

**UNIVERZA V LJUBLJANI  
FAKULTETA ZA ŠPORT**

**Daša Weber**

**VPLIV UTRUJENOSTI HRBTNIH MIŠIC NA  
RAVNOTEŽJE**

**Doktorska disertacija**

**Ljubljana, 2014**



Univerza v Ljubljani  
Fakulteta *za šport*

Daša Weber

# **VPLIV UTRUJENOSTI HRBTNIH MIŠIC NA RAVNOTEŽJE**

Doktorska disertacija

Mentor: prof.dr. Vojko Strojnik, prof.šp.vzg.

Somentorica: doc.dr. Darja Rugelj, viš. fiziot. in univ. dipl. org.

Ljubljana, 2014

UDK: 796.012.266:612.744(043.3)

Daša Weber

VPLIV UTRUJENOSTI HRBTNIH MIŠIC NA RAVNOTEŽJE

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport, Ljubljana, 2014

146 strani, 12 tabel, 39 slik, 142 cit.

THE EFFECT OF BACK MUSCLES FATIGUE ON BALANCE

University of Ljubljana, Faculty of Sport, Ljubljana, 2014

Pages 146, tables 12, figures 39, cit. 142

IZJAVA

Doktorska disertacija z naslovom **Vpliv utrujenosti hrbtnih mišic na ravnotežje** je rezultat lastnega znanstveno-raziskovalnega dela.

Daša Weber

## ZAHVALA

Zahvaljujem se prof.dr. Vojku Strojniku, ki mi je z vsem svojim znanjem in izvirnostjo omogočil izvedbo doktorske naloge, me s svojimi izkušnjami vpeljal v svet raziskovanja in me strokovno ter korektno vodil od ideje do zaključka dela.

Najlepša hvala doc.dr. Darji Rugelj za strokovno pomoč pri pisanju doktorske naloge, hvala za vse dragocene nasvete, predvsem pa za to, da je ves čas videla cilj in me s svojim optimizmom usmerjala proti njemu.

Hvala bratu Sašu, prijateljem, sodelavcem in preiskovancem, ki so si vzeli čas in mi nesebično pomagali pri izvedbi testiranja in pisanju naloge, brez njih ne bi mogla uresničiti svoje ideje.

Hvala mami in tati, ki sta mi omogočila izobraževanje, me podpirala in mi pomagala po svojih močeh. Hvala za vse kar, sta mi v življenju dala, da sem lahko uresničevala svoje želje in dosegla veliko več, kot sta od mene pričakovala.

Hvala Gašperju, ki je ves čas verjel vame, me podpiral, spodbujal in mi v trenutkih, ko ni bilo lahko, z ljubeznijo in pozitivno naravnostjo dal vedeti, da se splača potruditi in slediti svojim željam vse do konca.

Moja otroka Maša in Tim sta moja največja učitelja in hkrati moje največje bogastvo, ki dodatno osmišlja moje življenje. To delo je posvečeno njima, v upanju, da se bosta vedno zavedala, da je vsak cilj dosegljiv, če si le dovolj močno želimo.

## IZVLEČEK

Namen naloge je bil ugotoviti vpliv utrujenosti hrbtnih mišic pri skupini mlajših in starejših preiskovancev na gibanje središča pritiska (SP) in na gibanje posameznega telesnega segmenta ter ugotoviti, ali med starostnima skupinama obstaja razlika v odzivu na utrujenost med stojo.

14 starejših ( $72 \pm 7,2$  let) in 16 mlajših ( $27,5 \pm 4,1$  let) preiskovancev je stalo na pritiskovni plošči z odprtimi in zaprtimi očmi pred, po in 10 minut po izvedbi utrujanja hrbtnih mišic. Merili smo silo reakcije podlage (SRP) na pritiskovni plošči, na osnovi katere smo izračunali šest parametrov gibanja SP. Narejena je bila tudi 3D kinematične analize (50 Hz, video) gibanja posameznih telesnih segmentov med stojo. Na osnovi kinematične analize stoje smo določili šest parametrov gibanja glave, ramen in kolkov.

Med starostnima skupinama so se pokazale statistično pomembne razlike v gibanju SP pri stoji z odprtimi in z zaprtimi očmi, teh razlik pa ni bilo zaznati v gibanju posameznih telesnih segmentov. Utrujenost hrbtnih mišic ni imela statistično pomembnega vpliva na gibanje SP in na gibanje telesnih segmentov pri skupini mlajših niti pri skupini starejših preiskovancev. Ravno tako pa ni bilo statistično pomembnih razlik v odzivu na utrujenost hrbtnih mišic med starostnima skupinama z odprtimi in zaprtimi očmi pri gibanju SP, so pa po utrujanju starejši pomembno manj gibal z glavo in rameni kot mladi pri stoji z odprtimi očmi.

Na podlagi rezultatov naše raziskave lahko sklepamo, da utrujenost hrbtnih mišic povzroči podoben odziv pri mlajših in starejših preiskovancih med stojo. Kaže se tendenca uporabe različnih načinov ohranjanja stoje med mlajšimi in starejšimi preiskovanci, kar lahko sklepamo iz povečanega gibanjem SP po utrujanju pri mlajših in zmanjšanega gibanje SP pri starejših preiskovancih in iz razlik v gibanju telesnih segmentov po utrujanju. Pri starejših preiskovancih je po utrujanju vidno manjše opletanje glave in ramen kot pri mladih, kar verjetno lahko pripišemo večji togosti sklepov.

Ključne besede: mišična utrujenost, gibanje SP, kinematika, starejši, ravnotežje

## **ABSTRACT**

The purpose of this study was first to determine the effect of lumbar extensor muscle fatigue on the movement of the centre of pressure (CoP) and on the movement of the individual segments of the body in young and elderly subjects. The second purpose was to determine if there is any difference between age groups in the response to the fatigue.

14 elderly ( $72 \pm 7.2$  years) and 16 young ( $27.5 \pm 4.1$  years) male subjects stood on a force platform, with open and closed eyes before, immediately after and 10 minutes after a fatiguing exercise protocol for back muscles. The force platform was used to measure the CoP movements and six variables of postural sway were chosen for the analysis. A 3D kinematic analysis was also done (50 Hz video) to record movements of individual parts of the body. With the kinematic analysis during standing we have determined six variables of head, shoulders and hip movement.

The results showed differences of the CoP between the age groups standing with their eyes open and standing with their eyes closed; these differences were not seen in the kinematics of individual part of the body. Lumbar extensor muscle fatigue did not affect the movement of the CoP or the movement of individual part of the body in young and elderly subjects. Furthermore, there was no difference in the response to the back muscles fatigue between the age groups while standing with eyes open and closed on the movement of the CoP. However, the elderly moved with their head and shoulders after fatigue less than young while standing with eyes open.

These results suggest that response to fatigue of the lumbar extensor muscles was similar among young and elderly individuals. However there was a tendency to adopt different way to maintain quiet standing between groups, with increased movement of the CoP in the young and decreased in the elderly. Additionally, there are differences in the movement of individual part of the body between the young and the elderly subjects. The elderly decreased movement of the head and the shoulders after fatigue, which can be the result of the greater stiffness of the joints.

**Keywords:** muscle fatigue, postural sway, kinematics, elderly, balance

## **Razlaga oznak**

**SP** - središče pritiska

**SRP** - sila reakcije podlage

**TT** - telesno težišče

**PP** - podporna površina

**ŽS** – živčni sistem

**MSS** - mišični skeletni sistem

**OŽ** - osrednje živčevje

**A-P pot** - gibanje SP v antero-posteriorni smeri z odprtimi očmi

**A-P pot ZO** - gibanje SP v antero-posteriorni smeri z zaprtimi očmi

**M-L pot** - gibanje SP v medio-lateralni smeri z odprtimi očmi

**M-L pot ZO** - gibanje SP v medio-lateralni smeri z zaprtimi očmi

**A-P variabilnost** - variabilnost gibanja SP v A-P smeri z odprtimi očmi

**A-P variabilnostZO** - variabilnost gibanja SP v A-P smeri z zaprtimi očmi

**M-L variabilnost** - variabilnost gibanja SP v M-L smeri z odprtimi očmi

**M-L variabilnostZO** - variabilnost gibanja SP v M-L smeri z zaprtimi očmi

**Hitrost gibanja SP** - hitrost gibanja SP z odprtimi očmi

**Hitrost gibanja SPZO** - hitrost gibanja SP z zaprtimi očmi

**Površine** - površina gibanja SP z odprtimi očmi

**Površine ZO** - površina gibanja SP z zaprtimi očmi

**Pred : po** - razlika med meritvama pred in po utrujanju

**po : 10 po** - razlika med meritvama po utrujanju in 10 minut po utrujanju

**pred : 10 po** - razlika med meritvama pred utrujanjem in 10 minut po utrujanju

**PRED** - pred utrujanjem

**PO** - po utrujanju

**10 MINUT PO** - 10 minut po utrujanju

# KAZALO

1. UVOD.....	1
1.1 Ravnotežje .....	1
1.2 Padci.....	2
1.3 Uravnavanje drže .....	3
1.4 Mehanizmi ohranjanja ravnotežja med stojo .....	5
1.4.1 Motorični mehanizmi uravnavanja stoje .....	5
1.4.2 Senzorni mehanizmi uravnavanja stoje.....	9
1.5 Mišična utrujenost.....	11
1.5.1 Centralna utrujenost .....	11
1.5.2 Periferna utrujenost .....	12
1.6 Proces staranja .....	13
1.6.1 Vpliv staranja na mišično skeletni sistem .....	13
1.6.2 Vpliv staranja na živčno-mišični sistem.....	15
1.6.3 Vpliv staranja na senzorni sistem.....	15
2. PREDMET IN PROBLEM .....	17
2.1 Vpliv mišične utrujenosti na ravnotežje .....	17
2.1.1 Vpliv mišične utrujenosti na mišično-skeletni sistem.....	17
2.1.1.1 Vpliv utrujenosti hrbtnih mišic na mišično-skeletni sistem .....	18
2.1.2 Vpliv mišične utrujenosti na senzorni sistem.....	19
2.1.2.1 Vpliv utrujenosti hrbtnih mišic na propriocepcijo .....	19
2.1.3 Vpliv mišične utrujenosti na pozornost.....	20
2.1.4 Mišična utrujenost in staranje .....	20
2.2 Problem naloge .....	22
3. CILJI IN HIPOTEZE .....	23
4. METODE DE LA .....	25
4.1 Vzorec merjencev .....	25
4.2 Merilni inštrumenti .....	25
4.3 Postopek merjenja .....	29
4.4 Statistične metode.....	31



5. REZULTATI .....	32
5.1 Razlike med mlajšimi in starejšimi preiskovanci v ravnotežju .....	32
5.1.1 Razlike med mlajšimi in starejšimi preiskovanci v gibanju SP .....	32
<i>Odprte oči</i> .....	33
<i>Zaprte oči</i> .....	33
5.1.2 Razlike med mlajšimi in starejšimi preiskovanci v gibanju telesnih segmentov .....	37
5.1.2.1 <i>Odprte oči</i> .....	37
5.1.2.2 <i>Zaprte oči</i> .....	40
5.2 Vpliv utrujanja hrbtnih mišic na ravnotežje za skupino starejših in skupino mlajših preiskovancev .....	44
5.2.1 Vpliv utrujanja na gibanja SP .....	44
5.2.1.1 <i>Odprte oči</i> .....	45
5.2.1.2 <i>Zaprte oči</i> .....	49
5.2.2. Vpliv utrujanja na gibanje posameznega telesnega segmenta .....	53
5.2.2.1 <i>Odprte oči</i> .....	53
5.2.2.2 <i>Zaprte oči</i> .....	56
5.3 Razlike v odzivu na utrujanje med mladimi in starejšimi preiskovanci - Interakcija med starostjo in utrujanjem .....	61
5.3.1 Gibanje SP .....	61
5.3.2 Gibanje posameznega telesnega segmenta .....	61
5.3.2.1 <i>Odprte oči</i> .....	61
5.3.2.2 <i>Zaprte oči</i> .....	62
5.4 Razlike v odzivu na utrujanje med mladimi in starejšimi preiskovanci pri različnih vidnih pogojih (odprte, zaprte oči) .....	63
6. RAZPRAVA .....	65
6.1 Vpliv starosti na ravnotežje .....	65
6.2 Vpliv utrujenosti na ravnotežje .....	68
6.3 Razlike v odzivu na utrujanje med mladimi in starejšimi preiskovanci - Interakcija med starostjo in utrujanjem .....	72
6.4 Sklep .....	74
7. ZAKLJUČEK .....	75
8. ORIGINALNI PRISPEVEK K ZNANOSTI .....	78
9. LITERATURA .....	79
10. PRILOGE .....	93

## KAZALO SLIK

Slika 1	Prikaz sistemov, ki prispevajo k uravnavanju drže. ....	4
Slika 2	Prikaz idealne drže telesa med stojo.....	6
Slika 3	Strategije drže.....	7
Slika 4	Območja telesa, kjer nastane utrujenost. ....	11
Slika 5	Primerjava drže med mladimi in starejšimi, med stojo. ....	14
Slika 6	Prikaz uporabniške strani za nastavljanje parametrov obdelave podatkov. ....	26
Slika 7	Primer stabilograma pri sonožni stoji z zaprtimi očmi.....	27
Slika 8	Namestitev markerjev na posameznega merjenca.....	29
Slika 9	Izvedba modificiranega Sorensenovega testa.....	31
Slika 10	Razlika med mlajšimi in starejšimi preiskovanci v gibanju SP pri stoji z odprtimi in zaprtimi očmi v antero-posteriorni smeri. ....	33
Slika 11	Razlika med mlajšimi in starejšimi preiskovanci v gibanju SP pri stoji z odprtimi in zaprtimi očmi v medio-lateralni smeri. ....	34
Slika 12	Razlika med mlajšimi in starejšimi preiskovanci v variabilnosti gibanja SP v medio-lateralni smeri pri stoji z odprtimi in zaprtimi očmi. ....	34
Slika 13	Razlika med mlajšimi in starejšimi preiskovanci v hitrosti gibanja SP pri stoji z odprtimi in zaprtimi očmi.....	35
Slika 14	Razlika med mlajšimi in starejšimi preiskovanci v variabilnosti gibanja SP v antero-posteriorni smeri pri stoji z odprtimi in zaprtimi očmi. ....	35
Slika 15	Razlika med mlajšimi in starejšimi preiskovanci v površini gibanja SP pri stoji z odprtimi in zaprtimi očmi. ....	36
Slika 19	Vpliv starosti na variabilnost gibanja posameznega telesnega segmenta (Glava, Rama in Kolk) v medio-lateralni smeri (ML variabilnost), z odprtimi očmi pri mlajših preiskovancih (sivo) in starejših preiskovancih (belo), pred utrujanjem (PRED), po utrujanju (PO) in 10 minut po utrujanju (10 MINUT PO).....	39
Slika 20	Vpliv starosti na hitrost gibanja posameznega telesnega segmenta (Glava, Rama in Kolk) (Hitrost), z odprtimi očmi pri mlajših preiskovancih (sivo) in starejših preiskovancih (belo), pred utrujanjem (PRED), po utrujanju (PO) in 10 minut po utrujanju (10 MINUT PO).....	40
Slika 22	Vpliv starosti na gibanja posameznega telesnega segmenta (Glava, Rama in Kolk) v antero-posteriorni smeri (AP pot), z zaprtimi očmi pri mlajših	

preiskovancih (sivo) in starejših preiskovancih (belo), pred utrujanjem (PRED), po utrujanju (PO) in 10 minut po utrujanju (10 MINUT PO).....	41
Slika 23 Vpliv starosti na gibanja posameznega telesnega segmenta (Glava, Rama in Kolk) v medio-lateralni smeri (ML pot), z zaprtimi očmi pri mlajših preiskovancih (sivo) in starejših preiskovancih (belo), pred utrujanjem (PRED), po utrujanju (PO) in 10 minut po utrujanju (10 MINUT PO).....	42
Slika 24 Vpliv starosti na variabilnost gibanja posameznega telesnega segmenta (Glava, Rama in Kolk) v antero-posteriorni smeri (AP variabilnost), z zaprtimi očmi pri mlajših preiskovancih (sivo) in starejših preiskovancih (belo), pred utrujanjem (PRED), po utrujanju (PO) in 10 minut po utrujanju (10 MINUT PO).....	42
Slika 25 Vpliv starosti na variabilnost gibanja posameznega telesnega segmenta (Glava, Rama in Kolk) v medio-lateralni smeri (ML variabilnost), z zaprtimi očmi pri mlajših preiskovancih (sivo) in starejših preiskovancih (belo), pred utrujanjem (PRED), po utrujanju (PO) in 10 minut po utrujanju (10 MINUT PO).....	43
Slika 26 Gibanje središča pritiska v antero-posteriorni smeri (A-P pot) pri odprtih očeh za skupino mlajših preiskovancev (modra) in starejših (rdeča), pred utrujanjem, po utrujanju in 10 minut po utrujanju.....	45
Slika 27 Hitrost gibanja središča pritiska pri odprtih očeh za skupino mlajših preiskovancev (modra) in starejših (rdeča), pred utrujanjem, po utrujanju in 10 minut po utrujanju.....	46
Slika 28 Gibanje središča pritiska v medio-lateralni smeri (M-L pot) pri odprtih očeh za skupino mlajših preiskovancev (modra) in starejših (rdeča), pred utrujanjem, po utrujanju in 10 minut po utrujanju.....	47
Slika 29 Variabilnost gibanje središča pritiska v antero-posterorni smeri (A-P variabilnost) pri odprtih očeh za skupino mlajših preiskovancev (modra) in starejših (rdeča), pred utrujanjem, po utrujanju in 10 minut po utrujanju.....	47
Slika 30 Variabilnost gibanje središča pritiska v medio-lateralni smeri (M-L variabilnost) pri odprtih očeh za skupino mlajših preiskovancev (modra) in starejših (rdeča), pred utrujanjem, po utrujanju in 10 minut po utrujanju.....	48
Slika 31 Površina gibanje središča pritiska (Površina) pri odprtih očeh za skupino mlajših preiskovancev (modra) in starejših (rdeča), pred utrujanjem, po utrujanju in 10 minut po utrujanju.....	48
Slika 32 Gibanje središča pritiska v antero-posteriorni smeri (A-P pot) pri zaprtih očeh za skupino mlajših preiskovancev (modra) in starejših (rdeča), pred utrujanjem, po utrujanju in 10 minut po utrujanju.....	49
Slika 33 Gibanje središča pritiska v medio-lateralni smeri (M-L pot) pri zaprtih očeh za skupino mlajših preiskovancev (modra) in starejših (rdeča), pred utrujanjem, po utrujanju in 10 minut po utrujanju.....	50

Slika 34 Variabilnost gibanje središča pritiska v antero-posterorni smeri (A-P variabilnost) pri zaprtih očeh za skupino mlajših preiskovancev (modra) in starejših (rdeča), pred utrujanjem, po utrujanju in 10 minut po utrujanju. ....	51
Slika 35 Variabilnost gibanje središča pritiska v medio-lateralni smeri (M-L variabilnost) pri zaprtih očeh za skupino mlajših preiskovancev (modra) in starejših (rdeča), pred utrujanjem, po utrujanju in 10 minut po utrujanju. ....	51
Slika 36 Hitrost gibanja središča pritiska pri zaprtih očeh za skupino mlajših preiskovancev (modra) in starejših (rdeča), pred utrujanjem, po utrujanju in 10 minut po utrujanju. ....	52
Slika 37 Površina gibanje središča pritiska (Površina) pri zaprtih očeh za skupino mlajših preiskovancev (modra) in starejših (rdeča), pred utrujanjem, po utrujanju in 10 minut po utrujanju. ....	52

# 1. UVOD

## 1.1 Ravnotežje

Telesna sposobnost je zelo kompleksen pojem in ocena telesne sposobnosti zavzema zelo široko področje. Ravnotežje je eno izmed vidikov telesne sposobnosti, s katerimi opisujemo povezavo med različnimi elementi. Za lažje razumevanje ocene ravnotežja moramo najprej razumeti nekatere pojme oz. definicije, ki se navezujejo na ravnotežje.

Izraz *ravnotežje*, kot je uporabljen v mehaniki, je definiran kot položaj predmeta, kjer je rezultanta sil nanj enaka nič (1. Newtonov zakon). Sposobnost predmeta ohranjati ravnotežje v statičnih pogojih pomeni, da je sposoben ohranjati vertikalno projekcijo telesnega težišča (TT) znotraj podporne površine (PP). Ko TT pade iz PP govorimo o neravnotežju in verjetnosti za padec (Pollack, Durward in Rowe, 2000). Zato je trenutna stabilnost nekega telesa odvisna od smeri in velikosti sile, ki povzroči gibanje telesa izven meja PP, stabilnost telesa pa je odvisna od položaja TT, teže predmeta in velikosti PP. Pri dinamičnih pogojih je potrebno upoštevati tudi druge sile, ki delujejo na človeško telo. Človeško telo ni togo telo, kajti dele človeškega telesa povezujejo sklepi, ki omogočajo gibanje v različnih ravninah telesa in smereh gibanja, kar privede do večje kompleksnosti gibanja in vzdrževanja ravnotežja.

Tudi zelo preproste gibalne naloge zahtevajo neprestano zaznavanje položaja telesa in prilagoditve za ohranjanje TT nad PP (Shumway-Cook in Woollacott, 2007). Ravnotežje delimo na statično in dinamično. Statično ravnotežje je sposobnost ohranjanja TT nad PP med stoji, medtem ko je dinamično ravnotežje sposobnost ohranjanja TT nad PP med gibanjem telesa ali gibanjem PP (Plowman in Smith, 2014).

## 1.2 Padci

Ravnotežje je izredno pomembna komponenta športne pripravljenosti, zato je dejstvo, da veliko športov treningu ravnotežja posveča izredno velik pomen. Vsekakor pa je ravnotežje zelo pomembno tudi v vsakdanjem življenju. Dobro ravnotežje zmanjša tveganje za padce, posledično zmanjša število poškodb in umrljivost med starejšimi (Plowman in Smith, 2014). Več kot tretjina starostnikov, starejših od 65 let, pade vsaj enkrat na leto, polovica teh pade večkrat letno. S starostjo število padcev narašča, in sicer tako, po 85. letu pade že vsak drugi posameznik vsaj enkrat na leto (Blake in sod., 1988; Tinetti in sod., 1988). Večina teh padcev je rezultat izgube ravnotežja v smeri naprej, kot je npr. spotikanje med hojo (Blake in sod., 1988). Iz javno dostopnih podatkov za Slovenijo za leto 2012 je razvidno, da je bilo na 1000 prebivalcev med 60 in 64 letom starosti 16,1 oseb, med 65 in 74 letom starosti 19,9 oseb, med 75 in 84 letom starosti 32,7 in po 85 letu starosti kar 61,3 oseb hospitaliziranih zaradi poškodb in zastrupitev po zunanjem vzroku, od tega jih je 62% zaradi padcev (Bolnišnične obravnave zaradi poškodb in zastrupitev, 2012).

Dejavnike tveganja za padec lahko razdelimo v dve večji skupini, in sicer v notranjo in zunanjo. Zunanji dejavniki tveganja so: velikost PP, velikost in smer zunanje sile, ki povzročita motnje ravnotežja in položaj telesa ob zunanji motnji (Wilson, Madigan, Davidson in Nussbaum, 2006). Notranje dejavnike tveganja pa lahko razdelimo v tri skupine: stanja ali bolezni, ki povzročajo zmanjšan senzorni pritok informacij iz okolice in telesa (vidni, vestibularni in somatosenzorni sistemi), bolezni, ki negativno vplivajo na živčni sistem (ŽS) ali bolezni, ki negativno vplivajo na efektorni sistem (mišično-skeletni sistem) (Close, 2005).

### 1.3 Uravnavanje drže

*Uravnavanje drže* je definirano kot uravnavanje drže telesa v prostoru in ima dve funkciji: prva je stabilnost/ravnotežje, druga pa orientacija telesa v prostoru. *Orientacija telesa* je definirana kot sposobnost ohranjanja primernega odnosa med deli telesa in med deli telesa ter okoljem. Izraz *drža* je pogosto uporabljen tako za opisovanje biomehanskega položaja telesa, kot za opisovanje orientiranosti telesa v prostoru (Horak in Macpherson, 1996; Shumway-Cook in Woollacott, 2007). Orientacija telesa je odvisna od senzoričnih informacij iz vidnega, somatosenzornega in vestibularnega sistema.

Stabilnost telesa pa je sposobnost ohranjanja TT nad PP med hotenimi in zunanjimi motnjami stabilnega položaja telesa. Za zagotavljanje stabilnosti sta potrebni interakcija in koordinacija senzomotoričnih strategij (Horak, 2006). Stabilnost in orientacija telesa sta dva ločena cilja uravnavanja drže. Čeprav funkcijske aktivnosti zahtevajo sodelovanje obeh področij uravnavanja drže, pa se pri različnih aktivnostih pojavljajo razlike v količini vključevanja posameznega dela uravnavanja drže (Shumway-Cook in Woollacott, 2007).

Glede na prepletanje terminologije bo v tem delu uporabljen izraz uravnavanje drže tako za orientacijo telesa, kot za stabilnost. Uravnavanje drže je izredno kompleksna dejavnost (slika1), ki zahteva nenehno prepletanje funkcij ŽS, mišično skeletnega sistema (MSS) in senzornega sistema. Funkcijske sposobnosti MSS, ki so pomembne za uravnavanje drže so pasivni obseg sklepne gibljivosti, mišična zmogljivost in biomehanski odnosi med posameznimi deli telesa. Ustrezna mišična koaktivacija zagotavlja togost sklepa, ki omogoča telesu, da se upira sili teže in sili podlage ter tako ohranja ravnotežni položaj (Massion, 1998). ŽS sprejema povratne informacije iz različnih senzornih sistemov (vidnega, vestibularnega in somatosenzornega), da lahko ovrednoti položaj in stabilnost telesa. Osrednje živčevje (OŽ) s primerjavo senzoričnih povratnih informacij in podobo telesa izdelava načrt za živčno mišični odgovor, potreben za korekcijo drže, ki je skladen z zahtevami okolja (Maurer, Mergner in Peterka, 2006; Mergner in Rosemeier, 1998).



Slika 1 Prikaz sistemov, ki prispevajo k uravnavanju drže.

Prirjeno po Shumway-Cook in Woollacott, 2007.

Če je ravnotežje definirano kot motorična sposobnost, s katero se izogibamo padcu, potem je uravnavanje drže mehanizem za ohranjanje ravnotežja. Ravnotežne reakcije so odgovor na senzorne povratne informacije (feed-back); kadar pa so reakcije za ohranjanje ravnovesnega položaja (ali pa drže) vnaprej predvidene, pa govorimo o vnaprejšnjih prilagoditvenih strategijah (feed-forward) (Ghez in Krakauer, 2000). Strategije uravnavanja drže so torej kompenzatorne, vnaprejšnje ali kombinacija obeh (Pollock, Durward, Rowe in Paul, 2000). Uravnavanje drže je tako sestavljeno iz treh različnih komponent: predpriprava drže, spremljanje drže in korekcija drže (Frank in Earl, 1990).



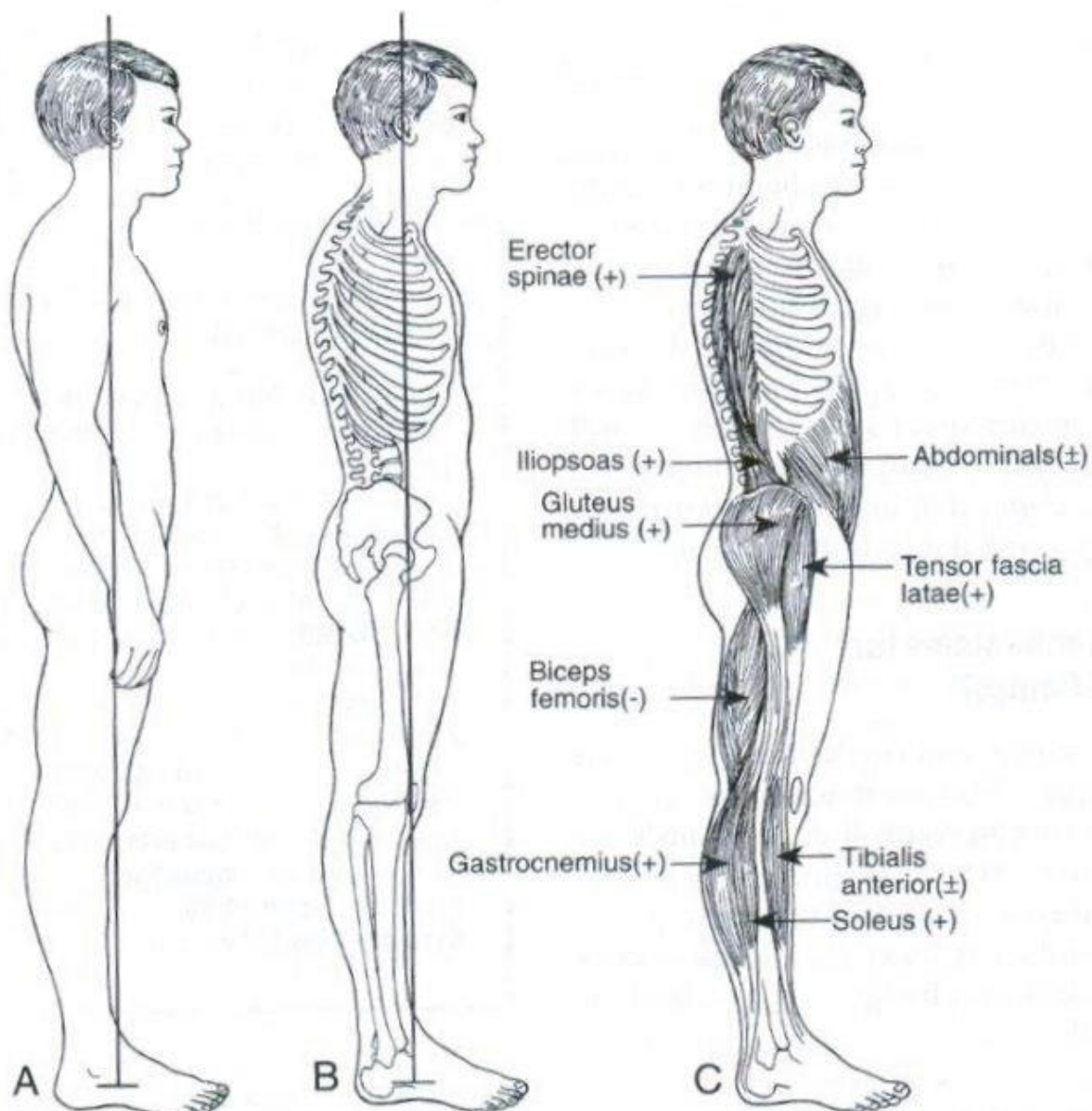
## **1.4 Mehanizmi ohranjanja ravnotežja med stojo**

Mehanizme ohranjanja ravnotežja lahko razdelimo v tri večje sklope. 1. Motorične strategije stoje, to so sklopi gibanj, odgovorni za uravnavanje položaja telesa v prostoru. 2. Senzorne strategije organizirajo senzorične informacije iz vidnega, somatosenzornega in vestibularnega sistema za uravnavanje stoje. 3. Senzomotorične strategije določajo pravila za koordinacijo senzornih in motoričnih dejavnosti pri uravnavanju stoje (Nashner, 1989, v Shumway-Cook in Woollacott, 2007).

### **1.4.1 Motorični mehanizmi uravnavanja stoje**

Za stojo je značilno nenehno spontano gibanje telesa - opletanje telesa (Horak in Macpherson, 1996), za kar je potrebno usklajeno delovanje več dejavnikov. Drža telesa je tisti dejavnik, ki omogoča upiranje gravitacijskim silam, ki silijo telo iz ravnotežnega položaja. Druga komponenta pa je mišični tonus, s katerim mišice vzdržujejo pokončni položaj telesa (Gurfinkel, 2006).

Med stojo vplivajo na mišični tonus trije večji dejavniki: togost mišic sama po sebi, h kateri prispevajo viskoelastične lastnosti mišic, kit in vezivnega tkiva, mišični tonus, ki ga ima vsaka normalno oživčena mišica v mirovanju in mišični tonus proti-gravitacijskih mišic med stojo (Kendall in McCreary, 1983). Mišice, ki vzdržujejo pokončni položaj telesa med stojo, ali z drugo besedo proti-gravitacijske mišice, so tonične mišice in so aktivne ves čas ohranjanja položaja (slika 2). Mišici soleus in gastrocnemius sta aktivni, ko pade TT rahlo pred kolenski in zgornji skočni sklep, mišica tibialis anterior se aktivira ob gibanju telesa nazaj, mišice gluteus medius in tensor fasciae latae ter iliopsoas so aktivne ob premikih v kolčnem sklepu, mišice toracic erector spinae so ves čas aktivne, kajti TT poteka pred hrbtenico (Basmajian in De Luca, 1985).

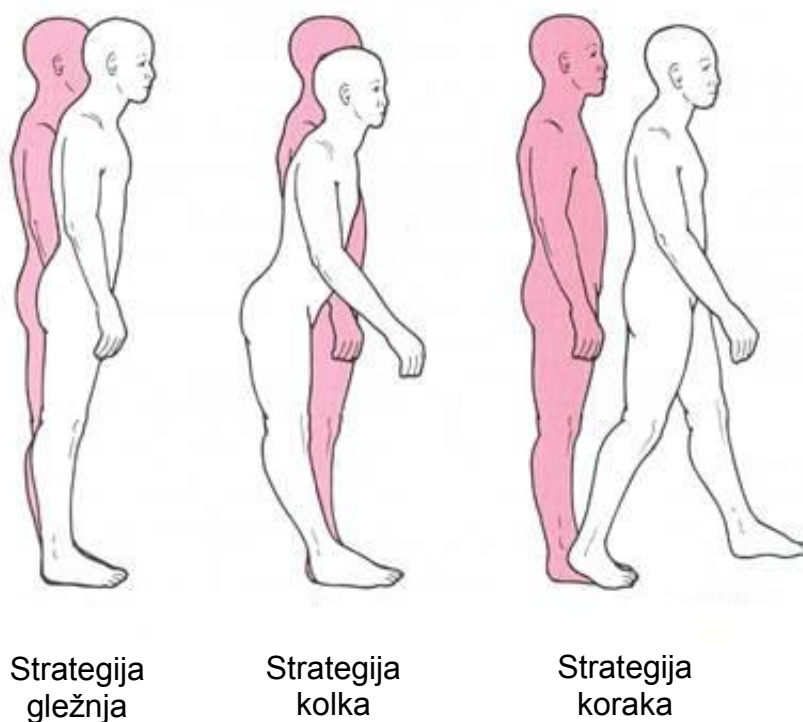


Slika 2 Prikaz idealne drže telesa med stojo

A in B Prikaz idealne drže telesa med stojo, za katerega je potrebno minimalno mišično delo za vzdrževanje pokončnega položaja telesa. C Prikaz toničnih mišic, ki zagotavljajo stojo. Prirejeno po Shumway-Cook in Woollacott, 2007.

Glede na to, da se TT med stojo nahaja malo pred 2. križnim vretencem in je PP definirana s položajem stopal, poskuša telo ohranjati stabilnost z nihanjem telesa v obliki narobe obrnjenega stožca (Nashner, 1977). In glede na nenehno gibanje telesa med stojo, je potrebna konstantna tonična aktivnost zgoraj naštetih mišic, ob večjih premikih TT iz PP pa se mišična aktivnost teh mišic še poveča. V takšnih primerih so potrebne ravnotežne reakcije, da se TT vrne nazaj nad PP in da ohranimo ravnotežni položaj.

Prevladujoče strategije ob motnji ravnotežja so: strategija gležnja, strategija kolka in strategija koraka (Horak in Nashner, 1986) (slika 3). Najpogosteje jih uporabljamo v primeru zunanje motnje ravnotežja, kot je gibljiva podporna ploskev, v primeru ohranjanja ravnotežja ob hotenih gibih, ob katerih pride do motenj stabilnega položaja telesa, v primeru hoje ali v primeru zunanje motnje med hojo in v primeru hotenih premikov TT med stojo.



Slika 3 Strategije stoje.

Strategije stoje, ki jih uporabljajo zdravi odrasli ljudje za nadzor pokončne drže. Prirejeno po Shumway-Cook in Woollacott, 2007.

Glede na to, da pri ohranjanju ravnotežja poteka gibanje telesa pretežno v dveh smereh, in to v antero-posteriorni in medio-lateralni smeri, govorimo o antero-posteriorni in medio-lateralni stabilnosti (Shumway-Cook in Woollacott, 2007).

Za ohranjanje ravnotežja v antero-posteriorni smeri se uporablja strategija gležnja v primeru manjših motenj in kadar PP miruje, medtem ko se strategija kolka uporabi v primeru večjih in/ali hitrejših motenj ravnotežja ter kadar je PP ravna in manjša od stopala. V primerih ko pa strategija gležnja in kolka ne zadostujeta za ohranjanje ravnotežja, je potrebna strategija koraka, ki se večinoma uporablja, ko gre za velike premike TT, ko se premakne izven PP (Horak in Nashner, 1986).

Za različne strategije ravnotežnega odgovora na zunanjo motnjo so značilne sinergistične kontrakcije mišic, ki omogočajo aktivnost večjega števila mišic hkrati in s tem večjo stabilnost v dani situaciji. Pri večini ljudi, katerih OŽ je normalno aktiven, se za uravnavanje gibanja TT v smeri naprej-nazaj kombinirajo vse tri strategije in z njimi povezane mišične sinergije (Horak in Nashner, 1986).

Pri medio-lateralni stabilnosti je največji delež gibanja v kolkih in trupu in le manjši del gibanju v gležnju (Day, Steiger, Thompson in Marsden, 1993), opazno pa je tudi gibanje glave (Winter, Prince, Steriou in Powell, 1993, v Shumway-Cook in Woollacott, 2007). Zaporedje aktivacije mišic se med obema strategijama razlikuje. Pri odzivu v antero-posteriorni smeri je distalno-proksimalna aktivacija mišic, medtem ko je pri odzivu v medio-lateralni smeri ravno obratno, in sicer se najprej začne gibati glava, tej sledi gibanje kolkov s 20 ms zakasnitvijo in nato še gibanje v gležnjih s 40 ms zakasnitvijo. Pri tem se glava giblje v nasprotni smeri kot kolk in gleženj (Horak in Moore, 1989).

### 1.4.2 Senzorni mehanizmi uravnavanja stoje

OŽ organizira informacije iz senzornih receptorjev celotnega telesa še preden definira položaj telesa v prostoru. Vsaka senzorna zaznava (vidna, somatosenzorna in vestibularna) posreduje OŽ specifične informacije o položaju in gibanju telesa, kar pomeni, da vsaka senzorna zaznava pripomore k uravnavanju stoje (Gurfinkel in Levick, 1991).

Vidni sistem poroča o položaju in gibanju glave glede na okolico. Vidne informacije vsebujejo tako periferne vidne informacije kot centralne vidne informacije. Periferne informacije naj bi bile pomembnejše pri uravnavanju stoje (Paillard, 1987, v Shumway-Cook in Woollacott, 2007).

Somatosenzorni sistem seznanja OŽ s položajem, gibanjem telesa in sporoča, kakšen je odnos med posameznimi deli telesa. Zavedanje gibanja sklepov in telesa ter zavedanje položaja telesa ali delov telesa v prostoru imenujemo propriocepcija in jo je prvi definiral Sherrington leta 1906 (Lephart in Fu, 2000). Poleg občutka za gibanje in občutka za položaj sklepov, kar imenujemo kinestezija, vključuje propriocepcija tudi občutek za silo in težo. Te informacije prihajajo iz receptorjev, ki se nahajajo v sklepih, kitah in mišicah, prihajajo pa tudi iz kožnih mehanoreceptorjev (Proske in Gandevia, 2009).

Informacije o hitrosti krčenja mišičnih vlaken in njihovi dolžini prihajajo do OŽ iz golgijevega tetivnega organa v povezavi z mišičnim vretenom (Kistemaker, Van Soest, Wong, Kurtzer in Gribble; 2012), ko se mišica krči v srednjem obsegu giba, medtem ko sklepni receptorji posredujejo informacije, ko se gibanje približuje končnemu obsegu giba (Lattanzio in Petrella, 1998). Kožni receptorji (Pacinijeva telesca za vibracije, Meisnerjeva telesca za dotik, receptorji v foliklih dlak za dotik, Rufinijeva telesca za pritisk, Merkelovi diski za lokalizacijo) nudijo dodatne senzorne informacije h končni oceni položaja in gibanja sklepa. Pacinijeva in Rufinijeva telesca znatno prispevajo k proprioceptivni zaznavi (Collins, Refshauge, Todd. in Gandevia, 2005; Roll, Kavounoudias in Roll, 2002), čeprav še vedno v manjši meri kot mišična vretena (Collins, Refshauge, Todd. in Gandevia, 2005).

V povezavi z uravnavanjem stoji mišična vretena in kožni receptorji na stopalu in gležnju pomembno prispevajo k zaznavanju položaja in gibanja telesa ali propiocepciji (Roll, Kavounoudias in Roll, 2002).

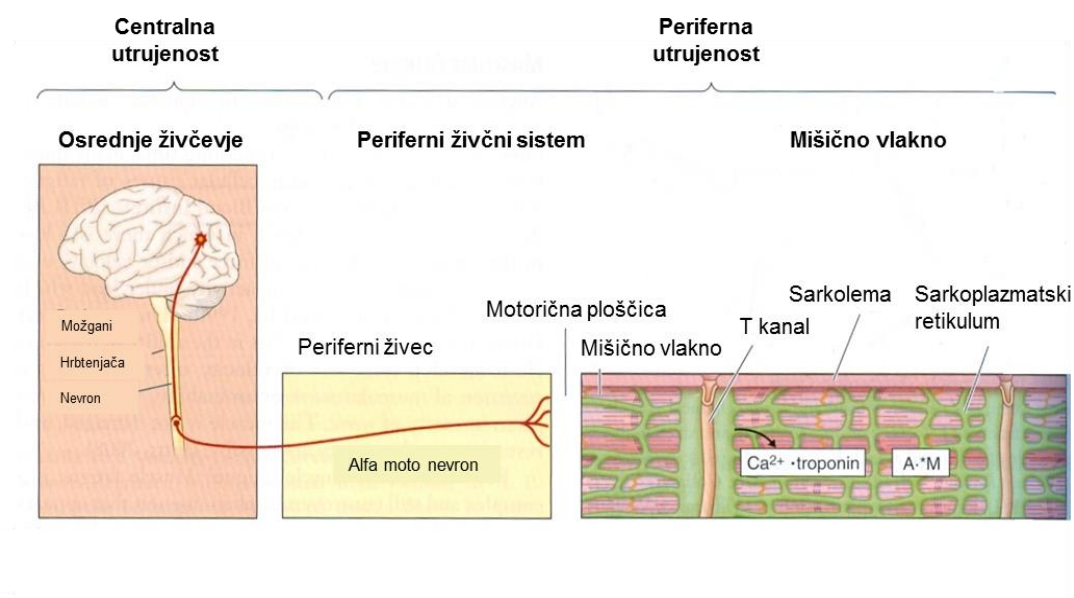
Dolgo je veljalo prepričanje, da so sklepni receptorji najpomembnejši informatorji OŽ o položaju sklepa in gibanju posameznega telesnega segmenta. Danes pa vemo, da so drugi receptorji, kot so mišični in kožni receptorji, izrednega pomena za propiocepcijo (Proske in Gandevia, 2012). Propriocepcija zagotavlja zavedanje o aktivnosti mišic, kit in sklepov in zagotavlja občutek za ravnotežje (Plowman in Smith, 2014).

Vestibularni sistem posreduje OŽ informacije o položaju in gibanju glave, upoštevajoč gravitacijo in vztrajnostno silo. Vestibularni sistem ima dva tipa receptorjev za zaznavanje položaja in gibanja glave. Prvi so polkrožni kanali, ki zaznavajo hitre premike glave, do katerih prihaja med zdrsom, spotikanjem in padanjem. Drugi so otolitni organi, ki posredujejo informacije o položaju glave glede na silo gravitacije, so tonično aktivni in sodelujejo pri uravnavanju tonusa mišic. OŽ obveščajo o počasnih premikih glave, kakršni so prisotni med stoji. Vestibularni sistem sam ne more podati OŽ zadosti informacij o gibanju telesa v prostoru (Horak in Schupert, 1994).

Vzajemno delovanje vseh treh senzornih sistemov je bistvenega pomena za uravnavanje stoji. Ta proces je hierarhično urejen in omogoča v danih okoliščinah izbiro najustrežnejših senzornih informacij. Videti je, kot da v normalnih okoliščinah ŽS lahko da večji pomen somatosenzornim informacijam kot pa vizualnim in vestibularnim (Shumway-Cook in Woollacott, 2007). Vidne in vestibularne informacije so bolj zanesljivi vir informacij o položaju telesa kadar so somatosenzorne informacije motene, to je v primeru gibljive podporne površine (Fitzpatrick in McCloskey, 1994).

## 1.5 Mišična utrujenost

Mišična utrujenost je opredeljena kot splošni koncept zmanjšane gibalne aktivnosti, ki se kaže kot povečan napor, potreben za izvedbo določene aktivnosti ali kot nezmožnost proizvesti silo, potrebno za izvedbo te aktivnosti (Enoka in Stuart, 1992). Utrujenost lahko razdelimo na centralno ali periferno utrujenost, kar je odvisno od tega, na katerem delu organizma utrujenost nastopi (Slika 4). Centralni del zajema živčni sistem (možgani in hrbtenjača), medtem ko periferni del zajema specifične dele skeletnih mišic. Utrujenost je kompleksen fenomen in je rezultat povezav mehanizmov v OŽ in na strani perifernega živčevja mišice. Stopnja utrujenost je odvisna od aktivnosti, ki se izvajajo, od tipa mišičnih vlaken, ki sodelujejo v dani aktivnosti in od pripravljenosti posameznika (fizične, psihične, prehranske) (Plowman in Smith, 2014).



Slika 4 Območja telesa, kjer nastane utrujenost.

Prirjeno po Plowman in Smith, 2014.

### 1.5.1 Centralna utrujenost

Centralna utrujenost je v povezavi z motnjami na različnih nivojih v možganski skorji, motnjami pri širjenju živčnih akcijskih potencialov po hrbtenjači in motnjami pri

rekrutaciji, vključevanju motoričnih nevronov. Centralna utrujenost se kaže kot zmanjšana sposobnost zavestne aktivacije mišic, ki je posledica zmanjšanja števila aktivnih motoričnih enot in zmanjšanja frekvenc sproženja aktivnih motoričnih enot (Bigland-Ritchie, 1981). Na centralno utrujenost vplivata tudi psihološka pripravljenost in motivacija, potrebna za premagovanje napora, predvsem, kadar lahko nadaljevanje aktivnosti povzroči bolečino (Plowman in Smith, 2014).

Centralna utrujenost se v največji meri kaže pri nizko intenzivnih, dlje časa trajajočih neprekinjenih izometričnih aktivnostih in manj pri visoko intenzivnih aktivnostih (Lattier, Millet, Martin in Martin, 2004; Bongiovanni in Hagbarth, 1990).

### **1.5.2 Periferna utrujenost**

Periferna utrujenost nastopi zaradi sprememb, ki nastanejo na motorični ploščici in distalno od nje. Periferno utrujenost lahko povzročijo motnje pri živčno-mišičnem prenosu preko motorične ploščice ali motnje na nivoju širjenja akcijskega potenciala po membrani mišičnega vlakna, kar imenujemo visokofrekvenčna periferna utrujenost in motnje v aktivaciji kontraktilnih mehanizmov mišice, kar pa imenujemo nizkofrekvenčna periferna utrujenost (Plowman in Smith, 2014).

Periferna utrujenost se najbolj kaže pri procesih povezave vzdraženosti in krčenja, kjer se akcijski potencial pretvori v mišično silo. Vključeni so naslednji procesi: pod vplivom akcijskega potenciala sprememba prevodnosti sarkoplazemskega retikuluma za  $\text{Ca}^{2+}$ , sproščanje  $\text{Ca}^{2+}$  iz sarkoplazemskega retikuluma v sarkoplazmo, vračanje  $\text{Ca}^{2+}$  v sarkoplazemski retikulum, vezava  $\text{Ca}^{2+}$  na troponin in vezava aktina in miozina in hkratna hidroliza ATPja (Fitts, 1994; Saugen, Vollestad, Gibson, Martin in Edwards, 1997).



## 1.6 Proces staranja

Staranje lahko opišemo z več različnimi modeli oz. teorijami, ki pa so generalno razdeljene v dve večji skupini. Prva kategorija, ki ji lahko rečemo *primarno staranje*, vključuje teorije, ki se nanašajo na notranje dejavnike staranja in življenjsko dobo, ki naj bi bila genetsko določena. Glede na predpostavke prve kategorije lahko predvidevamo, da organizem na začetku življenja funkcioniira optimalno na vseh nivojih, sčasoma pa se začne postopni upad celic v posameznih sistemih, dokler se sistem na specifični točki ne poruši. V to kategorijo sodijo tudi teorije, ki predvidevajo, da obstajajo specifični genetski programi, ki sprožijo padec imunskega ali nevroendokrinega sistema, kar privede do smrti (Tinetti in Ginter, 1988; Shumway-Cook in Woollacott, 2007).

Druga kategorija, ali *sekundarno staranje*, vključuje teorije, ki predpostavljajo, da so za staranje krivi zunanji dejavniki. Življenjsko dobo po teh teorijah določajo dejavniki okolja s svojim negativnim vplivom na organizem. Ti so: sevanje, onesnaženje, bakterije, virusi, nezdrava hrana, strupi in poškodbe, ki povzročijo okvaro organizma. Po teh teorijah naj bi specifični sistemi ves čas delovali na istem, tj. visokem nivoju vse do smrti. V primeru specifičnih bolezni in poškodb pa pride do hitrega upada delovanja sistema (Shumway-Cook in Woollacott, 2007).

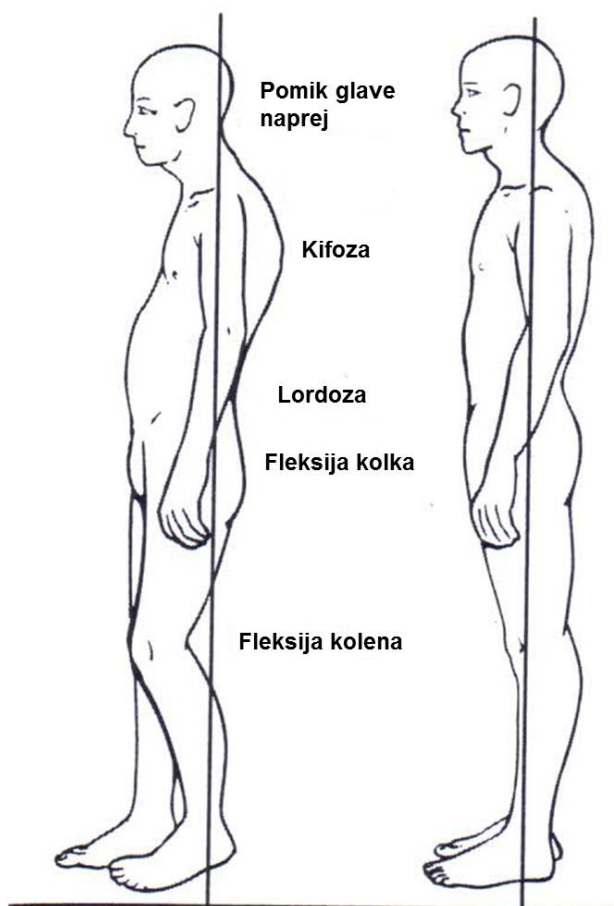
Primarni in sekundarni dejavniki se v procesu staranja prepletajo. Vsekakor pa se moramo zavedati, kar potrjujejo tudi mnogi raziskovalci, da imajo sekundarni dejavniki globlji vpliv in da so v veliki meri odvisni od nas samih (Shumway-Cook in Woollacott, 2007).

### 1.6.1 Vpliv staranja na mišično skeletni sistem

S starostjo se mišično skeletni sistem močno spreminja. Spremembe se kažejo kot zmanjšana mišična jakost (Allman in Rice, 2002) in vzdržljivost. Mišična jakost ali sposobnost mišice izvesti največjo silo se v spodnjih udih med 30 in 80 letom zmanjša za 40% (Aniansson, Hedberg, Henning in Grimby, 1986). Mišična vzdržljivost, ki je sposobnost mišice dlje časa opravljati submaksimalno aktivnost, se s starostjo manj zmanjša kot jakost (Allen, Lamb in Westerblad, 2008). Mišica postaja s staranjem manjša, odmrle mišične celice pa se nadomestijo z vezivnim in maščobnim tkivom. Mišična vlakna

tipa II (hitro krčljiva) hitreje propadajo kot vlakna tipa I (počasi krčljiva) (Vandervoort, 2002; Timiras, 1994).

Poleg sprememb mišice vpliva na kvaliteto gibanja pri starejših ljudeh še slabša sklepna gibljivost, predvsem v hrbtenici, in povzroči spremenjeno držo med stojo (slika 5), predvsem v smislu povečanja ukrivljenosti v smeri naprej (sključena drža) (Shumway-Cook in Woollacott, 2007), kar pa povzroči spremenjeno celotno držo med stojo posameznika in premik TT (Studenski, Duncan in Chandler, 1991)



Slika 5 Primerjava drže med mladimi in starejšimi, med stojo.

*Spremenjena gibljivost hrbtenice pri večini starejših povzroči spremenjeno držo med stojo (sključena drža). (prirejeno po Shumway-Cook in Woollacott, 2007).*

### 1.6.2 Vpliv staranja na živčno-mišični sistem

Živčno-mišični sistem pri uravnavanju stoje uravnava mišično silo, potrebno za uspešen nadzor stoje v danih okoliščinah. S starostjo prihaja do zmanjševanja števila motoričnih enot, predvsem hitrih. Vpliv staranja pa je viden tudi na motoričnih ploščicah (Medina, 1996), kar se vidi v njihovem zmanjšanem številu (Vandervoort, 2002). Vse te spremembe povzročijo počasnejšo aktivacijo, zmanjšanje maksimalne izometrične sile in hitrejše utrujanje. Videti je, da starost na nivoju živčno-mišičnega sistema bolj vpliva na koncentrične kot na ekscentrične kontrakcije (Roos, Rice in Vandervoort, 1997; Bilodeau, Nichols, Joiner in Weeks, 2001).

Moore, Korff in Kinzey (2005) menijo, da se slabša zmogljivost proizvodnje mišične sile lahko delno kaže v povečanem gibanju SP pri starejših. Tradicionalne mere za ocenjevanje ravnotežja med stojo pri starostnikih uporabljajo uveljavljene pokazatelje uravnavanja stoje, kot je spontano gibanje SP med stojo (Sheldon, 1960). Glede opletanja SP kot pokazatelja ravnotežja so raziskovalci deljenih mnenj. Opletanja SP med stojo je pri starejših osebah več kot pa pri mlajših, predvsem je bolj občutljiva hitrost opletanja SP kot pa absolutna pot gibanja SP (Fernie, Gryfe, Holliday in Llewellyn, 1982). Horak (1992) navaja, da imajo starostniki lahko enako ali celo zmanjšano opletanje SP med stojo, kar je lahko posledica povečane togosti ali rigidnosti sklepa.

### 1.6.3 Vpliv staranja na senzorni sistem

S starostjo se slabša zaznava na nivoju somatosenzornega sistema, in sicer občutenje lahne dotika, pritiska in vibracij. Zmanjšata se tako kvaliteta kot kvantiteta senzornih receptorjev, vsekakor pa je za slabše delovanje somatosenzornega sistema s starostjo v večji meri odgovorno zmanjšano število receptorjev (Shumway-Cook in Woollacott, 2007). Te spremembe zmanjšajo občutek za položaj sklepa, občutek za gibanje in občutek za hitre spremembe v gležnju (You, 2005; Madhavan in Shields, 2005) in kolenu (Bullock-Saxton, Wong in Hogan, 2001), vse to pa privede do motenega občutenja sprememb med gibanjem sklepov.

Ravno tako je s starostjo viden upad funkcij vidnega sistema. Zmanjša se vidno polje, pade ostrina vida, zmanjša se natančnost zaznavanja barv, velikost zenice se zmanjša in posledično se zmanjša količina svetlobe, ki pade na mrežnico. Zmanjša se občutljivost za

kontrast, ki privede do motenj v zaznavanju obrisov in globinske predstave (Shumway-Cook in Woollacott, 2007). Poleg tega se poveča preobčutljivost za odbojno svetlobo (refleksije). Po drugi strani pa se podaljša čas, potreben za prilagajanje na spremembo jakosti svetlobe. Prilagoditev na novo manjšo ali večjo osvetlitev prostora lahko traja do 30 sekund in več. Bolj pogoste bolezni, katerih posledica je zmanjšana sposobnost vidne zaznave, so v starosti prisotna degeneracija osrednjega dela mrežnice (makula), ki močno zmanjša vidno polje v njegovem osrednjem delu, in glavkom, ki v zadnji fazi močno zmanjša periferni vid in s tem zmanjša sposobnost gibanja v prostoru (Fitzpatrick in McClockey, 1994)

Vestibularni sistem ravno tako kaže upad funkcij s staranjem, in sicer se za 40% zmanjša število receptorskih celic po 70. letu starosti (Rosenhall in Rubin, 1975). Vestibularni sistem je predvsem pomemben za ravnotežje, kadar sta vidni in somatosenzorni sistem prizadeta. Starejši ljudje z motnjami v vestibularnem sistemu lahko imajo težave z vrtočlavicami in nestabilnostjo, predvsem kadar so v okolici z nasprotujočimi si vidnimi in somatosenzornimi dražljaji (Rosenhall in Rubin, 1975; Shumway-Cook in Woollacott, 2007).

## **2. PREDMET IN PROBLEM**

### **2.1 Vpliv mišične utrujenosti na ravnotežje**

Utrujenost povzroči trenutno zmanjšanje mišične sile ali moči, vendar kljub temu lahko posameznik zadano nalogo opravi uspešno (Enoka in Stuart, 1992; Bigland-Ritchie in Woods, 1984). Ta zmanjšana mišična sposobnost je lahko rezultat različnih perifernih in centralnih mehanizmov. Utrujenost lahko prizidane tudi senzorni sistem (somatosenzorni sistem) in povzroči spremembe na nivoju motorične koordinacije (Forestier in Nougier, 1998; Hufenus, Amarantini in Forestier, 2006).

Pri odraslih osebah imajo ekstenzorji hrbtenice pomembno vlogo pri uravnavanju stoje (Winter, Patla, Prince, Ishac in Gielo-Perczak, 1998) in utrujenost le-teh se je pokazala kot pomemben dejavnik povečanega gibanja težišča telesa in napovednik padca (Pline, Madigan in Nussbaum, 2006), saj imajo hrbtne mišice največji vpliv na gibanje SP (Lin, Nussbaum, Seol, Singh, Madigan in Wojcik, 2009). Lin in sod. (2009) so ugotovili, da je utrujenost hrbtnih mišic povečala površino gibanja SP za 39,2%, povečala hitrost gibanja SP za 22,7%, podaljšala čas, potreben za umiritev SP za 10% in povečala razliko med SP in TT za 26,6%, medtem ko je utrujenost gležnja podaljšala čas, potreben za umiritev SP za 5,6% in povečala razliko med SP in TT za 13,1%. Vpliv utrujenosti mišic kolena in rame pa ni povzročila statistično pomembnih razlik v nobenem parametru gibanja SP (Lin in sod., 2009).

#### **2.1.1 Vpliv mišične utrujenosti na mišično-skeletni sistem**

Mišična utrujenost povzroči manjšo največjo silo, ki jo mišica lahko razvije (Fitts, 1994; Gandevia, Allen in McKenzie, 1994), manjšo hitrost krčenja mišice, počasnejši prirastek sile in zakasnitev začetka razvijanja sile (Bigland-Ritchie in Woods, 1984), kar je lahko posledica centralnih ali perifernih mehanizmov, odgovornih za utrujenost. Denimo: zakasnitev živčno-mišične povezave je posledica utrujenosti na nivoju nadzora gibanja. Pri stoju je zakasnitev med mišično aktivacijo in gibanjem SP do ene sekunde, ta zakasnitev pa je po utrujenju še večja (Mello, Oliveira in Nadal, 2007).

Povečan razkorak med mišično aktivacijo in gibanjem SP povzroči povečanje površine gibanja SP in večjo hitrost gibanja SP (Mello, Oliveira in Nadal, 2007), kar se kaže pri različnih načinih utrujanja (Adlerton in Moritz, 1996; Johnston, Howard, Cawley in Losse, 1998; Ledin, Fransson in Magnusson, 2004; Caron, 2003 ).

Študije kažejo, da visoko intenzivna dinamična utrujanja plantarnih fleksorjev povečajo hitrost gibanja SP (Corbeil, Blouin, Bégin, Nougier in Teasdale, 2003; Gribble in Hertel, 2004), ravno tako nizko intenzivna izometrična utrujanja (Mello, Oliveira in Nadal, 2007; Caron, 2003). Možna razlaga za takšen vpliv nizko intenzivnega utrujanja na ravnotežje je v povečani togosti sklepa, do katere pride zaradi povečane aktivnosti agonističnih in antagonističnih mišicah (Caron, 2003, Gribble in Hertel, 2004).

#### ***2.1.1.1 Vpliv utrujenosti hrbtnih mišic na mišično-skeletni sistem***

Utrujenosti hrbtnih mišic vpliva na povečano gibanje SP zaradi zmanjšane mišične sile (Winter, Patla, Prince, Ishac in Gielo-Perczak, 1998). Ng, Parnianpour, Richardson in Kippers (2003) so izpostavili, da je posledica utrujanja hrbtnih mišic slabša kontrola mišične sile, kar pomeni slabši nadzor trupa in posledično večje gibanje SP.

Pline, Madigan in Nussbaum, (2006) so ugotavljali, da sta se s povečevanjem časa trajanja in stopnje utrujenosti povečevala tudi hitrost in površina gibanja TT. Omenjene spremembe so pripisali fiziološkemu in biomehanskemu odzivu na dani napor. Zmanjšano produkcijo sile zaradi utrujenosti lahko pripišemo tako metabolnim kot nemetabolnim procesom in predvsem pri dlje časa trajajočih naporih privedejo do večjega vključevanja nemetabolnih procesov, kar pa pomeni več časa med vzburjenjem in kontrakcijo (Edwards, Hill, Jones in Merton, 1977). Pri dlje časa trajajočih aktivnostih, predvsem pri večjih obremenitvah, se pojavi tudi večje število mikro poškodb mišice, kar ima za posledico tudi slabši refleksni odziv (Pline, Madigan in Nussbaum, 2006).

Chow, Man, Holmes in Evans (2004) priporočajo krepitev mišic trupa za izboljšanje kokontraksije trebušnih in hrbtnih mišice. Z EMG meritvami so namreč pokazali, da se je kokontraksija pomembno zmanjšala v primeru utrujanja hrbtnih mišic. Z boljšo kokontraksijo mišic trupa pa se zmanjša verjetnost za izgubo ravnotežja.

Wilson, Madigan, Davidson in Nussbaum, (2006) so ugotavljali vpliv utrujenosti hrbtnih mišic na strategije stoje pri zunanji motnji ravnotežja. Zaključili so, da živčno-mišična utrujenost hrbtnih mišic vpliva na ravnotežni odziv, in sicer tako, da osebe pogosteje uporabijo strategijo kolka. Strategije kolka ravno tako pogosteje uporabijo ljudje, pri katerih je večja verjetnost padca (Maki, Edmondstone in McIlroy, 2000).

### **2.1.2 Vpliv mišične utrujenosti na senzorni sistem**

Znano je, da mišična utrujenost ne vpliva na vidne (Chow, Man, Holmes in Evans, 2004), vestibularne ali haptične informacije, ampak zgolj na propiocepcijo, in sicer kolena (Hiemstra, Lo in Fowler, 2001; Lattanzio, Petrella, Sproule, in Fowler, 1997), gležnja (Forestier, Teasdale, in Nougier, 2002; Vuillerme, Boisgontier, Chenu, Demongeot, in Payan, 2007; Vuillerme in Boisgontier, 2008) in hrbtenice (Pline, Madigan, Nussbaum in Grange, 2005; Lattanzio, Petrella, Sproule in Fowler, 1997).

Slabši občutek za položaj sklepa po utrujanju so opazili pri utrujanju mišic ramenskega sklepa (Lee, Liao, Cheng, Tan in Shih, 2003), komolca (Allen in Proske, 2006), kolena (Givoni, Pham, Allen in Proske, 2007) in gležnja (Sandrey in Kent, 2008). Ko je mišica utrujena in se zmanjša mišična sila za 20% ali več, se pojavi zmanjšana sposobnost zaznavanja položaja sklepa (Proske in Gandevia, 2012). Spremembe v zaznavanju položaja so opazili tudi med izometričnim utrujanjem, zato menijo, da naj bi zmanjšana mišična sila in ne vrsta mišične kontrakcije, vplivala na sposobnost zaznavanja položaja (Tsay, Allen, Leung in Proske, 2012). Ko pa je bila utrujenost povzročeno z različnimi hitrostmi gibanja, pa to ni povzročilo zmanjšanja občutka za gibanje Allen in Proske (2006) .

#### **2.1.2.1 Vpliv utrujenosti hrbtnih mišic na propiocepcijo**

Davidson, Madigen. in Nussbaum, (2004) ugotavljajo, da je povečano gibanje SP v največji meri rezultat zmanjšane mišično-proprioceptivnega priliva, kar se ujema z ugotovitvami Lattanzio, Petrella, Sproule in Fowler (1997) in Björklund, Crenshaw, Djupsjöbacka in Johansson (2000), da mišična utrujenost spodnjih udov zmanjša sklepno-

proprioceptivni priliv. V primeru ledvene hrbtenice so večji sklepni premiki že pred samo zaznavo le-teh in posledica je večje opletanja TT med stojo (Davidson, Madingen in Nussbaum, 2004). Zanimiva je tudi ugotovitev, da utrujenost hrbtnih mišic vpliva na poslabšanje proprioceptije gležnja (Pline, Madigan, Nussbaum in Grange, 2005), kajti vemo, da je proprioceptija gležnja poglavitna za uravnavanje stojo.

### **2.1.3 Vpliv mišične utrujenosti na pozornost**

Znano je, da ohranjanje statičnega in dinamičnega ravnotežja zahtevata določeno pozornost (Lajoie, Teasdale, Bard in Fleury, 1993) in da je količina potrebne pozornosti odvisna od zahtevnosti uravnavanja stoje (Woollacott in Shumway-Cook, 2002). Utrujenost ene ali večjega števila mišic, ki sodelujejo pri stoji, lahko vpliva na zmanjšanje pozornosti, potrebne za uravnavanje stoje (Vuillerme, Forestier in Nougier, 2002). Avtorji predvidevajo, da motorično procesiranje zahteva dodatno pozornost, zaradi zmanjšane mišične zmogljivost utrujene mišice. Ravno tako potrebuje senzorno procesiranje dodatno pozornost zaradi slabše proprioceptije po utrujanju.

### **2.1.4 Mišična utrujenost in staranje**

Staranje povzroči upad funkcij mišično-skeletnega, živčno-mišičnega, senzornega in kognitivnega sistema. Kadar pa se procesom staranja pridruži še mišična utrujenost, to privede še do dodatnih sprememb na vseh naštetih nivojih. To pa posledično pomeni še slabšo kontrolo gibanja, in v našem primeru še slabše ohranjanje ravnotežnega položaja (Taylor, Butler in Gandevia, 2000). V raziskavi Mademli, Arampatzis in Karamanidis (2008) so v primeru utrujanja stegenskih mišic ugotovili, da imajo mladi večje možnosti lovljenja ravnotežja, kadar prihaja do zunanje motnje ravnotežja v primerjavi s starostniki. Nasprotno pa Mademli in sod. (2008) in Granacher, Gruber, Förderer, Strass in Gollhofer (2010) menijo, da utrujenost pri starejših ne zmanjša njihovih sposobnosti bolj kot pri mlajših preiskovancih.



Pretekle študije so izpostavile, da pri procesu staranju prihaja do upada mišične zmogljivosti in posledično do zakasnelih mišičnih kontrakcij (Roos, Rice in Vandervoort, 1997; Frontera idr., 2000a, Frontera idr., 2000b; D`Antona idr., 2003). Vendar pa ni jasno, ali ob utrujanju prihaja pri starejših do večje zakasnitve pri generiranju mišične sile kot pri mlajših (Allman in Rice, 2002).

Togost kolagenskega tkiva se z leti povečuje (Kubo idr., 2003) in s tem povezane spremembe se kažejo predvsem v zmanjšani gibljivosti gležnja in v podaljšanem reakcijskem času spodnjih udov, kar privede do spotikanja in lovljenja ravnotežja (Pijnappels, Bobbert in Dieen, 2005). Lin in sod. (2009) niso po utrujanju zaznali nobene razlike v togosti gležnja med mladimi in starejšimi. Avtorji predvidevajo, da starejši uporabijo druge nadomestne strategije (strategijo kolka) ali pa se manj utrudijo zaradi nižje motiviranosti ali tolerance za neugodje.

V študijah, kjer so primerjali vpliv utrujenosti na občutenje za položaj sklepov spodnjih udov, za koleno in gleženj, pri mladih in starejših preiskovancih, so ugotovili razlike, in sicer je bil občutek slabši pri starejših preiskovancih (Goble, Coxon, Wenderoth, Van Impe in Swinnen, 2009). Občutek za položaj pa se pri starih in mladih ni razlikoval v kolčnem sklepu (Pickard, Sullivan, Allison in Singer, 2003).

## **2.2 Problem naloge**

Na podlagi pregledane literature na temo uravnavanja stoje in utrujenosti lahko povzamemo, da so dejavniki, ki sodelujejo pri uravnavanju stoje med utrujanjem, nanašajo predvsem na zmanjšano mišično sposobnost, spremenjeno proprioceptivno zaznavo, spremenjeno togost sklepov, slabšo pozornost in spremenjeno sposobnost vrednotenja senzornih informacij. Raziskave so pokazale, da utrujenost različnih mišičnih skupin pomembno vpliva na poslabšanje ravnotežja. To vpliv je pri starejših še bolj izražen. Vpliv utrujenosti na ravnotežje pri starejših je bil proučevan na mišicah nog, ne pa pri hrbtnih mišicah. Ker raziskave pri mlajših odraslih osebah kažejo, da utrujenost hrbtnih mišic pomembno poslabša ravnotežje, je mogoče predvideti, da se bo to zgodilo tudi pri starejših osebah. Pri tem se pojavljajo vprašanja o načinu odziva starejših z vidika velikosti in vrste motnje ter uporabe strategij za ohranjanje ravnotežja

Glede na to, da se je utrujenost hrbtnih mišic pokazala kot pomemben dejavnik povečanega gibanja SP, povečano gibanje SP pa naj bi odražalo slabše ravnotežje in je povezano z večjo verjetnostjo za padeč (Overstall, Exton-Smith, Imms in Johnson, 1977; Fernie, Gryfe, Holliday in Llewellyn, 1982; Lichtenstein, Shields, Shiavi in Burger, 1988; Maki, Holliday in Topper, 1994), predvidevamo, da utrujenost hrbtnih mišic poveča tveganje za padeč, kar je še toliko večji problem pri starejših osebah.

Poleg gibanja SP so za poznavanje mehanizmov uravnavanja stoje pomembne tudi strategije gibanja, s katerimi lahko oseba doseže želeni položaj telesa za ohranitev TT nad PP (Horak, 1987). Različni avtorji so izpostavili, da se mlajše in starejše osebe drugače odzovejo na utrujanje, kar velja za različne mišične skupine. Zato nas je zanimalo, kako se kaže vpliv utrujenosti hrbtnih mišic na gibanje SP in na gibanje posameznega telesnega segmenta med stojo, pri skupini mladih in skupini starejših preiskovancev.

### **3. CILJI IN HIPOTEZE**

Cilji naloge so:

- ugotoviti, ali utrujenost hrbtnih mišic vpliva na stojo pri mladih in pri starejših preiskovancih;
- ugotoviti, ali med starostnima skupinama obstaja razlika v odzivu na utrujenost hrbtnih mišic med stojo.

V skladu s cilji naloge smo postavili naslednje hipoteze:

HIPOTEZA 1 - Gibanje SP med stojo se bo statistično pomembno razlikovalo med mladimi in starejšimi preiskovanci.

HIPOTEZA 2 - Kinematika telesa med stojo se bo statistično pomembno razlikovala med mladimi in starejšimi preiskovanci.

HIPOTEZA 3 - Utrujenost hrbtnih mišic bo med stojo povzročila statistično pomembno povečanje gibanja SP pri mladih preiskovancih.

HIPOTEZA 4 - Utrujenost hrbtnih mišic bo med stojo povzročila statistično pomembno povečanje gibanja SP pri starejših preiskovancih.

HIPOTEZA 5 - Utrujenost hrbtnih mišic bo med stojo povzročila statistično pomembne razlike v gibanju SP med mladimi in starejšimi preiskovanci.

HIPOTEZA 6 - Gibanje SP po utrujanju hrbtnih mišic bo statistično pomembno večje pri starejših preiskovancih v primerjavi z mlajšimi preiskovanci.

HIPOTEZA 7 - Utrujenost hrbtnih mišic bo med stojo povzročila statistično pomembne spremembe v kinematiki telesa pri mladih preiskovancih.

HIPOTEZA 8 - Utrujenost hrbtnih mišic bo med stojo povzročila statistično pomembne spremembe v kinematiki telesa pri starejših preiskovancih.

HIPOTEZA 9 - Utrujenost hrbtnih mišic bo povzročila statistično pomembne razlike v kinematiki telesa med mladimi in starejšimi preiskovanci med stojo.

HIPOTEZA 10 - Gibanje telesnih segmentov (kinematika telesa) bo po utrujanju hrbtnih mišic pomembno večje pri starejših preiskovancih v primerjavi z mlajšimi preiskovanci.

## **4. METODE DELA**

### **4.1 Vzorec merjencev**

Pred izborom preiskovancev smo z vsakim posameznikom opravili intervju, s katerim smo glede na vključitvene in izključitvene kriterije izbrali ustrezen vzorec mladih in starejših preiskovancev za raziskavo.

Na podlagi vključitvenih kriterijev je v raziskavi sodelovalo 16 aktivnih mlajših (starost:  $27,5 \pm 4,1$  let, telesna višina:  $177,6 \pm 5,4$  cm, telesna teža:  $74,5 \pm 8,1$  kg) in 14 aktivnih starejših (starost:  $72 \pm 7,2$  let, telesna višina:  $171,7 \pm 5,9$  cm, telesna teža:  $77,9 \pm 13,5$  kg) preiskovancev moškega spola. Vsi preiskovanci so bili v času meritev zdravi, brez poškodb in bolečin spodnjih udov in hrbtenice, brez nevroloških, ortopedskih, vestibularnih in srčno-žilnih obolenj. Vsi preiskovanci so bili vsaj trikrat tedensko telesno aktivni in sposobni samostojno izvajati vse naloge v okviru eksperimenta.

Preiskovanci so sodelovali prostovoljno. Predhodno so bili obveščeni o vsebini eksperimenta in njegovih ciljih, ter vsi so podpisali izjavo o informiranem pristanku (priloga 1). Celoten potek eksperimenta je bil v skladu s Helsinško-tokijsko deklaracijo, odobrila pa ga je Komisija RS za medicinsko etiko.

### **4.2 Merilni inštrumenti**

Meritve so bile izvedene v Laboratoriju za kineziologijo na Fakulteti za šport v Ljubljani. Merili smo SRP na pritiskovni plošči (Kistler 9286AA, Winterthur, Švica), ki je podprta z računalniškim sistemom in programsko opremo DasyLab (MCC, Norton, USA). Podatke smo zajemali s frekvenco 50 Hz. Surove podatke smo prenesli na strežnik in jih obdelali in analizirali s programom za obdelavo stabilometričnih podatkov, ki je dosegljiv preko spletnega strežnika (Sevšek, 2009). Analiza stabilometričnih podatkov je zajemala glajenje pridobljenih vrednosti gibanja SP z uporabo Gausovega povprečja treh sosednjih točk (slika 6). Filtriranju je sledil izračun običajnih statističnih parametrov, kot so povprečne vrednosti absolutnih vrednosti in kvadratov odmikov središča pritiska v antero-posteriorni in medio-lateralni smeri ter njihovi standardni odkloni. Podobno smo analizirali hitrost

središča pritiska in izrisali vse frekvenčne in časovne porazdelitve. Za izračun površine stabilograma je bil razvit tudi popis oblike s Fouriejevimi koeficienti. Natančen postopek izračuna je opisan v Rugelj in Sevšek (2011).

**Predobdelava podatkov:**

- Širina začetnega povprečenja (npr. 5)   
Če povprečenja ne želiš, naj bo število točk 0.
- Vrsta povprečenja
- Obdelam vse točke?  Ja  Ne
- Število točk začetnih izpuščenih točk (npr. 0)
- Število obdelanih točk (npr. 1000)   
(Če izbereš preveč točk za obdelavo, bo meritev obdelana od izbranega začetka do konca točk)
- Kolikokrat povečam število podatkov (npr.0)   
(Pri vsakem povečanju števila podatkov bo med dve merski točki dodana nova točka)

**Nastavitve obrisa področja:**

- Število točk obrisa področja (npr. 100)
- Število koeficientov Fourierjevega razvoja (npr. 25 - max. 50)   
(Število koeficientov razvoja naj bo vsaj štirikrat manjše od izbranega števila točk obrisa področja.)
- Pri risanju upoštevamo koeficiente do vključno (npr. 25 - max. 50)

**Nastavitve prilagajanja:**

Prilagajanje z omega in gama?  Ne  Ja

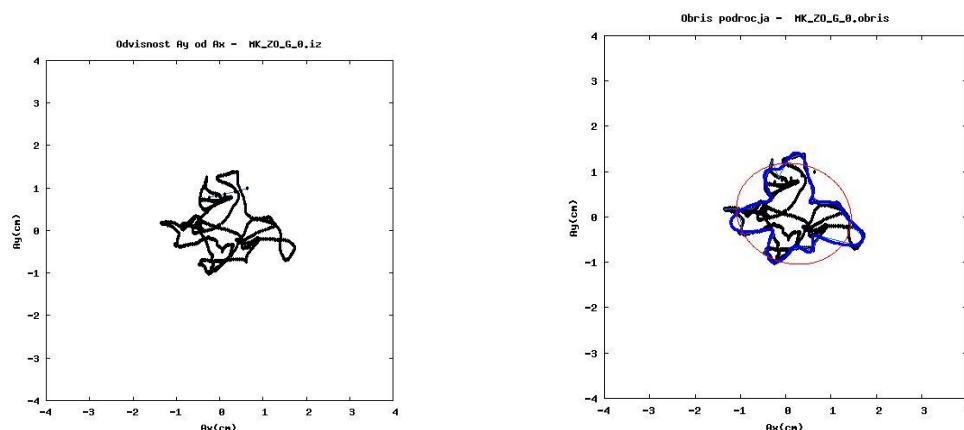
**Nastavitve risanja:**

- Osi določim avtomatsko?  Ja  Ne
- X-začetek(npr. -5.0):  cm
- X-konec(npr. 5.0):  cm
- Y-začetek(npr. -5.0):  cm
- Y-konec(npr. 5.0):  cm  
Pri vpisu uporabi decimalno piko!
- Naj centriram sliko?  Ja  Ne
- Barve slik:
  - Barvne slike
  - Črnobeke slike
  - 2. barvna shema

Slika 6 Prikaz uporabniške strani za nastavljanje parametrov obdelave podatkov.

Za nadaljnjo analizo smo izračunali šest parametrov gibanja SP:

1. dolžina poti ki jo opravi gibanje SP v antero-posteriorni smeri v času 30 sekund, izražena v centimetrih (A-P pot);
2. dolžina poti ki jo opravi gibanje SP v medio-lateralni smeri v času 30 sekund, izražena v centimetrih (M-L pot);
3. variabilnost gibanja SP v antero-posteriorni smeri (A-P variabilnost), ki predstavlja standardno deviacijo položaja SP v antero-posteriorni smeri ;
4. variabilnost gibanja SP v medio-lateralni smeri (M-L variabilnost), ki predstavlja standardno deviacijo položaja SP v medio-lateralni smeri;
5. povprečna hitrost gibanja SP, ki je izračunana iz podatkov opravljene poti v 30 sekundah;
6. površino gibanja SP smo izračunali s pomočjo popisa oblike s Fourierjevimi koeficienti, kjer je bilo izbrano 50 točk zunanega obrisa stabilograma, ki se jim je nato prilagodilo 10 Fourierjevih koeficientov tako, da je ujemanje najboljše.



Slika 7 Primer stabilograma pri sonožni stoji z zaprtimi očmi.

Narejene so bile tudi 3D kinematične analize gibanja posameznih telesnih segmentov med stoji na pritiskovni plošči. Podatke smo zajemali z uporabo video kamere s frekvenco 50 Hz. S pomočjo markerjev, bele barve, premera 1,5 cm, ki smo jih namestili na merjenca, smo pridobili podatke o gibanju posameznega telesnih segmentov. Vsak merjenec je imel nameščenih sedem markerjev: dva na sredini petnice (desno, levo), dva na zadnjem zgornjem črevničnem trnu (desno, levo), dva na lateralnem delu grebena lopatice (desno, levo) in enega na vrhu glave (slika 8). Gibanje markerjev je bilo snemano z dvema kamerama. Pridobljene podatke smo digitalizirali in jih nato analizirali z računalniškim

programom Ariel performance analysis system (APAS, Ariel Dynamics, ZDA). Dobljene koordinate gibanja vseh sedmih markerjev smo nato obdelali in analizirali s programom za obdelavo stabilometričnih podatkov, ki je dosegljiv preko spletnega strežnika (Sevšek, 2009). Analiza kinematičnih podatkov je zajemala glajenje pridobljenih podatkov z računanjem Gausovega povprečja treh sosednjih točk. Za vsakega od treh telesnih segmentov (glava, rama in kolk) smo izračunali šest parametrov gibanja:

1. dolžina poti ki jo opravi gibanje posameznega telesnaga segmenta v antero-posteriorni smeri v času 30 sekund, izražena v centimetrih (A-P pot);
2. dolžina poti ki jo opravi gibanje posameznega telesnaga segmenta v medio-lateralni smeri v času 30 sekund, izražena v centimetrih (M-L pot);
3. variabilnost gibanja posameznega telesnaga segmenta v antero-posteriorni smeri (A-P variabilnost), ki predstavlja standardno deviacijo položaja SP v antero-posteriorni smeri ;
4. variabilnost gibanja posameznega telesnaga segmenta v medio-lateralni smeri (M-L variabilnost), ki predstavlja standardno deviacijo položaja SP v medio-lateralni smeri;
5. povprečna hitrost gibanja posameznega telesnaga segmenta, ki je izračunana iz podatkov opravljene poti v 30 sekundah;
6. površino gibanja posameznega telesnaga segmenta smo izračunali s pomočjo popisa oblike s Fourierjevimi koeficienti, kjer je bilo izbrano 50 točk zunanjskega obrisa stabilograma, ki se jim je nato prilagodilo 10 Fourierjevih koeficientov tako, da je ujemanje najboljše.





Slika 8 Namestitvev markerjev na posameznega merjenca.

### 4.3 Postopek merjenja

Preiskovancu je bil na začetku predstavljen potek meritev in natančno opisane njegove naloge. Najprej smo merjencu namestili markerje, ki smo jih fiksirali s pomočjo lepilnega traku. Vsak preiskovanec je nato opravil 5 zaporednih postopkov: 1. ogrevanje, 2. prva meritev na pritiskovni plošči z odprtimi in zaprtimi očmi, 3. utrujanje hrbtnih mišic, 4.

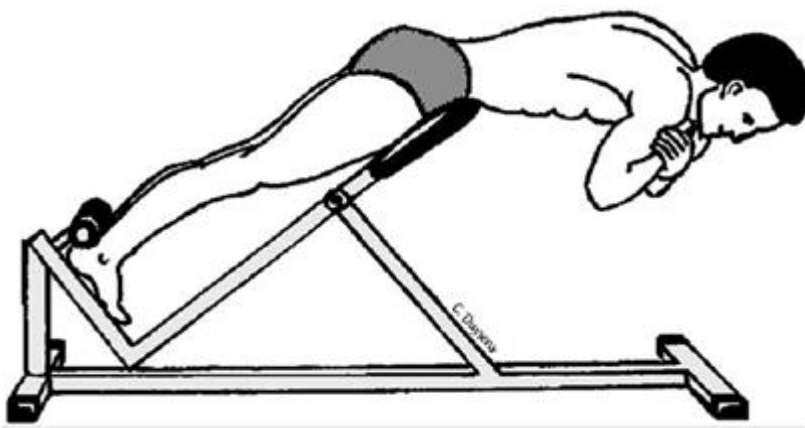
druga meritev na pritiskovni plošči takoj po utrujanju z odprtimi in zaprtimi očmi in 5. tretja meritev na pritiskovni plošči 10 minut po utrujanju z odprtimi in zaprtimi očmi.

Preiskovanci so se ogrevali po protokolu 6 minut stopanja na 20 cm visoko klopco s frekvenco 0,5 Hz. Frekvenco je določal metronom.

Nadaljevali smo z uvodnimi meritvami stoje na pritiskovni plošči. Preiskovance smo prosili, da so s sklenjenima nogama (stoja snožno), bos, mirno stali 30 sekund na pritiskovni plošči, pogled je bil usmerjen naravnost naprej in roki sta bili prosto ob telesu. Z meritvijo na pritiskovni plošči smo začeli, ko je preiskovanec umiril gibanje telesa na pritiskovni plošči, kar je trajalo v povprečju 5 sekund. 5 sekundni zamik meritve je potreben da analiza nebi vsebovala tudi podatkov o tranziciji med dvema stabilnima položajema (Wang in Newell, 2012; Kim, Nussbaum in Madigan, 2008). Prva meritev je bila z odprtimi in druga z zaprtimi očmi.

Uvodnim meritvam na pritiskovni plošči je sledilo utrujanje hrbtnih mišic po protokolu modificiranega Sorensenovega testa (slika 9) (Dederling, in sod., 1999). Preiskovanci so vzdrževali horizontalni položaj hrbtenice, med ležanjem na 45-stopinjski klopici. Preiskovanci so vztrajali v položaju, dokler se njihovo telo ni spustilo iz horizontalnega položaja, kar smo kontrolirali s trakom, ki je bil napet nad njihovim hrbtom. Odmik od traka za več kot 10 sekund ja pomenil konec utrujanja. Preiskovance smo med testom verbalno spodbujali. Uporabili smo 11-točkovno Borgovo lestvico (0-10) za merjenje subjektivnega občutenja utrujenosti (Borg, 1982).

Po končanem protokolu utrujanja so preiskovanci čim hitreje ponovili meritev na pritiskovni plošči. Meritvi je sledil počitek sede in 10 minut po utrujanju smo po enakem zaporedju ponovili meritvi na pritiskovni plošči.



Slika 9 Izvedba modificiranega Sorensenovega testa

(Dedering in sod., 1999)

#### 4.4 Statistične metode

Za statistično analizo podatkov smo uporabili program SPSS.17 (SPSS Inc., Chicago, IL ZDA) in Microsoft Excel 2010 (Microsoft Inc, Redmond; WA, ZDA). Za vse odvisne spremenljivke smo opravili vizualni pregled normalne porazdelitve in le-ta je bila ugotovljena v vseh primerih. Izvedli smo 3 x 2 mixed-design ANOVA za ugotavljanje učinka utrujenosti hrbtnih mišic in starosti za vse parametre gibanja SP in za gibanje markerjev, uporabljenih za predstavitev kinematike gibanja. Statistično pomembnost ocen smo sprejeli ob 5-odstotni napaki alfa. Za ugotavljanje razlik med posameznima meritvami znotraj skupine smo izračunali post hoc t-teste, za kar smo uporabili parni t-test. Zaradi primerjave med tremi meritvami smo sprejeli statistično pomembnost ob 1,7-odstotni napaki alfa (5%/3).

Izračunali smo koeficiente razmerij med zaprtimi in odprtimi očmi za parametre gibanja SP in za gibanje markerjev. S pomočjo teh koeficientov razmerij smo izvedli 3 x 2 mixed-design ANOVA za ugotavljanje učinka utrujanja pri zaprtih očih na spremembo parametrov ravnotežja pri mladih in starejših preiskovancih. Statistično pomembnost ocen smo sprejeli ob 5-odstotni napaki alfa.

## 5. REZULTATI

Rezultati so predstavljeni tako, da so najprej opisane razlike gibanja SP in telesnih segmentov med mlajšim in starejšimi preiskovanci pri odprtih in zaprtih očeh pred utrujanjem. V nadaljevanju so opisani rezultati učinka utrujanja hrbtnih mišic na gibanja SP in telesnih segmentov pri mladih in starejših preiskovancih pri odprtih in zaprtih očeh. Sledijo rezultati interakcije starosti in utrujanja hrbtih mišic na gibanja SP in telesnih segmentov med mladimi in starejšimi preiskovanci pri odprtih in zaprtih očeh. V zadnjem delu pa so predstavljeni razlike v odzivu na utrujanje med mladimi in starejšimi preiskovanci pri različnih vidnih pogojih.

### 5.1 Razlike med mlajšimi in starejšimi preiskovanci v ravnotežju

#### 5.1.1 Razlike med mlajšimi in starejšimi preiskovanci v gibanju SP

Za ugotavljanje razlike med starostnima skupinama (mlajši, starejši preiskovanci) v gibanja SP med tremi meritvami (pred utrujanjem, po utrujanju in 10 minut po utrujanju) smo najprej izvedli 3 x 2 mixed-design ANOVO. Za ugotavljanje, v katerih meritvah se te razlike med skupinama dejansko kažejo, smo morali nato izvesti post hoc t teste za vsako meritev ločeno, za kar smo uporabili parne t-teste ( $p \leq 0,05$ ).

Sledi predstavitev razlik med mlajšimi in starejšimi preiskovanci v gibanju SP pred utrujanjem. Rezultati so razdeljeni v dve skupini (odprte/zaprte oči) za šest parametrov gibanja SP.

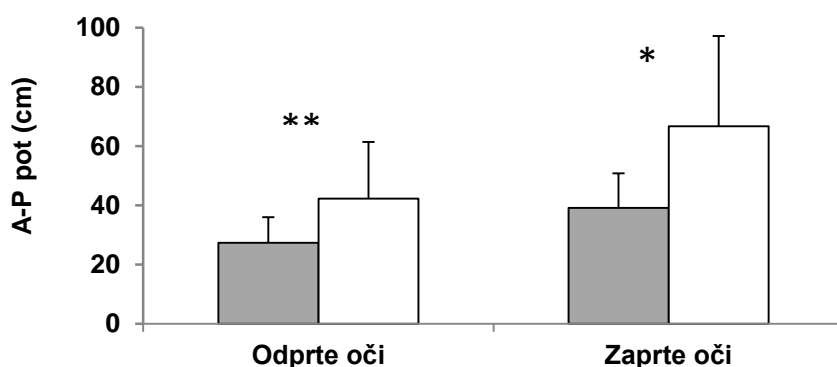
**Odprte oči**

Statistično pomemben vpliv starosti smo ugotovili pri stoji z odprtimi očmi pri A-P poti ( $F(1,28) = 12,12$ ,  $p = 0,002$ ), M-L poti ( $F(1,28) = 12,37$ ,  $p = 0,002$ , M-L variabilnosti ( $F(1,28) = 5,74$ ,  $p = 0,023$ ) in hitrosti gibanja SP ( $F(1,28) = 13,19$ ,  $p = 0,001$ ), medtem ko pri A-P variabilnosti ( $F(1,28) = 0,86$ ,  $p = 0,77$ ) in površini ( $F(1,28) = 3,87$ ,  $p = 0,059$ ) vpliv starosti ni bil statistično pomemben.

**Zaprte oči**

Statistično pomemben vpliv starosti smo ugotovili pri stoji z zaprtimi očmi pri A-P poti ( $F(1,28) = 10,70$ ,  $p = 0,003$ ), M-L poti ( $F(1,28) = 7,00$ ,  $p = 0,013$ ), hitrosti gibanja SP ( $F(1,28) = 9,64$ ,  $p = 0,004$ ) in površini ( $F(1,28) = 4,27$ ,  $p = 0,048$ ), medtem ko pri A-P variabilnosti ( $F(1,28) = 3,99$ ,  $p = 0,055$ ) in M-L variabilnosti ( $F(1,28) = 3,38$ ,  $p = 0,077$ ) vpliv starosti ni bil statistično pomemben.

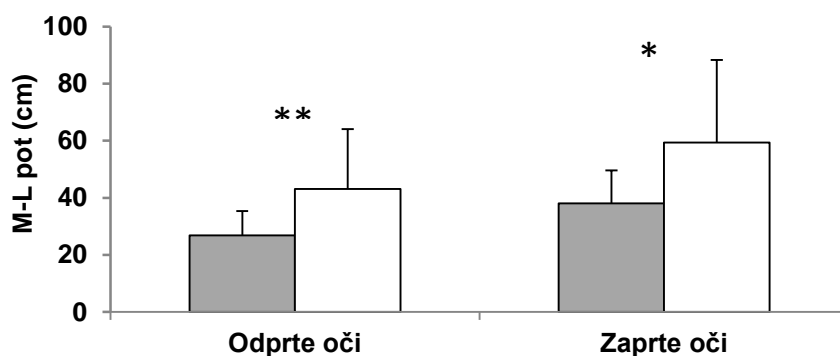
Slika 10 prikazuje povprečne vrednosti A-P poti pred utrujanjem za vsako starostno skupino posebej pri odprtih in zaprtih očeh. Starejši preiskovanci so imeli pomembno večje vrednosti A-P poti kot mladi pri odprtih očeh ( $p = 0,009$ ) in pri zaprtih očeh ( $p = 0,006$ ).



Slika 10 Razlika med mlajšimi in starejšimi preiskovanci v gibanju SP pri stoji z odprtimi in zaprtimi očmi v antero-posteriorni smeri

Razlike v gibanju SP med skupino mlajših (sivo) in starejših preiskovancev (bela) pri stoji z odprtimi in zaprtimi očmi v antero-posteriorni smeri (A-P pot). Prikazane so povprečne vrednosti  $\pm$  SD za vse preiskovance. \*\*-  $p \leq 0,01$ .

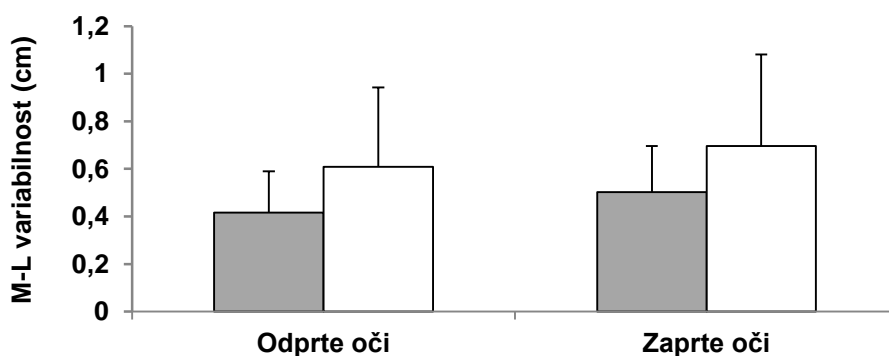
Slika 11 prikazuje povprečne vrednosti M-L poti pred utrujanjem za vsako starostno skupino posebej pri odprtih in zaprtih očeh. Starejši preiskovanci so imeli pomembno večje vrednosti M-L poti kot mladi pri odprtih očeh ( $p = 0,01$ ) in pri zaprtih očeh ( $p = 0,015$ ).



**Slika 11** Razlika med mlajšimi in starejšimi preiskovanci v gibanju SP pri stoji z odprtimi in zaprtimi očmi v medio-lateralni smeri

Razlike v gibanju SP med skupino mlajših (sivo) in starejših preiskovancev (belo) pri stoji z odprtimi in zaprtimi očmi v medio-lateralni smeri (M-L pot). Prikazane so povprečne vrednosti  $\pm$  SD za vse preiskovance. \*\* -  $p \leq 0,01$ , \* -  $p < 0,05$ .

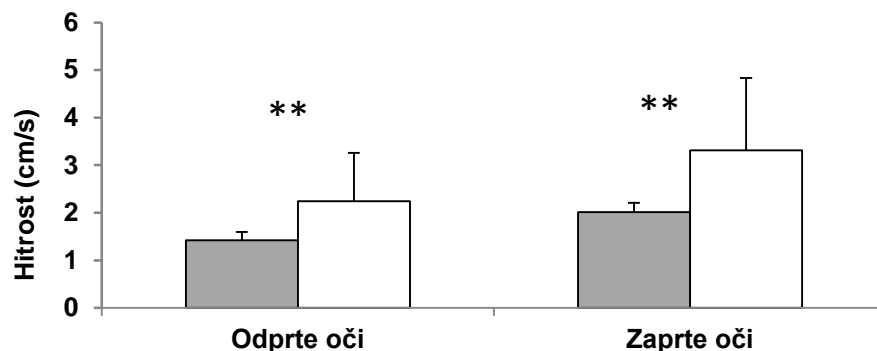
Povprečne vrednosti M-L variabilnosti pred utrujanjem so bile pri starejših preiskovancih pred utrujanjem, pri odprtih in pri zaprtih očeh večje kot pri mlajših, s tem da je bila ta razlika statistično nepomembna tako pri odprtih očeh ( $p = 0,054$ ) kot pri zaprtih očeh ( $p = 0,086$ ) (slika 12).



**Slika 12** Razlika med mlajšimi in starejšimi preiskovanci v variabilnosti gibanja SP v medio-lateralni smeri pri stoji z odprtimi in zaprtimi očmi

Razlike v variabilnosti gibanju SP med skupino mlajših (sivo) in starejših preiskovancev (belo) pri stoji z odprtimi in zaprtimi očmi v medio-lateralni smeri (M-L variabilnost)

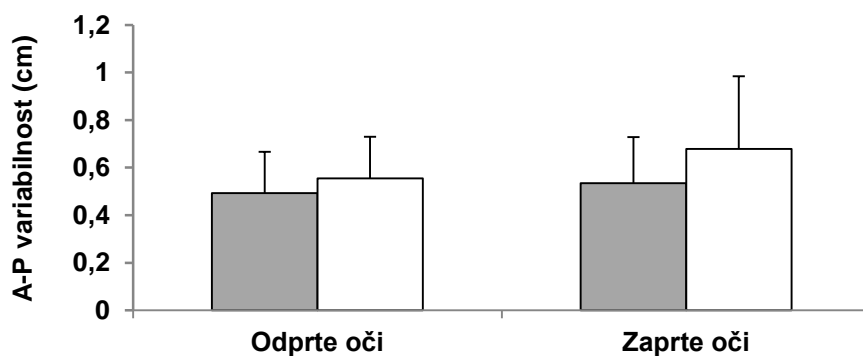
Hitrost gibanja SP je bila pred utrujanjem statistično pomembno večja pri starejših preiskovancih pri odprtih očeh ( $p = 0,007$ ) in pri zaprtih očeh ( $p = 0,004$ ) (slika 13).



**Slika 13** Razlika med mlajšimi in starejšimi preiskovanci v hitrosti gibanja SP pri stoji z odprtimi in zaprtimi očmi

Razlike v hitrosti gibanja SP med skupino mlajših (sivo) in starejših preiskovancev (belo) pri stoji z odprtimi in zaprtimi očmi. \*\* -  $p \leq 0,01$

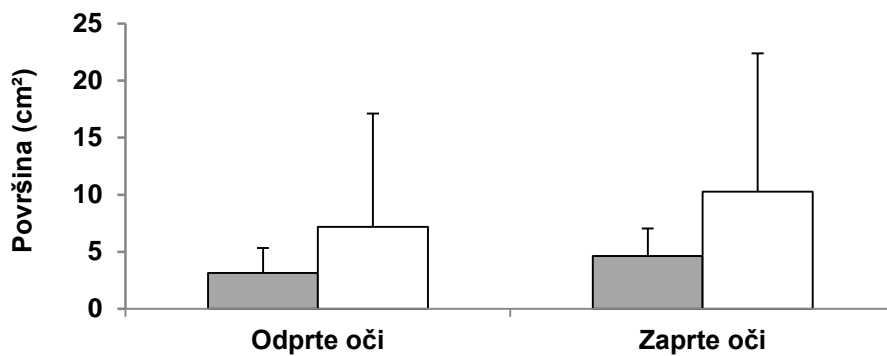
Iz slike 14 je razvidno, da so bile povprečne vrednosti A-P variabilnosti gibanja SP pred utrujanjem večje pri starejših preiskovancih, vendar te razlike niso bile statistično pomembne niti pri odprtih očeh ( $p = 0,35$ ) niti pri zaprtih očeh ( $p = 0,118$ ).



**Slika 14** Razlika med mlajšimi in starejšimi preiskovanci v variabilnosti gibanja SP v antero-posteriorni smeri pri stoji z odprtimi in zaprtimi očmi

Razlike v variabilnosti gibanju SP med skupino mlajših (sivo) in starejših preiskovancev (belo) pri stoji z odprtimi in zaprtimi očmi v antero-posteriorni smeri (A-P variabilnost)

Starejši preiskovanci so imeli pred utrujanjem višje vrednosti površine gibanja SP pri odprtih in zaprtih očeh kot mladi, vendar pa te razlike niso bile statistično pomembne ( $p = 0,158$ ) in ( $p = 0,111$ ) (slika 15).



*Slika 15* Razlika med mlajšimi in starejšimi preiskovanci v površini gibanja SP pri stoji z odprtimi in zaprtimi očmi

*Razlike v površini gibanju SP med skupino mlajših (sivo) in starejših preiskovancev (belo) pri stoji z odprtimi in zaprtimi očmi*



### 5.1.2 Razlike med mlajšimi in starejšimi preiskovanci v gibanju telesnih segmentov

Za ugotavljanje razlike med starostnima skupinama (mlajši, starejši preiskovanci) v gibanju telesnih segmentov med tremi meritvami (pred utrujanjem, po utrujanju in 10 minut po utrujanju) smo najprej izvedli 3 x 2 mixed-design ANOVO. Za ugotavljanje, v katerih meritvah se te razlike med skupinama dejansko kažejo, smo morali nato izvesti post hoc t teste za vsako meritev ločeno, za kar smo uporabili parne t-teste ( $p \leq 0,05$ ).

Glede na opazovane spremenljivke sledijo rezultati, razdeljeni v dve večji skupini (odprte/zaprte oči) in znotraj njih predstavitev posameznega parametra gibanja telesnega segmenta v posamezni ponovitvi meritev.

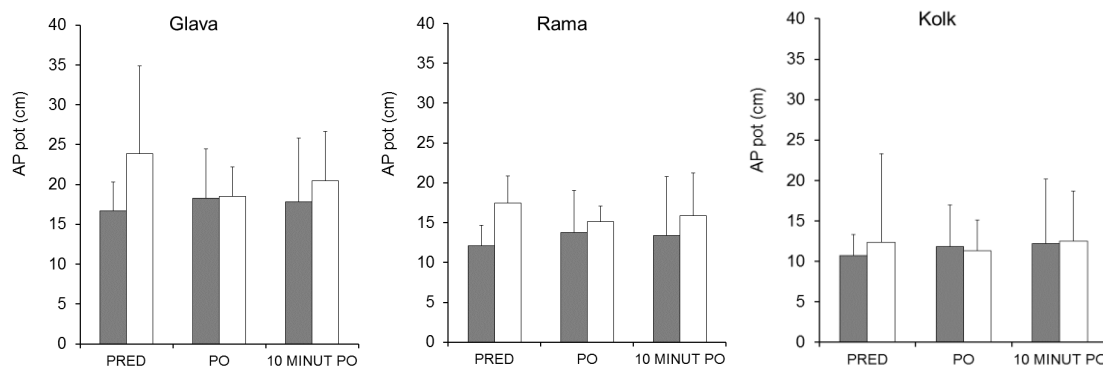
#### 5.1.2.1 Odprte oči

Vpliv starosti na gibanje glave med stojo z odprtimi očmi ni bil statistično pomemben pri nobenem parametru: A-P pot ( $F(1,21) = 2,004$ ,  $p = 0,172$ ), M-L pot ( $F(1,21) = 3,13$ ,  $p = 0,091$ ), A-P variabilnost ( $F(1,21) = 0,40$ ,  $p = 0,53$ ), M-L variabilnost ( $F(1,21) = 3,61$ ,  $p = 0,071$ ), hitrost ( $F(1,21) = 2,79$ ,  $p = 0,109$ ) in površina ( $F(1,21) = 1,698$ ,  $p = 0,207$ ).

Starost ni statistično pomembno vplivala na gibanje rame med stojo z odprtimi očmi pri nobenem parametru: A-P pot ( $F(1,21) = 2,89$ ,  $p = 0,104$ ), M-L poti ( $F(1,21) = 3,218$ ,  $p = 0,087$ ), A-P variabilnost ( $F(1,21) = 1,178$ ,  $p = 0,29$ ), M-L variabilnost ( $F(1,21) = 3,377$ ,  $p = 0,080$ ), hitrosti ( $F(1,21) = 3,453$ ,  $p = 0,077$ ) in površina ( $F(1,21) = 2,279$ ,  $p = 0,146$ ).

Starost ni statistično pomembno vplivala na gibanje kolka med stojo z odprtimi očmi pri nobenem parametru: A-P pot ( $F(1,21) = 0,171$ ,  $p = 0,684$ ), M-L poti ( $F(1,21) = 1,298$ ,  $p = 0,268$ ), A-P variabilnost ( $F(1,21) = 0,39$ ,  $p = 0,539$ ), M-L variabilnost ( $F(1,21) = 2,903$ ,  $p = 0,103$ ), hitrosti ( $F(1,21) = 1,075$ ,  $p = 0,312$ ) in površina ( $F(1,21) = 0,486$ ,  $p = 0,494$ ).

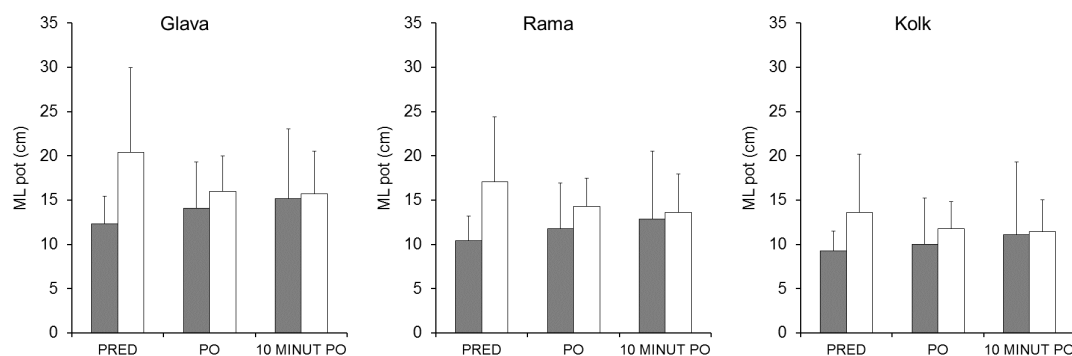
Slika 16 prikazuje povprečne vrednosti A-P poti za glavo, ramo in kolk za vsako starostno skupino posebej za tri zaporedne meritve. Starejši preiskovanci so imeli večje vrednosti A-P poti kot mladi v vseh meritvah, razen takoj po utrujanju pri gibanju kolku, vendar te razlike niso bile statistično pomembne.



Slika 16 Vpliv starosti na gibanja posameznega telesnega segmenta (glava, rama in kolk) v antero-posteriorni smeri (AP pot) z odprtimi očmi pri mlajših preiskovancih (sivo) in starejših preiskovancih (belo) pred utrujanjem (PRED), po utrujanju (PO) in 10 minut po utrujanju (10 MINUT PO)

Prikazane so povprečne vrednosti  $\pm$  SD za vse preiskovance. .

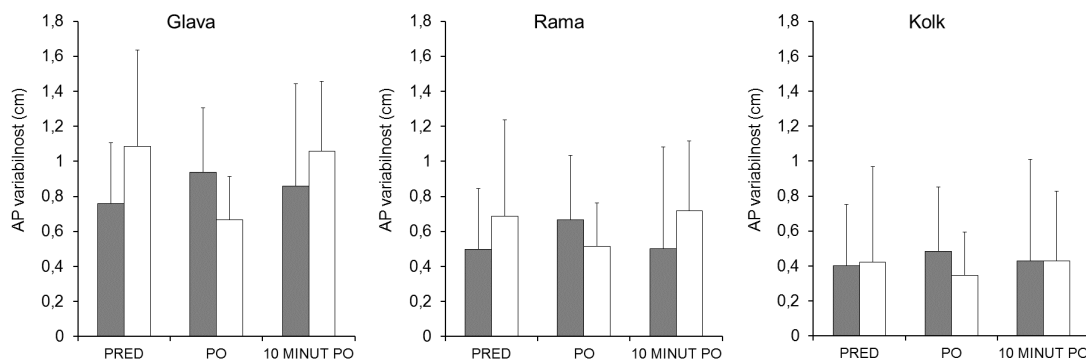
Starejši preiskovanci so imeli večje vrednosti M-L poti kot mladi v vseh meritvah, vendar te razlike ne dosegajo statistične pomembnosti (slika 17).



Slika 17 Vpliv starosti na gibanja posameznega telesnega segmenta (glava, rama in kolk) v medio-lateralni smeri (ML pot) z odprtimi očmi pri mlajših preiskovancih (sivo) in starejših preiskovancih (belo) pred utrujanjem (PRED), po utrujanju (PO) in 10 minut po utrujanju (10 MINUT PO)

Prikazane so povprečne vrednosti  $\pm$  SD za vse preiskovance.

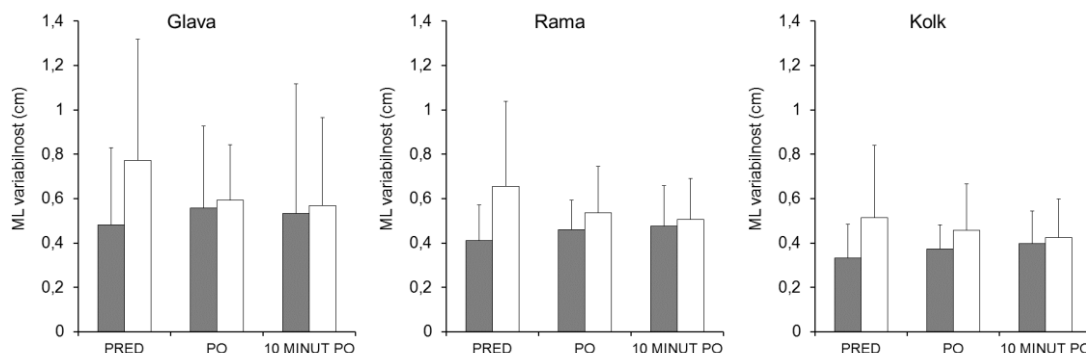
Iz slike 18 je razvidno, da so bile povprečne vrednosti A-P variabilnosti pred utrujanjem in 10 minut po utrujanju pri vseh treh delih telesa večje pri starejših preiskovancih, medtem ko so takoj po utrujanju imeli mlajši preiskovanci večje vrednosti A-P variabilnosti v vseh treh delih telesa, vendar te razlike ne dosegajo statistične pomembnosti.



Slika 18 Vpliv starosti na variabilnost gibanja posameznega telesnega segmenta (glava, rama in kolk) v antero-posteriorni smeri (AP variabilnost z odprtimi očmi pri mlajših preiskovancih (sivo) in starejših preiskovancih (belo) pred utrujanjem (PRED), po utrujanju (PO) in 10 minut po utrujanju (10 MINUT PO)

Prikazane so povprečne vrednosti  $\pm$  SD za vse preiskovance.

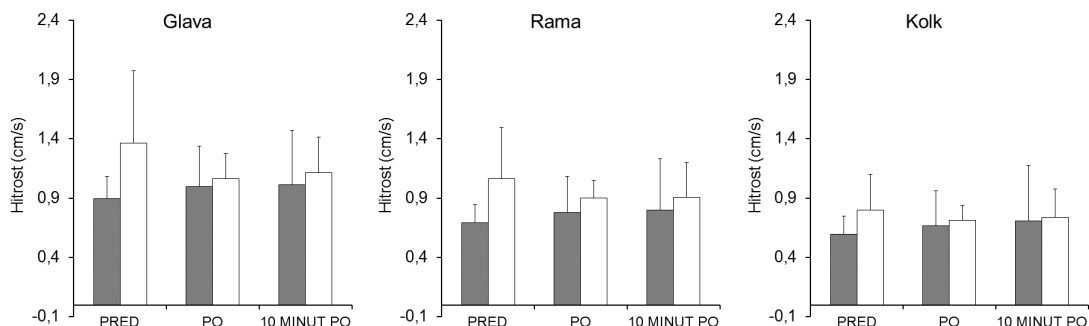
Povprečne vrednosti M-L variabilnosti so bile pri starejših preiskovancih v vseh treh meritvah v vseh treh delih telesa večje kot pri mlajših, vendar te razlike ne dosegajo statistične pomembnosti (Slika 19).



Slika 19 Vpliv starosti na variabilnost gibanja posameznega telesnega segmenta (glava, rama in kolk) v medio-lateralni smeri (ML variabilnost z odprtimi očmi pri mlajših preiskovancih (sivo) in starejših preiskovancih (belo) pred utrujanjem (PRED), po utrujanju (PO) in 10 minut po utrujanju (10 MINUT PO)

Prikazane so povprečne vrednosti  $\pm$  SD za vse preiskovance.

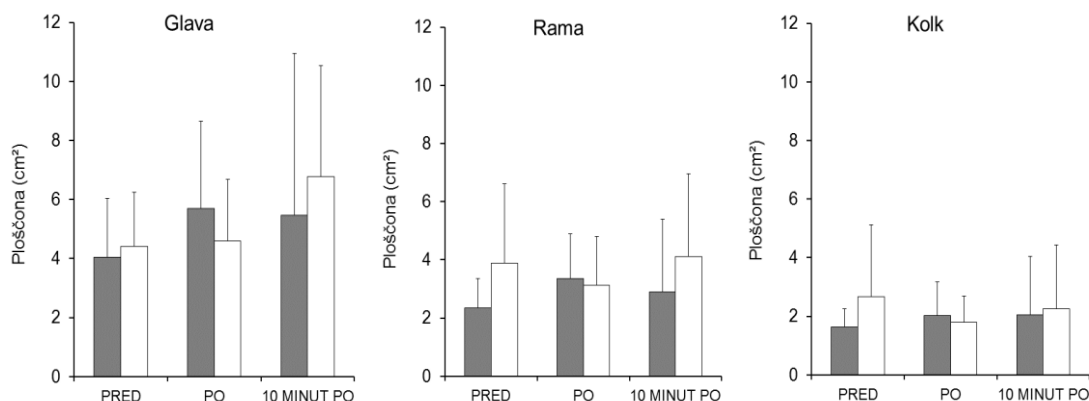
Hitrosti gibanja glave, rame in kolka so bile večje pri starejših preiskovancih v vseh meritvah v vseh delih telesa, vendar te razlike ne dosegajo statistične pomembnosti (Slika 20).



Slika 20 Vpliv starosti na hitrost gibanja posameznega telesnega segmenta (glava, rama in kolk) (Hitrost z odprtimi očmi pri mlajših preiskovancih (sivo) in starejših preiskovancih (belo) pred utrujanjem (PRED), po utrujanju (PO) in 10 minut po utrujanju (10 MINUT PO))

Prikazane so povprečne vrednosti  $\pm$  SD za vse preiskovance.

Starejši preiskovanci so pri površini gibanja glave, rame in kolka pred utrujanjem in 10 minut po utrujanju v vseh treh meritvah dosegali večje povprečne vrednosti. Po utrujanju pa so v vseh treh delih telesa mlajši imeli večjo površino gibanja posameznega telesnega segmenta, vendar te razlike ne dosegajo statistične pomembnosti (Slika 21).



Slika 21 Vpliv starosti na ploščino gibanja posameznega telesnega segmenta (glava, rama in kolk) (Površina) z odprtimi očmi pri mlajših preiskovancih (sivo) in starejših preiskovancih (belo) pred utrujanjem (PRED), po utrujanju (PO) in 10 minut po utrujanju (10 MINUT PO))

Prikazane so povprečne vrednosti  $\pm$  SD za vse preiskovance.

### 5.1.2.2 Zaprte oči

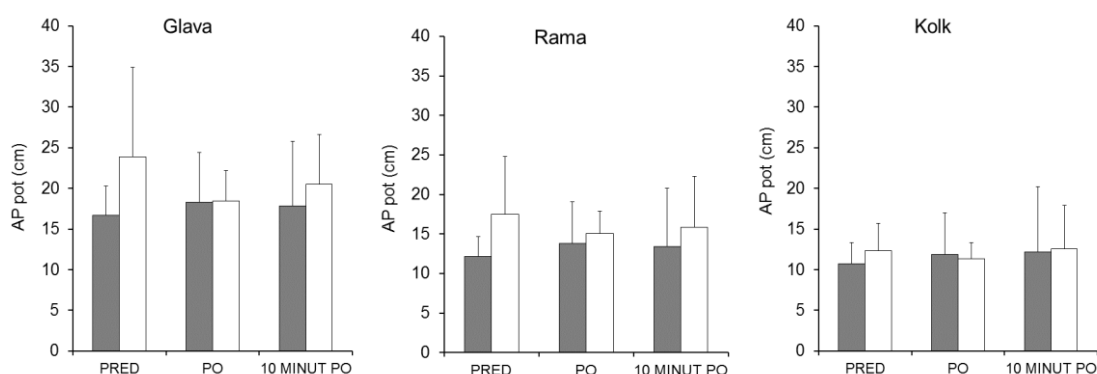
Vpliv starosti na gibanje glave med stojo z zaprtimi očmi ni bil statistično pomemben pri nobenem parametru: A-P pot ( $F(1,19) = 1,40$ ,  $p = 0,533$ ), M-L pot ( $F(1,19) = 0,05$ ,  $p =$

0,825), A-P variabilnost ( $F(1,19) = 2,086$ ,  $p = 0,165$ ), M-L variabilnost ( $F(1,19) = 0,57$ ,  $p = 0,459$ ), hitrost ( $F(1,19) = 0,283$ ,  $p = 0,601$ ) in površina ( $F(1,19) = 1,239$ ,  $p = 0,28$ ).

Starost ni pri nobenem parametru statistično pomembno vplivala na gibanje rame med stojo z zaprtimi očmi: A-P pot ( $F(1,19) = 0,463$ ,  $p = 0,504$ ), M-L pot ( $F(1,19) = 0,052$ ,  $p = 0,822$ ), A-P variabilnost ( $F(1,19) = 2,027$ ,  $p = 0,171$ ), M-L variabilnost ( $F(1,19) = 0,532$ ,  $p = 0,475$ ), hitrosti ( $F(1,19) = 0,27$ ,  $p = 0,609$ ) in površina ( $F(1,19) = 1,229$ ,  $p = 0,282$ ).

Starost ni statistično pomembno vplivala na gibanje kolka med stojo z zaprtimi očmi pri nobenem parametru: A-P pot ( $F(1,19) = 0,006$ ,  $p = 0,937$ ), M-L pot ( $F(1,19) = 0,00$ ,  $p = 0,988$ ), A-P variabilnost ( $F(1,19) = 0,142$ ,  $p = 0,711$ ), M-L variabilnost ( $F(1,19) = 0,669$ ,  $p = 0,424$ ), hitrost ( $F(1,19) = 0,68$ ,  $p = 0,993$ ) in površina ( $F(1,19) = 0,511$ ,  $p = 0,484$ ).

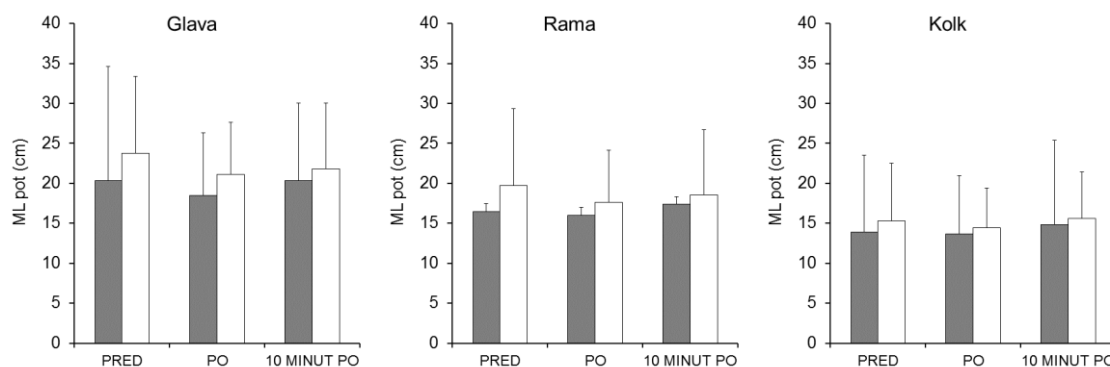
Starejši preiskovanci so imeli večje vrednosti A-P poti kot mladi v vseh meritvah, vendar te razlike ne dosegajo statistične pomembnosti (Slika 22).



Slika 22 Vpliv starosti na gibanja posameznega telesnega segmenta (glava, rama in kolk) v antero-posteriorni smeri (AP pot) z zaprtimi očmi pri mlajših preiskovancih (sivo) in starejših preiskovancih (belo) pred utrujanjem (PRED), po utrujanju (PO) in 10 minut po utrujanju (10 MINUT PO)

Prikazane so povprečne vrednosti  $\pm$  SD za vse preiskovance.

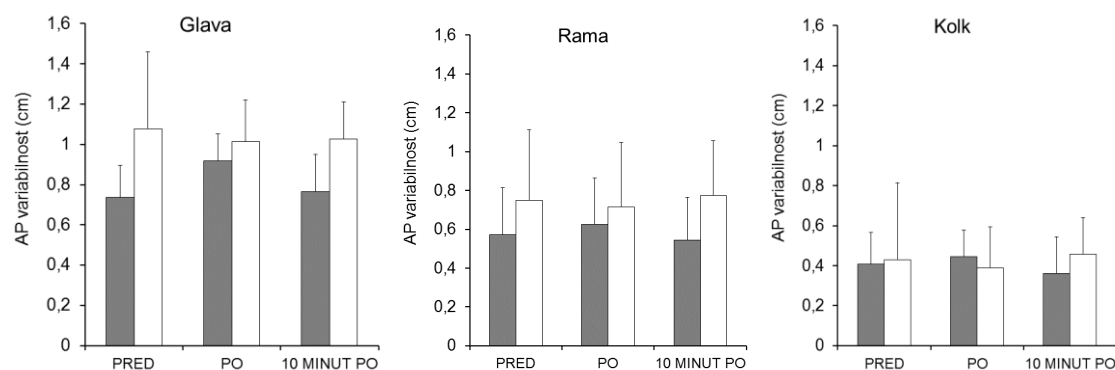
Starejši preiskovanci so imeli večje vrednosti M-L poti kot mladi v vseh meritvah, vendar te razlike ne dosegajo statistične pomembnosti (Slika 23).



Slika 2316 Vpliv starosti na gibanja posameznega telesnega segmenta (glava, rama in kolk) v medio-lateralni smeri (ML pot) z zaprtimi očmi pri mlajših preiskovancih (sivo) in starejših preiskovancih (belo) pred utrujanjem (PRED), po utrujanju (PO) in 10 minut po utrujanju (10 MINUT PO)

Prikazane so povprečne vrednosti  $\pm$  SD za vse preiskovance.

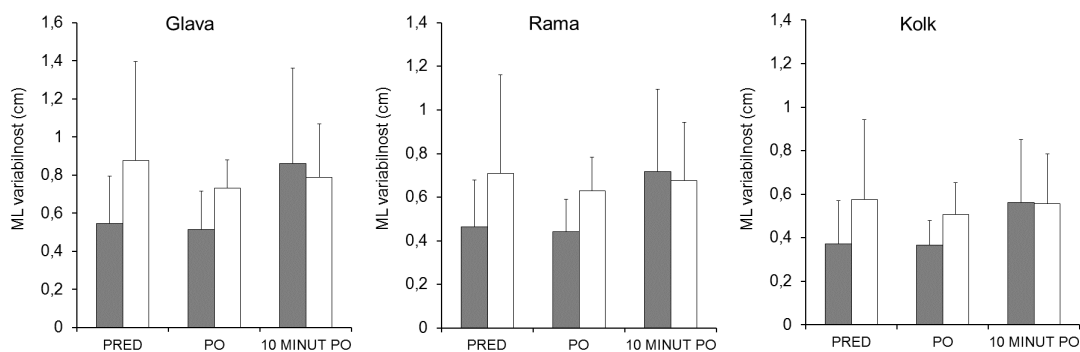
Iz slike 24 je razvidno, da so bile povprečne vrednosti A-P variabilnosti pri vseh meritvah večje pri starejših preiskovancih, razen pri kolku takoj po utrujanju, medtem ko pa so imeli mlajši preiskovanci večje vrednosti, vendar te razlike ne dosegajo statistične pomembnosti.



Slika 24 Vpliv starosti na variabilnost gibanja posameznega telesnega segmenta (glava, rama in kolk) v antero-posteriorni smeri (AP variabilnost) z zaprtimi očmi pri mlajših preiskovancih (sivo) in starejših preiskovancih (belo) pred utrujanjem (PRED), po utrujanju (PO) in 10 minut po utrujanju (10 MINUT PO)

Prikazane so povprečne vrednosti  $\pm$  SD za vse preiskovance.

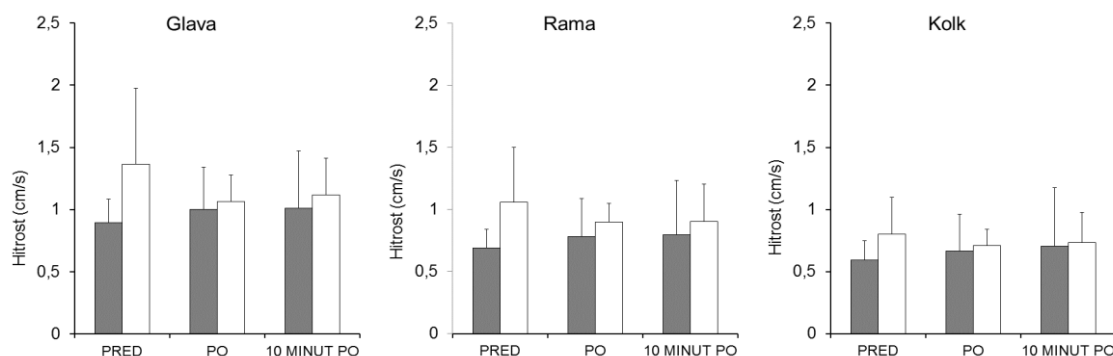
Povprečne vrednosti M-L variabilnosti so bile pri starejših preiskovancih v vseh treh meritvah v vseh treh delih telesa večje kot pri mlajših, vendar te razlike ne dosegajo statistične pomembnosti (Slika 25).



Slika 25 Vpliv starosti na variabilnost gibanja posameznega telesnega segmenta (glava, rama in kolk) v medio-lateralni smeri (ML variabilnost) z zaprtimi očmi pri mlajših preiskovancih (sivo) in starejših preiskovancih (belo) pred utrujanjem (PRED), po utrujanju (PO) in 10 minut po utrujanju (10 MINUT PO)

Prikazane so povprečne vrednosti  $\pm$  SD za vse preiskovance.

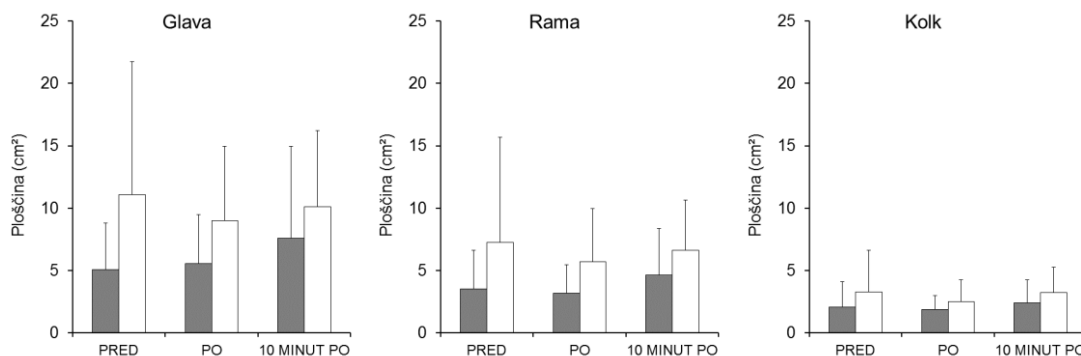
Hitrosti gibanja glave, rame in kolka so bile večje pri starejših preiskovancih pri vseh meritvah v vseh telesnih segmentih, vendar te razlike ne dosegajo statistične pomembnosti (Slika 26).



Slika 26 Vpliv starosti na hitrost gibanja posameznega telesnega segmenta (glava, rama in kolk) (Hitrost) z zaprtimi očmi pri mlajših preiskovancih (sivo) in starejših preiskovancih (belo) pred utrujanjem (PRED), po utrujanju (PO) in 10 minut po utrujanju (10 MINUT PO)

Prikazane so povprečne vrednosti  $\pm$  SD za vse preiskovance.

Starejši preiskovanci so tako pri površini gibanja glave, rame in kolka pred utrujanjem, po utrujanju in 10 minut po utrujanju v vseh treh meritvah dosegali večje povprečne vrednosti gibanja posameznega telesnega segmenta, vendar te razlike ne dosegajo statistične pomembnosti (Slika 27).



Slika 27 Vpliv starosti na ploščino gibanja posameznega telesnega segmenta (glava, rama in kolk) (Površina) z zaprtimi očmi pri mlajših preiskovancih (sivo) in starejših preiskovancih (bela) pred utrujanjem (PRED), po utrujanju (PO) in 10 minut po utrujanju (10 MINUT PO)

Prikazane so povprečne vrednosti  $\pm$  SD za vse preiskovance.

## 5.2 Vpliv utrujanja hrbtnih mišic na ravnotežje za skupino starejših in skupino mlajših preiskovancev

### Rezultati modificiranega Sorensenovega testa in subjektivnega občutenja napora z Borgovo 10-stopenjsko lestvico

Starejši preiskovanci so po končanem utrujanju hrbtnih mišic s modificiranim Sorensenovim testom v povprečju ocenili napor z oceno  $6 \pm 1,1$  po Borgovi lestvici in pri tem je bil povprečen čas trajanja testa  $200 \text{ s} \pm 107 \text{ s}$ . Mlajši preiskovanci pa so po končanem utrujanju ocenili napor s oceno  $6,9 \pm 1,6$ , test pa so izvajali  $263 \text{ s} \pm 79 \text{ s}$ . Razlike v občutenju napora ( $p = 0,088$ ) in v času trajanja utrujanja ( $p = 0,073$ ) med skupinama niso bile statistično pomembna.

#### 5.2.1 Vpliv utrujanja na gibanja SP

Za ugotavljanje učinka utrujanja (pred utrujanjem, po utrujanju in 10 min po utrujanju) na rezultate gibanja SP za posamezne spremenljivke smo najprej izvedli  $3 \times 2$  mixed-disign ANOVO. Za ugotavljanje, med katerimi meritvami se pojavljajo razlike znotraj obeh skupin, smo izvedli post hoc teste z Bonferroni popravki. Za ugotavljanje razlik med meritvami znotraj posamezne skupine pa smo morali izvesti post hoc t teste, za kar smo uporabili parne t-teste ( $p \leq 0,017$ ).

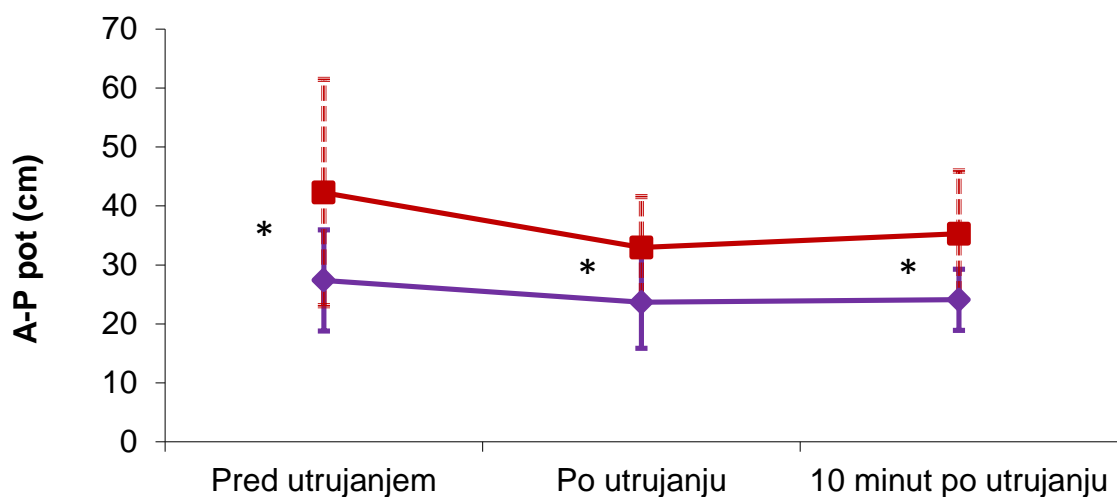


Glede na opazovane spremenljivke sledijo rezultati, razdeljeni v dve večji skupini (odprte/zaprte oči) in znotraj njih predstavitev posameznega parametra gibanja SP v posamezni skupini.

### 5.2.1.1 Odprte oči

Utrujanje je statistično pomembno vplivalo na gibanje SP v A-P smeri pri stoji z odprtimi očmi: A-P pot ( $F(2, 56) = 7,95, p = 0,009$ ). Ko smo opazovali obe skupini skupaj, so Post hoc testi pokazali statistično pomembne razlike med meritvama pred utrujanjem in po utrujanju ( $p=0,012$ ) in med meritvama pred utrujanjem in 10 minut po utrujanju ( $p=0,03$ ). Med meritvama po utrujanju in 10 minut po utrujanju pa razlike niso bile statistično pomembne ( $p=0,62$ ). Znotraj posamezne skupine pa post hoc t testi niso pokazali statistično pomembnih razlik med meritvami pred utrujanjem, po utrujanju in 10 minut po utrujanju.

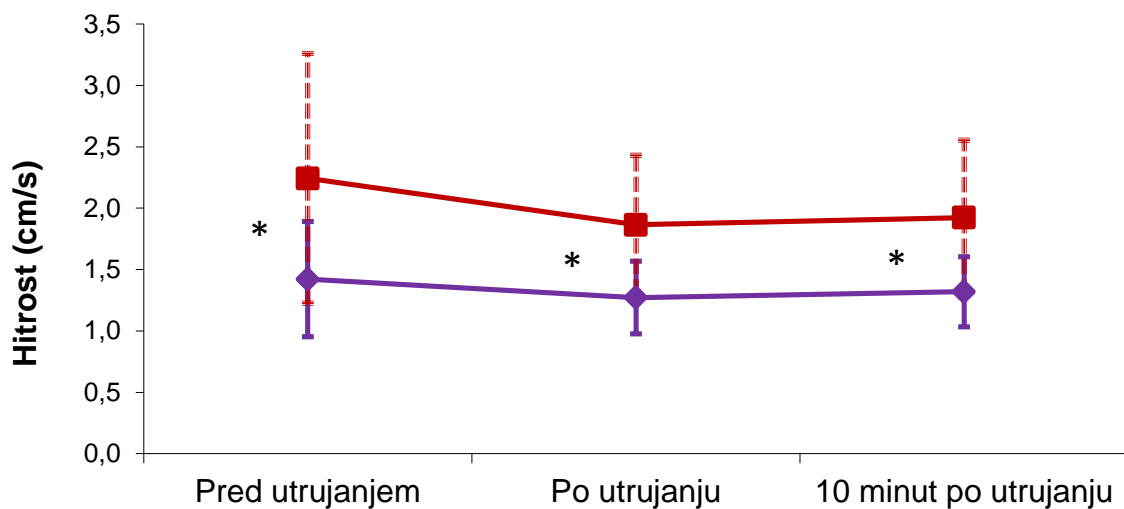
Pri obeh skupinah se po utrujanju vrednosti znižajo in sicer pri starejših bolj kot pri mlajših. 10 minut po utrujanju pa se vrednosti pri obeh skupinah višje kot po utrujanju, vendar še vedno nižje kot pred utrujanjem (Slika 28).



Slika 28 Gibanje središča pritiska v antero-posteriorni smeri (A-P pot) pri odprtih očeh za skupino mlajših preiskovancev (modra) in starejših (rdeča), pred utrujanjem, po utrujanju in 10 minut po utrujanju

Statistično pomemben vpliv utrujenja je bil ugotovljen pri stoji z odprtimi očmi ravno tako pri hitrosti gibanja SP ( $F(2,56) = 4,60$ ,  $p = 0,014$ ). Post hoc testi niso pokazali statistično pomembnih razlik med meritvami pred utrujanjem, po utrujanju in 10 minut po utrujanju, niti pri združenih skupinah niti pri posamezni skupini.

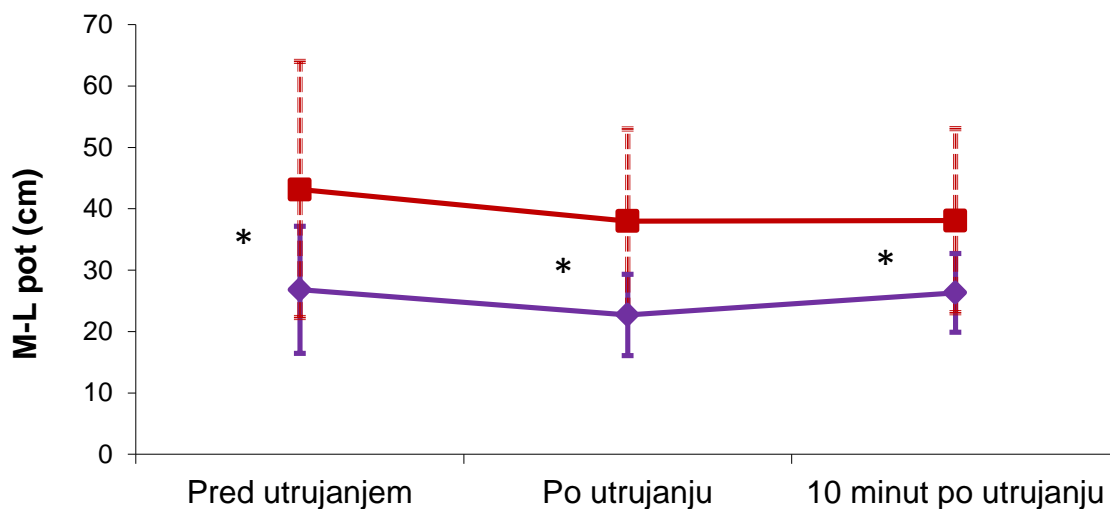
Pri obeh skupinah se po utrujanju vrednosti znižajo, in sicer pri starejših bolj kot pri mlajših. 10 minut po utrujanju pa se vrednosti pri obeh skupinah višje kot po utrujanju, vendar še vedno nižje kot pred utrujanjem (Slika 29).



Slika 29 Hitrost gibanja središča pritiska pri odprtih očeh za skupino mlajših preiskovancev (modra) in starejših (rdeča), pred utrujanjem, po utrujanju in 10 minut po utrujanju.

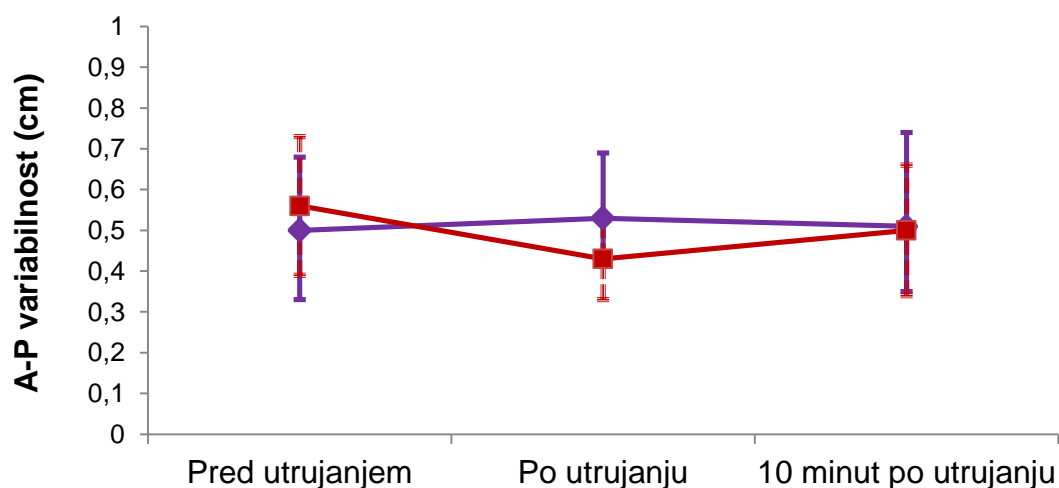
Rezultati kažejo, da utrujanje pri stoji z odprtimi očmi ni povzročilo statistično pomembnih sprememb pri M-L poti ( $F(2, 56) = 2,39$ ,  $p = 0,10$ ), A-P variabilnosti  $F(2, 56) = 0,75$ ,  $p = 0,477$ ), M-L variabilnosti  $F(2, 56) = 2,79$ ,  $p = 0,07$ ) in površini ( $F(2, 54) = 1,26$ ,  $p = 0,27$ ).

Pri obeh skupinah se po utrujanju vrednosti M-L poti znižajo. 10 minut po utrujanju pa se vrednosti pri obeh skupinah višje kot po utrujanju, vendar še vedno nižje kot pred utrujanjem (Slika 30).



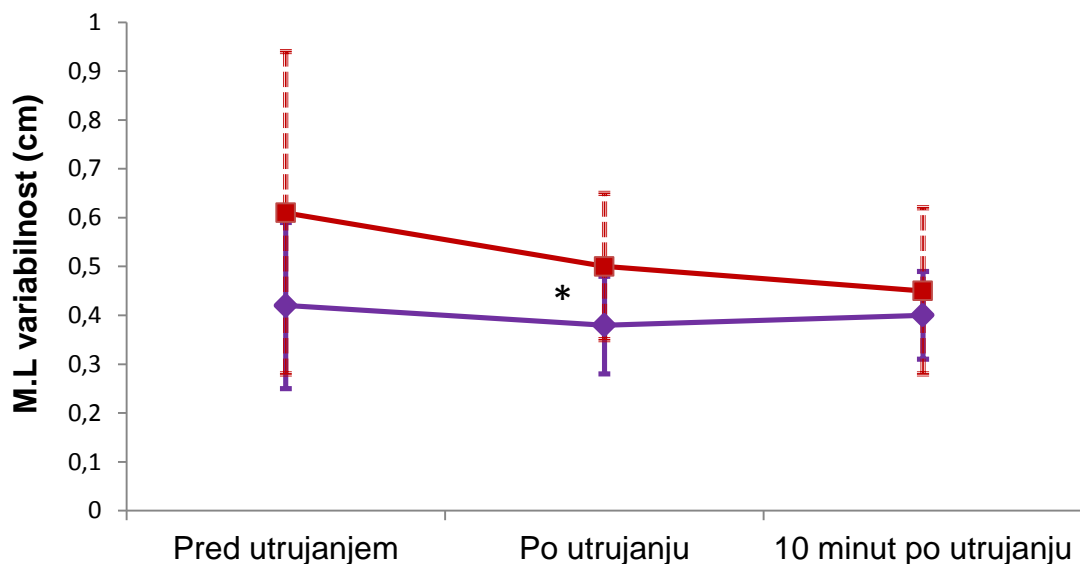
Slika 30 Gibanje središča pritiska v medio-lateralni smeri (M-L pot) pri odprtih očeh za skupino mlajših preiskovancev (modra) in starejših (rdeča), pred utrujanjem, po utrujanju in 10 minut po utrujanju.

Pri starejših preiskovancih se po utrujanju vrednosti A-P variabilnosti znižajo, 10 minut po utrujanju pa so vrednosti višje kot po utrujanju, vendar še vedno nižje kot pred utrujanjem. Pri mlajših preiskovancih pa se po utrujanju vrednosti zvišajo in 10 minut po utrujanju so vrednosti nižje kot po utrujanju, vendar še vedno višje kot pred utrujanjem (Slika 31).



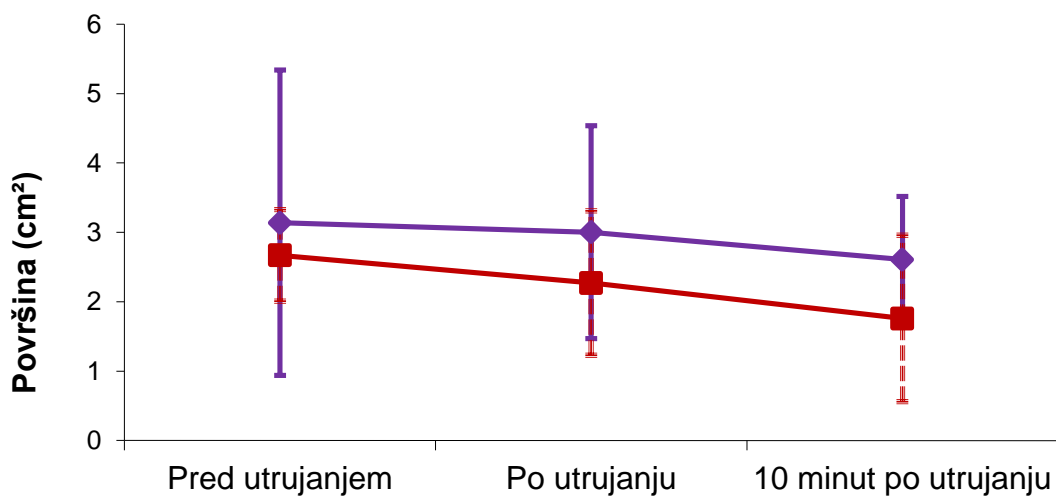
Slika 31 Variabilnost gibanje središča pritiska v antero-posteriorni smeri (A-P variabilnost) pri odprtih očeh za skupino mlajših preiskovancev (modra) in starejših (rdeča), pred utrujanjem, po utrujanju in 10 minut po utrujanju.

Pri obeh skupinah se po utrujanju vrednosti znižajo, in sicer pri starejših bolj kot pri mlajših. 10 minut po utrujanju pa se vrednosti pri mlajših višje kot po utrujanju, vendar še vedno nižje kot pred utrujanjem, pri starejših pa so vrednosti še nižje kot po utrujanju (Slika 32).



Slika 32 Variabilnost gibanje središča pritiska v medio-lateralni smeri (M-L variabilnost) pri odprtih očeh za skupino mlajših preiskovancev (modra) in starejših (rdeča), pred utrujanjem, po utrujanju in 10 minut po utrujanju.

Pri obeh skupinah se po utrujanju vrednosti znižajo in ravno tako 10 minut po utrujanju. Je pa znižanje površine večje pri mlajših preiskovancih (Slika 33).



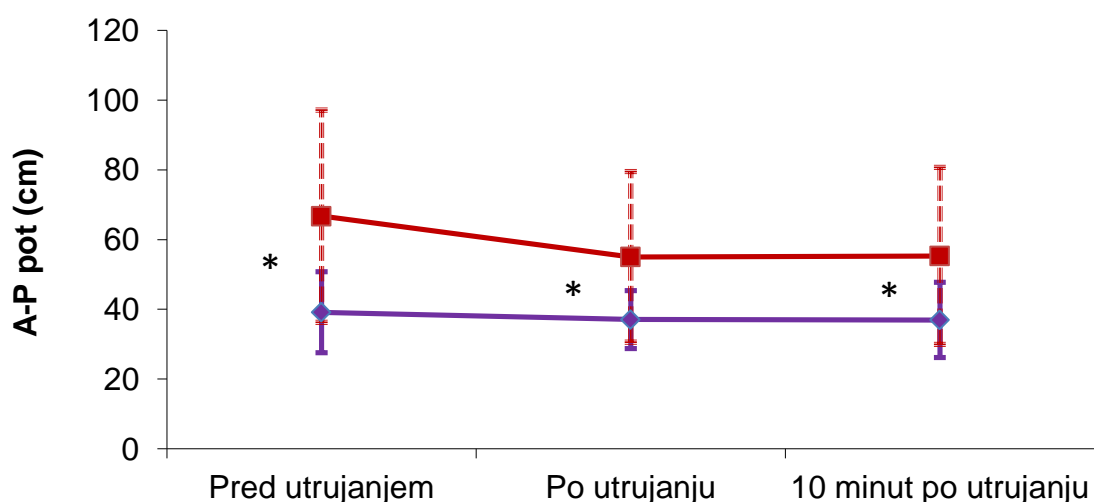
Slika 3317 Površina gibanje središča pritiska (Površina) pri odprtih očeh za skupino mlajših preiskovancev (modra) in starejših (rdeča), pred utrujanjem, po utrujanju in 10 minut po utrujanju.

Natančni podatki za vse parametre gibanja SP so v tabeli 1 in 2 v prilogi 2).

### 5.2.1.2 Zaprte oči

Pri stoji z zaprtimi očmi je utrujanje statistično pomembno vplivalo na gibanje SP pri parametru A-P pot ( $F(2, 56) = 4,068$ ,  $p = 0,022$ ). Post hoc t testi niso pokazali statistično pomembnih razlik med meritvami pred utrujanjem, po utrujanju in 10 minut po utrujanju (Slika 34).

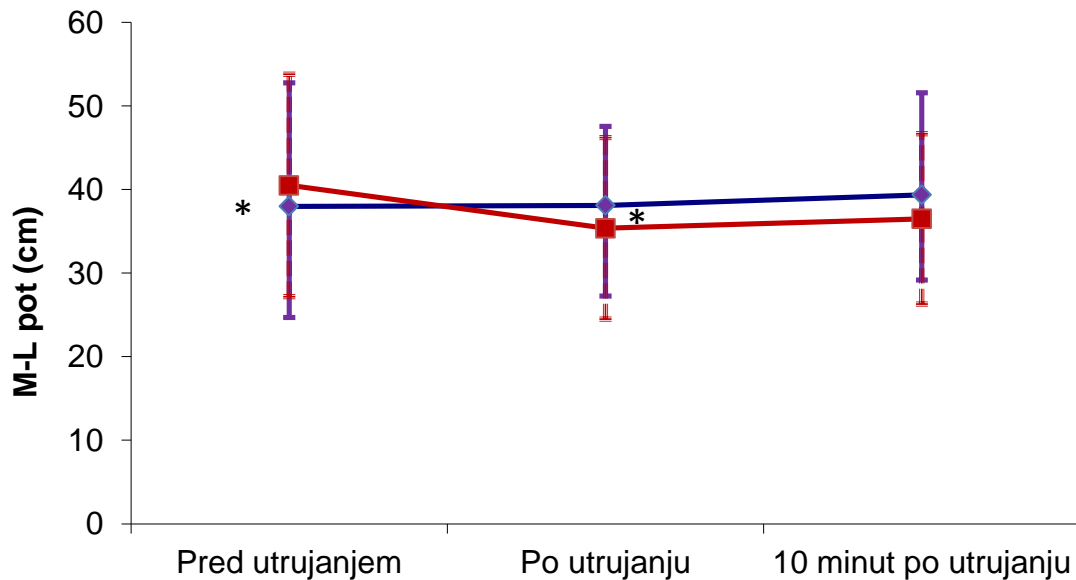
Pri obeh skupinah se po utrujanju vrednosti znižajo, in sicer pri starejših bolj kot pri mlajših. 10 minut po utrujanju pa se vrednosti pri starejših višje kot po utrujanju, vendar še vedno nižje kot pred utrujanjem, pri mladih pa še malo nižje kot po utrujanju (Slika 34).



Slika 34 Gibanje središča pritiska v antero-posteriorni smeri (A-P pot) pri zaprtih očeh za skupino mlajših preiskovancev (modra) in starejših (rdeča), pred utrujanjem, po utrujanju in 10 minut po utrujanju.

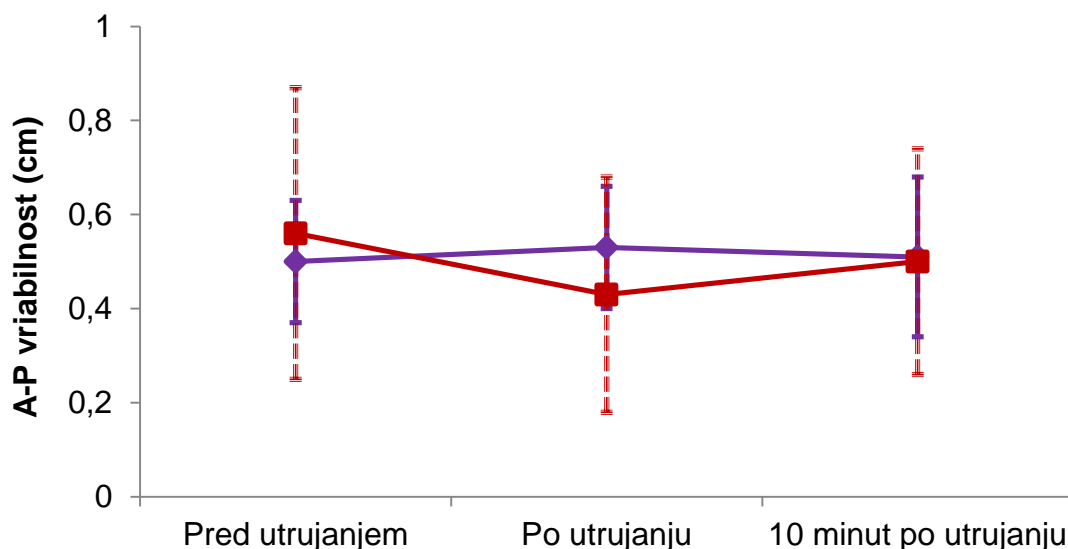
Utrujanje pri stoji z zaprtimi očmi ni povzročilo statistično pomembnih sprememb pri M-L poti ( $F(2, 56) = 0,903$ ,  $p = 0,411$ ) (slika 40), A-P variabilnost ( $F(1,56) = 0,46$ ,  $p = 0,632$ ) (slika 41), M-L variabilnost ( $F(2, 56) = 1,579$ ,  $p = 0,219$ ) (slika 42), hitrost ( $F(2,56) = 2,407$ ,  $p = 0,132$ ) (slika 43) in površini gibanja SP ( $F(2, 54) = 1,698$ ,  $p = 0,192$ ) (slika 35).

Pri skupini mlajših se vrednosti po utrujanju višje kot pred utrujanjem in ravno tako 10 minut po utrujanju, medtem ko so pri starejših takoj po utrujanju nižje, 10 minut po utrujanju pa zopet višje, vendar še vedno nižje kot pred utrujanjem (slika 35 )



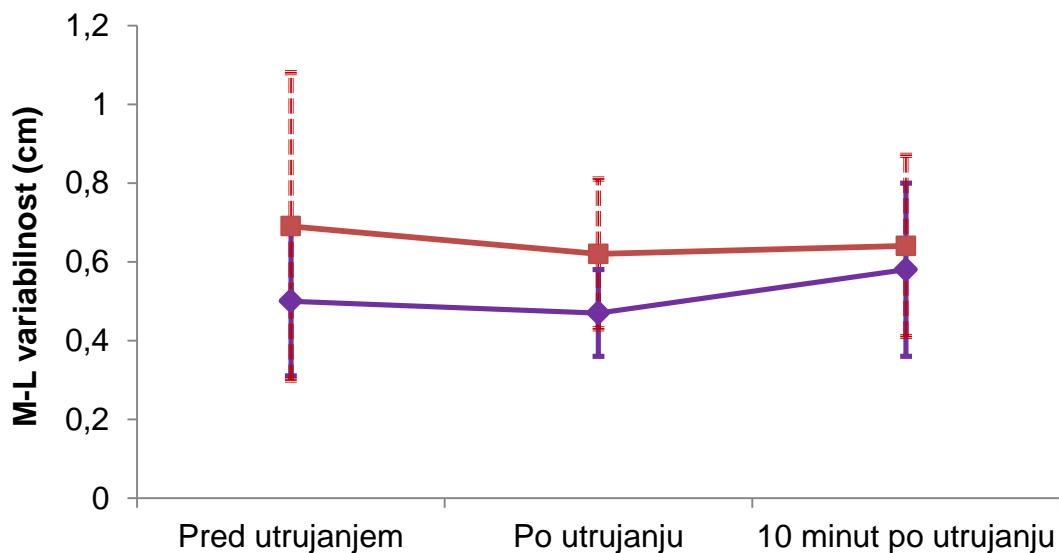
Slika 35 Gibanje središča pritiska v medio-lateralni smeri (M-L pot) pri zaprtih očeh za skupino mlajših preiskovancev (modra) in starejših (rdeča), pred utrujanjem, po utrujanju in 10 minut po utrujanju.

Pri skupini mlajših se vrednosti po utrujanju višje kot pred utrujanjem, 10 minut po utrujanju pa nižje, ampak še vedno višje kot pred utrujanjem. Pri starejših pa so takoj po utrujanju nižje, 10 minut po utrujanju pa zopet višje, vendar še vedno nižje kot pred utrujanjem (slika 36 )



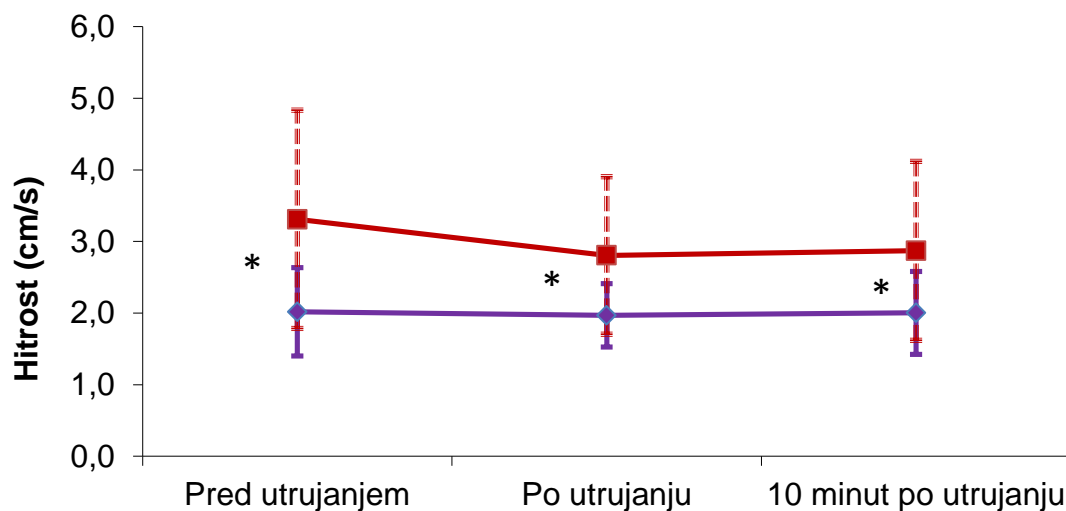
Slika 36 Variabilnost gibanje središča pritiska v antero-posteriorni smeri (A-P variabilnost) pri zaprtih očeh za skupino mlajših preiskovancev (modra) in starejših (rdeča), pred utrujanjem, po utrujanju in 10 minut po utrujanju.

Pri obeh skupinah se po utrujanju vrednosti znižajo. 10 minut po utrujanju pa se vrednosti pri obeh skupinah višje kot po utrujanju, vendar pri starejših še vedno nižje kot pred utrujanjem, pri mladih pa višje kot pred utrujanjem (Slika 37).



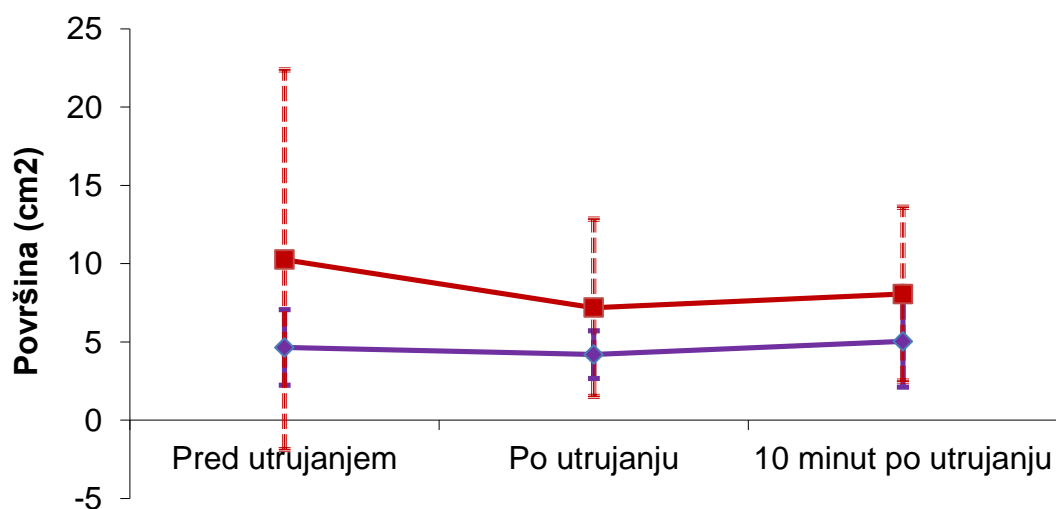
Slika 37 Variabilnost gibanje središča pritiska v medio-lateralni smeri (M-L variabilnost) pri zaprtih očeh za skupino mlajših preiskovancev (modra) in starejših (rdeča), pred utrujanjem, po utrujanju in 10 minut po utrujanju.

Pri obeh skupinah se po utrujanju vrednosti znižajo in sicer pri starejših bolj kot pri mlajših. 10 minut po utrujanju pa se vrednosti pri obeh skupinah višje kot po utrujanju, vendar še vedno nižje kot pred utrujanjem (Slika 38).



Slika 38 Hitrost gibanja središča pritiska pri zaprtih očeh za skupino mlajših preiskovancev (modra) in starejših (rdeča), pred utrujanjem, po utrujanju in 10 minut po utrujanju.

Pri obeh skupinah se po utrujanju vrednosti znižajo in sicer pri starejših bolj kot pri mlajših. 10 minut po utrujanju pa se vrednosti pri skupini mladih višje kot pred utrujanju, pri skupini starejših pa še vedno nižje kot pred utrujanjem (Slika 39).



Slika 39 Površina gibanje središča pritiska (Površina) pri zaprtih očeh za skupino mlajših preiskovancev (modra) in starejših (rdeča), pred utrujanjem, po utrujanju in 10 minut po utrujanju.



---

Natančni podatki za vse parametre gibanja SP so v tabelah 3 in 4 v prilogi 3.

### **5.2.2. Vpliv utrujanja na gibanje posameznega telesnega segmenta**

Za ugotavljanje učinka utrujanja (pred utrujanjem, po utrujanju in 10 min po utrujanju) na rezultate gibanja posameznega telesnega segmenta za posamezne spremenljivke smo najprej izvedli 3 x 2 mixed-design ANOVO. Za ugotavljanje, med katerimi meritvami se pojavljajo razlike znotraj obeh skupin, smo izvedli post hoc teste z Bonferroni popravki. Za ugotavljanje razlik med meritvami znotraj posamezne skupine pa smo morali izvesti post hoc t teste, za kar smo uporabili parne t-teste ( $p \leq 0,017$ ).

Glede na opazovane spremenljivke sledijo rezultati, razdeljeni v dve večji skupini (odprte/zaprte oči) in znotraj njih predstavitev posameznega parametra gibanja posameznega telesnega segmenta v posamezni skupini.

#### **5.2.2.1 Odprte oči**

Gibanje glave se po utrujanju pri stoju z odprtimi očmi ni statistično pomembno razlikovalo v parametrih: A-P pot ( $F(2, 42) = 1,58, p = 0,218$ ), M-L poti ( $F(2, 42) = 0,64, p = 0,533$ ), A-P variabilnosti ( $F(2, 42) = 2,409, p = 0,102$ ), M-L variabilnosti ( $F(2, 42) = 1,066, p = 0,353$ ), hitrosti ( $F(2, 42) = 1,24, p = 0,30$ ) in površini ( $F(2, 42) = 1,368, p = 0,266$ ) (tabeli 1 in 2).

**Tabela 1** Gibanje glave mlajših preiskovancev pri odprtih očeh v treh zaporednih meritvah in p-vrednosti medsebojnih primerjav.

Parametri	Mlajši preiskovanci ( <i>n</i> =16)			<i>p</i> -vrednosti		
	Pred utrujanjem	Po utrujanju	10 min po utru.	pred:po	po:10po	pred: 10po
A-Ppot (cm)	16,69 ± 3,61	18,27 ± 6,16	17,48 ± 7,80	0,212	0,698	0,461
M-Lpot (cm)	12,35 ± 3,07	14,06 ± 5,23	15,14 ± 7,93	0,146	0,412	0,164
A-P variabilnost (cm)	0,76 ± 0,35	0,93 ± 0,37	0,86 ± 0,58	0,112	0,547	0,473
M-L variabilnost (cm)	0,48 ± 0,19	0,56 ± 0,15	0,53 ± 0,18	0,148	0,586	0,455
Hitrost (cm/s)	0,89 ± 0,19	1,00 ± 0,33	1,01 ± 0,46	0,131	0,861	0,246
Površina (cm)	4,04 ± 1,99	5,70 ± 3,00	5,46 ± 5,48	0,058	0,84	0,304

Mean ± SD od A-Ppot - gibanje glave v antero-posteriorni smeri z odprtimi očmi, M-Lpot - gibanje glave v medio-laterali smeri z odprtimi očmi, A-P variabilnost - variabilnost gibanja glave v antero-posteriorni smeri z odprtimi očmi, M-L variabilnost - variabilnost gibanja glave v medio-laterali smeri z odprtimi očmi, Hitrost - hitrost gibanja glave z odprtimi očmi, Površine – površina gibanja glave z odprtimi očmi, pred:po - razlika med meritvijo pred utrujanjem in po utrujanju, po:10po - razlika med meritvijo po utrujanju in 10minut po utrujanju, pred: 10po - razlika med meritvijo pred utrujanjem in 10minut po utrujanju.

**Tabela 2** Gibanje glave starejših preiskovancev pri odprtih očeh v treh zaporednih meritvah in p-vrednosti medsebojnih primerjav.

Parametri	Starejši preiskovanci ( <i>n</i> =14)			<i>p</i> -vrednosti		
	Pred utrujanjem	Po utrujanju	10 min po utru.	pred:po	po:10po	pred: 10po
A-Ppot (cm)	23,89 ± 10,97	18,30 ± 3,65	20,15 ± 6,00	0,082	0,193	0,154
M-Lpot (cm)	20,38 ± 9,60	15,74 ± 3,93	15,48 ± 4,66	0,13	0,757	0,066
A-P variabilnost (cm)	1,09 ± 0,55	0,65 ± 0,25	1,00 ± 0,42	0,009	0,001	0,454
M-L variabilnost (cm)	0,77 ± 0,46	0,59 ± 0,18	0,56 ± 0,19	0,184	0,374	0,126
Hitrost (cm/s)	1,36 ± 0,61	1,05 ± 0,21	1,10 ± 0,29	0,086	0,44	0,088
Površina (cm <sup>2</sup> )	10,78 ± 13,51	4,38 ± 2,05	6,22 ± 3,82	0,105	0,059	0,235

Mean ± SD od A-Ppot - gibanje glave v antero-posteriorni smeri z odprtimi očmi, M-Lpot - gibanje glave v medio-laterali smeri z odprtimi očmi, A-P variabilnost - variabilnost gibanja glave v antero-posteriorni smeri z odprtimi očmi, M-L variabilnost - variabilnost gibanja glave v medio-laterali smeri z odprtimi očmi, Hitrost - hitrost gibanja glave z odprtimi očmi, Površine – površina gibanja glave z odprtimi očmi, pred:po - razlika med meritvijo pred utrujanjem in po utrujanju, po:10po - razlika med meritvijo po utrujanju in 10minut po utrujanju, pred: 10po - razlika med meritvijo pred utrujanjem in 10minut po utrujanju.

Rezultati 3 x 2 mixed-design ANOVA kažejo, da se gibanje ramen po utrujanju pri stoji z odprtimi očmi ni statistično pomembno spremenilo pri A-P poti ( $F(2, 42) = 0,192$ ,  $p = 0,826$ ), M-L poti ( $F(2, 42) = 0,259$ ,  $p = 0,773$ ), A-P variabilnosti ( $F(2, 42) = 0,144$ ,  $p = 0,867$ ), M-L variabilnosti ( $F(2, 42) = 0,58$ ,  $p = 0,565$ ), hitrosti ( $F(2, 42) = 0,326$ ,  $p = 0,724$ ) in površini ( $F(2, 42) = 0,988$ ,  $p = 0,381$ ) (tabela 3 in 4).

**Tabela 3** Gibanja rame mlajših preiskovancev pri odprtih očeh v treh meritvah s p-vrednostmi medsebojnih primerjav.

Parametri	Mlajši preiskovanci ( $n=16$ )			$p$ -vrednosti		
	Pred utrujanjem	Po utrujanju	10 min po utru.	pred:po	po:10po	pred: 10po
A-Ppot (cm)	12,13 ± 2,50	13,78 ± 5,25	13,37 ± 7,39	0,154	0,709	0,497
M-Lpot (cm)	10,40 ± 2,79	11,78 ± 5,16	12,86 ± 7,69	0,276	0,274	0,23
A-P variabilnost (cm)	0,50 ± 0,19	0,66 ± 0,19	0,50 ± 0,23	0,031	0,001	0,986
M-L variabilnost (cm)	0,41 ± 0,16	0,46 ± 0,13	0,48 ± 0,18	0,329	0,731	0,397
Hitrost (cm/s)	0,69 ± 0,15	0,78 ± 0,31	0,80 ± 0,44	0,188	0,773	0,333
Površina (cm <sub>e</sub> )	2,34 ± 1,00	3,35 ± 1,53	2,90 ± 2,50	0,056	0,278	0,466

Mean ± SD od A-Ppot - gibanje rame v antero-posteriorni smeri z odprtimi očmi, M-Lpot - gibanje rame v medio-laterali smeri z odprtimi očmi, A-P variabilnost - variabilnost gibanja rame v antero-posteriorni smeri z odprtimi očmi, M-L variabilnost - variabilnost gibanja rame v medio-lateralni smeri z odprtimi očmi, Hitrost - hitrost gibanja rame z odprtimi očmi, Površine – površina gibanja rame z odprtimi očmi, pred:po - razlika med meritvijo pred utrujanjem in po utrujanju, po:10po - razlika med meritvijo po utrujanju in 10minut po utrujanju, pred: 10po - razlika med meritvijo pred utrujanjem in 10minut po utrujanju.

**Tabela 4** Gibanje rame starejših preiskovancev pri odprtih očeh v treh meritvah s p-vrednostmi medsebojnih primerjav.

Parametri	Starejši preiskovanci ( $n=14$ )			$p$ -vrednosti		
	Pred utrujanjem	Po utrujanju	10 min po utru.	pred:po	po:10po	pred: 10po
A-Ppot (cm)	17,45 ± 7,38	14,93 ± 2,73	15,52 ± 6,24	0,268	0,7	0,339
M-Lpot (cm)	17,04 ± 7,36	14,06 ± 3,17	13,30 ± 4,26	0,153	0,284	0,079
A-P variabilnost (cm)	0,69 ± 0,31	0,50 ± 0,19	0,69 ± 0,34	0,016	0,025	0,977
M-L variabilnost (cm)	0,66 ± 0,38	0,53 ± 0,20	0,50 ± 0,18	0,278	0,177	0,127
Hitrost (cm/s)	1,06 ± 0,44	0,89 ± 0,15	0,89 ± 0,29	0,15	0,936	0,152
Površina (cm <sub>e</sub> )	5,96 ± 7,24	3,05 ± 1,62	3,90 ± 2,81	0,148	0,076	0,255

Mean ± SD od A-Ppot - gibanje rame v antero-posteriorni smeri z odprtimi očmi, M-Lpot - gibanje rame v medio-laterali smeri z odprtimi očmi, A-P variabilnost - variabilnost gibanja rame v antero-posteriorni smeri z odprtimi očmi, M-L variabilnost - variabilnost gibanja rame v medio-lateralni smeri z odprtimi očmi, hitrost gibanja rame - hitrost gibanja rame z odprtimi očmi, Površine – površina gibanja rame z odprtimi očmi, pred:po - razlika med meritvijo pred utrujanjem in po utrujanju, po:10po - razlika med meritvijo po utrujanju in 10minut po utrujanju, pred: 10po - razlika med meritvijo pred utrujanjem in 10minut po utrujanju.

Gibanje kolka po utrujanju pri stoju z odprtimi očmi ni povzročilo statistično pomembnih sprememb pri A-P poti ( $F(2, 42) = 0,272$ ,  $p = 0,763$ ), M-L poti ( $F(2, 42) = 0,084$ ,  $p = 0,92$ ), A-P variabilnosti ( $F(2, 42) = 0,049$ ,  $p = 0,952$ ), M-L variabilnosti ( $F(2, 42) = 0,114$ ,  $p = 0,893$ ), hitrosti ( $F(2, 42) = 0,087$ ,  $p = 0,917$ ) in površini ( $F(2, 42) = 0,201$ ,  $p = 0,819$ ) (tabela 5 in 6).

**Tabela 5** Gibanje kolka mlajših preiskovancev pri odprtih očeh v treh meritvah s p-vrednostmi medsebojnih primerjav.

Parametri	Mlajši preiskovanci ( <i>n</i> =16)			<i>p</i> -vrednosti		
	Pred utrujanjem	Po utrujanju	10 min po utru.	pred:po	po:10po	pred: 10po
A-Ppot (cm)	10,69 ± 2,64	11,85 ± 5,14	12,18 ± 8,01	0,302	0,773	0,446
M-Lpot (cm)	9,28 ± 2,22	10,03 ± 5,18	11,08 ± 8,20	0,447	0,372	0,368
A-P variabilnost (cm)	0,40 ± 0,14	0,48 ± 0,19	0,43 ± 0,22	0,171	0,373	0,724
M-L variabilnost (cm)	0,33 ± 0,15	0,37 ± 0,11	0,40 ± 0,14	0,362	0,476	0,335
Hitrost (cm/s)	0,60 ± 0,15	0,67 ± 0,29	0,70 ± 0,47	0,289	0,585	0,35
Površina (cm <sub>2</sub> )	1,63 ± 0,63	2,03 ± 1,13	2,05 ± 2,00	0,118	0,975	0,487

Mean ± SD od A-Ppot - gibanje kolka v antero-posteriorni smeri z odprtimi očmi, M-Lpot - gibanje kolka v medio-laterali smeri z odprtimi očmi, A-P variabilnost - variabilnost gibanja kolka v antero-posteriorni smeri z odprtimi očmi, M-L variabilnost - variabilnost gibanja kolka v medio-lateralni smeri z odprtimi očmi, Hitrost - hitrost gibanja kolka z odprtimi očmi, Površine – površina gibanja kolka z odprtimi očmi, pred:po - razlika med meritvijo pred utrujanjem in po utrujanju, po:10po - razlika med meritvijo po utrujanju in 10minut po utrujanju, pred: 10po - razlika med meritvijo pred utrujanjem in 10minut po utrujanju.

**Tabela 6** Gibanje kolka starejših preiskovancev pri odprtih očeh v treh meritvah s p-vrednostmi medsebojnih primerjav.

Parametri	Starejši preiskovanci ( <i>n</i> =14)			<i>p</i> -vrednosti		
	Pred utrujanjem	Po utrujanju	10 min po utru.	pred:po	po:10po	pred: 10po
A-Ppot (cm)	12,33 ± 3,40	12,20 ± 3,64	12,26 ± 5,19	0,214	0,917	0,91
M-Lpot (cm)	13,62 ± 6,54	12,01 ± 3,02	11,23 ± 3,46	0,302	0,19	0,225
A-P variabilnost (cm)	0,42 ± 0,12	0,34 ± 0,07	0,42 ± 0,20	0,057	0,214	0,901
M-L variabilnost (cm)	0,51 ± 0,33	0,46 ± 0,20	0,41 ± 0,17	0,555	0,071	0,235
Hitrost (cm/s)	0,80 ± 0,30	0,74 ± 0,17	0,72 ± 0,24	0,233	0,615	0,42
Površina (cm <sub>2</sub> )	2,67 ± 2,44	1,8 ± 0,86	2,15 ± 2,10	0,224	0,473	0,439

Mean ± SD od A-Ppot - gibanje kolka v antero-posteriorni smeri z odprtimi očmi, M-Lpot - gibanje kolka v medio-laterali smeri z odprtimi očmi, A-P variabilnost - variabilnost gibanja kolka v antero-posteriorni smeri z odprtimi očmi, M-L variabilnost - variabilnost gibanja kolka v medio-lateralni smeri z odprtimi očmi, Hitrost - hitrost gibanja kolka z odprtimi očmi, Površine – površina gibanja kolka z odprtimi očmi, pred:po - razlika med meritvijo pred utrujanjem in po utrujanju, po:10po - razlika med meritvijo po utrujanju in 10minut po utrujanju, pred: 10po - razlika med meritvijo pred utrujanjem in 10minut po utrujanju.

### 5.2.2.2 Zaprte oči

Rezultati 3 X 2 mixed design ANOVA kažejo, da se pri gibanje glave po utrujanju pri stoji z zaprtimi očmi pokažejo statistično pomembne razlike v A-P poti ( $F(2, 38) = 4,031$ ,  $p = 0,026$ ). Ko smo opazovali obe skupini skupaj, Post hoc testi niso pokazali statistično pomembne razlike med meritvama pred utrujanjem in po utrujanju ( $p=0,117$ ), niti med meritvama pred utrujanjem in 10 minut po utrujanju ( $p=0,078$ ) niti med meritvama po in 10 minut po utrujanju ( $p=1,00$ ). Znotraj posamezne skupine pa post hoc t testi ravno tako

niso pokazali statistično pomembnih razlik med meritvami pred utrujanjem, po utrujanju in 10 minut po utrujanju (tabela 7 in 8).

Rezultati 3 X 2 mixed design ANOVA kažejo, da se pri gibanje glave po utrujanju pri stoji z zaprtimi očmi pokažejo statistično pomembne spremembe v M-L variabilnosti ( $F(2, 38) = 3,387$ ,  $p = 0,044$ ). Ko smo opazovali obe skupini skupaj, so Post hoc testi pokazali statistično pomembne razlike med meritvama po utrujanju in 10 minut po utrujanju ( $p=0,023$ ). Med meritvama pred utrujanjem in po utrujanju ( $p=1,00$ ) in pred utrujanjem in 10 minut po utrujanju ( $p=0,419$ ) pa razlike niso bile statistično pomembne. Znotraj posamezne skupine pa post hoc t testi niso pokazali statistično pomembnih razlik med meritvami pred utrujanjem, po utrujanju in 10 minut po utrujanju v nobeni starostni skupini (tabela 7 in 8).

Rezultati 3 X 2 mixed design ANOVA kažejo, da utrujanju pri stoji z zaprtimi očmi ni povzročilo statistično pomembnih sprememb pri gibanje glave pri M-L poti ( $F(2, 38) = 0,966$ ,  $p = 0,39$ ), A-P variabilnosti ( $F(2, 38) = 0,309$ ,  $p = 0,736$ ), hitrosti ( $F(2, 38) = 2,56$ ,  $p = 0,091$ ) in površini ( $F(2, 38) = 1,252$ ,  $p = 0,298$ ).

**Tabela 7** Gibanje glave mlajših preiskovancev pri zaprtih očeh v treh meritvah s p-vrednostmi medsebojnih primerjav.

Parametri	Mlajši preiskovanci ( $n=16$ )			$p$ -vrednosti		
	Pred utrujanjem	Po utrujanju	10 min po utru.	pred:po	po:10po	pred: 10po
A-PpotZO (cm)	24,86 ± 13,34	21,85 ± 8,47	21,06 ± 8,41	0,105	0,199	0,391
M-LpotZO (cm)	20,36 ± 14,27	18,50 ± 7,83	20,31 ± 9,69	0,383	0,817	0,424
A-P variabilnostZO (cm)	0,73 ± 0,29	0,91 ± 0,32	0,76 ± 0,37	0,169	0,647	0,736
M-L variabilnostZO (cm)	0,54 ± 0,24	0,51 ± 0,20	0,85 ± 0,50	0,624	0,071	0,037
Hitrost ZO (cm/s)	1,37 ± 0,78	1,23 ± 0,48	0,50 ± 0,53	0,215	0,433	0,942
PovršinaZO (cm.)	5,06 ± 3,73	5,57 ± 3,89	7,60 ± 7,33	0,631	0,152	0,124

Mean ± SD od A-PpotZO- gibanje glave v antero-posteriorni smeri z zaprtimi očmi, M-LpotZO - gibanje glave v medio-laterali smeri z zaprtimi očmi, A-P variabilnostZO - variabilnost gibanja glave v antero-posteriorni smeri z zaprtimi očmi, M-L variabilnostZO - variabilnost gibanja SP v medio-lateralni z zaprtimi očmi, Hitrost ZO - hitrost gibanja glave z zaprtimi očmi, PovršineZO – površina gibanja glave z zaprtimi očmi, pred:po - razlika med meritvijo pred utrujanjem in po utrujanju, po:10po - razlika med meritvijo po utrujanju in 10minut po utrujanju, pred: 10po - razlika med meritvijo pred utrujanjem in 10minut po utrujanju.

**Tabela 8** Gibanje glave starejših preiskovancev pri zaprtih očeh v treh meritvah s p-vrednostmi medsebojnih primerjav.

Parametri	Starejši preiskovanci ( $n=14$ )			$p$ -vrednosti		
	Pred utrujanjem	Po utrujanju	10 min po utru.	pred:po	po:10po	pred: 10po
A-PpotZO (cm)	28,33 ± 10,73	24,56 ± 8,31	25,28 ± 8,57	0,051	0,039	0,679
M-LpotZO (cm)	23,13 ± 9,48	20,79 ± 6,33	21,33 ± 8,04	0,255	0,337	0,693
A-P variabilnostZO (cm)	1,03 ± 0,46	1,01 ± 0,40	1,04 ± 0,39	0,828	0,952	0,74
M-L variabilnostZO (cm)	0,83 ± 0,51	0,71 ± 0,15	0,77 ± 0,27	0,334	0,599	0,394
Hitrost ZO (cm/s)	1,58 ± 0,57	1,40 ± 0,41	1,43 ± 0,48	0,063	0,077	0,726
PovršinaZO (cm.)	10,44 ± 10,45	8,76 ± 5,77	10,01 ± 5,83	0,368	0,84	0,218

Mean ± SD od A-PpotZO- gibanje glave v antero-posteriorni smeri z zaprtimi očmi, M-LpotZO - gibanje glave v medio-laterali smeri z zaprtimi očmi, A-P variabilnostZO - variabilnost gibanja glave v antero-posteriorni smeri z zaprtimi očmi, M-L variabilnostZO - variabilnost gibanja glave v medio-laterali z zaprtimi očmi, Hitrost ZO - hitrost gibanja glave z zaprtimi očmi, PovršineZO – površina gibanja glave z zaprtimi očmi, pred:po - razlika med meritvijo pred utrujanjem in po utrujanju, po:10po - razlika med meritvijo po utrujanju in 10minut po utrujanju, pred: 10po - razlika med meritvijo pred utrujanjem in 10minut po utrujanju.

Rezultati 3 X 2 mixed design ANOVA kažejo, da se pri gibanje rame pri stoji z zaprtimi očmi pokažejo statistično pomembne spremembe med meritvami v M-L variabilnosti ( $F(2, 38) = 3,357$ ,  $p = 0,045$ ). Ko smo opazovali obe skupini skupaj, so Post hoc testi pokazali statistično pomembne razlike med meritvama po utrujanju in 10 minut po utrujanju ( $p=0,035$ ). Med meritvama pred utrujanjem in po utrujanju ( $p=1,00$ ) in pred utrujanjem in 10 minut po utrujanju ( $p=0,337$ ) pa razlike niso bile statistično pomembne. Znotraj posamezne skupine pa post hoc t testi niso pokazali statistično pomembnih razlik med meritvami pred utrujanjem, po utrujanju in 10 minut po utrujanju v nobeni starostni skupini (tabela 7 in 8).

Gibanje ramen po utrujanju pri stoji z zaprtimi očmi ni povzročilo statistično pomembnih sprememb pri A-P poti ( $F(2, 38) = 1,058$ ,  $p = 0,357$ ), M-L poti ( $F(2, 38) = 0,23$ ,  $p = 0,796$ ), A-P variabilnosti ( $F(2, 38) = 0,192$ ,  $p = 0,826$ ), , hitrosti ( $F(2, 38) = 0,723$ ,  $p = 0,492$ ) in površini ( $F(2, 38) = 1,035$ ,  $p = 0,365$ ) (tabela 9 in 10).

**Tabela 9** Gibanje rame mlajših preiskovancev pri zaprtih očeh v treh meritvah s p-vrednostmi medsebojnih primerjav.

Parametri	Mlajši preiskovanci ( $n=16$ )			$p$ -vrednosti		
	Pred utrujanjem	Po utrujanju	10 min po utru.	pred:po	po:10po	pred: 10po
A-PpotZO (cm)	18,22 ± 7,93	16,60 ± 6,95	16,91 ± 8,49	0,255	0,378	0,831
M-LpotZO (cm)	16,45 ± 9,53	15,97 ± 7,64	17,36 ± 10,23	0,636	0,408	0,743
A-P variabilnostZO (cm)	0,57 ± 0,24	0,62 ± 0,23	0,54 ± 0,21	0,515	0,759	0,857
M-L variabilnostZO (cm)	0,46 ± 0,21	0,44 ± 0,14	0,71 ± 0,37	0,687	0,059	0,054
Hitrost ZO (cm/s)	1,05 ± 0,49	0,99 ± 0,43	1,05 ± 0,55	0,401	0,649	0,781
PovršinaZO (cm.)	3,51 ± 3,10	3,19 ± 2,25	4,63 ± 3,75	0,525	0,368	0,123

Mean ± SD od A-PpotZO- gibanje rama v antero-posteriorni smeri z zaprtimi očmi, M-LpotZO - gibanje rama v medio-laterali smeri z zaprtimi očmi, A-P variabilnostZO - variabilnost gibanja rama v antero-posteriorni smeri z zaprtimi očmi, M-L variabilnostZO - variabilnost gibanja rama v medio-lateralni z zaprtimi očmi, Hitrost ZO - hitrost gibanja rama z zaprtimi očmi, PovršineZO – površina gibanja rama z zaprtimi očmi, pred:po - razlika med meritvijo pred utrujanjem in po utrujanju, po:10po - razlika med meritvijo po utrujanju in 10minut po utrujanju, pred: 10po - razlika med meritvijo pred utrujanjem in 10minut po utrujanju.

**Tabela 10** Gibanje rame starejših preiskovancev pri zaprtih očeh v treh meritvah s p-vrednostmi medsebojnih primerjav.

Parametri	Starejši preiskovanci ( $n=14$ )			$p$ -vrednosti		
	Pred utrujanjem	Po utrujanju	10 min po utru.	pred:po	po:10po	pred: 10po
A-PpotZO (cm)	21,23 ± 8,53	18,89 ± 6,11	19,52 ± 6,56	0,143	0,171	0,657
M-LpotZO (cm)	19,17 ± 8,68	17,43 ± 5,29	18,06 ± 7,15	0,339	0,422	0,583
A-P variabilnostZO (cm)	1,03 ± 0,35	0,72 ± 0,31	0,78 ± 0,27	0,987	0,516	0,389
M-L variabilnostZO (cm)	0,68 ± 0,44	0,61 ± 0,16	0,66 ± 0,25	0,47	0,845	0,367
Hitrost ZO (cm/s)	1,24 ± 0,50	1,12 ± 0,32	1,15 ± 0,39	0,161	0,187	0,64
PovršinaZO (cm.)	6,85 ± 8,19	5,57 ± 4,09	6,56 ± 3,82	0,368	0,877	0,204

Mean ± SD od A-PpotZO- gibanje rama v antero-posteriorni smeri z zaprtimi očmi, M-LpotZO - gibanje rama v medio-laterali smeri z zaprtimi očmi, A-P variabilnostZO - variabilnost gibanja rama v antero-posteriorni smeri z zaprtimi očmi, M-L variabilnostZO - variabilnost gibanja rama v medio-lateralni z zaprtimi očmi, Hitrost ZO - hitrost gibanja rama z zaprtimi očmi, PovršineZO – površina gibanja rama z zaprtimi očmi, pred:po - razlika med meritvijo pred utrujanjem in po utrujanju, po:10po - razlika med meritvijo po utrujanju in 10minut po utrujanju, pred: 10po - razlika med meritvijo pred utrujanjem in 10minut po utrujanju.

Gibanje kolka po utrujanju pri stoji z zaprtimi očmi ni povzročilo statistično pomembnih sprememb pri A-P poti ( $F(2, 38) = 1,235$ ,  $p = 0,302$ ), M-L poti ( $F(2, 38) = 0,524$ ,  $p = 0,596$ ), A-P variabilnosti ( $F(2, 38) = 0,086$ ,  $p = 0,917$ ), M-L variabilnosti ( $F(2, 38) = 3,14$ ,  $p = 0,055$ ), hitrosti ( $F(2, 38) = 0,911$ ,  $p = 0,411$ ) in površini ( $F(2, 38) = 1,035$ ,  $p = 0,365$ ) (tabela 11 in 12).

**Tabela 11** Gibanja kolka mlajših preiskovancev pri zaprtih očeh v treh meritvah s p-vrednostmi medsebojnih primerjav.

Parametri	Mlajši preiskovanci ( <i>n</i> =16)			<i>p</i> -vrednosti		
	Pred utrujanjem	Po utrujanju	10 min po utru.	pred:po	po:10po	pred: 10po
A-PpotZO (cm)	14,75 ± 7,82	13,66 ± 7,26	14,64 ± 11,02	0,411	0,647	0,466
M-LpotZO (cm)	13,93 ± 9,56	13,63 ± 7,35	14,85 ± 10,53	0,692	0,287	0,644
A-P variabilnostZO (cm)	0,40 ± 0,19	0,44 ± 0,13	0,36 ± 0,11	0,436	0,453	0,336
M-L variabilnostZO (cm)	0,37 ± 0,19	0,36 ± 0,11	0,56 ± 0,28	0,915	0,082	0,067
Hitrost ZO (cm/s)	0,87 ± 0,49	0,83 ± 0,42	0,90 ± 0,64	0,545	0,453	0,518
PovršinaZO (cm.)	2,05 ± 2,05	1,86 ± 1,13	2,40 ± 1,85	0,639	0,91	0,233

Mean ± SD od A-PpotZO- gibanje kolka v antero-posteriorni smeri z zaprtimi očmi, M-LpotZO - gibanje kolka v medio-laterali smeri z zaprtimi očmi, A-P variabilnostZO - variabilnost gibanja kolka v antero-posteriorni smeri z zaprtimi očmi, M-L variabilnostZO - variabilnost gibanja kolka v medio-lateralni z zaprtimi očmi, Hitrost ZO - hitrost gibanja kolka z zaprtimi očmi, PovršineZO – površina gibanja kolka z zaprtimi očmi, pred:po - razlika med meritvijo pred utrujanjem in po utrujanju, po:10po - razlika med meritvijo po utrujanju in 10minut po utrujanju, pred: 10po - razlika med meritvijo pred utrujanjem in 10minut po utrujanju.

**Tabela 12** Gibanja kolka starejših preiskovancev pri zaprtih očeh v treh meritvah s p-vrednostmi medsebojnih primerjav.

Parametri	Starejši preiskovanci ( <i>n</i> =14)			<i>p</i> -vrednosti		
	Pred utrujanjem	Po utrujanju	10 min po utru.	pred:po	po:10po	pred: 10po
A-PpotZO (cm)	15,37 ± 6,40	13,33 ± 3,79	14,30 ± 4,19	0,122	0,233	0,217
M-LpotZO (cm)	14,88 ± 7,05	14,25 ± 4,77	15,21 ± 5,77	0,644	0,765	0,263
A-P variabilnostZO (cm)	0,41 ± 0,16	0,39 ± 0,14	0,47 ± 0,17	0,526	0,366	0,145
M-L variabilnostZO (cm)	0,55 ± 0,35	0,49 ± 0,14	0,54 ± 0,21	0,428	0,915	0,24
Hitrost ZO (cm/s)	0,93 ± 0,38	0,85 ± 0,25	0,90 ± 0,29	0,171	0,546	0,169
PovršinaZO (cm.)	3,13 ± 3,22	2,45 ± 1,68	3,21 ± 1,93	0,245	0,911	0,071

Mean ± SD od A-PpotZO- gibanje kolka v antero-posteriorni smeri z zaprtimi očmi, M-LpotZO - gibanje kolka v medio-laterali smeri z zaprtimi očmi, A-P variabilnostZO - variabilnost gibanja kolka v antero-posteriorni smeri z zaprtimi očmi, M-L variabilnostZO - variabilnost gibanja kolka v medio-lateralni z zaprtimi očmi, Hitrost gibanja kolka ZO - hitrost gibanja kolka z zaprtimi očmi, PovršineZO – površina gibanja kolka z zaprtimi očmi, pred:po - razlika med meritvijo pred utrujanjem in po utrujanju, po:10po - razlika med meritvijo po utrujanju in 10minut po utrujanju, pred: 10po - razlika med meritvijo pred utrujanjem in 10minut po utrujanju.



## **5.3 Razlike v odzivu na utrujanje med mladimi in starejšimi preiskovanci - Interakcija med starostjo in utrujanjem**

### **5.3.1 Gibanje SP**

#### 5.3.1.1 Odprte oči

Rezultati 3 x 2 mixed-disigne ANOVE so pokazali, da pri nobenem parametru gibanja SP pri odprtih očeh ni prišlo do statistično pomembnih interakcij med utrujanjem in starostjo. Vrednosti  $F(2,56)$  so se gibale od najmanj 0,63 pri M-L poti do največ 2,37 pri A-P variabilnosti in  $p$  od najmanj 0,103 pri A-P variabilnosti do največ 0,55 pri M-L poti.

Natančni podatki za vse interakcije med starostjo in utrujanjem pri gibanju SP so v prilogi 4.

#### 5.3.1.2 Zaprte oči

Rezultati 3 x 2 mixed-disigne ANOVE so pokazali, da pri nobenem parametru gibanja SP pri zaprtih očeh ni prišlo do statistično pomembnih interakcij med utrujanjem in starostjo. Vrednosti  $F(2,56)$  so se gibale od najmanj 0,57 pri A-P variabilnosti do največ 1,93 pri A-P poti in  $p$  od najmanj 0,15 pri A-P poti do največ 0,568 pri A-P variabilnosti.

Natančni podatki za vse interakcije med starostjo in utrujanjem pri gibanju SP so v prilogi 5.

### **5.3.2 Gibanje posameznega telesnega segmenta**

#### **5.3.2.1 Odprte oči**

Rezultati 3 x 2 mixed-disigne ANOVE so pokazali statistično pomembno interakcijo med utrujanjem in starostjo pri gibanju glave pri A-P poti ( $F(2, 42) = 4,445, p = 0,018$ ), M-L poti ( $F(2, 42) = 4,726, p = 0,014$ ), A-P variabilnosti ( $F(2, 42) = 0,659, p = 0,001$ ), M-L variabilnosti ( $F(2, 42) = 3,272, p = 0,048$ ), hitrosti ( $F(2, 42) = 0,341, p = 0,011$ ) in površini ( $F(2, 42) = 3,736, p = 0,032$ ).

Natančni podatki za vse interakcije med starostjo in utrujanjem pri gibanju glave so v prilogi 6.

Rezultati 3 x 2 mixed-disigne ANOVE so pokazali statistično pomembno interakcijo med utrujanjem in starostjo pri gibanju rame pri M-L poti ( $F(2, 42) = 4,186, p = 0,022$ ), A-P variabilnosti ( $F(2, 42) = 11,461, p = 0,000$ ), hitrosti ( $F(2, 42) = 3,364, p = 0,044$ ) in površini ( $F(2, 42) = 3,482, p = 0,040$ ). Pri parametrih A-P poti ( $F(2, 42) = 2,063, p = 0,14$ ) in M-L variabilnosti ( $F(2, 42) = 2,758, p = 0,075$ ) pa interakcija ni bila statistično pomembna.

Natančni podatki za vse interakcije med starostjo in utrujanjem pri gibanju rame so v prilogi 7.

Rezultati 3 x 2 mixed-disigne ANOVE so pokazali, da pri nobenem parametru gibanja kolka ni prišlo do statistično pomembnih interakcij med utrujanjem in starostjo. Vrednosti  $F(2,42)$  so se gibale od najmanj 0,704 pri A-P poti do največ 2,369 pri A-P variabilnosti in  $p$  od najmanj 0,106 pri A-P variabilnosti do največ 0,50 pri A-P poti.

Natančni podatki za vse interakcije med starostjo in utrujanjem pri gibanju kolka so v prilogi 8.

### **5.3.2.2 Zaprte oči**

Rezultati 3 x 2 mixed-disigne ANOVE so pokazali, da pri nobenem parametru gibanja glave ni prišlo do statistično pomembnih interakcij med utrujanjem in starostjo. Vrednosti  $F(2,38)$  so se gibale od najmanj 0,054 pri M-L poti do največ 3,187 pri M-L variabilnosti in  $p$  od najmanj 0,053 pri M-L variabilnosti do največ 0,947 pri M-L poti.

Natančni podatki za vse interakcije med starostjo in utrujanjem pri gibanju glave so v prilogi 9.

Rezultati 3 x 2 mixed-disigne ANOVE so pokazali, da pri nobenem parametru gibanja rame ni prišlo do statistično pomembnih interakcij med utrujanjem in starostjo. Vrednosti  $F(2,38)$  so se gibale od najmanj 0,245 pri A-P variabilnosti do največ 2,372 pri M-L

variabilnosti in p od najmanj 0,107 pri M-L variabilnosti do največ 0,784 pri A-P variabilnosti.

Natančni podatki za vse interakcije med starostjo in utrujanjem pri gibanju rame so v prilogi 10.

Rezultati 3 x 2 mixed-disigne ANOVE so pokazali, da pri nobenem parametru gibanja kolka ni prišlo do statistično pomembnih interakcij med utrujanjem in starostjo. Vrednosti  $F(2,38)$  so se gibale od najmanj 0,049 pri površini do največ 1,782 pri M-L variabilnosti in p od najmanj 0,182 pri M-L variabilnosti do največ 0,952 pri A-P površini.

Natančni podatki za vse interakcije med starostjo in utrujanjem pri gibanju kolka so v prilogi 11.

#### **5.4 Razlike v odzivu na utrujanje med mladimi in starejšimi preiskovanci pri različnih vidnih pogojih (odprte, zaprte oči)**

Za ugotavljanje učinka utrujanja (pred utrujanjem, po utrujanju in 10 min po utrujanju) in učinka starosti (mladi, starejši) na rezultate gibanja SP in gibanje glave ob različnih vidnih pogojih smo izvedli 3 x 2 mixed-disign ANOVO. Kot rezultat gibanja SP in gibanja glave smo uporabili koeficiente razmerij med zaprtimi in odprtimi očmi. Koeficiente razmerij smo izračunali za parametre A-P pot, M-L pot in hitrost gibanja SP in gibanja glave.

Podatki koeficientov med zaprtimi in odprtimi očmi za posamezni parameter gibanja SP so v prilogi 12, tabela 5. Podatki koeficientov med zaprtimi in odprtimi očmi za posamezni parameter gibanja glave so v prilogi 13, tabela 6.

Rezultati 3 x 2 mixed-disigne ANOVE so pokazali, da pri nobenem parametru (kvocientu razmerij) gibanja SP ni prišlo do statistično pomembne interakcije med utrujanjem in starostjo. A-P pot ( $F(2,56) = 0,217$ ,  $p = 0,806$ ), M-L pot ( $F(2,56) = 1,144$ ,  $p = 0,326$ ) in

hitrost gibanja SP ( $F(2,56) = 0,059$ ,  $p = 0,943$ ). Učinek utrujanja pri A-P poti ( $F(2,56) = 0,529$ ,  $p = 0,592$ ), M-L poti ( $F(2,56) = 0,722$ ,  $p = 0,499$ ) in hitrosti ( $F(2,56) = 0,060$ ,  $p = 0,942$ ) ni bil statistično pomemben. Ravno tako učinek starosti pri A-P poti ( $F(1,28) = 0,097$ ,  $p = 0,758$ ), M-L poti ( $F(1,28) = 2,6$ ,  $p = 0,118$ ) in hitrosti ( $F(1,28) = 0,167$ ,  $p = 0,686$ ) ni bil statistično pomemben.

Rezultati 3 x 2 mixed-disigne ANOVE so pokazali, da pri nobenem parametru (kvocientu razmerij) gibanja glave ni prišlo do statistično pomembne interakcije med utrujanjem in starostjo. A-P pot ( $F(2,34) = 1,972$ ,  $p = 0,155$ ), M-L pot ( $F(2,34) = 1,364$ ,  $p = 0,269$ ) in hitrost gibanja SP ( $F(2,34) = 1,941$ ,  $p = 0,159$ ). Učinek utrujanja pri A-P poti ( $F(2,34) = 0,544$ ,  $p = 0,585$ ), M-L poti ( $F(2,56) = 0,231$ ,  $p = 0,795$ ) in hitrosti ( $F(2,56) = 0,444$ ,  $p = 0,645$ ) ni bil statistično pomemben. Ravno tako učinek starosti pri A-P poti ( $F(1,17) = 0,106$ ,  $p = 0,749$ ), M-L poti ( $F(1,17) = 1,057$ ,  $p = 0,318$ ) in hitrosti ( $F(1,17) = 0,059$ ,  $p = 0,811$ ) ni bil statistično pomemben.

## **6. RAZPRAVA**

Namen doktorskega dela je bil ugotoviti, ali utrujanje hrbtnih mišic vpliva na gibanje SP in na kinematiko telesnih segmentov med stojo pri skupini mladih in pri skupini starejših preiskovancev. Prav tako nas je zanimalo, ali se odziv na utrujanje med skupinama razlikuje. Zanimalo nas je tudi, kako se spreminjata gibanje SP in kinematika, kadar imajo osebe zaprte oči in je glavni aferentni priliv iz proprioceptorjev.

Ugotovili smo, da je gibanje SP pri vseh merilnih pogojih in pri večini izbranih parametrov gibanja SP pomembno večje pri starejših preiskovancih. Gibanje posameznih telesnih segmentov pa se med skupinama pomembno ne razlikuje. Po utrujanju je bil viden trend zmanjševanja gibanja SP pri obeh skupinah, vendar pa med skupinama ni bilo razlike v odzivu na utrujanje. Utrujenost je povzročila pomembne razlike v gibanju posameznih telesnih segmentov med skupinama, in sicer so starejši preiskovanci med stojo z odprtimi očmi pomembno manj gibali z glavo in rameni po utrujanju kot mladi. V primeru ko je bil glavni aferentni priliv iz proprioceptorjev ni prišlo do razlik med skupinama zaradi utrujanja hrbtnih mišic.

Zaradi preglednosti bomo razpravo razdelili na štiri podpoglavja. Najprej bomo komentirali razlike med skupinama mlajših in starejših preiskovancev, sledilo bo razpravljanje o vplivu utrujenosti hrbtnih mišic na gibanje SP in telesnih segmentov za vsako starostno skupino posebej, temu pa bo sledila razprava o interakciji med starostjo in utrujenjem, oziroma o razlikah v odzivu na utrujanje. V vsakem delu bomo diskutirali o gibanju SP in gibanju telesnih segmentov pri odprtih in zaprtih očeh. V zadnjem, četrtem podpoglavju, bomo strnili naše ugotovitve.

### **6.1 Vpliv starosti na ravnotežje**

Kot je bilo pričakovati se pri obravnavanih skupinah preiskovancev (mlajši in starejši) gibanje SP statistično pomembno razlikuje v večini izmerjenih spremenljivk, kar velja za meritve pri odprtih in zaprtih očeh. Na podlagi dobljenih rezultatov lahko potrdimo hipotezo 1. Gibanje SP med stojo se statistično pomembno razlikuje med mladimi in

starejšimi preiskovanci. Pri odprtih in zaprtih očeh so imeli starejši preiskovanci statistično pomembne večje vrednosti gibanja SP kot mladi.

Rezultati so skladni z rezultati predhodnih raziskav, saj je spontano gibanje SP med stojo pogosto uporabljena ocenjevalna mera ravnotežja pri starostnikih (Sheldon, 1960). Gibanje SP se s starostjo povečuje (Baloh, Fife, Zwerling in Socotch, 1994; Baloh, Spain, Socotch, Jacobson in Bell, 1995; Wolfson, idr., 1992 ). Ugotovili so, da je najbolj občutljiva spremenljivka hitrost gibanja SP (Ferne idr., 1982). Prieto, Myklebust, Hoffmann, Lovett in Myklebust (1996) so ugotovili, da se je edino pri hitrosti gibanja SP pokazala razlika med mlajšimi in starejšimi preiskovanci, ki je bila vidna tako pri zaprtih kot pri odprtih očeh. Maki, Holliday in Topper (1994) so ugotovili, da imajo tisti starostniki, ki so v času enoletnega spremljanja ravnotežja padli, večje vrednosti A-P poti. Tudi v našem primeru sta se hitrost in A-P pot pokazala kot pomembno večja pri starejših preiskovancih, so pa bili tudi drugi parametri pomemben pokazatelj razlike med starostnima skupinama, s čimer se strinjajo tudi Prieto idr. (1996) in Maki, Holliday in Fernie (1990), ki za natančno analizo poleg hitrosti priporočajo tudi analizo drugih parametrov gibanja SP. Nasprotno pa Horak (1992) navaja, da ni razlik v gibanju SP med stojo pri odprtih in pri zaprtih očeh med zdravimi mladimi in starejšimi z motnjami v ravnotežju zaradi slabšega delovanja somatosenzornega ali vestibularnega senzornega sistema. Ravno tako Vieira, Oliveira in Nadal (2009) navajajo, da starost sama po sebi ne povzroči večjih sprememb v stabilnosti med stojo.

Pričakovanih razlik v gibanju posameznega telesnega segmenta (glava, rama in kolk) pa nismo ugotovili niti pri odprtih, niti pri zaprtih očeh. Hipotezo 2, ki predvideva, da se bo kinematika telesa med stojo statistično pomembno razlikovala med mladimi in starejšimi preiskovanci, tako zavrnamo. Starejši preiskovanci so sicer imeli pri odprtih in zaprtih očeh višje vrednosti pri večini parametrov kinematike telesa, vendar te razlike niso bile statistično pomembne.

Panzer, Bandinelli in Hallett, (1995) so ugotovili, da s starostjo sicer prihaja do večjega nihanja glave in bokov med stojo, vendar so te spremembe klinično zanemarljive, oz. ugotovili so celo nasprotno, in sicer, da starejši ljudje prilagodijo strategijo ohranjanja stoje toliko, da je le-ta še vedno primerljiva z mlajšimi. Stoja se s starostjo bistveno ne spremeni, so pa te spremembe vidne ob morebitnih nenadnih ali dolgotrajnih motnjah ravnotežja

(Panzer, Bandinelli in Hallett, 1995). Vendar pa niso vsi avtorji enakega mnenja. Horak in Nashner (1986); Amiridis, Hatzitaki in Arabatzi, (2003) so, denimo, mnenja, da se s starostjo med stojo in brez dodatnega utrujanja spremeni kinematika telesa. Razlike med mladimi in starejšimi se pokažejo predvsem pri uporabi različnih strategij ohranjanja pokončnega položaja. Mladi ljudje večinoma uporabljajo strategijo gležnja (Horak in Nashner, 1986; Amiridis, Hatzitaki in Arabatzi, 2003), medtem ko starejši ljudje večinoma uporabijo strategijo kolka (Woollacott in sod., 1986) oz. kombinacijo strategij gležnja in kolka (Amiridis, Hatzitaki in Arabatzi, 2003) za ohranjanje ravnotežnega položaja med stojo. Podobno se dogaja v primeru zmanjšanja podporne površine (Amiridis in sod., 2003) in v primeru gibljive podporne površine (Okada in sod., 2001).

Številne študije so potrdile, da se s starostjo povečuje mišična koaktivacija med gibanjem (hoja, hoja po stopnicah) (Hortobágyi in sod., 2009; Schmitz, Silder, Heiderscheid, Mahoney in Thelen, 2009) in med stojo (Allum, Carpenter, Honegger, Adkin in Bloem, 2002; Manchester, Woollacott, Zederbauer-Hylton in Marin, 1989; Melzer, Benjuya in Kaplanski, 2001; Nagai in sod., 2011, Tucker, Kavanagh, Barrett in Morrison, 2008). Povečana mišična koaktivacija pri starostnikih je pogosto argumentirana kot kompenzatorni mehanizem povečane togosti sklepa, kar privede do večje stabilnosti sklepa in posledično stabilnejše stoje (Manchester, Woollacott, Zederbauer-Hylton in Marin, 1989; Melzer, Benjuya in Kaplanski, 2001; Tucker, Kavanagh, Barrett in Morrison, 2008). Spet drugi avtorji pa navajajo, da ima mišična koaktivacija negativni učinek na ravnotežje in gibanje, saj pretirana mišična koaktivacija poveča rigidnost stoje in tako poslabšala nadzor stoje. Toga, mirna stoja zaradi povečane koaktivacije zmanjša gibljivost sklepov (Tucker, Kavanagh, Barrett in Morrison, 2008), kar lahko poveča tveganje za padec (Hortobágyi in sod., 2009).

Ugotovili smo, da v našem primeru odsotnost vidnih informacij, pri uravnavanju stoje, ni povzročila statistično pomembno drugačnega odziva med mladimi in starejšimi preiskovanci, v primerjavi z meritvami pri odprtih očeh. Te ugotovitve so v nasprotju z ugotovitvami Sheldon (1963) in Manchester, Woollacott, Zederbauer-Hylton in Marin (1989), ki trdijo, da se pri stoji z zaprtimi očmi opletanje telesa med stojo s starostjo povečuje še bolj kot pri stoji z odprtimi očmi. Pri zaprtih očeh postane za uravnavanje stoje najbolj pomemben priliv iz proprioceptorjev (Shumway-Cook in Woollacott, 2007). S

starostjo pa, podobno kot ostali sistemi, tudi proprioceptivni sistem peša (Skinner, Barrack in Cook, 1984), posledica tega je večje gibanje SP (Horak, 1992), česar pa v našem primeru ne moremo potrditi.

## 6.2 Vpliv utrujenosti na ravnotežje

Za utrujanje hrbtnih mišic smo uporabili modificiran Sorensenov test (Dedering, Németh in Harms-Ringdahl, 1999), kjer gre za zadrževanje horizontalnega položaja trupa na 45° klopici, z rokami prekrižanimi pred trupom. Obstajalo še druge različice Sorensenovega testa, pri katerih gre za drugačen položaj rok ali nog oz. naklona trupa. Latimer, Maher, Refshauge in Colaco (1999) so ugotovili visoko zanesljivost Sorensenovega testa tako pri zdravih osebah, kot pri osebah z bolečino v ledvenem delu hrbtenice. Koumantakis, Arnall, Cooper in Oldham (2001) so ravno tako potrdili visoko zanesljivost modificiranega Sorensenovega testa. Pokazala se tudi pomembna korelacija rezultata modificiranega Sorensenovega testa z Borgovo lestvico in elektromiografskimi parametri, kar govori o tesni povezanosti med subjektivnimi in objektivnimi kazalci mišične utrujenosti (Dedering, Németh in Harms-Ringdahl, 1999). Dedering, Németh in Harms-Ringdahl (1999) so ugotovili dobro korelacijo med Borgovo 10-stopenjsko lestvico, EMG signalom (mediana frekvenca in povprečna frekvenca močnostnega spektra) hrbtnih mišic in časom trajanja modificiranega Sorensenovega testa. Borgovi oceni 3 pripisujejo 30 % znižanje EMG signala, Borgovi oceni 5 pripisujejo 50% znižanje in Borgovi oceni 7 70% znižanje EMG signala. Demoulin, Crielaard in Vanderthommen (2007) povzemajo ugotovitve večjega števila avtorjev, da naj bi po izvedbi Sorensenovega testa mišična zmogljivost znaša od 40-52% največje hotene kontrakcije (NHK) kar je v skladu z ugotovitvami Plamondon, Marceau, Stainton in Desjardins (1999) da EMG aktivnost hrbtnih mišic redko presega 40% NHK med izometrično aktivnostjo.

V našem primeru so starejši preiskovanci po končanem utrujanju hrbtnih mišic s modificiranim Sorensenovim testom v povprečju ocenili napor z oceno 6, mlajši preiskovanci pa z oceno 6,9. Iz teh podatkov lahko predvidevamo da je pri starejših prišlo povprečno do 60% zmanjšanja mišične aktivnosti, medtem ko je bilo to zmanjšanje mišične aktivnosti pri mlajših večje in sicer v povprečju 70%. Na podlagi statistično nepomembne razlike v času trajanju utrujanja in v subjektivnem občutenju napora med



starostnima skupinama predvidevamo, da so tako mladi kot starejši preiskovanci dosegli enako stopnjo utrujenosti po končanem testu.

V obeh starostnih skupinah je bil viden podoben trend zmanjševanja gibanja SP po utrujanju in postopnega vračanja nazaj po 10 minutah, pri čemer je bil pri starejših preiskovancih opazen hitrejši padec vrednosti gibanja SP takoj po utrujanju. Te spremembe so bile vidne tako pri stoji z odprtimi očmi kot pri stoji z zaprtimi očmi. Utrujanje hrbtnih mišic je povzročilo statistično pomembne razlike v gibanju SP pri stoji z odprtimi očmi, in sicer v A-P poti in hitrosti gibanja SP. Pri zaprtih očeh pa je utrujenost hrbtnih mišic povzročila statistično pomembne razlike v gibanju SP le v A-P poti. Vrednosti gibanja SP so se po utrujanju hrbtnih mišic znižale in ne zvišale, kot smo predvidevali. Znižanje je bilo največje takoj po utrujanju, 10 minut po utrujanju pa so se vrednosti gibanja SP začele počasi zviševati, vendar so bile še vedno nižje kot pred utrujanjem. Pri ostalih parametrih gibanja SP pa utrujanje ni povzročilo statistično pomembnih sprememb na ravnotežje. Dejstvo, da so se spremembe po utrujanju hrbtnih mišic odražale predvsem v A-P smeri in hitrosti, in sicer se je gibanje SP po utrujanju zmanjšalo, je v nasprotju z ugotovitvami Lin in sod. (2009), ki so mnenja, da naj bi utrujenost hrbtnih mišic povečala površino gibanja SP in hitrost. Utrujenost hrbtnih mišic naj bi povzročila povečanje gibanja SP v A-P smeri predvsem zaradi zmanjšane mišične zmogljivosti iztegovalk trupa, spremenjene proprioceptivne zaznave in spremenjene togosti sklepov. V našem primeru pa se je po utrujanju hrbtnih mišic zmanjšalo gibanje SP, predvsem v A-P smeri, kar lahko verjetno pripišemo večji koaktivaciji hrbtnih mišic, kar pa lahko ima pozitivne ali negativne posledice na ravnotežje. Povečana koaktivacija povzroči večjo togost sklepov, kar pa lahko privede do večje stabilnosti sklepa in posledično stabilnejše stoje. Po drugi strani pa lahko povečana koaktivacija mišic povzroči večjo rigidnost drže in posledično slabši nadzor stoje (Tucker, Kavanagh, Barrett in Morrison, 2008).

Na podlagi ugotovitev, da so se vrednosti gibanja SP po utrujanju hrbtnih mišic znižale, zavrnamo hipotezi 3 in 4, ki pravita, da bo utrujenost hrbtnih mišic med stoji povzročila statistično pomembno povečanje gibanja SP pri mladih in starejših preiskovancih.

Pri analizi gibanja telesnih segmentov med stoji z odprtimi očmi po utrujanju hrbtnih mišic se nobena od opazovanih spremenljivk ni statistično pomembno razlikovala. Pri vseh parametrih gibanja glave, rame in kolka smo opazili enak trend vpliva utrujenosti in sicer

so se vrednosti gibanja telesnih segmentov po utrujanju pri mladih povečale, pri starejših pa znižale. 10 minut po utrujanju pa so pri mladih vrednosti še vedno višje kot pred utrujanjem, a že manjše kot po utrujanju. Pri starejših pa so vrednosti 10 minut po utrujanju še vedno nižje kot pred utrujanjem, a še vedno višje kot po utrujanju. Iz teh ugotovitev lahko sklepamo, da se kažejo različni odzivi na utrujanju med starostnima skupinama, in sicer mladi takoj po utrujanju povečajo gibanje vseh opazovanih telesnih segmentov, medtem ko starejši takoj po utrujanju zmanjšajo gibanje vseh opazovanih telesnih segmentov. Pri obeh skupinah je ta vpliv viden še 10 minut po utrujanju, vendar že v manjši meri kot takoj po utrujanju, kar kaže na postopno zmanjševanje učinka utrujanja.

Pri stoji z zaprtimi očmi se tako kot pri stoji z odprtimi očmi pri starejših preiskovancih kaže trend manjšega nihanja telesnih segmentov takoj po utrujenju in tudi še 10 minut po utrujanju, čeprav je vpliv utrujenosti že manjši. Pri stoji z zaprtimi očmi je utrujenost hrbtnih mišic povzročila statistično pomembne spremembe v M-L variabilnosti gibanja glave med meritvama po in 10 minut po utrujanju. Znotraj posamezne starostne skupine pa te razlike niso bile statistično pomembne.

Tudi pri gibanju rame pri stoji z zaprtimi očmi smo ugotovili statistično značilen vpliv utrujenosti hrbtnih mišic na M-L variabilnost med meritvama takoj po in 10 minut po utrujanju. Znotraj posamezne starostne skupine pa te razlike niso bile pomembne. Kljub statistično nepomembnim razlikam med meritvami v ostalih parametrih gibanja rame, pa lahko sklepamo, da se ramena pri obeh starostnih skupinah po utrujanju odzivajo podobno, in sicer zmanjšajo opletanje. To zmanjšano opletanje je po 10 minutah še vedno vidno, vendar v manjši meri kot pa takoj po utrujanju.

Gibanje kolka pri stoji z zaprtimi očmi tudi ni bilo statistično pomembno spremenjeno po utrujanju hrbtnih mišic. Je pa viden podoben vpliv utrujenosti kot pri rami, in sicer se opletanje z utrujanjem zmanjša pri obeh skupinah.

Čeprav je bil viden vpliv utrujenosti hrbtnih mišic na kinematiko telesa med stoji z zaprtimi očmi, pa zavrnamo hipotezi 7 in 8, ki pravita, da bo utrujenost hrbtnih mišic med stoji povzročila statistično pomembne spremembe v kinematiki telesa pri mladih in starih preiskovancih, kajti te spremembe se niso pokazale kot pomembne v posamezni skupini.

Možna razlaga za opisan vpliv utrujanja na ravnotežje ja v povečani togosti sklepa, do katere pride zaradi povečane aktivnosti agonističnih in antagonističnih mišic (Caron, 2003, Gribble in Hertel, 2004). Povečana togost sklepov pa lahko povzroči zmanjšanje opletanja telesa (Manchester, Woollacott, Zederbauer-Hylton in Marin, 1989), kar se lahko kaže v zmanjšanju gibanja telesnih segmentov kot tudi v zmanjšanem gibanju SP.

Z daljšim trajanjem utrujanja in stopnje utrujenosti se povečata hitrost in površina gibanja SP (Pline in sod., 2006), zato bi bilo morda upravičeno pričakovati, da bi tudi v našem primeru višja stopnja utrujenosti povzročila statistično pomembne razlike. Razlogi za zmanjšano jakost mišične kontrakcije zaradi utrujenosti lahko pripišemo tako metabolnim kot nemetabolnim procesom (osrednje živčevje). Dlje časa kot traja napor, večji vpliv imajo nemetabolni procesi na stopnjo utrujenosti, kar pomeni daljši čas med vzbujenjem in kontrakcijo (Edwards in sod, 1977). Pri dlje časa trajajočih aktivnostih, predvsem večje obremenitve povzročijo večje števila mikro poškodb v mišicah, kar pomeni slabši mišični odziv in posledično povečano gibanje SP (Pline in sod., 2006).

Pri mlajših preiskovancih se po utrujanju povečajo vrednosti parametrov gibanja SP pri gibanju v M-L smeri in površina gibanja SP pri zaprtih očeh. Pri ostalih parametrih so se vrednosti zmanjšale. Pri starejših preiskovancih pa so se vrednosti vseh parametrov po utrujanju zmanjšale. Tudi Lin in sod. (2009) so ugotovili statistično pomembne akutne učinke na ravnotežje zaradi utrujanja, različnih mišičnih skupin (mišice gležnja, kolena, hrbta in ramenskega sklepa), samo pri mladih. Mladi povečajo gibanje - večje opletanje težišča, medtem ko se pri starejših le-to zmanjša. Predvidevajo, da starejši uporabijo druge nadomestne strategije, zaradi česar verjetno prihaja do znižanja vrednosti gibanja SP in ne povišanja (Lin in sod., 2009).

Taimela in sod. (1999) poročajo o zmanjšani možnosti zaznavanja sprememb v položaju hrbtenice po utrujanju hrbtnih mišic. Torej v primeru utrujanja hrbtnih mišic lahko pričakujemo zvišanje praga zaznavanja premikov v sklepih hrbtenice. Posledično oseba v primeru utrujanja zazna šele večje premike, tako da pride do zamika stabilizacijskega učinka mišic, kar pa opazimo kot večje opletanje težišča oz. povečano gibanje SP (Davidson in sod., 2004). Iz rezultatov naše raziskave je razvidno, da je pri starejših preiskovancih že pred utrujanjem vidno večje opletanje težišča, kar privede do hitrejših in intenzivnejših stabilizacijskih reakcij po utrujanju hrbtnih mišic, ki se kažejo kot

zmanjšanje gibanja SP. Pri mladih pa kasnejše zaznavanje premikov hrbtenice lahko privede do povečanega gibanja SP po utrujanju. To je tudi v skladu z mnenjem Kent-Braun in sod., (2002), da so starejše osebe bolj odporne na utrujenost kot mladi in to zaradi manjšega odstotka mišičnih vlaken tipa II (hitro krčenje/hitro utrujenost) (Lexell, 1995, Kent-Braun, 2009), zaradi krajših mišičnih ovojnic, manjšega dela aktivnega mišičnega volumna in manjše proizvodnje sile (Mademli in Arampatzis, 2008).

Glede na to da nas je zanimalo tudi kako utrujenost hrbtnih mišic vpliva na ravnotežje ob različnih pogojih vida, lahko na podlagi naših rezultatov potrdimo da utrujanje hrbtnih mišic ne predstavlja dovolj močnega dražljaja, da bi prišlo do poslabšanja ravnotežja brez prisotnosti vida.

### **6.3 Razlike v odzivu na utrujanje med mladimi in starejšimi preiskovanci - Interakcija med starostjo in utrujanjem**

Zanimalo nas je, kakšna je razlike v odzivu na utrujanje hrbtnih mišic med mladimi in starejšimi preiskovanci, torej, ali obstaja interakcija med utrujanjem in starostjo in kako se to kaže na ravnotežju med stojo. Pri prametih gibanja SP ni vidne interakcije med starostjo in utrujanjem tako pri odprtih kot pri zaprtih očeh. Na podlagi teh ugotovitev hipoteze 5, ki trdi, da bo utrujenost hrbtnih mišic med stojo povzročila statistično pomembne razlike v gibanju SP med mladimi in starejšimi preiskovanci, zavrnamo. Potrdimo pa hipotezo 6, ki pravi, da bo gibanje SP po utrujanju hrbtnih mišic statistično pomembno večje pri starejših preiskovancih v primerjavi z mlajšimi preiskovanci.

Pri parametrih gibanja telesnih segmentov pa se je interakcija med starostjo in utrujanjem pokazala pomembna pri stoji z odprtimi očmi pri gibanju glave in rame v vseh parametrih, razen pri rami v A-P poti in M-L variabilnosti gibanja rame. Pri zaprtih očeh pa ni bilo statistično pomembne interakcije pri nobenem parametru gibanja telesnih segmentov. Torej lahko potrdimo hipotezo 9, kajti utrujenost hrbtnih mišic je povzročila statistično pomembne razlike v kinematiki telesa med mladimi in starejšimi preiskovanci med stojo, in sicer med stojo z odprtimi očmi, pri gibanju glave in ramen. Zavrnamo pa hipoteze 10, ki pravi, da bo gibanje telesnih segmentov (kinematika telesa) po utrujanju hrbtnih mišic pomembno večje pri starejših preiskovancih v primerjavi z mlajšimi preiskovanci.

Zmožnost ohranjanja stoje se z leti zmanjšuje zaradi zmanjšane učinkovitosti delovanja senzornega, motoričnega in kognitivnega sistema (Rose, 2003), vendar ni dokazov, da utrujenost pri starejših zmanjša njihove sposobnosti bolj kot pri mlajših preiskovancih (Mademli in sod., 2008, Granacher in sod., 2010; Delgado, Coghlin, Earle, Holek in O'Hare, 2011).

V naši raziskavi se je pokazalo, da razlike med meritvami v posamezni starostni skupini obstajajo, vendar je bila interakcija med starostjo in utrujanjem statistično pomembna le v kinematiki telesa, ne pa tudi v gibanju SP. Torej v našem primeru ne moremo govoriti o različnem vplivu utrujenosti hrbtnih mišic na gibanje SP na obe starostni skupini, lahko pa predvidevamo, da skupini uporabljata različne načine lovljenja ravnotežja. Lin in sod. (2009) so ugotovili, da ima utrujenost mišice gležnja, kolena, hrbta in ramenskega sklepa večji vpliv na gibanje težišča med stojo pri mlajših preiskovancih. Te razlike pripisujejo predvsem uporabi drugačne strategije lovljenja ravnotežja. Strategija kolka omogoča starejšim ljudem, da zmanjšajo vpliv mišične utrujenosti na gibanje težišča v primerjavi z mladimi, kadar utrujenost ni povezana z mišicami kolka (Lin in sod., 2009). V našem primeru ne moremo govoriti o različnih strategijah ravnotežja, kajti vse kaže da sta obe skupini uporabili strategijo gležnja. So pa mladi po utrujanju hrbtnih mišic povečali opletanje glave in ramen, medtem ko so ga starejši zmanjšali. To zmanjšanje gibanja telesa pri starejših lahko interpretiramo kot zaščitno reakcijo, s katero fiksirajo telo, kar dosežejo z večjo ko-kontrakcijo mišic in s tem povečajo togost sklepov. Za togost sklepa je znano, da se s starostjo povečuje (Collins, De Luca, Burrows in Lipsitz, 1995; Laughton in sod., 2003), povečano togost pa lahko vsaj delno pojasnimo s povečano mišično aktivacijo (ko-kontrakcija) (Collins, De Luca, Burrows in Lipsitz, 1995; Laughton in sod., 2003). Iz tega lahko sklepamo, da pri statičnem ravnotežju utrujenost hrbtnih mišic pri starejših zmanjša verjetnost za padec, ker se podporna površina ne spremeni, zmanjša pa se nihanje telesa.

V primeru dinamičnega ravnotežja pa bi to pomenilo povečano verjetnost za padec, kajti povečana togost oteži hitrost kompenzatornega odziva. Davidson in sod. (2009) so ugotovili, da so imeli starejši preiskovanci po lokalnem mišičnem utrujenju več težav z lovljenjem ravnotežja po zunanji motnji, kar se je pokazalo pri višjih vrednostih parametrov: največja hitrost gibanja SP, čas do največje hitrosti gibanja SP in čas do vrnitve v izhodiščni položaj SP.

## 6.4 Sklep

Starejši preiskovanci imajo v večini meritev SP višje vrednosti kot mladi, torej lahko rečemo, da je njihovo opletanje SP večje kot pri mladih.

Starejši preiskovanci imajo v večini meritev kinematike telesa višje vrednosti kot mladi, vendar te razlike niso statistično pomembne, torej lahko rečemo, da ni razlik med mladimi in starimi v gibanju telesnih segmentov.

Utrujenost hrbtnih mišic med stojo ni povzročila statistično pomembne razlike v gibanju SP med mladimi in starejšimi preiskovanci.

Utrujenost hrbtnih mišic je povzročila statistično pomembne razlike v kinematiki telesa med mladimi in starejšimi preiskovanci med stojo. Starejši preiskovanci so med stojo z odprtimi očmi pomembno manj gibal z glavo in rameni po utrujanju kot mladi.

Utrujanje hrbtnih mišic je tako pri mlajših kot pri starejših preiskovancih povzročilo znižane in ne zvišane vrednosti gibanja SP, kot smo predvidevali.

Po utrujanju hrbtnih mišic so starejši preiskovanci sicer imeli višje vrednosti gibanja posameznih telesnih segmentov kot mladi, vendar razlike niso bile statistično značilne, zato ne moremo trditi, da bo gibanje telesnih segmentov po utrujanju pomembno večje pri starejših preiskovancih kot pri mlajših preiskovancih.

Utrujenost hrbtnih mišic ni povzročila različnega odziva med mlajšimi in starejšimi preiskovalci v gibanju SP, kaže pa se tendenca uporabe različnih načinov ohranjanja stoje med mlajšimi in starejšimi preiskovanci po utrujanju, kar lahko sklepamo iz zmanjšanega opletanja glave in ramen starejših preiskovancev. Da bi lahko te tendence tudi potrdili, bi bilo potrebno povečati vzorec preiskovancev ali povečati utrujenost.

## 7. ZAKLJUČEK

Ravnotežje je sposobnost ohranjati vertikalno projekcijo TT znotraj PP. Ko TT pade iz PP, govorimo o neravnotežju in verjetnosti za padec (Pollack, Durward in Rowe, 2000). Vsakršno nameravano gibanje povzroči gibanje TT, za kar je potrebna nenehna aktivacija živčno-mišičnega sistema za ohranjanje ravnovesnega položaja. Tudi zelo preproste gibalne naloge zahtevajo neprestano zaznavanje položaja telesa in prilagoditve za ohranjanje TT nad PP (Shumway-Cook in Woollacott, 2007).

Ravnotežje je izredno pomembno v vsakdanjem življenju, kajti z dobrim ravnotežjem se zmanjša verjetnost za padce, posledično pa se zmanjša število poškodb in umrljivost med starejšimi (Plowman in Smith, 2014). Dejstvo je, da tudi veliko športov daje treningu ravnotežja izredno velik pomen, ker je le-to zelo pomembna komponenta športne pripravljenosti.

Za zagotovitev ustreznega ravnotežja je potrebno nenehno uravnavanje drže, ki poleg ravnotežja telesa skrbi tudi za njegovo orientaciji v prostoru. Če je ravnotežje definirano kot motorična sposobnost, s katero se izogibamo padcu, potem je uravnavanje drže mehanizem za ohranjanje ravnotežja. Mehanizmi ohranjanja ravnotežja so zelo kompleksni in jih lahko razdelimo v tri večje skupine: motorični, senzorni in senzomotorični, ki določajo pravila za koordinacijo senzornih in motoričnih dejavnosti pri uravnavanju drže (Nashner, 1989, v Shumway-Cook in Woollacott, 2007).

Motorični mehanizmi uravnavanja stoje so vezani na držo telesa in mišični tonus, predvsem tonus antigravitacijskih mišic, s katerimi ohranjamo pokončni položaj telesa (Gurfinkel, 2006; Kendall in McCreary, 1983).

Senzorni mehanizmi so odgovorni za ustrezno organiziranje informacij senzornih receptorjev, kar poteka v OŽ. Senzorne zaznave vidnega, somatosenzornega in vestibularnega sistema sporočajo OŽ specifične informacije o položaju in gibanju telesa, kar pomeni, da vsaka senzorna zaznava pripomore k uravnavanju stoje (Gurfinkel in Levick, 1991). Kljub potrebnemu vzajemnemu delovanju vseh treh senzornih sistemov, je bistvenega pomena za uravnavanje stoje na ravni mirni podlagi somatosenzorni sistem (Peterka, 2002). Somatosenzorni receptorji se nahajajo v sklepih, kitah, mišicah in tudi v

koži (Proske in Gandevia, 2009). Predvsem receptorji v mišicah in koži imajo izreden pomen za propriocepcijo (Proske in Gandevia, 2012), ki zagotavlja zavedanje o aktivnosti mišic, kit in sklepov in daje predstavo o ravnotežju (Plowman in Smith, 2014).

Centralna utrujenost, ki je v povezavi z motnjami na različnih nivojih OŽ, se kaže kot zmanjšana sposobnost zavestne aktivacije mišic (Bigland-Ritchie, 1981), nanjo pa vplivata tudi psihološka pripravljenost in motivacija, potrebna za premagovanje napora, predvsem kadar lahko nadaljevanje aktivnosti povzroči bolečino (Plowman in Smith, 2014). Po raziskavah sodeč se centralna utrujenost v največji meri kaže pri nizko intenzivnih, dlje časa trajajočih neprekinjenih izometričnih aktivnostih (Lattier, Millet, Martin in Martin, 2004; Bongiovanni in Hagbarth, 1990), kakršne naj bi dosegli tudi pri naši raziskavi.

S starostjo se mišično skeletni sistem močno spreminja. Spremembe se kažejo kot zmanjšana mišična jakost (Allman in Rice, 2002) in vzdržljivost. Mišična vzdržljivost, ki je sposobnost mišice dlje časa opravljati submaksimalno aktivnost, se s starostjo manj zmanjša kot jakost (Allen, Lamb in Westerblad, 2008). Živčno-mišični sistem, ki je odgovoren za uravnavanje mišične sile, potrebne za uspešen nadzor stoje v danih okoliščinah, s starostjo slabi, kar se vidi predvsem pri počasnejši mišični aktivaciji, zmanjšanju maksimalne izometrične sile in hitrejšem utrujanju. Videti je, da starost na nivoju živčno-mišičnega sistema bolj vpliva na koncentrične kot na ekscentrične kontrakcije (Roos, Rice in Vandervoort, 1997; Bilodeau, Nichols, Joiner in Weeks, 2001). S starostjo prihaja do sprememb v vseh treh senzornih sistemih. Njihova zmožnost se s starostjo zmanjšuje, predvsem pa je viden vpliv slabše senzorne funkcije, kadar so prisotna še obolenja, ki prizadenejo enega ali več senzornih sistemov (Shumway-Cook in Woollacott, 2007).

Glede na ugotovitve o vplivu utrujenosti in staranja na ravnotežje in glede na to, da so različni avtorji izpostavili, da se mlajše in starejše osebe drugače odzovejo na utrujanje, nas je zanimalo, kako se kaže vpliv utrujenosti hrbtnih mišic na gibanje SP in na gibanje posameznega telesnega segmenta med stojo pri skupini mladih in skupini starejših preiskovancev.

Da bi ugotovili razlike med mladimi in starejšimi smo v raziskavo vključili 16 aktivnih mlajših (starost:  $27,5 \pm 4,1$  let) in 14 aktivnih starejših (starost:  $72 \pm 7,2$  let) preiskovancev



moškega spola. Vsak preiskovanec je po ogrevanju po protokolu opravil meritev na pritiskovni plošči z odprtimi in zaprtimi očmi, sledilo je utrujanje po modificiranem Sorensenovem testu, sledila je druga meritev na pritiskovni plošči z odprtimi in zaprtimi očmi, 10 minut po utrujanju smo opravili še tretjo meritev na pritiskovni plošči z odprtimi in zaprtimi očmi. Vsak preiskovanec je imel nameščenih sedem markerjev, katerih gibanje smo snemali z dvema kamerama.

Dobljene podatke stabilometrije in kinematike smo obdelali s programom za stabilometrične podatke. Na podlagi teh izračunov smo dobili 6 parametrov gibanja SP in 6 parametrov gibanja posameznih telesnih segmentov. Podatki so bili razdeljeni na dve skupini, ki smo jih nato statistično obdelali za vsak parameter posebej. Iz rezultatov statističnih analiz smo poskušali odgovoriti na zastavljena vprašanja v problemu naloge in potrditi oz. zavreči hipoteze.

Med mladimi in starejši preiskovanci se pred utrujanjem vidi večje opletanje starejših preiskovancih le pri SP, ne prihaja pa do pomembnih razlik v sami kinematiki telesa. Sklepamo lahko, da mladi in starejši uporabljajo podobne strategije med stojo, vendar kljub temu spremembe, ki nastanejo s staranjem na senzornem, motoričnem in kognitivnem sistemu, doprinesejo k slabšemu ravnotežju starostnikov. Vemo namreč, da naj bi povečano opletanje SP odražalo slabše ravnotežje in je povezano z večjo verjetnostjo za padec.

Utrujenost hrbtnih mišic je imela pri mladih in starejših preiskovancih podoben vpliv na ravnotežje med stojo. Razlike med skupinama so vidne v gibanju posameznih telesnih segmentov, torej v kinematiki telesa. Starejši preiskovanci so namreč za zagotovitev ustrezne stabilnosti med stojo po utrujanju hrbtnih mišic zmanjšali opletanje telesa, medtem ko so ga mlajši povečali, kar pa lahko primerjamo s strategijo gležnja.

Glede na to, da imajo starejši že tako večjo togost sklepov kot mladi, lahko predvidevamo, da se togost v primeru utrujenosti še dodatno poveča, z namenom večje stabilnosti telesa in posledične zagotovitve ustreznega ravnotežnega položaja.

## 8. ORIGINALNI PRISPEVEK K ZNANOSTI

Na osnovi rezultatov raziskave lahko povzamemo naslednje ugotovitve in izpostavimo originalni prispevek k znanosti:

1. Prvič je bila narejena analiza vpliva utrujenosti hrbtnih mišic na ravnotežje pri starejših osebah.
2. Ugotovljeno je bilo, da utrujenost hrbtnih mišic med stojo ni povzročila pomembne razlike v gibanju SP med mladimi in starejšimi preiskovanci.
3. Ugotovljeno je bilo, da je utrujenost hrbtnih mišic med stojo povzročila pomembne razlike v kinematiki telesa med mladimi in starejšimi preiskovanci.
4. Ugotovljeno je bilo, da je utrujenost hrbtnih mišic med stojo tako pri mlajših kot pri starejših preiskovancih povzročila znižane in ne zvišane vrednosti gibanja SP, kot smo predvidevali.
5. Ugotovljeno je bilo, da se po utrujenosti hrbtnih mišic kaže tendenca uporabe različnih načinov ohranjanja stoje med mlajšimi in starejšimi preiskovanci, kar lahko sklepamo iz zmanjšanega opletanja glave in ramen starejših preiskovancev po utrujanju.

## 9. LITERATURA

Adlerton, A. K. in Moritz, U. (1996). Does calf-muscle fatigue affect standing balance?. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 6(4), 211-215.

Allen, D. G., Lamb, G. D. in Westerblad, H. (2008). Skeletal muscle fatigue: cellular mechanisms. *Physiological reviews*, 88(1), 287-332.

Allen, T. J. in Proske, U. (2006). Effect of muscle fatigue on the sense of limb position and movement. *Experimental brain research*, 170(1), 30-38.

Allman, B. L. in Rice, C. L. (2002). Neuromuscular fatigue and aging: central and peripheral factors. *Muscle & nerve*, 25(6), 785-796.

Allum, J. H. J., Carpenter, M. G., Honegger, F., Adkin, A. L. in Bloem, B. R. (2002). Age-dependent variations in the directional sensitivity of balance corrections and compensatory arm movements in man. *The Journal of physiology*, 542(2), 643-663.

Amiridis, I. G., Hatzitaki, V. in Arabatzi, F. (2003). Age-induced modifications of static postural control in humans. *Neuroscience letters*, 350(3), 137-140.

Aniansson, A., Hedberg, M., Henning, G. B. in Grimby, G. (1986). Muscle morphology, enzymatic activity, and muscle strength in elderly men: A follow-up study. *Muscle & nerve*, 9(7), 585-591.

Basmajian, J. V. in De Luca, C. J. *Muscles Alive: Their Functions Revealed by Electromyography* (1985).

Baloh, R. W., Fife, T. D., Zwerling, L. in Socotch, T. (1994). Comparison of static and dynamic posturography in young and older normal people. *Journal of the American Geriatrics Society*, 42(4), 405-412.

Baloh, R. W., Spain, S., Socotch, T. M., Jacobson, K. M. in Bell, T. (1995). Posturography and balance problems in older people. *Journal of the American Geriatrics Society*, 43(6), 638-644.

Bigland-Ritchie, B. (1981). EMG and fatigue of human voluntary and stimulated contractions. *Human muscle fatigue: physiological mechanisms*, 130-156.

Bigland-Ritchie, B. in Woods, J. J. (1984). Changes in muscle contractile properties and neural control during human muscular fatigue. *Muscle & nerve*, 7(9), 691-699.

Bilodeau M, Erb M, Nichols JM, Joiner KL in Weeks JB (2001). Fatigue of elbow flexor muscles in younger and older adults. *Muscle Nerve* 24, 98-106.

Blake, AJ., Morgan, K., Bendall, MJ., Dallosso, H., Ebrahim, SB., Arie, TH. in sod.(1988). Falls by elderly people at home: prevalence and associated factors. *Age Ageing*, 17, 365-372.

Bolnišnične obravnave zaradi poškodb in zastrupitev (2012). V: Zdravstveneni statistični letopis Ljubljana: Inštitut za varovanje zdravja republike Slovenije, 491-505. Pridobljeno s spletnestrani: <http://img.ivz.si/janez/2326-7440.pdf>

Björklund, M., Crenshaw, A.G., Djupsjöbacka, M. in Johansson, H. (2000). Position sense acuity is diminished following repetitive low-intensity work to fatigue in a simulated occupational setting. *European Journal of Applied Physiology*, 81, 361-367.

Bongiovanni, L. G. in Hagbarth, K. E. (1990). Tonic vibration reflexes elicited during fatigue from maximal voluntary contractions in man. *The Journal of physiology*, 423(1), 1-14.

Bullock-Saxton, J. E., Wong, W. J. in Hogan, N. (2001). The influence of age on weight-bearing joint reposition sense of the knee. *Experimental brain research*, 136(3), 400-406.

Caron, O. (2003). Effects of local fatigue of the lower limbs on postural control and postural stability in standing posture. *Neuroscience letters*, 340(2), 83-86.

Chow, DHK., Man, JWK., Holmes, AD. in Evans, JH. (2004). Postural and trunk muscle response to sudden release during stoop lifting tasks before and after fatigue of the trunk erector muscles. *Ergonomics*, 47(6), 607-624.

Close, JCT. (2005). Prevention of falls in older people. *Disability and Rehabilitation*, 27(18-19), 1061-1071.

- Collins, J. J., De Luca, C. J., Burrows, A. in Lipsitz, L. A. (1995). Age-related changes in open-loop and closed-loop postural control mechanisms. *Experimental Brain Research*, 104(3), 480-492.
- Corbeil, P., Blouin, J. S., Bégin, F., Nougier, V. in Teasdale, N. (2003). Perturbation of the postural control system induced by muscular fatigue. *Gait & posture*, 18(2), 92-100.
- Davidson, BS., Madingen, ML. in Nussbaum, MA. (2004). Effects of lumbar extensor fatigue and fatigue rate on postural sway. *European Journal of Applied Physiology*, 93, 183-189.
- Davidson, BS., Madingen, ML., Nussbaum, MA. in Wojcik, LA. (2009). Effects of localized muscle fatigue on recovery from a postural perturbation without stepping. *Gait and Posture*, 29, 552-557.
- Day, B. L., Steiger, M. J., Thompson, P. D., in Marsden, C. D. (1993). Effect of vision and stance width on human body motion when standing: implications for afferent control of lateral sway. *The Journal of physiology*, 469(1), 479-499.
- D'Antona, G., Pellegrino, M. A., Adami, R., Rossi, R., Carlizzi, C. N., Canepari, M. in Bottinelli, R. (2003). The effect of ageing and immobilization on structure and function of human skeletal muscle fibres. *The Journal of physiology*, 552(2), 499-511.
- Dederig, Å., Németh, G. in Harms-Ringdahl, K. (1999). Correlation between electromyographic spectral changes and subjective assessment of lumbar muscle fatigue in subjects without pain from the lower back. *Clinical Biomechanics*, 14(2), 103-111.
- Delgado, G., Coghlin, C., Earle, K., Holek, A. in O'Hare, K. (2011). Trunk Extensor Muscle Fatigue Does Not Affect Postural Control during Upright Static Stance in Young-adults and Middle-aged Adults. *WURJ: Health and Natural Sciences*, 2(1), 2.
- Demoulin, C., Crielaard, J. M. in Vanderthommen, M. (2007). Spinal muscle evaluation in healthy individuals and low-back-pain patients: a literature review. *Joint Bone Spine*, 74(1), 9-13.

Deviterne, D., Gauchard, G. C., Jamet, M., Vançon, G. in Perrin, P. P. (2005). Added cognitive load through rotary auditory stimulation can improve the quality of postural control in the elderly. *Brain research bulletin*, 64(6), 487-492.

Collins, D. F., Refshauge, K. M., Todd, G. in Gandevia, S. C. (2005). Cutaneous receptors contribute to kinesthesia at the index finger, elbow, and knee. *Journal of Neurophysiology*, 94(3), 1699-1706.

Edwards, R.H., Hill, D.K., Jones, D.A. in Merton, P.A. (1977). Fatigue on long duration in human skeletal muscle after exercise. *Journal of Physiology*, 272, 769-778.

Enoka, R. M. in Stuart, D. G. (1992). Neurobiology of muscle fatigue. *Journal of applied physiology*, 72(5), 1631-1648.

Fernie, G. R., Gryfe, C. I., Holliday, P. J. in Llewellyn, A. (1982). The relationship of postural sway in standing to the incidence of falls in geriatric subjects. *Age and Ageing*, 11(1), 11-16.

Fitts, R. H. (1994). Cellular mechanisms of muscle fatigue. *Physiological reviews*, 74(1), 49-94.

Forestier, N. in Nougier, V. (1998). The effects of muscular fatigue on the coordination of a multijoint movement in human. *Neuroscience letters*, 252(3), 187-190.

Forestier, N., Teasdale, N. in Nougier, V. (2002). Alteration of the position sense at the ankle induced by muscular fatigue in humans. *Medicine and science in sports and exercise*, 34(1), 117-122.

Fraizer, E. V. in Mitra, S. (2008). Methodological and interpretive issues in posture-cognition dual-tasking in upright stance. *Gait & Posture*, 27(2), 271-279.

Frank, J. S. in Earl, M. (1990). Coordination of Posture and Movement. *Physical Therapy*, 70(12), 855-863.

Fitzpatrick, R. in McCloskey, D. I. (1994). Proprioceptive, visual and vestibular thresholds for the perception of sway during standing in humans. *The Journal of physiology*, 478(1), 173-186.

Frontera, W. R., Hughes, V. A., Fielding, R. A., Fiatarone, M. A., Evans, W. J. in Roubenoff, R. (2000). Aging of skeletal muscle: a 12-yr longitudinal study. *Journal of Applied Physiology*, 88(4), 1321-1326.

Frontera, W. R., Suh, D., Krivickas, L. S., Hughes, V. A., Goldstein, R. in Roubenoff, R. (2000). Skeletal muscle fiber quality in older men and women. *American Journal of Physiology-Cell Physiology*, 279(3), C611-C618.

Gandevia, S. C., Allen, G. M., & McKenzie, D. K. (1994). Central fatigue. Critical issues, quantification and practical implications. *Advances in experimental medicine and biology*, 384, 281-294.

Givoni, N. J., Pham, T., Allen, T. J. in Proske, U. (2007). The effect of quadriceps muscle fatigue on position matching at the knee. *The Journal of physiology*, 584(1), 111-119.

Goble, D. J., Coxon, J. P., Wenderoth, N., Van Impe, A. in Swinnen, S. P. (2009). Proprioceptive sensibility in the elderly: degeneration, functional consequences and plastic-adaptive processes. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 33(3), 271-278.

Granacher, U., Gruber, M., Förderer, D., Strass, D. in Gollhofer, A. (2010). Effects of ankle fatigue on functional reflex activity during gait perturbations in young and elderly men. *Gait and Posture*, 32, 107-112.

Greze, C. in Krakauer, J. (2000). The organization of movement. V Kandel, E. R., Schwartz, J. H. in Jessell, T. M. (ur.), *Principles of Neural Science* (str. 653-673). New York, McGraw-Hill.

Gurfinkel, V., Cacciatore, T. W., Cordo, P., Horak, F., Nutt, J. in Skoss, R. (2006). Postural muscle tone in the body axis of healthy humans. *Journal of neurophysiology*, 96(5), 2678-2687.

ISO 690

Gribble, P. A. in Hertel, J. (2004). Effect of hip and ankle muscle fatigue on unipedal postural control. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 14(6), 641-646.

Gurfinkel, V. S. in Levick, Y. S. (1991). Perceptual and automatic aspects of the postural body scheme. V Paillard, Jacques (ur.), *Brain and space.*, (str. 147-162). New York: Oxford University Press.

Hiemstra, L. A., Lo, I. K., in Fowler, P. J. (2001). Effect of fatigue on knee proprioception: implications for dynamic stabilization. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*, 31(10), 598-605.

Horak, F. B. (1987). Clinical measurement of postural control in adults. *Physical Therapy*, 67(12), 1881-1885.

Horak, F. B. (1992). Effects of neurological disorders on postural movement strategies in the elderly. *Falls, Balance, and Gait Disorders in the Elderly*. Paris, France: Elsevier Science Publishers, 137-151.

Horak, F. B. (2006). Postural orientation and equilibrium: What do we need to know about neural control of balance to prevent falls? *Age and Ageing*, 35(S2), ii7-ii11.

Horak, F. B. in Macpherson, J. M. (1996). Postural orientation and equilibrium. *Comprehensive Physiology*.

Horak, F. in Moore, S. (1989). Lateral postural responses: the effect of stance width and perturbation amplitude. *Physical Therapy*, 69, 363.

Horak, F. B. in Nashner, L. M. (1986). Central programming of postural movements: adaptation to altered support-surface configurations. *Journal of neurophysiology*, 55(6), 1369-1381.

Horak, F. B. in Shupert, C. L. (1994). Role of the vestibular system in postural control. *Vestibular rehabilitation*. Philadelphia: Davis, 22-46.

Hortobágyi, T., Solnik, S., Gruber, A., Rider, P., Steinweg, K., Helseth, J. in DeVita, P. (2009). Interaction between age and gait velocity in the amplitude and timing of antagonist muscle coactivation. *Gait & posture*, 29(4), 558-564.

Huffenus, A. F., Amarantini, D. in Forestier, N. (2006). Effects of distal and proximal arm muscles fatigue on multi-joint movement organization. *Experimental brain research*, 170(4), 438-447.



- Johnston 3rd, R. B., Howard, M. E., Cawley, P. W. in Losse, G. M. (1998). Effect of lower extremity muscular fatigue on motor control performance. *Medicine and science in sports and exercise*, 30(12), 1703-1707.
- Kendall, F. P. in McCreary, E. K. (1983). *Muscles, testing and function*. Baltimore: Williams & Wilkins.
- Kim, S., Nussbaum, M. A. in Madigan, M. L. (2008). Direct parameterization of postural stability during quiet upright stance: Effects of age and altered sensory conditions. *Journal of biomechanics*, 41(2), 406-411.
- Kistemaker, D. A., Van Soest, A. J., Wong, J. D., Kurtzer, I. L. in Gribble, P. L. (2012). Control of position and movement is simplified by combined muscle spindle and Golgi tendon organ feedback. *Journal of Neurophysiology*, 109(4), 1126-1139.
- Koumantakis, G. A., Arnall, F., Cooper, R. G. in Oldham, J. A. (2001). Paraspinal muscle EMG fatigue testing with two methods in healthy volunteers. Reliability in the context of clinical applications. *Clinical Biomechanics*, 16(3), 263-266.
- Kubo, K., Kanehisa, H., Azuma, K., Ishizu, M., Kuno, S. Y., Okada, M. in Fukunaga, T. (2003). Muscle architectural characteristics in young and elderly men and women. *International journal of sports medicine*, 24(02), 125-130.
- Lacour, M., Bernard-Demanze, L. in Dumitrescu, M. (2008). Posture control, aging, and attention resources: models and posture-analysis methods. *Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology*, 38(6), 411-421.
- Lajoie, Y., Teasdale, N., Bard, C., & Fleury, M. (1993). Attentional demands for static and dynamic equilibrium. *Experimental Brain Research*, 97(1), 139-144.
- Lattanzio, P. J. in Petrella, R. J. (1998). Knee proprioception: a review of mechanisms, measurements, and implications of muscular fatigue. *Orthopedics*, 21(4), 463.
- Lattanzio, P. J., Petrella, R. J., Sproule, J. R. in Fowler, P. J. (1997). Effects of fatigue on knee proprioception. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 7(1), 22-27.

- Lattier, G., Millet, G. Y., Martin, A. in Martin, V. (2004). Fatigue and recovery after high-intensity exercise Part II: recovery interventions. *International journal of sports medicine*, 25(07), 509-515.
- Latimer, J., Maher, C. G., Refshauge, K. in Colaco, I. (1999). The reliability and validity of the Biering–Sorensen test in asymptomatic subjects and subjects reporting current or previous nonspecific low back pain. *Spine*, 24(20), 2085.
- Laughton, C. A., Slavin, M., Katdare, K., Nolan, L., Bean, J. F., Kerrigan, D. C.,... Collins, J. J. (2003). Aging, muscle activity, and balance control: physiologic changes associated with balance impairment. *Gait & posture*, 18(2), 101-108.
- Lee, H. M., Liao, J. J., Cheng, C. K., Tan, C. M. in Shih, J. T. (2003). Evaluation of shoulder proprioception following muscle fatigue. *Clinical Biomechanics*, 18(9), 843-847.
- Ledin, T., Fransson, P. A. in Magnusson, M. (2004). Effects of postural disturbances with fatigued triceps surae muscles or with 20% additional body weight. *Gait & posture*, 19(2), 184-193.
- Lephart, S. M. in Fu, F. H. (2000). *Proprioception and neuromuscular control in joint stability*. United States: Human Kinetics.
- Lichtenstein, M. J., Shields, S. L., Shiavi, R. G. in Burger, M. C. (1988). Clinical determinants of biomechanics platform measures of balance in aged women. *Journal of the American Geriatrics Society*, 36(11), 996.
- Lin, D., Nussbaum, MA., Seol, H., Singh, NB., Madigan, ML. in Wojcik, LA. (2009). Acute effects of localized muscle fatigue on postural control and patterns of recovery during upright stance: influence of fatigue location and age. *European Journal of Applied Physiology*, 106, 425-434.
- Lundin-Olsson, L., Nyberg, L. in Gustafson, Y. (1997). “Stops walking when talking” as a predictor of falls in elderly people. *The Lancet*, 349(9052), 617.
- Mademli, L., Arampatzis, A. in Karamanidis, K. (2008). Dynamic stability control in forward falls: postural corrections after muscle fatigue in young and older adults. *European Journal of Applied Physiology*, 103, 295-306.

- Madhavan, S. in Shields, R. K. (2005). Influence of age on dynamic position sense: evidence using a sequential movement task. *Experimental brain research*, 164(1), 18-28.
- Maki, BE., Edmondstone, MA. in McIlroy, WE. (2000). Age-related differences in laterally directed compensatory stepping behaviour. *Journal of Gerontology*, 55A, 270-277.
- Maki, B. E., Holliday, P. J. in Fernie, G. R. (1990). Aging and postural control. A comparison of spontaneous-and induced-sway balance tests. *Journal of the American Geriatrics Society*, 38(1), 1-9.
- Maki, B. E., Holliday, P. J. in Topper, A. K. (1994). A prospective study of postural balance and risk of falling in an ambulatory and independent elderly population. *Journal of Gerontology*, 49(2), M72-M84.
- Manchester, D., Woollacott, M., Zederbauer-Hylton, N. in Marin, O. (1989). Visual, vestibular and somatosensory contributions to balance control in the older adult. *Journal of Gerontology*, 44(4), M118-M127.
- Massion, J. (1998). Postural Control Systems in Developmental Perspective. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 22(4), 465-472.
- Maurer, C., Mergner, T. in Peterka, R. J. (2006). Multisensory control of human upright stance. *Experimental Brain Research*, 171(2), 231-250.
- Medina, J. J. (1997). *The clock of ages: why we age, how we age, winding back the clock.* Cambridge University Press.
- Mello, R. G., Oliveira, L. F. in Nadal, J. (2007). Anticipation mechanism in body sway control and effect of muscle fatigue. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 17(6), 739-746.
- Melzer, I., Benjuya, N. in Kaplanski, J. (2001). Age-related changes of postural control: effect of cognitive tasks. *Gerontology*, 47(4), 189-194.
- Mergner, T. in Rosemeier, T. (1998). Interaction of vestibular, somatosensory and visual signals for postural control and motion perception under terrestrial and microgravity conditions—a conceptual model. *Brain Research Reviews*, 28(1-2), 118-135.

Moore JB, Korff T, & Kinzey SJ (2005). Acute effects of a single bout of resistance exercise on postural control in elderly persons. *Perceptual and motor skills*, 100, 725-733.

Nagai, K., Yamada, M., Uemura, K., Yamada, Y., Ichihashi, N. in Tsuboyama, T. (2011). Differences in muscle coactivation during postural control between healthy older and young adults. *Archives of gerontology and geriatrics*, 53(3), 338-343.

Nashner, L. M. (1977). Fixed patterns of rapid postural responses among leg muscles during stance. *Experimental Brain Research*, 30(1), 13-24.

Ng, JK., Parnianpour, M., Richardson, CA. in Kippers, V. (2003). Effect of Fatigue on Torque Output and Electromyographic Measures of Trunk Muscles During Isometric Axial Rotation. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 84, 374-381.

Overstall, P. W., Exton-Smith, A. N., Imms, F. J. in Johnson, A. L. (1977). Falls in the elderly related to postural imbalance. *British Medical Journal*, 1(6056), 261.

Panzer, V. P., Bandinelli, S. in Hallett, M. (1995). Biomechanical assessment of quiet standing and changes associated with aging. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 76(2), 151-157.

Peterka, R. J. (2002). Sensorimotor integration in human postural control. *Journal of neurophysiology*, 88(3), 1097-1118.

Pickard, C. M., Sullivan, P. E., Allison, G. T. in Singer, K. P. (2003). Is there a difference in hip joint position sense between young and older groups? *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 58(7), M631-M635.

Pijnappels, M., Bobbert, M. F. in van Dieën, J. H. (2005). Control of support limb muscles in recovery after tripping in young and older subjects. *Experimental brain research*, 160(3), 326-333.

Plamondon, A., Marceau, C., Stainton, S. in Desjardins, P. (1999). Toward a better prescription of the prone back extension exercise to strengthen the back muscles. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 9(4), 226-232.

- Pline, KM., Madigan, ML., Nussbaum, MA. in Grange, RW. (2005). Lumbar extensor fatigue and circumferential ankle pressure impair ankle joint motion sense. *Neuroscience Letters*, 390, 9-14.
- Pline, KM., Madigan, ML. in Nussbaum, MA. (2006). Influence of fatigue time and level on increases in postural sway. *Ergonomics*, 49(15), 1639-1648.
- Plowman, S. A. in Smith, D. L. (2014). *Exercise physiology for health fitness and performance*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- Pollock, A. S., Durward, B. R., Rowe, P. J. in Paul, J. P. (2000). What is balance., *Clinical Rehabilitation*, 14(4), 402-406.
- Proske, U. in Gandevia, S. C. (2009). The kinaesthetic senses. *The Journal of Physiology*, 587(17), 4139-4146.
- Proske, U. In Gandevia, S. C. (2012). The proprioceptive senses: their roles in signaling body shape, body position and movement, and muscle force. *Physiological reviews*, 92(4), 1651-1697.
- Prieto, T. E., Myklebust, J. B., Hoffmann, R. G., Lovett, E. G. in Myklebust, B. M. (1996). Measures of postural steadiness: differences between healthy young and elderly adults. *Biomedical Engineering, IEEE Transactions on*, 43(9), 956-966.
- Riley, M. A., Baker, A. A. in Schmit, J. M. (2003). Inverse relation between postural variability and difficulty of a concurrent short-term memory task. *Brain Research Bulletin*, 62(3), 191-195.
- Roll, R., Kavounoudias, A. in Roll, J. P. (2002). Cutaneous afferents from human plantar sole contribute to body posture awareness. *Neuroreport*, 13(15), 1957-1961.
- Roos, M. R., Rice, C. L. in Vandervoort, A. A. (1997). Age-related changes in motor unit function. *Muscle & nerve*, 20(6), 679-690.
- Rosenhall, U. in Rubin, W. (1975). Degenerative changes in the human vestibular sensory epithelia. *Acta oto-laryngologica*, 79(1-2), 67-80.

Rugelj, D. in Sevšek, F. (2011). The effect of load mass and its placement on postural sway. *Applied Ergonomics*, 42(6), 860-866.

Sandrey, M. A. in Kent, T. E. (2008). The effects of eversion fatigue on frontal plane joint position sense in the ankle. *Journal of sport rehabilitation*, 17(3), 257.

Saugen, E., Vollestad, N. K., Gibson, H., Martin, P. A. in Edwards, R. H. (1997). Dissociation between metabolic and contractile responses during intermittent isometric exercise in man. *Experimental physiology*, 82(1), 213-226.

Schmitz, A., Silder, A., Heiderscheit, B., Mahoney, J. in Thelen, D. G. (2009). Differences in lower-extremity muscular activation during walking between healthy older and young adults. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 19(6), 1085-1091.

Sheldon, J. H. (1960). On the natural history of falls in old age. *British Medical Journal*, 2(5214), 1685.

Sheldon, J. H. (1963). The effect of age on the control of sway. *Gerontologia clinica*, 5(3), 129-138.

Shumway-Cook, A. in Woollacott, M. H. (2007). Motor control: translating research into clinical practice. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.

Siu, K. C. in Woollacott, M. H. (2007). Attentional demands of postural control: the ability to selectively allocate information-processing resources. *Gait & posture*, 25(1), 121-126.

Skinner, H. B., Barrack, R. L. in COOK, S. D. (1984). Age-related decline in proprioception. *Clinical orthopaedics and related research*, 184, 208-211.

Studenski, S., Duncan, P. W. in Chandler, J. (1991). Postural responses and effector factors in persons with unexplained falls: results and methodologic issues. *Journal of the American Geriatrics Society*, 39(3), 229-234.

Taylor, J. L., Butler, J. E. in Gandevia, S. C. (2000). Changes in muscle afferents, motoneurons and motor drive during muscle fatigue. *European journal of applied physiology*, 83(2-3), 106-115.

- Timiras, P. S. (1994). Aging of the skeleton, joints and muscles. *Physiological basis of aging and geriatrics*, 259-272.
- Tinetti, M. E. in Ginter, S. F. (1988). Identifying mobility dysfunctions in elderly patients. *JAMA: the journal of the American Medical Association*, 259(8), 1190-1193.
- Tinetti, M. E., Speechley, M. in Ginter, S. F. (1988). Risk factors for falls among elderly persons living in the community. *New England journal of medicine*, 319(26), 1701-1707.
- Tsay, A., Allen, T. J., Leung, M. in Proske, U. (2012). The fall in force after exercise disturbs position sense at the human forearm. *Experimental Brain Research*, 222(4), 415-425.
- Tucker, M. G., Kavanagh, J. J., Barrett, R. S. in Morrison, S. (2008). Age-related differences in postural reaction time and coordination during voluntary sway movements. *Human movement science*, 27(5), 728-737.
- Vandervoort, A. A. (2002). Aging of the human neuromuscular system. *Muscle & nerve*, 25(1), 17-25.
- Vuillerme, N., in Boisgontier, M. (2008). Muscle fatigue degrades force sense at the ankle joint. *Gait & posture*, 28(3), 521-524.
- Vieira, T. D. M. M., Oliveira, L. F. D. in Nadal, J. (2009). An overview of age-related changes in postural control during quiet standing tasks using classical and modern stabilometric descriptors. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 19(6), e513-e519.
- Vuillerme, N., Boisgontier, M., Chenu, O., Demongeot, J., in Payan, Y. (2007). Tongue-placed tactile biofeedback suppresses the deleterious effects of muscle fatigue on joint position sense at the ankle. *Experimental Brain Research*, 183(2), 235-240.
- Vuillerme, N., Forestier, N. in Nougier, V. (2002). Attentional demands and postural sway: the effect of the calf muscles fatigue. *Medicine and science in sports and exercise*, 34(12), 1907-1912.
- Wang, Z. in Newell, K. M. (2012). Asymmetry of foot position and weight distribution channels the inter-leg coordination dynamics of standing. *Experimental brain research*, 222(4), 333-344.

Wilson, EL., Madigan, ML., Davidson, BS. in Nussbaum, MA. (2006). Postural strategy changes with fatigue of the lumbar extensor muscles. *Gait & Posture*, 23, 348-354.

Winter, DA., Patla, AE., Prince, F., Ishac in Gielo-Perczak, K. (1998). Stiffness control of balance in quiet standing. *Journal of Neurophysiology*, 80, 1211-1221.

Woollacott, M. in 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.

Wojcik, LA., Nussbaum, MA., Lin, D., Shibata, PA. in Madigan, ML. (2011). Age and gender moderate the effects of localized muscle fatigue on lower extremity joint torques used during quiet stance. *Human Movement Science*, 30, 574-583.

Wolfson, L., Whipple, R., Derby, C. A., Amerman, P., Murphy, T., Tobin, J. N. in Nashner, L. (1992). A dynamic posturography study of balance in healthy elderly. *Neurology*, 42(11), 2069-2069.

You, S. H. (2005). Joint position sense in elderly fallers: a preliminary investigation of the validity and reliability of the SENSERite measure. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 86(2), 346-352.



## 10. PRILOGE

### Priloga 1 Informativni pristanek preiskovanca

#### IZJAVA PRISKOVANCA

1.

Ime in priimek preiskovanca: \_\_\_\_\_

Starost: \_\_\_\_\_

Telesna višina (cm): \_\_\_\_\_

Telesna teža (kg): \_\_\_\_\_

Ali se ukvarjate s kakšnim športom in katerim? \_\_\_\_\_

Kolikokrat na teden? \_\_\_\_\_

2. *Naslov raziskovalne ustanove:* Fakulteta za šport- Univerza v Ljubljani

3. *Naslov raziskave:* »Vpliv utrujenosti hrbtnih mišic na ravnotežje«

#### 4. *Izjava preiskovanca:*

Podpisani kot preiskovanec sem razumel metodo preiskave. Seznanjen sem bil z neprijetnostmi in koristmi meritev. Moje sodelovanje v raziskavi je popolnoma prostovoljno in ga lahko odklonim ali izstopim iz raziskave. Obvestili so me, da bodo rezultati te raziskave služili napredku medicinskega znanja. Dobrobit, tveganja in nevšečnosti mi je razumljivo razložila Daša Bašič. Odgovornost za mojo varnost v teku raziskave prevzame prof. dr. Vojko Strojnik. Prostovoljno in informirano pristajam na sodelovanje v tej raziskavi.

Datum: \_\_\_\_\_ Podpis preiskovanca: \_\_\_\_\_

#### 5. *Izjava preiskovalca:*

Podpisana sem razumljivo razložila preiskovancu dobrobit, tveganje in nevšečnosti sodelovanja v raziskavi.

Datum: \_\_\_\_\_ Podpis preiskovalca: \_\_\_\_\_

Podpis priče: \_\_\_\_\_

## Priloga 2 Parametri gibanja SP mlajših in starejših preiskovancev pri odprtih očeh v treh meritvah s p-vrednostmi medsebojnih primerjav

**Tabela 1** Parametri gibanja SP mlajših preiskovancev pri odprtih očeh v treh meritvah s p-vrednostmi medsebojnih primerjav.

Parametri	Mlajši preiskovanci ( <i>n</i> =16)			p-vrednosti		
	Pred utrujanjem	Po utrujanju	10 min po utru.	pred:po	po:10po	pred: 10po
A-Ppot (cm)	27,39 ± 8,57	23,68 ± 7,83	24,09 ± 5,20	0,094	0,772	0,129
M-Lpot (cm)	26,82 ± 10,35	22,71 ± 6,63	26,32 ± 6,41	0,091	0,044	0,851
A-P variabilnost (cm)	0,50 ± 0,18	0,53 ± 0,16	0,51 ± 0,23	0,584	0,638	0,867
M-L variabilnost (cm)	0,42 ± 0,17	0,38 ± 0,10	0,40 ± 0,09	0,391	0,204	0,822
Hitrost SP (cm/s)	1,42 ± 0,47	1,27 ± 0,30	1,32 ± 0,28	0,147	0,42	0,406
Površina (cm <sup>2</sup> )	3,14 ± 2,20	3,00 ± 1,54	2,61 ± 0,91	0,832	0,549	0,395

Mean ± SD od A-Ppot - gibanje SP v antero-posteriorni smeri z odprtimi očmi, M-Lpot - gibanje SP v medio-laterali smeri z odprtimi očmi, A-P variabilnost - variabilnost gibanja SP v antero-posteriorni smeri z odprtimi očmi, M-L variabilnost - variabilnost gibanja SP v medio-lateralni smeri z odprtimi očmi, hitrost gibanja SP - hitrost gibanja SP z odprtimi očmi, Površine – površina gibanja SP z odprtimi očmi, pred:po - razlika med meritvijo pred utrujanjem in po utrujanju, po:10 po - razlika med meritvijo po utrujanju in 10 minut po utrujanju, pred: 10 po - razlika med meritvijo pred utrujanjem in 10 minut po utrujanju.

**Tabela 2** Parametri gibanja SP starejši preiskovancev pri odprtih očeh v treh meritvah s p-vrednostmi medsebojnih primerjav

Parametri	Starejši preiskovanci ( <i>n</i> =14)			p-vrednosti		
	Pred utrujanjem	Po utrujanju	10 min po utru.	pred:po	po:10po	pred: 10po
A-Ppot (cm)	42,26 ± 19,18	32,94 ± 8,62	35,29 ± 10,63	0,028	0,175	0,048
M-Lpot (cm)	43,15 ± 20,88	38,00 ± 15,00	38,08 ± 14,99	0,256	0,974	0,259
A-P variabilnost (cm)	0,56 ± 0,17	0,43 ± 0,10	0,50 ± 0,16	<b>0,005</b>	0,104	0,018
M-L variabilnost (cm)	0,61 ± 0,33	0,50 ± 0,15	0,45 ± 0,17	0,227	0,039	0,07
Hitrost SP (cm/s)	2,24 ± 1,01	1,86 ± 0,57	1,92 ± 0,63	0,081	0,506	0,106
Površina (cm <sup>2</sup> )	2,67 ± 0,66	2,27 ± 1,04	1,76 ± 1,20	0,281	0,185	0,443

Mean ± SD od A-Ppot - gibanje SP v antero-posteriorni smeri z odprtimi očmi, M-Lpot - gibanje SP v medio-laterali smeri z odprtimi očmi, A-P variabilnost - variabilnost gibanja SP v antero-posteriorni smeri z odprtimi očmi, M-L variabilnost - variabilnost gibanja SP v medio-lateralni smeri z odprtimi očmi, hitrost gibanja SP - hitrost gibanja SP z odprtimi očmi, Površine – površina gibanja SP z odprtimi očmi, pred:po - razlika med meritvijo pred utrujanjem in po utrujanju, po:10 po - razlika med meritvijo po utrujanju in 10 minut po utrujanju, pred: 10 po - razlika med meritvijo pred utrujanjem in 10 minut po utrujanju.

### Priloga 3 Parametri gibanja SP mlajših in starejših preiskovancev pri zaprtih očeh v treh meritvah s p-vrednostmi medsebojnih primerjav

**Tabela 3** Parametri gibanja SP mlajših preiskovancev pri zaprtih očeh v treh meritvah s p-vrednostmi medsebojnih primerjav

Parametri	Mlajši preiskovanci ( <i>n</i> =16)			<i>p</i> -vrednosti		
	Pred utrujanjem	Po utrujanju	10 min po utru.	pred:po	po:10po	pred: 10po
A-PpotZO (cm)	39,14 ± 11,64	37,08 ± 8,32	36,94 ± 10,80	0,501	0,959	0,373
M-LpotZO (cm)	38,00 ± 14,76	38,08 ± 9,47	39,37 ± 12,21	0,981	0,614	0,671
A-P variabilnostZO (cm)	0,53 ± 0,13	0,55 ± 0,13	0,55 ± 0,17	0,699	0,962	0,721
M-L variabilnostZO (cm)	0,50 ± 0,19	0,47 ± 0,11	0,58 ± 0,22	0,721	0,522	0,037
Hitrost SPZO (cm/s)	2,02 ± 0,61	1,97 ± 0,44	2,00 ± 0,58	0,748	0,781	0,916
PovršinaZO (cm <sup>2</sup> )	4,65 ± 2,41	4,19 ± 1,52	5,03 ± 2,92	0,439	0,213	0,59

Mean ± SD od A-PpotZO- gibanje SP v antero-posteriorni smeri z zaprtimi očmi, M-LpotZO - gibanje SP v medio-laterali smeri z zaprtimi očmi, A-P variabilnostZO - variabilnost gibanja SP v antero-posteriorni smeri z zaprtimi očmi, M-L variabilnostZO - variabilnost gibanja SP v medio-lateralni z zaprtimi očmi, Hitrost gibanja SPZO - hitrost gibanja SP z zaprtimi očmi, Površine ZO – površina gibanja SP z zaprtimi očmi, pred:po - razlika med meritvijo pred utrujanjem in po utrujanju, po:10 po - razlika med meritvijo po utrujanju in 10 minut po utrujanju, pred: 10 po - razlika med meritvijo pred utrujanjem in 10 minut po utrujanju.

**Tabela 4** Parametri gibanja SP starejših preiskovancev pri zaprtih očeh v treh meritvah s p-vrednostmi medsebojnih primerjav

Parametri	Starejši preiskovanci ( <i>n</i> =14)			<i>p</i> -vrednosti		
	Pred utrujanjem	Po utrujanju	10 min po utru.	pred:po	po:10po	pred: 10po
A-PpotZO (cm)	66,71 ± 30,45	55,03 ± 24,44	55,32 ± 25,33	0,033	0,948	0,071
M-LpotZO (cm)	59,38 ± 28,89	51,90 ± 21,46	54,40 ± 24,41	0,234	0,437	0,33
A-PvariabilnostZO (cm)	0,68 ± 0,31	0,64 ± 0,25	0,70 ± 0,24	0,421	0,296	0,744
M-LvariabilnostZO (cm)	0,69 ± 0,39	0,62 ± 0,19	0,64 ± 0,23	0,324	0,547	0,402
Hitrost SPZO (cm/s)	3,31 ± 1,52	2,81 ± 1,10	2,87 ± 1,25	0,086	0,717	0,12
PovršinaZO (cm <sup>2</sup> )	10,26 ± 12,13	7,19 ± 5,66	8,06 ± 5,55	0,228	0,27	0,32

Mean ± SD od A-PpotZO- gibanje SP v antero-posteriorni smeri z zaprtimi očmi, M-LpotZO - gibanje SP v medio-laterali smeri z zaprtimi očmi, A-P variabilnostZO - variabilnost gibanja SP v antero-posteriorni smeri z zaprtimi očmi, M-L variabilnostZO - variabilnost gibanja SP v medio-lateralni z zaprtimi očmi, Hitrost gibanja SPZO - hitrost gibanja SP z zaprtimi očmi, Površine ZO – površina gibanja SP z zaprtimi očmi, pred:po - razlika med meritvijo pred utrujanjem in po utrujanju, po:10 po - razlika med meritvijo po utrujanju in 10 minut po utrujanju, pred: 10 po - razlika med meritvijo pred utrujanjem in 10 minut po utrujanju.

## Priloga 4 Razlike v odzivu na utrujanje med mladimi in starejšimi preiskovanci - Interakcija med starostjo in utrujanjem pri odprtih očeh in njen vpliv na gibanje SP

### General Linear Model

#### Within-Subjects Factors

Measure: MEASURE\_1

meritev	Dependent Variable
1	PotxcmA
2	PotxcmU
3	PotxcmD

#### Tests of Within-Subjects Effects

Measure: MEASURE\_1

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
meritev	Sphericity Assumed	704,435	2	352,218	7,953	,001
	Greenhouse-Geisser	704,435	1,418	496,869	7,953	,003
	Huynh-Feldt	704,435	1,525	461,987	7,953	,003
	Lower-bound	704,435	1,000	704,435	7,953	,009
meritev * skupina	Sphericity Assumed	120,873	2	60,436	1,365	,264
	Greenhouse-Geisser	120,873	1,418	85,257	1,365	,261
	Huynh-Feldt	120,873	1,525	79,271	1,365	,262
	Lower-bound	120,873	1,000	120,873	1,365	,253
Error(meritev)	Sphericity Assumed	2480,139	56	44,288		
	Greenhouse-Geisser	2480,139	39,697	62,477		
	Huynh-Feldt	2480,139	42,694	58,091		
	Lower-bound	2480,139	28,000	88,576		

**Within-Subjects Factors**

Measure: MEASURE\_1

meritev	Dependent Variable
1	PotycmA
2	PotycmU
3	PotycmD

**Tests of Within-Subjects Effects**

Measure: MEASURE\_1

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
meritev	Sphericity Assumed	323,772	2	161,886	2,392	,101
	Greenhouse-Geisser	323,772	1,534	211,128	2,392	,116
	Huynh-Feldt	323,772	1,663	194,725	2,392	,111
	Lower-bound	323,772	1,000	323,772	2,392	,133
meritev * skupina	Sphericity Assumed	85,357	2	42,679	,631	,536
	Greenhouse-Geisser	85,357	1,534	55,660	,631	,497
	Huynh-Feldt	85,357	1,663	51,336	,631	,508
	Lower-bound	85,357	1,000	85,357	,631	,434
Error(meritev)	Sphericity Assumed	3789,864	56	67,676		
	Greenhouse-Geisser	3789,864	42,939	88,262		
	Huynh-Feldt	3789,864	46,556	81,405		
	Lower-bound	3789,864	28,000	135,352		

**Within-Subjects Factors**

Measure: MEASURE\_1

meritev	Dependent Variable
1	HitrostA
2	HitrostU
3	HitrostD

**Tests of Within-Subjects Effects**

Measure: MEASURE\_1

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
meritev	Sphericity Assumed	1,167	2	,584	4,597	,014
	Greenhouse-Geisser	1,167	1,347	,867	4,597	,028
	Huynh-Feldt	1,167	1,441	,810	4,597	,026
	Lower-bound	1,167	1,000	1,167	4,597	,041
meritev * skupina	Sphericity Assumed	,249	2	,124	,980	,382
	Greenhouse-Geisser	,249	1,347	,185	,980	,354
	Huynh-Feldt	,249	1,441	,173	,980	,359
	Lower-bound	,249	1,000	,249	,980	,331
Error(meritev)	Sphericity Assumed	7,110	56	,127		
	Greenhouse-Geisser	7,110	37,712	,189		
	Huynh-Feldt	7,110	40,346	,176		
	Lower-bound	7,110	28,000	,254		

**Within-Subjects Factors**

Measure: MEASURE\_1

meritev	Dependent Variable
1	PloscFAOA
2	PloscFAOU
3	PloscFAOD

**Tests of Within-Subjects Effects**

Measure: MEASURE\_1

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
meritev	Sphericity Assumed	47,886	2	23,943	1,265	,291
	Greenhouse-Geisser	47,886	1,101	43,493	1,265	,275
	Huynh-Feldt	47,886	1,156	41,438	1,265	,277
	Lower-bound	47,886	1,000	47,886	1,265	,271
meritev * skupina	Sphericity Assumed	27,771	2	13,885	,733	,485
	Greenhouse-Geisser	27,771	1,101	25,223	,733	,411
	Huynh-Feldt	27,771	1,156	24,031	,733	,417
	Lower-bound	27,771	1,000	27,771	,733	,399
Error(meritev)	Sphericity Assumed	1022,450	54	18,934		
	Greenhouse-Geisser	1022,450	29,727	34,395		
	Huynh-Feldt	1022,450	31,201	32,770		
	Lower-bound	1022,450	27,000	37,869		

**Within-Subjects Factors**

Measure: MEASURE\_1

meritev	Dependent Variable
1	STDxA
2	STDxU
3	STDxD

**Tests of Within-Subjects Effects**

Measure: MEASURE\_1

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
meritev	Sphericity Assumed	,029	2	,015	,751	,477
	Greenhouse-Geisser	,029	1,771	,016	,751	,462
	Huynh-Feldt	,029	1,949	,015	,751	,473
	Lower-bound	,029	1,000	,029	,751	,393
meritev * skupina	Sphericity Assumed	,092	2	,046	2,370	,103
	Greenhouse-Geisser	,092	1,771	,052	2,370	,110
	Huynh-Feldt	,092	1,949	,047	2,370	,104
	Lower-bound	,092	1,000	,092	2,370	,135
Error(meritev)	Sphericity Assumed	1,086	56	,019		
	Greenhouse-Geisser	1,086	49,576	,022		
	Huynh-Feldt	1,086	54,568	,020		
	Lower-bound	1,086	28,000	,039		



**Within-Subjects Factors**

Measure: MEASURE\_1

	Dependent Variable
meritev	
1	STDAyA
2	STDAyU
3	STDAyD

**Tests of Within-Subjects Effects**

Measure: MEASURE\_1

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
meritev	Sphericity Assumed	,124	2	,062	2,792	,070
	Greenhouse-Geisser	,124	1,158	,107	2,792	,100
	Huynh-Feldt	,124	1,219	,102	2,792	,097
	Lower-bound	,124	1,000	,124	2,792	,106
meritev * skupina	Sphericity Assumed	,078	2	,039	1,752	,183
	Greenhouse-Geisser	,078	1,158	,067	1,752	,196
	Huynh-Feldt	,078	1,219	,064	1,752	,195
	Lower-bound	,078	1,000	,078	1,752	,196
Error(meritev)	Sphericity Assumed	1,243	56	,022		
	Greenhouse-Geisser	1,243	32,414	,038		
	Huynh-Feldt	1,243	34,141	,036		
	Lower-bound	1,243	28,000	,044		

## Priloga 5 Razlike v odzivu na utrujanje med mladimi in starejšimi preiskovanci - Interakcija med starostjo in utrujanjem pri zaprtih očeh in njen vpliv na gibanje SP

### Within-Subjects Factors

Measure:MEASURE\_1

meritev	Dependent Variable
1	PotxcmA1
2	PotxcmU1
3	PotxcmD1

### Tests of Within-Subjects Effects

Measure:MEASURE\_1

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
meritev	Sphericity Assumed	930,287	2	465,143	4,068	,022
	Greenhouse-Geisser	930,287	1,915	485,895	4,068	,024
	Huynh-Feldt	930,287	2,000	465,143	4,068	,022
	Lower-bound	930,287	1,000	930,287	4,068	,053
meritev * skupina	Sphericity Assumed	440,601	2	220,301	1,927	,155
	Greenhouse-Geisser	440,601	1,915	230,129	1,927	,157
	Huynh-Feldt	440,601	2,000	220,301	1,927	,155
	Lower-bound	440,601	1,000	440,601	1,927	,176
Error(meritev)	Sphericity Assumed	6402,627	56	114,333		
	Greenhouse-Geisser	6402,627	53,608	119,433		
	Huynh-Feldt	6402,627	56,000	114,333		
	Lower-bound	6402,627	28,000	228,665		

**Within-Subjects Factors**

Measure: MEASURE\_1

meritev	Dependent Variable
1	PotycmA1
2	PotycmU1
3	PotycmD1

**Tests of Within-Subjects Effects**

Measure: MEASURE\_1

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
meritev	Sphericity Assumed	204,557	2	102,279	,903	,411
	Greenhouse-Geisser	204,557	1,567	130,537	,903	,391
	Huynh-Feldt	204,557	1,703	120,126	,903	,398
	Lower-bound	204,557	1,000	204,557	,903	,350
meritev * skupina	Sphericity Assumed	246,104	2	123,052	1,086	,345
	Greenhouse-Geisser	246,104	1,567	157,050	1,086	,333
	Huynh-Feldt	246,104	1,703	144,525	1,086	,337
	Lower-bound	246,104	1,000	246,104	1,086	,306
Error(meritev)	Sphericity Assumed	6345,509	56	113,313		
	Greenhouse-Geisser	6345,509	43,877	144,619		
	Huynh-Feldt	6345,509	47,680	133,086		
	Lower-bound	6345,509	28,000	226,625		

**Within-Subjects Factors**

Measure: MEASURE\_1

meritev	Dependent Variable
1	HitrostA1
2	HitrostU1
3	HitrostD1

**Tests of Within-Subjects Effects**

Measure: MEASURE\_1

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
meritev	Sphericity Assumed	1,299	2	,650	2,407	,099
	Greenhouse-Geisser	1,299	1,722	,754	2,407	,108
	Huynh-Feldt	1,299	1,890	,687	2,407	,103
	Lower-bound	1,299	1,000	1,299	2,407	,132
meritev * skupina	Sphericity Assumed	,962	2	,481	1,782	,178
	Greenhouse-Geisser	,962	1,722	,558	1,782	,183
	Huynh-Feldt	,962	1,890	,509	1,782	,180
	Lower-bound	,962	1,000	,962	1,782	,193
Error(meritev)	Sphericity Assumed	15,113	56	,270		
	Greenhouse-Geisser	15,113	48,223	,313		
	Huynh-Feldt	15,113	52,923	,286		
	Lower-bound	15,113	28,000	,540		

**Within-Subjects Factors**

Measure: MEASURE\_1

meritev	Dependent Variable
1	PloscFAOA1
2	PloscFAOU1
3	PloscFAOD1

**Tests of Within-Subjects Effects**

Measure: MEASURE\_1

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
meritev	Sphericity Assumed	46,268	2	23,134	1,698	,192
	Greenhouse-Geisser	46,268	1,280	36,149	1,698	,202
	Huynh-Feldt	46,268	1,362	33,966	1,698	,202
	Lower-bound	46,268	1,000	46,268	1,698	,203
meritev * skupina	Sphericity Assumed	33,511	2	16,756	1,230	,300
	Greenhouse-Geisser	33,511	1,280	26,182	1,230	,287
	Huynh-Feldt	33,511	1,362	24,601	1,230	,290
	Lower-bound	33,511	1,000	33,511	1,230	,277
Error(meritev)	Sphericity Assumed	762,953	56	13,624		
	Greenhouse-Geisser	762,953	35,837	21,289		
	Huynh-Feldt	762,953	38,141	20,004		
	Lower-bound	762,953	28,000	27,248		

**Within-Subjects Factors**

Measure: MEASURE\_1

meritev	Dependent Variable
1	STDxA1
2	STDxU1
3	STDxD1

**Tests of Within-Subjects Effects**

Measure: MEASURE\_1

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
meritev	Sphericity Assumed	,017	2	,008	,463	,632
	Greenhouse-Geisser	,017	1,847	,009	,463	,617
	Huynh-Feldt	,017	2,000	,008	,463	,632
	Lower-bound	,017	1,000	,017	,463	,502
meritev * skupina	Sphericity Assumed	,021	2	,010	,572	,568
	Greenhouse-Geisser	,021	1,847	,011	,572	,554
	Huynh-Feldt	,021	2,000	,010	,572	,568
	Lower-bound	,021	1,000	,021	,572	,456
Error(meritev)	Sphericity Assumed	1,013	56	,018		
	Greenhouse-Geisser	1,013	51,712	,020		
	Huynh-Feldt	1,013	56,000	,018		
	Lower-bound	1,013	28,000	,036		

**Within-Subjects Factors**

Measure: MEASURE\_1

meritev	Dependent Variable
1	STDAyA1
2	STDAyU1
3	STDAyD1

**Tests of Within-Subjects Effects**

Measure: MEASURE\_1

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
meritev	Sphericity Assumed	,073	2	,037	1,579	,215
	Greenhouse-Geisser	,073	1,761	,042	1,579	,218
	Huynh-Feldt	,073	1,937	,038	1,579	,216
	Lower-bound	,073	1,000	,073	1,579	,219
meritev * skupina	Sphericity Assumed	,069	2	,034	1,481	,236
	Greenhouse-Geisser	,069	1,761	,039	1,481	,238
	Huynh-Feldt	,069	1,937	,036	1,481	,237
	Lower-bound	,069	1,000	,069	1,481	,234
Error(meritev)	Sphericity Assumed	1,302	56	,023		
	Greenhouse-Geisser	1,302	49,306	,026		
	Huynh-Feldt	1,302	54,239	,024		
	Lower-bound	1,302	28,000	,046		

## Priloga 6 Razlike v odzivu na utrujanje med mladimi in starejšimi preiskovanci - Interakcija med starostjo in utrujanjem pri odprtih očeh in njen vpliv na gibanje glave

### Within-Subjects Factors

Measure: MEASURE\_1

meritev	Dependent Variable
1	potxG1
2	potxG2
3	potxG3

### Tests of Within-Subjects Effects

Measure: MEASURE\_1

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
meritev	Sphericity Assumed	66,384	2	33,192	1,580	,218
	Greenhouse-Geisser	66,384	1,635	40,612	1,580	,222
	Huynh-Feldt	66,384	1,838	36,116	1,580	,220
	Lower-bound	66,384	1,000	66,384	1,580	,223
meritev * skupina	Sphericity Assumed	186,797	2	93,398	4,445	,018
	Greenhouse-Geisser	186,797	1,635	114,278	4,445	,025
	Huynh-Feldt	186,797	1,838	101,626	4,445	,021
	Lower-bound	186,797	1,000	186,797	4,445	,047
Error(meritev)	Sphericity Assumed	882,472	42	21,011		
	Greenhouse-Geisser	882,472	34,326	25,708		
	Huynh-Feldt	882,472	38,600	22,862		
	Lower-bound	882,472	21,000	42,022		



**Within-Subjects Factors**

Measure: MEASURE\_1

meritev	Dependent Variable
1	potyG1
2	potyG2
3	potyG3

**Tests of Within-Subjects Effects**

Measure: MEASURE\_1

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
meritev	Sphericity Assumed	27,217	2	13,608	,640	,533
	Greenhouse-Geisser	27,217	1,596	17,050	,640	,500
	Huynh-Feldt	27,217	1,789	15,213	,640	,516
	Lower-bound	27,217	1,000	27,217	,640	,433
meritev * skupina	Sphericity Assumed	201,121	2	100,560	4,726	,014
	Greenhouse-Geisser	201,121	1,596	125,995	4,726	,022
	Huynh-Feldt	201,121	1,789	112,418	4,726	,018
	Lower-bound	201,121	1,000	201,121	4,726	,041
Error(meritev)	Sphericity Assumed	893,692	42	21,278		
	Greenhouse-Geisser	893,692	33,522	26,660		
	Huynh-Feldt	893,692	37,570	23,787		
	Lower-bound	893,692	21,000	42,557		

**Within-Subjects Factors**

Measure: MEASURE\_1

meritev	Dependent Variable
1	hitrostG1
2	hitrostG2
3	hitrostG3

**Tests of Within-Subjects Effects**

Measure: MEASURE\_1

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
meritev	Sphericity Assumed	,168	2	,084	1,240	,300
	Greenhouse-Geisser	,168	1,479	,113	1,240	,293
	Huynh-Feldt	,168	1,640	,102	1,240	,296
	Lower-bound	,168	1,000	,168	1,240	,278
meritev * skupina	Sphericity Assumed	,682	2	,341	5,042	,011
	Greenhouse-Geisser	,682	1,479	,461	5,042	,020
	Huynh-Feldt	,682	1,640	,416	5,042	,017
	Lower-bound	,682	1,000	,682	5,042	,036
Error(meritev)	Sphericity Assumed	2,842	42	,068		
	Greenhouse-Geisser	2,842	31,053	,092		
	Huynh-Feldt	2,842	34,435	,083		
	Lower-bound	2,842	21,000	,135		

**Within-Subjects Factors**

Measure: MEASURE\_1

meritev	Dependent Variable
1	ploščinaG1
2	ploščinaG2
3	ploščinaG3

**Tests of Within-Subjects Effects**

Measure: MEASURE\_1

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
meritev	Sphericity Assumed	83,593	2	41,796	1,368	,266
	Greenhouse-Geisser	83,593	1,211	69,015	1,368	,260
	Huynh-Feldt	83,593	1,307	63,972	1,368	,262
	Lower-bound	83,593	1,000	83,593	1,368	,255
meritev * skupina	Sphericity Assumed	228,242	2	114,121	3,736	,032
	Greenhouse-Geisser	228,242	1,211	188,439	3,736	,057
	Huynh-Feldt	228,242	1,307	174,670	3,736	,054
	Lower-bound	228,242	1,000	228,242	3,736	,067
Error(meritev)	Sphericity Assumed	1283,005	42	30,548		
	Greenhouse-Geisser	1283,005	25,436	50,441		
	Huynh-Feldt	1283,005	27,441	46,755		
	Lower-bound	1283,005	21,000	61,095		

**Within-Subjects Factors**

Measure: MEASURE\_1

meritev	Dependent Variable
1	STDAxG1
2	STDAxG2
3	STDAxG3

**Tests of Within-Subjects Effects**

Measure: MEASURE\_1

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
meritev	Sphericity Assumed	,369	2	,184	2,409	,102
	Greenhouse-Geisser	,369	1,978	,186	2,409	,103
	Huynh-Feldt	,369	2,000	,184	2,409	,102
	Lower-bound	,369	1,000	,369	2,409	,136
meritev * skupina	Sphericity Assumed	1,317	2	,659	8,609	,001
	Greenhouse-Geisser	1,317	1,978	,666	8,609	,001
	Huynh-Feldt	1,317	2,000	,659	8,609	,001
	Lower-bound	1,317	1,000	1,317	8,609	,008
Error(meritev)	Sphericity Assumed	3,214	42	,077		
	Greenhouse-Geisser	3,214	41,532	,077		
	Huynh-Feldt	3,214	42,000	,077		
	Lower-bound	3,214	21,000	,153		

**Within-Subjects Factors**

Measure: MEASURE\_1

meritev	Dependent Variable
1	STDAyG1
2	STDAyG2
3	STDAyG3

**Tests of Within-Subjects Effects**

Measure: MEASURE\_1

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
meritev	Sphericity Assumed	,099	2	,049	1,066	,353
	Greenhouse-Geisser	,099	1,357	,073	1,066	,333
	Huynh-Feldt	,099	1,487	,066	1,066	,338
	Lower-bound	,099	1,000	,099	1,066	,313
meritev * skupina	Sphericity Assumed	,303	2	,151	3,272	,048
	Greenhouse-Geisser	,303	1,357	,223	3,272	,069
	Huynh-Feldt	,303	1,487	,204	3,272	,064
	Lower-bound	,303	1,000	,303	3,272	,085
Error(meritev)	Sphericity Assumed	1,944	42	,046		
	Greenhouse-Geisser	1,944	28,503	,068		
	Huynh-Feldt	1,944	31,237	,062		
	Lower-bound	1,944	21,000	,093		

## Priloga 7 Razlike v odzivu na utrujanje med mladimi in starejšimi preiskovanci - Interakcija med starostjo in utrujanjem pri odprtih očeh in njen vpliv na gibanje rame

### Within-Subjects Factors

Measure: MEASURE\_1

meritev	Dependent Variable
1	potyR1
2	potyR2
3	potyR3

### Tests of Within-Subjects Effects

Measure: MEASURE\_1

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
meritev	Sphericity Assumed	7,059	2	3,529	,259	,773
	Greenhouse-Geisser	7,059	1,354	5,212	,259	,686
	Huynh-Feldt	7,059	1,484	4,758	,259	,707
	Lower-bound	7,059	1,000	7,059	,259	,616
meritev * skupina	Sphericity Assumed	113,980	2	56,990	4,186	,022
	Greenhouse-Geisser	113,980	1,354	84,164	4,186	,039
	Huynh-Feldt	113,980	1,484	76,823	4,186	,035
	Lower-bound	113,980	1,000	113,980	4,186	,053
Error(meritev)	Sphericity Assumed	571,811	42	13,615		
	Greenhouse-Geisser	571,811	28,439	20,106		
	Huynh-Feldt	571,811	31,157	18,352		
	Lower-bound	571,811	21,000	27,229		

**Within-Subjects Factors**

Measure: MEASURE\_1

meritev	Dependent Variable
1	STDAxR1
2	STDAxR2
3	STDAxR3

**Tests of Within-Subjects Effects**

Measure: MEASURE\_1

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
meritev	Sphericity Assumed	,007	2	,003	,144	,867
	Greenhouse-Geisser	,007	1,920	,003	,144	,859
	Huynh-Feldt	,007	2,000	,003	,144	,867
	Lower-bound	,007	1,000	,007	,144	,709
meritev * skupina	Sphericity Assumed	,535	2	,267	11,461	,000
	Greenhouse-Geisser	,535	1,920	,278	11,461	,000
	Huynh-Feldt	,535	2,000	,267	11,461	,000
	Lower-bound	,535	1,000	,535	11,461	,003
Error(meritev)	Sphericity Assumed	,980	42	,023		
	Greenhouse-Geisser	,980	40,327	,024		
	Huynh-Feldt	,980	42,000	,023		
	Lower-bound	,980	21,000	,047		

**Within-Subjects Factors**

Measure: MEASURE\_1

meritev	Dependent Variable
1	hitrostR1
2	hitrostR2
3	hitrostR3

**Tests of Within-Subjects Effects**

Measure: MEASURE\_1

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
meritev	Sphericity Assumed	,030	2	,015	,326	,724
	Greenhouse-Geisser	,030	1,399	,021	,326	,647
	Huynh-Feldt	,030	1,540	,019	,326	,668
	Lower-bound	,030	1,000	,030	,326	,574
meritev * skupina	Sphericity Assumed	,307	2	,153	3,364	,044
	Greenhouse-Geisser	,307	1,399	,219	3,364	,064
	Huynh-Feldt	,307	1,540	,199	3,364	,059
	Lower-bound	,307	1,000	,307	3,364	,081
Error(meritev)	Sphericity Assumed	1,914	42	,046		
	Greenhouse-Geisser	1,914	29,380	,065		
	Huynh-Feldt	1,914	32,332	,059		
	Lower-bound	1,914	21,000	,091		



**Within-Subjects Factors**

Measure: MEASURE\_1

meritev	Dependent Variable
1	ploščinaR1
2	ploščinaR2
3	ploščinaR3

**Tests of Within-Subjects Effects**

Measure: MEASURE\_1

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
meritev	Sphericity Assumed	14,915	2	7,458	,988	,381
	Greenhouse-Geisser	14,915	1,136	13,129	,988	,341
	Huynh-Feldt	14,915	1,215	12,279	,988	,346
	Lower-bound	14,915	1,000	14,915	,988	,331
meritev * skupina	Sphericity Assumed	52,554	2	26,277	3,482	,040
	Greenhouse-Geisser	52,554	1,136	46,261	3,482	,070
	Huynh-Feldt	52,554	1,215	43,265	3,482	,066
	Lower-bound	52,554	1,000	52,554	3,482	,076
Error(meritev)	Sphericity Assumed	316,948	42	7,546		
	Greenhouse-Geisser	316,948	23,857	13,285		
	Huynh-Feldt	316,948	25,509	12,425		
	Lower-bound	316,948	21,000	15,093		

**Within-Subjects Factors**

Measure: MEASURE\_1

meritev	Dependent Variable
1	potxR1
2	potxR2
3	potxR3

**Tests of Within-Subjects Effects**

Measure: MEASURE\_1

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
meritev	Sphericity Assumed	6,505	2	3,252	,192	,826
	Greenhouse-Geisser	6,505	1,757	3,703	,192	,798
	Huynh-Feldt	6,505	1,995	3,260	,192	,825
	Lower-bound	6,505	1,000	6,505	,192	,666
meritev * skupina	Sphericity Assumed	69,819	2	34,909	2,063	,140
	Greenhouse-Geisser	69,819	1,757	39,748	2,063	,146
	Huynh-Feldt	69,819	1,995	34,989	2,063	,140
	Lower-bound	69,819	1,000	69,819	2,063	,166
Error(meritev)	Sphericity Assumed	710,644	42	16,920		
	Greenhouse-Geisser	710,644	36,887	19,265		
	Huynh-Feldt	710,644	41,905	16,958		
	Lower-bound	710,644	21,000	33,840		

**Within-Subjects Factors**

Measure: MEASURE\_1

meritev	Dependent Variable
1	STDAyR1
2	STDAyR2
3	STDAyR3

**Tests of Within-Subjects Effects**

Measure: MEASURE\_1

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
meritev	Sphericity Assumed	,037	2	,018	,580	,565
	Greenhouse-Geisser	,037	1,326	,028	,580	,499
	Huynh-Feldt	,037	1,449	,026	,580	,513
	Lower-bound	,037	1,000	,037	,580	,455
meritev * skupina	Sphericity Assumed	,176	2	,088	2,758	,075
	Greenhouse-Geisser	,176	1,326	,133	2,758	,099
	Huynh-Feldt	,176	1,449	,121	2,758	,094
	Lower-bound	,176	1,000	,176	2,758	,112
Error(meritev)	Sphericity Assumed	1,339	42	,032		
	Greenhouse-Geisser	1,339	27,853	,048		
	Huynh-Feldt	1,339	30,427	,044		
	Lower-bound	1,339	21,000	,064		

## Priloga 8 Razlike v odzivu na utrujanje med mladimi in starejšimi preiskovanci - Interakcija med starostjo in utrujanjem pri odprtih očeh in njen vpliv na gibanje kolka

### Within-Subjects Factors

Measure: MEASURE\_1

meritev	Dependent Variable
1	potxK1
2	potxK2
3	potxK3

### Tests of Within-Subjects Effects

Measure: MEASURE\_1

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
meritev	Sphericity Assumed	6,378	2	3,189	,272	,763
	Greenhouse-Geisser	6,378	1,408	4,529	,272	,685
	Huynh-Feldt	6,378	1,551	4,112	,272	,707
	Lower-bound	6,378	1,000	6,378	,272	,607
meritev * skupina	Sphericity Assumed	16,492	2	8,246	,704	,500
	Greenhouse-Geisser	16,492	1,408	11,712	,704	,455
	Huynh-Feldt	16,492	1,551	10,633	,704	,467
	Lower-bound	16,492	1,000	16,492	,704	,411
Error(meritev)	Sphericity Assumed	491,744	42	11,708		
	Greenhouse-Geisser	491,744	29,571	16,629		
	Huynh-Feldt	491,744	32,571	15,097		
	Lower-bound	491,744	21,000	23,416		

**Within-Subjects Factors**

Measure: MEASURE\_1

meritev	Dependent Variable
1	potyK1
2	potyK2
3	potyK3

**Tests of Within-Subjects Effects**

Measure: MEASURE\_1

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
meritev	Sphericity Assumed	2,348	2	1,174	,084	,920
	Greenhouse-Geisser	2,348	1,305	1,799	,084	,839
	Huynh-Feldt	2,348	1,429	1,644	,084	,858
	Lower-bound	2,348	1,000	2,348	,084	,775
meritev * skupina	Sphericity Assumed	57,727	2	28,863	2,055	,141
	Greenhouse-Geisser	57,727	1,305	44,233	2,055	,160
	Huynh-Feldt	57,727	1,429	40,402	2,055	,157
	Lower-bound	57,727	1,000	57,727	2,055	,167
Error(meritev)	Sphericity Assumed	561,880	40	14,047		
	Greenhouse-Geisser	561,880	26,101	21,527		
	Huynh-Feldt	561,880	28,576	19,663		
	Lower-bound	561,880	20,000	28,094		

**Within-Subjects Factors**

Measure: MEASURE\_1

	Dependent Variable
meritev	
1	hitrostK1
2	hitrostK2
3	hitrostK3

**Tests of Within-Subjects Effects**

Measure: MEASURE\_1

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
meritev	Sphericity Assumed	,007	2	,003	,087	,917
	Greenhouse-Geisser	,007	1,329	,005	,087	,839
	Huynh-Feldt	,007	1,452	,005	,087	,858
	Lower-bound	,007	1,000	,007	,087	,771
meritev * skupina	Sphericity Assumed	,128	2	,064	1,651	,204
	Greenhouse-Geisser	,128	1,329	,096	1,651	,212
	Huynh-Feldt	,128	1,452	,088	1,651	,211
	Lower-bound	,128	1,000	,128	1,651	,213
Error(meritev)	Sphericity Assumed	1,631	42	,039		
	Greenhouse-Geisser	1,631	27,907	,058		
	Huynh-Feldt	1,631	30,495	,053		
	Lower-bound	1,631	21,000	,078		

**Within-Subjects Factors**

Measure: MEASURE\_1

meritev	Dependent Variable
1	ploščinaK1
2	ploščinaK2
3	ploščinaK3

**Tests of Within-Subjects Effects**

Measure: MEASURE\_1

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
meritev	Sphericity Assumed	,774	2	,387	,201	,819
	Greenhouse-Geisser	,774	1,832	,423	,201	,800
	Huynh-Feldt	,774	2,000	,387	,201	,819
	Lower-bound	,774	1,000	,774	,201	,659
meritev * skupina	Sphericity Assumed	6,132	2	3,066	1,592	,216
	Greenhouse-Geisser	6,132	1,832	3,347	1,592	,218
	Huynh-Feldt	6,132	2,000	3,066	1,592	,216
	Lower-bound	6,132	1,000	6,132	1,592	,222
Error(meritev)	Sphericity Assumed	77,046	40	1,926		
	Greenhouse-Geisser	77,046	36,647	2,102		
	Huynh-Feldt	77,046	40,000	1,926		
	Lower-bound	77,046	20,000	3,852		

**Within-Subjects Factors**

Measure: MEASURE\_1

meritev	Dependent Variable
1	STDAxK1
2	STDAxK2
3	STDAxK3

**Tests of Within-Subjects Effects**

Measure: MEASURE\_1

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
meritev	Sphericity Assumed	,002	2	,001	,049	,952
	Greenhouse-Geisser	,002	1,815	,001	,049	,940
	Huynh-Feldt	,002	2,000	,001	,049	,952
	Lower-bound	,002	1,000	,002	,049	,827
meritev * skupina	Sphericity Assumed	,092	2	,046	2,369	,106
	Greenhouse-Geisser	,092	1,815	,051	2,369	,112
	Huynh-Feldt	,092	2,000	,046	2,369	,106
	Lower-bound	,092	1,000	,092	2,369	,139
Error(meritev)	Sphericity Assumed	,814	42	,019		
	Greenhouse-Geisser	,814	38,124	,021		
	Huynh-Feldt	,814	42,000	,019		
	Lower-bound	,814	21,000	,039		



**Within-Subjects Factors**

Measure: MEASURE\_1

meritev	Dependent Variable
1	STDAyK1
2	STDAyK2
3	STDAyK3

**Tests of Within-Subjects Effects**

Measure: MEASURE\_1

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
meritev	Sphericity Assumed	,005	2	,003	,114	,893
	Greenhouse-Geisser	,005	1,275	,004	,114	,799
	Huynh-Feldt	,005	1,386	,004	,114	,818
	Lower-bound	,005	1,000	,005	,114	,739
meritev * skupina	Sphericity Assumed	,089	2	,044	1,879	,165
	Greenhouse-Geisser	,089	1,275	,070	1,879	,181
	Huynh-Feldt	,089	1,386	,064	1,879	,179
	Lower-bound	,089	1,000	,089	1,879	,185
Error(meritev)	Sphericity Assumed	,994	42	,024		
	Greenhouse-Geisser	,994	26,780	,037		
	Huynh-Feldt	,994	29,097	,034		
	Lower-bound	,994	21,000	,047		

## Priloga 9 Razlike v odzivu na utrujanje med mladimi in starejšimi preiskovanci - Interakcija med starostjo in utrujanjem pri zaprtih očeh in njen vpliv na gibanje glave

### Within-Subjects Factors

Measure: MEASURE\_1

meritev	Dependent Variable
1	potxG1
2	potxG2
3	potxG3

### Tests of Within-Subjects Effects

Measure: MEASURE\_1

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
meritev	Sphericity Assumed	148,310	2	74,155	4,031	,026
	Greenhouse-Geisser	148,310	1,869	79,340	4,031	,029
	Huynh-Feldt	148,310	2,000	74,155	4,031	,026
	Lower-bound	148,310	1,000	148,310	4,031	,059
meritev * skupina	Sphericity Assumed	7,672	2	3,836	,209	,813
	Greenhouse-Geisser	7,672	1,869	4,104	,209	,798
	Huynh-Feldt	7,672	2,000	3,836	,209	,813
	Lower-bound	7,672	1,000	7,672	,209	,653
Error(meritev)	Sphericity Assumed	699,050	38	18,396		
	Greenhouse-Geisser	699,050	35,517	19,682		
	Huynh-Feldt	699,050	38,000	18,396		
	Lower-bound	699,050	19,000	36,792		

**Within-Subjects Factors**

Measure: MEASURE\_1

meritev	Dependent Variable
1	potyG1
2	potyG2
3	potyG3

**Tests of Within-Subjects Effects**

Measure: MEASURE\_1

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
meritev	Sphericity Assumed	41,865	2	20,932	,966	,390
	Greenhouse-Geisser	41,865	1,460	28,680	,966	,368
	Huynh-Feldt	41,865	1,634	25,627	,966	,376
	Lower-bound	41,865	1,000	41,865	,966	,338
meritev * skupina	Sphericity Assumed	2,360	2	1,180	,054	,947
	Greenhouse-Geisser	2,360	1,460	1,617	,054	,899
	Huynh-Feldt	2,360	1,634	1,445	,054	,918
	Lower-bound	2,360	1,000	2,360	,054	,818
Error(meritev)	Sphericity Assumed	823,242	38	21,664		
	Greenhouse-Geisser	823,242	27,735	29,682		
	Huynh-Feldt	823,242	31,039	26,523		
	Lower-bound	823,242	19,000	43,329		

**Within-Subjects Factors**

Measure: MEASURE\_1

meritev	Dependent Variable
1	hitrostG1
2	hitrostG2
3	hitrostG3

**Tests of Within-Subjects Effects**

Measure: MEASURE\_1

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
meritev	Sphericity Assumed	,271	2	,136	2,560	,091
	Greenhouse-Geisser	,271	1,716	,158	2,560	,100
	Huynh-Feldt	,271	1,970	,138	2,560	,092
	Lower-bound	,271	1,000	,271	2,560	,126
meritev * skupina	Sphericity Assumed	,010	2	,005	,096	,909
	Greenhouse-Geisser	,010	1,716	,006	,096	,882
	Huynh-Feldt	,010	1,970	,005	,096	,906
	Lower-bound	,010	1,000	,010	,096	,760
Error(meritev)	Sphericity Assumed	2,012	38	,053		
	Greenhouse-Geisser	2,012	32,610	,062		
	Huynh-Feldt	2,012	37,424	,054		
	Lower-bound	2,012	19,000	,106		

**Within-Subjects Factors**

Measure: MEASURE\_1

meritev	Dependent Variable
1	ploščinaG1
2	ploščinaG2
3	ploščinaG3

**Tests of Within-Subjects Effects**

Measure: MEASURE\_1

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
meritev	Sphericity Assumed	35,787	2	17,894	1,252	,298
	Greenhouse-Geisser	35,787	1,503	23,815	1,252	,292
	Huynh-Feldt	35,787	1,689	21,185	1,252	,294
	Lower-bound	35,787	1,000	35,787	1,252	,277
meritev * skupina	Sphericity Assumed	27,494	2	13,747	,962	,391
	Greenhouse-Geisser	27,494	1,503	18,296	,962	,371
	Huynh-Feldt	27,494	1,689	16,276	,962	,380
	Lower-bound	27,494	1,000	27,494	,962	,339
Error(meritev)	Sphericity Assumed	543,187	38	14,294		
	Greenhouse-Geisser	543,187	28,552	19,025		
	Huynh-Feldt	543,187	32,095	16,924		
	Lower-bound	543,187	19,000	28,589		

**Within-Subjects Factors**

Measure: MEASURE\_1

	Dependent Variable
meritev	
1	STDAxG1
2	STDAxG2
3	STDAxG3

**Tests of Within-Subjects Effects**

Measure: MEASURE\_1

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
meritev	Sphericity Assumed	,037	2	,019	,309	,736
	Greenhouse-Geisser	,037	1,977	,019	,309	,734
	Huynh-Feldt	,037	2,000	,019	,309	,736
	Lower-bound	,037	1,000	,037	,309	,585
meritev * skupina	Sphericity Assumed	,062	2	,031	,511	,604
	Greenhouse-Geisser	,062	1,977	,031	,511	,602
	Huynh-Feldt	,062	2,000	,031	,511	,604
	Lower-bound	,062	1,000	,062	,511	,483
Error(meritev)	Sphericity Assumed	2,304	38	,061		
	Greenhouse-Geisser	2,304	37,561	,061		
	Huynh-Feldt	2,304	38,000	,061		
	Lower-bound	2,304	19,000	,121		

**Within-Subjects Factors**

Measure: MEASURE\_1

meritev	Dependent Variable
1	STDAyG1
2	STDAyG2
3	STDAyG3

**Tests of Within-Subjects Effects**

Measure: MEASURE\_1

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
meritev	Sphericity Assumed	,468	2	,234	3,387	,044
	Greenhouse-Geisser	,468	1,855	,252	3,387	,048
	Huynh-Feldt	,468	2,000	,234	3,387	,044
	Lower-bound	,468	1,000	,468	3,387	,081
meritev * skupina	Sphericity Assumed	,440	2	,220	3,187	,053
	Greenhouse-Geisser	,440	1,855	,237	3,187	,057
	Huynh-Feldt	,440	2,000	,220	3,187	,053
	Lower-bound	,440	1,000	,440	3,187	,090
Error(meritev)	Sphericity Assumed	2,624	38	,069		
	Greenhouse-Geisser	2,624	35,237	,074		
	Huynh-Feldt	2,624	38,000	,069		
	Lower-bound	2,624	19,000	,138		

## Priloga 10 Razlike v odzivu na utrujanje med mladimi in starejšimi preiskovanci - Interakcija med starostjo in utrujanjem pri zaprtih očeh in njen vpliv na gibanje rame

### Within-Subjects Factors

Measure: MEASURE\_1

meritev	Dependent Variable
1	potxR1
2	potxR2
3	potxR3

### Tests of Within-Subjects Effects

Measure: MEASURE\_1

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
meritev	Sphericity Assumed	18,008	2	9,004	1,058	,357
	Greenhouse-Geisser	18,008	1,863	9,668	1,058	,354
	Huynh-Feldt	18,008	2,000	9,004	1,058	,357
	Lower-bound	18,008	1,000	18,008	1,058	,317
meritev * skupina	Sphericity Assumed	11,749	2	5,875	,690	,508
	Greenhouse-Geisser	11,749	1,863	6,308	,690	,498
	Huynh-Feldt	11,749	2,000	5,875	,690	,508
	Lower-bound	11,749	1,000	11,749	,690	,416
Error(meritev)	Sphericity Assumed	323,375	38	8,510		
	Greenhouse-Geisser	323,375	35,390	9,138		
	Huynh-Feldt	323,375	38,000	8,510		
	Lower-bound	323,375	19,000	17,020		



**Within-Subjects Factors**

Measure: MEASURE\_1

meritev	Dependent Variable
1	potyR1
2	potyR2
3	potyR3

**Tests of Within-Subjects Effects**

Measure: MEASURE\_1

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
meritev	Sphericity Assumed	4,885	2	2,442	,230	,796
	Greenhouse-Geisser	4,885	1,641	2,977	,230	,752
	Huynh-Feldt	4,885	1,869	2,613	,230	,781
	Lower-bound	4,885	1,000	4,885	,230	,637
meritev * skupina	Sphericity Assumed	13,540	2	6,770	,638	,534
	Greenhouse-Geisser	13,540	1,641	8,253	,638	,505
	Huynh-Feldt	13,540	1,869	7,243	,638	,524
	Lower-bound	13,540	1,000	13,540	,638	,434
Error(meritev)	Sphericity Assumed	403,439	38	10,617		
	Greenhouse-Geisser	403,439	31,172	12,942		
	Huynh-Feldt	403,439	35,520	11,358		
	Lower-bound	403,439	19,000	21,234		

**Within-Subjects Factors**

Measure: MEASURE\_1

meritev	Dependent Variable
1	potR1
2	potR2
3	potR3

**Tests of Within-Subjects Effects**

Measure: MEASURE\_1

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
meritev	Sphericity Assumed	23,813	2	11,906	,723	,492
	Greenhouse-Geisser	23,813	1,864	12,774	,723	,483
	Huynh-Feldt	23,813	2,000	11,906	,723	,492
	Lower-bound	23,813	1,000	23,813	,723	,406
meritev * skupina	Sphericity Assumed	30,513	2	15,256	,927	,405
	Greenhouse-Geisser	30,513	1,864	16,367	,927	,399
	Huynh-Feldt	30,513	2,000	15,256	,927	,405
	Lower-bound	30,513	1,000	30,513	,927	,348
Error(meritev)	Sphericity Assumed	625,668	38	16,465		
	Greenhouse-Geisser	625,668	35,420	17,664		
	Huynh-Feldt	625,668	38,000	16,465		
	Lower-bound	625,668	19,000	32,930		

**Within-Subjects Factors**

Measure: MEASURE\_1

meritev	Dependent Variable
1	hitrostR1
2	hitrostR2
3	hitrostR3

**Tests of Within-Subjects Effects**

Measure: MEASURE\_1

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
meritev	Sphericity Assumed	,037	2	,019	,723	,492
	Greenhouse-Geisser	,037	1,864	,020	,723	,483
	Huynh-Feldt	,037	2,000	,019	,723	,492
	Lower-bound	,037	1,000	,037	,723	,406
meritev * skupina	Sphericity Assumed	,047	2	,024	,927	,405
	Greenhouse-Geisser	,047	1,864	,025	,927	,399
	Huynh-Feldt	,047	2,000	,024	,927	,405
	Lower-bound	,047	1,000	,047	,927	,348
Error(meritev)	Sphericity Assumed	,973	38	,026		
	Greenhouse-Geisser	,973	35,421	,027		
	Huynh-Feldt	,973	38,000	,026		
	Lower-bound	,973	19,000	,051		

**Within-Subjects Factors**

Measure: MEASURE\_1

meritev	Dependent Variable
1	ploščinaR1
2	ploščinaR2
3	ploščinaR3

**Tests of Within-Subjects Effects**

Measure: MEASURE\_1

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
meritev	Sphericity Assumed	18,334	2	9,167	1,035	,365
	Greenhouse-Geisser	18,334	1,359	13,489	1,035	,343
	Huynh-Feldt	18,334	1,505	12,185	1,035	,349
	Lower-bound	18,334	1,000	18,334	1,035	,322
meritev * skupina	Sphericity Assumed	4,452	2	2,226	,251	,779
	Greenhouse-Geisser	4,452	1,359	3,276	,251	,693
	Huynh-Feldt	4,452	1,505	2,959	,251	,716
	Lower-bound	4,452	1,000	4,452	,251	,622
Error(meritev)	Sphericity Assumed	336,656	38	8,859		
	Greenhouse-Geisser	336,656	25,824	13,036		
	Huynh-Feldt	336,656	28,588	11,776		
	Lower-bound	336,656	19,000	17,719		

**Within-Subjects Factors**

Measure: MEASURE\_1

meritev	Dependent Variable
1	STDAxR1
2	STDAxR2
3	STDAxR3

**Tests of Within-Subjects Effects**

Measure: MEASURE\_1

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
meritev	Sphericity Assumed	,013	2	,007	,192	,826
	Greenhouse-Geisser	,013	1,743	,008	,192	,797
	Huynh-Feldt	,013	2,000	,007	,192	,826
	Lower-bound	,013	1,000	,013	,192	,666
meritev * skupina	Sphericity Assumed	,017	2	,009	,245	,784
	Greenhouse-Geisser	,017	1,743	,010	,245	,754
	Huynh-Feldt	,017	2,000	,009	,245	,784
	Lower-bound	,017	1,000	,017	,245	,626
Error(meritev)	Sphericity Assumed	1,318	38	,035		
	Greenhouse-Geisser	1,318	33,112	,040		
	Huynh-Feldt	1,318	38,000	,035		
	Lower-bound	1,318	19,000	,069		

**Within-Subjects Factors**

Measure: MEASURE\_1

meritev	Dependent Variable
1	STDAyR1
2	STDAyR2
3	STDAyR3

**Tests of Within-Subjects Effects**

Measure: MEASURE\_1

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
meritev	Sphericity Assumed	,295	2	,147	3,357	,045
	Greenhouse-Geisser	,295	1,933	,152	3,357	,047
	Huynh-Feldt	,295	2,000	,147	3,357	,045
	Lower-bound	,295	1,000	,295	3,357	,083
meritev * skupina	Sphericity Assumed	,208	2	,104	2,372	,107
	Greenhouse-Geisser	,208	1,933	,108	2,372	,109
	Huynh-Feldt	,208	2,000	,104	2,372	,107
	Lower-bound	,208	1,000	,208	2,372	,140
Error(meritev)	Sphericity Assumed	1,668	38	,044		
	Greenhouse-Geisser	1,668	36,726	,045		
	Huynh-Feldt	1,668	38,000	,044		
	Lower-bound	1,668	19,000	,088		

## Priloga 11 Razlike v odzivu na utrujanje med mladimi in starejšimi preiskovanci - Interakcija med starostjo in utrujanjem pri zaprtih očeh in njen vpliv na gibanje kolka

### Within-Subjects Factors

Measure: MEASURE\_1

meritev	Dependent Variable
1	potxK1
2	potxK2
3	potxK3

### Tests of Within-Subjects Effects

Measure: MEASURE\_1

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
meritev	Sphericity Assumed	15,281	2	7,641	1,235	,302
	Greenhouse-Geisser	15,281	1,920	7,959	1,235	,302
	Huynh-Feldt	15,281	2,000	7,641	1,235	,302
	Lower-bound	15,281	1,000	15,281	1,235	,280
meritev * skupina	Sphericity Assumed	11,436	2	5,718	,924	,406
	Greenhouse-Geisser	11,436	1,920	5,956	,924	,403
	Huynh-Feldt	11,436	2,000	5,718	,924	,406
	Lower-bound	11,436	1,000	11,436	,924	,348
Error(meritev)	Sphericity Assumed	235,136	38	6,188		
	Greenhouse-Geisser	235,136	36,481	6,446		
	Huynh-Feldt	235,136	38,000	6,188		
	Lower-bound	235,136	19,000	12,376		

### Within-Subjects Factors

Measure: MEASURE\_1

	Dependent Variable
meritev	
1	potyK1
2	potyK2
3	potyK3

## Tests of Within-Subjects Effects

Measure: MEASURE\_1

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
meritev	Sphericity Assumed	7,271	2	3,636	,524	,596
	Greenhouse-Geisser	7,271	1,743	4,172	,524	,572
	Huynh-Feldt	7,271	2,000	3,636	,524	,596
	Lower-bound	7,271	1,000	7,271	,524	,478
meritev * skupina	Sphericity Assumed	3,712	2	1,856	,267	,767
	Greenhouse-Geisser	3,712	1,743	2,130	,267	,737
	Huynh-Feldt	3,712	2,000	1,856	,267	,767
	Lower-bound	3,712	1,000	3,712	,267	,611
Error(meritev)	Sphericity Assumed	263,645	38	6,938		
	Greenhouse-Geisser	263,645	33,117	7,961		
	Huynh-Feldt	263,645	38,000	6,938		
	Lower-bound	263,645	19,000	13,876		



**Within-Subjects Factors**

Measure: MEASURE\_1

meritev	Dependent Variable
1	hitrostK1
2	hitrostK2
3	hitrostK3

**Tests of Within-Subjects Effects**

Measure: MEASURE\_1

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
meritev	Sphericity Assumed	,032	2	,016	,911	,411
	Greenhouse-Geisser	,032	1,957	,016	,911	,409
	Huynh-Feldt	,032	2,000	,016	,911	,411
	Lower-bound	,032	1,000	,032	,911	,352
meritev * skupina	Sphericity Assumed	,028	2	,014	,813	,451
	Greenhouse-Geisser	,028	1,957	,014	,813	,449
	Huynh-Feldt	,028	2,000	,014	,813	,451
	Lower-bound	,028	1,000	,028	,813	,378
Error(meritev)	Sphericity Assumed	,662	38	,017		
	Greenhouse-Geisser	,662	37,190	,018		
	Huynh-Feldt	,662	38,000	,017		
	Lower-bound	,662	19,000	,035		

**Within-Subjects Factors**

Measure: MEASURE\_1

meritev	Dependent Variable
1	ploščinaK1
2	ploščinaK2
3	ploščinaK3

**Tests of Within-Subjects Effects**

Measure: MEASURE\_1

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
meritev	Sphericity Assumed	5,386	2	2,693	1,597	,216
	Greenhouse-Geisser	5,386	1,561	3,450	1,597	,221
	Huynh-Feldt	5,386	1,765	3,051	1,597	,219
	Lower-bound	5,386	1,000	5,386	1,597	,222
meritev * skupina	Sphericity Assumed	,166	2	,083	,049	,952
	Greenhouse-Geisser	,166	1,561	,107	,049	,917
	Huynh-Feldt	,166	1,765	,094	,049	,936
	Lower-bound	,166	1,000	,166	,049	,827
Error(meritev)	Sphericity Assumed	64,094	38	1,687		
	Greenhouse-Geisser	64,094	29,662	2,161		
	Huynh-Feldt	64,094	33,540	1,911		
	Lower-bound	64,094	19,000	3,373		

**Within-Subjects Factors**

Measure: MEASURE\_1

	Dependent Variable
meritev	
1	STDAxK1
2	STDAxK2
3	STDAxK3

**Tests of Within-Subjects Effects**

Measure: MEASURE\_1

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
meritev	Sphericity Assumed	,002	2	,001	,086	,917
	Greenhouse-Geisser	,002	1,597	,001	,086	,878
	Huynh-Feldt	,002	1,813	,001	,086	,901
	Lower-bound	,002	1,000	,002	,086	,772
meritev * skupina	Sphericity Assumed	,037	2	,018	1,328	,277
	Greenhouse-Geisser	,037	1,597	,023	1,328	,275
	Huynh-Feldt	,037	1,813	,020	1,328	,277
	Lower-bound	,037	1,000	,037	1,328	,264
Error(meritev)	Sphericity Assumed	,524	38	,014		
	Greenhouse-Geisser	,524	30,351	,017		
	Huynh-Feldt	,524	34,441	,015		
	Lower-bound	,524	19,000	,028		

**Within-Subjects Factors**

Measure: MEASURE\_1

meritev	Dependent Variable
1	STDAyK1
2	STDAyK2
3	STDAyK3

**Tests of Within-Subjects Effects**

Measure: MEASURE\_1

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
meritev	Sphericity Assumed	,173	2	,087	3,140	,055
	Greenhouse-Geisser	,173	1,890	,092	3,140	,058
	Huynh-Feldt	,173	2,000	,087	3,140	,055
	Lower-bound	,173	1,000	,173	3,140	,092
meritev * skupina	Sphericity Assumed	,098	2	,049	1,782	,182
	Greenhouse-Geisser	,098	1,890	,052	1,782	,184
	Huynh-Feldt	,098	2,000	,049	1,782	,182
	Lower-bound	,098	1,000	,098	1,782	,198
Error(meritev)	Sphericity Assumed	1,049	38	,028		
	Greenhouse-Geisser	1,049	35,907	,029		
	Huynh-Feldt	1,049	38,000	,028		
	Lower-bound	1,049	19,000	,055		

## Priloga 12 Koeficienti razmerij zaprte oči/odprte oči za parametre gibanja SP

**Tabela 5** Koeficienti razmerij (zaprtih/odprtih oči) gibanja SP mlajših in starejših preiskovancev.

Skupina/parameter	APpot1	APpot2	APpot3	MLpot1	MLpot2	MLpot3	hitrost1	hitrost2	hitrost3
1	2,06	2,94	2,34	2,03	3,6	1,89	2,05	1,1	2,12
1	1,46	1,15	1,51	1,79	1,49	2,03	1,58	1,31	1,76
1	1,01	1,53	1,41	1,27	1,64	1,26	1,13	1,6	1,33
1	1,65	1,65	1,44	1,17	1,94	1,22	1,4	1,77	1,32
1	1,75	1,73	1,76	1,43	1,16	1,25	1,62	1,48	1,53
1	1,65	1,83	1,49	2,03	2,06	2,16	1,86	1,95	1,83
1	1,59	1,49	1,79	1,33	1,45	1,66	1,44	1,45	1,72
1	1,44	1,61	1,29	1,05	1,69	1,29	1,35	1,65	1,29
1	1,21	1,37	1,48	1,12	1,24	1,42	1,16	1,31	1,44
1	1,13	1,41	1,18	1,22	1,64	1,29	1,15	1,48	1,25
1	1,79	1,79	1,72	1,67	2,04	1,42	1,73	1,89	1,54
1	0,54	1,59	1,61	0,45	1,87	1,63	0,49	1,73	1,61
1	0,84	1,25	1,4	0,78	1,26	1,7	0,81	1,24	1,55
1	1,67	1,81	1,64	1,86	1,54	1,89	1,72	1,63	1,78
1	1,77	1,76	1,24	1,83	2,03	1,25	1,8	1,89	1,25
1	2,78	1,55	1,23	3,24	1,71	0,87	2,94	1,65	1,04
2	1,3	1,64	1,43	1,38	1,82	1,3	1,34	1,7	1,37
2	1,92	1,52	2,3	1,26	1,54	2,35	1,51	1,55	2,36
2	1,69	1,23	2,22	1,71	0,96	1,77	1,69	1,04	1,92
2	2,18	2,38	1,13	1,38	1,34	1,02	1,79	1,96	1,1
2	2	1,74	1,59	1,94	1,65	1,26	1,98	1,68	1,39
2	1,17	1,29	0,98	1,21	1,44	1,21	1,19	1,38	1,08
2	1,54	1,51	1,27	0,96	1,16	1,65	1,17	1,26	1,53
2	2,01	1,96	1,65	2,08	1,14	1,09	2,02	1,56	1,33
2	1,85	1,6	2,24	1,68	1,96	2,03	1,79	1,75	2,13
2	1,15	2,35	2,25	0,97	1,54	2,04	1,07	1,89	2,13
2	1,56	1,72	1,65	1,48	1,41	1,23	1,5	1,49	1,38
2	1,86	1,39	1,61	1,2	1,26	1,42	1,5	1,32	1,51
2	0,93	0,81	0,78	0,93	0,88	0,73	0,92	0,85	0,77
2	1,31	1,62	1,09	1,44	1,48	1,29	1,35	1,56	1,18

Skupina 1- mlajši preiskovanci; skupina 2-starejši preiskovanci; APpot1- koeficint med zaprtimi in odprtimi očmi za parameter gibanja SP v A-P smeri pred utrujanjem; APpot2- koeficint med zaprtimi in odprtimi očmi za parameter gibanja SP v A-P smeri po utrujanju; APpot3- koeficint med zaprtimi in odprtimi očmi za parameter gibanja SP v A-P smeri 10 minut po utrujanju; MLpot1- koeficint med zaprtimi in odprtimi očmi za parameter gibanja SP v M-L smeri pred utrujanjem; MLpot2- koeficint med zaprtimi in odprtimi očmi za parameter gibanja SP v M-L smeri po utrujanju; MLpot3- koeficint med zaprtimi in odprtimi očmi za parameter gibanja SP v M-L smeri 10 minut po utrujanju; hitrost1- koeficint med zaprtimi in odprtimi očmi za parameter hitrosti gibanja SP pred utrujanjem; hitrost2- koeficint med zaprtimi in odprtimi očmi za parameter hitrosti gibanja SP po utrujanju; hitrost3- koeficint med zaprtimi in odprtimi očmi za parameter hitrosti gibanja SP 10 minut po utrujanju.

## Priloga 13 Koeficienti razmerij zaprte oči/odprte oči za parametre gibanja glave

**Tabela 6** Koeficienti razmerij (zaprlih/odprtih oči) gibanja glave mlajših in starejših preiskovancev.

Skupina/parameter	APpot1	APpot2	APpot3	MLpot1	MLpot2	MLpot3	hitrost1	hitrost2	hitrost3
1	2,65	1,44	1,03	3,65	1,43	1,15	2,9	1,43	1,11
1	1,55	1,48		2,56	1,49		1,8	1,45	
1	1,39	1,14	1,43	1,16	1,28	1,27	1,3	1,21	1,35
1	1,69	0,98		1,15	0,81		1,49	0,89	
1	1,58	1,52	1,06	1,55	1,31	1,43	1,56	1,45	1,21
1	1,27	1,19	1,44	1,21	1,31	1,47	1,26	1,25	1,44
1	1,29	1,2		1,77	1,26		1,44	1,25	
1	1,21		1,14	0,99		1,05	1,1		1,09
1	1,1	1,11	1,17	1,01	1,64	1,16	1,08	1,27	1,16
1	1,06	0,88	0,91	1	1,21	1	1,05	1	0,95
1	1,13	0,83	0,94	1,37	1,27	1,16	1,21	0,97	1,01
1	1,4	1,56	1,45	1,72	1,6	1,45	1,54	1,58	1,46
2		1,06	1,22		1,34	1,17		1,16	1,17
2	1,39	0,93		1,48	1,53		1,42	1,15	
2	1,22	0,89	1,42	1,53	0,69	1,53	1,39	0,79	1,47
2	1,11	2,02	0,98	0,97	1,07	0,85	1,09	1,65	0,95
2	1,42	1,26	1,37	1,53	1,63	1,26	1,48	1,42	1,3
2	1,21	1,09	0,79	0,91	1,29	0,92	1,07	1,19	0,84
2	1,04	1	0,93	0,93	0,92	1,16	0,99	0,96	1,05
2	1,38	1,84	0,94	1,86	1,32	1,39	1,54	1,59	1,09
2	1,11	1,22	1,91	1,31	1,32	1,67	1,18	1,25	1,8
2	1,02	1,63	1,6	0,73	1,46	1,93	0,91	1,57	1,69
2	1,31	1,33	1,43	1,26	1,34	1,52	1,28	1,33	1,45
2	1,71	1,22	1,39	1,16	1,31	1,26	1,45	1,3	1,34
2	1,04	2,1	1,31	0,94	2,43	1,12	0,95	2,28	1,21

Skupina 1- mlajši preiskovanci; skupina 2-starejši preiskovanci; APpot1- koeficint med zaprtimi in odprtimi očmi za parameter gibanja glave v A-P smeri pred utrujanjem; APpot2- koeficint med zaprtimi in odprtimi očmi za parameter gibanja glave v A-P smeri po utrujanju; APpot3- koeficint med zaprtimi in odprtimi očmi za parameter gibanja glave v A-P smeri 10 minut po utrujanju; MLpot1- koeficint med zaprtimi in odprtimi očmi za parameter gibanja glave v M-L smeri pred utrujanjem; MLpot2- koeficint med zaprtimi in odprtimi očmi za parameter gibanja glave v M-L smeri po utrujanju; MLpot3- koeficint med zaprtimi in odprtimi očmi za parameter gibanja glave v M-L smeri 10 minut po utrujanju; hitrost1- koeficint med zaprtimi in odprtimi očmi za parameter hitrosti gibanja glave pred utrujanjem; hitrost2- koeficint med zaprtimi in odprtimi očmi za parameter hitrosti gibanja glave po utrujanju; hitrost3- koeficint med zaprtimi in odprtimi očmi za parameter hitrosti gibanja glave 10 minut po utrujanju.