

UNIVERZITET U BEOGRADU
FAKULTET SPORTA I FIZIČKOG VASPITANJA

Bojan B. Rakojević

**EFEKTI BRZINE IZVOĐENJA I ŠIRINE
METE NA OSTVARENU PRECIZNOST
ŠUTA U FUDBALU**

Doktorska disertacija

Beograd, 2016

UNIVERSITY OF BELGRADE
FACULTY OF SPORT AND PHYSICAL EDUCATION

Bojan B. Rakojevic

**THE EFFECTS OF SPEED AND TARGET
WIDTH ONTO THE KICKING ACCURACY
IN SOCCER**

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2016

Mentor:

Dr Vladimir Mrdaković, Docent, Univerzitet u Beogradu, Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja

Članovi komisije:

Dr Duško Ilić, Redovni profesor, Univerzitet u Beogradu, Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja

Dr Bojan Leontijević, Docent, Univerzitet u Beogradu, Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja

Dr Predrag Božić, N. saradnik, Zavod za sport i medicinu sporta Republike Srbije

Datum odbrane doktorske disertacije

Izjave zahvalnosti

Ova doktorska disertacija predstavlja rezultat višegodišnjeg rada odabranog tima stručnjaka koji su značajan dio svog vremena uložili u realizaciju ovoga projekta. Strast prema fudbalu i analitičko promišljanje o fudbalskoj igri, isprepletano aktuelnim teorijskim i praktičnim pitanjima, predstavljali su glavne lajotmotive ovoga rada. U nadi da smo ovom disertacijom dali makar mali doprinos teoriji i praksi fudbala, iskreno želim da se zahvalim:

... mentoru i prijatelju doc. dr Vladimiru Mrdakoviću, koji mi je savjetima, sugestijama i nesebičnim angažovanjem, koje je često izlazilo iz okvira uobičajnog mentorstva, nemjerljivo pomogao u izradi disertacije.

... prof. dr Dušku Iliću na pregledu i ocjeni disertacije, kao i na angažovanju i sugestijama tokom realizacije istraživanja.

... prijatelju doc. dr Bojanu Leontijeviću na pregledu i ocjeni disertacije, kao i na angažovanju tokom organizacije izvedenih eksperimenata.

... doc. dr Predragu Božiću na pregledu i ocjeni disertacije, kao i na pomoći oko obezbjeđivanja prostora za testiranja ispitanika.

... prijateljima dr Nemanji Pažinu i Milošu Uboviću, koji su nesebičnim angažovanjem dali poseban kvalitet ovoj disertaciji.

... prijateljima Nedi Đuričković i Radisavu Marojeviću na pomoći oko prevoda i lekture teksta.

... kolegi Radunu Vuloviću koji je svojim inovativnim softverskim rešenjem značajno olakšao i ubrzao proces prikupljanja i obrade rezultata istraživanja.

... dr Saši Kostiću, Aleksandru Stankoviću i Slobodanu Živojinoviću na pomoći tokom prikupljanja i obrade podataka.

... fudbalerima FK Crvena Zvezda, FK Jedinstvo Ub i škole fudbala DIF koji su učestvovali u izvedenim eksperimentima i na taj način dali poseban pečat disertaciji.

... kumu prof dr Branku Gardaševiću koji me je uputio na saradnju sa vrhunskim stručnjacima i savjetima pomagao tokom izrade disertacije.

... tetki Vesni i bratu Stefanu Marojeviću koji su mi, tokom izrade ove disertacije pružali iskrenu podršku, i učinili sve da se osjećam kao kod svoje kuće.

Doktorsku disertaciju posvećujem roditeljima koji su sestrama i meni omogućili srećno djetinjstvo i nesmetane uslove za obrazovanje.

Skraćenice

CNS – centralni nervni sistem

GMP – generalizovani motorni program

MT – trajanje pokreta

D – dužina pokreta

W – širina mete

SRG – srednja radijalna greška

RG – radijalna greška

CRG – centroidna radijalna greška

BVG – bivarijantna varijabilna greška

X – odstupanje po horizontalnoj osi

Y – odstupanje po vertikalnoj osi

V – srednja brzina udarca

Vrel – relativna brzina udarca

CIS – ciklus izduženje i skraćanje (engl. „Stretch Shortening Cycle“)

B1 – instrukcija za izvođenje najsporijih udaraca

B2 – instrukcija za izvođenje srednje brzih udaraca

B3 – instrukcija za izvođenje maksimalno brzih udaraca

B4 – instrukcija za izvođenje maksimalno brzih udaraca sa sekundarnim akcentom na preciznosti

B5 – instrukcija za izvođenje najbržih mogućih udaraca bez obzira na ostvarenu preciznost

Bmax – maksimalna ostvarena brzina udarca bez obzira na ostvarenu preciznost

P – precizan udarac

B – brz udarac

50 – mala veličina mete

150 – velika veličina mete

150B – pogađanje mete stranica 150×150 cm, brzim udarcem

150P – pogađanje mete stranica 150×150 cm, preciznim udarcem

50B – pogađanje mete stranica 50×50 cm, brzim udarcem

50P – pogađanje mete stranica 50×50 cm, preciznim udarcem

TT – tjelesna težina

TV – tjelesna visina

Rezime

Efekti brzine izvođenja i širine mete na ostvarenu preciznost šuta u fudbalu

Udarac po lopti prednjim dijelom stopala predstavlja jedan od najzastupljenijih tehničkih elemenata u fudbalu, i sa aspekta ispoljavanja brzine i preciznosti šutnute lopte predstavlja jedan od najefikasnijih udaraca u fudbalu. U naučnoj literaturi, izvođenje ovog udarca naziva se *instep* udarac što je opšte prihvaćen termin pod kojim se podrazumijeva izvođenje ovog tehničkog elementa. Analizirajući adekvatnu literaturu postavljeni su temelji istraživanja, koji su se u određenoj mjeri naslanjali na rezultate dosadašnjih istraživanja, a isto tako bazirali se na nekim bazičnim teorijama iz motorne kontrole. Generalno, problem istraživanja u okviru ove doktorske disertacije je odnos brzine izvođenja i ostvarene preciznosti šutnute lopte pri različitim modalitetima izvođenja jednog od najzastupljenijeg tehničkog elementa u fudbalu - *instep* udarca.

Generalni cilj istraživanja je predstavljao ispitivanje brzine izvođenja šuta u fudbalu i ispoljene preciznosti u zavisnosti od instrukcija koje se zadaju ispitanicima, veličine mete u koju se gađa i primijenjenog trenažnog modela. Ostvarena preciznost je procjenjivana preko srednje radijalne greške (*SRG*), centriodne radijalne greške (*CRG*) i bivarijantne varijabilne greške (*BVG*) koje predstavljaju izmjerene prostorne greške u dvodimenzionalnom koordinatnom sistemu, kao i preko grešaka koje prate odstupanja pogodaka u jednoj dimenziji, tj. po horizontalnoj (*X*) i vertikalnoj osi (*Y*). Brzina šuta je analizirana preko relativnih (*Vrel*) i apsolutnih vrijednosti (*V*). Saglasno postavljenim ciljevima istraživanja izvedena su tri eksperimenta. Prvim eksperimentom se utvrđivalo da li postoji efekat faktora *veličina mete* i faktora *instrukcija* na varijable za procjenu brzine i preciznosti šuta. Uzorak za ovaj eksperiment su činila 33 ispitanika, muškog pola, prosječnog uzrasta 15 godina (+/- 0,9), prosječne visine 168,5 cm (+/- 7,2) i prosječne težine 55,5 kg (+/- 5,5). Drugim eksperimentom se ispitivao efekat faktora *instrukcija za gradiranje brzine* izvođenja udarca na odgovarajuće varijable za procjenu brzine i

preciznosti. U ovome istraživanju je učestvovalo 13 ispitanika, muškog pola i prosječnog uzrasta od 15 godina (+/- 1,6), visine 180,4 cm (+/- 5,1) i težine 70,3 kg (+/- 5,8). Trećim eksperimentom se izvršila procjena efekata trenažnog programa za razvoj brzine udarca (eksperimentalna grupa za brzinu) i trenažnog programa za razvoj preciznosti (eksperimentalna grupa za preciznost) na varijable za procjenu brzine i preciznosti šutnute lopte. U istraživanju je učestvovalo 26 ispitanika, muškog pola, prosječnog uzrasta 15 godina (+/- 0,8), prosječne visine 168 cm (+/- 7,7) i prosječne težine 55,1 kg (+/- 7,5).

Glavni nalaz prvog eksperimenta je da faktor *instrukcija* u većoj mjeri utiče na varijable brzine i preciznosti nego li faktor *veličina mete*. Faktor *veličina mete* ima uticaj na konzistentnost pogodaka (*BVG*), dok faktor *instrukcija* utiče na varijable brzine (*V*, *Vrel*), određene varijable preciznosti (*SRG*, *X*) i konzistentnosti (*BVG*). Dobijeni rezultati drugog eksperimenta ukazuju da faktor *instrukcija za gradiranje brzine* ima značajan uticaj na varijable *SRG* i *BVG*. Analizirajući rezultate ispoljene brzine i preciznosti uočava se da su najprecizniji udarci (mjereni preko *SRG*) ostvareni pri brzinama lopte od 74,48%, dok su najkonzistentniji udarci (mjereni preko *BVG*) ostvareni pri brzinama lopte od 61,22% od maksimalne. Glavni nalazi trećeg eksperimenta su da posebno formirani trenažni programi za razvoj brzine, odnosno za razvoj preciznosti, nijesu imali očekivani specifični uticaj na eksperimentalne grupe, ali je uočeno da je došlo do promjene vrijednosti varijabli brzine i preciznost izvođenja na finalnom u poređenju sa inicijalnim mjerenjem, generalno kod svih eksperimentalnih grupa. Drugim riječima, ispitanici su na finalnom mjerenju ostvarili pogotke sa manjim greškama bez obzira na trenažni program koji su sprovodili, pa se može reći da je neka opšta trenažna obuka *instep* udarca imala efekat na unapređenje preciznosti ispitanika. Takođe, uočeno je da ovo povećanje preciznosti prati smanjenje brzine leta lopte. Imajući u vidu značaj brzine izvođenja udarca, zaključuje se da ostvareno poboljšanje preciznosti praćeno smanjenjem brzine izvođenja u potpunosti ne doprinosi sveukupnom poboljšanju kvaliteta *instep* udarca.

Ključne riječi: motorna kontrola, motorno učenje, *Fitsov* zakon, *instep* udarac, instrukcije, srednja radijalna greška, centriodna radijalna greška, bivarijantna varijablina greška, brzina lopte, trenažni program.

Naučna oblast: Fizičko vaspitanje i sport

Uža naučna oblast: Nauke fizičkog vaspitanja, sporta i rekreacije

UDK broj: 796.332:796.012.32(043.3)

Summary

The Effects of Speed and Target Width onto Kicking Accuracy in Soccer

Kicking a ball with the upper part of a foot is one of the most frequent elements in football, and also, it is one of the most efficient kicks in terms of speed and accuracy of a kick. This type of kicking is referred to as instep kick in scientific literature, the term generally accepted explaining how to perform this technical element. The foundations of a research are replaced; they rely to a certain extent onto results of the ongoing research, as well as onto some basic motor control theories. Generally speaking, the research carried out in this doctoral thesis is problematic in terms of a relation between the speed of performance and actual accuracy of a kick under different modules for performance of one of the most frequent technical football elements – *instep* kick.

The general objective of the research is to test the speed of kicking the ball and actual accuracy, depending on instructions given to respondents, size of a target that is being hit and the applied training model. The actual accuracy is estimated based on the mean radial error (*SRE*), the mean centroid error (*CRG*) and the bivariate variable error (*BVG*) which represent measured spatial errors within a two-dimensional coordinate system, as well as based on errors which follow kicking deviations in one-dimension, i.e. by horizontal (*X*) and vertical (*Y*) axis. Speed of a kick was analysed based on relative (*Vrel*) and absolute (*V*) values. The three experiments were conducted according to set objectives. The first experiment had to identify the presence of the factor *target size* and the factor *instruction* onto variables for evaluation of kicking speed and accuracy. There were 33 male respondents in the sample of the average 15 years of age (+/- 0.9), the average height of 168.5 cm (+/- 7.2) and the average weight of 55.5 kg (+/- 5.5). The second experiment was to test the effect of the factor *instruction for grading the speed of kicking* onto adequate variables for evaluation of kicking speed and accuracy. 13 male respondents participated in this research, of the average 15 years of age (+/- 1.6), the average height of 180.4 cm (+/- 5.1) and the average weight of 70.3 kg (+/- 5.8). The third experiment

completed evaluation of the effects of a training program for developing the kicking speed (experimental group for the speed) and the training program for developing the kicking accuracy (experimental group for the accuracy) onto variables for evaluation of speed and accuracy of a kicked ball. 26 male respondents participated in the research, of the average 15 years of age (± 0.8), the average height of 168 cm (± 7.7) and the average weight of 55.1 kg (± 7.5).

According to the key finding obtained from the first experiment, the factor *instruction* impacts variables of the speed and accuracy to a greater extent than the factor *target size*. The factor *target size* impacts the consistency of a goal (*BVG*) and the factor *instruction* impacts the speed variables (*V*, *Vrel*), certain accuracy variables (*SRG*, *X*) and the consistency (*BVG*). The results obtained from the second experiment indicate that the factor *instruction for grading the speed* impacts significantly variables *SRG* and *BVG*. According to the analysis of results of the actual speed and accuracy, the most accurate kicks (measured via *SRG*) were achieved at the ball speed of 74.48%, and the most consistent kicks (measured via *BVG*) were achieved at the ball speed of 61.22% of the maximum speed. According to the key finding of the third experiment, training programs for speed development were developed separately, i.e. training programs for development of accuracy did not result in expected specific impact onto experimental groups; however, generally speaking, for all experimental groups variable values of the speed and accuracy of performance were changed in the final measurement compared to the initial one. In other words, respondents included in the final measurement generated kicks of less error irrespective of the training program that was carried out, and it can be said that the general training of *instep* kicks impacted improvement of accuracy of respondents. Furthermore, this increase in accuracy goes along with reduction of speed of the ball flight. Having in mind importance of the speed of performance of a kick, it can be concluded that the actual improvement in accuracy, followed by reduction in the speed of performance, does not fully contribute to the entire improvement of the *instep* kick quality.

Key words: motor control, motor learning, *Fitts's* law, instep kick, instructions, medium radial error, medium centroid error, bivariate variable error, speed of the ball, training program.

Scientific field: Physical education and sport

Narrow scientific field: Physical education, sport and recreation sciences

UDK number: 796.332:796.012.32(043.3)

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. TEORIJSKI OKVIR RADA	4
2.1. TEORIJSKA ANALIZA POKRETA ZASNOVANA NA TEORIJAMA I MODELIMA MOTORNE KONTROLE.....	4
2.1.1. <i>MOTORNA ŠEMA POKRETA.....</i>	6
2.1.2. <i>TEORIJA RELATIVNOG TAJMINGA.....</i>	7
2.2. RELACIJE IZMEĐU BRZINE I PRECIZNOSTI IZVOĐENJA POKRETA	8
2.2.1. <i>FAKTORI KOJI UTIČU NA PRECIZNOST I BRZINU IZVOĐENJA INSTEP UDARCA</i>	11
2.2.2. <i>METODE ZA PROCJENU PRECIZNOSTI</i>	17
2.3. UTICAJ VIZUELNIH INFORMACIJA NA PRECIZNOST I BRZINU IZVOĐENJA POKRETA	21
2.4. UTICAJ TRENAŽNIH PROGRAMA NA USPJEŠNOST IZVOĐENJA INSTEP UDARCA	26
3. PROBLEM, PREDMET, CILJ I ZADACI ISTRAŽIVANJA.....	31
3.1. PROBLEM ISTRAŽIVANJA.....	31
3.2. PREDMET ISTRAŽIVANJA.....	31
3.3. CILJ ISTRAŽIVANJA	32
3.4. ZADACI ISTRAŽIVANJA.....	32
4. HIPOTEZE ISTRAŽIVANJA	36
5. METODE ISTRAŽIVANJA	37
5.1. EKSPERIMENT I: EFEKAT INSTRUKCIJE I VELIČINE METE NA BRZINU I PRECIZNOST INSTEP UDARCA	37
5.1.1. <i>UZORAK ISPITANIKA</i>	37
5.1.2. <i>UZORAK VARIJABLI</i>	37
5.1.3. <i>NAČIN MJERENJA</i>	39
5.1.4. <i>TOK I POSTUPCI ISTRAŽIVANJA</i>	39

5.1.4.1. Familijarizacija sa testom.....	40
5.1.4.2. Izvođenje testa.....	40
5.1.4.3. Glavno testiranje	42
5.1.5. OBRADA PODATAKA	42
5.1.6. STATISTIČKA OBRADA PODATAKA	46
5.2. EKSPERIMENT II: EFEKAT BRZINE IZVOĐENJA <i>INSTEP</i> UDARCA NA OSTVARENU PRECIZNOST.....	46
5.2.1. UZORAK ISPITANIKA.....	47
5.2.2. UZORAK VARIJABLI	47
5.2.3. NAČIN MJERENJA	48
5.2.4. TOK I POSTUPCI ISTRAŽIVANJA.....	49
5.2.4.1. Familijarizacija sa testom	49
5.2.4.2. Izvođenje testa	49
5.2.4.3. Glavno testiranje	51
5.2.5. OBRADA PODATAKA	52
5.2.6. STATISTIČKA OBRADA PODATAKA	53
5.3. EKSPERIMENT III: EFEKAT SPECIFIČNE TRENAŽNE OBUKE ZA RAZVOJ BRZINE I ZA RAZVOJ PRECIZNOSTI <i>INSTEP</i>	
UDARCA NA BRZINU I PRECIZNOST IZVOĐENJA	53
5.3.1. UZORAK ISPITANIKA.....	54
5.3.2. UZORAK VARIJABLI	54
5.3.3. NAČIN MJERENJA	55
5.3.4. TOK I POSTUPCI ISTRAŽIVANJA.....	56
5.3.4.1. Familijarizacija sa testom	56
5.3.4.2. Izvođenje inicijalnog i finalnog testiranja	57
5.3.4.3. Inicijalno i finalno testiranje.....	58
5.3.4.4. Trenažni program	59
5.3.5. OBRADA PODATAKA	62
5.3.6. STATISTIČKA OBRADA PODATAKA	63
<u>6. REZULTATI ISTRAŽIVANJA.....</u>	65
6.1. EKSPERIMENT I: EFEKTI INSTRUKCIJE I VELIČINE METE NA BRZINU I PRECIZNOST <i>INSTEP</i> UDARCA	65

6.2. EKSPERIMENT II: EFEKAT BRZINE IZVOĐENJA <i>INSTEP</i> UDARCA NA OSTVARENU PRECIZNOST.....	73
6.3. EKSPERIMENT III: EFEKTI SPECIFIČNE TRENAŽNE OBUKE ZA RAZVOJ BRZINE I ZA RAZVOJ PRECIZNOSTI <i>INSTEP</i> UDARCA NA BRZINU I PRECIZNOST IZVOĐENJA	79
<u>7. DISKUSIJA.....</u>	88
7.1. EKSPERIMENT I: EFEKTI INSTRUKCIJE I VELIČINE METE NA BRZINU I PRECIZNOST <i>INSTEP</i> UDARCA	88
7.1.1. <i>EFEKAT FAKTORA VELIČINA METE NA BRZINU I PRECIZNOST <i>INSTEP</i> UDARCA</i>	89
7.1.2. <i>EFEKAT FAKTORA INSTRUKCIJA NA BRZINU I PRECIZNOST <i>INSTEP</i> UDARCA</i>	92
7.2. EKSPERIMENT II: EFEKAT BRZINE IZVOĐENJA <i>INSTEP</i> UDARCA NA OSTVARENU PRECIZNOST.....	96
7.2.1. <i>EFEKAT FAKTORA INSTRUKCIJA ZA GRADIRANJE BRZINE NA VARIJABLE OSTVARENE BRZINE LOPTE</i>	96
7.2.2. <i>EFEKAT FAKTORA INSTRUKCIJA ZA GRADIRANJE BRZINE NA VARIJABLE PRECIZNOSTI.....</i>	98
7.3. EKSPERIMENT III: EFEKTI SPECIFIČNE TRENAŽNE OBUKE ZA RAZVOJ BRZINE I ZA RAZVOJ PRECIZNOSTI <i>INSTEP</i> UDARCA NA BRZINU I PRECIZNOST IZVOĐENJA	99
<u>8. ZAKLJUČCI</u>	105
<u>LITERATURA</u>	108
<u>BIOGRAFIJA AUTORA.....</u>	116
<u>PRILOZI</u>	118
<u>IZJAVA O AUTORSTVU</u>	118
<u>IZJAVA O ISTOVETNOSTI ŠTAMPANE I ELEKTRONSKE VERZIJE DOKTORSKOG RADA</u>	119
<u>IZJAVA O KORIŠĆENJU</u>	120

1. UVOD

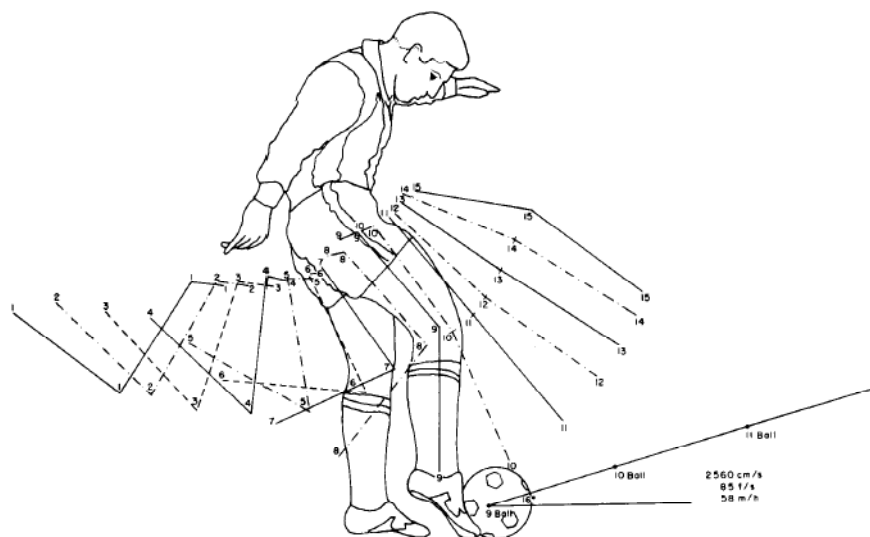
Fudbal je sport sa izuzetno visokim psiho-fizičkim i tehničko-taktičkim zahtjevima. Analizom fudbalske utakmice sa tehničko-taktičkog aspekta, fudbaler tokom 90 minuta ostvari prosječno 51 kontakt sa loptom od čega 51% čine udarci po lopti (Mohr et al., 2003), pa dobra tehnika udarca predstavlja važan segment fudbalske igre. Razumijevanje biomehaničkih karakteristika različitih tipova udaraca po lopti, sa praktičnog aspekta, važno je za obučavanje i usavršavanje ovih tehničkih elemenata. Prva biomehanička istraživanja fudbalskih udaraca su zabilježena početkom šezdesetih godina prošlog vijeka. U najopštijem smislu, mogu se podijeliti na istraživanja koja se bave biomehaničkom analizom udarca nezavisno od uspješnosti izvođenja (analiza tehnike udarca), i na istraživanja koja pristupaju analizi efekata izvedenog šuta (ostvarena preciznost i brzina). Za prvu grupu istraživanja je specifično da udarac u fudbalu opisuju direktnim mjerama kao što su kinetičke i kinematičke varijable i na taj način objašnjavaju tehniku izvođenja udarca po lopti. Kod druge grupe istraživanja kvalitet izvedenog udarca se procjenjuje preko ostvarene brzine i preciznosti lopte. Ipak, obje grupe istraživanja imaju za cilj da na osnovu dobijenih rezultata donesu validne zaključke u vezi sa tehnikom udarca po lopti.

Jedan od najzastupljenijih udaraca po lopti je udarac hrptom stopala, ili još preciznije, udarac po lopti prednjim dijelom stopala (u daljem tekstu *instep* udarac)¹, pa se njegovo usavršavanje postavlja kao važan segment fudbalske tehnike. Uvidom u dostupnu literaturu uočava se veliki broj istraživanja koja su se bavila biomehaničkim analizama različitih tipova udaraca po lopti. Osnovni cilj dosadašnjih istraživanja, koja su se bavila ovim problemom, je biomehanička analiza udaraca po lopti pomoću kinematičkih, kinetičkih i elektromiografskih parametara. Sa unapređenjem tehnologije koja se koristi za analizu kretanja, u prvom redu kamera visoke rezolucije sa 3D kinematičkim analizama i elektromiografije, prošireno je interesovanje istraživača iz oblasti biomehanike i motorne

¹U međunarodnoj naučnoj literaturi je opšte prihvaćen i prepoznatljiv termin *instep* udarac. On označava udarac prednjim dijelom stopala po lopti koja miruje, i može da se izvodi sa ili bez zaleta. Kako u našem jeziku ne postoji ovako univerzalan termin koji opisuje ovaj tehnički element u fudbalu, iz tih razloga, termin *instep* udarac se koristio u daljem tekstu, bez obzira što ima anglo-saksonsku jezičku osnovu.

kontrole u kontekstu izučavanja problema povezanih sa izvođenjem šuta u fudbalu, gdje se kvalitet izvođenja u krajnjoj instanci manifestuje ispoljenom brzinom i preciznošću šutnute lopte.

Instep udarac predstavlja složeni biomehanički pokret tokom kojega se kretanje noge, kojom se vrši udarac, definiše kao sukcesivna kinematička šema iz razloga što kretanje noge započinje iz zgloba kuka nakon čega se redom uključuju i susjedni zglobovi. Pokreti noge tokom *instep* udarca po lopti izvode se u zglobovima kuka, koljena, i skočnog zgloba, pri čemu kuk i karlica predstavljaju zatvoreni kraj a stopalo otvoreni kraj kinetičkog lanca (Levanon & Dapena, 1998; Naito et al., 2010). Tokom izvođenja *instep* udarca dolazi do sukcesivne kinematičke šeme pokreta natkoljenice, potkoljenice i stopala (Slika 1). Ovaj redosled aktiviranja segmenata noge implicira na činjenicu da se *instep* udarac, nakon inicijalnog zamaha, izvodi po proksimalno-distalnom obrascu pokreta gdje se prvo pokreće natkoljenica, zatim potkoljenica, pa tek onda stopalo. U osnovi, ovakva vremenska šema pokreta otvorenog kinetičkog lanca ima za cilj povećavanje brzine pokreta, pa u slučaju *instep* udarca po lopti brzina distalnog kraja kinematičkog lanca, tj. stopala, predstavlja rezultat slaganja ugaonih brzina u zglobu kuka, koljena i skočnog zgloba.



Slika 1. Kinogram pokreta natkoljenice i potkoljenice pri izvođenju *instep* udarca (Plagenhoef, 1971)

Analizirajući tehniku izvođenja *instep* udarca uočavaju se dvije elementarne faze, tj. faza zadnjeg i faza prednjeg zamaha noge kojom se udarac izvodi. Wickstrom (1975)

opisuje i analizira *instep* udarac kroz četiri faze pokreta i to: (1) povlačenje natkoljenice i potkoljenice tokom zadnjeg zamaha, (2) rotacija natkoljenice i potkoljenice prema naprijed usljed fleksije u zglobu kuka, (3) faza usporavanja pokreta natkoljenice i ubrzavanje pokreta potkoljenice do momenta udarca po lopti, i (4) nastavak zamaha po inerciji poslije udarca po lopti. Ovi pokreti segmenta nogu se opisuju kao rotaciona kretanja u sagitalnoj ravni.

U osnovi, svi fudbalski udarci, pa samim tim i *instep* udarac, su višezglobni pokreti koji su unutar lokomotornog sistema proizvod aktivnosti različitih nivoa centralnog nervnog sistema (CNS). Fudbaleri tokom treninga i takmičenja imaju za cilj da sve akcije usmjerene prema голу protivnika finalizuju postizanjem pogotka što se u prvom redu ostvaruje udarcem po lopti. U dosadašnjim eksperimentalnim postavkama, brzina i preciznost šutnute lopte predstavljaju kriterijumske varijable pomoću kojih se vrši procjena kvaliteta izvedenog udarca. Imajući u vidu da je prema klasifikaciji motornih vještina *instep* udarac višezglobni, brz, balistički pokret, može se smatrati da je njegovo izučavanje interesantno ne samo za aplikatibilna istraživanja već i za bazična istraživanja i objašnjenja određenih teorija iz oblasti motorne kontrole.

2. TEORIJSKI OKVIR RADA

2.1. Teorijska analiza pokreta zasnovana na teorijama i modelima motorne kontrole

Prema klasifikaciji motornih vještina, izvedeni pokreti koji se karakterišu maksimalnim ispoljavanjem brzine i ubrzanja, predstavljaju balističke pokrete. Osnovna karakteristika im je visok nivo brzine razvoja sile, kratko vrijeme trajanja pokreta i visok nivo aktivacije motornih jedinica (Zehr & Sale, 1994; Button, 2003). Većina sportskih pokreta se izvodi po ovome obrascu, pa samim tim spadaju pod kategoriju balističkih pokreta. Skokovi, bacanja, udarci u borilačkim sportovima, šutiranja i bacanja lopte u ekipnim sportovima, samo su neki od mnogobrojnih balističkih pokreta. Takođe, jedna od karakteristika ovakvih pokreta je i način njihovog izvođenja u odnosu na nivo korišćenja neposredne veze senzornog i lokmotornog aparata. U tom smislu, opšte prihvaćena podjela je da se pokreti kontrolišu procesom otvorene ili zatvorene petlje. Kontrolni procesi koji se izvode sistemom otvorene petlje karakterišu se nepostojanjem povratnih informacija koje dovode do korekcija tokom izvođenja pokreta, za razliku od procesa kontrole po principu zatvorene petlje gdje postoji proces obrade povratnih informacija (Ilić, 1999). Oba ova procesa se dešavaju pod uticajem motornog programa kojim su zadate osnovne vremenske i prostorne karakteristike pokreta, a dalje u zavisnosti od trajanja pokreta CNS određuje proces kontrole pokreta.

Motorni program predstavlja grupu simultanih i sukcesivnih komandi mišićima da započnu i završe željeni pokret (Ilić, 1999). Na nivou CNS-a i kičmene moždine, motorni program predstavlja grupa eferentnih impulsa koji duž motornih nerava kreću ka mišićima. Ako se određeni pokret posmatra kao motorni program onda se može reći da zavisi od varijabli zadatka i varijabli izvođenja. Varijable zadatka mogu predstavljati određene instrukcije da pokret bude izveden određenom brzinom, preciznošću, pod određenim pristupnim uglom, sa fokusom na metu u vidu gola, koša ili rekvizita kao što su reket, lopta i sl. Varijable izvođenja se ispoljavaju preko trajanja pokreta, brzine izvođenja pokreta, brzine pojedinih segmenta, dužine pokreta, preciznost izvedenog pokreta. Varijable

izvođenja predstavljaju rezultat varijabli zadataka pokreta, pa se na osnovu toga može zaključiti da su varijable izvođenja i varijable zadatka uzročno-posljedično povezane. S tim u vezi, a u skladu sa davanjem instrukcija u motornom zadatku, ukoliko se od ispitanika traži da pokret izvede tako da se ostvari najveća moguća preciznost, ova instrukcija će u određenoj mjeri uticati na brzine segmenata ekstremiteta kojim se pokret izvodi (Marchant, 2011; Van den Tillaar & Ettema, 2003; Van den Tillaar & Ulvik, 2014). Kada je akcenat na izvođenju maksimalno snažnog pokreta koji treba da rezultira postizanjem maksimalne brzine rekvizita, onda će biti promijenjeno trajanje cjelokupnog pokreta sa promjenom kinematičkih i kinetičkih obrazaca (Nunome et al., 2002; Van den Tillaar & Ettema, 2003; Marchant, 2011; Van den Tillaar & Ulvik, 2014). Dakle, različiti zahtjevi izvođenja pokreta za posljedicu imaju i promjenu u kinetičkim i kinematičkim varijablama.

Varijable zadatka pokreta određuju težinu izvođenja koja je definisana ne samo brojem varijabli koje učestvuju u realizaciji zadatog cilja motornog programa već i njihovom važnošću za postizanje istog. Hijerarhija varijabli među odgovornim centralnim, kortikalnim i subkortikalnim regionima (koji imaju mehanizme za određivanje uključivanja i isključivanja) zavisi od raspoloživog vremena za vršenje pokreta, odnosno predviđene brzine i ubrzanja kojom bi trebalo da kinetički lanac bude pokrenut i završi pokret (Bizzi et al., 1992) (preuzeto iz "Motorna kontrola i učenje brzih pokreta", Ilić, 1999).

U kontekstu analize *instep* udarca po lopti može se pretpostaviti da varijable izvođenja i varijable zadatka imaju ključnu ulogu u ispoljavanju kinematičkih i kinetičkih parametara (Van Der Kamp, 2006). Kao što je prethodno pomenuto, pretpostavlja se da će u zavisnosti od trajanja izvođenja pokreta zavisiti i to da li će pokret biti kontrolisan procesom otvorene ili zatvorene petlje. Kada se od ispitanika zahtijeva da *instep* udarac izvede maksimalnom brzinom, pretpostavlja se da će pokret usljed velike brzine izvođenja, tj. imajući u vidu kratko trajanje cjelokupnog pokreta, biti kontrolisan procesom otvorene petlje, odnosno bez mogućnosti uticaja povratnih informacija na eventualne korekcije pokreta. Samim tim, kada zahtjevi motornog zadatka vremenski ne ograničavaju izvođenje pokreta i time produžavaju trajanje pokreta, pretpostavlja se da će sam pokret biti kontrolisan procesom zatvorene petlje.

Za tehniku *instep* udarca se može reći da je memorisana na nivou CNS-a, kao motorni program kojem je određen redosljed aktivacije određenih tjelesnih segmenata. Usljed postojanja velikog broja varijacija uzrokovanih različitim situacionim uslovima, konkretni parametri brzine, trajanja i dužine izvedenog pokreta se razmatraju na nivou motorne šeme pokreta ili generalizovanih motornih programa.

2.1.1. *Motorna šema pokreta*

Različiti zahtjevi, odnosno varijable zadatka izvođenja pokreta utiču na kinematičku sliku. Varijable zadatka pokreta zavise od situacionih uslova u kojima se dati pokret izvodi. U kontekstu izvođenja *instep* udarca varijable zadatka mogu biti definisane distancom sa koje se upućuje udarac, lokacijom mete koja se gađa (dijela gola koji treba pogoditi), brzinom izvođenja pokreta, postavkom protivničkih fudbalera i sl. (Andersen & Dorge, 2011; Kelis & Katis, 2007). Uzimajući u obzir ovako veliki broj varijabli i još veći broj mogućih međusobnih kombinacija, postavlja se logičko pitanje: Da li sve kombinacije varijabli zadataka imaju svoj motorni program? Istraživači su se bavili ovim problemom i zaključili da bi jedan ovakav pristup bio neekonomičan i teško održiv zbog velike redundantnosti nervnog sistema, pa se na osnovu toga razvila teorija generalizovanih motornih programa pod nazivom "*motorne šeme*". Motorne šeme predstavljaju *generalizovane motorne programe (GMP)* i kao takve sadrže osnovnu kinematičku strukturu određenog pokreta, dok konkretne komande mišićima, koje u potpunosti definišu kinematičku sliku, zavise od situacionih uslova. Bernštajn (1967) je predložio teorijski model u kome postoje samo jezgra programa, a definisani položaji parametara u programu omogućili bi da se motorne šeme ispoljavaju prema trenutnim zahtjevima motornog zadatka (Ilić, 1999). Ovakav teorijski pristup ima veliki značaj i za trenažni proces jer jasno daje smjernice obučavanja i usavršavanja tehničkih elemenata datog sporta, gdje je prije svega važno uspostaviti stabilnost izvođenja osnovne strukture motornog obrasca, a nakon toga stvarati i izgrađivati ispoljavanje ovog obrasca u različitim situacionim zahtjevima sa čim bi se dalje podsticala nadgradnja osnovne strukture motornog obrasca i time uvećao kapacitet za njegovu fleksibilnost.

2.1.2. Teorija relativnog tajminga

Još prihvatljiviji pristup za analizu pokreta omogućava teorija “relativnog tajminga” koja je razvijena tokom posljednje dvije decenije. Prema ovoj teoriji, pojmom relativnog tajminga predstavljen je mehanizam koji omogućava čovjeku da željenu šemu pokreta sačuva kao cjelinu, a da prema motornom zadatku taj pokret izvodi različitom brzinom, tako da se trajanje svih njegovih sekvenci proporcionalno skraćuje ili produžava (Engelhorn, 1983).

Instep udarac bi mogao da predstavlja pokret koji ima svoju vremensku strukturu i koji se kao takav “čuva” u motornoj memoriji. Vremenska struktura je određena varijablama dužine i brzine izvođenja pokreta, kao i njihovim međusobnim odnosom koji ima za rezultat određeno trajanje pokreta. Kada se trajanje pokreta mijenja, obično je u njemu konstantan udio vremena proteklog od trenutka razvijanja maksimalne sile agonista pa do trenutka razvijanja maksimalne sile antagonista (Karst et al., 1991). Pored prikaza relativnog tajminga u vremenskim koordinatama, moguće ga je prikazati i u prostornim koordinatama. Eksperimenti vršeni na pokretima koji uključuju više zglobova, pokazali su da razlike u amplitudama postoje, ali da se unutrašnja struktura izvođenja ne mijenja (Zelaznika et al. 1986). Prema ovome, a sa aspekta teorije relativnog tajminga, *instep* udarac se može prikazati preko vremenskih i prostornih koordinata.

Motorna šema *instep* udarca sadrži osnovne kretnje koje treba da budu što manje varijabilne, a to su vremenski redosljed aktiviranja segmenata noge kojom se izvodi *instep* udarac (sukcesivna šema pokreta određena redosljedom uključivanja različitih segmenata), položaj stopala stajne noge, položaj centra mase tijela i položaj i krutost stopala u momentu kontakta sa loptom koje su određene prostornim koordinatama (Shan & Zhang, 2011). Kada se postigne dobra varijabilnost ovih parametara koji predstavljaju motornu šemu, tj. jezgro pokreta, a sa druge strane izbjegne negativna varijabilnost koja bi uvela nestablno ispoljavanje motorne šeme, onda je znatno lakše i efikasnije realizovanje posebnih zadataka koji se, u prvom redu, ogledaju u zahtjevima preciznosti i brzine šutnute lopte. Gotovo da nema situacije tokom treninga ili utakmice u kojoj se od fubalera ne zahtijeva visok nivo ispoljavanja obje ili makar jedne od ove dvije sposobnosti. Opisivanje i objašnjavanje datog pokreta putem predloženih teorijskih modela omogućava da se na temelju odgovarajuće

teorijske postavke, putem istraživanja, donesu validni zaključci koji će biti i adekvatno aplikabilni u procesu obuke.

2.2. Relacije između brzine i preciznosti izvođenja pokreta

Veliki broj istraživača se bavio problemom odnosa brzine i preciznosti izvođenja najrazličitijih pokreta. Na osnovu dobijenih rezultata formirani su modeli koji sa različitih aspekata opisuju ovaj odnos. Vudforda je 1899. godine zainteresovao ovaj problem, jer je bio impresioniran nivoom brzine i preciznosti ukucavanja eksera (preuzeto od Ilića, 1999). Kako bi ispitao ovaj odnos, napravio je eksperiment kojim je ispitanicima zadao instrukcije da pokreću olovku kroz prorez naprijed-nazad, mijenjajući smjer kretanja u odnosu na dva vizuelno markirana položaja. Zadatak je bio da ispitanici pokreću olovku naprijed-nazad kroz zadate proreze u tačno ograničenim vremenskim intervalima koji su zadavani metronomom. Ovaj zadatak ispitanici su izvodili otvorenih i zavorenih očiju. Kada je ovaj zadatak izvođen zatvorenih očiju uočeno je povećanje brzine pokreta i konstantne srednje sistematske greške, koja je definisana kao srednje apsolutno rastojanje između položaja gdje je olovka promijenila smjer kretanja i gdje je trebalo da promijeni smjer (zadati početni i terminalni položaj). Kada je isti zadatak izvođen otvorenih očiju, preciznost je poboljšana (sistematska greška je smanjena), ali je smanjena i brzina pokreta. Ovi rezultati su objašnjeni preprogramiranjem pokreta koje se dogodilo kada se zadatak izvodio otvorenih očiju, a usljed vizuelnih informacija koje je CNS dobijao tokom izvođenja pokreta. Ovu pojavu Vudford je nazvao *tekućom* ili *uzastopnom kontrolom* pokreta. Sa aspekta teorije uzastopne kontrole pokreta, zaključeno je da će pokret koji treba da se izvede unutar kratkog vremenskog intervala imati grešku u preciznosti istu koliku i pokret koji će biti izveden u uslovima u kojima je uklonjena vizuelna povratna veza i sa produženim vremenom trajanja pokreta.

Testirajući Vudfordovu hipotezu odnosa preciznosti i brzine, Fitts (1964) je otkrio da kada je zahtijevana preciznost, koja je izražena širinom mete, konstantna, trajanje pokreta je uvećavano sa logaritmom dužine pokreta. Kada je dužina pokreta bila konstantna, trajanje pokreta je uvećavano sa logaritmom preciznosti (definisana kao

recipročna vrijednost širine mete). Trajanje pokreta je linearno povezano sa logaritmom dužine pokreta (D) podijeljenog sa širinom mete (W). Prema ovome, D i W podjednako mijenjaju trajanje pokreta (Crossman & Goodeve, 1983). Fitts je ovaj odnos sažeo u empirijski model, koji je nazvan *Fittsov zakon*:

$$MT = a + b \times \log_2 (2D)/W$$

gdje MT označava trajanje pokreta, D označava dužinu pokreta (tj. rastojanje između centara meta), W označava širinu mete, dok su a i b empirijske konstante čije veličine zavise od motornog zadatka, a različite su za svakog ispitanika. Izraz “ $\log_2 (2D)/W$ ” je nazvan indeksom težine. Prema *Fittsovom zakonu*, trajanje pokreta linearno raste s indeksom težine (Ilić, 1999).

Analizirajući *Fittsov zakon*, istraživači su imali oprečna mišljenja u pogledu toga da li on reflektuje model uzastopne kontrole ili pak model varijabilnosti impulsa. U eksperimentu Šmita, od ispitanika je traženo da reprodukuju pokrete u metu u okviru zadatog vremena pri čemu treba da povećaju preciznost (preuzeto od Ilića, 1999). Varijabilna greška krajnjih položaja We (efektivna širina cilja) je povećana sa rastojanjem D, dok se We smanjuje sa trajanjem pokreta:

$$We = k (D/MT), \text{ odnosno } MT = k (D/We).$$

Kao što se može zaključiti, odnos trajanja pokreta (MT), dužine pokreta (D) i varijabilne greške krajnjih položaja sličan je sa *Fittsovim zakonom*.

Prema modelu varijabilnosti impulsa, Schmidt et al. (1988), sugerisali su da su brzi pokreti ruku vršeni pokretanjem ruke prema cilju šemom integrisanih nervnih impulsa koji je prenošen na mišiće. Prema njima, ovaj impuls pokreće segment i djeluje do prve polovine pokreta, tokom kojeg bi pokret trebalo da dobije isplaniranu putanju. U drugoj fazi pokreta segment se kreće po inerciji prema cilju i putanjom koja je određena prvom fazom. Pretpostavka je da postoje razlike u silama koje pokreću ruku prema cilju, u vremenu tokom kojeg su ove sile razvijene, kao i da je sistematska greška u korelaciji sa veličinom ispoljene sile. Varijabilna greška kod trajanja pokreta (MT) tokom kojeg se prenose impulsi navodi na zaključak da je proporcionalno veća sila upotrebljena da bi se prešlo duže rastojanje. Kao rezultat javljaju se veće greške u mišićnoj sili, iako je više

vremena potrošeno za pokretanje ekstremiteta ili njegovog dijela prema cilju. Shodno ovome odnosu, cilj ispitanika je da prilikom izvođenja kretnog zadatka nađe optimalnu kombinaciju sile i njenog trajanja, kako bi odstupanje obje ove varijable bilo svedeno na minimum.

Istraživači iz oblasti motorne kontrole i biomehanike, ali i fudbalski treneri, izdvojili su brzinu i preciznost *instep* udarca kao dvije kriterijumske varijable koje određuju ispitanikovu uspješnost i sposobnost izvođenja udarca (De Proft et al., 1988; Lees & Nolan, 1998; Kelis & Katis, 2007; Lees, 2008; Sterzing et al., 2008). Imajući u vidu da je *instep* udarac po strukturi izvođenja balistički pokret kod kojeg je važno realizovati veliku brzinu i ostvariti značajno ubrzanje slobodnim segmentom na početku pokreta, može se pretpostaviti da je model varijabilnosti impulsa adekvatniji model za opisivanje motorne šeme izvođenja pokreta koji zahtijevaju veliku brzinu i preciznost. U zavisnosti od situacionih uslova, zavisi i odnos ove dvije sposobnosti (brzina i preciznost), koje direktno utiču na formiranje obrasca pokreta na apstraktnom nivou, koji se dalje obradom informacija priprema za realizaciju, i koji svoju realnu sliku dobija ispoljavanjem kinetičkih i kinematičkih parametara (Ali, 2011). Pregledom istraživanja može se reći da varijable instrukcija i varijable brzine izvođenja zadatog pokreta imaju najveći uticaj na efikasnost *instep* udaca. Prilikom udarca na gol *instep* tehnikom šuta postoji nekoliko mogućih strategija, a to su: šutnuti loptu na gol sa akcentom na maksimalnoj brzini lopte, šutnuti loptu na gol sa akcentom na maksimalnoj preciznosti i šutnuti loptu na gol sa akcentom na maksimalnom mogućem ispoljavanju brzine i preciznosti. Najčešći zahtjev koji se tokom treninga i takmičenja postavlja pred fudbalerima je taj da šutnuta lopta ostvari maksimalnu brzinu i preciznost. Prema *Fitsovom zakonu*, na odnos ispoljene brzine i preciznosti izvedenog pokreta bitan uticaj ima i indeks težine koji bi u slučaju izvođenja *instep* udarca mogao biti definisan širinom mete koja se pogađa, distancom sa koje se upućuje udarac ili zahtjevom koji se stavlja pred fudbalerom.

2.2.1. Faktori koji utiču na preciznost i brzinu izvođenja instep udarca

Preciznost predstavlja motoričku sposobnost od koje zavisi efikasnost kretnog zadatka (Berjan, 2013). U kombinaciji sa optimalnom brzinom izvođenja, dobija se odnos preko kojega se najdirektnije može komentarisati efikasnost izvedenog kretnog zadatka. Odnos brzine i preciznosti, u kojem je međusobni negativan transfer varijabli minimalan, predstavlja glavni cilj usavršavanja izvođenja *instep* udarca. Ispoljavanje optimalnog odnosa brzine i preciznosti šutnute lopte je rezultat kombinacija više različitih faktora. Dužina, brzina i ugao zaleta u odnosu na loptu predstavljaju važne komponente izvođenja *instep* udarca, koje u značajnoj mjeri determinišu karakteristike kontakta stopala i lopte (Ball, 2008), i time određuju ispoljavanje brzine izvođenja *instep* udarca (Isokawa & Lees, 1988; Kellis et al., 2004; Opavsky, 1987; Roberts et al., 1974). Na odnos realizovane brzine i ispoljene preciznosti bitan uticaj imaju i instrukcije koje fudbaler dobija prilikom izvođenja udarca po lopti (Dick, 2001). Kada ispitanik dobije instrukciju da maksimalno precizno izvede zadati udarac, dolazi do smanjenja brzine lopte u poređenju sa udarcem kod kojeg je akcenat na maksimalnoj brzini lopte (Lees & Nolan, 1998). Ovi rezultati su podržani istraživanjem Teixeira (1999), koji zaključuje da se udarcima kod kojih se zahtijeva preciznost, ostvaruje duže trajanje pokreta kao i manja brzina skočnog zgloba, u poređenju sa *instep* udarcem kod kojega nije zahtijevana preciznost. Na osnovu prikazanih rezultata može se zaključiti da se udarci kod kojih se zahtijeva preciznost, karakterišu dužim trajanjem pokreta, za razliku od udarca kod kojih je akcenat na brzini lopte.

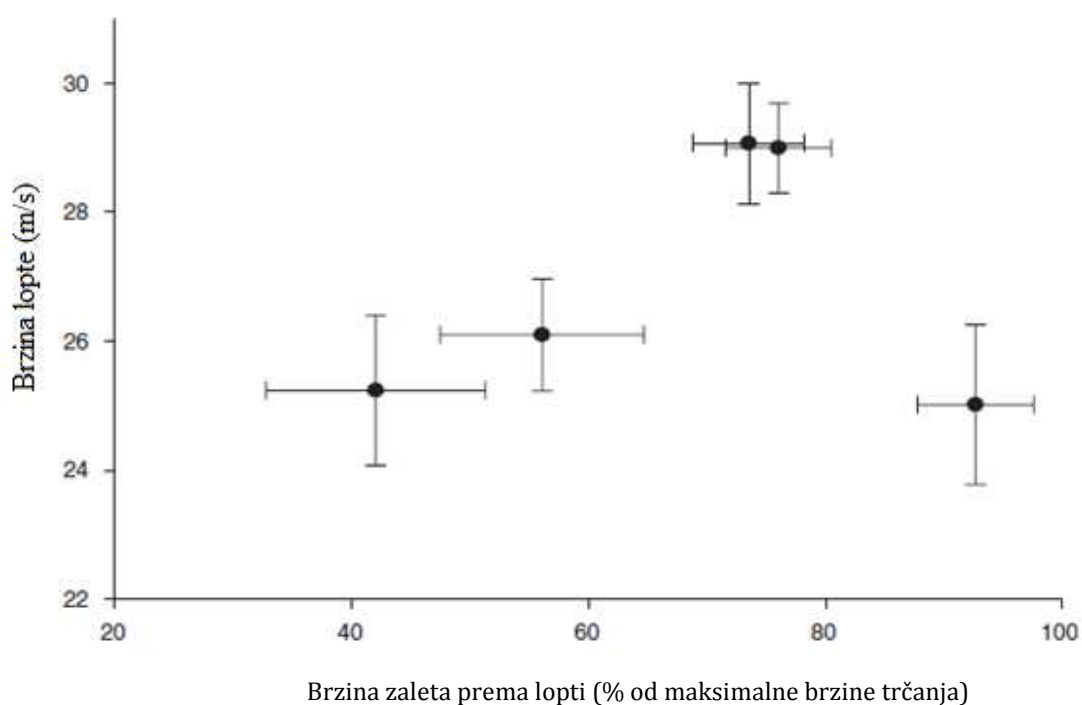
Detaljan odnos zavisnosti instrukcija i odnosa brzine i preciznosti izvedenog udarca dat je u istraživanju Tillaar-a & Ulvik-a (2014). Cilj ovog istraživanja je bio da se istraži uticaj instrukcija na odnos brzine i preciznosti šutnute lopte dominantnom i nedominantnom nogom. U istraživanju je učestvovalo deset fudbalera muškog pola koji su prilikom izvođenja *instep* udarca dobijali instrukcije za brzinu ili za preciznost udarca. Dvije instrukcije su imale primarni i sekundarni cilj, pa su instrukcije bile strukturane tako da se unutar jedne instrukcije od ispitanika zahtijeva i brzina i preciznost, ali u različitom odnosu. Druge dvije instrukcije su se odnosile na maksimalno ispoljavanje brzine i preciznosti šutnute lopte, pri čemu je jedini akcenat bio na maksimalnoj brzini, odnosno maksimalnoj preciznosti udarca. Obradom dobijenih rezultata zaključeno je da različite

instrukcije imaju različit uticaj na odnos brzine i preciznosti lopte. Dobijeni rezultati ukazuju da instrukcija kod koje je primarni akcent na preciznosti utiče na smanjenje brzine stopala dominantne i nedominantne noge, ali, isto tako, pri istoj instrukciji dolazi do povećanja preciznosti udarca. Važno je naglasiti da se ostvareno povećanje preciznosti odnosi samo na dominantnu nogu, pa se može pretpostaviti da važi samo za automatizovane, odnosno, dobro uvježbane pokrete. Ovo ukazuje da je u ovom slučaju *Fitsov zakon* važio samo za dominantnu nogu. Prilikom udarca nedominantnom nogom, indeks težine izvođenja kretnog zadatka je povećan, pa samim tim i instrukcija kod koje je uočeno povećanje preciznosti ne utiče jednako na udarac dominantnom i nedominantnom nogom. Jedan od zaključaka ovog istraživanja je da se sa povećanjem preciznosti značajno smanjuje brzina udarca izvedenog dominantnom nogom. Ovaj zaključak je u skladu sa *Fitsovim zakonom* po kojem jedna od ove dvije sposobnosti uvijek ima prioritet. Rezultati koji se odnose na odnos brzine i preciznosti nedominantnom nogom takođe ukazuju da se brzina značajno smanjuje u situacijama kada je glavni akcent na preciznosti, ali, isto tako, uočeno je da se preciznost značajno ne povećava. U zaključku ovog istraživanja se navodi da se brzina leta lopte mijenja u zavisnosti od instrukcija. Kod instrukcije za preciznost uočeno je da brzina lopte opada kako za dominantnu, tako i za nedominantnu nogu, dok je preciznost povećana samo za dominantnu nogu. Sugestija trenerima i sportistima je da u treningu koriste instrukcije kod kojih je primarni ili jedini akcent na brzini, jer se ovim instrukcijama ostvaruju veće brzine lopte (28.8 m/s naspram 20.5 m/s kod instrukcije za preciznost) uz istovremeno zadržavanje visokog nivoa preciznosti u poređenju sa instrukcijom sa jednim akcentom na preciznosti (apsolutna greška kod instrukcije za brzinu 0.86 naspram 0.68 m, kod instrukcije za preciznost). U ovom istraživanju je zabilježeno povećanje preciznosti za 0.18 m kada se koristi instrukcija sa jednim akcentom za preciznost, dok je istovremeno brzina leta lopte prosječno smanjena za 8.3 m/s. Na bazi ovih rezultata jasno je da se u treningu za razvoj brzine i preciznosti treba koristiti instrukcija sa jednim akcentom za brzinu (šutnuti loptu tako da ostvari najveću moguću brzinu bez obzira na preciznost) ili makar sa primarnim akcentom na brzini lopte, a sekundarnim na preciznosti.

Preciznost udarca zavisi od brzine zaleta i od ugla pristupa lopti (Godik et al., 1993). Kada fudbaler pristupa lopti brzinom koju on određuje, onda je brzina lopte kod preciznih udaraca povećana. Suprotno ovome, kada je zalet ka lopti izveden maksimalnom brzinom trčanja, onda dolazi do smanjenja preciznosti. Na osnovu ovoga se može zaključiti da je adekvatna brzina zaleta važna za ostvarivanje optimalnog odnosa brzine i preciznosti šutnute lopte (Godik et al., 1993). Pristupni ugao se definiše kao orijentacija tijela u odnosu na loptu sa ciljem zauzimanja položaja kojim će se omogućiti potencijalno najoptimalniji opseg pokreta u zglobu kuka i koljena, kao i optimalan položaj noge, kojom se udara lopta u frontalnoj ravni, kako bi se stvorili uslovi da stopalo što većom površinom ostvari kontakt sa loptom (Lees & Nolan, 1998). Isokawa & Lees (1988), ispitivali su efekte različitih pristupnih uglova na kinematiku *instep* udarca. Zaključak ovih istraživača je da su optimalni pristupni uglovi od 30° do 45° , i da se pri uglu zaleta od 30° ostvaruje maksimalna brzina natkoljenice, a pri uglu od 45° maksimalna brzina lopte. Nedostatak ovog istraživanja je nepostojanje povezanosti pristupnog ugla sa varijablom preciznosti udarca na gol. Adekvatan pristupni ugao lopti omogućava optimalnu rotaciju karlice što direktno omogućava veći opseg pokreta i produženo vrijeme trajanja kontakta stopala sa loptom, koji mogu imati pozitivan uticaj na preciznost (Barfield et al., 2002). Rotacija karlice je najveća pri pristupnim uglovima od 30° i 45° . Pri ovim pristupnim uglovima, tijelo dolazi u poziciju koja omogućava optimalan opseg pokreta tokom faze prednjeg zamaha. Sa povećanjem pristupnog ugla lopti, povećava se pokret abdukcije noge kojom se izvodi *instep* udarac, što rezultira većom abdukcijom u momentu kontakta sa loptom. Pristupni ugao lopti od 45° omogućava veći lateralni pokret tijela u frontalnoj ravni, što dovodi do podizanja zgloba kuka noge kojom se udara lopta, omogućavajući natkoljenici i potkoljenici nagib u frontalnoj ravni. Sve ovo omogućava da se stopalo, odnosno površina kojom se ostvaruje kontakt sa loptom, postavi dodatno ispod lopte što omogućava poboljšanje kontakta stopalo-lopta (Lees & Nolan, 1998). Isti istraživači zaključuju da povećanje fleksije koljena stajne noge dovodi do spuštanja centra mase tijela, što za posljedicu ima ostvarivanje prikladnijeg kontakta stopala sa loptom (Lees & Nolan, 1998).

Pored pristupnog ugla, neka istraživanja ukazuju da je brzina zaleta jedan od važnijih faktora koji određuje ispoljenu brzinu šutnute lopte (Kristensen & Andersen, 2009)

(Slika 2). Posmatrajući sa praktičnog aspekta, pitanje odnosa brzine zaleta i brzine šutnute lopte može biti izuzetno informativno i korisno kako za trenažni process, tako i za maksimiziranje kvaliteta *instep* udarca tokom utakmice. Iako je ranije rečeno da veća brzina stopala znači i veću brzinu šutnute lopte, u uslovima kada je deformacija stopala mala, ipak maksimalna brzina zaleta ne znači veću brzinu stopala u momentu kontakta sa loptom, a samim tim ni veću brzinu šutnute lopte.



Slika 2. Uticaj brzine zaleta na brzinu šutnute lopte (preuzeto od: Kristensen & Andersen, 2009)

Analizom Slike 2. uočava se da je pri submaksimalnoj brzini zaleta od 92.7% od maksimuma, brzina šutnute lopte iznosila 25 m/s, dok su maksimalne brzine šutnute lopte od 29.1 m/s i 29.0 m/s osvarene pri brzinama zaleta od 73.5%, odnosno 76.0% od maksimalne (Kristensen & Andersen, 2009). Rezultati pomenute studije su pokazali i da je efikasnost udarca po lopti u većoj mjeri zavisna od produkcije sile mišića ekstenzora koljena nego od faktora koji su povezani sa ubrzanjem kuka.

Na brzinu šutnute lopte *instep* udarcem utiče veliki broj faktora koji su analizirani u sljedećim istraživanjima: tehnika udarca (Less & Nolan, 1998), optimalan transfer energije segmenata noge (Plagenhoef, 1971), brzina i ugao zaleta (Isokawa & Less, 1998; Kellis et al., 2004), kvalitet nivoa takmičenja u kojem fudbaler nastupa (Commetti et al., 2001; Luhtanen, 1988), pol (Barfield et al., 2002), uzrast (Narici et al., 1988), dominantna noga (Barfield et al., 2002; Dorge et al., 2002; Narici et al., 1988; Nunome et al., 2006), biološka zrelost (Less & Nolan, 1998), karakteristike kontakta “stopalo-lopta” (Tsaousidis & Zatsiorsky, 1996; Andersen, 1999; Young & Rath, 2011), mišićna snaga i sila fudbalera (De Proft et al., 1988; Dutta & Subramaniam, 2002; Manolopolus et al., 2006). Navedeni faktori, u određenim kombinacijama, potencijalno mogu biti međusobno zavisni, pa se prilikom analiza odnosa brzine i preciznosti udarca moraju uzeti u obzir svi ovi faktori kako bi izvedeni zaključci bili što validniji. Pri istraživanju međusobne relacije brzine i preciznosti nije moguće uključiti sve faktore koje utiču na brzinu izvođenja u okviru eksperimentalnog dizajna, ali je moguće kontrolisati veliki broj navedenih faktora kako bi se parametrisali uslovi eksperimenta. Time bi se izbjegle mogućnosti da se pojave određeni nekontrolisani faktori koji na indirektan način mogu da utiču na brzinu, a time, kao što je u prethodnim istraživanjima pokazano (Tillaar & Ulvik, 2014), i na preciznost izvedenog udarca.

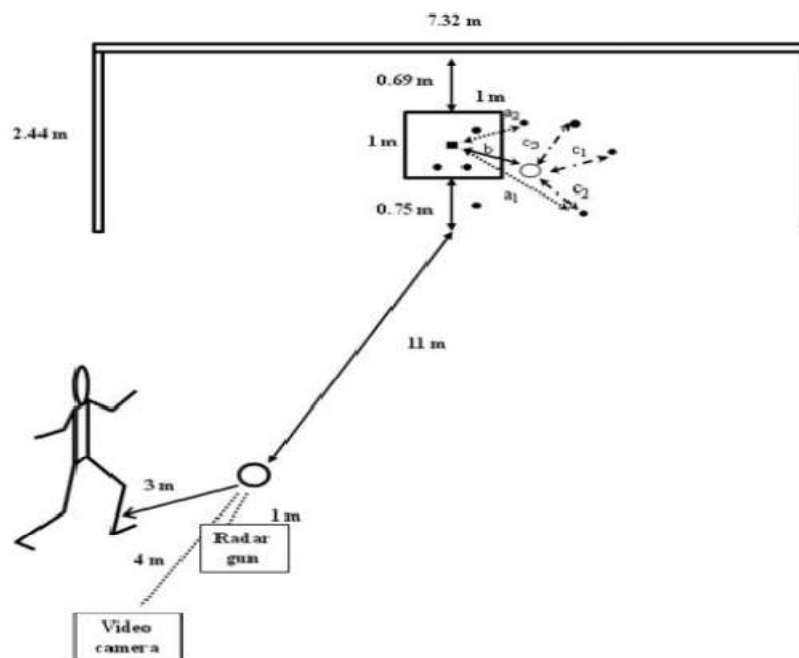
Imajući u vidu brojne faktore koji utiču na brzinu leta šutnute lopte, jasno je zbog čega su istraživači došli do različitih vrijednosti zabilježenih brzina lopte, a one se kreću od 20 do 30 m/s kod fudbalera seniora (Tabela 1). U ranijim istraživanjima utvrđeno je da su tokom Svjetskog prvenstva u Italiji 1990. godine brzine lopte šutnute tehnikom *instep* udarca dostizale maksimalne vrijednosti od 32-35 m/s (Ekblom, 1994). Istraživanjima koja su sprovedena među mlađim uzrasnim kategorijama fudbalera utvrđen je visok nivo korelacije između starosne dobi i brzine šutnute lopte. Zabilježene su brzine šutnute lopte od 12.0-15.5 m/s za fudbalere uzrasta od 8-14 godina (Day, 1987) i od 15.0-22.0 m/s za fudbalere uzrasta od 10-17 godina (Luhtanen, 1988).

Tabela 1. Prikaz dobijenih rezultata brzina šutnute lopte *instep* udarcem (preuzeto od: Kellis & Katis, 2007).

Istrazivačka studija	Broj ispitanika	Godine starosti	Trenažni status	Vrsta udarca	Broj koraka i ugao pristupa	Brzina lopte (m/s)
Asami & Nolte (1983)	4	N/A	Profesionalci	instep	N/A	29.9
Opavski (1988)	6	N/A	N/A	instep	6-8 koraka	23.48-30.78
Luhtanen (1988)	29	10.3-17.1	trenirani	instep	2 koraka	14.9-22.2
Isokawa & Lees (1988)	6	20-26	trenirani	instep	1 korak	18.73(.95)
Poulmedis et al. (1988)	11	25.5(3.0)	trenirani	instep	N/A	27.08(1.32)
Rodano & Tavana (1993)	10	17.6(.5)	profesionalci	instep	2 koraka	22.3-30.0
Dorge et al. (2002)	7	26.4	trenirani	instep	3 metra	24.7
Eklblom (1994)	N/A	N/A	profesionalci	instep	N/A	32-35
Barfiled (1995)	18	20.7 (1.7)	amateri	instep	2 koraka, 45-60°	26.4 (2.09)
Nunome et al. (2002)	5	srednja skola	iskusni	instep	N/A	28.0 (2.1)
Nunome et al. (2006a)	5	16.8 (.4)	talentovani	instep	N/A	32.1 (.7)
Nunome et al. (2006b)	9	27.6 (5.6)	iskusni	instep	N/A	26.3 (3.4)
Apriantono et al. (2006)	7	20.0 (2.1)	amateri	instep	N/A	28.4 (1.6)
Tol et al. (2002)	15	27.4	amateri	instep	N/A	18.9-29.8
Taina et al. (1993)	15	18.1 (.3)	4 liga	instep	N/A	96.02 (9.06) km/h
Trolle et al. (1993)	24	N/A	elitni fudbaleri	instep	N/A	99.3-103.6 km/h
Commeti et al. (1988)	95	25.0 (4.6)	profesionalci	instep	slobodan zalet	106.37 (12.89) km/h
Manolopoulos et al. (2006)	10	19.9 (.4)	amateri	instep	2 koraka	27.9 (1.8)
Kellis et al. (2004)	10	21.3 (1.4)	trenirani	instep	1 korak, 0°	19.79 (1.49)
					1 korak, 45°	20.41 (2.44)
					1 korak, 90°	18.51 (3.09)
Kellis et al. (2006)	10	22.6 (2.0)	amateri	instep	2 koraka, prije zamora	24.69 (1.8)
					2 koraka, poslije zamora	21.78 (2.2)

2.2.2. Metode za procjenu preciznosti

Preciznost se definiše kao sposobnost pogađanja specifičnog cilja loptom (Scurr & Hall, 2009). Preciznost je sposobnost koja može da se procjenjuje praćenjem ugla željene i ostvarene putanje lopte do cilja, pri čemu se analizira sistematska greška (SG) koja može biti validna varijabla za bilo koje rastojanje (Wesson, 2002). Takođe, validan metod procjene preciznosti predstavlja mjerenje distance između zahtijevanog i ostvarenog cilja (Finnoff et al., 2002). Pored ovoga, ova sposobnost može biti analizirana putem pogodaka i promašaja mete, pri čemu distanaca sa koje se udarac upućuje ima veoma bitnu ulogu (Lees & Nolan, 1998; Teixeira, 1999). Međutim, ukoliko postoji namjera da se na precizniji i senzitivniji način kvantifikuje greška u rezultatu izvođenja *instep* udarca, neophodno je izvršiti procjenu apsolutne greške preciznosti, zatim greške odstupanja i ostvarene konzistentnosti. Procjena preciznosti (Slika 3) se može vršiti preko srednje radijalne greške (SRG), procjena odstupanja preko centroidne radijalne greške (CRG), a procjena konzistentnosti preko bivarijantne varijabilne greške (BVG) (Hancock et al., 1995; Tillar & Ulvik, 2014).

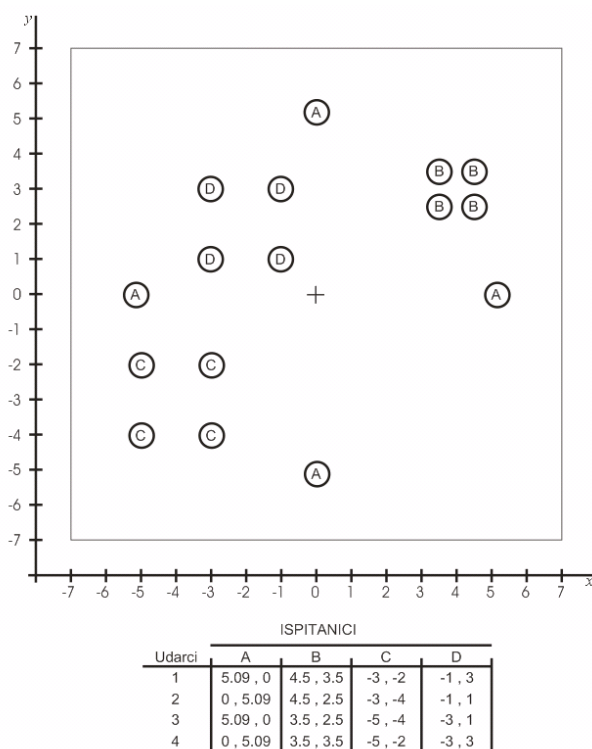


Slika 3. Eksperimentalni prikaz mjerenja ostvarene preciznosti (Tillar & Ulvik, 2014)

Srednja radijalna greška (SRG)

Procjena nivoa preciznosti, većeg broja pokušaja jednog ispitanika, vrši se preko srednje radijalne greške (SRG) i predstavlja srednju vrijednost svih radijalnih grešaka. Srednja radijalna greška se mjeri kao prosjek apsolutnog rastojanja od centra pogotka do mete, tj. prosjek radijalne greške (RG). Preko ovoga mjerenja greške vrši se procjena većeg broja pokušaja za jednog ispitanika ili za određeni kretni zadatak pod određenim uslovima izvođenja (Slika 4). SRG se izračunava preko srednjih radijalnih vrijednosti, odnosno jednačinom (n predstavlja broj pogodaka):

$$SRG = \overline{RG} = (1/n) \sum_{i=1}^m (RG_i), \text{ ako znamo da je } RG = (x^2 + y^2)^{\frac{1}{2}}$$



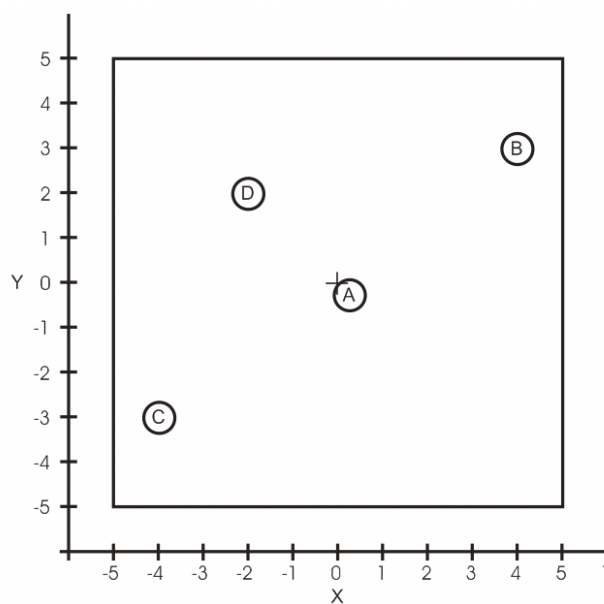
Slika 4. Prikaz pogodaka za ispitanike *a*, *b*, *c* i *d* (modifikovano prema: Hancock et al., 1995).

Ukoliko se vrši procjena greške pri pogađanju tri različite veličine meta, procjena greške se vrši preko SRG (srednje radijalne greške) za svaku metu ponaosob. Na osnovu upoređivanja dobijenih rezultata može se zaključiti pri kojoj veličini mete je ostvarena najveća, a pri kojoj najmanja greška izvedenog pokreta.

Centroidna radijalna greška (CRG)

Centroid predstavlja tipičnu poziciju za grupu pogodaka (Slika 5). Dobija se prosječnim vrijednostima sa x i y ose izvedenih gađanja. Ova mjera se obično koristi kada se procjenjuje serija izvedenih pokušaja pogađanja mete, i kazuje koja su tipično mjesta pogotka određenog ispitanika. Pomoću centroida se može utvrditi tendencija pogodaka u koordinatnom sistemu zadate mete. Ipak, centroid sam po sebi, ne predstavlja mjeru odstupanja od centra mete u dvodimezionalnim zadacima. Kada se centroid uporedi sa pozicijom centra mete, tada se dobijaju mnogo informativniji podaci. Ovo se postiže računanjem ispitanikove centroidne radijalne greške (CRG) preko ostvarenih rezultata centrioda po horizontali (x_c) i vertikali (y_c), jednačinom:

$$CRG = (x_c^2 + y_c^2)^{\frac{1}{2}}, \text{ ako znamo da je } (x_c, y_c) = (\bar{x}, \bar{y}) = \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \right]$$



ISPITANICI				
	A	B	C	D
Centroid	(0,0)	(4,3)	(-4,-3)	(-2,2)
SCG	0	5	5	2,8

Slika 5. Prikaz centroida ispitanika a, b, c, d, za pogotke sa slike 4 (modifikovano prema: Hancock et al., 1995).

Srednja greška centroida predstavlja radijalno rastojanje od centra i mjeri opseg odstupanja preko više pogodaka jednog subjekta. U kontekstu analize preciznosti izvedenog *instep* udarca, centroid bi predstavljao tipično mjesto na meti koje određeni ispitanik pogađa prilikom izvođenja udaraca. Centroid se predstavlja mjerom prosječnih vrijednosti x i y -osa svih pogodaka toga ispitanika. Srednja greška centroida predstavlja radijalno rastojanje do centra mete i mjeri opseg odstupanja preko više ostvarenih pogodaka jednog subjekta. Kada se grupe udaraca, tj. pogodaka, analiziraju preko centroida, potrebno je imati na umu da ona može dati pogrešne informacije, jer ukoliko se ostvareni udarci nalaze na istim rastojanjima ali na dijametralnom suprotnim stranama x i y -ose, centroid će biti blizu sredine mete. Ako se sa Slike 5. uporede centroidi za ispitanike “ a ”, “ b ”, “ c ” i “ d ”, zaključuje se da je ispitanik “ a ” imao najmanju radijalnu grešku centroida i da su njegovi pogoci imali tendenciju niskih vrijednosti odstupanja. Da se ovo ne bi pogrešno protumačilo kao malo odstupanje od cilja, analizom konzistentnosti se može utvrditi kompletno realno stanje ostvarene preciznosti.

Bivarijantna varijabilna greška (BVG)

U dvodimenzionalnim zadacima, sposobnosti ispitanika, procjenjivane preko više pokušaja, samo su djelimično opisane mjerenjem greške preciznosti i odstupanja. Na Slici 5. vidi se da ispitanici “ b ” i “ c ” imaju identične BVG, dok se na Slici 4. za iste ispitanike mogu vidjeti razlike u grupisanju pogodaka. Iz ovoga razloga, kompletna slika ispoljenih grešaka se dobija mjerom konzistentnosti. Za jednodimenzionalne zadatke, prihvaćena mjera konzistentnosti je varijabilna greška, koja predstavlja standardnu devijaciju u odnosu na poziciju tipičnog pogotka. Takođe, u dvodimenzionalnim zadacima postoji isti koncept, pri čemu centroid grupe pogodaka reprezentuje poziciju tipičnog pogotka, dok distanca svakog pogotka od centroida predstavlja devijaciju. Shodno tome, bivarijantna varijabilna greška (BVG) predstavlja standardnu devijaciju unutar ispitanikove varijabilnosti. Prema Hancock-u et al. (1995), izražena je jednačinom:

$$BVG = \left\{ (1/n) \sum_{i=1}^n [(x_i - x_c)^2 + (y_i - y_c)^2] \right\}^{\frac{1}{2}}$$

Sa Slike 4 i 5, jasno se vidi da ispitanik "a" ima najveću varijabilnost oko centroida, ispitanici "b" i "c" imaju sličnu disperziju pogodaka, dok ispitanik "b" ima najmanju disperziju pogodaka. Dakle, ispitanik "b" ima najveću konzistentnost, odnosno najmanju bivarijantnu radijalnu grešku. Primjenom prikazanih pogodaka ispitanika sa Slika 4 i 5, i implementiranjem x i y vrijednosti u jednačinu dobija se i matematička potvrda o ispoljenoj BVG za ispitanike. Shodno tome, na prikazanom primjeru ispitanici su ostvarili sljedeće BVG: $BVG_a = 5.09846$, $BVG_b = 0.70711$, $BVG_c = 1.41421$, $BVG_d = 1.41421$. Manja vrijednost BVG, znači da su pogoci konzistentniji i to govori o dobroj tehnici izvođenja kojoj je potrebna mala korekcija kako bi se ostvarilo grupisanje pogodaka oko mete. Kada je BVG veća to znači da su pogoci nekonzistentni, što ukazuje na nestabilnu tehniku izvođenja kretnog zadatka.

2.3. Uticaj vizuelnih informacija na preciznost i brzinu izvođenja pokreta

Kod čovjeka informacije koje se dobijaju iz vizuelnih, auditivnih, proprioceptivnih ili taktilnih receptora imaju ključnu ulogu u izvođenju pokreta. Odsustvo nekih od ovih izvora informacija može bitno promijeniti osnovne parametre pokreta koji se izvodi. Na varijabilnost parametra pokreta u ovakvim uslovima utiče i stepen osposobljenosti sportiste, pa shodno tome, vrhunski sportisti pokrete izvode uz izuzetno visok stepen automatizma, kako bi se minimizirali razni ometajući faktori koji utiču na odsustvo (ili eventualni višak) nekih od ključnih informacija koje se dobijaju iz spoljašnje sredine.

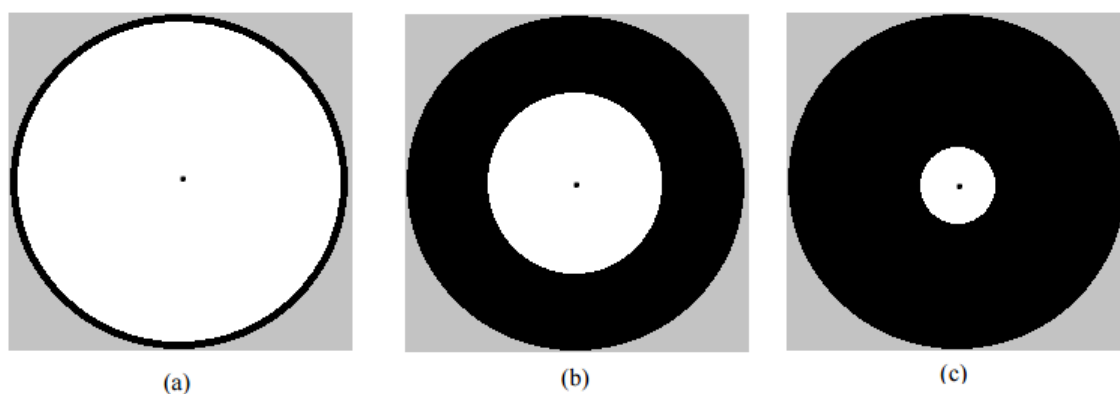
Vizuelne informacije predstavljaju glavne informacije na osnovu kojih CNS programira određeni pokret i izdaje naredbu nižim nivoima upravljanja da dati pokret optimalno izvedu. Značaj vizuelnih informacija je uočen na samim počecima sistematskog proučavanja motorne kontrole pokreta, kada je postavljena teorija da dostupnost vizuelnih informacija ima uticaj na brzinu i preciznost izvođenja pokreta.

Uticaj dostupnosti vizuelnih informacija prikazan je u studijama u kojima je akcent bio na preciznom izvođenju pokreta (Carson et al. 1993; Elliott et al. 1997) ili kada je tolerancija greške bila mala (Chua & Elliott, 1993). Ovim studijama je dokazano da

dostupnost vizuelnih informacija utiče na duže trajanje pokreta u odnosu na situacije kada su vizuelne informacije eliminisane na početku pokreta. Daljom analizom se može zaključiti da produženo trajanje pokreta, teorijski vodi ka većoj preciznosti, ali istovremeno i smanjenoj brzini izvedenog pokreta.

Istraživanjima je dokazana međusobna povezanost pažnje i percepcije što upućuje da je izuzetno važno imati u vidu ovu pojavu pri izučavanju kretnih zadataka u kojima je cilj preciznost izvođenja (Koyuncu, 2011). Kod preciznosti kao perceptivne motorne vještine, pažnja ima veliki uticaj na krajnji ishod izvedenog motornog zadataka. Pažnja i procesuiranje pažnje se prožima u svim aspektima percepcije, kognicije i akcije, i zaista je teško zamisliti bilo koju ljudsku sposobnost koja nije u određenoj mjeri zavisna od pažnje ili je pod njenim indirektnim uticajem. Isto tako, teško je zamisliti neki aspekt psihologije koji može biti značajniji od pažnje kod procesa učenja ili usavršavanja motornih vještina (Rogers et al., 1999; Abernethy et al., 2007). Kod perceptivnih motornih vještina, kao što su pikado bacanja, šutevi rukom u rukometu i košarci ili nogom u fudbalu, pažnja ima važnu ulogu u uslovima kada takvi motorni zadaci zahtijevaju visok nivo selektivnosti informacija i koncentracije na izvođenje. Međutim, na pažnju utiču brojni stimuli koji imaju različit stepen povezanosti sa zadatkom koji se izvodi. Prema Broadbentovoj teoriji selektivnog filtriranja informacija (Broadbent, 1958), stimuli iz spoljašnje sredine koji nijesu povezani sa motornim zadatkom bivaju eliminisani, dok se samo analiziraju stimuli koji su važni za izvođenje kretnog zadatka (Slika 6). Prema ovoj teoriji, mehanizam selektivnog filtriranja informacija odvija se na dva nivoa. Na prvom, inicijalnom nivou, sve informacije se obrađuju i skladište u kratkoročnoj memoriji. Na sljedećem nivou obrade informacija dolazi do odvajanja bitnih od nebitnih informacija za izvođenje kretnog zadatka, i to je sposobnost koja zavisi od individualnih kapaciteta svakog pojedinca. Broadbent (1958) naglašava neophodnost selektivnog filtriranja informacija kao osnovnog mehanizma za obradu relevantnih i odbacivanje irelevantnih informacija. Prema Nelsonu (1998), velika količina informacija dobijena iz spoljašnje sredine može usloviti ograničenju kapaciteta sistema, što je saglasno Broadbent-ovoj "Filter teoriji", pomoću koje je moguće objasniti varijabilitet preciznosti kao motoričke sposobnosti. Na bazi navedene teorije i navedenih argumenata, zaključuje se da veličina mete direktno utiče na

količinu informacija koja se šalje CNS na obradu. S tim u vezi, pretpostavlja se da će se pogađanjem manjih meta ostvariti bolji rezultati preciznosti u poređenju sa pogađanjem većih meta, zahvaljujući manjoj količini informacija koji se dobija, vizuelnim putem, od meta manjih dimenzija (Koyuncu, 2011). Dakle, preko navedene "Filter teorije" dolazi se do pretpostavke da bi veličina mete mogla imati bitan uticaj na ispoljavanje preciznosti kao motoričke sposobnosti. Usmjeravanjem pažnje ka manjim metama, CNS vizuelnim putem dobija manju količinu informacija koju treba da selektuje na relevantne i irelevantne, sa ciljem izvođenja određenog kretnog zadatka, u poređenju sa količinom informacija koju dobija usmjeravanjem pažnje na mete većih dimenzija. Manja količina informacija apsorbovana usmjeravanjem pažnje ka metama manjih dimenzija, znači i manju količinu irelevantnih informacija koje CNS treba da prepozna i odbaci, pa samim tim, CNS efikasnije i brže vrši procesuiranje bitnih stimulusa dobijenih iz spoljašnje sredine koji su relevantni za izvođenje kretnog zadatka.



Slika 6. Količina dobijenih informacija, u zavisnosti od veličine mete, prema teoriji selektivnog filtriranja (adaptirano prema: Broadbent, 1958).

Kada vizuelni izvor informacija posmatramo kao eksteroceptivni sistem, potrebno je razlikovati dva jasno definisana toka vizuelne obrade informacija, odnosno potrebno je razlikovati *dorzalne* naspram *ventralnih* tipova vizuelnih tokova (Schmidt & Lee, 2005). Ovaj zaključak je izveden na osnovu brojnih istraživanja i analiza. Iako su i sami nazivi ova dva tipa vizuelnih tokova različiti, može se reći da se dorzalni i ventralni tokovi međusobno odnose kao kognitivne naspram motorne vizije, eksplicitne naspram implicitne vizije,

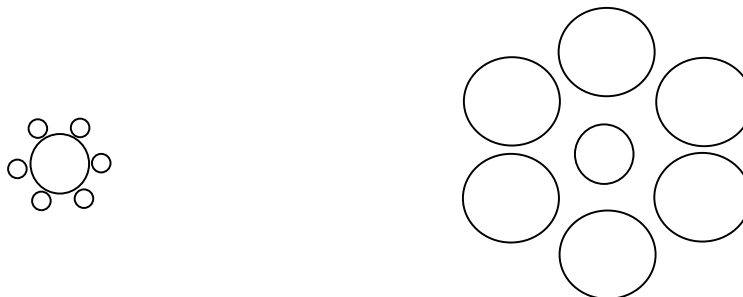
predmetne naspram prostorne vizije, očite naspram prikrivene vizije i centralne naspram periferne vizije (Trevarthen, 1968).

Anatomski gledano, i kod dorzalnog i kod ventralnog toka informacija misli se na vizuelne informacije koje idu od retine do primarnog vizuelnog korteksa u mozgu. Dorzalnim protokom informacije idu do zadnjeg dijela parijetalnog korteksa, a ventralnim protokom do inferotemporalnog korteksa (Mishkin & Ungerleider, 1982). Posebno interesovanje istraživača u okviru ispitivanja motornog ponašanja predstavlja određivanje uloge i otkrivanje benefita ova dva toka vizuelnih informacija. S obzirom da je ventralni tok obrade odgovoran za davanje kognitivnih informacija u vezi objekata koji se nalaze u spoljašnjoj sredini, vizuelna obrada putem dorzalnog toka omogućava dobijanje specifičnih informacija važnih za vizuelnu kontrolu pokreta (Goodale & Milner, 1992; Goodale & Humphrey, 2001). Još preciznije, ventralnim tokom dobijaju se informacije identifikacije i prepoznavanja objekata, što podrazumijeva "uzimanje" informacija iz spoljašnje sredine i njihovo skladištenje u memoriju. Nasuprot ovome, dorzalni tok vizuelnih informacija se direktno odnosi na vizuelne informacije koje se tiču kontrole motornog sistema u interakciji sa nekim objektom i ova dva toka vizuelnih informacija su komplementarna i međusobno vrlo povezana. Ovaj zaključak ili sugestija u vezi sa interakcijom ova dva izvora informacija podržana je primjerom uzimanja određenog objekta u ruke gdje se ventralnim tokom prikupljaju informacije prepoznavanja objekta, a dorzalnim tokom se prikupljaju informacije u vezi sa uzimanjem objekta u ruke.

Proučavanje tipa i količine vizuelnih informacija i njihov uticaj na motorno ponašanje čovjeka pobuđuju veliku pažnju istraživača. Kada se govori o sportskim pokretima koji imaju za cilj preciznost u izvođenju, vizuelne informacije imaju ključnu ulogu. Od količine vizuelnih informacija i njihove obrade zavisi dužina trajanja pokreta, brzina pokreta i nivo ostvarene preciznosti. Subjektivni doživljaj ispitanika u vezi sa primljenim informacijama utiče na izbor odgovarajućeg kretnog zadatka, njegovog trajanja, brzine ekstremiteta, nivo ispoljene sile i sl.

Istraživanja koja su proučavala odstupanje u perceptivnim informacijama ukazuju na iluzije koje se mogu stvoriti usljed različitog rasporeda i veličine objekata u okolini. Većina ovih istraživanja koriste slične eksperimente u kojima ispitanici daju odgovore na

pitanja koja se tiču perceptivnih informacija koje su dobili iz okoline. Različiti oblici i postavke meta su raspoređeni na način koji je kod ispitanika stvarao iluziju u pogledu veličine mete. Najočitiiji primjer predstavlja eksperiment Ebbinghous-Titchener-a (preuzeto iz knjige “Motor control and learning“, Schmidt & Lee, 2005) u kojem su dva identična kruga oivičena manjim odnosno većim krugovima od centralnog (Slika 7).



Slika 7. Ebinhausova i Tikheneraova iluzija
(preuzeto iz knjige “Motor control and learning“ Schmidt & Lee).

Iako su centralni krugovi identične veličine, gotovo svi ispitanici su na pitanje kod kojeg kruga je veći radijus, odgovorili da je veći radijus kod kruga koji je okružen manjim krugovima. U brojnim eksperimentima dobijeni rezultati ukazuju da ova perceptivna iluzija nije imala uticaj na rezultate testova preciznog pogađanja meta i hvatanja objekata (Haffenden & Goodale, 1998; Haffenden et al., 2001). Veliki uticaj na ove kontroverzne odnose subjektivne percepcije i dobijenih rezultata ima interpretacija eksperimentalnih razlika između percepcije i akcije (Dick et al., 2001). Glover zaključuje da se nerealna perceptivna iluzija tokom pokreta javlja u fazi planiranja pokreta, ali ne i u fazi samog izvođenja pokreta, ukazujući na mogućnost da vizija može biti neusaglašena unutar različitih nivoa planiranja i izvođenja pokreta (Glover & Dixon, 2001). Ipak, da bi se izveli validni zaključci, neophodno je uzeti u obzir cilj koji se želi postići određenim kretnim zadatkom. Najčešće, cilj izvođenja nekog kretnog zadatka uslovljava nivoe i načine procesuiranja informacija (u ovom kontekstu vizuelnih). Analizirajući zaključke različitih autora, uočava se da tokom analiza nije uzeto u obzir usmjeravanje pažnje prilikom izvođenja dva dijametralno suprotna tipa zadatka. Kod prvog zadatka, pažnja ispitanika je

bila usmjerena na kompletne slike koje je trebalo da uporede, dok je u drugom zadatku pažnja ispitanika bila usmjerena na centar središnjih krugova i ostvarivanje pogodaka koji će biti što bliže centru meta. Dakle, kod drugog zadatka, spoljašnji krugovi koji stvaraju iluziju su irelevantni za ostvarivanje cilja, pa je pretpostavka da kao takvi nijesu mogli imati uticaj na konačan ishod rezultata preciznosti. Može se pretpostaviti da je vizualizacija mete faktor koji zavređuje pažnju pri analizi varijabli brzine i preciznosti izvođenja motornih zadataka pri kojim se izvodi neki oblik gađanja. Jedan od takvih motornih zadataka predstavlja i izvođenje *instep* udarca u metu. Imajući u vidu sve faktore izvedene na bazi vizuelnog procesuiranja veličine mete (Koyuncu, 2011), kao i na bazi nekih teorija motorne kontrole u kojima je utvrđena međuzavisnost širine mete i varijabli izvođenja (brzine i dužine pokreta) (Schmidt et al., 1988), može se izvesti pretpostavka da meta različite veličine može imati efekte na brzinu i preciznost gađanja. Shodno tome, širina mete tj. njena vizuelna predstavka, se može posmatrati i kao indeks težine zadatka koji je obrnuto proporcionalan širini mete, a gdje zadatak pogađanja većih meta ima manji indeks težine od zadatka pogađanja manjih meta. Prema ovoj zakonitosti, gađanje manje mete uslovljavalo bi duže trajanje pokreta i manju brzinu izvođenja, dok će gađanje veće mete imati suprotan efekat, tj. predstavljaće zadatke sa manjim indeksom težine koji će imati efekat na ostvarivanje veće brzine izvođenja pokreta. Imajući u vidu već dokazanu međuzavisnost brzine i preciznosti izvedenog pokreta, uvođenjem problema faktora veličine mete može se dodatno objasniti ta međuzavisnost. Može se smatrati da izučavanje ove pojave kroz analizu *instep* udarca ima i aplikabilni kontekst koji je usmjeren ka procesu usvajanja motornih veština u fudbalskom treningu. Eventualno rasvjetljavanje ove pojave može odrediti koje su to instrukcije za vizuelizaciju mete dominantne (da li je bolje vizualizovati veću ili manju metu) pri izvođenju gađanja, a sa ciljem da se unaprijede kriterijumske varijable izvođenja udarca, tj. brzina izvođenja i ostvarena preciznost.

2.4. Uticaj trenaznih programa na uspješnost izvođenja instep udarca

Pokazalo se da specifični fudbalski trening u trajanju od jedne ili više sedmica ima pozitivan uticaj na performanse *instep* udarca kao i na poboljšanje fizičkih sposobnosti

treniranih fudbalera (Jelušić et al., 1992; De Proft et al., 1998; Dutta i Subramaniam, 2002; Manolopoulos et al., 2006; Khorasani et al., 2009).

Trenažni programi koji se koriste za razvoj *instep* udarca mogu imati različite metode, a istraživanjima je dokazano da su najefikasniji specifični fudbalski trenažni programi koji sadrže izvođenje udarca koji se usavršava (Jelušić et al., 1992; Manolopoulos et al., 2004). U istraživanjima koja su se bavila proučavanjem odnosa brzine i preciznosti višezglobnih pokreta, uočeno je da se brzina i preciznost pokreta najefikasnije razvijaju upotrebom specifičnih trenažnih metoda koje podrazumijevaju izvođenje kompletnog obrasca pokreta u različitim situacionim uslovima (Wulf, 2007). Ove predložene trenažne intervencije podrazumijevaju savladavanje opterećenja ekstremitetom koji izvodi pokret, putem elastičnih kablova, izvođenje pokreta u stanju zamora mišića, izvođenje pokreta nakon određene kretne aktivnosti (sunožni skok, “drop jump”, “slalom” trčanje) i izvođenje pokreta u skladu sa zadatim instrukcijama.

Dominantni rad mišića pri izvođenju *instep* udarca se odvija putem *ciklusa izduženja-skraćenja mišića* (CIS: engl. “*stretch-shortening cycle*”) tokom kojeg mišići pri povratnom pokretu akumuliraju neophodnu energiju za mišićni rad koja se oslobađa u fazi realizacije pokreta (Ilić & Mrdaković, 2009). U CIS mišići tokom ekscentrične faze utiču na generisanje mišićne sile koja se realizuje tokom koncentrične faze izvođenja pokreta, gdje mehanička efikasnost tokom koncentrične kontrakcije direktno zavisi od brzine ekscentrične kontrakcije (Anthrakidis et al., 2008). Proprioceptivni refleksni sistem i centralni nervni sistem zahtijevaju podešavanje motornog programa za regulaciju elastičnog potencijala (Dyhre-Poulsen et al., 1991), koji je karakterističan za CIS mišićnog rada. Preaktivacija aktivnog mišića doprinosi sposobnostima u sljedećem koncentričnom režimu rada. Međutim, ako je vremenski interval između istežanja i skraćivanja mišića predug, uskladištena elastična energija se dijelom neutrališe, zbog čega nema mogućnosti da se iskoriste benefiti povratnog režima rada (Kyrolainen & Komi, 1995). Pored toga što elastični potencijal mišićno-tetivnog kompleksa zavisi od kompleksnih fizioloških i anatomskih svojstava, sposobnost mišića da uskladišti i ispolji elastičnu energiju zavisi od brzine skraćenja i mišićne dužine, ostvarene sile na kraju faze istežanja, kao i od vremena

između dvije faze (Kyrolainen & Komi, 1995; Miyaguchi & Demura, 2008a; Miyaguchi & Demura, 2008b).

Zamor je veoma kompleksan fenomen, koji može biti opisan gubitkom kapaciteta za generisanje sile ili nemogućnošću nastavka vježbanja na zahtijevanom nivou (Strojnik & Komi, 1998; Miyaguchi & Demura, 2008a) i koji značajno može uticati na performanse izvođenja *instep* udarca. Evidentan uticaj zamora na brzinu i preciznost uočava se već poslije šestog *instep* udarca izvedenog u seriji, i on se manifestuje promijenjenim odnosom ugaonih brzina fleksora i ekstenzora noge kojom se lopta udara, kao i promijenjenim trajanjem ekcentrične i koncentrične kontrakcije (Khorasani et al., 2009). Promjene nastale pod uticajem zamora manifestuju se smanjenjem brzine leta lopte. Ekcentričnom kontrakcijom se proizvodi veća sila mišića nogu, nego li koncentričnom kontrakcijom, pa usljed toga efekti zamora ranije nastupaju sa koncentričnim kontrakcijama (Khorasani et al., 2010). Mišićni zamor koji se javlja nakon petog uzastopnog udarca ima uticaj na koncentričnu kontrakciju ekstenzora, što se manifestuje produžavanjem trajanja kontrakcije (Khorasani et al., 2010). Zamor ekstenzora koji nastupa poslije šestog udarca manifestuje se produžavanjem trajanja ekscentrične kontrakcije (Khorasani et al., 2010). Kada se uzme u obzir da na brzinu lopte najveći uticaj ima brzina stopala ostvarena neposredno prije kontakta sa loptom, a koja u najvećoj mjeri zavisi od kinetičkih i kinematičkih varijabli natkoljenice i potkoljenice (Dorge et al., 1999), onda je jasno da zamor ima značajan uticaj na ispoljavanje performansi *instep* udarca. Ispoljavanje maksimalnih potencijala u CIS rada mišića se može očekivati samo tokom prvih pet udaraca unutar jedne serije, dok nakon toga dolazi do opadanja sposobnosti koje se manifestuju smanjenom brzinom leta lopte (Khorasani et al., 2009).

De Proft et al. (1988) su sproveli istraživanje o procjeni uticaja specifičnog dvonedjeljnog treninga na performanse *instep* udarca. Dobijeni rezultati ukazuju da je primijenjeni trenažni metod uticao na povećanje distance šutnute lopte, a istovremeno i na povećanje snage fleksora i ekstezora kuka i koljena. Do sličnih rezultata su došli Dutta & Subramanium (2002), koji su zaključili da šest nedjelja izokinetičkog treninga u kombinaciji sa redovnim fudbalskim treningom u toku takmičarskog dijela sezone

doprinosi značajnom povećanju snage ispoljene na nivou zgloba kuka i skočnog zgloba, kao i da dovodi do povećanja brzine leta lopte.

Procjenom uticaja specifičnog fudbalskog treninga bavili su se Manolopoulos et al. (2004). Oni su sprovedli osmo-nedeljni trenažni program koji je sadržao vježbe kojima je simuliran udarac po lopti sa dodatkom vježbi za razvoj snage. Nakon sprovedenog trenažnog programa zabilježeno je poboljšanje maksimalne snage nogu, maksimalne brzine stopala kao i maksimalne brzine šutnute lopte. Zaključak ovog istraživanja je da se specifičnim treningom ostvaruju poboljšanja u brzini šutnute lopte kao i u snazi donjih ekstremiteta. Dakle, ovako organizovan trening ima karakteristike razvojnog treninga. Do sličnih rezultata došli su i Pertez-Gomez et al. (2008), koji su zaključili da kombinovanje treninga snage (dizanje tereta iz polučučnja) i pliometrijskih vježbi doprinosi povećanju snage i sile nogu, kao i ugaone brzine koljena tokom *instep* udarca. Takođe, trening u trajanju od deset nedjelja realizovan kroz primjenu opštih i pliometrijskih vježbi, vježbi šutiranja i fudbalskih aktivnosti sa dodatkom treninga sa otporom, dovodi do povećanja brzine šutnute lopte (Manolopoulos et al., 2004).

Jelušić et al. (1992) su istraživali uticaj specifičnog fudbalskog treninga na performanse udarca po lopti kod juniorskih fudbalera. Kontrolna grupa ispitanika je imala 5 treninga i 1 utakmicu nedjeljno, dok je eksperimentalna grupa imala isti program rada sa dodatkom 3 serije od po 6 ponavljanja dva puta nedjeljno u trajanju od 15 nedjelja. Vježba se sastojala od postavljanja elastičnog kabla oko članka noge kojom se šutira lopta, sa pravcem djelovanja sile kabla prema nazad, pri čemu su ispitanici imali zadatak da izvedu pokret noge prema naprijed što je moguće brže. Ovako dizajnirana vježba uzrokuje da mišić radi u SSC što je slučaj i prilikom udarca po lopti. Glavna karakteristika ove vježbe je aktiviranje mišića oko zglobova kuka i koljena sličnim međumišićnim koordinacionim obrascem aktivacije, kao tokom izvođenja udarca po lopti. Poslije 15 nedjelja treninga, eksperimentalna grupa je ostvarila povećanje brzine šutnute lopte od 25% ($p < 0.05$), dok je kontrolna grupa ostvarila neznatno povećanje brzine šutnute lopte od 4% ($p > 0.05$). Istraživači u zaključku navode da primijenjeni obim rada (36 ponavljanja nedjeljno) kao dodatak fudbalskom treningu može imati veliki uticaj na performanse udarca po lopti, u prvom redu zbog specifičnosti primijenjene vježbe.

Osnovni metodološki princip prilikom programiranja fudbalskog treninga za razvoj performansi udarca po lopti bi bio princip specifičnosti vježbi, kako po obrascu pokreta, tako i po režimu mišićne kontrakcije. Poboljšanje kvaliteta izvođenja *instep* udarca prati poboljšanje u snazi mišića nogu, pa se može zaključiti da se treningom snage indirektno razvijaju i performanse *instep* udarca i obrnuto. Dakle, pliometrijske vježbe, vježbe kod kojih je akcenat na brzom prelasku iz ekscentične u koncentričnu kontrakciju, vježbe šutiranja težih lopti, vježbe sa opterećenjem koje su vođene principom specifičnosti pokreta, imaju pozitivan uticaj na performanse *instep* udarca. Kombinovanjem specifičnog fudbalskog treninga sa treningom tehnike udarca po lopti, razvija se nervno-mišićna koordinacija i performanse šuta (Aagaard et al., 1993). Na performanse *instep* udarca, pored značajnog uticaja nivoa snage donjih ekstremiteta, utiču i nivo tehničkog umijeća, pol, uzrast, iskustvo, kvalitet igranja, pozicija igranja, pa je preporučljivo sve ove parametre uzeti u obzir prilikom dizajniranja programa treninga za usavršavanje udarca nogom po lopti.

Princip specifičnosti treninga je osnovni princip u dizajniranju trenažnih programa za razvoj performansi udarca po lopti. Sugestija istraživača je da se pri dizajniranju trenažnih programa treba voditi računa da se trening usavršavanja *instep* udarca izvodi u obimu od 6 do 7 serija vježbi u toku jednog treninga (Jelušić et al., 1992), sa ne više od 5 uzastopnih pokušaja unutar serije (Khorasani et al., 2009) .

3. PROBLEM, PREDMET, CILJ I ZADACI ISTRAŽIVANJA

3.1. Problem istraživanja

Instep udarac po lopti predstavlja jedan od najzastupljenijih tehničkih elemenata u fudbalu, i sa aspekta ispoljavanja brzine i preciznosti šutnute lopte predstavlja jedan od najefikasnijih udaraca u fudbalu. Kako bi se usavršile metode za razvoj performansi izvođenja ovog udarca potrebno je bilo izdvojiti odgovarajuću teorijsku osnovu koja će predstavljati polazište za njegovo ispitivanje. Analizirajući adekvatnu literaturu postavljeni su temelji istraživanja, koji su se u određenoj mjeri naslanjali na rezultate dosadašnjih istraživanja, a isto tako, bazirali se na nekim ključnim teorijama iz motorne kontrole.

Generalno, problem istraživanja u okviru ove doktorske disertacije je odnos brzine izvođenja i ostvarene preciznosti šutnute lopte pri različitim modalitetima izvođenja jednog od najzastupljenijeg tehničkog elementa u fudbalu - *instep* udarca. Kako je međuzavisnost brzine i preciznosti pokreta u dosadašnjoj literaturi temeljno opisana za različite bazične pokrete i gdje je utvrđena neka opšta zakonitost da sa povećanjem brzine pokreta dolazi do opadanja preciznosti, bilo je potrebno ispitati da li te zakonitosti važe i kod specifičnog kretnog zadatka u fudbalu kao što je *instep* udarac.

3.2. Predmet istraživanja

Predmet istraživanja predstavlja analiziranje odnosa između brzine izvođenja i ostvarene preciznosti šuta u fudbalu, gdje se ova relacija ispitivala u kontekstu efekata instrukcija za izvođenje udarca po lopti koje određuju brzinu i preciznost realizovanog udarca, kao i u kontekstu efekata veličine mete u koju se gađa. Takođe, predmet istraživanja je i procjena uticaja trenažnog programa za razvoj brzine i trenažnog programa za unapređenje preciznosti na performanse izvođenja šuta, tj. brzinu i preciznost.

3.3. Cilj istraživanja

Generalni cilj istraživanja je predstavljalo ispitivanje brzine izvođenja šuta u fudbalu i ispoljene preciznosti u zavisnosti od instrukcija koje se zadaju ispitanicima, veličine mete u koju se gađa i primijenjenog trenažnog modela. Za detaljnije ispitivanje generalnog cilja istraživanja bila su postavljena tri specifična i uže definisana cilja.

Prvi cilj istraživanja predstavljao je utvrđivanje efekata instrukcije koja dominantno potencira brzinu ili preciznost i efekata veličine mete u koju se gađa na varijable izvođenja šuta, tj. na brzinu i preciznost.

Drugi cilj istraživanja predstavljao je utvrđivanje optimalne brzine izvođenja za realizaciju najbolje preciznosti šuta, a uže definisan cilj je kako instrukcije koje za cilj imaju gradiranje brzine izvođenja utiču na ispoljenu preciznost šuta.

Treći cilj istraživanja predstavljao je procjenu uticaja specifičnog trenažnog programa za razvoj brzine i specifičnog trenažnog programa za razvoj preciznosti, na varijable izvođenja šuta tj. na brzinu i preciznost

3.4. Zadaci istraživanja

Saglasno postavljenim ciljevima istraživanja izvedena su tri eksperimenta. Prvim eksperimentom se utvrđivalo da li postoji međuzavisnost između faktora *veličina mete*² i faktora *instrukcija*³ na varijable za procjenu brzine i preciznosti šuta. Drugim eksperimentom se ispitivao uticaj faktora *instrukcija za gradiranje brzine* izvođenja udaraca na odgovarajuće varijable za procjenu brzine i preciznosti. Trećim eksperimentom se izvršila procjena efekata trenažnog programa za razvoj brzine udarca i trenažnog programa za razvoj preciznosti na varijable za procjenu brzine i preciznosti šutnute lopte.

Za izvođenje prvog eksperimenta realizovani su sljedeći zadaci:

- Obezbeđivanje sale za pilot i eksperimentalna testiranja;
- Izrađena je meta i postavljena na zid;

²Faktor *veličina mete* se odnosi na dvije mete različitih dimenzija koje su ispitanici pogadali.

³Faktor *instrukcija* se odnosi na zadatak koji ispitanik dobija neposredno prije izvođenja udarca, i odnosi se na izvođenje udarca sa primarnim akcentom na brzini ili preciznosti.

- Formirana je grupa ispitanika;
- Izvršena je procjena morfoloških karakteristika;
- Demonstrirani su kretni zadaci koje su izvodili ispitanici sa akcentovanjem bitnih karakteristika svakog zadatka;
- Pristupilo se izvođenju testova po sljedećem redosledu:
 - šutiranje lopte najbržim mogućim udarcem u pravcu mete dimenzija 50×50 cm (B5),
 - šutiranje lopte sa primarnim akcentom na brzinu lopte, a sekundarnim na preciznost, u metu dimenzija 150×150 cm (150B),
 - šutiranje lopte sa primarnim akcentom na preciznost, a sekundarnim na brzinu lopte, u metu dimenzija 50×50 cm (50P),
 - šutiranje lopte sa primarnim akcentom na preciznost, a sekundarnim na brzinu lopte, u metu dimenzija 150×150 cm (150P),
 - šutiranje lopte sa primarnim akcentom na brzinu, a sekundarnim na preciznost lopte, u metu dimenzija 50×50 cm (50B),
- Napravljena je softverska aplikacija za analizu video zapisa izvedenih udaraca;
- Prikupljeni video zapisi snimljenih udaraca su obrađeni i unijeti u elektronsku bazu gdje su dalje procesuirani za dobijanje finalnih rezultata;
- Dobijeni rezultati su obrađeni adekvatnim statističkim procedurama;
- Izvršena je interpretacija dobijenih rezultata i
- Izvedeni su zaključci na osnovu dobijenih rezultata.

Za izvođenje drugog eksperimenta realizovani su sljedeći zadaci:

- Obezbeđivanje sale za pilot i eksperimentalna testiranja;
- Izrađena je meta i postavljena na zid;
- Formirana je grupa ispitanika;
- Izvršena je procjena morfoloških karakteristika;
- Demonstrirani su kretni zadaci koje su izvodili ispitanici sa akcentom na glavne karakteristike svakog zadatka;
- Pristupilo se izvođenju testova po sljedećem redosljedu:

- pogoditi centar mete sporim udarcem (B1),
 - pogoditi centar mete sa nešto bržim udarcem (B2),
 - pogoditi centar mete sa maksimalno brzim udarcem (B3),
 - pogoditi centar mete sa maksimalno brzim udarcem sa sekundarnim akcentom na preciznost (B4) i
 - izvesti maksimalno brz udarac usmjeren ka meti (B5).
- Napravljena je softverska aplikacija za analizu video zapisa izvedenih udaraca;
 - Prikupljeni video zapisi snimljenih udaraca su obrađeni i unijeti u elektronsku bazu gdje su dalje procesuirani za dobijanje finalnih rezultata;
 - Dobijeni rezultati su obrađeni adekvatnim statističkim procedurama;
 - Izvršena je interpretacija dobijenih rezultata;
 - Izvedeni su zaključci na osnovu dobijenih rezultata.

Za izvođenje trećeg eksperimenta realizovani su sljedeći zadaci:

- Obezbeđivanje sale za pilot i eksperimentalna testiranja;
- Izrađena je meta i postavljena na zid;
- Formirana je grupa ispitanika;
- Izvršena je procjena morfoloških karakteristika;
- Napravljen je trenažni plan i program za razvoj brzine;
- Napravljen je trenažni plan i program za razvoj preciznosti;
- Demonstrirani su kretni zadaci koje su izvodili ispitanici;
- Izvršeno je inicijalno testiranje;
- Formirane su tri podgrupe ispitanika (podgrupa za razvoj brzine, podgrupa za razvoj preciznosti i kontrolna podgrupa);
- Sproveden je kompletan planirani program rada u odnosu na trenažne grupe;
- Izvršeno je finalno testiranje;
- Napravljena je softverska aplikacija za analizu video zapisa izvedenih udaraca;
- Prikupljeni video zapisi snimljenih udaraca su obrađeni i unijeti u elektronsku bazu gdje su dalje procesuirani za dobijanje finalnih rezultata;
- Dobijeni podaci su obrađeni adekvatnim statističkim procedurama;

- Izvršena je interpretacija dobijenih rezultata i
- Izvedeni su zaključci na osnovu dobijenih rezultata.

4. HIPOTEZE ISTRAŽIVANJA

Na osnovu pregleda dosadašnjih istraživanja, a saglasno problemu, predmetu i ciljevima istraživanja, postavljene su hipoteze:

H₁ - Pretpostavlja se da će faktor *instrukcija* imati značajan efekat na preciznost šutnute lopte.

H₂ - Pretpostavlja se da će faktor *instrukcija* imati značajan efekat na brzinu šutnute lopte.

H₃ - Pretpostavlja se da će faktor *veličina mete* imati značajan efekat na rezultate preciznosti šutnute lopte.

H₄ - Pretpostavlja se da će faktor *veličina mete* imati značajan efekat na rezultate brzine šutnute lopte.

H₅ - Pretpostavlja se da će trenažni program za razvoj brzine imati uticaj na unapređenje brzine šutnute lopte.

H₆ - Pretpostavlja se da će trenažni program za razvoj preciznosti imati uticaj na unapređenje preciznosti šutnute lopte.

5. METODE ISTRAŽIVANJA

Kako bi se realizovali postavljeni ciljevi istraživanja izvedena su tri eksperimenta, i sa tim u vezi, za svaki eksperiment su posebno određene istraživačke metode.

5.1. Eksperiment I: Efekat instrukcije i veličine mete na brzinu i preciznost *instep* udarca

Prvi eksperiment je pripadao transverzalnoj studiji. Ovim eksperimentom se utvrđivalo eventualno postojanje efekta faktora *veličina mete* i faktora *instrukcija* na zavisne varijable brzine i preciznosti izvedenog udarca. Na taj način instrukcijama je zahtijevano izvođenje udaraca u centar mete, sa udaljenosti od 9 metara od mete, koja je bila predstavljena kvadratom stranica 50×50 cm ili 150×150 cm, gdje su se udarci u zavisnosti od instrukcije izvodili sa primarnim akcentom na brzinu ili primarnim akcentom na preciznost. U realizovanom istraživanju sva pilot i eksperimentalna mjerenja su sprovedena u Prvom nacionalnom trening centru, Zavoda za sport i medicinu sporta Republike Srbije, u Beogradu, u vremenskom period od početka oktobra do kraja decembra 2015. godine.

5.1.1. Uzorak ispitanika

U istraživanju je učestvovalo 33 ispitanika, muškog pola, prosječnog uzrasta 15 godina ($\pm 0,9$), prosječne visine 168,5 cm ($\pm 7,2$) i prosječne težine 55,5 kg ($\pm 5,5$). Ispitanici su bili fudbaleri škole fudbala "DIF" iz Beograda, koji su u organizovanom fudbalskom trenažnom procesu najmanje 3 godine. Uzorak ispitanika su sačinjavali igrači koji igraju na različitim pozicijama u timu, izuzev golmana.

5.1.2. Uzorak varijabli

Kako bi se realizovali ciljevi ovoga eksperimenta, definisane su varijable koje su podijeljene na nezavisne, zavisne i kontrolne.

Varijable motornog zadatka se odnose na promjenu uslova izvođenja *instep* udarca. U okviru nezavisnih varijabli izdvojili su se faktor *instrukcija* i faktor *veličina mete* koji imaju svoje različite modalitete.

Modaliteti izvođenja motornog zadatka u okviru faktora *instrukcija* su:

- Izvesti primarno precizan udarac u centar mete sa sekundarnim akcentom na brzinu izvođenja udarca (precizan udarac - *P*),
- Izvesti primarno brz udarac sa sekundarnim akcentom na preciznost izvođenja udarca (brz udarac - *B*).

Modaliteti izvođenja motornog zadatka u okviru faktora *veličina mete* su:

- Meta dimenzija 50×50 cm (mala veličina mete - *50*),
- Meta dimenzija 150×150 cm (velika veličina mete - *150*).

U cilju ispitivanja efekata faktora *veličina mete* i faktora *instrukcija* na varijable preciznosti i brzine definisane su sljedeće zavisne varijable:

- Srednja radijalna greška (*SRG*), preko koje je vršena procjena apsolutne preciznosti (izražena u centimetrima),
- Bivarijantna varijabilna greška (*BVG*), preko koje je vršena procjena konzistentnosti (izražena u centimetrima),
- Centroidna radijalna greška (*CRG*), preko koje je vršena procjena odstupanja (izražena u centimetrima),
- Odstupanje po horizontalnoj *x* osi, (*X*) (izražena u centimetrima),
- Odstupanje po vertikalnoj *y* osi, (*Y*) (izražena u centimetrima),
- Brzina šutnute lopte (*V*), izražena u kilometrima na čas (km/h),
- Relativnu brzinu šuta (*Vrel*), izraženu u procentima.

Neophodno je napomenuti da su u dvodimenzionalnom koordinatnom sistemu računane *SRG*, *CRG* i *BVG*, a u jednodimenzionalnom koordinatnom sistemu računane su greške odstupanja po *x* i *y*-osi. Ukoliko se napravi analogija sa greškama koje se prate u jednodimenzionalnom sistemu, *SRG* bi predstavljala apsolutnu grešku, *BVG* varijabilnu grešku, a *CRG* konstantnu grešku.

Kontrolne varijable su bile:

- tjelesna visina (*TV*),
- tjelesna težina (*TT*),
- brzina lopte pri izvođenju maksimalno brzog udarca (*B_{max}*).

5.1.3. Način mjerenja

Prikupljanje podataka se vršilo pomoću sofisticirane opreme. Dio korišćene opreme je validnost dokazala u prethodnim istraživanjima, dok je jedan dio (softverski) posebno dizajniran za potrebe ovog istraživanja. U pilot eksperimentu testirana je validnost i pouzdanost softverskog rješenja za mjerenje greške, pa se na osnovu dobijenih rezultata zaključilo da može biti upotrebljena za obradu rezultata.

Brzina lopte je mjerena ručnim radarom za procjenu brzine (Sports Radar Speed Gun SR 3600, Homosassa, Fl, SAD).

U eksperimentu su se koristile mete u obliku kvadrata stranica 50×50 i 150×150 cm, napravljene od sundera debljine 5 mm i širine stranica 5 cm, koje su bile postavljene na ram sastavljen od drvene ploče, sundera i od memorijske pjene, koji je bio pričvršćen za zid. Ram je konstruisan na taj način što je na zidu bila postavljena šper ploča 4 m širine, 2 m visine i debljine 2 cm, preko koje su nalijepljeni sunder debljine 5 cm i memorijska pjena debljine 3 cm. Ovako slojevito napravljena podloga omogućila je nešto duže zadržavanje otiska lopte koje je bilo važno kako bi se u daljoj analizi lakše odredio i izvukao trenutak kontakta lopte i mete pomoću video kamere. Svaki udarac je snimljen kamerom visoke rezolucije (*Canon EOS*, Japan). Prilikom snimanja svaki udarac je dobijao svoj redni broj, pa se u unaprijed pripremljenu tabelu unosio broj snimka, oznaka kretnog zadatka i ostvarena brzina lopte (Npr.: 1111; 150B; 50 km/h).

5.1.4. Tok i postupci istraživanja

Prije početka testiranja ispitanici su dobili instrukcije koje kretne zadatke treba da izvedu, i na koji način. Dužina i brzina zaleta nije bila ograničena već je svaki ispitanik sam za sebe odredio optimalnu dužinu i brzinu zaleta. Prije početka testiranja svi ispitanici su izvodili standardne 15-minutne vježbe zagrijavanja kako bi se izbjegle eventualne povrede koje su mogle nastati prilikom izvođenja kretnih zadataka i kako bi se mišićno-zglobni sistem pripremio za povratni režim mišićnog rada koji je karakterističan za izvođenje *instep* udarca. Vježbe zagrijavanja su se sastojale od uvodnog rastrčavanja, vježbi oblikovanja, aktivnog istezanja, sunožnih skokova u mjestu i vježbi simulacije izvođenja *instep* udarca bez lopte.

5.1.4.1. Familijarizacija sa testom

Nakon završenog zagrijavanja ispitanici su u trajanju od 5 minuta izvodili udarce na gol kako bi stekli osjećaj za tehniku izvođenja šuta i za udaljenost lopte od mete. Po završetku ovoga dijela uvježbavanja pristupilo se izvođenju udaraca sa istim instrukcijama koje su zadavane u glavnom testiranju. Izvedena su po tri udarca po kretnom zadatku, odnosno zadatoj instrukciji. Nakon završetka familijarizacije sa testom, pristupilo se glavnom testiranju svih ispitanika.

5.1.4.2. Izvođenje testa

U istraživanju su, pored ispitanika, učestvovala dva mjerioca. Jedan mjerilac je mjerio i memorisao ostvarene brzine lopte i brojeve snimka za izvedene udarce. Drugi mjerilac je kamerom bilježio izvedene udarce.

Ispitanici su dobijali konkretne instrukcije za izvođenje svakog motornog zadatka, što je omogućilo standardizovanje uslova izvođenja koji su bili jednaki za sve. Takođe, instrukcije su omogućile da se napravi dovoljna razlika između različitih modaliteta motornih zadataka u odnosu na pojavu koja sa ispituje. Shodno tome, ispitanici su dobijali instrukcije za brze i precizne udarce, odnosno sljedeće dvije instrukcije:

- a) Izvesti primarno precizan udarac u centar mete sa sekundarnim akcentom na brzinu izvođenja udarca i
- b) Izvesti primarno brz udarac sa sekundarnim akcentom na preciznost izvođenja udarca.

Obje ove instrukcije izvedene su uslovima kada je mijenjana vizuelna predstavka širine mete:

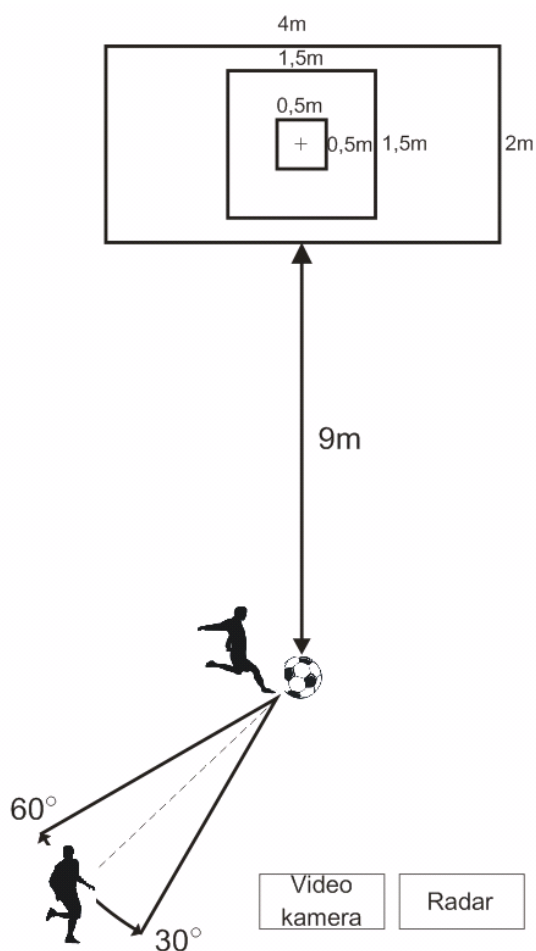
- a) predstavka mete manjih dimenzija (50×50 cm),
- b) predstavka mete većih dimenzija(150×150 cm).

Širina stranica je bila 5cm, crne boje. Svi udarci su izvedeni sa udaljenosti od 9 metara od mete (Slika 8).

Pristupni ugao lopti predstavlja jedan od najvažnijih aspekata koji ima značajan uticaj na ispoljavanje brzine i preciznosti lopte prilikom instep udarca (Isokawa & Less, 1988; Kellis et al., 2004; Opavsky, 1987; Roberts et al., 1974), pa je sa tim u vezi bilo

važno standardizovati pristupne uglove za sve ispitanike. Pristupni ugao lopti je bio definisan u opsegu od 30° do 60° u odnosu na pravac koji je određen pozicijom lopte i mete. U prethodnim istraživanjima je utvrđeno da ovi opsezi pristupnog ugla predstavljaju optimalne uglove zaleta pri kojem se ostvaruju najveće brzine i najbolja preciznost udarca (Isokawa & Lees, 1988).

Dužina zaleta ispitanika nije bila određena već su ispitanici tokom familijarizacije sa testom procijenili koja je to optimalna dužina zaleta koja im odgovara za izvođenje ovih motornih zadataka. Princip optimizacije dužine zaleta je bio aktuelan u većem broju prethodnih istraživanja, odnosno ispitanici su sami određivali dužinu zaleta, (Lees & Nolan, 1998; Opavsky, 1987; Gheidi & Sadeghi, 2010; Tillar & Ulvik, 2014), pa je na osnovu toga taj pristup preuzet i u okviru ovog eksperimenta.



Slika 8. Ilustracija izvođenja kretnog zadatka

5.1.4.3. Glavno testiranje

Kako bi se izbjegao efekat učenja koji bi imao negativan uticaj na dobijene rezultate izvršena je randomizacija. Shodno principu randomizacije ispitanici su nakon svake serije udaraca prelazili na kretni zadatak koji je suprotan prethodnom. Kako bi se dobili rezultati sa visokim nivoom pouzdanosti ispitanici su izvodili po 15 udaraca na gol za svaki kretni zadatak. U jednoj sesiji testiranja učestvovala su tri ispitanika koji su izvodili tri serije od po 5 udaraca. Ovakvom organizacijom testiranja minimizirana je mogućnost efekata zamora kod testiranih ispitanika, koji bi značajno uticao na ostvarene rezultate. Uzimajući u obzir strukturu kretnih zadataka, redosled izvođenja testova je bio sledeći:

Prvi zadatak je bio kontrolno mjerenje u cilju procjene maksimalne brzine šuta pri kojem se izvodila serija maksimalno brzih udaraca u pravcu mete i pri čemu je jedini akcenat bio na ostvarivanju maksimalne brzine udaraca (ovaj zadatak je označen sa B_{max}).

Drugi zadatak - Pogađanje mete veličine 150×150 cm pri čemu je primarni akcenat na ostvarivanju maksimalne brzine lopte, a sekundarni na preciznost (150P).

Treći zadatak - Pogađanje mete veličine 50×50 cm pri čemu je primarni akcenat na ostvarivanju maksimalne preciznosti, a sekundarni na brzinu lopte (50P).

Četvrti zadatak - Pogađanje mete veličine 150×150 cm pri čemu je primarni akcenat na ostvarivanju maksimalne preciznosti, a sekundarni na brzini lopte (150P).

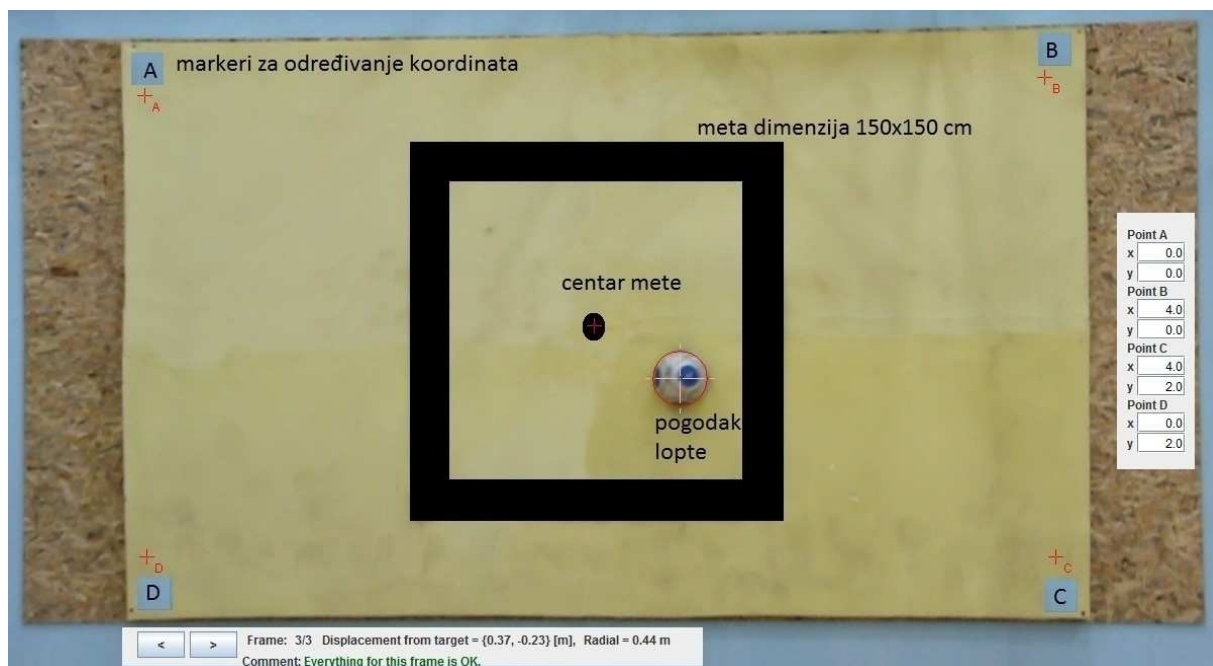
Peti zadatak - Pogađanje mete veličine 50×50 cm pri čemu je primarni akcenat na ostvarivanju maksimalne brzine lopte, a sekundarni na preciznost (50B).

Tokom glavnog testiranja svaki ispitanik je izveo po 90 udaraca. Svi izvedeni udarci koji su promašili postavljenu postavku sa memorijskom pjenom dimenzija 4×2 m su ponovljeni.

5.1.5. Obrada podataka

U cilju što lakšeg i preciznijeg određivanja položaja i veličine otiska lopte pri njenom kontaktu sa zidom, razvijena je multiplatformska aplikacija u programskom jeziku Java (Slika 9). Svrha aplikacije je da se na nizu slika koje su načinjene u trenucima kontakta lopte sa zidom, odrede koordinate centra kontakta u koordinatnom sistemu

definisanim referentnim tačkama na zidu (tačke moraju biti vidljive na slici). Da li će koordinate kontakta biti određene tačno u trenutku kontakta lopte i zida ili neposredno nakon toga (ako je otisak vidljiv), zavisi od procjene eksperimentatora, odnosno operatera i na njemu je da odabere povoljniji trenutak, tj. sliku. Zadavanje položaja referentnih tačaka za mapiranje koordinata (između koordinatnog sistema slike i realnog koordinatnog sistema) i otiska lopte, odnosno njenog otiska, izvode se ručno jer bi automatsko prepoznavanje položaja markera i položaja otiska lopte bilo veoma algoritamski zahtjevno uz neizostavnu vizuelnu provjeru i eventualne korekcije od strane operatera. U svakom slučaju, automatsko prepoznavanje pomenutih tačaka na slikama je izbjegnuto jer ne garantuje preciznost. Drugi razlog je taj što je procijenjeno da bi količina manualnog rada u oba slučaja bila veoma slična, posebno onda kada markeri koordinatnog sistema ne bi mijenjali svoj položaj na uzastopnim slikama. To bi u praksi značilo da je kamera kojom se snimaju udarci lopte o zid statična sa fiksiranim zumom. Na sreću, upravo taj slučaj i predstavlja najčešću eksperimentalnu postavku. Prema tome, operater bi samo na prvoj slici imao da manuelno definiše referentne tačke za mapiranje koordinata, dok bi na svakoj sledećoj ručno obilježavao samo mjesta kontakta lopte. Još jedan razlog ide u prilog ručnom obježavanju mjesta kontakta lopte u odnosu na automatsko prepoznavanje. Naime, u slučaju kada su vidljivi i odbijena lopta, i njen otisak na zidu, softver bi automatski detektovao i jedno i drugo, ali bi algoritam dodatno morao da bude usložen da bi kao rešenje prepoznao otisak lopte. Osim toga, preliminarnim testovima (filtriranjem slika u programima za digitalnu obradu slike) je ustanovljeno da je otisak lopte po pravilu slabo vidljiv i samim tim težak za softversko detektovanje, pri čemu poseban problem predstavlja određivanje njegovog centra jer je testovima pokazano da ga je softverski veoma često nemoguće detektovati kao pun krug. Zbog toga je u ručni režim rada dodata i mogućnost iscrtavanja kružnice koja operateru omogućava da lakše detektuje otisak i odredi mesto njegovog centra.



Slika 9. Prikaz multiplatformske aplikacije za mjerenje ostvarene preciznosti izvedenog udarca

Rad u aplikaciji se odvija kroz formiranje i vođenje projekta. Projekat se sastoji od niza slika, ne nužno iste veličine. Za svaku od njih, definišu se položaji markera za mapiranje koordinatnog sistema, kao i marker položaja otiska lopte. Ukoliko su uzastopne slike snimljene istom kamerom, sa istog mjesta i sa istim zumom, markere za mapiranje koordinatnog sistema je dovoljno definisati samo za prvu sliku u nizu jer ih sve ostale nasleđuju. Pri svakom redefinisaju početnih lokacija markera koordinatnog sistema, ili markera lopte, korisniku se automatski u statusnoj liniji prikazuje informacija o tome da li su njihovi položaji validni. Na kraju, rezultate je moguće snimiti u tekstualnom fajl formatu koji je pogodan za dalju obradu u drugim softverima.

U algoritamskom smislu, najzahtjevniji problem predstavlja mapiranje referentnih tačaka slike u realne koordinate. Radi se o mapiranju projekcija, tj. o lineranoj transformaciji koja omogućava mapiranje između proizvoljnih četvorouglova u 2D prostoru. Ovakva transformacija (Burger & Burge, 2009) zahteva 8 stepeni slobode (2 stepena više nego što je potrebno za fine transformacije) i naziva se i „perspektivom“ ili „pseudo-perspektivom“, jer: a) prave linije ostaju prave, b) tačke na njima ne zadržavaju

proporcionalnost međusobnih rastojanja, v) paralelnost može, ali i ne mora biti očuvana i g) algebarske krivulje zadržavaju isti stepen, ali ne neophodno i oblik. Koeficijenti potrebni za transformaciju koordinata tačaka u koordinatnom sistemu slike u tačke realnog koordinatnog sistema, određuju se iz sistema jednačina, upotrebom jediničnog (Burger & Burge, 2009) kvadrata kao međufazom u transformaciji jednog četvorougla u drugi. Najprecizniji rezultati se dobijaju za tačke koje leže unutar definisanih četvorouglova i o tome treba voditi računa. Softver će upozoriti operatera ako je na slici definisao nekonveksan četvorougao ili ako marker lopte ili njenog otiska leži van validnog četvorougla.

Daljom analizom ostvarenih rezultata preciznosti dobijani su rezultati za greške preciznosti, odstupanja i konzistentnosti. Greške u preciznosti su izračunate preko formula za srednju radijalnu grešku (*SRG*) kao mjeru preciznosti, centroidnu radijalnu grešku (*CRG*) kao mjeru odstupanja i bivarijantnu varijabilnu grešku kao mjeru konzistentnosti (*BVG*), prema preporuci Hancock-a et al. (1995):

$$SRG = \overline{RG} = (1/n) \sum_{i=1}^m (RG_i)$$

$$RG = (x^2 + y^2)^{\frac{1}{2}}$$

$$CRG = (x_c^2 + y_c^2)^{\frac{1}{2}}$$

$$(x_c, y_c) = (\bar{x}, \bar{y}) = \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \right]$$

$$BVG = \left\{ (1/n) \sum_{i=1}^n [(x_i - x_c)^2 + (y_i - y_c)^2] \right\}^{\frac{1}{2}}$$

Za svaku od ovih formula n predstavlja broj izvedenih udarca, x i y vrijednosti predstavljaju udaljenosti centra pogotka od vertikalne odnosno horizontalne ose, a RG predstavlja radijalnu grešku ispitanika.

5.1.6. Statistička obrada podataka

Iz prostora deskriptivne statistike korišćene su reprezentativne mjere prosječnih vrijednosti i standardnih devijacija. Normalnost distribucije rezultata je analizirana *Shapiro-Wilk* testom.

Za ispitivanje uticaja faktora *instrukcije* i faktora *veličine mete* na praćene zavisne varijable preciznosti i brzine izvedenog šuta rezultati su analizirani dvostrukom analizom varijanse sa ponovljenim mjerenjima (ANOVA).

Za svaku grupu varijabli prvo je utvrđivana pretpostavka sferičnosti rezultata pomoću *Mauchly's* testa. U slučajevima kada pretpostavka o sferičnosti nije bila zadovoljena, tj. kada su vrijednosti *Mauchly's* testa pokazale p vrijednosti manje od 0,05 korišćena je *Greenhouse-Geisser* korekcija za df i F vrijednosti.

Kada je statističkom analizom ANOVA pokazala značajan uticaj nekog od faktora, izvedene su naknadne analize u cilju određivanja razlika između različitih nivoa unutar jednog faktora uz pomoć *Bonferroni* post hoc testa. Takođe, u slučajevima kada je ANOVA pokazala značajan uticaj interakcije dva faktora na neku od praćenih varijabli, pristupilo se analizi jednostavnih uticaja u okviru kojeg je analiziran uticaj jednog faktora za svaki nivo drugog faktora posebno.

Sve statističke analize su odrađene u programu za statističku obradu rezultata *SPSS 17*. Vrijednosti $p < 0.05$ su odabrane za utvrđivanje nivoa statističke značajnosti.

5.2. Eksperiment II: Efekat brzine izvođenja *instep* udarca na ostvarenu preciznost

Drugi eksperiment pripada transverzalnoj studiji. Ovim eksperimentom se ispitivao uticaj faktora *instrukcija za gradiranje brzine* na varijable brzine i preciznosti izvedenih udaraca. Na taj način instrukcijama su zahtijevane različite brzine udaraca, sa udaljenosti od 9 metara, u centar meta u obliku kvadrata stranica 50×50 cm. U realizovanom istraživanju sva pilot i eksperimentalna mjerenja su sprovedena u Prvom nacionalnom trening centru, Zavoda za sport i medicinu sporta Republike Srbije, u Beogradu, u vremenskom period od početka oktobra do kraja decembra 2015. godine.

5.2.1. Uzorak ispitanika

U istraživanju je učestvovalo 13 ispitanika, muškog pola i prosječnog uzrasta od 15 godina ($\pm 1,6$), visine 180,4 cm ($\pm 5,1$) i težine 70,3 kg ($\pm 5,8$). Ispitanici su bili fudbaleri fudbalskog kluba “Crvena Zvezda” iz Beograda i fudbalskog kluba “Jedinstvo” iz Uba, koji su u organizovanom fudbalskom trenažnom procesu najmanje 5 godina. Uzorak ispitanika su sačinjavali igrači koji igraju na različitim pozicijama u timu, izuzev golmana.

5.2.2. Uzorak varijabli

Kako bi se realizovali ciljevi eksperimenta, definisane su varijable koje su podijeljene na kontrolne, zavisne i nezavisne.

U cilju ispitivanja uticaja faktora *instrukcija za gradiranje brzine* na varijable preciznosti i brzine definisane su sledeće zavisne varijable:

- Srednja radijalna greška (*SRG*), preko koje je vršena procjena preciznosti (izražena u centimetrima),
- Bivarijantna varijabilna greška (*BVG*), preko koje je vršena procjena konzistentnosti (izražena u centimetrima),
- Centroidna radijalna greška (*CRG*), preko koje je vršena procjena odstupanja (izražena u centimetrima),
- Odstupanje po horizontalnoj x osi (X),
- Odstupanje po vertikalnoj y osi (Y),
- Brzina šutnute lopte (V) izražena u kilometrima na čas (km/h),
- Relativna brzina šutnute lopte (V_{rel}) izražena procentima.

Neophodno je napomenuti da su dvodimenzionalnom koordinatnom sistemu računate *SRG*, *CRG* i *BVG*, a u jednodimenzionalnom koordinatnom sistemu računate su greške odstupanja po x i y -osi. Ukoliko se napravi analogija sa greškama koje se prate u jednodimenzionalnom sistemu, *SRG* bi predstavljala apsolutnu grešku, *BVG* varijabilnu grešku, a *CRG* konstantnu grešku.

Varijable motornog zadatka se odnose na promjenu instrukcija za brzinu. Na osnovu motornih zadataka definisane su sledeće nezavisne varijable za instrukcije koje je ispitanik dobijao prije izvođenja kretnog zadatka:

- pogoditi centar mete sporim udarcem (*B1*),
- pogoditi centar mete sa nešto bržim udarcem (*B2*),
- pogoditi centar mete sa maksimalno brzim udarcem (*B3*),
- pogoditi centar mete sa maksimalno brzim udarcem sa sekundarnim akcentom na preciznost (*B4*) i
- izvesti maksimalno brz udarac usmjeren ka meti (*B5*).

Kontrolne varijable su:

- tjelesna visina (*TV*) i
- tjelesna težina (*TT*).

5.2.3. Način mjerenja

Prikupljanje podataka se vršilo pomoću sofisticirane opreme. Dio korišćene opreme je validnost dokazala u prethodnim istraživanjima dok je jedan dio (softverski) posebno dizajniran za potrebe ovoga istraživanja. U pilot eksperimentu testirana je validnost i pouzdanost softverskog rešenja za mjerenje greške, pa se na osnovu dobijenih rezultata zaključilo da može biti upotrebljen za obradu rezultata.

Brzina lopte je mjerena ručnim radarom za procjenu brzine (Sports Radar Speed Gun SR 3600, Homosassa, Fl, SAD).

U eksperimentu se koristila meta u obliku kvadrata stranica 50×50 cm, napravljena od sunđera debljine 5 mm i širine stranica 5 cm, koja je bila postavljena na ram sastavljen od drvene ploče, sunđera i od memorijske pjene koji je bio pričvršćen za zid. Ram je konstruisan na tako što je na zidu bila postavljena šper ploča 4 m širine, 2 m visine i debljine 2 cm preko koje su nalijepljeni sunđer debljine 5 cm i memorijska pjena debljine 3 cm. Ovako slojevito napravljena podloga omogućila je nešto duže zadržavanje otiska lopte koje je bilo važno kako bi se u daljoj analizi lakše odredio i izvukao trenutak kontakta lopte

i metepomoću video kamere. Svaki udarac je snimljen kamerom visoke rezolucije (*Canon EOS*, Japan). Prilikom snimanja svaki udarac je dobijao svoj redni broj, pa se u unaprijed pripremljenu tabelu unosio broja snimka, oznaka kretnog zadatka i ostvarena brzina lopte (Npr: 1111; 150B; 50 km/h).

5.2.4. Tok i postupci istraživanja

Prije početka testiranja ispitanici su dobili instrukcije koje kretne zadatke treba da izvedu, i na koji način. Dužina i brzina zaleta nije bila određena već je svaki ispitanik individualno odredio optimalnu dužinu i brzinu zaleta. Prije početka testiranja svi ispitanici su izvodili standardne 15-minutne vježbe zagrijavanja kako bi se izbjegle eventualne povrede koje su mogle nastati prilikom izvođenja kretnih zadataka i kako bi se mišićno-zglobni sistem pripremio za povratni režim mišićnog rada koji je karakterističan za izvođenje *instep* udarca. Vježbe zagrijavanja su se sastojale od uvodnog rastrčavanja, vežbi oblikovanja, aktivnog istezanja, sunožnih skokova u mjestu i vežbi simulacije izvođenja *instep* udarca bez lopte.

5.2.4.1. Familijarizacija sa testom

Nakon završenog zagrijavanja ispitanici su u trajanju od 5 minuta izvodili udarce na gol, kako bi stekli osjećaj za tehniku izvođenja šuta i za udaljenost lopte od mete. Po završetku ovoga dijela uvježbavanja pristupilo se izvođenju udaraca sa istim instrukcijama koje su zadavane u glavnom testiranju. Izvedena su po tri udarca po kretnom zadatku, odnosno zadatoj instrukciji. Nakon završetka familijarizacije sa testom, pristupilo se glavnom testiranju svih ispitanika.

5.2.4.2. Izvođenje testa

U istraživanju su, pored ispitanika, učestvovala dva mjerioca. Jedan mjerilac je mjerio i memorisao ostvarene brzine lopte i brojeve snimka za izvedene udarce. Drugi mjerilac je kamerom bilježio izvedene udarce.

Ispitanici su dobijali konkretne instrukcije za izvođenje svakog motornog zadatka, što je omogućilo parametrisanje uslova izvođenja koji su bili jednaki za sve. Takođe,

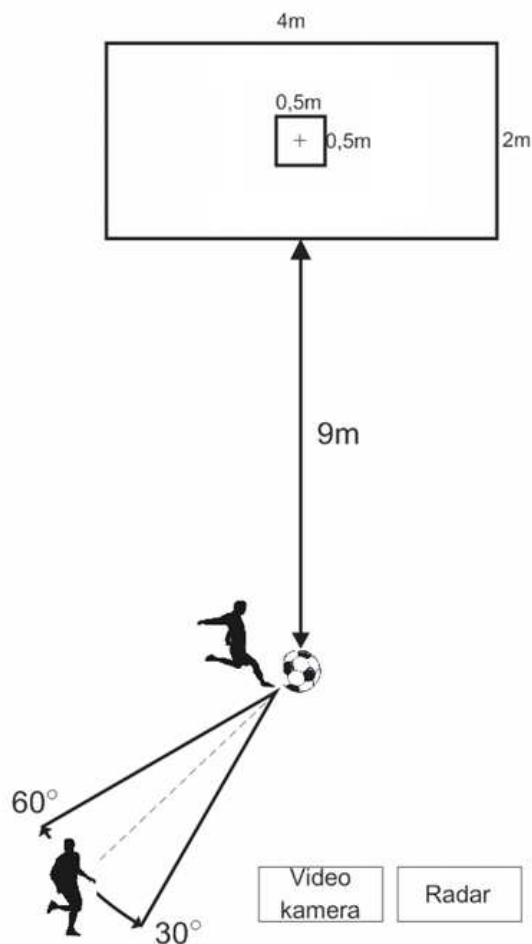
instrukcije su omogućile da se napravi dovoljna razlika između različitih modaliteta motornih zadataka u odnosu na pojavu koja sa ispituje. Shodno tome, ispitanici su dobijali instrukcije za različite brzine udaraca:

- pogoditi centar mete sporim udarcem,
- pogoditi centar mete nešto bržim udarcem,
- pogoditi centar mete maksimalno brzim udarcem,
- pogoditi centar mete maksimalno brzim udarcem, sa sekundarnim akcentom na preciznost i
- izvesti maksimalno brz udarac usmjeren ka meti.

Vizuelna predstavka širine mete je bila određena kvadratom stranica 50×50 cm. Širina stranica je bila 5cm, crne boje. Svi udarci su izvedeni sa udaljenosti od 9 metara od mete (Slika 10).

Pristupni ugao lopti predstavlja jedan od najvažnijih aspekata koji ima značajan uticaj na ispoljavanje brzine i preciznosti lopte prilikom *instep* udarca (Isokawa & Less, 1988; Kellis *et al.*, 2004; Opavsky, 1987; Roberts *et al.*, 1974), pa je sa tim u vezi bilo važno standardizovati pristupne uglove za sve ispitanike. Pristupni ugao lopti je bio definisan u opsegu od 30° do 60° u odnosu na pravac koji je određen pozicijom lopte i mete. U prethodnim istraživanjima je utvrđeno da ovi opsezi pristupnog ugla predstavljaju optimalne uglove zaleta pri kojem se ostvaruju najveće brzine i najbolja preciznost udarca (Isokawa & Lees, 1988).

Dužina zaleta ispitanika nije bila određena već su ispitanici tokom familijarizacije sa testom procijenili koja je to optimalna dužina zaleta koja im odgovara za izvođenje ovih motornih zadataka. Princip optimizacije dužine zaleta je bio aktuelan u većem broju prethodnih istraživanja, odnosno ispitanici su sami određivali dužinu zaleta, (Lees & Nolan, 1988; Opavsky, 1987; Gheidi & Sadeghi, 2010; Tillar & Ulvik, 2014), pa je na osnovu toga taj pristup preuzet i u okviru ovog eksperimenta.



Slika 10. Ilustracija izvođenja kretnog zadatka

5.2.4.3. Glavno testiranje

Kako bi se dobili rezultati sa visokim nivoom pouzdanosti ispitanici su izvodili po 15 udaraca na gol za svaki kretni zadatak. U jednoj sesiji testiranja učestvovala su tri ispitanika koji su izvodili serije od po 5 udaraca. Ovakvom organizacijom testiranja minimizirana je mogućnost efekata zamora kod testiranih ispitanika, koji bi značajno uticao na ostvarene rezultate. Uzimajući u obzir strukturu kretnih zadataka, redosljed izvođenja testova je bio sljedeći:

- prvi zadatak je bio pogađanje mete sporim udarcem (B1),
- drugi zadatak je bio pogađanje mete nešto bržim udarcem (B2),

- treći zadatak je bio pogađanje mete maksimalno brzim udarcem (B3),
- četvrti zadatak je bio pogađanje mete maksimalno brzim udarcem sa sekundarnim akentom na preciznosti (B4) i
- peti zadatak je bio izvođenje maksimalno brzog udarca usmjerenog u pravcu mete (B5).

Tokom glavnog testiranja svaki ispitanik je izveo po 75 udarca. Svi izvedeni udarci koji su promašili postavljenu postavku sa memorijskom pjenom dimenzija 4×2 m su ponovljeni.

5.2.5. Obrada podataka

Podaci su obrađeni pomoću softverskog rešenja koje je korišćeno u Eksperimentu I i opisano u poglavlju 5.1.5. *Obrada podataka*.

Daljom analizom ostvarenih rezultata preciznosti dobijani su rezultati za greške preciznosti, odstupanja i konzistentnosti. Greške u preciznosti su izračunate preko formula za srednju radijalnu grešku (SRG) kao mjeru preciznosti, centroidnu radijalnu grešku (CRG) kao mjeru odstupanja i bivarijantnu varijabilnu grešku kao mjeru konzistentnosti (BVG), prema preporuci Hancock-a et al. (1995):

$$SRG = \overline{RG} = (1/n) \sum_{i=1}^n (RG_i)$$

$$RG = (x^2 + y^2)^{\frac{1}{2}}$$

$$CRG = (x_c^2 + y_c^2)^{\frac{1}{2}}$$

$$(x_c, y_c) = (\bar{x}, \bar{y}) = \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \right]$$

$$BVG = \left\{ (1/n) \sum_{i=1}^n [(x_i - x_c)^2 + (y_i - y_c)^2] \right\}^{\frac{1}{2}}$$

Za svaku od ovih formula n predstavlja broj izvedenih udarca, x i y vrijednosti predstavljaju udaljenosti centra pogotka od vertikalne (Y) odnosno horizontalne ose (X), a RG predstavlja radijalnu grešku ispitanika.

5.2.6. Statistička obrada podataka

Iz prostora deskriptivne statistike korišćene su reprezentativne mjere prosječnih vrijednosti i standardnih devijacija. Normalnost distribucije rezultata je analizirana *Shapiro-Wilk* testom.

Kako bi se odredio efekat brzine izvođenja na preciznost *instep* udarca rezultati su analizirani analizom varijanse sa ponovljenim mjerenjima (ANOVA).

Za svaku grupu varijabli prvo je utvrđivana pretpostavka sferičnosti rezultata pomoću *Mauchly's* testa. U slučajevima kada pretpostavka o sferičnosti nije bila zadovoljena, tj. vrijednosti *Mauchly's* testa pokazale p vrijednosti manje od 0,05 korišćena je *Greenhouse-Geisser* korekcija za df i F vrijednosti.

Kada se ANOVA analizom utvrdio značajan efekat brzine izvođenja na neku od zavisnih varijabli, izvedene su *Bonferroni* post hoc analize u cilju određivanja razlika između različitih brzina izvođenja udaraca. Sve statističke analize su odrađene u programu za statističku obradu rezultata *SPSS 17*. Vrijednosti $p < 0.05$ su odabrane za utvrđivanje nivoa statističke značajnosti.

5.3. Eksperiment III: Efekat specifične trenažne obuke za razvoj brzine i za razvoj preciznosti *instep* udarca na brzinu i preciznost izvođenja

Treći eksperiment pripada longitudinalnoj studiji. Ovim eksperimentom se utvrdilo eventualno postojanje uticaja trenažnog programa na varijable brzine i preciznosti izvedenih udaraca. Eksperimentalni dizajn je podrazumijevao formiranje dvije eksperimentalne grupe ispitanika (grupa za razvoj brzine šuta i grupa za razvoj preciznosti šuta) i jedne kontrolne grupe, koje bi realizovale inicijalno i finalno testiranje po završetku sprovedenog trenažnog programa. Način testiranja i opis trenažnih programa biće objašnjen u narednim poglavljima. Sva pilot testiranja kao i trenažni programi sprovedeni su na fudbalskim terenima Fakulteta sporta i fizičkog vaspitanja u Beogradu.

5.3.1. Uzorak ispitanika

U istraživanju je učestvovalo 26 ispitanika, muškog pola, prosječnog uzrasta 15 godina ($\pm 0,8$), prosječne visine 168 cm ($\pm 7,7$) i prosječne težine 55,1 kg ($\pm 7,5$). Ispitanici su bili fudbaleri škole fudbala "DIF" iz Beograda, koji su u organizovanom fudbalskom trenažnom procesu najmanje 3 godine. Svi ispitanici su bili podijeljeni u tri eksperimentalne grupe i to: grupu za razvoj brzine, grupu za razvoj preciznosti i kontrolnu grupu. Ispitanici iz grupe za brzinu (10 ispitanika) su bili prosječne visine 165 cm ($\pm 9,5$) i prosječne težine 53,1 kg ($\pm 8,8$). Ispitanici iz grupe za preciznost (9 ispitanika) bili su prosječne visine 172 cm ($\pm 3,8$) i prosječne težine 58,6 kg ($\pm 5,2$). Ispitanici iz kontrolne grupe (7 ispitanika) su bili prosječne visine 166 cm ($\pm 6,8$) i prosječne težine 52,3 kg ($\pm 6,7$). Uzorak ispitanika su sačinjavali igrači koji igraju na različitim pozicijama u timu, izuzev golmana.

5.3.2. Uzorak varijabli

Kako bi se realizovali ciljevi kontrolnog eksperimenta, definisane su varijable koje su podijeljene na kontrolne, zavisne i nezavisne.

U cilju ispitivanja uticaja faktora trenažnog procesa na varijable preciznosti i brzine definisane su sljedeće zavisne varijable:

- Srednja radijalna greška (*SRG*), preko koje je vršena procjena apsolutne preciznosti (izražena u centimetrima),
- Bivarijantna varijabilna greška (*BVG*), preko koje je vršena procjena konzistentnosti (izražena u centimetrima),
- Centroidna radijalna greška (*CRG*), preko koje je vršena procjena odstupanja (izražena u centimetrima),
- Odstupanje po horizontalnoj x osi, (X),
- Odstupanje po vertikalnoj y osi, (Y),
- Brzina šutnute lopte (V), izražena u kilometrima na čas (km/h) i
- Relativnu brzinu šuta (V_{rel}), izraženu u procentima.

Neophodno je napomenuti da su dvodimenzionalnom koordinantnom sistemu računane *SRG*, *CRG* i *BVG*, a u jednodimenzionalnom koordinantnom sistemu računane su greške odstupanja po x i y osi, tj. varijable X i Y . Ukoliko se napravi analogija sa greškama

koje se prate u jednodimenzionalnom sistemu, *SRG* bi predstavljala apsolutnu grešku, *BVG* varijabilnu grešku, a *CRG* konstantnu grešku.

Na osnovu trenažnog programa i motornih zadataka definisane su sljedeće nezavisne varijable za instrukcije koje su ispitanici dobijali tokom inicijalnog i finalnog testiranja:

- Izvesti primarno precizan udarac u centar mete sa sekundarnim akcentom na brzini i
- Izvesti primarno brz udarac sa sekundarnim akcentom na preciznost izvođenja udarca.

Kontrolne varijable su bile:

- tjelesna visina (*TV*),
- tjelesna težina (*TT*) i
- brzina lopte pri izvođenju maksimalno brzog udarca (B_{max}).

5.3.3. Način mjerenja

Prikupljanje podataka se vršilo pomoću sofisticirane opreme. Dio korišćene opreme je validnost dokazala u prethodnim istraživanjima, dok je jedan dio (softverski) posebno dizajniran za potrebe ovog istraživanja. U pilot eksperimentu testirana je validnost i pouzdanost softverskog rješenja za mjerenje greške, pa se na osnovu dobijenih rezultata zaključilo da može biti upotrebljena za obradu rezultata.

Brzina lopte je mjerena ručnim radarom za procjenu brzine (Sports Radar Speed Gun SR 3600, Homosassa, FL, SAD).

U eksperimentu se koristila meta u obliku kvadrata stranica 50×50 cm, napravljena od sunđera debljine 5 mm i širine stranica 5 cm, koja je bila postavljena na ram sastavljen od drvene ploče, sunđera i od memorijske pjene koji je bio pričvršćen za zid. Ram je konstruisan na tako što je na zidu bila postavljena šper ploča 4 m širine, 2 m visine i debljine 2 cm preko koje su nalijepljeni sunđer debljine 5 cm i memorijska pjena debljine 3 cm. Ovako slojevito napravljena podloga omogućila je nešto duže zadržavanje otiska lopte koje je bilo važno kako bi se u daljoj analizi lakše odredio i izvukao trenutak kontakta lopte

i mete pomoću video kamere. Svaki udarac je snimljen kamerom visoke rezolucije (*Canon EOS*, Japan). Prilikom snimanja svaki udarac je dobijao svoj redni broj, pa se u unaprijed pripremljenu tabelu unosio broj snimka, oznaka kretnog zadatka i ostvarena brzina lopte (Npr.: 1111; 150B; 50 km/h).

5.3.4. Tok i postupci istraživanja

Sprovedeni eksperiment pripada longitudinalnoj studiji pa kao takav sadrži inicijalno i finalno testiranje, kao i trenažni program sproveden između dva mjerenja. Prije početka inicijalnog i finalnog testiranja ispitanicima su date instrukcije koje kretne zadatke treba da izvedu, i na koji način. Dužina i brzina zaleta nije bila određena već je svaki ispitanik individualno odredio optimalnu dužinu i brzinu zaleta, iako je tokom trenažnog perioda instrukcijama sugerisano na odabir adekvatnog ugla i brzine pristupa lopti u zavisnosti od cilja šuta. Prije početka testiranja svi ispitanici su izvodili standardne 15-minutne vježbe zagrijavanja kako bi se izbjegle eventualne povrede koje su mogle nastati prilikom izvođenja kretnih zadataka i kako bi se mišićno-zglobni sistem pripremio za povratni režim mišićnog rada koji je karakterističan za izvođenje *instep* udarca. Vježbe zagrijavanja su se sastojale od uvodnog rastrčavanja, vežbi oblikovanja, aktivnog istezanja, sunožnih skokova u mjestu i vježbi simulacije izvođenja *instep* udarca bez lopte.

5.3.4.1. Familijarizacija sa testom

Nakon završenog zagrijavanja ispitanici su u trajanju od 5 minuta izvodili udarce na gol kako bi stekli osjećaj za tehniku izvođenja šuta i za udaljenost lopte od mete. Po završetku ovoga dijela uvježbavanja pristupilo se izvođenju udaraca sa istim instrukcijama koje su zadavane u glavnom testiranju. Izvedena su po tri udarca po kretnom zadatku, odnosno zadatoj instrukciji. Nakon završetka familijarizacije sa testom, pristupilo se glavnom testiranju svih ispitanika.

5.3.4.2. Izvođenje inicijalnog i finalnog testiranja

U istraživanju su, pored ispitanika, učestvovala dva mjerioca koji su ujedno sproveli trenažni program predviđen eksperimentom. Jedan mjerilac je mjerio i memorisao ostvarene brzine lopte i brojeve snimka za izvedene udarce. Drugi mjerilac je kamerom bilježio izvedene udarce.

Ispitanici su dobijali konkretne instrukcije za izvođenje svakog motornog zadatka, što je omogućilo parametrisanje uslova izvođenja koji su bili jednaki za sve. Takođe, instrukcije su omogućile da se napravi dovoljna razlika između različitih modaliteta motornih zadataka u odnosu na pojavu koja sa ispituje. Shodno tome, ispitanici su dobijali instrukcije za brzinu i preciznost:

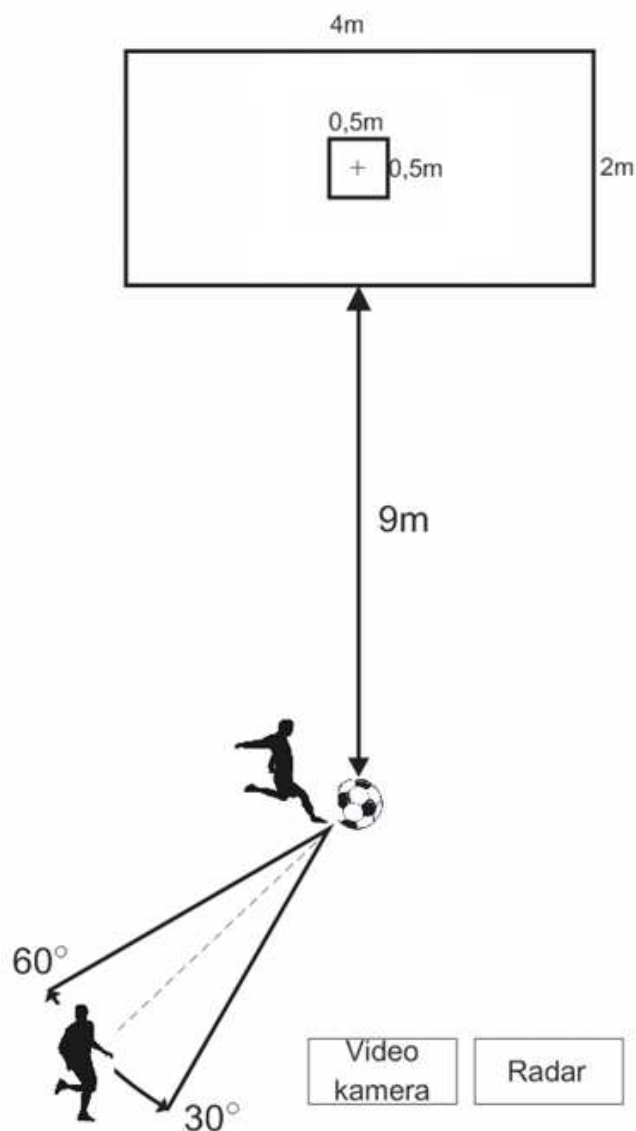
- izvesti maksimalno brz udarac u pravcu mete (B_{max}),
- izvesti primarno precizan udarac u centar mete, sa sekundarnim akcentom na brzinu izvođenja udarca (50P) i
- izvesti primarno brz udaracu centar mete, sa sekundarnim akcentom na preciznost izvođenja udarca (50B).

Vizuelna predstavka širine mete je bila određena kvadratom stranica 50×50 cm. Širina stranica je bila 5 cm, crne boje. Svi udarci su izvedeni sa udaljenosti od 9 metara od mete (Slika 11).

Pristupni ugao lopti predstavlja jedan od najvažnijih aspekata koji ima značajan uticaj na ispoljavanje brzine i preciznosti lopte prilikom *instep* udarca (Isokawa & Less, 1988; Kellis et al., 2004; Opavsky, 1987; Roberts et al., 1974), pa je sa tim u vezi bilo važno standardizovati pristupne uglove za sve ispitanike. Pristupni ugao lopti je bio definisan u opsegu od 30° do 60° u odnosu na pravac koji je određen pozicijom lopte i mete. U prethodnim istraživanjima je utvrđeno da ovi opsezi pristupnog ugla predstavljaju optimalne uglove zaleta pri kojem se ostvaruju najveće brzine i najbolja preciznost udarca (Isokawa & Lees, 1988).

Dužina zaleta ispitanika nije bila određena već su ispitanici tokom familijarizacije sa testom procijenili koja je to optimalna dužina zaleta koja im odgovara za izvođenje ovih motornih zadataka. Princip optimizacije dužine zaleta je bio aktuelan u većem broju prethodnih istraživanja, odnosno ispitanici su sami određivali dužinu zaleta, (Lees & Nolan,

1988; Opavsky, 1987; Gheidi & Sadeghi, 2010; Tillar & Ulvik, 2014), pa je na osnovu toga taj pristup preuzet i u okviru ovog eksperimenta.



Slika 11. Ilustracija izvođenja kretnog zadatka

5.3.4.3. Inicijalno i finalno testiranje

Tokom inicijalnog i finalnog testiranja izvedeni su isti testovi sa identičnim procedurama. Kako bi se dobili rezultati sa visokim nivoom pouzdanosti ispitanici su izvodili po 15 udaraca na gol za svaki kretni zadatak, sa distance od 9 m. U jednoj sesiji

testiranja učestvovala su tri ispitanika koji su izvodili serije od po 5 udarca. Ovakvom organizacijom testiranja eliminisana je mogućnost pojave zamora kod testiranih ispitanika, koji bi značajno uticao na ostvarene rezultate. Uzimajući u obzir strukturu kretnih zadataka redosljed izvođenja testova je bio sljedeći:

- izvesti maksimalno brz udarac u pravcu mete (B_{max}),
- izvesti primarno precizan udarac u centar mete, sa sekundarnim akcentom na brzinu izvođenja udarca (50P) i
- izvesti primarno brz udaracu centar mete, sa sekundarnim akcentom na preciznost izvođenja udarca (50B).

Tokom inicijalnog i finalnog testiranja svaki ispitanik je izveo po 45 udaraca ka meti. Svi izvedeni udarci koji su prošli postavljenu postavku sa memorijskom pjenom dimenzija 4×2 m su ponovljeni.

5.3.4.4. Trenažni program

U skladu sa ciljem istraživanja, napravljen je trenažni program za jedan mikrociklus u trajanju od 6 dana, koji je sproveden u posljednjoj nedjelji novembra 2015. godine. Kako je projektovanim istraživanjem bilo predviđeno, ispitanici su bili podijeljeni u tri grupe, i to: u eksperimentalnu grupu za razvoj brzine, eksperimentalnu grupu za razvoj preciznosti i kontrolnu grupu. Grupa za brzinu je trenirala po programu kojim je trebalo da bude unaprijeđena brzina udarca, dok se trenažnim programom grupe za preciznost nastojalo da se poboljša preciznost udarca. Ovi trenažni programi su bili dodatak redovnom fudbalskom treningu i izvodili su se nakon završenog glavnog dijela treninga kojem su prisustvovali svi testirani fudbaleri. Kontrolna grupa je tokom ovoga perioda izvodila redovne fudbalske treninge bez dodatnih trenažnih sesija. Tokom trenažnog perioda, svaki ispitanik iz grupe za brzinu i grupe za preciznost izveo je po 300 udaraca (50 šuteva po treningu). U zavisnosti od trenažne grupe ispitanici su dobijali različite instrukcije za izvođenje udarca. Instrukcije su se odnosile na tehničke elemente udarca i faktore koji utiču na ispoljavanje brzine ili preciznosti. Dakle, trenažnim programom se nastojalo postići poboljšanje brzine i preciznosti *in step* udarca usavršavanjem tehničkih elemenata.

Trenažna grupa za brzinu je tokom treninga dobijala instrukcije za koje se pretpostavljalo da će doprinijeti unapređenju ove sposobnosti (podebljane rečenice su instrukcije koje su konkretno zadavane ispitanicima, dok je u nastavku dato obrazloženje i razlozi uvođenja ovih instrukcija).

- **Instrukcija: Šut se izvodi sa primarnim ciljem da se izvede što “brži i snažniji” udarac u pravcu mete, bez gađanja u metu.** Objašnjenje: Eliminisanje zahtjeva za preciznost izvođenja šuta omogućava da se brzina udarca poveća, što je ranije objašnjeno u teorijskoj postavci rada.
- **Instrukcija: Brzina zaleta treba da bude optimalna, tj. prilagođena nivou približnom 75-85% od maksimalne brzine trčanja.** Objašnjenje: Veća brzina zaleta vodi ka većoj brzini stopala koja u uslovima kada je deformacija stopala mala uslovljava veću brzinu šutnute lopte.
- **Instrukcija: Ugao zaleta treba da bude u opsegu od 30⁰– 45⁰ u odnosu na pravac izvođenja udarca.** Objašnjenje: Ovim pristupnim uglovima ostvaruje se zauzimanje položaja kojim će se omogućiti potencijalno najoptimalniji opseg pokreta u zglobu kuka i koljena, kao i optimalan položaj noge koja izvodi udarac u frontalnoj ravni, a sve u cilju stvaranja uslova da stopalo što većom površinom ostvari kontakt sa loptom. Pri ovim pristupnim uglovima tijelo dolazi u poziciju koja omogućava optimalan opseg pokreta tokom faze prednjeg zamaha. Sa povećavanjem pristupnog ugla lopti povećavao bi se pokret abdukcije noge kojom se izvodi *instep* udarac, što bi rezultiralo većom abdukcijom u momentu kontakta sa loptom i time umanjio impuls sile koji se prenosi na loptu.
- **Instrukcija: Stopalo stajne noge bi trebalo da bude postavljeno pored i za pola stopala iza lopte.** Objašnjenje: Time se obezbjeđuje da noga koja izvodi udarac ima nešto duži put i više vremena za ispoljavanje proksimalno-distalnog obrasca ovog balističkog pokreta. Kao krajnji efekat, postiže se veća brzina stopala neposredno prije kontakta sa loptom, što je u direktnoj pozitivnoj relaciji sa brzinom leta lopte nakon šuta.
- **Instrukcija: U trenutku kontakta stopala sa loptom, stopalo noge kojom se udarac izvodi treba da bude maksimalno ukrućeno i u položaju plantarne**

fleksije. Objašnjenje: Ovom instrukcijom se stvaraju uslovi adekvatnog sudara stopala sa loptom i time efikasnog transfera brzine stopala na loptu.

Trenažna grupa za preciznost je dobijala instrukcije kojima će poboljšati preciznost *instep* udarca. Shodno navedenom trenažnom cilju, fudbaleri iz ove podgrupe su dobijali sljedeće instrukcije (podebljane rečenice su instrukcije koje su konkretno zadavane ispitanicima, dok je u nastavku dato obrazloženje i razlozi uvođenja ovih instrukcija):

- **Instrukcija: Šut se izvodi sa primarnim ciljem da se izvede što precizniji udarac u metu (koja je sličnih dimenzija i oblika kao i kod protokola testiranja), bez usmjeravanja pažnje na brzinu izvođenja.** Objašnjenje: Eliminisanje zahtjeva za brzinom izvođenja šuta omogućava da se preciznost udarca poboljša, tj. smanji greška, što je ranije objašnjeno u teorijskoj postavci rada.
- **Instrukcija: Ugao zaleta treba da bude u opsegu približno 30° u odnosu na pravac izvođenja udarca.** Objašnjenje: Time se obezbjeđuje da noga koja izvodi udarac u fazi zamaha, kontakta i nakon kontakta ima pravac kretanja koji je u liniji sa putanjom koja je definisana pozicijom lopte i metom. Drugim riječima, cilj ove instrukcije je da ugao zaleta ne bude preveliki.
- **Instrukcija: Kontakt stopala stajne noge sa podlogom bi, neposredno prije šuta, trebalo da bude što mekši.** Objašnjenje: Ovim se stvara manja razlika u visini kukova i tokom faze šuta oni se sa malim opružanjem stajne noge još dodatno nivelišu (visinski izjednačavaju) što dodatno omogućava mirno ravno kretanje poluukrućenog tijela prema naprijed, jer povećana krutost stajne noge smanjuje neposrednu dužinu kontakta. Cilj je da na relativno opruženom sistemu stajne noge počiva što duži ravan šut koji ničim u pripremi nije ometan da bude što duži u kontaktu.
- **Instrukcija: Stopalo stajne noge bi trebalo da bude što bliže samoj lopti.** Objašnjenje: Efekti rotiranja kuka pokretne noge omogućili bi da noga bude blago aducirana u kuku i tokom kontakta noga bi se brzo rotirala ka unutra, pa stoga efekat slobodnog klatna viseće noge u nešto odignutom kuku te iste slobodne noge učinio bi da se izvrši provođenje noge kroz blagu adukciju gdje svi djelovi tijela provociraju mali moment inercije i drugo, najčešće pravac zaleta odgovara i samom

neposrednom zamahu što dodatno opredjeljuje bolju preciznost koja se dakle ne gradi samo u zamahu već i u zaletu kao pred pripremljenoj cjelini. Cilj ove instrukcije je da se postigne uža pozicija karlice kako bi se izbjegao efekat loše postavke zgloba kuka i kako bi sila inercije bila što više poklapajuća sa spoljnom silom stopala na loptu.

- **Instrukcija: Sudar stopala sa loptom treba da bude u istoj ravni (frontalnoj) sa postavkom stajne noge.** Objašnjenje: Centar lopte i centar oslonca stopala bi trebalo da budu u istoj ravni. Ova instrukcija treba da omogući duže vođenje lopte kroz neposredni kontakt pogotovo ako stajna noga ima dublju amortizaciju (mekši kontakt), gdje je sa blagim opružanjem tokom šuta moguća duža translacija.
- **Instrukcija: Što više produžiti amplitude pokreta tokom i nakon kontakta stopala i lopte, sa ciljem da se lopta povede u datom smjeru ka meti.** Objašnjenje: Ovdje se primjenjuje osnovni princip impulsa, a to je da se veličina i intenzitet impulsa povećava u funkciji vremena i čini dodatno slobodnim u doziranju sa promjenom, tj. produženjem trajanja. Cilj ove instrukcije je da se ekcentrični sudar stopala sa loptom svede na minimum.
- **Instrukcija: Tijelo mora da nastavi kretanje u pravcu izvođenja udarca, tj. ka meti, a ne da se vrši rotacija oko stajne noge i odvodi tijelo u stranu.** Objašnjenje: Time se dodatno stvaraju uslovi za vođenje lopte u pravcu centra mete, ograničava se stepen slobode kretanja pri izvođenju šuta, gdje se tijelo pretežno kreće u sagitalnoj ravni i smanjuje se mogućnost da se pogriješi u ekscentričnom sudaru stopala i lopte.

5.3.5. Obrada podataka

Podaci su obarđeni pomoću softverskog rešenja koje je korišćeno u Eksperimentima I i II opisano u poglavlju 5.1.5. *Obrada podataka*.

Daljom analizom ostvarenih rezultata preciznosti dobijani su rezultati za greške preciznosti, odstupanja i konzistentnosti. Greške u preciznosti su izračunate preko formula za srednju radijalnu grešku (*SRG*) kao mjeru preciznosti, centroidnu radijalnu grešku (*CRG*)

kao mjeru odstupanja i bivarijantnu varijabilnu grešku kao mjeru konzistentnosti (*BVG*), prema preporuci Hancock-a et al. (1995):

$$SRG = \overline{RG} = (1/n) \sum_{i=1}^m (RG_i)$$

$$RG = (x^2 + y^2)^{\frac{1}{2}}$$

$$CRG = (x_c^2 + y_c^2)^{\frac{1}{2}}$$

$$(x_c, y_c) = (\bar{x}, \bar{y}) = \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \right]$$

$$BVG = \left\{ (1/n) \sum_{i=1}^n [(x_i - x_c)^2 + (y_i - y_c)^2] \right\}^{\frac{1}{2}}$$

Za svaku od ovih formula n predstavlja broj izvedenih udarca, x i y vrijednosti predstavljaju udaljenosti centra pogotka od vertikalne, odnosno horizontalne ose, a RG predstavlja radijalnu grešku ispitanika.

5.3.6. Statistička obrada podataka

Iz prostora deskriptivne statistike korišćene su reprezentativne mjere prosječnih vrijednosti i standardnih devijacija. Normalnost distribucije rezultata je analizirana *Shapiro-Wilk* testom.

Trostruka ANOVA sa ponovljenim mjerenjima koja je uključila faktor *test* (inicijalno i finalno testiranje), faktor *grupa* (grupa koja je uvježbavala brzinu, zatim grupa za preciznost i kontrolna grupa) i faktor *instrukcija* (instrukcija sa akcentom na brzinu i sa akcentom na preciznost) korišćena je za analizu uticaja različitih trenažnih programa na varijable izvođenja *instep* udarca.

Za svaku grupu varijabli prvo je utvrđivana pretpostavka sferičnosti rezultata pomoću *Mauchly's* testa. U slučajevima kada pretpostavka o sferičnosti nije bila zadovoljena, tj. vrijednosti *Mauchly's* testa pokazale p vrijednosti manje od 0,05, korišćena je *Greenhouse-Geisser* korekcija za df i F vrijednosti.

Kada je ANOVA analizom utvrđen značajan uticaj nekog od faktora izvedene su *Bonferroni* post hoc analize u cilju određivanja razlika između različitih nivoa unutar jednog faktora. Takođe, kada je ANOVA pokazala značajan uticaj interakcije faktora na neku od praćenih varijabli, pristupilo se analizi jednostavnih uticaja u okviru kojeg je analiziran uticaj jednog faktora za svaki nivo drugog faktora posebno.

Sve statističke analize su odrađene u programu za statističku obradu rezultata *SPSS* 17. Vrijednosti $p < 0.05$ su odabrane za utvrđivanje nivoa statističke značajnosti.

6. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

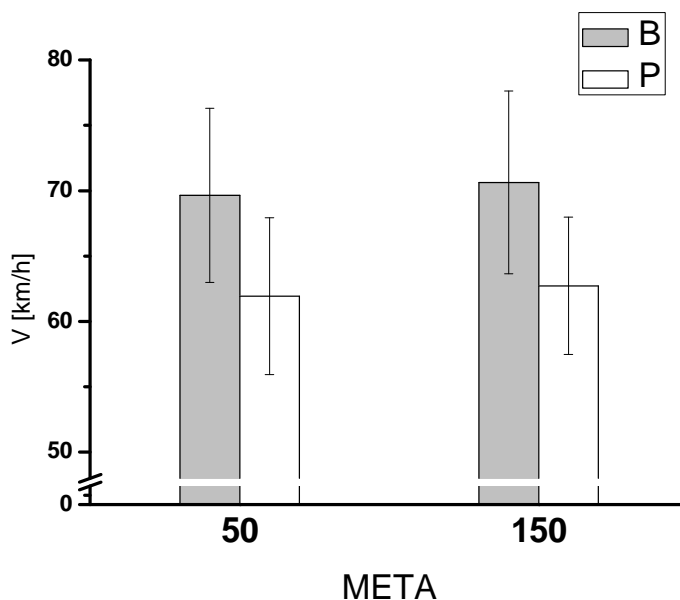
U okviru poglavlja Rezultati predstavljene su dobijeni rezultati statističke analize za svaki eksperiment posebno. Prikaz rezultata je uključio deskriptivne i komparativne analize sa svim odgovarajućim post hoc analizama. Rezultati deskriptivne analize su prikazani grafički, a rezultati komparativne analize tabelarno, dok su rezultati post hoc analize predstavljene u okviru teksta. Analiza rezultata je podijeljena po oblastima koje odgovaraju sprovedenim eksperimentalnim cjelinama. Na taj način izdvojile su se podoblasti u okviru kojih su analizirani: a) Efekti *instrukcije* i *veličine mete* na brzinu i preciznost *instep* udarca; b) Efekat brzine izvođenja *instep* udarca na ostvarenu preciznost; c) Efekat specifične trenažne obuke za razvoj brzine i za razvoj preciznosti *instep* udarca na brzinu i preciznost izvođenja.

6.1. Eksperiment I: Efekti instrukcije i veličine mete na brzinu i preciznost *instep* udarca

Za ispitivanje uticaja faktora *instrukcije* i faktora *veličine mete* na praćene zavisne varijable preciznosti i brzine izvedenog šuta, rezultati su analizirani dvostrukom analizom varijanse sa ponovljenim mjerenjima (ANOVA). Kada je statističkom analizom ANOVA utvrđen značajan uticaj nekog od faktora, izvedene su naknadne analize u cilju određivanja razlika između različitih nivoa unutar jednog faktora uz pomoć *Bonferroni* post hoc testa. Takođe, u slučajevima kada je ANOVA pokazala značajan uticaj interakcije dva faktora na neku od praćenih varijabli, pristupilo se analizi jednostavnih uticaja u okviru kojeg je analiziran uticaj jednog faktora za svaki nivo drugog faktora posebno.

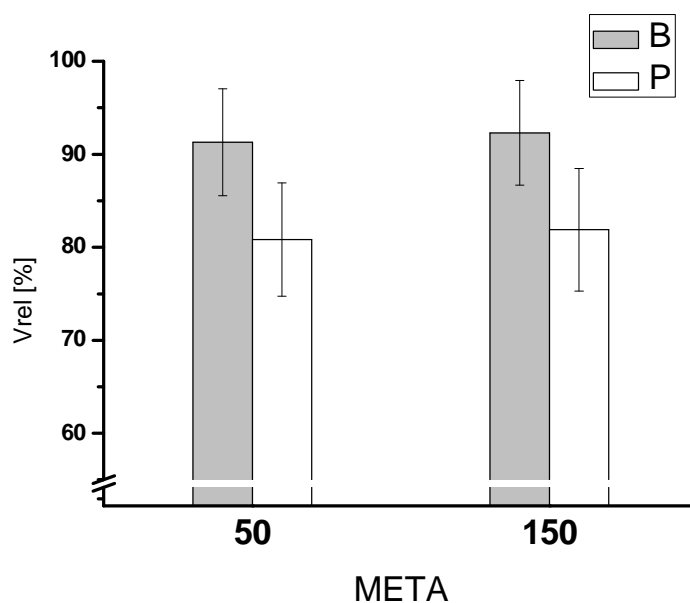
Na Slici 12. prikazane su prosječne vrijednosti sa standardnim devijacijama za varijablu *V* za različite modalitete faktora *instrukcija* (brzina i preciznost) i faktora *veličina mete* (50 i 150). ANOVA sa ponovljenim mjerenjima je pokazala da postoji značajan efekat *instrukcija* na varijablu *V* što se može uočiti u Tabeli 2. Kao što je i očekivano, post hoc analizom je utvrđeno da je značajno veća brzina ostvarena kod instrukcija za brzo izvođenje u poređenju sa instrukcijama za precizno izvođenje ($p=0,000$). Takođe, ANOVA je

pokazala da postoji određen trend da faktor *veličina mete* ima efekat na varijabilitet V . Trend promjena je u smjeru da se prilikom izvođenja udarca u metu manje veličine ostvaruje manja brzina udarca ($p=0,077$).



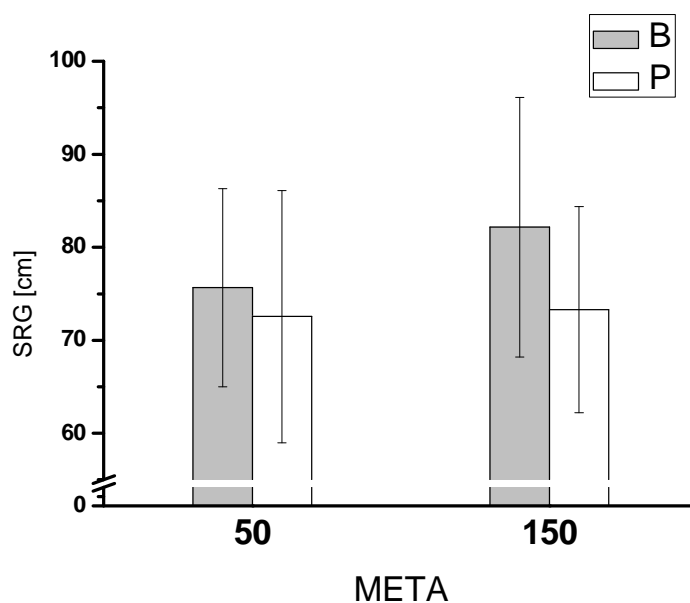
Slika 12. Prosječne vrijednosti sa standardnim devijacijama za varijablu V za različite modalitete faktora *instrukcija* (brzina-B i preciznost-P) i faktora *veličina mete* (50 i 150).

Slika 13. prikazuje prosječne vrijednosti sa standardnim devijacijama za varijablu V_{rel} za različite modalitete faktora *instrukcija* (brzina i preciznost) i faktora *veličina mete* (50 i 150). ANOVA sa ponovljenim mjerenjima pokazala je značajan efekat faktora *instrukcija* na V_{rel} (Tabela 2), gdje je primijećeno da su ispitanici kod instrukcije za brzinu ostvarili veće brzine izvođenja u poređenju sa instrukcijom za preciznost ($p=0,000$). Deskriptivnom analizom ove varijable primijećeno je da su prilikom izvođenja udarca ka metama manje veličine ostvarene manje relativne brzine izvođenja.



Slika 13. Prosječne vrijednosti sa standardnim devijacijama za varijablu *Vrel* za različite modalitete faktora *instrukcija* (brzina-B i preciznost-P) i faktora *veličina mete* (50 i 150).

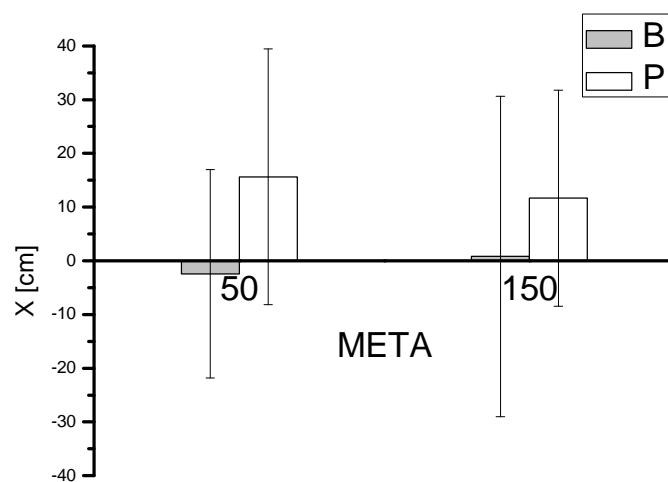
Prosječne vrijednosti sa standardnim devijacijama za varijablu *SRG* za različite modalitete faktora *instrukcija* (brzina i preciznost) i faktora *veličina mete* (50 i 150) prikazane su na Slici 14. ANOVA sa ponovljenim mjerenjima pokazala je da postoji određeni trend da faktor *veličina mete* ima efekat na varijabilitet *SRG* (Tabela 2). Primijećeno je se da su ispitanici prilikom izvođenja udarca ka meti manje veličine ispoljili manje vrijednosti *SRG*, tj. ostvarili su bolju preciznost pogodaka ($p=0,068$). Takođe, ANOVA sa ponovljenim mjerenjima je pokazala da postoji statistički značajan efekat faktora *instrukcija* na varijablu *SRG*. Post hoc analizom je utvrđeno da je značajno veća preciznost, izmjerena preko *SRG*, ostvarena kod instrukcije za preciznost u poređenju sa rezultatima *SRG* ostvarenih instrukcijom za brzinu ($p=0,007$).



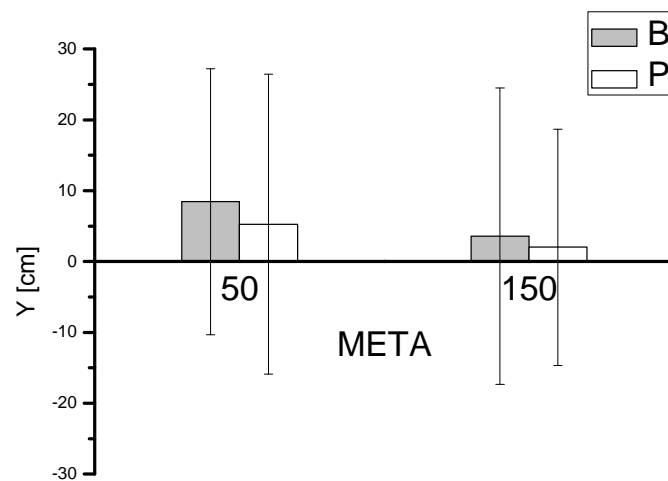
Slika 14. Prosječne vrijednosti sa standardnim devijacijama za varijablu *SRG* za različite modalitete faktora *instrukcija* (brzina-B i preciznost-P) i faktora *veličina mete* (50 i 150).

Slika 15. prikazuje prosječne vrijednosti sa standardnim devijacijama za varijablu *X* za različite modalitete faktora *instrukcija* (brzina i preciznost) i faktora *veličina mete* (50 i 150). ANOVA sa ponovljivim mjerenjima je pokazala da postoji statistički značajan efekat faktora *instrukcija* na varijablu *X* (Tabela 2), pa je post hoc analizom utvrđeno da su rezultati odstupanja po horizontali tj. po *x*-osi povećani instrukcijom za precizno izvođenje u poređenju sa ostvarenim rezultatima instrukcijom za brzo izvođenje ($p=0,002$).

Kod varijable *Y* nije uočen efekat faktora *instrukcija* i *veličina mete* (Tabela 2; Slika 16).

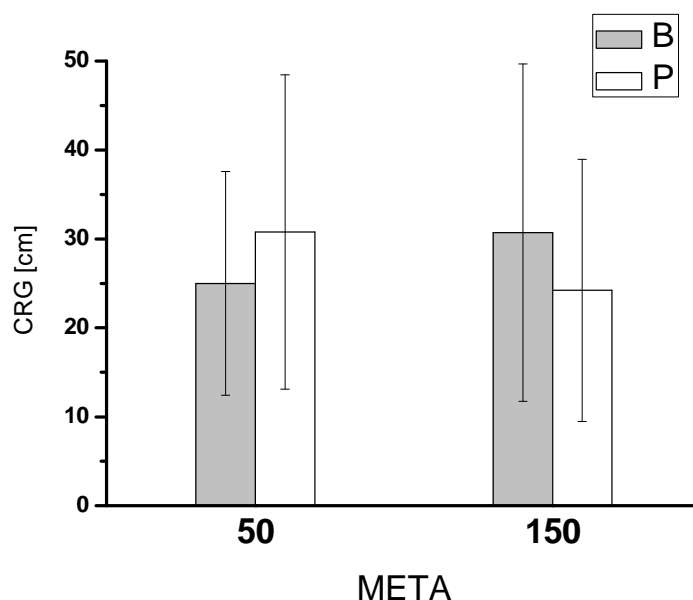


Slika 15. Prosječne vrijednosti sa standardnim devijacijama za varijablu X za različite modalitete faktora *instrukcija* (brzina-B i preciznost-P) i faktora *veličina mete* (50 i 150).



Slika 16. Prosječne vrijednosti sa standardnim devijacijama za varijablu Y za različite modalitete faktora *instrukcija* (brzina-B i preciznost-P) i faktora *veličina mete* (50 i 150).

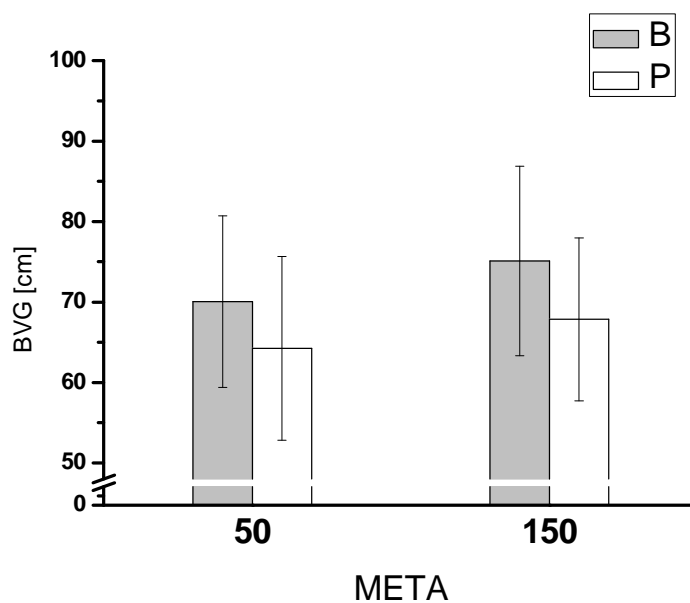
Prosječne vrijednosti sa standardnim devijacijama za varijablu *CRG* za različite modalitete faktora *instrukcija* (brzina i preciznost) i faktora *veličina mete* (50 i 150) prikazane su na Slici 17. ANOVA sa ponovljenim mjerenjem je pokazala značajan efekat interakcije faktora *veličina mete* i faktora *instrukcija* na varijablu *CRG* (Tabela 2). Post hok analizom je utvrđeno da je izvor interakcije u tome što su ispitanici imali tendenciju da mijenjaju *CRG* u zavisnosti od faktora *veličina mete* ($p=0,085$) samo pri izvođenju udaraca u kojima je primarni akcenat na preciznost, ali taj trend nije uočen kod udaraca gdje je primarni akcenat bio na brzini izvođenja. Tačnije, kod udaraca sa primarnim akcentom na preciznost izvođenja uočeno je da se sa povećanjem veličine mete smanjivala vrijednost varijable *CRG*.



Slika 17. Prosječne vrijednosti sa standardnim devijacijama za varijablu *CRG* za različite modalitete faktora *instrukcija* (brzina-B i preciznost-P) i faktora *veličina mete* (50 i 150).

Na Slici 18. prikazane su prosječne vrijednosti sa standardnim devijacijama za varijablu *BVG* za različite modalitete faktora *instrukcija* (brzina i preciznost) i faktora *veličina mete* (50 i 150). Kako je ANOVA sa ponovljenim mjerenjima pokazala da postoji značajan efekat faktora *meta* na varijablu *BVG* post hok analizom je utvrđeno da je značajno manja vrijednost *BVG*, tj. veća konzistentnost udaraca, ostvarena kod meta manje

veliĉine u poređenju sa udarcima u veće mete ($p=0,035$). Takođe, ANOVA sa ponovljenim mjerenjima je potvrdila da postoji statistiĉki znaĉajan efekat faktora *instrukcija* na varijablu *BVG* (Tabela 2). Post hoc analizom je utvrđeno da je davanje instrukcije ispitaniku da izvede udarac sa primarnim akcentom na preciznost uticalo na smanjenje vrijednosti *BVG*, tj. na povećanu konzistentnost udaraca, u poređenju sa udarcima gdje je primarni akcent bio na brzom izvođenju ($p=0,001$).



Slika 18. Prosječne vrijednosti sa standardnim devijacijama za varijablu *BVG* za različite modalitete faktora *instrukcija* (brzina-B i preciznost-P) i faktora *veliĉina mete* (50 i 150).

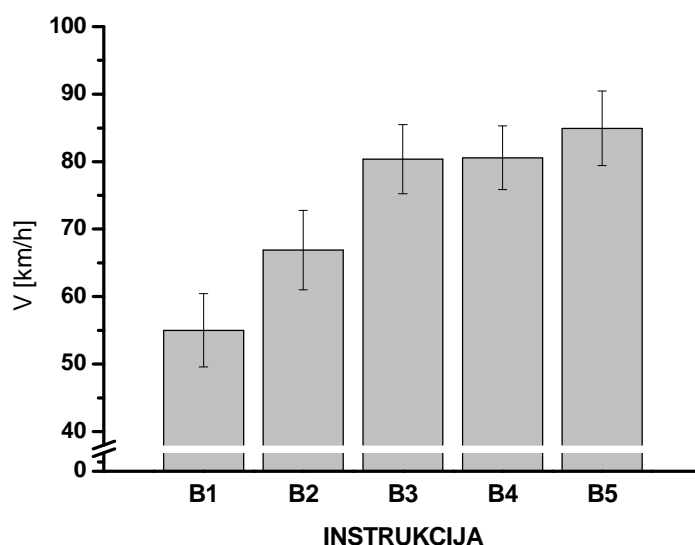
Tabela 2. Prikaz rezultata dvostrukih ANOVA za faktore *instrukcija* i *veličina mete*, kao i njihove interakcije (*meta* × *instrukcija*), na praćene variable.

	META		INSTRUKCIJA		META × INSTR	
V	$F_{(1,25)}$	3.403	$F_{(1,25)}$	128.791	$F_{(1,25)}$	0.037
	p	0.077	p	0.000	p	0.850
	ηp^2	0.120	ηp^2	0.837	ηp^2	0.001
	$1-\beta$	0.426	$1-\beta$	1.000	$1-\beta$	0.054
Vrel	$F_{(1,25)}$	1.804	$F_{(1,25)}$	129.775	$F_{(1,25)}$	0.001
	p	0.191	p	0.000	p	0.976
	ηp^2	0.067	ηp^2	0.838	ηp^2	0.000
	$1-\beta$	0.253	$1-\beta$	1.000	$1-\beta$	0.050
SRG	$F_{(1,25)}$	3.646	$F_{(1,25)}$	8.468	$F_{(1,25)}$	2.023
	p	0.068	p	0.007	p	0.167
	ηp^2	0.127	ηp^2	0.253	ηp^2	0.075
	$1-\beta$	0.451	$1-\beta$	0.799	$1-\beta$	0.277
X	$F_{(1,25)}$	0.008	$F_{(1,25)}$	11.540	$F_{(1,25)}$	0.600
	p	0.929	p	0.002	p	0.446
	ηp^2	0.000	ηp^2	0.316	ηp^2	0.023
	$1-\beta$	0.051	$1-\beta$	0.904	$1-\beta$	0.116
Y	$F_{(1,25)}$	2.856	$F_{(1,25)}$	0.425	$F_{(1,25)}$	0.063
	p	0.103	p	0.520	p	0.804
	ηp^2	0.103	ηp^2	0.017	ηp^2	0.003
	$1-\beta$	0.369	$1-\beta$	0.096	$1-\beta$	0.057
CRG	$F_{(1,25)}$	0.027	$F_{(1,25)}$	0.010	$F_{(1,25)}$	5.492
	p	0.870	p	0.922	p	0.027
	ηp^2	0.001	ηp^2	0.000	ηp^2	0.180
	$1-\beta$	0.053	$1-\beta$	0.051	$1-\beta$	0.615
BVG	$F_{(1,25)}$	5.000	$F_{(1,25)}$	14.630	$F_{(1,25)}$	0.158
	p	0.035	p	0.001	p	0.694
	ηp^2	0.167	ηp^2	0.369	ηp^2	0.006
	$1-\beta$	0.575	$1-\beta$	0.957	$1-\beta$	0.067

6.2. Eksperiment II: Efekat brzine izvođenja *instep* udarca na ostvarenu preciznost

Kako bi se odredio efekat brzine izvođenja na preciznost *instep* udarca rezultati su analizirani analizom varijanse sa ponovljenim mjerenjima (ANOVA). Ukoliko je ANOVA utvrdila značajan uticaj brzine izvođenja na neku od zavisnih varijabli izvedene su *Bonferroni* post hoc analize u cilju određivanja razlika između različitih brzina izvođenja.

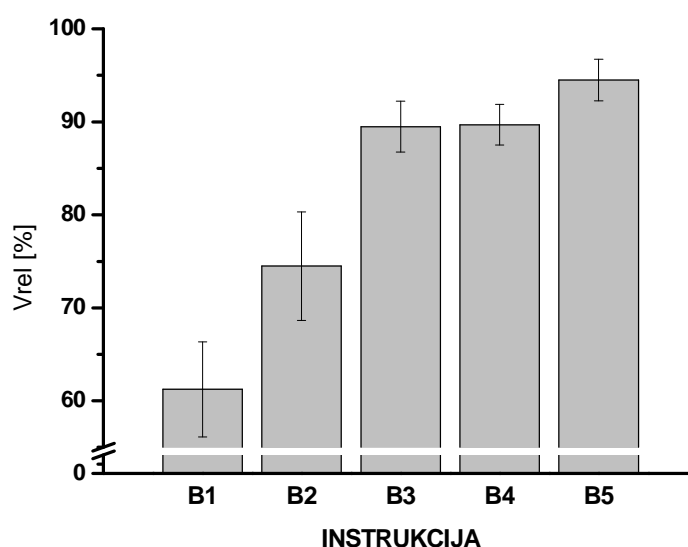
Prosječne vrijednosti sa standardnim devijacijama za varijablu V za različite modalitete faktora *instrukcija za gradiranje brzine* prikazane su na Slici 19. Rezultati ANOVE sa ponovljenim mjerenjima ukazali su da postoji značajan efekat instrukcije za brzinu na varijablu V (Tabela 3). Post hoc analizom je pokazano da između svakog nivoa brzine izvođenja postoji značajna razlika ($p \leq 0,002$), osim između instrukcija $B3$ i $B4$, kod kojih nije primijećena razlika u vrijednostima V ($p = 1,000$).



Slika 19. Prosječne vrijednosti sa standardnim devijacijama za varijablu V za različite modalitete faktora *instrukcija za gradiranje brzine*. Oznake $B1$ do $B5$ predstavljaju različite nivoe *instrukcija za gradiranje brzine*, od najsporijeg ($B1$) ka najbržem ($B5$) izvođenju šuta.

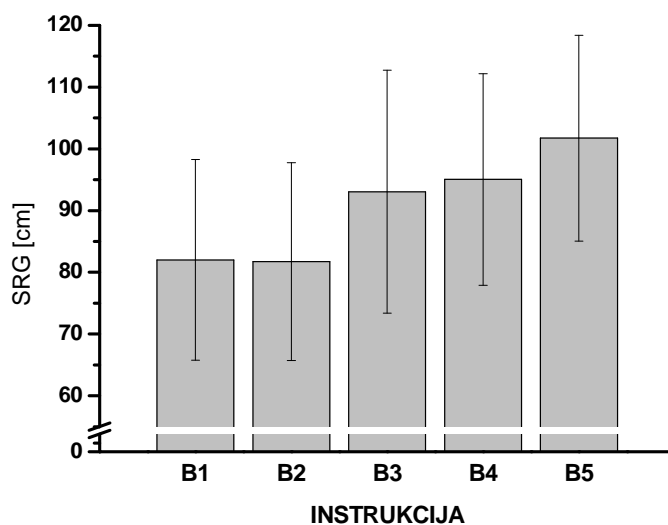
Prosječne vrijednosti sa standardnim devijacijama za varijablu V_{rel} za različite modalitete faktora *instrukcija za gradiranje brzine* prikazane su na Slici 20. Rezultati

ANOVA sa ponovljenim mjerenjima ukazali su da postoji značajan efekat instrukcije za brzinu na varijablu *Vrel* (Tabela 3). Post hoc analizom je utvrđeno da između svakog modaliteta faktora *instrukcija za gradiranje brzine* izvođenja postoji značajna razlika ($p \leq 0,002$), osim između *instrukcija B3* i *B4*, kod kojih nije primijećena razlika u vrijednostima *Vrel* ($p=1,000$).

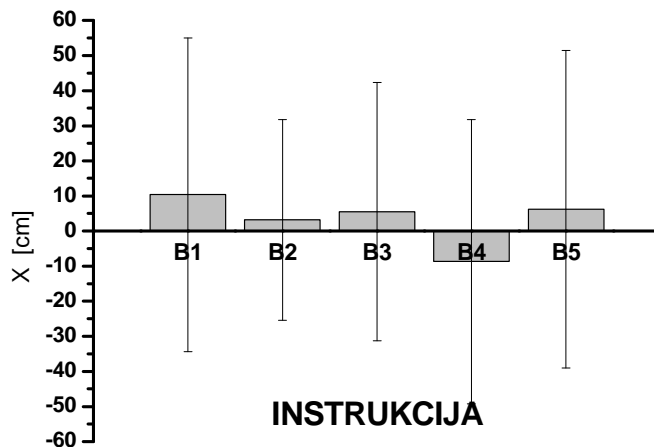


Slika 20. Prosječne vrijednosti sa standardnim devijacijama za varijablu *Vrel* za različite nivoe faktora *instrukcija za gradiranje brzine*. Oznake *B1* do *B5* predstavljaju različite nivoe *instrukcija za gradiranje brzine*, od najsporijeg (*B1*) ka najbržem (*B5*) izvođenju šuta.

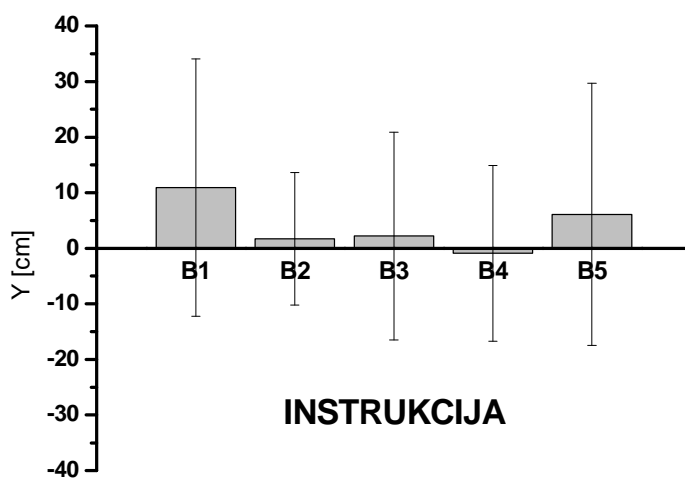
Na Slici 21. prikazane su prosječne vrijednosti sa standardnim devijacijama za varijablu *SRG* za različite nivoe faktora *instrukcija za gradiranje brzine*. Rezultatima ANOVA sa ponovljenim mjerenjem utvrđeno je da je *SRG* pod uticajem faktora *instrukcije za gradiranje brzine* (Tabela 3). Post hoc analizom utvrđeno je da postoji tendencija ka značajnoj razlici u rezultatima varijable *SRG*, kod instrukcije *B5* u poređenju sa instrukcijama *B1* i *B2*, gdje su značajno veće greške ostvarene kod instrukcije *B5* ($p=0,075$ i $p=0,068$). Između drugih modaliteta *instrukcija za gradiranje brzine* nije bilo značajnih razlika kada je u pitanju varijabla *SRG*.



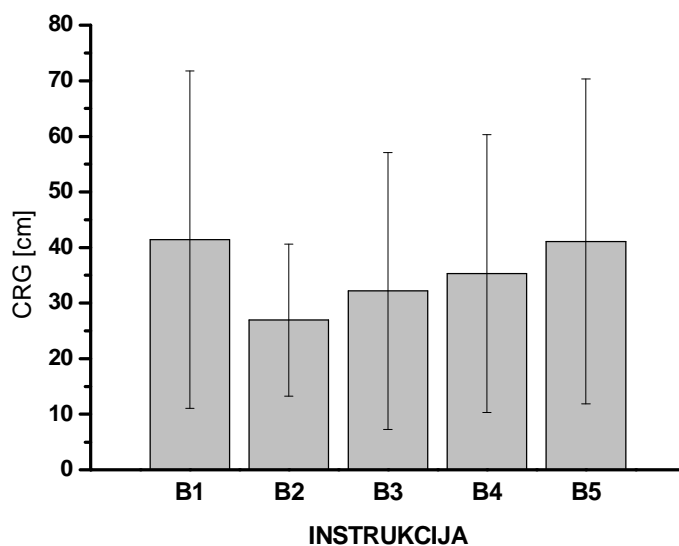
Slika 21. Prosječne vrijednosti sa standardnim devijacijama za varijablu *SRG* za različite nivoe faktora *instrukcija za gradiranje brzine*. Oznake *B1* do *B5* predstavljaju različite nivoe *instrukcija za gradiranje brzine*, od najsporijeg (*B1*) ka najbržem (*B5*) izvođenju šuta.



Slika 22. Prosječne vrijednosti sa standardnim devijacijama za varijablu *X* za različite nivoe faktora *instrukcija za gradiranje brzine*. Oznake *B1* do *B5* predstavljaju različite nivoe *instrukcija za gradiranje brzine*, od najsporijeg (*B1*) ka najbržem (*B5*) izvođenju šuta.



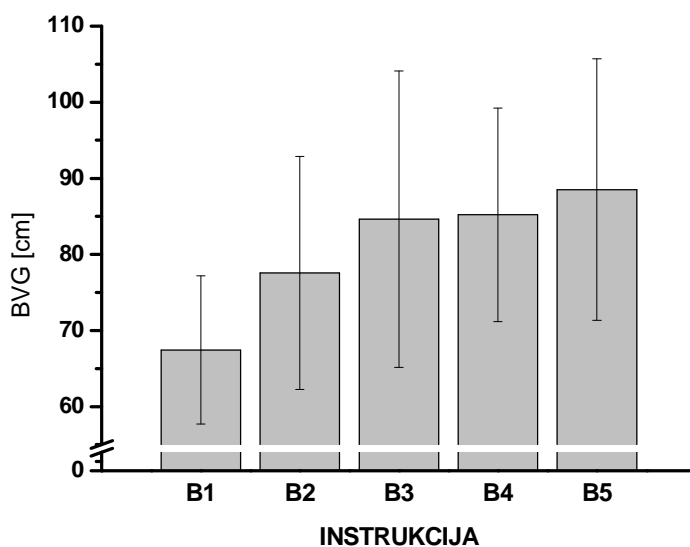
Slika 23. Prosječne vrijednosti sa standardnim devijacijama za varijablu Y za različite nivoe faktora instrukcija za gradiranje brzine. Oznake B1 do B5 predstavljaju različite nivoe instrukcija za gradiranje brzine, od najsporijeg (B1) ka najbržem (B5) izvođenju šuta.



Slika 24. Prosječne vrijednosti sa standardnim devijacijama za varijablu CRG za različite nivoe faktora instrukcija za gradiranje brzine. Oznake B1 do B5 predstavljaju različite nivoe instrukcija za gradiranje brzine, od najsporijeg (B1) ka najbržem (B5) izvođenju šuta.

Rezultati ANOVE sa ponovljenim mjerenjima su pokazali da ne postoji značajan efekat instrukcije za gradiranje brzine na varijable X , Y , i CRG (Tabela 3, Slike 22-24).

Slika 25. prikazuje prosječne vrijednosti sa standardnim devijacijama za varijablu BVG za različite nivoe faktora *instrukcija za gradiranje brzine*. Rezultati ANOVE sa ponovljenim mjerenjima su ukazali da postoji statistički značajan efekat brzine izvođenja na vrijednosti varijable BVG (Tabela 3). Post hoc analizom je utvrđeno da je BVG značajno manja kod instrukcije $B1$ u poređenju sa instrukcijama $B3$, $B4$ i $B5$ ($p \leq 0,05$), dok između ostalih modaliteta *instrukcija za gradiranje brzine* nijesu utvrđene razlike.



Slika 25. Prosječne vrijednosti sa standardnim devijacijama za varijablu BVG za različite nivoe faktora *instrukcija za gradiranje brzine*. Oznake $B1$ do $B5$ predstavljaju različite nivoe *instrukcija za gradiranje brzine*, od najsporijeg ($B1$) ka najbržem ($B5$) izvođenju šuta.

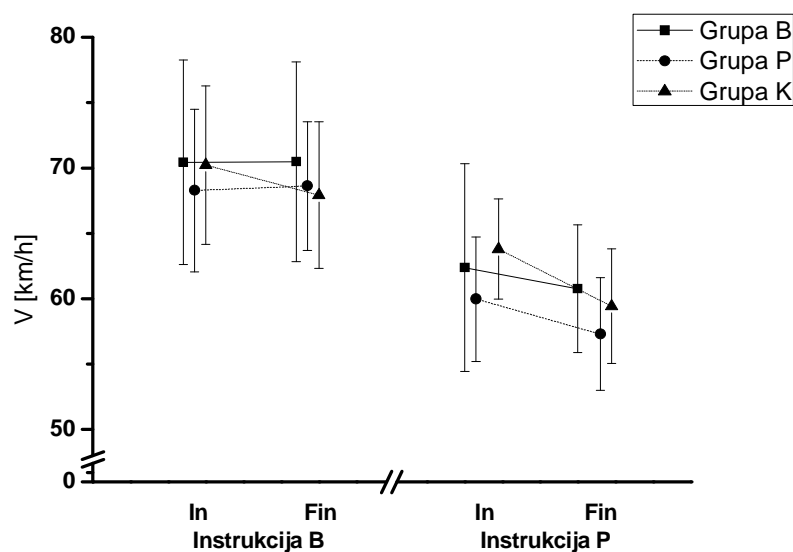
Tabela 3. Prikaz rezultata ANOVA analize za ispitivanje faktora *instrukcija za gradiranje brzine* na praćene variable

	V	Vrel	SRG	X	Y	CRG	BVG
	$F_{(2,133, 25.356)}$ 197.724	$F_{(2,206, 26.471)}$ 216.059	$F_{(4, 48)}$ 3.697	$F_{(4, 48)}$ 0.575	$F_{(4, 48)}$ 0.898	$F_{(4, 48)}$ 0.823	$F_{(4, 48)}$ 3.809
<i>p</i>	0.000	<i>p</i> 0.000	<i>p</i> 0.011	<i>p</i> 0.682	<i>p</i> 0.473	<i>p</i> 0.517	<i>p</i> 0.009
<i>ηp2</i>	0.943	<i>ηp2</i> 0.947	<i>ηp2</i> 0.236	<i>ηp2</i> 0.046	<i>ηp2</i> 0.070	<i>ηp2</i> 0.064	<i>ηp2</i> 0.241
<i>1-β</i>	1.000	<i>1-β</i> 1.000	<i>1-β</i> 0.849	<i>1-β</i> 0.178	<i>1-β</i> 0.264	<i>1-β</i> 0.243	<i>1-β</i> 0.861

6.3. Eksperiment III: Efekti specifične trenažne obuke za razvoj brzine i za razvoj preciznosti *instep* udarca na brzinu i preciznost izvođenja

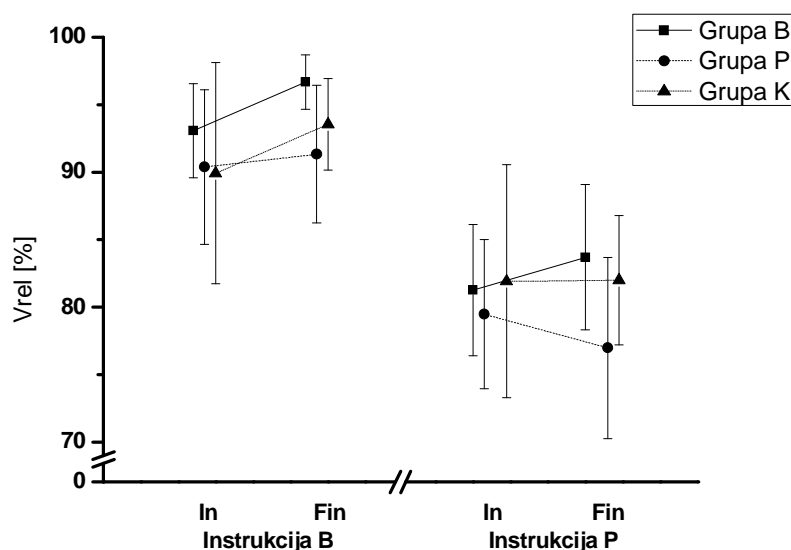
Trostruka ANOVA sa ponovljenim mjerenjima koja je uključila faktor *test* (inicijalno i finalno testiranje), faktor *grupa* (grupa koja je uvježbavala brzinu, zatim grupa za preciznost i kontrolna grupa) i faktor *instrukcija* (instrukcija sa akcentom na brzinu i sa akcentom na preciznost šuta) korišćena je za analizu uticaja različitih trenažnih programa na varijable izvođenja *instep* udarca. Ukoliko je ANOVA pokazala značajan uticaj nekog od faktora izvedene su *Bonferroni* post hoc analize u cilju određivanja razlika između različitih nivoa unutar jednog faktora. Takođe, ukoliko je ANOVA pokazala značajan uticaj interakcije faktora na neku od praćenih varijabli, pristupilo se analizi jednostavnih uticaja u okviru kojeg je analiziran uticaj jednog faktora za svaki nivo drugog faktora posebno.

Na Slici 26. prikazane su prosječne vrijednosti sa standardnim devijacijama za varijablu *V* za različite modalitete faktora *instrukcija* (brzina i preciznost), faktora *grupa* (grupa za brzinu, grupa za preciznost i kontrolna grupa) i faktora *test* (inicijalno i finalno). Rezultati trostruke ANOVE sa ponovljenim mjerenjima pokazuju da postoji značajan efekat faktora *test* i faktora *instrukcijana* varijablu *V*, kao i značajan efekat interakcije ova dva faktora (*test*×*instrukcija*) (Tabela 4). Post hoc analizom utvrđeno je da su se vrijednosti *V* u finalnom mjerenju značajno smanjile u poređenju sa inicijalnim ($p=0,000$), kao i da su se vrijednosti *V* pri instrukciji za preciznost značajno smanjile u poređenju sa instrukcijom za brzinu ($p=0,000$). Kako je dobijen efekat interakcije faktora *test*×*instrukcija*, i kako bi se utvrdio izvor te interakcije, urađena je analiza jednostavnih uticaja faktora *test* za svaki modalitet faktora *instrukcija*, kao i obrnuto. Rezultati su pokazali da je izvor interakcije u tome da je razlika između inicijalnog i finalnog mjerenja kod varijable *V* postojala samo pri izvođenju udaraca sa instrukcijom za preciznost ($p=0,010$), ali ne i kada su se udarci izvodili sa primarnim akcentom na veliku brzinu.



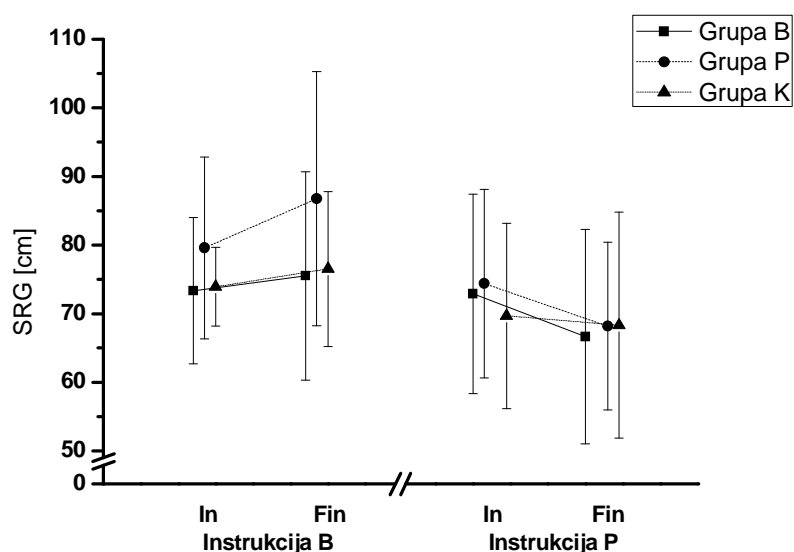
Slika 26. Prikazane su prosječne vrijednosti sa standardnim devijacijama za varijablu V za različite modalitete faktora *instrukcija* (brzina - B i preciznost - P), faktora *grupa* (grupa za razvoj brzine - B , grupa za razvoj preciznosti - P i kontrolna grupa - K) i faktora *test* (inicijalno - In i finalno - Fin).

Slika 27. prikazuje prosječne vrijednosti sa standardnim devijacijama za varijablu V_{rel} za različite modalitete faktora *instrukcija* (brzina i preciznost), faktora *grupa* (grupa za brzinu, preciznost i kontrolna grupa) i faktora *test* (inicijalno i finalno). Trostruka ANOVA analiza sa ponovljenim mjerenjima pokazuje značajan efekat faktora *instrukcija* na varijabilitet V_{rel} (Tabela 4). Očekivano, dobijene su veće vrijednosti varijable V_{rel} kod instrukcije za brzinu u poređenju sa instrukcijama za preciznost ($p=0,000$).



Slika 27. Prosječne vrijednosti sa standardnim devijacijama za varijablu *Vrel* za različite modalitete faktora *instrukcija* (brzina - *B* i preciznost - *P*), faktora *grupa* (grupa za razvoj brzine - *B*, grupa za razvoj preciznosti - *P* i kontrolna grupa - *K*) i faktora *test* (inicijalno - *In* i finalno - *Fin*).

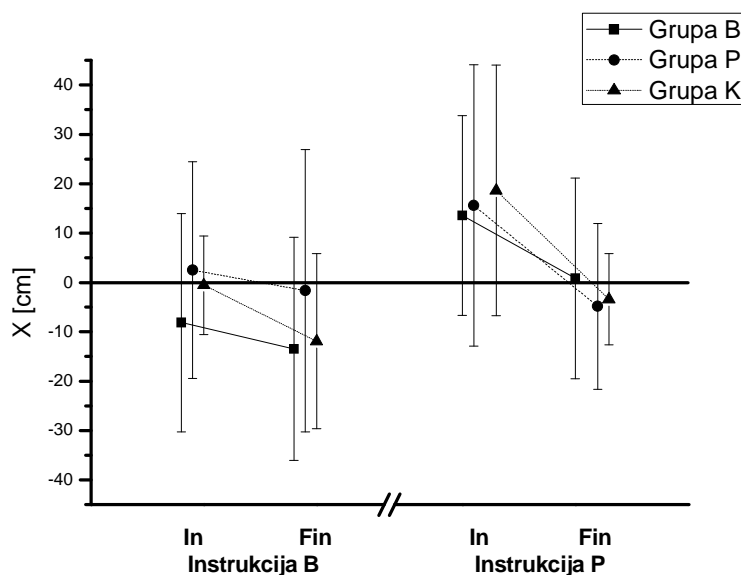
Prosječne vrijednosti sa standardnim devijacijama za varijablu *SRG* za različite modalitete faktora *instrukcija* (brzina i preciznost), faktora *grupa* (grupa za brzinu, preciznost i kontrolna grupa) i faktora *test* (inicijalno i finalno) prikazane su na Slici 28. Rezultati trostruke ANOVE sa ponovljenim mjerenjima su pokazali da postoji značajan efekat faktora *instrukcijana* varijablu *SRG*, kao i značajan efekat interakcije faktora *test*×*instrukcija* (Tabela 4). Post hok analizom utvrđeno je da su se vrijednosti *SRG* pri izvođenju udarca sa akcentom na brzinu povećale u poređenju sa izvođenjem udarca sa akcentom na preciznost ($p=0,001$). Kako je dobijen efekat interakcije faktora *test*×*instrukcija*, urađena je analiza jednostavnih uticaja faktora *test* za svaki modalitet faktora *instrukcija*, kao i obrnuto. Rezultati post hok analize su pokazali da je izvor interakcije u tome da je veća vrijednost za varijablu *SRG* ostvarena kod instrukcije gdje je akcenat na velikoj brzini izvođenja udarca, u poređenju sa instrukcijom gdje je akcenat na preciznosti, s tim što je ta razlika uočena samo pri finalnom mjerenju ($p=0,001$), ali ne i na inicijalnom mjerenju ($p=0,242$).



Slika 28. Prosječne vrijednosti sa standardnim devijacijama za varijablu *SRG* za različite modalitete faktora *instrukcija* (brzina - *B* i preciznost - *P*), faktora *grupa* (grupa za razvoj brzine - *B*, grupa za razvoj preciznosti - *P* i kontrolna grupa - *K*) i faktora *test* (inicijalno - *In* i finalno - *Fin*).

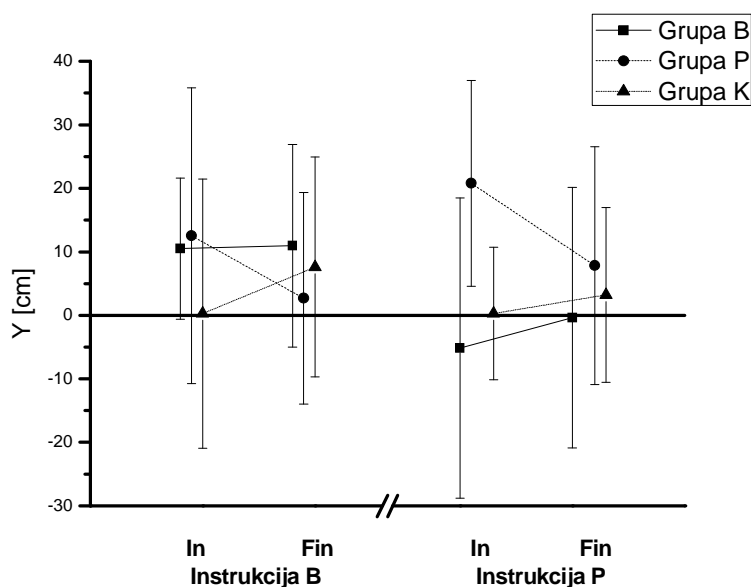
Slika 29. prikazuje prosječne vrijednosti sa standardnim devijacijama za varijablu *X* za različite modalitete faktora *instrukcija* (brzina i preciznost), faktora *grupa* (grupa za brzinu, preciznost i kontrolna grupa) i faktora *test* (inicijalno i finalno). Rezultati trostruke ANOVE sa ponovljenim mjerenjima pokazuju da postoji značajan efekat faktora *test* i faktora *instrukcija* na varijablu *X*, kao i značajan efekat interakcije ova dva faktora (*test*×*instrukcija*) (Tabela 4). Post hoc analizom utvrđeno je da su se vrijednosti *X* u finalnom mjerenju značajno smanjile u poređenju sa inicijalnim, tj. pogoci su pomjereni u lijevo (ka negativnim vrijednostima *x*-ose) (Slika 29). Kada su u pitanju instrukcije, pokazano je da su se pri instrukciji za preciznost vrijednosti *X* značajno povećale, tj. da su pogoci pomjereni u desno, ka pozitivnim vrijednostima *x*-ose (Slika 29) u poređenju sa instrukcijom za brzinu. Kako je dobijen efekat interakcije faktora *test*×*instrukcija*, i kako bi se utvrdio izvor interakcije, urađena je analiza jednostavnih uticaja faktora *test* za svaki modalitet faktora *instrukcija*, kao i obrnuto. Rezultati su pokazali da je izvor interakcije u tome da je razlika između inicijalnog i finalnog mjerenja u *X* postojala samo pri izvođenju

udaraca sa instrukcijom za preciznost ($p=0,000$), ali ne i kod instrukcije za brzinu ($p=0,199$). Takođe, razlike u rezultatima X između različitih instrukcija su postojale samo kod inicijalnog mjerenja ($p=0,002$), ali ne i kod finalnog ($p=0,232$).



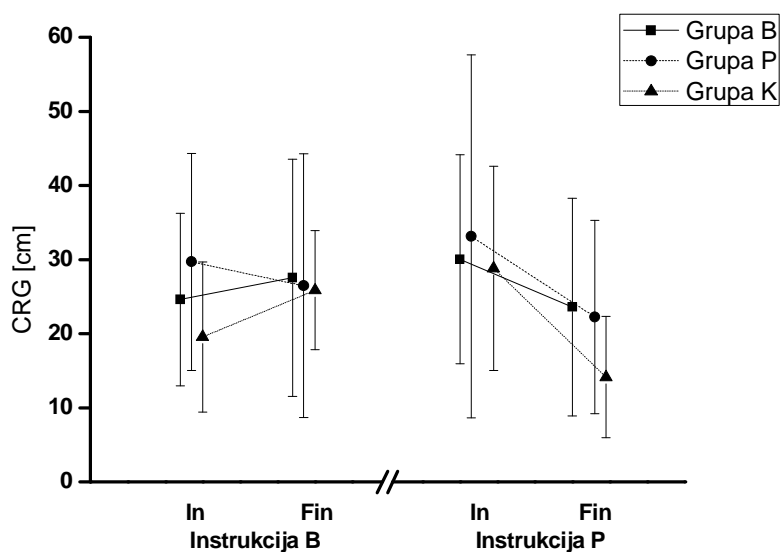
Slika 29. Prosječne vrijednosti sa standardnim devijacijama za varijablu X za različite modalitete faktora *instrukcija* (brzina - B i preciznost - P), faktora *grupa* (grupa za razvoj brzine - B , grupa za razvoj preciznosti - P i kontrolna grupa - K) i faktora *test* (inicijalno - In i finalno - Fin).

Slika 30. prikazuje prosječne vrijednosti sa standardnim devijacijama za varijablu Y za različite modalitete faktora *instrukcija* (brzina i preciznost), faktora *grupa* (grupa za brzinu, preciznost i kontrolna grupa) i faktora *test* (inicijalno i finalno). Rezultati trostruke ANOVE sa ponovljenim mjerenjima pokazuju da postoji značajan efekat interakcije faktora *grupa* × *instrukcija* (Tabela 4) na varijablu Y . Post hoc analizom utvrđeno je da pri izvođenju udarca sa instrukcijom za preciznost postoji značajna razlika između trenažne grupe za preciznost i trenažne grupe za brzinu, gdje je veće vrijednosti, tj. tendenciju ka višim udarcima po vertikali, imala grupa za preciznost ($p=0,050$). Takođe, jedan od izvora interakcije faktora *grupa* × *instrukcija* je taj što je razlika u Y između različitih instrukcija postojala samo kod grupe za brzinu ($p=0,001$).



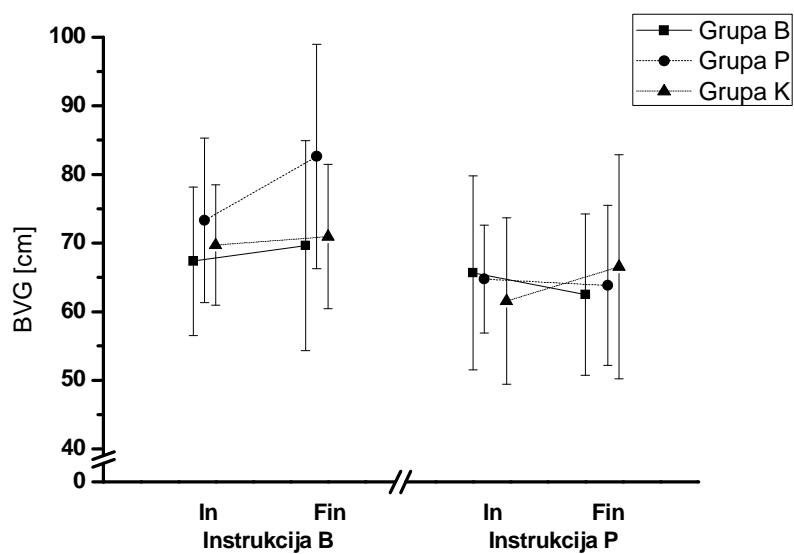
Slika 30. Prosječne vrijednosti sa standardnim devijacijama za varijablu Y za različite modalitete faktora *instrukcija* (brzina - B i preciznost - P), faktora *grupa* (grupa za razvoj brzine - B , grupa za razvoj preciznosti - P i kontrolna grupa - K) i faktora *test* (inicijalno - In i finalno - Fin).

Prosječne vrijednosti sa standardnim devijacijama za varijablu CRG za različite modalitete faktora *instrukcija* (brzina i preciznost), faktora *grupa* (grupa za brzinu, preciznost i kontrolna grupa) i faktora *test* (inicijalno i finalno) prikazane su na Slici 31. Rezultati trostruke ANOVE sa ponovljenim mjerenjima pokazuju da postoji značajan efekat interakcije faktora $test \times instrukcija$ (Tabela 4) na varijablu CRG . Kako je dobijen efekat interakcije faktora $test \times instrukcija$, urađena je analiza jednostavnih uticaja faktora *test* za svaki modalitet faktora *instrukcija*, kao i obrnuto. Rezultati su pokazali da je izvor interakcije u tome da je manja vrijednost za CRG ostvarena u finalnom mjerenju samo pri izvođenju udaraca sa instrukcijom za preciznost ($p=0,049$), ali da ta razlika nije uočena pri izvođenju udaraca sa instrukcijom za brzinu ($p=0,584$).



Slika 31. Prosječne vrijednosti sa standardnim devijacijama za varijablu *CRG* za različite modalitete faktora *instrukcija* (brzina - *B* i preciznost - *P*), faktora *grupa* (grupa za razvoj brzine - *B*, grupa za razvoj preciznosti - *P* i kontrolna grupa - *K*) i faktora *test* (inicijalno - *In* i finalno - *Fin*).

Na Slici 32. prikazane su prosječne vrijednosti sa standardnim devijacijama za varijablu *BVG* za različite modalitete faktora *instrukcija* (brzina i preciznost), faktora *grupa* (grupa za brzinu, preciznost i kontrolna grupa) i faktora *test* (inicijalno i finalno). Trostruka ANOVA analiza sa ponovljenim mjerenjima pokazuje značajan efekat faktora *instrukcija* na varijabilitet *BVG* (Tabela 4). Rezultati pokazuju značajno veće vrijednosti za *BVG* kod instrukcije za brzinu u poređenju sa instrukcijama za preciznost ($p=0,000$).



Slika 32. Prosječne vrijednosti sa standardnim devijacijama za varijablu *BVG* za različite modalitete faktora *instrukcija* (brzina - *B* i preciznost - *P*), faktora *grupa* (grupa za razvoj brzine - *B*, grupa za razvoj preciznosti - *P* i kontrolna grupa - *K*) i faktora *test* (inicijalno - *In* i finalno - *Fin*).

Tabela 4. Prikaz rezultata trostruke ANOVA za faktore *test*, *instrukcija* i *grupa*, i njihove interakcije (*test*×*instrukcija*×*grupa*) na praćene varijable.

	TEST		INS		GROUP		TEST x INS		TEST x GROUP		INST x GROUP		TEST x INS x GRP	
V	$F_{(1,23)}$	6.555	$F_{(1,23)}$	134.074	$F_{(2,23)}$	0.547	$F_{(1,23)}$	5.168	$F_{(2,23)}$	1.205	$F_{(2,23)}$	0.765	$F_{(2,23)}$	0.182
	p	0.017	p	0.000	p	0.586	p	0.033	p	0.318	p	0.477	p	0.835
	ηp^2	0.222	ηp^2	0.854	ηp^2	0.045	ηp^2	0.183	ηp^2	0.095	ηp^2	0.062	ηp^2	0.016
	$1-\beta$	0.689	$1-\beta$	1.000	$1-\beta$	0.129	$1-\beta$	0.586	$1-\beta$	0.237	$1-\beta$	0.164	$1-\beta$	0.075
Vrel	$F_{(1,23)}$	1.840	$F_{(1,23)}$	160.833	$F_{(2,23)}$	2.652	$F_{(1,23)}$	4.124	$F_{(2,23)}$	1.371	$F_{(2,23)}$	0.897	$F_{(2,23)}$	0.362
	p	0.188	p	0.000	p	0.092	p	0.054	p	0.274	p	0.422	p	0.700
	ηp^2	0.074	ηp^2	0.875	ηp^2	0.187	ηp^2	0.152	ηp^2	0.106	ηp^2	0.072	ηp^2	0.030
	$1-\beta$	0.255	$1-\beta$	1.000	$1-\beta$	0.474	$1-\beta$	0.494	$1-\beta$	0.265	$1-\beta$	0.185	$1-\beta$	0.101
SRG	$F_{(1,23)}$	0.014	$F_{(1,23)}$	13.452	$F_{(2,23)}$	0.792	$F_{(1,23)}$	4.678	$F_{(2,23)}$	0.121	$F_{(2,23)}$	1.222	$F_{(2,23)}$	0.440
	p	0.907	p	0.001	p	0.465	p	0.041	p	0.887	p	0.313	p	0.649
	ηp^2	0.001	ηp^2	0.369	ηp^2	0.064	ηp^2	0.169	ηp^2	0.010	ηp^2	0.096	ηp^2	0.037
	$1-\beta$	0.051	$1-\beta$	0.940	$1-\beta$	0.168	$1-\beta$	0.545	$1-\beta$	0.066	$1-\beta$	0.240	$1-\beta$	0.113
X	$F_{(1,23)}$	9.085	$F_{(1,23)}$	6.927	$F_{(2,23)}$	0.308	$F_{(1,23)}$	5.280	$F_{(2,23)}$	0.270	$F_{(2,23)}$	0.747	$F_{(2,23)}$	0.296
	p	0.006	p	0.015	p	0.738	p	0.031	p	0.766	p	0.485	p	0.747
	ηp^2	0.283	ηp^2	0.231	ηp^2	0.026	ηp^2	0.187	ηp^2	0.023	ηp^2	0.061	ηp^2	0.025
	$1-\beta$	0.823	$1-\beta$	0.713	$1-\beta$	0.093	$1-\beta$	0.595	$1-\beta$	0.088	$1-\beta$	0.161	$1-\beta$	0.091
Y	$F_{(1,23)}$	0.094	$F_{(1,23)}$	1.641	$F_{(2,23)}$	1.260	$F_{(1,23)}$	0.030	$F_{(2,23)}$	1.700	$F_{(2,23)}$	6.992	$F_{(2,23)}$	0.209
	p	0.762	p	0.213	p	0.303	p	0.864	p	0.205	p	0.004	p	0.813
	ηp^2	0.004	ηp^2	0.067	ηp^2	0.099	ηp^2	0.001	ηp^2	0.129	ηp^2	0.378	ηp^2	0.018
	$1-\beta$	0.060	$1-\beta$	0.233	$1-\beta$	0.246	$1-\beta$	0.053	$1-\beta$	0.320	$1-\beta$	0.889	$1-\beta$	0.079
CRG	$F_{(1,23)}$	1.364	$F_{(1,23)}$	0.012	$F_{(2,23)}$	1.439	$F_{(1,23)}$	6.718	$F_{(2,23)}$	0.191	$F_{(2,23)}$	0.046	$F_{(2,23)}$	0.663
	p	0.255	p	0.914	p	0.258	p	0.016	p	0.827	p	0.955	p	0.525
	ηp^2	0.056	ηp^2	0.001	ηp^2	0.111	ηp^2	0.226	ηp^2	0.016	ηp^2	0.004	ηp^2	0.055
	$1-\beta$	0.201	$1-\beta$	0.051	$1-\beta$	0.276	$1-\beta$	0.699	$1-\beta$	0.076	$1-\beta$	0.056	$1-\beta$	0.148
BVG	$F_{(1,23)}$	0.871	$F_{(1,23)}$	17.622	$F_{(2,23)}$	0.775	$F_{(1,23)}$	1.272	$F_{(2,23)}$	0.368	$F_{(2,23)}$	2.302	$F_{(2,23)}$	1.226
	p	0.360	p	0.000	p	0.472	p	0.271	p	0.696	p	0.123	p	0.312
	ηp^2	0.037	ηp^2	0.434	ηp^2	0.063	ηp^2	0.052	ηp^2	0.031	ηp^2	0.167	ηp^2	0.096
	$1-\beta$	0.146	$1-\beta$	0.980	$1-\beta$	0.166	$1-\beta$	0.191	$1-\beta$	0.102	$1-\beta$	0.419	$1-\beta$	0.240

7. DISKUSIJA

Problem istraživanja u okviru ove doktorske disertacije predstavlja ispitivanje odnosa brzine izvođenja i ostvarene preciznosti šutnute lopte pri različitim modalitetima izvođenja jednog od najzastupljenijih tehničkih elemenata u fudbalu – *instep* udarca. Postavljeni problem ispitivan je na osnovu realizovana tri eksperimenta, gdje je u okviru prva dva eksperimenta korišćen transverzalni model, a za treći longitudinalni model istraživanja. U okviru poglavlja Diskusija interpretirali su se dobijeni rezultati sprovedenih eksperimenata za svaki eksperiment posebno. Analiza rezultata je podijeljena po oblastima koja odgovaraju sprovedenim eksperimentalnim cjelinama. Na taj način izdvojile su se podoblasti u okviru kojih su diskutovani: a) Efekti *instrukcije* i *veličine mete* na brzinu i preciznost *instep* udarca; b) Efekat brzine izvođenja *instep* udarca na ostvarenu preciznost; c) Efekti specifične trenažne obuke za razvoj brzine i za razvoj preciznosti *instep* udarca na brzinu i preciznost izvođenja. Za svaku podoblast posebno, u prvom dijelu diskusije, navedeni su i analizirani osnovni ciljevi izvedenog eksperimenta, gde su sagledani u kontekstu postavljenih hipoteza. U glavnom dijelu diskusije navedeni su najvažniji nalazi dobijeni u istraživanju koji su komentarisani u odnosu na nalaze prethodnih istraživanja, dok su na kraju navedene limitacije istraživanja, kao i praktične implikacije dobijenih rezultata.

7.1. Eksperiment I: Efekti instrukcije i veličine mete na brzinu i preciznost *instep* udarca

Osnovni cilj ovog eksperimenta je bio da se utvrdi efekat faktora *veličina mete* i faktora *instrukcija* na ispoljavanje brzine i preciznosti izvedenog *instep* udarca. Analizom dosadašnjih istraživanja i pregledom literature definisani su očekivani rezultati na osnovu kojih su postavljene hipoteze istraživanja. Shodno osnovnim teorijskim zakonitostima odnosa brzine i preciznosti, kao i analiziranim rezultatima dosadašnjih eksperimenata, očekivano je da će faktori *veličina mete* i *instrukcija* na različit način uticati na ispoljavanje preciznosti i brzine izvedenog udarca. Za procjenu brzine izvođenja udarca analizirane su

varijable srednja brzina leta lopte (V) i relativna brzina leta lopte (V_{rel}), dok je preciznost izvođenja, kao motorička sposobnost, procijenjena preko preciznosti, konzistentnosti i odstupanja. Preciznost je procijenjena preko srednje radijalne greške (SRG), konzistentnost preko bivarijantne varijabilne greške (BVG), a odstupanje preko centroidne radijalne greške (CRG). U dodatku analize CRG , kao mjere odstupanja u dvodimenzionalnom sistemu, izvedene su i varijable odstupanja po horizontalnoj (X) i vertikalnoj (Y) osi. Na osnovu postavljenih hipoteza očekivan je značajan efekat faktora *veličina mete* i faktora *instrukcija* na brzinu izvođenja i ispoljenu preciznost šutnute lopte. U daljem tekstu diskusija rezultata je razvrstana u grupu rezultata koji odvojeno opisuju efekat faktora *veličina mete* i grupu rezultata koji opisuju efekat faktora *instrukcija* na varijable brzine i preciznosti.

7.1.1. Efekat faktora veličina mete na brzinu i preciznost instep udarca

Jedna od najopštijih napomena u vezi sa rezultatom ovog eksperimenta je da faktor *instrukcija* u većoj mjeri utiče na varijable brzine i preciznosti u poređenju sa faktorom *veličina mete*. Faktor *instrukcija* utiče na varijable brzine (V , V_{rel}) i većinu varijabli preciznosti (SRG , X i BVG), dok je faktor *veličina mete* imao efekat samo na varijablu preko koje se ispituje konzistentnost pogodaka (BVG), kao i potencijalni trend efekata na varijablu brzine izvođenja (V) ($p=0.077$). Kada je u pitanju varijabla V , ostvarene srednje brzine od 69,63 km/h i 61,92 km/h za manju metu dimenzija 50×50 cm, kao i nešto veće brzine od 70,63 km/h i 62,71 km/h za metu većih dimenzija 150×150 cm, pokazuju postojanje određenih razlika u srednjim brzinama pri izvođenju udaraca u mete različitih veličina. Saglasno teoriji *Fitsovog* zakona prema kojoj je trajanje pokreta definisano logaritmom dužine pokreta, odnosno da je trajanje pokreta uvećavano sa logaritmom preciznosti koji je obrnuto proporcionalan širini mete, dobijeni rezultat koji ukazuje da je pri gađanju veće mete ostvarena nešto veća brzina lopte je očekivan. Takođe, i odnos dužine pokreta i širine mete koji mijenja trajanje pokreta, odnosno brzinu izvođenja kretnog zadatka, objašnjava uticaj faktora *veličina mete* na ispoljenu brzinu (Crossman & Goodeve, 1983). Vrijeme potrebno da se izvede pokret je u funkciji indeksa težine zadatka, koji je objašnjen logaritmom količnika dužine pokreta i širine mete. Ova logaritamska funkcija

može jasno da opiše odnos ispoljavanja brzine i preciznosti izvedenog pokreta po kojem se trajanje pokreta povećava (tj. brzina pokreta smanjuje) kada je zadatak pogađanje manjih meta (Jagacinski et al., 1980). Dakle, kako trajanje pokreta linearno raste sa indeksom težine definisanog širinom mete, tako su očekivane manje brzine kod pogađanja manjih meta. U kontekstu ovog rezultata, može se pretpostaviti da je i vizuelni efekat pri gađanju većih meta omogućio veći stepen slobode izvođenja pokreta time što je zahtjeve za preciznošću umanjio, a samim tim i uticao na povećanje brzine izvođenja udarca.

Kao što je pomenuto u prethodnom pasusu, dobijeni rezultati pokazuju da faktor *veličina mete* ima značajan uticaj na *BVG* kao mjeru konzistentosti pogodaka u metu. Važno je napomenuti da se preciznost izvođenja nekog kretnog zadatka može opisati preko tri varijable koje opisuju ovu sposobnost. *SRG* predstavlja mjeru apsolutne preciznosti, a *CRG* predstavlja mjeru koja preciznost opisuje preko odstupanja po horizonlanoj i vertikalnoj osi. Da bi se potpunije opisala preciznost kao motorička sposobnost, uvedena je i *BVG* preko koje se procjenjuje nivo konzistentnosti izvođenja. Ova mjera na poseban način opisuje motoričku sposobnost preciznosti izvedenog pokreta i omogućava analitično sagledavanje kvaliteta izvedenog kretnog zadatka, u kontekstu ispitanikove konzistentosti pogodaka nezavisno od toga da li su ti pogoci blizu ili daleko od centra mete. Dobijeni rezultati ukazuju da je *BVG* veća kod gađanja veće mete, odnosno da su gađanjem mete manjih dimenzija ostvareni konzistentniji pogoci. Kod gađanja mete dimenzija 50×50 cm rezultati za *BE* su iznosili 70 cm i 64 cm, naspram 75 cm i 67 cm za metu dimenzija 150×150 cm, u zavisnosti od toga da li je zadata instrukcija imala akcenat na brzinu, odnosno preciznost, respektivno. Kao što se može vidjeti, manja meta je uticala na bolje grupisanje pogodaka, odnosno na bolju konzistentnost. S tim u vezi, neophodno je napomenuti da na ispoljavanje određenog nivoa preciznosti izvedenog pokreta bitno utiče i brzina izvođenja (Cauraugh, Gabert & White, 1990; Lees & Nolan, 1998; Andersen & Dorge, 2011; Tillaar & Ulvik, 2014), pa samim tim može se reći i da brzina izvođenja indirektno utiče na konzistentnost, odnosno na *BVG* kao njenu mjeru. U prilog ovoj konstataciji idu dobijeni rezultati varijable brzine na osnovu kojih se zaključuje da su manje brzine izvođenja ostvarene pogađanjem manjih meta. Dakle, manja brzina izvođenja omogućava optimizovanje pokreta i samim tim konzistentnije izvođenje u tehničkom

smislu. U ovom slučaju indeks težine je određen širinom mete pa je bilo za očekivati da se kod lakšeg zadatka, tj. pogađanje veće mete ostvare precizniji i konzistentniji pogoci. Međutim, kod udaraca u mete veće širine povećana je brzina pokreta, pa su kao posljedica toga ostvareni lošiji rezultati preciznosti. Dobijeni rezultati su kompatibilni sa rezultatima ranijih istraživanja koji su realizovani na jednostavnim motornim zadacima na osnovu kojih su istraživači zaključili da se povećanjem širine mete zahtjevi za preciznošću smanjuju, što utiče na ostvarivanje veće brzine pokreta koja vodi ka smanjenju preciznosti i povećanju varijabilnosti (Bootsma et al., 1994). Zaključak Wing-a et al. (1986) je da je povećanje varijabiliteta kod gađanja većih meta uzrokovano većom brzinom pristupa lopti ostvarenom tokom faze zaleta. To se objašnjava i manjim stepenom povezanosti između vremena trajanja pokreta i indeksa težine, kao dvije suprotne varijable koje su u inverznoj relaciji (Bootsma et al., 1994). Sve ovo objašnjava dobijene rezultate kao i mehanizam koji uslovljava to da je kod težeg zadatka ostvarena veća konzistentnost, dok ista nije poboljšana kod lakšeg zadatka. Shodno dobijenim rezultatima može se pretpostaviti da je prilikom obučavanja tehnike *instep* udarca neophodno koristiti manje mete ukoliko je cilj trenaznog programa unapređenje konzistentnosti gađanja.

Pored uočenog efekta *veličina mete*, na konzistentnost izvođenja udaraca koja je ispitana preko *BVG*, uočen je i određeni trend ka statističkoj značajnosti efekta ovog faktora na apsolutnu preciznost izvođenja udarca koja je praćena pomoću varijable *SRG* ($p=0.068$). Trend promjena vrijednosti *SRG* je u smjeru smanjenja greške kod gađanja u metu manje veličine, odnosno povećanja preciznosti, u poređenju sa metama većih dimenzija. Kada se analiziraju ostvareni rezultati kod varijabli preciznosti, konzistentnosti i brzine, zaključuje se da oni u potpunosti prate zakonitosti razmjene brzine i preciznosti definisane *Fitsovim* zakonom, prema kojem povećanje brzine za posledicu ima povećanje greške i obrnuto. Slične rezultate je dobio Etnyre (1998), prema kojem kod kretnih zadataka bacanja i šutiranja, brzina i preciznost imaju inverzan odnos. Dobijeni rezultati su u skladu i sa *Broadbentovom teorijom selektivnog filtiranja informacija*, prema kojoj *CNS* vizuelnim putem dobija manju količinu informacija kada je pažnja usmjerena na mete manjih dimenzija, što omogućava efikasnije procesuiranje informacija što u konačnom vodi boljoj preciznosti. Dakle, količina informacija dobijenih vizuelnim putem je u direktnoj vezi sa

faktorom *veličina mete*, pa je shodno tome preciznost i konzistentnost povećana kod pogađanja manjih meta u poređenju sa pogađanjem meta većih dimenzija. Primjenjujući *Fitsov zakon* i *Broadbentovu teoriju*, u kontekstu objašnjenja dobijenih rezultata uticaja faktora *veličina mete*, može se reći da manja količina informacija procesuirana od strane CNS, kada je pažnja usmjerena na pogađanje meta manjih dimenzija, istovremeno uslovljava smanjenje brzine izvođenja i povećanje preciznosti i konzistentnosti. Manja količina informacija vodi ka efikasnijem procesuiranju i manjoj količini nepotrebnih informacija što rezultuje manjom *BVG* i *SRG* greškom, dok sa druge strane manja količina informacija očigledno nepovoljno utiče na ispoljavanje brzine izvođenja, što za posljedicu ima smanjenje brzine izvođenja.

7.1.2. Efekat faktora instrukcija na brzinu i preciznost instep udarca

Dobijeni rezultati ukazuju na značajan uticaj faktora *instrukcija* na varijable preciznosti, konzistentnosti i brzine izvođenja udarca. U skladu sa definisanim instrukcijama uočen je jasan efekat tipa instrukcije na varijable brzine lopte (*V* i *Vrel*). Tokom eksperimenta ispitanici su dobijali dvije različite instrukcije. Jedna instrukcija je bila sa dominantnim akcentom na brzinu izvođenja udarca i sa sekundarnim akcentom na precizno izvođenje, dok je druga instrukcija naglašavala preciznost izvođenja sa sekundarnim akcentom na brzinu izvođenja. Analizom rezultata uočeni su očekivani rezultati, gdje su udarci sa instrukcijom za brzinu ostvarili znatno veće brzine lopte u poređenju sa instrukcijom za preciznost. Instrukcijom za brzinu ostvarene su brzine lopte od 69,63 km/h za metu dimenzija 50×50 cm i 70,63 km/h za metu dimenzija 150×150 cm, dok su instrukcijom za preciznost ostvarene brzine lopte od 61,92 km/h za metu dimenzija 50×50 cm i 62,71 km/h za metu dimenzija 150×150 cm. Dakle, razlike su iznosile približno 12-13%. Slični rezultati, kada je u pitanju brzine lopte pri izvođenju *instep* udarca, dobijeni su u istraživanju Luhtanen-a (1988) koji izvještava o brzinama od 53,64 km/h do 79,92 km/h za ispitanike uzrasta od 12 do 17 godina starosti. Takođe, pod uticajem faktora *instrukcija* dobijene su značajne razlike i za brzine lopte izražene preko relativnih vrijednosti (*Vrel*), u odnosu na maksimalnu brzinu lopte, pa su instrukcijom za brzinu

ispoljene brzine od 91,3% i 92,29% od maksimalnih, naspram ispoljenih brzina instrukcijom preciznosti od 80,82% i 81,87% od maksimalnih vrijednosti, u zavisnosti da li se udarac izvodio u metu dimenzija 50×50 cm ili 150×150 cm, respektivno. U istraživanju Lees & Nolan (1998), nađeno je da brzina lopte opada do 75% od maksimalne, kada je akcenat na preciznom izvođenju udarca, kao i da su brzi diskretni pokreti bacanja, pri brzini od oko 75% od maksimalne, precizniji od brzih pokreta. U istraživanju Tillaar & Ulvik (2014), dobijeni su rezultati u kojima je uočeno da su pri udarcima gdje je dominantan akcenat na brzinu, ostvarene brzine lopte od 92% do 96% od maksimalne, i koje su znatno veće od brzine od 85% od maksimalne, koja predstavlja gornju granicu ispoljene brzine pri kojoj je moguće zadržavanje preciznosti (Cauraugh et al., 1990). Kod instrukcije za preciznost uočeno je da dolazi do smanjenja brzine lopte usljed smanjenja linearnih i ugaonih zglobnih brzina u poređenju sa udarcima kod kojih je akcenat na brzini (Lees & Nolan, 1998). Smanjenje ugaonih brzina u zglobovima je povezano sa smanjenjem opsega pokreta u zglobu karlice, kuka i koljena (Less & Nolan, 1998). Pretpostavka je da instrukcija za precizno izvođenje utiče na preprogramiranje pokreta tako da se pokret karakteriše dužim trajanjem, manjim ugaonim pomjeranjem i manjom brzinom u poređenju sa udarcima kada je dominantan zahtjev za brzim izvođenjem udarca (Teixeira et al., 1999). Dakle, kod instrukcije za preciznost, fudbaleri optimizuju brzinu izvođenja kako bi ostvarili veći stepen preciznosti pokreta, što u konačnom treba da rezultuje smanjenjem greške.

Dobijeni rezultati ukazuju na značajan uticaj faktora *instrukcija* na varijable preciznosti i konzistentnosti šuta, i to *SRG* kao mjeru apsolutne preciznosti, *BVG* kao mjeru konzistentnosti i odstupanje po *x* osi kao mjeru tendencije (*X*). Analizom rezultata uočava se da su kod instrukcije za preciznost ostvareni bolji rezultati apsolutne preciznosti (*SRG*) i konzistentnosti (*BVG*) u odnosu na vrijednosti ostvarene kod instrukcije za brzinu. Kod izvođenja *instep* udarca u mete manjih dimenzija (50×50 cm) ostvarene su manje vrijednosti *SRG* varijable sa instrukcijom za preciznost (72,54 cm) u poređenju sa izvođenjem sa instrukcijom za brzinu (75,65 cm). Isti trend je održan i kod gađanja mete većih dimenzija (150×150 cm), s tim što su ispoljene razlike između različitih instrukcija još veće, i iznosile su 73,29 cm za instrukciju za preciznost, odnosno 82,15 cm za instrukciju brzine. Takođe, ovaj trend je dobijen i kod *BVG* varijable, pa su instrukcijom za

preciznost ostvareni konzistentniji pogoci sa vrijednostima od 64,23 cm i 67,83 cm (za veličinu mete od 50×50 i 150×150 cm, respektivno), nasuprot vrijednostima od 70,05 cm i 75,11 cm koje su ostvarene kod instrukcije za brzinu.

Dobijeni rezultati trenda promjena smjera po x -osi pokazuju značajne razlike rezultata u odnosu na zadate instrukcije, pa su kod instrukcije za preciznost ostvarene značajno veće vrijednosti u odnosu na rezultate kod instrukcije za brzinu. Međutim, ovi rezultati se ne mogu komentarisati kao pozitivni ili negativni, već samo mogu opisati trend, odnosno smjer, grupisanja pogodaka po x -osi, iako su ostvarene vrijednosti veće kod instrukcije za preciznost. Naime, rezultati odstupanja po x i y osi ukazuju na trend grupisanja pogodaka u koordinantnom sistemu uzimajući u obzir pozitivne i negativne vrijednosti, odnosno odstupanja u sva četiri moguća smjera. Prema tome, može se zaključiti da je pomenuto odstupanje po x -osi doprinijelo konzistentnosti koja u određenoj mjeri ostvaruje interakciju sa odstupanjem po x i y osi, za ovu grupu pogodaka. Vrijednosti od -2,40 cm i 0,82 cm za X kod instrukcije za brzinu povećani su na 15,63 cm i 11,66 cm kod instrukcije za preciznost. Prema tome, može se pomenuti da su rezultati kod instrukcije za preciznost značajno pomjereni u desnu stranu, dalje od centra mete. Kako je većina ispitanika udarac izvodila desnom nogom, onda je i ostvarena tendencija grupisanja rezultata u desnu stranu donekle očekivana. Naime, kod instrukcije za preciznost dolazi do smanjenja opsega pokreta karlice, kuka i koljena (Less & Nolan, 1998), u odnosu na instrukciju za brzinu. Razlog tome je što se kod fudbalskih udaraca lopte nogom opseg rotacije karlice jednim dijelom reguliše pozicijom stajne noge koja je kod brzih udaraca postavljena nešto malo iza lopte, dok je kod udaraca gdje je akcenat na preciznosti centar skočnog zgloba postavljen paralelno sa centrom lopte. Prema tome, uzimajući u obzir ispitanike koji šutiraju desnom nogom, očekivano je da kod sporijih udaraca ostvaruju odstupanja u desnu stranu zbog manje rotacije karlice oko stajne noge, koja u momentu zaustavljanja translatorno usmjerava natkoljenu i potkoljenu ka naprijed i sa određenom tendencijom lateralno. Kada je akcenat na brzini udaraca, stopalo stajne noge se postavlja paralelno i djelimično iza centra lopte, pa je i rotacija karlice veća (Weineck, 1997), što na kraju uslovljava usmjeravanje natkoljenice i potkoljenice ka naprijed i unutra. Dobijeni rezultati preciznosti i konzistentnosti u ovom eksperimentu su očekivani i podržani

rezultatima prethodnih istraživanja (Indermil & Husak, 1984; Cauraugh et al., 1990; Lees & Nolan, 2002; Tillaar & Ulvik, 2014).

Jasan efekat instrukcije za preciznost koji se manifestuje smanjenjem greške procijenjene preko *SRG* kao mjere apsolutne preciznosti i preko *BVG* kao mjere konzistentnosti, u poređenju sa rezultatima koji su dobijeni kod instrukcije za brzinu, uočen je i u istraživanju Tillaar & Ulvik (2014). Ovi autori zapažaju da je za udarce gdje je akcenat na preciznosti karakteristično istovremeno smanjenje brzine izvođenja i smanjenje greške. Upravo je smanjenje, tj. optimizacija brzine izvođenja, glavni razlog za povećanje preciznosti izvedenog udarca. Ranije je pomenuto da se najprecizniji udarci ostvaruju kada je ostvarena brzina u opsegu od 75% do 85% od maksimalne vrijednosti (Indermil & Husak, 1984; Cauraugh et al., 1990; Lees & Nolan, 2002). Suprotne rezultate u odnosu na do sada prezentovane dobili su Van den Tillaar & Ettema (2003) izučavajući bacanje (rukometni šut iznad ramena). Ovi istraživači su došli do rezultata po kojima preciznost izvedenog pokreta nije povećana kada je to bio prioritetni zadatak bacanja, iako su razlike u brzini postojale. Moguće objašnjenje za ove razlike je to da je ovaj tip bacanja lakši za izvođenje, kao i da je za njegovo izvođenje potrebna druga strategija u odnosu na šutiranje nogom (Tillaar & Ulvik, 2014). Takođe, jedan od razloga nesaglasnosti rezultata je i taj što su pokreti izvedeni rukama generalno finiji i podrazumijevaju izvođenje zadataka hvatanja, pisanja, dok se donji ekstremiteti koriste za grube motorne radnje kao što su šetanje, trčanje, skakanje. Može se pretpostaviti da ove razlike u osnovnoj funkciji ekstremiteta imaju važan uticaj na međuzavisnost brzine i preciznosti izvedenih pokreta (Van den Tillaar & Ulvik, 2014).

Dobijeni rezultati izvedenog eksperimenta imaju praktičnu primjenljivost u takmičarskom i trenažnom procesu, te kao takvi predstavljaju potvrdu i dopunu dosadašnjih nalaza u kontekstu značajnijih faktora koji utiču na performanse *instep* udarca. Kako bi se još temeljnije ispitaio efekat faktora *veličina mete* i faktora *instrukcija* na varijable brzine i preciznosti *instep* udarca, potrebno bi bilo uraditi kinetičku i kinematičku analizu pokreta noge tokom izvođenja šuta. U zavisnosti od specifičnih zadataka izvođenja, određenih veličinom mete i tipom instrukcije, dobile bi se kinematičke i kinetičke varijable pokreta koje bi mogle dodatno da objasne zakonitosti odnosa brzine i preciznosti udarca, gdje bi se

na jasan način prikazale koordinativne šeme izvođenja *instep* udarca u zavisnosti od ovih faktora. Ujedno, ovaj tip analize predstavlja nedostatak u sprovedenom eksperimentu, i kao takav trebalo bi da bude zadatak nekog budućeg istraživanja.

7.2. Eksperiment II: Efekat brzine izvođenja *instep* udarca na ostvarenu preciznost

Glavni cilj ovog eksperimenta je bio da se utvrdi efekat brzine izvođenja *instep* udarca na preciznost, odnosno da se utvrdi optimalan opseg brzina pri kojima se ostvaruju najmanje greške izvođenja. Na osnovu pregleda dosadašnjih istraživanja, a saglasno cilju istraživanja, pretpostavljeno je da će brzina izvedenog udarca imati bitan uticaj na rezultate preciznosti i konzistentnosti izvođenja. U cilju ispitivanja efekata različite brzine udarca na ostvarenu preciznost definisane su zavisne varijable za procjenu preciznosti (*SRG*, *BVG*, *CRG*, X i Y) i procjenu apsolutne i relativne brzine šuta (V i V_{rel}). Nezavisne varijable su bile instrukcije za brzinu izvođenja sa pet različitih nivoa koje je ispitanik dobijao prije izvođenja kretnog zadatka. Istraživačkom hipotezom je predviđeno da faktor *instrukcija za gradiranje brzine* ima efekat na nivo ostvarene preciznosti. Diskusija dobijenih rezultata je podijeljena u dvije cjeline. U prvoj cjelini analizirani su efekti faktora *instrukcija za gradiranje brzine* na varijable brzine izvođenja udarca, tj. koliko su ispitanici bili senzitivni na eksperimentalni faktor u vidu instrukcija koje su dobijali, a u cilju formiranja različitih opsega brzine udarca. U drugoj cjelini su analizirani efekti faktora *instrukcija za gradiranje brzine* na varijable preciznosti i konzistentnosti izvedenog udarca. Rezultati procjene uticaja faktora *instrukcija za gradiranje brzine* na varijable brzine lopte, preciznosti i konzistentnosti izvedenog šuta, pokazali su statistički značajnu senzitivnost praćenih varijabli brzine (V i V_{rel}), preciznosti (*SRG*) i konzistentnosti (*BVG*) na zahtijevane instrukcije.

7.2.1. Efekat faktora *instrukcija za gradiranje brzine* na varijable ostvarene brzine lopte

Rezultati studije pokazuju da postoji očekivan značajan efekat faktora *instrukcija za gradiranje brzine* na praćene varijable brzine lopte (V i V_{rel}). Dobijeni rezultati za varijablu

srednje brzine (V) pokazuju da su najmanje brzine ostvarene instrukcijom kojom se zahtijevalo pogađanje mete najsporijim udarcima ($B1$), pri čemu je ostvarena prosječna brzina od 54,71 km/h. Instrukcijom za pogađanje mete srednjom brzinom lopte ($B2$) prosječna brzina je iznosila 66,86 km/h, instrukcijom za pogađanje mete maksimalno brzim udarcima ($B3$) 80,37 km/h, instrukcijom za pogađanje mete maksimalno brzim udarcima sa sekundarnim akcentom na preciznosti ($B4$) 80,54 km/h i instrukcijom kod koje je jedini akcent bio na brzini lopte ($B5$) ostvarena je brzina od 84,90 km/h. Dobijeni rezultati maksimalne brzine lopte kod instrukcije $B5$ su nešto manji od rezultata koji su dobijeni sličnom instrukcijom u istraživanju Lees & Nolan (2002) i koja je iznosila 91,80 km/h. Ovo se može objasniti uzorkom ispitanika koji je u istraživanju Lees & Nolan (2002) bio sastavljen od profesionalnih fudbalera seniorske konkurencije, u poređenju sa ispitanicima u ovoj studiji koji su bili uzrasta između 14 i 16 godina. Kao što se može uočiti, različitim nivoima instrukcija za gradiranje brzine postiglo se zahtijevano gradiranje brzine, osim između nivoa $B3$ i $B4$ kod kojih nije postignuta značajna razlika u brzini lopte. Važno je istaći ovaj rezultat koji objašnjava da ispitanici nijesu mogli da gradiraju brzinu izvođenja između instrukcija na nivou $B3$ i $B4$, a koje su ispitanicima bile definisane na sljedeći način: pogoditi centar mete sa maksimalno brzim udarcem ($B3$) i pogoditi centar mete sa maksimalno brzim udarcem sa sekundarnim akcentom na preciznost ($B4$). U samoj postavci eksperimentalnih metoda namjera je bila da se napravi pet različitih nivoa brzina izvođenja, međutim, instrukcijama koje su zadate na ovakav način nije bilo moguće gradirati brzinu na pet različitih nivoa. Neophodno je napomenuti da su autori u istraživanju Tillar & Ulvik (2014) koristili samo četiri nivoa instrukcija za gradiranje brzine, što dodatno objašnjava dobijene rezultate. Relativizujući postignute rezultate brzine lopte (V_{rel}), uočava se da je instrukcijom $B1$, tj. gađanje mete najsporijim udarcem, ostvarena prosječna brzina od 61,22%, instrukcijom $B2$ 74,48%, instrukcijom $B3$ 89,47%, instrukcijom $B4$ 89,68% i instrukcijom $B5$ 94,49%, od maksimalnih vrijednosti. Rezultati brzina izraženi u relativnim vrijednostima jasnije pokazuju ispoljeno gradiranje brzina. Analizirajući dobijene rezultate može se reći da su primijenjene instrukcije dovoljno jasne i senzitivne, te da se kao takve mogu koristiti u trenažnim i eksperimentalnim procesima.

7.2.2. Efekat faktora instrukcija za gradiranje brzine na varijable preciznosti

Faktor instrukcija za gradiranje brzine značajno utiče na SRG kao mjeru apsolutne preciznosti i BVG kao mjeru konzistentnosti. Instrukcijom B1 ostvareni su rezultati za apsolutnu preciznost (SRG) od 82,03 cm, a za konzistentnost (BVG) 67,42 cm. Instrukcijom B2 dobijeni su rezultati za SRG od 81,76 cm i za BVG od 77,55 cm. Instrukcijom B3 ostvareni su rezultati za SRG od 93,04 cm, i 84,64 cm za BVG. Instrukcijom B4 ostvareni su rezultati od 95,04 cm za SRG i 85,20 cm za BVG. Instrukcijom B5 dobijeni rezultati preciznosti iznosili su 101,73 cm za SRG i 88,51 cm za BVG. Slični rezultati za SRG za instrukciju B5, od 100 cm dobijeni su u istraživanju Tillaar & Ulvik (2014). Dakle, najprecizniji udarci, procijenjeni preko varijabli preciznosti i konzistentnosti, ostvareni su kod instrukcija B1 i B2, dok je preciznost udaraca značajno opadala kod instrukcija B3, B4 i B5. Analizirajući rezultate brzine i preciznosti zaključuje se da su najprecizniji udarci (mjereni preko SRG) ostvareni pri brzinama lopte od 74,48% (instrukcija B2), dok su najkonzistentniji udarci (mjereni preko BVG) ostvareni pri brzinama lopte od 61,22% od maksimalne (instrukcija B1). Ovi rezultati su u skladu sa rezultatima istraživanja Tillaar & Ulvik (2014), koji su našli da su najprecizniji udarci ostvareni pri brzinama lopte od 73%. Pregledom literature nađeni su različiti odnosi ispoljavanja brzine i preciznosti, pa je na taj način utvrđeno da su najprecizniji udarci ostvareni pri brzinama od 75% od maksimalne (Lees & Nolan, 2002), odnosno pri brzinama od 85% od maksimalne (Andersen & Dorge, 2011). Indermill & Husak (1984) su zaključili da je izvođenje brzih pokreta bacanja najpreciznije pri brzinama od 75% od maksimalnih. Sa povećavanjem brzine izvođenja kod instrukcija B3, B4 i B5 došlo je do drastičnog pada preciznosti izvedenog kretnog zadatka, odnosno pri brzinama lopte od 89,68% i 94,49% od maksimalne. Ovi rezultati podržavaju zaključak istraživača koji izvještavaju da pri brzinama većima od 85% dolazi do povećanja greške (Cauraugh et al., 1990). U studiji Tillaar & Ulvik (2014), najveće greške izvedenog pokreta ostvarene su pri brzinama izvođenja od 92% i 96% od maksimalne.

Na osnovu interpretiranih rezultata, može se napomenuti da su dobijeni rezultati očekivani i u saglasnosti sa rezultatima prethodnih istraživanja. Brzina izvođenja *instep* udarca je većim dijelom bila senzitivna na zadate instrukcije za gradiranje brzine i mijenjala se očekivanim trendom. Takođe, odnos ispoljenih brzina i preciznosti je podržan

Fitsovim zakonom, pa se tako uočava da je sa povećavanjem brzine izvođenja smanjivana preciznost, i obrnuto. Preporuka trenerima i sportistima bi bila da u treningu i takmičenju koriste instrukciju šutiranja lopte sa akcentom na srednjoj brzini (instrukcije *B3* i *B4*) zbog ostvarene brzine leta lopte koja je približno iznosila 80 km/h i zbog ostvarene relativno dobre preciznosti i konzistentnosti (*SRG*: 81,76 cm; *BVG*: 77,55cm). Naravno, ove preporuke važe samo ukoliko je cilj trenažnog programa unapređenje performansi *instep* udarca iz aspekta optimalnog odnosa brzine izvođenja i ostvarene preciznosti. U prilog tome je i zaključak nekih autora koji naglašavaju da su u situacionim uslovima treninga i takmičenja efikasniji brzi udarci sa malo lošijom preciznošću u odnosu na izuzetno precizne udarce ostvarene pri malim brzinama lopte (Tillaar & Ulvik, 2014), pa sa tim u vezi gore navedene preporuke za instrukcije koje su pogodne za unapređenje performanse izvođenja *instep* udarca neće važiti ako je cilj trenažnog programa unapređenje brzine izvođenja.

7.3. Eksperiment III: Efekti specifične trenažne obuke za razvoj brzine i za razvoj preciznosti *instep* udarca na brzinu i preciznost izvođenja

Ovaj eksperiment se odnosi na longitudinalnu studiju čiji je cilj bio da se utvrde efekti specifičnog trenažnog programa za razvoj brzine i trenažnog programa za razvoj preciznosti *instep* udarca na varijable brzine izvođenja i ostvarene preciznosti. U skladu sa ciljem istraživanja, napravljen je trenažni program sproveden u jednom mikrociklusu koji je sadržao 6 trenažnih sesija sprovedenih u 6 dana. Ispitanici su bili podijeljeni u tri grupe i to: u grupu za brzinu, grupu za preciznost i kontrolnu grupu. Grupa za brzinu je trenirala po programu kojim je trebalo da bude poboljšana brzina udarca, trenažnim programom za grupu za preciznost nastojano je da se poboljša preciznost udarca, dok je kontrolna grupa ispitanika imala samo redovne treninge. Ovi trenažni programi su bili dodatak redovnim fudbalskim treninzima i izvodili su se nakon završenog glavnog dijela treninga kojem su prisustvovali svi fudbaleri koji su bili uključeni u eksperiment. Tokom trenažnog perioda, svaki ispitanik iz grupe za brzinu i grupe za preciznost izveo je po 300 udaraca (50 šuteva

po treningu). Hipotezom istraživanja je pretpostavljeno da će trenažni program za brzinu pozitivno uticati na varijable brzine izvođenja, dok je sa druge strane očekivano da će trenažni program za razvoj preciznosti pozitivno uticati na varijable preciznosti. Osnovna karakteristika dizajniranog trenažnog programa je bila da se povećanje u brzini ili preciznosti ostvari korigovanjem tehničkih elemenata šuta, a ne da se utiče na fizičke performanse ispitanika.

Glavni nalaz ovog eksperimenta je da različiti trenažni programi za razvoj brzine, odnosno za razvoj preciznosti, nijesu imali različite efekte na praćene zavisne varijable. Posebno dizajnirani trenažni programi obuke za razvoj brzine, odnosno preciznosti, nijesu imali posebne efekte na praćene varijable. Generalno, uočeno je da je na većem broju zavisnih varijabli (*V*, *Vrel*, *SRE*, *X* i *CRG*) postojao jedan uopšteni efekat trenažne obuke *instep* udarca koji je uticao da se te varijable promijene u finalnom testiranju u poređenju sa inicijalnim, nezavisno od trenažne grupe ispitanika, ali djelimično zavisne od instrukcije koje su određivale način izvođenja *instep* udarca.

Trenažni program nije imao očekivani uticaj na varijable brzine dok je preciznost izvođenja u određenom dijelu poboljšana. Ipak, neophodno je konstatovati da je povećanje preciznosti izvođenja pratilo smanjenje brzine leta lopte. Imajući u vidu relativni značaj brzine izvođenja udarca, zaključuje se da ostvareno poboljšanje preciznosti praćeno smanjenjem brzine izvođenja u potpunosti ne doprinosi sveukupnom poboljšanju kvaliteta *instep* udarca. Shodno tome, jedan od nalaza eksperimenta je i da je primijenjeni trenažni program uticao na optimizaciju brzine izvođenja kod zahtjeva za preciznošću, ali ne i na povećanje brzine izvođenja pri istom ili manjem nivou greške ostvarene na finalnom mjerenju kao krajnjem cilju trenažnog procesa.

Analizom dobijenih rezultata za varijablu *V* uočava se da nije ostvareno poboljšanje brzine lopte ni kod jedne trenirane grupe ispitanika. Ispitanici iz grupe koja je trenirala poboljšanje brzine lopte nijesu ostvarili značajne razlike rezultata između inicijalnog i finalnog testiranja pa se konstatuje da primijenjeni trenažni program nije imao pozitivan efekat na poboljšanje brzine lopte. Ispitanici koji su trenirali preciznost izvođenja *instep* udarca ostvarili su značajnu razliku rezultata brzine lopte koja je manifestovana smanjenjem brzine lopte na finalnom testiranju u poređenju sa inicijalnim. Dakle, na

osnovu dobijenih rezultata konstatuje se da i pored sprovedenog specifičnog treninga nije došlo do poboljšanja performansi brzine udaraca. Rezultati smanjenja brzine lopte na finalnom mjerenju, u poređenju sa inicijalnim, kod grupe za preciznost, može biti posljedica specifičnog treninga koji je imao za cilj poboljšanje preciznosti bez obzira na brzinu lopte. Pretpostavka je da su trenažnim procesom ispitanici stekli osjećaj manipulacije brznom šuta u svrhu ostvarivanja što veće preciznosti udarca, odnosno smanjenja greške izvođenja. Naime, u ranijim istraživanjima se pokazalo da optimizovanje brzine izvedenog pokreta povećava preciznost, a najmanje greške izvođenja se javljaju pri brzinama izvođenja od oko 75-85% od maksimalne (Indermill & Husak, 1984; Andersen & Dorge, 2011; Lees & Nolan, 2002). Izvođenje kretnog zadatka na brzinama većim od 85% od maksimalne dovodi do drastičnog povećanja greške izvođenja i smanjenja preciznosti (Cauraugh et al., 1990; Tillaar & Ulvik, 2014).

Rezultati preciznosti procjenivani preko *SRG* su različiti kod instrukcije za brzinu, odnosno instrukcije za preciznost. Kod instrukcije za brzinu nije došlo do značajnih promjena u preciznosti i konzistentnosti izvođenja, kada se porede inicijalno i finalno mjerenje. Međutim, deskriptivnom analizom uočava se da postoji trend povećanja greške. Kod instrukcije za preciznost uočeno je značajno smanjenje greške pri izvođenju šuta kod finalnog u odnosu na inicijalno testiranje. Analizom rezultata uočava se da su kod instrukcije za preciznost ostvareni bolji rezultati preciznosti (*SRG*) u odnosu na vrijednosti ostvarene kod instrukcije za brzinu. Manje vrijednosti *SRG*, odnosno bolji rezultati preciznosti, ostvareni su instrukcijom za preciznost, koja je na inicijalnom mjerenju iznosila 72,31 cm, a na finalnom mjerenju 67,71 cm. Ovo poboljšanje preciznosti je očekivano jer su ispitanici na finalnom mjerenju smanjili, odnosno optimizovali brzinu izvođenja šuta, što je za posledicu imalo povećanje preciznosti. Jasan uticaj instrukcije za preciznost koji se manifestuje smanjenjem greške pogodaka, procijenjene preko *SRG* varijable kao mjere apsolutne preciznosti i preko *BVG* kao mjere konzistentnosti, u odnosu na rezultate kod instrukcije za brzinu dobijen je i u istraživanju Tillaar & Ulvik (2014), koji zapažaju da je karakteristika udaraca sa akcentom na preciznosti istovremeno smanjenje brzine izvođenja i greške izvedenog pokreta. Zaključak istraživača je da se najprecizniji udarci ostvaruju kada je ostvarena brzina u opsegu od 75% do 85% od maksimalne

(Indermil & Husak, 1984; Cauraugh et al., 1990; Lees & Nolan, 2002). Instrukcijom za brzinu nije došlo do poboljšanja preciznosti, pa je ostvarena vrijednost *SRG* varijable na inicijalnom testiranju iznosila 75,61 cm, a na finalnom mjerenju 79,6 cm. Dakle, uočava se trend smanjenja preciznosti kod instrukcije za brzinu na finalnom mjerenju.

Dobijeni rezultati odstupanja mjereni preko *CRG* ukazuju na poboljšanje preciznosti u finalnom mjerenju pri izvođenju *instep* udarca sa instrukcijom za preciznost. Dakle, trenažni program obuke svih grupa ispitanika uticao je na smanjenje greške izvođenja, tj. imao je pozitivan uticaj jer su ostvareni značajno bolji rezultati na finalnom testiranju u odnosu na inicijalno. Dobijeno je da je vrijednost *CRG* sa 30,6 cm na inicijalnom mjerenju smanjena na 20 cm na finalnom mjerenju. Takođe, konstatovano je da nema značajne razlike rezultata kod *CRG* varijable između inicijalnog i finalnog mjerenja kada su ispitanici izvodili *instep* udarac sa instrukcijom gdje je akcenat bio na brzini izvođenja.

Dobijenim rezultatima za procjenu konzistentnosti (*BVG*), zaključuje se da su konzistentniji pogoci ostvareni pri izvođenju *instep* udarca sa instrukcijom koja akcentuje preciznost izvođenja u poređenju sa instrukcijom za brzinu. Ispitanici su pri izvođenju udaraca sa akcentom na preciznost ostvarili rezultate *BVG* od 64 cm, naspram 72 cm koje su ostvarili pri izvođenju udaraca sa akcentom na brzinu izvođenja. Ovaj nalaz je u skladu sa rezultatom koji je dobijen u okviru Eksperimenta I, i koji je u okviru tog poglavlja diskutovan.

Analizom rezultata tendencije odstupanja po *x* osi (varijabla *X*) uočavaju se značajne razlike rezultata na inicijalnom mjerenju, kada se porede *instep* udarci sa instrukcijom za brzinu i instrukcijom za preciznost. Uočeno je da je tendencija izvođenja šuta bila više orijentisana u desnu stranu kod instrukcije za preciznost u poređenju sa instrukcijom za brzinu. Na finalnom mjerenju kod instrukcije za preciznost, ispitanici su pokazali tendenciju pomjeranja rezultata u lijevu stranu, odnosno ka centru mete, dok su kod instrukcije za brzinu ostvareni rezultati na nivou rezultata inicijalnog mjerenja. Na inicijalnom mjerenju, pri instrukciji za preciznost, ostvareni rezultati po *x*-osi su iznosili +15,93 cm, dok su istom instrukcijom na finalnom mjerenju ostvareni rezultati od -2,48 cm. Očigledno je da je sprovedenom trenažnom obukom izvođenja *instep* udarca poboljšana preciznost po horizontalnoj osi koja se može povezati sa smanjenjem *SRG* kod iste

instrukcije na finalnom mjerenju. Analizom rezultata tendencije odstupanja po y -osi (Y) neophodno je zaključiti da ova tendencija odstupanja po vertikali nije senzitivna varijabla kao varijabla tendencije odstupanja po horizontalnoj osi (X). Dakle, varijabla Y je dosta stabilnija, odnosno predstavlja stabilniji orijentir pri izvođenju tehnike šuta, u poređenju sa horizontalnom osom. Vrijednosti odstupanja po x i y -osi su izvedene iz mjere odstupanja, pa je neophodno ukazati na zavisnost CRG od horizontalnih i vertikalnih vrijednosti odstupanja. Kako je vertikalno odstupanje (odstupanje po y -osi) stabilno i konstantno na inicijalnom i finalnom mjerenju, onda se može pretpostaviti da su ostvarene promjene odstupanja na finalnom u poređenju sa inicijalnim mjerenjem ostvarene na račun promjena smjera odstupanja po horizontali (x -osi).

U zaključku diskusije konstatuje se da trenažnim program nijesu ostvareni očekivani posebni efekti treninga na preciznost i brzinu lopte, ali i pored toga dobijeni rezultati su djelimično potvrđeni prethodnim istraživanjima. Pretpostavka je da je izostanak očekivanih efekata treninga na brzinu i preciznost *instep* udarca, djelimično uzrokovan uticajem faktora zamora i kratkim trenažnim ciklusom. Pretpostavka je da je faktor zamora, akumuliran tokom pripremnog i takmičarskog perioda, nepovoljno uticao na razvoj brzine šuta, pa primijenjeni trening nije bio adekvatan u drugom dijelu takmičarske polusezone, kada je i primijenjen trenažni program, pa je sa te strane ovaj efekat zamora predstavljao i limitaciju ovog eksperimenta. Zamor je veoma kompleksan fenomen, koji može biti opisan gubitkom kapaciteta za generisanje sile ili nemogućnošću nastavka vježbanja na zahtijevanom nivou i koji značajno može uticati na performanse izvođenja *instep* udarca (Strojnik & Komi, 1998; Miyaguchi & Demura, 2008b). U prilog ovoj konstataciji je i činjenica da je primarni period za razvoj motoričkih sposobnosti tokom prve polovine polusezone (posebno tokom pripremnog perioda), dok se u drugom dijelu najčešće nastoji održati stečena forma i smanjiti efekti zamora. Takođe, kada se uzme u obzir da na brzinu lopte najveći uticaj ima brzina stopala ostvarena neposredno prije kontakta sa loptom, koja u najvećoj mjeri zavisi od kinetičkih i kinematičkih varijabli natkoljenice i potkoljenice onda je jasno da zamor ima značajan uticaj na ispoljavanje performansi *instep* udarca (Dorge et al., 2002). Potrebno je naglasiti da su u dosadašnjim istraživanjima, koja su se bavila razvojem motoričkih sposobnosti fudbalera primijenjivani višenedeljni trenažni

programi (Jelušić et al., 1992; De Proft et al., 1998; Dutta & Subramaniam, 2002; Manolopoulos et al., 2004; Khorasani et al., 2009), što navodi na zaključak da je za razvojne treninge potrebno odvojiti više vremena nego li što je to bio slučaj u ovom eksperimentu (jedan mikrociklus). Dakle, preporuka za neko buduće istraživanje bi bila da trenažni ciklus treba da bude izveden tokom pripremnog perioda i u produženom trajanju sa većim brojem izvedenih šuteva. Kako su dobijeni rezultati poboljšanja preciznosti praćeni smanjenjem brzine, neophodno je naglasiti da taj odnos nikako ne može biti cilj treninga, jer precizni udarci bez obezbjeđivanja adekvatne brzine lopte skoro da nemaju praktičnu vrijednost tokom treninga i takmičenja. U okviru cilja trenažnog procesa neophodno je uvrstiti namjere da se kroz sistematičan proces obuke omogući ispoljavanje relativno visokog nivoa preciznosti i konzistentnosti izvođenja šuta pri velikim brzinama lopte.

8. ZAKLJUČCI

Opšti cilj istraživanja je bio da se ispita međuzavisnost brzine udarca po lopti i ispoljene preciznosti, pa su u tom kontekstu postavljena tri specifična cilja. Sva tri cilja istraživanja su uključivala ispitivanje efekata različitih faktora tj. uslova izvođenja *instep* udarca, na ostvarenu brzinu i preciznost. U prvom eksperimentu ispitivan je uticaj faktora *instrukcija* i faktora *širina mete* na ispoljavanje brzine i preciznosti šutnute lopte. U drugom eksperimentu je ispitivan uticaj faktora *instrukcija za gradiranje brzine* na ispoljavanje brzine i preciznosti, dok je u trećem eksperimentu ispitivan uticaj specifičnih trenažnih programa za razvoj brzine i preciznosti na zavisne varijable brzine i preciznosti *instep* udarca. U ovoj doktorskoj disertaciji postavljeno je šest hipoteza na koje bi ovako dizajnirani eksperimenti trebalo da pruže odgovarajuće odgovore.

Prvom hipotezom (H_1) se pretpostavljalo da će različite instrukcije koje ispitanik dobija uticati na varijable preciznosti, u kontekstu da se pri izvođenju šuta veći akcenat stavlja na preciznost odnosno na brzinu izvođenja. Ova hipoteza je potvrđena imajući u vidu da je kod instrukcije za precizno izvođenje ostvarena manja greška u poređenju sa greškama koje su se ostvarile kod instrukcije za brzo izvođenje udarca (*SRG, Xsr i BVG*).

Drugom hipotezom (H_2) se pretpostavljalo da će različite instrukcije koje ispitanik dobija uticati na varijable brzine, tako što će se pri različitim instrukcijama ostvariti različite brzine izvođenja. Saglasno dobijenim rezultatima zaključuje se da je ova hipoteza potvrđena, pošto su veće brzine izvođenja ostvarene kada se glavni akcenat instrukcije odnosio na brzinu u poređenju sa instrukcijom za preciznost. Takođe, rezultati instrukcije za brzinu su pokazali senzitivnost na gradiranje brzina, pa se određenim instrukcijama može postići pravilna distribucija brzina koja se najbolje uočava kada se relativizuju ispoljene brzine.

Trećom hipotezom (H_3) je pretpostavljeno da faktor *veličina mete* ima uticaj na ispoljavanje preciznosti, tj. da se pogađanjem različitih veličina mete ostvaruju različiti rezultati varijabli za preciznost. Ova hipoteza je potvrđena, pa se na osnovu dobijenih rezultata zaključuje da se pogađanjem manjih meta ostvaruju bolji rezultati preciznosti

mjereni preko *SRG*, *CRG* i *BVG* varijabli, u poređenju sa pogađanjem meta većih dimenzija.

Četvrtom hipotezom (H_4) je pretpostavljeno da će faktor *veličina mete* imati uticaj na ispoljavanje brzine. Dobijenim rezultatima konstatuje se da je ova hipoteza potvrđena, odnosno da je faktor *veličina mete* imao uticaj na ispoljavanje brzine šutnute lopte. Preciznije rečeno, pogađanjem meta manjih dimanzija ostvarene su manje brzine lopte, u poređenju sa pogađanjem meta većih dimenzija.

Petom hipotezom (H_5) je pretpostavljeno da će trenažni program za razvoj brzine imati uticaj na unapređenje brzine šutnute lopte. Kako dobijenim rezultatima nije ostvareno poboljšanje brzine šutnute lopte na finalnom testiranju u poređenju sa inicijalnim, konstatuje se da ova hipoteza nije potvrđena.

Šestom hipotezom (H_6) je pretpostavljeno da će trenažni program za razvoj preciznosti imati uticaj na unapređenje preciznosti šutnute lopte. Analizom dobijenih rezultata se zaključuje da nije ostvarena razlika ostvarenih rezultata preciznosti između grupa, na finalnom mjerenju u poređenju sa inicijalnim, pa se konstatuje da je ova hipoteza nije potvrđena.

Najbitniji rezultati prvog eksperimenta ukazuju na sledeće zaključke: (1) faktor *veličina mete* značajno utiče na *BVG* kao mjeru konzistentnosti udarca, u smislu da se pogađanjem manjih meta ostvaruje bolja konzistentnost; (2) faktor *veličina mete* utiče na ispoljavanje brzine udarca tako što se kod pogađanja meta većih dimenzija ostvaruje veća brzina; (3) faktor *instrukcija* utiče na varijable brzine (*V*, *Vrel*) tako što se kod instrukcija za precizno izvođenje udarca brzina lopte smanjuje u poređenju sa ostvarenom brzinom lopte pri instrukciji za brzo izvođenje udarca; (4) faktor *instrukcija* utiče na mjere preciznosti (*SRG*, *Xsr* i *BVG*) tako što se kod instrukcije za precizno izvođenje ostvaruje manja greška u poređenju sa greškama kod udaraca instrukcijom za brzo izvođenje.

Rezultatima drugog eksperimenta se zaključuje da faktor *instrukcija za gradiranje brzine izvođenja* ima uticaj na gradiranje brzina i na ispoljavanje preciznosti. Najprecizniji udarci se osvaruju pri brzini izvođenja od 74,48% od maksimalne, dok se najkonzistentniji udarci ostvaruju pri brzini izvođenja od 61,22% od maksimalne. Najveća greška preciznosti izvođenja *instep* udarca je zabilježena pri brzinama izvođenja većim od 89,68% od

maksimalne. Dakle, za ostvarivanje bolje konzistentnosti i preciznosti potrebno je optimizovati brzinu izvođenja.

Trećim eksperimentom je ispitivan uticaj primijenjenog trenažnog programa na varijable brzine i preciznosti *instep* udarca. Jednim trenažnim programom za usavršavanje tehnike izvođenja *instep* udarca nastojano je da se poboljša brzina izvođenja, dok se drugim trenažnim programom, takođe preko usavršavanja tehnike udarca, težilo ka unapređenju preciznosti. Ispitanici su instrukcijom za preciznost ostvarili poboljšanje rezultata *SRG*, *CRG*, *BVG* i *X* na finalnom mjerenju u poređenju sa inicijalnim, bez obzira na grupu. Važno je istaći da je poboljšanje preciznosti, tj. smanjenje greške praćeno smanjenjem brzine udarca. Shodno tome, zaključuje se da je trenažnim programom ostvarena optimizacija brzine izvođenja koja je u skladu sa ciljem izvođenja *instep* udarca. Nasuprot ostvarenom poboljšanju preciznosti, ispitanici nijesu ostvarili poboljšanje brzine, nego je čak šta više, zabilježeno smanjenje brzine izvođenja kada se porede inicijalno i finalno mjerenje. Dakle, glavni nalaz eksperimenta je da različiti trenažni programi nijesu imali efekat na eksperimentalne grupe ispitanika, ali je ipak preciznost izvođenja poboljšana na finalnom mjerenju u poređenju sa inicijalnim, bez obzira na grupe, što se može pripisati efektu opšte obuke izvođenja *instep* udarca.

Sublimacijom rezultata sva tri izvedena eksperimenta zaključuje se da se povećanjem brzine izvođenja smanjuje preciznost i obrnuto. Na ispoljenu brzinu izvođenja utiče faktor *veličina mete* i faktor *instrukcija*. Kada je akcenat na preciznosti udarca, brzina se optimizuje, tj. najčešće smanjuje, što za rezultat ima smanjenje greške. Pogađanje manjih meta za posledicu ima manju brzinu udarca, ali i povećanje preciznosti i konzistenosti. Dobijeni rezultati su u skladu sa *Fitsovim* zakonom prema kojem manja meta povećava indeks težine izvođenja što za posledicu ima smanjenje brzine izvođenja i povećanje preciznosti pogodaka.

LITERATURA

- Aagaard, P., Trolle, M., Simonsen, E. B., Bangsbo, J., & Klausen, K. J. (1993). High speed knee extension capacity of soccer players after different kinds of strength straining. In *Science and football II*. E.
- Abernethy, B., Maxwell, J. P., Masters, R. S., Van der Kamp, J., & Jackson, R. C. (2007). Attentional processes in skill learning and expert performance. *Handbook of sport psychology*, 3, 245-263.
- Ali, A. (2011). Measuring soccer skill performance: a review. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 21(2), 170-183.
- Andersen, T. (1999). Collisions in soccer kicking. *Sports Engineering*, 2(2), 121-125.
- Andersen, T. B., & Dörge, H. C. (2011). The influence of speed of approach and accuracy constraint on the maximal speed of the ball in soccer kicking. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 21(1), 79-84.
- Anthrakidis, N., Skoufas, D., Lazaridis, S., & Zaggelidis, G. (2008). Relationship between muscular strength and kicking performance. *Physical training*, 10(2).
- Ball, K. (2008). Foot interaction during kicking in Australian rules football. *Science and football VI*, 36-40.
- Barfield, R. W., Kirkendall, T. D. & Yu, B. (2002). Kinematic instep kicking differences between elite female and male soccer players. *Journal of Sport Science and Medicine*, 72-79.
- Bernstein, N. A. (1967). *The coordination and regulation of movements*. New York: Pergamon.
- Berjan, B. (2013). *Evaluacija uspešnosti balističkih pokreta – varijable za procenu preciznosti i brzine šuta*. Doktorska disertacija.
- Bizzi, E., Hogan, N., & Mussa-Ivaldi F. A. (1992). Does the nervous system use equilibrium-point control to guide single and multiple joint movements? *Behavioral and Brain Sciences*, 15(4), 603- 613.
- Bootsma, R. J., Marteniuk, R. G., MacKenzie, C. L., & Zaal, F. T. (1994). The speed-accuracy trade-off in manual prehension: effects of movement amplitude, object

- size and object width on kinematic characteristics. *Experimental brain research*, 98(3), 535-541.
- Broadbent, D. E. (1958, 1998). *Perception and communication*. London: Pergamon Press.
- Button, C., MacLeod, M., Sanders, R., & Coleman S. (2003). Examining movement variability in the basketball free-throw action at different skill levels. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 74(3), 257-269.
- Burger, W., & Burge, M. J. (2009). *Digital image processing: an algorithmic introduction using Java*. Springer Science & Business Media.
- Carson, R. G., Goodman, D., Chua, R., & Elliott, D. (1993). Asymmetries in the regulation of visually guided aiming. *Journal of motor behavior*, 25(1), 21-32.
- Cauraugh, J. H., Gabert, T. E., White, J. J., (1990). Tennis serving velocity and accuracy. *Perceptual and Motor Skills*, 70(3), 719-722.
- Cometti, G., Maffiuletti, N. A., Pousson, M., Chatard, J. C., & Maffulli, N. (2001). Isokinetic strength and anaerobic power of elite, subelite and amateur French soccer players. *International journal of sports medicine*, 22(1), 45-51.
- Chua, R., & Elliott, D. (1993). Visual regulation of manual aiming. *Human Movement Science*, 12(4), 365-401.
- Crossman, E. R. F. W., & Goodeve, P. J. (1983). Feedback control of hand-movement and Fitts' law. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 35(2), 251-278.
- Day, P. (1987). A biomechanical analysis of the development of the mature kicking pattern in soccer. Unpublished BSc thesis, Liverpool Polytechnic.
- De Proft, E., Cabri, J., Dufour, W., & Clarys, J. P. (1988). Strength training and kick performance in soccer players. *Science and football*, 11, 108-114.
- Dick, W., Carey, L., & Carey, J. O. (2001). *The systematic design of instruction*, (Vol. 5). New York: Longman.
- Dörge, H. C., Andersen, T., Sørensen, H., Simonsen, E. B., Aagaard, H., Dyhre-Poulsen, P., & Klausen, K. (1999). EMG activity of the iliopsoas muscle and leg kinetics during the soccer place kick. *Scandinavian journal of medicine and science in sports*, 9(4), 195-200.

- Dörge, H. C., Andersen, T. B., Sørensen, H., & Simonsen, E. B. (2002). Biomechanical differences in soccer kicking with the preferred and the non-preferred leg. *Journal of sports sciences*, 20(4), 293-299.
- Dyhre-Poulsen, P., Simonsen, E. B., & Voigt, M. (1991). Dynamic control of muscle stiffness and H reflex modulation during hopping and jumping in man. *The Journal of Physiology*, 437, 287.
- Dutta, P., & Subramaniam, S. (2002). Effect of six weeks of isokinetic strength training combined with skill training on soccer kicking performance. *Science and soccer IV*, 334-340.
- Eklom, B. (1994). *Handbook of sports medicine and science, Football (Soccer)*. Wiley-Blackwell.
- Elliott, D., Lyons, J., & Dyson K., (1997). Rescaling an acquired discrete aiming movement: Specific or general motor learning? *Human Movement Science*. 16(1), 81-96.
- Engelhorn, R. (1983). Agonist and antagonist muscle EMG activity pattern changes with skill acquisition. *Research quarterly for exercise and sport*, 54(4), 315-323.
- Etnyre, B. R. (1998). Accuracy characteristics of throwing as a result of maximum force effort. *Perceptual and Motor Skills*, 86(3c), 1211-1217.
- Finnoff, J. T., Newcomer, K., & Laskowski, E. R. (2002). A valid and reliable method for measuring the kicking accuracy of soccer players. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 5(4), 348-353.
- Fitts, P. M., & Peterson, J. R. (1964). Information capacity of discrete motor responses. *Journal of experimental psychology*, 67(2), 103.
- Gheidi, N., & Sadeghi, H. (2010). Kinematic comparison of successful and unsuccessful instep kick in indoor soccer. *American Journal of Applied Sciences*, 7(10), 1334-40.
- Glover, S., & Dixon, P. (2001). The role of vision in the on-line correction of illusion effects on action. *Canadian Journal of Experimental Psychology/Revue canadienne de psychologie expérimentale*, 55(2), 96.
- Goodale, M. A., & Milner, A. D. (1992). Separate visual pathways for perception and action. *Trends in neurosciences*, 15(1), 20-25.

- Goodale, M. A., & Humphrey, G. K. (2001). Chapter Ten: Separate Visual Systems for Action and Perception.
- Godik, H., Fales, I., & Blashak, I. (2003). Changing the kicking accuracy of soccer players depending on the type, value and aims of training and competitive loads. *Science and Football II*, 254.
- Hancock, G. R., Butler, M. S., & Fischman, M. G. (1995). On the problem of two-dimensional error scores: Measures and analyses of accuracy, bias, and consistency. *Journal of Motor Behavior*, 27(3), 241-250.
- Haffenden, A. M., & Goodale, M. A. (1998). The effect of pictorial illusion on prehension and perception. *Cognitive Neuroscience, Journal of*, 10(1), 122-136.;
- Haffenden, A. M., Schiff, K. C., & Goodale, M. A. (2001). The dissociation between perception and action in the Ebbinghaus illusion: Nonillusory effects of pictorial cues on grasp. *Current Biology*, 11(3), 177-181.
- Ilić, D. (1999). *Motorna kontrola i učenje brzih pokreta*. Zadužbina Andrejević.
- Ilić, D., & Mrdakovic, V. (2009). *Neuromehaničke osnove pokreta*.
- Indermill, C., & Husak, W. S. (1984). Relationship between speed and accuracy in an over-arm throw. *Perceptual and motor skills*, 59(1), 219-222.
- Isokawa, M., & Lees, A. (1988). A biomechanical analysis of the instep kick motion in soccer. *Science and football*, 1, 449-455.
- Jagacinski, R. J., Repperger, D. W., Moran, M. S., Ward, S. L., & Glass, B. (1980). Fitts' law and the microstructure of rapid discrete movements. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 6(2), 309.
- Jelusic, V., Jaric, S., & Kukolj, M. (1992). Effects of the stretch-shortening strength training on kicking performance in soccer players. *Journal of Human Movement Studies*, 22(6), 231-238.
- Van Der Kamp, J. (2006). A field simulation study of the effectiveness of penalty kick strategies in soccer: late alterations of kick direction increase errors and reduce accuracy. *Journal of sports sciences*, 24(05), 467-477.

- Karst, G. M., & Hasan, Z. (1991). Timing and magnitude of electromyographic activity for two-joint arm movements in different directions. *Journal of Neurophysiology*, 66(5), 1594-1604.
- Kellis, E., Katis, A., & Gissis I. (2004). Knee biomechanics of the support leg in soccer kick from three angles of approach. *American college of sports medicine*: 1017-1028.
- Kelis, E., & Katis, A. (2007). Biomechanical characteristics and determinants of instep soccer kick. *Journal of Sport Science and Medicine*: 154-165.
- Koyuncu, M. (2011). Broadbent's cognitive approach and its effect on motor performance in sports. *Psychology*, 2(5), 472.
- Khorasani, M., Osman, N., & Yusof, A. (2009). Biomechanical responds of instep kick between different positions in professional soccer players. *Journal of Human Kinetics*, 22, 21-27.
- Khorasani, A. M., Osman, N., & Yusof, A. (2010). Kinematics analysis: number of trials necessary to achieve performance stability during soccer instep kicking. *Journal of Human Kinetics*, 23, 15-19.
- Kristensen, B. L. & Andersen B. T. (2009). Effect of approach velocity in soccer kicking. *Science and football*: 47-49.
- Kyröläinen, H., & Komi, P. V. (1995). The function of neuromuscular system in maximal stretch-shortening cycle exercises: comparison between power and endurance trained athletes. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 5(1), 15-25.
- Lees, A., & Nolan, L. (1998). The biomechanics of soccer: A review. *Journal of Sport Science*: 211-234.
- Lees, A., & Nolan, L. (2002). Three-dimensional kinematic analysis of the instep kick under speed and accuracy conditions. *Science and football IV*, 16-21.
- Lees, A. (2008). The biomechanics of football skills. *Science and football VI*: 11-17.
- Levanon, J., & Dapena J. (1998). Comparison of the kinematics of the full-instep and pass kicks in soccer. *Medicine and science in sports and exercise*, 30(6), 917-927.
- Luhtanen, P. (1988). Kinematics and kinetics of maximal instep kicking in junior soccer players. *Science and football*: 441-448.

- Manolopoulos, E., Papadopoulos, C., Salonikidis, K., & Katartzi E. (2004). Strength training effects on physical conditioning and instep kick kinematics in young amateur soccer players during preseason. *Perceptual and Motor skills*, 99, 701-710.
- Manolopoulos, E., Papadopoulos, C., & Kellis, E. (2006). Effects of combined strength and kick coordination training on soccer kick biomechanics in amateur players. *Scandinavian journal of medicine and science in sports*, 16(2), 102-110.
- Marchant, D. C. (2011). Attentional focusing instructions and force production. *Frontiers in psychology*, 1(210), 1-9.
- Mishkin, M., Ungerleider, L. G., & Macko, K. A. (1982). Object vision and spatial vision: two cortical pathways. *Trends in neurosciences*, 6, 414-417.
- Miyaguchi, K., & Demura, S. (2008). Lateral dominance of stretch-shortening cycle performance in unilateral and bilateral athletes. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 48(1), 24.
- Miyaguchi, K., & Demura, S. (2008). Relationships between stretch-shortening cycle performance and maximum muscle strength. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(1), 19-24.
- Mohr, M., Krstrup, P., & Bangsbo, J. (2003). Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *Journal of sports sciences*, 21(7), 519-528.
- Naito, K., Fukui Y. & Maruyama, T. (2010). Multijoint kinetic chain analysis of knee extension during the soccer instep kick. *Human movement science*: 259-276.
- Narici, M., Sirtori, M., Mognoni, P., Reilly, T., Lees, A., Davids, K., & Murphy, W.J. (1988) *Science and Football. Maximal ball velocity and peak torques of hip flexor and knee extensor muscles*. London. E and FN Spon.
- Nelson, K. (1998). *Language in cognitive development*. Cambridge University press.
- Nunome, H., Asai, T., Ikegami, Y., & Sakurai, S. (2002). Three-dimensional kinetic analysis of side-foot and instep soccer kicks. *Medicine and science in sports and exercise*, 34(12), 2028-2036.

- Nunome, H., Ikegami, Y., Kozakai, R., Apriantono, T., & Sano, S. (2006). Segmental dynamics of soccer instep kicking with the preferred and non-preferred leg. *Journal of sports sciences*, 24(05), 529-541.
- Opavsky, P. (1987). An investigation of linear and angular kinematics of the leg during two types of soccer kick. In *Science and Football: Proceedings of the First World Congress of Science and Football Liverpool*, 13-17th April 1987. Routledge.
- Plagenhoef, S. (1971). *Patterns of human motion: A cinematographic analysis*. Prentice Hall.
- Perez-Gomez, J., Olmedillas, H., Delgado-Guerra, S., Royo, I. A., Vicente-Rodriguez, G., Ortiz, R. A., & Calbet, J. A. (2008). Effects of weight lifting training combined with plyometric exercises on physical fitness, body composition, and knee extension velocity during kicking in football. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 33(3), 501-510.
- Roberts, E. M., Zernicke, R. F., Youm, Y., & Huang, T. C. (1974). Kinetic parameters of kicking. *Biomechanics IV*, 157-162.
- Rogers, W. A., Rousseau, G. K., & Fisk, A. D. (1999). Applications of attention research. *Handbook of applied cognition*, 33-55.
- Schmidt, R. A., & Lee, T. D. (1988). *Motor control and learning*. Human kinetics.
- Schmidt, R. A., & Lee, T. D. (2005). Sensory contributions to motor control. *Motor Control and Learning: A Behavioural Emphasis*, 4, 125-162.
- Shan, G., & Zhang, X. (2011). From 2D leg kinematics to 3D full-body biomechanics-the past, present and future of scientific analysis of maximal instep kick in soccer. *Sports Medicine, Arthroscopy, Rehabilitation, Therapy and Technology*, 3(1), 1.
- Scurr, J., & Hall B. (2009). The Effects of Approach Angle on Penalty Kicking Accuracy and Kick Kinematics with Recreational Soccer Players. *Journal of Sports Science and Medicine*, 8, 230 – 234.
- Sterzing, T., Kroihner, J., & Hennig, E. M. (2008). Kicking velocity: Barefoot kicking superior to shod kicking? *Science and football VI*, 50-56.

- Strojnik, V., & Komi, P. V. (1998). Neuromuscular fatigue after maximal stretch-shortening cycle exercise. *Journal of Applied Physiology*, 84(1), 344-350.
- Teixeira, L. (1999). Kinematics of kicking as a function of different sources of constraint on accuracy. *Perceptual and Motor Skills*, 88, 785-789.
- Trevarthen, C. B. (1968). Two mechanisms of vision in primates. *Psychologische Forschung*, 31(4), 299-337.
- Tsaousidis, N., & Zatsiorsky, V. (1996). Two types of ball-effector interaction and their relative contribution to soccer kicking. *Human Movement Science*, 15(6), 861-876.
- Young, W., & Rath, D. (2011). Enhancing foot velocity in football kicking: the role of strength training. *Journal of strength and conditioning research*, 561-566.
- Van den Tillaar, R., & Ettema, G. (2003). Influence of instruction on velocity and accuracy of overarm throwing. *Perceptual and motor skills*, 96(2), 423-434.
- Van den Tillaar R., & Ulvik A., (2014). Influence of instruction on velocity and accuracy in soccer kicking of experienced soccer players. *Journal of motor behavior*, 46(5), 287-291.
- Weineck, J. (1997). *Coaching soccer-Conditioning*. Thessaloniki: Edition Salto.
- Wesson, J. (2002). *The science of soccer*. CRC Press.
- Wickstrom, R. L. (1975). Developmental kinesiology: maturation of basic motor patterns. *Exercise and sport sciences reviews*, 3(1), 163-192.
- Wing, A. M., Turton, A., & Fraser, C. (1986). Grasp size and accuracy of approach in reaching. *Journal of motor behavior*, 18(3), 245-260.
- Wulf, G. (2007). Attentional focus and motor learning: A review of 10 years of research. *E-journal Bewegung und Training*, 1(2-3), 1-11.
- Zehr, E. P., & Sale, D. G. (1994). Ballistic movement: muscle activation and neuromuscular adaptation. *Canadian journal of applied physiology*, 19(4), 363-378.
- Zelaznik, H. N., Schmidt, R. A., & Gielen, S. C. (1986). Kinematic properties of rapid aimed hand movements. *Journal of Motor Behavior*, 18(4), 353-372.

BIOGRAFIJA AUTORA

Mr Bojan Rakojević je profesor fizičkog vaspitanja u O.Š. "Luka Simonović" u Nikšiću. Rođen je 25.01.1980. god. u Nikšiću. Diplomirao je 2005.god. na Fakultetu fizičke kulture u Nikšiću na temu: "Razlike motoričkih sposobnosti fudbalera omladinskog uzrasta i učenika srednje škole". Magistrirao je na Fakultetu sporta i fizičkog vaspitanja u Beogradu na temu: "Uticaj specifičnih fudbalskih sposobnosti na uspješnost fudbalera omladinskog uzrasta".

Svoja naučna i stručna usavršavanja realizovao je u okviru Nacionalne sportske akademije "Vassil Levski" Sofija i Instituta za sport Olimpijskog komiteta Italije (CONI Servici) Rim.

Od 2005.god. zaposlen je u O.Š. "Luka Simonović", u Nikšiću, na mjestu nastavnika fizičkog vaspitanja. Sa fudbalskim, košarkaškim i rukometnim sekcijama osvajao je brojna prva i druga mjesta na državnim takmičenjima, za šta je 2011. god. nagrađen posebnim priznanjem od strane Crnogorskog Sportskog školskog saveza za "Izuzetan doprinos razvoju školskog sporta". Od 2008. god. do 2010. god. radio je kao kondicioni trener seniorske ekipe karate kluba "Budućnost" iz Podgorice. Aktivno se bavio fudbalom, skijanjem i ronjenjem. Posjeduje međunarodne licence instruktora ronjenja i skijanja.

Pregledom dosadašnjih stručnih i naučnih publikacija uočava se da je predmet interesovanja usmjeren na izučavanje sposobnosti fudbalera različitog uzrasta. Pored diplomskog i magistarskog rada objavio je i nekoliko stručnih i naučnih radova koji su povezani sa fudbalom:

Rakojević, B. Identifikacija talenata u fudbalu. V međunarodna naučna konferencija Crnogorske sportske akademije. Sport mont. 2008. (195-200).

Rakojević, B. Uticaj treninga na razlike motoričkih sposobnosti učenika srednje škole i fudbalera omladinskog uzrasta. VIII međunarodna naučna konferencija Crnogorske sportske akademije. Sport mont. 2011. (195-200).

Rakojević, B., Leontijević, B., Janković, A. Procjena stepena diskriminativnosti testova udaraca na gol primijenjenih na fudbalerima omladinskog uzrasta. Godišnjak, FSFV. 2016. (195-202).

Rakojević, B., Leontijević, B., Janković, A. "Validizacija testova za procjenu brzine vođenja lopte kod fudbalera omladinskog uzrasta" (priređen i poslat na objavljivanje)

Rakojević, B., Mrdaković, V. Uticaj različitih faktora na ispoljavanje brzine i preciznosti kod udarca lopte prednjim dijelom stopala. Aktuelno u praksi, Pokrajinski zavod za sport i medicinu sporta. 2015.

Kontakt:

rakojevic@t-com.me

PRILOZI

Prilog 1.

Izjava o autorstvu

Potpisani **Bojan Rakojević**

Izjavljujem

Da je doktorska disertacija pod naslovom

EFEKTI BRZINE IZVOĐENJA I ŠIRINE METE NA OSTVARENU PRECIZNOST ŠUTA U FUDBALU

- Rezultat sopstvenog istraživačkog rada,
- Da predložena disertacija u cjelini ni djelovima nije bila predložena za dobijanje bilo koje diplome prema studijskim programima drugih visokoškolskih ustanova,
- Da su rezultati korektno navedeni i
- Da nijesam kršio autorska prava i koristio intelektualnu svojinu drugih lica.

Potpis doktoranda

U Beogradu, 17.maj 2016.

Bojan Rakojević

Prilog 2.

Izjava o istovetnosti štampane i elektronske verzije doktorskog rada

Ime i prezime autora **Bojan Rakojević**

Naslov rada **EFEKTI BRZINE IZVOĐENJA I ŠIRINE METE NA OSTVARENU PRECIZNOST ŠUTA U FUDBALU**

Mentor: **Doc. Dr Vladimir Mrdaković**

Potpisani **Bojan Rakojević**

Izjavljujem da je štampana verzija mog doktorskog rada istovetna elektronskoj verziji koju sam predao za objavljivanje na portalu **Digitalnog repozitorijuma Univerziteta u Beogradu**.

Dozvoljavam da se objave moji lični podaci vezani za dobijanje akademskog zvanja doktora nauka, kao što su ime i prezime, godina i mesto rođenja i datum odbrane rada.

Ovi lični podaci mogu se objaviti na mrežnim stranicama digitalne biblioteke, u elektronskom katalogu i u publikacijama Univerziteta u Beogradu.

Potpis doktoranda

U Beogradu, 17.maj 2016.

Bojan Rakojević

Prilog 3.

Izjava o korišćenju

Ovlašćujem Univerzitetsku biblioteku „Svetozar Marković“ da u Digitalni repozitorijum Univerziteta u Beogradu unese moju doktorsku disertaciju pod naslovom:

Efekti brzine izvođenja i širine mete na ostvarenu preciznost šuta u fudbalu

koja je moje autorsko delo.

Disertaciju sa svim prilogima predao sam u elektronskom formatu pogodnom za trajno arhiviranje.

Moju doktorsku disertaciju pohranjenu u Digitalni repozitorijum Univerziteta u Beogradu mogu da koriste svi koji poštuju odredbe sadržane u odabranom tipu licence Kreativne zajednice (Creative Commons) za koju sam se odlučio.

1. Autorstvo
2. Autorstvo – nekomercijalno
3. Autorstvo – nekomercijalno – bez prerade
4. Autorstvo – nekomercijalno – deliti pod istim uslovima
5. Autorstvo – bez prerade
6. Autorstvo – deliti pod istim uslovima

(Molimo da zaokružite samo jednu od šest ponuđenih licenci, kratak opis licenci dat je na poledini lista).

Potpis doktoranda

U Beogradu, 17.maj 2016.

Bojan Rakojević

1. Autorstvo - Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje djela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence, čak i u komercijalne svrhe. Ovo je najslobodnija od svih licenci.

2. Autorstvo – nekomercijalno. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje djela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence. Ova licenca ne dozvoljava komercijalnu upotrebu djela.

3. Autorstvo - nekomercijalno – bez prerade. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje djela, bez promjena, preoblikovanja ili upotrebe djela u svom djelu, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence. Ova licenca ne dozvoljava komercijalnu upotrebu djela. U odnosu na sve ostale licence, ovom licencom se ograničava najveći obim prava korišćenja dela.

4. Autorstvo - nekomercijalno – dijeliti pod istim uslovima. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje djela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence i ako se prerada distribuira pod istom ili sličnom licencom. Ova licenca ne dozvoljava komercijalnu upotrebu djela i prerada.

5. Autorstvo – bez prerade. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje djela, bez promjena, preoblikovanja ili upotrebe djela u svom djelu, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence. Ova licenca dozvoljava komercijalnu upotrebu djela.

6. Autorstvo - dijeliti pod istim uslovima. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje djela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence i ako se prerada distribuira pod istom ili sličnom licencom. Ova licenca dozvoljava komercijalnu upotrebu djela i prerada. Slična je softverskim licencama, odnosno licencama otvorenog koda.