

UNIVERZITET U BEOGRADU
FAKULTET SPORTA I FIZIČKOG VASPITANJA

Aleksandar R. Živković

EVALUACIJA MODIFIKOVANOG 505 TESTA
ZA PROCENU VREMENA REAKCIJE,
STARTNOG UBRZANJA I BRZINE PROMENE
PRAVCA

doktorska disertacija

Beograd, 2025

UNIVERSITY OF BELGRADE
FACULTY OF SPORT AND PHYSICAL EDUCATION

Aleksandar R. Živković

EVALUATION OF THE MODIFIED 505 TEST
FOR ASSESSING REACTION TIME,
STARTING ACCELERATION AND CHANGE OF
DIRECTION

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2025

MENTOR:

Dr Ivan Ćuk, docent, Univerzitet u Beogradu – Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja.

ČLANOVI KOMISIJE:

1. Dr Olivera Knežević, docent, Univerzitet u Beogradu – Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja, predsednik komisije;
2. Dr Dragan Mirkov, redovni profesor, Univerzitet u Beogradu – Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja, član;
3. Dr Srđan Marković, vanredni profesor, Univerzitet Singidunum – Fakultet fizičke kulture i menadžmenta u sportu, član.

Datum odbrane

Tebi, Lenka,

iz zahvalnosti što si bila moja snaga, ponosan što si deo mene, i u nadi da ćeš svoj životni put graditi odvažno i u ljubavi.

EVALUACIJA MODIFIKOVANOG 505 TESTA ZA PROCENU VREMENA REAKCIJE, STARTNOG UBRZANJA I BRZINE PROMENE PRAVCA

Sažetak: Na osnovu analiziranih dosadašnjih rezultata istraživanja na temu pojedinačnih i objedinjenih testiranja vremena reakcije na svetlosni signal, startnog ubrzanja i sposobnosti promene pravca kretanja u sportu, uočava se prostor za novo istraživanje i unapređenje trenažne i istraživačke prakse. Naime, iako su dokazano pouzdani i validni, testovi reakcije na svetlosni signal, sprinta na 5m i 10m, kao i standardni 505 test do sada su mereni uglavnom pojedinačno, povećavajući time vreme testiranja i rizik od povrede. S tim u vezi, glavni cilj ovog istraživanja je procena metrijskih karakteristika novog modifikovanog 505 testa za procenu vremena reakcije na svetlosni signal, startnog ubrzanja i brzine promene pravca. U ukupno 2 eksperimenta, angažovano je 57 ispitanika muškog pola (27+30). U prvom eksperimentu sprovedene su 4 odvojene sesije kako bi se testirale pouzdanost i validnost modifikovanog 505 testa u odnosu na standardni 505 test i test trčanja na 10m. U drugom eksperimentu, u 2 sesije, ispitala se osetljivost modifikovanog 505 testa da uoči razlike između različitog nivoa treniranosti ispitanika. Pokazatelji pouzdanosti rezultirali su visokom pouzdanošću, sa vrednostima interklasnog korelacionog koeficijenta preko 0.7 do čak 0.9, sa niskim koeficijentom varijacije < 10%. Što se tiče validnosti, rezultati sprinta na 5 i 10m pokazali su umerenu do visoku ($r > 0.5 < 0.8$) i statistički značajnu povezanost ($p < 0.01$) kada se procenjuju u odvojenom testu i kao deo 505 testa. Osim toga, iste varijable visoko koreliraju i između dve varijante 505 testa (sa i bez vremena reakcije). Nešto niže vrednosti pouzdanosti i validnosti uočene su jedino kod indeksa simetrije. Ispitivanje osetljivosti modifikovanih 505 testova sa i bez vremena reakcije na svetlosni signal pokazalo je da su varijable dobijene iz ovih modifikovanih testova dovoljno osetljive da uoče razlike između dve grupe ispitanika različitog nivoa treniranosti. Modifikovani 505 testovi sa i bez vremena reakcije na svetlosni signal pokazali su se kao pouzdani, validni i osetljivi, te mogu da pruže sveobuhvatno rešenje za procenu dimenzija fizičkih i kognitivnih sposobnosti sportista. Integracijom ubrzanja, promene pravca kretanja i vremena reakcije u jedinstveni protokol, ovi testovi premošćuju jaz između kontrolisanih laboratorijskih uslova i nepredvidivih zahteva u realnim sportskim situacijama, smanjujući vreme potrebno za testiranje, a time i rizik od povreda.

Ključne reči: Agilnost, 505 test, Motoričke sposobnosti, Sprint, Brzina, Motorički testovi, Sport

Naučna oblast: Nauke o fizičkom vaspitanju i sportu

Uža naučna oblast: Opšta motorika čoveka

UDK: 796.012.1 (043.3)

EVALUATION OF THE MODIFIED 505 TEST FOR ASSESSING REACTION TIME, STARTING ACCELERATION AND CHANGE OF DIRECTION

Abstract: Based on the analysed previous research results on the topic of individual and unified testing of light signal reaction time, starting acceleration and the ability to change the direction of movement in sports, there is room for new research and improvement of training and research practice. Namely, although they have been proven reliable and valid, the tests of reaction to a light signal, 5m and 10m sprint, as well as the standard 505 test, were measured mostly individually, thus increasing the testing time and the risk of injury. In this regard, the primary objective of this research is to assess the metric characteristics of the modified 505 test, specifically its ability to evaluate reaction time to a light signal, starting acceleration, and direction change quickness. In two experiments, a total of 57 male subjects ($n = 27 + 30$) were recruited. In the first experiment, four separate sessions were conducted to assess the reliability and validity of the modified 505 test in comparison to the standard 505 test and the 10m run test. In the second experiment, conducted over two sessions, the sensitivity of the modified 505 test in detecting differences between subjects at varying training levels was examined. Reliability indicators demonstrated high reliability, with values of the interclass correlation coefficient ranging from 0.7 to 0.9, and a low variation coefficient of less than 10%. In terms of validity, the 5 and 10m sprint scores showed a moderate to high ($r > 0.5 < 0.8$) and statistically significant association ($p < 0.01$) when evaluated in a separate test and as part of the 505 test. Additionally, the same variables are highly correlated between the two variants of the 505 test, with and without reaction time. Somewhat lower values of reliability and validity were observed only with the index of symmetry. Examination of the sensitivity of the modified 505 tests, with and without light signal reaction time, revealed that the variables obtained from these modified tests were sufficiently sensitive to detect differences between two groups of subjects with varying training levels. Modified 505 tests, with and without reaction time to a light signal, have been demonstrated to be reliable, valid, and sensitive, providing a comprehensive solution for assessing the dimensions of physical and cognitive abilities in athletes. By integrating acceleration, directional change, and reaction time into a single protocol, these tests bridge the gap between controlled laboratory conditions and the unpredictable demands of real situations in sports, thereby reducing testing time and the risk of injury.

Key words: Agility, 505 test, Motor skills, Sprint, Speed, Motor tests, Sport

Scientific field: Sciences of physical education and sports

Scientific subfield: Human general motor skills

UDK: 796.012.1 (043.3)

SADRŽAJ

1	UVOD	1
1.1	Motoričke sposobnosti	2
1.2	Agilnost	4
1.2.1	Definisanje agilnosti	5
1.2.2	Faktor promene brzine i pravca kretanja	10
1.2.3	Kognitivni faktor agilnosti	11
2	PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA	13
2.1	Dosadašnji pristupi testiranju vremena reakcije, startnog ubrzanja i promene pravca kretanja u sportu	13
2.2	Novi objedinjeni testovi za procenu vremena reakcije, startnog ubrzanja i promene pravca kretanja	15
2.3	Nedostaci dosadašnjih istraživanja	18
3	PROBLEM, PREDMET, CILJ I ZADACI ISTRAŽIVANJA	19
3.1	Problem istraživanja	19
3.2	Predmet istraživanja	19
3.3	Ciljevi istraživanja	19
3.4	Zadaci istraživanja	20
4	HIPOTEZE ISTRAŽIVANJA	21
4.1	Generalna hipoteza	21
4.2	Pomoćne hipoteze	21
5	METODE ISTRAŽIVANJA	23
5.1	Eksperiment 1	23
5.1.1	Uzorak ispitanika	23
5.1.2	Protokol eksperimenta	23
5.1.3	Eksperimentalne procedure	24
5.1.4	Varijable	27
5.1.5	Obrada podataka	31
5.2	Eksperiment 2	32
5.2.1	Uzorak ispitanika	32
5.2.2	Protokol eksperimenta	32
5.2.3	Eksperimentalne procedure	32
5.2.4	Varijable	34
5.2.5	Obrada podataka	36
6	REZULTATI ISTRAŽIVANJA	38
6.1	Eksperiment 1	38
6.1.1	Rezultati pouzdanosti	38

6.1.2	Rezultati validnosti	46
6.2	Eksperiment 2.....	48
6.2.1	Rezultati osetljivost.....	48
7	DISKUSIJA	51
7.1	Glavni nalazi	51
7.2	Pouzdanost standardnih testova na 10m i 505 testa	51
7.3	Pouzdanost modifikovanog 505 testa bez vremena reakcije.....	53
7.4	Pouzdanost modifikovanog 505 testa sa vremenom reakcije.....	55
7.5	Validnost modifikovanog 505 testa sa i bez vremena reakcije	56
7.6	Osetljivost modifikovanog 505 testa sa i bez vremena reakcije	58
7.7	Ograničenja studije i predlozi za dalja istraživanja i praksu.....	59
8	ZAKLJUČCI.....	61
9	LITERATURA	63
10	BIOGRAFIJA KANDIDATA	71
11	BIBLIOGRAFIJA KANDIDATA.....	72
12	PRILOZI	73

1 UVOD

Sport predstavlja jedan od najdinamičnijih i najizazovnijih aspekata ljudske aktivnosti, koji u sebe uključuje elemente telesnog i psihološkog razvoja, vaspitanja, obrazovanja, masovnih društvenih događaja i pokreta, industrije, zabave, slobodnog vremena, profesionsanog opredeljenja pa čak i poligona političkog uticaja ili bolje reći instrumentalizacije. Zbog toga je na samom početku potrebno suziti njegovo određenje u okvire sportskog nadmetanja i izvođenja pre svega kroz kretanje. Unutar tog „suženog“ ali ništa manje dinamičnog okvira, motoričke sposobnosti igraju važnu ulogu u postizanju izvanrednih sportskih rezultata, odnosno postizanja vrhunskog nivoa sportskog izvođenja. One ne samo da određuju i ograničavaju način kretanja tela sportiste, već čine kamen temeljac na koji se dalje nadograđuju sportske veštine, zbog čega igraju ključnu ulogu u ostvarivanju sportskih ciljeva. Njihovo izučavanje, definisanje, opisivanje, dovođenje u vezu sa drugim faktorima sportskog uspeha, čini osnovu planiranja i programiranja trenažnog procesa koji bi zapravo trebao da predstavlja sistematičan i kontrolisan put ka ostvarenju sportskih ciljeva.

S obzirom na zahteve svake pojedinačne sportske grane, ulogu svakog pojedinačnog sportiste u okviru sportskog tima ili ekipe, nivo ili fazu takmičenja, hijerarhija važnosti pojedinačnih motoričkih sposobnosti može dramatično varirati. Ipak, kao jedna od najvažnijih komponenti motoričkih sposobnosti, pogotovo u sportskim igrama po pravilu ističe se sposobnost sportiste da brzo i efikasno reaguje na promenljive situacije i zahteve u igri, odnosno agilnost. Sa druge strane, sposobnost sportiste da održi maksimalnu brzinu kretanja dok naglo menja smer ili pravac kretanja, odnosno brzina promene pravca, koja se često u praksi neopravdano izjednačava sa agilnošću, takođe je jedna od najvažnijih motoričkih sposobnosti kada su sportske igre u pitanju. Ovde treba naglasiti da kada je sportisti jasno poznata putanja i vrsta zadatka govori o brzini promene pravca dok je u situacijama gde to nije poznato u pitanju agilnost. Ova razlika ključna je u analizi zahteva sportskih situacija, odnosno sportskih igara, na osnovu koje se može odrediti koja od dve pomenute bliske ali ipak u velikoj meri i različite sposobnosti je za postizanje rezultata važnija.

Shvatajući kolika je važnost agilnosti i brzine promene pravca u sportu, mnogi naučnici posvetili su svoje istraživačke napore razumevanju ovih aspekata motoričkih sposobnosti (Sheppard & Young, 2006; Young et al., 2021). Ova istraživanja nisu samo pružila dublji uvid u prirodu agilnosti i brzine promene pravca, već su takođe istakla njihovu ključnu ulogu u određenju granica sportskog izvođenja.

Agilnost se često definiše kao sposobnost brzog i preciznog izvođenja promena pravca i pokreta tela (Sheppard & Young, 2006). Ova sposobnost ima ključnu ulogu u sportu, gde se brze odluke i reakcije često dešavaju u promenljivim okolnostima. Agilnost je neophodna kako bi se izbegle prepreke, izmanevrisao protivnik, ali pre svega kako bi se na njegovo kretanje efikasno odgovorilo. Iako je mnogo istraživanja posvećeno agilnosti, još uvek postoji potreba za dubljim razumevanjem njenih biomehaničkih, fizioloških i neuroloških osnova (Sheppard & Young, 2006).

Slično agilnosti, brzina promene pravca je motorička sposobnost koja se često koristi u sportu kao sredstvo za stvaranje prednosti nad protivnicima. Ona podrazumeva sposobnost da se telo brzo i efikasno usmerava u novom pravcu. U sportovima kao što su fudbal, košarka, tenis ili rukomet, brzina promene pravca može biti ključna za izbegavanje protivnika, hvatanje lopte ili ostvarivanje pogotka, ali je njena ključna uloga u ostvarivanju prednosti nad protivnikom kroz brze i neočekivane manevre tela, odnosno kretanje promenljivog pravca u kojima brzina ne oscilira što ih čini teškim za praćenje, čitanje, a samim tim i pariranje. Podjednako važno kao i kod malopre pomenute agilnosti, razumevanje mehanizama koji omogućavaju brzu promenu pravca doprinosi razvoju sistematskog planiranja i programiranja trenažnog procesa i tehnika koje omogućavaju podizanje nivoa sportskog izvođenja. U istraživanjima motoričkih sposobnosti naučnika u sportu dobijani su ključni doprinosi razumevanju agilnosti i brzine promene pravca (Kurelić et al., 1975; Зациорский, 2019). Njihovi

radovi su se bavili različitim sportskim disciplinama i demistifikovali faktore koji utiču na ove motoričke sposobnosti. Osim toga, njihovi rezultati istraživanja su se često koristili kao osnova za razvoj treninga i taktika u mnogim sportovima širom sveta.

Ipak, podjednako kao bez razumevanja prirode pojedinačnih motoričkih sposobnosti kao i mehanizama njihovog razvoja, sistematsko planiranje i programiranje trenažnog procesa, nije moguće bez precizne, tačne ali i efikasne procene kako inicijalnog statusa motoričkih sposobnosti tako i efekata samog procesa kroz periodično praćenje ostvarenih trenažnih adaptacija. U ovu svrhu neprestano se konstruišu, validiraju ali i unapređuju testovi i baterije testova za procenu različitih motoričkih sposobnosti. Kada su u pitanju agilnost i brzina promene pravca test 505 jedan je osnovnih instrumenata za njihovu procenu i praćenje. Ipak, ambicije istraživača i spostrikih radnika, rezultati dosadašnjih istraživanja ali trenažna praksa otvaraju prostor za njegovo unapređenje sa ciljem postizanja veće efikasnosti sprovođenja, procene i korišćenja pre svega u trenažnom procesu, ali i budućim istraživanjima ovih sposobnosti (Taylor et al., 2019). U cilju opisa ovih mogućnosti odnosno njihovog teorijskog i naučnog utemeljenja u nastavku ovog rada biće prvo mapirana teorijska građa vezana uopšteno za motoričke sposobnosti, kao i brzinu i agilnost (koja uključuje brzinu reakcije i promenu pravca kretanja). Zatim će biti izložena empirijska građa koja se tiče rezultata dosadašnjih istraživanja u vezi sa testovima za procenu navedenih sposobnosti kao i njihove opšte uloge u sportu ali i specifično u sportskim igrama. Nakon ovoga steći se se uslovi za dalje izlaganje empirijske građe vezane za metrijske karakteristike i upotrebu samog 505 testa za procenu sposobnosti promene pravca kretanja ali i kritičkog razmatranja njegove upotrebe u praksi, odnosno analiziranja potrebe i mogućnosti za njegovo unapređenje.

Kroz ovo istraživanje, nastojaće se da se obogati korpus informacija i znanja vezanih za razumevanje motoričkih sposobnosti u sportu, ali i da se to razumevanje dodatno produbi kroz sistematizaciju i analizu već postojećeg korpusa znanja. Takođe ima zadatak da pružajući temelj za unapređenje prakse testiranja motoričkih sposobnosti deluje pozitivno na trenažnu praksu i omogućiti razvoj novih trenažnih modela.

1.1 Motoričke sposobnosti

U jednom od najranijih udžbenika sa ovih prostora, Opavski definiše kretanje kao promenu položaja tela ili objekta u vremenu i prostoru, a da bi do kretanja došlo potrebno je da na telo ili objekat deluje neka sila (Opavski, 1960). Dok u teorijskim razmatranjima možemo razmišljati o postojanju jedne sile koja određuje kretanje, u realnosti je ono po pravilu rezultat interakcije više, vrlo često i suprotstavljenih sila. Ljudsko telo (kao i tela životinja) ima sposobnost da proizvodi silu kroz kontrakcije skeletnih mišića i na taj način inicira sopstveno kretanje. U daljem tekstu, ako to ne bude drugačije naznačeno, pod kretanjem će se podrazumevati kretanje ljudskog tela (ili njegovih segmenata) inicirano kontrakcijama skeletnih mišića (Opavsky & Bjelica, 2011). Sa druge strane iako se fokus stavlja na silu proizvedenu kroz mišićne kontrakcije, treba imati na umu da je i ovako ograničen pojam kretanja zapravo i dalje rezultat interakcije spoljašnjih i unutrašnjih sila. Zbog toga neće svaka pojava mišićne sile inicirati kretanje. Najbolji primer ovakve pojave jeste održavanje uspravnog položaja tela.

Priroda održavanja uspravnog položaja tela, pokreta segmenata tela i bilo koje druge aktivnost kroz kretanje čoveka uslovljeni je u najvećoj meri morfološkim i motoričkim karakteristikama tela. Pod morfološkim karakteristikama podrazumevaju se različita svojstva i osobine tela u celini kao i pojedinačnih tkiva, kao što su: telesna visina, telesna masa, dužine i obimi pojedinačnih ekstremiteta, obimi trupa, grudnog koša, trbuha i slično, količina potkožnog masnog tkiva i slično. Pomenute karakteristike tela mere se antropometrijskim instrumentima, tahnikama i metodama. Pored nabrojanih, manifestnih morfoloških karakteristika, postoje i latentne morfološke karakteristike koje se procenjuju na osnovu manifestnih, kao što su: longitudinalne i transverzalne dimenzionalnosti,

volumen i masa tela ili telesni sastav. Tehnološki razvoj omogućava sve veći stepen direktnog merenja latentnih morfoloških karakteristika. Za temu ovog rada važno je naglasiti da morfološke karakteristike mogu biti uzročnici individualnih razlika u tempu i stepenu morfoloških i motoričkih promena kako pod uticajem genetskog koda ili trenažnih aktivnosti i adaptacija (Kukolj, 2006).

Za razliku od morfoloških karakteristika gde u teoriji i praksi postoji priličan konsenzus među različitim naučnicima i praktičarima, po pitanju motoričkih karakteristika, a za temu ovog rada pre svega važnih motoričkih sposobnosti lako su uočljivi mnogobrojni teorijski pristupi u njihovom opisivanju, definisanju, merenju, procenjivanju i slično. Ilustracije radi biće navedeno nekoliko karakterističnih i često navođenih definicija motoričkih sposobnosti, pogotovo u doktorskim tezama sa sličnom tematikom:

1. „Motoričke sposobnosti predstavljaju kompleksne mogućnosti čoveka za izvođenje pokreta, pri čemu se različita motorička svojstva odnose na različite kvalitete kretanja, koji su uslovljeni istovetnim fiziološkim i biomehaničkim mehanizmima, kao i sličnim psihološkim osobinama i svojstvima i koji se iskazuju u istim mernim jedinicama“ (Зацюрский, 2019).

2. „Motoričke sposobnosti se odnose na deo opšte psiho-fizičke sposobnosti određene nivoom razvijenosti osnovnih latentnih dimenzija čoveka koje su uzrok uspešnosti kretanja, bez obzira da li su stečene ili razvijene treningom“ (Kurelić et al., 1975).

3. „Motoričke sposobnosti su latentne motoričke strukture koje su odgovorne za beskonačan broj manifestnih motoričkih reakcija koje mogu da se opišu i izmere na osnovu tih manifestacija“ (Prskalo et al., 2007).

4. „Motoričke sposobnosti su biološki važne sposobnosti koje se odnose na kretanje. Prema hijerarhiji mogu se razlikovati esencijalne i izvedene fizičke sposobnosti. Esencijalne su: brzina, snaga, izdržljivost, fleksibilnost i koordinacija. Iz međuodnosa esencijalnih sposobnosti u datoj motoričkoj aktivnosti dalje se mogu procenjivati izvedene sposobnosti: brzinska izdržljivost, eksplozivna snaga, agilnost i slično“ (Bompa & Pleić, 2001).

5. „Motoričke sposobnosti su posebni vidovi čovekovih mogućnosti za kretanje. Mogu se opisati jednakim parametrima kretanja, koji se mere na isti način i iskazuju u istim mernim jedinicama. U osnovi motoričkih sposobnosti leže analogni fiziološki, biohemijski i biomehanički mehanizmi za čiju uspešnost su odgovorni slični psihološki procesi i osobine“ (Milošević & Milošević, 2014).

Iako se u navedenim definicijama ne govori eksplicitno o motoričkim sposobnostima već se koriste termini kao što su fizičke osobine, motoričke karakteristike ili biomotirčke sposobnosti, u ovom tekstu će kao osnovni pojam biti korišćen ipak pojam motoričkih sposobnosti. Smatramo da je ovakav izbor i određenje opravdano kako sa stanovišta teorije (Kukolj, 2006), rezultata epirijskih istraživanja (Tucker & Collins, 2012), tako i ovdašnje sportske prakse u kojoj se ovaj termin odomaćio i uspostavio kao dominantan. Motoričke sposobnosti predstavljaju sposobnost čoveka da uspostavi kretanje i reši motorne radnje koji se postavljaju kao zadatak ili potreba (Malacko & Radjo, 2007). Motoričke sposobnosti objedinjuju biohemijske i funkcionalne procese, psihološke karakteristike koje su ograničene čovekovim neuromišićnim sistemom (Зацюрский, 2019). Zbog ovoga motoričke sposobnosti predstavljaju široko polje za istraživanje. Kvalitet motoričkih sposobnosti kao i tempo njihovog razvoja pod uticajem treninga direktno utiču na svakodnevnu aktivnost čoveka kao i na njegov zdravstveni status. U sportu su direktno povezane sa stvaranjem rezultata.

Ovako napravljen pregled karakterističnih definicija motoričkih sposobnosti može se dalje analizirati. Iako se lako mogu uočiti različite teorijske postavke, moguće je pronaći i prilične

sličnosti. U pokušaju da na valjan način opišu karakteristike kretanja kao i da odrede njihovu prirodu, naglasak se stavlja na mogućnosti odnosno potencijale koji se mogu ali i ne moraju nužno manifestovati kroz određeno kretanje. Analiza terojiskih određenja prirode motornih sposobnosti ima važne implikacije za dalju istraživačku ali i trenažnu praksu. Ona bi trebala da da odgovor na pitanje koji aspekte kretanja treba posmatrati, na koji način ih treba meriti, šta bi se na osnovu merenja moglo procenjivati i kakava bi veza trebala da postoji između izmerenih i procenjenih karakteristika kretanja i specifičnih sportski ali i trenažnih zadataka i ciljeva. Iz ovakvih analiza proizašli su različiti motorički testovi i formirane baterije motoričkih testova za merenje snage, brzine, izdržljivosti, agilnosti, kao i baterija testova poput Eurofit testova (Gadžić, 2021). Bez poznavanja ovih postavki i analiza nije moguća ni valjana praksa motoričkog testiranja, odnosno valjan izbor testova i konstrukcija baterija. Nažalost, u praksi je česta pojava da neki drugi faktori kao što je vreme potrebno za merenje, cena opreme i slično imaju prednost u procesu motoričkog testiranja sportista.

Treba istaći i da mišići samostalno ne mogu da proizvode silu, i da zbog toga motoričke sposobnosti imaju i neuralnu (informacionu) kao i metaboličku (energetsku) komponentu koje u velikoj meri određuju efikasnost kretanja. Zbog toga bi bilo pogrešno posmatrati motoričke sposobnosti kao karakteristike isključivo lokomotornog sistema. Na ovom stanovištu stoji i teorija centralnog upravljanja koja postulira ulogu podsvesnih procesa koji se odvijaju u centralnom nervnom sistemu u određenju granica mogućnosti ljudskog kretanja (Noakes et al., 2005). Naime, nalazi empirijskih studija pokazuju da se granica sposobnosti izdržavanja napora ne mogu do kraja opisati limitima u energetskoj produkciji (Calbet et al., 2003), što otvara prostor za ulogu mozga u određenju ali i pomeranju ove granice. Kada je kretanje u sportu u pitanju, cilj je istovremeno usavršavanje svih aspekata kretanja, ali i njegove ekonomičnosti, uz istovremeno smanjenje broja grešaka odnosno povećanje tačnosti kretanja. Logično, povećavanjem brzine pokreta treba očekivati i više grešaka, tako da maksimalno brzo izvođenje pokreta uz održavanje nivoa preciznosti zahteva i priličan nivo veštine (Schmidt et al., 2018). Zbog toga, pogrešno bi bilo doneti zaključak da su sposobnosti koje su neophodne za sticanje i usavršavanje motornih veština, a samim tim i postizanje sportskih rezultata i vrhunskog nivoa sportskog izvođenja isključivo motorne. One su u velikoj meri psiho-motorne i čisto intelektualne kao što su sposobnost učenja, brzinu prikupljanja i obrade informacija, efikasnost memorijskih registara i slično.

1.2 Agilnost

Zbog opisane kompleksnosti konceptualizacije pojmova motoričkih sposobnosti i njihove klasifikacije dugo unutar sportske nauke nije postojala saglasnost u vezi precizne definicije agilnosti. Pojam se primenjuje u različitim sportskim kontekstima, ali sa velikom nesavršenošću, što dodatno komplikuje naše razumevanje komponenti koje se mogu trenirati kako bi poboljšale agilnost. Predložena je nova definicija agilnosti: "brzo pokretanje celog tela sa promenom brzine ili pravca kretanja kao odgovor na stimulus" (Sheppard & Young, 2006). Agilnost je povezana sa treniranjem fizičkih karakteristika kao što su snaga, sila i tehnika trčanja i brzina promene pravca kretanja, kao i sa kognitivnim komponentama poput tehnika vizuelnog skeniranja, brzine vizuelnog skeniranja i anticipacije. Testiranje agilnosti se obično ograničava na testove fizičkih komponenti kao što su brzina promene pravca ili kognitivne komponente kao što su anticipacija i prepoznavanje obrazaca. Podstiču se novi testovi agilnosti koji kombinuju fizičke i kognitivne mere. Imajući sve navedeno u vidu, i polazeći od prethodno navedene Bompine definicije (Bompa & Pleić, 2001), da bi se mogla analizirati agilnost kao izvedena mototrička sposobnost, potrebno je krenuti od brzine kao esencijalne. Put od brzine, preko brzine promene pravca i perceptivnih (kognitivnih) faktora do agilnosti biće mapiran u nastavku ovoga rada.

Agilnost se tradicionalno definiše kao sposobnost da se brzo promeni pravac (Bloomfield et al., 1994), ali i kao sposobnost da se promeni pravac brzo i precizno (Barrow & McGee, 1971). U pojedinim publikacijama, autori su u definiciju agilnosti uključili i promenu pravca kretanja celog

tela, kao i brzo kretanje i promenu pravca kretanja ekstremiteta (Draper & Lancaster, 1985). Neki od navedenih autora smatraju i da agilnost nije lako definisati, jer ona predstavlja sintezu skoro svih fizičkih sposobnosti koje sportista poseduje. Po njima, agilnost se manifestuje u nekoliko oblika, odnosno u: (1) horizontalnim promenama pravca celog tela, kao što je varka telom ili izbegavanje protivnika; (2) vertikalnim promenama pravca celog tela, kao što su skok i preskok i (3) brzim pokretima određenih delova tela koji kontrolišu rekvizit u sportovima, kao što su tenis, hokej, skvoš.

Poteškoće u pronalaženju prihvatljive definicije agilnosti su najverovatnije rezultat uticaja višestrukih faktora iz različitih disciplina sportske nauke, koji utiču na ispoljavanje agilnosti. Biomehaničar posmatra agilnost sa aspekta mehaničkih promena uključenih kod promena pozicije tela. Sportski psiholog, koji se bavi motornim učenjem, agilnost posmatra sa aspekta obrade informacija uključenih u vizuelnom posmatranju, donošenju odluka, te reagovanju na spoljašnji stimulus, kao i sa aspekta procesa koji se javljaju prilikom učenja i pamćenja odgovarajućih motornih veština. Kondicioni treneri agilnost posmatraju sa aspekta motoričkih sposobnosti potrebnih kod brze promene pravca kretanja. Razlike u definicijama agilnosti mogu biti objašnjene različitim perspektivama autora, te naučnim područjima kojima se bave. Sveobuhvatna definicija agilnosti treba da uzme u obzir fizičke zahteve (kondicija), kognitivne procese (motorno učenje) i tehnike kretanja (biomehanika) uključene u izvođenje agilnosti.

1.2.1 Definisane agilnosti

Kao što je već navedeno u prethodnom poglavlju, dugo nije bilo konsenzusa o definiciji agilnosti. Čini se da uvođenje termina "brzina" jedna od razloga za zabunu (Baker & Heaney, 2015), jer se koristi i kao sinonim za brzinu promene pravca. Korak dalje odlaze teoretičari koji kombinaciju ubrzanja, eksplozivnosti i reaktivnosti nazivaju hitrost (Moreno, 1995). Ova definicija sugerise da brzina uključuje i kognitivne i fizičke reaktivne sposobnosti i eksplozivno ubrzanje. Ako je to prepoznatljiva fizička karakteristika, onda bi se moglo zaključiti da je brzina sastavni deo agilnosti, čak i kada definicija brzine (Moreno, 1995) ne uključuje u sebe komponentu promene pravca. Međutim, treba uočiti da dostupna literatura beleži postojanje i vežbi, veština i testova koji uključuju nužno promenu pravca, ali se označavaju kao vežbe i testovi brzine (Baker & Heaney, 2015). Termin brzina se takođe često koristi na internetu u vezi sa metodama treninga. Zbog toga je potrebno uvesti nekoliko pojašnjenja ovog pojma. Kada pojavu u smislu njenog kvantiteta ili odvijanja stavimo u vremenski kontekst dobijamo brzinu. Najpoznatija upotreba ovog termina odnosi se na brzinu kretanja, ali ovaj termin se koristi da opiše i brzinu hemijske reakcije, brzinu oporavka, brzinu izgradnje i slično. Uže, brzina kao motorička sposobnost manifestuje se kroz brzinu kretanja različitih telesnih segmenata ili tela u celini, prilikom izvođenja pokreta različite složenosti; ali i kao vreme potrebno da se odgovori na određeni stimulus (brzina reakcije). Imajući ovo u vidu, smatra se da nije dovoljno reći brzina u bilo kom sportskom kontekstu, već je potrebno bliže ga odrediti kao na primer brzina reakcije, brzina promene pravca, brzina trčanja, plivanja, i slično. U ovom radu pod pojmom brzina, ako to drugačije nije naznačeno, podrazumevaće se složeno višedimenziono svojstvo kretanja, koje se u fizici definiše kao odnos pređenog puta i vremena. Takođe, treba napomenuti, da kod pojava koje imaju konstantan ishod, kao što je reagovanje ili nereagovanje na stimulus, kada govorimo o brzini možemo je u nekim slučajevima na valjan način opisati samo kroz dimenziju vremena. Ovo važi i u sportu, na primer, kada kažemo da je neko istrčao 100 metara za 10 sekundi, informacija o prosečnoj brzini kojom se kretao od 10 m/s se podrazumeva i redundantna je sve dok ne poželimo da uporedimo brzine kojima je pretračao različite delove distance od 100 metara (npr. segmenti od 10 m).

Sa pojmom brzine u bliskoj vezi je pojam ubrzanja (akceleracije), koji se u fizici definiše kao promena brzine u jedinici vremena i opisuje kako se brzina tela u pokretu menja (Jarić, 1997). Ovde treba napomenuti da telo koje se kreće može ubzavati (ili usporavati) ali i da telo koje se ne kreće, odnosno u jednom trenutku ima brzinu jednaku 0 takođe može da se pokrene, odnosno promeni brzinu

kretanja, što takođe podpada pod termin ubrzanje. Ovde se može napraviti linija demarkacije između početnog takozvanog startnog ubrzanja, tela koje iz faze mirovanja ulazi u fazu kretanja, tela koje menja brzinu u pravolinijskom kretanju, i ubrzanja uz promenu pravca (Jarić, 1997). Iako se sve tri pojave mogu valjano opisati pojmom ubrzanje, da bi se izbegla zabuna, ali i da bismo ostali u skladu sa u sportskoj praksi već ustanovljenom terminologijom i načinom merenja i procene, u ovom radu će se pojam ubrzanja koristiti sa prefiksom startno da opiše inicijalnu promenu brzine kretanja, a za opis kasnijih faze kretanja u kojima se takođe ubrzava (ili usporava) koristiće se termin ubrzanje bez prefiksa i sufiksa kada je u pitanju pravolinijsko kretanje ali i brzina promene pravca (kao apsolutni indikator ubrzanja u kretanju sa promenom pravca). Poslednje je opravdano i sa stanovišta sportskih rezultata, jer na kraju je važnije ko je brže prošao neku prepreku, a manje važno ko je pri tome više ili manje menjao početnu brzinu. Ovim se ne sugerise da pojam ubrzanja nije važan za posmatranje i analizu kada su trening i taktika u pitanju već samo da je brzina presudna u ukupnom rezultatu.

Zabunu donekle unosi i engleski termin *cutting* koji bi u bukvalnom prevodu značio „sečenje“, a u slobodnom „naglo zaustavljanje“, a koji se koristi u vezi sa promenom pravca tokom sprinta (Besier et al., 2001; Colby et al., 2000; McClay et al., 1994). Za razliku od termina brzina promene pravca, „naglo zaustavljanje“ (eng. *cutting*), se odnosi samo na specifični deo promene pravca kretanja gde stopalo sportiste dodiruje tlo kako bi započelo promenu.

Pre nego što pređemo na određenje agilnosti, potrebno je odrediti se i u odnosu na pojam sila. Kao što je to već navedeno, da bi u opšte došlo do kretanja pa samim tim i do brzine, kao i do ubrzanja, potrebno je da na neko telo, u našem slučaju sportistu u celini ili neki njegov telesni segment deluje neka sila (Jarić, 1997). Iako kretanje kao što je već objašnjeno predstavlja rezultantu interakcije spoljašnjih i unutrašnjih sila, za ovaj rad najvažnija je mišćna sila, kao višedimenzionalno svojstvo skeletnih mišića da kroz kontrakcije proizvode određenu količinu sile. Ovo svojstvo je ključno, ali ne i jedino važno, za ispoljavanje svih oblika kretanja pa time i brzine i ubrzanja (Jarić, 1997). Na ovom mestu treba pomenuti i dokumentovanu zavisnost dimenzija mišićne sile (maksimalna sila, brzina razvoja sile i slično) od morfoloških dimenzija, koju treba imati na umu kada bude definisan uzorak promenljivih ovoga istraživanja.

Na ovom mestu, kada su donekle mapirani osnovni pojmovi moguće je preći na pregled razvoja teorijske misli kada je definisanje pojma agilnosti u pitanju.

Čeladurai (eng. *Chelladurai*) je 1976. godine predložio detaljnu definiciju agilnosti, istakavši da, iako postoji koncenzus o važnosti agilnosti u mnogim sportovima, postoji mnogo različitih definicija agilnosti (Chelladurai, 1976). Takođe je primetio da nijedna od ovih definicija nije uključivala odgovarajuće prepoznavanje perceptivnih kao i specifičnih, čak odlučujućih komponenti kada je postignuće u različitim sportovima u pitanju. Autor je predstavio klasifikaciju agilnosti prema složenosti zadataka u kojima se ona ispoljava. Ovi zadaci mogu biti jednostavni (bez vremenske i prostorne neizvesnosti), složeni u vremenskom (bez prostorne neizvesnosti, ali s vremenskom neizvesnošću), kao i prostornom (bez vremenske neizvesnosti, već sa prostornom neizvesnošću) smislu ali i univerzalni (sa vremenskom i prostornom neizvesnošću). Ovakvo definisanje različitih oblika agilnosti, kao što su jednostavna, vremenska, prostorna i univerzalna agilnost, jedinstveno je u literaturi. Na primer, pokreti poput sprinterskog starta u atletici koji se smatraju zadacima agilnosti (Chelladurai, 1976) mogli bi se opisati kao zadaci koji uključuju vreme reakcije i brzinu, pri čemu se vreme reakcije definiše kao minimalno vreme od predstavljanja stimulusa do početka odgovora, dok se brzina definiše kao brzina promene položaja u odnosu na vreme (Enoka, 2008). Ovde se može uočiti nedostatak opisa startnog ubrzanja, čime bi opis starta bio sveobuhvatniji i precizniji. Čeladurajeva definicija, jednostavne, vremenske, prostorne i univerzalna agilnost pruža takođe i okvir za razumevanje zahteva mnogih drugih sportova. Kada se posmatraju od najjednostavnijih do najkompleksnijih zadataka, mogu se svrstati u jednu od četiri kategorije koje je predložio

(Chelladurai, 1976). Ovaj okvir može biti koristan trenerima i sportskim naučnicima za klasifikaciju sportskih vještina i omogućava bolje razumevanje uključenih podkomponenti.

Većina istraživanja o testiranju agilnosti primenjuje termin "agilnost" kako bi opisali svaku dinamičnu sportsku radnju koja uključuje promenu položaja tela (Draper & Lancaster, 1985). Primena termina agilnost varira, ali je obuhvatala između ostalog i zadatke kao što su izbačaji (Cronin & Hansen, 2005), penjanje preko i ispod prepona na atletskoj stazi (Alricsson et al., 2001), sprint unapred, zaustavljanje i povratak nakon okreta od 180 stepeni (Draper & Lancaster, 1985), jednostavni skokovi (Booher et al., 1993), ali najčešće sprintanje sa promenama pravca ili smera (Gabbett, 2006; Reilly et al., 2000). Prema Čeladuraju (Chelladurai, 1976), sve ove radnje mogu se klasifikovati kao jednostavna agilnost, jer ne uključuju faktor temporalne ili spacijalne neizvesnosti. Drugi autori (Sheppard & Young, 2006) su detaljno opisali definiciju agilnosti u vezi sa sportskim disciplinama koje uključuju trčanje. Istraživači su se bavili višestrukim uticajima na izvođenje agilnosti. Posebno su istakli da postoje dve glavne komponente agilnosti - brzina promene pravca kao i kognitivni (od recepcije do donošenje odluka) faktori. Na ovom mestu želimo da istaknemo da je za kognitivni proces donošenja odluke neophodno u obzir uzeti ceo lanac procesa: recepcija, percepcija, obrada, memorija (u smislu i retencije i pohranjivanja), zaključivanje i samo donošenje odluke kao finalni proizvod uz procese vrednovanja i učenja koji su u neraskidivoj vezi sa opisanim lancem kognitivnih procesa.

Pored klasifikacije agilnosti u sportskim disciplinama koje uključuju trčanje, Šepard i Jang (Sheppard & Young, 2006) uključili su termin "brzina promene pravca" ili „sposobnost promene pravca kretanja“ (eng. *change of direction*) ne samo kao komponentu agilnosti, već i da opišu kretanje u kojem nije potrebna reakcija na podsticaj. Drugim rečima, neki zadaci mogu se klasifikovati kao sprintevi sa promenama pravca, dok se drugi mogu klasifikovati kao agilnost (sprintevi sa promenama pravca kao odgovor na podsticaj). Kada se govori o promeni smera u odnosu na promenu pravca, naglašava se uloga reverzibilnog modaliteta mišićne kontrakcije, u kojem ekscentrična kontrakcija prelazi u koncentričnu i u kojoj mišić generiše najveće količine sile baš u momentu ovog prelaza, što se odvija u praktično izometrijskom režimu. Ovde je posebno važno istaći i terminološke probleme u definisanju promene pravca tj. smera kretanja. Posmatrano vektorski, u fizici, postoji razlika, i to bitna, između pravca i smera - pravac čine dva suprotna smera, te se terminima pravac i smer ne označava isto. U jeziku van fizike naravno nema neke bitnije razlike - svi sasvim normalno kažemo bilo idem u tom pravcu bilo idem u tom smeru, i ove reči upotrebljavamo kao sinonime. Pošto se i engleski termin *change of direction* pre svega odnosi na pravac kretanja, onda će se u daljem testu govoriti o promeni pravca kretanja, kao komponenti agilnosti. Radi lakše terminologije, posebno kod 505 testa, gde se suštinski menja smer kretanja, možemo reći da se menja pravac kretanja za 180 stepeni (okreće se i trči suprotnim smerom). U ostalim testovima agilnosti, ta promena pravca kretanja je najčešće 45 ili 90 stepeni (ne menja se smer), te je za razumevanje jednostavnije govoriti o promeni pravca kretanja u testovima za procenu agilnosti (za 45, 90 ili 180 stepeni).

Osim terminologije, na osnovu pregleda literature koja pokušava da klasifikuje agilnost, očigledno je da postoji još nekoliko nesuglasica. Jasno je da postoji tendencija među trenerima i sportskim naučnicima da široko primenjuju agilnost, čini se gde god zadatak uključuje dinamično kretanje koje zahteva sportsku sposobnost. Ova praksa usporava razumevanje jedinstvene prirode vještina koje se primenjuju u različitim situacijama. Na primer, ako prihvatimo da je prethodno planirani zadatak poput staze sa preprekama zadatak agilnosti (Pandorf et al., 2003), a istovremeno prihvatimo da reaktivna vežba za izbegavanje za sportiste timskih sportova zahteva agilnost, kako onda procenjujemo agilnost? I unutar svake situacije, koji faktori su uključeni u ispoljavanje agilnosti? Sportski naučnici i treneri neće moći ciljano da zadovolje potrebe vezane za razumevanje i procenu agilnosti različitih sportista ako podklase agilnosti nisu razumljive.

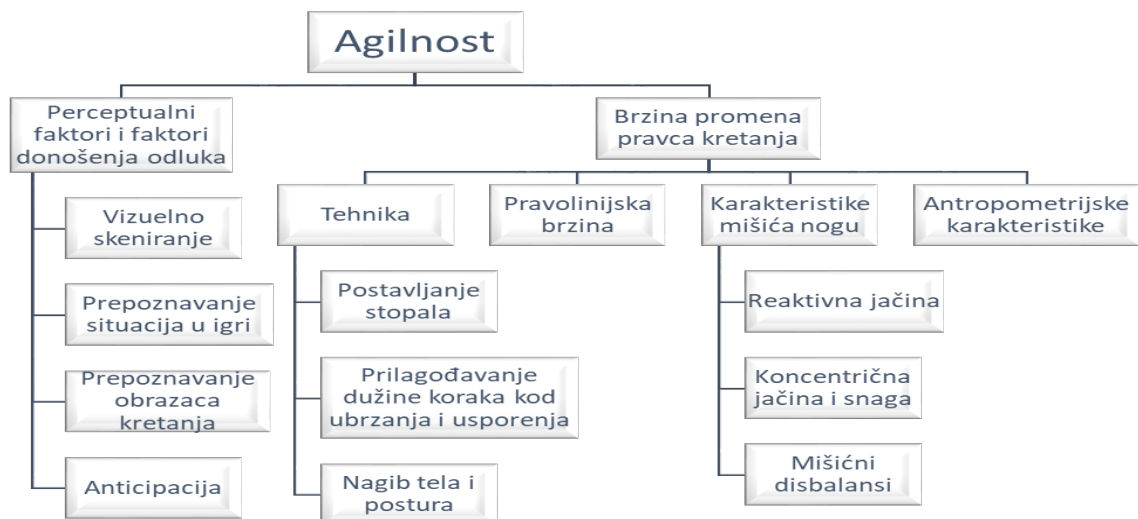
Jednostavnija definicija agilnosti može se uspostaviti korišćenjem kriterijuma isključenja, umesto kriterijuma uključenja (Chelladurai, 1976). Dok je Čeladurai definisao četiri nivoa u kontekstu agilnosti, jednostavnija definicija može pomoći trenerima i sportskim naučnicima u komunikaciji, istraživanju, treningu i testiranju agilnosti. Jednu od prvih klasifikacija na koju nailazimo u literaturi ponudio je baš Čeladurai, a temelji se na zahtevima pred kojim se sportista nalazi prilikom izvođenja različitih zadataka. Na primer, agilnost koju karakteriše izostanak spacijalne (prostorne) i temporalne (vremenske) neizvesnosti definiše kao jednostavnu agilnost. Kao drugu vrstu agilnosti navodi temporalnu (vremensku) agilnost koju karakteriše vremenska neizvesnost, dok je izvođenje unapred planirano. Za razliku od nje, spacijalnu (prostornu) agilnost karakteriše prostorna neizvesnost dok je vremenski obrazac izvođenja unapred planiran. Četvrtu vrstu agilnosti, karakteriše i spacijalna i temporalna neizvesnost, a definisana je kao univerzalna agilnost (Chelladurai, 1976).

Ako prihvatimo da agilnost uključuje reakciju na podsticaj, tada je prikladno eliminisati upotrebu klasifikacija unutar agilnosti. Zadaci se mogu identifikovati opisivanjem same veštine, koristeći biomehaničku ili fiziološku perspektivu. Na primer, pokret bacanja kugle ne uključuje reakciju na bilo koji podsticaj, iako je opisan kao zadatak agilnosti (Chelladurai, 1976). Ova sposobnost da se unapred planira veština, iako zahteva donošenje odluka, ne uključuje reakciju na podsticaj. Iz kognitivne perspektive, ovakva aktivnost se naziva "zatvorenom veštinom" (Schmidt et al., 2018). Umesto da se ovo klasifikuje kao zadatak agilnosti, mi možemo opisati mišićne i biomehaničke pokrete koji su uključeni. Time će se eliminisati grupisanje različitih zadataka u klasifikaciju agilnosti. Još jedan primer često opisan kao vežba trčanja za agilnost uključuje trkače koji trče obrasce oko nepokretnih objekata (Gambetta, 1996). U ovim vežbama nema reakcije na podsticaj, pa će trening i testiranje na ovaj način jednostavno razviti ili oceniti brzinu promene pravca, umesto izvođenja agilnosti. Iz kognitivne perspektive, ovo su zatvorene veštine i nesigurnost je ograničena.

Na kraju, kognitivne komponente uključene u zadatke koji su tradicionalno opisani kao agilnost (npr. atletski start za sprint, bacanje kugle, trčanje u cik-cak putanji) znatno se razlikuju od zadataka koji sadrže značajnu nesigurnost vremena ili prostora (npr. reagovanje na smeč u odbojci, izbegavanje protivnika u fudbalu). U velikoj meri, izvođenje mnogih veština koje su tradicionalno smatrane agilnošću ima automatski odgovor, i stoga malo ili nimalo nesigurnosti.

Otvorene veštine zahtevaju od sportista da reaguju na senzorne podsticaje oko sebe, a odgovor nije automatizovan ili unapred vežban (Schmidt et al., 2018). Da bismo pružili dodatno pojašnjenje, koristan je primer starta kod sprinta. Kada se sprinter postavi u blokove, on ili ona će pokrenuti kretanje u odgovoru na zvučni podsticaj startnog pištolja. Međutim, odgovor je onaj koji može biti vežban i stoga unapred planiran. Iako je ova veština nazvana zadatkom agilnosti, ona nije otvorena veština i stoga nije zadatak agilnosti.

U radovima u poslednjim decenijama pojavljuje se sveobuhvatnija klasifikacija agilnosti, kao i adresiranje višestrukih faktora uključenih u klasifikaciju agilnosti. Detaljnije, navode da postoje dve glavne komponente agilnosti – (1) brzina promene pravca kretanja i (2) perceptualni faktori sa faktorima donošenja odluka (Sheppard & Young, 2006). Unutar ove dve glavne komponente postoje sub-komponentne, prikazane na Slici 1.



Slika 1. Univerzalne komponente agilnosti (modifikovano prema Sheppard & Young, 2006; Young & Farrow, 2013)

Iz svih do sada navedenih razloga, opisana definicija agilnosti kao sposobnosti brzog kretanja celog tela sa promenom brzine ili pravca kretanja kao odgovor na stimulus (Slika 2), kao i klasifikacija njenih elemenata biće prihvaćena u ovom radu i predstavlja polazište za sve dalje analize. Kada je definisana agilnost, i kada su uočene njene dve osnovne komponente sposobnost brze promene pravca kretanja i kognitivni faktor, moguće je detaljnije ući u analizu i opis navedenih faktora, subkomponenti agilnosti.



Slika 2 Primeri sportova u kojima je u velikoj meri zastupljena agilnost

1.2.2 Faktor promene brzine i pravca kretanja

Iz prethodno opisane i za potrebe ovog rada prihvaćene definicije agilnosti kao hijerarhije njenih elemenata, promena pravca i brzine kretanja prva je i osnovna, ali nije i dovoljna, komponenta kretanja i motoričkog zadatka koji spada u domen agilnosti. Podkomponente ovog faktora koje treba bliže odrediti ali i istraživati sa ciljem većeg razumevanja ali i unapređenja trenažne prakse su (Sheppard & Young, 2006):

1. brzina pravolinijskog kretanja (pre svega trčanja),
2. karakteristike mišića,
3. tehnika izvođenja motoričkog zadatka,
4. antropometrijske karakteristike.

Tradicionalno, u praksi, postoji uvreženo mišljenje da su brzina pravolinijskog kretanja i brzina promene pravca blisko povezane, da bi poboljšanje kroz trening jedne sposobnosti na primer brzine pravolinijskog kretanja i nužno trebalo da dovede do poboljšanja druge, čak da brzina pravolinijskog kretanja određuje sposobnost brzine promene pravca. Iako, elementarna logika govori da nije moguće da ne postoje veze između brzine pravolinijskog kretanja i brzine promene pravca, trenažna praksa ipak govori da je potrebno detaljnije ispitati koliko su ove veze jake.

Od mišićnih karakteristika koje bi trebale prema opisanom modelu da imaju veze sa agilnošću izdvajaju se reaktivna snaga, jačina u koncentričnoj fazi kao i mišićni disbalans. Najčešće procenjivana varijabla kojom se uočava mišićni disbalans je Indeks simetrije ekstremiteta – često korišćena mera u testovima promene pravca kretanja za procenu ravnoteže u sposobnostima između dominantnog i nedominantnog ekstremiteta sportiste (Lin et al., 2022). Izračunava se kao procentualna razlika između dva ekstremiteta, pri čemu indeks simetrije od 100% označava savršenu simetriju. U testovima agilnosti tj. promene pravca kretanja, značajna asimetrija (obično ispod 90%) može ukazivati na mišićne disbalanse, neuromišićne deficite ili povećan rizik od povreda, posebno kod sportista koji se oporavljaju od povreda donjih ekstremiteta, poput rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta (Bishop et al., 2018). Istraživanja sugerišu da niži LSI može negativno uticati na agilnost i ukupne performanse u sportovima koji zahtevaju brze promene pravca kretanja (C. Bishop, Turner, et al., 2018; Gonzalo-Skok et al., 2023; Lin et al., 2022). Stoga je praćenje indeksa simetrije u testovima agilnosti ključno za optimizaciju sposobnosti, prevenciju povreda i vođenje rehabilitacionih programa kod sportista.

Što se tiče uloge antropometrijskih karakteristika na agilnost, sama masa ili veličina tela nije u literaturi u velikoj meri dovođena u vezu sa agilnošću, već bi trebalo da ima informaciju o obe dimenzije kako bi se na osnovu njih mogla proceniti strukturu, odnosno zastupljenost pojedinih tkiva (mišićno, koštano, masno) ili još bolje da budu direktno izmereni. U ovom smislu predpostavlja se da bi veća bezmasna komponenta trebala da bude praćena većom agilnošću jer je ona direktno odgovorna za proizvodnju sile koja obezbeđuje brzinu, a sa druge strane veći procenat masti bi trebala da bude negativno povezana sa agilnošću jer je za njeno pokretanje potrebna veća sila.

Na kraju, tehnika kretanja ima ulogu u ispoljavanju agilnosti (Marković et al., 2022). Tehnika trčanja, skakanja i slično trebala bi da omogući da se bazične sposobnosti ispolje u motoričkim zadacima, kako bazičnim tako i složenim, kakva je agilnost. Ipak, treba uočiti da tehnika koja omogućava maksimalno brzo pravolinijsko kretanje nije nužno optimalna kada je brzina promene pravca kretanja u pitanju. Ako se ovome doda kognitivni faktor koji čini sastavni deo agilnosti, brojni elementi tehnike pravolinijskog kretanja i kretanja bez reagovanja na stimulus, kao što je obaranje pogleda u sprintu radi postizanja većeg ubrzanja, postaju kontraproduktivni za detekciju signala. U sportskim igrama u kojima stimulus predstavljaju saigrači, protivnici i rekviziti, tehnički elementi kretanja u funkciji veće agilnosti ali i takmičarske efikasnosti još su specifičniji (Marković et al.,

2022). Ipak, kao generalne elemente tehnike navode se nagib i držanje tela, dinamično prilagođavanje dužine koraka i položaj stajne noge. Istraživanja svakog od ovih elemenata pojedinačno i ukupno, koja su još više specifična za sportsku igru i granu ali i za mesto u ekipi i taktičke zamisli predstavljaju veliku mogućnost u unapređenju trenažne prakse.

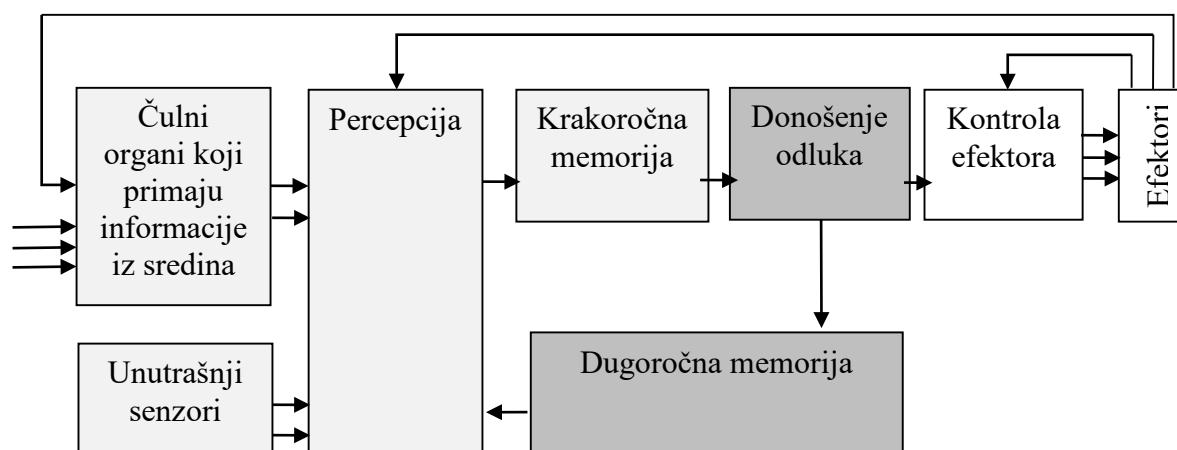
1.2.3 Kognitivni faktor agilnosti

Tek kada se na zadatak promene brzine i pravca kretanja doda stimulus, odnosno signal na koji treba da se reaguje u pokretu dobijamo zadatak koji može da se svrsta u domen agilnosti. Ovakva situacije mnogo vernije odslikava uslove u sportskim igrama i sportskom nadmetanju od situacije sa unapred zacrtanim kretanjem odnosno motoričkim odgovorom.

Izučavanje kognitivnog faktora spada pre svega u domen kognitivnih nauka, koje su zapravo predstavljaju interdisciplinarni pristup izučavanja sistema i procesa obrade informacija (Gerrig & Zimbardo, 2005). U kognitivne nauke spadaju delovi neurologije, kibernetike, veštačke inteligencije, antropologije, lingvistike, filozofije, kognitivne psihologije i slične discipline. Zbog toga će na ovom mestu kognitivni faktor biti samo skiciran dok će naglasak u nastavku ovog istraživanja biti stavljen na samo jedan njegov deo – brzinu (vreme) reakcije.

Za potrebe bližeg određenja kognitivnog faktora poslužiće informaciono-procesni pristup u određenju mehanizama regulacije kretanja (Milošević & Čolović, 2019). Ovaj pristup proučavanja kognitivnih procesa u kognitivnoj nauci mogao bi se najjednostavnije ilustrovati analogijom sa računarskim hardverom i softverom. Slično računaru, i čovek odnosno njegov nervni sistem prikuplja, obrađuje, i skladišti informacije i na njih reaguje. Upravljački deo ovog sistema mogao bi se podeliti na tri nivoa: ulaz bi činila percepcija, obradu kognicija sa ciljem donošenja odluke, dok bi ponašanje odnosno odgovor predstavljalo izlaz.

Jedan od prvih ovakvih modela (Slika 3) u kome se pored principa prikupljanja i obrade informacija, pravi veza i sa učenjem pa samim tim i usavršavanjem veština (Welford, 1968). Treba naglasiti da ovaj model nije u osnovi isključivo motoričkog učenja već šire, procesa učenja u opšte, što čini jedan od njegovih najvažnijih aspekata.



Slika 3. Velfordov model obrade informacija, adaptirano prema (Welford, 1968)

U opisanom modelu prvi korak predstavlja prikupljanje informacija, i to podjednako iz spoljašnje i unutrašnje sredine. Ove informacije mogu biti vizuelne, auditivne i slično, ali i proprioceptivne, što se često zaboravlja u analizi kognitivnog faktora motoričkih sposobnosti. Ovaj proces naziva se percepcija. Iako često prolazi ispod radara svesne pažnje, percepcija nije pasivan proces prikupljanja informacija već aktivan. Samo okretanjem tela ili glave u nekom pravcu vrši se selekcija informacija.

Na ovaj način samo deo dostupnih informacija će stići u senzornu memoriju. Pošto kapacitet senzorne memorije daleko nadmašuje kapacitet radne memorije, jer je količina informacija koja se u njoj nalazi prevelika da bi se mogla obraditi u potrebnom vremenskom intervalu, na scenu stupa proces rigorozne selekcije prema važnosti i samo mali deo informacija iz senzorne memorije otići će u kratkoročnu (radnu) memoriju. Pored ovih u radnu memoriju se takođe šalju i informacije iz dugoročne memorije, kao što su znanja, iskustva, sećanja, procedure i slično koje se koriste u obradi pristiglih informacija.

Proces obrade informacija prema potrebi sprovodi se u različitom nivou (dubini) obrade (Kostić, 2008). Ako je cilj samo prepoznavanje dovoljna je i brza površinska obrada, dok je za pronalaženje značenja potreban dublji nivo obrade. Dublja obrada je sa druge strane sporija od površinske. Pored nivoa obrade, i količina informacija koja se uzme u obzir u procesu donošenja odluke utiče na verovatnoću da odluka bude ispravna. Više informacija povećava verovatnoću ispravnog odgovora, ali i dodatno povećava vreme potrebno za obradu. U sportskim igrama je potrebno veoma brzo donošenje odluka, dok celokupan proces često ometa umor i drugi elementi kao što su emocije, publika i slično.

Krajnji cilj procesa obrade informacija je donošenje odluke, a zatim i izvršenje akcije odnosno odgovora na prikupljene informacije (Milošević & Čolović, 2019). Tokom izvršenja odgovora uspostavljaju se tri povratne petlje odnosno povratne informacije. Mišići šalju informaciju o pokretu u motornu koru na osnovu kojih se vrši direktna nesvesna regulacija kretanja. Ista informacija odlazi i u senzornu memoriju, i na osnovu važnosti može biti prosleđena u kratkoročnu memoriju da bi bila uzeta u obzir kod donošenja nove odluke ili izgubljena u procesu filtracije. Na kraju sama akcija kao informacija biva dostupna čulima i može ući u opisani proces iz početka ali i ne biti percipirana. Na primer, rukometaš nakon šuta može gledati da li je postigao gol ali i krenuti da se vraća u odbranu pa tek nakon reakcije saigrača, trenera ili publike saznati da li je pogodio ili ne.

Kada je u pitanju agilnost, kao kognitivni faktori ističu se pre svih percepcija i donošenje odluka. One se dalje dele na opžanje, anticipaciju, prepoznavanje kretnih obrazaca i prepoznavanje situacija.

Kao što je već napomenuto, kao indikator efikasnosti celokupno kognitivnog procesa biće izdvojeno vreme reakcije. Ovim se ne negira kompleksnost opisanog procesa, niti se previđa postojanje komponente učenja u opisanom procesu, već se fokus sužava radi postizanja efikasnosti istraživanja sa specifičnim teorijskim i primenjenim ciljevima.

U ovom radu brzina (vreme) reakcije odnosiće se na vremenski period od iznenadne pojave neočekivane draži/signala do početka pojave motoričkog odgovora. Može se podeliti na prosto vreme reakcije kada postoji samo jedan signal koji izaziva samo jedan odgovor i izborno vreme reakcije kada postoje dva ili više signala kao i dva ili više mogućih odgovora. Vreme reakcije je samo jedna od komponenata vremena odgovora. Sam motorni odgovor druga je komponenta vremena odgovora. Dakle odgovor na stimulus, koji traje od izlaganja stimulusa do završetka pokreta kojim se na njega reaguje sastoji se iz vremena reakcije (vremena koje protekne od izlaganja stimulusa do početka pokreta) i vremena motornog odgovora (vremena od početka do završetka pokreta). Samo proces reakcije sastoji se iz tri podprocesa: identifikacije stimulusa, selekcije odgovora i programiranja odgovora (Schmidt et al., 2018).

Nakon što su definisani i opisani osnovni pojmovi kao i odnosi među njima moguće je preći na izlaganje i analizu rezultata empijskih istraživanja u kojima se izučava priroda opisanih pojmova i fenomen ali i ispituje postojanje predpostavljenih hijerarhija, uticaja i povezanosti.

2 PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA

S obzirom na prihvaćene definicije i precizirano određenje upotrebe višeznačnih termina u ovom istraživanju, rezultati dosadašnje istraživačke prakse biće analizirani kroz osnovne komponente agilnosti, pre svega u sportu u opšte ali i sa akcentom na sportske igre. Takođe će poseban akcenat biti stavljen na motorička testiranja koja se tiču agilnosti i specifične testove, sa posebnim akcentom na 505 test i njegove dosadašnje modifikacije.

2.1 Dosadašnji pristupi testiranju vremena reakcije, startnog ubrzanja i promene pravca kretanja u sportu

Vreme reakcije

Brojne svakodnevne motoričke aktivnosti i sportske situacije karakteriše nepredvidivost okruženja, kao što su posturalni odgovori na neočekivane spoljašnje draži ili motoričke akcije u timskim ili boričkim sportovima, tenisu, atletici...Odgovor mišića na stimulus uglavnom zavisi od vremena potrebnog za obradu relevantnih informacija o stimulusu kako bi se izabrao odgovarajući odgovor (Schmidt et al., 2018). Aspekt vremenskog određivanja odgovora mišića na vizuelni ili auditivni signal procenjuje se merenjem vremena reakcije. Vreme reakcije se smatra varijablom očigledne-logičke validnosti za procenu veština u sportu i drugim aktivnostima ljudskog kretanja, budući da često predstavlja ključni zahtev za uspešno izvođenje pokreta (Englert & Bertrams, 2014; Mori et al., 2002; Mudric et al., 2015).

Sportisti mahom imaju bolje vreme reakcije od netreniranih osoba (Milic et al., 2020; Mudric et al., 2020). Takođe, vrhunski, elitni sportisti, takođe imaju bolje vreme reakcije od sub-elitnih, kako u boričkim sportovima (Milic et al., 2020; Mudric et al., 2015, 2020), tako i u sportskim igrama (Tomic et al., 2021).

Iz prethodno navedenog možemo zaključiti da je testiranje vremena reakcije u sportu izuzetno važno, a dosadašnji testovi zasnovani na svetlosnim signalima ili realnim uslovima uglavnom su se bavili i pokazani su kao pouzdani, validni i osetljivi (Milic et al., 2020; Mudric et al., 2015; Tomic et al., 2021).

Startno ubrzanje

Kao što je to već u uvodu naznačeno pod pojmom brzina (kretanja), se podrazumevati složeno višedimenziono svojstvo kretanja, koje se u fizici se definiše kao odnos pređenog puta i vremena. Pošto je kretanje pa i njegova brzina, kao što je takođe već rečeno, posledica, odnosno rezultanta interakcije unutrašnjih i spolajšnjih sila, za temu ovog rada kao najvažnija ističe se sila koju proizvode mišići, kao i njene dimenzije. U fiziološkom smislu, iako je mišićna sila složena neuromišićna pojava, za brzinu pokreta i brzinu generisanja sile ključne su dimenzije regrutovanja i brzine pražnjenja motornih jedinica koje u najvećoj meri zavise od neuralne aktivacije koja prethodi stvaranju sile (Del Vecchio et al., 2019).

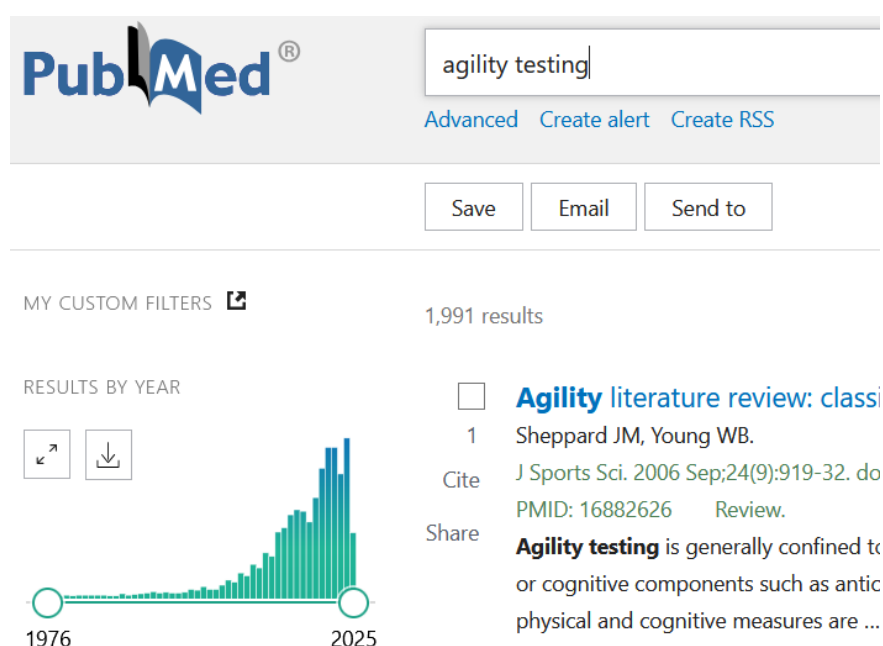
Startno ubrzanje, kao komponenta brzine je ključna za uspeh sportista u timskim sportovima poput fudbala, košarke i rukometa (Delaney et al., 2018; Popowczak et al., 2016). Eksplozivne kretnje često su presudne u kritičnim sportskim trenucima, bilo da je reč o sticanju pozicione prednosti, presecanju dodavanja ili nadigravanju protivnika. Precizna procena ove sposobnosti je od suštinskog značaja za identifikaciju individualnih sposobnosti, slabosti, kreiranje efikasnih trenažnih programa

i praćenje uticaja intervencija usmerenih na poboljšanje performansi (Little & Williams, 2005; Spencer et al., 2005). Međutim, u timskim sportovima sportisti retko ubrzavaju pravolinijski. Većina pokreta uključuje ubrzavanje, usporavanje, okrete i donošenje odluka (Nimphius et al., 2016).

Tradicionalno, startno ubrzanje se procenjuje korišćenjem pravolinijskih sprint testova, poput sprinta na 10 metara sa različitim tehnikama starta (Duthie et al., 2006).

Promena pravca

Već samo ukucavanje „Agility testing“ kao ključnih reči za pretragu u bazu podataka PubMed, jasno pokazuje trend strmoglavog porasta interesovanja naučnika iz oblasti sporta za ovu temu (Slika 4), gde je pronađeno gotovo 2000 naučno-istraživačkih rezultata.



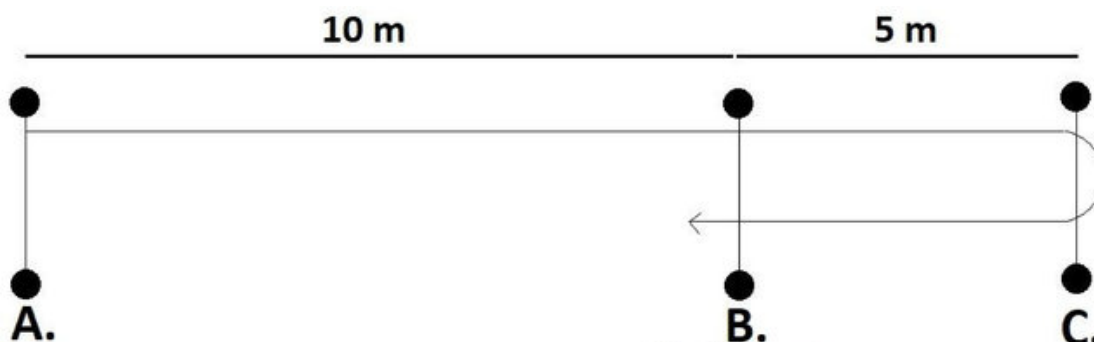
Slika 4. Rezultati pretrage PubMed baze podataka na ključne reči „Agility testing“ pristupljeno 14.05.2025. godine.

Važnost sposobnosti za promenu pravca kretanja tokom brzog trčanja (kao komponenta agilnosti) smatra se ključnom za uspešno takmičenje kako u timskim tako i u individualnim sportovima. Tradicionalno je smatrano da se razvojem snage i sile može poboljšati izvođenje promene pravca. Često korišćeni pristup za merenje ovih veza i otkrivanje faktora (fizioloških i mehaničkih) koji utiču na izvođenje promene pravca je analiza korelacija. Međutim, nisu pronađene jasne veze između snage ili sile i performansi u promeni pravca koje bi bile dosledne, a iako su postojale, bile su uglavnom slabe do umerene. Studije treninga u literaturi, koje su koristile tradicionalne programe treninga snage i sile sa vežbama koje se izvode bilateralno u vertikalnoj ravni (npr. čučnjevi, mrtvo dizanje, skokovi), često nisu rezultirale poboljšanjima u performansama u promeni pravca. Nasuprot tome, trening protokoli koji su pokazali poboljšanja u promeni pravca koristili su vežbe koje su bliže zahtevima same promene pravca, kao što su horizontalni skokovi (jednostrani i dvostrani), lateralni skokovi (jednostrani i dvostrani), skokovi s opterećenjem, sportski specifičan trening za promenu pravca i opšti trening za promenu pravca (Brughelli et al., 2008).

Promene pravca kao izolovana pojava, bez uplitanja kognitivnog faktora, se može opisati kao pokret u kojem nije potrebna trenutna reakcija na stimulus, što znači da je promena pravca unapred planirana. Neki autori su tvrdili da je sposobnost brze promene pravca preduslov za uspešno učešće u savremenim sportovima (T. J. Gabbett, 2006; Gil et al., 2007; Reilly et al., 2000). S obzirom na pokazanu važnost sposobnosti brze promene pravca kretanja u nivou sportskog izvođenja, bilo bi korisno da treneri pre svega oni specijalizovani za snagu i kondiciju identifikuju tehnike treninga koje bi najefikasnije uticale na razvoj i ispoljavanje ove sposobnosti. Sheppard i Young su opisali nekoliko faktora koji se smatraju važnim za određivanje sposobnosti brze promene pravca, a koji su prikazani u slici 1 i uključuju tehničke, brzinske i mišićne karakteristike nogu (Sheppard & Young, 2006). Iako se ovakav model čini intuitivno privlačnim, funkcija determinističkih modela je zapravo identifikacija faktora koji će predviđati performanse i, ako se treniraju, napraviće funkcionalnu razliku u varijabli ili komponenti od interesa.

Testiranje sposobnosti promene pravca i kretanja u timskim sportovima pruža uvid u spremnost sportiste za česte i brze promene pravca kretanja kako bi izbegao protivnike, zadržao posed lopte ili presekao dodavanje.

Sposobnost promene pravca i kretanja procenjuje zasebno testovima kao što su Illinois test (Hachana et al., 2013), T-test (Pauole et al., 2000) ili 505 test (Draper & Lancaster, 1985), koji su kao i testovi za procenu vremena reakcije pouzdani, validni i osetljivi (Draper & Lancaster, 1985; Hachana et al., 2013; Raya et al., 2013). Upravo je 505 test (Slika 5) najbolji primer testa koji upravo ispituje sposobnost sportiste da uspori, promeni pravac i ponovo ubrza, pružajući dragocene informacije o okretnosti, snazi i ravnoteži (Clemente et al., 2022; Negra et al., 2017; Nimphius et al., 2016; Spiteri et al., 2015).



Slika 5. Primer standardnog 505 testa za procenu agilnosti prema (Sinclair et al., 2021)

U nekim kasnijim studijama potvrđene su dobre karakteristike 505 testa: visok nivo pouzdanosti standardnog 505 testa (Koeficijent varijacije - CV = 1,9-2,4%); Razlike u CV okretom dominantne noge (CV = 14,8%, Intraklasni korelacioni koeficijent - ICC = 0,68) i nedominantne noge (CV = 22,4%, ICC = 0,57) (Clarke et al., 2020), zbog čega se koristi širom sveta na različitim nivoima sporta (Sayers, 2015).

2.2 Novi objedinjeni testovi za procenu vremena reakcije, startnog ubrzanja i promene pravca kretanja

Iako su testovi za procenu vremena reakcije na svetlosni signal, startno ubrzanje i sposobnost promene pravca široko korišćeni i validirani, testiranje se obično sprovodi odvojeno, što zahteva kompleksniji protokol za procenu ovih sposobnosti. To znači i dugo trajanje samog testiranja i zahtevna organizacija trenažnog procesa koji se remeti zbog testiranja. Takvo testiranje takođe može

biti zamorno za sportiste i potencijalno dovesti do povreda. Sve to odvrća trenere i sportiste od motoričkih testiranja, što stvara jedan „začarani krug“ gde opet manjak uvida u sposobnosti sportiste (zbog izbegavanja testiranja) remeti trenažni proces i dovodi do povreda.

Potencijalnim kombinovanjem testova za procenu vremena reakcije na svetlosni signal, startnog ubrzanja i sposobnost promene pravca kretanja poboljšava se i ekološka validnost tih testova. Na primer, sam sprint možda ne obuhvata složenost promene pravca kretanja u sportu, dok testovi aglinosti i promene pravca kretanja mogu zanemariti značaj brzine ili startnog ubrzanja. Osim toga, ovakvo objedinjeno testiranje prekida tzv. „začarani krug“ pomenuto u prethodnom pasusu i omogućava sportistima češća i manje zahtevna testiranja.

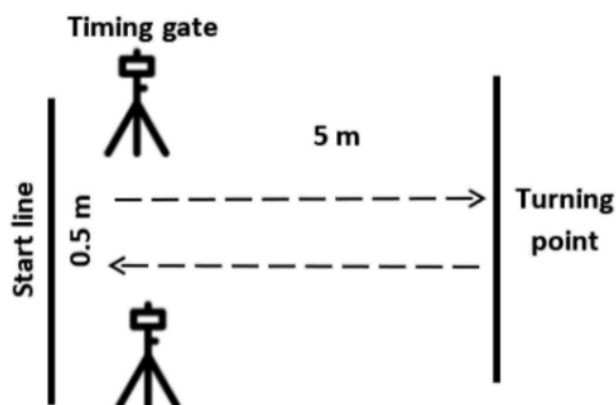
Novije studije predložile su kombinovanje procene vremena reakcije, startnog ubrzanja i sposobnosti promene pravca kretanja kako bi se testiranje pojednostavilo i smanjila šansa za zamorom i povredama. Varijable poput ukupnog vremena trajanja testa, ili indeksa simetrije pružaju sveobuhvatan pokazatelj sposobnosti ubrzanja i promene pravca kretanja, predstavljajući efikasnu alternativu tradicionalnim testovima opisanim u prethodnom poglavlju (Nimphius et al., 2016; Sammoud et al., 2021). Međutim, malo je istraživanja koja upoređuju rezultate kombinovanih protokola sa rezultatima zasebnih testova, što postavlja važna pitanja, poput toga da li kombinovanje testova dovodi do zamora ili može da zamaskira asimetrije između udova. Indeks simetrije udova (analiziran u prethodnim poglavljima), koji kvantifikuje razlike u performansama okreta između dominantne i nedominantne noge, takođe može varirati u zavisnosti od protokola testiranja (Clemente et al., 2022; Cuthbert et al., 2019; Lockie et al., 2017; Wen et al., 2018).

Integracija testa sprint na 10 metara u 505 test za procenu sposobnosti promene pravca kretanja može pojednostaviti protokole testiranja i uštedeti vreme sportistima i trenerima, dok u isto vreme smanjuje rizik od povređivanja. Ovo bi omogućilo merenje i dodatnih varijabli, kao što su ukupno vreme trajanja testa, trajanje kontakta sa podlogom prilikom okreta, indeks simetrije udova i deficit promene pravca kretanja. Npr, deficit promene pravca kretanja izoluje sposobnost promene pravca kretanja od linearnog startnog ubrzanja i brzine, pružajući precizniju evaluaciju sposobnosti sportiste (Nimphius et al., 2016). Na sve to, dodavanje elementa vremena reakcije, poput započinjanja pokreta kao odgovora na vizuelni ili sportski specifičan stimulans, dodatno proširuje varijable koje se dobijaju u jednom testu, bez produžavanja trajanja testiranja. Uključivanjem perceptivnih i kognitivnih komponenti, koje su ključne u situacijama sličnim igri, jednostavni test promene pravca kretanja postaje holistički test aglinosti (Lockie et al., 2014).

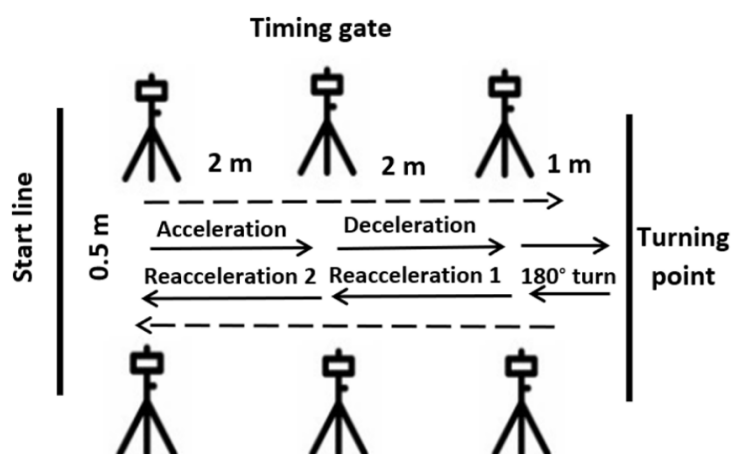
Ovaj pristup je u skladu sa definicijom agilnosti koju su predložili Šepard i Jang (eng. *Sheppard i Young*) (Sheppard & Young, 2006), naglašavajući kako fizičke, tako i kognitivne komponente, i rešava ograničenja tradicionalnih testova za promenu pravca kretanja koji procenjuju samo unapred planirane pokrete. Posebno u sportovima poput košarke, rukometa i fudbala, sportisti moraju brzo percipirati i interpretirati vizuelne signale (npr. kretanje protivnika ili putanju lopte) i adekvatno reagovati. Stoga, trenažni protokoli, kao i protokoli testiranja koji uključuju zadatke vremena reakcije mogu poboljšati ekološku validnost testova, čineći ih relevantnijim za procenu sposobnosti u realnim uslovima (Badau et al., 2023). Iako obećavajući, ovi modifikovani testovi zahtevaju temeljnu validaciju kako bi se potvrdila njihova pouzdanost i praktična primenljivost (Živković et al., 2021).

Dosadašnje modifikacije 505 testa su se bavile samim protokolima i mogućnostima za procenu, bez konkretne validacije ovih testova i varijabli koje se dobijaju tokom testiranja. Brojne modifikacije tokom poslednjih 10-ak godina obezbedile su veću efikasnost testiranja, ali kao što je već naznačeno bez provere metrijskih karakteristika standardnih varijabli dobijenih iz takvih testova (Dos' Santos et al., 2020; Ryan et al., 2022b, 2023; Taylor et al., 2019). Modifikacije su uglavnom uključivale 505 test bez prvih 10m startnog ubrzanja (Slika 6; (Ryan et al., 2022b)) ili su postavljane dodatne

fotoćelije za merenje prolaza u različitim fazama testa (Slika 7; (Ryan et al., 2022a)), odnosno validirane su nestandardne varijable (Taylor et al., 2019).



Slika 6. Modifikacija 505 testa bez prvih 10m trčanja; prema (Ryan et al., 2022b)



Slika 7. Modifikacija 505 testa sa dodatnim prolaznim kapijama; prema (Ryan et al., 2022a)

Na ovom mestu takođe treba pomenuti i evidentiranu pouzdanost i validnost testova za procenu startnog ubrzanja na 5m i 10m (Gabbett et al., 2008), koji bi se mogli posmatrati kao pojedinačni zadaci ili etape tokom 505 testa. Takođe, pored visoke validnosti i pouzdanosti pokazana je i povezanost rezultata testa brzine reakcije na svetlosni signal sa testovima agilnosti (Horníková et al., 2021; Zemková, 2016; Zemková et al., 2013).

Ipak, postavlja se pitanje da li 505 test može biti zaista test agilnosti ako u sebi ne sadrži stimulus i samim tim kognitivni faktor reagovanja. Rešenje ovog problema moguće je potražiti u njegovoj modifikaciji kroz objedinjavanje sa prikazanim testovima brzina reakcije na svetlosni signal, kao i brzina trčanja na 5 i 10 metara, što je prvi put dato kao mogućnost u teorijskom radu Živkovića i saradnika pre nekoliko godina (Živković et al., 2021). Međutim, ovakvi testovi još uvek nisu zaživeli u praksi, a samim tim nisu ispitane i njegove metrijske karakteristike.

2.3 Nedostaci dosadašnjih istraživanja

Na osnovu dosadašnjih analiziranih rezultata istraživanja na temu pojedinačnog i objedinjenog testiranja vremena reakcije svetlosnog signala, startnog ubrzanja i mogućnosti promene smera kretanja, evidentno je da ostaje značajan prostor kako za novo istraživanje, tako i za unapređenje trenажne i istraživačke prakse. Iako su testovi koji procenjuju vreme reakcije na svetlosni signal, sprint 5m i 10m, kao i standardni 505 test agilnosti, dosledno pokazivali dobru pouzdanost i validnost, oni su uglavnom primenjivani i proučavani zasebno. Poslednjih godina učinjeno je nekoliko pokušaja da se ovi testovi modifikuju i objedine sa namerom da se smanje njihovo trajanje i poveća njihova relevantnost za specifične zahteve pojedinih sportova.

Ovi pokušaji su obično fokusirani na prilagođavanje protokola testiranja kako bi bolje odražavali obrasce kretanja i zahteve za procenu sposobnosti sportista u različitim disciplinama. Međutim, glavno ograničenje trenutnih istraživanja je odsustvo sveobuhvatne evaluacije modifikovanih verzija testa 505 koje bi integrisale vreme reakcije na vizuelni stimulus, početno ubrzanje iz mesta i brze promene pravca kretanja u okviru jedne procedure testiranja. Takav integrisani test, mogao bi da pruži holističku procenu reaktivne agilnosti sportiste i efikasnosti kretanja specifičnog za određeni sport.

Stoga bi buduća istraživanja trebalo da daju prioritet razvoju i validaciji protokola testiranja koji kombinuju ove komponente, sa posebnom pažnjom koja se posvećuje ispitivanju metričkih karakteristika – kao što su pouzdanost, validnost, osetljivost i specifičnost – varijabli izvedenih iz ovih objedinjenih procena. Rešavanjem ove prepreke bilo bi moguće poboljšati ne samo dijagnostičke mogućnosti ovakvih testova već i njihovu praktičnu primenu kako u proceni sportskih performansi, tako i u ciljanim treninzima.

3 PROBLEM, PREDMET, CILJ I ZADACI ISTRAŽIVANJA

Na osnovu svega iznesenog u uvodnim razmatranjima, a pre svega na osnovu učenih nedostataka dosadašnje istraživačke i trenažne prakse kao i učenog potencijala za unapređenje istih kroz istraživanje, moguće je predložiti problem, predmet i cilj doktorske disertacije.

3.1 Problem istraživanja

Složenost kompleksnih testiranja i vremena potrebnog za realizaciju istih u okviru sportskih timova pre svega dovodi do potrebe za unapređenje ove prakse kroz konstrukciju novih ili unapređenje postojećih testova kojim će se procenjivati više sposobnosti u okviru istog testa uz manji utrošak vremena. Zbog ovoga problem ovog istraživanja u najvećoj meri se odnosi na evaluaciju efikasnosti modifikovanog 505 testa i može se sumirati kroz istraživačko pitanje:

Da li su metrijske karakteristike modifikovanog 505 testa na zadovoljavajućem nivou u odnosu na sredstva potreban za njegovu realizaciju da bi opravdala njegovu dalju upotrebu u trenažnoj ali i istraživačkoj praksi?

3.2 Predmet istraživanja

Predmet ovog istraživanja je modifikovani 505 test za procenu vremena reakcije na svetlosni signal, startnog ubrzanja i sposobnosti promene pravca kretanja, odnosno njegove metrijske karakteristike, sredstva potrebna za njegovu realizaciju kao i opravdanost njegove dalje upotrebe u širokoj istraživačkoj i trenažnoj praksi ali sa posebnim akcentom na sportske igre.

3.3 Ciljevi istraživanja

Glavni cilj ovog istraživanja je procena metrijskih karakteristika novog modifikovanog 505 testa za procenu vremena reakcije na svetlosni signal, startnog ubrzanja i brzine promene pravca.

Kako bi se ispunio glavni cilj, potrebno je pre svega ispitati pouzdanost, validnost, i osetljivost modifikovanog 505 testa za procenu vremena reakcije, startnog ubrzanja i promene pravca kretanja, što će u završnim razmatranjima omogućiti samu evaluaciju efikasnosti. Iz ovog razloga, moguće je podeliti osnovni cilj na nekoliko pojedinačnih ciljeva koji su realizovani u 2 eksperimenta.

Eksperiment 1 – Za cilj ima da se ispita pouzdanost i validnost modifikovanog 505 testa za procenu vremena reakcije na svetlosni signal, startnog ubrzanja i sposobnosti promene pravca kretanja, i to:

1. Da se ispita pouzdanost varijabli za procenu vremena reakcije na svetlosni signal;
2. Da se ispita pouzdanost varijabli za procenu startnog ubrzanja;
3. Da se ispita pouzdanost varijabli za procenu sposobnosti promene pravca kretanja;

4. Da se ispita pouzdanost varijabli za procenu startnog ubrzanja i sposobnosti promene pravca kretanja kada se u modifikaciji 505 testa ne primenjuje reakcija na svetlosni signal.
5. Da se ispita validnost varijabli za procenu vremena reakcije na svetlosni signal tokom izvođenja modifikovanog 505 testa u poređenju sa istim varijablama procenjenim tokom standardnog testa trčanja na 10m;
6. Da se ispita validnost varijabli za procenu startnog ubrzanje tokom izvođenja modifikovanog 505 testa u poređenju sa istim varijablama procenjenim tokom standardnog testa trčanja na 10m;
7. Da se ispita validnost varijabli za procenu sposobnosti promene pravca kretanja tokom izvođenja modifikovanog 505 testa u poređenju sa istim varijablama procenjenim tokom standardnog 505 testa i modifikovanog 505 testa bez reakcije na svetlosni signal.

Eksperiment 2 – Za cilj ima da se ispita osetljivost modifikovanog 505 testa za procenu vremena reakcije na svetlosni signal, startnog ubrzanja i brzine promene pravca, konkretno:

1. Da se ispita osetljivost varijabli za procenu vremena reakcije na svetlosni signal;
2. Da se ispita osetljivost varijabli za procenu startnog ubrzanja;
3. Da se ispita osetljivost varijabli za procenu sposobnosti promene pravca kretanja;
4. Da se ispita osetljivost varijabli za procenu startnog ubrzanja i promene pravca kretanja kada se u modifikaciji 505 testa ne primenjuje reakcija na svetlosni signal.

3.4 Zadaci istraživanja

Zadaci koji su realizovani kako bi se ostvarili postavljeni ciljevi ovog istraživanja su sledeći:

1. Formiranje grupa ispitanika na osnovu kriterijuma nivoa treniranosti
2. Provera morfološkog statusa ispitanika.
3. Sprovođenje testova za procenu vremena reakcije, startnog ubrzanja i brzine promene pravca
4. Obrada podataka
5. Statistička analiza dobijenih podataka.
6. Prikaza i interpretacija nalaza.

4 HIPOTEZE ISTRAŽIVANJA

Na osnovu rezultata dosadašnjih istraživanja ove teme kao i učenog problema, odabranog predmeta, postavljenih ciljeva i zadataka istraživanja postavljeno je nekoliko glavnih i pomoćnih hipoteza istraživanja.

4.1 Generalna hipoteza

H: Modifikovani 505 test za procenu vremena reakcije na svetlosni signal, startnog ubrzanja i sposobnosti promene pravca kretanja je pouzdan, validan i osetljiv za korišćenje u istraživačkoj i trenajnoj praksi.

Postavljena generalna hipoteza može se dalje podeliti na pomoćne hipoteze.

4.2 Pomoćne hipoteze

U vezi sa *Eksperimentom 1* – Ispitati pouzdanost novog 505 testa, mogu se postaviti sledeće pomoćne hipoteze:

Pomoćna hipoteza 1 (H1) – Modifikovani 505 test je pouzdan između 3 ponovljena merenja.

- 1.1. Varijable za procenu vremena reakcije na svetlosni signal su pouzdane između 3 ponovljena merenja;
- 1.2. Varijable za procenu startnog ubrzanja su pouzdane između 3 ponovljena merenja;
- 1.3. Varijable za procenu sposobnosti promene pravca kretanja su pouzdane između 3 ponovljena merenja;
- 1.4. Varijable za procenu startnog ubrzanja i sposobnosti promene pravca kretanja su pouzdane između 3 ponovljena merenja kada se u modifikaciji 505 testa ne primenjuje reakcija na svetlosni signal.

Takođe u vezi sa *Eksperimentom 1* – Ispitati validnost novog 505 testa, mogu se postaviti sledeće pomoćne hipoteze:

Pomoćna hipoteza 2 (H2) – Modifikovani 505 test je validan.

- 2.1. Varijable za procenu startnog ubrzanja modifikovanog 505 testa su validne u poređenju sa istim varijablama procenjenim tokom standardnog testa trčanja na 10 metara;
- 2.2. Varijable za procenu sposobnosti promene pravca kretanja modifikovanog 505 testa su validne u poređenju sa istim varijablama procenjenim tokom standardnog 505 testa i modifikovanog 505 testa bez reakcije na svetlosni signal.

U vezi sa *Eksperimentom 2* – Ispitati osetljivost modifikovanog 505 testa, mogu se postaviti sledeće pomoćne hipoteze:

Pomoćna hipoteza 3 (H3) – Modifikovani 505 test je osjetljiv da pokaže razlike između ispitanika različitog nivoa treniranosti.

3.1. Varijable za procenu vremena reakcije na svetlosni signal u modifikovanom 505 testu su osjetljive da pokažu razlike između ispitanika različitog nivoa treniranosti;

3.2. Varijable za procenu startnog ubrzanja u modifikovanom 505 testu su osjetljive da pokažu razlike između ispitanika različitog nivoa treniranosti;

3.3. Varijable za procenu sposobnosti promene pravca kretanja u modifikovanom 505 testu su osjetljive da pokažu razlike između ispitanika različitog nivoa treniranosti;

3.4. Varijable za procenu startnog ubrzanja i sposobnosti promene pravca kretanja su osjetljive da pokažu razlike između ispitanika različitog nivoa treniranosti kada se u modifikaciji 505 testa ne primenjuje reakcija na svetlosni signal.

5 METODE ISTRAŽIVANJA

Kako bi se našao odgovor na istraživačko pitanje, realizaciju postavljenih ciljeva i zadataka istraživanja, kao osnovna metoda primenjena je eksperimentalna metoda istraživanja kroz transverzalni dizajn. Osnovni metod je takođe empirijski metod, a kao pomoćni je statistički metod.

5.1 Eksperiment 1

5.1.1 *Uzorak ispitanika*

Uzorak ispitanika za ovo testiranje činilo je 27 fizički aktivnih ispitanika uzrasta od 16-24 godine (prosek: 18.77 ± 1.73 godine; telesna visina: 182.8 ± 7.7 cm; telesna masa: 79.5 ± 10.3 kg). Odabrani ispitanici imali su identičan broj nedeljnih sportskih aktivnosti (treninga/vežbanja). Pre početka testiranja svi ispitanici su dobili potrebne informacije o samom istraživanju i očekivanim rezultatim i pismenom izjavom dali saglasnost za učestvovanje u istraživanju. Za maloletnike, saglasnost za istraživanje je obezbeđen od strane roditelja ili staratelja. Studija je sprovedena u skladu sa Helsinškom deklaracijom, a odobrenje od strane Etičkog Komiteta Fakulteta sporta i fizičkog vaspitanja, Univerziteta u Beogradu (02-3182/24-2, 13 novembar 2024. godine) se nalazi u prilogu ove disertacije.

5.1.2 *Protokol eksperimenta*

Testiranje je sprovedeno tokom četiri dana, sa pauzom od 48 sati između svake sesije kako bi se smanjio potencijalni umor i omogućio oporavak.

- Dan 1: Ispitanicima su obavljena merenja morfoloških karakteristika (telesna masa, visina i indeks telesne mase), nakon čega su izvodili test sprinta na 10 metara (tri ponavljanja) i test sprinta na 10 metara sa vizuelnim signalom za start (takođe tri ponavljanja).
- Dan 2: Ispitanici su izvodili standardni 505 test. Kod 505 testa, učesnici su se okretali po 3 puta oko dominantne i nedominantne noge. Bolja motorna kontrola, koordinacija i veća proizvodnja sile dominantne noge usklađene su sa zahtevima mehanike šutiranja. Stoga je dominantna noga bila definisana kao ona kojom se šutira lopta (Van Melick et al., 2017). Ispitanici su zatim nasumično podeljeni u dve grupe: jedna grupa je prvo izvodila test sa okretanjem oko dominantne noge, dok je druga izvodila test okretanjem oko nedominantne noge.
- Dan 3: Ispitanici su izvodili modifikovani 505 test bez vizuelnog signala za početak kretanja, koji je uključivao i sprint na 10 metara kao dodatnu meru sposobnosti. Ispitanici su bili nasumično podeljeni u dve grupe: jedna grupa je prvo izvodila test sa okretanjem oko dominantne noge, dok je druga izvodila test okretanjem oko nedominantne noge.
- Dan 4: Učesnici su izvodili modifikovani 505 test sa vizuelnim signalom za početak kretanja, čime je proceni dodat i kognitivni aspekt. Ispitanici su bili nasumično podeljeni u dve grupe: jedna grupa je prvo izvodila test sa okretanjem oko dominantne noge, dok je druga izvodila test okretanjem oko nedominantne noge.

Tokom svih sesija, sastav grupa i redosled testiranja ostao je isti. Testiranje je sprovedeno u jutarnjim satima, a sva merenja obavljala su ista dva iskusna merioca. Pre početka svake sesije, ispitanici su prolazili standardnu proceduru zagrevanja gde su nakon trčanja izvodili i vežbe za učenje tehnike trčanja u trajanju od 5 minuta (tzv. „abeceda trčanja“), a nakon toga i vežbe oblikovanja sa vežbama dinamičkog rastezanja takođe u trajanju od 5 minuta. Pre bilo kog testa detaljno su objašnjena njegova procedura i prikazana je demonstracija.

5.1.3 Eksperimentalne procedure

Procena morfoloških karakteristika ispitanika izvodilo se u jutarnjim satima. Svaki ispitanik je bio obučen samo u šorc bez ostalih odevnih elemenata. Procena morfološkog statusa ispitanika izvršena je na osnovu podataka koji su prikupljeni merenjem visine tela (*TV*) i mase tela (*TM*).

Visina tela (TV)

Merenje visine tela vršilo se antropometrom po Martinu sa tačnošću merenja 0,1cm. Tokom merenja visine tela ispitanik stoji uspravno na čvrstoj, horizontalnoj podlozi – pete sastavljene, a prednji deo stopala rastavljen (za širinu stopala). Pete, sedalna regija i grudni deo kičmenog stuba dodiruju antropometar, a glava zauzima uspravan položaj, odnosno položaj u tzv., frankfurtskoj ravni i ne dodiruje antropometar (Ćuk, 2014).

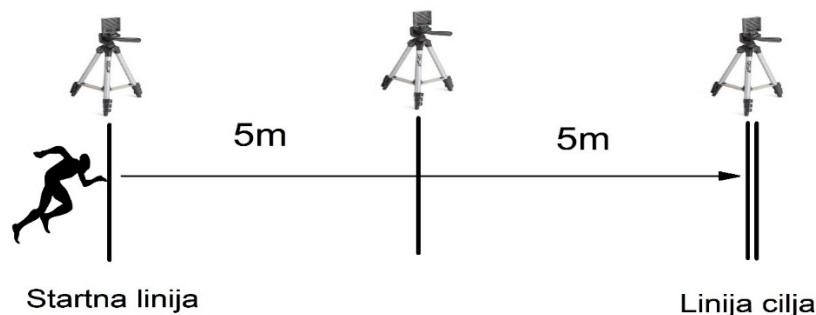
Masa tela (MT)

Merenje MT vršilo se na vagi prema specifikacijama proizvođača.

Procena startnog ubrzanja ispitana je standardnim testom trčanja na 10m, sa prolazom na 5m.

Test trčanja na 10m bez reakcije na svetlosni signal

Tri fotocelije (Running&Jumping All4Gym, Beograd, Srbija) postavljene su na startu i na udaljenosti od 5 i od 10 metara od startne linije (Slika 8). Ispitanicima je data instrukcija da trče maksimalnom brzinom na deonici od 10 metara bez usporavanja. Start je bio iz visokog starta, a merenje vremena je počinjalo u trenutku prekida infracrvenog zraka fotocelije na startnoj liniji. Ispitanik je sam birao trenutak kada će da startuje. Odvojeno su se beležili rezultati za sprint na 5 i 10 metara. Svaki učesnik izvodi dva pokušaja sa pauzom od jednog minuta između pokušaja, dovoljno da se resintetiše 90% fosfagenskih energetskih izvora (Iaia et al., 2017; McArdle et al., 2010). Oba pokušaja korišćena su za ispitivanje pouzdanosti, dok je bolji pokušaj bio korišćen za ispitivanje validnosti.

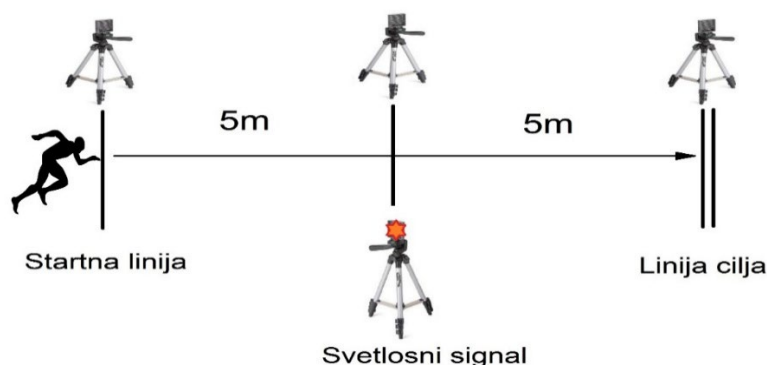


Slika 8. Grafički prikaz postavke opreme i izvođenja testa trčanja na 10m bez reakcije na svetlosni signal.

Procena vremena reakcije na svetlosni signal i startnog ubrzanja ispitana je standardnim testom trčanja na 10m, sa prolazom na 5m (gde će start biti označen svetlosnim signalom).

Test trčanja na 10m sa reakcijom na svetlosni signal

Tri fotocelije (Running&Jumping All4Gym, Beograd, Srbija) postavljene su na startu i na udaljenosti od 5 i od 10 metara od startne linije (Slika 9). Četvrta foto ćelija postavljena je takođe na 5 metara od startne linije i na njoj se nasumično pojavljuje svetlosni signal koji označava start trčanja. Ispitanicima je data instrukcija da trče maksimalnom brzinom na deonici od 10 metara bez usporavanja. Start je bio iz visokog starta, a merenje vremena je počinjalo u trenutku prekida infracrvenog zraka fotocelije na startnoj liniji. Ispitanik je sam birao trenutak kada će da startuje. Odvojeno su se beležili rezultati za sprint na 5 i 10 metara. Svaki učesnik izvodi dva pokušaja sa pauzom od jednog minuta između pokušaja, dovoljno da se resintetiše 90% fosfagenskih energetskih izvora (Iaia et al., 2017; McArdle et al., 2010). Oba pokušaja korišćena su za ispitivanje pouzdanosti, dok je bolji pokušaj bio korišćen za ispitivanje validnosti.

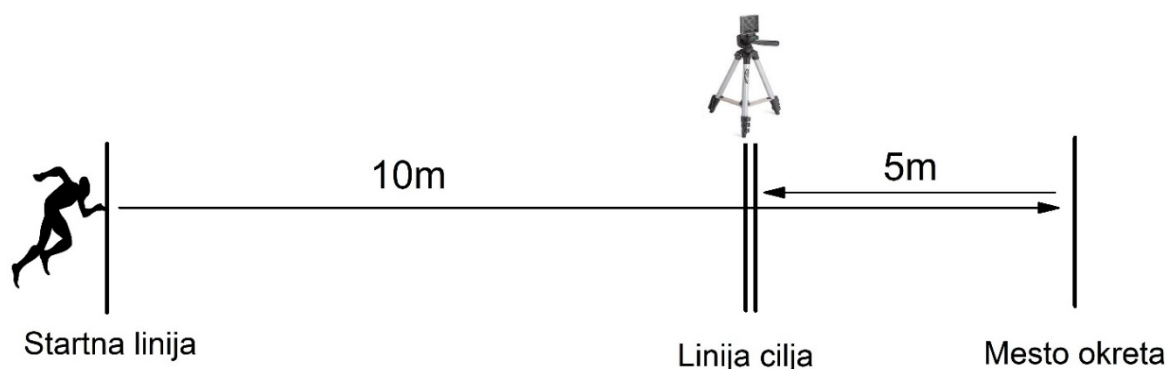


Slika 9. Grafički prikaz postavke opreme i izvođenja testa trčanja na 10m sa reakcijom na svetlosni signal.

Procena sposobnosti promene pravca kretanja ispitana je standardnim 505 testom.

Standardni 505 test

Jedna fotocelija (Running&Jumping All4Gym, Beograd, Srbija) postavljena je na 10 metara od startne linije i 5 metara pre tačke okreta (Draper & Lancaster, 1985) (Slika 10). Ispitanicima je data instrukcija da trče 15 metara maksimalnom brzinom, zatim da se okrenu za 180 stepeni (nakon što pređu liniju okreta) i ponovo ubrzaju 5 metara nazad do linije ciljne (Slika 10). Merenje vremena se započinje kada se fotocelija na liniji od 10 metara aktivira i beleži se vreme za segment od 2×5 metara. Kada ispitanik pređe liniju cilja, vreme se zaustavlja. Svaki ispitanik je izveo četiri pokušaja (dva za svaku nogu) sa pauzom od jednog minuta između pokušaja, dovoljno da se resintetiše 90% fosfagenskih energetskih izvora (Iaia et al., 2017; McArdle et al., 2010). Svi pokušaji korišćeni su za ispitivanje pouzdanosti, dok je najbolji pokušaj korišćen za ispitivanje validnosti.

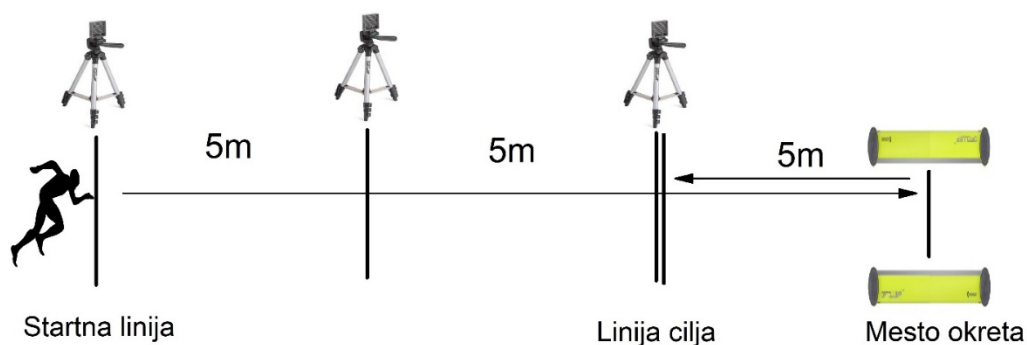


Slika 10. Grafički prikaz postavke opreme i izvođenja standardnog 505 testa.

Objedinjena procena startnog ubrzanja i sposobnosti promene pravca kretanja ispitana je modifikovanim 505 testom bez reakcije na svetlosni signal.

Modifikovani 505 test bez reakcije na svetlosni signal

Tri fotocelije (Running&Jumping All4Gym, Beograd, Srbija) postavljene su na startnoj liniji i na udaljenosti od 5 i od 10 metara od startne linije, dok je kontaktna podloga stajala na mestu okreta (Slika 11). Ispitanicima je data instrukcija da trče 15 metara maksimalnom brzinom, zatim da se okrenu za 180 stepeni (nakon što pređu liniju okreta) i ponovo ubrzaju 5 metara nazad do linije ciljne (Slika 11). Merenje vremena započinje kada se prekine infracrveni zrak na startnoj liniji. Odvojeno se beleži vreme za sprint na 5 i 10 metara, segment od 2×5 metara i trajanje kontakta sa podlogom tokom okreta. Svaki ispitanik je izvodio šest pokušaja (tri za svaku nogu) sa pauzom od jednog minuta između pokušaja, dovoljno da se resintetiše 90% fosfagenskih energetske izvora (Iaia et al., 2017; McArdle et al., 2010). Svi pokušaji korišćeni su za ispitivanje pouzdanosti, dok je najbolji pokušaj korišćen za ispitivanje validnosti.



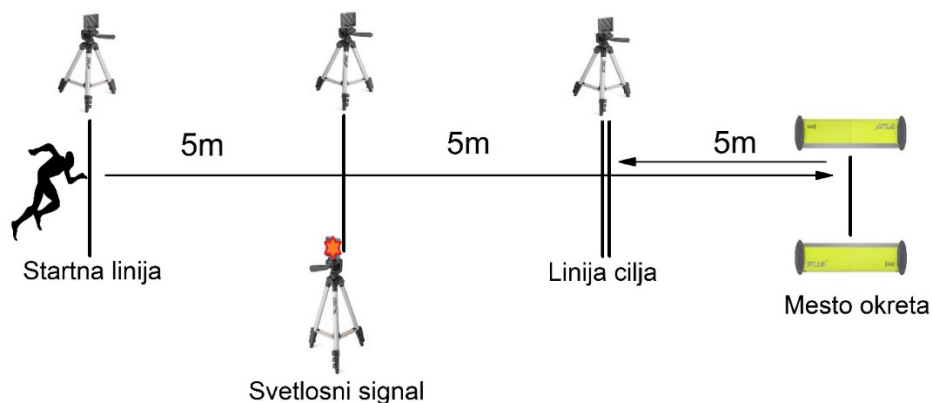
Slika 11. Grafički prikaz postavke opreme i izvođenja modifikovanog 505 testa bez reakcije na svetlosni signal.

Objedinjena procena vremena reakcije na svetlosni signal, startnog ubrzanja i sposobnosti promene pravca kretanja ispitani su modifikovanim 505 testom.

Modifikovani 505 test sa reakcijom na svetlosni signal

Postavka testa identična je modifikovanom 505 testu (Slika 11), međutim, za početak trčanja koristio se vizuelni signal. Svetlo je postavljeno 5 metara ispred učesnika, u visini očiju i služilo je kao stimulus (Slika 12), a merenje vremena je počinjalo kada se pojavi svetlosni signal. Ispitanicima je data instrukcija da trče 15 metara maksimalnom brzinom, zatim da se okrenu za 180 stepeni (nakon

što pređu liniju okreta) i ponovo ubrzaju 5 metara nazad do ciljne linije (Slika 12). Odvojeno se beleži vreme za sprint na 5 i 10 metara, segment od 2×5 metara i trajanje kontakta sa podlogom tokom okreta. Svaki ispitanik je izvodio šest pokušaja (tri za svaku nogu) sa pauzom od jednog minuta između pokušaja, dovoljno da se resintetiše 90% fosfagenjskih energetskih izvora (Iaia et al., 2017; McArdle et al., 2010). Svi pokušaji korišćeni su za ispitivanje pouzdanosti, dok je najbolji pokušaj korišćen za ispitivanje validnosti.



Slika 12. Grafički prikaz postavke opreme i izvođenja modifikovanog 505 testa sa reakcijom na svetlosni signal.

5.1.4 Varijable

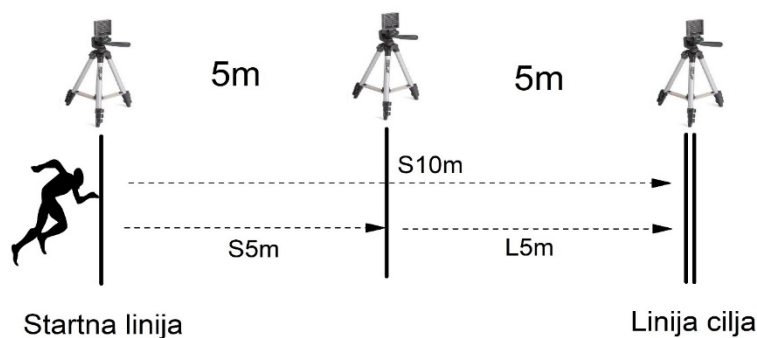
Morfološke karakteristike ispitanika procenjene su na osnovu sledećih varijabli:

- *TV* – Telesna visina (cm);
- *TM* – Telesna masa (kg);
- *ITM* – Indeks telesne mase (kg/m^2).

Test trčanja na 10m bez reakcije na svetlosni signal

Startno ubrzanje u testu trčanja na 10m bez reakcije na svetlosni signal procenjeno je na osnovu sledećih varijabli (Slika 13):

- *Sprint na 5 m* (S5m) – vreme od trenutka presecanja svetlosnog zraka prve fotoćelije na startnoj liniji do presecanja svetlosnog zraka druge fotoćelije;
- „*Leteći*“ *sprint od 5m do 10 m* (L5m) – vreme od momenta presecanja svetlosnog zraka druge fotoćelije do presecanja zraka treće fotoćelije;
- *Sprint na 10 m* (S10m) – vreme od trenutka presecanja svetlosnog zraka prve fotoćelije na startnoj liniji do presecanja zraka treće fotoćelije (S5m + L5m);



Slika 13. Grafički prikaz varijabli (isprekidane linije), postavke opreme i izvođenja testa trčanja na 10m bez reakcije na svetlosni signal.

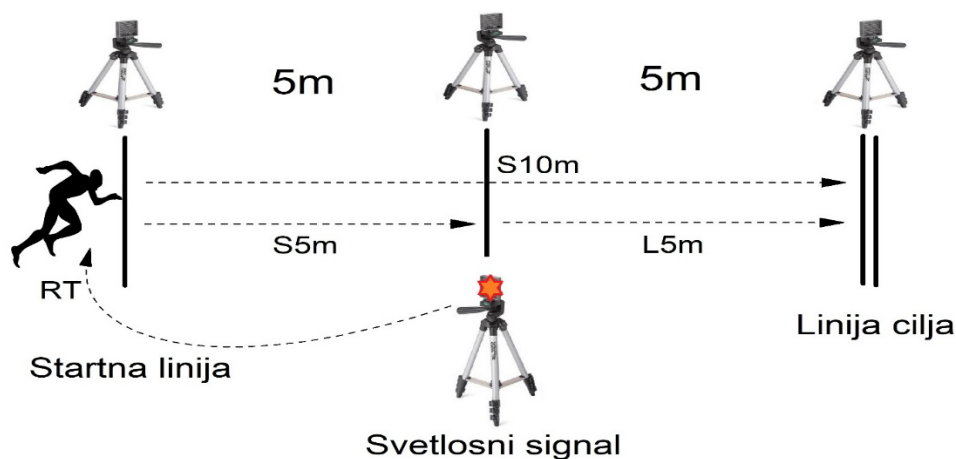
Test trčanja na 10m sa reakcijom na svetlosni signal

Vreme reakcije na svetlosni signal u testu trčanja na 10m procenjeno je na osnovu sledeće varijable (Slika 14):

- *Vreme reakcije (RT)* – vremena proteklo od trenutka pojave svetlosnog signala trenutka presecanja svetlosnog zraka prve fotočelije.

Startno ubrzanje u testu trčanja na 10m sa reakcijom na svetlosni signal procenjeno je na osnovu sledećih varijabli (Slika 14):

- *Sprint na 5 m (S5m)* – vreme od trenutka presecanja svetlosnog zraka prve fotočelije na startnoj liniji do presecanja svetlosnog zraka druge fotočelije;
- *„Leteći“ sprint od 5m do 10 m (L5m)* – vreme od momenta presecanja svetlosnog zraka druge fotočelije do presecanja zraka treće fotočelije;
- *Sprint na 10 m (S10m)* – vreme od trenutka presecanja svetlosnog zraka prve fotočelije na startnoj liniji do presecanja zraka treće fotočelije ($S5m + L5m$);

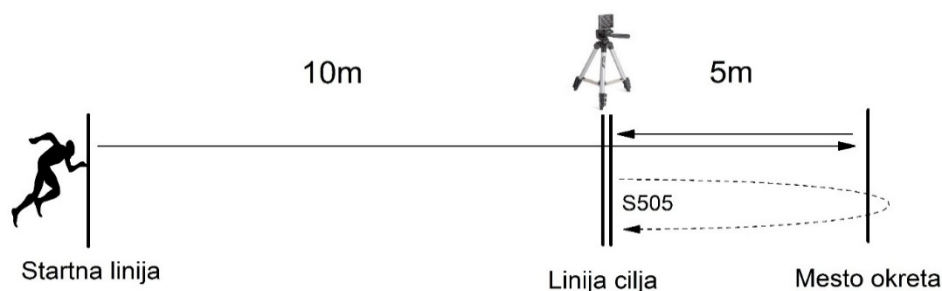


Slika 14. Grafički prikaz varijabli (isprekidane linije), postavke opreme i izvođenja testa trčanja na 10m sa reakcijom na svetlosni signal.

Standardni 505 test

Sposobnost promene pravca kretanja u standardnom 505 testu procenjeno je sledećim varijablama (Slika 15):

- *Vreme na 505 testu (S505)* – Vreme od trenutka presecanja svetlosnog zraka prve fotoćelije (na desetom metru) do presecanja iste fotoćelije nakon okreta (koje uključuje 5 metara zaustavljanja, okret i ubrzanje od 5 metara);
- *Indeks simetrije (IS)* – Odnos vremena na 505 testu (S505) dominantne noge u odnosu na isto vreme nedominantne noge.



Slika 15. Grafički prikaz postavke opreme, varijable (isprekidana linija) i izvođenja standardnog 505 testa.

Modifikovani 505 test bez reakcije na svetlosni signal

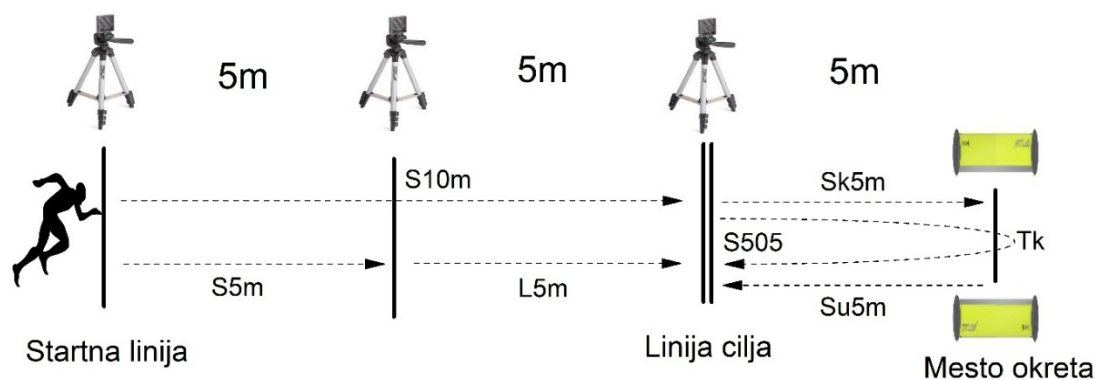
Startno ubrzanje u modifikovanom 505 testu bez reakcije na svetlosni signal procenjeno je sledećim varijablama (Slika 16):

- *Sprint na 5 m (S5m)* – vreme od trenutka presecanja svetlosnog zraka prve fotoćelije na startnoj liniji do presecanja svetlosnog zraka druge fotoćelije;
- *„Leteći“ sprint od 5m do 10 m (L5m)* – vreme od momenta presecanja svetlosnog zraka druge fotoćelije do presecanja zraka treće fotoćelije;
- *Sprint na 10 m (S10m)* – vreme od trenutka presecanja svetlosnog zraka prve fotoćelije na startnoj liniji do presecanja zraka treće fotoćelije ($S5m + L5m$);

Sposobnost promene pravca kretanja u modifikovanom 505 testu bez reakcije na svetlosni signal procenjeno je sledećim varijablama (Slika 16):

- *Sprint na 5m sa kočenjem (Sk5m)* – Vreme od trenutka presecanja svetlosnog zraka treće fotoćelije (na desetom metru) do prvog kontakta stopala sa kontaktnom podlogom na mestu okreta;
- *Trajanje kontakta sa podlogom tokom okreta (Tk)* – Vreme od prvog kontakta stopala sa kontaktnom podlogom na mestu okreta do trenutka gubljenja kontakta stopala iste noge sa podlogom.
- *Sprint na 5m sa ubrzavanjem (Su5m)* – Vreme od trenutka gubljenja kontakta stopala sa kontaktnom podlogom na mestu okreta do presecanja treće fotoćelije nakon okreta (prolaska kroz liniju cilja);
- *Vreme na 505 testu (S505)* – Vreme od trenutka presecanja svetlosnog zraka treće fotoćelije (na desetom metru) do presecanja iste fotoćelije nakon okreta ($Sk5m + Tk + Su5m$);
- *Ukupno trajanje testa (Tu)* – Vreme od trenutka presecanja svetlosnog zraka prve foto ćelije do presecanja treće fotoćelije nakon okreta ($S10m + S505$);

- *Indeks simetrije (Is)* – Odnos vremena na 505 testu (S505) dominantne noge u odnosu na isto vreme nedominantne noge.



Slika 16. Grafički prikaz postavke opreme, varijabli (isprekidane linije) i izvođenja modifikovanog 505 testa bez reakcije na svetlosni signal.

Modifikovani 505 test sa reakcijom na svetlosni signal

Vreme reakcije na svetlosni signal u modifikovanom 505 testu procenjeno je na osnovu sledeće varijable (Slika 17):

- *Vreme reakcije (RT)* – vremena proteklo od trenutka pojave svetlosnog signala trenutka presecanja svetlosnog zraka prve fotoćelije.

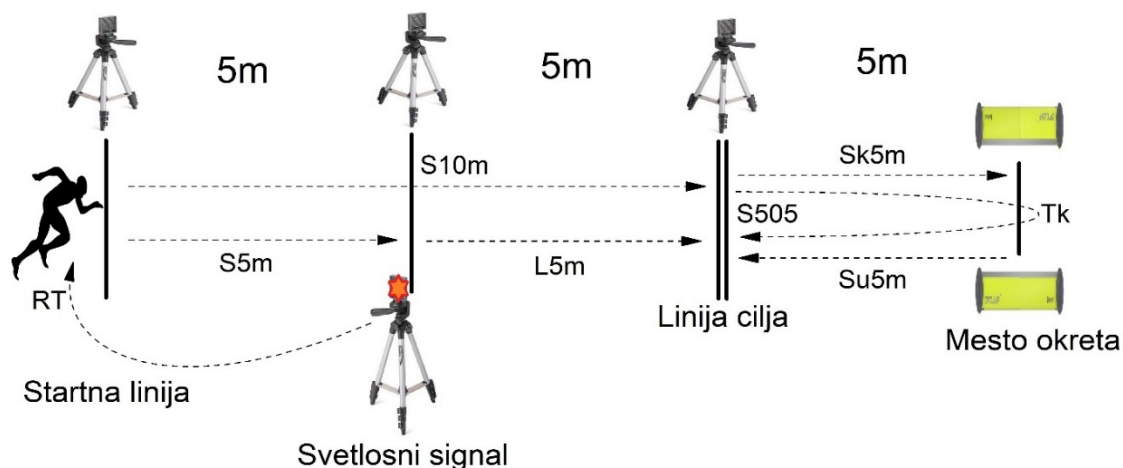
Startno ubrzanje u modifikovanom 505 testu sa reakcijom na svetlosni signal procenjeno je sledećim varijablama (Slika 17):

- *Sprint na 5 m (S5m)* – vreme od trenutka presecanja svetlosnog zraka prve fotoćelije na startnoj liniji do presecanja svetlosnog zraka druge fotoćelije;
- *„Leteći“ sprint od 5m do 10 m (L5m)* – vreme od momenta presecanja svetlosnog zraka druge fotoćelije do presecanja zraka treće fotoćelije;
- *Sprint na 10 m (S10m)* – vreme od trenutka presecanja svetlosnog zraka prve fotoćelije na startnoj liniji do presecanja zraka treće fotoćelije (S5m + L5m);

Sposobnost promene pravca kretanja u modifikovanom 505 testu sa reakcijom na svetlosni signal procenjeno je sledećim varijablama (Slika 17):

- *Sprint na 5m sa kočenjem (Sk5m)* – Vreme od trenutka presecanja svetlosnog zraka treće fotoćelije (na desetom metru) do prvog kontakta stopala sa kontaktnom podlogom na mestu okreta;
- *Trajanje kontakta sa podlogom tokom okreta (Tk)* – Vreme od prvog kontakta stopala sa kontaktnom podlogom na mestu okreta do trenutka gubljenja kontakta stopala iste noge sa podlogom.
- *Sprint na 5m sa ubrzavanjem (Su5m)* – Vreme od trenutka gubljenja kontakta stopala sa kontaktnom podlogom na mestu okreta do presecanja treće fotoćelije nakon okreta (prolaska kroz liniju cilja);

- *Vreme na 505 testu (S505)* – Vreme od trenutka presecanja svetlosnog zraka treće fotoćelije (na desetom metru) do presecanja iste fotoćelije nakon okreta ($Sk5m + Tk + Su5M$);
- *Ukupno trajanje testa (Tu)* – Vreme od trenutka presecanja svetlosnog zraka prve foto ćelije do presecanja treće fotoćelije nakon okreta ($S10m + S505$);
- *Indeks simetrije (Is)* – Odnos vremena na 505 testu (S505) dominantne noge u odnosu na isto vreme nedominantne noge.



Slika 17. Grafički prikaz postavke opreme, varijabli (isprekidane linije) i izvođenja modifikovanog 505 testa sa reakcijom na svetlosni signal.

5.1.5 Obrada podataka

Za sve statističke analize korišćen je SPSS 26.0 softver za Windows (*SPSS Inc, Chicago, IL*) i Office Excel 2010 (*Microsoft Corporation, Redmond, WA*). Nivo statističke značajnosti postavljen je na $p < 0.05$ i $p < 0.01$. Pre svih analiza, rezultati su obrađeni primenom deskriptivne statistike gde se računala srednja vrednost, standardna devijaciju, minimum i maksimum. Kolmogorov-Smirnov test, zajedno sa vizuelnim inspekcijama histograma i QQ grafikona, koristio se za potvrdu normalnosti distribucije podataka.

Za procenu pouzdanosti varijabli vremena reakcije na svetlosni signal, startnog ubrzanja i sposobnosti promene pravca kretanja kod modifikovanog 505 testa (Hipoteza 1), izračunata je standardna greška merenja (SEM), koeficijent varijacije (CV) i intraklasni korelacioni koeficijenti (ICC) sa intervalima poverenja od 95%. ICC vrednosti su se interpretirare na sledeći način: <0.5 (slaba pouzdanost), $0.5-0.75$ (umerena pouzdanost), $0.75-0.9$ (dobra pouzdanost) i >0.9 (izuzetna pouzdanost) (Koo & Li, 2016). Za procenu razlika između pokušaja primenjena je jednofaktorska ANOVA sa ponovljenim merenjima i Bonferoni post hoc korekcijom.

Pirsonov korelacioni koeficijent korišćen je za procenu konkurentne validnosti vremena reakcije na svetlosni signal i startnog ubrzanja dobijenih iz standardnog testa trčanja na 10m i iz modifikovanog 505 testa, kao i validnosti varijali za procenu sposobnosti promene pravca kretanja standardnog i modifikovanog 505 testa (Hipoteza 2). Veličina korelacija klasifikovana je kao mala ($r = 0.10-0.29$), umerena ($r = 0.30-0.49$) i velika ($r = 0.50-1.0$) (Cohen, 2013). Dodatno je primenjena i jednofaktorska ANOVA sa ponovljenim merenjima i Bonferoni post hoc korekcijom.

5.2 Eksperiment 2

5.2.1 Uzorak ispitanika

Uzorak ispitanika za ovo testiranje činilo je 15 studenata Fakulteta sporta i fizičkog vaspitanja (FSFV), uzrasta od 18-24 godine i 15 sportista – profesionalnih rukometaša koji se takmiče u Super ligi Srbije – podeljenih u dve grupe (prosek godina i morfološke karakteristike prikazani su u rezultatima). Odabrani studenti imali su identičan broj nedeljnih sportskih aktivnosti (treninga – vežbanja), kao i sportisti rukometaši. Pre početka testiranja svi ispitanici su dobili potrebne informacije o samom istraživanju i očekivanim rezultatim i pismenom izjavom dali saglasnost za učestvovanje u istraživanju. Za maloletnike, saglasnost za istraživanje je obezbeđen od strane roditelja ili staratelja. Studija je sprovedena u skladu sa Helsinškom deklaracijom, a odobrenje od strane Etičkog Komiteta Fakulteta sporta i fizičkog vaspitanja, Univerziteta u Beogradu (02-3182/24-2, 13 novembar 2024. godine) se nalazi u prilogu ove disertacije.

5.2.2 Protokol eksperimenta

Testiranje je sprovedeno tokom dva dana, sa pauzom od 48 sati između svake sesije kako bi se smanjio potencijalni umor i omogućio oporavak.

- Dan 1: Ispitanicima su prvo obavljena merenja morfoloških karakteristika (telesna masa, visina i indeks telesne mase), nakon su izvodili modifikovani 505 test bez vizuelnog signala za početak kretanja. Kod ovog testa, učesnici su se okretali po 3 puta oko dominantne i nedominantne noge. Bolja motorna kontrola, koordinacija i veća proizvodnja sile dominantne noge usklađene su sa zahtevima mehanike šutiranja. Stoga je dominantna noga definisana kao ona kojom se šutira lopta (Van Melick et al., 2017). Ispitanici su nasumično podeljeni u dve grupe: jedna grupa je prvo izvodila test sa okretanjem oko dominantne noge, dok je druga grupa započinjala sa okretanjem oko nedominantne noge.
- Dan 2: Učesnici su izvodili modifikovani 505 test sa vizuelnim signalom za početak kretanja, čime je proceni dodat i kognitivni aspekt. Ispitanici su nasumično podeljeni u dve grupe: jedna grupa je prvo izvodila test sa okretanjem oko dominantne noge, dok je druga grupa započinjala sa okretanjem oko nedominantne noge.

Tokom svih sesija, sastav grupa i redosled testiranja ostao je isti. Testiranje je sprovedeno u jutarnjim satima, a sva merenja obavljala su ista dva iskusna merioca. Pre početka svake sesije, ispitanici su prolazili standardnu proceduru zagrevanja gde su nakon trčanja izvodili i vežbe za učenje tehnike trčanja u trajanju od 5 minuta (tzv. „abeceda trčanja“), a nakon toga i vežbe oblikovanja sa vežbama dinamičkog rastezanja takođe u trajanju od 5 minuta. Pre bilo kog testa detaljno su objašnjena njegova procedura i prikazana je demonstracija.

5.2.3 Eksperimentalne procedure

Procena morfoloških karakteristika ispitanika izvodilo se u jutarnjim satima. Svaki ispitanik je bio obučen samo u šorc bez ostalih odevnih elemenata. Procena morfološkog statusa ispitanika izvršena je na osnovu podataka koji su prikupljeni merenjem visine tela (TV), mase tela (TM).

Visina tela (TV)

Merenje visine tela vršilo se antropometrom po Martinu sa tačnošću merenja 0,1cm. Tokom merenja visine tela ispitanik stoji uspravno na čvrstoj, horizontalnoj podlozi – pete sastavljene, a prednji deo stopala rastavljen (za širinu stopala). Pete, sedalna regija i grudni deo kičmenog stuba dodiruju antropometar, a glava zauzima uspravan položaj, odnosno položaj u tzv., frankfurtskoj ravni i ne dodiruje antropometar (Ćuk, 2014).

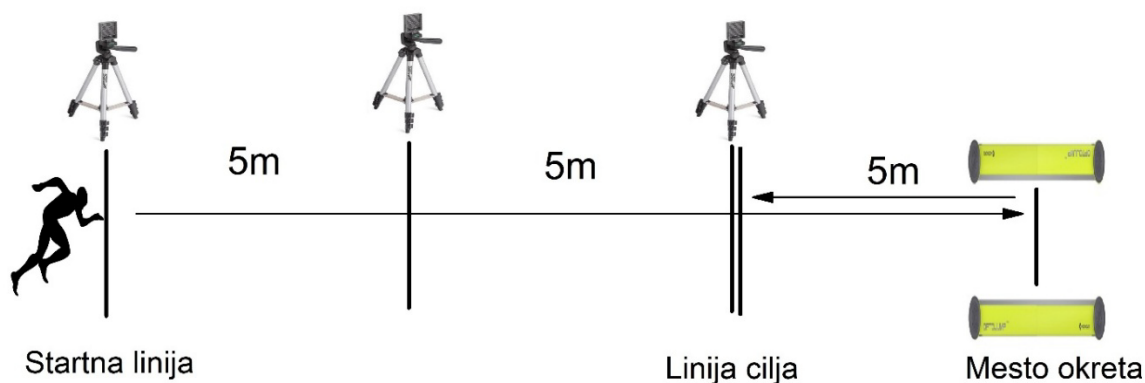
Masa tela (MT)

Merenje MT vršilo se na vagi prema specifikacijama proizvođača.

Objedinjena procena startnog ubrzanja i sposobnosti promene pravca kretanja ispitana je modifikovanim 505 testom bez reakcije na svetlosni signal.

Modifikovani 505 test bez reakcije na svetlosni signal

Tri fotocelije (Running&Jumping All4Gym, Beograd, Srbija) postavljene su na startnoj liniji i na udaljenosti od 5 i od 10 metara od startne linije, dok je kontaktna podloga stajala na mestu okreta (Slika 18). Ispitanicima je data instrukcija da trče 15 metara maksimalnom brzinom, zatim da se okrenu za 180 stepeni (nakon što pređu liniju okreta) i ponovo ubrzaju 5 metara nazad do linije ciljne (Slika 18). Merenje vremena započinje kada se prekine infracrveni zrak na startnoj liniji. Odvojeno se beleži vreme za sprint na 5 i 10 metara, segment od 2×5 metara i trajanje kontakta sa podlogom tokom okreta. Svaki ispitanik je izvodio šest pokušaja (tri za svaku nogu) sa pauzom od jednog minuta između pokušaja, dovoljno da se resintetiše 90% fosfagenskih energetske izvora (Iaia et al., 2017; McArdle et al., 2010). Svi pokušaji korišćeni su za ispitivanje pouzdanosti, dok je najbolji pokušaj korišćen za ispitivanje validnosti.



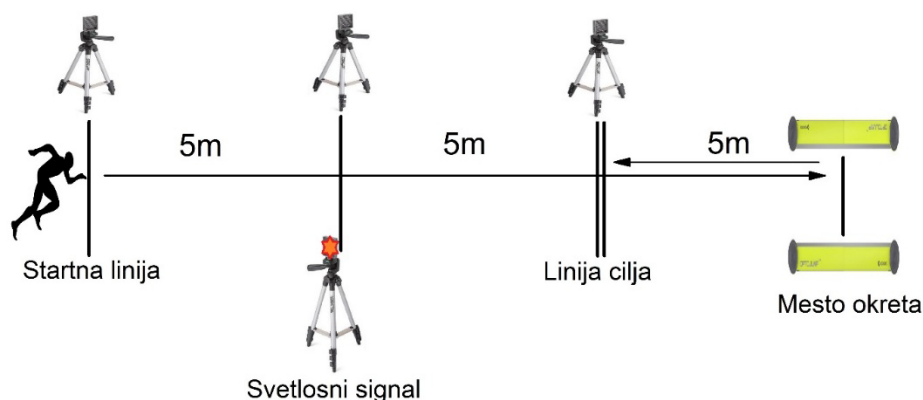
Slika 18. Grafički prikaz postavke opreme i izvođenja modifikovanog 505 testa bez reakcije na svetlosni signal.

Objedinjena procena vremena reakcije na svetlosni signal, startnog ubrzanja i sposobnosti promene pravca kretanja ispitana je modifikovanim 505 testom.

Modifikovani 505 test sa reakcijom na svetlosni signal

Postavka testa identična je modifikovanom 505 testu (Slika 11), međutim, za početak trčanja koristio se vizuelni signal. Svetlo je postavljeno 5 metara ispred učesnika, u visini očiju i služilo je kao stimulus (Slika 19), a merenje vremena je počinjalo kada se pojavi svetlosni signal. Ispitanicima

je data instrukcija da trče 15 metara maksimalnom brzinom, zatim da se okrenu za 180 stepeni (nakon što pređu liniju okreta) i ponovo ubrzaju 5 metara nazad do linije ciljne (Slika 19). Odvojeno se beleži vreme za sprint na 5 i 10 metara, segment od 2×5 metara i trajanje kontakta sa podlogom tokom okreta. Svaki ispitanik je izvodio šest pokušaja (tri za svaku nogu) sa pauzom od jednog minuta između pokušaja, dovoljno da se resintetiše 90% fosfagenjskih energetske izvora (Iaia et al., 2017; McArdle et al., 2010). Svi pokušaji korišćeni su za ispitivanje pouzdanosti, dok je najbolji pokušaj korišćen za ispitivanje validnosti.



Slika 19. Grafički prikaz postavke opreme i izvođenja modifikovanog 505 testa sa reakcijom na svetlosni signal.

5.2.4 Varijable

Morfološke karakteristike ispitanika procenjene su na osnovu sledećih varijabli:

- *TV* – Telesna visina (cm);
- *TM* – Telesna masa (kg);
- *ITM* – Indeks telesne mase (kg/m^2).

Modifikovani 505 test bez reakcije na svetlosni signal

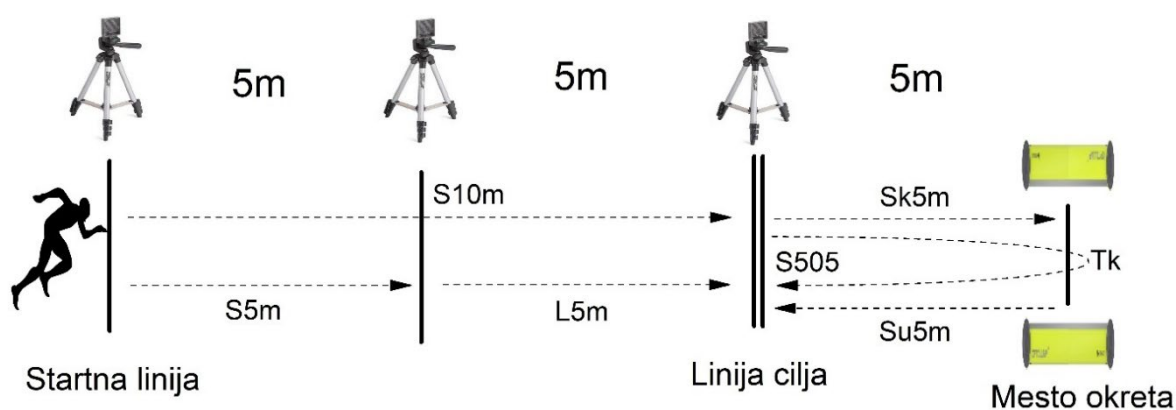
Startno ubrzanje u modifikovanom 505 testu bez reakcije na svetlosni signal procenjeno je sledećim varijablama (Slika 20):

- *Sprint na 5 m* (S5m) – vreme od trenutka presecanja svetlosnog zraka prve fotoćelije na startnoj liniji do presecanja svetlosnog zraka druge fotoćelije;
- „*Leteći*“ *sprint od 5m do 10 m* (L5m) – vreme od momenta presecanja svetlosnog zraka druge fotoćelije do presecanja zraka treće fotoćelije;
- *Sprint na 10 m* (S10m) – vreme od trenutka presecanja svetlosnog zraka prve fotoćelije na startnoj liniji do presecanja zraka treće fotoćelije (S5m + L5m);

Sposobnost promene pravca kretanja u modifikovanom 505 testu bez reakcije na svetlosni signal procenjeno je sledećim varijablama (Slika 20):

- *Sprint na 5m sa kočenjem* (Sk5m) – Vreme od trenutka presecanja svetlosnog zraka treće fotoćelije (na desetom metru) do prvog kontakta stopala sa kontaktnom podlogom na mestu okreta;

- *Trajanje kontakta sa podlogom tokom okreta (Tk)* – Vreme od prvog kontakta stopala sa kontaktnom podlogom na mestu okreta do trenutka gubljenja kontakta stopala iste noge sa podlogom.
- *Sprint na 5 m sa ubrzavanjem (Su5m)* – Vreme od trenutka gubljenja kontakta stopala sa kontaktnom podlogom na mestu okreta do presecanja treće fotoćelije nakon okreta (prolaska kroz liniju cilja);
- *Vreme na 505 testu (S505)* – Vreme od trenutka presecanja svetlosnog zraka treće fotoćelije (na desetom metru) do presecanja iste fotoćelije nakon okreta ($Sk5m + Tk + Su5M$);
- *Ukupno trajanje testa (Tu)* – Vreme od trenutka presecanja svetlosnog zraka prve foto ćelije do presecanja treće fotoćelije nakon okreta ($S10m + S505$);
- *Indeks simetrije (Is)* – Odnos vremena na 505 testu (S505) dominantne noge u odnosu na isto vreme nedominantne noge.



Slika 20. Grafički prikaz postavke opreme, varijabli (isprekidane linije) i izvođenja modifikovanog 505 testa bez reakcije na svetlosni signal.

Modifikovani 505 test sa reakcijom na svetlosni signal

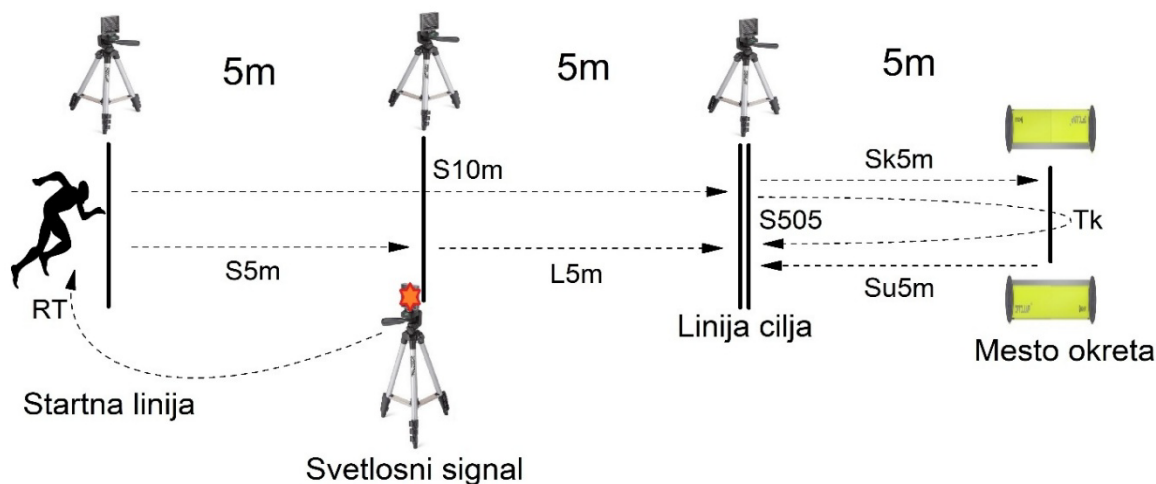
Vreme reakcije na svetlosni signal u modifikovanom 505 testu procenjeno je na osnovu sledeće varijable (Slika 21):

- *Vreme reakcije (RT)* – vremena proteklo od trenutka pojave svetlosnog signala trenutka presecanja svetlosnog zraka prve fotoćelije.

Startno ubrzanje u modifikovanom 505 testu sa reakcijom na svetlosni signal procenjeno je sledećim varijablama (Slika 21):

- *Sprint na 5 m (S5m)* – vreme od trenutka presecanja svetlosnog zraka prve fotoćelije na startnoj liniji do presecanja svetlosnog zraka druge fotoćelije;
- *„Leteći“ sprint od 5m do 10 m (L5m)* – vreme od momenta presecanja svetlosnog zraka druge fotoćelije do presecanja zraka treće fotoćelije;
- *Sprint na 10 m (S10m)* – vreme od trenutka presecanja svetlosnog zraka prve fotoćelije na startnoj liniji do presecanja zraka treće fotoćelije ($S5m + L5m$);

Sposobnost promene pravca kretanja u modifikovanom 505 testu sa reakcijom na svetlosni signal procenjeno je sledećim varijablama (Slika 21):



5.2.5 Obrada podataka

Za procenu osetljivosti varijabli vremena reakcije na svetlosni signal, startnog ubrzanja i sposobnosti promene pravca kretanja dobijenih iz modifikovanog 505 testa (Hipoteza 3) korišćen je T-test za nezavisne uzorke. Veličina efekta Cohenovog d izračunata je kako bi se procenila praktična

značajnost razlika, sa pragovima definisanim kao zanemarljiv (<0.2), mali ($0.2-0.5$), umeren ($0.5-0.8$), veliki ($0.8-1.3$) i veoma veliki (>1.3) (Cohen, 2013). Veličine efekta izračunate su korišćenjem harmonijske sredine standardnih devijacija (SD) upoređenih uslova, pri čemu je prag od $d = 0.20$ smatran minimalnim za praktičnu značajnost.

6 REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Rezultati istraživanja prikazani su odvojeno za dva eksperimenta. Generalno postavljena hipoteza glasi: modifikovani 505 test za procenu vremena reakcije na svetlosni signal, startnog ubrzanja i sposobnosti promene pravca kretanja je pouzdan, validan i osetljiv za korišćenje u istraživačkoj i trenažnoj praksi.

6.1 Eksperiment 1

Rezultati prvog eksperimenta pokazuju nivoe pouzdanosti i valdnosti modifikovanog 505 test za procenu vremena reakcije na svetlosni signal, startnog ubrzanja i sposobnosti promene pravca kretanja.

6.1.1 Rezultati pouzdanosti

Pre ispitivanja pouzdanosti samog modifikovanog 505 testa tj., njegovih varijabli, proverena je i pouzdanost do sada često korišćenih zasebnih testova trčanja na 10m bez reakcije na svetlosni signal, testa trčanja na 10m sa reakcijom na svetlosni signal i standardnog 505 testa (tabele 1 – 3).

Pouzdanost testa trčanja na 10m bez reakcije na svetlosni signal, testa trčanja na 10m sa reakcijom na svetlosni signal i standardnog 505 testa.

Tabela 1 prikazuje rezultate pouzdanosti, uključujući promene srednjih vrednosti, apsolutne i relativne pouzdanosti i sistematske razlike između pokušaja u testu *trčanja na 10m bez reakcije na svetlosni signal*.

Test trčanja na 10m bez reakcije na svetlosni signal pokazao je odličnu pouzdanost u sve tri procenjivane varijable. Konkretno koeficijent varijacije ispod 4% je odličan pokazatelj pouzdanosti (nizak varijabilitet), kao i niska greška merenja. Intraklasni korelacioni koeficijent pokazao je dobru pouzdanost ($ICC > 0.75$) bez značajnih razlika u pokušajima ($p > 0.05$), osim kod varijable S5m, gde je ona granična ($p = 0.041$).

Tabela 2 prikazuje rezultate pouzdanosti, uključujući promene srednjih vrednosti, apsolutne i relativne pouzdanosti i sistematske razlike između pokušaja u testu *trčanja na 10m sa reakcijom na svetlosni signal*.

Tabela 1. Pokazatelji pouzdanosti u testu trčanja na 10m bez reakcije na svetlosni signal.

Variable	Pokušaj 1	Pokušaj 2	2-1%	CV%	SEM	ICC 95% (CI)	T vrednost	Značajnost
S5m	1.112 ± 0.097	1.087 ± 0.082	-2.229	3.870	0.040	0.785 (0.620, 0.883)	2.159	0.041*
L5m	0.740 ± 0.038	0.735 ± 0.043	-0.692	1.900	0.010	0.886 (0.791, 0.939)	1.264	0.217
S10m	1.849 ± 0.117	1.822 ± 0.108	-1.640	2.480	0.050	0.845 (0.719, 0.917)	1.880	0.072

Legenda: S5m = Ssprint na 5 m ; L5m = „leteći“ sprint od 5m do 10 m; S10m = sprint na 10 m; CV = koeficijent varijacije; SEM = standardna greška merenja; ICC = Interklasni korelacioni koeficijent; CI = Interval pouzdanosti; * = p < 0.05.

Tabela 2. Pokazatelji pouzdanosti u testu trčanja na 10m sa reakcijom na svetlosni signal.

Variable	Pokušaj 1	Pokušaj 2	2-1%	CV%	SEM	ICC 95% (CI)	T vrednost	Značajnost
RT	0.624 ± 0.087	0.584 ± 0.120	-2.887	7.550	0.490	0.787 (0.667, 0.877)	0.680	.454
S5m	1.121 ± 0.089	1.144 ± 0.080	1.869	3.220	0.040	0.822 (0.699, 0.888)	1.879	.155
L5m	0.748 ± 0.043	0.754 ± 0.051	0.464	2.300	0.020	0.899 (0.838, 0.963)	0.575	.561
S10m	1.881 ± 0.104	1.901 ± 0.095	1.077	1.900	0.030	0.908 (0.858, 0.955)	1.777	.188

Legenda: RT = vreme reakcije; S5m = sprint na 5 m ; L5m = „leteći“ sprint od 5m do 10 m; S10m = sprint na 10 m; CV = koeficijent varijacije; SEM = standardna greška merenja; ICC = Interklasni korelacioni koeficijent; CI = Interval pouzdanosti.

Test trčanja na 10m sa reakcijom na svetlosni signal pokazao je odličnu pouzdanost u sve četiri procenjivane varijable. Konkretno koeficijent varijacije ispod 8% je odličan pokazatelj pouzdanosti (nizak varijabilitet), kao i niska greška merenja. Intraklasni korelacioni koeficijent pokazao je dobru pouzdanost ($ICC > 0.75$) bez značajnih razlika u pokušajima za tri varijable, odnosno izuzetnu pouzdanost ($ICC > 0.9$) za varijablu ukupnog vremena na 10m. Osim toga, nije bilo značajnih razlika između pokušaja ($p > 0.05$).

Tabela 3 prikazuje rezultate pouzdanosti, uključujući promene srednjih vrednosti, apsolutne i relativne pouzdanosti i sistematske razlike između pokušaja u *standardnom 505 testu*.

Standardni 505 test takođe je pokazao odličnu pouzdanost kao i dosadašnji testovi na 10m. Konkretno, kod okreta i na dominantnu i nedominantnu stranu koeficijent varijacije je bio izuzetno nizak, oko 3%, što je odličan pokazatelj pouzdanosti, uz veoma nisku greška merenja. Intraklasni korelacioni koeficijent pokazao je umerenu do dobru pouzdanost bez značajnih razlika u pokušajima ($p > 0.05$).

Pouzdanost modifikovanog 505 testa bez reakcije na svetlosni signal za dominantnu i nedominantnu nogu.

U daljem delu rezultata ispitano je da li su varijable za procenu startnog ubrzanja i sposobnosti promene pravca kretanja su pouzdane između 3 ponovljena merenja kada se u modifikaciji 505 testa ne primenjuje reakcija na svetlosni signal (tabele 4 i 5).

Tabela 4 prikazuje rezultate pouzdanosti, uključujući promene srednjih vrednosti, apsolutne i relativne pouzdanosti i sistematske razlike između pokušaja u *modifikovanom 505 test bez reakcije na svetlosni signal za nedominantnu nogu*.

Tabela 3. Pokazatelji pouzdanosti u standardnom 505 testu

Variable	Pokušaj 1	Pokušaj 2	2-1%	CV%	SEM	ICC 95% (CI)	T vrednost	Značajnost
S505n	2.484 ± 0.143	2.513 ± 0.129	1.271	3.110	0.080	0.704 (0.482, 0.837)	-1.410	0.173
S505d	2.516 ± 0.132	2.486 ± 0.132	-1.189	2.840	0.070	0.744 (0.558, 0.858)	1.598	0.122

Legenda: S505n = vreme na 505 testu nedominantnom nogom; S505d = vreme na 505 testu dominantnom nogom; CV = koeficijent varijacije; SEM = standardna greška merenja; ICC = Interklasni korelacioni koeficijent; CI = Interval pouzdanosti.

Tabela 4. Pokazatelji pouzdanosti u modifikovanom 505 test bez reakcije na svetlosni signal za nedominantnu nogu

Variable	Pokušaj 1	Pokušaj 2	Pokušaj 3	2-1%	3-2%	CV%	SEM	ICC 95% (CI)	F vrednost	Značajnost
S5m	1.072 ± 0.080	1.101 ± 0.053	1.103 ± 0.056	2.720	0.199	3.080	0.030	0.747 (0.594, 0.855)	4.017	0.039*
L5m	0.745 ± 0.046	0.756 ± 0.044	0.754 ± 0.041	1.401	-0.404	1.920	0.010	0.901 (0.832, 0.945)	2.771	0.081
S10m	1.835 ± 0.104	1.858 ± 0.085	1.857 ± 0.084	1.380	-0.100	1.830	0.030	0.868 (0.774, 0.927)	1.770	0.195
Sk5m	0.950 ± 0.094	0.954 ± 0.077	0.949 ± 0.080	0.937	-0.621	4.820	0.040	0.736 (0.582, 0.847)	0.196	0.770
Tk	0.550 ± 0.122	0.554 ± 0.112	0.565 ± 0.110	0.694	0.879	10.310	0.060	0.768 (0.616, 0.869)	0.049	0.929
Su5m	0.988 ± 0.091	0.987 ± 0.096	0.988 ± 0.087	-0.688	0.522	4.330	0.040	0.809 (0.683, 0.892)	0.418	0.659
S505	2.475 ± 0.125	2.499 ± 0.123	2.481 ± 0.131	1.022	-0.222	2.130	0.050	0.839 (0.731, 0.910)	1.192	0.311
Tu	4.274 ± 0.225	4.364 ± 0.193	4.326 ± 0.194	2.224	-0.269	1.510	0.060	0.908 (0.841, 0.950)	9.097	0.001**

Legenda: S5m = sprint na 5 m ; L5m = „leteći“ sprint od 5m do 10 m; S10m = sprint na 10 m; Sk5m = sprint na 5m sa kočenjem; Tk = trajanje kontakta sa podlogom tokom okreta; Su5m = sprint na 5m sa ubrzavanjem; S505 = vreme na 505 testu; Tu = ukupno trajanje testa; CV = koeficijent varijacije; SEM = standardna greška merenja; ICC = Interklasni korelacioni koeficijent; CI = Interval pouzdanosti; * = $p < 0.05$; ** = $p < 0.01$.

Modifikovani 505 test bez reakcije na svetlosni signal za nedominantnu nogu pokazao je odličnu pouzdanost u gotovo svim procenjivanim varijablama. Osim za varijablu TC (trajanje kontakta) koeficijenti varijacije bili su ispod 5% što je odličan pokazatelj pouzdanosti (nizak varijabilitet), uz nisku greška merenja. Intraklasni korelacioni koeficijent pokazao je dobru pouzdanost ($ICC > 0.75$) za većinu varijabli, uz izuzetnu pouzdanost ($ICC > 0.9$) za varijable S5m i Tu. Većina ispitivanih varijabli bila je bez značajnih razlika između 3 pokušaja ($p > 0.05$). Jedine značajne razlike uočene su kod varijabli S5m ($p < 0.05$) i Tu ($p < 0.01$).

Tabela 5 prikazuje rezultate pouzdanosti, uključujući promene srednjih vrednosti, apsolutne i relativne pouzdanosti i sistematske razlike između pokušaja u *modifikovanom 505 test bez reakcije na svetlosni signal za dominantnu nogu*.

Kao i za nedominantnu nogu, modifikovani 505 test bez reakcije na svetlosni signal za dominantnu nogu pokazao je odličnu pouzdanost u gotovo svim procenjivanim varijablama. Koeficijenti varijacije bili su ispod 7% što je odličan pokazatelj pouzdanosti (nizak varijabilitet), uz nisku greška merenja. Intraklasni korelacioni koeficijent pokazao je dobru pouzdanost ($ICC > 0.75$) za većinu varijabli, uz izuzetnu pouzdanost ($ICC > 0.9$) za varijable S5m i Tu. Jedina umerena pouzdanost je kod varijable Su5m ($ICC = 0.644$). Većina ispitivanih varijabli bila je bez značajnih razlika između 3 pokušaja ($p > 0.05$). Jedine značajne razlike uočene su kod varijabli S5m ($p < 0.05$) i Tu ($p < 0.01$), isto kao i kod okreta nedominantnom nogom.

Pouzdanost modifikovanog 505 testa sa reakcijom na svetlosni signal za dominantnu i nedominantnu nogu.

U daljem delu rezultata ispitano je da li su varijable za procenu vremena reakcije na svetlosni signal, startnog ubrzanja i sposobnosti promene pravca kretanja pouzdane između 3 ponovljena merenja (Tabele 6 – 8).

Tabela 6 prikazuje rezultate pouzdanosti, uključujući promene srednjih vrednosti, apsolutne i relativne pouzdanosti i sistematske razlike između pokušaja u *modifikovanom 505 test sa reakcijom na svetlosni signal za nedominantnu nogu*.

Modifikovani 505 test sa reakcijom na svetlosni signal za nedominantnu nogu pokazao je odličnu pouzdanost u gotovo svim procenjivanim varijablama. Koeficijenti varijacije bili su ispod 10% za većinu varijabli što je odličan pokazatelj pouzdanosti (nizak varijabilitet), uz nisku greška merenja. Jedini izuzetak bila je varijabla Tk sa CV 11.8%. Intraklasni korelacioni koeficijent pokazao je dobru pouzdanost ($ICC > 0.75$) za većinu varijabli, uz izuzetnu pouzdanost ($ICC > 0.9$) za varijable S10m i Tu. Većina ispitivanih varijabli bila je bez značajnih razlika između 3 pokušaja ($p > 0.05$). Jedina značajna razlika uočena je kod varijabe Tu ($p < 0.05$).

Tabela 5. Pokazatelji pouzdanosti u modifikovanom 505 test bez reakcije na svetlosni signal za dominantnu nogu

Variable	Pokušaj 1	Pokušaj 2	Pokušaj 3	2-1%	3-2%	CV%	SEM	ICC 95% (CI)	F vrednost	Značajnost
S5m	1.083 ± 0.100	1.111 ± 0.062	1.102 ± 0.080	3.557	-1.625	3.760	0.040	0.761 (0.610, 0.864)	3.531	0.041*
L5m	0.742 ± 0.039	0.751 ± 0.047	0.755 ± 0.044	0.678	0.544	1.890	0.010	0.905 (0.837, 0.948)	2.766	0.080
S10m	1.828 ± 0.136	1.869 ± 0.099	1.857 ± 0.106	1.656	-0.572	2.230	0.040	0.868 (0.773, 0.927)	2.436	0.108
Sk5m	0.932 ± 0.068	0.952 ± 0.081	0.961 ± 0.074	1.113	0.972	3.630	0.030	0.808 (0.683, 0.891)	2.040	0.148
Tk	0.537 ± 0.071	0.551 ± 0.089	0.550 ± 0.086	1.741	-1.707	6.400	0.040	0.815 (0.682, 0.898)	0.465	0.575
Su5m	0.981 ± 0.080	0.979 ± 0.090	0.977 ± 0.083	-0.353	-0.438	5.380	0.050	0.644 (0.441, 0.792)	0.331	0.702
S505	2.468 ± 0.141	2.492 ± 0.116	2.478 ± 0.108	1.106	-0.532	1.820	0.040	0.876 (0.789, 0.931)	2.121	0.137
Tu	4.210 ± 0.194	4.354 ± 0.206	4.335 ± 0.199	2.041	-0.401	1.550	0.070	0.901 (0.829, 0.946)	9.055	0.001**

Legenda: S5m = sprint na 5 m ; L5m = „leteći“ sprint od 5m do 10 m; S10m = sprint na 10 m; Sk5m = sprint na 5m sa kočenjem; Tk = trajanje kontakta sa podlogom tokom okreta; Su5m = sprint na 5m sa ubrzavanjem; S505 = vreme na 505 testu; Tu = ukupno trajanje testa; CV = koeficijent varijacije; SEM = standardna greška merenja; ICC = Interklasni korelacioni koeficijent; CI = Interval pouzdanosti; * = $p < 0.05$; ** = $p < 0.01$.

Tabela 6. Pokazatelji pouzdanosti u modifikovanom 505 test sa reakcijom na svetlosni signal za nedominantnu nogu

Variable	Pokušaj 1	Pokušaj 2	Pokušaj 3	2-1%	3-2%	CV%	SEM	ICC 95% (CI)	F vrednost	Značajnost
RT	0.613 ± 0.098	0.596 ± 0.110	0.604 ± 0.093	-2.909	1.901	8.640	0.050	0.799 (0.669, 0.886)	0.710	0.461
S5m	1.122 ± 0.089	1.146 ± 0.080	1.122 ± 0.071	1.870	-1.589	3.240	0.040	0.815 (0.694, 0.896)	1.881	0.165
L5m	0.752 ± 0.044	0.756 ± 0.052	0.760 ± 0.052	0.461	0.265	2.200	0.020	0.897 (0.824, 0.943)	0.579	0.557
S10m	1.879 ± 0.106	1.903 ± 0.097	1.883 ± 0.101	1.087	-0.567	1.800	0.030	0.904 (0.834, 0.947)	1.789	0.179
Sk5m	0.942 ± 0.075	0.934 ± 0.088	0.945 ± 0.087	-0.532	2.574	3.670	0.030	0.851 (0.746, 0.917)	1.999	0.155
Tk	0.578 ± 0.101	0.560 ± 0.120	0.545 ± 0.129	1.672	-3.059	11.820	0.060	0.773 (0.616, 0.873)	1.973	0.163
Su5m	0.975 ± 0.121	0.998 ± 0.158	1.006 ± 0.146	0.384	3.095	5.320	0.050	0.861 (0.761, 0.923)	2.841	0.071
S505	2.484 ± 0.151	2.489 ± 0.125	2.493 ± 0.126	-0.043	-0.187	1.910	0.050	0.886 (0.805, 0.937)	0.054	0.936
Tu	4.355 ± 0.228	4.403 ± 0.205	4.404 ± 0.249	1.354	-0.083	1.650	0.070	0.904 (0.834, 0.948)	4.719	0.019*

Legenda: RT = vreme reakcije; S5m = sprint na 5 m ; L5m = „leteći“ sprint od 5m do 10 m; S10m = sprint na 10 m; Sk5m = sprint na 5m sa kočenjem; Tk = trajanje kontakta sa podlogom tokom okreta; Su5m = sprint na 5m sa ubrzavanjem; S505 = vreme na 505 testu; Tu = ukupno trajanje testa; CV = koeficijent varijacije; SEM = standardna greška merenja; ICC = Interklasni korelacioni koeficijent; CI = Interval pouzdanosti; * = $p < 0.05$.

Tabela 7 prikazuje rezultate pouzdanosti, uključujući promene srednjih vrednosti, apsolutne i relativne pouzdanosti i sistematske razlike između pokušaja u *modifikovanom 505 test sa reakcijom na svetlosni signal za dominantnu nogu*.

Kao i za nedominantnu nogu, modifikovani 505 test sa reakcijom na svetlosni signal za dominantnu nogu pokazao je odličnu pouzdanost u gotovo svim procenjivanim varijablama. Koeficijenti varijacije bili su ispod 10% za sve varijable što je odličan pokazatelj pouzdanosti (nizak varijabilitet), uz nisku greška merenja. Intraklasni korelacioni koeficijent pokazao je dobru pouzdanost ($ICC > 0.75$) za većinu varijabli, uz izuzetnu pouzdanost ($ICC > 0.9$) za varijable L5m i Tu. Sve ispitivane varijable bile su bez značajnih razlika između 3 pokušaja ($p > 0.05$).

Na kraju, tabela 8 prikazuje rezultate pouzdanosti, uključujući promene srednjih vrednosti, apsolutne i relativne pouzdanosti i sistematske razlike između pokušaja za indeks simetrije u sve tri varijante 505 testa: *standardni 505 test, modifikovani 505 test bez reakcije na svetlosni signal i modifikovanom 505 test sa reakcijom na svetlosni signal*.

Određeni pokazatelji pouzdanosti indeksa simetrije nešto su niži u odnosu na prethodno analizirane varijable. Konkretno, intraklasni korelacioni koeficijent pokazao je slabu pouzdanost za varijable Is505 i Is505mr ($ICC < 0.5$) i umerenu pouzdanost za varijablu Is505m ($ICC = 0.566$). Sa druge strane, koeficijenti varijacije bili su ispod 4% za sve tri varijable, to je odličan pokazatelj pouzdanosti (nizak varijabilitet), uz nisku greška merenja. Skoro sve ispitivane varijable bile su bez značajnih razlika između 3 pokušaja ($p > 0.05$), osim varijable Is505 ($p = 0.026$).

Tabela 7. Pokazatelji pouzdanosti u modifikovanom 505 test sa reakcijom na svetlosni signal za dominantnu nogu

Variable	Pokušaj 1	Pokušaj 2	Pokušaj 3	2-1%	3-2%	CV%	SEM	ICC 95% (CI)	F vrednost	Značajnost
RT	0.615 ± 0.068	0.619 ± 0.112	0.605 ± 0.106	-0.278	-3.876	7.480	0.040	0.805 (0.679, 0.890)	1.790	0.179
S5m	1.139 ± 0.085	1.133 ± 0.109	1.128 ± 0.094	-0.708	0.386	3.620	0.040	0.846 (0.744, 0.913)	0.079	0.911
L5m	0.754 ± 0.045	0.752 ± 0.046	0.755 ± 0.046	0.073	0.383	1.920	0.010	0.907 (0.842, 0.949)	0.502	0.584
S10m	1.893 ± 0.117	1.878 ± 0.134	1.883 ± 0.113	-0.840	0.955	1.820	0.030	0.933 (0.885, 0.964)	1.605	0.215
Sk5m	0.926 ± 0.066	0.938 ± 0.071	0.947 ± 0.075	1.460	0.198	2.630	0.020	0.887 (0.807, 0.937)	1.941	0.163
Tk	0.569 ± 0.113	0.553 ± 0.094	0.567 ± 0.106	-1.270	1.428	9.880	0.060	0.719 (0.547, 0.838)	0.288	0.716
Su5m	0.977 ± 0.095	0.988 ± 0.089	0.969 ± 0.097	1.217	-1.744	4.970	0.050	0.751 (0.598, 0.857)	0.550	0.539
S505	2.491 ± 0.106	2.472 ± 0.102	2.479 ± 0.128	-0.293	-0.108	1.880	0.050	0.841 (0.732, 0.911)	0.268	0.764
Tu	4.381 ± 0.206	4.348 ± 0.217	4.374 ± 0.222	-0.783	0.602	1.600	0.070	0.905 (0.839, 0.947)	1.325	0.272

Legenda: RT = vreme reakcije; S5m = sprint na 5 m ; L5m = „leteći“ sprint od 5m do 10 m; S10m = sprint na 10 m; Sk5m = sprint na 5m sa kočenjem; Tk = trajanje kontakta sa podlogom tokom okreta; Su5m = sprint na 5m sa ubrzavanjem; S505 = vreme na 505 testu; Tu = ukupno trajanje testa; CV = koeficijent varijacije; SEM = standardna greška merenja; ICC = Interklasni korelacioni koeficijent; CI = Interval pouzdanosti.

Tabela 8. Pokazatelji pouzdanosti indeksa simetrije standardnog 505 testa, modifikovanog 505 testa bez reakcije na svetlosni signal i modifikovanog 505 testa sa reakcijom na svetlosni signal

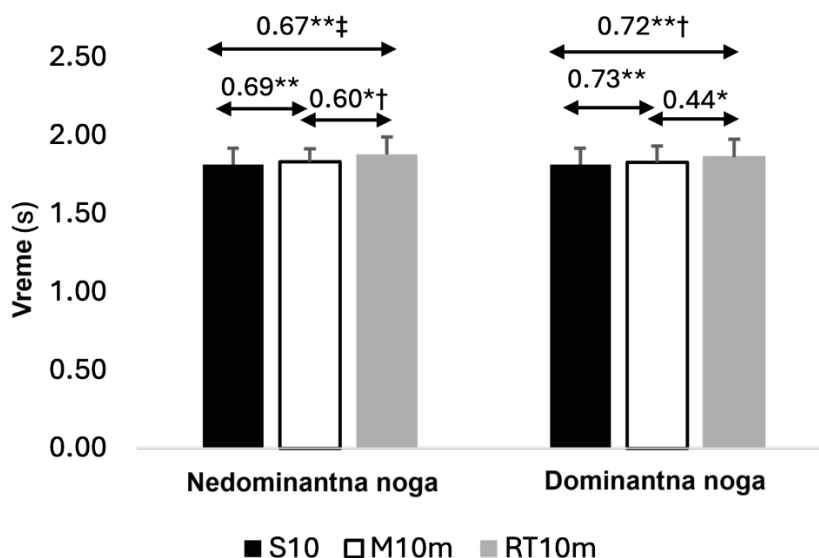
Variable	Pokušaj 1	Pokušaj 2	Pokušaj 3	2-1%	3-2%	CV%	SEM	ICC 95% (CI)	T/F vrednost	Značajnost
Is505	0.989 ± 0.033	1.012 ± 0.040	/	2.321	/	3.290	0.030	0.212 (-0.161, 0.513)	-2.391	0.026*
Is505m	1.002 ± 0.035	1.005 ± 0.036	1.003 ± 0.040	0.249	-0.052	2.520	0.020	0.566 (0.339, 0.740)	0.237	0.705
Is505mr	1.003 ± 0.038	1.005 ± 0.031	1.003 ± 0.028	-0.044	-0.593	2.510	0.020	0.432 (0.163, 0.650)	0.287	0.733

Legenda: Is505 = Indeks simetrije u standardnom 505 testu; Is505m = Indeks simetrije u modifikovanom 505 testu bez reakcije na svetlosni signal; Is505mr = Indeks simetrije u modifikovanom 505 testu sa reakcijom na svetlosni signal; CV = koeficijent varijacije; SEM = standardna greška merenja; ICC = Interklasni korelacioni koeficijent; CI = Interval pouzdanosti; * = $p < 0.05$.

6.1.2 Rezultati validnosti

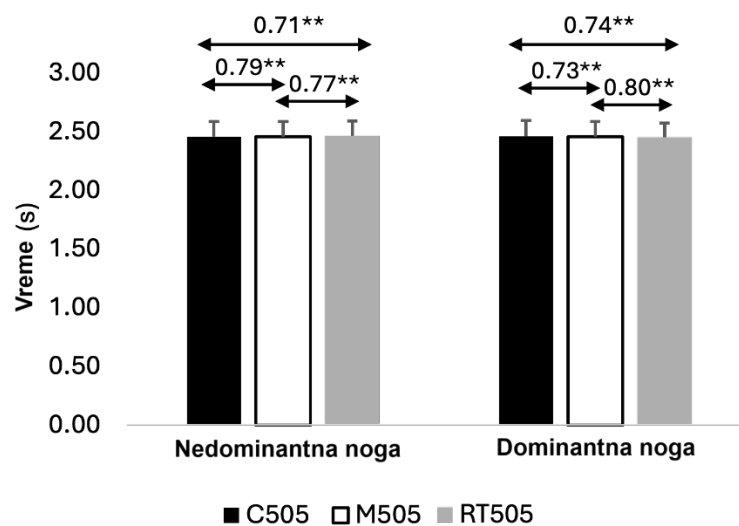
U skladu sa pomoćnom hipotezom H2.1. ispitano je da li su varijable za procenu startnog ubrzanja modificovanog 505 testa validne u poređenju sa istim varijablama procenjenim tokom standardnog testa trčanja na 10 metara.

Rezultati konkurentne validnosti za najčešće korišćenu varijablu vreme na 10m prikazani su grafički na slici 22.

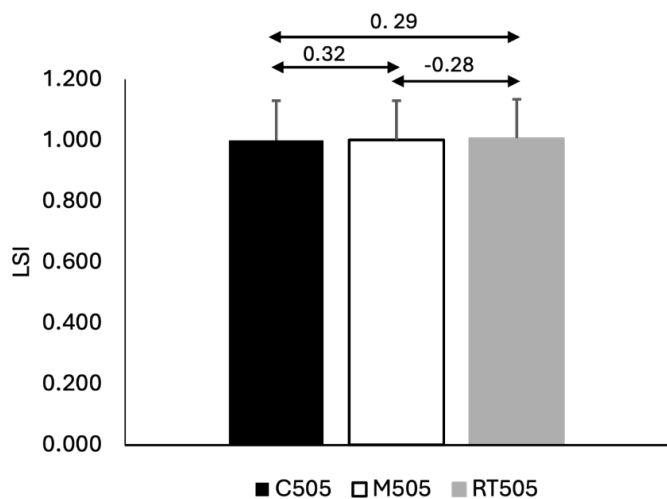


Slika 22. Konkurentna validnost varijable sprint na 10m dobijene iz testa sprint na 10m (S10), modificovanog 505 testa bez reakcije na svetlosni signal (M10m) i modificovanog 505 testa sa reakcijom na svetlosni signal (RT10m). * = značajna korelacija $p < 0.05$; ** značajna korelacija $p < 0.01$; † = značajna razlika $p < 0.05$; ‡ = značajna razlika $p < 0.01$.

U skladu sa pomoćnom hipotezom H2.2. ispitano je da li su varijable za procenu sposobnosti promene pravca kretanja modificovanog 505 testa validne u poređenju sa istim varijablama procenjenim tokom standardnog 505 testa i modificovanog 505 testa bez reakcije na svetlosni signal. Rezultati konkurentne validnosti prikazani su na slikama 23 (za vreme na 505 testu) i 24. (za indeks simetrije).



Slika 23. Konkuretna validnost standardnog 505 testa (C505) i modifikovanog 505 testa bez reakcije na svetlosni signal (M505) i modifikovanog 505 testa sa reakcijom na svetlosni signal (RT505). ** značajna korelacija $p < 0.01$.



Slika 24. Konkuretna validnost indeksa simetrije (LSI) dobijenog iz standardnog 505 testa (C505) i modifikovanog 505 testa bez reakcije na svetlosni signal (M505) i modifikovanog 505 testa sa reakcijom na svetlosni signal (RT505).

6.2 Eksperiment 2

Rezultati drugog eksperimenta pokazuju nivoe pouzdanosti i valdnosti modifikovanog 505 test za procenu vremena reakcije na svetlosni signal, startnog ubrzanja i sposobnosti promene pravca kretanja.

6.2.1 Rezultati osetljivost

Pre ispitivanja osetljivosti samog modifikovanog 505 testa tj., njegovih varijabli, prikazane su morfološke karakteristike i starosna dob ispitanika dve grupe (tabela 9).

Tabela 9. Starosna dob i morfološke karakteristike ispitanika dve grupe.

Varijable	Grupa	Srednja vrednost	Standardna devijacija	T vrednost	Značajnost
Godine	Studenti	18.7	1.05	-1.259	0.220
	Rukometaši	18.1	1.41		
Visina	Studenti	179.9	5.36	1.853	0.076
	Rukometaši	185.3	8.70		
Masa	Studenti	76.8	12.07	1.227	0.232
	Rukometaši	81.7	8.28		

Nisu uočene statistički značajne razlike između 2 grupe ispitanika u starosnoj dobi, kao ni u morfološkim karakteristikama.

U skladu sa pomoćnom hipotezom H3.4. ispitano je da li su varijable za procenu startnog ubrzanja modifikovanog 505 testa osetljive da pokažu razlike između ispitanika različitog nivoa treniranosti kada se u modifikaciji 505 testa ne primenjuje reakcija na svetlosni signal. U tabeli 10 prikazani su deskriptivni pokazatelji, kao i rezultati T-testa za nezavisne uzorke kojim se ispituje značajnost razlika.

Tabela 10. Deskriptivni pokazatelji i razlike između dve grupe ispitanika kod modifikovanog 505 testa bez reakcije na svetlosni signal.

Varijable	Grupa	Srednja vrednost	Standardna devijacija	T vrednost	Značajnost
S5m	Studenti	1.077	0.074	-1.019	0.324
	Rukometaši	1.051	0.045		
L5m	Studenti	0.764	0.051	-2.137	0.046*
	Rukometaši	0.727	0.033		
S10m	Studenti	1.855	0.112	-1.717	0.110
	Rukometaši	1.788	0.059		
Sk5m	Studenti	0.981	0.083	-2.655	0.016*
	Rukometaši	0.906	0.056		
Tk	Studenti	0.523	0.092	0.273	0.787
	Rukometaši	0.532	0.081		
Su5m	Studenti	1.010	0.096	-1.384	0.180
	Rukometaši	0.963	0.072		
S505	Studenti	2.488	0.140	-2.290	0.036*
	Rukometaši	2.385	0.076		
Tu	Studenti	4.320	0.246	-2.225	0.040*
	Rukometaši	4.142	0.140		

Legenda: S5m = sprint na 5 m ; L5m = „leteći“ sprint od 5m do 10 m; S10m = sprint na 10 m; Sk5m = sprint na 5m sa kočenjem; Tk = trajanje kontakta sa podlogom tokom okreta; Su5m = sprint na 5m sa ubrzavanjem; S505 = vreme na 505 testu; Tu = ukupno trajanje testa; * = $p < 0.05$.

Kod većine varijabli modifikovanog 505 testa bez reakcije na svetlosni signal uočavaju se razlike između studenata i rukometaša, gde su rukometaši ostvarili bolji rezultat tj. prešli zadatu deonicu testa za kraće vreme. Statistički značajne razlike na nivou $p < 0.05$ uočene su kod varijabli L5m, Sk5m, S505 i Tu.

U skladu sa pomoćnim hipotezama H3.1., H3.2., i H3.3. ispitano je da li su varijable za procenu vremena reakcije na svetlosni signal, startnog ubrzanja i sposobnosti promene pravca kretanja u modifikovanom 505 osetljive da pokažu razlike između ispitanika različitog nivoa treniranosti. U tabeli 11 prikazani su deskriptivni pokazatelji, kao i rezultati T-testa za nezavisne uzorke kojim se ispituje značajnost razlika.

Tabela 11. Deskriptivni pokazatelji i razlike između dve grupe ispitanika kod modifikovanog 505 testa sa reakcijom na svetlosni signal.

Varijable	Grupa	Srednja vrednost	Standardna devijacija	T vrednost	Značajnost
RT	Studenti	0.618	0.134	0.489	0.629
	Rukometaši	0.638	0.076		
S5m	Studenti	1.139	0.083	-3.025	0.006**
	Rukometaši	1.048	0.068		
L5m	Studenti	0.767	0.055	-1.800	0.084
	Rukometaši	0.735	0.033		
S10m	Studenti	1.907	0.090	-3.370	0.003**
	Rukometaši	1.782	0.087		
Sk5m	Studenti	0.956	0.045	-3.142	0.005**
	Rukometaši	0.893	0.053		
Tk	Studenti	0.584	0.067	-0.702	0.490
	Rukometaši	0.563	0.076		
Su5m	Studenti	0.976	0.093	0.035	0.972
	Rukometaši	0.977	0.129		
S505	Studenti	2.518	0.139	-2.455	0.022*
	Rukometaši	2.406	0.093		
Tu	Studenti	4.424	0.203	-3.666	0.001**
	Rukometaši	4.178	0.147		

Legenda: RT = vreme reakcije; S5m = sprint na 5 m ; L5m = „leteći“ sprint od 5m do 10 m; S10m = sprint na 10 m; Sk5m = sprint na 5m sa kočenjem; Tk = trajanje kontakta sa podlogom tokom okreta; Su5m = sprint na 5m sa ubrzavanjem; S505 = vreme na 505 testu; Tu = ukupno trajanje testa; * = $p < 0.05$.

Kao i u prethodnoj analizi i kod većine varijabli modifikovanog 505 testa sa reakcijom na svetlosni signal uočavaju se razlike između studenata i rukometaša, gde su rukometaši ostvarili bolji rezultat tj. prešli zadatu deonicu testa za kraće vreme. Statistički značajne razlike na nivou $p < 0.01$ uočene su kod varijabli S5m, S10m, Sk5m i Tu, odnosno na nivou $p < 0.05$ za varijablu S505.

7 DISKUSIJA

7.1 Glavni nalazi

Primarni cilj ovog istraživanja odnosio se na procenu metrijskih karakteristika novog modifikovanog 505 testa za procenu vremena reakcije na svetlosni signal, startnog ubrzanja i brzine promene pravca. Kako bi se ispunio glavni cilj, potrebno je bilo ispitati pouzdanost, validnost, i osetljivost modifikovanog 505 testa za procenu vremena reakcije, startnog ubrzanja i promene pravca kretanja, što je sprovedeno kroz dva zasebna eksperimenta.

Uopšteno govoreći, glavni nalaz ovog istraživanja jeste da su potvrđeni pouzdanost, validnost i osetljivost novog modifikovanog 505 testa za procenu vremena reakcije na svetlosni signal, startnog ubrzanja i brzine promene pravca, čime je ispunjen i primarni cilj ovog istraživanja. Ovaj cilj ostvaren je kroz dva eksperimenta sa ukupno 57 ispitanika muškog pola. Time je potvrđena njegova sposobnost da objedini merenja više sposobnosti u jednom protokolu (efekti „objedinjenog testiranja“). Ovakav ishod potvrđuje da je validnost potvrđena, drugim rečima, test meri ono što treba da meri i podržava implikacije da novi protokol može umanjiti vreme testiranja i rizik od povreda, uz veću ekološku relevantnost u specifičnim sportskim situacijama.

Dobijeni rezultati potvrđuju teoretski okvir agilnosti kao kombinacije motoričkih i kognitivnih komponenti (Sheppard & Young, 2006), pokazujući da integrisan protokol može precizno meriti obe dimenzije. Metodološki, ovo istraživanje ističe vrednost standardizacije protokola (npr. standardizovano i temeljno zagrevanje, istovetni uslovi merenja) da bi se minimizovao uticaj eksternih faktora na pouzdanost (Smith et al., 2024). Pragmatično, novi modifikovani test predstavlja sveobuhvatno rešenje: skraćuje ukupno vreme testiranja (menjajući više pojedinačnih testova jednim), smanjuje mogućnost povreda usled umora i istovremeno pruža relevantnije podatke o performansama sportiste. Ovi glavni nalazi doprinose poboljšanju naučne i trenažne prakse u sportu i otvaraju prostor za dalja istraživanja primene i optimizacije kombinovanih testova agilnosti u različitim sportskim populacijama (Friebe et al., 2024).

7.2 Pouzdanost standardnih testova na 10m i 505 testa

Preliminarni nalazi ovog istraživanja potvrđuju pouzdanost dva široko korišćena testa performansi: 10-metarskog sprint testa (sa 5-metarskim intervalima) i standardnog 505 testa promene pravca kretanja. Ovi testovi su u velikoj meri primenjeni u sportskim naučnim istraživanjima i praktičnim procenama sportskih postignuća, sa temeljnim radom Drapera i Lankastera (Draper & Lancaster, 1985) koji su osmislili 505 test kao i dalje validacije autora kao što su Gabet i saradnici (Gabbett et al., 2008). Rezultati trenutne studije, kao što je prikazano u tabelama 1 do 3, u skladu su sa postojećom literaturom, pružajući dalje empirijske dokaze o njihovoj pouzdanosti u merenju ključnih komponenti motoričkih sposobnosti sportista.

Konkretno, test sprinta na 10 metara sa prolaznim vremenima od 5 metara (Tabela 1) pokazao je visoku pouzdanost, sa intraklasnim koeficijentima korelacije (ICC) koji premašuju 0,79 i koeficijentima varijacije (CV) ispod 4% u dva pokušaja. Jedinu izuzetak je bila granična statistički značajna razlika u prvom prolazu na 5 metara, gde je drugi pokušaj bio u proseku brži za 2,2%. Ovo poboljšanje se verovatno može pripisati neuromuskularnoj adaptaciji nakon prvog ispitivanja, uprkos primeni procedura familijarizacije i randomizacije. Prethodna istraživanja (Hopkins, 2000; Impellizzeri & Marcora, 2009) su istakla da su sposobnosti kratkog sprinta, posebno u ranim protokolima testiranja, osetljive na kvalitet zagrevanja i neuronsku aktivaciju specifičnu za zadatak, što može objasniti uočenu razliku. Bez obzira na to, odsustvo značajnih razlika u drugim 5 metara i

ukupnim rezultatima na 10 metara sugerise da test zadržava visoku pouzdanost i da je pogodan za ponovljena merenja. Dakle, iako početna razlika sugerise blagi efekat učenja, krajnji rezultati na 10 m su statistički uporedivi, potvrđujući da se test može koristiti za ponovljena merenja sportiste istog dana bez značajne pojave umora. Ovi rezultati odražavaju uobičajena iskustva trenera gde se pouzdanost osnovnih sprint testiranja zadržava ukoliko su protokoli zagrevanja i procedura ispoštovani (Westheim et al., 2023). Time se potvrđuje i zaključak drugih autora da su kratki sprint testovi u kontrolisanim uslovima generalno vrlo pouzdani (Osborne et al., 2025) ($ICC=0,82-0,94$).

Prilikom uvođenja kognitivne komponente – konkretno, zahteva da se reaguje na svetlosni stimulus – isti test sprinta na 10 metara održao je visoku pouzdanost. Sve četiri izmerene varijable (Tabela 2) su pokazale ICC vrednosti veće od 0,82 i CV ispod 4%, što ukazuje na sveobuhvatnu konzistentnost merenja. Ovo podržava prethodne nalaze (Lockie et al., 2011), koji je pokazao da reaktivni sprint testovi koji uključuju stimulse zasnovane na svetlosti mogu postići visoku pouzdanost, uprkos inherentnoj varijabilnosti perceptivno-motoričkih zadataka. Ipak, čak i uvođenjem stimulusa, pouzdanost modifikovanog sprinta ostala je visoka, što se poklapa sa savremenim standardima: Westheim i saradnici su kod sličnih testova brzine promene pravca kretanja dobili da veliki broj varijabli imaju $ICC \geq 0,75$ i $CV < 10\%$ (Westheim et al., 2023). Drugim rečima, sprintevi uz zadati stimulus, iako uvode kognitivno opterećenje, nisu ugrozili preciznost merenja osnovne brzine – što je u skladu sa našom tezom da fizički i perceptivni elementi mogu koegzistirati u jednako pouzdanom testu (Inglis & Bird, 2016).

Međutim, sama varijabla vremena reakcije (RT) pokazala je nešto manju pouzdanost ($ICC = 0,79$, $CV = 7,5\%$), što je u skladu sa zapažanjima prethodnih studija (Spasic et al., 2015), napominjući da zadaci kognitivno-motoričkog odgovora prirodno pokazuju veću varijabilnost između ispitivanja zbog fluktuacija pažnje i procesa donošenja odluka. Ipak, ove vrednosti i dalje spadaju u prihvatljive granice (Atkinson & Nevill, 1998) i potvrđuju praktičnu upotrebu sprint testova koji uključuju vreme reakcije u realnim, ekološki validnim sportskim okruženjima. Sa aspekta prakse, uključivanje merenja vremena reakcije u procenu sprinta povećava ekološku validnost protokola testiranja. Tradicionalni sprint testovi obično procenjuju izolovane motoričke sposobnosti, dok sportisti u realnim sportskim situacijama zahtevaju brze odgovore na nepredvidive stimulse (Sheppard & Young, 2006). Stoga su testovi koji integrišu perceptivno-kognitivne izazove reprezentativniji za specifične zahteve sporta, posebno u invazivnim sportovima (npr. fudbal, košarka, ragbi, rukomet) gde je reaktivna agilnost ključna (Gabbett & Benton, 2009; Young et al., 2015).

Standardni 505 test, u skladu sa prethodnim studijama (Clarke et al., 2020; Sayers, 2015), takođe je pokazao zadovoljavajuću pouzdanost u ovom istraživanju. Konkretno, test je dao ICC vrednosti veće od 0,7 i CV od približno 3% (Tabela 3). Ovi nalazi su u skladu sa originalnim radom (Draper & Lancaster, 1985) i ponovo su potvrđeni u novijim preglednim studijama, kao što su (Taylor et al., 2017), koji izveštavaju o sličnim pokazateljima pouzdanosti za 505 test za različite sportske populacije. Odsustvo statistički značajnih razlika između ispitivanja dodatno podržava sveobuhvatnu ponovljivost testa.

Praktična korisnost testa 505 leži u njegovom kapacitetu da proceni sposobnost sportiste da brzo usporava, menja pravac i ponovo ubrzava, što su suštinske komponente performansi u sportovima gde dominiraju kompleksne kretnje (Nimphius et al., 2016). S obzirom na složenu interakciju ekscentrične snage, neuromuskularne kontrole i tehnike pokreta uključenih u zadatke promene pravca kretanja (Jones et al., 2009), konzistentnost 505 rezultata testa u ponovljenim merama naglašava njegovu pogodnost za praćenje napretka u motoričkim sposobnostima tokom vremena.

Iz metodološke perspektive, ovi nalazi naglašavaju važnost standardizovanih protokola testiranja kako bi se osigurala pouzdanost merenja. Faktori kao što su procedure zagrevanja, prostor na kome se izvodi testiranja i upoznavanje sa zadacima moraju biti rigorozno kontrolisani da bi se smanjili

spoljni izvori varijabiliteta (Hopkins, 2000). U sprovedenoj studiji, uprkos rigoroznim merama kontrole, blago poboljšanje tokom ponovljenih merenja primećeno u prvom segmentu sprinta od 5 metara naglašava osetljivost kratkih sprinteva na neuromišićnu spremnost (Brughelli et al., 2008). Takođe, iz metodološke perspektive, ovi rezultati podstiču upotrebu ujednačenih procedura u svakom ponavljanju testa kako bi se obezbedio maksimalan stepen pouzdanosti.

Implikacije ovih nalaza o pouzdanosti šire se izvan konteksta istraživanja i u primenu u praksi. Treneri, praktičari i sportski naučnici se oslanjaju na ove testove za identifikaciju talenata, praćenje razvoja sposobnosti i procenu efekata treninga. Pouzdani testovi omogućavaju trenerima/praktičarima da sa sigurnošću otkriju značajne promene u razvoju određenih sposobnosti, praveći razliku između stvarnih poboljšanja i tzv. „šuma“ u merenjima (Bishop et al., 2003). Štaviše, dokazana pouzdanost sprint testova koji uključuju vreme reakcije ide u prilog njihovoj široj primeni, s obzirom na njihovu relevantnost za zahteve specifične za sportsku igru. Takođe važno je naglasiti da, iako vreme reakcije uvodi veću varijabilnost u poređenju sa pojedinačnim varijablama sprinta, njegovo uključivanje ne podriva ukupnu pouzdanost testa. Umesto toga, on pruža holističku procenu perceptivno-kognitivne i fizičke integracije sposobnosti sportiste, koja je ključna za ispoljavanje sposobnosti u situacijama reaktivne agilnosti (Serpell et al., 2011). Nalazi podržavaju i savremene preporuke da testove brzine i promene pravca učinimo bogatijim sa kognitivnim stimulansima (Osborne et al., 2025) kako bi se bolje simulirali zahtevi sporta, bez gubitka preciznosti merenja.

Na kraju, ispitivanje pouzdanosti potvrđuje visoku pouzdanost testova sprinta na 10 metara (sa i bez elemenata vremena reakcije) i standardnog 505 testa, usklađujući se sa postojećom literaturom i pružajući dalju podršku za njihovu upotrebu u istraživačkim i primenjenim sportskim situacijama. Nalazi podržavaju integraciju kognitivnih stimulusa u testove fizičkih performansi kako bi se bolje simulirali zahtevi specifični za sport bez ugrožavanja preciznosti merenja.

7.3 Pouzdanost modifikovanog 505 testa bez vremena reakcije

Modifikovani protokol 505 testa bez vremena reakcije su zadržali pouzdanost uporedivu sa standardnim testovima, uz diskretno bolje pokazatelje pouzdanosti ($ICC = 0,74 - 0,91$). Vremena ostvarena praćenjem varijabli starta i startnog ubrzanja su bila konzistentna u ispitivanjima i za dominantnu i za nedominantnu nogu (Tabele 4 i 5), podržavajući tako primenu ovih varijabli kroz jedan protokol tj. test. Dugdale i saradnici (Dugdale et al., 2020) dobili su ICC 0,84–0,89 (CV do 5,3%) za 505 test kod mladih fudbalera, dok bi kod neiskusnijih sportista manja automatizacija pokreta mogla povećati varijabilnost. Takođe, u ovom istraživanju nije procenjena objektivnost, odnosno, da li različiti merioci dobijaju iste rezultate, što bi trebalo proveriti u budućim istraživanjima. Slično tome, u tenisu su Sinković i saradnici dokazali visoku pouzdanost za unapred određene zadatke agilnosti ($ICC=0,86-0,90$) (Sinkovic et al., 2022). Ovo smanjuje potrebu za višestrukim procenama, štedi vreme i smanjuje umor uz očuvanje dijagnostičke tačnosti. Štaviše, ovo merenje više varijabli u jednom testu omogućava trenerima da prilagode programe treninga specifičnim potrebama sportiste. Na primer, ako je vreme na 10 m sporo, sportista treba da se fokusira na vežbe ubrzanja, dok, ako je na 10 m brz, ali je ukupno vreme testa sporo, sportista treba da se fokusira na tehnike promene pravca kretanja ili vežbe stabilnosti trupa.

Što se tiče pojedinačnih varijabli većina varijabli i kod okreta dominantnom i nedominantnom nogom je pokazala visok nivo pouzdanosti. Uočavaju se sitna odstupanja, poput nešto nižeg ICC -a i značajnih razlika između pokušaja kod varijable S5m. Jedan od mogućih razloga jeste činjenica da ispitanici često prilikom starta mogu rukom preseći snop foto-čelije, te ranije startovati vreme. Stoga merioci moraju obratiti pažnju na ovaj detalj prilikom testiranja i u slučaju da to primete da ponove

pokušaj. Takođe, varijable koje potencijalno mogu imati nižu pouzdanost ukoliko se testiranje ne sprovede tehnički precizno su i Tk i varijable neposredno pre i posle trajanja kontakta:

1. Prvi potencijalni razlog je samo postavljanje stopala koje ukoliko je pod većim uglom ili dođe do proklizavanja, može dati duže trajanje kontakta sa podlogom.
2. Drugi potencijalni razlog je taj što može doći do pomeranja kontaktne podloge. Predlaže se da se kontaktna platforma pričvrsti na tlo kako se ne bi pomerala. To se može učiniti lepljenjem ili drugim vidom učvršćivanja. Osim toga, ukoliko se testiranje radi na parketu, moguća su ugibanja samog parketa na mestu okreta, pa je potrebno pronaći delove hale gde je parket čvršći i nema ugibanja.
3. Tehnički aspekt na primer, bolji izbor položaja stopala za okret, kao i povećanu efikasnost otpora u početnom sprintu, koji se poboljšavaju sa većim brojem ponavljanja. Slični efekti adaptacije opisani su i u literaturi (Dai et al., 2015; Tous-Fajardo et al., 2016) i sugerišu da istrenirani sportisti brzo usvajaju optimalne pokrete u 505 protokolu. Međutim, promenljive koje mere simetriju (skočni indeks simetrije) pokazale su znatno niže ICC ($<0,6$) i visok CV ($>10\%$), što potvrđuje zaključke (Ripley et al., 2023) da bilateralna merenja imaju inherentno visoku varijabilnost. Drugim rečima, metrika simetrije se ne prenosi dosledno između ponovljenih merenja, verovatno zbog promenljivog kontakta sa podlogom i tehničkih fluktuacija (Bishop et al., 2018; Exell et al., 2012).

Razdvajanje ukupnog vremena 505 testa na specifične i funkcionalno relevantne varijable – kao što su vreme kočenja (Sk5m), trajanje kontakta sa podlogom (Tk) i vreme ponovnog ubrzanja nakon promene pravca (Su5m) – omogućava trenerima i sportskim naučnicima da dizajniraju preciznije i individualizovane modele treninga. Ovaj analitički pristup pruža dublji uvid u različite neuromišićne i biomehaničke komponente sposobnosti promene pravca kretanja, prevazilazeći opšte procene zasnovane na merenju ukupnog trajanja testa (Dos' Santos et al., 2018; Nimphius et al., 2018).

Na primer, duže vreme varijable Sk5m često ukazuju na nedovoljnu ekscentričnu jačinu mišića i sposobnost kočenja, koje su ključne za efikasno usporavanje koje prethodi promenama pravca kretanja. Loša mehanika kočenja ne samo da narušava motoričke sposobnosti sportiste već i povećava rizik od povreda, posebno prednjeg ukrštenog ligamenta (Dai et al., 2015). Pokazalo se da ciljane vežbe za ekscentrični rad mišića, kao što su „Nordijska fleksija kolena“, ekscentrični čučnjevi ili trening snage sa otporom zamajca, povećavaju snagu kočenja i smanjuju incidencu povreda (Tous-Fajardo et al., 2016).

Povećano vreme kontakta sa tlom (Tk) može ukazivati na slabije korišćenje ciklusa istežanja-skraćenja mišića (eng. Stretch shortening cycle – SSC), što dovodi do smanjene reaktivne snage i sporije promene pravca kretanja. Dokazano je da uključivanje pliometrijskih vežbi – kao što su skokovi u dubinu, skokovi preko prepona i sl., – poboljšava efikasnost SSC i smanjuje vreme kontakta sa tlom, što dovodi do bolje sposobnosti promene pravca kretanja (Meylan & Malatesta, 2009; Ramirez-Campillo et al., 2018).

Duže trajanje ubrzanja nakon kontakta sa tlom i okreta (varijable Su5m) naglašava potencijalni deficit koncentrične jačine mišića, posebno u ekstenzorima kuka, kolena i skočnog zgloba. Jačanje ovih mišićnih grupa kroz trening jačine sa velikim opterećenjem, olimpijska dizanja i vežbe sprinta sa otporom je od suštinskog značaja za povećanje kapaciteta ponovnog ubrzanja nakon promene pravca kretanja (Seitz et al., 2014; Suchomel et al., 2016).

Na kraju, pokazalo se da je varijabla Tu (ukupno trajanje testa) pouzdana sveobuhvatna varijabla, koja obuhvata i ubrzanje i sposobnost promene pravca kretanja u jednom testu. Ovo je u skladu sa prethodnim studijama koje su prvi put koristile ovu varijablu (Inglis & Bird, 2016; Nimphius et al., 2016), naglašavajući praktičnost integrisanih varijabli za upotrebu u sportskim aktivnostima visokog intenziteta. To ovaj modifikovani 505 test čini vrednim alatom za pojednostavljenje procene sposobnosti promene pravca kretanja bez ugrožavanja preciznosti merenja.

7.4 Pouzdanost modifikovanog 505 testa sa vremenom reakcije

Slično nalazima uočenim u modifikovanom testu 505 bez reakcije na svetlosni signal, dodavanje komponente vremena reakcije u ovoj, konačnoj varijaciji testa, održalo je visok nivo pouzdanosti u većini merenih varijabli. Vrednosti ICC kretali su se u rasponu od 0,65 do 0,91, što ukazuje na raspon od dobre do odlične pouzdanosti u zavisnosti od procenjene varijable, što je u skladu sa dosada utvrđenim normativima za terenske testove motoričkih sposobnosti (Hopkins, 2000; Koo & Li, 2016). Vremena ostvarena praćenjem varijabli starta i startnog ubrzanja su bila konzistentna u ispitivanjima i za dominantnu i za nedominantnu noge (tabele 6 i 7), podržavajući tako primenu ovih varijabli kroz jedan protokol tj. to smanjuje potrebu za višestrukim testovima, štedi vreme, smanjuje umor sportista i pojednostavljuje proces testiranja uz održavanje tačnosti merenja (Lockie et al., 2013). Ovakve vrednosti su i u skladu sa dosadašnjim rezultatima dobijenim u sličnim istraživanjima koja su već spomenuta u ovom radu (Westheim et al., 2023) ($ICC \geq 0,75$ i $CV < 10\%$ smatraju se prihvatljivim u sportskim testovima). Drugi način gledanja je da se uvođenje reagovanja na signal nije drastično smanjila pouzdanost osnovnih varijabli sprinta i okreta. Slično zapažanje beleži se kod istih autora literaturi za druge testove brzine promene pravca kretanja (Westheim et al., 2023). Kao što se očekivalo, vreme reakcije samo po sebi ima veću varijabilnost, budući da su perceptivni i motorički procesi podložni promeni pažnje i brzini odluke.

Uključivanje vremena reakcije u modifikovani 505 test unelo je važnu kognitivno-perceptivnu dimenziju, koja oslikava ekološki validne sportske scenarije gde se od sportista zahteva da reaguju na nepredvidive stimuluse (Young & Rogers, 2014). Nije iznenađujuće da je uključivanje vizuelnog svetlosnog signala dovelo do nešto sporijeg ukupnog vremena trajanja testa i vremena potrebnog za promenu pravca kretanja u poređenju sa tradicionalnim, unapred planiranim protokolima. Ovo je u skladu sa nalazima istraživanja reaktivne agilnosti koji pokazuju da dodavanje perceptivnih komponenti poput svetlosti ili zvučnih stimulusa povećava složenost zadatka, odlaže početak pokreta i može uticati na njegovu efikasnost (Sayers, 2015; Serpell et al., 2011). Ovo usporavanje vremena sprinta i blago povećanje varijabilnosti primećeno u verziji testa 505 sa vremenom reakcije naglašava dodatni neuromotorni zahtev za obradu i reagovanje na stimulus, koji uključuje pažnju, donošenje odluka i procese izvršenja akcije (Gabbett & Benton, 2009; Young & Willey, 2010).

Uvođenje reaktivnih elemenata u test agilnosti nije nešto što je ova studija osmislila. Naime, niz ranijih studija je pokazalo da dodavanje perceptivnih zadataka blago smanjuje pouzdanost, ali značajno povećava validnost testova procenu promene pravca kretanja (Nimphius et al., 2016). Na primer, Sinković i saradnici su u tenisu dobili $ICC = 0,74-0,82$ za testove reaktivne agilnosti, u poređenju sa $\sim 0,86-0,90$ za unapred planirane varijable (Sinkovic et al., 2022). Slično tome, Elferink-Gemser i saradnici u fudbalu (Elferink-Gemser et al., 2012), ili Pojskic i saradnici u košarci (Pojskic et al., 2018), ukazali su na nešto veći CV kod testova sa odlukom naspram standardnih sprint-promena pravca zadataka (npr. $IC = 0,7-0,9$). Ove studije podržavaju ideju da je razlika u pouzdanosti kompromis za višedimenzionalniji test.

Uprkos neznatno povećanoj varijabilnosti svojstvenoj testovima sa reaktivnim komponentama, prednosti integrisanja perceptivnih elemenata u procene agilnosti su široko priznate, posebno u kontekstu sportskih postignuća, gde sportisti moraju često da reaguju na protivnike, saigrače ili znake

vezane za igru u kratkom vremenskom periodu i pod velikim psihološkim pritiskom (Nimphius et al., 2016; Sheppard & Young, 2006). Shodno tome, modifikovani 505 test sa vremenom reakcije nudi poboljšanu ekološku validnost i može poslužiti kao reprezentativniji pokazatelj reaktivnog kapaciteta sportiste (Gabbett et al., 2008). Iz svega navedenog se može zaključiti da treneri i sportski naučnici imaju velikog interesa da unaprede tradicionalne testove promene pravca kretanja u testiranje reaktivne agilnosti kako bi dobili potpuniji profil motoričkih sposobnosti sportiste, uključujući i kognitivne sposobnosti.

Štaviše, uključivanje indeksa simetrije u sve protokole pružilo je dodatni uvid u asimetrije ekstremiteta tokom zadataka promene pravca kretanja. Iako je pouzdanost indeksa simetrije ostala niža od pouzdanosti primarnih varijabli modifikovanog 505 testa (Tabela 8), ovo je uobičajen nalaz u istraživanju asimetrije, gde suptilne varijacije unutar subjekta često dovode do nižih vrednosti ICC i CV (Bishop et al., 2018). Ipak, uočeni uski opseg vrednosti indeksa simetrije (0,99–1,01) sugerise njegovu korisnost u otkrivanju malih, ali potencijalno značajnih asimetrija. Ove asimetrije mogu odražavati neuromišićne neravnoteže ili biomehaničke razlike koje mogu uticati i na efikasnost sposobnosti sportiste i na rizik od povreda (Exell et al., 2012; Fort-Vanmeerhaeghe et al., 2023). Praćenje indeksa simetrije u kombinaciji sa prolaznim vremenima na 505 testu može pomoći trenerima i sportskim naučnicima da identifikuju sportiste koji bi mogli imati koristi od individualizovanih korektivnih programa ili programa jačanja koji imaju za cilj obnavljanje bilateralne ravnoteže, potencijalno poboljšanje performansi promene pravca kretanja i smanjenje rizika od povreda (Bishop et al., 2018; Dos' Santos et al., 2020).

Ukratko, modifikovani 505 test sa vremenom reakcije pokazao je prihvatljivu pouzdanost u svim ključnim varijablama, dodajući vredne perceptivno-motoričke zahteve koji povećavaju njegovu relevantnost za realne sportske situacije. Uprkos umerenom smanjenju pouzdanosti za određene varijable, poboljšana ekološka validnost, u kombinaciji sa sposobnošću praćenja indeksa simetrije, podržava korisnost ovog testa kao sveobuhvatnog alata za procenu reaktivnih sposobnosti, ubrzanja i brzine promene pravca kretanja kod sportista u različitim sportskim disciplinama.

7.5 Validnost modifikovanog 505 testa sa i bez vremena reakcije

Konkurentna validnost modifikovanih 505 testova, i sa i bez dodane komponente vremena reakcije na svetlosni signal ispitana je u ovom istraživanju kako bi se utvrdilo da li primenjene adaptacije ovog testa mogu poslužiti kao validna alternativa standardnim procenama sprinta i promene pravca kretanja. Analiza je pokazala da su ključne varijable, izdvojene iz obe verzije modifikovanog 505 testa, blisko usklađene sa onima dobijenim u pojedinačnim testovima, kao što su samostalni sprint testovi na 10 metara i tradicionalni 505 test.

Konkretno, rezultati sprinta na 5m i 10m dobijeni u okviru modifikovanih 505 protokola pokazali su umerene do visoke i statistički značajne korelacije (r vrednosti u rasponu od 0,66 do 0,89) sa vremenom sprinta merenim u pojedinačnim sprint testovima (videti sliku 22). Ovi nalazi podržavaju validnost korišćenja modifikovanog 505 testa za procenu sposobnosti starta i startnog ubrzanja. Ovi rezultati su u skladu sa prethodnim istraživanjima koja naglašavaju važnost varijabli sprinta na kratkim deonicama kao pouzdanih pokazatelja snage donjeg dela tela i sposobnosti ubrzanja kod sportista (Lockie et al., 2013). Ovi nalazi se poklapaju sa ranijim istraživanjima (Lockie et al., 2013; Sheppard & Young, 2006) naglasili su da su kraći sprintovi na 5–10 m pouzdani indikatori snage nogu i sposobnosti ubrzanja kod igrača. Primetna je takođe visoka korelacija sprinteva iz verzija testa sa i bez reakcije (za obe noge), što dalje sugerise da fizički aspekti starta nisu narušeni uvođenjem dodatnog impulsa tj. obe verzije mere vrlo slične kvalitete eksplozivnosti.

Štaviše, ovi pokazatelji su pokazali snažnu međukorelaciju između dve varijante testa — onih sa i bez reaktivne komponente — što ukazuje da obe verzije testa obuhvataju slične osnovne kvalitete starta i startnog i ubrzanja. Ovo je posebno vredno u kontekstu sporta, gde će treneri i praktičari možda morati da menjaju reaktivne i nereaktivne formate 505 testa u zavisnosti od faze treninga, oporavka ili fokusa sportiste (Nimphius et al., 2016; Sheppard & Young, 2006).

Pored vremena sprinta, varijabla S505, koja predstavlja vreme za završetak segmenta promene pravca kretanja u testu 505, takođe je pokazala umerene do visoke i statistički značajne korelacije u svim konfiguracijama testa (Slika 23). Takođe, S505 vremena izvedena iz standardnog 505 testa je u visoko korelira sa onima dobijenim iz obe modifikovane verzije, potvrđujući da su suštinski kvaliteti sposobnosti promene pravca zadržani u obe adaptacije testa. S tim u vezi, ovi nalazi dodatno potvrđuju konkurentnu validnost modifikovanih 505 testova. Važno je da uključivanje reaktivnog stimulusa u jednu verziju testa nije značajno ugrozilo validnost S505 merenja, što sugerise da ova varijabla ostaje sveobuhvatna i prenosiva kroz razne formate testa. Ovakva fleksibilnost omogućava praktičarima da odaberu verziju testa koja najbolje odgovara njihovim ciljevima – koristeći reaktivni format za naglašavanje perceptivno-motoričkih sposobnosti, ili nereaktivni format za više kontrolisane procene fizičkih sposobnosti promene pravca kretanja (Gabbett et al., 2008; Orjalo et al., 2020). Studije kao što su one koje su sprovedi (Gabbett et al., 2008; Nimphius et al., 2016) takođe su identifikovale S505 kao pouzdan i validan indikator agilnosti i sposobnosti brzog zaustavljanja i pokretanja u suprotnom pravcu, što je posebno važno u kontekstu sportova kao što su rukomet, fudbal i košarka. Ovakvi nalazi podržavaju koncept testne ekvivalencije, koji je istaknut i u radu Orjalo i saradnici (Orjalo et al., 2020) gde se navodi da adaptacije testova, ukoliko su pravilno dizajnirani, mogu da sačuvaju merni značaj osnovnih varijabli i omoguće uporedivost rezultata. Ovakvi rezultati su u skladu sa istraživanjima (Sayers, 2015; Young & Willey, 2010) koji su naglasili važnost integracije perceptivno-motornih elemenata u testovima agilnosti, bez kompromitovanja osnovnih mernih karakteristika.

Međutim, kao što je takođe primećeno u analizi pouzdanosti, varijabla indeksa simetrije je dosledno pokazivala nizak nivo validnosti u svim korelacijama (Slika 24). Konkretno, korelacije indeksa simetrije između standardnog 505 testa i obe modifikovane verzije bile su slabe i nisu statistički značajne, što ukazuje da se ova mera ne prenosi dobro između različitih formata testa. Indeks simetrije, koji upoređuje sposobnosti između dominantne i nedominantne noge, može biti osetljiv na suptilne promene u izvršenju zadatka, tehnici okretanja ili čak kontaktu sa podlogom. Takve varijacije specifične za kontekst ovog testa mogu rezultirati lošom korelacijom između različitih formata testa, posebno kada se dodaju komponente vremena reakcije (Bishop et al., 2018; Exell et al., 2012). Štaviše, poznato je da indeksi simetrije imaju nižu pouzdanost generalno zbog složene varijabilnosti bilateralnih metrika učinka (Ripley et al., 2023). Takođe, studije poput one koje su sprovedi Bell i saradnici (Bell et al., 2008) pokazale su da pouzdanost bilateralnih asimetrijskih pokazatelja zavisi od specifičnosti zadatka, uslova merenja i populacije ispitanika. U tom smislu, niska validnost simetrijskog indeksa između različitih formata testa može biti posledica različitih neuro-mišićnih adaptacija koje dolaze do izražaja u zavisnosti od zadatka, a ne nužno slabosti samog indeksa. Iako indeks simetrije može i dalje imati dijagnostičku vrednost za poređenja unutar testa ili longitudinalno praćenje, njegovoj upotrebi kao komparativne varijable u različitim tipovima testova treba pristupiti sa oprezom.

Na kraju treba istaći da trenutni nalazi potvrđuju validnost varijabli sprinta i promene pravca kretanja dobijenih putem modifikovanih 505 testova, sa i bez komponente vremena reakcije, u poređenju sa standardnim testovima. Ovi rezultati podržavaju njihovu primenu u sportskoj praksi, nudeći raznovrsne alate koji se mogu prilagoditi različitim potrebama testiranja uz održavanje preciznosti merenja. Dobijene korelacije između različitih formata testova, posebno za sprint i varijablu S505, pojačavaju korisnost modifikovanih testova u proceni motoričkih sposobnosti sportista. Nasuprot tome, dok indeks simetrije još uvek može da pruži uvid u neravnoteže

ekstremiteta, njegova nedosledna validnost u svim tipovima testova sugerise da bi trebalo da se koristi kao dopunska, a ne primarna varijabla. Sve u svemu, modifikovani 505 testovi su validni kao odgovarajući alati za procenu motoričkih i kognitivnih sposobnosti, proširujući metodološki repertoar za trenere, sportske naučnike i druge sportske radnike (Gabbett et al., 2008; Nimphius et al., 2016; Orjalo et al., 2020).

7.6 Osetljivost modifikovanog 505 testa sa i bez vremena reakcije

Ispitivanje osetljivosti modifikovanih 505 testova sa i bez vremena reakcije na svetlosni signal pokazalo je da su varijable dobijene iz ovih modifikovanih testova osetljive da uoče razlike između dve grupe ispitanika različitog nivoa treniranosti (fizički aktivnih studenata i sportista – rukometaša). Rezultati su pokazali da su obe verzije testa dovoljno osetljive da razlikuju sportiste i nesportiste u nekoliko ključnih varijabli oba testa.

U modifikovanom testu 505 bez komponente reakcije na svetlosni signal, uočene su statistički značajne razlike ($p < 0,05$) između studenata i rukometaša za varijable L5m, Sk5m, S505 i Tu, kao što je prikazano u tabeli 10. Ovi nalazi su u skladu sa prethodnim studijama koje su dosledno pokazale da sportisti, posebno oni koji se bave timskim sportovima kao što je rukomet, poseduju bolje sposobnosti ubrzanja, brzine i promene pravca kretanja u poređenju sa nesportistima (Little & Williams, 2005; Popowczak et al., 2016). Ove sposobnosti su ključne u sportovima u kojima dominiraju brze kretnje u više pravaca i usavršavaju se kroz treninge specifične za sport, uključujući vežbe koje naglašavaju agilnost, reakciju i brzu proizvodnju sile donjih ekstremiteta. Studija Sauls i Dabbs-a ispitivala je razlike u agilnosti, balansu i vertikalnom skoku između muških koledž fudbalera (NCAA Divizija II) i fudbalera rekreativaca (Sauls & Dabbs, 2017). Rezultati su pokazali da su koledž fudbaleri imali značajno bolje performanse u agilnosti i vertikalnom skoku u poređenju sa rekreativnim igračima, dok nije bilo značajnih razlika u balansu. Ovo sugerise da viši nivo treniranosti doprinosi boljoj agilnosti i eksplozivnoj snazi. Trajković i saradnici su istraživali kako reaktivna agilnost može razlikovati nivoe kvaliteta kod fudbalera adolescenata (Trajković et al., 2020). Rezultati su pokazali da su elitni igrači imali značajno brže vreme reakcije u testovima reaktivne agilnosti sa živim protivnikom u poređenju sa sub-elitnim i amaterskim igračima. Ovo ukazuje na važnost perceptivno-motoričkih sposobnosti u razlikovanju nivoa treniranosti. Na kraju, García-Unanue i saradnici su istraživali neuromišićni odgovor na testove agilnosti i ponovljenih sprintova kod vrhunskih i amaterskih futsal igrača (García-Unanue et al., 2020). Vrhunski igrači su pokazali bolje performanse u testovima agilnosti i sprinta, ali nisu primećene značajne razlike u kontraktilnim svojstvima mišića između grupa. Ovo sugerise da viši nivo performansi kod elitnih igrača može biti rezultat drugih faktora, poput tehničke i taktičke pripreme.

Vredi napomenuti da studenti koji su uključeni u studiju nisu bili sedenterni pojedinci, već fizički aktivni i po uzrastu su odgovarali rukometašima (videti tabelu 9). Ovo čini uočene razlike još značajnijim, jer je modifikovani 505 test i dalje bio dovoljno osetljiv da otkrije suptilne razlike u sposobnostima čak i među uporedivo aktivnim mlađim odraslim osobama. Slični nalazi su dokumentovani u literaturi, gde su sportisti višeg nivoa treniranosti, naročito oni iz sportova koji zahtevaju česte promene pravca i visok nivo perceptivno-motoričke integracije, poput rukometa, fudbala ili košarke, pokazivali bolje performanse na testovima agilnosti u poređenju sa rekreativno aktivnim osobama ili studentima fizičkog vaspitanja (Brughelli et al., 2008; Hachana et al., 2014). Na primer, Gabbett i saradnici (Gabbett et al., 2008) ističu da profesionalni sportisti ne samo da imaju veću brzinu u linearnim sprintovima, već i brže i efikasnije reaguju na zadatke koji zahtevaju naglu promenu pravca kretanja, zahvaljujući superiornijim neuromišićnim i biomehaničkim sposobnostima. Takođe, istraživanje koje su sprovedi Spiteri i saradnici (Spiteri et al., 2014) pokazalo je da viši nivo treniranosti podrazumeva i bolju sposobnost brzog kočenja i ubrzanja, što je ključni element kod testova poput 505. Ova razlika može biti izraženija čak i kada se porede fizički aktivni

studenti i elitni sportisti, jer struktura, učestalost i specifičnost treninga igraju ključnu ulogu u razvoju agilnosti. U nekim varijablama, iako su sportisti i dalje pokazivali bolje srednje vrednosti rezultata, nedostatak statističke značajnosti mogao bi se pripisati visokoj inter-individualnoj varijabilnosti ili ograničenjima veličine uzorka, a ne stvarnom odsustvu razlike. Ipak, ukupni obrazac podržava zaključak da ova verzija modifikovanog 505 testa poseduje adekvatnu osetljivost za razlikovanje između grupa različitog nivoa treniranosti.

Sličan trend je primećen u modifikovanom 505 testu sa uključivanjem komponente vremena reakcije pokrenute svetlosnim signalom (Tabela 11) gde je ispitivanje osetljivosti pokazalo da su varijable dovoljno osetljive da uoče razlike između dve grupe ispitanika različitog nivoa treniranost. Kao i u prethodnoj analizi i kod većine varijabli modifikovanog 505 testa sa reakcijom na svetlosni signal uočavaju se razlike između studenata i rukometaša, gde su rukometaši ostvarili bolji rezultat tj. prešli zadatu deonicu testa za kraće vreme. Statistički značajne razlike na nivou $p < 0,01$ uočene su kod varijabli S5m, S10m, Sk5m i Tu, odnosno na nivou $p < 0,05$ za varijablu S505. Slično tome, Pojskic i saradnici su pokazali da stariji juniori (U19) postižu bolje rezultate u standardnim i reaktivnim testovima agilnosti od mlađih juniora (U17) (Pojskic et al., 2018) to potvrđuje vrednost uključivanja reaktivnih mera pri proceni sposobnosti igrača. U ragbiju, Gabbet i saradnici (Gabbett et al., 2008) nisu našli značajne razlike kod testova brzine promene pravca između prvoligaša i drugoligaša, ali su upravo testovi koji uključuju perceptivni zadatak razlikovali veštije igrače. Ovo pokazuje da standardni testovi brzine promene pravca kretanja (poput 505 testa) mere fizičku brzinu promene pravca, dok samo reaktivni testovi otkrivaju razlike u veštini i odlučivanju. Ovi nalazi sugerišu da dodavanje reaktivne komponente testu može poboljšati njegovu sposobnost da otkrije suptilne, ali značajne razlike u motoričkim sposobnostima, posebno u varijablama koje integrišu perceptivne i kognitivne elemente.

Uočljivo je da su veće razlike (nivo $p < 0,01$) uočeni u modifikovanom 505 testu sa reakcijom na svetlosni signal. Takođe, zanimljivo je da uprkos kognitivnom opterećenju koje je uneo svetlosni signal, nisu primećene značajne razlike u samom vremenu reakcije između grupa. Ovo je u suprotnosti sa ranijim istraživanjima vremena reakcije u realnim sportskim situacijama (Milic et al., 2020; Mudric et al., 2015; Tomic et al., 2021). Jedno od mogućih objašnjenja za ovu neslaganje je da je vreme reakcije u ovom testu bilo relativno izolovano (tačnije odnosi se na prosto vreme reakcije) i da nije pod uticajem specifične sportske situacije. Kako su pored rukometaša ispitanici bili i aktivni studenti fakulteta sporta, može se pretpostaviti da su obe grupe bile upoznate sa okruženjem za testiranje (start iz mesta na signal). Naime, studenti u okviru nekoliko predmeta na fakultetu prolaze kroz slične zadatke (npr., Teorija i metodika atletike). Bez obzira na to, dok se samo vreme reakcije nije značajno razlikovalo, test u celini je otkrio izražene razlike u sprinterskim sposobnostima i sposobnostima promene pravca kretanja, verovatno zbog povećanih zahteva za kognitivno-motoričkom integracijom koje ovaj test donosi (Živković et al., 2021).

Ovi nalazi naglašavaju praktičnu primenljivost modifikovanog 505 testa sa reaktivnom komponentom, posebno za sportove u kojima sportisti moraju brzo da obrađuju spoljašnje signale i izvršavaju promene pravca kretanja pod vremenskim pritiskom. Povećana osetljivost modifikovane verzije 505 testa sa reaktivnom komponentom dodatno podržava njenu upotrebu kao dijagnostičkog alata za procenu kako fizičkih tako i perceptivnih sposobnosti.

7.7 Ograničenja studije i predlozi za dalja istraživanja i praksu

Kao i sva istraživanja i ovo ima određenih ograničenja. Prvo, uzorak ispitanika za eksperiment 1 se sastojao od fizički aktivnih muškaraca, što može ograničiti generalizaciju na druge populacije, kao što su sportistkinje ili elitni sportisti. Drugo, vizuelni stimulans koji se koristio u modifikovanom 505 testu možda ne može u potpunosti replicirati nepredvidivost sportskog okruženja. Konkretno, ono

predstavlja prosto vreme reakcije, dok se timski sportovi često sastoje od složenog vremena reakcije na više nivoa (Theofilou et al., 2022). S tim u vezi, buduća istraživanja bi mogla uključiti dinamičnije ili sportske specifične stimuluse kako bi se dodatno poboljšala ekološka validnost testa. Na kraju, varijabilnost u okretnim zadacima je verovatno doprinela nižoj pouzdanosti i validnosti indeksa simetrije, što donekle ograničava korišćenje ove metrike u proceni disbalansa.

Buduće studije bi mogle da istraže alternativne pristupe za poboljšanje njegove primene, posebno u kontekstu prevencije povreda i rehabilitacije. Modifikovani 505 testovi sa i bez vremena reakcije na svetlosni signal pružaju sveobuhvatno rešenje za procenu dimenzija fizičkih i kognitivnih sposobnosti. Integracijom ubrzanja, promene pravca kretanja i vremena reakcije u jedinstveni protokol, ovi testovi premošćuju jaz između kontrolisanih laboratorijskih uslova i nepredvidivih zahteva u realnim sportskim situacijama.

Ovaj višedimenzionalni pristup podržava nijansiranu procenu i bolje strategije treninga, na kraju poboljšavajući razvoj sportiste i praćenje njegovog učinka. Štaviše, integrisanje sprinta od 10 m u modifikovani test rešava ključna ograničenja standardnog 505 testa, uključujući nedostatak kognitivnog angažovanja i potencijal da izazove zamor od ponavljajućih izolovanih testova. Tradicionalne procene agilnosti se fokusiraju isključivo na fizičke atribute, često zanemarujući kritične perceptivno-motoričke komponente neophodne za sportske performanse u realnim situacijama (Scanlan et al., 2014).

Modifikovani protokol smanjuje kumulativni zamor i vreme testiranja, a istovremeno olakšava merenje ukupnog vremena testa (Tu) i indeksa simetrije ekstremiteta, metrike koje proširuju obim sportskih kapaciteta (Kutlu et al., 2012; Lockie et al., 2014). Uključujući kognitivne zahteve, kao što je reagovanje na vizuelne ili sportske specifične stimuluse, testovi su usklađeni sa Šepardovom i Jangovom (Sheppard & Young, 2006) definicijom agilnosti, koja naglašava elemente odlučivanja i reagovanja uz fizičku brzinu. Ovaj holistički pristup nam (Fiorilli et al., 2017; Scanlan et al., 2014) pouzdano pravi razliku između sportista različitih nivoa veština, bolje oslikava scenarije nalik sportskoj igri i pruža sveobuhvatniju, višedimenzionalnu procenu fizičkih sposobnosti.

8 ZAKLJUČCI

Glavna hipoteza ovog istraživanja glasila je da će modifikovani 505 test za procenu vremena reakcije na svetlosni signal, startnog ubrzanja i sposobnosti promene pravca kretanja biti pouzdan, validan i osetljiv za korišćenje u istraživačkoj i trenažnoj praksi. Na osnovu dobijenih rezultata, može se zaključiti da je ova hipoteza **u potpunosti potvrđena**.

Sagledavajući pomoćne hipoteze, u skladu sa eksperimentom 1, postavljena je pomoćna hipoteza 1 (H1) koja glasi da će modifikovani 505 test biti pouzdan između 3 ponovljena merenja. Ova hipoteza je takođe **u potpunosti potvrđena**, kao i podhipoteze koje se odnose na pouzdanost određenih varijabli i modifikacija testa:

1.1. Varijable za procenu vremena reakcije na svetlosni signal su **pouzdan** između 3 ponovljena merenja;

1.2. Varijable za procenu startnog ubrzanja su **pouzdan** između 3 ponovljena merenja;

1.3. Varijable za procenu sposobnosti promene pravca kretanja su **pouzdan** između 3 ponovljena merenja;

1.4. Varijable za procenu startnog ubrzanja i sposobnosti promene pravca kretanja su **pouzdan** između 3 ponovljena merenja kada se u modifikaciji 505 testa ne primenjuje reakcija na svetlosni signal.

Takođe, skladu sa eksperimentom 1, postavljena je druga pomoćna hipoteza (H2), koja glasi da će modifikovani 505 test biti validan. I ova hipoteza je **u potpunosti potvrđena**, kao i njene podhipoteze koje se odnose na validnost određenih varijabli i modifikacija testa:

2.1. Varijable za procenu startnog ubrzanja modifikovanog 505 testa su **validne** u poređenju sa istim varijablama procenjenim tokom standardnog testa trčanja na 10 metara;

2.2. Varijable za procenu sposobnosti promene pravca kretanja modifikovanog 505 testa su **validne** u poređenju sa istim varijablama procenjenim tokom standardnog 505 testa i modifikovanog 505 testa bez reakcije na svetlosni signal.

Na kraju, u skladu sa eksperimentom 2, postavljena je i treća pomoćna hipoteza (H3), koja glasi da će modifikovani 505 test je biti osetljiv da pokaže razlike između ispitanika različitog nivoa treniranosti. Ova hipoteza je **delimično potvrđena**. Konkretno, sagledavajući podhipoteze:

3.1. Varijable za procenu vremena reakcije na svetlosni signal u modifikovanom 505 testu **nisu osetljive** da pokažu razlike između ispitanika različitog nivoa treniranosti;

3.2. Varijable za procenu startnog ubrzanja u modifikovanom 505 testu su **osetljive** da pokažu razlike između ispitanika različitog nivoa treniranosti;

3.3. Varijable za procenu sposobnosti promene pravca kretanja u modifikovanom 505 testu su **osetljive** da pokažu razlike između ispitanika različitog nivoa treniranosti;

3.4. Varijable za procenu startnog ubrzanja i sposobnosti promene pravca kretanja su **osetljive** da pokažu razlike između ispitanika različitog nivoa treniranosti kada se u modifikaciji 505 testa ne primenjuje reakcija na svetlosni signal.

Baveći se fizičkim i perceptivno-motoričkim aspektima sportskih performansi, modifikovani 505 predstaviće značajan napredak u testiranju sportista. Ove inovacije premostiće jaz između kontrolisanih laboratorijskih uslova i dinamične, nepredvidive prirode sporta u realnom okruženju. Njihova pojednostavljena i sveobuhvatna priroda obezbediće sportistima, trenerima i sportskim naučnicima efikasne alate za procenu sposobnosti, optimizaciju trenažnih programa i praćenje sportskog razvoja.

Praktični značaj ovog istraživanja ogleda se pre svega u skraćenom vremenu testiranja i smanjenu opterećenja sportista prilikom testiranja. Kraće vreme testiranja ne zahteva posebno angažovanje stručnog tima za pripremu i realizaciju što omogućava učestalija i sveobuhvatnija testiranja sportista (i više puta tokom godine). Ovo je važno jer se time prati napredak sportiste, tj. efekti trenažnog opterećenja. Osim toga, opterećenje sportista na samom testu je manje jer se umesto tri testa radi jedan i na taj način smanjuje odbojnost sportista i trenera prema višesatnim testiranjima. Samim tim i uz adekvatno zagrevanje značajno se smanjuje šansa za povređivanjem u testu koji traje samo nekoliko sekundi. Ovakav modifikovani 505 test, zbog svoje efikasnosti, neće uticati na trenažni proces niti će dovoditi do neželjenih reakcija organizma nakon ekstremnih i višesatnih odvojenih testiranja vremena reakcije, startnog ubrzanja, brzine promene pravca... Test se može sprovesti u uvodnom delu treninga i praktično jedan ceo rukometni ili košarkaški tim može biti testiran za par desetina minuta.

9 LITERATURA

- Alricsson, M., Harms-Ringdahl, K., & Werner, S. (2001). Reliability of sports related functional tests with emphasis on speed and agility in young athletes. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 11(4), 229–232. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0838.2001.110406.x>
- Atkinson, G., & Nevill, A. M. (1998). Statistical methods for assessing measurement error (reliability) in variables relevant to sports medicine. *Sports Medicine*, 26, 217–238.
- Badau, D., Badau, A., Joksimović, M., Manescu, C. O., Manescu, D. C., Dinciu, C. C., Margarit, I. R., Tudor, V., Mujea, A. M., Neofit, A., & Teodor, D. F. (2023). Identifying the Level of Symmetrization of Reaction Time According to Manual Lateralization between Team Sports Athletes, Individual Sports Athletes, and Non-Athletes. *Symmetry*, 16(1), 28. <https://doi.org/10.3390/sym16010028>
- Baker, D., & Heaney, N. (2015). Review of the literature normative data for maximal aerobic speed for field sport athletes: a brief review. *J Aust Strength Cond*, 23(7), 60–67.
- Barrow, H. M., & McGee, R. (1971). *A practical approach to measurement in Physical Education* (Philadelphia: Lea and Febiger).
- Bell, D. R., Padua, D. A., & Clark, M. A. (2008). Muscle strength and flexibility characteristics of people displaying excessive medial knee displacement. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 89(7), 1323–1328.
- Besier, T. F., Lloyd, D. G., Cochrane, J. L., & Ackland, T. R. (2001). External loading of the knee joint during running and cutting maneuvers. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33(7), 1168–1175.
- Bishop, C., Read, P., Lake, J., Chavda, S., & Turner, A. (2018). Interlimb asymmetries: Understanding how to calculate differences from bilateral and unilateral tests. *Strength & Conditioning Journal*, 40(4), 1–6.
- Bishop, C., Turner, A., & Read, P. (2018). Effects of inter-limb asymmetries on physical and sports performance: a systematic review. *Journal of Sports Sciences*, 36(10), 1135–1144. <https://doi.org/10.1080/02640414.2017.1361894>
- Bishop, D., Lawrence, S., & Spencer, M. (2003). Predictors of repeated-sprint ability in elite female hockey players. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 6(2), 199–209.
- Bloomfield, J., Ackland, T. R., & Elliot, B. C. (1994). Modification of physique and/or technique to improve performance. *Applied Anatomy and Biomechanics in Sport*. Melbourne: Blackwell Scientific Publications, 40–92.
- Bompa, T. O., & Pleić, L. (2001). *Periodizacija: teorija i metodologija treninga*. Hrvatski košarkaški savez.
- Booher, L. D., Hench, K. M., Worrell, T. W., & Stikeleather, J. (1993). Reliability of three single-leg hop tests. *Journal of Sport Rehabilitation*, 2(3), 165–170.
- Brughelli, M., Cronin, J., Levin, G., & Chaouachi, A. (2008). Understanding Change of Direction Ability in Sport. *Sports Medicine*, 38(12), 1045–1063. <https://doi.org/10.2165/00007256-200838120-00007>
- Calbet, J. A. L., De Paz, J. A., Garatachea, N., Cabeza de Vaca, S., & Chavarren, J. (2003). Anaerobic energy provision does not limit Wingate exercise performance in endurance-trained cyclists. *Journal of Applied Physiology*, 94(2), 668–676.
- Chelladurai, P. (1976). Manifestations of agility. *Journal of the Canadian Association of Health, Physical Education and Recreation*, 42(3), 36–41.
- Clarke, R., Read, P. J., De Ste Croix, M. B. A., & Hughes, J. D. (2020). Phases of the traditional 505 test: Between session and direction reliability. *Movement and Sports Sciences - Science et Motricite*, 2020-January(110), 21–27. <https://doi.org/10.1051/sm/2020010>

- Clemente, F. M., González-Fernández, F. T., García-Delgado, G., Silva, R., Silva, A. F., Nobari, H., & Falces-Prieto, M. (2022). Leg dominance and performance in change of directions tests in young soccer players. *Scientific Reports*, 12(1), 12900. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-17245-5>
- Cohen, J. (2013). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences* (2nd ed). Taylor and Francis.
- Colby, S., Francisco, A., Bing, Y., Kirkendall, D., Finch, M., & Garrett, W. (2000). Electromyographic and kinematic analysis of cutting maneuvers: implications for anterior cruciate ligament injury. *The American Journal of Sports Medicine*, 28(2), 234–240.
- Cronin, J. B., & Hansen, K. T. (2005). Strength and Power Predictors of Sports Speed. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(2), 349. <https://doi.org/10.1519/14323.1>
- Ćuk, I. (2014). *Mehaničke osobine mišića nogu procenjene u uslovima skokova sa različitim opterećenjem*. Univerzitet u Beogradu.
- Cuthbert, M., Thomas, C., Dos'Santos, T., & Jones, P. A. (2019). Application of Change of Direction Deficit to Evaluate Cutting Ability. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(8), 2138–2144. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002346>
- Dai, B., Garrett, W. E., Gross, M. T., Padua, D. A., Queen, R. M., & Yu, B. (2015). The effects of 2 landing techniques on knee kinematics, kinetics, and performance during stop-jump and side-cutting tasks. *The American Journal of Sports Medicine*, 43(2), 466–474.
- Del Vecchio, A., Negro, F., Holobar, A., Casolo, A., Folland, J. P., Felici, F., & Farina, D. (2019). You are as fast as your motor neurons: speed of recruitment and maximal discharge of motor neurons determine the maximal rate of force development in humans. *The Journal of Physiology*, 597(9), 2445–2456.
- Delaney, J. A., Cummins, C. J., Thornton, H. R., & Duthie, G. M. (2018). Importance, Reliability, and Usefulness of Acceleration Measures in Team Sports. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(12), 3485–3493. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001849>
- Dos' Santos, T., McBurnie, A., Thomas, C., Comfort, P., & Jones, P. A. (2020). Biomechanical determinants of the modified and traditional 505 change of direction speed test. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 34(5), 1285–1296.
- Dos' Santos, T., Thomas, C., Comfort, P., & Jones, P. A. (2018). Comparison of change of direction speed performance and asymmetries between team-sport athletes: Application of change of direction deficit. *Sports*, 6(4), 174.
- Draper, J. A., & Lancaster, M. G. (1985). The 505 test: A test for agility in the horizontal plane. *Australian Journal of Science and Medicine in Sport*, 17(1), 15–18.
- Dugdale, J. H., Sanders, D., & Hunter, A. M. (2020). Reliability of change of direction and agility assessments in youth soccer players. *Sports*, 8(4), 51.
- Duthie, G. M., Pyne, D. B., Ross, A. A., Livingstone, S. G., & Hooper, S. L. (2006). The reliability of ten-meter sprint time using different starting techniques. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(2), 246–251. <https://doi.org/10.1519/R-17084.1>
- Elferink-Gemser, M. T., Huijgen, B. C. H., Coelho-e-Silva, M., Lemmink, K. A. P. M., & Visscher, C. (2012). The changing characteristics of talented soccer players—a decade of work in Groningen. *Journal of Sports Sciences*, 30(15), 1581–1591.
- Englert, C., & Bertrams, A. (2014). The Effect of Ego Depletion on Sprint Start Reaction Time. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 36(5), 506–515. <https://doi.org/10.1123/jsep.2014-0029>
- Enoka, R. M. (2008). *Neuromechanics of human movement*. Human kinetics.
- Exell, T. A., Irwin, G., Gittoes, M. J. R., & Kerwin, D. G. (2012). Implications of intra-limb variability on asymmetry analyses. *Journal of Sports Sciences*, 30(4), 403–409.
- Fiorilli, G., Iuliano, E., Mitrotasios, M., Pistone, E. M., Aquino, G., Costanzo, D., Calcagno, G., & Di Cagno, A. (2017). Change of Direction Speed and Reactive Agility Useful for Determining the Optimal Field Position for Young Soccer Players? In ©*Journal of Sports Science and Medicine* (Vol. 16). <http://www.jssm.org>

- Fort-Vanmeerhaeghe, A., Bishop, C., Montalvo, A. M., Buscà, B., & Arboix-Alió, J. (2023). Effects of Exercise-Induced Neuromuscular Fatigue on Jump Performance and Lower-Limb Asymmetries in Youth Female Team Sport Athletes. *Journal of Human Kinetics*, 89, 19.
- Friebe, D., Sieland, J., Both, H., Giesche, F., Haser, C., Hülsdünker, T., Pfab, F., Vogt, L., & Banzer, W. (2024). Validity of a motor–cognitive dual-task agility test in elite youth football players. *European Journal of Sport Science*, 24(8), 1056–1066.
- Gabbett, T., & Benton, D. (2009). Reactive agility of rugby league players. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12(1), 212–214. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2007.08.011>
- Gabbett, T. J. (2006). A comparison of physiological and anthropometric characteristics among playing positions in sub-elite rugby league players. *Journal of Sports Sciences*, 24(12), 1273–1280.
- Gabbett, T. J., Kelly, J. N., & Sheppard, J. M. (2008). Speed, change of direction speed, and reactive agility of rugby league players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(1), 174–181. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31815ef700>
- Gadžić, A. (2021). *Antropomotorika sa vežbama oblikovanja*. Univerzitet Singidunum.
- Gambetta, V. (1996). In a blur: How to develop sport-specific speed. *Sports Coach*, 19, 22–24.
- García-Unanue, J., Felipe, J. L., Bishop, D., Colino, E., Ubago-Guisado, E., López-Fernández, J., Hernando, E., Gallardo, L., & Sánchez-Sánchez, J. (2020). Muscular and physical response to an agility and repeated sprint tests according to the level of competition in futsal players. *Frontiers in Psychology*, 11, 583327.
- Gerrig, R. J., & Zimbardo, P. G. (2005). *Psicología y vida*. Pearson Educación.
- Gil, S. M., Gil, J., Ruiz, F., Irazusta, A., & Irazusta, J. (2007). Physiological and anthropometric characteristics of young soccer players according to their playing position: relevance for the selection process. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 21(2), 438–445.
- Gonzalo-Skok, O., Dos’Santos, T., & Bishop, C. (2023). Assessing Limb Dominance and Interlimb Asymmetries Over Multiple Angles During Change of Direction Speed Tests in Basketball Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 37(12), 2423–2430. <https://doi.org/10.1519/JSC.00000000000004558>
- Hachana, Y., Chaabene, H., Ben Rajeb, G., Khelifa, R., Aouadi, R., Chamari, K., & Gabbett, T. J. (2014). Validity and reliability of new agility test among elite and subelite under 14-soccer players. *PloS One*, 9(4), e95773.
- Hachana, Y., Chaabène, H., Nabli, M. A., Attia, A., Moualhi, J., Farhat, N., & Elloumi, M. (2013). Test-Retest Reliability, Criterion-Related Validity, and Minimal Detectable Change of the Illinois Agility Test in Male Team Sport Athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(10), 2752–2759. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182890ac3>
- Hopkins, W. G. (2000). Measures of Reliability in Sports Medicine and Science. *Sports Medicine*, 30(1), 1–15. <https://doi.org/https://doi.org/10.2165/00007256-200030010-00001>
- Horníková, H., Jeleň, M., & Zemková, E. (2021). Determinants of Reactive Agility in Tests with Different Demands on Sensory and Motor Components in Handball Players. *Applied Sciences*, 11(14), 6531. <https://doi.org/10.3390/app11146531>
- Iaia, F. M., Fiorenza, M., Larghi, L., Alberti, G., Millet, G. P., & Girard, O. (2017). Short- or long-rest intervals during repeated-sprint training in soccer? *PLOS ONE*, 12(2), e0171462. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0171462>
- Impellizzeri, F. M., & Marcora, S. M. (2009). Test validation in sport physiology: lessons learned from clinimetrics. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 4(2), 269–277.
- Inglis, P., & Bird, S. P. (2016). Reactive agility tests: review and practical applications. *Journal of Australian Strength & Conditioning*, 24(5), 57–64.
- Jarić, S. (1997). *Biomehanika humane lokomocije sa biomehanikom sporta*. Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja.

- Jones, P., Bampouras, T. M., & Marrin, K. (2009). An investigation into the physical determinants of change of direction speed. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 49(1), 97–104.
- Koo, T. K., & Li, M. Y. (2016). A Guideline of Selecting and Reporting Intraclass Correlation Coefficients for Reliability Research. *Journal of Chiropractic Medicine*, 15(2), 155–163. <https://doi.org/10.1016/j.jcm.2016.02.012>
- Kostić, A. (2008). *Kognitivna psihologija*. Zavod za udžbenike i nastavna sredstva.
- Kukolj, M. (2006). *Antropomotorika*. Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja Univerzitet u Beogradu.
- Kurelić, N., Momirović, K., Stojanović, M., Šturm, J., & Radojević, D. (1975). *Struktura i razvoj motoričkih i morfoloških dimenzija omladine*. FFK Institut za naučna istraživanja.
- Kutlu, M., Yapıcı, H., Yoncalık, O., & Çelik, S. (2012). Comparison of a New Test For Agility and Skill in Soccer With Other Agility Tests. *Journal of Human Kinetics*, 33(2012), 143–150. <https://doi.org/10.2478/v10078-012-0053-1>
- Lin, J., Shen, J., Zhou, A., Badicu, G., & Grosz, W. R. (2022). The Effects of Inter-Limb Asymmetry on Change of Direction Performance: A Systematic Review. *Symmetry*, 14(10), 2177. <https://doi.org/10.3390/sym14102177>
- Little, T., & Williams, A. G. (2005). Specificity of acceleration, maximum speed, and agility in professional soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 19(1), 76–78.
- Lockie, R. G., Farzad, J., Orjalo, A. J., Giuliano, D. V., Moreno, M. R., & Wright, G. A. (2017). A Methodological Report: Adapting the 505 Change-of-Direction Speed Test Specific to American Football. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(2), 539–547. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001490>
- Lockie, R. G., Jeffriess, M. D., McGann, T. S., Callaghan, S. J., & Schultz, A. B. (2014). Planned and Reactive Agility Performance in Semiprofessional and Amateur Basketball Players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9(5), 766–771. <https://doi.org/10.1123/ijssp.2013-0324>
- Lockie, R. G., Murphy, A. J., Knight, T. J., & Janse de Jonge, X. A. K. (2011). Factors That Differentiate Acceleration Ability in Field Sport Athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(10), 2704–2714. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31820d9f17>
- Lockie, R. G., Schultz, A. B., Callaghan, S. J., Jeffriess, M. D., & Berry, S. P. (2013). Reliability and Validity of a New Test of Change-of-Direction Speed for Field-Based Sports: the Change-of-Direction and Acceleration Test (CODAT). *Journal of Sports Science & Medicine*, 12(1), 88–96.
- Malacko, J., & Radjo, I. (2007). Relacije izmedju fleksibilnosti, morfoloških karakteristika i motoričkih sposobnosti kod dečaka uzrasta od 11 do 12 godina. *Drugi Međunarodni Simpozijum „Nove Tehnologije u Sportu*, 279–283.
- Marković, S., Ćuk, I., & Milošević, M. (2022). ANALITIKA U SPORTU, sa osnovama skautinga. *Beograd: Univerzitet Singidunum*.
- McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (2010). *Exercise physiology: nutrition, energy, and human performance*. Lippincott Williams & Wilkins.
- McClay, I. S., Robinson, J. R., Andriacchi, T. P., Frederick, E. C., Gross, T., Martin, P., Valiant, G., Williams, K. R., & Cavanagh, P. R. (1994). A profile of ground reaction forces in professional basketball. *Journal of Applied Biomechanics*, 10(3), 222–236.
- Meylan, C., & Malatesta, D. (2009). Effects of in-season plyometric training within soccer practice on explosive actions of young players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(9), 2605–2613.
- Milic, M., Nedeljkovic, A., Cuk, I., Mudric, M., & García-Ramos, A. (2020). Comparison of reaction time between beginners and experienced fencers during quasi-realistic fencing situations. *European Journal of Sport Science*, 20(7), 896–905. <https://doi.org/10.1080/17461391.2019.1671498>
- Milošević, M., & Čolović, M. (2019). Razvojna i pedagoška psihologija sa primenom u sportu i fizičkom vaspitanju. In *Beograd: Univerzitet Singidunum*. [in English: Developmental and

pedagogical psychology with application in sports and physical education, Belgrade: Singidunum University]. Univerzitet Singidunum.

- Milošević, M., & Milošević, M. (2014). Special physical education: Textbook on the management of the construction of the physical integrity and capacity of police officers. In *Saarbrücken, Germany: LAP Lambert Academic Publishing*. Lambert Academic Publishing.
- Moreno, J. D. (1995). *Deciding Together: Bioethics and Moral Consensus*. Oxford University Press.
- Mori, S., Ohtani, Y., & Imanaka, K. (2002). Reaction times and anticipatory skills of karate athletes. *Human Movement Science*, 21(2), 213–230. [https://doi.org/10.1016/S0167-9457\(02\)00103-3](https://doi.org/10.1016/S0167-9457(02)00103-3)
- Mudric, M., Cuk, I., Janicijevic, D., Nedeljkovic, A., & García-Ramos, A. (2020). Feasibility of a modern video-based technology for assessing the reaction time during specific karate kumite situations. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 20(4), 620–630. <https://doi.org/10.1080/24748668.2020.1767355>
- Mudric, M., Cuk, I., Nedeljkovic, A., Jovanovic, S., & Jaric, S. (2015). Evaluation of Video-based method for the measurement of reaction time in specific sport situation. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 15(3), 1077–1089. <https://doi.org/10.1080/24748668.2015.11868852>
- Negra, Y., Chaabene, H., Amara, S., Jaric, S., Hammami, M., & Hachana, Y. (2017). Evaluation of the Illinois change of direction test in youth elite soccer players of different age. *Journal of Human Kinetics*, 58(1), 215–224.
- Nimphius, S., Callaghan, S. J., Bezodis, N. E., & Lockie, R. G. (2018). Change of Direction and Agility Tests: Challenging Our Current Measures of Performance. *Strength and Conditioning Journal*, 40(1), 26–38. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000309>
- Nimphius, S., Callaghan, S. J., Spiteri, T., & Lockie, R. G. (2016). Change of Direction Deficit: A More Isolated Measure of Change of Direction Performance Than Total 505 Time. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(11), 3024–3032. <https://doi.org/10.1519/JSC.00000000000001421>
- Noakes, T. D., Gibson, A. S. C., & Lambert, E. V. (2005). From catastrophe to complexity: a novel model of integrative central neural regulation of effort and fatigue during exercise in humans: summary and conclusions. *British Journal of Sports Medicine*, 39(2), 120–124.
- Opavski, P. (1960). *Biomehanika*. Savezna prednjačko-trenerska škola.
- Opavsky, P., & Bjelica, D. (2011). Biodinamička metodologija u sportu. *Sport Mont*, 9(28–29), 30.
- Orjalo, A. J., Lockie, R. G., Balfany, K., & Callaghan, S. J. (2020). The Effects of Lateral Bounds on Post-Activation Potentiation of Change-of-Direction Speed Measured by the 505 Test in College-Aged Men and Women. *Sports*, 8(5), 71. <https://doi.org/10.3390/sports8050071>
- Osborne, J. O., Kildalsen, I., Pedersen, S., Pettersen, S. A., Welde, B., Minahan, C. L., & Andersson, E. P. (2025). Test–retest reliability of strength, power, agility, and sprint performance in female team handball players. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 28(3), 249–255.
- Pandorf, C. E., Nindl, B. C., Montain, S. J., Castellani, J. W., Frykman, P. N., Leone, C. D., & Harman, E. A. (2003). Reliability assessment of two militarily relevant occupational physical performance tests. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 28(1), 27–37.
- Pauole, K., Madole, K., Garhammer, J., Lacourse, M., & Rozenek, R. (2000). Reliability and validity of the T-test as a measure of agility, leg power, and leg speed in college-aged men and women. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 14(4), 443–450.
- Pojškic, H., Åslin, E., Krolo, A., Jukic, I., Uljevic, O., Spasic, M., & Sekulic, D. (2018). Importance of reactive agility and change of direction speed in differentiating performance levels in junior soccer players: Reliability and validity of newly developed soccer-specific tests. *Frontiers in Physiology*, 9, 506.
- Popowczak, M., Rokita, A., Struzik, A., Cichy, I., Dudkowski, A., & Chmura, P. (2016). Multi-Directional Sprinting and Acceleration Phase in Basketball and Handball Players Aged 14 and

- 15 Years. *Perceptual and Motor Skills*, 123(2), 543–563.
<https://doi.org/10.1177/0031512516664744>
- Prskalo, I., Findak, V., & Neljak, B. (2007). Obrazovanje budućih odgojitelja i učitelja razredne nastave za poučavanje tjelesne i zdravstvene kulture–bolonjski proces u Hrvatskoj. *Kinesiology*, 39(2.), 171–183.
- Ramirez-Campillo, R., Álvarez, C., García-Hermoso, A., Ramírez-Vélez, R., Gentil, P., Asadi, A., Chaabene, H., Moran, J., Meylan, C., & García-de-Alcaraz, A. (2018). Methodological characteristics and future directions for plyometric jump training research: a scoping review. *Sports Medicine*, 48, 1059–1081.
- Raya, M. A., Gailey, R. S., Gaunaurd, I. A., Jayne, D. M., Campbell, S. M., Gagne, E., Manrique, P. G., Muller, D. G., & Tucker, C. (2013). Comparison of three agility tests with male servicemembers: Edgren Side Step Test, T-Test, and Illinois Agility Test. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 50(7), 951–960.
<https://doi.org/10.1682/JRRD.2012.05.0096>
- Reilly, T., Williams, A. M., Nevill, A., & Franks, A. (2000). A multidisciplinary approach to talent identification in soccer. *Journal of Sports Sciences*, 18(9), 695–702.
- Ripley, N. J., Cuthbert, M., Comfort, P., & McMahon, J. J. (2023). Effect of additional Nordic hamstring exercise or sprint training on the modifiable risk factors of hamstring strain injuries and performance. *Plos One*, 18(3), e0281966.
- Ryan, C., Uthoff, A., McKenzie, C., & Cronin, J. (2022a). Profiling Change of Direction Ability Using Sub-phase 5-0-5 Analysis. *International Journal of Strength and Conditioning*, 2(1).
<https://doi.org/10.47206/ijsc.v2i1.100>
- Ryan, C., Uthoff, A., McKenzie, C., & Cronin, J. (2022b). Traditional and Modified 5-0-5 Change of Direction Test: Normative and Reliability Analysis. *Strength and Conditioning Journal*, 44(4), 22–37. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000691>
- Ryan, C., Uthoff, A., McKenzie, C., & Cronin, J. (2023). New Perspectives of the Traditional and Modified 5-0-5 Change of Direction Test. *Strength & Conditioning Journal*, 45(1), 83–92.
<https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000723>
- Sammoud, S., Bouguezzi, R., Negra, Y., & Chaabene, H. (2021). The Reliability and Sensitivity of Change of Direction Deficit and Its Association with Linear Sprint Speed in Prepubertal Male Soccer Players. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 6(2), 41.
<https://doi.org/10.3390/jfmk6020041>
- Sauls, N. M., & Dabbs, N. C. (2017). Differences in male collegiate and recreationally trained soccer players on balance, agility, and vertical jump performance. *International Journal of Kinesiology and Sports Science*, 5(4), 45–50.
- Sayers, M. G. L. (2015). Influence of Test Distance on Change of Direction Speed Test Results. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(9), 2412–2416.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001045>
- Scanlan, A., Humphries, B., Tucker, P. S., & Dalbo, V. (2014). The influence of physical and cognitive factors on reactive agility performance in men basketball players. *Journal of Sports Sciences*, 32(4), 367–374.
- Schmidt, R. A., Lee, T. D., Winstein, C., Wulf, G., & Zelaznik, H. N. (2018). *Motor control and learning: A behavioral emphasis*. Human kinetics.
- Seitz, L. B., Reyes, A., Tran, T. T., de Villarreal, E. S., & Haff, G. G. (2014). Increases in lower-body strength transfer positively to sprint performance: a systematic review with meta-analysis. *Sports Medicine*, 44, 1693–1702.
- Serpell, B. G., Young, W. B., & Ford, M. (2011). Are the perceptual and decision-making components of agility trainable? A preliminary investigation. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(5), 1240–1248.
- Sheppard, J., & Young, W. (2006). Agility literature review: Classifications, training and testing. *Journal of Sports Sciences*, 24(9), 919–932. <https://doi.org/10.1080/02640410500457109>

- Sinclair, J., Edmundson, C. J., Metcalfe, J., Bottoms, L., Atkins, S., & Bentley, I. (2021). The effects of sprint vs. resisted sled-based training; an 8-week in-season randomized control intervention in elite rugby league players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(17), 9241.
- Sinkovic, F., Foretic, N., & Novak, D. (2022). Reliability, validity and sensitivity of newly developed tennis-specific reactive agility tests. *Sustainability*, 14(20), 13321.
- Smith, E. M., Sherman, D. A., Duncan, S., Murray, A., Chaput, M., Murray, A., Bazett-Jones, D. M., & Norte, G. E. (2024). Test–Retest Reliability and Visual Perturbation Performance Costs During 2 Reactive Agility Tasks. *Journal of Sport Rehabilitation*, 1(aop), 1–8.
- Spasic, M., Krolo, A., Zenic, N., Delextrat, A., & Sekulic, D. (2015). Reactive agility performance in handball; development and evaluation of a sport-specific measurement protocol. *Journal of Sports Science & Medicine*, 14(3), 501.
- Spencer, M., Bishop, D., Dawson, B., & Goodman, C. (2005). Physiological and Metabolic Responses of Repeated-Sprint Activities. *Sports Medicine*, 35(12), 1025–1044. <https://doi.org/10.2165/00007256-200535120-00003>
- Spiteri, T., Newton, R. U., Binetti, M., Hart, N. H., Sheppard, J. M., & Nimphius, S. (2015). Mechanical Determinants of Faster Change of Direction and Agility Performance in Female Basketball Athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(8), 2205–2214. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000876>
- Spiteri, T., Nimphius, S., Hart, N. H., Specos, C., Sheppard, J. M., & Newton, R. U. (2014). Contribution of Strength Characteristics to Change of Direction and Agility Performance in Female Basketball Athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(9), 2415–2423. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000547>
- Suchomel, T. J., Nimphius, S., & Stone, M. H. (2016). The importance of muscular strength in athletic performance. *Sports Medicine*, 46, 1419–1449.
- Taylor, J. B., Wright, A. A., Dischiavi, S. L., Townsend, M. A., & Marmon, A. R. (2017). Activity demands during multi-directional team sports: a systematic review. *Sports Medicine*, 47, 2533–2551.
- Taylor, J. M., Cunningham, L., Hood, P., Thorne, B., Irvin, G., & Weston, M. (2019). The reliability of a modified 505 test and change-of-direction deficit time in elite youth football players. *Science and Medicine in Football*, 3(2), 157–162. <https://doi.org/10.1080/24733938.2018.1526402>
- Theofilou, G., Ladakis, I., Mavroidi, C., Kilintzis, V., Mirachtsis, T., Chouvarda, I., & Kouidi, E. (2022). The Effects of a Visual Stimuli Training Program on Reaction Time, Cognitive Function, and Fitness in Young Soccer Players. *Sensors*, 22(17), 6680. <https://doi.org/10.3390/s22176680>
- Tomic, L., Janicijevic, D., Nedeljkovic, A., Leontijevic, B., & García-Ramos, A. (2021). Reliability and Sensitivity of Reaction Time Measurements During Quasi-Realistic Soccer Situations. *Motor Control*, 25(3), 491–501. <https://doi.org/10.1123/mc.2021-0002>
- Tous-Fajardo, J., Gonzalo-Skok, O., Arjol-Serrano, J. L., & Tesch, P. (2016). Enhancing change-of-direction speed in soccer players by functional inertial eccentric overload and vibration training. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(1), 66–73.
- Trajković, N., Sporiš, G., Krističević, T., Madić, D. M., & Bogataj, Š. (2020). The importance of reactive agility tests in differentiating adolescent soccer players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(11), 3839.
- Tucker, R., & Collins, M. (2012). What makes champions? A review of the relative contribution of genes and training to sporting success. *British Journal of Sports Medicine*, 46(8), 555–561.
- Van Melick, N., Meddeler, B. M., Hoogeboom, T. J., Nijhuis-van Der Sanden, M. W. G., & Van Cingel, R. E. H. (2017). How to determine leg dominance: The agreement between self-reported and observed performance in healthy adults. *PLOS ONE*, 12(12), e0189876. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0189876>
- Welford, A. T. (1968). *Fundamentals of skill*. Methuen.

- Wen, N., Dalbo, V. J., Burgos, B., Pyne, D. B., & Scanlan, A. T. (2018). Power Testing in Basketball: Current Practice and Future Recommendations. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(9), 2677–2691. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002459>
- Westheim, F., Gløersen, Ø., Harper, D., Laugsand, H., & Eriksrud, O. (2023). Reliability of phase-specific outcome measurements in change-of-direction tests using a motorized resistance device. *Frontiers in Sports and Active Living*, 5, 1212414.
- Young, W. B., Miller, I. R., & Talpey, S. W. (2015). Physical Qualities Predict Change-of-Direction Speed but Not Defensive Agility in Australian Rules Football. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(1), 206–212. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000614>
- Young, W. B., & Willey, B. (2010). Analysis of a reactive agility field test. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13(3), 376–378.
- Young, W., & Farrow, D. (2013). The Importance of a Sport-Specific Stimulus for Training Agility. *Strength & Conditioning Journal*, 2(35), 39–43.
- Young, W., Rayner, R., & Talpey, S. (2021). It's Time to Change Direction on Agility Research: a Call to Action. *Sports Medicine - Open*, 7(1). <https://doi.org/10.1186/s40798-021-00304-y>
- Young, W., & Rogers, N. (2014). Effects of small-sided game and change-of-direction training on reactive agility and change-of-direction speed. *Journal of Sports Sciences*, 32(4), 307–314.
- Zemková, E. (2016). Differential contribution of reaction time and movement velocity to the agility performance reflects sport-specific demands. *Human Movement*, 17(2), 94–101.
- Zemková, E., Vilman, T., Kováčiková, Z., & Hamar, D. (2013). Reaction time in the agility test under simulated competitive and noncompetitive conditions. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(12), 3445–3449.
- Živković, A., Čuk, I., & Marković, S. (2021). *Modification of Standardized Agility 505 Test by Using Modern Technology*. 282–286. <https://doi.org/10.15308/sinteza-2021-282-286>
- Зациорский, В. (2019). *Физические качества спортсмена: основы теории и методики воспитания*. Litres.

10 BIOGRAFIJA KANDIDATA

Aleksandar Živković je rođen 09.06.1973. u Šapcu, Srbija.

Od 1998. do 2004. godine trener u rukometnom klubu „Crvena Zvezda“, iz Beograda. Nakon toga 2004. godine osniva sportski klub S.K.B.G i pokreće svoju školu rukometa. Od 2007. godine trener ženskog rukometnog kluba „Radnički Petrol“ sa Crvenog Krsta, Beograd. U 2013. godini preuzima rukometni klub „Dinamo“ iz Pančeva i radi kao prvi trener i direktor škole rukometa. Nakon RK „Dinamo“, 2015. je angažovan kao trener muškog rukometnog kluba „Požarevac“ iz Požarevca i 2016. godine kao trener rukometnog kluba „PKB“ iz Beograda.

Od 1999. do 2002. godine je bio na poziciji prvog trenera muške kadetske reprezentacije i prvog trenera pionirske reprezentacije Srbije. U 2004. godini postaje trener ženske seniorske reprezentacije i sa njima učestvuje na Evropskom prvenstvu u rukometu u Mađarskoj. U 2005. godini sa ženskom seniorskom reprezentacijom učestvuje na Mediteranskim igrama u Španiji. Nakon toga od 2010. do 2012. godine je bio trener muške pionirske reprezentacije Srbije.

Od osnivanja svoje škole rukometa kroz klupske seminare obuke radio na edukaciji mladih trenera. U periodu od 2013.- 2014. godine radio edukaciju rukometnih trenera u Pančevu, u organizaciji Sportskog Saveza Pančeva. Kao član granskog Saveza radio kao predavač na seminaru rukometnih trenera u organizaciji Rukometnog Saveza Beograda.

Član gradskog i republičkog granskog Saveza bio redovni učesnik u stručnog usavršavanja kroz trenerske seminare Rukometnog Saveza Beograda i Rukometnog Saveza Srbije te na osnovu toga nosioc licence za rad sa mlađim uzrasnim kategorijama kao i licence za rad u najvišem seniorskom rangu takmičenja.

Predavač u nastavi na Fakulteta fizičke kulture i menadžmenta u sportu Univerziteta Singidunum od 2018 godine. Rad sa sportistima na rehabilitaciji od i fizičkoj pripremi od 2015. godine u zvaničnom centru za rehabilitaciju Košarkaškog Saveza Srbije. Konsultant Nacionalne košarkaške akademije Mađarske u Pečuju od 2021 godine. Mentor sportske Akademije Mercedes-Benz od 2022.godine u Kečkemetu, Mađarska. Stručni saradnik Sportskog metodološkog centra Univerziteta u Pečuju od 2021.godine.

11 BIBLIOGRAFIJA KANDIDATA

Radovi u časopisima:

Živković, A., Marković, S., Cuk, I., Knežević, O. M., & Mirkov, D. M. (2025). Reliability and Validity of Key Performance Metrics of Modified 505 Test. *Life*, 15(2), 198

M. Jovanović, D. Čabarkapa, H. Andersson, D. Nagy, N. Trunić, V. Banković, **A. Živković**, R. Repasi, S. Safar, L. Ratgeber, Effects of the Flying Start on Estimated Short Sprint Profiles Using Timing Gates, *SENSORS*, Vol. 24, No. 9, May, 2024.

A. Gadžić, **A. Živković**, T. Stojmenović, Influence of COVID 19 on morphological and cardiovascular status of professional handball players, *Sportlogia*, Vol. 17, No. 1, pp. 84 - 93, Dec, 2021

Radovi na konferencijama:

A. Gadžić, N. Trunić, **A. Živković**, D. Nikolić, Tracking of the Relevant Fitness Parameters in Young Basketball Players, *Sinteza 2023 - Conference Proceedings*, pp. 267 - 271, May, 2023

A. Gadžić, **A. Živković**, V. Banković, N. Trunić, Dynamic Stability Assessment for Monitoring Recovery from ACL Reconstruction a Handball Case Study, *Conference Proceedings of the International Scientific Conference on Information Technology and Data Related Research - Sinteza 2022*, pp. 262 - 268, Apr, 2022

A. Gadžić, **A. Živković**, MINI HANDBALL- A TOURISM PRODUCT FOR INCITEMENT AND IMPROVEMENT OF SPORTS TOURISM OFFER, XXIII Scientific Conference „FIS COMMUNICATIONS 2021" *Book of Proceedings*, pp. 38 - 42, Oct, 2021

A. Živković, I. Čuk, S. Marković, MODIFICATION OF STANDARDIZED AGILITY 505 TEST BY USING MODERN TECHNOLOGY, Jun, 2021

A. Gadžić, **A. Živković**, T. Ratković, Possibility of Functional Movement Screening in Physical Education, *Conference proceedings*, pp. 234 - 239, Oct, 2020

Markovic S., Cuk I., **Živkovic A.**, The Impact of Information Technologies on the Scouting Process in Sports Games, Oct, 2020

A. Gadžić, **A. Živković**, T. Ratković, R. Ilić, Mogućnosti primene informacionih tehnologija u fizičkom vaspitanju, 2019

D. Stanković, N. Stojanović, A. Raković, **A. Živković**, DIFFERENCES IN PACE BETWEEN MEN AND WOMEN IN THE HALFMARATHON, pp. 31 - 34, 2019

V. Marković, **A. Živković**, T. Ratković, M. Milošević, Unapređenje eurofit baterije motoričkih testova upotrebom informacione tehnologije, pp. 664 - 669, 2019

A. Živković, T. Ratković, S. Marković, PRIMENA INFORMACIONIH TEHNOLOGIJA U MODERNOM SPORTU, 2019

A. Gadžić, **A. Živković**, Z. Aničić, Primena softvera u fitnes industriji, Apr, 2018



Article

Reliability and Validity of Key Performance Metrics of Modified 505 Test

Aleksandar Živković¹, Srdjan Marković¹, Ivan Cuk^{2*}, Olivera M. Knežević¹ and Dragan M. Mirkov²

¹ Faculty of Physical Education and Sports Management, Singidunum University, 11000 Belgrade, Serbia; aleksandar.zivkovic@singidunum.ac.rs (A.Ž.); smarkovic@singidunum.ac.rs (S.M.)

² Faculty of Sport and Physical Education, University of Belgrade, 11000 Belgrade, Serbia; olivera.knezevic@fsfv.bg.ac.rs (O.M.K.); dragan.mirkov@fsfv.bg.ac.rs (D.M.M.)

* Correspondence: ivan_cuk84@yahoo.com

Abstract: This study aims to explore the reliability and validity of essential performance metrics derived from a modified 505 Change of Direction (CoD) test. Twenty-seven physically active male participants (age: 18.77 ± 1.73 years) who engaged in three to five training sessions per week were assessed using both standard and modified sprint and CoD protocols. The evaluation focused on sprint time, CoD time, total time, and the Limb Symmetry Index (LSI). The modified protocols demonstrated good reliability for sprint and CoD times (ICC > 0.8, CV < 3%) and high validity, with strong correlations between standard and modified tests for sprint ($r = 0.59\text{--}0.80$) and CoD times ($r = 0.58\text{--}0.80$). The total time metric showed excellent reliability (ICC > 0.9), supporting its utility as a comprehensive measure. Reaction-time inclusion increased variability (CV > 7%) but enhanced ecological validity by reflecting real-world conditions. However, the LSI exhibited lower reliability (ICC < 0.6), indicating the need for further refinement. Combining multiple performance measures, the modified protocols streamlined assessments, reducing fatigue and redundancy without compromising precision. These findings highlight the potential of integrating multidimensional agility metrics in athletic evaluations, bridging the gap between controlled testing and competitive demands. Future research should explore broader populations and sport-specific stimuli to enhance applicability.

Keywords: sprint; COD; symmetry; reaction time; protocol

Academic Editors: Sime Versic and Nikola Foretic

Received: 7 January 2025

Revised: 26 January 2025

Accepted: 27 January 2025

Published: 28 January 2025

Citation: Živković, A.; Marković, S.; Cuk, I.; Knežević, O.M.; Mirkov, D.M. Reliability and Validity of Key Performance Metrics of Modified 505 Test. *Life* **2025**, *15*, 198. <https://doi.org/10.3390/life15020198>

Copyright: © 2025 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

1. Introduction

Starting acceleration is critical to an athlete's success in team sports like soccer, basketball, and handball [1–3]. Explosive bursts of speed are often decisive in high-pressure moments, whether gaining a positional advantage, intercepting a pass, or outmaneuvering an opponent. An accurate assessment of this ability is essential for identifying individual strengths and weaknesses, crafting effective training programs, and monitoring the impact of performance-enhancing interventions [4,5]. However, in team sports, athletes rarely accelerate in straight lines. Most movements involve accelerating, decelerating, turning, and decision making [6]. Combining sprint and turnaround tests enhances the ecological validity of the assessment (e.g., sprinting alone may not capture the complexity of change of direction (COD) in sports, while turnaround tests might overlook the significance of raw speed).

САГЛАСНОСТ ЕТИЧКОГ КОМИТЕТА

UNIVERZITET U BEOGRADU
FAKULTET SPORTA I FIZIČKOG VASPITANJA
ETIČKI KOMITET

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ФАКУЛТЕТ СПОРТА И ФИЗИЧКОГ ВАСПИТАЊА
02 Бр. 3182/24-1
13.11. 2024. год
БЕОГРАД, Беогија Перовића 158

Predmet - Na zahtev zaveden pod brojem 02-3182/24-1 od 12. 11. 2024. godine, koji je podneo Ivan Ćuk, docent na Univerzitetu u Beogradu – Fakultetu sporta i fizičkog vaspitanja, Etički komitet Univerziteta u Beogradu – Fakulteta sporta i fizičkog vaspitanja daje

S A G L A S N O S T

Za sprovođenje istraživanja za potrebe izrade doktorske disertacije studenta doktorskih akademskih studija Aleksandra Živkovića pod naslovom „Evaluacija modifikovanog 505 testa za procenu agilnosti“, pod mentorstvom dr Ivana Ćuka, docenta na Univerzitetu u Beogradu – Fakultetu sporta i fizičkog vaspitanja.

O b r a z l o ž e n j e

Na osnovu uvida u projekat istraživanja, Etički komitet Fakulteta iznosi mišljenje da se, kako u konceptu tako i u planiranju realizacije istraživanja i primene dobijenih rezultata, polazilo od principa koji su u skladu sa etičkim standardima, čime se obezbeđuje zaštita ispitanika od mogućih povreda njihove psiho-socijalne i fizičke dobrobiti.

U skladu sa iznetim mišljenjem Etički komitet Fakulteta daje saglasnost za realizaciju istraživanja „Evaluacija modifikovanog 505 testa za procenu agilnosti“.

U Beogradu, 13. 11. 2024.

Članovi

1. dr Ana Orlić, redovni profesor



2. dr Marina Đorđević-Nikić, redovni profesor



3. dr Lidija Moskovljević, redovni profesor





Изјава о ауторству

Име и презиме аутора: Александар (Радован) Живковић

Број индекса: 5002/2019

Изјављујем

да је предложена докторска дисертација под насловом: „Евалуација модификованог 505 теста за процену времена реакције, стартног убрзања и брзине промене правца“ („Evaluation of the modified 505 test for assessing reaction time, starting acceleration and change of direction“):

- резултат сопственог истраживачког рада;
- да дисертација у целини ни у деловима није била предложена за стицање друге дипломе према студијским програмима других високошколских установа;
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио ауторска права и користио интелектуалну својину других лица.

Потпис аутора

У Београду, 15.05.2025. године

Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада

Име и презиме аутора: Александар (Радован) Живковић

Број индекса: 5002/2019

Студијски програм: Докторске академске студије

Наслов рада: „Евалуација модификованог 505 теста за процену времена реакције, стартног убрзања и брзине промене правца“

Ментор: Доцент др Иван Ћук

Изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла ради похрањивања у **Дигиталном репозиторијуму Универзитета у Београду**.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског назива доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Београду.

Потпис аутора

У Београду, _____

Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

„Евалуација модификованог 505 теста за процену времена реакције, стартног убрзања и брзине промене правца“

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију похрањену у Дигиталном репозиторијуму Универзитета у Београду и доступну у отвореном приступу могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство (CC BY)
2. Ауторство – некомерцијално (CC BY-NC)
3. Ауторство – некомерцијално – без прерада (CC BY-NC-ND)
4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима (CC BY-NC-SA)
5. Ауторство – без прерада (CC BY-ND)
6. Ауторство – делити под истим условима (CC BY-SA)

Потпис аутора

У Београду, _____
