Sveučilište u Zagrebu

Kineziološki fakultet

Horvaćanski zavoj 15, 10 000 Zagreb

Antonija Golubić

**Povezanost jakosti mišića trupa s funkcionalnom ravnotežom žena treće životne dobi**

Zagreb, 2014.

„Ovaj je rad izrađen pri Zavodu za kineziologiju sporta Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu pod vodstvom prof. dr. sc. Gorana Markovića i predan je na natječaj za dodjelu Rektorove nagrade u akademskoj godini 2013/2014.“

**SADRŽAJ RADA**

1. Uvod 1

2. Metode rada 3

 2.1. Ispitanici 3

 2.2. Protokol mjerenja 3

 2.3. Oprema i obrada signala 5

 2.4. Statistička analiza podataka 5

3. Rezultati 5

4. Rasprava 6

5. Zaključak 10

6. Literatura 11

Antonija Golubić

**Povezanost jakosti mišića trupa s funkcionalnom ravnotežom žena treće životne dobi**

**SAŽETAK**

Starenjem dolazi do deteorizacije mehanizama odgovornih za održavanje ravnoteže, uključujući i dimenzije jakosti i snage. Cilj je ovog istraživanja utvrditi povezanost jakosti mišića trupa s funkcionalnom ravnotežom žena treće životne dobi.

U istraživanju je sudjelovalo šezdeset i sedam žena prosječne dobi 67,2 ± 1,1 godina. Ispitanice su dobrovoljno pristale na testiranje. Testiranje je obuhvaćalo mjerenje jakosti ekstenzora, fleksora i laterofleksora trupa u uspravnom stavu te mjerenje ravnoteže u „semi-tandem“ stavu u trajanju od 30 sekundi, i to u dva uvjeta: bez i sa dodatnim kognitivnim zadatkom (brojanje unatrag po 7 od 300). Ravnoteža je kvantificirana kroz prosječnu brzinu centra pritiska (CoP).

Rezultati ukazuju na statistički značajnu povezanost jakosti ekstenzora trupa s prosječnom brzinom pomaka CoP bez dodatnog kognitivnog zadatka (r= 0,5; p<0,05), kao i s prosječnom brzinom pomaka CoP s dodatnim kognitivnim zadatkom (r=0,4; p<0,05). Nije utvrđena statistički značajna povezanost između jakosti fleksora i laterofleksora trupa s brzinom pomaka CoP (r < 0,2; p > 0,05). Jakost ekstenzora trupa objašnjava 16-25% varijance ravnoteže.

Istraživanje ukazuje na značajnu umjerenu povezanost između jakosti mišića ekstenzora trupa i ravnoteže kod žena treće životne dobi. Imajući u vidu rezultate dosadašnjih istraživanja o utjecaju treninga jakosti nogu na ravnotežu, za očekivati je kako bi ovi nalazi mogli doprinijeti optimizaciji programa za prevenciju padova i popratnih komplikacija kod starijih žena.

**KLJUČNE RIJEČI**: jakost trupa, kognitivni zadatak, ravnoteža, starenje

Antonija Golubić

**Correlation between trunk muscle strength and functional balance in elderly women**

**ABSTRACT**

Aging leads to deterioration of mechanisms responsible for maintaining equilibrium, including muscle strength and power. The aim of this study was to determine the association between trunk muscle strength and functional balance in elderly women.

The study included sixty-seven women aged 67.2 ± 1.1 years. The participants volunteered for the study. The testing procedure included measurement of trunk muscle strength in standing position (extension, flexion, and lateral flexion), and measuremen of balance in semi-tandem stance for 30 seconds. The balance task was performed in two conditions, with and without additional cognitive task (counting backwards by 7 from 300). Balance was quantified via force plate as mean velocity of center of pressue (CoP) displacement over 30 seconds.

We found a statistically significant correlation between the trunk extensor strength and average velocity of CoP displacement, both without (r = 0.5, p <0.05) and with an additional cognitive task (r = 0.4, p <0.05). There were no statistically significant correlations between trunk flexor and lateral flexors strength and balance measures. Note that trunk extensor strength explained 16-25% of the variance of balance ability of elderly women.

These results indicate the existence of significant moderate association between trunk extensor muscle strength and balance ability of elderly healthy women. Having in mind the results of previous studies that evaluated the effects of leg strength training on balance ability, we may expect that these findings could enhance the existing fall-prevention programs in elderly population by focusing on trunk muscle function.

**KEY WORDS**: trunk muscle strength, cognitive task, balance, aging

1. **UVOD**

Starenje predstavlja normalan biološki proces, a možemo ga definirati kao skup svih postupnih promjena u organizmu koje vode smanjenu funkcionalnih, motoričkih i drugih sposobnosti osobe te u konačnici završavaju smrću (Mišigoj-Duraković, 2008). Starenjem promjene u organizmu dovode do povećanog broja rizika za zdravlje, a jedan od njih je i povećani rizik od pada i popratnih zdravstvenih komplikacija. Epidemiološke su studije pokazale kako padovi starijih osoba predstavljaju vodeći uzrok smrtnosti i ozljeđivanja u toj populaciji (Rubenstein, 2006; Filipović i sur., 2013; Kasović i sur., 2012). Razlozi veće mogućnosti fatalnih ozljeda uslijed pada očituju se u nestabilnosti i nesigurnosti prilikom lokomocije (Mišigoj-Duraković, 2008). Autori kao značajne faktore rizika od pada ističu smanjenu mišićnu jakost i snagu, kao i narušenu ravnotežu (Vuori, 2004; Daubney i Culham, 1999; Pijnappels i sur., 2008, Orr i sur., 2008).

Starenjem dolazi do smanjenja mišićne mase, posljedično i mišićne jakosti te snage i ta se pojava naziva senilna sarkopenija (Duraković, 2007). Longitudinalna istraživanja pokazuju kako se mišićna masa starenjem smanjuje oko 3-6% po desetljeću (Bouchard, Blair i Haskel, 2006; Duraković, 2007). Lexella i sur. navode kako se poprečni presjek mišića smanjuje u prosjeku za 1% godišnje nakon pedesete godine života. Uslijed smanjenja broja mišićnih vlakana dolazi do značajnijeg pada broja mišićnih stanica tipa II (Bouchard, Blair i Haskel, 2006 Vandervoort, 2002). Do pada razine jakosti i snage dolazi zbog smanjenog broja raspoloživih motoričkih jedinica i zbog promjena u mikro-strukturi preostalih (smanjenje količine ATP-a i glikogena te povećanje udjela masnoće) (Vouri, 2004; Bouchard, Blair i Haskel, 2006). Također, uslijed starenja vlakna tipa II mogu proizvesti manju silu zbog svog drastično reduciranog broja (Sundstrup i sur., 2010). Frontera i sur. (2000) ističu kako se jakost godišnje smanjuje za 1,4 do 2,5% nakon pedesete godine života. Razina snage starenjem pada puno brže od razine jakosti (Izquierdo i sur., 1998). Taj se značajniji pad objašnjava deteorizacijom živčano-mišićnog sustava koja se očituje u sporijem prijenosu impulsa moto-neuronima do motoričkih jedinica (produljenje vremena reakcije) (Hakkinen i sur., 1995).

Ravnoteža predstavlja složenu sposobnost pojedinca da zadrži centar mase tijela unutar površine oslonca dok na njega djeluju sile nastojeći ga izbaciti iz ravnoteže (Enoka, 2008). Često se koristi pojam funkcionalna ravnoteža, a odnosi se na sposobnost održavanja ravnoteže u statičkim i dinamičkim uvjetima, odnosno tijekom lokomocije (Woollacott, Shumway-Cook, Brauer, 2000). Sposobnost održavanja ravnoteže u uspravnom stavu rezultat je složene interakcije i koordiniranog rada brojnih tjelesnih sustava (somato-senzorni, vestibularni, vizualni, motorički) (Woollacott, Shumway-Cook, 2002). Autori ističu kako starenjem dolazi do deteorizacije tih sustava, što dovodi do značajnijeg narušavanja ravnoteže prilikom lokomocije (Winter, 1995; Woollacott i Shumway-Cook, 1990).

Pad sposobnosti starijih osoba da manifestiraju eksplozivnu snagu značajno je povezana s padom sposobnosti ravnoteže (Izquierdo i sur., 1999). Bradić (2011) ističe kako postoji osrednja povezanost apsolutne jakosti mišića nogu i ravnoteže, uz 40% zajedničke varijance. Padom razine jakosti posljedično dolazi i do narušavanja sposobnosti održavanja ravnoteže zbog smanjene kontrole pokreta i stabilnosti u zglobovima. Pravilna zglobna stabilnost ovisi o sposobnosti živčano-mišićnog sustava koji je odgovoran za brzu i pravovremenu korekciju položaja zgloba (lokalna funkcija), ali i tijela u prostoru (globalna funkcija) (Zech i sur., 2012; Hubscher i sur., 2010). Bruhn, Kullmann i Gollhofer (2004) navode kako je treningom ravnoteže moguće povećati maksimalnu jakost mišića natkoljenice za 13%. S druge strane, trening jakosti utječe na poboljšanje stabilnosti i sigurnosti prilikom lokomocije, a pregled literature potvrđuje kako je najveći broj istraživanja u tom smjeru provedeno upravo na starijoj populaciji (Daubney i Culham, 1999; Judge i sur., 1993, Hess i Woollacott, 2005, Pijnappels i sur., 2008, Orr i sur., 2008).

U većini istraživanja zanemaruje se važnost i uloga jakosti mišića trupa u održavanju ravnoteže. Poznato je da je za uspješno održavanje ravnoteže prilikom lokomocije potrebna pravovremena aktivacija mišića trupa, kukova i ekstremiteta (Horak i Hasher, 1986; Winter, 1995). Prilikom lokomocije mišići trupa i kukova osiguravaju stabilan položaj gornjeg dijela tijela (fleksori i ekstenzori u sagitalnoj, abduktori i aduktori u frontalnoj ravnini) (Kosinac, 2008). Detaljni pregled literature jasno ukazuje na nedovoljnu istraženost važnosti jakosti mišića trupa za održavanje ravnoteže kod osoba treće životne dobi.

Cilj ovog rada jest utvrditi povezanost jakosti mišića trupa s funkcionalnom ravnotežom u žena treće životne dobi. Poseban naglasak stavljen je na sposobnost ravnoteže u uvjetima svakodnevnog življenja, kombinirajući održavanje ravnoteže i izvedbu kognitivnog zadatka. Očekuje se pozitivna povezanost između navedenih živčano-mišićnih obilježja, što bi podrazumijevalo da je veća razina jakosti trupa znači u pozitivnoj korelaciji sa ravnotežom starijih osoba. Razumijevanje povezanosti jakosti mišića trupa s ravnotežom moglo bi doprinijeti boljem razumijevanju ograničavajućih čimbenika ravnoteže te doprinijeti optimizaciji i unapređenju programa za prevenciju pada osoba treće životne dobi.

1. **METODE**
	1. **ISPITANICI**

U istraživanju je sudjelovalo šezdeset i sedam zdravih žena treće životne dobi. Sve su žene prošle redoviti sistematski pregled kod liječnika i nisu patile od mišićno-koštanih bolnih stanja niti neuroloških oboljenja. Također, nitko od ispitanica nije trenutno trošio lijekove koji utječu na senzorno-motoričke funkcije čovjeka. Prosječna dob ispitanica iznosila je 67,2 ± 1,1 godina. Prije početka istraživanja ispitanice su upoznatu s planom i protokolom istraživanja kao i potencijalnim rizicima testiranja za njih. Sve su ispitanice potpisale suglasnost za sudjelovanje u istraživanju i u njemu dobrovoljno sudjelovale.

* 1. **PROTOKOL MJERENJA**

Da bi se utvrdila povezanost jakosti mišića trupa i ravnoteže žena treće životne dobi, ispitanicama je mjerena jakost mišića ekstenzora, fleksora i laterofleksora (desna i lijeva strana) trupa te im je procjenjivana ravnoteža putem prosječne brzine centra pritiska (CoP) u medio-lateralnom i anterio-posteriornom smijeru. Jakost ekstenzora, fleksora te lijevih i desnih laterofleksora trupa mjerena je pomoću komercijalno dostupnog izometričnog dinamometra (S2P d.o.o Ljubljana, Slovenija) u stojećem položaju (slika 1). Ispitanik se, zavisno od mišićne grupe koja se mjeri, osloni leđima (ekstenzija), prsima (fleksija) ili bočno (laterofleksija) okrenut dinamometru i pomoću posebnog remena fiksira za dinamometar. Visina oba oslonca dinamometra na tijelo ispitanika se individualno postavi, sukladno uputi proizvođača. Nakon probnog pokušaja, zadatak ispitanika je, na znak mjerioca, proizvoditi maksimalnu mišićnu silu u odabranom položaju u trajanju od tri sekunde. Pilot mjerenjem utvrđena je visoka test-retest pouzdanost svih mjera jakosti trupa (intra-klasni koeficijent korelacije = 0,89-0,92; koeficijent varijacije < 8%).



*Slika 1.* Prikaz dinamometra za mjerenje jakosti trupa.

Ravnoteža je procjenjivana u tzv. „*semi-tandem*“ stavu, u kojem su stopala spojena na način da su prsti stopala stražnje noge u razini središnjeg dijela stopala prednje noge (Marković, i sur., 2014). Prednja noga je u svim slučajevima bila dominantna noga. Mjerenje ravnoteže se provodilo u dva uvjeta: bez i sa dodatnim kognitivnim zadatkom. Kognitivni zadatak bio je matematički, a sastojao se je od brojanja unatrag od 300, oduzimajući svaki puta broj 7 od prethodnoga (300, 293, 286,...). Tijekom provedbe testa za mjerenje ravnoteže, ispitanice su bile upućene da pogled usmjere na točku označenu na zidu u visini očiju, smještenu 1,5 metara ispred njih. Također, ispitanice su upućene da ne savijaju noge u zglobu koljena, dok su pokreti u gležnju bili dozvoljeni. Zadatak se sastojao od zadržavanja opisane pozicije što je moguće mirnije u trajanju od 30 sekundi. Ispitanice su zadatak ponovile tri puta s pauzom od tri minute između svakog ponavljanja. Kako bi se osigurali standardizirani uvjeti mjerenja u svakom ponavljanju, na platformi za mjerenje sile reakcije podloge je kod prvog ponavljanja bio obilježen položaj prednje i stražnje noge u *semi-tandem* stavu; jednako tako, upute o pravilnom stavu nogu ponovljene su svakoj ispitanici prije svakog ponavljanja zadatka. Kao varijable za procjenu ravnoteže i jakosti korištene su prosječne vrijednosti rezultata dobivenih u tri provedena ponavljanja. Mjerenja je provedeno u mirnoj sobi, bez vanjske distrakcije (zvuka), a prije početka mjerenja svakoj je ispitanici omogućeno 30 sekundi probnog testa.

* 1. **OPREMA I OBRADA SIGNALA**

Mjera ravnoteže izvedena je iz praćenja centra pritiska (CoP) pomoću platforme za mjerenje sile reakcije podloge AMTI (Watertown, USA) rezolucijom od 1000 Hz (Marković i sur., 2014). Obrada signala provedena je pomoću posebno oblikovanog softvera (LabView, 8.1. NI, Texas, USA). Uslijedilo je filtriranje i izglađivanje signala sukladno preporukama u literaturi (Marković i sur., 2014). Nadalje, napravljena je obrada signala CoP i kvantifikacija ravnoteže u vidu prosječne ukupne brzine pomaka CoP (Baratto i sur., 2002). Kod mjerenja jakosti trupa signali sile mjereni su pomoću izometričnog dinamometra S2P (S2P d.o.o. Ljubljana, Slovenija) u stojećem položaju.

* 1. **STATISTIČKA ANALIZA PODATAKA**

Za sve varijable potvrđena je normalnost distribucije Komogorov-Smirnovljevim testom te su istračunate aritmetička sredina i standarna devijacija (SD). Povezanost mjera jakosti trupa i mjera ravnoteže utvrđena je korelacijskom analizom. Razina statističke značajnosti postavljena je na 5% (p<0.05). Obrada podataka vršena je u Statistica 9.0 računalnom programu.

1. **REZULTATI**

Sve su ispitanice uspješno izvršile zadatak za procjenu ravnoteže u oba uvjeta. Prosječna brzina pomaka CoP bez kognitivnog zadatka iznosila je 38,3 mm/s (SD= 8,6 mm/s), dok je s kognitivnim zadatkom iznosla 51,7 mm/s (SD=15,4 mm/s). Prosječne vrijednosti mjerenja jakosti trupa ispitanica u ekstenziji, fleksiji te desnoj i lijevoj laterofleksiji iznosile su 352,9 N (SD=126,2 N), prosječna vrijednost mjerenja jakosti trupa u ekstenziji iznosi AS=307,9 N (SD=131,2), u fleksiji AS= 352,9 N (SD=126,2), u desnoj laterofleksiji AS= 229,8 N (SD= 81,0) te u lijevoj laterofleksiji AS= 237,4 N (SD= 72,3).

Utvrđena se statistički značajna umjerena korelacija između jakosti ekstenzora trupa i prosječne brzine CoP bez (r = 0,5; p < 0,05) i sa kognitivnim zadatkom (r = 0,4; p < 0,05). Nije utvrđena statistički značajna povezanost jakosti fleksora i laterofleksora trupa s prosječnom brzinom CoP (r < 0,2; p > 0,05). Rezultati ukazuju kako jakost ekstenzora trupa objašnjava između 16% (s kognitivnim zadatkom) i 25% (bez kognitivnog zadatka) varijance ravnoteže žena treće životne dobi.

1. **RASPRAVA**

Glavni nalaz ovog istraživanja odnosi se na utvrđenu statistički značajnu povezanost između jakosti ekstenzora trupa i ravnoteže kod starijih žena, dok je ta povezanost izostala kod ostalih regija trupa. Ti rezultati djelomično potvrđuju postavljenu hipotezu.

Pregledom dostupne literature može se zaključiti kako povezanost jakosti mišića trupa s ravnotežom žena treće životne dobi u mirnom *semi-tandem* stavu nije sustavno istraživana. Većina se dosadašnjih istraživanja temelji na povezanost jakosti mišića donjih ekstremiteta i ravnoteže, zanemarujući pritom važnost jakosti trupa (Bradić, 2011; Daubney i Culham, 1999; Izquierdo i sur., 1999). Nalazi ovog rada, stoga, pridonose boljem razumijevanju mehanizma održavanja ravnoteže kod starijih osoba. Konkretno, ovaj rad ukazuje na moguću važnost jakosti mišića ekstenzora trupa u održavanju ravnotežnog položaja za vrijeme mirnog stajanja u žena treće životne dobi. Dakako, utvrđena povezanost ne znači nužno i kauzalnost ovih dviju motoričkih funkcija. Potrebna su daljnja istraživanja kako bi utvrdilo utječe li također trening jakosti trupa pozitivno na sposobnost održavanja ravnoteže kod starijih osoba. Rezultati dosadašnjih istraživanja u području treninga jakosti nogu na tragu su ove pretpostavke (Daubney i Culham, 1999; Judge i sur., 1993, Hess i Woollacott, 2005). Treningom ravnoteže moguće je povećati maksimalnu jakost mišića natkoljenice do 13% (Bruhn i sur. 2004).

Većina je istraživanja u području ravnoteže provedena upravo na populaciji treće životne dobi. Svaki neuro-muskularni poremećaj ili smanjenje funkcije dovodi do neke vrste narušavanja sustava za održavanje ravnoteže (Winter, 1995). U tom smislu, i sposobnost manifestacije eksplozivne snage nogu povezana je sa sposobnošću održavanja ravnoteže (Izquierdo i sur., 1999). Također, Bradić je u svom istraživanju (2011) došla do rezultata koji ukazuju na osrednju, ali ipak značajnu povezanost apsolutne jakosti mišića nogu s ravnotežom – one dijele oko 40% zajedničke varijance. Jednako tako povezanost relativne jakosti i ravnoteže ukazuje da jakost donjih ekstremiteta objašnjava oko 36% varijabiliteta ravnoteže (Bradić, 2011). Ti su nalazi sukladni s nalazima ove studije u kojoj je utvrđena značajna povezanost jakosti mišića ekstenzora trupa s ravnotežom (dijele 16-25% zajedničke varijance). Ovaj nalaz upućuje na važnost jakosti mišića ekstenzora trupa prilikom održavanja ravnoteže, prilikom čega nedovoljna razina jakosti mišića ekstenzora trupa može biti uzrokom narušavanja ravnoteže.

Indikator manje učinkovitog sustava posturale kontrole u starijoj dobi je i porast amplitude posturalnog njihanja (veći pomaci CoP) (King i sur., 1994; Blaszczyk i sur., 1994; Baloh i sur., 1994). Prema Kim i sur. (2007) promjene u načinu odašiljanja i obrade somatosenzornih povratnih informacija, do čega dolazi starenjem, smatraju se glavnim uzrokom povećanih oscilacija CoP-a. Također je dokazano je kako se incidencija padova povećava s povećanjem amplitude posturalnog njihanja starenjem (Fernie i sur., 1982). Istraživanjem je utvrđena statistički značajna povezanost jakosti ekstenzora trupa i prosječne brzine CoP kao mjere ravnoteže žena treće životne dobi. Nije utvrđena statistički značajna povezanost jakosti mišića fleksora i laterofleksora trupa s funkcionalnom ravnotežom žena treće životne dobi. Ovi se nalazi mogu objasniti ulogom mišića leđa (ekstenzora trupa) u održavanju ravnotežnog položaja. Mišići ekstenzori trupa su u starijoj životnoj dobi u značajnoj mjeri povezani sa posturom tijela i posturalnom orijentacijom, što utječe na sposobnost održavanja ravnoteže. Prilikom lokomocije mišići trupa omogućavaju ravnotežni položaj gornjeg dijela tijela (fleksori i ekstenzori u sagitalnoj) (Kosinac, 2008). Mišići leđa (posebice dubinska skupina) imaju antigravitacijsku ulogu (mišići stabilizatori). Oni vrše posturalnu funkciju, svojom aktivnošću održavaju ravnotežu i stav tijela suprotstavljajući se tako djelovanju sile teže i ostalim vanjskim silama koje djeluju na tijelo nastojeći ga izbaciti iz ravnoteže (Kosinac, 2008; Trošt-Bobić, 2012). Logično je da ako su mišići ekstenzori trupa jači i sposobnost održavanja ravnoteže biti će bolja jer će mišići moći efikasnije stabilizirati kralježnicu i odupirati se vanjskim silama koje tijelo nastoje izbaciti iz ravnoteže.

Dokazano je kako do češćeg narušavanja ravnoteže učestalo dolazi uslijed aktivnosti koje zahtijevaju podjelu pažnje na više zadataka istovremeno (Zijlstra i sur., 2008; Huitema i sur., 2004). Shumway-Cook i sur. (2000) navode kako su prilikom testa dvostrukog zadatka osobe s poremećenim sustavom za ravnotežu imale više problema u izvedbi drugog zadatka. Isti autori navod kako je uspješnost izvedbe drugog zadatka povezana sa razinom funkcionalne ravnoteže, kao i sa zahtjevnošću drugog zadatka. Logika primjene dvostrukog zadatka leži u interferenciji prilikom izvedbe drugog (ne motoričkog) zadatka s prvim (motoričkim) (Mulder i sur., 2002). Zbog interferencije motoričkog i kognitivnog zadatka prilikom istovremene izvedbe dva ili više zadatka dolazi do smanjenja uspješnosti izvedbe oba zadatka (Schmidt i Lee, 1999). Studija Jamet i sur. (2007), pokazuje kako brojanje unatrag kao dodatni kognitivni zadatak dovodi do značajnog narušavanja ravnoteže, čak i kod zdravih osoba.

Rezultati pouzdanosti primjene testa dvostrukog zadatka kao prediktora posturalne stabilnosti su proturječni. Zijlstra i sur. (2008) u svom su preglednom radu (19 radova) zaključili kako se na temelju dostupne literature ne može zaključivati o utjecaju primjene dodatnog testa (uz test ravnoteže) kao prediktora posturalne stabilnosti. U studiji Raymakers i sur. (2003) osjetljivost testa za procjenu prosječne brzine CoP nije povećala dodavanjem sekundarnog zadatka (kognitivni – stroop test) pa stoga autori zaključuju kako primjena sekundarnog kognitivnog zadatka ne utječe na sposobnost održavanja ravnoteže. Lundin-Olsson i sur. (1998), s druge strane, napominju kako je usporedba uspješnosti izvedbe zadatka funkcionalne ravnoteže mjerene testom jednostrukog i dvostrukog zadatka osjetljivija mjera za procjenu ravnoteže osoba starije životne dobi. Nadalje, rezultati istraživanja Shumway-Cook, Woollacott, Kerns i Baldwin (1996) o utjecaju testa dvostrukog zadatka na ravnotežu pokazuju da dodavanje čak i jednostavnog kognitivnog zadatka dovodi do narušavanja ravnoteže. Ti su nalazi sukladni s nalazima ovog istraživanja. Naime, u ovom su istraživanju uočene veće oscilacije CoP u uvjetima dodatnog kognitivnog zadatka (SD=25,4) nego u uvjetima bez kognitivnog zadatka (SD=8,3). Također, prosječna brzina pomaka CoP bila je veća u uvjetima dodatnog kognitivnog zadatka (AS=51,7) u usporedbi s istim parametrom prilikom izvedbe testa bez dodatnog kognitivnog zadatka (AS=38,3). Ovaj nalaz ukazuje na postojanje interferencije motoričkog i kognitivnog zadatka (matematički zadatak – brojanje unatrag po 7 od 300) prilikom izvedbe zadatka ravnoteže. Do narušene ravnoteže dolazi zbog distrakcije pažnje uslijed izvedbe dodatnog kognitivnog zadatka, što negativno utječe na senzorno-motoričku integraciju, a posljedično dolazi i do smanjenja uloge jakosti u održavanju ravnoteže. Do ove pojave dolazi zbog ograničenost kapaciteta pažnje i ograničene mogućnosti podjele pažnje prilikom simultane izvedbe više različitih zadataka.

Budući da je ovo ispitivanje provedeno isključivo na ženskoj populaciji, potencijalno ograničenje istraživanja očituje se u nemogućnosti generaliziranja nalaza na mušku populaciju treće životne dobi. Razlog je takovom izboru uzorka činjenica da su žene starije životne dobi u većem riziku od pada i nastanka ozbiljnih komplikacije uslijed pada od muškaraca. Žene su podložnije oboljenju od osteoporoze nego muškarci. Kosinec (2008) ističe kako je ova bolest i do 8 puta češća kod žena. Također, ističe i procjene prema kojima približno 25% žena starijih od 50 godina pati od osteoporoze. Drugi limitirajući faktor jest činjenica da je ravnoteža procjenjivana samo u statičkim uvjetima (statička posturografija). Mjere pomaka CoP mogu se procjenjivati u dva uvjeta: statičkim ili dinamičkim (Bauer i sur., 2008; Baratto i sur., 2002). Statička posturografija predstavlja indikator statičke posturalne kontrole. Bauer i sur. (2010) navode kako su testovi mjereni u uskom stavu (smanjenom oslonačkom površinom- semi-tandem i unilateralni stav) pouzdaniji od testova mjerenih u širokom stavu. Sukladno tim nalazima, u ovom je istraživanju korišten *semi-tandem* stav. Razlike u ova dva sustava ravnoteže leže u izvoru sile kojom se narušava ravnotežu, u dinamičkim uvjetima sila koja nastoji izvrnuti tijelo iz ravnoteže dolazi iz vanjskih i unutarnjih izvora i često je nepredvidiva, dok kod statičke ravnoteže izvor sile je unutar tijela i uglavnom je predvidiv i u takvim se uvjetima cijeli sustav može osloniti na anticipaciju prilikom kontrole ravnoteže (Baratto i sur., 2002). Treći limitirajući faktor jest i činjenica da je u istraživanju korišten samo jednan tradicionalni parametar CoP-a (prosječna brzina pomaka CoP) kao mjera za procjenu ravnoteže. Iako, prosječna brzina pomaka CoP u brojnim se studijama pokazala kao najpouzdanjija mjera tradicionalne posturografije za procjenu ravnoteže (Lin i sur., 2008; Raymakers i sur., 2005; Lafond i sur., 2004). Buduća bi istraživanja mogla ići u smjeru utvrđivanja povezanosti rizika od pada i razine jakosti mišića trupa populacije treće životne dobi. Također, potrebna su daljnja istraživanja kako bi utvrdilo utječe li trening jakosti trupa pozitivno na sposobnost održavanja ravnoteže kod starijih osoba, pa tako na prevenciju padova.

Zaključno, ovo istraživanje upućuje na značajnu povezanost jakosti ekstenzora trupa i ravnoteže u žena treće životne dobi. Značaj je ovog nalaza u boljem razumijevanju mehanizma održavanja ravnoteže, nalazi ukazuju na važnost jakosti mišića ekstenzora trupa prilikom održavanja ravnotežnog položaja u mirnom, uspravom semi-tandem stavu. Jakost ekstenzora trupa objašnjava 16-25% varijance ravnoteže u provedenom istraživanju. Također, utvrđena je manja povezanost jakosti ekstenzora trupa s ravnotežom procjenjivanom testom s dodatnim kognitivnim zadatkom, što upućuje na smanjenu sposobnost održavanja ravnoteže prilikom izvedbe više zadataka istovremeno. Ovaj je nalaz sukladan s dosadašnjim istraživanjima (Shumway-Cook i sur., 1996; Lundin-Olsson i sur. 1998).

1. **ZAKLJUČAK**

Provedeno istraživanje imalo je za cilj utvrditi povezanost jakosti mišića trupa s funkcionalnom ravnotežom žena treće životne dobi. Obradom rezultata utvrđena je statistički značajna umjerena povezanost jakosti ekstenzora trupa i prosječne brzine pomaka CoP kao mjere ravnoteže. Nije utvrđena statistički značajna povezanost jakosti fleksora i laterofleksora trupa s ravnotežom žena starije životne dobi. Dobiveni rezultati ukazuju na važnost jakosti mišića ekstenzora trupa prilikom održavanja ravnoteže u mirnom *semi-tandem* stavu kod starijih osoba ženskog spola. Imajući u vidu pozitivan utjecaj treninga jakosti i snage nogu na ravnotežu starijih osoba, možemo pretpostaviti kako bi i trening jakosti trupa (posebice ekstenzora trupa) mogao doprinijeti poboljšanju ravnoteže starijih žena te tako smanjiti rizik nastanka padova (i popratnih zdravstvenih komplikacija) u toj populaciji.

1. **LITERATURA**
2. Mišigoj-Duraković, M. (2008). *Kinantropologija*. Kineziološki fakultet, Zagreb.
3. Kasović, M.; Fortuna, V.; Kutle, I. (2012). *Smjernice u prevenciji padova starijih osoba*. Zbornik radova 21. ljetne škole kineziologa, 21, 425-428.
4. Vuori, I. (2004).*Physical inactivity is a cause and physical activity is a remedy for major public health problems*. Kinesiology 36(2), 123-153.
5. Daubney, M.E.; Culham, E.G. (1999). *Lower-Extremity Muscle Force and Balance Performance in Adults Aged 65 Years and Older.* Physical Therapy, 79(12), 1177-1185.
6. Pijnappels, M.; Reeves, N.D.; Maganaris, C.N.; van Dieen, J.H. (2008). *Tripping witout falling; lower limb strenght, a limitation for balance recovery and a target for training in the elderly.* [J. Electromyogr Kinesiol](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17761436)gy, 18(2), 188-96.
7. [Baratto, L](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed?term=Baratto%20L%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=12122219).; [Morasso, P.G](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed?term=Morasso%20PG%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=12122219).; [Re, C](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed?term=Re%20C%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=12122219).; [Spada, G](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed?term=Spada%20G%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=12122219). (2002). *A new look at posturographic analysis in the clinical context: sway-density vs. other parametrization techniques.* [Motor Control](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12122219), 6(3), 246-70.
8. Duraković, Z. i sur. (2007). *Gerijatrija: medicina starije dobi.* C.T.- poslovne informacije, Zagreb. 16;
9. Bouchard, C.; Blair, S.N.; Haskel, W.L. (2006). *Physical activity and health*. Human Kinetics, USA.
10. Vandervoort, A. (2002). *Aging of the human neuromuscular system.* [Muscle Nerve](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11754180), 25(1), 17-25.
11. Enoka, R. (2008). *Neuromechanics of Human Movement-4th Edition.* Human Kinetics.
12. Shumway-Cook, A.; Brauer, S.; Woollacott, M. (2000). *Predicting the probability for falls in Community-dwelling older adults Using the timed up & go test.* Physical therapy, 80, 896-903.
13. Woollacott, M.; Shumway-Cook, A. (1990). Changes in Posture Control Across the Life Span- A Systems Approach. Physical Therapy 70(12), 799-807.
14. Lafond, D.; Corriveau, H.; Hebert,R.; Prince, F. (2004). *Interasession reliability of centr of pressure measurs of postural steadiness in healthy elderly people.* [[Archives of Physical Medicine and Rehabilitation](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15179642%22%20%5Co%20%22Archives%20of%20physical%20medicine%20and%20rehabilitation.)](http://www.archives-pmr.org/)[, 85(6), 896-901](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15179642%22%20%5Co%20%22Archives%20of%20physical%20medicine%20and%20rehabilitation.)
15. [Bauer, C.; Groger, I.; Rupprecht, R.; Gabmann, K. G. (2008).](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15179642%22%20%5Co%20%22Archives%20of%20physical%20medicine%20and%20rehabilitation.) *[Intrasession reliability of force platform parameters in community-dwelling older adults.](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15179642%22%20%5Co%20%22Archives%20of%20physical%20medicine%20and%20rehabilitation.)* [Archive of Physical Medicine and Rehabilitation, 89, 1977-1982.](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15179642%22%20%5Co%20%22Archives%20of%20physical%20medicine%20and%20rehabilitation.)
16. Raymakers, J.A.; Samson, M.M.; Verhaar, H.J.J. (2003*). The assessment of body sway and the choice of the stability parameter(s).* Gait & Posture, 21(1), 48-58.
17. Izquierdo, M.; Aguado, X.; Gonzalez, R.; Lopez, J.L.; Hakkinen, K. (1998*). Maximal and explosive force production capacity and balance preformance in men of different ages.* European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology, 79(3), 260-267.
18. Sundstrup, E.; Jakobsen, M.D.; Andersen, J.L.; Randers, M.B.; Petersen, J.; Suetta, C.; Aagaard, P.; Krustrup, P. (2010). *Muscle function and postural balance in lifelong trained male footballers comperd with sedentary elderly men and yungsters.* Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports, 20(s1), 90-97.
19. [Bauer, C](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed?term=Bauer%20C%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=20153904).; [Gröger, I](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed?term=Gr%C3%B6ger%20I%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=20153904).; [Rupprecht, R](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed?term=Rupprecht%20R%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=20153904).; [Meichtry, A](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed?term=Meichtry%20A%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=20153904).; [Tibesku, C.O](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed?term=Tibesku%20CO%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=20153904).; [Gassmann, K.G](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed?term=Gassmann%20KG%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=20153904). (2010). *Reliability analysis of time series force plate data of community dwelling older adults.* [Archives of Gerontology and Geriatrics](http://www.journals.elsevier.com/archives-of-gerontology-and-geriatrics/), 51(3), 100-105.
20. [Lin, D](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed?term=Lin%20D%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=18316191).; [Seol, H](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed?term=Seol%20H%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=18316191).; [Nussbaum, M.A](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed?term=Nussbaum%20MA%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=18316191).; [Madigan, M.L](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed?term=Madigan%20ML%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=18316191). (2008). *Reliability of CoP-based postural sway measures and age-related differences.* [Gait & Posture](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18316191), 28(2), 337-342.
21. Winter, D.A. (1995). *Human balance and posture control during standing and walking.* Gait & Posture, 3, 193-214.
22. [Lundin-Olsson, L](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed?term=Lundin-Olsson%20L%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=9625194).; [Nyberg, L](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed?term=Nyberg%20L%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=9625194).; [Gustafson, Y](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed?term=Gustafson%20Y%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=9625194). (1998). *Attention, frailty, and falls: the effect of a manual task on basic mobility.* [Journal of the American Geriatrics Society](http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1111/%28ISSN%291532-5415)**,** 46(6), 758-61.
23. Woollacott, M.H.; Shumway-Cook, A. (1990). *Changes in Posture Control Across the Life Span- A Systems Approach.* Physical Therapy, 70, 799-807.
24. Bradić, J. (2011). *Kontralateralni učinci unilateralnog treninga jakosti na mišićnu funkciju i ravnotežu tjelesno aktivnih žena.* Doktorski rad, Zagreb: Sveučilište u Zagrebu. Kineziološki fakultet.

# [Bruhn, S](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed?term=Bruhn%20S%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=14750014).; [Kullmann, N](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed?term=Kullmann%20N%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=14750014).; [Gollhofer, A](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed?term=Gollhofer%20A%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=14750014). (2004). *The effects of a sensorimotor training and a strength training on postural stabilisation, maximum isometric contraction and jump performance.* [International Journal of Sports Medicine](https://www.thieme-connect.com/products/ejournals/journal/10.1055/s-00000028), 25(1), 56-60.

1. Hess, J.; **Woollacott, M**. (2005). *Effect of high-intensity strength-training on functional measures of balance ability in balance-impaired older adults.* [Journal of  Manipulative and Physiological Therapeutics,](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?CMD=search&DB=pubmed)28, 582-590.
2. Horak, F.B.; Nashner,. L.M. (1986). *Central Programming of Postural Movements: Adaptation to Altered.* Journal of Neurophysiology, 55, 1369-1381.
3. Kosinac, Z. (2008). *Kineziterapija sustava za kretanje.* Gopal d.o.o., Zagreb.
4. Trošt-Bobić, T. (2012). [*Ipsilateralni i kontralateralni učinci treninga jakosti i ravnoteže na živčano-mišićnu funkciju i motoričku kontrolu tjelesno aktivnih osoba*](http://kif.zaki.com.hr/pagesResults/bibliografskiZapis.aspx?&currentPage=1&searchById=1&sort=0&spid0=1&spv0=tro%c5%a1t-bobi%c4%87&selectedId=34000666)*.* Doktorski rad, Zagreb: Sveučilište u Zagrebu. Kineziološki fakultet.
5. Orr, R., Raymond, J., Singh, F. M. (2008.). *Effiacacy of Progressive Resistance Training on Balance Performance in Older Adults – A Systematic Review of Randomized Controlled Trials*. Sports Medicine, 38(4), 317-343.
6. Izquierdo, M., Aguado, X., Gonzalez, R., Lopez, J. L., Hakkinen, K. (1999.). *Maximal and explosive force production capacity and balance performance in men of different ages*. European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology, 79(3), 260-267.
7. Judge, J. O., Lindsey, C., Underwood, M., Winsemius, D. (1993.). *Balance improvements in older women: effects of exercise training*. Physical Therapy, 73(4), 254-262 i 263-265.
8. [Raymakers, J.A](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed?term=Raymakers%20JA%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=15536033).: [Samson, M.M](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed?term=Samson%20MM%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=15536033).; [Verhaar, H.J](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed?term=Verhaar%20HJ%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=15536033). (2005). *The assessment of body sway and the choice of the stability parameter(s).* [Gait & Posture](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15536033), 21(1), 48-58.
9. Zijlstra, A.; Ufkes, T.; Skelton, D.A.; Lundin-Olsson, L.; Zijlstra, W. (2008). *Do dual tasks have an added value over single tasks for balance assessment in fall prevention programs? A mini-review.* Gerontology, 54, 40–9.
10. Mulder, T.; Zijlstra, W.; Geurts, A. (2002). *Assessment of motor recovery and decline*. Gait & Posture, 16(2), 198-210.
11. Huitema, R.B.; Hof, A.L.; Mulder, T.; Brouwer, W.H.; Dekker, R.; Postema, K. (2004). *Functional recovery of gait and joint kinematics after right hemispheric stroke*. [Archives of Physical Medicine and Rehabilitation](http://www.archives-pmr.org/), 85(12):1982-8.
12. King, M.B.; Judge, J.O.; Wolfson, L. (1994). *Functional base of support decreases with age*. Journal of Gerontoogy*,*  49, 258–263.
13. Blaszczyk, J.W.; Lowe, D.L.; Hansen, P.D. (1994*). Ranges of postural stability and their changes in the elderly*. Gait & Posture, 2, 11–17.
14. Baloh, R.W.; Fife, T.D.; Zwerling, L.; Socotch, T.; Jacobson, K.; Bell, T. et al. (1994). *Comparison of static and dynamic posturography in young and older normal people*. Journal of the American Geriatrics Society, 42, 405–412.
15. Fernie, G.R.; Gryfe, C.I.; Holliday, P.J.; Llewellyn, A. (1982). *The relationship of postural sway in standing to the incidence of falls in geriatric subjects*. Age & Ageing, 11, 11–16.
16. Hakkinen, K.; Pastinen, U.M.; Karsikas, R.; Linnamo, V. (1995). *Neuromuscular preformance in voluntary bilateral and unilateral contractions and during electrical stimulation in men at different ages*. European Journal of applied Physiology, 70, 518-527.
17. Frontera, W.R.; Hughes, V.A., Fielding, R.A.; Fiatarone, M.A.;   Evans, W.J.;  Roubenoff, R. (2000). *Aging of skeletal muscle: a 12-yr longitudinal study.* Journal of Applied Physiology, 88, 1321-1326.
18. Zech, A., Steib, S., Hentschke, C., Eckhardt, H., Pfeifer, K. (2012). [*Effects of localized and general fatigue on static and dynamic postural control in male team handball athletes.*](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22446681) Journal of Strength and Conditioning Research, 26(4), 1162-1168.

# Shumway-Cook, A.; Woollacott, M.; Kerns, K.A.; Baldwin, M. (1996). *The Effects of Two Types of Cognitive Tasks on Postural Stability in Older Adults With and Without a History of Falls.* The Journal of Gerentology, 52A(4), 232-240.

1. Rubenstein, L. (2006). *Falls in older people: epidemiology, risk factors and strategies for prevention.* Age and Ageing, 35(s2), 37-41.
2. Filipović, S.; Kalčić, M.; Logar, A.; i sur. (2013*). Prevencija padova i prijeloma kod osoba starijih od 65 godina.* Poslijediplomski studij: Promicanje zdravlja i prevencija ovisnosti vođeni praktikum promicanja zdravlja. Rijeka*,* 84-100.
3. Hubscher, M., Zech, A., Pfeifer, K., Hänsel, F., Vogt, L., Banzer, W. (2010). [*Neuromuscular training for sports injury prevention: a systematic review*.](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19952811) Medicine and Science in Sports and Exercise, 42(3), 413-21.
4. Marković, G.; Mikulić, P.; Kern, H., Sarabon, N. (2014). *Intra-session reliability of traditional and nonlinear time-series posturographic measures in a semi-tandem stance: A reference to age.* Measurement, 51, 124-132.
5. Kim, S.; Nussbaum, M.A.; Madigan, M.L. (2007). *Direct parametrization of postural stability during qute upright stance: effects of age and altered sensory conditions.* Jurnal of Biomechanics, 41(2), 406-11.
6. Schmidt, R. A., & Lee, T. D. (1999). *Attention and performance Motor control and learning: A behavioral emphasis* (treće izdanje.). Champaign, IL: Human Kinetics.
7. Jamet, M.; Deviterne, D.; Gauchard, G.C.; Vancon, G.; Perrin, P.P. (2007). *Age- related part taken by attentional cognitive processes in standing postural control in a dual-task context.* Gait Posture, 25(2), 179-184.