. Meritev je potekala sede. Kot v kolku in kolenu je znašal 90°. Stegno merjenca je bilo podprto s po meri narejenim sedalom. Merjenci so stopalo merjene noge postavili na premikajočo se platformo, medtem ko je bila druga noga na leseni platformi v istem nivoju. Rotacijska os premikajoče se platforme je bila poravnana z osjo vrtenja gležnja. Merjenci so meritev opravljali bos, da bi izključili vpliv različnih debelin obutve/nogavic. Med testom nismo uporabljali nobenih trakov za pritrditev stopala z namenom zmanjšanja priliva iz kožnih receptorjev. Prav tako smo merjencem odvzeli vidno informacijo, medtem ko so slušalke služile za odpravljanje možnih zvočnih znakov iz elektromotorja. Elektromotor je omogočal pasivno rotacijo gležnja v smeri plantarne (PF) in dorzalne fleksije (DF) s hitrostjo 0,5°/s (Thelen, idr., 1998). Merjenčev gleženj smo iz nevtralnega položaja (0°, 90° med stopalom in golenico) s pasivnim premikom opornice premaknili v izbrano smer. Pred vsakim poskusom smo gleženj s pomočjo elektromotorja vrnili v nevtralni položaj (0°). Merjenci so dobili navodilo, da pritisnejo ročno stikalo, ko začutijo premik gležnja. Test je bil izveden trikrat v vsako

smer (PF/DF). Med ponovitvami so bili različni dolgi odmori (med 5 in 10 s), da smo se izognili reakciji merjenca na podlagi časovne anticipacije. Pred začetkom testa je imel vsak merjenec dva testna poskusa. Odvisno spremenljivko pri vsakem poskusu je predstavljal položaj gležnja, v katerem je merjenec pritisnil na gumb. Vrednost smo očiteli iz lastne programske opreme, ki je nadzorovala položaj in hitrost premikanja motorja na 0,1° natančno. Povprečno vrednost treh poskusov v smeri PF in DF smo uporabili za statistično analizo.

Aktivna repozicija gležnja

Aktivno repozicijo gležnja smo testirali tako, da so merjenci aktivno premaknili gleženj iz nevtralnega položaja (0°) do določenega referenčnega položaja. Merjenci so dobili verbalno navodilo, ko so dosegli referenčni položaj, ki so si ga morali zapomniti. Nato smo gleženj pasivno premaknili v začetni položaj. Merjenci so dobili navodilo, da nato gleženj aktivno postavijo v položaj, za katerega menijo, da najbolj ustreza referenčnemu položaju. V referenčnem položaju so gleženj zadržali približno pet sekund. Zatem smo gleženj s pasivnim premikom vrnili v nevtralni položaj (0°). Razlika med referenčnim položajem in položajem, v katerega je merjenec gleženj postavil sam, predstavlja mero aktivnega zaznavanja položaja sklepa (AE). Izbrani koti, pri katerih smo testirali pasivno zaznavanje položaja, so bili 5° in 15° v PF ter 5° in 10° v DF. Za vsak kot smo meritev ponovili trikrat v naključnem vrstnem redu. Položaj gležnja smo spremljali s pomočjo goniometra (Biovision, Werheim, Nemčija). Za zajemanje signalov iz goniometra smo uporabili sistem PowerLab (16/30—ML880/P, ADInstruments, Bella Vista, Avstralija) s frekvenco zajemanja 2000 Hz. Podatke smo analizirani s programsko opremo LabChart8 (ADInstruments, Bella Vista, Avstralija).

Metode obdelave podatkov

Podatke smo statistično obdelali s programom SPSS (IBM SPSS verzija 25.0, Chicago, IL, ZDA). Za vse spremenljivke smo izračunali povprečne vrednosti in povprečne odklone. Normalnost porazdelitve smo preverili s Kolmogorov-Smirnov testom, homogenost variance pa z Mauchlyjevim testom sferičnosti.

Ponovljivost testne baterije smo preverili z interklasnimi korelacijskimi koeficienti (ICC; model 3.1) s pripadajočimi 95 % intervali zaupanja (CI) (Ko idr., 2015; D. Smajla, García-Ramos, Tomazin in Strojnik, 2019; Weir, 2005). Sprejemljiva ponovljivost testa je bila sprejeta pri ICC > 0,70 (García-Ramos, Feriche, Pérez-Castilla, Padial in Jaric, 2017). Ponovljivost smo interpretirali kot nizko (ICC 0,40–0,59), zmerno (ICC 0,60–0,74), visoko (0,75–0,89) in odlično (ICC > 0,90) (Fleiss, 1999). Izračun ponovljivosti testne baterije smo opravili s pomočjo po meri izdelane Excelove preglednice (Hopkins, 2000).

Za ugotavljanje razlik med mlajšimi in starejšimi posamezniki smo uporabili povprečno vrednost obeh meritev na posameznem obisku. Razlike med skupinama smo testirali z enosmerno analizo variance. Dvostranska meja statistične značilnosti je bila postavljena: $p < 0,05$.

Rezultati

Ponovljivost testne baterije

Ponovljivost meritev testov je prikazana kot statistična značilnost t-testa in ICC med ponovitvami. Med ponovitvami ni bilo statistično značilnih razlik v zaznavanju gibanja gležnja. Vrednosti ICC kažejo na odlično ponovljivost testa v smeri PF, medtem ko je ponovljivost v smeri DF visoka pri obeh skupinah (Tabela 2).

Med povprečnimi AE aktivne repozicije gležnja ni bilo statistično značilnih razlik.



Slika 1. Položaj pri merjenju zaznavanja gibanja gležnja (osebni arhiv).

Tabela 1

Ponovljivost zaznavanja gibanja v gležnju v smeri PF in DF pri mlajših in starejših osebah

Spremenljivka	Skupina	Meritev 1 Povprečje (SD)	Meritev 2 Povprečje (SD)	P	ICC (95 % CI)
PF (°)	MLADI	0,86 (0,22)	0,88 (0,20)	0,218	0,93 (0,81, 0,98)
	STAREJŠI	1,42 (0,36)	1,33 (0,35)	0,096	0,93 (0,80, 0,98)
DF (°)	MLADI	0,95 (0,26)	0,94 (0,21)	0,548	0,93 (0,89, 0,98)
	STAREJŠI	1,43 (0,43)	1,43 (0,35)	0,953	0,85 (0,56, 0,94)

P, p-vrednost t-testa za odvisne vzorce; ICC, interklasni korelacijski koeficient; 95 % CI – 95 % interval zaupanja.

Tabela 2

Ponovljivost povprečnih AE aktivne repozicije gležnja pri izbranih položajih gležnja mlajših in starejših oseb

Spremenljivka	Skupina	Meritev 1 Povprečje (SD)	Meritev 2 Povprečje (SD)	P	ICC (95 % CI)
PF 5 (°)	MLADI	0,66 (0,12)	0,67 (0,13)	0,95	0,79 (0,46, 0,92)
	STAREJŠI	0,89 (0,32)	0,83 (0,29)	0,16	0,85 (0,56, 0,94)
PF 15 (°)	MLADI	1,00 (0,49)	1,05 (0,47)	0,24	0,93 (0,81, 0,98)
	STAREJŠI	1,21 (0,48)	1,16 (0,28)	0,42	0,83 (0,51, 0,94)
DF 5 (°)	MLADI	0,64 (0,27)	0,63 (0,22)	0,66	0,81 (0,48, 0,92)
	STAREJŠI	0,82 (0,19)	0,78 (0,15)	0,20	0,83 (0,52, 0,94)
DF 10 (°)	MLADI	0,88 (0,28)	0,89 (0,21)	0,77	0,78 (0,41, 0,91)
	STAREJŠI	1,00 (0,24)	0,96 (0,23)	0,17	0,86 (0,60, 0,95)

P, p-vrednost t-testa za odvisne vzorce; ICC, interklasni korelacijski koeficient; 95 % CI – 95 % interval zaupanja.

Vrednosti ICC kažejo visoko in odlično ponovljivost AE v vseh merjenih položajih pri obeh skupinah (Tabela 4).

Razlike med mlajšimi in starejšimi posamezniki

Povprečne vrednosti zaznavanja gibanja v gležnju so se med mlajšimi in starejšimi osebami statistično značilno razlikovale tako v smeri PF ($F_{1,30} = 25,629$, $p < 0,001$) kot tudi v smeri DF ($F_{1,30} = 19,968$, $p < 0,001$) (Slika 1). Starejši posamezniki so imeli v povprečju 36,7 % višji prag zaznavanja gibanja gležnja v smeri PF in 31,8 % višji prag zaznavanja gibanja gležnja v smeri DF glede na mlajšo skupino.

Pri aktivni repoziciji gležnja smo ugotovili, da je imela starejša skupina merjencev statistično značilno večje AE glede na mlajše posameznike. Med skupinama obstajajo značilne razlike v položajih PF 5° ($F_{1,30} = 8,494$, $p < 0,05$) in DF 5° ($F_{1,30} = 4,744$, $p < 0,05$), medtem ko se vrednosti AE v položajih PF 15° ($F_{1,30} = 1,115$, $p = 0,299$) in DF 10° ($F_{1,30} = 1,783$, $p = 0,192$) (Slika 3) ne razlikujejo.

Razprava

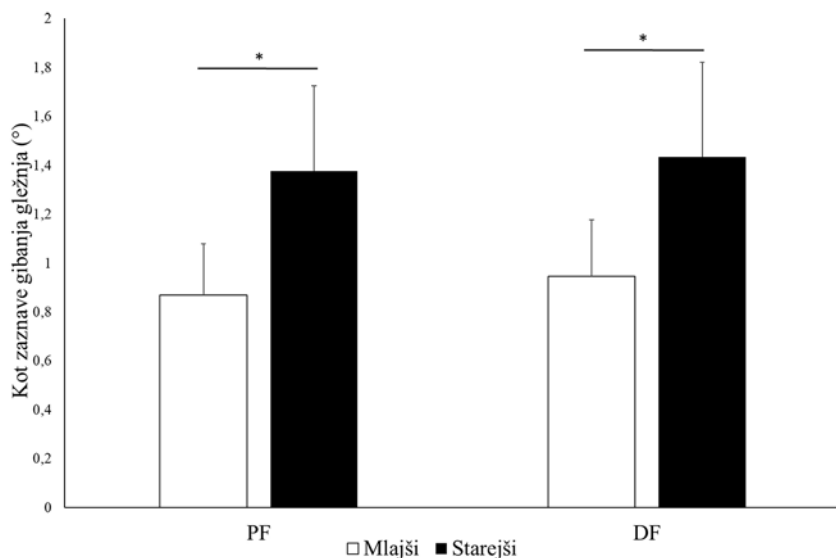
Namen naše raziskave je bilo ugotavljanje razlik med mlajšimi in starejšimi osebami v zaznavanju gibanja in položaja gležnja ter ugotavljanje ponovljivost testov za merjenje zaznavanja gibanja in aktivne repozicije gležnja na lastni, po meri izdelani opornici.

Zaznavanje gibanja v gležnju se je pokazal kot test z boljšo ponovljivostjo, saj je bila ponovljivost testa v smeri PF odlična ($ICC > 0,90$) in v smeri DF visoka ($ICC > 0,85$) pri obeh skupinah (Tabela 1). Gre za pogosto

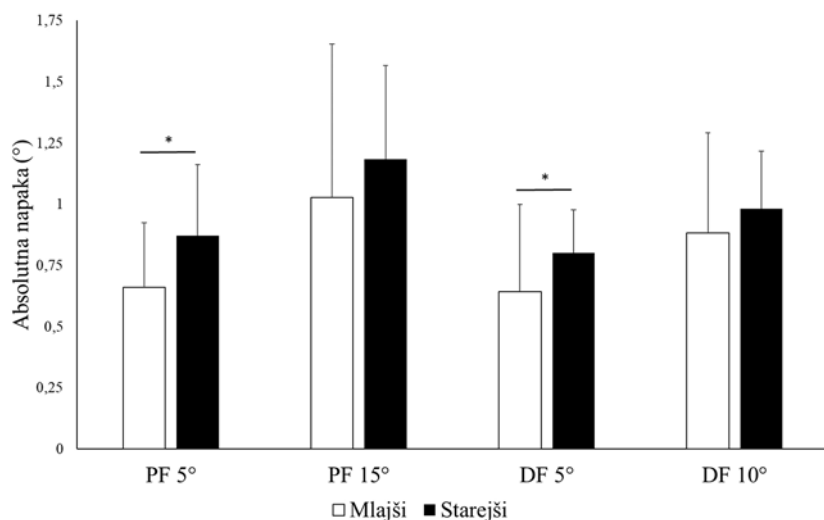
uporabljen test pri meritvah kinestetičnih zaznavanj, rezultati ponovljivosti drugih raziskav pa se ujemajo z našimi rezultati (Deshpande idr., 2003; Ko idr., 2015).

Tudi aktivna repozicija gležnja se je pokazala kot visoko ponovljiva ($ICC < 0,79$) pri vseh merjenih položajih. Edina odlična ponovljivost je bila pri mlajši skupini merjencev v položaju PF 15° (Tabela 2). Visoka ponovljivost aktivne repozicije gležnja je primerljiva z drugimi raziskavami (Deshpande idr., 2003; Lin, Chiang, Lu, Wei in Sung, 2016; You, 2005).

Test zaznavanja gibanja v gležnju z opisanim protokolom smo zasnovali z namenom ugotoviti, kakšna je sposobnost



Slika 2. Primerjava zaznavanju gibanja gležnja med mlajšimi in starejšimi osebami v smeri plantarne fleksije (PF) in dorzalne fleksije (DF). * statistična značilnost ($p < 0,05$).



Slika 3. Primerjava povprečnih absolutnih napak aktivne repozicije gležnja med mlajšimi in starejšimi osebami v položajih plantarne fleksije (PF 5°, PF 15°) in dorzalne fleksije (DF 5°, DF 10°). * statistična značilnost ($p < 0,05$).

zaznavanja gibanja v gležnju pri mlajših in starejših osebah ter ali med njimi prihaja do razlik. Pri testu zaznavanja gibanja gre za ugotavljanje praga, pri katerem posameznik zazna pasivno premikanje sklepa iz stacionarnega stanja oziroma mirovanja. Glavni receptor zaznave so primarni končiči mišičnega vretena, ki zaznavajo spremembo dolžine in stopnjo spremembe ob premiku sklepa, medtem ko sekundarne informacije prihajajo iz kožnih in sklepnih receptorjev (Proske in Gandevia, 2012). Največja prednost tega testa je, da ne potrebujemo delovnega spomina, kot na primer test aktivne repozicije. Test zaznavanja gibanja se je pokazal kot najbolj zanesljiva in veljavna metoda za odkrivanje kinestetičnih razlik med različno starimi skupinami in spremljanje vplivov staranja ali bolezni (Deshpande idr., 2003).

Rezultati so pokazali, da je prag zaznavanja gibanja gležnja v smeri PF in DF višji pri starejših osebah v primerjavi s posamezniki v mlajši skupini merjencev. Ugotovitve so bile pričakovane, saj je že nekaj študij potrdilo višji prag zaznavanja gibanja gležnja ob pasivnem premiku v primerjavi z mlajšimi osebami (Deshpande idr., 2003; Gilsing idr., 1995; Ko idr., 2015; Thelen idr., 1998). Razlik v zaznavanju gibanja med PF in DF nismo preiskovali, ker je bilo že potrjeno, da se prag zaznavanja gibanja gležnja v sagitalni ravnini statistično značilno ne razlikuje glede na smer gibanja (Xu, Hong, Li in Chan, 2004). Višji prag zaznavanja gibanja sklepa ni samo posledica poslabšanega kinestetičnega zaznavanja zaradi staranja, ampak tudi posledica nekoliko daljših reakcijskih časov pri starejših osebah (Madhavan in Shields, 2005). Glede na velikost razlike med mlajšimi in starejšimi osebami (okoli 0,5 stopinje, kar znaša približno 1 sekundo gibanja) je mogoče večino razlike pripisati zaznavanju gibanja gležnja in le v manjši meri daljšemu reakcijskemu času.

Čeprav je večina od teh raziskav narejena v stoječem položaju (gleženj pod vplivom sile teže), ne smemo zanemariti pomembnosti kinestetičnega zaznavanja v fazi, ko gleženj ni v stiku s podlago, oziroma v fazi zamaha in pri prestopanju, ki zagotavljajo varno stopanje na podlago (Ko idr., 2015). Z meritvijo zaznavanja gibanja v sedečem položaju smo se izognili vplivu teže vsakega posameznika oziroma različnega pritiska v stopalih pri sami meritvi. Prav tako lahko rotacijo gležnja v stoječem položaju zaznamo tudi skozi premik kolena ali kolka. Posledično je lahko zaznavanje gibanja gle-

žnja v stoječem položaju manj občutljivo na poslabšano kinestezijo gležnja (Gilsing idr., 1995; Gurfinkel, Lipshits in Popov, 1982). Zaradi tega je test zaznavanja gibanja v sedečem položaju lahko koristen za oceno kinestetičnega zaznavanja izključno v gležnju ter se lahko uporablja kot dodatna metoda med obstoječimi testi.

S testom aktivne repozicije gležnja smo ugotavljali posameznikovo sposobnost reprodukcije določene položaja sklepa, ko je ta izvedena aktivno. Sposobnost prepoznavanja statičnega položaja sklepa je najpogostejša metoda za oceno kinestetičnih zaznavanj (Goble idr., 2009). Kot glavni vir informacij tudi v tem primeru navajajo mišično vreteno, dodatne informacije pa prispevajo kožni in sklepni receptorji (Proske in Gandevia, 2012). Test ima večjo funkcionalno uporabo v primerjavi z zaznavanjem gibanja, saj gre za merjenje aktivnega hotenega gibanja, s katerim se srečujemo v vsakdanjem življenju. V tem primeru nimamo dodatnega senzornega priliva pritiska, ki ga ustvarja naprava, vendar pri tem testu prav tako potrebujemo delovni spomin in dobro motorično kontrolo (Hillier, Immink in Thewlis, 2015). Glede na to, da gre za primerjavo mlajših in starejših oseb, je prednost tega testa tudi v tem, da ne potrebuje reakcije na zaznavanje položaja (stisk na gumb) in s tem izključuje reakcijski čas, ki je med mlajšimi in starejšimi posamezniki različen (Madhavan in Shields, 2005).

Kot smo že prej omenili, je med pasivno repozicijo sklepa večina proprioceptivnih informacij posredovana iz antagonista, ker je proženje mišičnega vretena višje med raztezanjem mišice kot med krajšanjem (Bennet, 1994; Ribot-Cisar in Roll, 1998). Med aktivno repozicijo tako agonist kot antagonist prispevata velik delež proprioceptivnih informacij, ker se med aktivacijo agonista občutljivost mišičnega vretena poveča (Gandevia idr., 1992). To pomeni, da med aktivno repozicijo mišično vreteno prispeva več aferentnih informacij v primerjavi s pasivno premikom sklepa/okončine.

Rezultati so pokazali, da so AE aktivne repozicije starejših posameznikov v povprečju večje v primerjavi z mlajšimi (Slika 3), zaradi česar lahko v celoti potrdimo prvo hipotezo. AE so bile v vseh položajih večje pri starejši skupini, vendar je bila statistična značilnost potrjena pri položajih PF 5° in DF 5°. Ugotovitve so v skladu s predhodnimi študijami, ki prav tako poročajo o slabšem zaznavanju položaja kolena (Horak idr., 1989; Šparovec, 2017) in gležnja (Deshpan-

de idr., 2003; Meeuwssen idr., 1993; Robbins, Waked in McClaran, 1995; Verschueren idr., 2002; You, 2005) pri starejših osebah. Rezultati med študijami so težko primerljivi, saj obstaja veliko dejavnikov, ki vplivajo na velikost AE pri merjenju aktivne repozicije gležnja. Na primer študije tako pri mlajših (Goble in Brown, 2008; Goble, Lewis, Hurvits in Brown, 2005) kot tudi pri starejših posameznikih (Adamo idr., 2007; Kaplan idr., 1985; Stelmach in Sirica, 1986) poročajo o večjih AE za položaje, ki so dlje od štartne pozicije, kar se je zgodilo tudi v našem primeru. Na sposobnost aktivne repozicije sklepa vpliva tudi to, ali je naloga izvedena pod vplivom sile teže (npr. stoje) ali v razbremenjenem položaju (npr. sede) (Bullock-Saxton, Wong in Hogan, 2001; Gilsing idr., 1995).

Manjše razlike med mlajšo in starejšo skupino v položajih dlje od nevtralnega položaja (PF 15°, DF 10°) so lahko posledica večjega priliva senzornih informacij iz kožnih in sklepnih receptorjev, ki so večje, ko je sklep v skrajnih legah (Shaffer in Harrison, 2007), medtem ko je pri manjših amplitudah ključna informacija iz mišičnega vretena (Proske in Gandevia, 2012). Manjše razlike med mlajšo in starejšo skupino v položajih manjše amplitude (PF 5° in DF 5°) so lahko posledica redne telesne aktivnosti starejših oseb, ki so sodelovale v naši študiji. Redna telesna aktivnost ima lahko pozitivne učinke na kinestetično zaznavanje pri starejših osebah (Xu idr., 2004), ker zmanjša upad aferentnega priliva iz proprioceptorjev (Relph in Herrington, 2016). Starejše osebe z aktivnim življenjskim slogom boljše zaznavajo položaj kolena (Petrella idr., 1997; Ribeiro in Olivera, 2010) in gležnja (Xu idr., 2004) v primerjavi z njihovimi neaktivnimi vrstniki. Pri aktivni repoziciji gležnja lahko starejši posamezniki uporabijo mehanizem kokontrakcije agonistične in antagonistične mišice, s čimer lahko povečajo togost sklepa, zmanjšajo variabilnost gibanja in tako nadomestijo zmanjšan senzorični priliv (Williams in Marshall, 2009), kar je lahko privedlo do tega, da v dveh referenčnih položajih nismo ugotovili razlik v primerjavi z mlajšo skupino.

Sposobnost hitrega zaznavanja premika gležnja in natančna ocena njegovega položaja so pomembni dejavniki za uspešno ohranjanje ravnotežja v vsakdanjem življenju. Aferentne informacije iz gležnja prispevajo k uspešni kompenzaciji različnih manjših motenj iz okolja med stojo in med gibanjem. Vloga dobrega kinestetičnega

zaznavanja gležnja pa je še bolj pomembna v starosti zaradi poslabšane kontrole ravnotežja in povečanega tveganja za padce.

Najpomembnejša omejitev naše študije je merjenje izbranih kinestetičnih testov v sedečem položaju, ki ima manjšo funkcionalno vrednost zaradi razbremenitve sklepa. Kljub temu ne smemo zanemariti, da je natančna kontrola gležnja pomembna tudi, ko gleženj ni v stiku s podlago (Ko idr., 2015). Omejitve študije predstavljajo tudi različne aktivnosti, ki jih izvajajo merjenci, te imajo lahko različne učinke na splošno stanje kinestetičnega zaznavanja.

Čeprav nekatere raziskave navajajo, da redna telesna aktivno starejši oseb pripomore k ohranjanju kinestetičnega zaznavanja (Ribeiro in Olivera, 2010; Tsang in Hui-Chan, 2003), so med mlajšo in starejšo skupino merjencev ugotovili statistično značilne razlike v zaznavanju gibanja in aktivni repoziciji gležnja. Na podlagi rezultatov študije lahko zaključimo, da se staranje in z njim povezane spremembe v proprioceptivnem sistemu odražajo tudi na poslabšanje kinestetičnega zaznavanja v gležnju v primerjavi z mlajšimi posamezniki. Predvidevamo lahko, da bi razlike med mlajšo skupino in gibalno neaktivnimi starejšimi posamezniki verjetno bile še večje. S študijo smo prav tako potrdili ponovljivost testov zaznavanja gibanja gležnja in aktivne repozicije na po meri izdelani napravi, ki je lahko v prihodnje uporabna pri diagnostiki kinestezije gležnja.

Literatura

- Adamo, D., Martin, B. in Brown, S. (2007). Age-related differences in upper limb proprioceptive acuity. *Percept Mot Skills*, 104(Pt 2), 1297–1309.
- Bennet, D. (1994). Stretch reflex responses in the human elbow joint during a voluntary movement. *J Physiol*, 474(2), 339–351.
- Bullock-Saxton, J., Wong, W. in Hogan, N. (2001). The influence of age on weight-bearing joint reposition sense of the knee. *Exp Brain Res*, 136(3), 400–406.
- Butler, A. A., Lord, S. R., Rogers, M. W. in Fitzpatrick, R. C. (2008). Muscle weakness impairs the proprioceptive control of human standing. *Brain Research*, 1242, 244–251. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2008.03.094>
- Coren, S. (1993). The lateral preference inventory for measurement of handedness, footedness, eyedness, and earedness: Norms for young adults. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 31(1), 1–3.
- Deshpande, N., Connelly, D. M., Culham, E. G. in Costigan, P. A. (2003). Reliability and Validity of Ankle Proprioceptive Measures. *Arch Phys Med Rehabil*, 84(6), 883–889. [https://doi.org/10.1016/S0003-9993\(03\)00016-9](https://doi.org/10.1016/S0003-9993(03)00016-9)
- Faraldo-Garcia, A., Santos-Perez, S., Crujeiras, R. in Soto-Varela, A. (2016). Postural changes associated with ageing on the somatosensory organization test and the limits of stability in healthy subjects. *Auris Nasus Larynx*, 43(2), 149–154.
- Fleiss, J. (1999). *Design and Analysis of Clinical Experiments*. New York, ZDA: Wiley.
- Franco, P. G., Santos, K. B. in Rodacki, A. L. F. (2015). Joint positioning sense, perceived force level and two - point discrimination tests of young and active elderly adults. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, 19(4), 304–310.
- Gandevia, S., McCloskey, D. in Burke, D. (1992). Kinaesthetic signals and muscle contraction. *Trends Neurosci*, 15(2), 62–65.
- García-Ramos, A., Feriche, B., Pérez-Castilla, A., Padial, P. in Jaric, S. (2017). Assessment of leg muscles mechanical capacities: Which jump, loading, and variable type provide the most reliable outcomes? *European Journal of Sport Science*, 17(6), 690–698. <https://doi.org/10.1080/17461391.2017.1304999>
- Gilsing, M., Van den Bosch, C., Lee, S., Ashton-Miller, J., Alexander, N., Schultz, A. in Ericson, W. (1995). Association of age with the threshold for detecting ankle inversion and eversion in upright stance. *Age Ageing*, 24(1), 58–66.
- Goble, D. in Brown, S. (2008). Upper limb asymmetries in the matching of proprioceptive versus visual targets. *J Neurophysiol*, 99(6), 3063–3074.
- Goble, D. J., Coxon, J. P., Wenderoth, N., Impe, A. Van in Swinnen, S. P. (2009). Proprioceptive sensibility in the elderly: Degeneration, functional consequences and plastic-adaptive processes. *Neurosci Biobehav Rev*, 33(3), 271–278. <https://doi.org/10.1016/j.neurobiorev.2008.08.012>
- Goble, D., Lewis, C., Hurvits, E. in Brown, S. (2005). Development of upper limb proprioceptive accuracy in children adolescents. *Hum Mov Sci*, 24(2), 155–170.
- Gurfinkel, V., Lipshits, M. in Popov, K. (1982). Thresholds of kinesthetic sensation in the vertical posture. *Hum Physiol*, 8(6), 439–445.
- Hillier, S., Immink, M. in Thewlis, D. (2015). Assessing Proprioception: A Systematic Review of Possibilities. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 29(10), 933–949. <https://doi.org/10.1177/1545968315573055>
- Hopkins, W. (2000). Calculations for reliability (Excel spreadsheet). A New View of Statistics. Pridobljeno od <http://www.sportsci.org/resource/stats/relycalc.html>
- Horak, B., Shupert, L., Dietz, V. in Horstmann, G. (1994). Vestibular and somatosensory contributions to responses to head and body displacements in stance. *Exp Brain Res*, 100(1), 1989–1990.
- Horak, F., Shupert, C. in Mirka, A. (1989). Components of Postural Dyscontrol in the Elderly: A Review. *Neurobiology of Aging*, 10, 727–738.
- Kaplan, F., Nixon, J., Reitz, M., Rindfleisch, L. in Tucker, J. (1985). Age-related changes in proprioception and sensation of joint position. *Acta Orthop Scand*, 56(1), 72–74.
- Ko, S., Simosick, E., Deshpande, N. in Ferrucci, L. (2015). Sex-specific age associations of ankle proprioception test performance in older adults: results from the Baltimore Longitudinal Study of Aging. *Age Ageing*, 44(3), 485–490. <https://doi.org/10.1093/ageing/afv005>
- Lee, A. in Lin, W. (2008). Twelve-week biomechanical ankle platform system training on postural stability and ankle proprioception in subjects with unilateral functional ankle instability. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 23(8), 1065–1072.
- Lin, C.-H., Chiang, S.-L., Lu, L.-H., Wei, S. in Sung, W. (2016). Validity of an ankle joint motion and position sense measurement system and its application in healthy subjects and patients with ankle sprain. *Computer Methods Programs Biomed*, 131, 89–96. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2016.03.026>
- Lord, S. R., Clark, R. D. in Webster, I. W. (1991). Physiological Factors Associated with Falls in an Elderly Population. *J American Geriatrics Society*, 39(12), 1194–1200.
- Lord, S., Rogers, M., Howland, A. in Fitzpatrick, R. (1999). Lateral stability, sensorimotor function and falls in older people. *J AM Geriatr Soc*, 47(9), 1077–1081.
- Lord, S. in Ward, J. (1994). Age-associated differences in sensori-motor function and balance in community dwelling women. *Age Ageing*, 23(6), 452–460.
- Madhavan, S. in Shields, R. K. (2005). Influence of age on dynamic position sense: evidence using a sequential movement task. *Exp Brain Res*, 164(1), 18–28. <https://doi.org/10.1007/s00221-004-2208-3>
- Meeuwssen, H., Sawicki, T. in Stelmach, G. (1993). Improved foot position sense as a result of repetitions in older adults. *Journal of Gerontology*, 48(3), P137–P141.
- Petrella, R., Lattanzio, P. in Nelson, M. (1997). Effect of age and activity on knee joint proprioception. *Am J Phys Med Rehabil*, 76(3), 235–241.
- Pickard, C., Sullivan, P., Allison, G. in Singer, K. (2003). Is there a difference in hip joint position sense between young and older groups? *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 58(7), 631–635.
- Proske, U. in Gandevia, S. C. (2009). The kinaesthetic senses. *Journal of Physiology*, 587(Pt17), 4139–4146. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2009.175372>

33. Proske, U. in Gandevia, S. C. (2012). The proprioceptive senses: Their Roles in signaling Body Shape, Body Position and Movement, and Muscle Force. *Physiological Reviews*, 92(4), 1651–1697. <https://doi.org/10.1152/physrev.00048.2011>
34. Relph, N. in Herrington, L. (2016). The effects of knee direction, physical activity and age on knee joint position sense. *Knee*, 23(3), 393–398.
35. Ribeiro, F. in Olivera, J. (2010). Effect of physical exercise and age on knee joint position sense. *Arch Gerontol Geriatr*, 51(1), 64–67.
36. Ribot-Cisar, E. in Roll, J. (1998). Ago-antaonsit muscle spindle inputs contribute together to joint movement coding in man. *Brain Research*, 791(1–2), 167–176.
37. Robbins, S., Waked, E. in McClaran, J. (1995). Proprioception and stability: foot position awareness as a function of age and footwear. *Age Ageing*, 24(1), 67–72.
38. Shaffer, S. W. in Harrison, A. L. (2007). Aging of the Somatosensory System : A Translational Perspective. *Physical therapy*, 87(2), 193–207.
39. Smajla, D., García-Ramos, A., Tomazin, K. in Strojnik, V. (2019). Selective effect of static stretching, concentric contractions, and a balance task on ankle force sense. *PLoS One*, 14(1), 1–10.
40. Sohn, J. in Kim, S. (2015). Falls study : Proprioception , postural stability , and slips. *Bio-Medical Materials and Engineering*, 26(s1), 693–703. <https://doi.org/10.3233/BME-151361>
41. Šparovec, N. (2017). *Magistrska naloga*. Univerza na Primorskem, Fakulteta za vede o zdravju.
42. Stelmach, G. in Sirica, A. (1986). Aging and proprioception. *Age*, 9, 99–103.
43. Taube, W., Gruber, M. in Gollhofer, A. (2008). Spinal and supraspinal adaptations associated with balance training and their functional relevance. *Acta Physiologica*, 193(2), 101–116.
44. Thelen, D. G., Ashton-Miller, J. in Schultz, A. B. (1998). Thresholds for Sensing Foot Dorsi- and Plantarflexion During Upright Stance : Effects of Age and Velocity. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 53(1), M33–M38. <https://doi.org/10.1093/gerona/53A.1.M33>
45. Tsang, W. W. N. in Hui-Chan, C. W. Y. (2003). Effects of Tai Chi on Joint Proprioception and Stability Limits in Elderly Subjects. *Med Sci Sports Exerc*, 35(12), 1962–1971. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000099110.17311.A2>
46. Verschueren, S. M. P., Brumagne, S., Swinnen, S. P. in Cordo, P. J. (2002). The effect of aging on dynamic position sense at the ankle. *Behav Brain Res*, 136(2), 593–603.
47. Weir, J. (2005). Quantifying test-retest reliability using the interclass correlation coefficient and the SEM. *J Strength Cond Res*, 19(1), 231–240.
48. Westlake, K. P. in Culham, E. G. (2006). Influence of testing position and age on measures of ankle proprioception. *Advances in Physiotherapy*, 8, 41–48. <https://doi.org/10.1080/14038190600589226>
49. Wiktorson-Miller, M., Oberg, B., Ekstrand, J. in Gillquist, J. (1983). Effects of warming up, massage and stretching on range of motion and muscle strength in the lower extremity. *Am J Sports Med*, 11(4), 249–252.
50. Wingert, J. R., Welder, C. in Foo, P. (2014). Age-Related Hip Proprioception Declines : Effects on Postural Sway and Dynamic Balance. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 95(2), 253–261. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2013.08.012>
51. Xu, D., Hong, Y., Li, J. in Chan, K. (2004). Effect of tai chi exercise on proprioception of ankle and knee joints in old people. *Br J Sports Med*, 38(1), 50–54. <https://doi.org/10.1136/bjism.2002.003335>
52. You, S. H. (2005). Joint Position Sense in Elderly Fallers : A Preliminary Investigation of the Validity and Reliability of the SENSErite Measure. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 86(2), 346–352. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2004.01.035>

dr. Darjan Smajla, asist.

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport
Univerza na Primorskem, Fakulteta za vede
o zdravju
Innorennew CoE
darjan.smajla@fvz.upr.si