

UNIVERZITET U NOVOM SADU  
FAKULTET SPORTA I FIZIČKOG VASPITANJA

**POSTURALNA STABILNOST ELITNIH GIMNASTIČARA I GIMNASTIČARKI**

**Master rad**

**Student: Luka Obradović**

**Mentor: prof. Dr Madić Dejan**

## SADRŽAJ

1. UVOD.....	5
Teorijski okvir rada.....	5
Pojam ravnoteže i posturalne stabilnosti .....	6
Pregled dosadašnjih istraživanja.....	7
Posturalna stabilnost u gimnastici .....	14
2. PROBLEM I PREDMET I CILJ ISTRAŽIVANJA.....	18
3. HIPOTEZA RADA .....	18
4. METOD RADA.....	19
Uzorak ispitanika.....	19
Uzorak mernih instrumenata.....	19
Opis mernog postupka .....	20
Metod obrade podataka.....	21
5. REZULTATI .....	22
6. DISKUSIJA .....	26
7. ZAKLJUČAK.....	29
8. LITERATURA .....	30

## SAŽETAK

Posturalna stabilnost (PS) je važna funkcija za održavanje ravnoteže tokom ležarnog stava, lokomocije i bilo koje motoričke aktivnosti koje zahtevaju visok stepen ravnoteže. Visoka PS je neophodna u različitim sportovima za regulaciju voljnog pokreta i za poboljšanje atletske fizičke kondicije i performansi. Svrha: Svrha ovog rada je da istraži da li elitni gimnastičari imaju bolju posturalnu stabilnost od ljudi koji se bave drugim sportovima. Metode: Ukupno 117 elitnih sportista podeljeno je u grupe sportista Gimnastika (N = 53) i Ostali sportovi (N = 64). Statički PS parametri su procenjeni statičkim testom stabilnosti sa dve noge i jednom nogom na „force plate“ platformi. Rezultati: Multivarijantna analiza varijanse pokazala je opštu razliku stabilnosti između grupa (F = 16,680; P ≤ 0,0001). Kada se odvojeno analiziraju varijable, vidi se da su ispitanici grupe Gimnastika statistički značajno bolji u površini koju prelazi projekcija težišta tela tokom testa – Površina (F=29,15; p=0,000) nego u parametru što ukazuje na indeks stabilnosti - LFS (F=5,94 ; p=0,016). Zaključak: Opšti zaključak ovog istraživanja je da je moguće da dugotrajno vežbanje gimnastike pozitivno utiče na posturalnu stabilnost tela zdrave osobe.

Ključne reči: biomehanika, gimnastika, motorička kontrola, elitni sportisti

## ABSTRACT

Postural stability (PS) is an important function for maintaining equilibrium during periods of standing still, locomotion, and any motor activities that require high degree of balance. High PS is essential in different sports for the regulation of voluntary movement and for improving athletic physical condition and performance. Purpose: The purpose of this paper is to investigate whether elite gymnasts have better postural stability than people who play other sports. Methods: A total of 117 elite athletes were divided into Gymnastics (N = 53) and Other sports (N = 64) athlete groups. Static PS parameters were assessed with a static double-leg and single-leg standing stability test on a force plate platform. Results: The multivariate analysis of variance showed a general stability difference between the groups ( $F = 16.680$ ;  $P \leq 0.0001$ ). When analyzing variables separately, it can be seen that the subjects in the Gymnastics group are statistically significantly better in the area that the center of gravity of the body crosses during the test - Surface ( $F=29.15$ ;  $p=0.000$ ) then in the parameter indicating the stability index - LFS ( $F=5.94$  ;  $p=0.016$ ). Conclusion: The general conclusion of this study is that it is possible that longterm training of gymnastics has a positive effect on the postural stability of a healthy person's body.

Keywords: biomechanics, gymnastics, motor control, elite athletes

# 1. UVOD

## Teorijski okvir rada

Motoričke sposobnosti predstavljaju kompleksne veštine čoveka za izvođenje kretnih zadataka koje se mogu izmeriti određenim jedinicama mera i koje objedinjuju psihološke karakteristike, biohemijske i funkcionalne procese (Zaciorski, 1967). Istraživanjem istih, nauka ih je podelila na snagu, brzinu, koordinaciju, gipkost, izdržljivost, preciznost i ravnotežu.

Motoričko funkcionisanje u velikoj meri zavisi od biološkog rasta i razvoja odnosno nivoa zrelosti centralnog nervnog sistema. Nivo rasta i razvoja mišića, kostiju, ligamenata, organskih sistema u vezi su sa fiziološkim funkcijama celokupnog organizma. Kada se u ceo sistem funkcionisanja ugradi centralni nervni sistem kao regulator i kontrolor, onda možemo da govorimo o motoričkom ponašanju koje je kao takvo višedimenzionalno.

Utvrđivanje strukture celog motoričkog prostora ili samo pojedinih segmenata motoričkog prostora, kao i relacija između različitih segmenata motoričkog prostora, su neke teme koje su zanimale kineziologe. Kako smo naveli motoričke sposobnosti određuju efikasnost rešavanja motoričkih problema u raznim motoričkim aktivnostima a oni mogu biti različito složeni i ujedno zahtevati funkcionisanje različitih mehanizama. Jedan od strukturalnih modela koji se predlaže (Gredelj, Metikoš, Hošek i Momirović, 1975) motoričke sposobnosti definiše kroz hijerarhijsku strukturu motoričkih dimenzija. Ova struktura je sastavljena od tri nivoa.

I. Prvi nivo postavlja egzistenciju sledećih primarnih motoričkih dimenzija:

Koordinacija ruku, koordinacija nogu, koordinacija celog tela, brzina izvođenja kompleksnih motoričkih zadataka; reorganizacija stereotipa kretanja; agilnost; koordinacija u ritmu; brzina učenja novih motoričkih zadataka; brzina frekvencije; brzina jednostavnih pokreta; fleksibilnost; ravnoteža sa otvorenim očima; ravnoteža zatvorenih očiju; preciznost ciljanjem; preciznost gađanjem; eksplozivna snaga; sila merena dinamometrom; repetitivna snaga ruku i ramenog pojasa; repetitivna snaga nogu; repetitivna snaga trupa; statička snaga ruku i ramenog pojasa; statička snaga nogu; statička snaga trupa.

II. Drugi nivo odnosi se na izolovanje faktora sa gledišta funkcionalnih mehanizama:

1) mehanizam strukturiranja kretanja - latentna dimenzija odgovorna za integraciju prilikom formiranja i realizacije motoričkog programa. Ovaj mehanizam je odgovoran za odnose onih motoričkih zadataka koji zahtevaju niz povezanih kompleksnih radnji (koordinacija), zatim testova brzine kod kojih učinak zavisi od alternativne inervaciji mišića koji se nalaze levo i desno od velike osovine tela.

2) mehanizam za regulaciju tonusa i sinergijsku regulaciju – latentna dimenzija koja je odgovorna za kontrolu redosleda, obim i intenzitet uključivanja i isključivanja motoričkih jedinica agonista i antagonista. To znači da je ovaj mehanizam odgovoran za radnje gde preovladava gipkost, brzina cikličnog tipa, ravnoteža i preciznost.

3) mehanizam za regulaciju intenziteta ekscitacije – latentna dimenzija koja je odgovorna za broj aktiviranih motornih jedinica, odnosno za radnje eksplozivne snage. Ova dimenzija je odgovorna za regulaciju i integraciju maksimalnog broja motornih jedinica pri pokretima.

4) mehanizam za regulaciju trajanja ekscitacije – dimenzija odgovorna za odnos između repetitivne i statičke snage, odnosno radnji kod kojih je trajanje izometričkih kontrakcija ili broj kontrakcija važniji od veličine sile koja se mora razviti.

III. Faktori trećeg nivoa su hipotetski postavljeni na sledeći način:

1) Mehanizam regulacije kretanja – latentna dimenzija koja je odgovorna za strukturiranje kretanja i regulaciju tonusa i sinergijsku regulaciju.

2) Mehanizam energetske regulacije – latentna dimenzija odgovorna za regulaciju intenziteta i trajanja ekscitacije motoričkih jedinica.

Pojam ravnoteže i posturalne stabilnosti

Ravnotežom ili balansom smatramo sposobnošću da se sačuva stabilan položaj tela kod raznolikih pokreta i položaja (Zaciorski, 1975) i tako je možemo podeliti na statičku i dinamičku, gde će statička biti održavanje izbalansiranog položaja u stavu ili položaju, a dinamička u pokretu ili kretanju. Posturalna stabilnost kao jedna od dimenzija ravnoteže može se opisati i kao sposobnost kontrole položaja tela u prostoru u svrhu kretanja i ostvarivanja ravnoteže (Woollacott i Shumway-Cook, 2002). U statičkom režimu čovek održava stabilnost tako što mu je tačka težista tela u

njegovoj površini oslonca, ako stoji na dve noge površina oslonca će biti unutar i između stopala, ako stoji na jednoj nozi oslonac mu je samo jedno stopalo i s tim je teže održavati telo u stabilnom položaju, a faktori koji mogu uticati na stabilnost su unutrašnji i spoljašnji. Unutrašnji faktori mogu biti razvijenost motoričkih sposobnosti, antropometrijske karakteristike kao što je količina masnog tkiva i psiho-fizički umor. Prema pojedinim autorima Yu i Lee, (2012) snaga fleksora i ekstenzora natkolenice, koji su od velikog uticaja na regulisanje tačke težista tela u prirodnim pokretima i položajima, pokazalo se da značajno utiču na stabilnost kod zdravih ljudi. Takođe se pokazalo da visok procenat masnog tkiva utiče na stabilnost kod mladih nesportistkinja kad stoje na jednoj nozi, ispitanici sa boljim vremenom reakcije i sa većom snagom mišića ledja isto imaju značajno bolju posturalnu stabilnost (L. Ángyán, Térczely i Z. Ángyán, 2007). Maeda i dr. (2015) su zaključili da razgibavanje kao poboljšanje fleksibilnosti pozitivno utiče na dinamičku stabilnost doskoka na jednu nogu, a negativan uticaj prema Abutaleb i Enas (2015) ima indukovani zamor celog tela koji smanjuje dinamičku posturalnu stabilnost kod zdravih mladih odraslih osoba. Spoljašnji faktor kao što su vizuelne informacije mogu značajno ometati stabilnost čoveka, prema rezultatima Tychsen i Foeller, (2020) deci (4-10 godina) je značajno smanjena stabilnost posle korišćenja uređaja za virtuelnu realnost, a kod starijih osoba (59-97 godina) stabilnost je značajno smanjena kad stoje na nestabilnoj površini (Lord, Clark i Webster, 1991). Dobra posturalna stabilnost i ravnoteža predstavljaju osnovu za optimalno kretanje. Posturalne stabilnosti se poboljšavaju u senzitivnim fazama razvoja i često se navodi period od detinjstva (8-10 godina) do punoletstva (21-30 godina). Neki pregledni radovi ukazuju da u proseku posturalna stabilnost nije u potpunosti razvijena na početku puberteta kod dece između 8 i 14 godina, kao dinamična percepcija i upotreba vizuelnih znakova za kontrolu držanja koji će nastaviti da sazrevaju tokom adolescencije. Dinamička posturografija je postala važan alat za razumevanje, definisanje i kvantifikovanje ravnoteže u različitim režimima. Dobra posturalna stabilnost smanjuje rizik od sportskih povreda i njihovih negativnih posledica za fizičko stanje sportiste, zatim je preduslov za poboljšanje kontrole voljnih pokreta u sportu, što će prouzrokovati poboljšanje atletskih fizičkih dostignuća, pa i rezultata. Bez obzira na sport kojim se bave, sportisti svih uzrasta su pokazali veću posturalnu stabilnost od kontrolne grupe, na osnovu pojedinačnih stabilometrijskih parametara.

Pregled dosadašnjih istraživanja

U studiji (Owen, Leadbetter i Yardley, 1998) se objašnjava da postoje značajne razlike u dužini putanje tačke koja projektuje težište tela kad se zatvore oči naspram kad su otvorene pa je na uzorku od 34 zdravih muškaraca i žena rađeno merenje putanje tačke koja projektuje težišnu tačku i rezultati su to i pokazali (tabela 1.) Međutim, u starosnoj dobi od 18 godina i više, veća posturalna stabilnost kod sportista u odnosu na kontrolnu grupu bila je merena samo u uslovima zatvorenih očiju i rezultati su pokazali da je brzina pomeranja težišne tačke tela kod sportista bila manja nego u kontrolnoj grupi, što govori da sportisti efikasnije koriste propriocepciju i vestibularni aparat. Prema nekim podacima, posturalna stabilnost u uslovima zatvorenih i otvorenih očiju kod sportistkinja bila je veća nego kod muških sportista, s tim što je razlika bila najznačajnija kod tinejdžera starosti između 13-17 godina i odraslih starosti 18 godina i navise. Prema nekim nalazima, na posturalnu stabilnost kod sportista najviše je uticala starost sportiste i u manjoj meri njihov pol, nivo performansi i karakteristike njihove atletske obuće u kojoj su trenirali (Andreeva i dr., 2020). Prema rezultatima (Marinković, 2021) deca (7-8 godina) koja se bave plesom kao sportom nađeno je da se tačka težišta tela manje kreće nego kod kontrolne grupe istog godišta koja se bavi drugim fizičkim aktivnostima. Kod dece i adolescenata, bolja posturalna kontrola uglavnom je bila posledica efikasnije upotrebe vizuelnih informacija, dok je kod odraslih sportista to bilo zbog drugih mehanizama, kao što su pokazali testovi sa zatvorenim očima. Posturalna stabilnost kod sportistkinja bila je bolja nego kod sportista, mada neki rezultati ne pokazuju isto i za nesportiste.

Tabela 1. Putanja tačke koja projektuje težišnu tačku i njeno kretanje po x i y osi

	Max x	Max y	Putanja
C1 – Otvorene oči (OO)	0,024	0,041	0,809
C2 – Zatvorene oči (ZO)	0,025	0,046	0,991
C3 – VR displej (VR)	0,025	0,046	0,923
C4 – OO/Vibracija	0,030	0,097	1,191
C5 – ZO/ Vibracija	0,036	0,111	1,476
C6 – VR/ Vibracija	0,032	0,083	1,388

Po Liang, Hiley i Kanosue (2019) povećana posturalna stabilnost može se razviti uz raznovrsnu prirodu stručnosti u sportu, slično kao da se trenira na nestabilnoj u poređenju sa stabilnom

površinom i zahteva „dinamička ravnoteža“ za razliku od „statičke ravnoteže“. Rezultati u njegovom radu pokazuju da iskustvo kontakta (u fudbalu) koristi kontroli posture uopšte. Tek treba da se utvrdi da li količina kontaktnog iskustva dovela do različitih efekata na posturalnu kontrolu. Tako je sprovedena dodatna statistika (dvosmerna ANOVA) u istaknutim stavovima unipedal i unipedal foam zatvorenih očiju, između fudbalske i bejzbol grupe. I jednoj i drugoj grupi brzine kretanja težišta tela i COP (projekcija težišne tačke) u pomeranju medio-lateral i antero-posterior pravcu u fudbalskoj grupi bile su značajno niže nego u bejzbol grupi ( $F(1,36) = 13,220, p < 0,01, \bar{\epsilon}^2 = 0,27$ ;  $F(1,36) = 8,915, p < 0,01, \bar{\epsilon}^2 = 0,20$   $F(1,36) = 11,878, p < 0,01, \bar{\epsilon}^2 = 0,25$ ). Ovo je, zajedno sa gornjim rezultatima, potvrdilo hipotezu da je kontakt grupa pokazala veću posturalnu stabilnost od grupe ograničenog kontakta (bejzbol) i nesportske grupe, sa posebnom pažnjom na rezultate zatvorenih očiju u jednonožnim stavovima. Ovi nalazi imaju implikacije za proučavanje posturalne kontrole u sportu, kao nivoa stručnosti i količinu kontakta koji su iskusili učesnici će uticati na posturalnu kontrolu. Odnosno, treba voditi računa da se izbegne bilo kakva „pristrasnost u kontaktnim sportovima“ prilikom odabira učesnika grupe. Predloženo je da za zdrave ljude senzorni doprinos mirnom stajanju jeste 70% iz somatosenzornih, 20% iz vestibularnih i 10% iz vizuelnih informacija. U ovoj studiji, posturalne performanse su se pogoršale kada su vizuelne informacije uklonjene. Takođe je primećeno da su fudbaleri znatno manje zavisili od vida u poređenju sa ostalim učesnicima, što bi sugerisalo da su bili sposobniji za korišćenje somatosenzornih i vestibularnih informacija kada je vid uklonjen. Ovaj rezultat je sličan onim prikazanim u studiji o gimnastičarima i plesačima koju su uradili (Vuillerme i dr., 2001), koji pokazuje da su gimnastičarke u stanju da iskoriste preostale senzorne informacije kako bi održale stabilno držanje tela sa gubitkom vida. Golomer, Crémieux, Dupui, Isableu i Ohlmann (1999) i Paillard i Noé (2006) su pretpostavili da su fudbaleri i baletani bili u stanju da prebace senzomotornu dominaciju sa vida na propriocepciju. Zanimljivo je da se u gimnastici često praktikuju specifične veštine ravnoteže i ples, za koje se može očekivati da će rezultirati efikasnijim korišćenjem vestibularnog i propriocepcija senzorne informacije. Međutim, fudbal ne bi trebalo da ističe nikakav poseban trening ravnoteže, ali izgleda da su fudbaleri sposobniji da pređu brže na mehanizam održavanja stabilnosti propriocepcijom i vestibularnim sistemima kada vid nije dostupan, u poređenju sa igračima bejzbola i neobučanim učesnicima. Bressel, Yonker, Kras i Heath (2007) su takođe izvestili da se fudbaleri i gimnastičarke ne razlikuju u ravnotežnim testovima. Pretpostavlja se da trening fizičkog kontakta dobro funkcioniše za poboljšanje

posturalne kontrole. (Perrin, Deviterne, Hugel i Perrot, 2002.) otkrili su da su džudisti, sport koji bi se definisao kao sport u kom se sudara, imali bolje rezultate od plesača u dvonožnom stavu sa zatvorenim očima. Moglo bi se tvrditi da džudo, za razliku od fudbala, uključuje specifičan trening ravnoteže jer je jedan od ciljeva sporta izbegavanje biti srušen od strane protivnika. Pored toga, studija Patti (2018) nije videla kako bi se upoređivali sportovi sa ograničenijim kontaktom.

Prema istraživanju Castillo-Daza, Peña-Ibagón i Cheu (2021) ravnoteža je osnovna komponenta u skejtbordingu jer omogućava održavanje adekvatne tehnike i kontrole u izvođenju svakog sportskog trika ili elementa, pored toga, ograničava suvišne pokrete koji povećavaju stres u zglobovima. Pravilna tehnika u skejtbordingu je zasnovana na postizanju maksimalne efektivnosti i efikasnosti sila koje se primenjuju na skejtbord tokom faze guranja, faze klizanja i faze oporavka.

Autori ovog rada su radili Romberg test stabilnosti na iskusnim skejtborderima iz Bogote, Kolumbija. Njihovi rezultati govore da skejtbording sportisti imaju nivo stabilnosti blizu nule jer stalni rad na nestabilnoj i dinamičnoj bazi zahteva sportsku adaptaciju da bi se izbegli padovi i da bi se razvijala dinamika sporta. Dinamika sporta skejtborda i radeći na nestabilnoj osnovi tokom svog razvoja generiše profil stabilnosti i ravnoteže koji je evidentan tokom razvoja testova stabilnosti sa otvorenim i zatvorenim očima. Pored toga, povratne informacije tela koje daje potreba za ravnotežom pokazuje određeni nivo kontrole vestibularnog aparata i drugih telesnih čula što dokazuje najbolja stabilnost dobijena izvođenjem testa sa zatvorenim očima. Upotreba nestabilnih baza, kao što je skejtbord u ovom slučaju, omogućava razvoj poboljšanja na proprioceptivnom nivou, koji zahteva razvoj konkretnih planova obuke u ovoj oblasti za unapređenje sporta i sportista ove discipline.

Jedno od istraživanja koje takođe procenjuje posturalnu stabilnost (Marinković, 2021) imalo je za cilj ove studije je da se utvrdi da li postoji razlika u posturalnoj stabilnosti između devojčica koje se bave plesom i devojaka koje se bave drugim sportskim aktivnostima. Devojke koje se bave plesom imale su bolji rezultat u LFS i u svojoj sposobnosti da kontrolišu kretanje COP (dužina putanje projektne tačke težišta tela) u antero-posteriornom i medijalno-lateralnom pravcu, što ukazuje na bolju statičku posturalnu stabilnost. Prethodno istraživanje je pokazalo da bavljenje plesom doprinosi boljoj posturalnoj stabilnosti u različitim uslovima u poređenju sa drugim sportistima (Crotts, Thompson, Nahom, Ryan i Newton, 1996; Kilroy, Crabtree, Crosby, Parker i

Barfield, 2016; Sofianidis, Dimitriou i Hatzitaki, 2017; Stanković i Radenković, 2012), a postoje dva istaknuta načina da se objasni zašto.

Prvo, plesni trening uključuje složene vežbe pokreta i fraze koje zahtevaju visoku sposobnost ravnoteže (Crotts i dr., 1996; Shick, Stoner i Jette, 1983). Baletski i moderni plesači moraju da se kreću tečno i izbegavaju povrede dok drže torzo u uspravnom ili pomeraju torzo nizom pokreta, sve dok premeštaju tačku težišta tela (Schmit, Regis i Riley, 2005; Sweigard, 1965). Pored toga, elementi baleta i koreografije modernog plesa se često izvode sa visoko podignutom nogom (slika 1), kao što su okreti, koji se nazivaju piruete (Notarnicola i dr., 2014).



*Slika 1 – Element Baleta (balerina izvodi baletski element sa visoko podignutom desnom nogom)*

Zbog ovih zahteva, proces obuke baleta i modernog plesa je konstruisan tako da razvije i statičku i dinamičku posturalnu stabilnost, u skladu s tim, da uključi specifične vežbe koje izazivaju plesače da održe ravnotežu na jednoj nozi nekoliko sekundi u položajima specifičnim za ples (da Costa , Nora, Vieira, Bosch i Rosenbaum, 2013). Za razliku od rezultata ove studije, Schmit et al. (2005) nisu pronašli kvantitativne razlike u varijabilnosti COP-a između baletana i atletičara, ali su se dinamički obrasci ove dve grupe kvalitativno razlikovali. Schmit et al. (2005) primećuju da je veliki broj istraživača upozorio na pretpostavku da je dužina putanje COP direktan indeks kvaliteta posturalne kontrole.

Drugo, pošto se uslovi osvetljenja i potporne površine mogu drastično promeniti između prostora za probe i izvođenja, kao i tokom celog nastupa, igrači mogu biti bolje utrenirani od

neplesača da koriste somatosenzorne i vestibularne informacije (Crotts i dr., 1996). U studiji koja je upoređivala različite vizuelne i senzorne ulazne uslove između plesača i neplesača, Crotts i dr. (1996) su otkrili da plesači koriste uspešne kompenzacione strategije otvorenih i zatvorenih očiju u uslovima testa ravnoteže na jednoj nozi. Slično, tokom KTK testa, takvi posturalni odgovori su potrebni za prolazak kroz stojeći položaj na jednoj nozi (npr. neuromišićni refleksni uzorci tela) (Batson, 2009). Ova diskusija otkriva ulogu propriocepcije u posturalnoj stabilnosti i plesu. Čini se da plesači demonstriraju izraženu upotrebu propriocepcije kroz svoje strategije adaptivne ravnoteže, ali studija o propriocepciji koja je koristila test statičke posturalne stabilnosti zatvorenih očiju, pokazala je da plesači ne rade bolje od neplesača (Hugel, Cadopi, Kohler i Perrin, 1999). Dakle, demonstriranje važnosti vizuelnih informacija u kombinaciji sa proprioceptivnom pojačanom posturalnom stabilnošću. Ambegaonkar i dr. (2013) ispitivali su razliku u posturalnoj stabilnosti baletana i drugih fizički aktivnih žena. Plesači u studijama su pokazali bolju statičku posturalnu stabilnost, međutim, nije bilo razlike u dinamičkom testu posturalne stabilnosti. Ambegaonkar i sar. (2013) su zaključili da ples može poboljšati ravnotežu, ali ne bolje nego u poređenju sa fizičkom aktivnošću koja ima za cilj povećanje ravnoteže.

U radu koji (Paillard, Costes-Salon, Lafont i Dupui, 2002) pokazuje razliku u vizuelnoj zavisnosti kod kontrole statičkog držanja između dve grupe. Kako su performanse grupe džudista koji se takmiče na nacionalnom i internacionalnom nivou (NIL) smanjene po zatvaranju očiju od grupe džudista koja se takmiči na regionalnom nivou (RL), možda vizuelne informacije dobijaju na značaju kako se nivo konkurencije povećava. Ovo je naglašeno rezultatima spektralne analize od anteroposteriorne oscilacije. Kad su se oči zatvorile, vrednosti su povećane više za NIL grupu nego za grupu RL. Prisustvo ili nedostatak vida uslovi su različitu upotrebu duge refleksne petlje za regulaciju anteroposteriorne statičke ravnoteže prema nivou takmičenja grupe. Ovo zapažanje da nivo kompetitivnosti džudista utiče na performanse i strategije anteroposteriorne ravnoteže više od bočne ravnoteže je interesantno jer džudo praksa zahteva anteroposteriornu više nego bočnu posturalnu kontrolu (džudisti nateraju sebe da padnu ili napred ili unazad ali retko kad bočno). Što su se eksperimentalni uslovi više poklapali sa uslovima specifičnim za aktivnost (otvorene oči), to je značajnija razlika između nivoa. Međutim, prema Isabelleu, Ohlmann, Crémieux i Amblard (1997) ne može postojati nikakva veza između stepena vizuelne zavisnosti i nivoa veštine džudista. Prema tim autorima, u najboljem slučaju postoji bliska povezanost između nivoa kompetencije i

motoričkog nivoa kao za ponderisanje prostornih referenci, posebno između perceptivnog i senzornog motora. Štaviše, smatra se da postoji bliska veza između oštine čula položaja i nivoa performansi subjekata (Euzet, 1995). Međutim, prilično je teško utvrditi da li poboljšanja u sportskim performansama povećavaju čula orijentacije ili ako poboljšano čulo orijentacije uključuje motoričke sposobnosti.

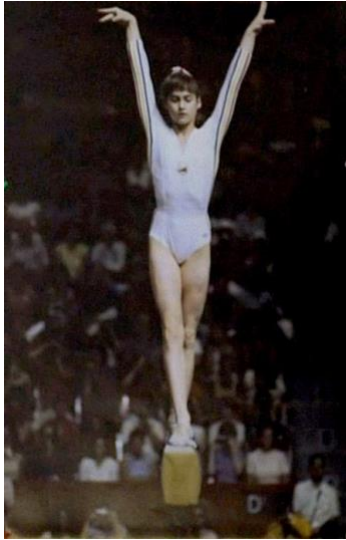
Istraživanje koje je sprovedeno na skijašima (Noé i Paillard, 2005) koji se takmiče na regionalnim takmičenjima (REG) i skijaši koji se takmiče na nacionalnim takmičenjima (NAT) su pokazali slične posturalne performanse, pošto nije bilo značajne razlike u površini COP između obe grupe u položajima na stabilnoj površini (STA), položajima na nestabilnoj površini gde se nestabilnost generiše u mediolateralnom smeru (ML) i položajima na nestabilnoj površini gde se nestabilnost generiše u anteroposteriornom smeru (AP). Skijaši su se takođe testirali bosu sa ispruženim nogama (REF) i u pancericama i fleksiranom položaju kolena pod uglom od 100° zatvorenih i otvorenih očiju. U REF stanju, površina COP je bila značajno veća za NAT subjekte u STA i ML položaje i tako bi se moglo smatrati da REG skijaši imaju najbolju posturalnu stabilnost u ovim položajima. Međutim, ovaj efekat nije primećen u položaju AP. Rezultati dobijeni u REF uslovu se ne slažu sa prethodnim studijama koje se tiču nivoa ekspertize u sportu i posturalne sposobnosti (Era, Kontinen, Mehto, Saarela i Lyytinen, 1996; Paillard i dr., 2002; Simoneau, Bard, Fleury, Teasdale i Boulay, 1996) budući da ilustruju smanjene posturalne performanse kako se nivo konkurencije povećava. Međutim, rezultati se mogu objasniti s obzirom na specifičnost alpskog skijanja, koje podrazumeva neophodnu upotrebu skijaških cipela tokom većeg dela perioda obuke. Kako su Schaff i Hauser, (1989) demonstrirali, skijaši koriste veoma čvrste čizme kakve se koriste na takmičenjima koje deluju kao spoljni oslonac skočnog zgloba koji mehanički ograničava kretanje skočnog zgloba. Efekti imobilizacije skočnog zgloba je slična onima izazvanim protezama za skočni zglob, a poznato je da ograničenje pokreta skočnog zgloba ima a značajno štetan uticaj na posturalnu kontrolu (Bennell, 1994; Geboers, Drost, Spaans, Kuipers i Seelen, 2002). Dakle, inferiorne posturalne performanse primećene kod NAT skijaša u REF stanju mogu da ilustruju dugoročni efekat nošenja skijaških cipela, što narušava posturalne performanse ograničavanjem opsega pokreta kompleksnog skočnog zgloba. REG skijaši mogu biti manje pogođeni ovim dugoročnim efektom jer provode manje vremena na treningu. Ovaj efekat nije primećen kada je u pitanju nestabilnost u sagitalnoj ravni (AP položaj), najverovatnije zbog skijaških pancERICA,

uprkos ograničenom opsegu ugaonog kretanja u fleksiji i ekstenziji zgloba, može se lagano pomerati duž anteroposteriorne ose u položaj nagnut napred (Schaff i Houser 1989). Pošto je AP položaj uglavnom pod kontrolom dorzalnih i plantarnih fleksora, (Winter, 1995.; Gatev, Thomas, Kepple i Hallett, 1999) ovaj rezultat sugerira da dorzalni i plantarni fleksori nisu uključeni u posturalno prilagođavanje, što rezultira inferiornim posturalnim performansama NAT skijaša. Ipak, može se pretpostaviti da su razlike između REG i NAT skijaša u REF stanju (STA i ML položaji) nastaju delovanjem inverzora i everzora skočnog zgloba, koji su uglavnom uključeni u posturalnu kontrolu u slučaju mediolateralne nestabilnosti i zajedno sa dorzalnim i plantarnim fleksorima kontrolišu stabilno držanje. Štaviše, ova studija nije u stanju da potvrdi a odnos između doprinosa vida u posturalnoj kontroli i nivou stručnosti u alpskom skijanju. Rezultati su otkrili da nema interakcije između nivoa stručnosti i faktora vizuelnog stanja. Ova studija je u suprotnosti sa nalazima Paillard i dr. (2002) i predlaže, u saglasnosti sa (Perrin i dr., 2002), da je takav odnos specifičan za okarakterisane discipline snažnom senzomotornom dominacijom vida. Ipak, potrebne su buduće studije da bi se potvrdila takva hipoteza.

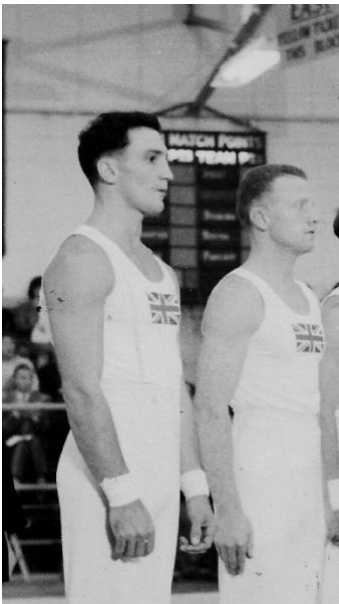
## Posturalna stabilnost u gimnastici

Gimnastika je sport u kom se ponavljaju, tačnije usavršavaju određeni pokreti. Samim tim se uvode novi elementi koji zahtevaju sve veći nivo motoričkih veština koje se opet moraju usavršiti. Cilj gimnastičara i gimnastičarki je što brže usavršiti neki novi ili teži element i na taj način osvajaju mesto na postolju. Sa razvitkom elemenata se i same sprave, na kojim se izvode ti elementi, moraju razvijati. One će obezbediti određenu sigurnost gimnastičara i gimnastičarki trenirajući svoj sport. Sprave su se razvijale tako što su se menjali prvenstveno materijali od kojih se sastoje (paralelni razboj je dobio armaturu u pritkama, vratilo je postalo savitljivije, gornja površina grede je postala mekša zbog doskoka itd.), a zatim su se menjale i same strukture sprava (karike su dobile amortizere na vezi sa konstrukcijom, parter je dobio federe ispod daski, prvenstveno zbog povećanja vertikalnog skoka što dovodi do razvitka elemenata na parteru pa i zbog sigurnosti doskoka, preskok je dobio najveću promenu u strukturi tako mu je drastično povećana površina odbijanja rukama i to je urađeno prvenstveno zbog sigurnosti gimnastičara i gimnastičarki kako ga ne bi promašili. Srazmerno sa razvitkom sprava su se razvijali elementi na spravama i sa njima

proporcionalno zahtevi motoričkih sposobnosti, velika je razlika u snazi, brzini, ravnoteži, gipkosti, orijentaciji, preciznosti i izdržljivosti vežbača pa i u samom izgledu tela.



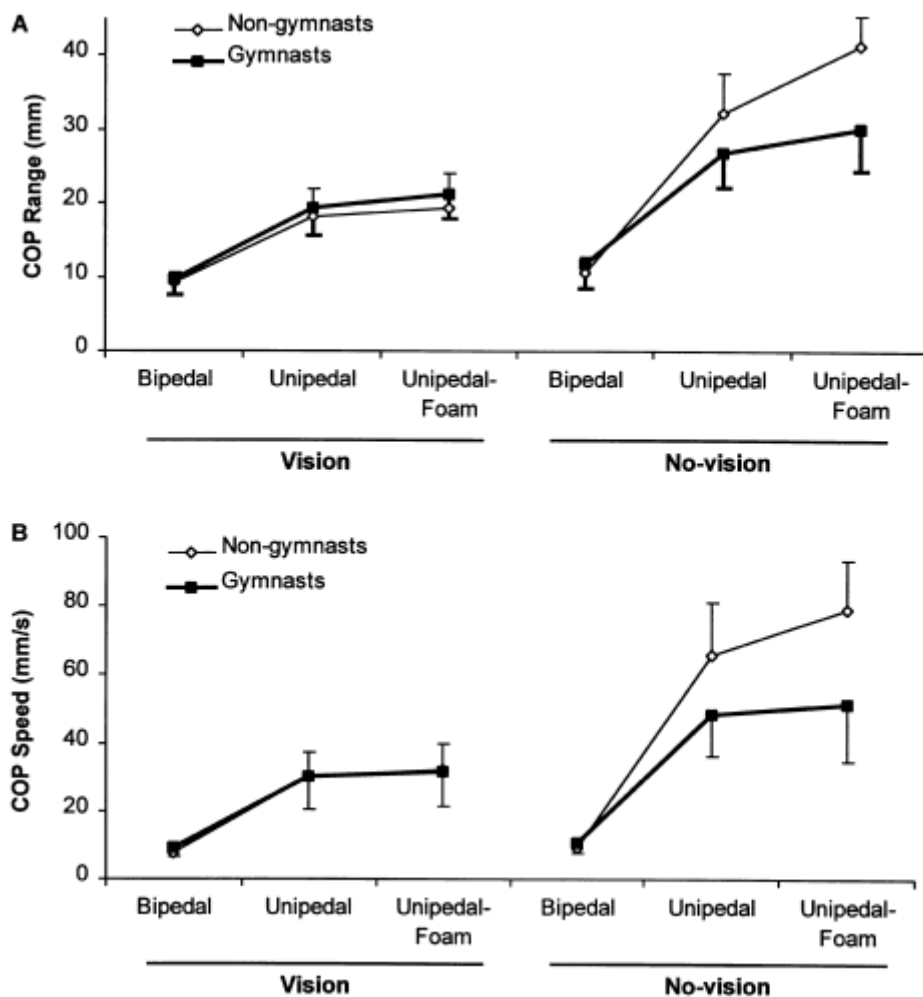
*Slika 2. (Nadia Comaneči, Simone Biles)*



*Slika 3. (Dick Gradley, Brandon Wynn)*

Orijentaciju u prostoru više dobijaju preko drugih mehanizama, pa su u stanju da brzo reaguju nakon destabilizacije (promena vizuelnog fokusa) kako bi smanjili pomeranje tačke težista tela.

Štaviše, koristili su kolena da stabilizuju držanje, dok je kontrolna grupa koristila kukove (Gautier, Thouwarecq i Larue, 2008). Prema rezultatima (Vuillerme i dr., 2001) elitni gimnastičari su stabilniji zatvorenih očiju nego ostali sportisti istog ranga (Grafikon 1), a polne razlike u samoj gimnastici su više na strani gimnastičarki, koje su izvrnule skočni zglob, naspram gimnastičara sa istom dijagnozom (G. Dallas, Mavidis, C. Dallas i Papouliakos, 2017).



Grafički prikaz 1. Vuillerme i dr. (2001) – Razlika između posturalne stabilnosti gimnastičara i negimnastičara na jednoj, obe noge i jednoj na nestabilnoj površini zatvorenih i otvorenih očiju (A - opseg pomeranja centra težišta tela COP otvorenih i zatvorenih očiju, B – brzina pomeranja COP otvorenih i zatvorenih očiju)

Jedna zanimljiva studija izvedena od strane Omorczyk, Bujas, Puszczalowska-Lizis i Biskup (2018) pokazala je da standardni stojeći testovi na “Force plate” ne mogu da budu prediktori na proceni posturalne stabilnosti u stavu o šakama.

Po Sobera, Siedlecka, Piestrak, Sojka-Krawiec i Graczykowska (2007) održavanje ravnoteže u stavu na prstima na jednoj nozi pomera projektnu tačku težišta tela u oba smera (x i y), a značajnije pomeranje je u frontalnoj ravni. To je verovatno efekat aktivnosti zgloba kuka potporne noge koji reguliše balans tela. Održavanje ravnoteže tela tokom stava o šakama, odvija se uglavnom u sagnitalnoj ravni što je verovatno izazvano velikom aktivnošću glavnih zglobova tela u takvom rasporedu tela. Ne može se reći da je mehanizam održavanja ravnoteže tela sličan u stavu na rukama i jednoj nozi. Čini se kao da su orijentacija i drugi faktori povezani sa ravnotežom u ekstremnim položajima, npr. Površina oslonca i/ili snaga ruku ili aktivnost ključnih zglobova tela mogu imati odlučujuće uloge u održavanju ravnoteže tokom teških uslova stabilnosti ljudskog tela.

Ovim radom se ispituje posturalna stabilnost elitnih gimnastičara i upoređuju rezultati sa sportistima iz raznih drugih sportova. Postavlja se hipoteza da na osnovu samih elemenata gimnastike i karakteristika ovog sporta, sportisti koji se bave gimnastikom bi trebalo da iskažu bolje rezultate u posturalnoj stabilnosti nego sportisti iz ostalih sportova.

## 2. PROBLEM I PREDMET I CILJ ISTRAŽIVANJA

Problem ovog rada predstavlja analiza posturalne stabilnosti kod elitnih gimnastičara/gimnastičarki.

Predmet ovog rada je posturalna stabilnost kod elitnih gimnastičara/gimnastičarki.

Cilj ovog rada je da istraži da li vrhunski gimnastičari imaju bolju posturalnu stabilnost od ljudi koji se bave drugim sportovima.

## 3. HIPOTEZA RADA

Na osnovu predmeta i problema postavljena je sledeća hipoteza:

H- Elitni gimnastičari su statistički značajno bolji od kontrolne grupe u parametrima posturalne stabilnosti.

H<sub>0</sub> Između grupe elitnih gimnastičara i kontrolne grupe nema razlike u parametrima posturalne stabilnosti.

## 4. METOD RADA

### Uzorak ispitanika

Uzorci se dele u dve grupe: elitni gimnastičari raznih uzrasta i kontrolna grupa. Totalni broj gimnastičara i muških i ženskih je 53. Gimnastičari su bili starosne dobi u proseku 18,34 od kojih najmladji ima 13 godina, a najstariji 34. Svi gimnastičari su bili na takmičarskom nivou sportske gimnastike u raznim kategorijama podeljenim po starosnoj dobi. U ovom merenju svi gimnastičari/gimnastičarke u proseku dnevno treniranju 3-5 sati dnevno, a nedeljno 18-30 sati. Kontrolna grupa se sastoji od ispitanika raznih sportova (fudbal, košarka, rukomet, veslanje, plivanje, američki ragbi, vaterpolo, moderni ples, odbojka) i sveukupno ih je 64. Sportisti su bili starosne dobi u proseku 13,25 od kojih je najmlađi ima 8 godina, a najstariji 27. Svi sportisti su bili na takmičarskom nivou u raznim kategorijama. Svi uzorci u ovom istraživanju su fizički i psihički zdravi i aktivni u sportu minimum 2 godine. Merenje uzoraka je izvršeno na gimnastičarima i gimnastičarkama u Novom Sadu na memorijalnom turniru "Laza Krstić i Marica Dželatović" dok je uzorak ispitanika i kontrolnoj grupi testiran na Fakultetu sporta i fizičkog vaspitanja u Novom Sadu.

### Uzorak mernih instrumenata

Procedura i svrha testiranja je objašnjena svim učesnicima pre potpisivanja formulara za pismenu saglasnost od strane roditelja ili trenera svakog učesnika u skladu sa smernicama Etičke komisije Univerziteta u Novom Sadu (broj etičkog odobrenja: 46-06-04/2020-1).

Istraživanje je obuhvatilo analizu skupa varijabli dobijenih na osnovu:

- antropometrijskih merenja, pri čemu su same karakteristike procenjivanje prema metodi Internacionalnog biološkog programa (IBP) (Lohman, Roche, i Martorell, 1988);

Uzorak antropometrijskih mera, odabran prema ranije navedenom modelu morfoloških karakteristika (Bala, 1981), obuhvatio je:

- za procenu dimenzionalnosti skeleta:

1. Telesna visina (mm)  
- za procenu voluminoznosti i potkožne masti:
2. Telesna težina (0,1 kg)

## Opis mernog postupka

Predviđene antropometrijske karakteristike merene su na sledeći način:

### 1. Telesna visina

Merena je antropometrom po Martinu. Pri merenju je dete, obavezno boso i u gaćicama, stajalo u uspravnom stavu na čvrstoj vodoravnoj podlozi. Glava deteta bila je u takvom položaju da frankfurtska ravan bude horizontalna. Dete je ispravljalo leđa koliko je moguće, a stopala su mu bila sastavljena. Ispitivač je stajao sa leve strane deteta i kontrolisao da antropometar bude postavljen neposredno duž zadnje strane tela i vertikalno, a zatim je spuštao metalni prsten klizača dok se horizontalna prečka ne prisloni na glavu (teme) deteta. Ispitivač je očitavao rezultat na skali u visini gornje stranice trouglog proreza prstena-klizača. Rezultat je očitavan sa tačnošću od 0,1 cm.

### 2. Telesna težina

Merena je digitalnom vagom postavljenom na horizontalnu podlogu. Dete, boso i u gaćicama, mirno je stajalo u uspravnom stavu na sredini vage. Rezultat je očitavan sa tačnošću od 0,1 kg.

Predviđeni parametri posturalne stabilnosti mereni su na sledeći način:

1. Za dobijanje biomehaničkih parametara statičke posturalne stabilnosti korišćena je „Force plate“ ploča koja se smatra zlatnim standardom u merenju posturalne stabilnosti (Haas i Burden, 2000). Procedura testiranja se odvijala u prostoriji temperature 17-22°C i vlažnosti vazduha 40-60%. Prvo im je merena visina tako što su obenožno stali na antropometar golih stopala leđima prema stubu i uspravne glave, visina je merena dva puta. Nakon što su izmerili visinu obenožno su stali na vagu, data je napomena

uzorku da mora da stoji mirno 5 sekundi uspravnog stava, težina je merena 2 puta. Svi uzorci su bili obučeni u svoje takmičarske opreme. Nakon merenja težine stali su na „force plate“ sa obema nogama na ploči, učesnici su izveli 3 pokušaja testa od 30 sekundi sa pauzom od 2 minuta između svakog pokušaja. Ovaj test ravnoteže je ranije korišćen i naveden je kao pouzdan (Bauer, Groger, Rupperecht, & Gaßmann, 2008; Springer, Marin, Cihan, Roberts i Gill, 2007). Tokom testa statičke posturalne stabilnosti, učesnicima je naloženo da stoje bosu na ploči sa stopalima postavljenim paralelno i razdvojenim u širini kukova. Učesnici su održavali uspravan stav sa rukama uz bok, glavom uspravnom i okrenutom napred i otvorenim očima i fokusiranim horizontalno ispred sebe. Kolena su bila potpuno ispružena tokom merenja u aktivnom, a ne opuštenom stanju. Nakon što su završili sa merenjem stabilnosti na obe noge iste metode su primenjene i na svaku nogu pojedinačno.

## Metod obrade podataka

Univarijantna analiza varijanse (ANOVA) je korišćena za određivanje razlika ( $p \leq 0,05$ ) između grupa prema gore navedenim biomehaničkim varijablama. Multivarijantna analiza varijanse (MANOVA) utvrdila je razlike na opštem nivou ( $p \leq 0,05$ ) između dve grupe. Celokupna statistička analiza je izvršena u IBM SPSS 20.0 statističkom paketu.

## 5. REZULTATI

Sagledavanjem rezultata koji se odnose na karakteristike ispitanika može se uvideti da su grupe različite a to se može objasniti na osnovu toga što su ispitanici u grupi gimnastika mlađi, niži i sa manjim telesnom težinom.

**Tabela 3. Karakteristike ispitanika**

Grupa		N	Min	Max	M	SD
Sport	Uzrast	64	8.0	27.0	13.25	3.681
	Tezina	64	21.8	81.0	44.88	13.135
	Visina	64	121.0	180.0	152.99	13.109
Gimnastika	Uzrast	53	13.0	34.0	18.34	3.287
	Tezina	53	38.9	103.0	69.46	11.955
	Visina	53	152.8	192.4	176.04	9.282

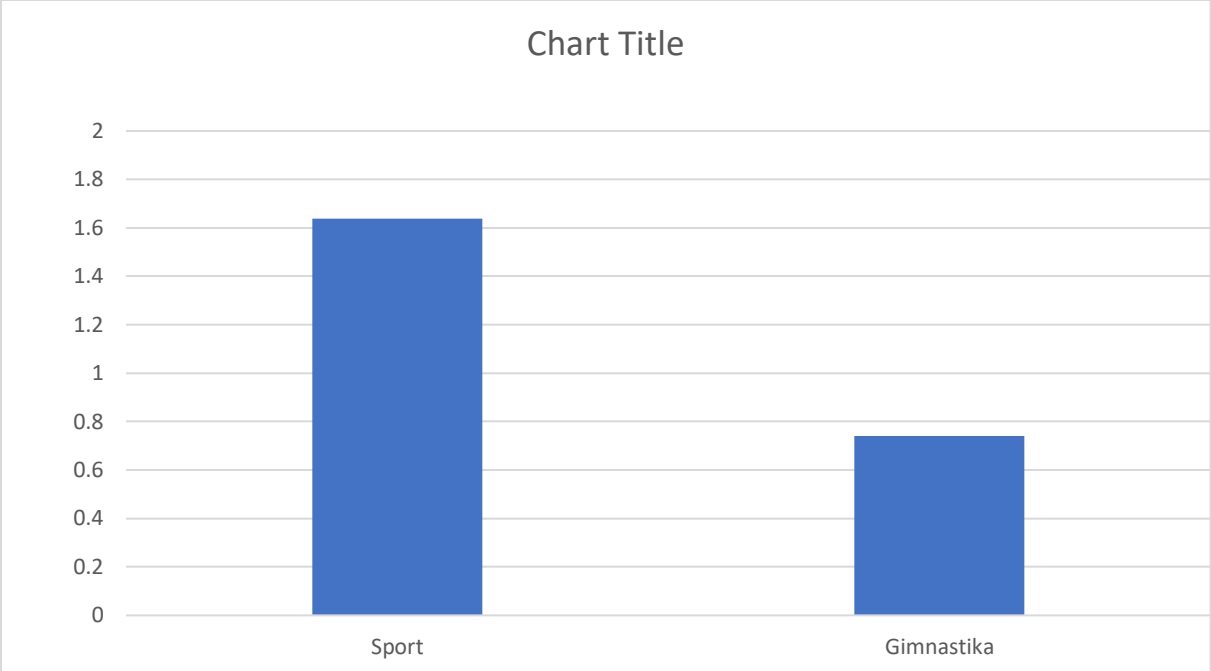
**Legenda: N – broj ispitanika; Min – minimalna vrednost; Max – maksimalna vrednost; M – prosečna vrednost; SD – standardna devijacija.**

Analizom i obradom podataka dobijeno je da gimnastičari i gimnastičarke svih uzrasta imaju statistički značajno bolju posturalnu stabilnost od kontrolne grupe sportista. Zasebno sagledavajući parametre posturalne stabilnosti može se uvideti da su ispitanici u grupi gimnastika statistički značajno bolji u površini koje težište tela pređe tokom testa - Surface ( $F=29.15$ ;  $p=0.000$ ) zatim u parametru koji ukazuje na indeks stabilnosti – LFS ( $F=5.94$ ;  $p=0.016$ ). Težište tela u testu koji se sprovodi se kretalo statistički značajno manje u grupi gimnastika kako u Anterio-Posterior smeru ( $F=5.55$ ;  $p=0.020$ ) tako i u Medio-Lateral ( $F=9.52$ ;  $p=0.002$ )

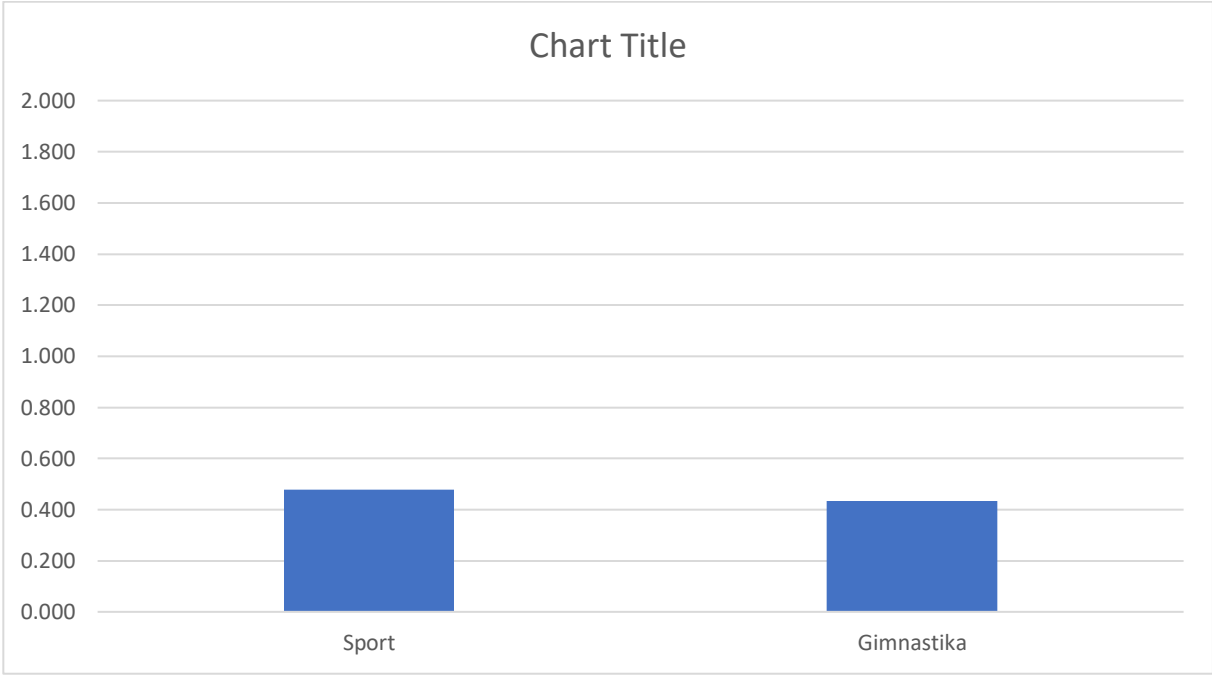
**Tabela 4. Multivarijatna i Univarijatna analiza varijanse**

		AS	SD	F	Sig.	Partial Eta Squared
Surface	Sport	1.637	1.136	29.15	0.000	0.202
	Gimnastika	0.741	.444			
LFS	Sport	0.478	.092	5.94	0.016	0.049
	Gimnastika	0.435	.098			
AP	Sport	1.654	.581	5.55	0.020	0.046
	Gimnastika	1.429	.416			
ML	Sport	1.200	.539	9.82	0.002	0.079
	Gimnastika	0.931	.345			
MANOVA				F	Sig.	Partial Eta Squared
				16.680	.000	0.373

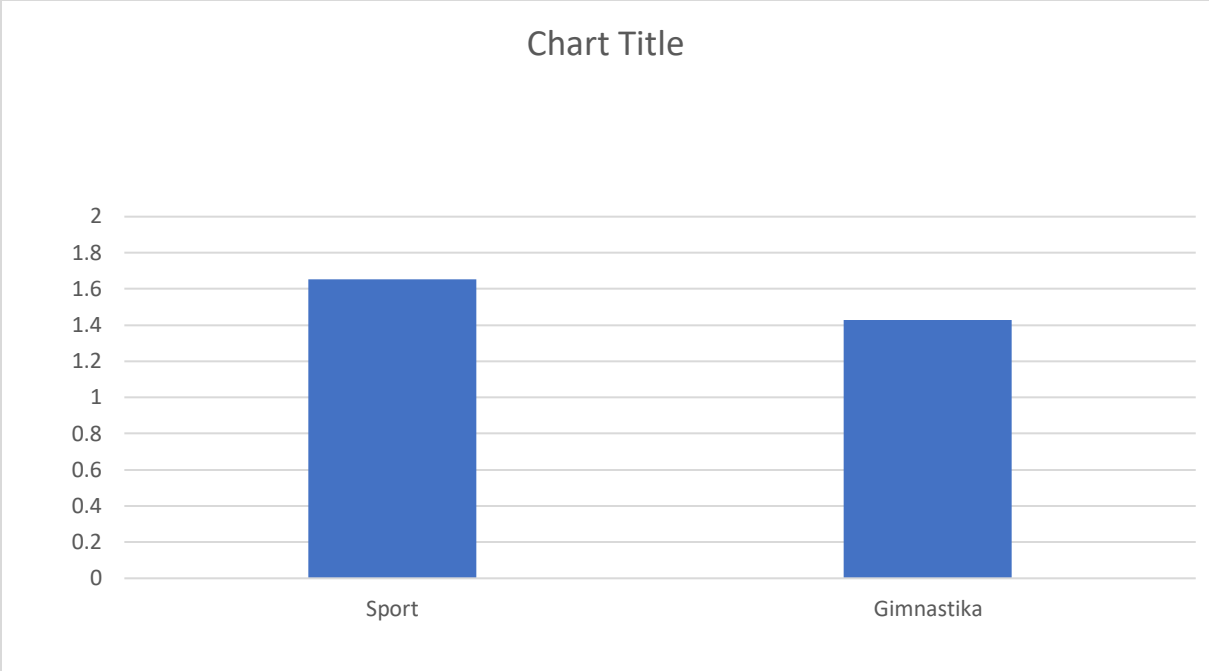
Legenda: AS – aritmetička sredina; SD – standardna devijacija; F- f vrednost; Sig. – statistička značajnost.



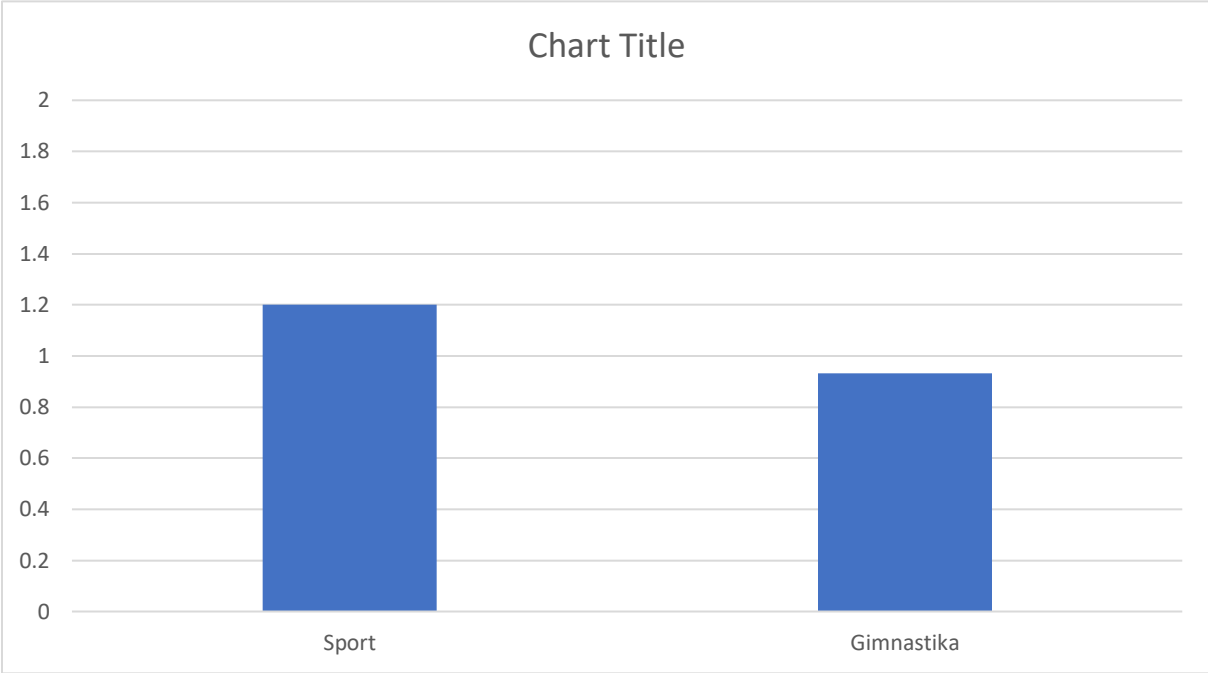
1. Grafikon – Površina



2. Grafikon – LFS



3. Grafikon - AP



4. Grafikon - ML

## 6. DISKUSIJA

Sprovedeno istraživanje je ukazalo da je posturalna stabilnost statistički značajno bolja kod grupe ispitanika koji se bave gimnastikom i to u parametrima – Površine koja je obuhvaćena tačkom težišta tela tokom trajanja testa - Surface ( $F=29.15$ ;  $p=0.000$ ) zatim u parametru koji ukazuje na indeks stabilnosti – LFS ( $F=5.94$ ;  $p=0.016$ ). Takođe u parametrima koji ukazuju da se težište tela u testu koji se sprovodio se kretalo statistički značajno manje u grupi gimnastika kako u Anterio-Posterior smeru ( $F=5.55$ ;  $p=0.020$ ) tako i u Medio-Lateral ( $F=9.52$ ;  $p=0.002$ )

Posturalna stabilnost predstavlja zanimljivu temu nauke, koja nam omogućuje da unapredimo sportska dostignuća u raznim sportovima, sprečimo povrede prouzrokovane padom pa i da otkrijemo loše držanje. Po rezultatima se vidi razlika gimnastičara i gimnastičarki od ostalih elitnih sportista. Rezultati ovog rada pomažu potvrđivanju postavljene hipoteze, da su elitni gimnastičari stabilniji od sportista ostalih grana. Gimnastički elementi su se godinama razvijali, sa njima pravila sporta i nivoi motoričkih sposobnosti.

Na osnovu rezultata ovog istraživanja može se reći da je mehanizam za regulaciju tonusa i sinergijsku regulaciju kod gimnastičara veoma izražen. Ova dimenzija je latentna i odgovorna je za kontrolu redosleda, obim i intenzitet uključivanja i isključivanja motoričkih jedinica agonista i antagonista. To znači da je ovaj mehanizam odgovoran za radnje gde preovladava gipkost, brzina cikličnog tipa, ravnoteža i preciznost. Ravnoteža se naglo razvija do 11-12. godine i u periodu do 8. godine devojčice pokazuju bolje rezultate a kako gimnastika zahteva veći broj aktivnosti koje uključuju balans i ravnotežu, može se reći da je ona u senzitivnom periodu posebno razvijena kod gimnastičara i gimnastičarki.

Većina gimnastičkih elemenata zahteva ekstremnu snagu abdomena (eng. Core) kojoj je jedna od glavnih uloga održavanje stabilnosti tela. Abdomen gimnastičari treniraju kroz elemente na parteru kao što su sve vrste salta, što je veća težina elementa to je zahtevana veća kontrola spoljašnjih sila unutrašnjim gde glavnu ulogu drži abdomen, primer težeg elementa je Tsukahara (dupli grčeni salto u nazad sa okretom od  $360^\circ$  oko uzdužne ose). Na preskoku to može biti Kasamatsu, sličan element Tsukahari na parteru. Na vratilu to mogu biti elementi puštanja kao što je Cassina (iz prednjha veleobrta puštanje pritke povezano sa pruženim saltom u nazad sa okretom oko uzdužne ose  $360^\circ$ ) kao i svi elementi saskoka.

Gimnastika pruža mogućnost da izvodimo različite motorne veštine kao sto su trčanje, skakanje, udaranje, bacanje i druge) na uspešan način, se najčešće definiše kao motorna sposobnost (Gabbard, 2008; Haga Pedersen & Sigmundsson, 2008; Gallahue et al, 2012). Razvojna gimnastika se bazira na učenju i razvoju fundamentalne motorike, odnosno motoričkog ponašanja kroz učenje osnovnih gimnastičkih položaja, elemenata i veština kroz prirodne oblike kretanja i igre u ne takmičarskoj atmosferi. Raznovrsnim kretnim aktivnostima, upoznavajući svoje telo i njegovu motoriku, dete razvija i usavršava svoju motoriku, stiče raznovrsna motorička umenja i navike i razvija motoričke sposobnosti (Popović, 2010; Madić i Popovic, 2005).

Razvojna gimnastika ima višestruko pozitivno delovanje na organizam deteta. Pored toga što povoljno utiče na već pomenuti motorički razvoj dece, svakako da doprinosi pravilnom biološkom rastu i razvoju organizma (Madić, Popović, Tumin, 2009). Ima za cilj i psihološki razvoj dece kao i poboljšanje generalnog zdravstvenog statusa organizma.

Programi razvojne gimnastike, pored toga što predstavljaju bazu za svako naredno bavljenje bilo kojim drugim sportom ili fizičkom aktivnošću, mogu da budu dobra osnova i za dalje bavljenje sportskom gimnastikom, kao takmičarskom disciplinom, u slučaju prepoznavanja potencijala, odnosno visokog stepena sposobnosti određenog deteta za ovaj sport. U gimnastici generalno, sve vežbe se mogu podeliti na vežbe na spravama i vežbe na tlu. Vežbe na spravama se mogu podeliti na vežbe na osnovnim gimnastičkim spravama i vežbe na pomoćnim gimnastičkim spravama. Osnovne gimnastičke sprave u ženskoj sportskoj gimnastici su: parter – elastični podijum, konj za preskok, dvovisinski razboj i greda, dok se u pomoćne gimnastičke sprave ubrajaju odskočna daska, elastična staza, elastični sto (trambulin), švedska klupa, švedski sanduci i sandučići, švedske lestve, strunjače raznih dimenzija i oblika, gimnastička jama za doskoke i mnoge druge sprave i rekviziti.

Cilj u gimnastici je perfektno izvesti što teži element. Jedna od najvećih grešaka je pad, koji se kažnjava oduzimanjem jednog boda, što skoro garantovano skida medalju sa ramena. Shodno tome veliki naponi se ulažu u ravnotežu i treniranje doskoka u miran aktivan stav, a ravnoteža je kao što je gore navedeno direktno povezana sa stabilnošću. U elementu kao što je Kasamatsu na preskoku telo se kreće kroz sve tri ravni u sve tri ose, što su za ne sportistu izuzetno opasni i ekstremni uslovi, pa iz tog elementa gimnastičar treba da doskoči u miran aktivan stav. U ženskoj sportskoj gimnastici naspram muške ima dosta više elemenata ravnoteže pogotovo na gredi. Greda je sprava na kojoj od same ravnoteže kao sposobnosti gimnastičarke zavisi ne samo perfekcija izvedbe

elementa nego i sama težina elementa, što nam govori da gimnastičarke ulažu još veći napor u razvijanje ravnoteže kao motoričke sposobnosti.

Prema rezultatima Vuillerme i dr. (2001) za razliku od ove studije nije pronađena razlika u dužini kretanja projekcije težišne tačke u testu sa otvorenim očima, dok je statistički značajna razlika nađena u testu zatvorenih očiju gde su se gimnastičari pokazali bolje od negimnastičara. Još jedna razlika od studije Vuillerme i dr. (2001) je veličina uzorka, gde su Vuillerme i dr. (2001) imali uzorak od 6 vrhunskih gimnastičara i 6 vrhunskih sportista iz drugih sportova, a ova studija je imala uzorak od 53 vrhunskih gimnastičara/gimnastičarki i 64 sportista iz drugih sportova. Mana ove studije je razlika u morfološkim karakteristikama (starosna dob, visina, težina) između gimnastičara/gimnastičarki i kontrolne grupe drugih sportista.

U daljim istraživanjima može utvrđivati da li naprednija stabilnost znači i veća sigurnost u elementima, to pitanje bi otkrilo koliko se treba raditi na stabilnosti radi produžavanja karijere gimnastičara/gimnastičarki. Takođe se može razmatrati da li je utvrđena stabilnost povezana sa još nekim motoričkim sposobnostima kao što je povezana sa ravnotežom. Zatim za koje vreme se u kojoj meri razvija stabilnost, da li pubertet utiče na stabilnost i do koje starosne dobi se razvija. Da li sa završavanjem karijere završava i razvitak stabilnosti i da li se vraća na nivo stabilnosti čoveka koji se ne bavi sportom što bi možda uzrokovalo frekventnijim povredama nakon završetka karijere u odnosu sa čovekom koji se nije bavio sportom. Sledeće što bi se trebalo istraživati je treniranje kojih elemenata doprinosi poboljšanju posturalne stabilnosti i te iste elemente primeniti u treninzima ostalih sportova pa istražiti da li se stabilnost poboljšala.

## 7. ZAKLJUČAK

Ovo istraživanje se bavilo posturalnom stabilnošću u gimnastici na uzorku od 64 sportista koji se nisu bavili gimnastikom i 53 gimnastičara i gimnastičarki. Na osnovu rezultata može se reći da su:

- Utvrđene statistički značajne razlike između dve grupe.
- Gimnastičari/gimnastičarke su statistički značajno bolji u parametrima: Surface ( $F=29.15$ ;  $p=0.000$ ) zatim u parametru koji ukazuje na indeks stabilnosti – LFS ( $F=5.94$ ;  $p=0.016$ ) Anterio-Posterior kretanju težišta tela ( $F=5.55$ ;  $p=0.020$ ) tako i u Medio-Lateral kretanju težišta tela ( $F=9.52$ ;  $p=0.002$ ).
- Potvrđuje se postavljena hipoteza H- Elitni gimnastičari su statistički značajno bolji od kontrolne grupe u parametrima posturalne stabilnosti.
- Generalni zaključak ove studije je da je moguće da višegodišnje treniranje sportske gimnastike pozitivno utiče na posturalnu stabilnost tela zdrave osobe.
- Potvrđeni rezultati dosadašnjih istraživanja.

## 8. LITERATURA

1. Abutaleb, E. E., & Mohamed, A. H. (2015). Effect of induced fatigue on dynamic postural balance in healthy young adults. *Bulletin of Faculty of Physical Therapy*, 20(2), 161-167.
2. Ambegaonkar, J. P., Caswell, S. V., Winchester, J. B., Shimokochi, Y., Cortes, N., & Caswell, A. M. (2013). Balance comparisons between female dancers and active nondancers. *Research quarterly for exercise and sport*, 84(1), 24-29.
3. Andreeva, A., Melnikov, A., Skvortsov, D., Akhmerova, K., Vavaev, A., Golov, A., ... & Zemková, E. (2020). Postural stability in athletes: The role of age, sex, performance level, and athlete shoe features. *Sports*, 8(6), 89.
4. Angyan, L., Teczely, T., & Angyan, Z. (2007). Factors affecting postural stability of healthy young adults. *Acta physiologica hungarica*, 94(4), 289-299.
5. Batson, G. (2009). Update on proprioception: considerations for dance education. *Journal of Dance Medicine & Science*, 13(2), 35-41.
6. Bauer, C., Gröger, I., Rupprecht, R., & Gaßmann, K. G. (2008). Intrasession reliability of force platform parameters in community-dwelling older adults. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 89(10), 1977-1982.
7. Bennell, K. L., & Goldie, P. A. (1994). The differential effects of external ankle support on postural control. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 20(6), 287-295.
8. Bressel, E., Yonker, J. C., Kras, J., & Heath, E. M. (2007). Comparison of static and dynamic balance in female collegiate soccer, basketball, and gymnastics athletes. *Journal of Athletic Training (National Athletic Trainers' Association)*, 42(1).
9. Castillo-Daza, C. A., Peña-Ibagon, J. C., & Cheu, L. E. R. (2021). Stabilometric Characteristics of the Skateboarding Athlete from the Romberg Test. *Int. J. Hum. Mov. Sports Sci*, 9, 1284-1290.
10. Crotts, D., Thompson, B., Nahom, M., Ryan, S., & Newton, R. A. (1996). Balance abilities of professional dancers on select balance tests. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 23(1), 12-17.
11. da Costa, P. H. L., Nora, F. G. A., Vieira, M. F., Bosch, K., & Rosenbaum, D. (2013). Single leg balancing in ballet: effects of shoe conditions and poses. *Gait & Posture*, 37(3), 419-423.

12. Dallas, G., Mavidis, A., Dallas, C., & Papouliakos, S. (2017). Gender differences of high level gymnasts on postural stability: The effect of ankle sprain injuries. *Science of gymnastics journal*, 9(3), 291-301.
13. Era, P., Konttinen, N., Mehto, P., Saarela, P., & Lyytinen, H. (1996). Postural stability and skilled performance—a study on top-level and naive rifle shooters. *Journal of biomechanics*, 29(3), 301-306.
14. Euzet, J. P. (1995). Relationships between position sense and physical practice. *Journal of Human Movement Study*, 28, 143-173.
15. Gabbard C. P. (2008). *Lifelong Motor Development, 5th Edn San Francisco*. CA: Pearson Benjamin Cummings.
16. Gallahue D.L., Ozmun J.C. & Goodway J.D. (2012). *Understanding Motor Development: Infants, Children, Adolescents, Adults, 7th Edn*. New York, NY: McGraw-Hill.
17. Gautier, G., Thouvarecq, R., & Larue, J. (2008). Influence of experience on postural control: effect of expertise in gymnastics. *Journal of Motor Behavior*, 40(5), 400-408.
18. Geboers, J. F., Drost, M. R., Spaans, F., Kuipers, H., & Seelen, H. A. (2002). Immediate and long-term effects of ankle-foot orthosis on muscle activity during walking: a randomized study of patients with unilateral foot drop. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 83(2), 240-245.
19. Golomer, E., Crémieux, J., Dupui, P., Isableu, B., & Ohlmann, T. (1999). Visual contribution to self-induced body sway frequencies and visual perception of male professional dancers. *Neuroscience letters*, 267(3), 189-192.
20. Haas, B. M., & Burden, A. M. (2000). Validity of weight distribution and sway measurements of the Balance Performance Monitor. *Physiotherapy research international*, 5(1), 19-32.
21. Haga, M., Pedersen, A.V. & Sigmundsson, H. (2008). Interrelationship among selected measures of motor skills. *Child*, 34, 245–248.
22. Hugel, F., Cadopi, M., Kohler, F., & Perrin, P. H. (1999). Postural control of ballet dancers: a specific use of visual input for artistic purposes. *International journal of sports medicine*, 20(02), 86-92.
23. Isableu, B., Ohlmann, T., Crémieux, J., & Amblard, B. (1997). Selection of spatial frame of reference and postural control variability. *Experimental brain research*, 114(3), 584-589.

24. Kilroy, E. A., Crabtree, O. M., Crosby, B., Parker, A., & Barfield, W. R. (2016). The effect of single-leg stance on dancer and control group static balance. *International journal of exercise science*, 9(2), 110.
25. Liang, Y., Hiley, M., & Kanosue, K. (2019). The effect of contact sport expertise on postural control. *PloS one*, 14(2), e0212334.
26. Lord, S. R., Clark, R. D., & Webster, I. W. (1991). Postural stability and associated physiological factors in a population of aged persons. *Journal of gerontology*, 46(3), M69-M76.
27. Madić, D. i Popović, B. (2005). *Vežbe na spravama i tlu (Osnove praktičnog rada)*. Novi Sad: Fakultet fizičke kulture.
28. Madić, D., Popović, B. i Tumin, D. (2009). Motoričke sposobnosti devojčica uključenih u program razvojne gimnastike. *Glasnik Antropološkog društva Srbije*, 44, 69-78.
29. Maeda, N., Urabe, Y., Fujii, E., Moriyama, N., Iwata, S., & Sasadai, J. (2015). The effect of different stretching techniques on ankle joint range of motion and dynamic postural stability after landing. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 56(6), 692-698.
30. Marinkovic, D., Belic, A., Marijanac, A., Martin-Wylie, E., Madic, D., & Obradovic, B. (2022). Static and dynamic postural stability of children girls engaged in modern dance. *European Journal of Sport Science*, 22(3), 354-359.
31. Noé, F., & Paillard, T. (2005). Is postural control affected by expertise in alpine skiing?. *British journal of sports medicine*, 39(11), 835-837.
32. Notarnicola, A., Maccagnano, G., Pesce, V., Tafuri, S., Novielli, G., & Moretti, B. (2014). Visual-spatial capacity: gender and sport differences in young volleyball and tennis athletes and non-athletes. *BMC research notes*, 7(1), 1-5.
33. Omorczyk, J., Bujas, P., Puszczalowska-Lizis, E., & Biskup, L. (2018). Balance in handstand and postural stability in standing position in athletes practicing gymnastics. *Acta of Bioengineering and biomechanics*, 20(2), 139-147.
34. Owen, N., Leadbetter, A. G., & Yardley, L. (1998). Relationship between postural control and motion sickness in healthy subjects. *Brain research bulletin*, 47(5), 471-474.
35. Paillard, T. H., & Noé, F. (2006). Effect of expertise and visual contribution on postural control in soccer. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 16(5), 345-348.

36. Paillard, T., Costes-Salon, C., Lafont, C., & Dupui, P. (2002). Are there differences in postural regulation according to the level of competition in judoists?. *British journal of sports medicine*, 36(4), 304-305.
37. Patti, A., Messina, G., Palma, R., Barcellona, M., Brusa, J., Iovane, A., & Palma, A. (2018). Comparison of posturographic parameters between young taekwondo and tennis athletes. *Journal of Physical Therapy Science*, 30(8), 1052-1055.
38. Perrin, P., Deviterne, D., Hugel, F., & Perrot, C. (2002). Judo, better than dance, develops sensorimotor adaptabilities involved in balance control. *Gait & posture*, 15(2), 187-194.
39. Popović, B. (2010). *Specifičnosti antropološkog statusa devojčica mlađeg školskog uzrasta pod uticajem programiranog vežbanja razvojne gimnastike*. (Doktorska disertacija). Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja. Novi Sad.
40. Schaff, P., & Hauser, W. (1989). Skin boot versus knee joint--a sports medicine, orthopedic and biomechanical problem. *Sportverletzung Sportschaden: Organ der Gesellschaft fur Orthopadisch-traumatologische Sportmedizin*, 3(4), 149-161.
41. Schmit, J. M., Regis, D. I., & Riley, M. A. (2005). Dynamic patterns of postural sway in ballet dancers and track athletes. *Experimental brain research*, 163, 370-378.
42. Shick, J., Stoner, L. J., & Jette, N. (1983). Relationship between modern-dance experience and balancing performance. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 54(1), 79-82.
43. Simoneau, M., Bard, C., Fleury, M., Teasdale, N., & Boulay, M. R. (1996). Les effets de l'activation métabolique sur la stabilité posturale et la précision de tir chez les biathlètes de niveau élite et intermédiaire. *Science et motricité (Paris)*, (29-30), 22-29.
44. Sobera, M., Siedlecka, B., Piestrak, P., Sojka-Krawiec, K., & Graczykowska, B. (2007). Maintaining body balance in extreme positions. *Biology of Sport*, 24(1), 81.
45. Sofianidis, G., Dimitriou, A. M., & Hatzitaki, V. (2017). A comparative study of the effects of pilates and Latin dance on static and dynamic balance in older adults. *Journal of aging and physical activity*, 25(3), 412-419.
46. Springer, B. A., Marin, R., Cyhan, T., Roberts, H., & Gill, N. W. (2007). Normative values for the unipedal stance test with eyes open and closed. *Journal of geriatric physical therapy*, 30(1), 8-15.
47. Stanković, M., & Radenković, O. (2012). The status of balance in preschool children involved in dance program. *Research in Kinesiology*, 40(1).

48. Sweigard, L. E. (1965). Better dancing through better body balance. *Journal of Health, Physical Education, Recreation*, 36(5), 22-56.
49. Tychsen, L., & Foeller, P. (2020). Effects of immersive virtual reality headset viewing on young children: visuomotor function, postural stability, and motion sickness. *American journal of ophthalmology*, 209, 151-159.
50. Vuillerme, N., Danion, F., Marin, L., Boyadjian, A., Prieur, J. M., Weise, I., & Nougier, V. (2001). The effect of expertise in gymnastics on postural control. *Neuroscience letters*, 303(2), 83-86.
51. Winter, D. A. (1995). Human balance and posture control during standing and walking. *Gait & posture*, 3(4), 193-214.
52. Woollacott, M., & Shumway-Cook, A. (2002). Attention and the control of posture and gait: a review of an emerging area of research. *Gait & posture*, 16(1), 1-14.
53. Yu, J. H., & Lee, G. C. (2012). Effect of core stability training using pilates on lower extremity muscle strength and postural stability in healthy subjects. *Isokinetics and exercise science*, 20(2), 141-146.
54. Zaciorski, M. V. (1967). *Kibernetika i Fizičko vaspitanje (Cybernetics and Physical Education)*. Beograd: JZFK.
55. Zaciorski, V. M., & Todorović, B. (1975). *Fizička svojstva sportiste*. Partizan.