

Evalvacija osem mesečne v ravnotežje usmerjene vadbe aktivnih starostnikov

Darja Rugelj, Marija Tomšič, France Sevšek
Univerza v Ljubljani, Zdravstvena fakulteta

IZVLEČEK

O vrsti in intenzivnosti vadbe, ki bi izboljšala ravnotežje pri starostnikih med raziskovalci ni soglasja. Namen naše raziskave je bil ugotoviti učinkovitost v ravnotežje usmerjene vadbe pri skupini aktivnih v mestnem okolju živečih starostnikov. V raziskavi je sodelovalo 26 starostnikov povprečne starosti $70,1 \pm 6,6$ let. Vadba je trajala 8 mesecev po dvakrat tedensko. Na pritiskovni plošči Kistler 9286AA, smo pred pričetkom vadbe in po osmih mesecih opravili test senzorične organizacije, s katerim smo izmerili gibanje središča pritiska (SP) med mirno stoji na trdi podlagi z odprtimi in zaprtimi očmi ter na mehki podlagi z odprtimi in zaprtimi očmi. Rezultati: Gibanje središča pritiska se po končani vadbi med stoji na trdi podlagi ni spremenilo, med tem ko se je med stoji na mehki podlagi pri odprtih očeh pomembno zmanjšal obseg gibanja v medio-lateralni in antero-posteriorni smeri, zmanjšala se je hitrost gibanja središča pritiska in uporabljena površina, pri zaprtih očeh pa pot v antero-posteriorni smeri in površina stabilograma. Rezultati vadbe so se pokazali tudi pri povečanju hitrosti hitre hoje. Na podlagi dobljenih rezultatov lahko sklepamo, da lahko z vadbo usmerjeno v ravnotežje izboljšamo stabilnost drže pri aktivnih starostnikih, tudi če je pogostost vadbe le dvakrat na teden. Prav tako lahko iz rezultatov sklepamo, da se učinki vadbe usmerjene v ravnotežje odražajo tudi pri drugih funkcijskih aktivnostih, kot je hitra hoja.

UVOD

Ogroženost za padce pri starostnikih se s staranjem in posledično z zmanjševanjem telesne zmogljivosti povečuje. Najbolj pogoste posledice nenadnih padcev so zlom kolka, zlom roke, podplutbe in bolečine. Kar 4 % padlih oseb zaradi posledic padca umre (1). Posledice padca so škodljive za posameznika ter hkrati predstavljajo veliko breme za javno zdravstvo. Po podatkih Evrostatovih projekcij prebivalstva Evropop 2008 za obdobje 2008-2060 (2) in po študiji Svetovne banke bo imela Slovenija do konca tretjega desetletja tega stoletja eno najstarejših prebivalstev na svetu. Po podatkih Inštituta za varovanje zdravja je bilo v Sloveniji v letu 2008 (3) kar 55 % vseh bolnišničnih obravnav posledica nenadnih padcev. Delež starejših oseb, ki so padle in bile hospitalizirane s starostjo narašča. V starostni skupini od 60 do 64 let je v letu 2008 na 1000 prebivalcev Slovenije

padlo 12 žensk in 20 moških, v starostni skupini nad 85 let pa je bilo padcev in posledičnih hospitalizacij 55 za ženske in 41 za moške (3).

Ugotavljanje napovednih dejavnikov ogroženosti za padce (4) in iskanje učinkovitih načinov za zmanjševanje števila padcev (5) je pomemben predmet raziskovanja. Eden izmed pomembnih dejavnikov tveganja in vzrokov za nenadne padce so spremembe in motnje ravnotežja (1). Na ravnotežje vplivajo tako mišična zmogljivost, gibljivost, vid in drugi čutilni prilivi, kakor tudi kognitivni in čustveni dejavniki. Ker je ravnotežje kompleksna motorična in kognitivna funkcija, mora posameznik med funkcijskimi aktivnostmi natančno usklajevati informacije iz propioceptivnega, vidnega in vestibularnega sistema z gibalnimi pobudami (6). Pri vsakodnevnih aktivnostih pogosto prihaja do nasprotujočih senzoričnih informacij, ki lahko vodijo v izgubo ravnotežja in padec. Na primer, med stojo na enakomerno se premikajočem vozilu prihajajo informacije iz vidnega sistema o gibanju telesa, medtem ko informacije iz vestibularnega in propioceptivnega sistema tega ne podprejo. Kadar je oseba soočena z nasprotujočimi si senzoričnimi informacijami je za preprečevanje padcev ključna sposobnost hitrega prilagajanja, ponovnega senzoričnega tehtanja in izbire zanesljive senzorične informacije. Verjetnost padca se s staranjem v primeru nasprotujoče si senzorične stimulacije povečuje (7). Pri proučevanju in načrtovanju ukrepov za preprečevanje padcev pa je potrebno upoštevati tudi sposobnost sočasnega izvajanja dveh nalog, ki zahtevajo deljeno pozornost. Medtem ko pri zdravih odraslih osebah sočasna kognitivna naloga ne zmoti ravnotežja pa nekatere raziskave kažejo, da s staranjem k nestabilnosti vse bolj prispeva tudi zmanjšana pozornost ali konkurenčna naloga med ohranjanjem drže (7).

Velik delež starejših oseb ne more nadzorovati zibanja telesa, kadar informacije o njegovi orientaciji izhajajo le iz vestibularnega sistema (8). Pričakujemo lahko, da bo primanjkljaj v kateremkoli senzoričnem sistemu povzročil spremembo v načinu procesiranja senzoričnih informacij in tudi v obliki motoričnega odziva, ki ohranja držo in ravnotežje. Redundanca aferentnega priliva iz vidnega, vestibularnega in propioceptivnega sistema je ključna za optimalen nadzor drže. Vidni in vestibularni sistem ne moreta v celoti nadomestiti manjkajočega somatosenzoričnega priliva. Obratno pa nekateri dokazi podpirajo hipotezo, da lahko ustrezen somatosenzorični priliv kompenzira vidni in vestibularni primankljaj (9).

Stoja na mehki podlagi je aktivnost, ki predstavlja dvojno obremenitev za procesiranje čutilnega priliva iz spodnjih udov. Zmanjša se količina informacij, ki jih oseba pridobi iz podplatov, saj se pritisk na podplate bolj enakomerno porazdeli in tako oseba ne čuti ostro zamejenega središča pritiska (10). To pa je ključen podatek, ki posamezniku omogoči vedeti, kje na njegovi podporni ploskvi je projekcija telesnega težišča. Drugi učinek stoje na mehki podlagi pa je dinamičen – elastičnost podporne ploskve namreč povzroča nihanje telesa, ki zahteva neprestano prilagajanje položajev telesnih segmentov pri zagotavljanju lege težišča nad podporno ploskvijo (11). Za učinkovito ohranjanje položaja na mehki podlagi je zato poleg motoričnega odziva potrebna tudi osredotočenost na izvedbo naloge. Vadba na mehki podlagi, ki jo poimenujejo tudi propioceptivna vadba, sodi v sklop senzomotorične vadbe in je sestavni del v ravnotežje usmerjene vadbe. V zadnjem času se je uveljavila predvsem v rehabilitaciji po poškodbi mišic in ligamentov kolena in gležnja (12). Poročajo, da je tak način vadbe učinkovit tudi pri preprečevanju ponavljajočih se poškodb (13). Tudi rezultati raziskav pri starejših osebah, kjer sta bili vključeni vadba na mehki podlagi in vadba na premikajoči se podporni ploskvi kažejo, da taka senzorično specifična vadba zmanjša vpliv mehanske destabilizacije na stojo (14) in izboljša

medmišično koordinacijo (15). Za ravnotežje specifična vadba, ki poudari in uporabi večino senzoričnih sistemov, je učinkovita pri slabotnih oskrbovancih v domovih starejših občanov, kot tudi pri funkcijsko bolj zmogljivih starejših osebah (9). Manj pa so raziskani učinki v ravnotežje usmerjene vadbe, ki vključuje tudi proprioceptivno vadbo na mehki podlagi pri starostnikih, ki imajo še visoke funkcijske sposobnosti in so še rekreativno aktivni. Namen naše raziskave je bil ovrednotiti učinek osemmesečne v ravnotežje usmerjene vadbe pri aktivnih in samostojnih starejših osebah živečih v mestnem okolju.

METODE

Preiskovanci

V raziskavo smo povabili prebivalce mestne občine Ljubljana z oglaševanjem v publikacijah Zveze društev upokojencev Slovenije, ter v klubih upokojencev in dnevnih centrih. Odzvalo se je 55 oseb. V raziskavo smo vključili vse tiste prostovoljce, ki so redno obiskovali vadbo (vsaj 75 % odstotna udeležba), pri katerih je bil rezultat Bergove lestvice za oceno ravnotežja (16-18) več kot 46 točk in niso poročali o boleznih živčevja. Redno je vadbo obiskovalo 26 udeležencev od tega 24 žensk in 2 moška (tabela 1). Pred pričetkom vadbe smo udeležence seznanili s potekom vadbe in namenom raziskave ter jih prosili za podpis izjave o prostovoljnem sodelovanju pri vadbi in raziskavi. Raziskavo je odobrila Komisija Republike Slovenije za medicinsko etiko.

Ocenjevalni protokoli

Za ugotavljanje splošnih funkcijskih sposobnosti pred začetkom vadbe smo uporabili Bergovo lestvico za oceno ravnotežja (BLOR). Ta je sestavljena iz 14 funkcijskih aktivnosti, ki jih ocenjujemo z vrednostmi od 0 do 4. Lestvica je veljavna (16), zanesljiva (17) in občutljiva za spremembe (18). Zmogljivost mišic stopal smo ocenili s testom stoje na prstih pri katerem smo izmerili čas zadrževanja sonožne stoje na prstih (19). Za merjenje zmogljivosti prijema pa smo uporabili ročni hidravlični dinamometer Jamar (Lafayette Instruments). Za oceno sposobnosti zadrževanja mirne stoje smo pred trimesečno vadbo in po njej naredili test senzorične organizacije na pritiskovni plošči Kistler 9286AA. Izmerili smo tudi stoji na zmanjšani podporni ploskvi z poostrenim Rombergovim preizkusom z odprtimi in zaprtimi očmi. Za oceno funkcijskega prenosa in uporabe senzomotorične vadbe v funkciji smo uporabili test hoje na 10 metrov (20) in test korakanja v štirih kvadratih (21).

Stabilometrija

Test senzorične organizacije na pritiskovni plošči je modificiran klinični test, ki sta ga opisali Shumway-Cook in Horak (22). Z njim ugotavljamo relativni prispevek proprioceptivnega, vestibularnega in vidnega sistema k integraciji uravnavanja drže. Med testom stoji preiskovanec bos na pritiskovni plošči s stopali skupaj, roki prosto visita ob telesu, pogled pa je uprt v točko na steni, ki je v višini oči oddaljena 2 m od preiskovanca.

Meritev ponovimo v štirih pogojih senzoričnega priliva: na trdi podlagi z odprtimi očmi in nato z zaprtimi očmi ter na mehki podlagi, prav tako najprej z odprtimi in nato z zaprtimi očmi. Za mehko podlago smo uporabili blazini Airex™ velikosti 40 x 48 cm, debeline 6 cm in Airex™ velikosti 2 m x 20 cm, debeline 6 cm.

Tabela 1: Osnovni podatki 26 udeležencev osem mesečne v ravnotežje usmerjene vadbe.

	Povprečje \pm SO	Minimum	Maksimum
Starost (let)	70,1 \pm 6,6	60	82
Telesna teža (kg)	67,9 \pm 12,1	49	98
Telesna višina (cm)	162 \pm 6,6	148	175

Podatke smo zajemali s pritiskovno ploščo Kistler 9286AA, s frekvenco vzorčenja 50 Hz in trajanjem meritve 60 sekund. Za zajemanje podatkov smo uporabili programsko opremo BioWare. Nadaljnjo analizo podatkov smo naredili preko spletnega strežnika, na katerem izvajamo posebej v ta namen razvit program za obdelavo podatkov izmerjenih s pritiskovno ploščo (23). Sistem je zasnovan prenosljivo in lahko deluje na katerem koli novjšem strežniku Linux. Poti in hitrosti premikanja telesnega težišča ter površine izmerjenih stabilogramov smo izračunali z uporabo metodologije, ki sta jo podrobneje opisala Sevšek in Rugelj (24). Morebitne motnje smo filtrirali z nastavitvijo gibljivega Gausovega povprečenja po 3 zaporednih točkah, izračunali časovne in frekvenčne porazdelitvene diagrame ter nadaljevali z izračunom površine, ki jo opiše središče pritiska. Metodo popisa oblike področja gibanja projekcije težišča s Fourierjevo analizo smo razvili za boljšo interpretacijo stabilometričnih meritev. Ta nam da bolj zanesljive vrednosti površine področja gibanja projekcije težišča, poleg tega pa na tak način dobimo tudi podatke o obliki izmerjenega področja. Opazovali smo sledeče variable: a) povprečno hitrost središča pritiska v času merjenja, b) variabilnost položaja središča pritiska na podporni ploskvi izražena s standardno deviacijo vrednosti položaja središča pritiska v antero-posteriorni (y) in medio-lateralni (x) smeri, c) celotna pot gibanja SP v medio-lateralni in antero-posteriorni smeri. Zanimala nas je tudi d) velikost površine, ki jo središče pritiska opiše med testom mirne stoji, prav tako pa smo izračunali tudi indeks posamičnih odmikov (IPO), ki nam posreduje informacijo o nenadnih večjih odmikih središča pritiska izven osrednjega dela stabilograma (25).

Statistična analiza

Za statistično analizo podatkov smo uporabili program SPSS.17 (SPSS Inc., Chicago, IL ZDA) in Microsoft Excel 2007 (Microsoft Inc, Redmond, WA, ZDA). Za ugotavljanje razlik med začetnimi in končnimi meritvami smo uporabili parni test t za odvisne vzorce. Statistično značilnost smo sprejeli ob 1-odstotni napaki alfa.

Vadba

Udeleženci so vadbo obiskovali dvakrat tedensko osem mesecev, posamezna vadba pa je trajala 60 minut. Vadba je bila razdeljena na dva vsebinska sklopa, ki sta trajala vsak po 30 minut. Namen prvega sklopa vaj je bil ogrevanje, ohranjevanje gibljivosti in aktivacija vseh večjih mišičnih skupin. Zato so bile vaje sestavljene tako, da so zajele vse mišične skupine glave, trupa, rok in nog. Prvi del vadbe se je pričel stoji in se nadaljeval leže na boku, hrbtu in trebuhu. Drugi del vadbe pa je potekal kot krožna vadba na treh različnih postajah. Cilj drugega dela vadbe, ki je prav tako trajal 30 minut, je bil povečati zahtevnost ravnotežne aktivnosti. V drugem delu vadbe so udeleženci izvajali aktivnosti na mehki podlagi, stopali na različno visoke stopnice, hodili okoli čvrstih in mehkih ovir ali preko njih ter se gibali sede na žogah.

Prvi sklop drugega dela vadbe (krožne vadbe) so bile aktivnosti na mehki podlagi (blazini Airex™) debeline 6 cm, kot je sonožna stoja na mehki podlagi, stoji peta prsti in stoji na eni nogi. Vse aktivnosti so udeleženci ponavljali pri odprtih in zaprtih očeh. Na 2 m dolgi in 20 cm široki mehki blazini so vadili hojo naprej in nazaj. Če so udeleženci med opisanimi aktivnostmi potrebovali pomoč, so imeli na voljo dva asistenta ali pa je bila vadba prilagojena njihovim sposobnostim. Tako so na primer vadili v parih ali pa se lahko dotikali stabilne površine. Ta vadbeni sklop je poudaril ohranjanje in stabilizacijo drže pri spremenjenem proprioceptivnem prilivu. Drugi sklop drugega dela vadbe so bile aktivnosti na klopcah višine 18 cm, kar ustreza standardni višini stopnic. Te aktivnosti so bile sestavljene iz stopanja na klopco naprej, v stran in nazaj ter iz prestopanja klopce. Med vadbo se je spreminjala hitrost in število ponovitev. Stopnjevanje je bilo odvisno od posameznikovih sposobnosti. Drugi vadbeni sklop je poudaril predvsem prenose teže in oceno globine, vseboval pa je tudi komponento aerobne vadbe. V tretjem sklopu drugega dela vadbe sta se izmenjevala poligon s hojo preko ovir ali okoli njih in sedeča vadba na velikih žogah. Poligon je vseboval hojo s stopanjem na mehko podlago, prestopanje različno visokih ovir, hojo okoli različno velikih predmetov, obračanje okoli telesne osi za 360 stopinj, hojo z nošenjem različnih predmetov in sedanja na različno visoke površine. Poleg hoje in stopanja na mehko podlago so bili v poligonu še dodatno poudarjeni: približevanje robu podporne ploskve in vestibulo-okularna stabilizacija ter spreminjanje velikosti podporne ploskve, spreminjanje smeri in dvojna pozornost. Sedeča vadba na žogah je predstavljala sedenje na premikajoči se podporni ploskvi, sočasno spreminjanje velikosti podporne ploskve in števila dostopnih fiksnih točk. Ta vadbeni sklop je omogočal v sedečem položaju sočasno vadbo proaktivnega ravnotežja, ker je izvedba aktivnosti zahtevala vnaprejšnje prilagoditve drže in reaktivnega ravnotežja, ker so bili potrebni odzivi na premikajočo se podporno ploskev. Zadnji vadbeni sklop drugega dela vadbe pa je bilo učenje plesnih korakov. Ta sklop je poleg družabnosti usmeril pozornost predvsem h gibanju skladnem z glasbo, učenju nove koreografije in na ta način omogočil uporabo v prejšnjih sklopih vadenih elementov ravnotežja

REZULTATI

Ocena funkcijskih sposobnosti pred začetkom vadbe

Pred pričetkom vadbe smo pri vseh udeležencih ugotavljali njihov funkcijski nivo ravnotežja, zmogljivost prijema in mišic nog. Rezultati so pokazali (tabela 2), da sta bila nivo ravnotežja ter zmogljivosti prijema in mišic nog na zelo visoki ravni. Pri meritvah z BLOR je večina preiskovancev dosegla rezultate preko 49 točk. Pri testu sonožne stoji na prstih pa so dosegli v povprečju $54,4 \pm 11,8$ sekund. Izmerjeni rezultati so pokazali za to starost primerno zmogljivost prijema in so podrobneje prikazani v tabeli 2. Rezultati merjenja zmogljivosti roke so predstavljeni ločeno za moške in ženske, posebej za dominantno roko, ki je bila desna pri vseh udeležencih, in za ne-dominantno roko. Podatkov dveh moških udeležencev nismo povprečili in jih navajamo za oba udeleženca.

Funkcijski testi

Za izvedbo testa korakanja v štirih kvadratih so udeleženci potrebovali pred pričetkom vadbe $9,0 \pm 1,1$ sekunde, po končani vadbi pa $8,1 \pm 0,8$. Razlika je bila statistično pomembna pri $t = 3,59$ in $p = 0,003$.

Tabela 2: Rezultati ocene Bergove lestvice za oceno ravnotežja, testa zmogljivosti roke in zmogljivosti mišic nog obravnavane skupine starostnikov pred pričetkom vadbe.

	Povprečje skupine \pm SO	Minimum	Maksimum
Bergova lestvica za oceno ravnotežja (točke)	54 \pm 2	48	56
Stoja na prstih (s)	54,4 \pm 11,8	31,6	60
Zmogljivost prijema roke – ženske			
leva roka (kg)	24,8 \pm 5,9	12	37
desna roka (kg)	27,6 \pm 6,3	16	42
Zmogljivost prijema roke - moški			
1. leva roka (kg)	2. 39	-	-
2. desna roka (kg)	1. 40	-	-
2. 45			

Hitrost hitre hoje se je po končani vadbi statistično pomembno povečala ($t = 5,59$; $p < 0,001$), saj so preiskovanci za deset metrsko pot potrebovali pred pričetkom vadbe $7,1 \pm 1,3$ sekund, po končani vadbi pa $5,1 \pm 0,6$ sekund. Preiskovanci so bili sposobni dalj časa stati na ozki podporni ploskvi, ki smo jo ocenili s poostrenim Rombergovim testom pri odprtih in pri zaprtih očeh. Pri odprtih očeh so preiskovanci pred pričetkom vadbe stali v povprečju $53,1 \pm 16,6$ sekund, po končani vadbi pa so vsi preiskovanci stali 60 sekund. Pri zaprtih očeh so pred vadbo preiskovanci stali v povprečju $22,7 \pm 21,7$ sekund in po končani vadbi $34,1 \pm 21,4$ sekund.

Stabilometrija

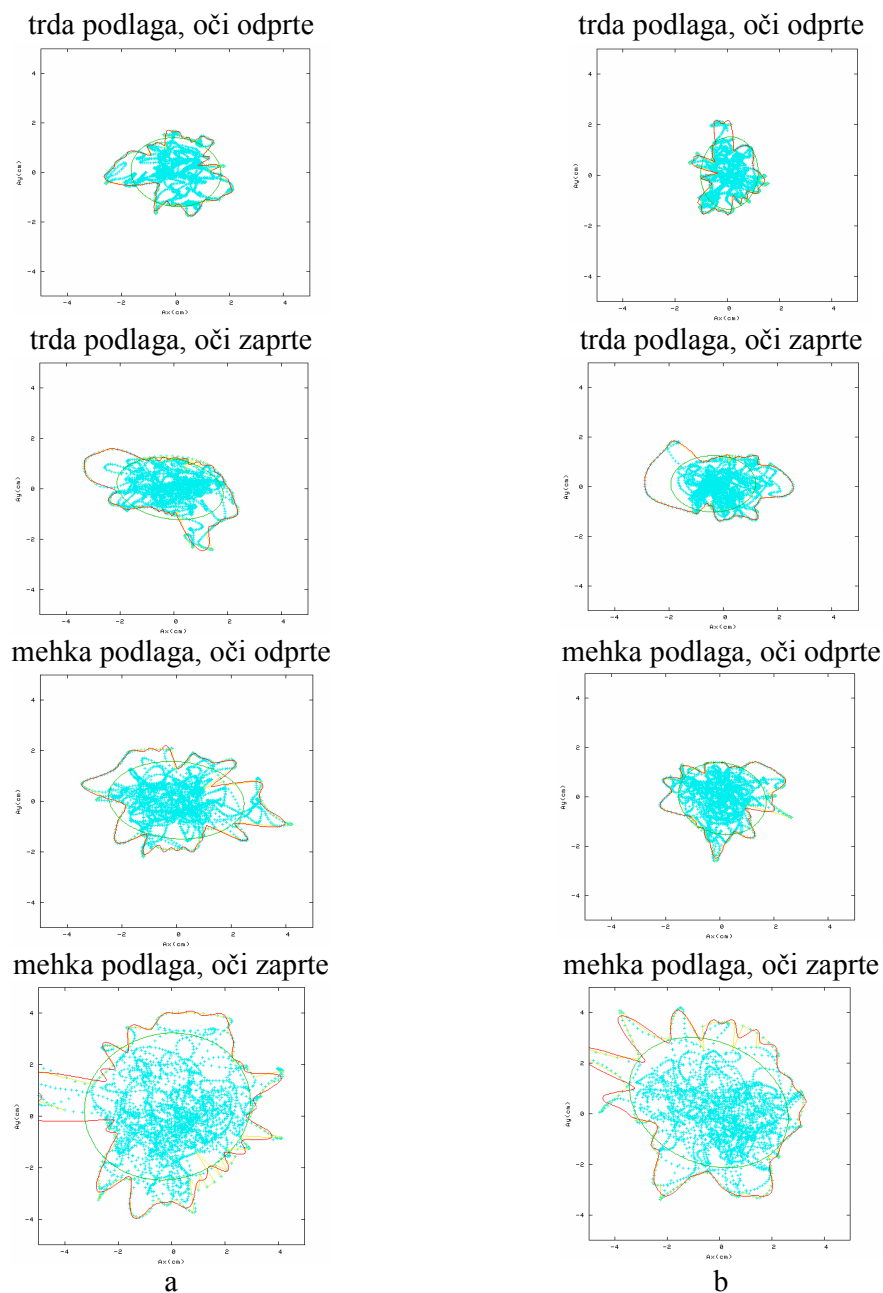
Gibanje središča pritiska med stoji na trdi podlagi in pri odprtih očeh se pri opazovani skupini starostnikov po osem mesečni vadbi ni spremenilo (tabela 3). Pri stoji na trdi podlagi z zaprtimi očmi prav tako ni prišlo do statistično pomembnih razlik med prvo in drugo meritvijo. Ponovna ocena gibanja središča pritiska med stoji na mehki podlagi pa je pri odprtih očeh pokazala zmanjšanje gibanja središča pritiska. Statistično pomembno se je zmanjšala variabilnost v mediolateralni smeri ($t = 2,93$; $p = 0,008$), hitrost gibanja SP ($t = 2,91$; $p = 0,008$), medio – lateralna pot, ki jo opravi središče pritiska ($t = 2,65$; $p = 0,015$). Prav tako se je površina, ki jo opiše SP statistično pomembno zmanjšala ($t = 3,25$; $p = 0,004$). Med stoji na mehki podlagi in zaprtih očeh se je po vadbi statistično pomembno zmanjšala variabilnost gibanja SP v medio-lateralni smeri ($t = 3,1$; $p = 0,006$), pot, ki jo opravi središče pritiska v antero-posteriorni smeri ($t = 2,71$; $p = 0,015$) in površina, ki jo opiše SP ($t = 2,42$; $p = 0,027$). Tipični primeri gibanja središča pritiska in njegove površine v različnih razmerah senzoričnega priliva pred vadbo in po njej so prikazani na sliki 1. Podatki za posamezne komponente gibanja središča pritiska v štirih različnih razmerah senzoričnega priliva so podani v tabeli 3.

Tabela 3: Gibanje središča pritiska v štirih različnih razmerah senzoričnega priliva pred vadbo in po njej. (Rezultati, ki so se po končani vadbi statistično pomembno razlikovali pri $p < 0,01$ so tiskani krepko; # označuje rezultat, ki je na meji statistične pomembnosti.)

	trda podlaga oči odprte,	trda podlaga oči zaprte	mehka podlaga oči odprte	mehka podlaga oči zaprte
Medio-lateralna variabilnost (cm)				
pred	0,51 ± 0,17	0,58 ± 0,22	1,59 ± 0,26	0,92 ± 0,20
po	0,49 ± 0,11	0,59 ± 0,23	1,41 ± 0,21	0,81 ± 0,14
Antero-posteriorna variabilnost (cm)				
pred	0,58 ± 0,20	0,59 ± 0,28	1,57 ± 0,24	0,91 ± 0,19
po	0,54 ± 0,15	0,59 ± 0,21	1,44 ± 0,24	0,87 ± 0,14
Hitrost (cm/s)				
pred	1,3 ± 0,4	2,0 ± 1,0	3,1 ± 1,0	7,1 ± 2,0
po	1,4 ± 0,5	2,3 ± 1,5	2,8 ± 0,8	6,6 ± 2,0
Medio-lateralna pot (cm)				
pred	56,1 ± 19,9	81,9 ± 31,5	128,4 ± 40,6	283,4 ± 80,3
po	58,1 ± 20,1	97,9 ± 51,5	114,2 ± 27,1	256,5 ± 76,8
Antero-posteriorna pot (cm)				
pred	43,1 ± 17,5	66,8 ± 48,8	108,4 ± 42,5	257,9 ± 78,2
po	45,0 ± 20,2	75,4 ± 65,9	100,2 ± 37,7	247,1 ± 79,8
Površina (cm ²)				
pred	5,6 ± 4,1	7,4 ± 6,7	16,5 ± 5,4	# 55,2 ± 18,8
po	4,6 ± 2,3	7,8 ± 6,6	13,0 ± 4,2	43,6 ± 14,7
Indeks posameznih odmikov				
pred	1,5 ± 0,4	1,6 ± 0,2	1,7 ± 0,2	1,8 ± 0,3
po	1,5 ± 0,4	1,7 ± 0,3	1,5 ± 0,2	1,8 ± 0,2

RAZPRAVA

Rezultati naše raziskave kažejo, da za ravnotežje specifična senzomotorična vadba, ki vključuje tudi vadbo na mehki podlagi, vpliva na izboljšanje ravnotežja tudi pri tistih starejših osebah, ki živijo samostojno in so še rekreativno dejavni. Sposobnost prilagajanja sistemov udeleženih v upravljanju se ob primerni vzpodbudi, nadzoru in izvedbi gibalnih funkcij ohrani tudi pri zelo starih osebah. To velja tako za pridobivanje zmogljivosti mišic ali gibljivosti (26), kakor tudi za kompleksno funkcijo ravnotežja (27). Med raziskavami učinkov vadbenih protokolov ni soglasja o tem katera vrsta in kakšna intenzivnost vadbe je najbolj učinkovita za izboljševanje ali ohranjanje ravnotežja. Pokazalo se je, da veliko oblik splošne vadbe za moč nima učinka na ravnotežje (28). Nekaj je študij, ki poročajo o lahnem izboljšanju ravnotežja po obdobju vadbe za moč (29, 30), v drugih študijah pa so ugotovili, da splošna vadba povzroči povečanje moči, na ravnotežje pa ima le skromen



Slika 1: Tipičen primer stabilograma med mirno stoji na trdi in mehki podlagi z odprtimi in zaprtimi očmi pred pričetkom vadbe (a) in po trimesečnem obdobju vadbe (b).

vpliv (31, 32, 33) ali pa ga sploh nima (34). Ti rezultati, pri različnih podskupinah starostnikov, kažejo, da se izboljšanje mišične zmogljivosti ne odrazi tudi z izboljšanjem ravnotežja in drugih funkcijskih aktivnosti (32, 35). Tradicionalna vadba, ki je sestavljena iz vaj, ki sicer aktivirajo celo telo in ki vsebuje tudi raztezanje in relaksacijo, se ni pokazala za uspešno (5), zato smo se odločili za vadbo, ki je specifična za ravnotežje in pri kateri so vadbene aktivnosti podobne vsakodnevnim. Posebej smo poudarili aktivnosti, pri katerih smo spreminjali senzorični priliv. To smo storili z izvajanjem gibalnih nalog na mehki

podlagi pri nespremenjenem vidnem prilivu in tudi brez vidnega priliva – pri zaprtih očeh. Vadba na mehki podlagi se od vadbe na trdi podlagi razlikuje v treh elementih: 1. spremenjen je senzorični priliv iz podplata, ker se sila razporedi na večjo površino in je zato točkovni pritisk manjši in zato manj občuten (10), 2. podlaga na kateri oseba stoji se nenehno podaja in povzroča gibanje telesa (11) in 3. v takih razmerah je za stabilizacijo drže potrebna povečana osredotočenost na izvedbo naloge (7).

Rezultati testiranja z BLOR so pokazali, da so imeli preiskovanci, ki so sodelovali v naši vadbeni skupini dobro ohranjeno ravnotežje že pred pričetkom vadbe. Njihova ogroženost za padce je bila nizka, le redki posamezniki so imeli težave s stoji na zmanjšani podporni ploskvi ali so v povprečju dosegli manj kot 49 točk. Kornetti in sod. (36) ugotavljajo, da je doseženih 46 točk in manj tista meja, ki kaže na povečano ogroženost za padce. Na visok funkcijski nivo udeležencev vadbe kažejo tudi rezultati testa stoji na prstih (19), ki je pokazal visoko zmogljivost mišic nog, kakor tudi zmogljivost prijema leve in desne roke, tako pri moških kot tudi pri ženskih udeleženkah vadbe saj so udeleženci dosegli rezultate, ki so na zgornjem nivoju standarda za to starostno skupino (37).

Po končani osemmesečni vadbi smo ugotovili spremembe, ki kažejo na izboljšanje ravnotežja preiskovancev. Rezultati testa senzorične organizacije, ki smo ga izvedli na pritiskovni plošči, so pokazali, da so bile preiskovane osebe po končani vadbi sposobne bolje stabilizirati gibanje središča pritiska med stoji na mehki podlagi, medtem ko pri stoji na trdi podlagi, tako pri odprtih kot tudi pri zaprtih očeh, ni prišlo do pomembnih sprememb. Na mehki podlagi se je predvsem zmanjšala pot, ki jo opravi središče pritiska v medio-lateralni smeri. Skladno s tem se je tudi pomembno zmanjšala površina, ki jo opiše središče pritiska med mirno stoji. Tudi med stoji na mehki podlagi z zaprtimi očmi so se po končani vadbi tri variable gibanja SP pomembno zmanjšale. Iz opisanih rezultatov lahko sklepamo, da so se udeleženci vadbe naučili pri stoji na mehki podlagi za stabilizacijo položaja v večji meri uporabljati prilive iz vidnega in vestibularnega sistema, ter tako nadomestiti pomanjkljivosti v somatosenzoričnem prilivu. Dobljene rezultate lahko pojasnimo s hipotezo ponovnega senzoričnega tehtanja (38). Hipoteza predpostavlja, da je osrednje živčevje sposobno dinamično spreminjati relativno utež, ki jo podeli prilivu iz posameznega senzoričnega sistema in tako optimizirati uravnavanje drže. Ko na primer postane dotik premalo zanesljiv pokazatelj lastnega gibanja, podeli osrednje živčevje večjo težo prilivu iz proprioceptivnega, vidnega ali vestibularnega sistema (38).

Pri meritvah stoji na mehki podlagi in zaprtih očeh se je po končani osemmesečni vadbi zmanjšalo gibanje središča pritiska v medio-lateralni smeri, kar kažejo rezultati dveh variabel: medio-lateralne variabilnosti in celotne poti SP v medio-lateralni smeri, ki sta imeli statistično pomembno manjše vrednosti. Prav tako se je zmanjšala tudi površina, ki jo opiše središče pritiska, ki pa je bila na meji statistične pomembnosti. Udeleženci vadbe so bili sposobni organizirati nadzor mirne stoji z uporabo vestibularnega priliva in z uporabo spremenjenega somatosenzoričnega priliva. V tej situaciji je najbolj zanesljiv priliv iz mišičnih in kitnih proprioceptorjev, katerih aktivnost se med nenehnim prilagajanjem mehki podlagi močno poveča. Rezultati kažejo na to, da so bili udeleženci vadbe po končani osem-mesečni vadbi sposobni učinkoviteje uporabiti priliv iz mišičnih in kitnih proprioceptorjev in na ta način organizirati mišični odgovor, ki je omogočil boljšo stabilizacijo položaja.

Za starejše osebe je značilno, da je obseg gibanja središča pritiska večji kot pri mlajših osebah (39) tako na trdi kakor tudi na mehki podlagi. Kljub temu pa se lahko tudi starejše

osebe z ustrezno in specifično vadbo (9, 14) naučijo boljšega uravnavanja ravnotežja. Ustrezna in specifična vadba lahko povzroči zmanjšanje obsega in hitrosti gibanja središča pritiska, kar kaže na večjo sposobnosti stabilizacije pokončnega položaja v zaostrenih pogojih senzoričnega priliva. Sposobnost tehtanja in ponovnega tehtanja prihajajočega senzoričnega priliva med izvedbo gibalne naloge je očitno ohranjena tudi pri starejših osebah, tako kot sposobnost prilagajanja živčnomišičnega in mišičnoskeletnega sistema (40, 26). Redna telesna aktivnost, tudi če osebe z njo pričnejo v poznem življenjskem obdobju, povzroči ustrezno reorganizacijo različnih komponent nadzora drže med nasprotujočimi si senzoričnimi informacijami (40).

Prenos rezultatov vadbe v vsakodnevne aktivnosti povezujemo predvsem s procesi motoričnega učenja, ko oseba po končani vadbi opravi določeno gibalno nalogo bolj učinkovito ali hitreje (41). Da so bili udeleženci vadbe sposobni prenesti naučeno tudi v funkcionalne aktivnosti sklepamo iz rezultatov testa hoje na 10 metrov in testa korakanja v štirih kvadratih, ki so jih po končani vadbi opravili statistično pomembno hitreje. Pri tem je potrebno poudariti, da vadba ni vsebovala hite hoje. Test korakanja v štirih kvadratih ocenjuje poleg ravnotežja tudi sposobnost spreminjanja smeri, korakanja naprej, nazaj in v stran, kakor tudi pozornost za spremembo smeri. Vsi ti elementi so sestavni del vsakodnevnih aktivnosti in so bili tudi sestavni del vadbenega protokola.

Trajanje in pogostost vadbe se v različnih študijah močno razlikujejo (5). Izboljšanje ravnotežja smo pri obravnavani skupini izmerili kljub temu, da je vadba potekala samo dvakrat tedensko v obdobju osmih mesecev. Podoben koncept vadbe smo izvedli tudi med varovanci dveh domov za starejše občane, kjer smo ugotovili, da se je po trimesečni vadbi pri krhkih starostnikih izboljšalo ravnotežje izmerjeno z BLOR (42). Pomembno in klinično relevantno izboljšanje ravnotežja je po nekaterih rezultatih raziskav mogoče že po štirih tednih vadbe, ki je usmerjena v povečevanje učinkovitosti ravnotežja (43). Učinki za ravnotežje specifične vadbe, ki je trajala dvanajst tednov, pa so bili klinično in statistično pomembni takoj po končani vadbi. Izboljšanje se je ohranilo tudi šest mesecev po končani vadbi (27). Pogostost vadbe, ki povzroči spremembo in izboljšanje ravnotežja, se med različnimi študijami razlikuje: avtorji poročajo o vadbah, ki potekajo od dvakrat tedensko (44, 45, 46), pa trikrat (47, 48) in celo do petkrat tedensko (27).

Na podlagi naših rezultatov in rezultatov drugih raziskovalnih skupin (15) lahko trdimo, da je v ravnotežje usmerjena vadba učinkovita pri različnih skupinah starostnikov, tako pri tistih še aktivnih, ki živijo samostojno doma (pričujoča študija), kot tudi krhkih oskrbovancev doma starejših občanov (42). Ne moremo pa še odgovoriti na vprašanje ali je za ravnotežje specifična vadba s poudarkom na somatosenzorični vadbi bolj učinkovita od ostalih oblik vadbe. Poročila dosedanjih raziskav med seboj niso skladna. De Vreede in sod. (48) poročajo, da ni pomembnih razlik med funkcijsko vadbo in treningom moči. Prav tako niso izmerili razlik med funkcijsko in tradicionalno vadbo (45). Zato bo potrebno narediti primerjavo med različnimi vadbeneimi protokoli pri enako zmožnih skupinah starostnikov in na ta način še dodatno ovrednotiti v ravnotežje usmerjeno vadbo.

Pridobivanje ravnotežja in stabilizacije drže po končani osem mesečni vadbi na mehki podlagi lahko razlagamo s poudarjeno interakcijo med posameznimi podsistemi udeleženi pri upravljanju ravnotežja in njihovo integracijo v osrednjem živčevju ter posledično izboljšanje procesiranja v integracijskem področju osrednjega živčevja. Interakcija vidnega, vestibularnega in somatosenzoričnega sistema je povsod tam v osrednjem živčevju, kjer konvergira senzorični priliv. To pa je na različnih nivojih

osrednjega živčevja, kot je vestibularno jedro, talamus, mali možgani in veliki možgani (49).

SKLEP

V ravnotežje usmerjena vadba, ki vsebuje tudi somatosenzorično vadbo na mehki podlagi povzroči izboljšanje ravnotežja med stabilizacijo stoje na mehki podlagi in se prenese v druge funkcijske aktivnosti, kot je na primer hitra hoja. Ugotovili smo, da lahko tudi tiste starejše osebe, ki imajo še dobro ohranjeno ravnotežje s tako obliko vadbe še dodatno izboljšajo ravnotežje. Vsekakor pa so potrebne nadaljnje raziskave s katerimi bi ugotovili kolikšen je potencial tovrstne vadbe za zmanjšanje ogroženosti za padce.

ZAHVALA

Delo je bilo opravljeno s finančno pomočjo Javne agencije za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije, projekt L3-0191-0382-08, in podjetja Krka, Novo mesto. Avtorji smo hvaležni za podporo.

LITERATURA

1. Tinetti ME (2003). Preventing falls in elderly persons. *N Engl J Med* 348 (1): 42-9.
2. Giannakouris K (2008). Ageing characterises the demographic perspectives of the European societies. EUROSTAT. Stat Focus 72. Pridobljeno s spletne strani: http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_OFFPUB/KS-SF-08-072/EN/KS-SF-08-072-EN.PDF. <28.1.2011>
3. Bolnišnične obravnave zaradi poškodb in zastrupitev (2008). V: Zdravstveni statistični letopis. Ljubljana: Inštitut za varovanje zdravja RS, 483-512. Pridobljeno s spletne strani: http://www.ivz.si/javne_datoteke/datoteke/204113B_BO_zaradi_poskodb_in_zastrupitev_2008.pdf. <28.1.2011>
4. Voermans NC, Snijder AH, Schoon Y, Bloem BR (2007). Why old people fall (and how to stop them). *Pract Neurol* 7 (3): 158-71.
5. Arnold CM, Sran MM, Harrison EI (2008). Exercise for fall risk reduction in community-dwelling older adults: a systematic review. *Physiother Can* 60 (4): 358-72.
6. Massion J (1994). Postural control system. *Curr Opin Neurobiol* 4 (6): 877-87.
7. Wollacott 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.
8. Horak FB, Mirka A, Shupert L (1989). The role of peripheral vestibular disorders in postural dyscontrol in the elderly. In: Wollacott MH, Shumway-Cook A, eds. The development of posture and gait across the lifespan. Columbia: University of South Carolina, 253-79.
9. Hu MH, Hines Woollacott M (1994). Multisensory training of standing balance in older adults: I, Postural stability and one-leg stance balance. *J Gerontol* 49 (2): M52- M61.
10. Wu G, Chiang JH (1997). The significance of somatosensory stimulations to the

- human foot in the control of postural reflexes. *Exp Brain Res* 114 (1): 163-9.
11. Horak FB, Hlavacka F (2001). Somatosensory loss increases vestibulospinal sensitivity. *J Neurophysiol* 86 (2): 575-85.
 12. Zech A, Hubscher M, Vogt L, Banzer W, Hansel F (2009). Neuromuscular training for rehabilitation of sport injuries: a systematic review. *Med Sci Sport Exerc* 41 (10): 1831-41.
 13. Hubscher M, Zech A, Pfeifer K, Hansel F, Vogt L (2010). Neuromuscular training for sports injury prevention: a systematic review. *Med Sci Sport Exerc* 42 (3): 413-21.
 14. Westlake KP, Gulham EG (2007). Sensory specific balance training in older adults: effect on proprioceptive reintegration and cognitive demands. *Phys Ther* 87 (10): 1274- 83.
 15. Granacher U, Gruber M, Golhofer A (2009). Auswirkungen von sensomotorischem Training auf die posturale Kontrolle älterer Männer. *Dtsch Z Sportmed* 60 (12): 387-93.
 16. Berg K, Wood-Dauphinee S, Williams JI, Gayton D (1989). Measuring balance in the elderly: preliminary development of an instrument. *Physiother Can* 41 (6): 304-11.
 17. Berg K, Wood-Dauphinee S, Williams JI, Maki B (1992). Measuring balance in the elderly: validation of an instrument. *Can J Public Health* 83 (Suppl 2): 7-11.
 18. Wood-Dauphinee S, Berg K, Bravo G, Williams JI (1996). The balance scale: responsiveness to clinically meaningful changes. *Can J Rehabil* 10 (1): 35-50.
 19. Buchman AS, Boyle PA, Wilson RS, Bienias JL, Bennett DA (2007). Physical activity and motor decline in older persons. *Muscle Nerve* 35 (3): 354-62.
 20. Steffen TM, Hacker, TA, Mollinger L (2002). Age- and gender-related test performance in community-dwelling elderly people: six-minute walk test, Berg balance scale, timed up & go test, and gait speeds. *Phys Ther* 82 (2): 128-37.
 21. Dite W, Temple VA (2002) A clinical test of stepping and changes of direction to identify multiple falling older adults. *Arch Phys Med Rehabil* 83 (11): 1566-71.
 22. Shumway-Cook A, Horak FB (1986). Assessing the influence of sensory interaction on balance. *Phys Ther* 66 (10): 1548-50.
 23. Sevšek F. Stabilometrija V 1.0 [Elektronski vir]. Ljubljana: Visoka šola za zdravstvo, 2009. Dostopno tudi na: <http://digitus.zf.uni-lj.si/~sevsekf/Programi/Stabilometrija>.
 24. Sevšek F, Rugelj D (2009). Odvisnost interpretacije stabilograma od postopkov obdelave podatkov. V: Rugelj D, Sevšek F (ur.) Raziskovalni dan Zdravstvene fakultete. Zbornik predavanj. Ljubljana: Zdravstvena fakulteta, 41-51.
 25. Rugelj D, Sevšek F (2007). Postural sway area of elderly subjects. *WSEAS Trans Signal Process* 3 (2): 213-9.
 26. Vandervoort AA (2002). Aging of the human neuromuscular system. *Muscle Nerve* 25 (1): 17-25.
 27. Rugelj D, Uršič K (2006). Učinek vadbe, specifične za ravnotežje, pri oskrbovancih doma starejših občanov. V: Rugelj D, ur. Posvetovanje Celostna obravnava starostnikov, 24. november 2006. Zbornik predavanj. Ljubljana: Visoka šola za zdravstvo, 69-78.
 28. Orr R, Raymond J, Fiatarone Singh M (2008). Efficacy of progressive resistance training on balance performance in older adults: a systematic review of randomized controlled trials. *Sports Med* 38 (4): 317-43.
 29. Lichtenstein MJ, Shields SL, Shiavi RG, Burger C (1989). Exercise and balance in aged women: a pilot controlled clinical trial. *Arch Phys Med Rehabil* 70 (2): 138-

- 43.
30. Topp R, Mikesky A, Wigglesworth J, Holt W Jr, Edwards JE (1993). The effect of a 12-week resistance strength training program on gait velocity and balance of older adults. *Gerontologist* 33 (4): 501-6.
 31. Judge JO, Lindesy C, Underwood M, Winsemius D (1993). Balance improvements in older women: effects of exercise training. *Phys Ther* 73 (4): 254-64.
 32. Skelton DA, Young A, Greig CA, Malbut KE (1995). Effects of resistance training on strength, power and selected functional abilities of woman aged 75 and over. *J Am Geriatr Soc* 43 (10): 1081-7.
 33. Schlicht J, Camaione DN, Owen SV (2001). Effect of intense strength training on standing balance, walking speed, and sit-to stand performance in older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 56 (5): M281-6.
 34. Grilly R, Willems D, Trenholm K, Hayes K, Delaquerruere-Richardson L. Effects of exercise on postural sway in the elderly. *Gerontology* 1989; 35: 137-3.
 35. Keysor JJ, Jette AM. Have we oversold the benefit of late-life exercise? *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2001; 56: M412-23.
 36. Kornetti DL, Fitz SL, Chiu YP, Light KE, Velozo CA (2004). Rating scale analysis of the Berg balance scale. *Arch Phys Med Rehabil* 85 (7): 1128-35.
 37. Puh U (2010). Age-related and sex-related differences in hand and pinch grip strength in adults. *Int J Rehabil Res* 33 (1): 4-11.
 38. Oie KS, Kiemel T, Jeka JJ (2002). Multisensory fusion: simultaneous re-weighting of vision and touch for the control of human posture. *Brain Res Cogn Brain Res* 14 (1): 164-76.
 39. Kim S, Nussbaum MA, Madigan ML (2008). Direct parametrization of postural stability during quiet upright stance: effects of age and altered sensory conditions. *J Biomech* 41 (2): 406-11.
 40. Buatois S, Gauchard GC, Aubry C, Benetos A, Perrin P (2007). Current physical activity improves balance control during sensory conflicting conditions in older adults. *Int J Sports Med* 28 (1): 53-8.
 41. Schmidt RA, Lee TD (2005). Motor control and learning. 4th ed. Champaign: Human Kinetics, 432-59.
 42. Rugelj D (2010). The effect of functional balance training in frail nursing home residents. *Arch Gerontol Geriatr* 50 (2): 192-7.
 43. Sihvonen S (2004). Postural balance and aging: cross-sectional comparative studies and a balance training intervention. Doctoral thesis. Jyväskylä: University of Jyväskylä, Department of Health Studies.
 44. Hue OA, Seynnes O, Ledrole D, Colson SS, Bernard PL (2003). Effects of a physical activity program on postural stability in older people. *Aging Clin Exp Res* 16 (5): 356-62.
 45. Steadman J, Donaldson N, Kalra L (2003). A randomized controlled trial of an enhanced training program to improve mobility and reduce falls in elderly patients. *J Am Geriatr Soc* 51 (6) : 847-52.
 46. Hendwood TR, Taaffe DR (2005). Improved physical performance in older adults undertaking short-term programme of high-velocity resistance training. *Gerontology* 51 (2): 108-15.
 47. Brandon JL, Boyette LW, Gaasch DA, Lloyd A (2000). Effects of lower extremity strength training on functional mobility in older adults. *J Aging Phys Act* 8 (3): 214-27.
 48. De Vreede PL, Samson MM, Van Meeteren NL, Van der Bom JG, Duursma SA, Verhaar HJ (2004). Functional task exercise versus resistance exercise to improve

- daily function in older women: a feasibility study. *Arch Phys Med Rehabil* 85 (12): 1952-61.
49. Xerri C, Borel L, Barthelemy J, Lacour M (1988). Synergistic interaction and functional working range of the visual and vestibular systems in postural control: neuronal correlates. *Prog Brain Res* 76: 193-203.