

# Morfološki i biomotorički prediktori agilnosti u pubertetu

---

**Spasić, Miodrag**

**Doctoral thesis / Disertacija**

**2013**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Split, Faculty of Kinesiology / Sveučilište u Splitu, Kineziološki fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:221:199585>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-03**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Faculty of Kinesiology, University of Split](#)



KINEZIOLOŠKI FAKULTET  
SVEUČILIŠTE U SPLITU  
POSLIJEDIPLOMSKI SVEUČILIŠNI DOKTORSKI STUDIJ

**MIODRAG SPASIĆ**

**MORFOLOŠKI I BIOMOTORIČKI PREDIKTORI  
AGILNOSTI U PUBERTETU**

**DOKTORSKA DISERTACIJA**

MENTOR: Prof.dr.sc. DAMIR SEKULIĆ

SUMENTOR: Prof.dr.sc. MILE DŽELALIJA

SPLIT, studeni 2013.

Dana 23. prosinca 2013. godine, Miodrag Spasić, prof., **obranio** je doktorsku disertaciju pod naslovom:

## **MORFOLOŠKI I BIOMOTORIČKI PREDIKTORI AGILNOSTI U PUBERTETU**

mentora dr.sc. Damira Sekulića, redovitog profesora na Kineziološkom fakultetu u Splitu  
i sumentora dr.sc. Mile Dželalije, redovitog profesora u trajnom zvanju na  
Prirodoslovno-matematičkom fakultetu u Splitu

javnom obranom pred Stručnim povjerenstvom u sastavu:

1. dr.sc. Frane Žuvela, docent Kineziološkog fakulteta u Splitu, predsjednik
2. dr.sc. Milan Čoh, redoviti profesor Fakulteta za šport Univerze u Ljubljani, član
3. dr.sc. Mile Dželalija, redoviti profesor u trajnom zvanju Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Splitu, član
4. dr.sc. Zoran Grgantov, izvanredni profesor Kineziološkog fakulteta u Splitu, član
5. dr.sc. Jelena Paušić, izvanredni profesor Kineziološkog fakulteta u Splitu, član
6. dr.sc. Hrvoje Karninčić, docent Kineziološkog fakulteta u Splitu, član

Pozitivno izvješće Povjerenstva za ocjenu doktorske disertacije prihvaćeno na sjednici Fakultetskog vijeća održanoj dana 16. prosinca 2013. godine.

## - ZAHVALE -

Na početku, zahvaljujem se svojoj obitelji i djevojci što su uvijek vjerovali u mene, moj rad i ideje, što su umjesto mene nebrojeno puta izvršavali moje obaveze kako bi se ja mogao posvetiti nečem drugom, najčešće nekim svojim vizijama što mi je omogućilo da se do sada razvijem i profiliram u raznim, najčešće i međusobno nepovezanim područjima ljudske djelatnosti.

Koristim priliku da se zahvalim i velikom broju prijatelja koji su na indirektan (kroz podršku, kritike i sugestije) i/ili direktan (pomoć prilikom prikupljanja podataka) način doprinijeli izradi ove disertacije, kao i ispitanicima i njihovim učiteljima koji su strpljivo i odgovorno pristupali testiranjima.

Zahvale upućujem i Stručnom povjerenstvu koji su konstruktivnim kritikama i sugestijama učinili ovu disertaciju kvalitetnijom.

Zahvaljujem se i sumentoru, prof.dr.sc. Mili Dželaliji od kojeg već skoro deset godina učim probleme sagledavati i o njima razmišljati na neki drugi (u početku naizgled kompliciran a u završnici ipak logičan i razumljiv) način, te kako i kojim pristupom riješiti određeni problem.

Za kraj, zahvaljujem se mentoru prof.dr.sc. Damiru Sekuliću bez čijeg strpljenja, angažmana i specifičnog pristupa ova disertacija nikada ne bi ugledala svijetlo dana.

*"Onaj tko želi nešto napraviti naći će način, a onaj tko ne želi naći će ispriku."*

# SADRŽAJ

<b>1</b>	<b>UVOD</b>	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>PROBLEM</b>	<b>16</b>
2.1	Problem utjecaja ravnoteže na agilnost	16
2.2	Problem višestranog utjecaja različitih dimenzija na agilnost	17
2.3	Problem tehnike izvedbe agilnih kretnih struktura	17
<b>3</b>	<b>CILJ ISTRAŽIVANJA</b>	<b>18</b>
<b>4</b>	<b>METODE RADA</b>	<b>19</b>
4.1	Uzorak ispitanika	19
4.2	Uzorak varijabli	20
4.2.1	<i>Prediktorske varijable</i>	20
4.2.2	<i>Kriterijske varijable – mjere agilnosti</i>	25
4.3	Metode obrade rezultata	29
4.4	Eksperiment	30
<b>5</b>	<b>REZULTATI</b>	<b>31</b>
5.1	Pouzdanost	31
5.2	Deskriptivna statistika	42
5.3	Univarijatne i multivarijatne povezanost – dječaci	58
5.4	Univarijatne i multivarijatne povezanost – djevojčice	65
<b>6</b>	<b>RASPRAVA</b>	<b>72</b>
6.1	Pouzdanost i stabilnost mjernih instrumenata	72
6.1.1	<i>Antropometrijske mjere</i>	72
6.1.2	<i>Agilnost</i>	73
6.1.3	<i>Eksplozivna snaga i reaktivna snaga</i>	74
6.1.4	<i>Brzina trčanja</i>	75
6.1.5	<i>Fleksibilnost</i>	76
6.1.6	<i>Ravnoteža</i>	77
6.1.7	<i>Familijarizacija - privikavanje</i>	78

<b>6.2</b>	<b>Utjecaj prediktora na varijable agilnost</b>	<b>81</b>
6.2.1	Univarijatni i multivarijatni utjecaj prediktora na mjere agilnosti kod dječaka	81
6.2.2	Univarijatni i multivarijatni utjecaj prediktora na mjere agilnosti kod djevojčica	85
6.2.3	Analiza specifičnih i diferencijalnih utjecaja prediktora na mjere agilnosti	87
<b>7</b>	<b>ZAKLJUČAK</b>	<b>93</b>
7.1	Ograničenja istraživanja	93
7.2	Pouzdanost mjernih instrumenata	94
7.3	Utjecaj prediktora na kriterijske varijable (mjere agilnosti)	96
7.4	Smjernice za buduća istraživanja	97
<b>8</b>	<b>LITERATURA</b>	<b>99</b>
<b>9</b>	<b>PRILOG</b>	<b>103</b>
9.1	Faktorska struktura primijenjenih varijabli	103
9.2	Pilot studija	107

## SAŽETAK

Temeljni ciljevi istraživanja bili su definirati utjecaj morfoloških osobina i nekih motoričkih sposobnosti (pojedinih mjera eksplozivne snage, brzine, ravnoteže i fleksibilnosti) na rezultate u testovima agilnosti kod dječaka i djevojčica u pubertetu. Uzorak su sačinjavali 73 dječaka i 63 djevojčice, dobi 13-14 godina koji se nisu aktivno bavili sportom ili su se bavili sportovima čije se kretne strukture bitno razlikuju od kretnji koje su korištene prilikom izvođenja odabranih testova agilnosti.

Ukupan uzorak varijabli može se podijeliti u dva seta varijabli: set prediktorskih varijabli i set kriterijskih varijabli. Prediktorske varijable uključivale su motoričke varijable i varijable morfološkog statusa. Set kriterijskih varijabli sačinjavale su varijable agilnosti. Radi definiranja metrijskih karakteristika izračunati su Cronbachov koeficijent, prosječna korelacija i koeficijent varijacije. Pored pouzdanosti analizirana je stabilnost mjerenja uz izračunavanje parametara analize varijance. Faktorska valjanost mjernih instrumenata izračunata je primjenom serije faktorskih analiza. Povezanosti među varijablama utvrđene su putem korelacijskih i multiplih regresijskih analiza. Korištena je forward stepwise regresijska analiza.

Rezultati studije ukazali su na visoku pouzdanost primijenjenih testova, a najnepouzdanijim se pokazao test S5M i kod dječaka i kod djevojčica. Kod dječaka uočava se vrlo logičan i jednim dijelom očekivan utjecaj prediktora na kriterijske varijable, koji je izravno vezan za biomehaničke i kineziološke značajke pojedinih agilnih kretnih struktura sadržanih u testovima. Kod djevojčica bitno je veći utjecaj morfološke građe na manifestacije agilnih kretnih struktura.

## **ABSTRACT**

The main objectives of the research were to define the influence of morphological characteristics and some motor skills (individual measures of explosive strength, speed, balance and flexibility) on the results of agility tests of boys and girls in puberty. The sample consisted of 73 boys and 63 girls aged 13-14 years that are not actively involved in sports or are engaged in sports whose movement structures differ substantially from the movements that were used during the execution of selected tests of agility.

The total number of variables can be divided into two sets of variables: a set of predictor variables and a set of criterion variables. The predictor variables included motor variables and variable of morphological status. Set of criterion variables consisted of agility variables. In order to define the metric characteristics Cronbach's coefficient, average correlation and the coefficient of variation were calculated. In addition to reliability, stability of the measurements were analysed with the calculation of the parameters of variance analysis. Factorial validity of the measurement instruments is calculated by applying a series of factor analysis. Correlations between variables were determined by correlation and multiple regression analyses. Forward stepwise regression analysis was used.

Results of the study indicated the high reliability of the applied tests, and the least reliable test for both, boys and girls was test S5M. In boys we notice a very logical and partly expected impact of predictors on the criterion variable, which is directly, related to biomechanics and kinesiology features of individual agile movement structures contained in the tests. In girls, significantly greater is the impact of the morphological structure on manifestations of agile movement structures.



# 1 Uvod

Postoje različite definicije i pogledi na agilnost, od kratkih i općenitih (Little i Williams, 2005) do opsežnih i kompleksnih (Sheppard i Young, 2006), ali svima je zajedničko da se agilnost vezuje uz brzu i uspješnu promjenu pravca kretanja.

Haj Sassi i suradnici (Haj-Sassi i sur., 2011) navode kako razni autori termin agilnosti koriste za opisivanje svake dinamične sportske akcije koja uključuje promjenu tjelesne pozicije ili promjenu smjera "brzine". Brzina je u prethodnoj rečenici stavljena u navodne znakove jer u engleskom jeziku pojam "speed" koji autori koriste u originalu označava skalarnu veličinu a pojam "velocity" vektorsku veličinu koja daje i informaciju o smjeru kretanja nekog tijela (što je ustvari puno bliže terminu brzina u našem jeziku). Sheppard i Young (Sheppard i Young, 2006) agilnost definiraju kao brzo sveukupno kretanje čitavog tijela s promjenom brzine ili smjera kao odgovor na specifični sportski podražaj. Sekulić i Metikoš (Sekulić i Metikoš, 2007) daju jednostavniju definiciju agilnosti: sposobnost efikasne promjene pravca i/ili smjera kretanja. Twist i Benicky (Twist i Benicky, 1995) (prema (Sporis i sur., 2010)) agilnost vide kao sposobnost da se zadrži i kontrolira pravilan položaj tijela dok brzo mijenjamo smjer kroz seriju kretnji. Serpell i sur. (Serpell i sur., 2010) navode da u zadnje vrijeme postoje prepirke kako agilnost ne zahtijeva samo sposobnost brze promjene smjera kretanja već i neke perceptualne vještine o čemu pišu i autori Čoh i Bračić (Čoh i Bračić, 2010).

Iako se ne slažu oko jasne definicije agilnosti gotovo da nema autora koji ne smatra kako je agilnost važna komponenta neophodna za uspješnu izvedbu u mnogim sportovima (Sekulić i Metikoš, 2007; Sporis i sur., 2010; Tomljanovic i sur., 2011; Ackland i sur., 2009).

Sporiš i suradnici (Sporis i sur., 2010) tako nakon provedenog istraživanja čak preporučuju koje testove agilnosti koristiti za procjenu agilnosti kod različitih igračkih pozicija nogometaša. Gabbett (Gabbett, 2005) piše kako su fiziološki zahtjevi ragbi lige kompleksni i da se od igrača između ostalog zahtijeva i visok stupanj razvijene agilnosti.

Iz gore navedenih razloga postoji veliki interes za razvoj terenskih testova koji bi uspješno mjerili agilnost (Haj-Sassi i sur., 2011). Jednako tako uočena je i potreba za razvojem specifičnih trenajnih programa koji bi uspješno razvijali agilnost.

Dosadašnja istraživanja (Metikos i sur., 2003) utvrdila su kako postoji veliki broj manifestacija agilnosti, stoga je gotovo nemoguće očekivati da bi se agilnost mogla razvijati kao latentna dimenzija ukoliko se prije toga ne nađu parametri (osobine, sposobnosti,...) koje na agilnost u stvari utječu. Stoga je jasno kako u praksi razvoj agilnosti počiva na razvoju osobina i sposobnosti koje su same po sebi prediktori agilnosti tj. izravno utječu na manifestacije agilnosti. Nimphius i sur. (Nimphius i sur., 2010) navode kako većina trenera i znanstvenika pokušava programima treninga za razvijanje mišićne jakost i snage postići smanjenje vremena u manifestacijama koje uključuju promjene pravca kretanja. S jedne strane, takav pristup je logičan ako se u obzir uzme da se gotovo sve manifestacije agilnosti temelje na brzom promjeni pravca kretanja (Haj-Sassi i sur., 2011), pa se danas može naći velik broj istraživanja koja zbog zajedničke fiziološke pozadine ovih sposobnosti proučavaju veze agilnosti sa snagom i brzinom (Salaj i Markovic, 2011).

Ipak istraživanja koja su do sada navedena gotovo isključivo se bave utjecajem različitih manifestacija brzine trčanja na agilnost, ili utjecajem različitih manifestacija eksplozivne snage na agilnost. S druge pak strane, trebalo bi potražiti i druge čimbenike koji određuju agilnost jer su brojna istraživanja dokazala kako su snaga i brzina (zbog slabih korelacija s agilnosti) njeni relativno slabi prediktori (Markovic i sur., 2007; Nimphius i sur., 2010). Agilnost se često razmatra odvojeno od koordinacije, ali je dokazano kako je ova sposobnost jednako dobro povezana s ostalim "koordinacijskim sposobnostima", kao i "koordinacijske sposobnosti" između sebe (Sekulić i Metikoš, 2007).

Ne postoji dakle jasna slika što sve utječe na agilnost kao takvu. Ovo postaje još izraženiji problem ako se zna da su dosadašnja istraživanja definirala više latentnih dimenzija same agilnosti (Metikos i sur. 2003).

Također je važno za primijetiti kako se promjene brzine i pravca kretanja odvijaju neplanirano i često su ovisne o aktivnosti protivnika koja se u većini slučajeva ne može predvidjeti (Sekulić i Metikoš, 2007). Kako promjena smjera kretanja, što je karakteristika svih manifestacija agilnosti, podrazumijeva narušavanje i ponovnu uspostavu ravnotežnog položaja, za pretpostaviti je da bi sposobnost ravnoteže mogla utjecati na agilnost o čemu teoretiziraju Miller i suradnici (Miller i sur., 2006) i Sporiš i suradnici (Sporis i sur., 2010). U knjizi Acklanda i suradnika (Ackland i sur., 2009) autori objašnjavaju kako zbog biomehaničke pozadine (savladavanje inercije prilikom promjene smjera kretanja) ravnoteža predstavlja značajan prediktor agilnosti, a potvrdu za ovo dala je i pilot studija za ovaj rad (Sekulic i sur., 2013). U istoj studiji međutim naglašen je i problem tehničke izvedbe testova agilnosti što bi također trebalo imati utjecaj na agilne performanse, a što bi trebalo u određenoj mjeri anulirati želi li se približiti egzaktnom definiranju utjecaja motoričkih sposobnosti na agilnosti različitih oblika. Naime, u ovom se istraživanju, ne po prvi put apostrofira problem utjecaja kvalitete tehničke izvedbe na agilnost, što u stvari otežava definiranje prave prirode zavisnosti između brzine, ravnoteže i eksplozivne snage kao prediktora i agilnosti kao kriterija. Konačno, kao važan faktor utjecaja na agilne manifestacije ne treba se zanemariti niti morfološka građa koja bi se također trebala uključiti u analize povezanosti između prediktora i agilnosti. Ako znamo da je moment inercije fizikalna veličina koja opisuje svojstvo tijela prilikom rotacijskog gibanja (Dželalija i Rausavljević, 2005), za pretpostaviti je da ga ne možemo zanemariti prilikom razmatranja (gotovo) svih gibanja ljudskog tijela jer se kretanje uvijek događaju u nekom zglobu odnosno oko neke osi rotacije. Po formuli za izračun momenta inercije tijela koje se sastoji od više segmenata (na pr. tijela čovjeka):

$$I = \sum_{i=1}^{16} I_i = \sum_{i=1}^{16} (I_{cm,i} + m_i d_i^2)$$

uočljivo je da neke varijable morfologije (kao masa koju često nazivamo tjelesna težina, te duljina koja se vezuje uz longitudinalna dimenzionalnost skeleta) direktno utječu na iznos momenta inercije. Kako po definiciji momenta inercije njegova vrijednosti ovisi o raspodjeli mase nekog tijela u odnosu na os rotacije, da se zaključiti da moment inercije neće ovisiti samo o iznosu tjelesne mase već i kako je ona raspoređena po tijelu o čemu dakle treba diskutirati uzimajući u obzir i znanja vezana uz određivanja somatotipa pojedinca. Kao neizostavan faktor morfologije, potkožno masno tkivo je sa stajališta momenta inercije segmenata ljudskog tijela čista balastna masa koja nam iz mirovanja otežava uspostavu kretanja (rotacije) kao i prestanak

kretanja (rotacije) već pokrenutog/pokrenutih segmenata. Iz gore navedenog, da se zaključiti da segmenti tijela osoba jednake tjelesne mase (težine) i tjelesne visine ne moraju imati jednake iznose momenata inercije segmenata. Jednako tako dvije osobe različitih tjelesnih težina (masa) i visina mogu prilikom iste ili različite kretnje imati jednake iznose momenata inercije segmenata ili čitavog tijela ako svoju masu (ili mase svojih segmenata) različito rasporede u odnosu na os/osu rotacije tijela odnosno segmenata. Upravo to je razlog zbog kojeg tehnika izvođenja određene kretnje ima presudnu ulogu u izvedbi i zbog čega se tehnikom izvođenja (motoričkim znanjima) može kompenzirati nedostatak raznih motoričkih sposobnosti i obrnuto.

Može se dakle s određenom sigurnošću kazati kako sve predispozicije motoričkog i morfološkog segmenta postaju upitne ako se zna da je tehnika izvođenja agilnih kretnji vrlo vjerojatno važan ako ne i najvažniji prediktor u izvođenju agilnih kretnji. Konkretno, osoba koja izvodi agilnu kretnju može biti maksimalno antropološki predisponirana u svakom pogledu (eksplozivna, brza, idealnog odnosa poluga,...) a da manifestaciju tehnički dovoljno dobro ne izvodi i da s tim u vezi ne postiže dobre rezultate u testovima agilnosti.

Pretragom znanstvene literature uočeno je da su u istraživanjima provedenima kod nas i u svijetu, autori do sada većinom istraživali utjecaj snage i brzine na manifestaciju agilnost. Neki su autori (Young i sur., 1996; Salaj i Markovic, 2011; Sekulic i sur., 2013; Tomljanovic i sur., 2011) istovremeno istraživali utjecaj i snage i brzine na agilnost pa se u ovom poglavlju koji obrađuje dosadašnja istraživanja nije htjelo raditi striktno podjele na ona istraživanja koja su proučavala utjecaj brzine na agilnost i ona koja su proučavala utjecaj snage na agilnost. Istraživanja koja su opisana u ovom poglavlju, izdvojena su iz velikog broja istraživanja koja su proučavala probleme i razvoj testova agilnosti, te utjecaj različitih motoričkih sposobnosti na agilnost, zbog toga što na neki način najbolje opisuju spomenutu problematiku. Nekolicina autora u svojim istraživanjima spominje ravnotežu u kontekstu agilnosti i njen moguć utjecaj na agilnost (Haj-Sassi i sur., 2011; Markovic i sur., 2007; Sporis i sur., 2010) ali osim Sekulića i suradnika (Sekulic i sur., 2013) nitko prije ravnotežu (mjerenu validiranim testovima) nije dovodio u relaciju s testovima koji procjenjuju različite vrste agilnosti detektirane u latentnom prostoru (Metikos i sur. 2003).

Autori Haj-Sassi i suradnici (Haj-Sassi i sur., 2011) su u svom istraživanju pokušali utvrditi razinu pouzdanosti ponavljajućeg modificiranog testa agilnosti i istražiti relacije ponavljajućeg modificiranog testa agilnosti s uspješnosti u Wingate anaerobnom testu, te vertikalnim i horizontalnom skokovima. Istraživanje je provedeno na 27 muških studenata s najmanje 5 godina iskustva u nekom timskom sportu ali ne na vrhunskom nivou. Ponavljajući modificirani test agilnosti autori su konstruirali kako bi kretnje za vrijeme izvođenja samog testa što vjernije simulirale kretne strukture koje se pretežno javljaju u timskim sportovima (kratki sprintovi u svim smjerovima s brzom promjenom pravca kretanja). Uzimajući u obzir rezultate ranijih istraživanja test je konstruiran u skladu s istima obzirom na broj ponavljanja, duljinu trajanja pauze između ponavljanja, ukupnu udaljenost prevaljenu za vrijeme testiranja, te način izvođenja sprintova. U prvoj fazi istraživanja dobivena je dobra pouzdanost novokonstruiranog testa. U drugoj pak fazi autori su utvrdili dobru povezanost između rezultata novokonstruiranog testa s rezultatima Wingate anaerobnog testa, kao i s rezultatima testova vertikalnih i horizontalnih skokova. Iz navedenog autori zaključuju da značajna korelacija između rezultata novokonstruiranog testa i testa drop jump s dominantnom nogom ukazuje na to da eksplozivna snaga predstavlja ključni element u izvedbi novokonstruiranog testa. Nadalje, autori ističu da dobiveni rezultati potvrđuju kako brza promjena smjera kretanja ovisi o sposobnosti ispitanika

da postigne relativno kratko vrijeme kontakta s podlogom tj. sposobnosti ispitanika da generira silu u kratkom vremenskom periodu. Autori preporučuju novokonstruirani test trenerima kao jednostavnu terensku metodu za procjenu anaerobnih sposobnosti umjesto skupe i sofisticirane opreme, te navode kako se test "drop jump" s dominantnom nogom može koristiti za procjenu ispitanikove sposobnosti da brzo mijenja smjer kretanja bez da izgubi brzinu i ravnotežu.

Little i Williams (Little i Williams, 2005) su na početku svog istraživanja pretpostavili kako su s obzirom na sličnu morfološku i biokemijsku podlogu ubrzanja, maksimalne brzine i agilnosti te veličine visoko povezane. U svom ranijem, preliminarnom istraživanju (Little i Williams, 2003) autori su zaključili kako su ubrzanje, maksimalna brzina i agilnost relativno nezavisne varijable kod profesionalnih nogometaša. S obzirom na prethodna istraživanja ove problematike smatraju kako je za istraživanje ove problematike potrebno slično istraživanje ali na većem uzorku ispitanika. Istraživanje su stoga proveli na 106 profesionalnih nogometaša koji su izvodili po jedan test za određivanje ubrzanja (10 metara sprint), maksimalne brzine (20 metara sprint iz letećeg starta) i agilnosti (cik-cak test). Rezultati su pokazali statistički značajnu korelaciju između ubrzanja, maksimalne brzine i agilnosti ali i da testovi koji su najbolje međusobno korelirani (test ubrzanja i test maksimalne brzine) dijele samo 39% varijance. Autori Thomas i Nelson (Thomas i Nelson, 2001) pišu da su dvije varijable po prirodi stvari specifične ili na neki način neovisne kada dijele manje od 50% varijance, stoga i autori Little i Williams zaključuju kako je njihovim istraživanjem (Little i Williams, 2005) dobivena relativna neovisnost između ubrzanja, maksimalne brzine i agilnosti kod profesionalnih nogometaša.

U naslovu svog istraživanja autori Marković i suradnici (Markovic i sur., 2007) postavljaju pitanje da li je agilnost povezana s dimenzijama snage. Istraživanje je provedeno s ciljem utvrđivanja utjecaja različitih faktora snage opružaća nogu na agilnost u latentnom prostoru. Ispitanici su bili tjelesno aktivni mladi ljudi ( $n=168$ ), studenti kineziologije, prosječne dobi  $21\pm 2$  godine koji su izmjereni s tri testa agilnosti čije izvršenje po mišljenju autora zahtijeva različite strategije promjene pravca kretanja (koraci u stranu, trčanje 20 jardi s promjenom smjera i slalom trčanje). Pored navedenog, ispitanicu su izmjereni i s devet testova snage opružaća nogu (po tri testa za procjenu eksplozivne snage, elastične snage i maksimalne snage). Faktorskom analizom matrice interkorelacija izmjerenih testova ekstrahirana su četiri relativno nezavisna faktora: eksplozivna snaga, elastična snaga, agilnost i maksimalna snaga što je bilo u skladu s očekivanjima autora. Kako bi utvrdili utjecaj na faktor agilnosti (kriterij) autori su dobivena tri faktora snage uključili kao prediktore u regresijsku analizu. Iako su utvrdili statistički značajnu multiplu korelaciju između prediktora i kriterija ( $R=0.14$ ;  $p<0.001$ ), postotak objašnjene varijance faktora agilnosti pomoću tri faktora snage bio je vrlo mali (17%). Autori tad zaključuju kako su faktori snage opružaća nogu loši prediktori uspješnosti u motoričkoj sposobnosti agilnosti kod tjelesno aktivnih muškaraca i navode kako bi buduća istraživanja trebala istražiti relacije između agilnosti i još nekih mišića donjeg dijela tijela kao i relacije između agilnosti i nekih drugih motoričkih sposobnosti kao što su ravnoteža, koordinacija i frekvencija pokreta.

Metikoš i suradnici (Metikos i sur. 2003) provode istraživanje preliminarnog karaktera s ciljem utvrđivanja latentne strukture većeg broja motoričkih testova namijenjenih procjeni agilnosti. Uzorak ispitanika sastojao se od 152 studenta kineziologije, dakle kineziološki aktivnih mladih osoba. Za procjenu agilnosti oblikovan je sklop od 32 motorička testa namijenjenih procjeni agilnosti. Faktorizacijom matrice interkorelacija testova za procjenu agilnosti ekstrahirano je sedam značajnih glavnih komponenata (faktora), od kojih je samo prvih pet bilo moguće logički interpretirati. Šesti i sedmi faktor nisu interpretirani zbog nedostatka valjanih informacija.

Izolirane latentne dimenzije autori su interpretirali na slijedeći način: a) agilnost u izvođenju različitih promjena pravca kretanja na malom prostoru; b) agilnost u uvjetima jednostavnih frontalnih i lateralnih kretanja; c) agilnost u rotacijskim gibanjima; d) agilnost u frontalnim i lateralnim kretanjima s promjenama smjera do 90°; e) agilnost u frontalnom kretanju s promjenama smjera većim od 90°. Autori zaključuju kako je njihovo istraživanje pokazalo da je prostor agilnosti znatno složeniji no što to obično stručnjaci za područje motoričkih fenomena najčešće misle i nadaju se da će budućnost donijeti nove mogućnosti kako u tehnologiji testiranja manifestnih varijabli tako i u povećanju bazičnih antropoloških spoznaja o motoričkom ponašanju čovjeka. Ovo je istraživanje i poslužilo u svrhu definiranja varijabli koje će se koristiti u ovoj disertaciji.

Nakon što su uočili da je utjecaj ravnoteže na agilnost neistraženo područje i da neki autori u ranijim istraživanjima upućuju na istraživanje tih relacija, autori Sekulić i suradnici (Sekulic i sur., 2013) odlučili su provesti jedno takvo istraživanje. Cilj istraživanja bio je odrediti utjecaj brzine, snage i ravnoteže (po spolovima) na različite testove agilnosti. Uzorak ispitanika sačinjavalo je 32 studenta i 31 studentica prosječne dobi od  $20.02 \pm 1.89$  godina. Istraživanje je trajalo 3 dana, a mjerene su neke antropometrijske mjere (tjelesna visina, tjelesna težina – izračunat indeks tjelesne mase), snaga (squat jump test), brzina (10 metara sprint i 20 metara sprint), ravnoteža (cjelokupni indeks stabilnosti i limiti stabilnosti na Biodex uređaju), te agilnost (cik-cak test, T-test, test 20 jardi, 180° i naprijed-nazad test). Svi testovi agilnosti pokazali su se pouzdanima, a najveće korelacije brzine i agilnosti kod oba spola detektirane se između rezultata testova naprijed-nazad i 10 metara sprint. Autori zaključuju kako je snaga mjerena testom squat jump značajan prediktor rezultata testova naprijed-nazad i T-test ali samo kod žena. S druge strane samo je kod muškog dijela uzorka ispitanika utvrđena značajna povezanost rezultata testova ravnoteže i agilnosti. Kako je dobivena visoka povezanost između brzine i agilnosti kod oba spola, nešto manji utjecaj snage na agilnost kod žena, autori smatraju kako rezultati ovog njihovog istraživanja ukazuju na to da bi ravnotežu trebalo razmotriti kao značajan prediktor agilnosti kod muškaraca. Navode kako je sudeći po rezultatima istraživanja daljnji napredak u brzini i snazi za muškarce malo vjerojatan pa bi trening ravnoteže mogao biti od velike koristi za razvoj agilnosti. Spomenuto istraživanje (Sekulic i sur., 2013) poslužilo je kao pilot studija ovom radu i nalazi se kao prilog rada.

U zaključku svog preglednog članka Sheppard i Young (Sheppard i Young, 2006) navode kako pojam agilnosti u sportskoj znanosti još nije precizno definiran. Nadalje pišu kako se termin agilnost koristi u širokom kontekstu unutar sporta ali s velikom nekonzistentnošću što dodatno komplicira poimanje koje su to komponente koje se mogu trenirati i pritom poboljšati agilnost. Uz veličine koje se mogu trenirati (kao što su snaga i tehnika izvođenja) autori navode povezanost agilnosti i s kognitivnom sferom (tehnika vizualne percepcije, brzina vizualne percepcije i anticipacija). Prema istim autorima u sportskim krugovima postoji potreba za prepoznavanjem što agilnost obuhvaća, kako se trenira i koje mehanizme istražujemo za vrijeme izvedbe određenog testa agilnosti. Klasifikacija agilnosti koju ovi autori predlažu prepoznaje kognitivnu komponentu unutar agilnosti i ne radi podjelu za zadatke koji ne sadrže ovu kognitivnu komponentu. Sheppard i Young nadalje upućuju na rezultate ranijih istraživanja koji pokazuju da manifestacija agilnosti nije usko povezana sa snagom i brzinom (Tsitskarsis i sur., 2003; Young i sur., 1996), te kako su brzina i agilnost odvojene sposobnosti od koje niti jedna (ako se trenira zasebno) značajno ne poboljšava status druge (Young i sur., 2001). Na kraju

zaključka autori iskazuju potrebu za konstrukcijom pouzdanog i valjanog testa agilnosti koji će omogućavati mjerenje tjelesne (motoričke sposobnosti) i kognitivne sfere (percepcijski faktori).

Cilj istraživanja kojeg su proveli Sporiš i suradnici (Sporis i sur., 2010) bio je procijeniti pouzdanost i faktorsku valjanost testova agilnosti koji se koriste u nogometu. Uzorak ispitanika sačinjavalo je 150 vrhunskih nogometaša, juniora koji igraju u timovima prve juniorske lige. Testiranje je provedeno kroz četiri tjedna u dvije faze (dva tjedna na početku ljetnih priprema 2006/2007 i dva tjedna na početku natjecateljske sezone 2006/2007). Korišteno je šest testova kako bi se procijenila agilnost nogometaša. Zamijećeno je da su rezultati prve čestice mjerenja najveći što je ukazivalo na pojavu učenja kod svih primijenjenih testova agilnosti. Autori stoga preporučuju da se uvijek napravi najmanje jedan probni pokušaj kako bi se reducirao taj fenomen, pozivajući se na slične spoznaje do kojih su došli i (Markovic i sur., 2004) interpretirajući rezultate deskriptivne statistike dobivene mjerenjem eksplozivne snage kod studenata. Rezultat istraživanja ukazuju na dobru i visoku razinu pouzdanosti primijenjenih testova agilnosti, te da je postoji visoka razina povezanosti među testovima agilnosti u kojima se koriste iste kretne strukture. Faktorskom analizom autori su izdvojili dvije glavne komponente koje zajedno objašnjavaju 56.99% ukupne varijance. Samo prvu komponentu su interpretirali i to kao generalni faktor agilnosti jer je s njom visoko koreliralo pet od šest primijenjenih testova agilnosti među kojima test sprint naprijed-nazad ima najbolju faktorsku valjanost (koeficijent korelacije s prvom glavnom komponentom 0.786). Uspoređujući dobivene podatke s podacima koje su dobili Metikoš i suradnici (Metikos i sur. 2003) autori zaključuju kako je agilnost kompleksna motorička sposobnost za čiju procjenu je (prilikom izbora testova) važno biti upoznat s njenom kompleksnošću. U daljnjoj raspravi autori preporučuju koje od šest primijenjenih testova agilnosti koristiti kako bi se najbolje procijenila agilnost za određenu poziciju (zadatak) igrača na nogometnom terenu ističući pri tom i kako trenirajući agilnost pospješujemo snagu, ravnotežu, brzinu i koordinaciju.

Šalaj i Marković (Salaj i Markovic, 2011) istraživali su relacije između skočnosti, sprintanja i brzine promjene smjera kretanja jer je sudeći po njima to područje unatoč velikom broju sličnih istraživanja ostalo nerazjašnjeno. Navode kako samo tri prethodna istraživanja zadovoljavajuće istražuju relacije između skočnosti, sprintanja i brzine promjene smjera kretanja, te da bi naredna istraživanja trebala uzimati u obzir veći uzorak ispitanika, veći broj testova za procjenu skočnosti, sprintanja i brzine promjene smjera kretanja kao i primjenu multivarijantnih statističkih metoda. Odlučili su se stoga na provedbu istraživanja koje uključuje šest testova za procjenu skočnosti, četiri testa za procjenu sprinterskih sposobnosti i tri testa za procjenu brzine promjene smjera kretanja. Kako bi izdvojili glavne komponente korištena je faktorska analiza. Obradom podataka autori su dobili četiri glavne komponente, dvije vezane uz skočnost, jednu vezanu uz sprinterske sposobnosti i jednu vezanu uz sposobnost brzine promjene smjera kretanja. Kao zaključak autori ističu niske korelacije među izdvojenim komponentama i uspoređuju to s prethodnim istraživanjima (Gehri i sur., 1998; Markovic i sur., 2007) u kojima autori pišu o specifičnostima između skočnosti, sprintanja i brzine promjene smjera kretanja navodeći kako među njima postoji ograničen transfer. Autori ovog istraživanja stoga zaključuju kako bi se skočnost, sprintanje i brzinu promjene smjera kretanja moglo opisivati i razmatrati kao tri gotovo nezavisne motoričke sposobnosti.

Cilj istraživanja kojeg su proveli Tomljanović i suradnici (Tomljanovic i sur., 2011) bio je odrediti specifične efekte funkcionalnog treninga i tradicionalnog treninga snage na pet antropometrijskih mjera, eksplozivnu snagu, agilnost i sprinterske performanse mladih,

utreniranih muškaraca (n=23), dobi od 22 do 25 godina. Autori su se odlučili na ovakvo istraživanje nakon što su primijetili nedostatak ovakvih istraživanja na mlađoj, zdravoj i utreniranoj populaciji. Ispitanici su nasumično podijeljeni u dvije skupine: grupa koja je provodila funkcionalni trening (n=11) i grupa koja je provodila tradicionalni trening snage (n=12). Program treninga trajao je pet tjedana a ispitanicu su treninge izvodili tri puta tjedno. Rezultati istraživanja su pokazali kako se varijable antropometrijskih mjera nisu značajno promijenile nakon provedenog tretmana što su autori i očekivali s obzirom na navedene nedostatke istraživanja (relativno malen uzorak ispitanika i samo vrijeme trajanja od pet tjedana). Poboljšanje rezultata u testovima agilnosti (heksagon test i 5-10-5 metara shuttle run test) zabilježeno je kako između grupa tako i na cijelom uzorku ispitanika. Za razliku od autora Kibele i Behm (Kibele i Behm, 2009) koji na netreniranom uzorku nisu dobili značajnih poboljšanja u testu agilnosti autori ovog istraživanja su na utreniranom uzorku ispitanika (grupa koja je izvodila funkcionalni trening snage) dobili statistički značajna poboljšanja rezultata heksagon testa agilnosti. Autori navode kako je napredak u testovima agilnosti (naročito za grupu koja je primjenjivala funkcionalni trening snage) bio očekivan iz dva razloga: a) zabilježenog povećanja snage; b) poboljšane posturalne kontrole. O značajnom utjecaju snage na agilnost pisali su Marković i suradnici (Markovic i sur., 2007), a autori navode kako je značajan utjecaj snage na varijable agilnosti očekivan kod zadataka kod kojih ispitanik mora primijeniti visoku razinu sile kako bi izvršio određeni slijed zadataka sličan onome u heksagon testu. Što se tiče poboljšanja posturalne kontrole autori to povezuju sa specifičnostima funkcionalnog treninga snage, pri kojem se koriste kretne strukture koje same po sebi stimuliraju proprioceptivne mehanizme zgloba koljena, zgloba kuka i trupa i samim time utječu na izvedbu testova agilnosti tj. testova koji zahtijevaju promjenu pravca kretanja.

Galpin i suradnici (Galpin i sur., 2008) ističu da je agilnost sastavni dio mnogih sportskih aktivnosti i odlučili su je istraživati pomoću 3 mjere: vremena reakcije, brzine stopala i sposobnosti brze promjene smjera kretanja. Istraživanje su proveli na mladim muškarcima (n=15) i ženama (n=8), koji su aktivni ali nisu nikada ciljano razvijali agilnost. Istraživanje su proveli s 3 cilja: a) utvrditi na odabranom uzorku ispitanika postoje li razlike u vremenu reakcije i brzini stopala nakon četiri tjedna treniranja uz pomoć kompjuteriziranog trenažera agilnosti; b) utvrditi da li trening na kompjuteriziranom trenažeru agilnosti utječe na rezultat u testu brzine promjene smjera kretanja; c) utvrditi kakva je pouzdanost kompjuteriziranog trenažera agilnosti. Ispitanici su podijeljeni u dvije grupe: kontrolnu i eksperimentalnu. Tijekom četiri tjedna ispitanici eksperimentalne grupe su na kompjuteriziranom trenažeru agilnosti uvježbavali brzinu reakcije na vizualni podražaj i brzinu stopala, dok su ispitanici kontrolne grupe obavljali svakodnevne aktivnosti. Niti jedna grupa nije uvježbavala test brzine promjene smjera kretanja pa su autori promjene koje bi se eventualno javile u tom testu na kraju tretmana odlučili pripisati treningu na kompjuteriziranom trenažeru agilnosti. Po završetku istraživanja zaključeno je kako: a) postoje statistički značajna poboljšanja u vremenu reakcije i brzini stopala; b) četverotjedni trening na kompjuteriziranom trenažeru agilnosti statistički značajno poboljšava rezultat u testu brzine promjene smjera kretanja; c) kompjuterizirani trenažer agilnosti pouzdan je mjerni instrument za mjerenje vremena reakcije i brzine stopala. Poboljšanja u vremenu reakcije i brzini stopala mogu se i očekivati s obzirom na četiri tjedna uvježbavanja istih (Åstrand i Rodahl, 1986) ili je u pitanju fenomen familijarizacije, dok napredak u testu brzine promjene smjera kretanja pripisuju preciznom i učinkovitijem kontrahiranju motornih jedinica (Rutherford i Jones, 1986) koje je nastalo kao posljedica treniranja na kompjuteriziranom trenažeru agilnosti. Razlike po spolovima nisu uočene što je

slučaj i kod istraživanja agilnosti rađenom također tijekom četiri tjedna na skupini mladih ljudi (Dean i sur., 1998).



## 2 Problem

Problem ovog rada ustvari je vezan za probleme koji su uočeni u dosadašnjim istraživanjima. Konkretno: a) nedostaju spoznaje o utjecaju ravnoteže na agilnost; b) nedostaju studije koje su istovremeno istraživale utjecaj različitih motoričkih i morfoloških mjera na manifestacije agilnosti; c) nedostaju studije koje su se bavile navedenim relacijama uz anuliranje ili statističko kontroliranje tehnike izvedbe testova kao potencijalnog faktora utjecaja na rezultat u samom testu agilnosti.

### 2.1 *Problem utjecaja ravnoteže na agilnost*

Generalno se mjerenja u kineziologiji mogu podijeliti na laboratorijska i terenska. Dok su laboratorijski testovi pouzdani i valjani, terenski testovi redovito imaju upitnu pouzdanost i preciznost. Ovo je naročito vidljivo kod mjerenja ravnoteže, a s obzirom da se mjerenje ravnoteže primjenom terenskih testova treba smatrati iznimno problematičnim s aspekta pouzdanosti (Sekulić i Metikoš 2007). Postoje validirani mjerni instrumenti koji uspješno mjere ravnotežu ali ih je teško zvati terenskim testovima zbog dimenzija dotične aparature a samim time i teške prenosivosti s jednog mjesta na drugo. Jednako tako zbog unaprijed određenih obrazaca (protokola) mjerenja ravnoteže tim uređajima, teško ih je staviti u kontekst situacijskih ili specifičnih testova. Sljedeći problem vezan uz mjerenje ravnoteže je, s obzirom na gore navedena ograničenja, visoka cijena mjernih instrumenata za procjenu statusa ravnoteže. Protokoli mjerenja ravnoteže u većini slučajeva nadilaze prosječno vrijeme trajanja različitih motoričkih znanja i sposobnosti, ako ne zbog samog testiranja onda zbog pripreme istog jer je najčešće prije mjerenja (ne samo svakog pojedinog ispitanika već svake čestice mjerenja) potrebno pravilno pozicionirati ispitanika i podesiti razne parametre koje su samo njemu svojstveni. Navedeno ima reperkusije na ukupno vrijeme testiranja koje tada treba prolongirati na više od jednoga dana za slučaj veće grupe ispitanika. Duže vrijeme trajanja testova ravnoteže stvara problem i kod kružnog (staničnog) načina testiranja koje se najčešće provodi u kineziološkim istraživanjima. Vječito pitanje motivacije za participiranje i provedbu mjerenja prisutno je i kod profesionalaca u vrhunskom sportu a kamo li kod niže rangiranih sportaša ili studenata na kojima se istraživanja iz područja kineziologije redovito provode. Na tom tragu, novije inačice programa uređaja za mjerenja ravnoteže redovito se unaprjeđuju i obogaćuju raznoraznim zadacima koji sve više sličje računalnim igrama. Sve to osmišljeno je u svrhu odvratanja ispitanikove svijesti od same spoznaje da sudjeluje u dugotrajnom testiranju i samim time usmjeravanja ispitanikove motivacije i angažiranosti na zadatak (igru) za neposredno mjerenje njegovog statusa ravnoteže.

## ***2.2 Problem višestranog utjecaja različitih dimenzija na agilnost***

Problem koji se uz ostale javlja, vezan uz procjenu prediktora agilnosti, jest i problem mjerenja više (ili optimistično svih) poznatih mjerljivih dimenzija antropološkog statusa istovremeno. Dosadašnja istraživanja redovito su istovremeno istraživala utjecaj samo jedne ili dvije motoričke sposobnosti na agilnost (najčešće snage i brzine). Rezultati tako provedenih istraživanja ne mogu nam dati jasnu sliku koliki je u stvari generalno parcijalni utjecaj određenog prediktora na agilnost pogotovo ako znamo da su gotovo sva ta istraživanja rađena tranzitivno, ne na istom uzorku ni broju ispitanika. Razlog zbog kojeg ovakva istraživanja nisu provedena mogao bi ležati u činjenici da bi za provedbu takvog jednog istraživanja pojedini ispitanik trebao odraditi velik broj različitih motoričkih i inih testova u kratkom vremenu što je gotovo nemoguće gledajući sa stajališta umora i stupnja koncentriranosti na izvedbu postavljenog zadatka.

## ***2.3 Problem tehnike izvedbe agilnih kretnih struktura***

U uvodnom djelu već je bilo riječi o utjecaju tehnike izvođenja na rezultate postignute u testovima agilnosti. Problem razmatranja tehnike izvođenja je relativno novijeg datuma pa su dosadašnje studije zanemarivale tu činjenicu kao možebitan faktor utjecaja na rezultat. Međutim, jasno je kako ovaj problem ima visoku važnost, te bi se u narednim studijama njime trebalo detaljnije pozabaviti. Po mišljenju autora ovog rada postoje dva načina kako bi se isti mogao riješiti.

Prva mogućnost sastoji se od toga da se kao posebna varijabla analizira sama tehnika izvedbe agilnih kretnih struktura. Na taj bi se način u stvari dobio uvid u utjecaju same tehnike kretanja na manifestacije agilnosti.

Druga mogućnost, a koja se koristila u ovdje provedenom istraživanju, vezuje se za odabir uzorka ispitanika koji imaju podjednaku tehniku izvođenja. Ovakav uzorak može se dobiti u slučajevima kada bi se selektirali ispitanici podjednako "dobre" tehnike izvede agilnih kretnih struktura, ili kada bi se selektirali ispitanici podjednako "loše" izvede. Problem kod prvog pristupa odabira ispitanika svodi se uglavnom na malen broj ispitanika, standardizaciju mjernih procedura i smanjen broj manifestacija (latentnih dimenzija) agilnosti koje bi kod takvog uzorka ispitanika mogli mjeriti. Taj problem po mišljenju autora ovog rada nadišao se istražujući agilnost na skupini ispitanika čija je tehnika izvedbe podjednako "loša". Ova tvrdnja počiva na pretpostavci da ispitanici koji se ne bave aktivno nekim sportom, nemaju uvježbane agilne kretne strukture što ih u konačnici i svrstava u svojevrsan heterogeni uzorak ispitanika. Preciznije ovim ispitanicima faktori koji utječu na agilnost u stvari su brzina, eksplozivna snaga i ravnoteža.

### 3 Cilj istraživanja

Ciljevi ovdje provedenog istraživanja mogu se podijeliti na glavne ciljeve i određeni broj pripadajućih parcijalnih ciljeva.

Temeljni ciljevi istraživanja su:

- definirati utjecaj morfoloških osobina i nekih motoričkih sposobnosti (pojedinih mjera eksplozivne snage, brzine, ravnoteže i fleksibilnosti) na rezultate u testovima agilnosti kod dječaka u pubertetu
- definirati utjecaj morfoloških osobina i nekih motoričkih sposobnosti (pojedinih mjera eksplozivne snage, brzine, ravnoteže i fleksibilnosti) na rezultate u testovima agilnosti kod djevojčica u pubertetu

Parcijalni ciljevi istraživanja su:

- 1) utvrditi metrijske karakteristike primijenjenih testova
  - a. morfoloških osobina
  - b. fleksibilnosti
  - c. brzine
  - d. eksplozivne snage
  - e. ravnoteže
  - f. agilnosti
- 2) utvrditi univarijatni i multivarijatni utjecaj brzine na agilnost različitih manifestacijskih oblika
- 3) utvrditi univarijatni i multivarijatni utjecaj pojedinih mjera fleksibilnosti na agilnost različitih manifestacijskih oblika
- 4) utvrditi univarijatni i multivarijatni utjecaj eksplozivne snage na agilnost različitih manifestacijskih oblika
- 5) utvrditi univarijatni i multivarijatni utjecaj ravnoteže na agilnost različitih manifestacijskih oblika
- 6) utvrditi univarijatni i multivarijatni utjecaj morfoloških osobina na agilnost različitih manifestacijskih oblika
- 7) utvrditi multivarijatne povezanosti brzine, ravnoteže, eksplozivne snage i morfoloških sposobnosti (prediktora) na različite manifestacije agilnosti (kriteriji)

Svi navedeni podciljevi razmatrati će se odvojeno za djevojčice i dječake.

## 4 Metode rada

### 4.1 *Uzorak ispitanika*

Istraživanje se provelo na 73 dječaka i 63 djevojčice, dobi 13-14 godina koji se nisu aktivno bavili sportom ili su se bavili sportovima čije se kretne strukture bitno razlikuju od kretnji koje su korištene prilikom izvođenja odabranih testova agilnosti. Na ovaj način pokušalo se u određenoj mjeri anulirati utjecaj tehnike izvedbe testova na konačni rezultat u varijablama agilnosti. Uzorak ispitanika odabran je s ciljem da se analiziraju ispitanici kod kojih nije došlo do znatnijeg razvoja tehnike izvođenja agilnih kretnih struktura, a koja bi mogla u određenoj mjeri izravno utjecati na rezultat u testovima agilnosti.<sup>1</sup> Stoga se za uzorak ispitanika ovog uzrasta i razine prethodne treniranosti (niska razina tehničkih znanja u kretnjama agilnosti) pretpostavljalo da će omogućiti dobivanje egzaktnih pokazatelja o utjecaju morfoloških mjera, eksplozivne snage, brzine i ravnoteže na različite manifestacije agilnosti (vidjeti daljnji tekst). Kako bi se kontrolirala biološka dob ispitanika primijenjena je Tannerova metoda (Rapkin i sur., 2006; Slora i sur., 2009; Sun i sur., 2012). Kontrola biološke dobi ispitanika provedena je u specijalističkoj ambulanti školske medicine.

---

<sup>1</sup> Ovaj problem istraživan je prethodno u disertaciji Čavara iz 2012. godine

## **4.2 Uzorak varijabli**

Ukupan uzorak varijabli može se podijeliti u dva seta varijabli: set prediktorskih varijabli i set kriterijskih varijabli. Prediktorske varijable uključivale su motoričke varijable i varijable morfološkog statusa. Set kriterijskih varijabli sačinjavale su varijable agilnosti.

### **4.2.1 Prediktorske varijable**

#### **4.2.1.1 Morfološke antropometrijske varijable**

Mjere sastava tijela (bezmasna masa tijela izražena u kilogramima - LEAN; količina tjelesne masti izražena u kilogramima BFATKG; postotak masnog tkiva u ukupnoj masi tijela - BFAT) mjerene su primjenom Maltron BF 900 analizator (Maltron International Ltd, Rayleigh, GB) (Peric i sur., 2012; Tomljanovic i sur., 2011). Maltron radi na principu bio-električne impedance na 50kHz. Ova oprema koristi tzv. tetrapolarnu metodu te se na ispitanika spajaju četiri elektrode na desnu stranu tijela, i to na dlan, ručni zglob, gležanj i stopalo.

ATV - visina tijela mjerila se antropometrom. Ispitanik stoji na ravnoj podlozi s težinom raspoređenom jednako na obje noge. Ramena su relaksirana, pete skupljene, a glava postavljena u položaj tzv. frankfurtske horizontale, što znači da je zamišljena linija koja spaja donji rub lijeve orbite i tragus heliksa lijevog uha u vodoravnom položaju. Vodoravni krak antropometra spušta se do tjemena glave (točka vertex) tako da prianja čvrsto, ali bez pritiska. Varijabla ATV izračunata je aritmetičkom sredinom triju čestica mjerenja, na razini preciznosti od pola centimetra.

ATT- tjelesna masa mjerila se decimalnom vagom CLASSE (Austria). Ispitanik stoji na vagi obučen u donje rublje. Varijabla ATT izračunata je aritmetičkom sredinom triju čestica mjerenja, na razini preciznosti od desetine kilograma.

ADN - duljina noge (spina iliaca) mjerila se antropometrom. Ispitanik stoji na ravnoj podlozi, s nešto razmaknutim paralelnim stopalima. Težina je jednako raspoređena na obje noge. Mjerilo se udaljenost od baze do točke iliospinale (spina iliaca anterior superior) na koju se postavlja vrh pomičnog kraka antropometra. Varijabla ADN izračunata je aritmetičkom sredinom triju čestica mjerenja, na razini preciznosti od desetine centimetra.

ASV - sjedeća visina mjerila se antropometrom. Ispitanik sjedi na stolici, ispruženog je trupa, glave u položaju tzv. frankfurtske horizontale, opuštenih nogu koje dodiruju podlogu. Antropometar se postavlja vertikalno uz leđa ispitanika tako da ih dotiče u području sakruma i interskapularno. Pomični krak antropometra spušta se na točku vertex kao i pri mjerenju visine tijela. Varijabla ASV izračunata je aritmetičkom sredinom triju čestica mjerenja, na razini preciznosti od desetine centimetra.

BMI - indeks tjelesne mase (body mass index); predstavlja kvocijent vrijednosti tjelesne mase, izražene u kilogramima i kvadrata vrijednosti tjelesne visine izražene u metrima.

$$\text{BMI} = \text{tjelesna masa} / \text{tjelesna visina}^2$$

#### 4.2.1.2 Motoričke varijable

##### 4.2.1.2.1 Eksplozivna i reaktivna snaga

Za procjenu eksplozivne snage koristili su se testovi skok u dalj s mjesta i skok u vis s mjesta. Test skok u vis s mjesta procjenjivao se pomoću Optojump sistema čije su izvrsne mjerne karakteristike za mjerenje visine skoka potvrđene ranijim istraživanjima (Sattler i sur., 2012)

SDM – skok u dalj s mjesta je procedura za procjenu eksplozivne snage tipa horizontalne skočnosti koja podrazumijeva izvođenje skoka u dalj s prethodnom ekscentričnom kontrakcijom. Skok u dalj s mjesta izvodio se na standardnoj mjernoj podlozi. Ispitanik stoji sunožno, nožnim prstima tik do nulte oznake na mjernoj skali, zamahuje rukama unatrag uz odlazak u polučučanj i pretklon nakon čega slijedi snažan zamah rukama naprijed uz opružanje nogu i skok prema naprijed. Rezultat skoka je udaljenost izmjerena od nulte oznake (točke odraza) do najbližeg dijela tijela ispitanika koje je dotaknulo podlogu nakon doskoka. Kao rezultat na testu uzimao se najbolji rezultat postignut kroz tri čestice mjerenja, mjeren u centimetrima. Pauza između čestica bila je 10-15 sekundi.

MSV – skok u vis s mjesta je procedura za procjenu eksplozivne snage tipa vertikalne skočnosti koja podrazumijeva izvođenje skoka u vis s prethodnom ekscentričnom kontrakcijom. Radi se o vrlo često korištenoj i istraživanoj test proceduri za procjenu eksplozivne snage tipa skočnosti (Acero i sur., 2011; Castro-Pinero i sur., 2010; Gonzalez-Badillo i Marques, 2010; Hori i sur., 2009; Markovic i sur., 2004). Test se izvodio bez zamaha ruku (dlanovi su za vrijeme izvođenja bili na kukovima). Ispitanik krene u čučanj do kuta u koljenu od cca. 90° nakon čega eksplozivno opruža noge i skače u vis. Kao rezultat na testu uzimao se najbolji rezultat postignut kroz tri čestice mjerenja, mjeren u centimetrima. Pauza između čestica bila je 10-15 sekundi.

MBP – test bočni preskoci korišten je za procjenu reaktivne snage. Test se izvodi u petnaest sekundi i rezultat je broj preskoka preko preponice visine 20 cm. Na početku testa ispitanik stoji bočno od preponice i čeka znak mjerioca nakon čega počne sunožno preskakati preponicu. Za cijelo vrijeme izvođenja testa sagitalna ravnina ispitanika mora biti paralelna s preponicom i ispitanik mora stopala držati sunožno. Kao rezultat na testu uzimao se najbolji rezultat postignut kroz tri čestice mjerenja, mjeren u centimetrima. Pauza između čestica bila je 3-4 minute.

#### 4.2.1.2.2 *Brzina trčanja – sprinta*

Tri testa za procjenu brzine sprinta mjerena su simultano pomoću triju elektronskih vrata (Brower Timing System, Salt Lake City, UT, USA). Prva elektronska vrata postavljena su na nultom metru, druga na petom, a treća na petnaestom metru. Ispitanici su kretali iz stojećeg (visokog) starta s oznake postavljene 0.5 metara prije startne linije kako bi se izbjegao utjecaj tehnike samog starta na rezultat. Izbor prednje noge prilikom starta ostavljen je na izbor ispitanicima, kao i trenutak starta (ispitanici su započinjali trčanje kada su se osjetili spremi). Za test S5M u obzir se uzimalo vrijeme zabilježeno između prvih i drugih elektronskih vrata, za test S10M drugih i trećih elektronskih vrata, a za test S15M prvih i trećih elektronskih vrata. Kao rezultat na testu uzimao se najbolji rezultat postignut kroz tri čestice mjerenja, mjeren u stotinkama sekunde. Pauza između čestica bila je 3-4 minute.

#### 4.2.1.2.3 *Fleksibilnost*

EVERZIJA – everziju stopala mjerilo se goniometrom postavljenim preko dorzalne površine stopala, po sredini između dva maleola. Nepokretni krak postavlja se duž prednje površine preko vrha tibie u liniji sa tuberositas tibie, a pokretni krak se postavlja duž dorzalne površine druge metatarzalne kosti. Ispitaniku se izveo pasivni pokret i očitale su se dobivene vrijednosti izražene u stupnjevima. Prilikom mjerenja everzije stopala treba obratiti pozornost da ne dolazi do lateralne rotacije u koljenu, te treba omogućiti pokret dorzalne fleksije stopala. Potkoljenica je fiksirana. Kao rezultat na testu uzimao se najbolji rezultat postignut kroz tri čestice mjerenja, mjeren u stupnjevima.

INVERZIJA – inverziju stopala mjerilo se goniometrom postavljenim preko dorzalne površine stopala, po sredini između dva maleola. Nepokretni krak postavlja se duž prednje površine preko vrha tibie u liniji sa tuberositas tibie, a pokretni krak se postavlja duž dorzalne površine druge metatarzalne kosti. Ispitaniku se izveo pasivni pokret i očitale su se dobivene vrijednosti izražene u stupnjevima. Prilikom mjerenja inverzije stopala treba obratiti pozornost da ne dolazi do medijalne rotacije i ektenzije u koljenom zglobu, te treba omogućiti pokret plantarne fleksije stopala. Potkoljenica je fiksirana. Kao rezultat na testu uzimao se najbolji rezultat postignut kroz tri čestice mjerenja, mjeren u stupnjevima.

DORZFLEX – dorzalnu fleksiju mjerilo se goniometrom postavljenim na lateralnu stranu maleolusa uz fibulu. Nepomični krak postavlja se paralelno s lateralnom srednjom linijom prema fibularnoj glavi (duž lateralne strane potkoljenice), dok se pomični krak postavlja paralelno s lateralnom srednjom linijom calcaneusa (dužina od kalkaneusa do malog prsta na stopalu). Ispitaniku se izveo pasivni pokret i očitane su dobivene vrijednosti izražene u stupnjevima. Treba obratiti pozornost da pri mjerenju ne dolazi do pokreta everzije i inverzije stopala, te rotacije u kuku. Potkoljenica je fiksirana. Kao rezultat na testu uzimao se najbolji rezultat postignut kroz tri čestice mjerenja, mjeren u stupnjevima.

PLANTFLEX – plantarnu fleksiju mjerilo se goniometrom postavljenim na lateralnu stranu maleolusa uz fibulu. Nepomični krak postavlja se paralelno s lateralnom srednjom linijom prema fibularnoj glavi (duž lateralne strane potkoljenice), dok se pomični krak postavlja paralelno s lateralnom srednjom linijom calcaneusa (dužina od kalkaneusa do malog prsta na stopalu). Ispitaniku se izveo pasivni pokret i očitane su dobivene vrijednosti izražene u stupnjevima. Treba obratiti pozornost da pri mjerenju ne dolazi do pokreta everzije i inverzije stopala, te rotacije u kuku. Potkoljenica je fiksirana. Kao rezultat na testu uzimao se najbolji rezultat postignut kroz tri čestice mjerenja, mjeren u stupnjevima.

#### 4.2.1.2.4 Ravnoteža

Na početku testiranja ispitanika je potrebno pravilno pozicionirati na platformu bez obuće. Projekcija centra mase ispitanika (centra težišta) na ekranu BBS-a (Biodex Balance System) prikazana je crnom točkom a ispitanika je potrebno pozicionirati tako da mu je (kada miruje u uspravnom stavu s rukama uz tijelo) projekcija centra mase u sredini koordinatnog sustava prikazanog na ekranu. Stopala ispitanika nalaze se od prilike u širini ramena, dakle stav nije sunožan. Nakon toga potrebno je pritiskom na tipku potvrditi da je projekcija centra mase u središtu. Iznimno je bitno da u momentu potvrde projekcija centra mase uistinu i bude pozicionirana u centru jer će software u protivnom za vrijeme testa kalkulacije raditi u odnosu na taj „novi“ centar i dobiveni podaci će biti netočni iako je ispitanik možda za vrijeme testa idealno održavao projekciju svog centra mase u sjecištu koordinatnog sustava na ekranu. Stopala ispitanika za vrijeme pozicioniranja ispitanika kao i za vrijeme testiranja moraju cijelom površinom biti na platformi (izbjegavati dizanje na prste, pete,...). Ispitanici su test izvodili bosi.

OSI – Postural Stability testom se testira ispitanikova sposobnost da projekciju centra mase zadrži u centru. Kao rezultat testa na ekranu BBS-a ispisuje se Overall Stability Indeks (OSI) koji predstavlja prosječan nagib platforme u svim smjerovima za vrijeme testiranja tj. kut odklona platforme od horizontale. Manji indeks znači veću stabilnost na platformi (Costa i sur., 2009). Kada test započne zadatak je ispitanika da projekciju centra mase zadrži u centru koordinatnog sustava ili bar što bliže centru što je duže moguće. Ispitanik gleda ravno u ekran BBS-a koji smo prethodno namjestili u razinu njegovih očiju kako samo pomicanje glave ne bi odmoglo održavanju ravnotežnog položaja. Platforma je bila namještena na težinu 9 (1 – najnestabilnija, 12 – najstabilnija), a ispitanici su svaku česticu odrađivali u 20 sekundi s pauzom od 10 sekundi među česticama. Kao rezultat na testu uzimao se najbolji rezultat postignut kroz tri čestice mjerenja.

LOS – Limits of Stability (LOS) test zahtjeva od ispitanika da pomiče i kontrolira svoj centar mase unutar svoje površine oslonca. Na ekranu se nalazi 9 točkica od kojih je jedna centralna i ukoliko je ispitanik pravilno pozicioniran na platformu, u njoj bi se na početku testa trebala nalaziti projekcija centra mase ispitanika. Zadatak ispitanika je da premjesti projekciju centra mase poviše točkice koja u tom trenutku trepti. Točkice trepte naizmjenično tako da ispitanik ne može znati u kojem smjeru će u sljedećem trenutku morati pomjeriti svoj centar mase. Rezultat u testu je bolji ako je ispitaniku bilo potrebno manje vremena da završi test i ako je do trepćućih točkica dolazio brzo i efikasno (najkraćim putem bez puno odstupanja od idealnog pravca koji spaja točkicu od koje je krenuo do točkice koja trepti). Platforma je bila namještena na težinu 9 (1 –

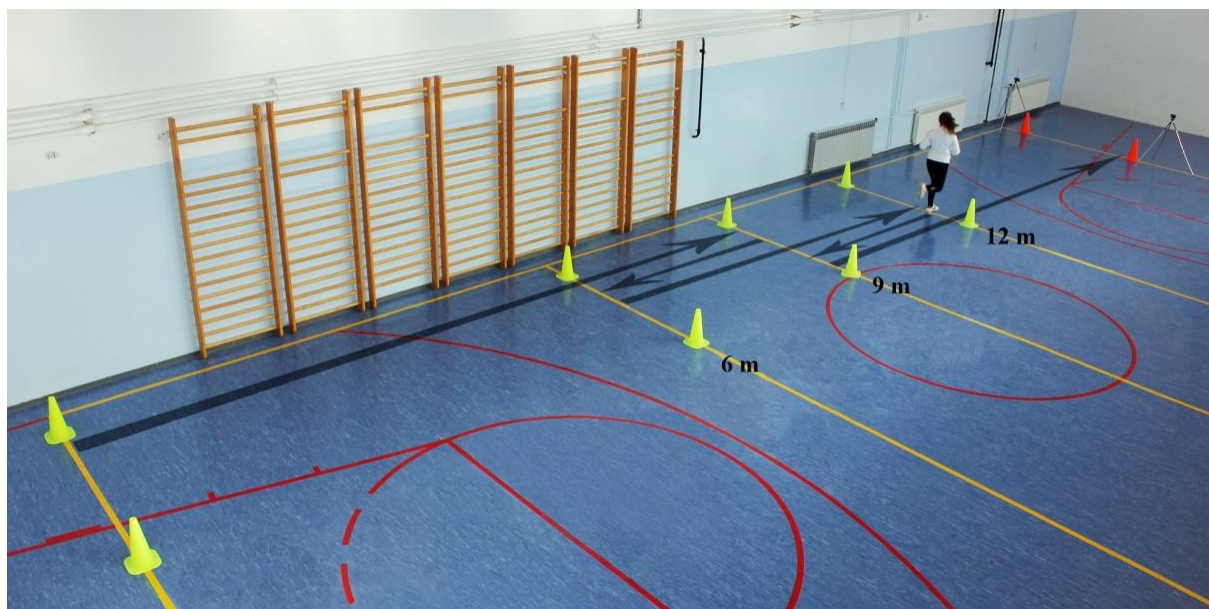


najnestabilnija, 12 – najstabilnija). U najkraćim crtama, dinamički LOS test služi kako bi odredili koliko brzo i precizno ispitanik premješta svoj centar mase te koliko brzo i precizno ispitanik uspostavlja ravnotežu u novoj (zadanoj) poziciji. Kao rezultat testa ispisuje se Overall koji predstavlja ukupni broj bodova na testu (od maksimalnih 100). Kao rezultat na testu uzimao se rezultat koji uređaj ispiše nakon tri čestice mjerenja i pauzama od 10 sekundi među njima.

## 4.2.2 Kriterijske varijable – mjere agilnosti

T180 – za test naprijed-natrag s okretom za 180° potrebno je postaviti 5 paralelnih linija dugih 1 metar. Prva linija je startna linija. Ostale linije postavljene su na 6, 9, 12 i 18 metara od startne linije. Ispitanik kreće na znak iz visokog starta i trči do linije na 9 metara. Kada je prekorači radi okret za 180° i trči prema liniji na 6 metara. Kada prekorači liniju na 6 metara radi okret za 180° i trči prema liniji na 12 metara. Kada prekorači liniju na 12 metara radi okret za 180° i trči prema ciljnoj liniji na 18 metara. Izbor prednje noge prilikom starta ostavljen je na izbor ispitanicima. Vrijeme se mjerilo elektronskim vratima (Brower Timing System, Salt Lake City, UT, USA) u stotinkama sekunde. Kao rezultat na testu uzimao se najbolji rezultat postignut kroz tri čestice mjerenja. Pauza između čestica bila je 3-4 minute.

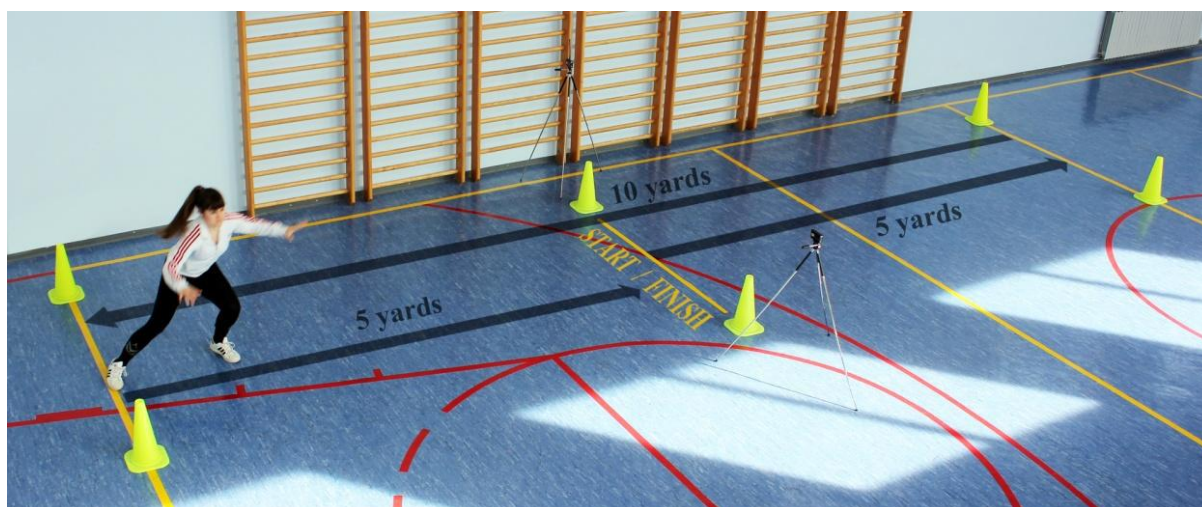
Slika 1. Testovi agilnosti T180 i NNT



NNT – izvedba i mjerenje testa naprijed-natrag ista je kao i kod testa naprijed-natrag s okretom za 180° (T180) ali bez okreta za 180° što znači da je ispitanik za cijelo vrijeme izvedbe testa licem okrenut prema ciljnoj liniji tj. da dionice od 9 do 6 metara i od 12 do 9 metara pretrčava trčanjem unatrag.

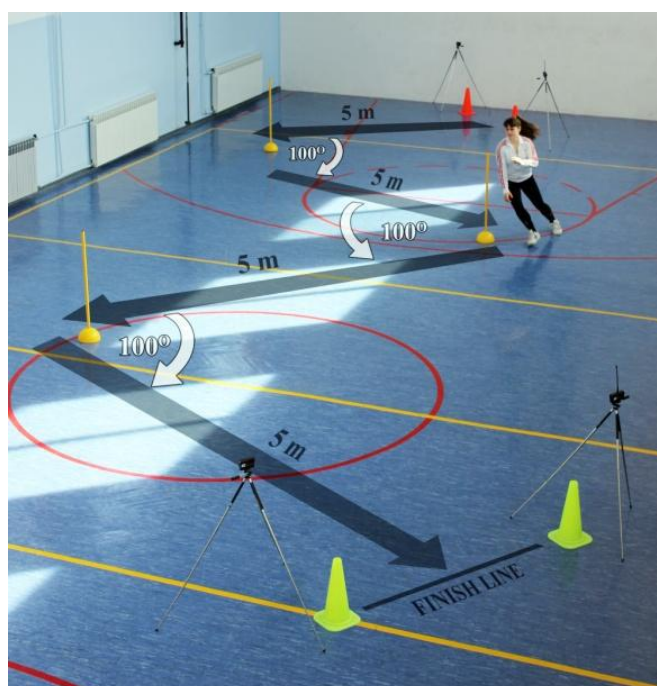
T20Y – startni položaj ispitanika je da s dvije noge stoji na podu (po jedna sa svake strane startne/ciljne linije) i da pod dodiruje jednom rukom. Na znak, ispitanik kreće u jednu stranu (po izboru) prema bočnoj liniji udaljenoj 5 jardi (4.57 metara) od startne/ciljne linije, prekorači preko bočne linije i trči prema drugoj bočnoj liniji udaljenoj 10 jardi (9.14 metara), dotakne rukom bočnu liniju i trči prema startnoj/ciljnoj liniji. Vrijeme se mjerilo elektronskim vratima (Brower Timing System, Salt Lake City, UT, USA) u stotinkama sekunde, a kao rezultat na testu uzimao se najbolji rezultat postignut kroz tri čestice mjerenja. Pauza između čestica bila je 3-4 minute.

Slika 2. Test agilnost T20Y



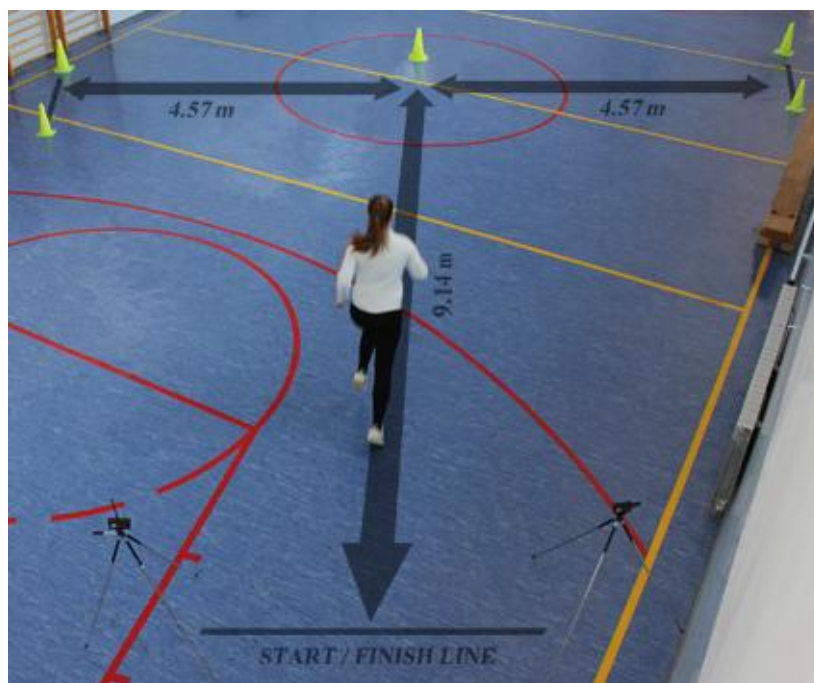
MCC – Cik-cak test sastoji se od četiri dužine po pet metara. Svaka se dužina nalazi pod kutom od 100 stupnjeva uz odnosu na prethodnu. Na spoju dužina postavljene su zastavice koje ispitanik mora obići s vanjske strane. Na ciljnoj liniji nalaze se elektronska vrata (Brower Timing System, Salt Lake City, UT, USA) koja mjere vrijeme u stotinkama sekunde. Ispitanik iz visokog starta kreće na znak i trči prema prvoj zastavici, obilazi je s desne strane, zatim trči prema drugoj zastavici i obilazi je s lijeve strane, nastavlja trčati prema trećoj zastavici i obilazi je s desne strane nakon čega trči ravno do cilja. Izbor prednje noge prilikom starta ostavljen je na izbor ispitanicima. Kao rezultat na testu uzimao se najbolji rezultat postignut kroz tri čestice mjerenja. Pauza između čestica bila je 3-4 minute.

Slika 3. Test agilnosti MCC



MTT – 9.14 metara od startne/ciljne linije nalazi se čunj. Ispitanik trči pravo do čunja i zatim po izboru, lijevo ili desno, bočnim kretanjem (korak-dokorak) do prve bočne linije koja se nalazi 4.57 metara od prvog čunja. Nakon što nogom prekorači prvu bočnu liniju, bočnim kretanjem (korak-dokorak) ispitanik se kreće u suprotnu stranu prema drugoj bočnoj liniji udaljenoj 9.14 metara. Nakon što nogom prekorači drugu bočnu liniju, ispitanik se bočnim kretanjem (korak-dokorak) kreće u suprotnu stranu prema čunju udaljenom 4.57 metara. Kada dođe do čunja, ispitanik trči unatrag prema startnoj/ciljnoj liniji. Izbor prednje noge prilikom starta ostavljen je na izbor ispitanicima. Vrijeme se mjerilo elektronskim vratima (Brower Timing System, Salt Lake City, UT, USA) u stotinkama sekunde, a kao rezultat na testu uzimao se najbolji rezultat postignut kroz tri čestice mjerenja. Pauza između čestica bila je 3-4 minute.

Slika 4. Test agilnosti MTT



### 4.3 Metode obrade rezultata

Obrada rezultata podrazumijevala je:

a) definiranje metrijskih karakteristika višečestinih mjernih instrumenata (Cronbachov koeficijent, prosječna korelacija, koeficijent varijacije, stabilnost mjerenja);

b) deskriptivne statističke procedure;

c) korelacijske i multiple regresijske analize kojima se utvrdila povezanost prediktorskih varijabli (brzina, eksplozivna snaga, fleksibilnost, ravnoteža i antropometrija) s manifestacijama agilnosti (kriteriji).

Radi definiranja metrijskih karakteristika izračunati su:

- Cronbachov koeficijent
- prosječna korelacija
- koeficijent varijacije

Pored pouzdanosti analizirana je stabilnost mjerenja uz izračunavanje parametara analize varijance.

Faktorska valjanost mjernih instrumenata izračunata je primjenom serije faktorskih analiza<sup>2</sup>

Povezanosti među varijablama utvrđene su putem korelacijskih i multiplih regresijskih analiza uz izračunavanje:

- koeficijenta korelacije,
- multiplih korelacijskih koeficijenata,
- koeficijenta determinacije i
- pripadajućih razina značajnosti.

Korištena je forward stepwise regresijska analiza.

---

<sup>2</sup> S obzirom da su korištene forward-stepwise regresijske procedure faktorska valjanost nije posebno diskutirana već je prikazana u Prilogu rada

## **4.4 Eksperiment**

Istraživanje se provelo u Splitu, tijekom zimskog i proljetnog perioda školske 2011-12 godine. Ispitanici su najprije selektirani s obzirom na ideju da se u istraživanje uključilo samo one koji se ne bave sportovima u kojima postoji naglašena potreba za agilnošću (košarka, nogomet, rukomet, tenis), a kako bi se izbjegao utjecaj tehnike izvedbe i jasnije definirao utjecaj motoričkih i morfoloških varijabli na manifestaciju agilnosti.

Testiranje se provelo u istim uvjetima za sve ispitanike (školska dvorana, period godine) i istom mjernom opremom. Istraživanje se radilo u manjim grupama, te je svaki ispitanik bio testiran na svim varijablama u periodu od jednog tjedna. Mjerenje su provodili iskusni mjeritelji koji su već provodili slična mjerenja (Tomljanovic i sur., 2011). U istraživanje su bili uključeni samo ispitanici kojima se barem jedan roditelj suglasi sa planom i protokolom rada prilikom provedbe.

Odobrenje za provedbu istraživanja dalo je etičko povjerenstvo Kineziološkog fakulteta, Sveučilišta u Splitu.

## 5 Rezultati

### 5.1 Pouzdanost

Tablica 1

Mjere pouzdanosti antropometrijskih varijabli (dječaci)

(AS – aritmetička sredina, SD – standardna devijacija, CA – Cronbachova Alpha, IIR – prosječna korelacija čestica, F – F test analize varijance, CV – koeficijent varijacije, \* označava značajne razlike)

	AS	SD	CA	IIR	F	CV
ATV1	170.94	8.54	0.99	0.99	0.46	0.2%
ATV2	170.95	8.42				
ATV3	170.91	8.46				
ATT1	62.49	15.22	0.99	0.99	0.16	0.1%
ATT2	62.49	15.21				
ATT3	62.48	15.2				
ADN1	97.76	4.63	0.99	0.99	0.29	0.2%
ADN2	97.74	4.62				
ADN3	97.76	4.59				
ASV1	87.87	5.22	0.99	0.99	9.75*	0.3%
ASV2	87.73	5.21				
ASV3	87.73	5.17				

LEGENDA: ATV – tjelesna visina; ATT – tjelesna masa; ADN – duljina noge; ASV – sjedeća visina

Kod dječaka, morfološke mjere imaju najbolju pouzdanost od svih analiziranih varijabli. Ona za CA iznosi 0.99, što je vidljivo i za parametar IIR. Radi se o gotovo maksimalnim vrijednostima. Ovo je popraćeno i izuzetno visokom pouzdanošću analiziranom kroz CV koja je za sve



morfološke varijable manja od 1% prosječnog variranja rezultata od čestice do čestice mjerenja. Analiza varijance ukazuje na visoku stabilnost mjerenja, osim za varijablu ASV. Konkretno, kod ove varijable javljaju se značajne razlike između prvog i drugog, te prvog i trećeg mjerenja, dok se rezultat stabilizira od drugog do trećeg mjerenja.

Tablica 2

Mjere pouzdanosti motoričkih testova – eksplozivna snaga, brzina, reaktivna snaga, fleksibilnosti i ravnoteže (dječaci)

(AS – aritmetička sredina, SD – standardna devijacija, CA – Cronbachova Alpha, IIR – prosječna korelacija čestica, F – F test analize varijance, CV – koeficijent varijacije, \* označava značajne razlike)

	AS	SD	CA	IIR	F	CV
SDM1	169.23	29.48	0.98	0.93	34.07*	4.3%
SDM2	175.32	26.55				
SDM3	179.47	27.42				
MSV1	25.1	5.54	0.97	0.92	3.12*	6.8%
MSV2	25.44	5.98				
MSV3	25.81	6.05				
MBP1	28.93	4.72	0.95	0.87	3.65*	5.9%
MBP2	29.33	4.63				
MBP3	29.71	4.66				
S5M1	1.19	0.13	0.75	0.5	0.27	7.3%
S5M2	1.2	0.1				
S5M3	1.19	0.1				
S10M1	1.67	0.16	0.96	0.89	3.36*	4.2%
S10M2	1.69	0.19				
S10M3	1.7	0.22				
S15M1	2.86	0.24	0.95	0.87	2.04	3.7%
S15M2	2.89	0.26				
S15M3	2.9	0.29				
EVERZIJA1	37.03	7.11	0.99	0.98	26.47*	2.9%
EVERZIJA2	38.05	7.45				
EVERZIJA3	38.33	7.65				
INVERZIJA1	39.55	8.81	0.99	0.98	55.37*	2.8%
INVERZIJA2	40.91	8.58				
INVERZIJA3	41.41	8.64				
DORZFLEX1	22.73	6.56	0.99	0.97	41.48*	5%
DORZFLEX2	23.89	6.39				
DORZFLEX3	24.42	6.32				
PLANTFLEX1	39.13	8.05	0.99	0.97	41.83*	3.5%
PLANTFLEX2	40.67	8.18				
PLANTFLEX3	41.11	8.11				
OSI1	1.27	1.18	0.98	0.96	10.04*	27.4%
OSI2	1.14	0.98				
OSI3	1.06	0.81				

LEGENDA: SDM – skok u dalj s mjesta; MSV – skoku vis s mjesta; MBP – bočni preskoci; S5M – sprint na 5 metara; S10M – sprint na 10 metara; S15M – sprint na 15 metara; EVERZIJA – everzija stopala; INVERZIJA – inverzija stopala; DORZFLEX – dorzalna fleksija; PLANTFLEX – plantarna fleksija; OSI – „overall stability indeks“

Mjere eksplozivne i reaktivne snage također imaju relativno visoku pouzdanost. Konkretno, varijable skokova imaju podjednake vrijednosti CA i IIR, dok je nešto niža, ali i dalje zadovoljavajuća vrijednost IIR zabilježena na testu reaktivne snage. O razlozima ovih razlika diskutirati će se u zasebnom poglavlju. CV parametri kreću se za ove tri varijable u rasponu od 4.3% do 6.8% prosječnog variranja. ANOVA je ukazala da kod MSV i MBP dolazi do stabilizacije rezultata kod trećeg mjerenja (samo se prva i treća čestica značajno razlikuju), dok to nije slučaj kod SDM gdje je prisutan trend poboljšanja od čestice do čestice.

Za dva (S5M i S15M) od tri testa kojima se procjenjivala brzina ANOVA ukazuje na visoku stabilnost mjerenja, dok se kod varijable S10M samo prva i treća čestica značajno razlikuju što ukazuje na pojavu stabilizacije rezultata kod trećeg mjerenja. Pouzdanost je najveća kod varijable S10M (CA=0.96, IIR=0.89), te nešto manja kod varijable S15M (CA=0.95, IIR=0.87). Za varijablu S5M izračunate su najmanje vrijednosti koeficijenata pouzdanosti (CA=0.75, IIR=0.5), što su ujedno najniže vrijednosti pouzdanosti od svih testova korištenih u ovom istraživanju na uzorku dječaka. Također su najniže vrijednosti pouzdanosti zabilježene kod ove varijable na uzorku djevojčica o čemu će se diskutirati u zasebnom poglavlju. Za ove tri varijable CV parametri kreću se u rasponu od 3.7% do 7.3% prosječnog variranja.

Mjere fleksibilnosti gležnja pokazale su izrazito visoku pouzdanost (CA=0.99, a IIR od 0.97 do 0.98). Prosječno variranje rezultata od čestice do čestice mjerenja (CV) kretalo se u rasponu od 2.8% do 5%. ANOVA je ukazala da se kod varijabli EVERZIJA i PLANTFLEX javljaju značajne razlike između prvog i drugog, te prvog i trećeg mjerenja, dok se rezultat stabilizira od drugog do trećeg mjerenja, što nije slučaj kod varijabli INVERZIJA i DORZFLEX gdje je prisutan trend poboljšanja od čestice do čestice.

Za varijablu OSI izračunati su visoki koeficijenti pouzdanosti (CA=0.98 i IIR=0.96), a prosječno variranje rezultata ovog testa je 27.4%. ANOVA za varijablu OSI ukazuje na značajne razlike između prvog i drugog, te prvog i trećeg mjerenja, dok od drugog do trećeg mjerenja dolazi do stabilizacije rezultata.

Sam protokol uređaja Biodex-Balance-System kojim se procjenjuje varijabla LOS odrađuje se kroz tri čestice mjerenja između koji uređaj ne prikazuje rezultat pojedine čestice. Nakon treće čestice mjerenja, uređaj kao rezultat navede prosječnu vrijednost triju čestica pa stoga nije moguće izračunati pouzdanost ovog protokola Biodex-Balance-Systema na način na koji se pouzdanost izračunavala za druge mjerne instrumente.

Tablica 3

## Mjere pouzdanosti testova agilnosti (dječaci)

(AS – aritmetička sredina, SD – standardna devijacija, CA – Cronbachova Alpha, IIR – prosječna korelacija čestica, F – F test analize varijance, CV – koeficijent varijacije, \* označava značajne razlike)

	AS	SD	CA	IIR	F	CV
NNT1	9.62	1.01	0.94	0.85	8.38*	4.1%
NNT2	9.45	0.97				
NNT3	9.36	0.97				
T1801	9.32	0.92	0.95	0.88	10.03*	3.5%
T1802	9.19	0.92				
T1803	9.08	0.9				
T20Y1	6.1	0.53	0.95	0.87	7.44*	3.7%
T20Y2	6.03	0.61				
T20Y3	5.95	0.62				
MCC1	6.66	0.59	0.93	0.81	7.09*	4.3%
MCC2	6.54	0.63				
MCC3	6.49	0.64				
MTT1	12.84	1.28	0.93	0.82	12.19*	8.3%
MTT2	12.49	1.24				
MTT3	12.37	1.24				

LEGENDA: NNT – test naprijed-nazad; T180 – test naprijed-nazad s okretom; T20Y – test 20 jardi; MCC – cik-cak test; MTT – T test

Testovi agilnosti pokazali su relativno visoku pouzdanost. CA vrijednosti kretale su se u rasponu od 0.93 do 0.95, dok su zabilježene vrijednosti IIR bile nešto niže (od 0.81 do 0.88). Kod pet

testova agilnosti CV ukazuju na variranje od 3.5% do 8.3% prosječnog variranja rezultata od čestice do čestice mjerenja. Za varijable NNT, MCC i MTT ANOVA ukazuje na značajne razlike između prvog i drugog, te prvog i trećeg mjerenja, dok se za varijable T180 i T20Y bilježi značajna razlika samo između prve i treće čestice o čemu će se diskutirati u zasebnom poglavlju.

Tablica 4

## Mjere pouzdanosti antropometrijskih varijabli (djevojčice)

(AS – aritmetička sredina, SD – standardna devijacija, CA – Cronbachova Alpha, IIR – prosječna korelacija čestica, F – F test analize varijance, CV – koeficijent varijacije, \* označava značajne razlike)

	AS	SD	CA	IIR	F	CV
ATV1	166.43	5.86	0.99	0.99	2.13	0.2%
ATV2	166.28	5.70				
ATV3	166.37	5.81				
ATT1	56.22	9.90	0.99	0.99	0.24	0.1%
ATT2	56.22	9.90				
ATT3	56.23	9.90				
ADN1	95.48	4.51	0.99	0.99	1.38	0.2%
ADN2	95.47	4.59				
ADN3	95.53	4.57				
ASV1	86.45	3.58	0.99	0.99	1.23	0.3%
ASV2	86.38	3.60				
ASV3	86.38	3.62				

LEGENDA: ATV – tjelesna visina; ATT – tjelesna masa; ADN – duljina noge; ASV – sjedeća visina

Kao i kod dječaka, kod uzorka djevojčica morfološke mjere imaju najbolju pouzdanost od svih analiziranih varijabli. Gotovo maksimalne vrijednosti (CA=0.99 i IIR=0.99) dobivene su za sve četiri varijable (ATV, ATT, ADN i ASV), pri čemu je za svaku navedenu varijablu CV manji od 1%. Analizom varijance pokazalo se da nema značajnih razlika među česticama mjerenja, što ukazuje na visoku stabilnost mjerenja.

Tablica 5

Mjere pouzdanosti motoričkih testova – eksplozivna snaga, brzina, reaktivna snaga, fleksibilnosti i ravnoteže (djevojčice)

(AS – aritmetička sredina, SD – standardna devijacija, CA – Cronbachova Alpha, IIR – prosječna korelacija čestica, F – F test analize varijance, CV – koeficijent varijacije, \* označava značajne razlike)

	AS	SD	CA	IIR	F	CV
SDM1	152.36	23.83	0.97	0.92	7.58*	4.5%
SDM2	156.39	24.08				
SDM3	156.95	24.35				
MSV1	20.48	4.23	0.94	0.84	1.78	7.9%
MSV2	20.88	3.92				
MSV3	21.01	4.2				
MBP1	28.59	4.42	0.85	0.67	1.01	8.3%
MBP2	29.05	3.59				
MBP3	29.21	4.32				
S5M1	1.27	0.11	0.73	0.48	1.2	4.4%
S5M2	1.26	0.09				
S5M3	1.27	0.09				
S10M1	1.81	0.14	0.89	0.77	0.15	3.9%
S10M2	1.81	0.15				
S10M3	1.81	0.17				
S15M1	3.07	0.21	0.93	0.83	3.59*	2.5%
S15M2	3.07	0.2				
S15M3	3.1	0.24				
EVERZIJA1	38.08	5.75	0.99	0.98	32.93*	2.3%
EVERZIJA2	39.1	6				
EVERZIJA3	39.29	6.17				
INVERZIJA1	41.16	6.38	0.99	0.98	53.11*	1.9%
INVERZIJA2	42.26	6.42				
INVERZIJA3	42.6	6.43				
DORZFLEX1	25.97	6.73	0.99	0.98	69.86*	3.1%
DORZFLEX2	27.21	6.7				
DORZFLEX3	27.68	6.6				
PLANTFLEX1	42.39	6.69	0.99	0.98	80.73*	2.3%
PLANTFLEX2	43.77	6.55				
PLANTFLEX3	44.66	6.52				
OSI1	0.9	0.4	0.84	0.64	7.28*	24.8%
OSI2	0.81	0.36				
OSI3	0.75	0.26				

LEGENDA: SDM – skok u dalj s mjesta; MSV – skoku vis s mjesta; MBP – bočni preskoci; S5M – sprint na 5 metara; S10M – sprint na 10 metara; S15M – sprint na 15 metara; EVERZIJA – everzija stopala; INVERZIJA – inverzija stopala; DORZFLEX – dorzalna fleksija; PLANTFLEX – plantarna fleksija; OSI – „overall stability indeks“

Dvije mjere eksplozivne snage (SDM i MSV) također imaju relativno visoku pouzdanost, dok varijabla MBP kojom se procjenjivala reaktivna snaga bilježi nešto niže vrijednosti (CA=0.85 i IIR=0.67). O razlozima ovih razlika diskutirati će se u zasebnom poglavlju. CV parametri kreću se za ove tri varijable u rasponu od 4.5% do 8.3% variranja. ANOVA je ukazala da kod varijabli MSV i MBP nema značajnih razlika među česticama mjerenja, što ukazuje na visoku stabilnost mjerenja. To nije slučaj kod varijable SDM gdje se između prvog i drugog, te prvog i trećeg mjerenja javljaju značajne razlike, a rezultat se stabilizira od drugog do trećeg mjerenja.

Kod testova za procjenu brzine izračunata je najniža vrijednost pouzdanosti i to kod varijable S5M (CA=0.73 i IIR=0.48), što je ujedno najniža vrijednost pouzdanosti od svih testova korištenih u ovom istraživanju. Nešto višu razinu pouzdanosti ima test S10M (CA=0.89 i IIR=0.77), a relativno visoku pouzdanost test S15M (CA=0.93 i IIR=0.83). Analiza varijance pokazala je da nema značajnih razlika među česticama mjerenja, što ukazuje na visoku stabilnost mjerenja kod sve tri varijable. CV parametri kreću se za ove tri varijable u rasponu od 2.5% do 4.4% prosječnog variranja.

Mjere fleksibilnosti gležnja pokazale su izrazito visoku, gotovo maksimalnu pouzdanost (CA=0.99 i IIR=0.98). Prosječno variranje rezultata od čestice do čestice mjerenja (CV) kretalo se u rasponu od 1.9% do 3.1%. ANOVA je ukazala da se kod varijabli EVERZIJA i INVERZIJA javljaju značajne razlike između prvog i drugog, te prvog i trećeg mjerenja, dok se rezultat stabilizira od drugog do trećeg mjerenja, što nije slučaj kod varijabli DORZFLEX i PLANTFLEX gdje se sve čestice mjerenja značajno razlikuju jedna od druge.

Za varijablu OSI kao mjeru ravnoteže koeficijenti pouzdanosti su iznosili CA=0.98 i IIR=0.96, a prosječno variranje rezultata ovog testa je 24.8%. ANOVA za varijablu OSI ukazuje da dolazi do stabilizacije rezultata kod trećeg mjerenja (samo se prva i treća čestica značajno razlikuju).



Tablica 6

## Mjere pouzdanosti testova agilnosti (djevojčice)

(AS – aritmetička sredina, SD – standardna devijacija, CA – Cronbachova Alpha, IIR – prosječna korelacija čestica, F – F test analize varijance, CV – koeficijent varijacije, \* označava značajne razlike)

	AS	SD	CA	IIR	F	CV
NNT1	10.29	0.8	0.92	0.81	15.31*	3.4%
NNT2	10.01	0.74				
NNT3	9.98	0.77				
T1801	9.89	0.87	0.92	0.79	12.87*	3.8%
T1802	9.69	0.8				
T1803	9.55	0.78				
T20Y1	6.51	0.45	0.95	0.87	4.92*	2.9%
T20Y2	6.44	0.54				
T20Y3	6.4	0.52				
MCC1	7.28	0.58	0.95	0.86	9.13*	3.0%
MCC2	7.23	0.58				
MCC3	7.12	0.6				
MTT1	13.45	0.99	0.93	0.82	36.09*	3.3%
MTT2	12.98	1.03				
MTT3	12.77	1.08				

LEGENDA: NNT – test naprijed-nazad; T180 – test naprijed-nazad s okretom; T20Y – test 20 jardi; MCC – cik-cak test; MTT – T test

Relativno visoka pouzdanost (CA od 0.92 do 0.95 i IIR od 0.79 do 0.87) zabilježena je i kod testova agilnosti. Za pet testova agilnosti CV se kreću od 2.9% do 3.8% prosječnog variranja rezultata. Kod varijabli NNT i T180 ANOVA ukazuje na značajne razlike između prvog i drugog, te prvog i trećeg mjerenja, a kod varijable MCC između prvog i trećeg, te drugog i trećeg

mjerenja. Kod varijable T20Y značajno se razlikuju rezultati prvog i trećeg mjerenja, dok se rezultati sva tri mjerenja značajno razlikuju kod varijable MTT. O mogućim razlozima ovih razlika diskutirati će se u zasebnom poglavlju.

## 5.2 Deskriptivna statistika

Tablica 7

Deskriptivni statistički parametri antropometrijskih varijabli (dječaci)

(AS – aritmetička sredina, SD – standardna devijacija, MIN – minimalni rezultat, MAX – maksimalni rezultat)

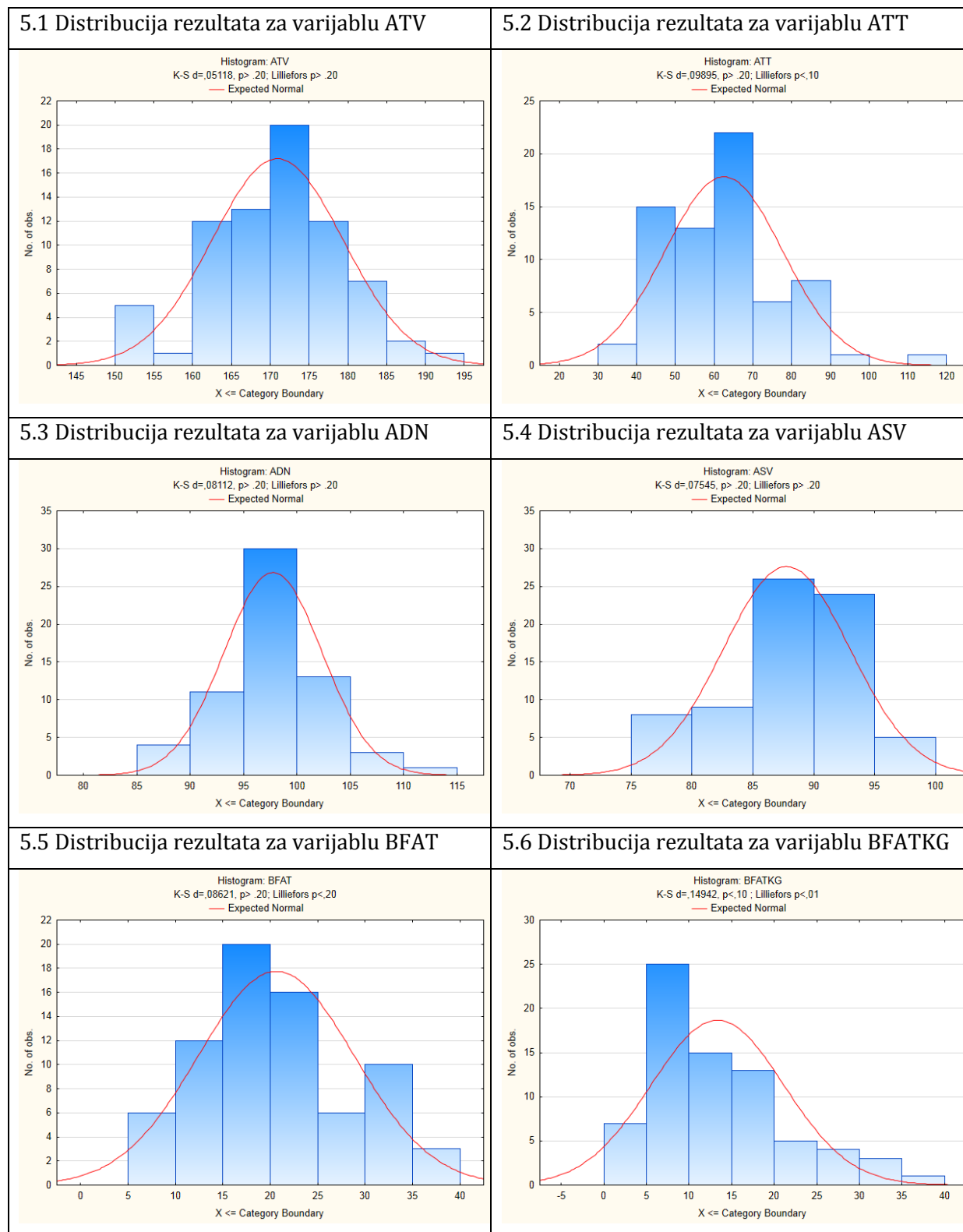
	AS	SD	MIN	MAX	SK	KU
ATV (cm)	170.93	8.47	151.00	190.67	-0.30	0.02
ATT (kg)	62.49	15.21	36.30	114.50	0.74	0.89
ADN (cm)	97.75	4.61	86.60	111.57	0.01	0.86
ASV (cm)	87.78	5.20	75.93	98.27	-0.34	-0.31
BFAT (%)	20.63	8.20	5.30	39.40	0.29	-0.61
BFATKG (kg)	13.33	7.80	2.50	35.90	0.99	0.34
BMI (kgm <sup>-2</sup> )	20.71	3.61	15.80	31.80	1.05	0.90
LEAN (kg)	47.95	9.04	31.40	73.10	0.19	-0.37

LEGENDA: ATV – tjelesna visina; ATT – tjelesna masa; ADN – duljina noge; ASV – sjedeća visina; BFAT – postotak tjelesne masti; BFATKG – masa tjelesne masti; BMI – indeks tjelesne mase; LEAN – bezmasna masa tijela

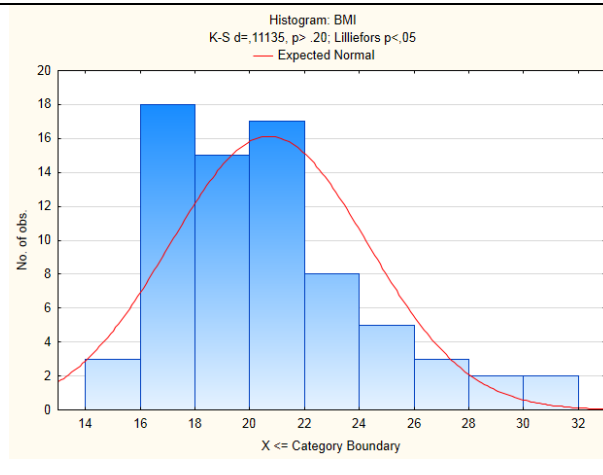
U tablici 7 prikazani su deskriptivni statistički parametri antropometrijskih varijabli i varijabli sastava tijela za dječake. Rezultati na varijablama tjelesne visine, tjelesne težine, dužine noge i sjedeće visine, a koji su mjereni kroz 3 čestice mjerenja dobiveni su kao aritmetička sredina čestica. Normalitet svih distribucija zadovoljava (nema značajnih odstupanja dobivenih distribucija rezultata i teoretskih normalnih distribucija) (slika 5).

Slika 5

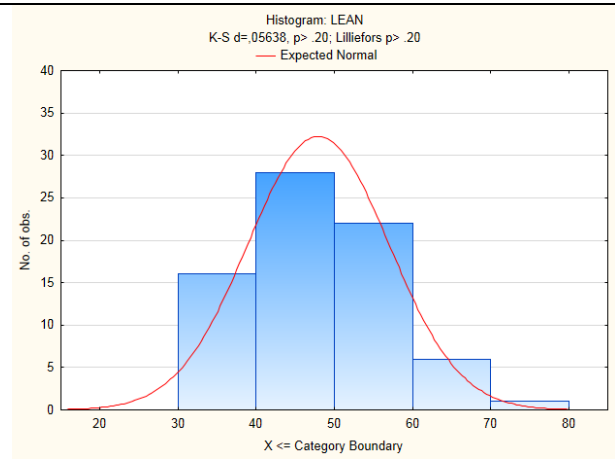
Prikaz normaliteta distribucija antropometrijskih varijabli (dječaci)



5.7 Distribucija rezultata za varijablu BMI



5.8 Distribucija rezultata za varijablu LEAN



Tablica 8

Deskriptivni statistički parametri motoričkih testova (dječaci)

(AS – aritmetička sredina, SD – standardna devijacija, MIN – minimalni rezultat, MAX – maksimalni rezultat)

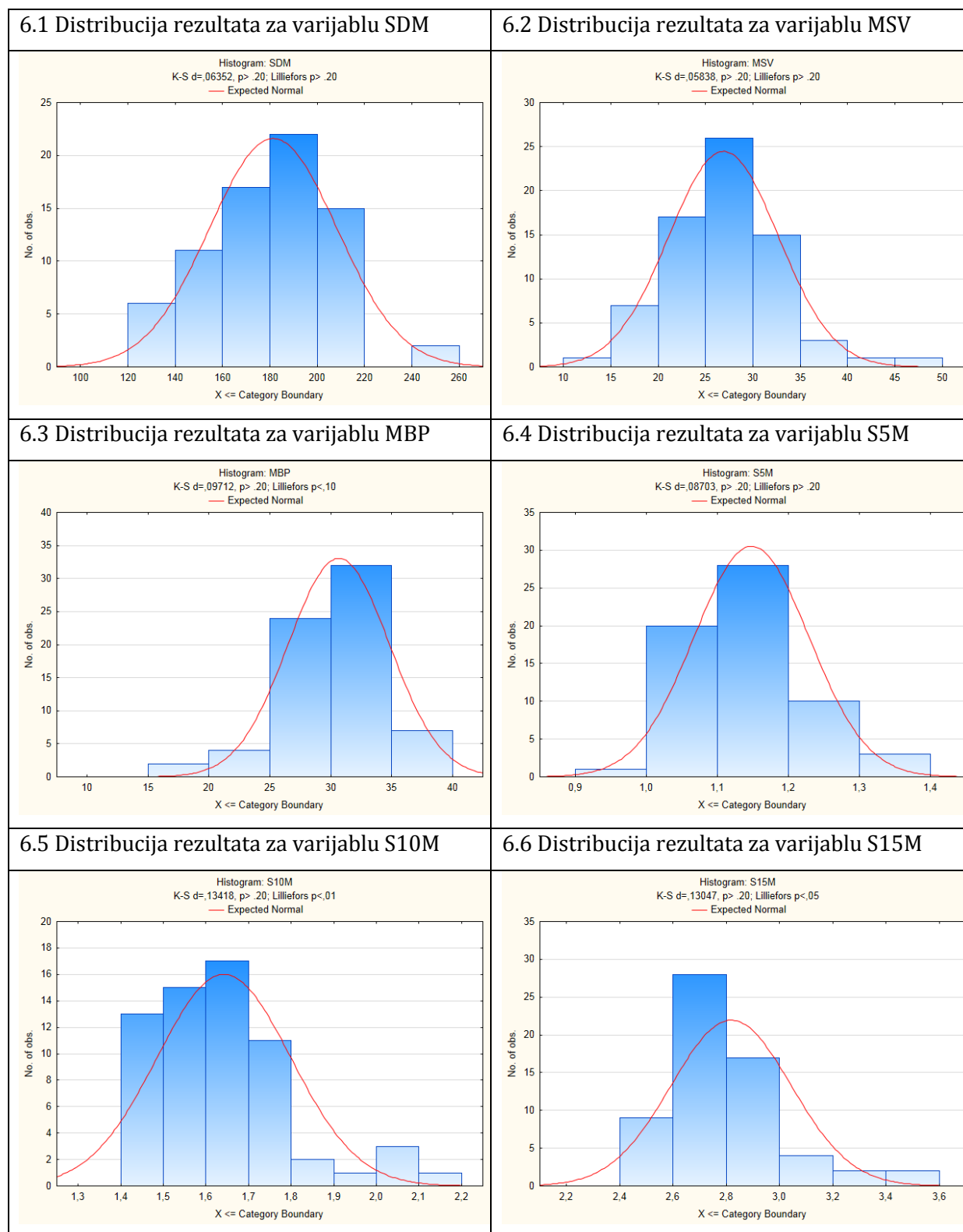
	AS	SD	MIN	MAX	SK	KU
SDM (cm)	181.42	26.96	121.00	250.00	-0.01	-0.12
MSV (cm)	26.90	5.79	13.80	46.40	0.51	0.99
MBP (n)	30.67	4.16	17.00	40.00	-0.57	1.07
S5M (s)	1.15	0.08	0.98	1.40	0.73	0.95
S10M (s)	1.64	0.16	1.44	2.11	1.17	1.15
S15M (s)	2.82	0.23	2.46	3.50	1.17	1.55
EVERZIJA (°)	38.59	7.62	22.00	61.00	0.71	0.96
INVERZIJA (°)	41.66	8.47	15.00	62.00	-0.42	0.95
DORZFLEX (°)	24.75	6.42	10.00	50.00	0.77	2.57
PLANTFLEX (°)	41.50	8.06	12.00	62.00	-0.28	2.64
LOS (index)	34.57	10.33	14.00	59.00	0.38	-0.35
OSI (index)	0.88	0.40	0.30	1.90	0.80	0.01

LEGENDA: SDM – skok u dalj s mjesta; MSV – skoku vis s mjesta; MBP – bočni preskoci; S5M – sprint na 5 metara; S10M – sprint na 10 metara; S15M – sprint na 15 metara; EVERZIJA – everzija stopala; INVERZIJA – inverzija stopala; DORZFLEX – dorzalna fleksija; PLANTFLEX – plantarna fleksija; LOS – „limits of stability“; OSI – „overall stability indeks“

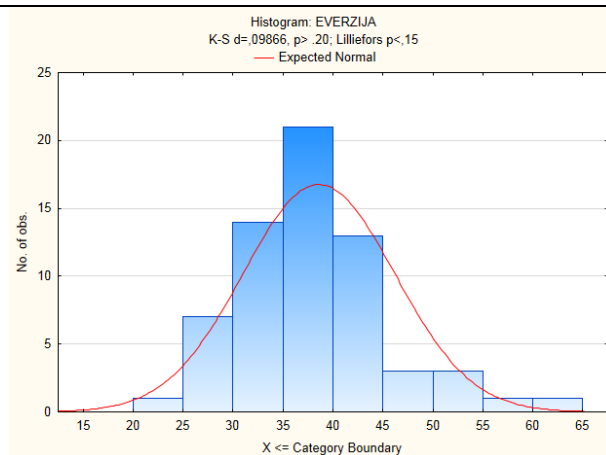
U tablici 8 prikazani su deskriptivni statistički parametri varijabli motoričkog prostora (eksplozivne i reaktivne snage, brzine, fleksibilnosti i ravnoteže). Rezultati svih varijabli motoričkog prostora dobiveni su izračunom aritmetičkih sredina triju čestica mjerenja. Normalitet svih distribucija zadovoljava (nema značajnih odstupanja dobivenih distribucija rezultata i teoretskih normalnih distribucija) (slika 6).

Slika 6

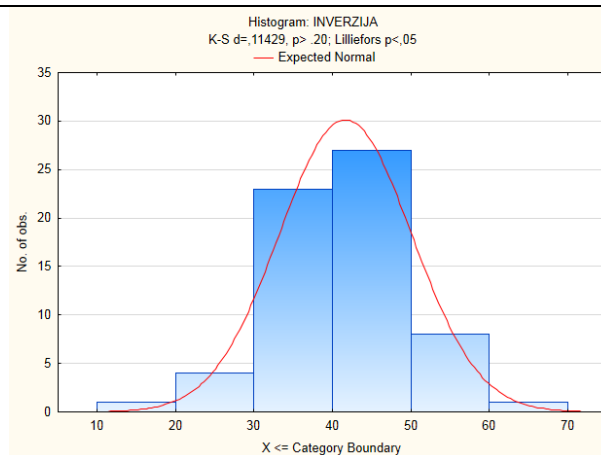
Prikaz normaliteta distribucija motoričkih testova (dječaci)



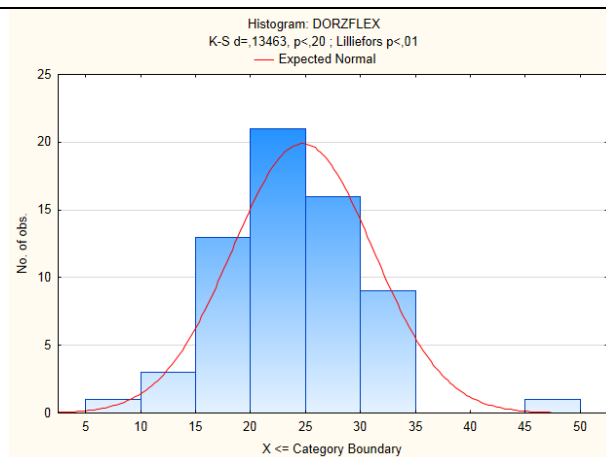
6.7 Distribucija rezultata za varijablu  
EVERZIJA



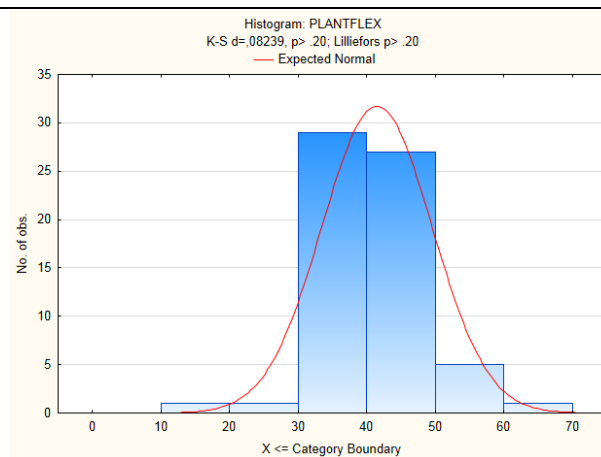
6.8 Distribucija rezultata za varijablu  
INVERZIJA



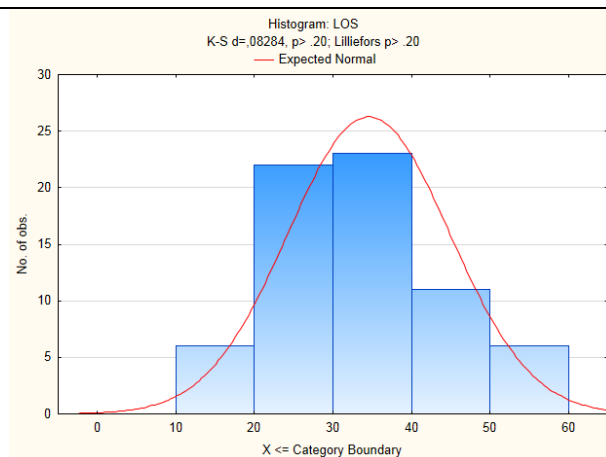
6.9 Distribucija rezultata za varijablu  
DORZFLEX



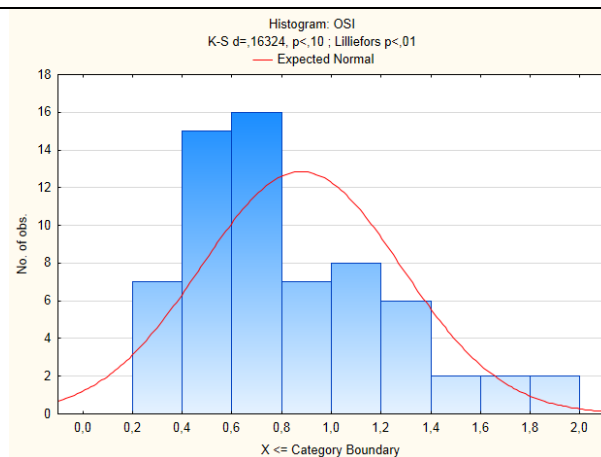
6.10 Distribucija rezultata za varijablu  
PLANTFLEX



6.11 Distribucija rezultata za varijablu LOS



6.12 Distribucija rezultata za varijablu OSI





Tablica 9

## Deskriptivni statistički parametri testova agilnosti (dječaci)

(AS – aritmetička sredina, SD – standardna devijacija, MIN – minimalni rezultat, MAX – maksimalni rezultat)

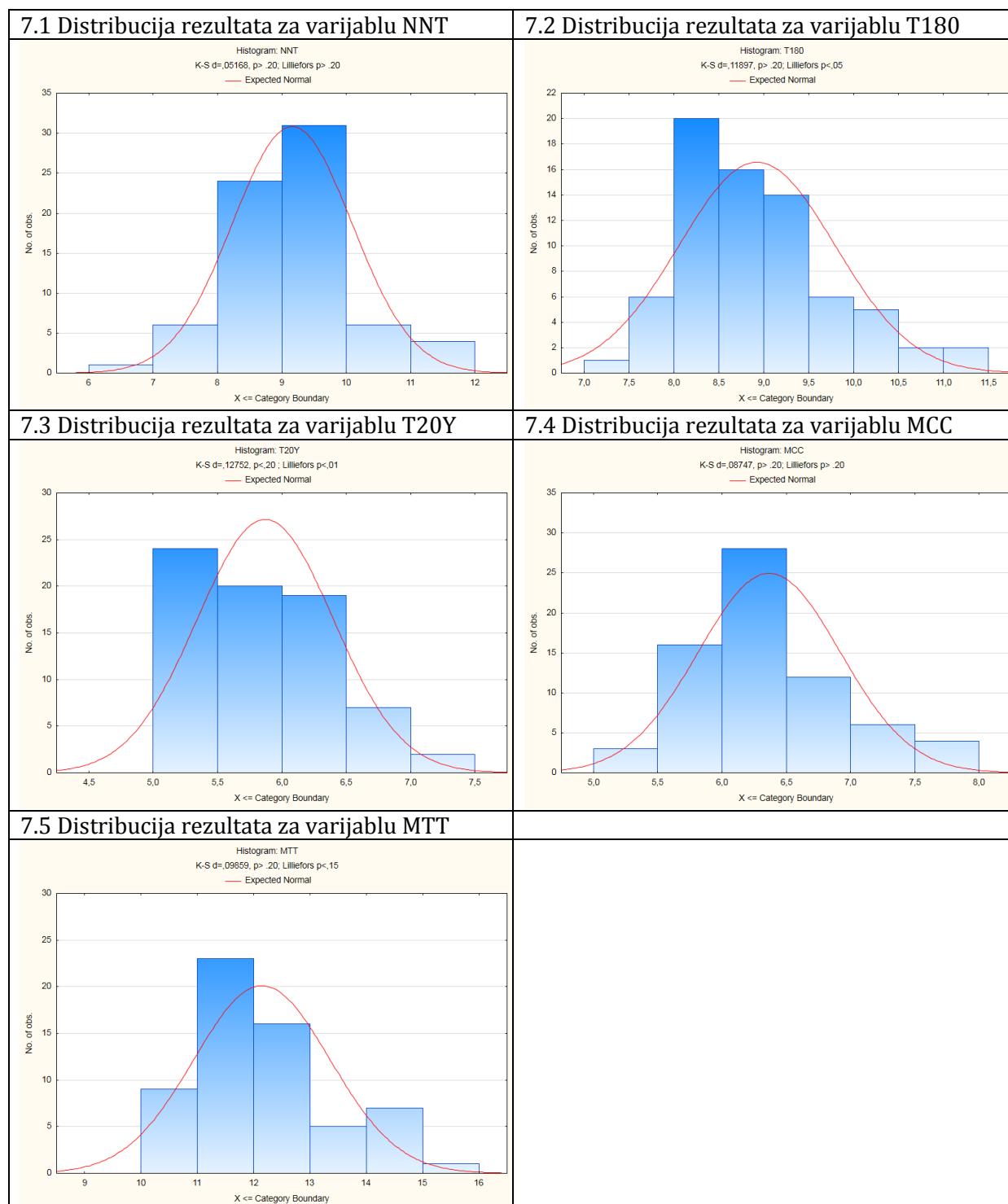
	AS	SD	MIN	MAX	SK	KU
NNT (s)	9.16	0.93	6.94	11.69	0.32	0.21
T180 (s)	8.93	0.87	7.50	11.16	0.78	0.09
T20Y (s)	5.87	0.53	5.13	7.18	0.60	-0.54
MCC (s)	6.37	0.55	5.39	7.81	0.68	0.20
MTT (s)	12.15	1.21	10.12	15.28	0.71	-0.04

LEGENDA: NNT – test naprijed-nazad; T180 – test naprijed-nazad s okretom; T20Y – test 20 jardi; MCC – cik-cak test; MTT – T test

U tablici 9 prikazani su deskriptivni statistički parametri kriterijskih varijabli - testova agilnosti. Testiranje kod svakog od pet testova agilnosti provedeno je kroz tri čestice mjerenja a konačan rezultat u pojedinom testu dobiven je izračunom aritmetičkih sredina. Normalitet svih distribucija zadovoljava (nema značajnih odstupanja dobivenih distribucija rezultata i teoretskih normalnih distribucija) (slika 7).

Slika 7

Prikaz normaliteta distribucija testova agilnosti (dječaci)



Tablica 10

Deskriptivni statistički parametri antropometrijskih varijabli (djevojčice)

(AS – aritmetička sredina, SD – standardna devijacija, MIN – minimalni rezultat, MAX – maksimalni rezultat)

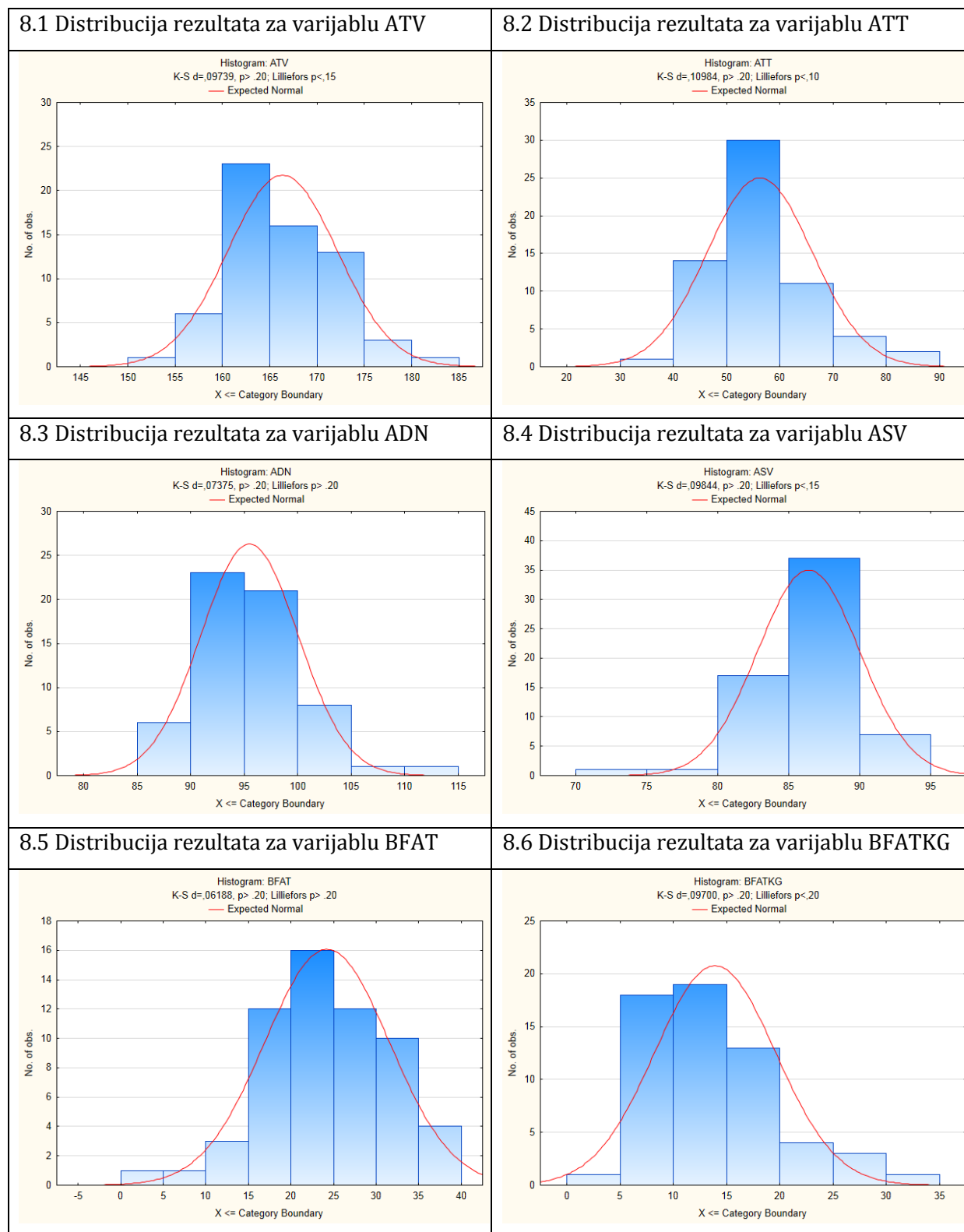
	AS	SD	MIN	MAX	SK	KU
ATV (cm)	166.36	5.78	152.00	181.17	0.24	-0.07
ATT (kg)	56.23	9.90	32.40	83.00	0.57	0.57
ADN (cm)	95.49	4.55	86.87	110.67	0.78	1.41
ASV (cm)	86.40	3.59	73.33	93.87	-0.86	2.95
BFAT (%)	24.24	7.32	2.56	39.50	-0.18	0.47
BFATKG (kg)	13.92	5.67	3.70	30.80	0.94	0.75
BMI (kgm <sup>-2</sup> )	19.90	3.10	14.80	29.40	1.14	1.49
LEAN (kg)	41.04	5.02	26.00	52.20	-0.22	0.28

LEGENDA: ATV – tjelesna visina; ATT – tjelesna masa; ADN – duljina noge; ASV – sjedeća visina; BFAT – postotak tjelesne masti; BFATKG – masa tjelesne masti; BMI – indeks tjelesne mase; LEAN – bezmasna masa tijela

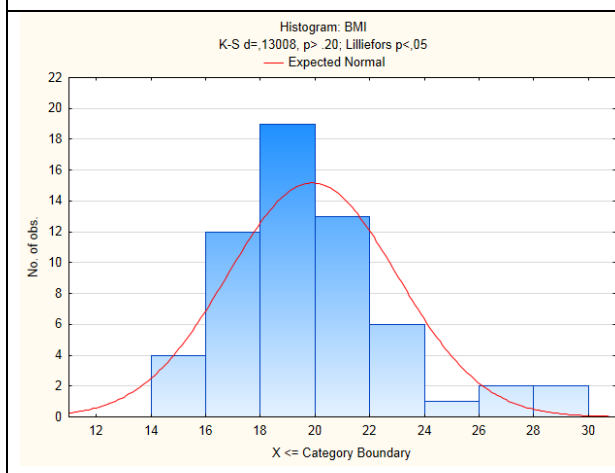
U tablici 10 prikazani su deskriptivni statistički parametri antropometrijskih varijabli i varijabli sastava tijela za djevojčice. Rezultati na varijablama tjelesne visine, tjelesne težine, dužine noge i sjedeće visine, a koji su mjereni kroz 3 čestice mjerenja dobiveni su kao aritmetička sredina čestica. Normalitet svih distribucija zadovoljava (nema značajnih odstupanja dobivenih distribucija rezultata i teoretskih normalnih distribucija) (slika 8).

Slika 8

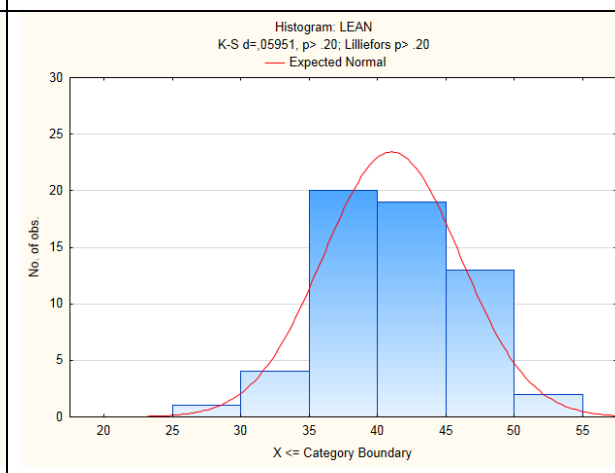
Prikaz normaliteta distribucija antropometrijskih varijabli (djevojčice)



8.7 Distribucija rezultata za varijablu BMI



8.8 Distribucija rezultata za varijablu LEAN



Tablica 11

## Deskriptivni statistički parametri motoričkih testova (djevojčice)

(AS – aritmetička sredina, SD – standardna devijacija, MIN – minimalni rezultat, MAX – maksimalni rezultat)

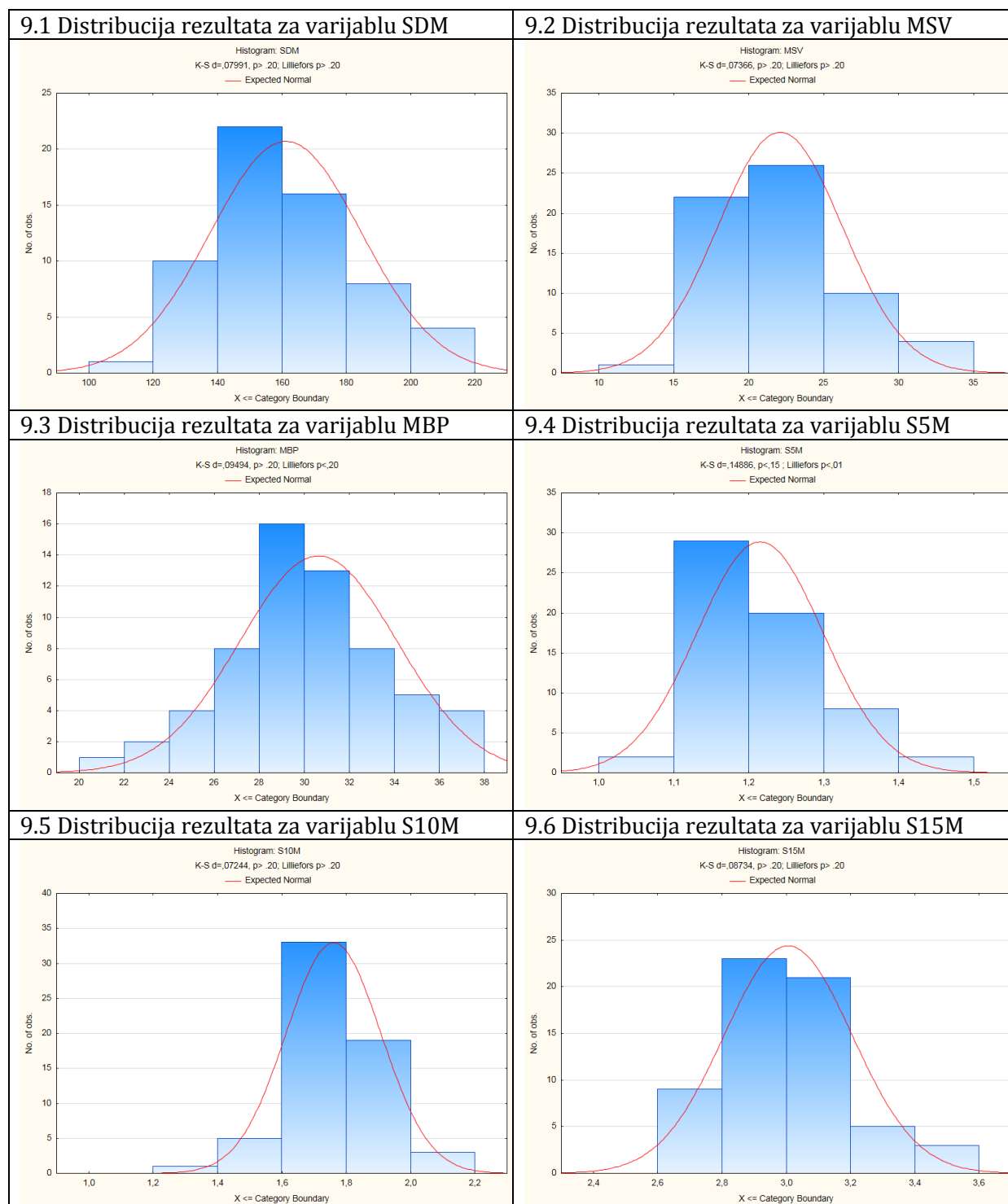
	AS	SD	MIN	MAX	SK	KU
SDM (cm)	161.23	23.51	119.00	211.00	0.30	-0.63
MSV (cm)	22.09	4.17	14.20	31.90	0.54	-0.27
MBP (n)	30.62	3.49	22.00	38.00	-0.12	0.17
S5M (s)	1.22	0.08	1.05	1.48	1.10	1.75
S10M (s)	1.76	0.15	1.25	2.20	-0.21	2.16
S15M (s)	3.01	0.20	2.62	3.56	0.64	0.62
EVERZIJA (°)	39.60	6.03	24.00	53.00	-0.20	0.10
INVERZIJA (°)	42.77	6.45	24.00	54.00	-0.65	0.36
DORZFLEX (°)	27.85	6.60	11.00	40.00	-0.32	-0.40
PLANTFLEX (°)	44.74	6.44	23.00	64.00	-0.26	2.07
LOS (index)	35.52	11.36	11.00	56.00	-0.16	-0.74
OSI (index)	0.67	0.23	0.30	1.50	1.01	2.09

LEGENDA: SDM – skok u dalj s mjesta; MSV – skoku vis s mjesta; MBP – bočni preskoci; S5M – sprint na 5 metara; S10M – sprint na 10 metara; S15M – sprint na 15 metara; EVERZIJA – everzija stopala; INVERZIJA – inverzija stopala; DORZFLEX – dorzalna fleksija; PLANTFLEX – plantarna fleksija; LOS – „limits of stability“; OSI – „overall stability indeks“

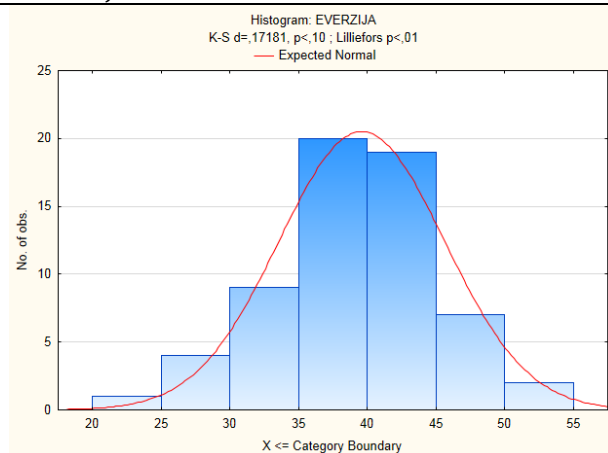
U tablici 11 prikazani su deskriptivni statistički parametri varijabli motoričkog prostora (eksplozivne i reaktivne snage, brzine, fleksibilnosti i ravnoteže). Rezultati svih varijabli motoričkog prostora dobiveni su izračunom aritmetičkih sredina triju čestica mjerenja. Normalitet svih distribucija zadovoljava (nema značajnih odstupanja dobivenih distribucija rezultata i teoretskih normalnih distribucija) (slika 9).

Slika 9

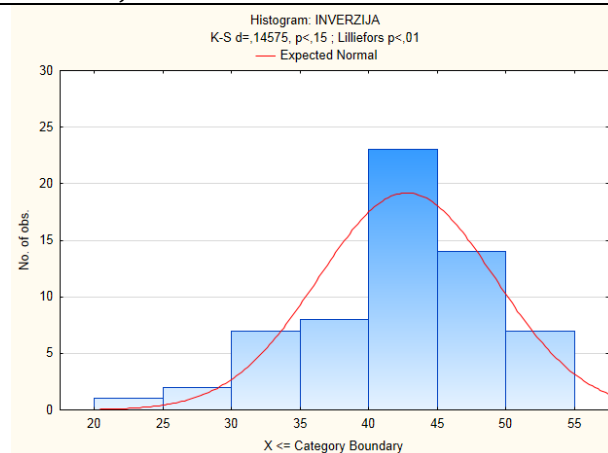
Prikaz normaliteta distribucija motoričkih testova (djevojčice)



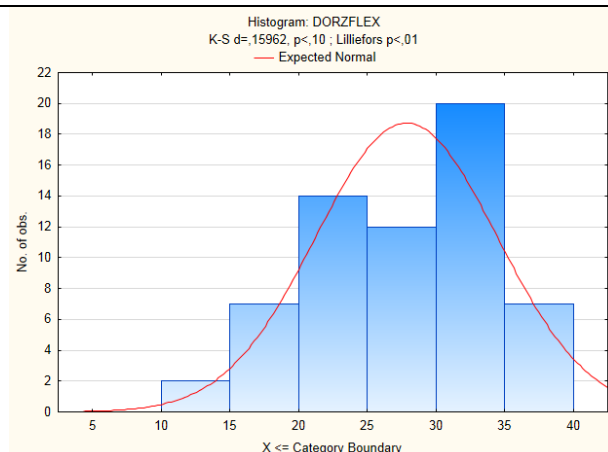
**9.7 Distribucija rezultata za varijablu EVERZIJA**



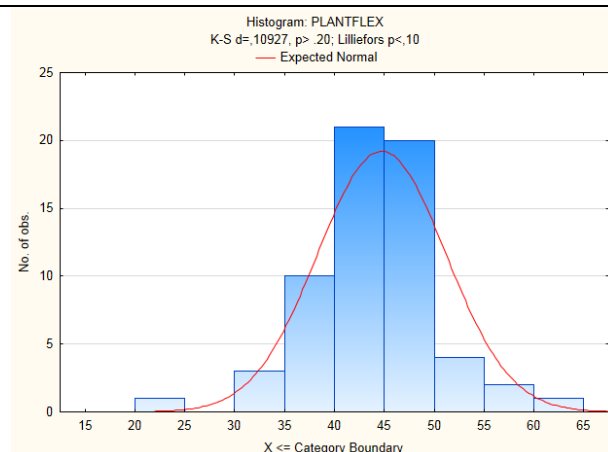
**9.8 Distribucija rezultata za varijablu INVERZIJA**



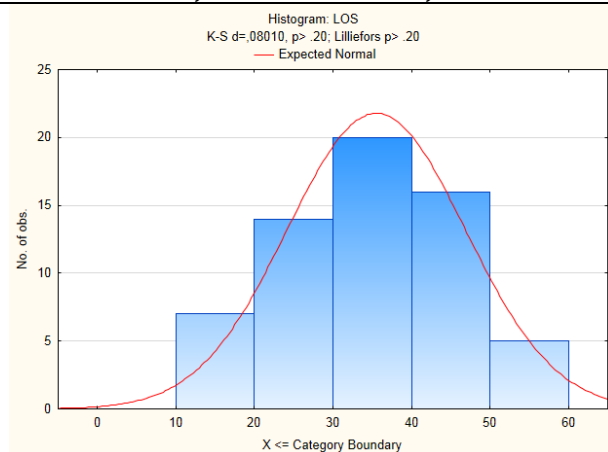
**9.9 Distribucija rezultata za varijablu DORZFLEX**



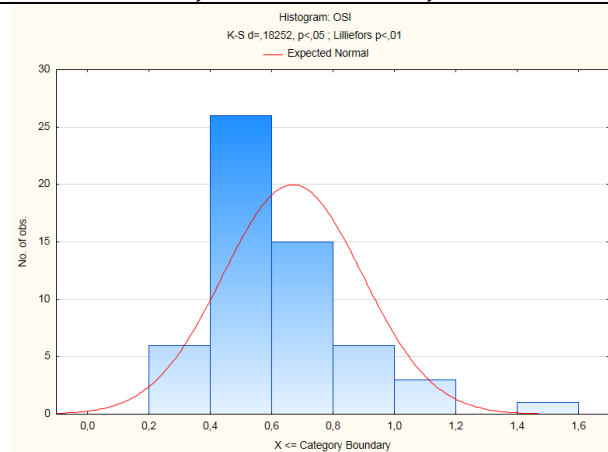
**9.10 Distribucija rezultata za varijablu PLANTFLEX**



**9.11 Distribucija rezultata za varijablu LOS**



**9.12 Distribucija rezultata za varijablu OSI**





Tablica 12

## Deskriptivni statistički parametri testova agilnosti (djevojčice)

(AS – aritmetička sredina, SD – standardna devijacija, MIN – minimalni rezultat, MAX – maksimalni rezultat)

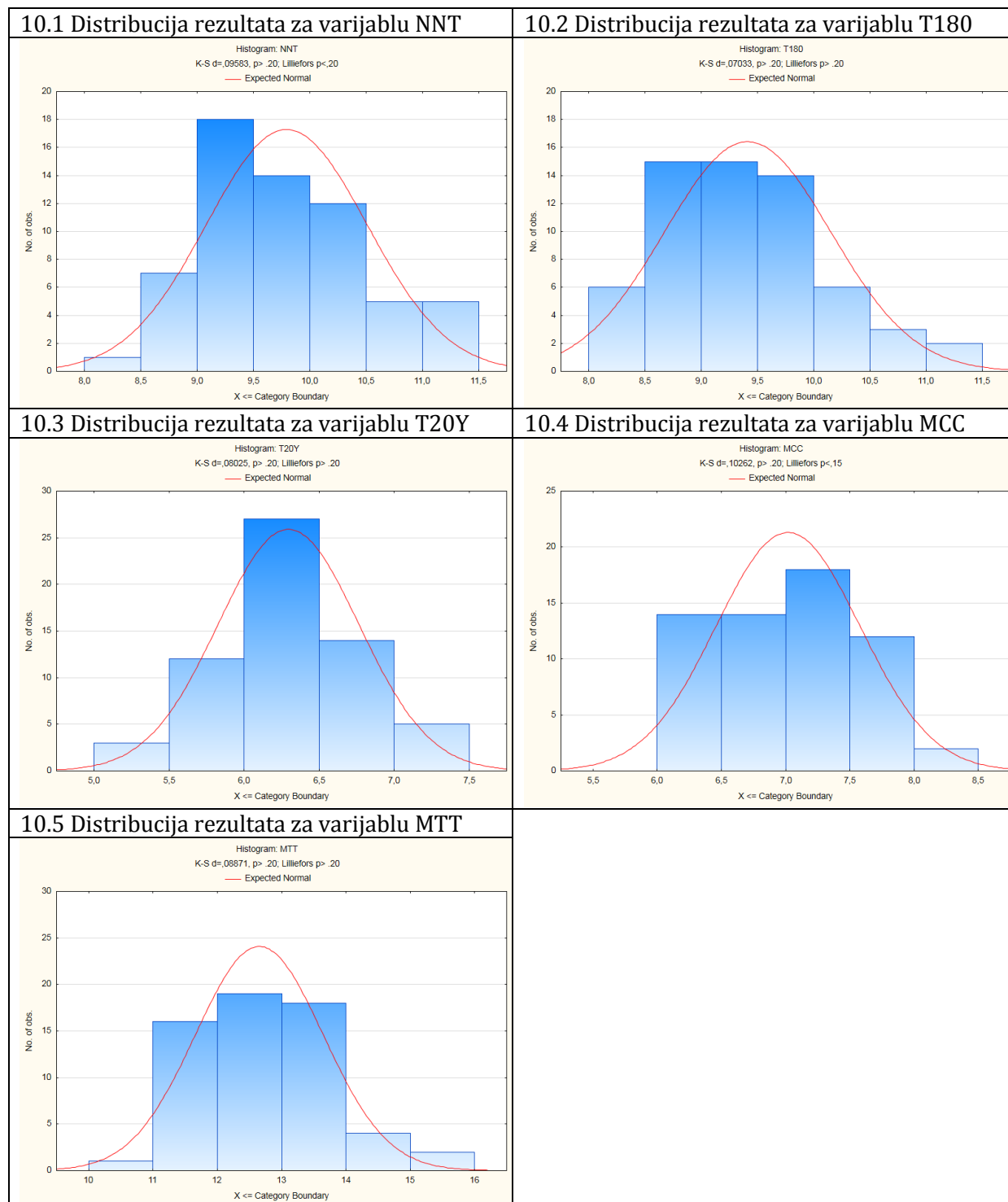
	AS	SD	MIN	MAX	SK	KU
NNT (s)	9.79	0.72	8.41	11.41	0.46	-0.35
T180 (s)	9.41	0.74	8.32	11.40	0.67	0.12
T20Y (s)	6.30	0.47	5.30	7.34	0.28	-0.25
MCC (s)	7.02	0.56	6.04	8.47	0.36	-0.54
MTT (s)	12.65	0.99	10.94	15.31	0.37	0.18

LEGENDA: NNT – test naprijed-nazad; T180 – test naprijed-nazad s okretom; T20Y – test 20 jardi; MCC – cik-cak test; MTT – T test

U tablici 12 prikazani su deskriptivni statistički parametri kriterijskih varijabli - testova agilnosti. Testiranje kod svakog od pet testova agilnosti provedeno je kroz tri čestice mjerenja a konačan rezultat u pojedinom testu dobiven je izračunom aritmetičkih sredina. Normalitet svih distribucija zadovoljava (nema značajnih odstupanja dobivenih distribucija rezultata i teoretskih normalnih distribucija) (slika 10).

Slika 10

Prikaz normaliteta distribucija testova agilnosti (djevojčice)



### 5.3 Univarijatne i multivarijatne povezanost – dječaci

Tablica 13

Linearne korelacije između seta prediktora i kriterijskih varijabli

(\* označava koeficijente koji su značajni na 95%)

	NNT	T180	T20Y	MCC	MTT
ATV	-0.15	-0.12	-0.15	0.10	-0.05
ATT	0.06	0.13	0.12	0.28*	0.23
ADN	-0.12	-0.08	-0.23	-0.06	-0.11
ASV	-0.22	-0.21	-0.16	0.08	-0.10
SDM	-0.53*	-0.65*	-0.58*	-0.35*	-0.57*
MSV	-0.53*	-0.51*	-0.53*	-0.36*	-0.46*
MBP	-0.59*	-0.56*	-0.62*	-0.44*	-0.59*
S5M	0.50*	0.55*	0.60*	0.45*	0.69*
S10M	0.63*	0.71*	0.77*	0.52*	0.81*
S15M	0.61*	0.69*	0.74*	0.50*	0.81*
EVERZIJA	-0.16	-0.11	-0.03	0.14	-0.03
INVERZIJA	-0.16	-0.10	-0.03	0.07	-0.06
DORZFLEX	-0.08	-0.10	-0.17	0.06	-0.13
PLANTFLEX	0.00	0.01	0.06	0.10	0.02
LOS	-0.15	-0.15	-0.18	-0.14	-0.22
OSI	0.18	0.20	0.25	0.35*	0.31*
BFAT	0.21	0.30*	0.21	0.21	0.30*
BMI	0.13	0.18	0.18	0.24	0.28*
LEAN	-0.10	-0.07	-0.04	0.20	0.07

LEGENDA: ATV – tjelesna visina; ATT – tjelesna masa; ADN – duljina noge; ASV – sjedeća visina; BFAT – postotak tjelesne masti; BFATKG – masa tjelesne masti; BMI – indeks tjelesne mase; LEAN – bezmasna masa tijela; SDM – skok u dalj s mjesta; MSV – skoku vis s mjesta; MBP – bočni preskoci; S5M – sprint na 5 metara; S10M – sprint na 10 metara; S15M – sprint na 15 metara; EVERZIJA – everzija stopala; INVERZIJA – inverzija stopala; DORZFLEX – dorzalna fleksija; PLANTFLEX – plantarna fleksija; LOS – „limits of stability“; OSI – „overall stability indeks“; NNT – test naprijed-nazad; T180 – test naprijed-nazad s okretom; T20Y – test 20 jardi; MCC – cik-cak test; MTT – T test

U tablici 13 prikazani su rezultati korelacijskih analiza između prediktora (antropometrijske varijable, varijable eksplozivne i reaktivne snage, brzine, ravnoteže i fleksibilnosti) i kriterijskih varijabli (agilnosti). Od 95 koeficijenata značajno je njih 31. Generalno se uočava kako su sa svim kriterijskim varijablama značajno povezane varijable eksplozivne i reaktivne snage, te brzine sprinta. Negativni koeficijenti korelacije između reaktivne i eksplozivne snage s varijablama agilnosti odražavaju obrnutu skaliranost varijabli. U osnovi radi se o pozitivnom utjecaju eksplozivne snage tipa skočnosti i brzine sprinta na manifestacije agilnosti. Kod varijable MTT javlja se značajna korelacija između OSI (ravnoteža) i manifestacije agilnosti, te negativan utjecaj

masnog tkiva i povećanog BMI na ovu manifestaciju agilnosti kod dječaka. Sličan trend utjecaja javlja se i kod varijable MCC, samo što u ovom slučaju faktor negativnog utjecaja predstavlja veća tjelesna težina, neovisno o sastavu tijela. Na T180 negativno utječe masno tkivo kao tjelesna komponenta.

Tablica 14

Rezultati stepwise regresijske analize za kriterijsku varijablu NNT – dječaci

(Beta – beta ponder, p – razina značajnosti, R – koeficijent multiple korelacije, Rsq – koeficijent determinacije)

NNT		
	Beta	p
S10M	0.41	0.01
MSV	-0.25	0.05
MBP	-0.26	0.06
ATT	-0.25	0.05
INVERZIJA	-0.13	0.20
ADN	0.14	0.27
R	0.73	
Rsq	0.53	
p	0.01	

LEGENDA: ATT – tjelesna masa; ADN – duljina noge; MSV – skoku vis s mjesta; MBP – bočni preskoci; S10M – sprint na 10 metara; INVERZIJA – inverzija stopala

U tablici 14 prikazani su rezultati stepwise regresijske analize za kriterijsku varijablu NNT na uzorku dječaka. Linearna kombinacija prediktorskih varijabli definira 53% varijance kriterijske varijable NNT. Radi se o latentnoj strukturi koju determinira naglašena sposobnost brzine sprinta, visoka eksplozivna snaga tipa skočnosti, izražena reaktivna snaga i naglašena tjelesna težina (bez jasne diferencijacije u sastavu tijela).

Tablica 15

Rezultati stepwise regresijske analize za kriterijsku varijablu T180 – dječaci

(Beta – beta ponder, p – razina značajnosti, R – koeficijent multiple korelacije, Rsq – koeficijent determinacije)

T180		
	Beta	p
S10M	0.52	0.00
SDM	-0.41	0.00
OSI	-0.26	0.02
ADN	0.20	0.06
EVERZIJA	-0.23	0.02
LOS	0.17	0.10
PLANTFLEX	0.20	0.08
MBP	-0.18	0.14
DORZFLEX	0.11	0.30
R	0.81	
Rsq	0.65	
p	0.01	

LEGENDA: ADN – duljina noge; SDM – skok u dalj s mjesta; MBP – bočni preskoci; S10M – sprint na 10 metara; EVERZIJA – everzija stopala; DORZFLEX – dorzalna fleksija; PLANTFLEX – plantarna fleksija; LOS – „limits of stability“; OSI – „overall stability indeks“

U tablici 15 prikazani su rezultati stepwise regresijske analize za kriterijsku varijablu T180 na uzorku dječaka. Linearna kombinacija prediktorskih varijabli definira 65% varijance kriterijske varijable T180. Radi se o latentnoj strukturi koju determinira naglašena sposobnost brzine sprinta, visoka eksplozivna snaga tipa skočnosti, izražena fleksibilnost skočnog zgloba u everziji, te mala ravnoteža i longitudinalnost skeleta.

Tablica 16

Rezultati stepwise regresijske analize za kriterijsku varijablu T20Y – dječaci

(Beta – beta ponder, p – razina značajnosti, R – koeficijent multiple korelacije, Rsq – koeficijent determinacije)

T20Y		
	Beta	p
S10M	1.90	0.00
OSI	-0.26	0.04
MSV	-0.14	0.16
MBP	-0.26	0.02
PLANTFLEX	0.17	0.05
S15M	-1.63	0.01
S5M	0.45	0.05
LOS	0.11	0.24
ADN	0.33	0.04
ATV	0.30	0.11
R	0.85	
Rsq	0.73	
p	0.01	

LEGENDA: ATV – tjelesna visina; ADN – duljina noge; MSV – skoku vis s mjesta; MBP – bočni preskoci; S5M – sprint na 5 metara; S10M – sprint na 10 metara; S15M – sprint na 15 metara; PLANTFLEX – plantarna fleksija; LOS – „limits of stability“; OSI – „overall stability indeks“

U tablici 16 prikazani su rezultati stepwise regresijske analize za kriterijsku varijablu T20Y na uzorku dječaka. Linearna kombinacija prediktorskih varijabli definira 73% varijance kriterijske varijable T20Y. Radi se o latentnoj strukturi koju determinira naglašena sposobnost brzine sprinta na 5 i 10 metara, visoka reaktivna snaga, izražena dužina donjih ekstremiteta i neizražena ravnoteža, fleksibilnost i trčanje na 15 metara.

Tablica 17

Rezultati stepwise regresijske analize za kriterijsku varijablu MCC – dječaci

(Beta – beta ponder, p – razina značajnosti, R – koeficijent multiple korelacije, Rsq – koeficijent determinacije)

MCC		
	Beta	p
S10M	0.36	0.05
ASV	-0.67	0.10
PLANTFLEX	0.33	0.02
DORZFLEX	0.34	0.02
MBP	-0.25	0.11
ATT	0.89	0.07
BMI	-0.60	0.08
ADN	-0.74	0.02
ATV	1.19	0.07
OSI	-0.23	0.25
R	0.69	
Rsq	0.48	
p	0.01	

LEGENDA: ATV – tjelesna visina; ATT – tjelesna masa; ADN – duljina noge; ASV – sjedeća visina; BMI – indeks tjelesne mase; MBP – bočni preskoci; S10M – sprint na 10 metara; DORZFLEX – dorzalna fleksija; PLANTFLEX – plantarna fleksija; OSI – „overall stability indeks“

U tablici 17 prikazani su rezultati stepwise regresijske analize za kriterijsku varijablu MCC na uzorku dječaka. Linearna kombinacija prediktorskih varijabli definira 48% varijance kriterijske varijable MCC. Radi se o latentnoj strukturi koju determinira naglašena sposobnost brzine sprinta, izražena dužina donjih ekstremiteta, te neizražena fleksibilnost skočnog zgloba.



Tablica 18

Rezultati stepwise regresijske analize za kriterijsku varijablu MTT – dječaci

(Beta – beta ponder, p – razina značajnosti, R – koeficijent multiple korelacije, Rsq – koeficijent determinacije)

MTT		
	Beta	p
S15M	0.41	0.19
S10M	0.52	0.11
INVERZIJA	-0.12	0.13
OSI	-0.19	0.09
ATV	0.14	0.15
PLANTFLEX	0.10	0.23
R	0.84	
Rsq	0.70	
p	0.01	

LEGENDA: ATV – tjelesna visina; S10M – sprint na 10 metara; S15M – sprint na 15 metara; INVERZIJA – inverzija stopala; PLANTFLEX – plantarna fleksija; OSI – „overall stability indeks“

Kod regresijske analize kojom se utvrđivala povezanost prediktora s MTT kod djevojčica nema značajnih beta pondera premda je objašnjeno 70% varijance kriterija. Radi se o pozitivnom utjecaju brzine i medio-lateralne fleksibilnosti gležnja, uz negativan utjecaj ravnoteže, tjelesne visine i plantarne fleksije.

## 5.4 Univarijatne i multivarijatne povezanost – djevojčice

Tablica 19

Linearne korelacije između seta prediktora i kriterijskih varijabli

(\* označava koeficijente koji su značajni na 95%)

	NNT	T180	T20Y	MCC	MTT
ATV	-0.09	-0.18	-0.02	0.10	0.00
ATT	0.03	0.06	0.27*	0.38*	0.40*
ADN	-0.02	-0.15	0.01	0.06	0.00
ASV	0.03	-0.08	0.03	0.20	0.11
SDM	-0.35*	-0.40*	-0.63*	-0.45*	-0.62*
MSV	-0.23	-0.33*	-0.47*	-0.33*	-0.47*
MBP	-0.48*	-0.63*	-0.62*	-0.49*	-0.55*
S5M	0.19	0.27*	0.45*	0.21	0.23
S10M	0.35*	0.30*	0.54*	0.40*	0.37*
S15M	0.38*	0.47*	0.68*	0.50*	0.58*
EVERZIJA	0.04	0.05	0.04	0.27*	0.08
INVERZIJA	0.07	0.03	-0.07	0.27*	-0.06
DORZFLEX	0.16	0.15	0.05	0.26	0.04
PLANTFLEX	-0.08	0.03	-0.13	-0.01	-0.15
LOS	-0.24	-0.12	-0.15	0.01	-0.10
OSI	0.02	0.06	0.15	0.26	0.15
BFAT	0.34*	0.38*	0.51*	0.31*	0.51*
BMI	0.12	0.18	0.32*	0.40*	0.46*
LEAN	-0.16	-0.15	0.01	0.26	0.17

LEGENDA: ATV – tjelesna visina; ATT – tjelesna masa; ADN – duljina noge; ASV – sjedeća visina; BFAT – postotak tjelesne masti; BFATKG – masa tjelesne masti; BMI – indeks tjelesne mase; LEAN – bezmasna masa tijela; SDM – skok u dalj s mjesta; MSV – skoku vis s mjesta; MBP – bočni preskoci; S5M – sprint na 5 metara; S10M – sprint na 10 metara; S15M – sprint na 15 metara; EVERZIJA – everzija stopala; INVERZIJA – inverzija stopala; DORZFLEX – dorzalna fleksija; PLANTFLEX – plantarna fleksija; LOS – „limits of stability“; OSI – „overall stability indeks“; NNT – test naprijed-nazad; T180 – test naprijed-nazad s okretom; T20Y – test 20 jardi; MCC – cik-cak test; MTT – T test

U tablici 19 prikazani su rezultati korelacijskih analiza između prediktora (antropometrijske varijable, varijable eksplozivne i reaktivne snage, brzine, ravnoteže i fleksibilnosti) i kriterijskih varijabli (agilnosti). Od 95 koeficijenata značajno je njih 39. Generalno se uočava kako su sa svim kriterijskim varijablama značajno povezane dvije od tri varijable brzine sprinta (S10M i S15M), postotak masnog tkiva ispitanika, te varijable eksplozivne i reaktivne snage s iznimkom što varijabla MSV ne korelira značajno s NNT testom agilnosti. Negativni koeficijenti korelacije

između reaktivne i eksplozivne snage s varijablama agilnosti odražavaju obrnutu skaliranost varijabli. U osnovi radi se o pozitivnom utjecaju eksplozivne snage tipa skočnosti i brzine sprinta na manifestacije agilnosti. Uz navedene, značajan utjecaj na T180 test agilnosti ima i varijabla S5M. Kod varijable MTT javlja se značajan negativan utjecaj između tjelesne težine (neovisno o sastavu tijela) i povećanog BMI na ovu manifestaciju agilnosti kod djevojčica. Sličan trend utjecaja javlja se i kod varijable T20Y uz pozitivan utjecaj varijable S5M. Na MCC uz navedene, pozitivno utječu i dvije varijable fleksibilnosti skočnog zgloba (EVERZIJA i INVERZIJA), a negativno tjelesna težina i povećan BMI.

Tablica 20

Rezultati stepwise regresijske analize za kriterijsku varijablu NNT – djevojčice

(Beta – beta ponder, p – razina značajnosti, R – koeficijent multiple korelacije, Rsq – koeficijent determinacije)

NNT		
	Beta	p
MBP	-0.32	0.03
S10M	0.17	0.21
LOS	-0.15	0.21
DORZFLEX	0.14	0.26
BFAT	0.14	0.29
R	0.56	
Rsq	0.32	
p	0.01	

LEGENDA: BFAT – postotak tjelesne masti; MBP – bočni preskoci; S10M – sprint na 10 metara; DORZFLEX – dorzalna fleksija; LOS – „limits of stability“

U tablici 20 prikazani su rezultati stepwise regresijske analize za kriterijsku varijablu NNT na uzorku djevojčica. Linearna kombinacija prediktorskih varijabli definira 32% varijance kriterijske varijable NNT. Radi se o latentnoj strukturi koju determinira naglašena reaktivna snaga.

Tablica 21

Rezultati stepwise regresijske analize za kriterijsku varijablu T180 – djevojčice

(Beta – beta ponder, p – razina značajnosti, R – koeficijent multiple korelacije, Rsq – koeficijent determinacije)

T180		
	Beta	p
MBP	-0.57	0.00
SDM	-0.10	0.40
PLANTFLEX	0.18	0.10
DORZFLEX	0.22	0.07
INVERZIJA	-0.20	0.14
BFAT	0.15	0.20
R	0.70	
Rsq	0.49	
p	0.01	

LEGENDA: BFAT – postotak tjelesne masti; SDM – skok u dalj s mjesta; MBP – bočni preskoci; INVERZIJA – inverzija stopala; DORZFLEX – dorzalna fleksija; PLANTFLEX – plantarna fleksija

U tablici 21 prikazani su rezultati stepwise regresijske analize za kriterijsku varijablu T180 na uzorku djevojčica. Linearna kombinacija prediktorskih varijabli definira 49% varijance kriterijske varijable T180. Radi se o latentnoj strukturi koju determinira naglašena reaktivna snaga.

Tablica 22

Rezultati stepwise regresijske analize za kriterijsku varijablu T20Y – djevojčice

(Beta – beta ponder, p – razina značajnosti, R – koeficijent multiple korelacije, Rsq – koeficijent determinacije)

T20Y		
	Beta	p
S15M	0.23	0.11
MBP	-0.30	0.01
BFAT	0.21	0.04
SDM	-0.29	0.03
ADN	0.09	0.31
R	0.79	
Rsq	0.63	
p	0.01	

LEGENDA: ADN – duljina noge; BFAT – postotak tjelesne masti; SDM – skok u dalj s mjesta; MBP – bočni preskoci; S15M – sprint na 15 metara

U tablici 22 prikazani su rezultati stepwise regresijske analize za kriterijsku varijablu T20Y na uzorku djevojčica. Linearna kombinacija prediktorskih varijabli definira 63% varijance kriterijske varijable T20Y. Radi se o latentnoj strukturi koju determinira naglašena reaktivna snaga, visoka eksplozivna snaga tipa skočnosti i niska razina masnog tkiva.

Tablica 23

Rezultati stepwise regresijske analize za kriterijsku varijablu MCC – djevojčice

(Beta – beta ponder, p – razina značajnosti, R – koeficijent multiple korelacije, Rsq – koeficijent determinacije)

MCC		
	Beta	p
S15M	0.63	0.00
S5M	-0.41	0.01
INVERZIJA	0.07	0.54
LEAN	0.33	0.00
MBP	-0.31	0.02
DORZFLEX	0.24	0.04
R	0.74	
Rsq	0.55	
p	0.01	

LEGENDA: LEAN – bezmasna masa tijela; MBP – bočni preskoci; S5M – sprint na 5 metara; S15M – sprint na 15 metara; INVERZIJA – inverzija stopala; DORZFLEX – dorzalna fleksija

U tablici 23 prikazani su rezultati stepwise regresijske analize za kriterijsku varijablu MCC na uzorku djevojčica. Linearna kombinacija prediktorskih varijabli definira 55% varijance kriterijske varijable MCC. Radi se o latentnoj strukturi koju determinira naglašena sposobnost brzine sprinta na 15 metara i izražena reaktivna snaga, a niska razina fleksibilnosti skočnog zgloba, bezmasne tjelesne mase i brzine sprinta na 5 metara.

Tablica 24

Rezultati stepwise regresijske analize za kriterijsku varijablu MTT – djevojčice

(Beta – beta ponder, p – razina značajnosti, R – koeficijent multiple korelacije, Rsq – koeficijent determinacije)

MTT		
	Beta	p
SDM	-0.24	0.08
BFAT	0.25	0.01
MBP	-0.23	0.04
LEAN	0.16	0.08
S5M	-0.48	0.01
S15M	0.69	0.01
S10M	-0.19	0.16
R	0.80	
Rsq	0.65	
p	0.01	

LEGENDA: BFATKG – masa tjelesne masti; LEAN – bezmasna masa tijela; SDM – skok u dalj s mjesta; MBP – bočni preskoci; S5M – sprint na 5 metara; S10M – sprint na 10 metara; S15M – sprint na 15 metara

U tablici 24 prikazani su rezultati stepwise regresijske analize za kriterijsku varijablu MTT na uzorku djevojčica. Linearna kombinacija prediktorskih varijabli definira 65% varijance kriterijske varijable MTT. Radi se o latentnoj strukturi koju determinira naglašena sposobnost brzine sprinta na 15 metara i izražena reaktivna snaga, a niska razina masnog tkiva i sposobnost brzine sprinta na 5 metara.



## 6 Rasprava

### 6.1 Pouzdanost i stabilnost mjernih instrumenata

#### 6.1.1 Antropometrijske mjere

Antropometrijske karakteristike nerijetko su predmet istraživanja i jedan od važnih istraživačkih problema kako u kineziologiji tako i u drugim znanostima i znanstvenim disciplinama. U kineziologiji važnost antropometrijskih mjera očituje se kroz tri glavne odrednice. Prvo, antropometrijske osobine zbog svoje visoke genetske određenosti izravno utječu na selekciju i usmjeravanje osoba u sport. U početku selekcijom se pojedinca može usmjeriti na bavljenje određenim oblikom kineziološke aktivnosti, a u kasnijoj fazi (subselekcijama) pojedincu obilježenom vlastitim antropometrijskim karakteristikama može biti dodijeljena specifična uloga unutar te aktivnosti zahvaljujući između ostalog i spomenutim karakteristikama. Drugo, zbog mogućnosti da se neke osobine izravno transformiraju kroz kineziološke procese zanimljivo je poznavati stanje tih osobina kako bi se egzaktno definirala efikasnost transformacijskog procesa. Široka je dakle i raznolika lista kinezioloških aktivnosti u koju se pojedinac ili grupa selekcijom mogu svrstati uzimajući u obzir pojedine antropometrijske karakteristike ili pak njihove kombinacije. Što se tiče utjecaja treninga antropometrijske karakteristike mogu biti praćene da bi se kao takve kasnije i interpretirale (na pr. tjelesna visina, tjelesna težina,...) ali i da bi se neke druge mjere indirektno iščitavale iz njih (na pr. izračuni indeksa tjelesne mase). Treće, i za potrebe ovog rada najvažnije je činjenica da antropometrijske osobine izravno determiniraju niz motoričkih i funkcionalnih sposobnosti.

Rijetka su znanstvena istraživanja koja su se bavila izračunima pouzdanosti mjerenja antropometrijskih karakteristika kao glavnim problemom ili ciljem dotičnog istraživanja već su parametri pouzdanosti za ove varijable uglavnom prijavljivani uz ostale rezultate pojedinih istraživanja. Postoje međutim i istraživanja koja se bave samo ovim problemom (Berkson i sur., 2013).

Premda je generalno prihvaćeno da su antropometrijska mjerenja visoko pouzdana, iz rezultata prikazanih prethodno mogu se uočiti neke nekonzistentnosti po ovom pitanju. Primjerice, za varijablu ASV na uzorku dječaka uočena je značajna razlika prve i treće čestice mjerenja, bez značajnih razlika druge i treće čestice. Ovo se može vjerojatno objasniti činjenicom da je sjedeća visina mjera koja se rijetko uzima, pa se da pretpostaviti da su mjeriocima trebale 3 čestice mjerenja kako bi se stabilizirao rezultat mjerenja.

Parametri pouzdanosti između čestica mjerenja antropometrijskih karakteristika ispitanika dobiveni ovim istraživanjem ukazuju na visoku pouzdanost mjerenja tih obilježja (kod svih varijabli radi se o praktički maksimalnim vrijednostima pouzdanosti od CA=0.99, IIR=0.99) kako na uzorku dječaka, tako i na uzorku djevojčica. Neki su autori u svojim istraživanjima dobili visoke parametre pouzdanosti mjerenja tjelesne visine, tjelesne težine i izračunatih indeksa tjelesne mase. U spomenutim istraživanjima autori su tjelesnu visinu i tjelesnu težinu mjerili i

dobivene rezultate uspoređivali s iznosima koji su ispitanici sami naveli u anketnom upitniku koji je prethodio mjerenjima. Pokazalo se da su parametri pouzdanosti podataka prikupljenih anketiranjem visoko pouzdani kao i oni dobiveni mjerenjima, a kretali su se od ICC=0.96 i CA=0.98 do ICC=0.99 za tjelesnu visinu, te ICC=0.99 i CA=0.99 do ICC=1 za tjelesnu težinu (Dekkers i sur., 2008; Leatherdale i Laxer, 2013).

Kada se usporede dobiveni parametri pouzdanosti antropometrijskih mjerenja provedenih na uzorku dječaka s dobivenim parametrima pouzdanosti antropometrijskih mjerenja provedenih na uzorku djevojčica može se ustvrditi kako razlika nema, tj. pouzdanost mjerenja antropometrijskih karakteristika jednako je visoka na uzorku dječaka i uzorku djevojčica.

Ukratko će se osvrnuti i na rezultate dobivene antropometrijskih mjerenjima. Istraživanjem morfoloških karakteristika djece ( $n=1020$ ) od jedanaest do četrnaest godina autori Pavić i suradnici (Pavic i sur., 2013) dobili su približno jednake vrijednosti aritmetičkih sredina tjelesne visine i tjelesne težine kao i autor ove disertacije u navedenim varijablama, za istu dobnu skupinu (trinaest do četrnaest godina). Male razlike u vrijednostima aritmetičkih sredina očekivane su jer se u oba istraživanja radilo o populaciji istog podneblja, osnovnoškolcima iz različitih škola u gradu Splitu. Usporedbe radi, vrijednosti aritmetičkih sredina spomenutih varijabli na uzorku od 2676 dječaka iz Kosova znatno su niže od vrijednosti aritmetičkih sredina dobivenih u ovom istraživanju (Rexhepi i sur., 2011).

### **6.1.2 Agilnost**

Parametri pouzdanosti između čestica mjerenja testova agilnosti dobiveni ovim istraživanjem ukazuju na visoku pouzdanost mjerenja. Na uzorku dječaka Cronbachalpha (CA) koeficijenti kretali su se u rasponu od 0.93 do 0.95, a prosječna korelacija čestica mjerenja (IIR) od 0.81 do 0.88. Na uzorku djevojčica Cronbachalpha (CA) koeficijenti kretali su se u rasponu od 0.92 do 0.95, a prosječna korelacija čestica mjerenja (IIR) od 0.79 do 0.87. Najmanji stupanj pouzdanosti (CA=0.92; IIR =0.79) izračunat je za test T180 na uzorku djevojčica, dok se kod uzorka dječaka taj test pokazao najpouzdanijim (CA=0.95; IIR =0.88). Slične rezultate pouzdanosti testova agilnosti dobili su Sekulić i suradnici (Sekulic i sur., 2013) gdje su na uzorku sportašica prosječne dobi od 20 godina, izračunali najniže vrijednosti pouzdanosti (CA=0.83; IIR=0.66) također u testu T180, ali je kod uzorka sportaša prosječne dobi od 21 godine najpouzdaniji test bio NNT test (CA=0.95; IIR=0.9). Najpouzdaniji test agilnosti na uzorku djevojčica u ovdje prezentiranom istraživanju je test T20Y, dok se na uzorku dječaka relativno najmanje pouzdanim se pokazao test MCC. Bitno je napomenuti da se i oni testovi koje ovdje interpretiramo kao „relativno nepouzdan“ redovito u stvari mogu smatrati pouzdanima. Ipak, treba naglasiti da se kod nekih testova, a neovisno o njihovoj pouzdanosti javlja problem razlika između čestica mjerenja (engl. – *bias*). S obzirom da se ova pojava javlja i kod varijabli za procjenu drugih sposobnosti, o tome će se nešto više kazati nakon što se diskutiraju mjere pouzdanosti za ostale motoričke testove.

Za razliku od rijetkih istraživanja agilnosti provedenih na mladima (Pettersen i Mathisen, 2012) pouzdanost testova agilnosti često se istraživala na odrasloj populaciji (Beekhuizen i sur., 2009; Glaister i sur., 2009; Oliver i Meyers, 2009; Ortega i sur., 2008; Sporis i sur., 2010; Veale i sur.,

2010). U jednoj od rijetkih studija koja se ovim problemom bavila kod djece Pettersen i Mathisen (Pettersen i Mathisen, 2012) dobili su nešto niže vrijednosti pouzdanosti (ICC=0.87) kod test-retest metode za test čiji su parametri izvedbe slični testovima korištenim u ovom istraživanju.

### **6.1.3 Eksplozivna snaga i reaktivna snaga**

Eksplozivna mišićna snaga je glavna odrednica izvede u mnogim individualnim i timskim sportovima (Newton i Kraemer, 1994). Pouzdanost testova za procjenu vertikalne skočnosti manja je kod uzoraka djece nego što je to slučaj kod uzoraka odraslih, čak i kad se radi o visoko treniranim uzorcima djece (Torrado Pineda i Marina Evrard, 2012). Izračun parametara pouzdanosti za testove SDM i MSV korištene u ovom istraživanju ukazuje na visoku pouzdanost tih testova (CA=0.94-0.97; IIR=0.84-0.93).

Mnogi autori u svojim istraživanjima navode visoke vrijednosti pouzdanost testa MSV: ICC=0.98 na uzorcima koji su sačinjavali muškarci i žene istovremeno prosječne dobi od 20 godina (Koch i sur., 2003); ICC=0.98 i IIR=0.94 na muškom uzorku ispitanika prosječne dobi od 19.6 godina (Markovic i sur., 2004), ICC=0.88 na uzorku žena, ICC=0.8 na uzorku muškaraca, te ICC=0.93 na uzorku ispitanika oba spola (Slinde i sur., 2008). U ovom istraživanju za test MSV koristio se Optojump uređaj čija je izvrsna pouzdanost utvrđena i u ranijim istraživanjima (ICC=0.99 na uzorku od 40 studenata i studentica prosječne dobi od 22 godine (Glatthorn i sur., 2011); te CA=0.97 i IIR=0.93 na uzorku od 95 vrhunskih odbojkaša dobi od 18-30 godina (Sattler i sur., 2012). Visoke vrijednosti parametara pouzdanosti dobivene ovim istraživanjem za test MSV na uzorku djevojčica (CA=0.94; IIR=0.84) u skladu su s vrijednostima parametara pouzdanosti ovog testa koje su na sličnom uzorku ispitanica proveli autori (Torrado Pineda i Marina Evrard, 2012). Torrado i suradnici u istom istraživanju čak napominju da je sveukupna sposobnost vertikalne skočnosti pouzdana još od nižih uzrasta i da kod početnica prakticanje gimnastike neće popraviti pouzdanost većine testova vertikalne skočnosti. Autori Acero i suradnici (Acero i sur., 2011) su u svom istraživanju na uzorku od 30 djevojčica i 26 dječaka dobi od 6 do 8 godina izračunali visoku pouzdanost testa MSV (ICC=0.95), što je u skladu s vrijednostima parametara pouzdanosti (CA=0.97; IIR=0.92) na uzorku dječaka dobivenima ovim istraživanjem za ovaj test. S obzirom da generalno nedostaje istraživanja koja provjeravaju pouzdanost testova eksplozivne snage na mlađim uzrastima može se smatrati da su parametri pouzdanosti testova dobiveni u ovom istraživanju u skladu s parametrima pouzdanosti dobivenih u dosadašnjim istraživanjima na različitim dobnim skupinama i stupnjevima fizičke aktivnosti, ali za iste testove.

Što se tiče testa SDM, parametri pouzdanosti dobiveni ovim istraživanjem na uzorku dječaka (CA=0.98 i IIR=0.93) i uzorku djevojčica (CA=0.97 i IIR=0.92) ukazuju na visoku pouzdanost i ovog testa za procjenu eksplozivne snage. Visoke vrijednosti parametara pouzdanosti testa SDM prijavljivani su i u dosadašnjim istraživanjima na mlađim (Beedle, 1980), ali i na starijim dobnim skupinama (Koch i sur., 2003; Markovic i sur., 2004).

Kako na uzorku dječaka, tako i na uzorku djevojčica u ovom istraživanju za procjenu eksplozivne snage, od testa MSV, pouzdanijim se pokazao test SDM. Ovome je vjerojatno razlog činjenica da su djeca bolje upoznata s testom SDM a s obzirom da se ovaj test relativno često radi kao sastavni dio baterije testova za procjenu motoričkih sposobnosti u školama. Ipak, valja

napomenuti kako oba testa, iako se koriste u svrhu procjene eksplozivne snage donjih ekstremiteta, ne bi trebalo međusobno uspoređivati u kontekstu pouzdanosti s obzirom da ne procjenjuju istu manifestaciju eksplozivne snage, te su upravo s tim razlogom i korišteni u ovom istraživanju.

Koliko je autoru poznato test MBP nije do sada ispitivan u kontekstu mjernih karakteristika, stoga nema dostupnih podataka o vrijednostima parametara njegove pouzdanosti. S obzirom na dugogodišnje bavljenje problematikom agilnosti javila se potreba za jednim ovakvim testom i provedeno je pilot istraživanje u kojem se ovaj test pokazao kao dobar prediktor agilnosti i visoko pouzdan. Iz tih razloga, u fazi pripreme ovog istraživanja, test MBP predložen je za provedu u istraživanju, što je s obzirom na način izvođenja testa i učinjeno, u svrhu procjene reaktivne snage ispitanika. Pouzdanost testa bilježi visoke vrijednosti kod dječaka (CA=0.95; IIR=0.87) i dobre kod djevojčica (CA=0.85; IIR=0.67).

#### **6.1.4 Brzina trčanja**

Analiza pouzdanosti varijabli za procjenu brzine sprinta pokazala je nešto više parametre pouzdanosti kod uzorka dječaka (CA=0.75-0.96; IIR=0.5-0.89) nego što je to slučaj kod uzorka djevojčica (CA=0.73-0.93; IIR=0.48-0.83). Kod uzorka dječaka najpouzdanijim se pokazao test S10M (CA=0.96; IIR=0.89) dok je test S5M (CA=0.75; IIR=0.5) bio najnepouzdaniji test brzine. Na uzorku djevojčica najnepouzdaniji test za procjenu brzine bio je također test S5M (CA=0.73; IIR=0.48), ali se najpouzdanijim pokazao test S15M (CA=0.93; IIR=0.83). Niski IIR koeficijenti ukazuju na nekonzistentnost rezultata u tri čestice mjerenja, a kako je riječ o testovima jednostavne izvedbe, tada u kontekstu pouzdanosti nije dobro pričati o fenomenu familijarizacije, odnosno upoznavanja s testom, već problem treba sagledati sa stajališta mogućeg umora koji se javlja. Nadalje, u usporedbi sa snagom i fleksibilnosti, brzina je kompleksna motorička sposobnost i kao takva je podložna greškama pri mjerenju što je također moguć razlog niskih vrijednosti IIR koeficijenata. U svom istraživanju Moir i suradnici (Moir i sur., 2007) dobili su nešto veće koeficijente pouzdanosti testova brzine od onih dobivenih ovim istraživanjem što je i bilo za očekivati s obzirom da je njihov uzorak bio sačinjen od tjelesno aktivnih pojedinaca. Način na koji je brzina mjerena u ovom istraživanju kao i neki parametri pouzdanosti mjerenja brzine na taj način, prijavljeni su i u ranijim studijama (Sekulic i sur., 2013; Shalfawi i sur., 2012) ali na nešto starijem uzorku ispitanika.

### 6.1.5 *Fleksibilnost*

Segment ljudskog tijela redovito ostvaruju kružna gibanja (Dželalija i Rausavljević, 2005). Raspon pokreta je luk pokreta koji se javlja u zglobu ili nizu zglobova (Association, 1999). Raspon pokreta, u stranoj literaturi poznatiji kao skraćenica ROM (Range-Of-Motion), za potrebe ovog istraživanja mjeren je standardnim goniometrom čija je pouzdanost prilikom mjerenja raspona pokreta gležnja utvrđena ranijim istraživanjima (Clapper i Wolf, 1988; Rome i Cowieson, 1996). U dosadašnjim istraživanjima, najčešće istraživani faktori koji utječu na vrijednosti raspona pokreta su dob, spol i način na koji je pokret izveden (aktivno ili pasivno), dok su nešto manje istraživani indeks tjelesne mase, te vrste aktivnosti koje ispitanik upražnjava. Kako bi kvalitetno usporedili utjecaje spomenutih faktora na raspon pokreta, idealno bi bilo rezultate raspona pokreta uspoređivati sa rezultatima studija provedenim na ispitanicima iste životne dobi i spola ali i koristeći iste metode mjerenja raspona pokreta na istom zglobu. Često takve (idealne) vrste usporedbi nisu moguće jer norme za usporedbu još nisu utvrđene za sve grupe pa se čak preporuča rezultate usporediti s rezultatima istog zgloba ali na suprotnom ekstremitetu istog ispitanika, naravno, samo ukoliko aktivnost kojom se ispitanik bavi ne zahtjeva ciljano veliki angažman ekstremiteta jedne strane tijela (Norkin i White, 2009). Većina istraživanja ukazuju na male razlike u rasponu pokreta između lijevih i desnih ekstremiteta (Ahlberg i sur., 1988; Boone i Azen, 1979; Chang i sur., 1988; Schwarze i Denton, 1993; Stefanyshyn i Engsberg, 1994; Steultjens i sur., 2000). Ako je suprotan ekstremitet neprikladan za usporedbu, preporuča se raspon pokreta ispitanika usporediti s prosječnim vrijednostima raspona pokreta navedenima u priručniku Američke akademije kirurga ortopeda (Greene i sur., 1994), ili drugim standardnim tekstovima (Cocchiarella i sur., 2001; Kendall, 2005). Raspon pokreta gležnja je oko 70 stupnjeva, 25 dorzalna fleksija i 45 stupnjeva plantarna fleksija. Inverzija je moguća od oko 30 do 35 stupnjeva, dok je everzija nešto manja i kreće se između 15 i 20 stupnjeva (Dželalija i Rausavljević, 2005). Alanen i suradnici su na uzorku od 245 djevojčica i dječaka dobi od 7 do 14 godina ustanovili širok raspon rezultata dorzalne i plantarne fleksije što dokazuje da dob (naročito pubertetska) nije zanemariv faktor koji utječe na raspon pokreta (Alanen i sur., 2001). Djeca, a naročito novorođenčad, imaju veći raspon pokreta u odnosu na druge dobne skupine (Boone i Azen, 1979), što naravno ovisi o zglobu kojeg promatramo ali ne i o spolu. Veći raspon pokreta koji postoji kod mlađih dobni skupina je normalan za njihovu dob ali ako se ta razlika uoči i nakon odrastanja smatra se hipermobilnošću (Norkin i White, 2009).

U ovom istraživanju parametri pouzdanosti između čestica mjerenja fleksibilnosti ukazuju na visoku pouzdanost mjerenja. I kod dječaka i kod djevojčica CA koeficijenti za svaku do četiri mjerene varijable fleksibilnosti iznosili su 0.99 što su gotovo maksimalne vrijednosti. Izračunati IIR koeficijenti pouzdanosti na uzorku dječaka nešto su manji od CA koeficijenata i iznose 0.98 za varijable everzije i inverzije stopala, te 0.97 za varijable plantarne i dorzalne fleksije što se i dalje smatra vrlo visokim vrijednostima u kontekstu provjere pouzdanosti ovog mjernog instrumenta. IIR koeficijenti za sve četiri mjerene varijable fleksibilnosti na uzorku djevojčica iznosili su 0.98 čime potvrđuju dobru pouzdanost ovog mjernog instrumenta i na ovom uzorku. Rezultati analize pouzdanosti u skladu su s ranijim istraživanjem kojeg su proveli Boone i

suradnici (Boone i sur., 1978) u kojem navode kako nisu pronašli značajne razlike među ponovljenim mjerenjima kojeg je proveo isti mjeritelj unutar jednog seta mjerenja, te preporučaju da je jedno mjerenje jednako pouzdano kao i srednja vrijednost ponovljenih mjerenja. Prosječni izmjereni rezultati za varijable dorzalne fleksije, inverzije i everzije kod oba uzorka ispitanika, nešto su veći od prosječnih rezultata Američke liječničke udruge, Američke akademije kirurga ortopeda, te studije koju su proveli Boone i Azen (Boone i Azen, 1979). Što se tiče prosječnih izmjerenih rezultata za varijablu plantarne fleksije oba uzorka ispitanika, nešto su veći od prosječnog rezultata Američke liječničke udruge, ali manji od prosječnog rezultata Američke akademije kirurga ortopeda i studije autora Boone i Azen (Boone i Azen, 1979). Razlike u rezultatima mogu se pripisati razlikama u uzorcima ispitanika i načinu mjerenja raspona pokreta jer su autori Boone i Azen (Boone i Azen, 1979) istraživanje proveli samo na muškom uzorku dobi između 1 i 54 godine, a raspon pokreta mjerili su aktivno. Pasivno mjereno raspon pokreta nešto je veći od aktivnog zbog toga što je u svakom zglobu moguć malen dio pokreta koji nije pod voljnom kontrolom ispitanika, a dostupan je nakon postignutog normalnog aktivnog raspona kao posljedica istežanja tkiva koje okružuje zglob (Norkin i White, 2009). Što se tiče Američke liječničke udruge i Američke akademije kirurga ortopeda, službeni prosječni rezultati dobiveni su na mješovitom uzorku.

### **6.1.6 Ravnoteža**

Sudeći po dosada objavljenim istraživanjima, od svih (u ovom istraživanju) mjerenih motoričkih sposobnosti, ravnoteža je evidentno najmanje istraživana motorička sposobnost. Razlog ovome autor vidi u nedostatku, kako laboratorijskih tako i terenskih mjernih instrumenata kojima bi se procjenjivala ravnoteža. Mjerenje ravnoteže zahtjeva relativno sofisticiranu, skupu i robusnu opremu (Sekulic i sur., 2013), a sama procedura je dugotrajna i komplicirana. Uređaj Biodex Balance System korišten u ovom istraživanju donekle olakšava procjenu ravnoteže ali zbog same prirode te motoričke sposobnosti i načina njene procjene, ne čude niske vrijednosti koeficijenata pouzdanosti dobivene u ovom istraživanju. Na uzorku dječaka dobivene vrijednosti koeficijenata pouzdanosti iznosili su  $CA=0.98$  i  $IIR=0.96$  što se može smatrati visokom pouzdanošću ali na uzorku djevojčica zabilježene su niže vrijednosti navedenih koeficijenata ( $CA=0.84$ ;  $IIR=0.64$ ). U objašnjavanju ove razlike između pouzdanosti potvrđene kod dječaka i pouzdanosti utvrđene kod djevojčica neće se poslužiti ovdje prikazanim rezultatima već radom koji je nedavno analizirao utjecaj morfoloških mjera na ravnotežu kod djevojčica i dječaka analiziranih u ovoj studiji (Delić, 2013). U tom radu utvrđeno je kako osnovni morfološki parametri tjelesne visine i tjelesne težine u znatno većoj mjeri koreliraju s mjerama ravnoteže kod dječaka nego je to slučaj kod djevojčica. Tako su koeficijenti korelacije za dječake iznosili od 0,5 (tjelesna visina i OSI) do 0,72 (TT i OSI) a za djevojčice od 0,07 (visina i OSI) do 0,69 (težina i OSI). To u stvari znači da veliki postotak varijance ravnoteže kod djevojčica ovisi o mehanizmima koji se mogu mijenjati o čestice do čestice mjerenja (živčano mišićni mehanizmi koji u stvari govore o usvajanju karakterističnog motoričkog programa koji se izvodi prilikom izvođenja testa, ili eventualno poboljšana kvaliteta unutarmišićne i međumišićne koordinacije (Sekulic i Metikoš, 2007). To naravno ne znači da ovi mehanizmi nisu prisutni kod dječaka ali je jasno kako kod dječaka veći postotak varijance u ravnoteži određuju morfološke mjere koje se logično nisu mijenjale od čestice do čestice mjerenja. To je sve zajedno vjerojatno pridonijelo većoj pouzdanosti mjerenja

ravnoteže kod dječaka nego li kod djevojčica. Dok su se za sve korištene testove koeficijenti varijacije kretali ispod 8.4%, kod varijable OSI za procjenu ravnoteže ovi koeficijenti su bili znatno viši. Za uzorak djevojčica CV je iznosio 24.8%, a za uzorak dječaka čak 27.4% što ukazuje na činjenicu da pouzdanost stvarno treba analizirati i kroz parametre pouzdanosti „between-subject“ i „within-subject“.

### **6.1.7 Familijarizacija - privikavanje**

Problem familijarizacije ili problem privikavanja na mjerne instrumente u posljednje vrijeme jako zaokuplja pažnju istraživača i stručnjaka<sup>3</sup>. Naime sofisticirana tehnologija mjerenja koja je uključena danas u gotovo sve oblike mjerenja motoričkih sposobnosti omogućila je pouzdanost mjernih instrumenata prvenstveno na račun toga što mjeritelj više ne unosi ili rijetko unosi svoju grešku u samo mjerenje. Međutim problem familijarizacije nije vezan samo za mjeritelja, samo za tehnologiju ili samo za mjerni instrument već je vezan za proces učenja motoričkog zadatka koji se izvodi prilikom testiranja određene motoričke sposobnosti. U prvom redu to se odnosi na motoričke zadatke koji se nalaze u testovima motoričkih sposobnosti kvalitativnog tipa kao što su koordinacija ili ravnoteža, ali u određenoj mjeri se ovaj problem prepoznaje i kod drugih testova, dakle testova koji su u osnovi vrlo jednostavni u izvedbi kao što je brzina trčanja ili testovi aerobne odnosno anaerobne sposobnosti. Kod trčanja potrebno je još sagledati problem umora, s obzirom da je kod brzine sprinta ovaj problem izražen pogotovo ako se radi o testiranju koje se provodi na mlađim uzrastima i netreniranim osobama. Kod takvih ispitanika i kod kratkih dionica trčanja javlja se gomilanje umora što u konačnici rezultira smanjenjem rezultata. Međutim kod visoko treniranih ispitanika problem familijarizacije se redovito razmatra u kontekstu učenja motoričkog zadatka koji se izvodi prilikom testiranja određene motoričke sposobnosti (Amarante do Nascimento i sur., 2013; Glaister i sur., 2007; Glaister i sur., 2010; Ozkaya, 2013).

U ovdje prezentiranom istraživanju najveći problem familijarizacije bio je kod testova agilnosti. To u stvari pokazuje kako su testovi agilnosti neovisno o tome što kratko traju ipak testovi koji se u određenoj mjeri uče. To učenje, vidljivo od čestice do čestice, javlja se i na uzorku dječaka kao i djevojčica. Razlike među česticama mjerenja prisutne su u gotovo svim testovima agilnosti kod oba subuzorka. Dok se kod nekih javlja stabilizacija do treće čestice (NNT, T180, T20Y, MCC, MTT kod dječaka i NNT, T180, T20Y kod djevojčica) kod nekih nema stabilizacije ni u trećoj čestici (MCC i MTT kod djevojčica) što u stvari znači da bi se testovi trebali provoditi i kroz dodatne čestice sve dok do stabilizacije rezultata ne dođe. O ovome treba posebno voditi računa ako bi se ovi testovi primjenjivali u longitudinalnim studijama. Naime, ukoliko bi se testovi u kojima ne dolazi do stabilizacije rezultata mjerenja kroz tri čestice primjenjivali u longitudinalnim studijama vrlo vjerojatno bi se u ponovljeno mjerenju dogodilo da je minimalni rezultat (najbolji rezultat) značajno bolji od minimalnog rezultata (najboljeg rezultata) u prvom (inicijalnom) mjerenju i na taj način bi se interpretiralo napredak u mjerenoj varijabli a do stvarnog (realnog) napretka u mjerenoj sposobnosti u stvari nije došlo. S obzirom da se ovdje radilo o transverzalnog mjerenju tj. mjere nisu ponovno uzimane i razmatrane nakon

<sup>3</sup> Najčešći izraz koji se sa ovim problemom povezuje jest „homogenost“ mjernih instrumenata, ali se isti u radu namjerno izbjegava jer prevođenje ovog naziva na engleski dovodi do velikih nesuglasica i nejasnoća

određenog trenažnog (transformacijskog) perioda, problem nedostatne familijarizacije ispitanika s testovima ne treba zabrinjavati. O ovom problemu svakako treba voditi računa ukoliko bi se ovi testovi upotrebljavali u longitudinalnim studijama. Ovaj problem je posebno naglašen kod djevojčica u testovima MCC i MTT u kojima je očito da do familijarizacije nije došlo ni u trećoj čestici mjerenja. Problem je nešto manji kod testova NNT, T180 i T20Y. Kod dječaka je situacija bitno bolja i može se smatrati kako će se testiranjem u tri čestice postići zadovoljavajući stupanj stabilnosti mjerenja.

Kratko će se prodiskutirati i problem familijarizacije kod mjera ravnoteže s obzirom da se ovim problemom, koliko je autoru poznato, do sada nitko nije bavio na populaciji koja je istraživana u ovom radu a to su djeca u predpubertetu i ranom pubertetu. I u ovom slučaju se javlja problem familijarizacije odnosno učenja testa što je u osnovi očekivano s obzirom da je zadatak koji ispitanici izvode relativno nepoznat i vrlo vjerojatno ga nikada prije nisu izvodili, pogotovo u uvjetima pseudolaboratorijskog testiranja kakvi su u ovom istraživanju bili organizirani. Rezultati se tako poboljšavaju od čestice do čestice mjerenja kako kod uzorka djevojčica tako i kod uzorka dječaka što je također očekivano. Ipak i u uzorku dječaka i u uzorku djevojčica rezultati se stabiliziraju do treće čestice što u stvari govori o tome da su ispitanici do treće čestice familijarizirani s izvođenjem testa.

Međutim, bitno je za primijetiti kako unutar toga prostora, dakle prostora mjera ravnoteže, postoji visok koeficijent varijacije koji u stvari pokazuje da je potpuno moguće da se i u ovom testu pojavi slučajno dobar odnosno slučajno loš rezultat, što se do sada smatralo samo karakteristikom testova ravnoteže koji se izvode u terenskim uvjetima kao što su stajanje na jednoj nozi, stajanje na klupici za ravnotežu i sl. (Sekulić i Metikoš, 2007). Stoga svakako ostaje preporuka da se testovi ravnoteže s obzirom na ovaj problem i problem familijarizacije izvode kroz veći broj čestica a vjerojatno bi se sama stabilnost mjerenja poboljšala ukoliko bi ispitanici nekoliko puta probali izvesti test u smislu navikavanja. Drugim riječima, moguće je da bi ispitanike trebalo nekoliko puta postaviti na platformu, pokazati im što se događa kada se puno naginju na jednu ili drugu stranu i pustiti ih da se naviknu na platformu bez pritiska samog mjerenja (samog analiziranja rezultata). Dakle trebalo bi ispitanicima naglasiti kako se ne mjeri rezultat, kako ih samo pokušavamo naviknuti na test, pa tek nakon nekoliko sesija navikavanja krenuti u mjerenje koje bi svakako trebalo biti provedeno kroz veći broj čestica kako bi se osigurala i pouzdanost i određena mjera stabilnosti rezultata. Međutim i u ovom slučaju mišljenje autora je da problem familijarizacije ne treba sagledavati prestrogo s obzirom da se radi o transverzalnom mjerenju i samim tim „izostanak stabilizacije“ rezultata do treće čestice mjerenja vrlo vjerojatno nije utjecala na konačne nalaze ove studije koji su prvenstveno vezani za istraživanje relacija prediktorskih i kriterijskih varijabli.

Iz dosadašnje diskusije može se izdvojiti nekoliko glavnih zaključaka koji su vezani za nalaze samog istraživanja neovisno o tome da li se radi o nalazima izravno vezanima za cilj rada. Kao najpouzdaniji testovi agilnosti na uzorku dječaka pokazali su se testovi T180 i T20Y. Kao najpouzdaniji testovi agilnosti na uzorku djevojčica pokazali su se NNT i T20Y. Treba voditi računa o relativno slaboj pouzdanosti kod testova agilnosti MTT i MCC za djevojčice i MTT za dječake. Kod testova brzine treba voditi računa o problemu umora koji se javlja prilikom višestručnog testiranja što je do sada rijetko zabilježeno vrlo vjerojatno zbog toga što istraživači u svojim studijama nisu procjenu pouzdanosti testova brzine sprinta radili za netrenirane



uzorke ispitanika kakav je ovdje bio istraživani. Kao relativno slabo pouzdan test treba izdvojiti test S5M koji se slabo pouzdanim pokazao kod oba razmatrana subuzorka. U svakom slučaju taj test bi trebalo izbjegavati u daljnjim istraživanjima jer je očito da su mjere pouzdanosti toliko loše da bi se samim tim moglo kompromitirati kompletne nalaze istraživanja, tim više što se mjerenje provodilo relativno sofisticiranom i pouzdanom mjernom opremom (elektronskim vratima) gdje nije postojala mogućnost pogreške samog mjeritelja već je očito toliko moguća pogreška ispitanika da se na to ne može utjecati. Naravno, trebalo bi ispitati da li bi se to dogodilo i kod dobro treniranih ispitanika jer treba voditi računa da se ovdje radilo o netreniranim ispitanicima. Familijarizacija s testovima očito je puno veći problem kod djevojčica nego kod dječaka. U ovom slučaju to nije problem koji je presudan s obzirom da se radilo o transverzalnoj studiji dok bi se u longitudinalnim studijama ovom problemu zasigurno trebala posvetiti dodatna pažnja. Testovi ravnoteže pokazali su dobru pouzdanost po pitanju „between-subject“ pouzdanosti a lošu pouzdanost po pitanju „within-subject“ pouzdanosti<sup>4</sup>.

---

<sup>4</sup> Koliko je autoru poznato ovi termini nisu do sada adekvatno prevedeni na hrvatski jezik pa se u tekstu poslužilo engleskim izrazima

## 6.2 Utjecaj prediktora na varijable agilnost

### 6.2.1 Univarijatni i multivarijatni utjecaj prediktora na mjere agilnosti kod dječaka

Univarijatne povezanosti između prediktorskih i kriterijskih varijabli kod dječaka već ukazuju na činjenicu kako se radi o relativno homogenim povezanostima varijabli eksplozivne snage i brzine s mjerama agilnosti razmatranim u ovom radu. Osim generalnog pozitivnog utjecaja ovih sposobnosti s koeficijentima korelacije od 0.35 do 0.81 uočavaju se samo pojedine značajne korelacije relativno niskih koeficijenata od oko 0.3 koji se tiču povezanosti ravnoteže s testovima MCC i MTT. Zanimljivo morfološke varijable su slabo univarijatno povezane s testovima agilnosti koji su razmatrani kao kriterijske varijable u ovom radu. Međutim, s obzirom na moguću pojavu supresorskih efekata (međusobne povezanosti prediktorskih varijabli) puno će se više o samoj prirodi povezanosti moći reći kada se budu analizirale multivarijatne povezanosti kroz regresijsku analizu.

Za sada ostaje za zaključiti kako univarijatne relacije između prediktorskih varijabli i agilnosti ukazuju na homogenu povezanost eksplozivne snage i brzine s varijablama agilnosti.

Pristup forwardstepwise regresijske analize pokazao se opravdanim u analiziranju multivarijatnih povezanosti odnosno definiranju utjecaja određenih prediktora na kriterije. To je već vidljivo iz prve kriterijske varijable o kojoj se kao značajni prediktori u ukupnom regresijskom modelu koji objašnjava 53% varijance kriterija (NNT) izdvajaju varijable sprinta na 10 metara (S10M), skoka u vis (MSV) i tjelesne težine (ATT). Sam regresijski model može se objasniti kao dimenzija eksplozivne snage i brzine uz povećanu tjelesnu težinu. Drugim riječima najbolje rezultate na ovom testu (NNT) postižu ispitanici koji manifestiraju visoku razinu eksplozivne snage skoka u vis, visoku razinu brzine sprinta na 10 metara i izraženije tjelesne težine. Ovaj model je u osnovi prilično logičan. Naime, kretanje u testu NNT sastoji se od dvije dionice po 9 metara sprinta naprijed i jednom dionicom od 6 metara, te dvije dionice sprinta unatrag duge 3 metra. U takvim manifestacijama sprint prema naprijed prisutan je u tri situacije. Samim tim ne začuđuje da upravo trčanje na 10 metara ima visoki parcijalni utjecaj na kriterij. Sama eksplozivna snaga skoka u vis nije vjerojatno bitno pridonijela zbog sličnosti s manifestacijskim oblikom ove agilnosti već zbog činjenice da se u velikom broju slučajeva javlja promjena gibanja iz kretanja unazad u kretanje unaprijed pri čemu se događa prelazak iz ekscentrične u koncentričnu kontrakciju, što je vrlo slično manifestaciji potrebnoj prilikom izvedbe kod skoka u vis. Drugim riječima moglo se očekivati da bi skok u dalj mogao biti bolji prediktor s obzirom na sličnost same kretnje i smjera gibanja odnosno horizontalnog kretanja tijela (*eng.* – horizontal displacement), međutim u ovom testu doista je samo kretanje karakteristično po iznimnoj ekscentričnoj kontrakciji u trenutku promjene kretanja unazad u kretanje unaprijed što je srodnije kretnji skoka u vis nego li kod skoka u dalj. Tjelesna težina očito nije faktor ograničenja u izvođenju ove manifestacije iako bi po fizici stvari upravo u

prethodno objašnjenim trenucima prelaska ekscentrične u koncentričnu kontrakciju bilo za pretpostaviti kako će tjelesna težina predstavljati limitirajuću faktor. Naime, kod izvođenja skoka u vis ispitanik najprije radi ekscentričnu kontrakciju (musculus quadriceps femoris) u koljenom zglobovima krećući se tako nekim dijelovima svoga tijela u smjeru gravitacijske sile. Toj kretnji veliki mišić natkoljenice (zajedno s ostalim tkivima) suprotstavlja se silom napetosti ( $F_T$ ), a te deformacije počinju kinetičku energiju ispitanika ( $E_k = mv^2/2$ ) pretvarati u pasivnu, elastičnu potencijalnu energiju ( $E_{p,e} = kx^2/2$ ) spomenutih tkiva koja će kratko nakon toga biti iskorištena pretvarajući se iznova u kinetičku energiju. U tom trenutku dijelovi tijela ispitanika koji se gibaju imaju određenu količinu gibanja ( $p = mv$ ) u smjeru gravitacijske sile čiji će vektor promijeniti smjer (suprotno gravitacijskoj sili) u trenutku kada započne koncentrična kontrakcija. Kako se smjer vektora količine gibanja mijenja za  $180^\circ$ , jasno je da vrijednost prethodno ostvarene količine gibanja u jednom trenutku mora biti jednaka nuli. Skok se odvija eksplozivno (brzo), pa je potrebna veća sila ( $dp = Fdt$ ) da se dogodi određena promjena količine gibanja (impuls sile). Iz navedenog proizlazi kako će se ispitanici veće tjelesne mase (sa sposobnošću da proizvedu jednaku silu za vertikalni skok) morati silom svojih mišića suprotstavljati većoj postignutoj količini gibanja kako bi je doveli na vrijednost nule prije početka koncentrične kontrakcije. Problem se ne bi javljao kada bi se ispitanik prilikom izvođenja skoka spuštao u puni čučanj jer tada ne bi morao razvijati dodatnu mišićnu silu da "poništi" postignutu količinu gibanja. Sve spomenuto ukazuje na činjenicu da se prvi dio skoka (ekscentrična kontrakcija) ne treba odvijati brzo jer će tada trebati dodatna sila da zaustavi ubrzane dijelove tijela ali to je već stvar tehnike izvedbe skoka koju valja prilagoditi svakom pojedincu ovisno o njegovim morfološkim osobinama i motoričkim sposobnostima. Ne smije se ni zaboraviti da gravitacijska sila ( $F_g = mg$ ) čitavo vrijeme djeluje prema središtu Zemlje i da će osobe veće tjelesne mase zbog toga "trpjeti" njeno veće djelovanje za cijelo vrijeme izvedbe skoka. Tjelesna masa kao uzrok gravitacijske sile utječe na iznos sile trenja pa se vjerojatno zbog toga javlja kao značajan prediktor testa NNT bez obzira na gore pojašnjen negativan utjecaj prilikom prelazaka iz ekscentrične u koncentričnu kontrakciju koji se javljaju nekoliko puta za vrijeme izvođenja testa.

Što se tiče neočekivanog pozitivnog utjecaja tjelesne mase na rezultat u testu NNT, valja napomenuti kako se takav utjecaj nije očekivao ne samo zbog prethodno spomenute sličnosti promjena smjera kretanja u testu NNT sa kretnjom prilikom izvođenja skoka u vis, već i sa činjenicom da je za zaustaviti određenu masu ( $m$ ) koja se giba određenom brzinom ( $v$ ) potrebna određena sila ( $F$ ). Prethodno je spomenuto kako se promjena količine gibanja ( $dp = Fdt$ ) može ostvariti mijenjajući silu ili vrijeme djelovanja sile. Kod testa NNT također je potrebno vektoru količine gibanja promijeniti smjer za  $180^\circ$  što podrazumijeva primjenu sile. U većini testova agilnosti, pa tako i u ovdje primijenjenih pet testova, rezultat je vezan direktno uz vrijeme potrebno za obavljanje zadatka i to na način da manje vrijeme znači bolji rezultat u testu. Potrebno je dakle promjenu količine gibanja ostvariti u što kraćem vremenu što za posljedicu ostavlja povećavanje primijenjene sile. Sila koja će u ovom slučaju djelovati kako bi se količina gibanja dovela na nultu vrijednost jest sila trenja. Spomenuvši silu trenja, važno je i napomenuti kako se radi o jednoj od stvari koje se prilikom testiranja agilnosti nikako ne smiju zanemariti. Opće je poznata stvar da se testovi agilnosti preporučaju izvoditi na istoj podlozi ukoliko se planiraju uspoređivati dobiveni rezultati. Kako sila trenja (između ostalog) direktno ovisi o vrsti ploha koje su u dodiru (obuća i podloga) tehnika izvođenja agilnih kretnih struktura uvelike će ovisiti o mogućoj maksimalnoj vrijednosti te sile čega su ispitanici itekako svjesni koji puta i "nesvjesno". Sila trenja u ovom slučaju nije samo sila koja nam pomaže promijeniti količinu gibanja u što kraćem vremenskom intervalu već i sila koja nam odmaže jer se kao posljedica

njenog djelovanja razvija moment sile ( $M=rF$ ) koji (konkretno u slučaju promjene smjera kretanja iz naprijed u natrag) nastoji zarotirati naše tijelo prema naprijed. Upravo to je razlog zbog kojeg ispitanici spuštaju svoj centar mase za vrijeme kočenja i naginju tijelo u stranu suprotnu od smjera kretanja. Tim kretnjama ispitanici koriste masu dijelova svoga tijela kako bi (manipulirajući) krakom ( $r$ ) gravitacijske sile ostvarili moment sile suprotnoga smjera i spriječili rotaciju tijela (prema naprijed ili natrag). Povećavajući kut naginjanja gravitacijskom silom možemo razviti veći moment sile pri čemu nam zasigurno može pomoći razvijena fleksibilnost gležnja (s druge strane veća tjelesna masa podrazumijeva razvijanje većeg "kontramomenta" sile prilikom naginjanja pa ne dolazi do zahtjeva za velikom fleksibilnošću gležnja). Razlog zašto neki od analiziranih oblika fleksibilnosti gležnja nije značajnije utjecao na rezultat u testu NNT vjerojatno leži u tome što ni prevelik kut naginjanja ( $\alpha$ ) u odnosu na podlogu nije poželjan zbog toga jer se na taj način smanjuje sila pritiska podloge ( $F_N$ ) čime proporcionalno smanjujemo i silu trenja (smanjivanjem kuta  $\alpha$  smanjuje se umnožak  $Fg\cos\alpha$  što je uz koeficijent trenja  $\mu$  bitan član koji određuje silu trenja). O važnosti sile trenja već je ranije bilo riječi pa se ovdje neće ponavljati. Sve navedeno upućuje na važnost poznavanja i nekih fizikalnih zakona čija bi primjena mogla doprinijeti razvoju i odabiru idealne tehnike izvođenja agilnih kretnih struktura koja možda na prvi pogled i ne izgleda idealno. Najbolji dokaz ove tvrdnje su rezultati testova NNT i T180 gdje se iz tablica 9 i 12 vidi da su rezultati testa T180 i kod dječaka i kod djevojčica bolji od rezultata testa NNT. Naime, radi se o jednakim udaljenostima koje u testovima treba pretrčati u što manjem vremenu ali je i iz tablica 3 i 6 vidljivo da ukoliko je pred nas stavljen takav zahtjev, tehnika koja uključuje okret za 180 stupnjeva daleko bolji izbor ako zadatak želimo obaviti u krećem vremenu. Fizikalna i biomehanička pozadina ove razlike biti će objašnjena prilikom diskutiranja utjecaja prediktora na test T180. S druge strane.

Premda na prvi pogled prediktorski model za drugu varijablu (T180) izgleda vrlo slično kao i prediktorski model kod prethodne kriterijske varijable to nije slučaj. Objašnjen je bitno veći postotak varijance (65%) nego kod prethodne varijable kada je objašnjeno 53%, a sam regresijski model uključuje dva značajna prediktora više nego prethodni regresijski model. Tako su pored prediktora koji je i prije bio značajan (S10M) svi ostali značajni prediktori u ovom regresijskom modelu drugačiji u odnosu na prethodne, a to su skok u dalj s mjesta, ravnoteža (OSI), dužina noge i EVERZIJA. Sama logika povezanosti sprinta na 10 metara s izvedbom testa agilnosti je prethodno već objašnjena pa se ovdje neće ponavljati. Priroda povezanosti je u osnovi ista međutim, u ovom slučaju se upravo potvrđuje prethodna diskusija u kojoj se autor osvrnuo na sličnost manifestacije eksplozivne snage kroz skok u vis iz mjesta s testom NNT za razliku od ovdje analiziranog testa T180 u kojem je značajni prediktor u prostoru varijabli eksplozivne snage test skok u dalj s mjesta. Radi se o tome da je skok u dalj s mjesta po pitanju sličnosti kretnje puno sličniji testu T180 nego test skok u vis s mjesta. Bolje rezultate u testu T180 u odnosu na test NNT može se objasniti činjenicama da je kod testa NNT prisutno trčanje unatrag, te da kod testa T180 ispitanik radi okret i nastavlja se gibati prema naprijed. Trčanje unatrag čovjeku je nepriravno i zasigurno je sporije od trčanja naprijed ali bi bilo nezgodno ovdje diskutirati o usporedbi vremena pretrčavanja jednakih dionica trčanjima naprijed i unatrag kada trčanje unatrag nije mjereno ni analizirano. Čak i da su ta vremena jednaka ovdje će se objasniti zbog čega jedan dio razlike rezultata u korist testa T180 ipak postoji već samo obzirom na fizikalnu pozadinu promatranih gibanja. Spomenuto je već da prilikom izvođenja testa T180 ispitanici rade okret i nastavljaju se gibati prema naprijed. Upravo u tom trenutku (osim ako se idealno ne okrenu oko sagitalne osi što je gotovo nemoguće izvesti) ispitanici iz pravocrtnog prelaze u kružno gibanje. Ono što je odmah važno primijetiti je to da brzina

ispitanika ne mora dosegnuti nultu vrijednost (*eng.* zero velocity) kao kod testa NNT, a samim time ni količina gibanja ispitanika ne opada na nultu vrijednost ( $p=mv$ ). Vektori brzine i količine gibanja također ne iznose 0 ni u jednom trenutku već tangencijalno mijenjaju svoj smjer. Kružno gibanje ispitanika uzrokovano je centripetalnom silom koja je u ovom slučaju sila trenja o čijoj je važnosti u testovima agilnosti već bilo diskutirano. Interesantno je za primijetiti da je do određene udaljenosti od "okretišta" izvedba ovog testa identična onoj prilikom izvođenja testa NNT. Kod testa NNT od tada započinje faza kočenja i zaustavljanja dok kod testa T180 nije potrebno toliko smanjiti brzinu kretanja jer se daljnje kretanje planira nastaviti po kružnici određenog radijusa. Kako masu ne možemo promijeniti, procijenjenoj maksimalnoj sili trenja (koja je u ovom slučaju centripetalna sila  $F_{cp}=mv^2/r$ ) važno je prilagoditi vrijednosti radijusa i trenutne brzine. Naravno, svemu ovome treba pridodati i moment sile koji ispitanika pokušava zarotirati i "izbaciti" što se opet kompenzira naginjanjem prema centru kružnice po kojoj se ispitanik kreće. Potreban kut naginjanja ovisi o masi tijela ispitanika ali i udaljenosti (kraku) centra mase od oslonca. Vjerojatno iz tog razloga varijabla duljine noge (ADN) ima negativan utjecaj na kriterij jer povlači za sobom i udaljeniji centar mase ispitanika a samim time i manji kut koji sagitalna os ispitanika zatvara s podlogom. Da bi taj kut bio manji, fleksibilnost gležnja mora biti veća što potvrđuje značajan pozitivan utjecaj varijable EVERZIJA. Po završetku kružnog gibanja (nakon odrađenog okreta) ispitanik se nastavlja kretati pravocrtno ali u pravocrtno gibanje s početnom brzinom za razliku od situacije koju imamo kod testa NNT. Upravo zbog toga što je ispitanikovo kretanje kontinuirano, ovakva manifestacija promjene smjera kretanja ne zahtjeva naglašenu ekscentričnu kontrakciju kakvu nalazimo kod skoka u vis već se eksplozivna snaga horizontalnog tipa skočnosti (SDM) pokazala značajnom za kriterij. Interesantno je za primijetiti da se u odnosu na test NNT u ovom regresijskom modelu pojavljuje i utjecaj varijable LOS koja je mjera svojevrsne dinamičke ravnoteže pa je i bilo za očekivati nekakav njen utjecaj s obzirom na zahtjeve testa T180. S druge strane varijabla OSI negativno utječe na kriterij što se može objasniti različitom vrstom ravnoteže koju ona opisuje u odnosu na varijablu LOS. Utjecaj varijable fleksibilnosti gležnja u ovom regresijskom modelu vjerojatno bi bio i veći da se ispitanicima nije dopustilo da biraju stranu u koju će raditi okret od 180°, već da se tu stranu okreta unaprijed definiralo s obzirom na nogu na kojoj su mjere uzimane (da li je to kod svih ista strana ili dominantna noga stvar je koju bi također trebalo unaprijed definirati u narednim studijama). Generalno, u ovakvim oblicima agilnosti u kojima se javlja kružno gibanje očito je da optimalan model podrazumijeva izraženu eksplozivnu snagu skočnosti u dalj i naglašenu brzinu sprinta na 10 metara, te nizak stupanj ravnoteže procijenjen OSI indeksom i upotpunjen morfološkom građom određenom "kratkim" donjim ekstremitetima. Dodatno, prethodno spomenutom pridonosi i stupanj fleksibilnosti everzije, ali se treba voditi računa o ranije spomenutoj strani na koju se okret u ovom testu izvodi kako bi dodatno standardizirali mjernu proceduru što bi eventualno u konačnici rezultiralo i izraženijom povezanošću s kriterijem.

Kod varijable T20Y javlja se još veći postotak objašnjene varijance (73%), a set prediktora koji objašnjava ovu varijablu relativno je specifičan te je bitno naglasiti kako je vrlo vjerojatno riječ o određenom supresorskom efektu pojedinih prediktorskih varijabli. Brzina trčanja na 5 i 10 metara značajno utječu na ovaj kriterij. Prisutan je i negativan parcijalni utjecaj duljine noge na T20Y, a uključuje se i prediktorska varijabla bočnih preskoka sa značajnim pozitivnim parcijalnim utjecajem. Negativni parcijalni utjecaj javlja se kod varijable PLANTFLEX, sprinta na 15 metara i indeksa ravnoteže. ukupno gledano radi se očito o pozitivnom utjecaju brzine trčanja i reaktivne snage što nije teško objasniti s obzirom da se u samom testu događa relativno

velik broj promjena smjera kretanja prilikom kojih ispitanici nerijetko postavljaju nogu upravo u položaj u kojem se ona postavlja i prilikom testiranja reaktivne snage testom MBP. Negativni utjecaj fleksibilnosti također ne treba čuditi jer vrlo vjerojatno pri takvom postavljanju noge pogotovo u slučajevima naglašene fleksibilnosti gležnja dolazi do dodatnog ispadanja iz ravnoteže dok bi rigidniji gležanj (manje fleksibilan) vrlo vjerojatno doveo do blokiranja kretanje i samim tim mogućnosti da se efikasnije promjeni smjer kretanja. Na tome treba temeljiti i objašnjenje „negativnog utjecaja“ ravnoteže koje je gotovo sigurno povezano s prethodnom varijablom fleksibilnosti skočnog zgloba. O negativnom utjecaju duljine noge na manifestaciju agilnosti već se nešto i ranije kazalo kada se interpretirala povezanost s prethodnom varijablom. U testu MCC objašnjen je relativno malen postotak varijance (48%) u odnosu na prethodno spomenute testove. Radi se o pozitivnom utjecaju brzine trčanja, negativnom utjecaju dviju varijabli za procjenu fleksibilnosti skočnog zgloba (PLANTFLEX i DORZFLEX), te u ovom slučaju pozitivnom utjecaju duljine noge. Kod ovog testa treba napomenuti kako se radi o jedinom od primijenjenih testova u kojem se za vrijeme cijelog testa zadržava pravocrtno gibanje tijelom prema naprijed što u stvari generira najveći parcijalni utjecaj brzine trčanja. Fleksibilnost gležnja očito je sama po sebi problematična jer ovom fleksibilnošću u stvari dovodimo ispitanika u narušeni položaj ravnoteže što u ovom slučaju generira nešto lošiji rezultat. Za razliku od prethodnih testova u kojima je duljina noge imala negativan utjecaj kod ovog testa duljina noge ima pozitivan utjecaj na kriterij što je vrlo vjerojatno posljedica činjenice da duljina noge određuje duljinu koraka što je u ovom testu definitivno prednost s obzirom da se praktički put savladava uz male promjene pravca cik-cak kretanjem. Kod varijable MTT objašnjen je relativno velik postotak varijance (70%) i nema niti jedan parcijalni utjecaj pa se generalno može govoriti o utjecaju brzine sprinta, ravnoteže i negativnom utjecaju izražene tjelesne visine na izvedbu ovog testa.

## **6.2.2 Univarijatni i multivarijatni utjecaj prediktora na mjere agilnosti kod djevojčica**

Univarijatne korelacijske povezanosti kod djevojčica između prediktorskih i kriterijskih varijabli (agilnosti) nešto su manje homogene nego kod dječaka. Prisjetimo se, kod dječaka su gotovo sve varijable eksplozivne snage i brzine bile univarijatno značajno povezane s kriterijskim varijablama, što kod djevojčica nije slučaj. Međutim, kod djevojčica se javlja znatno veći utjecaj varijable tjelesne građe (BFAT i BMI) na manifestacije agilnosti. U svim slučajevima generalno se radi o negativnom utjecaju ovih varijabli na manifestacije agilnosti, a pozitivnom utjecaju varijabli eksplozivne snage i brzine sprinta (u prvom redu brzine sprinta na 10 i 15 metara) na varijable agilnosti. Ipak, puno bolja slika dobiva se kroz multiplaregresijske analize. Tako je primjerice kod testa NNT objašnjeno 32% varijance sa značajnim parcijalnim utjecajem varijable MBP i neovisno o ostalim varijablama u stvari radi se o generalnom utjecaju reaktivne snage, brzine trčanja i ravnoteže upotpunjene negativnim utjecajem veće količine masnog tkiva na kvalitetu izvedbe ovog testa. Objektivno, radi se o relativno malom postotku zajedničke varijance tj. relativno malom postotku objašnjene varijance kriterija pa se na ovoj varijabli neće dulje zadržati. Od svih varijabli agilnosti ova varijabla objašnjena je s najmanjim postotkom o čemu će se nešto više kazati kasnije. Regresijska analiza objasnila je 50% kriterija za varijablu T180. I u ovom slučaju kod djevojčica radi se o izraženom parcijalnom utjecaju varijable bočni

preskoci (dakle varijabla reaktivne snage) koja se već po drugi puta potvrdila kao značajan parcijalni prediktor mjera agilnosti. Uz to se na regresijskom faktoru zadržavaju i varijable skok u dalj s mjesta, tri varijable fleksibilnosti skočnog zgloba, te se i u ovom slučaju prepoznaje negativan utjecaj potkožnog masnog tkiva. Kod varijable T20Y javlja se relativno velika količina objašnjene varijance od 63% s većim brojem parcijalno značajnih kriterija. Još jednom se radi o pozitivnom utjecaju reaktivne snage, negativnom utjecaju postotka tjelesne masti i, u ovom slučaju pozitivnom utjecaju eksplozivne snage mjerene testom SMD. Kada bi se pokušao interpretirati regresijski faktor koji se u ovom slučaju javlja, on bi u stvari bio kombinacija ovih triju varijabli. Ukratko, idealni regresijski model podrazumijeva izraženu reaktivnu snagu, eksplozivnu snagu tipa skočnosti u dalj, te malu količinu masnog tkiva. 55% varijance objašnjeno je kod varijable MCC što je vrlo slično situaciji zabilježenoj i na uzorku dječaka. Prepoznaje se pozitivan utjecaj varijable sprinta na 15 metara uz negativan utjecaj brzine sprinta na 5 metara. Zanimljivo je kako je bezmasna tjelesna masa u ovom slučaju negativno parcijalno povezana, a još jedanput se pojavljuje pozitivan utjecaj reaktivne snage na kriterij. Negativan utjecaj fleksibilnost gležnja na rezultat ne treba čuditi jer se o tome već prije diskutiralo kod dječaka. Naime, izrazita fleksibilnost gležnja ustvari dovodi do nestabilnosti i samim tim znatnijeg ispadanja iz ravnoteže. Produljuje se „zaustavno vrijeme“ što konačno rezultira slabijim postignućem na testu. Kako nema sumnje da se radi o „nesvjesnoj“ pojavi, to jest ispitanici ne mogu svjesno kontrolirati „otklon u gležnju“, ovi su rezultati dodatno važni. Konačno, varijabla MTT ima vrlo sličnu strukturu parcijalnih povezanosti kao i prethodna varijabla (MCC), negativan utjecaj tjelesne masti i brzine sprinta na 5 metara, te pozitivan utjecaj brzine sprinta na 15 metara i reaktivne snage mjerene testom MBP.

### **6.2.3 Analiza specifičnih i diferencijalnih utjecaja prediktora na mjere agilnosti**

Prethodna kratka diskusija uz objašnjenje pojedinih zakonitosti koje se javljaju u regresijskim povezanostima i koje se mogu objasniti kod regresijskih jednadžbi utvrđenih kod dječaka i djevojčica sada će se pokušati upotpuniti s diskusijom najvažnijih rezultata ove studije. Tako će se u daljem tekstu detaljnije osvrnuti upravo na te činjenice i usporediti nalaze ove studije s rezultatima sličnih, dosada provedenih istraživanja. Autor je mišljenja kako se u najvažnije nalaze ovog istraživanja mogu izdvojiti slijedeći:

Postotak objašnjene varijance kriterijskih varijabli i kod djevojčica i kod dječaka prelazi postotak varijance objašnjen u dosadašnjim istraživanjima koja su se bavila sličnom problematikom

Kod dječaka je bitno izraženiji utjecaj varijabli eksplozivne snage i brzine, dok je kod djevojčica bitno izraženiji utjecaj morfoloških dimenzija na manifestaciju agilnosti

Kod dječaka se prepoznaje utjecaj ravnoteže na manifestacije agilnosti dok kod djevojčica to nije slučaj jer ravnoteža na tom uzorku nije značajan prediktor ni u jednoj od analiziranih manifestacija agilnosti

Prepoznaje se diferencijalni utjecaj brzine trčanja na 5 metara u odnosu na brzinu trčanja na 10 i 15 metara u pojedinim testovima

Morfološke dimenzije longitudinalne dimenzionalnosti diferencijalno utječu na različite testove agilnosti

#### ***1. Visoki postotak objašnjene varijance***

Dosadašnja istraživanja bavila su se već problemom utjecaja različitih prediktora na izvedbu agilnih kretnih struktura kod različitih uzoraka ispitanika. Kao generalni zaključak dosadašnjih studija treba istaknuti činjenicu da je vrlo rijetko zabilježeno da su promatrani prediktori objasnili više od 50% ukupne varijance kriterija. Samo su u studijama napravljenim multivarijantnim pristupom zabilježeni postoci objašnjene varijance veći od 50% (Markovic i sur., 2007; Sekulic i sur., 2013). Osnovna ideja svih dosadašnjih studija koje su se bavile ovim problemom svodi se na činjenicu da je agilnost sposobnost koja se manifestira u velikom broju oblika (Metikos i sur. 2003). Upravo s tim ciljem je i u ovdje prezentiranom istraživanju odabran veći broj različitih kriterijskih varijabli koje po ideji Metikoša i suradnika pokrivaju nekoliko različitih manifestacija agilnosti. Ukratko, različite kriterijske varijable – testovi agilnosti, hipotetski bi trebale ovisiti o različitim sposobnostima koje bi trebale biti osnova izvedbe svakog od pojedinih testova. O samom utjecaju već je bilo riječi u prethodnom dijelu diskusije a govoriti će se i kasnije kada se bude definirao diferencijalni utjecaj različitih sposobnosti na oba subuzorka tj. dječake i djevojčice. Ono što je u ovom dijelu važnije za istaknuti je činjenica kako je ukupna količina objašnjene varijance u ovom istraživanju bitno veća nego je slučaj kod svih dosadašnjih studija



koje su se ovim problemom bavile. Ukratko, kod muškaraca je izračunato 48% objašnjene varijance u testu MCC, 53% kod testa NNT, 65% kod testa T180, 70% kod testa MTT i 73% kod testa T20Y, dok je kod djevojčica objašnjeno nešto manje varijance a iznosi su 32% za test NNT, 49% za test T180, 55% za test MCC, 63% za test T20Y i 65% za test MTT. Generalno se radi o velikom postotku objašnjene varijance u usporedbi s dosadašnjim studijama koje su, koliko je autoru ovog rada poznato, u samo dva slučaja objasnili više od 50% varijance kriterija (Markovic i sur., 2007; Sekulic i sur., 2013). Za ovu pojavu mogu se istaknuti dva osnovna razloga.

- a) U ovom istraživanju odabran je uzorak ispitanika koji je homogen po pitanju kvalitete izvedbe agilnih kretnih struktura
  - b) Uzorak varijabli uključio je varijable koje nisu do sad istraživane kao prediktori agilnosti
- U daljnjem tekstu diskutirati će se navedeni razlozi.

### ***a) Odabir uzorka ispitanika***

U pilot studiji za ovo istraživanje Sekulić i suradnici (Sekulic i sur., 2013) su istraživali utjecaj morfoloških varijabli, te varijabli eksplozivne snage brzine i ravnoteže na agilne kretne strukture ali su u istraživanju analizirali studente Kineziološkog fakulteta u Splitu. Generalno, studija je ukazala na potrebu da se pozadina agilnosti objašnjava kroz multivarijatne zavisnosti i da se uključi ravnoteža kao jedan od značajnih prediktora agilnosti. Rezultati su ukazali na relativno visoku povezanost prediktora i kriterija kada se promatra u multivarijatnom prostoru te je objašnjeno 18% do 45% varijance mjera agilnosti kod muškaraca i 30% do 60% varijance mjera agilnosti kod žena. Korišteni su isti testovi agilnosti koji su korišteni i u ovdje prezentiranom istraživanju. Ono što je naglašeno u samom radu je činjenica da su ispitanici (studenti kineziologije) imali vrlo različitu tehničku izvedbu agilnih kretnih struktura, što je generiralo utjecaj tehnike na izvedbu spomenutih kretnih struktura (testova agilnosti), pa se na taj način vrlo vjerojatno smanjila količina objašnjene varijance kroz upotrijebljene prediktore. Dakle, od ukupne varijance svake pojedine kriterijske varijable vrlo vjerojatno je značajan dio varijance otpao na kvalitetu izvedbe koja sama po sebi određuje rezultat na testovima agilnosti neovisno o sposobnostima ili osobinama koje se nalaze u samoj osnovi agilnosti. Koliko je autoru poznato, ovo je za sada istraživao samo Čavar u svojoj doktorskoj disertaciji u kojoj je pokazao da upravo kvaliteta tehnike izvedbe agilnih kretnih struktura u velikoj mjeri određuje konačni rezultat na testovima agilnosti kod nogometaša i kod malonogometaša (Čavar, 2011). Zaključci te studije tim su značajniji ukoliko se zna da su uzorak ispitanika u njegovom istraživanju predstavljale relativno homogene skupine ispitanika, nogometaša i malonogometaša koji su zasebno razmatrani. Logično je za pretpostaviti kako je kod ovih ispitanika tehnika izvedbe agilnih kretnih struktura relativno ujednačena te bi samim tim objašnjena varijanca testova agilnosti trebala biti relativno niska u smislu utjecaja same tehnike izvođenja agilnih kretnih struktura. Iz svega navedenog može se zaključiti kako je pristup koji je primijenjen u ovdje prezentiranom istraživanju, u kojem se namjerno odabralo uzorak ispitanika podjednake (niske) razine kvalitete tehnike izvedbe agilnih kretnih struktura, dao rezultate. Naime, postotak objašnjene varijance kriterijskih varijabli bitno je veći nego u svim dosadašnjim istraživanjima što je svakako jednim dijelom i posljedica primjene uzorka koji je ovdje istraživan.

### ***b) Odabir uzorka varijabli***

Drugi razlog za činjenicu da je u ovdje prezentiranom radu objašnjena veća količina varijance kriterija nego u prethodnim istraživanjima također je važan. Uzorak varijabli koji je upotrijebljen u ovom istraživanju bitno je veći nego u dosadašnjim studijama. Koliko je autoru poznato, studija koja je do sada upotrijebila najveći broj prediktora u objašnjavanju agilnih manifestacija je studija Sekulića i suradnika (Sekulic i sur., 2013) u kojoj su autori upotrijebili kao prediktore 7 varijabli i to tjelesnu visinu, tjelesnu težinu, OSI, LOS, skok iz čučnja, te sprint na 10 i 20 metara. U tom smislu jasno je kako ovdje prezentirano istraživanje obuhvaća veći broj varijabli čime je povećana mogućnost da se primjenom „forward-stepwise“ regresijske analize objasni i veći postotak varijance. To se u pravilu pokazalo kao primjeren pristup te je, kao što je već spomenuto, postignuta velika količina objašnjene varijance kod većeg broja testova a samim time i osnovni cilj samog istraživanja. Bitno je za primijetiti i činjenicu da su generalne značajke povezanosti koje su utvrđene u ovdje prezentiranom istraživanju vrlo slične s generalnim značajkama povezanosti utvrđenima u prethodno spomenutoj pilot studiji (Sekulic i sur., 2013). Preciznije, kod dječaka se razaznaje relativno velik utjecaj varijabli eksplozivne snage i brzine, ali i prisutan utjecaj varijable ravnoteže, dok kod djevojčica utjecaj varijabli ravnoteže gotovo u potpunosti izostaje ili je nejasan. U prvom redu, kod dječaka treba primijetiti kako je struktura povezanosti vrlo slična strukturi povezanosti koja je dobivena i u prethodnoj pilot studiji. Međutim, još je važnije da je detaljniji odabir varijabli u ovoj studiji omogućio da se pozadina agilnosti objasni ovisno o biomehaničkim značajkama pojedine agilne kretne strukture. Tako je primjerice kod agilnih kretnih struktura u kojima dolazi do spuštanja brzine tijela ispitanika na nultu vrijednost za vrijeme izvođenja testa uočeno kako brzina kretanja igra znatno veću ulogu nego li kod preostalih. Jednako tako, uočeno je diferencijalni utjecaj dviju različitih manifestacija eksplozivne snage. U prvom redu to se odnosi na utjecaj skoka u vis kod testa u kojem se javlja trenutak kada je brzina tijela ispitanika jednaka nuli s naglašenim utjecajem tjelesne težine, dok ovakav utjecaj ne prevladava kod ostalih agilnih kretnih struktura kod kojih je bitno veći utjecaj skoka u dalj kao „horizontal displacement“ varijable. Ovo je i logično s obzirom da se samo kretanje kod agilnih kretnih struktura karakterističnih za ovdje primijenjene testove događa u horizontalnoj ravnini. Iz ovog dijela rasprave kako je vrlo vjerojatno postotak (postotci) objašnjene varijance kriterija u ovom radu podjednako rezultat i eksperimentalnog pristupa u smislu odabira ispitanika (odabrani su ispitanici za koje se mogla pretpostaviti niska razina tehničke kvalitete izvedbe agilnih kretnih struktura), ali istovremeno i rezultat primjene šire baterije testova nego je to bio slučaj u dosadašnjim istraživanjima.

### ***2. Diferencijalni utjecaj eksplozivne snage i morfoloških mjera na agilnost kod dječaka i djevojčica***

Autori dosadašnjih istraživanja koja su se bavila problemom prediktora agilnosti redovito su u sam eksperimentalni postupak ulazili s idejom da različite manifestacije agilnosti hipotetski mogu ovisiti o podjednakim prediktorima što bi u osnovi trebalo značiti da bi se treningom koji bi bio namijenjen razvoju utvrđenih prediktora moglo uspješno utjecati na agilnost globalno odnosno na agilnost kao latentnu dimenziju motoričkog statusa. Velik broj manifestacija agilnosti u sportu praktički je nemoguće trenirati pojedinačno pa se očekivalo da bi se pronalazanjem dimenzija koje se nalaze u pozadini agilnosti moglo izravno treningom utjecati na te dimenzije što bi u konačnici imalo višedimenzionalan utjecaj na različite manifestacije

agilnosti. Ovdje prezentirano istraživanje ukazalo je kako je ovakav pristup bio opravdan ali je također jasno kako je redovito imao neke značajne metodološke nedostatke. Prvi problem je izostanak studija koje su na istim baterijama testova istraživale i muškarce i žene (dječake i djevojčice). To je najbolje vidljivo u ovdje prezentiranom istraživanju jer su prediktori agilnosti kod dječaka i prediktori agilnosti kod djevojčica u pravilu vrlo različiti. U prvom redu to se odnosi na činjenicu da su motoričke sposobnosti (eksplozivna snaga i brzina) bitno veći i značajniji prediktor agilnih kretnih struktura kod dječaka a morfološke osobine (tjelesna težina i potkožno masno tkivo) bitno veći i značajniji prediktor agilnih manifestacija kod djevojčica. O ovim nalazima svakako treba voditi računa u smislu interpretacije rezultata i u smislu primjene rezultata u praksi. Najjednostavniji zaključak bio bi da u slučaju potrebe djelovanja na višedimenzionalnu (ukupnu) agilnost kod dječaka pažnju treba posvetiti razvoju eksplozivne snage i brzine, te ravnoteže za pojedine manifestacije agilnosti odnosno za pojedine sportove u kojima se određena manifestacija javlja. Primjerice takav utjecaj je vidljiv kod manifestacija u kojima se javlja kružno kretanje prilikom manifestacije agilnosti (T180) kao što bi recimo mogao biti slučaj u nogometu, ragbiju ili košarci u kojima se često događa kretanja u jednom pa u drugom smjeru. S druge strane u sportovima u kojima su takva kretanja rijetka kao što je na primjer rukomet gdje ispitanik manifestira agilnost gotovo uvijek licem prema naprijed, ova sposobnost (ravnoteža) vrlo vjerojatno nema toliko naglašen utjecaj. Kod djevojčica je pak izuzetno naglašen utjecaj morfoloških osobina i to u prvom redu morfološke osobine količine potkožnog masnog tkiva odnosno ukupnoj masi masti. Postoji nekoliko razloga koji su vrlo vjerojatno utjecali na ovu pojavu a u prvenstveno zbog činjenice da su djevojčice u ovom uzrastu ipak unapredovale u rastu i razvoju pa je vrlo vjerojatno i velika diferencijacija u količini potkožnog masnog tkiva kod njih prisutna. Međutim, to ne mijenja ništa u smislu zaključaka jer morfološke dimenzije definitivno određuju agilne kretne strukture. Ovo istraživanje jasno je dokazalo kako morfološke dimenzije manje utječu na manifestaciju agilnih kretnih struktura kod dječaka za razliku od djevojčica pa se o tome treba voditi računa. Naime, s velikom vjerojatnošću možemo govoriti o tome kako se ovakav utjecaj zadržava i kasnije te da bi u smislu transformacijskih programa koji bi djelovali na pozadinu agilnosti trebalo voditi računa o tome da bi se smanjenjem količine potkožnog masnog tkiva kod djevojčica i kasnije djevojaka, vrlo vjerojatno moglo izravno utjecati na poboljšanje u manifestacijama agilnosti i što je još važnije da bi se takvim postupkom to poboljšanje bitno više ostvarilo kod djevojčica nego li kod dječaka.

### ***3. Diferencijalni utjecaj ravnoteže na agilnost kod dječaka i djevojčica***

Jedino istraživanje koje se do sada sustavno bavilo problem ravnoteže u predikciji agilnosti bila je u biti pilot studija za ovaj rad, a koja je prethodila ovom istraživanju (Sekulic i sur., 2013). U toj studiji dokazan je značajan utjecaj ravnoteže na manifestacije agilnosti kod muškaraca (studentica kineziologije) i izostanak utjecaja ravnoteže na manifestacije agilnosti kod djevojaka (studentica kineziologije). Tu se generalno postavljalo pitanje odnosa uzorka ispitanika s obzirom da je nešto više ispitanika bilo u uzorku muškaraca pa je postojala mogućnost da taj veći broj ispitanika u stvari generira lakše dobivanje značajnog prediktorskog utjecaja na temelju većeg broja stupnjeva slobode kod uzorka muškaraca. Međutim, ovdje prezentirano istraživanje potvrdilo je nalaze prethodne studije (broj dječaka i djevojčica u uzorku je bio podjednak). Konkretno, može se kazati da je ravnoteža bolji prediktor agilnosti kod dječaka nego je to slučaj kod djevojčica i u tom smislu su rezultati pilot istraživanja potvrđeni. Razloge tome treba tražiti u činjenici da agilnost kod djevojčica objašnjavaju varijable u kojima se djevojčice

bitno više diferenciraju nego dječaci. Konkretno, utjecaj eksplozivne snage i brzine kod djevojčica, a pogotovo i originalno dokazan utjecaj morfoloških karakteristika kod djevojčica, znatan je. Samim tim ostalo je relativno manje prostora da bi ravnoteža kao motorička sposobnost mogla igrati ulogu u objašnjenju agilnosti. Ovome se međutim treba dodati još jedna činjenica a to je da je ravnoteža kao takva kod djevojčica bolja nego je to slučaj kod dječaka<sup>5</sup>. Iz ovog razloga jasno je da je i homogenost uzorka djevojčica puno bolja nego homogenost dječaka po pitanju ravnoteže. Može se kazati kako navedeno smanjuje mogućnost da ravnoteža kao motorička sposobnost bude uopće značajan prediktor u uzorku u kojem je varijanca te iste sposobnosti jako kontrahirana, što je u ovom slučaju situacija kod djevojčica. S druge strane isto tako je logično da su morfološke dimenzije bitno bolji prediktor stanja agilnosti kod djevojčica upravo zbog većeg varijabiliteta rezultata koji je u ovim mjerama prisutan kod djevojčica u odnosu na dječake.

#### ***4. Diferencijalni utjecaj brzine trčanja na 5, 10 i 15 metara u različitim manifestacijama agilnosti***

Varijable agilnosti i manifestacije agilnosti redovito se izvode u kratkim dionicama tako da bi se u pravilu, na prvi pogled se moglo doći do zaključka kako će varijable testa sprinta na 5 metara biti bolji prediktor agilnosti nego je to slučaj brzine trčanja na 10 i 15 metara. Međutim to se rijetko događa i u pravilu su testovi brzine trčanja na 10 odnosno 15 metara bolji prediktor nego testovi na kratkim dionicama. Razloge za to vjerojatno treba tražiti u činjenici da je test sprinta na 5 metara već prikazano relativno slabo pouzdan. U prvom redu to je vezano za činjenicu da u testu sprinta na 5 metara pokretanje tijela iz "mrtve točke" (start) često nije dobro izvedeno što u konačnici utječe na rezultat tog testa. Logično je da na duljim dionicama također postoji ovaj utjecaj (ispitanici i pri sprintu na 10 metara startaju, pa bi spomenuta greška trebala postojati i u tim testovima). Međutim, izgleda da se utjecaj ove greške gubi zbog toga što na ukupnu varijancu testa ova greška na startu utječe u manjem postotku nego li na ukupnu varijancu testa koji se izvodi na 5 metara. Zanimljivo je kako je test na 15 metara u kojem bi ta varijanca greške trebala biti još manja redovito slabiji prediktor nego li su to dva prethodno spomenuta testa. Drugim riječima, izgleda da test na 15 metara ne odražava onu kvalitetu koja je bitna u manifestacijama agilnosti ili je kao takvu odražava bitno slabije i bitno manje nego je to slučaj kod testova kraćih dionica. Začuduje činjenica da je test na 15 metara ipak bolji prediktor kod djevojčica nego kod dječaka. O tome se mogu kazati dvije stvari. Razloge ovome treba tražiti u prethodno objašnjenim pojavama greške gdje ukupno gledano, vrlo vjerojatno djevojčice rade veću grešku od dječaka prilikom starta što se dodatno gubi na duljim dionicama, u ovom slučaju na 15 metara. Jednako tako vrlo je vjerojatno da na duljinu trčanja 15 metara jednim djelom utječe karakteristika morfološke građe pa kao što je prethodno rečeno ova karakteristika (potkožno masno tkivo) samo po sebi negativno utječe na agilnost kod djevojčica a ne kod dječaka, što u konačnici rezultira i ovakvim razlikama među uzorcima (kod dječaka S10M bolji je prediktor nego kod djevojčica dok je kod djevojčica to slučaj za test S15M). Zanimljivo je da kod dječaka prepoznajemo izuzetno logične zavisnosti pojedinih testova brzine na manifestacije agilnosti. Kada se preciznije sagledaju obrasci kretanja u pojedinim testovima jasno je kako jedini test u kojem brzina trčanja ne bi trebala imati utjecaj ili bi trebala imati izuzetno mali utjecaj je test

<sup>5</sup>Premda to nije izravno provjeravano jer se ne radi o cilju same studije, iz rezultata prezentiranih prethodno vidljivo je kako djevojčice imaju 25% do 30% bolje rezultate na testovima ravnoteže od dječaka

MTT. Naime, kod tog testa samo se prva dionica od 9.14 metara prelazi trčanjem koje bi se moglo okarakterizirati kao sprint. Sve ostale dionice se prelaze ili korakom-dokorakom ili trčanjem unazad. Zanimljivo je da je upravo u ovom testu utvrđen najmanji utjecaj brzine trčanja na rezultat u testu što je i logično s obzirom na prethodno objašnjenje strukture samog testa. Kritika ovoj diskusiji mogla bi se pronaći u činjenici da je i trčanje unazad kao i lateralno kretanje u stvari brzo kretanje pa bi se moglo pretpostaviti da su ti oblici kretanja u stvari korelirani. Međutim, nedavna studija Čavara i suradnika ne daje za pravo iznijeti takav zaključak (Cavar i sur., 2013). U tom istraživanju autori su definirali latentnu strukturu različitih pravocrtnih kretanja i dokazali kako upravo uvriježeno mišljenje da bi se brzina sprinta trebala podrazumijevati kao univerzalna mjera brzine (na kopnu) nije ispravno. Konkretno, korelacije koje su autori dobili između različitih oblika kretanja (između ostalog i brzine sprinta) relativno su niske i ne daju za pravo zaključiti kako se svi oblici brzog kretanja na kratkim dionicama trebaju sagledavati kao jedinstvena sposobnost to jest jedna latentna dimenzija.

### ***5. Diferencijalni utjecaj longitudinalne dimenzionalnosti na različite manifestacije agilnosti***

Istraživanja su i prije uzimala mjere visine kao potencijalni prediktor agilnosti kod različitih uzoraka ispitanika (Jakovljević i sur., 2012; Nimphius i sur., 2010). Međutim, ni jedna od dosadašnjih studija nije razmatrala veći broj morfoloških mjera, pa tako i veći broj mjera longitudinalne dimenzionalnosti kao potencijalne prediktore agilnih kretnih struktura. Za ovdje prezentirano istraživanje to je posebno zanimljivo ako se u slučaju dimenzija duljine noge koje su se kod dječaka pokazale kao značajni prediktor određenih kretnih struktura (MCC i T20Y). Konkretno, radi se o utjecaju ovih dimenzija na manifestaciju agilnih kretnih struktura a gdje je logika utjecaja vezana za duljinu koraka. Naime, ispitanici koji imaju veću duljinu nogu imaju mogućnost napraviti dulji korak. Taj dulji korak upravo u navedenim manifestacijama predstavlja značajan doprinos realizaciji. Kod testa T20Y redovito se radi o tzv. „križnom koraku“, i u tim situacijama veća duljina noge određuje dulji prvi korak koji je vrlo vjerojatno i najvažniji. Kod testa MCC radi se o kontinuiranom gibanju, ponovo se u velikom broju slučajeva javlja prekorak preko noge u trenutku okreta na svakoj zastavici i na taj način duljina noge djeluje jednako kao i u prethodno definiranom testu. Ono što u ovom smislu možda malo začuđuje i što nije očekivano je izostanak utjecaja duljine noge kod testa MTT. U ovom testu duljina noge nije značajan prediktor rezultata mada bi po samoj strukturi testa i poznatoj činjenici da je kretanje "korak-dokorak" povezano s duljinom noge (Sekulić i sur., 2003), pa bi se s tim vezano moglo očekivati da i u testu MTT duljina noge bude značajan prediktor. To međutim nije slučaj vrlo vjerojatno zbog činjenice da se kod ovoga testa javlja zaustavljanje u krajnjoj lijevoj i desnoj točki što bi u stvari pretpostavljalo negativan utjecaj duljine noge na ravnotežu. Kod djevojčica međutim, duljina noge kao i generalno sve mjere longitudinalne dimenzionalnosti nisu povezane s manifestacijama agilnosti ali to je u osnovi i očekivano s obzirom da je znatan dio varijance objašnjen kroz varijable potkožnog masnog tkiva<sup>6</sup>.

<sup>6</sup>O ovom se diskutiralo prethodno pa se isto neće ponavljati

## 7 Zaključak

U ovom dijelu pokušati će se iznijeti glavni zaključci studije i dati smjernice mogućih budućih istraživanja s obzirom na dobivene rezultate. Prije nego li se krene na iznošenje zaključaka definirati će se određena ograničenja ovog istraživanja.

### 7.1 Ograničenja istraživanja

Prvo ograničenje istraživanja vezuje se za činjenicu da su sve regresijske analize koje su izračunate i interpretirane u radu rađene bez provjere. Drugim riječima, nije rađena validacija (engl. Cross validation) regresijskih modela koji su dobiveni u ovom radu. Ovo je problem kojem bi se svakako trebala posvetiti pažnja u daljnjim istraživanjima. U ovdje prezentiranom istraživanju to se nije radilo zbog toga što je prediktorski skup varijabli bio vrlo velik pa bi se podjelom uzorka ispitanika na dva subuzorka onemogućilo izračunavanje regresijskih koeficijenata za sve upotrijebljene prediktorske varijable. Dodatni problem predstavljalo bi to što bi validaciju regresijskog modela trebalo raditi posebno za dječake i posebno za djevojčice pa bi se problem odnosa broja varijabli ispitanika dodatno multiplicirao.

Drugo ograničenje ovog istraživanja vezuje se za upotrebu testa za procjenu reaktivne snage. Upotrijebljena je varijanta testa za procjenu reaktivne snage terenskog tipa, a nije korišten klasični test za procjenu reaktivne snage koji podrazumijeva izračunavanje odnosa vremena kontakta s podlogom i visine skoka prilikom izvođenja skoka u dubinu. Osnovni razlog zašto nije korišten klasični test za procjenu reaktivne snage (tzv. indeks reaktivne snage) treba tražiti u činjenici da su ispitanici koji su analizirani u ovom radu ipak netrenirani i teško da bi mogli kvalitetno izvesti klasični test za procjenu reaktivne snage. Taj test zahtjeva određenu fizičku pripremljenost jer se radi o skoku u dubinu i brzom odskoku, dakle pliometrijskom radu za koji je upitno koliko bi ga moguće bilo pouzdano izmjeriti na uzorku ispitanika koji je analiziran u ovom radu.

Treće ograničenje ove studije vezuje se za odabir uzorka ispitanika. Uzorak ispitanika predstavljali su ispitanici u predpubertetskoj dobi te je sama generalizacija rezultata moguća samo na takvim uzorcima. Međutim, to je bila i jedna od osnovnih namjena ovog rada tj. pokušalo se analizirati ispitanike kod kojih tehnika izvedbe agilnih kretnih struktura neće imati utjecaja na rezultat te su ovakvim pristupom i dobiveni očekivani rezultati u smislu objašnjenja većeg postotka varijance kriterijskih varijabli nego je to bio slučaj u prethodnim studijama.

Četvrto ograničenje ovog istraživanja vezuje se za dob ispitanika. Radilo se o ispitanicima u predpubertetu i ranom pubertetu i zasigurno je točno da ispitanici imaju različiti stupanj biološke zrelosti što je svakako utjecalo na rezultate u testovima. Međutim, biološka zrelost je u ovom slučaju utjecala na sve rezultate (kako prediktora tako i kriterija) što pretpostavlja da nije utjecala na relacije prediktora i kriterija (ispitanici koji su bili biološki stariji bili su istovremeno eksplozivniji i agilniji, brži i agilniji,...). U samom istraživanju rađena je analiza biološke dobi međutim s obzirom da su se svi ispitanici nalazili u dvije točke po Tanner-u, ta varijabla nije

uzeta u razmatranje kao prediktorska jer je kao binomna varijabla bila neprimjerena za upotrebu u prediktorskom setu.

## 7.2 Pouzdanost mjernih instrumenata

O pouzdanosti mjernih instrumenata primijenjenih u ovom radu može se kazati slijedeće. Antropometrijske mjere visoko su pouzdane što je i bilo očekivano te se i kod uzorka dječaka i kod uzorka djevojčica radi o praktički maksimalnim vrijednostima pouzdanosti i to kako po pitanju „within subject“, tako i po pitanju „between subject“ pouzdanosti. Treba međutim voditi računa da pojedine mjere (u ovom slučaju sjedeća visina) nisu često upotrebljavane te da ispitivači neovisno o eventualnoj obuci mogu raditi greške prilikom testiranja ove mjere što je u ovom radu prepoznato kroz relativnu nestabilnost mjerenja i značajne razlike između čestica mjerenja sjedeće visine. O ovome svakako treba voditi računa u daljnjim istraživanjima jer je očito kako se radi o pojavi koja je moguća kod mjerenja onih varijabli koje ispitivači nemaju priliku često analizirati.

Testovi za procjenu eksplozivne snage i reaktivne snage pokazali su visoku pouzdanost kao što je bilo i očekivano. To se u prvom redu odnosi na test SDM koji djeca izvode češće kao i u sklopu testiranja u školskom sustavu, ali i koeficijenti pouzdanosti za test MSV vrlo su visoki. Ohrabrujuće je da je test MBP koji je ovdje korišten kao test za procjenu reaktivne snage pokazao relativno visoku pouzdanost naročito na uzorku dječaka. Kod djevojčica je ta pouzdanost nešto manja i tu se može govoriti o nekoliko mogućih uzroka. Sasvim je moguće i da je djevojčicama taj test bio relativno težak pa bi ga eventualno u daljnjim istraživanjima na uzorku djevojčica trebalo provoditi u kraćem trajanju (primjerice 10 sekundi) ili primjenom niže preponice (primjerice 15 centimetara). U svakom slučaju djevojčice su u prosjeku bile niže od prosjeka dječaka za 4 centimetra čemu treba dodati i očiglednu razliku u eksplozivnoj snazi.

Po pitanju testova za procjenu brzine trčanja može se kratko zaključiti kako se radi o relativno najnepouzdanijim testovima od svih primijenjenih što se ne odnosi na činjenicu da ispitanici ne izvode dobro testove ili griješe prilikom izvedbe nego da se vrlo vjerojatno radi o utjecaju umora prilikom ponavljanja. O umoru bi kod ovih testova svakako trebalo voditi računa te bi brzinu trčanja kratkih dionica u budućim istraživanjima trebalo testirati kroz eventualno jednu ili najviše dvije čestice uz prethodnu familijarizaciju koja bi se sastojala od navikavanja na start jer kad dijete jednom postigne brzinu onda mu više nije problem test izvesti bez greške. Dakle, testovi brzine sprinta pokazali su relativno najmanju pouzdanost, a pouzdanost raste s duljinom testa pa se tako najpouzdanijim pokazao test S15M kod djevojčica, a S10M kod dječaka. Navedeno ide u prilog prethodno rečenom da bi se uzrok greške u ovakvom testiranju trebao tražiti u startu a ne u samoj izvedbi sprinta. Svakako treba napomenuti kako je u ovdje prezentiranom istraživanju korišten leteći start odnosno vrijeme se počelo mjeriti tek 0.5 metara od startne linije jer da se mjerilo iz klasičnog stacionarnog visokog starta greška mjerenja bi zasigurno bila i veća. Ostaje pitanje kako bi se to reflektiralo na povezanosti s agilnošću jer testovi za procjenu agilnosti korišteni u ovom radu ipak su vezani za agilne kretne strukture koje se izvode iz stacionarnih startnih pozicija.

Testovi fleksibilnosti imaju vrlo visoku pouzdanost premda su rezultati koje su ispitanici postigli puno veći od rezultata koje postižu odrasle osobe zbog generalno veće mobilnosti u zglobovima. Jasno je da izuzetno visoka pouzdanost opravdava upotrebu ovih testova i na uzorku djece, pogotovo što se u relacijama s mjerama agilnosti utvrdilo neke uvjetno rečeno neočekivane povezanosti o čemu se već diskutiralo a biti će riječi i u nastavku. Ravnoteža je najmanje istraživana po pitanju pouzdanosti i vrlo je teško usporediti dobivene rezultate s do sada prikazivanima. Ono što je međutim značajno za primijetiti je kako se radi o zadovoljavajućim parametrima pouzdanosti s obzirom na poznatu nekonzistentnost u mjerenju ravnoteže. Može se stoga zaključiti kako je mjerenje ravnoteže primjenom Biodex Balance System platforme na uzorku djece primjenjiva metoda za analizu stupnja ravnoteže i to kako primjenom „Overall stability“ indeksa (OSI) tako i primjenom „Limits of stability,“ (LOS) protokola. Kao što je i bilo očekivano, parametri „within subject“ pouzdanosti kod ovih testova bitno su lošiji nego kod ostalih motoričkih testova koji su primijenjeni u ovom radu što se lako objašnjava nestabilnošću same ravnoteže kao motoričke sposobnosti. I kod pitanja ravnoteže stoji preporuka da se testovi izvode uz prethodno navikavanje s obzirom da se i kod dječaka i kod djevojčica dobila značajna razlika od čestice do čestice testa.

Pouzdanost testova agilnosti je visoka, te podjednaka u uzorku dječaka i djevojčica. Drugim riječima, očito je odabir uzorka ispitanika (agilno netrenirani ispitanici) uvjetovao činjenicu da su mjere pouzdanosti podjednake kod oba spola. Kod djevojčica se kao najpouzdaniji test pokazao T20Y a kod dječaka T180. Dakle, ukoliko bi se od analiziranih testova pokušali izdvojiti oni koji bi bili najprimjereniji i najpouzdaniji u analizi agilnosti kod dječaka i djevojčica to bi za djevojčice bio test T20Y, a za dječake T180. Međutim, ukoliko bi se radilo istraživanje na jednom i drugom uzorku onda se može preporučiti korištenje testa T20Y jer je taj test visoko pouzdan i kod dječaka. Generalno, najmanje pouzdanim testovima na uzorku dječaka pokazali su se testovi MCC i MTT, dok se na uzorku djevojčica najnepouzdanijim testom pokazao test T180. Ove testove trebalo bi izbjegavati u daljnjim analizama agilnosti mada još jednom treba napomenuti kako su parametri pouzdanosti na svim testovima agilnosti relativno visoki i kako se ovdje radi o relativnim usporedbama. Ono o čemu svakako treba voditi računa je problem navikavanja na test. Ispitanicima bi se trebalo dati da nekoliko ponavljanja izvedu smanjenom brzinom trčanja kako bi se navikli na izvedbu testa jer je problem familijarizacije očito prisutan. Kada se usporede dječaci i djevojčice, primjećuje se da je ovaj problem izraženiji kod djevojčica što je očekivano s obzirom da, neovisno o tome što je odabran netreniran uzorak ispitanika, ipak se može očekivati da su dječaci u svakodnevnom životu kroz igre i slične aktivnosti do sada primijenili određeni broj agilnih kretnih struktura dok kod djevojčica to nije bio slučaj. Ostaje za napomenuti kako bi se problemu familijarizacije trebalo posvetiti više pažnje kod djevojčica nego kod dječaka.



### **7.3 Utjecaj prediktora na kriterijske varijable (mjere agilnosti)**

Kod dječaka uočava se vrlo logičan i jednim dijelom očekivan utjecaj prediktora na kriterijske varijable, koji je izravno vezan za biomehaničke i kineziološke značajke pojedinih agilnih kretnih struktura sadržanih u testovima. U samome radu istraživano je 5 testova agilnosti koji su u dosadašnjim istraživanjima prepoznati kao različite manifestacije agilnih kretnih struktura i upravo zbog toga nije čudno što kod različitih kriterijskih varijabli prepoznamo različit utjecaj prediktorskih varijabli. Potrebno je istaknuti relativno mali utjecaj morfoloških varijabli na agilne kretne strukture kod dječaka. Naime, osim longitudinalne dimenzionalnosti u nekim elementima, kod dječaka nema gotovo nikakvog utjecaja morfoloških značajki na izvedbu agilnih kretnih struktura. To je relativno originalan podatak s obzirom da se ipak radilo o ispitanicima koji nisu trenirani, pa se moglo očekivati eventualni negativni utjecaj balastne mase (masnog tkiva) na postignuće u testovima agilnosti. Očito je da su druge, motoričke varijable koje su korištene kao prediktori saturirane ovim morfološkim dimenzijama. Stoga se kao najbolji prediktori agilnosti kod dječaka prepoznaju eksplozivna snaga i brzina uz utjecaj ravnoteže u onim kriterijskim varijablama u kojima je ravnoteža kao takva bitna. U pojedinim varijablama prepoznaje se utjecaj duljine tjelesnih segmenata. To se uočava kod manifestacija agilnosti koje kratko traju i u kojima je bitna duljina koraka prilikom izvođenja agilne kretne strukture. O ovome treba voditi računa ukoliko bi se definirao nekakav idealan model za dječake kojim bi se definiralo ispitanike koji su potencijalno nadareni za sportove saturirane agilnošću. Naime, s obzirom da agilne kretne strukture zahtijevaju tehniku, a tehnika izvođenja kretnih struktura se može uspješno uvježbati i naučiti, bitno je za takve sportove selektirati osobe izražene brzine i eksplozivne snage s dugim donjim ekstremitetima. To se konkretno odnosi na sportove u kojima agilne manifestacije podrazumijevaju kratke prostorne parametre (primjerice rukomet). S druge strane, u situacijama kada agilne manifestacije karakteriziraju veliki prostorni parametri (primjerice nogomet) utjecaj tjelesnih duljina neće biti značajan i ne treba se očekivati. U takvim situacijama međutim prevladava utjecaj ravnoteže pa o tome treba voditi računa. Zanimljivo je da se prepoznao diferencijalni utjecaj skoka u vis i skoka u dalj pa je tako skok u vis značajan prediktor u manifestacijama koje su karakterizirane ekscentrično-koncentričnom kontrakcijom (kretanje iz tračanja naprijed u trčanje natrag bez okreta), a skok u dalj u situacijama u kojima takve ekscentrično-koncentrične kontrakcije nisu naglašene (cik-cak kretanja, lateralna kretanja,...).

Ono što je relativno originalan nalaz ovog istraživanja je činjenica da velika pokretljivost u gležnju predstavlja faktor negativnog utjecaja na agilnost kod dječaka. Radi se o tome da se taj negativan utjecaj bez sumnje prepoznaje u trenucima zaustavljanja i promjene pravca kretanja u kojima, kada je pokretljivost gležnja velika, dolazi do gubitka vremena u toj točki, te o tome svakako treba voditi računa. To ne znači da treba zanemariti fleksibilnost gležnja, ali znači da bi trebalo posvetiti pažnju da se kod onih ispitanika kod kojih se prepoznaje velika pokretljivost u gležnju poradi na razvoju propriocepcije i na taj način se smanji vrijeme potrebno za promjenu pravca kretanja i kao konačni rezultat - poboljšaju performanse agilnosti.

Kod djevojčica je utjecaj prediktora nešto drugačiji nego kod dječaka. To se u prvom redu odnosi na utjecaj morfološke građe na manifestacije agilnih mjernih struktura koji je kod djevojčica bitno veći nego li je to bio slučaj kod dječaka. O razlozima se može djelomično špekulirati, a

vjerojatno se radi o manjem utjecaju morfoloških varijabli na ostale motoričke prediktore kod djevojčica. Ovo se u svakom slučaju treba ispitati u budućim istraživanjima, ali je bitno naglasiti kako bi upravo ta činjenica trebala biti jako važna u svim situacijama u kojima se selektiraju djevojčice za određene sportove ili unutar sportova za određene pozicije koje zahtijevaju agilnost. Rezultati ukazuju kako je izgledno da količina potkožnog masnog tkiva kao relativno lako kineziološki promjenjiva i mjerljiva varijabla treba biti u fokusu interesa. S druge strane kod djevojčica je potpuno izostao utjecaj ravnoteže na agilnost što je jednim djelom očekivano s obzirom na rezultate prethodnih istraživanja koja su provedena na ovu temu. Druga mogućnost je eventualno umjetno utjecati na pokretljivost gležnja (umanjiti pokretljivost gležnja), primjerice stavljanjem steznika. Radi se o djelomičnoj spekulaciji, ali bi se učinak takve prakse mogao (i trebao) ispitati u budućim istraživanjima. Jako važan prediktor agilnosti kod djevojčica prepoznat je u testu MBP. Ovaj test nije do sada korišten u istraživanjima koja su definirala prediktore agilnih kretnih struktura ali je očito da ovaj test u sebi inkorporira neke za njih vrlo važne motoričke sposobnosti tj. sposobnosti koje same po sebi u velikoj mjeri određuju uspješnost u različitim oblicima agilnosti. Test je u ovom istraživanju korišten kao zamjena za klasični test reaktivne snage ali s obzirom da se radi o vrlo primjenjivom i jednostavnom testu svakako ostaje preporuka koristiti ga i u budućim istraživanjima.

## **7.4 Smjernice za buduća istraživanja**

Nalazi ovog istraživanja generalno su opravdali primijenjeni eksperimentalni pristup. Veća količina objašnjene varijance testova agilnosti u odnosu na dosadašnja istraživanja jednim djelom je sigurno uvjetovana činjenicom da su odabrani ispitanici kod kojih tehnika nije definirala izvedbu agilnih kretnih struktura, a drugim djelom što je u samom prediktorskom setu uključeno veći broj varijabli nego je to do sada bio slučaj.

Ono što bi svakako bilo potrebno ispitati u budućim istraživanjima je tzv. reaktivna agilnost. Testovi agilnosti koji su korišteni u ovom radu su testovi nereaktivne agilnosti jer je ispitanik unaprijed znao što je trebao izvesti, te se radilo u stvari samo o promjeni pravca kretanja po unaprijed definiranom obrascu. U sportu je međutim ovakva nereaktivna agilnost vrlo rijetka. Stoga bi se u budućim istraživanjima trebalo posvetiti reaktivnoj agilnosti odnosno agilnosti u kojoj ispitanik treba pravovremeno i maksimalno brzo najprije donijeti odluku, a zatim i reagirati (promijeniti smjer kretanja). Ova vrsta agilnosti bi onda trebala, osim istraživanih motoričkih sposobnosti i morfoloških obilježja, biti određena i kognitivnim mehanizmima što je svakako predmet vrijedan istraživačke pažnje. Za takvo jedno istraživanje najprije bi trebalo konstruirati testove za procjenu reaktivne agilnosti koji bi trebali mjeriti različite oblike agilnosti s obzirom na činjenicu da su dosadašnja istraživanja (uključujući i ovo) definirala da različiti oblici agilnosti imaju različiti prediktorski sklop, te bi se trebalo analizirati ispitanike ili podjednako visoke, ili podjednako niske razine tehnike izvedbe agilnih kretnih struktura.

Ovo istraživanje analiziralo je ispitanike podjednako „loše“ tehnike izvedbe agilnih kretnih struktura. U budućim istraživanjima bilo bi dobro ispitati ove iste relacije ali kod ispitanika jako visoke ali homogene tehnike izvedbe agilnih kretnih struktura (ispitanici iz istog sporta kod

kojih se može ustanoviti podjednako „dobra“ tehnika izvedbe agilnih kretnih struktura). Takav pristup bi omogućio da se definiraju prediktori koji utječu na različite agilne manifestacije, pa bi se zaključci mogli direktno primijeniti u pojedine sportove i sportske aktivnosti. Ova istraživanja definitivno bi bila korak naprijed u objašnjavanju kompleksne strukture agilnosti i njene pozadine.

Ovo istraživanje bilo je transversalnog karaktera i na taj način mogle su se utvrditi relacije ali ne i uzročno posljedične veze. Da bi se potpuno odgovorilo na to pitanje treba provesti longitudinalne studije u kojima će se transformacijskim programom ciljano djelovati na promjenu neke prediktorske sposobnosti (brzine, eksplozivne snage, reaktivne snage,...) te potom analizirati koliko je zabilježena promjena te sposobnosti utjecala na agilnost. To će u stvari dati pravi odgovor na pitanje koje sposobnosti treba trenirati i uolikoj mjeri da bi se djelovalo na promjene agilnosti.

## 8 Literatura

- Acero, R. M., Fernandez-del Olmo, M., Sanchez, J. A., Otero, X. L., Aguado, X., i Rodriguez, F. A. (2011). Reliability of squat and countermovement jump tests in children 6 to 8 years of age. *Pediatr Exerc Sci*, 23(1), 151-160.
- Ackland, T. R., Elliott, B. C., i Bloomfield, J. (2009). *Applied anatomy and biomechanics in sport: Human Kinetics*.
- Ahlberg, A., Moussa, M., i Al-Nahdi, M. (1988). On geographical variations in the normal range of joint motion. *Clin Orthop Relat Res*(234), 229-231.
- Alanen, J. T., Levola, J. V., Helenius, H. Y., i Kvist, M. H. (2001). Ankle joint complex mobility of children 7 to 14 years old. *J Pediatr Orthop*, 21(6), 731-737.
- Amarante do Nascimento, M., Januario, R. S., Gerage, A. M., Mayhew, J. L., Cheche Pina, F. L., i Cyrino, E. S. (2013). Familiarization and reliability of one repetition maximum strength testing in older women. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(6), 1636-1642. doi: 10.1519/JSC.0b013e3182717318
- Association, A. P. T. (1999). *Guide to Physical Therapist Practice*: American Physical Therapy Association.
- Åstrand P-O, Rodahl K. Textbook of work physiology: physiological bases of exercise, McGraw-Hill Book Company, New York, 1986
- Beedle, B. (1980). Sports participation, motor fitness, and attrition. *Am Correct Ther J*, 34(5), 147-153.
- Beekhuizen, K. S., Davis, M. D., Kolber, M. J., i Cheng, M. S. (2009). Test-retest reliability and minimal detectable change of the hexagon agility test. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(7), 2167-2171. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181b439f0
- Berkson, S. S., Espinola, J., Corso, K. A., Cabral, H., McGowan, R., i Chomitz, V. R. (2013). Reliability of height and weight measurements collected by physical education teachers for a school-based body mass index surveillance and screening system. *J Sch Health*, 83(1), 21-27. doi: 10.1111/j.1746-1561.2012.00743.x
- Boone, D. C., i Azen, S. P. (1979). Normal range of motion of joints in male subjects. *J Bone Joint Surg Am*, 61(5), 756-759.
- Boone, D. C., Azen, S. P., Lin, C. M., Spence, C., Baron, C., i Lee, L. (1978). Reliability of goniometric measurements. *Phys Ther*, 58(11), 1355-1360.
- Castro-Pinero, J., Ortega, F. B., Artero, E. G., Girela-Rejon, M. J., Mora, J., Sjostrom, M., i Ruiz, J. R. (2010). Assessing Muscular Strength in Youth: Usefulness of Standing Long Jump as a General Index of Muscular Fitness. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(7), 1810-1817. doi: Doi 10.1519/Jsc.0b013e3181ddb03d
- Cavar, M., Corluka, M., Cerkez, I., Culjak, Z., i Sekulic, D. (2013). Are Various Forms of Locomotion-Speed Diverse or Unique Performance Quality? *Journal of Human Kinetics*, 38, 53-61.
- Chang, D. E., Buschbacher, L. P., i Edlich, R. F. (1988). Limited joint mobility in power lifters. *Am J Sports Med*, 16(3), 280-284.
- Clapper, M. P., i Wolf, S. L. (1988). Comparison of the reliability of the Orthoranger and the standard goniometer for assessing active lower extremity range of motion. *Phys Ther*, 68(2), 214-218.
- Cocchiarella, L., Association, A. M., i Anderson, G. B. J. (2001). *Guides to the Evaluation of Permanent Impairment*: Amer Medical Assn.
- Costa, P. B., Graves, B. S., Whitehurst, M., i Jacobs, P. L. (2009). The Acute Effects of Different Durations of Static Stretching on Dynamic Balance Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(1), 141-147. doi: Doi 10.1519/Jsc.0b013e3181818eb052
- Čoh, M., i Bračić, M. (2010). *Razvoj hitrosti v kondicijski pripravi športnika*. Fakulteta za šport, Ljubljana.
- Ćavar, M. (Ed.). (2011). *Tehnička, morfološka i motorička uvjetovanost agilnih kretnih struktura kod nogometaša i igrača futsala, doktorska disertacija*: Kineziološki fakultet, Sveučilište u Splitu.
- Dean, W. P., Nishihara, M., Romer, J., Murphy, K. S., i Mannix, E. T. (1998). Efficacy of a 4-week supervised training program in improving components of athletic performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 12(4), 238-242.
- Dekkers, J. C., van Wier, M. F., Hendriksen, I. J., Twisk, J. W., i van Mechelen, W. (2008). Accuracy of self-reported body weight, height and waist circumference in a Dutch overweight working population. *BMC Med Res Methodol*, 8(1), 69.
- Delić, M. (2013). *Ravnoteža - pouzdanost mjerenja i intepretacija rezultata*. Kineziološki fakultet, Sveučilište u Splitu.

- Dželalija, M., i Rausavljević, N. (2005). *Biomehanika sporta*: Fakultet prirodoslovno matematičkih znanosti i odgojnih područja, Sveučilište u Splitu.
- Gabbett, T. J. (2005). Science of rugby league football: A review. *Journal of Sports Sciences*, 23(9), 961-976. doi: Doi 10.1080/02640410400023381
- Galpin, A. J., Li, Y. H., Lohnes, C. A., i Schilling, B. K. (2008). A 4-Week Choice Foot Speed and Choice Reaction Training Program Improves Agility in Previously Non-Agility Trained, but Active Men and Women. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(6), 1901-1907. doi: Doi 10.1519/Jsc.0b013e3181887e3f
- Gehri, D. J., Ricard, M. D., Kleiner, D. M., i Kirkendall, D. T. (1998). A comparison of plyometric training techniques for improving vertical jump ability and energy production. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 12(2), 85-89.
- Glaister, M., Hauck, H., Abraham, C. S., Merry, K. L., Beaver, D., Woods, B., i McInnes, G. (2009). Familiarization, reliability, and comparability of a 40-m maximal shuttle run test. *J Sports Sci Med*, 8(1), 77-82.
- Glaister, M., Howatson, G., Lockey, R. A., Abraham, C. S., Goodwin, J. E., i McInnes, G. (2007). Familiarization and reliability of multiple sprint running performance indices. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(3), 857-859. doi: 10.1519/R-20336.1
- Glaister, M., Witmer, C., Clarke, D. W., Guers, J. J., Heller, J. L., i Moir, G. L. (2010). Familiarization, reliability, and evaluation of a multiple sprint running test using self-selected recovery periods. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(12), 3296-3301. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181bac33c
- Glatthorn, J. F., Gouge, S., Nussbaumer, S., Stauffacher, S., Impellizzeri, F. M., i Maffiuletti, N. A. (2011). Validity and reliability of Optojump photoelectric cells for estimating vertical jump height. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(2), 556-560. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181ccb18d
- Gonzalez-Badillo, J. J., i Marques, M. C. (2010). Relationship between Kinematic Factors and Countermovement Jump Height in Trained Track and Field Athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(12), 3443-3447. doi: Doi 10.1519/Jsc.0b013e3181bac37d
- Greene, W. B., Heckman, J. D., i Surgeons, A. A. o. O. (1994). *The Clinical Measurement of Joint Motion*: American Academy of Orthopaedic Surgeons.
- Haj-Sassi, R., Dardouri, W., Gharbi, Z., Chaouachi, A., Mansour, H., Rabhi, A., i Mahfoudhi, M. E. (2011). Reliability and Validity of a New Repeated Agility Test as a Measure of Anaerobic and Explosive Power. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(2), 472-480. doi: Doi 10.1519/Jsc.0b013e3182018186
- Hori, N., Newton, R. U., Kawamori, N., McGuigan, M. R., Kraemer, W. J., i Nosaka, K. (2009). Reliability of Performance Measurements Derived from Ground Reaction Force Data during Countermovement Jump and the Influence of Sampling Frequency. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(3), 874-882. doi: Doi 10.1519/Jsc.0b013e3181a00ca2
- Jakovljevic, S. T., Karalejic, M. S., Pajic, Z. B., Macura, M. M., i Erculj, F. F. (2012). Speed and agility of 12- and 14-year-old elite male basketball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(9), 2453-2459. doi: 10.1519/JSC.0b013e31823f2b22
- Kendall, F. P. (2005). *Muscles: Testing and Function with Posture and Pain*: Lippincott Williams i Wilkins.
- Kibele, A., i Behm, D. G. (2009). Seven Weeks of Instability and Traditional Resistance Training Effects on Strength, Balance and Functional Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(9), 2443-2450. doi: Doi 10.1519/Jsc.0b013e3181bf0489
- Koch, A. J., O'Bryant, H. S., Stone, M. E., Sanborn, K., Proulx, C., Hrubby, J., . . . Stone, M. H. (2003). Effect of warm-up on the standing broad jump in trained and untrained men and women. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(4), 710-714. doi: R-12542 [pii]
- Leatherdale, S. T., i Laxer, R. E. (2013). Reliability and validity of the weight status and dietary intake measures in the COMPASS questionnaire: are the self-reported measures of body mass index (BMI) and Canada's food guide servings robust? *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 10(1), 42.
- Little, T., A.G. Williams (2003). Specificity of acceleration, maximum speed and agility in professional soccer players. In: *Fifth World Congress of Science and Football*. Madrid: Gymnos, 144-145.
- Little, T., i Williams, A. G. (2005). Specificity of acceleration, maximum speed, and agility in professional soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(1), 76-78.
- Markovic, G., Dizdar, D., Jukic, I., i Cardinale, M. (2004). Reliability and factorial validity of squat and counter movement jump tests. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(3), 551-555.
- Markovic, G., Jukic, I., Milanovic, D., i Metikos, D. (2007). Effects of sprint and plyometric training on muscle function and athletic performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(2), 543-549.

- Markovic, G., Sekulic, D., i Markovic, M. (2007). Is agility related to strength qualities? - Analysis in latent space. *Coll Antropol*, 31(3), 787-793.
- Metikos, D., Markovic, G., Prot, F., i Jukić, I. (2003). Latent structure of agility obtained by a battery of tests. *Kineziologija*, 35(1) 14-29.
- Miller, M. G., Herniman, J. J., Ricard, M. D., Cheatham, C. C., i Michael, T. J. (2006). The effects of a 6-week plyometric training program on agility. *Journal of Sports Science and Medicine*, 5(3), 459-465.
- Moir, G., Sanders, R., Button, C., i Glaister, M. (2007). The effect of periodized resistance training on accelerative sprint performance. *Sports Biomech*, 6(3), 285-300. doi: 10.1080/14763140701489793
- Newton, R. U., i Kraemer, W. J. (1994). Developing explosive muscular power: Implications for a mixed methods training strategy. *Strength i Conditioning Journal*, 16(5), 20-31.
- Nimphius, S., Mcguigan, M. R., i Newton, R. U. (2010). Relationship between Strength, Power, Speed, and Change of Direction Performance of Female Softball Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(4), 885-895. doi: Doi 10.1519/Jsc.0b013e3181d4d41d
- Norkin, C. C., i White, D. J. (2009). *Measurement of Joint Motion: A Guide to Goniometry*.
- Oliver, J. L., i Meyers, R. W. (2009). Reliability and generality of measures of acceleration, planned agility, and reactive agility. *Int J Sports Physiol Perform*, 4(3), 345-354.
- Ortega, F. B., Artero, E. G., Ruiz, J. R., Vicente-Rodriguez, G., Bergman, P., Hagstromer, M., . . . Group, H. S. (2008). Reliability of health-related physical fitness tests in European adolescents. The HELENA Study. *Int J Obes (Lond)*, 32 Suppl 5, S49-57. doi: 10.1038/ijo.2008.183
- Ozkaya, O. (2013). Familiarization Effects of an Elliptical All-out Test and the Wingate Test Based on Mechanical Power Indices. *J Sports Sci Med*, 12(3), 521-525.
- Pavic, R., Katic, R., i Cular, D. (2013). Quantitative Sex Differentiation of Morphological Characteristics in Children Aged 11 to 14 Years. *Collegium Antropologicum*, 37, 147-151.
- Peric, M., Zenic, N., Mandic, G. F., Sekulic, D., i Sajber, D. (2012). The reliability, validity and applicability of two sport-specific power tests in synchronized swimming. *Journal of Human Kinetics*, 32, 135-145. doi: 10.2478/v10078-012-0030-8
- Pettersen, S. A., i Mathisen, G. E. (2012). Effect of Short Burst Activities on Sprint and Agility Performance in 11-to 12-Year-Old Boys. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(4), 1033-1038. doi: Doi 10.1519/Jsc.0b013e31822e58c8
- Rapkin, A. J., Tsao, J. C., Turk, N., Anderson, M., i Zeltzer, L. K. (2006). Relationships among self-rated tanner staging, hormones, and psychosocial factors in healthy female adolescents. *J Pediatr Adolesc Gynecol*, 19(3), 181-187. doi: 10.1016/j.jpag.2006.02.004
- Rexhepi, A. M., Brestovci, B., i Krasniqi, A. (2011). Physical Characteristics at Different Ages. *International Journal of Morphology*, 29(1), 105-111.
- Rome, K., i Cowieson, F. (1996). A reliability study of the universal goniometer, fluid goniometer, and electrogoniometer for the measurement of ankle dorsiflexion. *Foot Ankle Int*, 17(1), 28-32.
- Rutherford, O.M., i Jones, D.A. (1986). The role of learning and coordination in strength training. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 55(1) 100-105
- Salaj, S., i Markovic, G. (2011). Specificity of Jumping, Sprinting, and Quick Change-of-Direction Motor Abilities. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(5), 1249-1255. doi: Doi 10.1519/Jsc.0b013e3181da77df
- Sattler, T., Sekulic, D., Hadzic, V., Uljevic, O., i Dervisevic, E. (2012). Vertical jumping tests in volleyball: reliability, validity, and playing-position specifics. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(6), 1532-1538. doi: 10.1519/JSC.0b013e318234e838
- Schwarze, D. J., i Denton, J. R. (1993). Normal values of neonatal lower limbs: an evaluation of 1,000 neonates. *J Pediatr Orthop*, 13(6), 758-760.
- Sekulić, D., i Metikoš, D. (2007). *Osnove transformacijskih postupaka u kineziologiji*: Sveučilište u Splitu, Fakultet PMZK.
- Sekulic, D., Spasic, M., Mirkov, D., Cavar, M., i Sattler, T. (2013). Gender-specific influences of balance, speed, and power on agility performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(3), 802-811. doi: 10.1519/JSC.0b013e31825c2cb0
- Sekulic, D., Viskic-Stalec, N., i Rausavljevic, N. (2003). Non-linear relations between selected anthropological predictors and psycho-physiological exercise-responses. *Coll Antropol*, 27(2), 587-598.
- Serpell, B. G., Ford, M., i Young, W. B. (2010). The Development of a New Test of Agility for Rugby League. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(12), 3270-3277. doi: Doi 10.1519/Jsc.0b013e3181b60430

- Shalfawi, S. A. I., Enoksen, E., Tonnessen, E., i Ingebrigtsen, J. (2012). Assessing Test-Retest Reliability of the Portable Brower Speed Trap II Testing System. *Kinesiology*, 44(1), 24-30.
- Sheppard, J. M., i Young, W. B. (2006). Agility literature review: Classifications, training and testing. *Journal of Sports Sciences*, 24(9), 919-932. doi: Doi 10.1080/02640410500457109
- Slinde, F., Suber, C., Suber, L., Edwen, C. E., i Svantesson, U. (2008). Test-retest reliability of three different countermovement jumping tests. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(2), 640-644. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181660475
- 00124278-200803000-00043 [pii]
- Slora, E. J., Bocian, A. B., Herman-Giddens, M. E., Harris, D. L., Pedlow, S. E., Dowshen, S. A., i Wasserman, R. C. (2009). Assessing inter-rater reliability (IRR) of Tanner staging and orchidometer use with boys: a study from PROS. *J Pediatr Endocrinol Metab*, 22(4), 291-299.
- Sporis, G., Jukic, I., Milanovic, L., i Vucetic, V. (2010). Reliability and Factorial Validity of Agility Tests for Soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(3), 679-686.
- Stefanyshyn, D. J., i Engsberg, J. R. (1994). Right to left differences in the ankle joint complex range of motion. *Med Sci Sports Exerc*, 26(5), 551-555.
- Sun, Y., F. B. Tao, et al. (2012). "Self-assessment of pubertal Tanner stage by realistic colour images in representative Chinese obese and non-obese children and adolescents." *Acta Paediatrica*, 101(4) e163-6.
- Steultjens, M. P., Dekker, J., van Baar, M. E., Oostendorp, R. A., i Bijlsma, J. W. (2000). Range of joint motion and disability in patients with osteoarthritis of the knee or hip. *Rheumatology (Oxford)*, 39(9), 955-961.
- Thomas, J.R., J.K. Nelson (2001). *Research Methodns in Physical Activity* (4th ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Tomljanovic, M., Spasic, M., Gabrilo, G., Uljevic, O., i Foretic, N. (2011). Effects of Five Weeks of Functional Vs. Traditional Resistance Training on Anthropometric and Motor Performance Variables. *Kinesiology*, 43(2), 145-154.
- Torrado Pineda, P., i Marina Evrard, M. (2012). Fiabilidad de los tests de salto vertical en gimnastas prepuberales. *Apunts. Medicina de l'Esport*.
- Tsitskarsis, G., A. Theoharopoulos, A. Garefis (2003). Speed, speed dribble and agility of male basketball players playing in different positions. *Journal of Human Movement Studies*, 45: 21-30.
- Twist, P.W., i D. Benicky (1995). Conditioning Lateral Movements for Multisport Athletes: Practical Strength and Quickness Drills. *Strength and Conditioning* 17(6): 43-51.
- Veale, J. P., Pearce, A. J., i Carlson, J. S. (2010). Reliability and validity of a reactive agility test for Australian football. *Int J Sports Physiol Perform*, 5(2), 239-248.
- Young, W.B., M. Hawken, L. McDonald (1996). Relationship between speed, agility, and strength qualities in Australian rules football. *Strength and Conditioning Coach*, 4(4), 3-6.
- Young, W. B., McDowell, M. H., i Scarlett, B. J. (2001). Specificity of sprint and agility training methods. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 15(3), 315-319.

## 9 Prilog

### 9.1 Faktorska struktura primijenjenih varijabli

Tablica I

Faktorska analiza motoričkih prediktora – dječaci

M	F1	F2	F3
SDM	0,77*	0,27	0,15
MSV	0,67	0,25	0,24
MBP	0,76*	-0,11	0,05
S5M	-0,85*	-0,07	0,11
S10M	-0,95*	-0,03	0,05
S15M	-0,96*	-0,05	0,07
EVERZIJA	0,01	-0,07	0,81*
INVERZIJA	0,04	0,12	0,74*
DORZFLEX	0,11	0,77*	0,13
PLATFLEX	0,13	-0,87*	0,20
LOS	0,28	0,41	0,27
OSI	-0,56	0,02	-0,19
Expl.Var	4,60	1,70	1,48
Prp.Totl	0,38	0,14	0,12



Tablica II

Faktorska analiza kriterijskih varijabli – dječaci

	F1
NNT	-0,89*
T180	-0,90*
T20Y	-0,91*
MCC	-0,78*
MTT	-0,88*
Expl.Var	3,79
Prp.Totl	0,76

Tablica III

Faktorska analiza motoričkih prediktora – djevojčice

	F1	F2	F3
SDM	0,83*	0,22	-0,03
MSV	0,72*	-0,04	-0,12
MBP	0,62	-0,25	0,20
S5M	-0,69	-0,03	-0,21
S10M	-0,79*	0,10	0,04
S15M	-0,94*	0,00	-0,12
EVERZIJA	-0,07	0,78*	0,25
INVERZIJA	0,02	0,87*	0,12
DORZFLEX	0,01	0,74*	-0,05
PLATFLEX	0,03	0,04	0,81*
LOS	0,09	0,02	0,72*
OSI	-0,02	0,36	-0,19
Expl.Var	3,59	2,17	1,42
Prp.Totl	0,30	0,18	0,12

Tablica IV

Faktorska analiza kriterijskih varijabli – djevojčice

	F1
NNT	-0,85*
T180	-0,84*
T20Y	-0,89*
MCC	-0,84*
MTT	-0,88*
Expl.Var	3,67
Prp.Totl	0,73

## **9.2 *Pilot studija***

# GENDER-SPECIFIC INFLUENCES OF BALANCE, SPEED, AND POWER ON AGILITY PERFORMANCE

DAMIR SEKULIC,<sup>1</sup> MIODRAG SPASIC,<sup>1</sup> DRAGAN MIRKOV,<sup>2</sup> MILE CAVAR,<sup>3</sup> AND TINE SATTLER<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Kinesiology; University of Split, Split, Croatia; <sup>2</sup>Faculty of Sports and Physical Education, University of Belgrade, Belgrade, Serbia; <sup>3</sup>Faculty of Natural Science, Mathematics and Education, University of Mostar, Mostar, Bosnia and Herzegovina; and <sup>4</sup>Faculty of Sport, University of Ljubljana, Ljubljana, Slovenia

## ABSTRACT

Sekulic, D, Spasic, M, Mirkov, D, Cavar, M and Sattler, T. Gender-specific influences of balance, speed, and power on agility performance. *J Strength Cond Res* 27(3): 802–811, 2013—The quick change of direction (i.e., agility) is an important athletic ability in numerous sports. Because of the diverse and therefore hardly predictable manifestations of agility in sports, studies noted that the improvement in speed, power, and balance should result in an improvement of agility. However, there is evident lack of data regarding the influence of potential predictors on different agility manifestations. The aim of this study was to determine the gender-specific influence of speed, power, and balance on different agility tests. A total of 32 college-aged male athletes and 31 college-aged female athletes (age  $20.02 \pm 1.89$  years) participated in this study. The subjects were mostly involved in team sports (soccer, team handball, basketball, and volleyball; 80% of men, and 75% of women), martial arts, gymnastics, and dance. Anthropometric variables consisted of body height, body weight, and the body mass index. Five agility tests were used: a *t*-test (T-TEST), zig-zag test, 20-yard shuttle test, agility test with a 180-degree turn, and forward-backward running agility test (FWDBWD). Other tests included 1 jumping ability power test (squat jump, SQJ), 2 balance tests to determine the overall stability index and an overall limit of stability score (both measured by Biodex Balance System), and 2 running speed tests using a straight sprint for 10 and 20 m (S10 and S20, respectively). A reliability analysis showed that all the agility tests were reliable. Multiple regression and correlation analysis found speed and power (among women), and balance (among men), as most significant predictors of agility. The highest Pearson's correlation in both genders is found between the results of the FWDBWD and S10M tests (0.77 and 0.81 for men and women, respectively;  $p < 0.05$ ). Power, measured using the SQJ, is significantly

cantly ( $p < 0.05$ ) related to FWDBWD and T-TEST results but only for women ( $-0.44$ ;  $-0.41$ ). The balance measures were significantly related to the agility performance for men but not for women. In addition to demonstrating a known relationship between speed and agility in both genders, and a small but statistically significant relationship between power and agility in women, these results indicate that balance should be considered as a potential predictor of agility in trained adult men.

**KEY WORDS** reliability, agility prediction, field-testing, performance

## INTRODUCTION

Agility is often recognized as the ability to quickly change directions and to start and to stop quickly (14). Some authors have identified agility as the ability to maintain and control correct body positions while quickly changing direction through a series of movements (36). This ability is a determinant of sport performance in field and court sports, evidenced by time-motion analysis, validation of testing batteries for elite and nonelite performers, and coaching analyses for various team sports (33). Because of the diverse agility manifestations (e.g., forward-backward; rotational, lateral, etc.), the agility is hard to be generally developed throughout strength and conditioning training. Therefore, studies repeatedly tried to find the background of agility in different athletic abilities like power and speed, with the idea that the improvement in such capacities will lead to agility improvement (8,14,17,22). Although the morphological and biochemical determinants of maximal speed and agility (i.e., fiber types) have led to the assumption that these qualities are highly related (14), studies of the relationships among speed and agility have provided inconsistent findings. Relationships between speed and standard agility range from low values (0.27–0.32) (25) to moderate correlation coefficients (0.52–0.73) (23). In a study of rugby league players (8), the authors noted correlations of 0.52–0.58 for a standard and 0.61 and 0.62 for a modified 505 reactive agility test [for more details on reactive agility, see Sheppard et al. (33)]. Based on the presumed dependence on the same morphological origin (e.g., fiber types) and the

Address correspondence to Dr. Damir Sekulic, [dado@pmfst.hr](mailto:dado@pmfst.hr).  
27(3)/802–811

*Journal of Strength and Conditioning Research*  
© 2013 National Strength and Conditioning Association

802 *Journal of Strength and Conditioning Research*

results of several studies that have established a positive relationship between muscle power and sprinting abilities (2,5,10,11,34,35), it was expected that power would also be positively related to agility. However, there are limited data supporting this assumption. In their recent article, Markovic et al. (17) found a low multiple correlation between leg extensor strength qualities and agility performance, and their findings were similar to those of Young et al. (38), who found low to moderate coefficients. In contrast, Nimphius et al. (22) found a strong correlation between relative strength and the ability to change direction (agility performance) measured using 505 test variations in female softball players.

Authors already suggested that apart from speed and explosive strength, an improvement of balance should be considered as one of the key features of agility improvement (36). Miller et al. (18) stated that enhancing balance and control of body positions during complex movements should result in an improvement of agility. This hypothesis seems logical because all agility performances include a stop-and-go movement pattern, where balance is likely to significantly influence the efficacy of the directional change. In other words, because of inertia, body segments tend to maintain the direction of the movement, whereas balance ability ensures stability for positioning and a subsequent change of direction. However, studies on the influence of balance on different agility performances are scarce.

As evident from previous short literature overviews, studies conducted so far noted differential influence of the speed and power on different agility manifestations in men and women. More precisely, power and speed are not evidenced as strong predictors of the agility in trained men (17,25,38), but investigators noted higher correlations between speed and power in relation to agility among women (22,23).

The aim of this study was to evaluate the gender-specific influence of running speed, power, and balance on different agility manifestations in physically active young adults (college-aged athletes). Apart from the fact that systematic investigations of the influence of balance qualities on agility are rare, there is also an evident lack of studies on the relationships between different possible predictors (e.g., power, speed, and balance) on agility manifestations among male and female subjects of advanced fitness status (e.g., collegiate-level athletes).

## METHODS

### Experimental Approach to the Problem

Speed, power, and balance are suggested to be important predictors of agility. However, most of the studies performed so far have either considered the relationship between only one of the mentioned predictors and agility or sampled highly diverse subjects (from low fitness to highly trained examinees). Additionally, we have found no study that investigated the gender-specific influence of balance on agility performance. Therefore, we tested college-aged athletes of both sexes for speed, power, and balance measures

(predictors-independent variables), tested their agility performance (criteria-dependent variables), defined the reliability of the agility tests, and related their achievement of the predictors to their agility performance using linear correlation and multiple regression analysis. We deemed as particularly important to study such relationships because of the eventual possible transfer of the changes in predictor variables on agility performance.

Although previous studies used simple correlation analysis to identify relationships between speed and power as predictors of agility, in this investigation, we additionally calculated multiple regression analysis between anthropometric variables, speed, balance, and power qualities (predictors) and agility measures (criteria). We thought that multiple regression will allow ranking the predictors of agility among studied independent variables, and therefore to explain the relations more specifically.

### Subjects

A total of 32 college-aged male (age  $21.6 \pm 2.1$  years) and 31 college-aged female athletes (age  $20.6 \pm 2.1$  years) participated in this study. Inclusion criteria for participation in this study were (a) no pending medical problems and (b) no ankle, knee, or back pathology within the preceding 2 months. All subjects were in good physical condition during the time of testing. All the participants had sufficient experience in the testing procedures performed in this study and were involved in soccer (40% men; 10% women), basketball (20% men and women), handball (15% men; 25% women), volleyball (5% men; 20% women), martial arts (5% men; 7% women), gymnastics and dance (2% men; 6% women), or other sports (13% men; 12% women). Although there are some differences in sports in which the subjects were involved, we believe that such discrepancies should not be judged as a possible confounding factor of the results. For example, men are more involved in soccer than women, but the possible influence of the sport-specific performance of soccer as agility sport (36) is most probably diminished by the fact that women are more involved in other sports, like volleyball and handball, where agility is considered as significant factor of performance also (7,33).

All the measurement procedures and potential risks were verbally explained to each participant before obtaining their written informed consent. The institutional ethical board was introduced to the testing methods and the complete experiment and gave written consent for the investigation.

### Training History

All the subjects were involved in systematic sport training for at least 5 years. Before study, as a part of the regular training regime, subjects regularly participated in 6–10 training sessions per week, including strength training (20–30%) and endurance exercise (20–50%), and sport-specific exercise sessions (40–60% of all sessions performed weekly). In general, their strength training included free-weight and machine-based exercises that lasted 30–45 minutes on average. Most

Predictors of Agility

**TABLE 1.** Descriptive statistics, reliability coefficients, and t-test differences between men and women for the agility tests.\*

	Total sample (N = 63)						Men (N = 32)						Women (N = 31)					
	Mean ± SD	CA	IIR	CV	Mean ± SD	CA	IIR	CV	Mean ± SD	CA	IIR	CV	Mean ± SD	CA	IIR	CV		
ZIG-ZAG <sup>trial1</sup>	6.74 ± 0.49				6.52 ± 0.46				6.96 ± 0.42				6.91 ± 0.42					
ZIG-ZAG <sup>trial2</sup>	6.65 ± 0.53				6.39 ± 0.51				6.79 ± 0.32				6.79 ± 0.32					
ZIG-ZAG <sup>trial2</sup>	6.59 ± 0.46				6.39 ± 0.5				6.75 ± 0.32†	0.94	0.87	0.05	6.75 ± 0.32†	0.94	0.87	0.05		
ZIG-ZAG (s)	6.51 ± 0.46	0.96	0.89	0.05	6.27 ± 0.47	0.95	0.87	0.06	9.76 ± 0.78				9.76 ± 0.78					
T180 <sup>trial1</sup>	9.19 ± 0.89				8.61 ± 0.57				9.38 ± 0.46				9.38 ± 0.46					
T180 <sup>trial2</sup>	8.87 ± 0.76				8.37 ± 0.66				9.2 ± 0.58				9.2 ± 0.58					
T180 <sup>trial3</sup>	8.78 ± 0.78				8.36 ± 0.72				9.09 ± 0.51†	0.83	0.66	0.09	9.09 ± 0.51†	0.83	0.66	0.09		
T180 (s)	8.65 ± 0.72	0.94	0.88	0.07	8.2 ± 0.63	0.95	0.88	0.06	9.85 ± 0.6				9.85 ± 0.6					
FWDBWD <sup>trial1</sup>	9.47 ± 0.81				9.09 ± 0.82				9.75 ± 0.56				9.75 ± 0.56					
FWDBWD <sup>trial2</sup>	9.25 ± 0.77				8.75 ± 0.63				9.65 ± 0.61				9.65 ± 0.61					
FWDBWD <sup>trial3</sup>	9.24 ± 0.85				8.83 ± 0.87				9.52 ± 0.58†	0.93	0.82	0.05	9.52 ± 0.58†	0.93	0.82	0.05		
FWDBWD (s)	9.07 ± 0.8	0.96	0.94	0.06	8.62 ± 0.74	0.95	0.90	0.07	11.67 ± 1.05				11.67 ± 1.05					
T-TEST <sup>trial1</sup>	10.99 ± 1.16				10.31 ± 0.82				11.24 ± 0.87				11.24 ± 0.87					
T-TEST <sup>trial2</sup>	10.66 ± 1.04				10.08 ± 0.87				11.13 ± 0.88				11.13 ± 0.88					
T-TEST <sup>trial3</sup>	10.57 ± 1.02				10.01 ± 0.85				11.05 ± 0.87	0.94	0.88	0.06	11.05 ± 0.87	0.94	0.88	0.06		
T-TEST (s)	10.45 ± 1.02	0.96	0.89	0.06	9.86 ± 0.8	0.95	0.87	0.06	6.07 ± 0.47				6.07 ± 0.47					
20YARD <sup>trial1</sup>	5.75 ± 0.54				5.44 ± 0.41				6.02 ± 0.45				6.02 ± 0.45					
20YARD <sup>trial2</sup>	5.66 ± 0.56				5.31 ± 0.42				5.93 ± 0.39				5.93 ± 0.39					
20YARD <sup>trial3</sup>	5.62 ± 0.5				5.3 ± 0.38				5.84 ± 0.62†	0.92	0.82	0.06	5.84 ± 0.62†	0.92	0.82	0.06		
20YARD (s)	5.52 ± 0.49	0.96	0.88	0.06	5.21 ± 0.39	0.93	0.81	0.06										

\*CA = Cronbach Alpha; IIR = average interitem correlation coefficient; CV = coefficient of variation; ZIG-ZAG = zig-zag agility test; T180 = agility test with a 180° turn; FWDBWD = forward-backward running agility test; T-TEST = agility t-test; 20YARD = 20 yards distance agility test.  
 †Denotes significant differences between genders.

**TABLE 2.** Intercorrelations of the agility tests.\*

	ZIG-ZAG	T180	FWDBWD	T-TEST	20YARD
<b>Total sample</b>					
T180	0.86†				
FWDBWD	0.89†	0.91†			
T-TEST	0.75†	0.79†	0.81†		
20YARD	0.85†	0.82†	0.83†	0.81†	
SUM	4.35	4.38	4.45	4.17	4.31
<b>Men</b>					
T180	0.83†				
FWDBWD	0.87†	0.87†			
T-TEST	0.67†	0.63†	0.74†		
20YARD	0.75†	0.64†	0.68†	0.70†	
SUM	4.12	3.97	4.16	3.73	3.76
<b>Women</b>					
T180	0.76†				
FWDBWD	0.82†	0.84†			
T-TEST	0.65†	0.74†	0.72†		
20YARD	0.86†	0.79†	0.81†	0.70†	
SUM	4.09	4.14	4.19	3.81	4.16

\*SUM = sum of the correlations; ZIG-ZAG = zig-zag agility test; T180 = agility test with a 180-degree turn; FWDBWD = forward-backward running agility test; T-TEST = agility t-test; 20YARD = 20 yards distance agility test.

†Denotes significant Pearson's correlation coefficients.

Five agility tests were conducted, namely a t-test (T-TEST), zig-zag test (ZIG-ZAG), 20-yard shuttle test (20YARD), agility test with a 180-degree turn (T180), and a forward-backward running agility test (FWDBWD). Other tests included 1 jumping ability power test (squat jump, SQJ), 2 balance tests, including a measurement of the overall stability index (OSI) and the overall limit of stability score (LOS), and 2 running speed tests of a straight sprint for 10 and 20 m (S10 and S20, respectively). All the tests were performed indoors on a synthetic pitch in a volleyball gymnasium. The subjects performed the tests wearing their choice of running shoes (excluding the balance testing, which was completed barefoot). Subjects were asked to be properly hydrated and to

of the subjects (70%) participated in the endurance-based exercise, which lasted 30–60 minutes. Average training frequency for all subjects ranged from 6 to 10 training sessions per week, with an average of 7–8 sessions weekly.

**Procedures**

Anthropometric variables were composed of body height (BH), body weight (BW), and the body mass index (BMI).

have a proper prior sleep. Before the testing, the subjects completed a 15-minute warm-up, including jogging, lateral displacements, dynamic stretching, and light jumping. The first day of testing consisted of anthropometrics and the power and speed measurements. The second day was used for 2 of the agility tests (T-TEST and 20YARD), and the third day was used for balance and the other 3 agility tests. During the course of the testing, the subjects were asked to maintain their normal diet and to stop exercising. To account for diurnal variation in fitness abilities, all the tests were performed at the same time of the day (9–11 AM), and the testing was done during November.

**TABLE 3.** Descriptive statistics and t-test gender differences for anthropometrics, balance, power, and sprinting variables.\*

	Men (N = 32), Mean ± SD	Women (N = 31), Mean ± SD
BH (cm)	180.07 ± 6.51	168.65 ± 4.70†
BW (kg)	79.51 ± 8.80	63.5 ± 6.80†
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	24.31 ± 2.11	22.31 ± 2.52†
OSI (index)	1.62 ± 0.81	0.9 ± 0.21†
LOS (index)	31.3 ± 8.81	45.33 ± 11.81†
SQJ (cm)	43.66 ± 10.54	35.89 ± 7.12†
S10m (s)	1.95 ± 0.12	2.17 ± 0.18†
S20m (s)	3.35 ± 0.24	3.75 ± 0.26†

\*BH = body height; BW = body weight; BMI = body mass index; OSI = overall stability index; LOS = overall limit of stability score; SQJ = squat jump; S10 = sprint 10m; S20 = sprint 20m.

†Denotes significant differences between genders.

*Anthropometrics.* The BH and BW were assessed using a Seca stadiometer and weighing scales (Seca Instruments Ltd., Hamburg, Germany). The BMI was calculated as a ratio of the BW (kg) and squared BH (m). The agility and running speed were measured using a Brower timing system (Brower Timing System, Salt Lake City, UT, USA). The SQJ was measured using the Optojump system, a dual-beam optical device that measures ground contact and flight time during a jump or series of jumps (Microgate, Bolzano, Italy) (26,27). Balance was measured using a Biodex Balance System, (BBS) (Biodex Medical Systems, Shirley, NY, USA).

*Agility Tests.* For the T-TEST, 4 cones were arranged in a T shape, with a cone placed 9.14 m from the starting cone and 2 additional cones placed 4.57 m from either side of the



Predictors of Agility

**TABLE 4.** Pearson's correlation coefficients between balance, power, running speed, and agility performance among men (M) and women (F).\*

	OSI		LOS		SQJ		S10		S20	
	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F
ZIG-ZAG	0.40†	0.30	-0.44†	-0.22	0.12	-0.22	0.22	0.41†	0.18	0.33
T180	0.15	0.11	0.01	0.12	0.01	-0.15	0.11	0.39†	0.09	0.33
FWDBWD	0.37†	0.22	-0.16	0.01	-0.35	-0.44†	0.77†	0.81†	0.51†	0.55†
T-TEST	0.58†	0.25	-0.47†	-0.33	-0.31	-0.41†	0.50†	0.33	0.44†	0.31
20Y	0.35	0.37†	-0.26	-0.16	-0.22	-0.12	0.51†	0.58†	0.39†	0.38†

\*OSI = overall stability index; LOS = overall limit of stability score; SQJ = squat jump; S10 = sprint 10m; S20 = sprint 20m; ZIG-ZAG = zig-zag agility test; T180 = agility test with a 180-degree turn; FWDBWD = forward-backward running agility test; T-TEST = agility t-test; 20YARD = 20 yards distance agility test.  
 †Denotes significant Pearson's correlation coefficients.

cone, crossed their legs while shuffling, or failed to face forward at all times. The time was measured in hundreds of seconds.

During the ZIG-ZAG test, the test course consisted of four 5-m sections set at 100° angles. The ZIG-ZAG test was chosen because it requires the acceleration, deceleration, and balance control facets of agility, and the familiarity of the subjects with the test and its relative simplicity also minimized learning effects. The timing began on a sound signal and stopped

second cone. All of the times were recorded using an electronic timing gate (Brower timing system), with a height of 0.75 m and a width of 3 m, in line with the marked starting point. The subjects were asked to sprint forward 9.14 m from the start line to the first cone and touch the tip with their right hand, shuffle 4.57 m left to the second cone and touch the tip with their left hand, shuffle 9.14 m to the right to the third cone and touch the tip with their right hand, and shuffle 4.57 m back left to the middle cone and touch the tip with their left hand, before finally back pedaling to the start line. The timing began on a sound signal and stopped when the subject passed through timing gate on their return. The trials were deemed unsuccessful if the participants failed to touch a designated

ped when the subject passed through timing gate. The time was measured in hundreds of seconds.

In the 20YARD test, the examinee started in a 3-point stance and ran 5 yards in one direction, 10 yards in the opposite direction, and then sprinted back to the starting point. This exercise tests lateral speed and coordination. The timing began on a sound signal and stopped when the subject passed through timing gate on their return. The time was measured in hundreds of seconds.

The T180 test required five 1-m lines. The first line was the starting line. At 6, 9, and 12 m from the starting line were turning lines, and the finish line was 18 m from the starting line. The subject started on a sound signal from a stationary

**TABLE 5.** Multiple regression results between anthropometric, running speed, power, and balance predictors, and agility criteria.\*

	ZIG-ZAG		T180		FWDBWD		T-TEST		20YARD	
	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F
	Beta	Beta	Beta	Beta	Beta	Beta	Beta	Beta	Beta	Beta
BW	-0.17	0.15	-0.74†	-0.45	-0.12	-0.31	-0.08	-0.36	-0.15	-0.15
BH	0.26	0.28	-0.33	0.26	-0.03	0.28	-0.05	0.23	0.08	0.31
OSI	0.35	-0.07	0.06	-0.20	0.10	-0.38	0.73†	0.36	0.05	-0.14
LOS	-0.64†	-0.34	0.48	0.23	0.51	0.28	-0.58†	-0.45	-0.44	-0.02
SQJ	-0.15	-0.25	0.00	-0.38	-0.12	-0.54†	-0.23	-0.54†	-0.17	-0.55†
S10m	0.17	0.55	0.08	0.44	0.61†	0.61†	0.44	0.25	0.51	0.65†
S20m	0.14	0.28	0.05	0.29	0.58†	0.55†	0.42	0.17	0.47	0.58†
R	0.51	0.59	0.42	0.55	0.66†	0.76†	0.67†	0.55	0.66†	0.68†
Rsqr	0.26	0.35	0.18	0.30	0.44†	0.58†	0.45†	0.30	0.44†	0.46†

\*BW = body weight; BH = body height; OSI = overall stability index; LOS = overall limit of stability score; SQJ = squat jump; S10 = sprint 10m; S20 = sprint 20m; ZIG-ZAG = zig-zag agility test; T180 = agility test with a 180-degree turn; FWDBWD = forward-backward running agility test; T-TEST = agility t-test; 20YARD = 20 yards distance agility test; R = coefficient of the multiple correlation; Rsqr = coefficient of the determination; Beta = beta ponder.  
 †Denotes significant coefficients.

standing start, ran toward the 9 m line, stepped on the line and made a 180° turn, ran in the opposite direction to the 6 m line, stepped on the line and made a 180° turn, ran in the opposite direction to the 12 m line, stepped on the line and made a 180° turn, ran in the opposite direction to the 9 m line, stepped on the line and made a 180° turn, and ran in the opposite direction to the finish (18 m) line. The timing began on a sound signal and stopped when the subject passed through timing gate on their return. The time was measured in hundreds of seconds.

The performance and measurement of the FWDBWD test was the same as in the T180 but without the 180° turns, meaning that the subject ran with their chest turned toward the finish line during the whole trial. The subjects ran from the start line to the 9 m line, ran backward to the 6 m line, forward to the 12 m line, backward to the 9 m line, and forward to the finish line. The subjects were not permitted to turn their heads or trunks during the trial.

**Power.** The SQJ test began with the subject in a stance with 90° knee flexion, with the feet hip-width apart. The subject's hands remained on their hips throughout. From this static position (with no pre-stretching), the subject performed a quick upward vertical jump as high as possible.

**Balance.** The OSI is an index of the average tilt in degrees from the center of a platform. The higher the OSI numeric value, the greater the variability from horizontal positioning, that is, the greater the instability while balancing on the platform. Conversely, lower scores indicate greater stability. The stability testing was performed without footwear. The subjects were instructed to establish a foot position and a comfortable stance width that allowed them to maintain the most stable (leveled horizontally) position possible on the platform. The positions of the feet were recorded and marked with tape using coordinates on the platform's grid to ensure the same stance and, therefore, consistency during test items, as previously suggested (4). The subjects were instructed to maintain the most level position possible on the platform for the duration of the test. The subjects were required to maintain an upright posture while keeping their arms to their sides and looking straight ahead at a wall approximately 0.5 m away. The subjects were allowed 1 practice trial before the 3 test trials. Each testing trial lasted 20 seconds. The resistance level was set at number 2 on a scale ranging from 1 (least stable) to 8 (most stable).

The LOS is defined as the maximum angle that a person can incline from the upright position in any direction without falling or altering his or her base of support (13). The BBS facilitates a dynamic balance assessment by having subjects view a moving cursor and move their center of mass while on a moveable platform within their LOS. In other words, dynamic LOS testing using the BBS assesses how accurately and quickly subjects move their center of mass and regain their balance at a new point. The dynamic LOS

was measured by requiring the subjects to move their center of gravity, while standing on a movable platform, to 8 targets indicated on the front screen in any direction, under their own control. Overall, the LOS score and the time required to complete the test were obtained using the BBS. The subjects were required to hit each target with a cursor and hold the cursor inside the flashing box for 0.25 seconds.

**Running Speed.** Two electronic timing gates were positioned 10 and 20 m from a predetermined starting line for the S10 and S20 tests. The subjects were instructed to begin with their preferred foot forward, placed on a line marked on the floor, and to run as quickly as possible along the 20-m distance from a stationary standing start. The times were recorded at 10 m (the first electronic timing gate) and 20 m (the second electronic timing gate). For all tests, subjects performed 3 trials with 3–4 minutes of pause between the trials (1 minute for balance tests), and the best trial was used for further analysis.

#### Statistical Analyses

Descriptive statistical parameters (mean and *SD*) were calculated for all the applied tests.

The average interitem correlation coefficients and Cronbach's alpha reliability coefficients were used to determine the intersubject reliability of the agility tests. The within-subject variation for each of the tests was determined by calculating the coefficient of variation. The reliability was calculated for the overall sample and separately for men and women. An analysis of variance (ANOVA) analysis for repeated measures and a Tukey post hoc test were used to detect any systematic bias between the individual trials (items) for each test.

The differences between men and women in all the applied tests were calculated using Student's *t*-test for independent samples.

Linear correlation analyses were applied to evidence (a) the intercorrelations among the agility tests and (b) the influence of power, speed, and balance (predictors) on the agility manifestations. Multiple regression analysis was done to determine the multivariate influence of the BH, BW, balance, speed, and power as predictors of agility. These analyses were conducted separately for men and women.

All the coefficients were considered significant at a 95% confidence level ( $p < 0.05$ ). Statsoft's Statistica version 10.0 (Statsoft, Tulsa, OK, USA) was used for all analysis.

#### RESULTS

The reliability analysis demonstrated that all the agility tests were reliable. The Cronbach's alpha coefficients ranged from 0.83 to 0.96, the interitem correlation coefficients ranged from 0.66 to 0.90, and the coefficient of variation ranged from 0.05 to 0.09. The lowest reliability was found for the T180 test in women. Based on our results, the ZIG-ZAG test

## Predictors of Agility

should be considered as the most reliable test of all the tests used in this study. Analysis of variance found significant systematic bias between trials for ZIG-ZAG (for men), T180, and T-TEST (for men and women). However, post hoc analysis found significant differences only between the first trial and the other 2 trials, whereas there was no significant difference between second and third trial in any of the agility tests.

Men performed better than women in all applied agility tests (Table 1), and differences were significant at  $p < 0.05$ .

All the agility tests were significantly intercorrelated when examined in the sample as a whole and when examined separately among men and women. According to the sum of the correlation coefficients, the FWDBWD should be considered as the most general, and therefore the most valid, agility test for both the genders (Table 2).

Men are significantly taller and heavier and performed better than women in sprinting and in SQJ (all at  $p < 0.05$ ). Oppositely, women performed better ( $p < 0.05$ ) in both balance tests (Table 3).

Because the analysis of the differences using the  $t$ -test indicated significant differences (at  $p < 0.05$ ) in all the measured variables between the genders (Table 3), we have calculated the correlations between the speed, power, and stability tests (predictors) and agility measures independently for women and men. The highest shared variance between speed and agility in both of the genders was found between the FWDBWD and S10 (60 and 66% of the common variance for men and women, respectively). The SQJ was significantly correlated to the FWDBWD and T-TEST only for women, with the small portion of the common variance explained (16 and 20%, respectively). In contrast, the balance measures were more significantly related to the agility performance among men (Table 4).

Multiple regression analysis (Table 5) found significant multivariate relationships between selected predictors and several agility performances (note that BMI as an index calculated on a basis of BH and BW was not included in this analysis). The significant multiple correlations are found for FWDBWD (44 and 58% of the common variance for men and women, respectively), 20YARD (44 and 46% for men and women, respectively) and T-TEST (men exclusively; 45% of the common variance). Among women, speed and power are found to be significant predictors of the FWDBWD and 20YARD ( $\beta$  coefficients are significant at  $p < 0.05$ ). Among men, speed contributes partially to FWDBWD achievement, LOS is partially related to performance in ZIG-ZAG, whereas partial relationship of both balance measures (LOS and OSI) reached statistical significance in the prediction of T-TEST.

## DISCUSSION

The purpose of this study was to evaluate the relationship between speed, power, and balance to different agility manifestations in male and female collegiate athletes. A

novel aspect of this investigation was the influence of balance on agility measures. Apart from the fact which we have that found agility tests as reliable and relatively stable, the results of this study demonstrate that (a) power and running speed are more significantly related to agility manifestations among female collegiate athletes than among their male peers, whereas (b) balance is found to be important predictor of the agility measures among men but not among women. Each of these findings is discussed in more details in the following texts.

The reliability of agility tests is regularly studied using a number of diverse methodological and statistical procedures. Most of the studies used a form of test-retest reliability analysis (1,9,21,31), whereas in others, the authors examine the interrater (trained vs. untrained rater) reliability (37), and therefore, their results are not comparable to ours. The authors who studied the reliability of agility tests using similar procedures as those presented here (e.g., multiple-trial measurements with calculations of the between- and within-subject variations in the test results) found somewhat higher (23) or similar (19,36) reliability parameters to those we have reported. Compared with the subjects tested in the current study (college athletes), soccer players (19,36) achieved on average 10–20% better scores in agility performance.

Although limited, previous studies are relatively consistent regarding the findings of the influence of power (explosive strength) on agility, and power is rarely found to be an important predictor of the capacity for quick changes of direction in trained men (17). Even studies in which the authors sampled only athletes who competed in sports involving sprints with changes of direction (i.e., the subjects had similar running techniques) (38) support the findings of the relatively low influence of power on agility measures. Those findings are in concordance with our results (note that the SQJ is not a significant predictor for any of the studied agility measures in men). Even multiple regression results support such discussion. In short, beta ponder of the SQJ did not reach the appropriate level of significance in any of the 5 calculated multiple regressions for men. A reasonable explanation for poor relationship between power and agility could be that the majority of the investigations (including this study) analyzed power using relatively rigid jumping forms (the squat jump and counter-movement jump, e.g.). In contrast, most of the agility measurement tests are rather complex and require a coordinated expression of the force of various lower limb muscles (3), which is often accompanied by synergistic muscular function of the torso and upper limbs.

The results we have found are supportive of the idea that speed should be considered as an important predictor of agility performance, which should be explained by the equal morphological and biochemical determinants of these 2 qualities (14). However, clear relationships between running speed and agility manifestations are not consistently found among trained men, and correlation coefficients ranged from

low (0.27–0.32) (25) to moderate (0.52–0.58) (8,23). We believe that such differences in the obtained results may be partially explained by the differences in testing procedures. Most specifically, in the recent investigation where low correlation coefficients were reported (25), the authors used running speed tests that incorporated a track-and-field starting position (from the start block). This starting position almost certainly negatively influenced the running results and achievement of some of the subjects (e.g., soccer, handball, or basketball players), who were not familiar with such a specific testing technique. At the same time, those examinees likely performed well in the agility tests (see second paragraph of Discussion section where we compared our results on agility tests with those observed in soccer players), which altogether led to the low correlation between the speed and agility measures.

Balance is rarely studied in relation to agility, although authors have noted the necessity for an improvement in balance to improve agility performance (18,36) or recognized balance control as a facet of agility (14). The reason for an evident lack of studies addressing this problem may be because of the challenge of balance measurement. In short, balance testing requires relatively sophisticated, robust, and expensive equipment. Consequently, we consider the presented relationships between balance and agility here to be somewhat pioneering. The background of the balance influence on the agility performance should be found in the ability to accurately coordinate the timing and action strength of skeletal muscles (i.e., coordination), which is essential for both balance and agility (15). While both are modified by the physical structure of an athlete and may be affected by technique, balance, and agility, both rely heavily on the development of neuromuscular control. Of all the tests studied here, the influence of balance on agility in men was most pronounced in the T-TEST, followed by the ZIG-ZAG test. When analyzing those results, we have found one explanation to be potentially interesting. Briefly, of all the sampled agility tests, only during the ZIG-ZAG and T-TEST, the subjects perform lateral and semilateral movements and place their feet laterally (or semilaterally) during the pivot point(s). In these moments, the feet rotate, and because of the limited ankle and minimal knee lateral flexibility, stability is disrupted. Therefore, during such a performance, the influence of the balance ability is much more pronounced than in those tests where the examinee is able to compensate for disrupted stability by knee flexion (e.g., tests that primarily involve forward-backward running). In particular, it has been shown that higher stability can be achieved by leaning forward and lowering the center of gravity, thus allowing for more rapid changes in direction (32). As a consequence, the ability to make frequent changes in direction is related to the ability to maintain appropriate postural adjustments and, therefore, an appropriate ability to maintain balance. Therefore, it seems logical that the ability to adequately

control both static and dynamic balance could be of profound importance for the successful execution of “agile” movements. This hypothesis could be illustrated by the motion pattern in the T-TEST. For success in this test, the ability to perform rapid accelerations and decelerations while moving forward and quick changes of movement from side to side are crucial. Because these actions cause frequent perturbations of the center of gravity, which require efficient neuromuscular control adaptations, one’s ability to efficiently maintain static and dynamic balance may positively affect success in agility performance. These claims have been indirectly proven in some recent studies (6,12). Davlin (6) demonstrated that soccer players were superior to nonathletes in balance performance. Considering the recent findings of Mirkov et al. (20) that the most prominent advantage of soccer players over control subjects during the entire tested age (from 11 to 14 years) period appeared to be movement agility and coordination, one could conclude that this advantage could be related to their ability to more efficiently maintain balance.

In addition to discussed linear correlation results, the multiple regression shows additional findings regarding the hierarchy of the influence of different predictors on agility performance. Among men, selected predictors defined the smallest portion of the criteria variance when related to ZIG-ZAG and T180, although beta ponders’ values evidenced significant partial influence of the LOS to ZIG-ZAG achievement in men. Therefore, and supportive to previous discussion of the linear correlation results, it seems that balance should be judged as the most important predictor of the agility performances when athletes perform lateral (T-TEST) or semilateral (ZIG-ZAG) quick changes of direction. At the same time, linear running speed is found to be only significant predictor of the FWDBWD performance, which directly supports previous considerations of strong influence of the speed on linear agility performance (14). Contrary to linear correlation analysis, where S10 and S20 were significantly related to 20YARD, in the multiple regression of the same variable, none of the studied variables was found to be significantly partially related to 20YARD among men, although multiple regression revealed significant multiple correlation. It seems reasonable to conclude that the influence of the studied predictors on such performance (20YARD is a test which requires linear running and cross-over cutting) should be discussed in a more complex (i.e., latent) manner. Evidently, optimal motor structure for such agility manifestation in trained men includes running speed and advanced balance.

Contrary to men, where correlation coefficients between power and agility did not reach statistical significance, the relationship between SQJ as a predictor and 2 agility tests (T-TEST and FWDBWD) for women reached statistical significance. It is also evident throughout multiple regressions, where SQJ was found to be a significant predictor in 3 of 5 calculated analysis. Interestingly, similar findings of

---

## Predictors of Agility

---

a significant relationship between power and agility are noted in one of the rare investigations of this issue among women (23). The slightly higher coefficient of the correlation found in that study (23) is most likely because the authors sampled highly diverse subjects who ranged from "low sport" to "college athletes." Because calculations of the correlation coefficients rely on variance, both among the individuals within the sample and between the 2 variables (24,28,29), a higher numerical value of the correlation coefficient between power and agility should be expected from a more diverse sample population.

The correlations found previously when authors have studied relationships between running speed and agility among women showed a strong influence of running speed on agility performance (22,23). Significant correlations between speed and agility we have found herein support such findings.

Although linear correlation showed the highest correlations between speed and agility achievement on FWDBWD and 20YARD, on the basis of the multiple regression results, it is evident that both power and speed should be judged as equally important predictors of the FWDBWD and 20YARD agility among women. Consequently, for these tests, the optimal combination of motor qualities will include (a) running speed (which is logical since both tests comprised repeated linear running) and (b) high level of muscular power (most probably because of the necessity of repeated start in the turning points of the test). The influence of the power on agility manifestations in women is additionally supported in the multiple regression calculation where T-TEST was observed as a criterion variable. In short, in this particular case, SQJ was found to be a significant predictor of the agility, but the multiple correlation did not reach the appropriate level of significance most probably because of the low influence of other studied tests on this agility variable.

In this study, the relationship between balance and agility measures was higher in men than in women. Apparently, the women we have studied here had sufficient balance ability (i.e., their balance was better than that of the tested males, see Results), and their agility performance was primarily related to their power and speed capacities. Similarly to women and their power and speed capacities, those men who were more advanced in balance directly used that balance in agility manifestations. Although not studied systematically here, there is certainly a possibility that superior flexibility (i.e., ankle flexibility) in women (30) is one of the key elements for their dominance in balance performance, which has already been suggested (4). In short, gait balance is maintained by regulating the interactions between the center of mass and the base of support (16). Superior ankle flexibility (primarily in the sagittal plane) assures a wider base of support in all situations when balance is challenged (i.e., the feet do not rotate but are planted stably on the surface), assuring better stability.

## PRACTICAL APPLICATIONS

Despite the fact that the relationships we have calculated allow insights into associations but not into the causes and possible training effects, based on the results studied and discussed, we may emphasize some important findings and related practical considerations.

The most complex influence of the different athletic abilities is found for agility manifestations where combination of different movement patterns is evident (i.e., tests which comprise linear running, crossover cutting, side stepping, etc.). In those maneuvers, balance and speed seem to be equally important predictors of agility achievement.

Power should be observed as a better agility predictor in women than in men. This finding means that strength and conditioning specialists should be aware of the fact that improvements of power qualities could probably influence the agility performance of women of advanced fitness status (e.g., collegiate athletes). At the same time, the eventual positive transfer of power improvement to agility is questionable among their male peers

Our results showed a systematic influence of the running speed on the agility measures both in men and women. Therefore, improvements in running speed should be observed as potentially beneficial to agility. Because the running technique and physical capacities are equally important determinants of the sprinting results, both of these factors should be emphasized in strength and conditioning programs aimed at agility improvement.

As far as the authors are aware, this study is one of the first studies to investigate balance as a gender-specific predictor of different agility measures. The results support the previously reported hypothesis, which noted the potential importance of balance qualities for agility. Balance is found to be the most important predictor of lateral and semilateral (i.e., zig-zag) movements, especially among men. Although further analysis of the problem is necessary, it seems logical to conclude that balance training should be incorporated in training programs aimed at agility improvement, especially for male athletes of advanced speed and power status. In short, for those male subjects, further improvements in speed and power are unlikely, and balance training may be beneficial for agility improvement.

## ACKNOWLEDGMENTS

Support of the Ministry of Science, Education and Sport of Republic of Croatia (project No 315-1773397-3407) is gratefully acknowledged. The authors declare that they have no conflicts of interest relevant to the content of this manuscript. The results of this study do not constitute endorsement of the product by the authors or the National Strength and Conditioning Association.

## REFERENCES

1. Beekhuizen, KS, Davis, MD, Kolber, MJ, and Cheng, MSS. Test-retest reliability and minimal detectable change of the hexagon agility test. *J Strength Cond Res* 23: 2167–2171, 2009.
2. Chelly, SM and Denis, C. Leg power and hopping stiffness: Relationship with sprint running performance. *Med Sci Sports Exerc* 33: 326–333, 2001.
3. Colby, S, Francisco, A, Yu, B, Kirkendall, D, Finch, M, and Garrett, W Jr. Electromyographic and kinematic analysis of cutting maneuvers. Implications for anterior cruciate ligament injury. *Am J Sports Med* 28: 234–240, 2000.
4. Costa, PB, Graves, BS, Whitehurst, M, and Jacobs, PL. The acute effects of different durations of static stretching on dynamic balance performance. *J Strength Cond Res* 23: 141–147, 2009.
5. Cronin, JB and Hansen, KT. Strength and power predictors of sports speed. *J Strength Cond Res* 19: 349–357, 2005.
6. Davlin, CD. Dynamic balance in high level athletes. *Percept Mot Skills* 98: 1171–1176, 2004.
7. Foretic, N, Karnincic, H, and Uljevic, O. The influence of the wrestling technique on contact efficiency of young male team handball players. *Arch Budo* 7, 87–91, 2011.
8. Gabbett, TJ, Kelly, JN, and Sheppard, JM. Speed, change of direction speed, and reactive agility of rugby league players. *J Strength Cond Res* 22: 174–181, 2008.
9. Haj-Sassi, R, Dardouri, W, Gharbi, Z, Chaouachi, A, Mansour, H, Rabhi, A, and Mahfoudhi, ME. Reliability and validity of a new repeated agility test as a measure of anaerobic and explosive power. *J Strength Cond Res* 25: 472–480, 2011.
10. Harris, NK, Cronin, JB, Hopkins, WG, and Hansen, KT. Relationship between sprint times and the strength/power outputs of a machine squat jump. *J Strength Cond Res* 22: 691–698, 2008.
11. Harrison, AJ, Keane, SP, and Cogan, J. Force-velocity relationship and stretch-shortening cycle function in sprint and endurance athletes. *J Strength Cond Res* 18: 473–479, 2004.
12. Hrysomallis, C. Preseason and midseason balance ability of professional Australian footballers. *J Strength Cond Res* 22: 210–211, 2008.
13. Ishizuka, T, Hess, RA, Reuter, B, Federico, MS, and Yamada, Y. Recovery of time on limits of stability from functional fatigue in Division II collegiate athletes. *J Strength Cond Res* 25: 1905–1910, 2011.
14. Little, T and Williams, AG. Specificity of acceleration, maximum speed, and agility in professional soccer players. *J Strength Cond Res* 19: 76–78, 2005.
15. Lloyd, A, Ackland, TR, and Cochrane, J. Balance and Agility. In: *Applied anatomy and biomechanics in sport*. Ackland TR, Elliot B, Bloomfield J, eds. Champaign, Illinois: Human Kinetics, 2011.
16. Lugade, V, Lin, V, and Chou, LS. Center of mass and base of support interaction during gait. *Gait Posture* 33: 406–411, 2011.
17. Markovic, G, Sekulic, D, and Markovic, M. Is agility related to strength qualities?—Analysis in latent space. *Coll Antropol* 31: 787–793, 2007.
18. Miller, MG, Herniman, JJ, Ricard, MD, Cheatham, CC, and Michael, TJ. The effects of a 6-week plyometric training program on agility. *J Sport Sci Med* 5: 459–465, 2006.
19. Mirkov, D, Nedeljkovic, A, Kukulj, M, Ugarkovic, D, and Jaric, S. Evaluation of the reliability of soccer-specific field tests. *J Strength Cond Res* 22: 1046–1050, 2008.
20. Mirkov, DM, Kukulj, M, Ugarkovic, D, Koprivica, VJ, and Jaric, S. Development of anthropometric and physical performance profiles of young elite male soccer players: A longitudinal study. *J Strength Cond Res* 24: 2677–2682, 2010.
21. Munro, AG and Herrington, LC. Between-session reliability of four hop tests and the agility T-test. *J Strength Cond Res* 25: 1470–1477, 2011.
22. Nimphius, S, McGuigan, MR, and Newton, RU. Relationship between strength, power, speed, and change of direction performance of female softball players. *J Strength Cond Res* 24: 885–895, 2010.
23. Pauole, K, Madole, K, Garhammer, J, Lacourse, M, and Rozenek, R. Reliability and validity of the T-test as a measure of agility, leg power, and leg speed in college-aged men and women. *J Strength Cond Res* 14: 443–450, 2000.
24. Peterson, MD, Alvar, BA, and Rhea, MR. The contribution of maximal force production to explosive movement among young collegiate athletes. *J Strength Cond Res* 20: 867–873, 2006.
25. Salaj, S and Markovic, G. Specificity of jumping, sprinting, and quick change-of-direction motor abilities. *J Strength Cond Res* 25: 1249–1255, 2011.
26. Sattler, T, Sekulic, D, Hadzic, V, Uljevic, O, and Dervisevic, E. Vertical jumping tests in volleyball: Reliability, validity and playing-position specifics. *J Strength Cond Res* 26: 1532–1538, 2011.
27. Schiltz, M, Lehance, C, Maquet, D, Bury, T, Crielaard, JM, and Croisier, JL. Explosive strength imbalances in professional basketball players. *J Athl Train* 44: 39–47, 2009.
28. Sekulic, D, Zenic, N, and Markovic, G. Non linear relationships between anthropometric and motor-endurance variables. *Coll Antropol* 29: 723–730, 2005.
29. Sekulic, D, Zenic, N, and Zubcevic, NG. Non linear anthropometric predictors in swimming. *Coll Antropol* 31: 803–809, 2007.
30. Seow, CC, Chow, PK, and Khong, KS. A study of joint mobility in a normal population. *Ann Acad Med Singapore* 28: 231–236, 1999.
31. Serpell, BG, Ford, M, and Young, WB. The development of a new test of agility for rugby league. *J Strength Cond Res* 24: 3270–3277, 2010.
32. Sheppard, JM and Young, WB. Agility literature review: Classifications, training and testing. *J Sports Sci* 24: 919–932, 2006.
33. Sheppard, JM, Young, WB, Doyle, TL, Sheppard, TA, and Newton, RU. An evaluation of a new test of reactive agility and its relationship to sprint speed and change of direction speed. *J Sci Med Sport* 9: 342–349, 2006.
34. Sleivert, G and Taingahue, M. The relationship between maximal jump-squat power and sprint acceleration in athletes. *Eur J Appl Physiol* 91: 46–52, 2004.
35. Smirniotou, A, Katsikas, C, Paradisis, G, Argeitaki, P, Zacharogiannis, E, and Tziortzis, S. Strength-power parameters as predictors of sprinting performance. *J Sports Med Phys Fitness* 48: 447–454, 2008.
36. Sporis, G, Jukic, I, Milanovic, L, and Vucetic, V. Reliability and factorial validity of agility tests for soccer players. *J Strength Cond Res* 24: 679–686, 2010.
37. Vicente-Rodriguez, G, Rey-Lopez, JP, Ruiz, JR, Jimenez-Pavon, D, Bergman, P, Ciarapica, D, Heredia, JM, Molnar, D, Gutierrez, A, Moreno, LA, and Ortega, FB. Interrater reliability and time measurement validity of speed-agility field tests in adolescents. *J Strength Cond Res* 25: 2059–2063, 2011.
38. Young, WB, James, R, and Montgomery, I. Is muscle power related to running speed with changes of direction? *J Sports Med Phys Fitness* 42: 282–288, 2002.