

Vpliv računske kognitivne naloge na gibanje središča pritiska med mirno stojo

Tadeja Zacirkovnik, Darja Rugelj,
Univerza v Ljubljani, Zdravstvena fakulteta

IZVLEČEK

Namen dela je bil ugotoviti, kako računska sekundarna kognitivna naloga vpliva na gibanje središča pritiska na pritiskovni plošči pri mlajših in starejših zdravih osebah. V raziskavi je sodelovalo 43 zdravih mlajših, (starih 18 do 30 let), in 17 zdravih starejših prostovoljcev, (starih 57 do 77 let). Vpliv kognitivne naloge je bil testiran preko petih testov ravnotežja na pritiskovni plošči. Ugotovljeno je bilo, da se gibanje središča pritiska tako pri mlajših, kot tudi pri starejših preiskovancih pri dodani računski nalogi statistično pomembno ne razlikuje od gibanja središča pritiska pri nalogah brez dodane kognitivne naloge. Primerjava gibanja središča pritiska pri mlajših in starejših preiskovancih je pokazala, da je pri starejših prišlo do večjega gibanje središča pritiska kot pri mlajših preiskovancih pri vseh testih.

IZHODIŠČA

Učinkovito ravnotežje nam omogoča svobodno in samostojno gibanje v življenjskem prostoru. Opredeljujemo ga kot sposobnost vzdrževanja masnega središča znotraj meja podporne ploskve z minimalnim nihanjem (1). Kadar središče pritiska pade izven podporne ploskve, pride do izgube ravnotežja oziroma do ustrezne ravnotežne reakcije (spremembe mišičnega tonusa, gibe glave, trupa in udov). S temi reakcijami se spremeni velikost podporne ploskve in povrne središče pritiska nazaj v njeno območje. Velikost podporne ploskve je odvisna od karakteristik posameznika kot so telesna višina, dolžina stopala in širina koraka (2). Ker je masno središče človeškega telesa sorazmerno visoko (dve tretjini telesne mase sta razporejeni dve tretjini telesne višine nad tlemi), podporna površina pa sorazmerno majhna (področje obeh stopal in površina med njima), je človek relativno nestabilen sistem. Da človeško telo ohrani gibanje središče pritiska znotraj podporne ploskve, mora ves čas delovati nadzorni sistem telesne drže in ravnotežja (3). Ta nadzorni sistem sestavljajo: i) *senzorični sistem* za zaznavo gibanja telesnih segmentov, ii) *centralni živčni sistem*, ki obdeluje podatke ter iii) *motorični sistem* za izvrševanje motoričnih nalog (2).

S starostjo se poslabša delovanje celotnega nadzornega sistema (4). Pogosto pride do upada mišične zmogljivosti, zmanjšanje mišične moči in elastičnosti mišic, zmanjša se

giblјivost in poveča otrdelost sklepov (5). Vestibularni sistem postane manj zanesljiv (6). Poslabša se vid in delovanje celotnega somatosenzoričnega sistema (7). Študije, ki so obravnavale s starostjo povezane spremembe v somatosenzoričnem sistemu, so pokazale padec propioceptivne funkcije starejših (7,8), zmanjšanje občutka za vibracije, občutka za lego in gibanje sklepov (4) ter slabše zaznavanje položaja celotnega telesa v okolju (9). Staranje pogosto spremljajo motnje ravnotežja in starostjo povezane bolezni, na primer osteoartritis, možganska kap, Parkinsonova in Alzheimerjeva bolezen, ki ovira neodvisno mobilnost in vodi do posturalne nestabilnosti. Zaradi pešanja osrednjega živčevja nadzor drže zahteva, v primerjavi z mladimi, veliko več pozornosti že v relativno preprostih pogojih (10, 11, 12). Vsi ti učinki staranja so tako povezani z motnjami v nadzoru drže in povečanim tveganjem za padce.

Nadzorovanje pokončne drže se smatra kot avtomatska ali refleksna nadzorna naloga, kar pomeni, da sistem za nadzor drže uporabi minimalno pozornost. Vendar novejše raziskave ugotavljajo, da telo namenja več pozornosti za kontrolo drže, kot smo do sedaj domnevali. Povečana zahteva po pozornosti se razlikuje glede na zahtevnost naloge drže, starost ter ravnotežno sposobnost posameznika (10). Za raziskovanje, koliko pozornosti telo nameni nadzoru drže, se pogosto uporablja paradigma dvojne naloge, pri kateri se hkrati izvajata dve nalogi; posturalni nadzor (primarna naloga) in dodatna (sekundarna) naloga. Dodatna naloga se lahko opredeli kot kognitivna, motorična ali kognitivno-motorična (10). Hkratno izvajanje dveh nalog lahko tako prinese spremembe v izvajanju primarne ali sekundarne naloge. Metodologija dvojne naloge se uporabi za ocenitev koordinacije porazdelitve sredstev za dodatne naloge (13) in omogoča raziskovanje načina prilagajanja motoričnega sistema na zunanje spremembe (14). McIlroy in sod., 1999 (10) so ugotovili, da kontrola ravnotežja v dvojno pozornostnih situacijah vključuje tri faze z različno zahtevo pozornosti. Začetna faza je avtomatska, z minimalnimi pozornostnimi zahtevami. V drugi fazi (200 – 300 ms po motnji) je premik pozornosti popolnoma preusmerjen od sekundarne naloge. V tretji fazi pa je pozornost razdeljena med ravnotežjem in sekundarno nalogo; razdeljenost traja tako dolgo, dokler se ponovno ne vzpostavi ravnovesje pri spremljanju obeh nalog. Koliko pozornostnih sredstev je namenjenih posamezni nalogi, je odvisno od težavnosti ene ali druge naloge. Bolj kot je dodatna kognitivna naloga zahtevna, več pozornostnih sredstev zahteva in manj jih ostane na razpolago za nadzor drže, kar posledično vpliva na večje nihanje drže (15, 16). Raziskovalci predpostavljajo, da obstaja hierarhija po deljenju pozornosti. Če je motenje kontrole drže večje, telo kot prednostno nalogo predpostavi držo, kateri nameni več pozornosti (13, 17). Ob utrujenosti in zaspanosti lahko telo zamudi pomembne informacije iz okolja, kar lahko pripelje do težav pri nadzoru drže (18). Pogosta dodatna pozornostno zahtevna naloga, ki vpliva na stabilnost drže in jo uporabljajo za ocenjevanje ravnotežja, je računska naloga odštevanja določenega števila od poljubne začetne številke (11, 19, 20). Odštevanje zahteva poleg osnovne intaktne mentalne aritmetične sposobnosti tudi veliko pozornostnih virov, se pravi, da je odštevanje naloga tako koncentracije kot kalkulacije in se vrši v možganskih centrih delovnega spomina (21).

Narejenih je bilo veliko študij vpliva kognitivne naloge na gibanje središča pritiska, vendar so rezultati teh študij med sabo zelo različni. Nekateri poročajo o povečanem nihanju središča pritiska, drugi o zmanjšanem nihanju, spet tretji, da kognitivna naloga nima vpliva. Zato je bil namen našega raziskovalnega dela ugotoviti, kako računska sekundarna kognitivna naloga vpliva na gibanje središča pritiska na pritiskovni plošči pri mlajših in starejših zdravih preiskovancih.

METODE

Preiskovanci

V raziskavi je sodelovalo 43 naključno izbranih mlajših in 17 starejših, zdravih prostovoljcev. Mlajši prostovoljci so bili večinoma študentje Zdravstvene fakultete v Ljubljani, starejši pa so obiskovali telovadbo za ravnotežje, ki je potekala dvakrat tedensko v telovadnici na Zdravstveni fakulteti v Ljubljani. Splošne podatke preiskovancev prikazuje tabela 1. Vsi preiskovanci so bili brez živčno-mišičnih obolenj in brez ortopedskih poškodb v zadnjih šestih mesecih. Vsak preiskovanec je pred testiranjem dobil pisne informacije in dodatna ustna navodila o postopku in namenu testiranja. Na podlagi dobljenih informacij so prostovoljci pred začetkom testiranja podpisali Izjavo o prostovoljnem sodelovanju v raziskavi.

Merilne metode

Testiranje je potekalo v Biomehanskem laboratoriju Zdravstvene fakultete v Ljubljani. Za pridobitev podatkov gibanja središča pritiska pri posamezni meritvi je bila uporabljena pritiskovna plošča Kistler 9286AA (Winthethur, Švica). Plošča je bila preko vmesnega pretvornika priključena na prenosni računalnik s pripadajočo programsko opremo BioWare. Podatki so bili prilagojeni na čas merjenja 60 sekund pri frekvenci vzorčenja 50 Hz. Nadaljnja analiza podatkov je bila narejena preko spletnega strežnika, na katerem teče program za obdelavo stabilometričnih podatkov (22, 23). Pritiskovna plošča na kateri je stal preiskovanec, je bila postavljena v razdalji 166 cm od stene (razdalja merjena od sredine plošče do stene). Na steni, v višini oči, je bila pritrjena črna pika, ki je služila za fiksacijo vida. Uporabljena je še bila tehtnica za merjenje telesne teže, meter za merjenje telesne višine in ravnotežna blazina Airex za nestabilno podporno ploskev.

Tabela 1: Splošni podatki o mlajših in starejših preiskovancih

Spol	Telesna značilnost	Min – max	Povprečje ± SD
Mlajši preiskovanci			
Ženske n = 29	Starost (leta)	18–28	20,73 ± 2,18
	Telesna teža (kg)	46–110	68,31 ± 15,81
	Telesna višina (cm)	154–183	167,72 ± 6,27
	Številka noge (FR)	36–42	39,03 ± 1,41
Moški n = 14	Starost (leta)	19–30	22,14 ± 3,23
	Telesna teža (kg)	56–112	79,57 ± 17,06
	Telesna višina (cm)	171–188	187,64 ± 5,26
	Številka noge (FR)	41–46	43,29 ± 1,49
Starejši preiskovanci			
Ženske n = 16	Starost (leta)	57–77	68,63 ± 8,61
	Telesna teža (kg)	55–112	74,38 ± 14,82
	Telesna višina (cm)	155–175	161,50 ± 6,69
	Številka noge (FR)	37–42	38,63 ± 1,75
Moški n = 1	Starost (leta)	68	68 ± 0
	Telesna teža (kg)	74	74 ± 0
	Telesna višina (cm)	160	160 ± 0
	Številka noge (FR)	38	38 ± 0

Opis meritev

Preiskovanec je računski test reševal na glas, tako da je govoril le rezultate računske naloge. Računska naloga je bila sestavljena iz odštevanja števila sedem od poljubne začetne številke (med 159 in 200) proti ničli, do konca 60-sekundnega testiranja. Če se je preiskovanec zmotil, se ni ustavljal, ampak je računal naprej. Če je z računanjem prišel do ničle, je odštevanje nadaljeval v negativna števila (primer: Začetno število je 162. Računski test: 162, 155, 148, 141, ...). Vse napake so bile sproti zabeležene. Začetno število se je za vsako nalogo pri istem preiskovancu spremenilo. S tem smo preprečili učinek učenja oz. kratkoročnega spomina.

V prostoru sta lahko bila naenkrat le dva preiskovanca. Med testiranjem ni bilo dovoljeno nobeno premikanje in govorjenje. Preiskovanci so se pred testiranjem sezuli in si zavihali hlačnice do višine ene tretjine goleni. Bosi so stopili na sredino pritiskovne plošče. Roke so imeli sproščene ob telesu in pogled usmerjen naravnost naprej v črno piko na steni. Ta položaj so vzdrževali med vsako meritvijo.

Testiranje je vsebovalo pet testov:

1. test: Stoja na trdi podlagi
2. test: Stoja med izvajanjem kognitivne naloge na trdi podlagi
3. test: Stoja na mehki podlagi
4. test: Stoja na mehki podlagi med izvajanjem kognitivne naloge
5. test: Stoja na trdi podlagi

Statistične metode

Statistična obdelava podatkov je bila opravljena v programu SPSS 17.0. Uporabili smo ANOVA in Bonferroni post hoc test za analizo statističnih odstopanj med posameznimi testi. Za ugotavljanje statistično pomembnih razlik v gibanju središča pritiska med mlajšimi in starejšimi preiskovanci je bil uporabljen t-test za neodvisne vzorce. Statistično značilnost smo sprejeli ob 5 % napaki alfa.

REZULTATI

Za oceno ravnotežja smo opazovali parametre celotne poti, ki jo opravi središče pritiska v času meritve, pot središča pritiska v medio-lateralni smeri (M-L), pot v antero-posteriorni smeri (A-P), hitrost gibanja središča pritiska in ploščina, ki jo oriše središče pritiska. Rezultate gibanja središča pritiska pri mlajših in starejših preiskovancih prikazuje tabela 2.

Celotna pot projekcije gibanja središča pritiska

Celotna pot projekcije gibanja središča pritiska je pot, ki jo opravi središče pritiska pri mirni, pokončni stoji. Analiza varianc pri mlajših preiskovancih je pokazala, da se meritve statistično značilno razlikujejo ($F = 89,62$ pri $p < 0,05$). Rezultati meritev testa stoje na mehki podlagi (tretji test) in rezultati testa stoje na mehki podlagi s hkratnim računanjem (četrti test), se statistično pomembno razlikujejo od rezultatov prvega testa, kjer je preiskovanec stal na trdi podlagi ($p < 0,05$). Razlika med rezultati stoje na trdi podlagi (prvi test) in stoje na trdi podlagi s hkratnim računanjem (drugi test), statistično ni pomembna. Statistično pomembne razlike prav tako ni med rezultati stoje na mehki

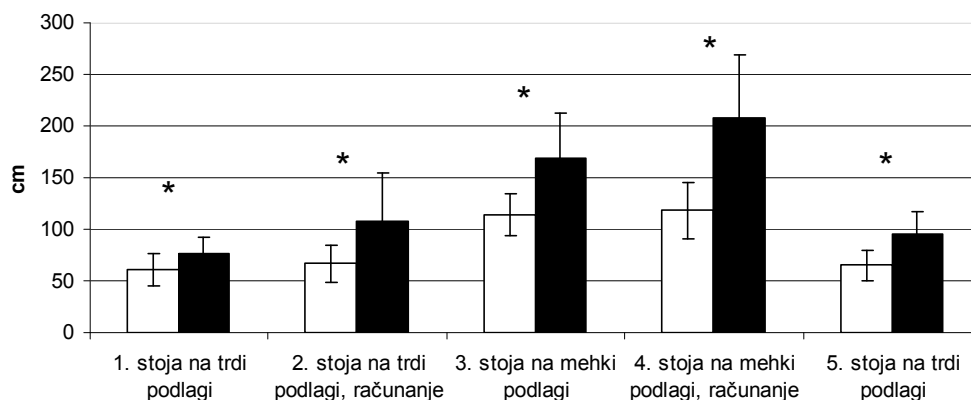
podlagi (tretji test) in rezultati stoje na mehki podlagi s hkratnim računanjem (četrti test). Rezultati prvega testa, kjer je preiskovanec stal na trdi podlagi, in rezultati petega testa, ki je ponovljeni prvi test, se statistično pomembno ne razlikujejo. Enake rezultate smo opazili pri starejših preiskovancih ($F = 30,06$ pri $p < 0,05$). Primerjava poti središča pritiska med mlajšimi in starejšimi preiskovanci je pokazala (slika 1), da so starejši opravili daljšo pot pri vseh testih ($p < 0,05$). Do največjih razlik v odstotkih je prišlo pri četrtem testu stoje na mehki podlagi s hkratno nalogo računanja, kjer so starejši preiskovanci v povprečju opravili za 74,99 % daljšo pot od mlajših preiskovancev. Temu testu sledi drugi test stoje na trdi podlagi s hkratno nalogo računanja, kjer so starejši preiskovanci v povprečju opravili za 61,90 % daljšo pot v primerjavi z mlajšimi preiskovanci. Pri tretjem testu stoje na mehki podlagi so starejši preiskovanci opravili za 49,22 % daljšo pot, pri petem testu, ki je ponovljeni prvi test, pa za 47,46 %. Pri prvem testu stoje na trdi podlagi je bila pot pri starejših za 27,01 % daljša pot kot mlajših preiskovancih.

Gibanje središča pritiska v medio-lateralni smeri

Pot v medio-lateralni smeri gibanja središča pritiska je pot, ki jo opravi središče pritiska z gibanjem v levo in desno. Analiza varianc pri mlajših preiskovancih je pokazala statistično pomembne razlike ($F = 71,66$ pri $p < 0,05$). Tretji test stoje na mehki podlagi in četrti test stoje na mehki podlagi s hkratnim računanjem, se statistično pomembno razlikujeta od prvega testa stoje na trdi podlagi ($p < 0,05$). Razlika med rezultati prvega testa stoje na trdi podlagi in rezultati drugega testa stoje na trdi podlagi s hkratnim računanjem statistično ni pomembna. Statistično pomembne razlike prav tako ni med rezultati stoje na mehki podlagi (tretji test) in rezultati stoje na mehki podlagi s hkratnim računanjem (četrti test).

Tabela 2: Srednje vrednosti in standardni odkloni meritve gibanja središča pritiska mlajših in starejših preiskovancev pri 1. testu stoje na trdi podlagi (TP-1) in 2. testu stoje na trdi podlagi s hkratnim računanjem (TP-R), 3. testu stoje na mehki podlagi (MP) in 4. testu stoje na mehki podlagi s hkratnim računanjem (MP-R) ter testu stoje na trdi podlagi (TP-2), ki je bil ponovljeni prvi test. Krepko poudarjene številke predstavljajo rezultate, ki se statistično pomembno razlikujejo od prvega testa stoje na trdi podlagi ($p < 0,05$).

	1. TP-1	2. TP-R	3. MP	4. MP-R	5. TP-2
Podatki za mlajše preiskovance					
Celotna pot (cm)	60,64 ± 15,68	66,62 ± 18,46	113,46 ± 20,26	118,57 ± 27,29	65,13 ± 14,66
M-L (cm)	44,61 ± 12,58	47,65 ± 13,46	80,70 ± 16,01	84,73 ± 21,05	47,90 ± 11,77
A-P (cm)	31,95 ± 8,23	36,36 ± 12,12	63,81 ± 11,97	65,8 ± 16,07	34,36 ± 7,63
Hitrost (m/s)	1,01 ± 0,26	1,12 ± 0,31	1,89 ± 0,34	1,98 ± 0,46	1,08 ± 0,24
Ploščina (cm ²)	3,71 ± 1,90	3,64 ± 2,78	8,33 ± 2,92	7,88 ± 3,30	4,03 ± 1,49
Podatki za starejše preiskovance					
Celotna pot (cm)	77,02 ± 14,53	107,86 ± 46,94	169,31 ± 43,47	207,49 ± 61,15	96,04 ± 20,77
M-L (cm)	56,34 ± 13,19	69,36 ± 28,42	119,49 ± 26,54	145,64 ± 45,42	75,54 ± 17,39
A-P (cm)	41,00 ± 8,59	66,48 ± 38,47	96,22 ± 30,13	118,17 ± 35,75	44,62 ± 11,98
Hitrost (m/s)	1,28 ± 0,24	1,80 ± 0,78	2,82 ± 0,72	3,46 ± 1,02	1,60 ± 0,35
Ploščina (cm ²)	4,28 ± 1,35	6,8 ± 6,05	12,76 ± 4,24	16,56 ± 7,89	4,46 ± 1,38



Slika 1: Primerjava srednjih vrednosti in standardnih odklonov meritev poti pri mlajših (belo) in starejših (črno) preiskovancih (60 sekund). Simbol * prikazuje statistično pomembno razliko med mlajšimi in starejšimi preiskovanci ($p < 0,05$).

Rezultati prvega testa, kjer je preiskovanec stal na trdi podlagi, in rezultati petega testa, ki je ponovljeni prvi test, se statistično pomembno ne razlikujejo. Do podobnih rezultatov smo prišli pri testiranju starejših preiskovancev ($F = 29,78$ pri $p < 0,05$). Pri primerjavi rezultatov testiranja starejših in mlajših preiskovancev smo ugotovili, da so starejši opravili daljšo pot pri vseh testih ($p < 0,05$). Do največjih razlik je prišlo pri četrtem testu, kjer so starejši preiskovanci v povprečju opravili za 71,19 % daljšo pot v medio-lateralni smeri v primerjavi z mlajšimi preiskovanci. Pri petem testu, ki je ponovljeni prvi test, so starejši opravili za 57,70 % daljšo pot v primerjavi z mlajšimi preiskovanci. Sledi tretji test stoje na mehki podlagi z 48,08 % daljšo potjo, nato drugi test stoje na trdi podlagi s hkratno nalogo računanja, pri katerem so starejši opravili za 45,56 % daljšo pot in nazadnje prvi test stoje na trdi podlagi, kjer so starejši preiskovanci opravili za 26,29 % daljšo pot od poti mlajših preiskovancev.

Gibanje središča pritiska v antero-posteriorni smeri

Pot v antero-posteriorni smeri gibanja središča pritiska je pot, ki jo središče pritiska opravi z gibanjem v smeri naprej in nazaj. Pri analizi varianc rezultatov testiranja mlajših preiskovancev smo dobili statistično pomembne razlike ($F = 90,38$ pri $p < 0,05$). Rezultati testa stoje na mehki podlagi (tretji test) in rezultati testa stoje na mehki podlagi s hkratnim računanjem statistično pomembno razlikujejo od prvega testa stoje na trdi podlagi ($p < 0,05$). Stoja na trdi podlagi s hkratnim računanjem (drugi test) in stoja na trdi podlagi (prvi test) se statistično pomembno ne razlikujeta. Statistično pomembne razlike tudi ne opazimo med testom stoje na mehki podlagi (tretji test) in testom stoje na mehki podlagi s hkratnim računanjem (četrty test). Primerjava rezultatov prvega testa stoje na trdi podlagi in petega testa, ki je bil ponovljeni prvi test, ne dajeta statistično pomembne razlike. Do podobnih rezultatov smo prišli pri testiranju starejših preiskovancev ($F = 24,36$ pri $p < 0,05$). Starejši so v primerjavi z mlajšimi preiskovanci opravili daljšo pot pri vseh testih ($p < 0,05$). Do največjih razlik je prišlo pri drugem testu stoje na trdi podlagi s hkratno nalogo računanja, kjer so starejši preiskovanci v povprečju opravili za 82,84 % daljšo pot kot mlajši preiskovanci. Sledi četrti test stoje na mehki podlagi s hkratno nalogo računanja z 79,59 % daljšo potjo pri starejših preiskovancih v primerjavi z mlajšimi. Pri tretjemu testu stoje na mehki podlagi so starejši preiskovanci opravili za 50,79 % daljšo pot, pri petemu testu, ki

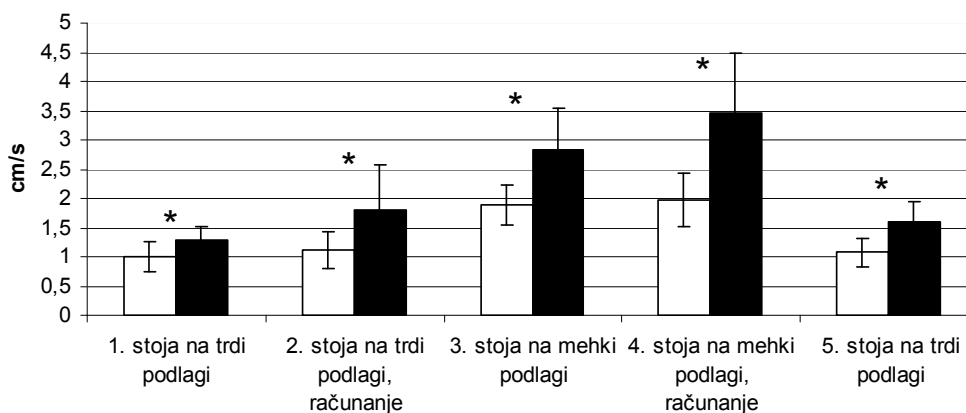
je ponovljeni prvi test, za 29,86 % in pri prvemu testu stoje na trdi podlagi za 28,33 % daljšo pot od poti mlajših preiskovancev.

Hitrost gibanja središča pritiska

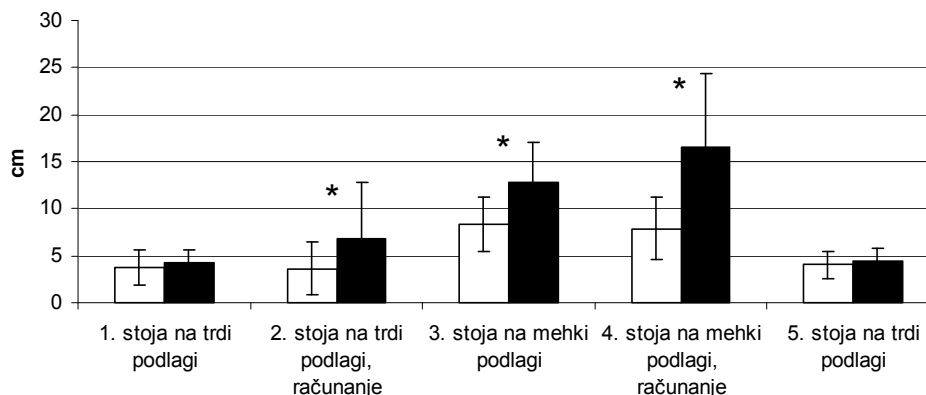
Hitrost nam pove, kako hitro se je gibalo središče pritiska. Meritve hitrosti pri mlajših preiskovancih se med seboj statistično pomembno razlikujejo ($F = 89,62$ pri $p < 0,05$). Rezultati testiranja stoje na mehki podlagi (tretji test) in rezultati računanja na mehki podlagi (četrti test) statistično pomembno razlikujejo od rezultatov stoje na trdi podlagi (prvi test) ($p < 0,05$), medtem ko med rezultati prvega testa stoje na trdi podlagi in petega, ki je ponovitev prvega testa, ni prišlo do statistično pomembnih razlik. Prav tako ni nobene statistično pomembne razlike med rezultati meritve stoje na mehki podlagi (tretji test) in računanjem na mehki podlagi (četrti test) ter med stojo na trdi podlagi (prvi test) in računanjem na trdi podlagi (drugi test). Do enakih rezultatov smo prišli pri testiranju starejših preiskovancev ($F = 30,06$ pri $p < 0,05$). Primerjava podatkov testiranja starejših in mlajših preiskovancev je pokazala (slika 2), da je bila hitrost gibanja središča pritiska pri vseh testih večja pri starejših preiskovancih ($p < 0,05$). Največja razlika v hitrosti gibanja središča pritiska med mlajšimi in starejšimi preiskovanci je bila pri četrtem testu stoje na mehki podlagi s hkratno nalogo računanja, kjer je bila hitrost gibanja pri starejših preiskovancih za 74,75 % večja od hitrosti gibanja pri mlajših preiskovancih. Sledi drugi test stoje na trdi podlagi s hkratno nalogo računanja, kjer je bila hitrost pri starejših za 60,71 % večja od hitrosti gibanja pri mlajših preiskovancih. 49,21 % večja hitrost gibanja starejših preiskovancev v primerjavi z mlajšimi preiskovanci je bila pri tretjem testu stoje na mehki podlagi in 48,15 % večja pri petem testu stoje na trdi podlagi. Najmanjša razlika v hitrosti gibanja je bila pri prvem testu stoje na trdi podlagi, kjer je bila hitrost gibanja pri starejših preiskovancih večja le za 26,73 % od hitrosti gibanja mlajših preiskovancev.

Ploščina gibanja središča pritiska

Ploščina je velikost ravnine, ki jo oriše središče telesnega pritiska. Ugotovili smo statistično pomembne razlike ($F = 39,68$ pri $p < 0,05$) med stojo na mehki podlagi (tretji



Slika 2: Primerjava srednjih vrednosti in standardnih odklonov meritev hitrosti med mlajšimi (belo) in starejšimi (črno) preiskovanci. Simbol * prikazuje statistično pomembno razliko med mlajšimi in starejšimi preiskovanci ($p < 0,05$).



Slika 3: Primerjava srednjih vrednosti in standardnih odklonov meritev površine med mlajšimi (belo) in starejšimi (črno) preiskovanci. Simbol * prikazuje statistično pomembno razliko med mlajšimi in starejšimi preiskovanci ($p < 0,05$).

test) in računanje na mehki podlagi (četrti test) in prvim testom, stoja na trdi podlagi ($p < 0,05$), medtem ko med prvim in drugim testom računanja na trdi podlagi ter med prvim in petim testom, ki je ponovljeni prvi test, ni prišlo do statistično pomembnih razlik. Prav tako ni nobene statistično pomembne razlike med stojo na mehki podlagi (tretji test) in računanjem na mehki podlagi (četrti test). Do enakih rezultatov smo prišli pri testiranju starejših ($F = 21,00$ pri $p < 0,05$). Pri primerjavi rezultatov testiranja starejših in mlajših preiskovancev (slika 3), smo opazili, da so starejši orisali večjo površino pri testu stoje na trdi podlagi s hkratnim računanjem, testu stoje na mehki podlagi in testu stoje na mehki podlagi s hkratnim računanjem ($p < 0,05$). Največja razlika med mlajšimi in starejšimi preiskovanci je bila pri četrtem testu stoje na mehki podlagi s hkratno nalogo računanja, kjer je gibanje središča pritiska pri starejših osebah orisalo kar za 110,15 % večjo ploščino kot pri mlajših preiskovancih. Pri drugem testu stoje na trdi podlagi s hkratno nalogo računanja je gibanje središča pritiska orisalo za 86,81 % večjo ploščino kot pri mlajših preiskovancih, pri tretjem testu stoje na mehki podlagi pa za 53,18 % večjo ploščino kot pri mlajših preiskovancih.

Ponovljivost testa

Ponovljivost testa smo preverili s primerjavo prvega testa stoje na trdi podlagi in petega testa, ki je bil ponovljeni prvi test, pri vseh opazovanih parametrih. Analiza variance je pokazala, da se testa statistično pomembno ne razlikujeta med sabo pri nobenem od opazovanih parametrov ($p > 0,05$).

Tabela 3: Povprečje števila napak, ki so jih napravili mlajši in starejši preiskovanci pri stoji na trdi in mehki podlagi.

	Mlajši preiskovanci		Starejši preiskovanci	
	2. test	4. test	2. test	4. test
Povprečje napak ± standardna deviacija	0,77 ± 0,84	0,77 ± 0,87	1,24 ± 1,20	1,41 ± 0,80

Napake storjene pri računanju

Primerjali smo povprečje napak, ki so jih preiskovanci naredili med računanjem na trdi in mehki podlagi. S številom napak, ki so jih preiskovanci naredil, smo preverili uspešnost izvajanja kognitivne naloge. Razlike v napakah med računanjem na trdi in mehki podlagi pri mlajših preiskovancih ni, medtem, ko se je število napak pri starejših nekoliko povečalo pri četrtem testu računanja na mehki podlagi. Starejši so v povprečju naredili več napak kot mlajši preiskovanci.

RAZPRAVA

Za ugotavljanje vpliva kognitivne naloge na gibanje središča pritiska nam je služila primerjava prvega (stoja na trdi podlagi) in drugega testa (stoja na trdi podlagi in hkratno računanje) ter primerjava tretjega (stoja na ravnotežni blazini) in četrtega testa (stoja na ravnotežni blazini in hkratno računanje). Rezultati so pokazali, da razlike v rezultatih med omenjenimi testi statistično niso pomembne tako pri mlajših kot pri starejših preiskovancih. Iz tega lahko razberemo, da kognitivna naloga ni imela vpliva na gibanje središča pritiska. Do podobnih rezultatov so prišli tudi Hauer in sod. (19), ki so testirali tri skupine: zdrave mlajše preiskovance, zdrave starejše preiskovance in starejše preiskovance s kognitivno okvaro. Kot kognitivno nalogo so uporabili odštevanje števila sedem, ki je predstavljala neavtomatizirano nalogo, in prištevanje števila dve, ki je predstavljala avtomatizirano nalogo. Ugotovili so, da pri zdravih mlajših in pri starejših preiskovancih brez kognitivne okvare, kognitivna naloga ni imela vpliva na gibanje središča pritiska. Nadalje pa so ugotovili velik vpliv kognitivne naloge (tako avtomatizirane kot tudi neavtomatizirane naloge) pri starejših s kognitivno okvaro, pri katerih je imela računska naloga odštevanja števila sedem veliko večji vpliv na samo gibanje središča pritiska kot odštevanje števila dve. Iz tega so sklepali, da je vpliv dvojne naloge na ravnotežje bolj pogojen s kognitivno okvaro kot s starostjo. V nasprotju z ugotovitvami Hauerja in sod. (19) so Swanenburg in sod. (11) so odkrili motilen vpliv na kontrolo drže pri odštevanju števila sedem na glas. Testirali so 40 ljudi starejših od 60 let. Ugotovili so, da računanje na glas poveča gibanje središča pritiska pri starejših. Podobno je odkril tudi Pellecchia (15), ki je kot kognitivno nalogo je izbral odštevanje števila tri. Andersson in sod. (20) pa so v svoji raziskavi ugotovili manjše gibanje središča pritiska med odštevanjem števila sedem nazaj. Vzrok za takšne različne rezultate o vplivu kognitivne naloge na gibanje središča pritiska je lahko uporaba različnih, premalo podrobno opisanih in nejasno opredeljenih protokolov ocenjevanja in merjenja (različna dolžina testiranja, različni parametri testiranja, uporaba različnih testnih pripomočkov in merilnih naprav). Tako so ti podatki med seboj neprimerljivi.

Zahtevnejša ravnotežna naloga lahko povzroči večje gibanje središča pritiska. Pozornostne zahteve se povečajo pri mlajših in starejših preiskovancih, ko se zniža senzorični priliv (10). Z zmanjšanjem senzorične informacije, se naloga vzdrževanja drže oteži in zahteva več pozornosti ter zmogljivosti, kar smo opazili tudi v naši raziskavi, saj je prišlo do veliko večjega gibanja središča pritiska, ko so preiskovanci stali na mehki podlagi kot takrat, ko so stali na trdi podlagi. Primerjali smo število napak, ki so jih preiskovanci naredili pri drugem (stoja na trdi podlagi in hkratno računanje) in četrtem testu (stoja na mehki podlagi in hkratno računanje). Mlajši so v povprečju naredili enako število napak pri drugem testu računanja na trdi podlagi in pri četrtem testu računanja na mehki podlagi, medtem ko so starejši v povprečju naredili več napak pri četrtem testu (računanje na mehki podlagi) kot pri drugem testu (računanje na trdi podlagi). Tu se odpira vprašanje o vplivu ravnotežne

naloge na uspešnost izvajanja kognitivne naloge. Andersson (20) v svoji raziskavi poroča o dveh možnih vplivih, in sicer o vplivu vzdrževanja ravnotežja na izvajanje kognitivne naloge in vplivu kognitivne naloge na ravnotežno funkcijo. Vpliv vzdrževanja in kontrole ravnotežja na kognitivno nalogo lahko pojasnimo s teorijo tekmovanj po pozornostnih virih. Posamezna naloga za izvajanje zahteva določeno količino pozornostnih virov, kar pa lahko moti kakovost izvajanja dodatne sočasne naloge (11). Osrednje živčevje tako izbira prednostno nalogo, kateri bo namenila več pozornostnih sredstev. Hipoteza delitve pozornostnih sredstev med več hkratnih nalog predpostavlja, da drža oz. ohranjanje ravnotežja predstavlja prednostno nalogo, medtem ko je dodatno opravljanje sekundarne naloge zanemarjeno (19, 20). Iz naših rezultatov lahko sklepamo, da so preiskovanci posvetili več pozornosti kontroli drže in manj kognitivni nalogi, saj je vsak preiskovanec v povprečju naredil vsaj eno napako pri računanju.

S primerjavo mlajših in starejših preiskovancev smo želeli ugotoviti kako se s starostjo spremeni gibanje središča pritiska. Ugotovili smo, da imajo starejši v povprečju večje gibanje središča pritiska kot mlajši preiskovanci. S t-testom za neodvisne vzorce smo dokazali, da so razlike med starimi in mladimi statistično pomembne pri vseh ocenjevanih parametrih, razen pri ploščini, kjer je do statistično pomembnih razlik prišlo pri drugem (stoja na trdi podlagi in hkratna naloga računanja), tretjem (stoja na mehki podlagi) in četrtem testu (stoja na mehki podlagi in hkratna naloga računanja). Do največjih razlik med gibanjem središča pritiska pri mlajših in starejših preiskovancih je prišlo pri nalogah dodanega računanja (stoja na mehki podlagi in hkratna naloga računanja ter stoja na trdi podlagi in hkratna naloga računanja). Vpliv starosti na večje gibanje središča pritiska so ugotovili že drugi raziskovalci (10, 11, 12, 17, 19). O vplivu kognitivne naloge na gibanje središča pritiska pri starostnikih pa so mnogi neenotni. Nekateri poročajo o povečani nestabilnosti (11), drugi pa, da kognitivna naloga nima vpliva na ravnotežje (19). Velik vpliv na ravnotežje imajo tudi padci pri starejših. Ugotovili so, da imajo starejši z zgodovino padcev večje gibanje središča pritiska, kot tisti, ki nimajo izkušenj s padci. Dodana kognitivna naloga pa to gibanje središča pritiska še poveča in natančneje klasificira ljudi med tiste, ki imajo tveganje za padce in tiste brez tveganja za padce (24). V naši raziskavi so starejši preiskovanci hodili na telovadbo za izboljšanje ravnotežja, ki je potekala dvakrat tedensko. Training ravnotežja je lahko vzrok, da računska kognitivna naloga ni imela vpliva na samo gibanje središča pritiska pri starejših.

S primerjavo števila napak, ki so jih naredili mlajši in starejši pri opravljanju dvojnih nalog, smo ugotovili, da so mlajši preiskovanci naredili v povprečju manj napak kot starejši, tako pri drugem testu (stoja na trdi podlagi in računanje) kot tudi pri četrtem testu (stoja na mehki podlagi in računanje). Iz tega lahko sklepamo, da se s starostjo poslabša uspešnost izvajanja kognitivne naloge. O slabšanju kognitivnih sposobnosti poročajo tudi Maylor in Wing (17) ter Granda in sod. (25). Na uspešnost reševanja kognitivnih nalog pa v veliki meri vpliva tudi izobrazba preiskovancev (25); bolj kot so izobraženi, bolje izvajajo kognitivne naloge. Boljše izvajanje kognitivnih izzivov pa ima za posledico to, da telo nameni manj pozornosti tej nalogi. To je opazno kot manjši vpliv kognitivne naloge na ravnotežje (10, 15). V naši raziskavi so bili vsi mlajši preiskovanci študentje z več kot 12 let izobrazbe, pri starejših pa podatkov o izobrazbi nimamo.

S primerjavo prvega testa, kjer je preiskovanec mirno stal na trdi podlagi, in petega testa, ki je ponovljeni prvi test, smo želeli povečati veljavnost rezultatov in ugotoviti, če je prišlo do vpliva utrujenosti, koncentracije, učenja in drugih dejavnikov. Ugotovili smo, da se rezultati med prvim in petim testom statistično pomembno ne razlikujejo, ne pri mlajših in

ne pri starejših preiskovancih. S tem lahko z večjo zanesljivostjo trdimo, da so opazovane razlike posledica spremenjene podlage in dodatne kognitivne naloge.

SKLEP

Na podlagi pridobljenih rezultatov lahko zaključimo, da sočasno opravljanje računske kognitivne naloge in naloge ohranjanja pokončne drže ne vpliva na gibanje središča pritiska stoji, ne pri mlajših in ne pri starejših preiskovancih. Potrdimo pa lahko, da je gibanje središča pritiska pri starejših večje kot pri mlajših preiskovancih, zlasti pri nalogah, ki vsebujejo računsko kognitivno nalogo. Nadaljnje študije vpliva računske kognitivne naloge bi se lahko usmerile v raziskovanje vpliva dodatne naloge na gibanje središča pritiska pri zdravih starejših ljudeh in pri ljudeh, ki imajo povečano tveganje za padce. Rezultati gibanja središča pritiska pri osebah z ali brez tveganja padcev bi nam dali podatke o primernosti uporabe metodologije dvojne naloge pri napovedovanju padcev pri starejših. Tako bi se lahko razvil protokol, s pomočjo katerega bi lahko klinično ocenili ravnotežje in jasneje napovedali tveganje za padce.

LITERATURA

1. Enoka ME (2002). *Neuromechanics of human movement*. 3rd ed. Champaign: Human Kinetics.
2. O'Sullivan BS, Schmitz JT (2001). *Physical rehabilitation: assessment and treatment*. 4th ed. London: F. A. Davis.
3. Winter DA (1995). Human balance and posture control during standing and walking. *Gait Posture*. 3(4): 193-214.
4. Carter ND, Kannus P, Khan KM (2001). Exercise in the prevention of falls in older people: a systematic literature review examining the rationale and the evidence. *Sports Med* 31 (6): 427-38.
5. Amiridis IG, Hatzitaki V, Arabatzi F (2003). Age induced modification of static postural control in humans. *Neurosci Lett* 350 (3): 137-40.
6. Walther LE, Westhofen M (2007). Presbyvertigo-aging of otoconia and vestibular sensory cells. *J Vestib Res* 17(2-3): 89-92.
7. Skinner HB, Barrack RL, Cook SD (1984). Age-related decline in proprioception. *Clin Orthop Relat Res* 184 (4): 208-11.
8. Paulus WM, Straube A, Brandt T (1984). Visual stabilization of posture. Physiological stimulus characteristics and clinical aspects. *Brain* 107 (Pt 4): 1143-63.
9. Horak FB, Shupert CL, Mirka A (1989). Components of postural dyscontrol in the elderly: a review. *Neurobiol Aging* 10 (6): 727-38.
10. Woollacott M, Shumway-Cook A (2002). Attention and the control of posture and gait: a review of an emerging area of research. *Gait Posture* 16 (1): 1-14.
11. Swanenburg J, Bruin ED, Uebelhard D, Mulder T (2009). Compromising postural balance in the elderly. *Gerontology* 55 (3): 353-60.

12. Weeks DL, Forget R, Mouchnino L, Gravel D, Bourbonnais D (2003). Interaction between attention demanding motor and cognitive tasks and static postural stability. *Gerontology* 49 (4): 225-32.
13. Baddeley AD (2001). Is working memory still working? *Am Psychol* 56 (11): 851-64.
14. Mulder T, Zijlstra W, Geurts A (2002). Assessment of motor recovery and decline. *Gait Posture* 16 (2): 198-210.
15. Pellecchia GL (2002). Postural sway increases with attentional demands of concurrent cognitive task. *Gait Posture* 18 (1): 29-34.
16. Viollerme N, Vincent H (2006). How performing a mental arithmetic task modify the regulation of center of foot pressure displacements during bipedal quiet standing. *Exp Brain Res* 169 (1): 130-34.
17. Maylor EA, Wing AM (1996). Age differences in postural stability are increased by additional cognitive demands. *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci.* 51 (3):143-54.
18. Logar M (2007). Možnost preverjanja kognitivnih funkcij pri bolnikih v klinični praksi. Ljubljana: Medicinska fakulteta.
19. Hauer K, Pfisterer M, Weber C, Wezler N, Kliegel M, Oster P (2003). Cognitive impairment decreases postural control during dual tasks in geriatric patients with a history of severe falls. *Geriatr Soc* 51 (11): 1638-44.
20. Andersson G, Hagman J, Tallianzadeh R, Svedberg A, Larsen HC (2002). Effect of cognitive load on postural control. *Brain Res Bull* 58 (1): 135-9.
21. Howard S, Kirshner MD (2002). Behavioral neurology: practical science of mind and brain. 2nd ed. Boston: Butterworth-Heinemann.
22. Sevšek F (2009). Stabilometrija 1.0. Ljubljana: Visoka šola za zdravstvo. <http://digitus.zf.uni-lj.si/~sevsekf/Programi/Stabilometrija>. <15. 5. 2010>
23. Sevšek F, Rugelj D (2006). Sistem za obdelavo stabilometricnih meritev. V: Celostna obravnava starostnikov. Zbornik predavanj, Ljubljana, 24. november 2006. Ljubljana: Visoka šola za zdravstvo, 89-96.
24. Condrion JE, Hill KD (2002). Reliability and validity of a dual – task force platform assessment of balance performance: effect of age, balance impairment and cognitive task. *Geriatr Soc* 50 (1): 157-62.
25. Granda G, Mlakar J, Vodusek DB (2003). Kratek preizkus spoznavnih sposobnosti – umerjanje pri preiskovancih, starih od 55 do 75 let. *Zdrav Vestn* 72 (10): 575 -81.