Učinci različite količine i vrste povratnih informacija u procesu učenja skoka u dalj

Puklavec, Aleksandar

Doctoral thesis / Disertacija

2021

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

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:117:088830

Rights / Prava: Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International/Imenovanje-Nekomercijalno-Bez prerada 4.0 međunarodna

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-24**

Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Kinesiology, University of Zagreb - KIFoREP

Sveučilište u Zagrebu

KINEZIOLOŠKI FAKULTET

Aleksandar Puklavec

UČINCI RAZLIČITE KOLIČINE I VRSTE POVRATNIH INFORMACIJA U PROCESU UČENJA SKOKA U DALJ

DOKTORSKI RAD

Zagreb, 2021.

University of Zagreb

FACULTY OF KINESIOLOGY

Aleksandar Puklavec

EFFECTS OF DIFFERENT AMOUNT AND TYPE OF FEEDBACK IN THE PROCESS OF LEARNING LONG JUMP

DOCTORAL THESIS

Zagreb, 2021.

Sveučilište u Zagrebu

KINEZIOLOŠKI FAKULTET

Aleksandar Puklavec

UČINCI RAZLIČITE KOLIČINE I VRSTE POVRATNIH INFORMACIJA U PROCESU UČENJA SKOKA U DALJ

DOKTORSKI RAD

Mentori:

Izv. prof. dr. sc. Pavle Mikulić

Prof. dr. sc. Ljubomir Antekolović

Zagreb, 2021.

University of Zagreb

FACULTY OF KINESIOLOGY

Aleksandar Puklavec

EFFECTS OF DIFFERENT AMOUNT AND TYPE OF FEEDBACK IN THE PROCESS OF LEARNING LONG JUMP

DOCTORAL THESIS

Supervisors:

Associate Professor Pavle Mikulić, PhD

Full Professor Ljubomir Antekolović, PhD

Zagreb, 2021.

INFORMACIJE O MENTORIMA

Dr. sc. Pavle Mikulić, izvanredni profesor Kineziološkog fakulteta u Zagrebu, rođen je 1976. godine u Zagrebu gdje je završio osnovnu školu i prva tri razreda prirodoslovno-matematičke gimnazije. Četvrti razred gimnazije završio je u SAD-u. Na Fakultetu za fizičku kulturu, odnosno Kineziološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, diplomirao je 2001., magistrirao 2004. i doktorirao 2006. godine. Akademske godine 2009./2010. obavio je postdoktorsko usavršavanje pri Zavodu za kineziologiju Sveučilišta Penn State (SAD), uz potporu Hrvatske zaklade za znanost.

Pri Kineziološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu nositelj je predmeta Motorička kontrola na Sveučilišnom integriranom studiju kineziologije i predmeta Kontrola ljudskog pokreta – neurofiziološki aspekti na Sveučilišnom doktorskom studiju kineziologije. Suvoditelj je Laboratorija za motoričku kontrolu i izvedbu u kojem sa suradnicima provodi istraživanja funkcije i transformacije živčanomišićnog sustava čovjeka.

Objavio je >50 znanstvenih radova u vodećim međunarodnim znanstvenim časopisima u području kineziologije. Radovi koje je objavio citirani su >900 puta (Web of Science, Scopus), odnosno >1800 puta (Google Scholar). Bio je recenzentom 20-ak vodećih međunarodnih znanstvenih časopisa iz područja kineziologije. Bio je mentorom više od 20 magistara kineziologije i mentorom troje doktora znanosti. Član je panela Hrvatske zaklade za znanost za procjenu projektnih prijedloga u području Znanosti o životu.

Dr. sc. Ljubomir Antekolović, redoviti profesor Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, rođen je 1973. godine u Varaždinu. Fakultet za fizičku kulturu u Zagrebu upisao je 1992., a diplomirao 1997. godine. Na istom je fakultetu upisao poslijediplomski studij za znanstveno usavršavanje iz kineziologije, magistrirao 2002. te doktorirao 2007. godine.

U znanstveno-nastavno zvanje docent na predmetu Atletika bira se 2008. godine, u zvanje izvanredni profesor izabran je 2013. godine te postaje redoviti profesor 2019. godine. Trenutno je nositelj predmeta Atletika – bacanja i skokovi i voditelj Laboratorija za audiovizualne tehnologije u kineziologiji.

Sudjelovao je na domaćim i međunarodnim znanstveno-stručnim konferencijama, objavio više od 40 znanstvenih radova. Objavio je jedan priručnik, sudjelovao u pisanju dva poglavlja znanstvene monografije, recenzirao znanstvene članke za domaće i strane časopise te međunarodne znanstvene konferencije. Sudjelovao je na tri znanstvena projekta iz područja biomehanike „Sustav za biomehaničku analizu u sportu“, „Biomehanička optimalizacija sportskih tehnika“, i „Biomehanička efikasnost vrhunskih hrvatskih sportaša“. Bio je mentor za više od 30 magistara kineziologije i mentor u 3 postupka stjecanja doktorata znanosti iz polja kineziologije.

ZAHVALA

„The only victory that counts is the one over yourself.“

Jesse Owens

Zahvaljujem svojim mentorima izv. prof. dr. sc. Pavli Mikuliću i prof. dr. sc. Ljubomiru Antekoloviću koji su svojim znanjem, iskustvom i nemjerljivom energijom omogućili završetak moje disertacije.

Zahvaljujem kolegama, Kristini Horvat, prof. i Anti Čondi, prof., koji su svojim predanim radom omogućili provedbu eksperimentalnog dijela disertacije.

Posebno se zahvaljujem svojim roditeljima, majci Nadi i ocu Josipu, koji su mi pružali podršku tijekom cijelog školovanja te sestri Anamariji koja je pomogla u lekturi ove disertacije.

Disertaciju posvećujem svojim najdražima – Martini i malom Vedranu. Vaša ljubav je uvelike olakšala i najteže dane proteklih godina.

SAŽETAK

Temeljni cilj ove disertacije bio je ispitati utjecaj različite količine i vrsta povratnih informacija (PI) u procesu usvajanja tehnike skoka u dalj kod učenika osnovne škole. Dodatni cilj bio je utvrditi povezanost kinematičkih parametara i duljine skoka u dalj. Osamdeset i osam učenika i učenica, starosti (AS ± SD) 11,3 ± 0,5 godina, bez prethodnog iskustva u treningu skoka u dalj, raspodijeljeno je u jednu od četiriju skupina ispitanika koje su dobivale PI: (1) verbalno u odnosu na ključne greške, (2) verbalno i vizualno u odnosu na ključne greške, (3) verbalno i vizualno nakon svakog pokušaja, ili (4) nisu primale PI – kontrolna grupa. Eksperimentalni tretman je trajao 8 tjedana i bio organiziran u sklopu redovne nastave tjelesne i zdravstvene kulture, dva puta tjedno. Duljina skoka i relevantni kinematički parametri skoka u dalj izmjereni su prije i nakon eksperimentalnog tretmana. Rezultati istraživanja nisu potvrdili postavljenu hipotezu kojom je pretpostavljeno da će metoda učenja u kojoj učenik dobiva PI u smanjenoj količini proizvesti najbolje učinke. Jedina statistički značajna razlika u duljini skoka izračunata je između kontrolne grupe, koja je ostvarila napredak od 14 centimetara, i grupe koja je primala verbalne i vizualne PI nakon svakog pokušaja, a koja je ostvarila napredak od 41 centimetra. Djelomično je potvrđena hipoteza kako će kinematički parametri razlikovati grupe ispitanika, odnosno, da će vizualne PI u kombinaciji s verbalnim imati bolji učinak na izvedbu u usporedbi sa samo verbalnim PI. Iako promjene u različitim kinematičkim parametrima unutar grupa i razlike između grupa nisu sustavne, dio promjena moguće je pripisati utjecaju eksperimentalnog tretmana. Razlog takvog ishoda je kompleksna međusobna povezanost kinematičkih parametara i duljine skoka, te se u tom slučaju može govoriti o optimizaciji kinematičkih parametara. U potpunosti je prihvaćena hipoteza o povezanosti kinematičkih parametara i duljine skoka. Očekivano, najveću povezanost s duljinom skoka imala je varijabla brzina težišta tijela na početku odraza (r = 0,91) u finalnom mjerenju. Regresijskom analizom je potvrđena međusobna povezanost kinematičkih parametra i duljine skoka. Zaključeno je kako djeca osnovnoškolske dobi prilikom usvajanja kompleksne motoričke vještine bolje napreduju ukoliko primaju učestale verbalne i vizualne PI (nakon svakog pokušaja) u usporedbi s reduciranim PI (u odnosu na ključne greške). Također je zaključeno kako su relevantni kinematički parametri značajno međusobno povezani i značajno povezani s duljinom skoka. Rezultati ovog istraživanja upućuju na preporuku kako je u početnim fazama usvajanja složene motoričke vještine kod djece potrebno koristiti učestalije PI, a samu zavisnost o istim potrebno je prevenirati postupnim reduciranjem PI. Također, kombiniranjem verbalnih i vizualnih PI

može se ostvariti dodatni učinak u optimizaciji strukture kretanja prilikom savladavanja složene motoričke vještine.

Ključni pojmovi: motoričko učenje, reducirane povratne informacije, kinematika, poznavanje izvedbe.

ABSTRACT

The aim of this study was to examine the acquisition of the long jump skill in elementary school children using augmented feedback of varying type and frequencies. The secondary objective was to determine the relationship between the kinematic parameters of the long jump and the distance achieved. Eighty-eight boys and girls aged (mean ± SD) 11,3 ± 0,5 years, without any prior experience in long jump skill acquisition, were assigned to one of four study groups: (1) receiving only verbal feedback on key errors, (2) receiving both verbal and video feedback on key errors, (3) receiving both verbal and video feedback on all trials, and (4) receiving no feedback – control group. The experimental treatment lasted 8 weeks and was organized as part of regular physical education, twice a week. The long jump distance and relevant kinematic variables were recorded before and after the training intervention. The results of this study did not confirm the hypothesis that reduced (bandwidth) feedback would have the best effect on to the long jump skill acquisition. The only statistically significant difference in jump distance occurred between the control, which progressed 14 centimeters, and the group receiving 100% relative frequency of feedback, which reached progression of 41 centimeters. The hypothesis that the kinematic parameters would differentiate the groups and that verbal and visual feedback together would be more useful to the students than verbal feedback alone was partially accepted. Although the changes of different kinematic parameters within the groups and the differences between the groups are not systematic, changes in some variables can be described as the influence of experimental treatment. Such an outcome is possible due to the complex relations between kinematic variables and jump distance, and positive effects are shown in the optimization of these parameters. The hypothesis about relationships between kinematic parameters of the long jump and distance achieved was fully accepted. As expected, the strongest correlation coefficient was recorded between the variable velocity of the body's center of gravity at the beginning of the take-off (r = 0,91), in the final testing. Regression analysis was conducted to confirm the results of correlation analysis. It was concluded that, when learning a complex motor skill in a typical physical education setting, elementary school children are likely to benefit the most when receiving frequent feedback (both verbal and using video analysis, focusing on all trials) as compared to when receiving bandwidth feedback. It was also concluded that the kinematic parameters of the long jump are significantly related and significantly related to the distance achieved. The results of this study suggest that frequent augmented feedback should be used when children acquire complex motor

skills for the first time. In addition, it is best to prevent dependence on such feedback by reducing augmented feedback gradually. The combination of verbal feedback with visual feedback can also have an additional effect in optimizing movement patterns in the acquisition of a complex motor skill.

Keywords: motor learning, reduced feedback, kinematics, knowledge of performance.

Sadržaj

1. UVOD U PROBLEM ……. 1
   1.1. Motoričko učenje i motorička vještina …… 1
   1.2. Povratne informacije u procesu motoričkog učenja …… 6
      1.2.1. Reducirane povratne informacije …….. 8
      1.2.2. 100% relativna frekvencija povratnih informacija …… 13
      1.2.3. Povratne informacije i djeca ……. 16
   1.3. Skok u dalj ……... 17
2. CILJEVI I HIPOTEZE ISTRAŽIVANJA …….. 26
3. METODE ISTRAŽIVANJA …….. 27
   3.1. Ispitanici …….. 27
   3.2. Varijable …….. 27
   3.3. Opis postupka mjerenja ……... 31
      3.3.1. Prikupljanje videozapisa za kinematičku analizu ……. 32
      3.3.2. Kinematička analiza skokova …… 33
   3.4. Utvrđivanje ključnih grešaka skoka u dalj …….. 34
   3.5. Eksperimentalni tretman …….. 35
   3.6. Metode analize podataka ……. 41
4. REZULTATI …….. 43
   4.1. Deskriptivna statistika ……. 43
   4.2. Razlike između grupa u inicijalnom mjerenju …… 46
   4.3. Učinci eksperimentalnog tretmana …….. 47
      4.3.1. Duljina skoka u dalj …….. 50
      4.3.2. Parametri brzine odraza …… 51
      4.3.3. Prostorni parametri odraza …… 56
   4.4. Korelacijska analiza …… 64
      4.4.1. Korelacijska analiza na rezultatima inicijalnog mjerenja ……. 65
      4.4.2. Korelacijska analiza na rezultatima finalnog mjerenja ……. 66
      4.4.3. Korelacijska analiza na razlikama rezultata …….. 67
   4.5. Regresijska analiza …….. 72
5. RASPRAVA ……... 77
   5.1. Deskriptivna statistika ……. 77

5.2. Učinci eksperimentalnog tretmana …….. 79
5.3. Povezanost kinematičkih parametara i duljine skoka …….. 88
5.4. Testiranje hipoteza …….. 92
5.5. Ograničenja istraživanja …….. 93
5.6. Praktične preporuke ……. 94
6. ZAKLJUČAK ……. 96
7. LITERATURA ……... 99
8. ŽIVOTOPIS AUTORA S POPISOM OBJAVLJENIH DJELA …… 111

1. UVOD U PROBLEM

1.1. Motoričko učenje i motorička vještina

Čovjek je biće stvoreno za kretanje. Prve pokrete čovjek će učiniti prije svojeg rođenja i nakon što preživi stres dolaska u novi svijet svakim danom će usvajati nove pokrete. Isprva one bazične poput valjanja, sjedenja, puzanja, hvatanja, stajanja ili hodanja. U početku će ti pokreti biti nespretni i grubi u svojoj strukturi, međutim s vremenom postaju sigurniji i osnova za nadogradnju složenijih pokreta poput pisanja ili upravljanja automobilom. Proces usavršavanja pokreta se kreće od običnog pomicanja ruke kako bi se omogućilo sisanje palca do udarca loptice reketom vrhunskog igrača tenisa ili prebiranja žica svjetski poznatog violinista.

Proces stjecanja motoričkih vještina, poboljšavanja izvedbe stečenih ili već usavršenih motoričkih vještina nazivamo motoričko učenje (Magill i Anderson, 2014). Horga (2009) pojam motoričkog učenja definira kao: „proces formiranja motoričke vještine, koju možemo ukratko definirati kao sposobnost glatkog i skladnog izvođenja nekog motoričkog zadatka“ (str. 208). Samo motoričko učenje podrazumijeva bihevioralne promjene koje nastaju uslijed procesa kodiranja motoričke memorije, za vrijeme, ali i nakon uvježbavanja određenih motoričkih zadataka (Kantak i Winstein, 2012). Prema Horgi (2009), o samom procesu motoričkog učenja može se govoriti kao o: „relativno nezavisnom i samosvojnom procesu u odnosu na druge tipove učenja i na rješavanje problema, iako formalno, na konceptualnoj razini višeg reda, pripadaju istoj kategoriji psihičkih procesa“ (str. 209).

Motoričku vještinu možemo poimati na dva načina: 1. kao zadatak ili 2. prema stupnju usavršenosti zadatka. Po pitanju stupnja usavršenosti motoričke vještine malo toga ostaje nejasno, čak i laik može razlikovati skijaša početnika od vrhunskog natjecatelja. Kao što je već navedeno, motoričko učenje može uključivati početno usvajanje ili napredno usavršavanje motoričkih vještina. To znači da subjekt različito djeluje u različitim fazama motoričkog učenja, ovisno o prethodnom iskustvu. Prema, sada već klasičnom, prijedlogu Fittsa iz 1964. godine, motoričko učenje dijelimo na tri faze: 1. kognitivnu, 2. asocijativnu i 3. autonomnu fazu (Wulf, 2007). U prvoj fazi učenici će pokušati shvatiti što točno moraju napraviti, svjesno će upravljati pokretima koji će biti spori i neprecizni. U ovoj fazi potrebna je prilična količina koncentracije

kako bi se postigli ciljani rezultati. Početnici skijaši će dobiti osnovne informacije o kretanju na skijama te će pokrete uvježbavati na ravnom ili eventualno vrlo blagoj strmini. Obzirom da se početnici oslanjaju na verbalne informacije što i kako moraju napraviti, ovu fazu nazivamo i verbalnom ili verbalno-motoričkom (Adams, 1971). Drugu fazu karakteriziraju precizniji pokreti, svjesno upravljanje postaje rjeđe, sve više pokreta se prepušta automatizaciji, sve češće se izostavljaju verbalne informacije, stoga je Adams (1971) naziva motoričkom fazom. U toj fazi skijaši bivaju odvedeni na veće strmine jer su ovladali osnovnim tehnikama spuštanja niz brdo, ostvaruju veći broj ponavljanja određenog zadatka, ali istovremeno griješe i padaju. U ovoj fazi nastaje osnovna struktura motoričkog programa koji definira motoričku vještinu. U trećoj fazi se postiže gotovo potpuna automatizacija pokreta, dovršava se motorički program koji definira proceduralnu vještinu spremljenu u dugoročno pamćenje (Magill i Anderson, 2014). U ovoj je fazi za izvođenje motoričkog zadatka potrebno vrlo malo pažnje ili je uopće nije potrebno. U ovu fazu spadaju napredni skijaši rekreativci i vrhunski natjecatelji. Iako nema jasne granice između faza, ovakva podjela olakšava rad stručnjacima u sportu i rehabilitaciji. Dijagnostikom se određuje u koju fazu subjekt učenja spada što omogućuje optimizaciju procesa motoričkog učenja. Osim klasične podjele na 3 faze, postoji i podjela na 2 faze: 1. faza „dobivanja ideje o pokretu“ i 2. faza fiksacije i diversifikacije (Gentile, 1972). Prva je faza razumljiva iz samog naziva, u drugoj fazi učitelj mora: biti uključen u strukturiranje uvjeta u kojima se vježba (metode, opterećenje), biti pomoć u procesu donošenja odluka (hoće li se ubrzati dio pokreta, skratiti pojedina faza i sl.) i informirati učenika o greškama nakon izvođenja zadatka.

Schmidt i Wrisberg (2004) motoričko učenje definiraju kao promjene u unutarnjim procesima koji određuju sposobnost osobe da izvede određeni motorički zadatak. Temeljem promatranja osoba sa stabilnim izvedbama motoričkog zadatka autori tvrde da se nivo motoričkog učenja poboljšava iskustvom. Takva tvrdnja može se potkrijepiti teorijom o „generaliziranim motoričkim programima - GMP“ (Schmidt, 1975) prema kojoj jedan program može biti upotrijebljen za više različitih pokreta. Kao primjer navodi se motorički program bacanja lopte koji se modificira prema specifičnima vanjskim uvjetima, potrebom da se baca sporija ili brža lopta primjenom veće ili manje sile. Drugi primjer je pisanje dominantnom i nedominantnom rukom. Iako osoba nikad nije učila pisati nedominantnom rukom, bit će u stanju ispisati tekst u gruboj formi i tom rukom. Jedna od ranijih znanstvenih potvrda GMP teorije ostvarena je analizom koraka vrhunskih trkača, odnosno, usporedbom njihovog hoda i trčanja (Shapiro, Zernicke, Gregor i Diestel, 1981). Usporedbom trajektorije kretanja bedara i

koljena ispitanika pri brzinama od 3 km/h i 12 km/h dobivaju visoku vrijednost kros korelacije (R = 0,88) koju, uz ostale dokaze iz studije, koriste kao potvrdu GMP teorije. Ista grupa autora ističe kako su GMP zapanjujuće kompleksni, ali istovremeno bude znatiželju zbog svoje jednostavnosti.

Prema Schmidtu i Wrisbergu (2004) motoričke vještine možemo klasificirati prema: 1. organizaciji zadataka, 2. prema relativnoj važnosti motoričkih i kognitivnih elemenata, i 3. prema stupnju predvidljivosti utjecaja okolinskih čimbenika. Prvi kriterij se odnosi na motorički zadatak koji može biti organiziran na način da ima jasan početak i završetak (diskretna vještina), a nekoliko diskretnih vještina povezanih u cjelinu čini serijalnu vještinu. Primjer diskretne vještine u sportu je dodavanje lopte, a serijalne košarkaški dvokorak koji uključuje vođenje lopte, dva koraka bez vođenja lopte, skok i polaganje lopte u koš. Posljednji u nizu je motorički zadatak koji nema jasan početak niti kraj, u tom slučaju vještinu nazivamo kontinuiranom (Cronbach, 1977, prema Horga, 2009). Plivanje ili biciklizam su zorni primjeri takve vještine. Drugi kriterij dijeli vještine na one u kojima dominiraju motorička ili kognitivna komponenta. Ukoliko je vještina koncipirana na način da nije potrebno donositi odluke vezane uz izvedbu, poput skoka u dalj, dominirat će motorička komponentna. Druga krajnost je igranje partije šaha u kojoj dominira kognitivna komponenta. Na sredini, između dvije komponente, možemo naći motoričke vještine graditelja igre u košarci. Posljednji, treći kriterij se odnosi na predvidljivost utjecaja okolinskih čimbenika. Prema toj klasifikaciji vještine dijelimo na otvorene i zatvorene (Knapp, 1967, prema Gu, Zou, Loprinzi, Quan i Huang, 2019). Prema Schmidtu i Wrisbergu (2004), vještinu nazivamo otvorenom ukoliko se ona izvodi u okolnostima gdje su čimbenici nepredvidljivi, odnosno ukoliko se izvedba mora prilagoditi dinamičkim zahtjevima okoline. Primjer takve vještine je boks. U boksu je teško predvidjeti slijed događaja, sportaši ne znaju u kakvoj situaciji će se nalaziti iz sekunde u sekundu. Suprotno od boksa, skok u dalj je vrlo predvidljiva aktivnost koja omogućava planiranje izvedbe unaprijed i zato je možemo ubrajati među zatvorene vještine. Međutim, ova podjela nije apsolutna, aktivnosti mogu imati obilježja otvorene i zatvorene vještine, više ili manje jedne ili druge. Skijanje može imati obilježja zatvorene vještine ukoliko se izvodi u kontroliranim uvjetima (natjecanje u slalomu na uređenoj stazi s jasno istaknutim vratima) ili može biti tretirana kao otvorena vještina ukoliko se skija rekreativno na lošije uređenoj stazi s ostalim skijašima.

Prema Horgi (2009) klasifikacija motoričkih vještina može proizaći i iz faza procesiranja informacija prilikom izvedbe motoričkog zadatka. Ulaz (početni impuls) prva je faza

procesiranja, nakon čega slijede kodiranje, procesiranje i dekodiranje živčanih impulsa, rezultat čega je izlaz – akcija koju izvodi vježbač.

Klasifikacija motoričkih zadataka može biti i sveobuhvatnija, temeljena na tri grupe faktora (Singer i Gerson, 1981, prema Horga, 2009): a) tri mehanizma procesiranja informacija za vrijeme vježbanja (ulazne, centralne i izlazne operacije), b) dva tipa povratnih informacija (kontinuirane i završne povratne informacije) i c) tri načina upravljanja pokretom (vanjsko upravljanje pokretom, vlastito upravljanje pokretom i mješoviti način upravljanja). Ovakva klasifikacija podrazumijeva osamnaest kategorija motoričkih zadataka i konstruirana je kako bi se proces vježbanja mogao bolje razumjeti te kao bi se omogućio razvoj adekvatnih metoda učenja i vježbanja. Međutim, Singer i Gerson nisu razvili shemu s primjerima motoričkih zadataka.

Nedostatak klasifikacije s primjerima iz prakse pokušala je prevladati Antoinette M. Gentile sa svojom dvodimenzionalnom taksonomijom motoričkih vještina (Magill i Anderson, 2014). Kako bi proizvela svrsishodan alat za fizioterapeute, kojima bi se procjenjivale pacijentove motoričke vještine i odgovarajući tretmani, u klasifikaciju uključuje zahtjeve okoline u kojem se zadatak izvodi (okolinski kontekst) i zahtjeve zadatka koji karakteriziraju motoričku vještinu. Iako je kreirana za potrebe fizioterapeuta, taksonomija (Tablica 1.) nalazi svoju upotrebu i u sportu. U gornjem lijevom kutu tablice nalaze se jednostavnije motoričke vještine (npr. zadržavanje određene pozicije tijela u nepromjenjivom okolinskom kontekstu), pomicanjem prema donjem desnom dijelu tablice motorički zadatci postaju sve složeniji. Ovakva podjela motoričkih vještina olakšava osmišljavanje konkretnih zadataka, kretanjem od jednostavnijih prema složenijim, bez obzira koriste li je fizioterapeuti, treneri ili učitelji tjelesne i zdravstvene kulture.

Usporedbom nekoliko modela klasifikacije, tri jednodimenzionalna i dva dvodimenzionalna, nameće se zaključak kako jednodimenzionalni modeli daju jednostavniji uvid o kakvoj se motoričkoj vještini radi.

S druge strane, dvodimenzionalna taksonomija pronalazi svoju primjenu u praksi, konstrukcijom i primjenom testova za procjenu stupnja usvojenosti motoričke vještine trener, nastavnik ili terapeut brzo dolazi do informacija i propisuje odgovarajući tretman.

Tablica 1. Dvodimenzionalna taksonomija motoričkih vještina s primjerima (Gentile, 2000, prema Magill i Anderson, 2014)

		ZAHTJEV ZADATKA			
		TIJELO MIRUJE		TIJELO JE U POKRETU	
		bez manipulacije predmetima	manipulacija predmetima	bez manipulacije predmetima	manipulacija predmetima
OKOLINSKI KONTEKST	Nepromjenjivi okolinski kontekst - bez promjena između pokušaja	stajanje u praznoj prostoriji; **zadržavanje pozicije iz joge**	svakodnevno pranje zubi uz umivaonik; **šutiranje košarkaških slobodnih bacanja**	penjanje uz stepenice; **trčanje ukrug na praznoj stazi**	penjanje uz stepenice s knjigom u ruci; **uvježbavanje kaznenog udarca u nogometu na prazan gol**
	Nepromjenjivi okolinski kontekst - s promjenama između pokušaja	stajanje na različitim podlogama; **stoj na rukama na različitim gimnastičkim spravama**	pranje suđa u stojećem položaju uz sudoper; **udaranje loptice u golfu s različitih pozicija oko jamice**	hodanje po različitim podlogama; **vježbe agilnosti kroz različite poligone prepreka**	hodanje po različitim podlogama s nošenjem paketa namirnica; **skok s motkom na različitim visinama letvice**
	Promjenjivi okolinski kontekst - bez promjena između pokušaja	hodanje po pokretnom sagu pri konstantnoj brzini; **jahanje mehaničkog bika s ujednačenim pokretima**	hodanje po pokretnom sagu pri konstantnoj brzini uz korištenje pametnog telefona; **hvatanje loptica iz mašine za bacanje pri konstantnoj brzini**	stajanje na pokretnim stepenicama; **trčanje po pokretnim stepenicama u suprotnom smjeru**	stajanje na pokretnim stepenicama s čašom vode u ruci; **trčanje s namjerom udaranja loptice reketom bačene od strane mašine za bacanje**
	Promjenjivi okolinski kontekst - s promjenama između pokušaja	hodanje po pokretnom sagu pri različitim brzinama, **stajanje na nestabilnim ramenima druge osobe „cheerleading“**	čitanje knjige u hodu po pokretnom sagu pri različitim brzinama; **hvatanje suigračevih lopti različitih brzina**	hodanje u gužvi po trgovačkom centru; **izbjegavanje lovca u igri lovica**	hodanje u gužvi po trgovačkom centru s bebom u naručju, **situacijsko uvježbavanje nogometa**

Napomena: običnim tekstom su navedene svakodnevne vještine, a podebljane su sportske.

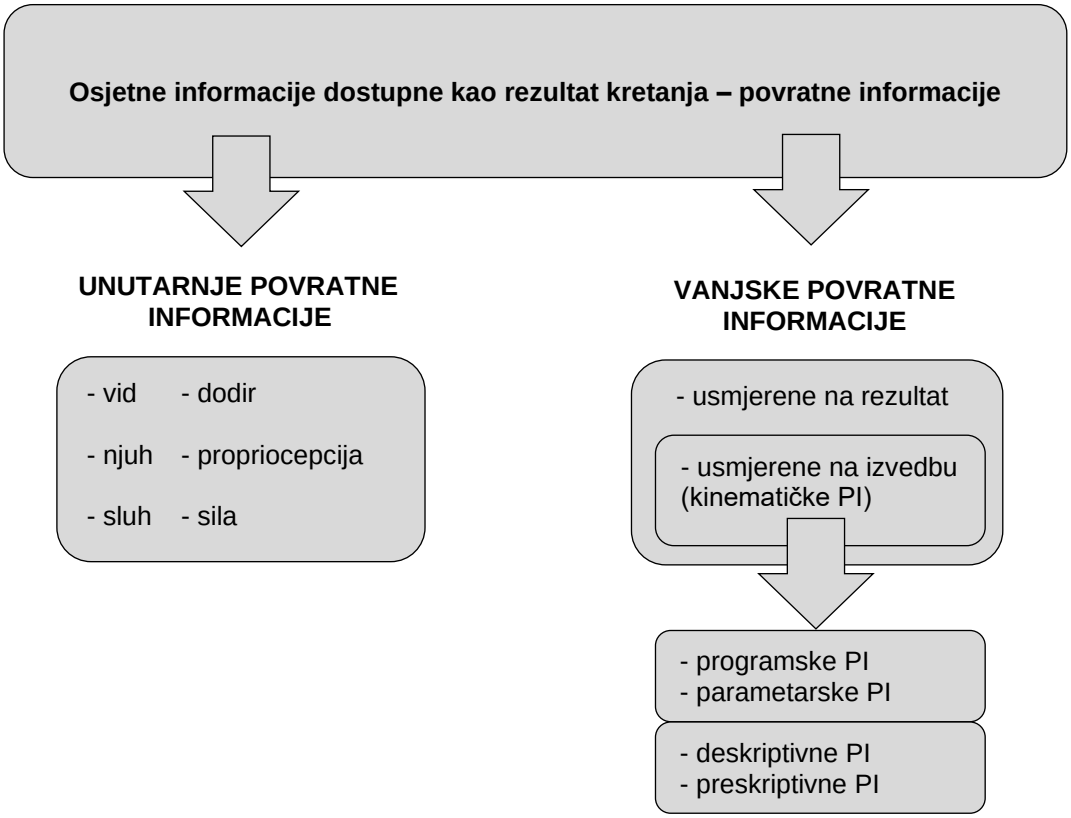
Motoričko učenje započinje davanjem uputa, uglavnom demonstracijom motoričke vještine (Barić, 2011). Osim demonstracije, početne upute je moguće dati verbalnim putem, video prikazom ili kinogramom. Prema Bandurinoj (1977) socijalnoj teoriji učenja ljudi primarno uče kroz promatranje modela. Također je dokazano da djeca bolje usvajaju motoričku vještinu ukoliko dobivaju verbalne upute u kombinaciji s vizualnim uputama u usporedbi s uputama dobivenim samo verbalnim putem (McCullagh, Stiehl i Weiss, 1990), a isti rezultati dobiveni su i na studentima (Barić, 2006). Treneri, nastavnici ili terapeuti aktivni su sudionici procesa motoričkog učenja. Osim uvođenja, zaduženi su i za kontrolu, ispravljanje grešaka, ali i motivaciju. Temeljem informacija kojima raspolažu, odnosno usporedbom modela strukture kretanja određenog motoričkog zadatka i aktualne izvedbe koju promatraju, upravljaju procesom motoričkog učenja davanjem povratnih informacija.

1.2.Povratne informacije u procesu motoričkog učenja

Povratna informacija (PI) je najjača i najvažnija varijabla koja utječe na proces motoričke izvedbe i učenja (Bilodeau, 1969, prema Magill, 1994). Stručnjaci su, iako posjeduju snažan alat za kontrolu učenja kao što su PI, često u prilici postavljati tri osnovna pitanja – koje PI, kad i u kojoj mjeri ih davati učeniku. Odgovor na prvo pitanje podrazumijeva poznavanje klasifikacije PI (Slika 1.)

Razlikujemo više vrsta PI. Unutarnje PI prirodna su reakcija organizma na tjelesnu aktivnost, dolaze u vidu podražaja izvana (eksterocepcija) ili iz vlastitog tijela (propriocepcija) (Schmidt i Wrisberg, 2004). Iako ponekad nismo svjesni, ovu vrstu informacija dobivamo konstantno. Posebno ukoliko je riječ o motoričkom zadatku u kojem smo prilično vješti. Za razliku od unutarnjih, vanjske PI su pod kontrolom učitelja/trenera i najčešće se odnose na verbalne PI. Poznavanje rezultata izvedbe odnosi se na poznavanje mjere u kojoj je cilj neke tjelesne aktivnosti postignut. Primjer su trkači koji dobivaju informaciju u kojem su vremenu zadanu dionicu pretrčali ili streličari koliko su puta pogodili metu. PI usmjerene na poznavanje izvedbe, često nazvane i kinematičke PI, su informacije koje govore o kvaliteti izvedbe nekog zadatka (Schmidt i Young, 1991). U tom slučaju mogu se davati PI o pogreškama u osnovnoj strukturi kretanja koje nazivamo programske PI ili se mogu davati parametarske PI koje se odnose na pogreške vezane uz parametre izvođenja motoričkog zadatka (brzina, sila ili

amplituda) (Schmidt i Wrisberg, 2004). Programske PI se najčešće upotrebljavaju na početku procesa usvajanja motoričke vještine, a parametarske tijekom usavršavanja. One mogu biti koncipirane na način da PI sadrži opis greške koja je učinjena (deskriptivne PI) ili mogu sadržavati sugestije na koji način učenik može ispraviti učinjenu grešku (preskriptivne PI). Preskriptivne PI su puno učinkovitije jer, osim što detektiraju problem, nude i rješenje problema. Barić (2006) istražuje učinke verbalnih (preskriptivnih) PI u kombinaciji s različitim početnim uputama (verbalnim, vizualnim ili kombiniranim). Zaključuje kako je proces motoričkog učenja brži i razina naučenosti viša ukoliko učenik uz početne upute dobiva i PI.



Slika 1. Klasifikacija PI (modificirano prema Schmidt i Wrisberg, 2004)

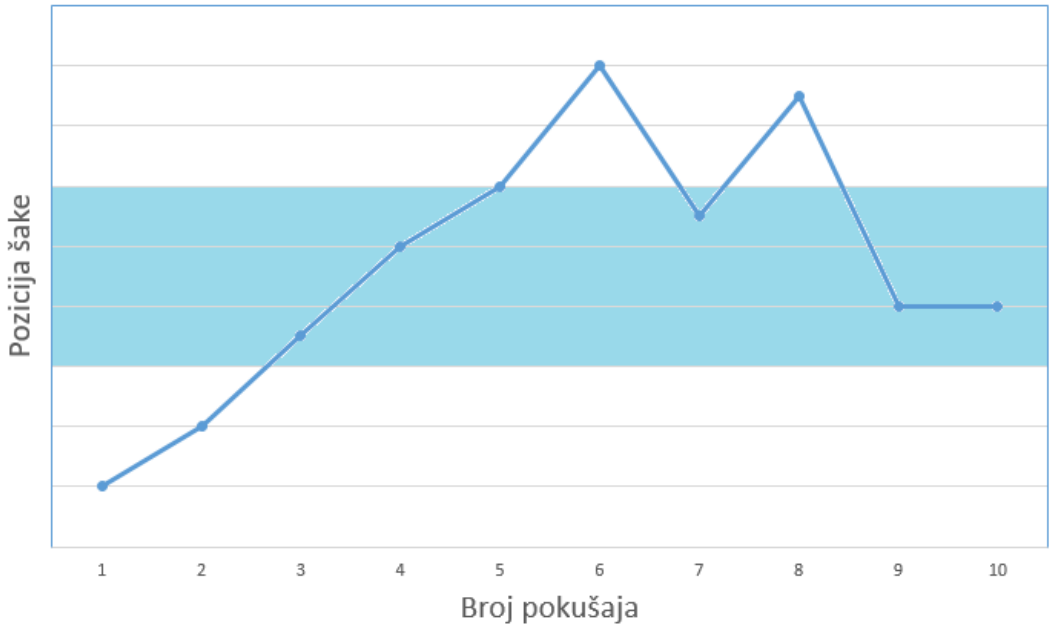
Nadopunu verbalnih PI pronalazimo u vizualnim PI koje se mogu odnositi na pregledavanje videozapisa izvedenog motoričkog zadatka. Nedavno istraživanje (Zhu, Kaber, Zahabi i Ma, 2019) pokazuje kako PI usmjerene na poznavanje rezultata proizvode bolje učinke u smislu preciznosti izvedbe motoričkog zadataka, a PI usmjerene na izvedbu imaju dugoročniji učinak na cjelokupnu izvedbu, posebice ukoliko se verbalne PI kombiniraju s vizualnim, što se poklapa s teorijom o učinkovitosti usmjeravanja fokusa pažnje na PI vezane uz samu izvedbu i učinke

izvedbe složenog motoričkog zadatka (Wulf, McNevin, Fuchs, Ritter i Toole, 2000). Također je dokazano da PI usmjerene na izvedbu proizvode bolje učinke ukoliko se daju nakon seta pokušaja (kao prosječne informacije o greškama) u usporedbi s PI dobivenim trenutačno, po završetku izvedbe svakog pokušaja (Young i Schmidt, 1992).

1.2.1. Reducirane povratne informacije

Smatra se da su PI u vidu poznavanja rezultata varijabla koja može utjecati na trenutačne ali i relativno trajnije promjene u izvedbi. Dostupna literatura konzistentno ukazuje da gotovo sve varijacije koje povećavaju dostupnost PI poboljšavaju izvedbu motoričkog zadatka (Winstein, 1991). U tom smislu, nije dovoljno dati upute na početku procesa motoričkog učenja i očekivati optimalni napredak u savladavanju motoričke vještine. Ipak, postoje dokazi da PI mogu biti prezentirane na način koji može biti štetan za učenje (Lee, Swinnen i Serrien, 1994; Schmidt i Wulf, 1997). Oni upućuju na istraživanje grupe autora (Swinnen, Schmidt, Nicholson i Shapiro, 1990) koji uspoređuju učinke tri načina PI u vidu poznavanja rezultata. U tom istraživanju sudionici su studenti kineziologije (N=76) podijeljeni u tri skupine. Promatra se koliko će studenti precizno izvoditi zadatak pomicanja poluge s obzirom na dobivene PI. Prvoj skupini daju PI odmah po završetku zadatka, druga i treća skupina dobivaju PI s odgodom od 8 sekundi, s razlikom da treća mora procjenjivati koliko su točno zadatak izveli. Nakon dva dana odmora ponavljaju zadatak bez PI i utvrđuju da grupa koja je PI dobivala odmah po izvedbi zadataka najviše griješi u izvedbi. Autori rezultate koriste kao dokaz o negativnom učinku korištenja PI u procesu motoričkog učenja. I drugi znanstvenici dolaze do istih zaključaka, a to dovodi do formiranja hipoteze o usmjeravanju u motoričkom učenju, eng. *guidance hypothesis* (Salmoni, Schmidt i Walter, 1984; Schmidt, 1991). Hipoteza predviđa da su PI korisne kada se koriste za smanjivanje pogrešaka u izvedbi motoričkog zadatka, ali da preopširno usmjeravanje kao i prečesto pružanje PI može imati negativne posljedice na proces motoričkog učenja. Takvu tezu potvrđuje i istraživanje koje uspoređuje dvije grupe ispitanika koje dobivaju PI nakon svakog pokušaja tijekom vježbanja (100% PI), odnosno samo pola od ukupnog broja pokušaja (50% PI) te utvrđuju da je grupa 50% izvodila pokrete s 14% manje pogrešaka (Winstein i Schmidt, 1990). Slične rezultate dobivaju Winstein, Pohl, i Lewthwaite (1994) gdje uspoređuju učinke vježbanja s visokim i niskim relativnim frekvencijama PI. Autori izvještavaju kako više pogrešaka u izvedbi čine ispitanici iz grupa koje su dobivale visoke

relativne frekvencije PI. Nabrojene studije su se bavile proučavanjem reduciranih PI poznavanjem rezultata izvedbe kroz jednostavni zadatak pomicanja poluge, ali do istih spoznaja dolaze i one studije u kojima su ispitanici pritiskali tipke prema određenom rasporedu i razmaku (Wulf, Lee i Schmidt, 1994; Lai i Shea, 1998; Badets i Blandin, 2010), usvajali novu nogometnu vještinu (Weeks i Kordus, 1998; Wulf, Mcconnel, Gärtner i Schwarz, 2002), proizvodili statičku silu (Park, Shea i Wright, 2000; Bruechert, Lai i Shea, 2003), uvježbavali udarac golf palicom (Ishikura, 2008) ili gađali metu na podu nedominantnom rukom (Zamani i Zarghami, 2015) .



Slika 2. Reduciranje PI prema principu zadanog okvira (modificirano prema Schmidt i Wrisberg, 2004)

Dosad nabrojeni načini reduciranja frekvencije PI odnosili su se na unaprijed određene tehnike, odnosno rasporede davanja PI. PI se mogu dati nakon bloka pokušaja tako da sadrže sažetu informaciju o svakom pokušaju ili mogu sadržavati prosječne informacije o pokušajima koji su izvedeni unutar bloka. Frekvencija PI bi trebala biti reducirana od trenutka kada se očekuje da učenik ulazi u fazu automatizacije pokreta ili mora fokus pažnje prebaciti na druge aspekte motoričkog učenja poput poboljšavanja performansi izvedbe motoričkog zadataka

(Krause, Agethen i Zobe, 2017). Moguće tehnike uključuju još i postepeno smanjivanje relativne frekvencije PI kroz vježbanje ili davanje PI ukoliko vježbač svojom izvedbom motoričkog zadatka izlazi izvan zadanog okvira, eng. *bandwidth* (Sherwood, 1988). Ovakva redukcija PI ima dvije funkcije: 1. motivacijsku i 2. informacijsku (Winstein, 1991). PI motivira u trenutku kada izvedba ostane unutar zadanog okvira i zapravo daje informaciju da je pokušaj bio dobar i da se isti u toj formi može ponoviti, a informira o greškama ukoliko je izvedba izvan zadanog okvira.

Na slici 2. prikazan je grafikon koji prikazuje preciznost pokreta šakom zamišljenog učenika u 10 pokušaja. Učitelj će dati PI ako pokret bude izveden izvan zadanog okvira, u ovom slučaju to će biti 1.,2.,6. i 8. pokušaj. Istražujući utjecaje reduciranih PI, Lee i Carnahan (1990) uspoređuju učinke verbalnih PI prezentiranih ukoliko je izvedba pokreta rukom odstupala za više od 5%, odnosno 10%. Zadatak je bio pomicanje ruke u točno određenom vremenskom intervalu – 500 ms. Grupa ispitanika 5% je dobivala PI ukoliko je izašla izvan okvira 475-525 ms, a za grupu 10% taj je interval iznosio 450-550 ms. Relativna frekvencija PI na 60 pokušaja izvedbe zadatka iznosila je 46% kod grupe 5% i 22% kod grupe 10%. Kao kontrolne skupine koriste dvije grupe ispitanika koje su bile sparene (eng. *yoked*) s eksperimentalnim. Kontrolne skupine su dobivale jednaki broj PI kao i eksperimentalne, ali i u jednakom rasporedu bez obzira na veličinu počinjene greške. Rezultati njihova istraživanja pokazuju kako ispitanici koji su uvježbavali zadatak s manjom količinom PI (22%) griješe manje u ponavljanju zadatka. Na osnovu rezultata tvrde kako veći intervali dozvoljenih grešaka (10% u njihovom eksperimentu) omogućavaju učinkovitije smanjivanje frekvencije PI što posljedično unaprjeđuje proces motoričkog učenja. Slična studija (Cauraugh, Chen i Radio, 1993) potvrđuje rezultate ovog istraživanja. Uz PI dobivene nakon izvedenog zadatka s greškom koja je magnitudom van zadanog okvira koriste i obrnuti pristup - ispitanicima daju PI samo za precizne pokušaje. Tvrde kako i takva strategija postiže slične učinke u procesu motoričkog učenja, jer je osnova za dobivanje mentalne slike onoga što se mora naučiti (Badets i Blandin, 2005), što je u suprotnosti s istraživanjem Butlera, Reevea i Fischmana (1996), ali ističu da i njihovi rezultati idu u prilog strategije zasnovane na PI nakon grešaka van zadanog okvira. Potvrdu rezultata nabrojenih istraživanja nadopunjuju Wright, Smith-Munyon i Sidaway (1997). Tvrde kako rezultati njihove studije opravdavaju korištenje preciznih PI u vidu poznavanja rezultata ukoliko učenik izvodi zadani pokret s relativno velikim greškama. Usporedba učinaka reduciranih PI prema principu 15% pogreške s PI dobivenih nakon svakog pokušaja (0% pogreške) na jednostavnom zadatku pritiskanja tipki (Lai i Shea, 1999b) pokazuje kako

ispitanici iz grupe koja je dobivala PI u slučaju greške veće od 15% manje griješe u ponovnim testiranjima. Nešto drugačije zaključke objavljuju Coca-Ugrinowitsch i sur. (2014). Prema njihovim rezultatima studije na studentima (N=61), koji su uvježbavali gađanje mete pikado strelicom naslijepo i dobivali različite količine PI, zaključuju kako uži okvir dozvoljenih grešaka (učestalije PI) omogućava konzistentniju izvedbu motoričkog zadatka, ali ne i preciznost izvedbe zadatka.

Redukcija PI uz pomoć okvira može se efikasno primijeniti i u procesu usvajanja kompleksne motoričke vještine (Smith, Taylor i Withers, 1997), iako to nije dokazano kada su u pitanju dugoročni učinci (Colen i Zubiaur, 2008; Niznikowski, Nogal, Biegajlo, Wisniowski i Niznikowska, 2016). Također, takva strategija redukcije PI dovodi do višeg stupnja automatizacije pokreta, što nije slučaj kod primjene visoke frekvencije PI koja koči automatizaciju (Agethen i Krause, 2016). Greške u izvedbi lako je kvantificirati i odrediti okvir grešaka ukoliko se koriste PI usmjerene na rezultat. Za PI usmjerene na izvedbu potrebna je drugačija strategija. Ona mora uključivati određivanje ključnih elemenata u izvedbi motoričkog zadatka (Masser, 1993), posebice ukoliko se radi o kompleksnoj motoričkoj vještini. Takvu strategiju u svojem istraživanju koriste Sadowski, Mastalerz i Niznikowski (2013). Uz pomoć eksperata određuju ključne elemente u izvedbi salta unazad te uspoređuju utjecaj PI usmjerenih na greške u ključnim elementima s 100% frekvencijom PI (sve greške nakon svakog pokušaja). Rezultati studije jasno pokazuju kako grupa koja je vježbala u uvjetima reduciranih PI po načelu ključnih elemenata (grešaka) postiže bolje rezultate u izvedbi salta unatrag, čak i kad su dugoročniji učinci u pitanju.

PI nakon greške u izvedbi motoričkog zadatka izvan zadanog okvira pronalazi široku primjenu u automobilskoj industriji. Noviji automobili upozoravaju vozače vibracijom ili zvučnim signalom ukoliko ne održavaju putanju vozila sredinom prometne trake, a to dovodi do smanjivanja pogreške vozača u budućnosti (de Groot, de Winter, García, Mulder i Wieringa, 2010).

Goodwin i Meeuwsen (1995) tvrde kako povećavanje frekvencije PI prema kraju procesa usvajanja motoričke vještine može imati negativan utjecaj na proces motoričkog učenja jednako kao i PI nakon svakog pokušaja. Do zaključka dolaze koristeći PI u procesu usvajanja udarca loptice golf palicom. Od studenata (N = 120) traže da udare lopticu koje se morala zaustavljati na točno određenoj točci. Zadatak ponavljaju 100 puta. Prvoj skupini daju PI u vidu poznavanja rezultata svaki put (0% greške), drugoj u slučaju greške veće od 10%, trećoj

smanjuju okvir greške (započinju s 20% prvih 20 ponavljanja da bi završili na 0% posljednjih 20 ponavljanja) i time povećavaju frekvenciju PI od početka prema kraju, i na kraju, četvrtoj skupini povećavaju okvir greške (obrnuto od treće). Usporedbom pogrešaka počinjenih tijekom 100 ponavljanja, ali i tijekom dva testa retencije od po 20 ponavljanja (10 minuta i 24 sata nakon završetka vježbanja) pokazuju kako su skupine s 10% okvirom i okvirom koji se proširuje tijekom vježbanja manje griješile. Njihovi rezultati upućuju da su bolje strategije reduciranja PI one koje postepeno smanjuju frekvenciju PI od početka prema kraju procesa usvajanja motoričke vještine, što je u skladu s rezultatima kasnijeg istraživanja na varijabilnim frekvencijama PI (Lai, Barba, Frehlich, Tennant i Cauraugh, 2000). Takve strategija je posebno efikasna jer poboljšava izvedbu sportaša svih razina te ima pozitivan utjecaj na odnos učenika i učitelja (Chambers i Vickers, 2006).

Još jedna moguća strategija redukcije, odnosno manipulacije PI je da učenik samostalno odlučuje kada će dobivati PI. U tom slučaju učenik može procesirati i pamtiti PI efikasnije nego učenici koji dobivaju PI prema unaprijed određenom rasporedu (Janelle, Kim i Singer, 1995). Iako je učitelj ključan u početku procesa motoričkog učenja, čini se da PI koje su pod kontrolom učenika dodatno facilitiraju taj proces (Chen i Singer, 1992). Ključna razlika između PI koje su pod kontrolom učenika od onih koje su kontrolirane od strane učitelja je prilika da učenici individualiziraju raspored dobivanja PI te ih prilagode svojim potrebama (Chiviacowsky i Wulf, 2002). Figueiredo, Ugrinowitsch, Freire, Shea i Benda (2018) testiraju djelotvornost samokontroliranih PI u vidu poznavanja rezultata na jednostavnom zadatku manipulacije teniskih loptica rukom prema unaprijed određenom rasporedu. Ispitanike raspoređuju u 3 grupe. Prva grupa je sama kontrolirala PI, druga i treća su dobivale PI u istom rasporedu kao i prva, s razlikom što je trećoj grupi najavljivano kada će PI dobivati. Relativna frekvencija PI u sve tri grupe je iznosila 46,66 %. Primjenom upitnika autori doznaju kako su ispitanici, koji su imali mogućnost samokontrole PI, većinom birali PI nakon pokušaja bez greške, a grupa kojoj su PI bile najavljivane, tvrdila je kako su se u tim pokušajima (pokušajima nakon kojih je uslijedila PI) više trudili kako bi zadatak izveli što bolje. Obje grupe, samokontrola PI i najava PI, manje su griješile u zadatku tijekom vježbanja u usporedbi s grupom koja nije znala kada će PI dobiti. Autori taj učinak pripisuju većem motivu za samoangažmanom ispitanika u procesu savladavanja motoričkog zadatka.

Učinkovita strategija unapređenja procesa motoričkog učenja uključuje i kombinaciju samokontroliranih i vizualnih PI (Janelle, Barba, Frehlich, Tennant i Cauraugh, 1997; Aiken, Fairbrother i Post, 2012; Sigrist, Rauter, Riener i Wolf, 2013). Aiken i sur. (2012) uvježbavaju

slobodna bacanja u košarci i proučavaju preciznost i formu izvedbe zadatka. Inicijalne upute daju vizualnim putem, ispitanici pregledavaju model vrhunskog košarkaša kako izvodi slobodno bacanje te dobivaju dodatnih sedam uvodnih uputa u vidu plakata. Ispitanike dijele u dvije skupine: eksperimentalnu koja samokontrolira PI i kontrolnu skupinu koja dobiva PI u jednakoj količini i rasporedu kao i eksperimentalna. Dozvoljavaju 25 ponavljanja u fazi uvježbavanja, dodatnih 20 ponavljanja 24 sati nakon uvježbavanja (10 kako bi testirali period retencije motoričkih znanja i 10 za transfer motoričkih znanja). Relativna frekvencija PI tijekom faze uvježbavanja je iznosila 27 %. Rezultati studije pokazuju kako je eksperimentalna skupina imala značajno bolju formu izvedbe zadatka u transferu. U istraživanju ne uspijevaju potvrditi rezultate prijašnjih studija u kojima ispitanici sa samokontrolom češće biraju PI nakon uspješnih pokušaja (Chiviacowsky i Wulf, 2002; Figueiredo i sur., 2018), iako je dokazano kako PI nakon uspješnih pokušaja u usporedbi s PI nakon lošijih pokušaja efikasnije facilitira proces motoričkog učenja (Chiviacowsky i Wulf, 2007).

Iz opisa istraživanja učinkovitosti reduciranih PI su vidljivi različiti pristupi redukcije PI. Najosnovniju redukciju predstavlja metoda u kojoj se unaprijed definira frekvencija PI – nakon svakog drugog pokušaja (50%) ili nakon svakog trećeg (33%). Međutim, takvom strategijom PI mogu biti prezentirane nakon dobrog ili nakon lošeg pokušaja, te bi ova metoda mogla dodatno zbunjivati osobu koja mora usvojiti novu motoričku vještinu. Samokontrolirane PI predstavljaju napredniju strategiju redukcije PI zbog veće involviranosti subjekta kroz sam proces stjecanja motoričke vještine. Manjak ovakve strategije je sličan strategiji u kojoj je raspored PI unaprijed definiran – subjekt ne zna je li pokušaj bio dobar ili loš. Upravo stoga bismo ekspertni model redukcije PI prema principu ključnih grešaka mogli smatrati najkorisnijim. Subjekt vrlo brzo shvaća da izostanak PI zapravo znači kako je pokušaj bio dobar, što je motivirajuće. U tom smislu, iako tehnički nije tako, subjekt prima PI nakon svakog pokušaja.

1.2.2. 100% relativna frekvencija povratnih informacija

Iako brojne studije dokazuju dobrobiti reduciranih PI i tvrde kako velika frekvencija PI može imati negativan utjecaj na motoričko učenje, posebice ako je učenik već iskusan u izvođenju motoričkog zadatka (Schmidt, 1991), autori nekih istraživanja tvrde kako nisu otkrili

nikakve prednosti vježbanja uz pomoć reduciranih PI (Lai i Shea, 1999a; Albuquerque, Lage, Ugrinowitsch, Corrêa i Benda, 2014), da su bilo kakve prednosti vezane uz reducirane PI ograničene na GMP (Albuquerque i sur., 2014) ili da čak štete procesu motoričkog učenja (Wulf i Schmidt, 1996), posebno ako se povećava razina kontekstualne interferencije (Wu i sur., 2011). Učinak kontekstualne interferencije je fenomen u kojem istovremeno uvježbavanje nekoliko različitih zadataka dovodi do poboljšanja procesa motoričkog učenja (Magill i Hall, 1990).

Lai i Shea (1999a) u svom eksperimentu uvježbavaju pravovremeno pritiskivanje tipki na računalnoj tipkovnici i koriste 5 grupa ispitanika: grupu sa 100% frekvencijom PI i četiri grupe s 50% frekvencijom PI, ali s različitim rasporedima davanja PI. Rezultati studije ne pokazuju statistički značajne razlike u korist reduciranih PI, dapače, izvještavaju kako ispitanici koji vježbaju uz raspored u kojem se PI postepeno povećavaju, ali na način da ukupna frekvencija ne prelazi 50% više griješe u izvedbi. Ove studije nisu dokazale kako reducirane PI poboljšavaju proces motoričkog učenja već su pokazale da su učinci donekle jednaki u usporedbi s višim frekvencijama PI. Mononen, Viitasalo, Konttinen i Era (2003) s ispitanicima uvježbavanju gađanje puškom. Rezultati su pokazali kako 100% frekvencija poznavanje izvede, u usporedbi s 50%, može imati bolje učinke u procesu uvježbavanja. Međutim, učinci njihovog treninga su nestali nakon 10 dana kada su testirali period retencije. Zaključuju kako je njihov trening od 4 tjedana bio prekratak te pozivaju na daljnja istraživanja s dužim periodima treninga kako bi se utvrdili dugoročniji učinci treninga s 100% PI u vidu poznavanja izvedbe.

Buchanan i Wang (2012) istražuju utjecaj 100% frekvencije vizualnih PI na zadatku iscrtavanja Lissajousove figure lijevom i desnom rukom. PI ispitanici dobivaju putem kursora na ekranu na 2 načina, ovisno o eksperimentalnoj grupi kojoj pripadaju: iza krivulje koju crtaju ili pokraj. Na osnovu rezultata studije tvrde da motorička izvedba ne ovisi samo o količini PI već i o načinu na koji su one prezentirane učeniku. Tvrde kako vizualne PI mogu istovremeno dovesti do pojačanog prostornog i motoričkog poimanja zadatka. Pokazuju kako su PI iza krivulje razvile ispitanikovu zavisnost o prostornim parametrima zadatka, a PI pokraj krivulje facilitirale motoričko poimanje zadatka i to kao sredstva kojim se učenik oslobađa zavisnosti od vanjskih PI.

Kako većina istraživanja koristi jednostavniji motorički zadatak (pomicanje poluge rukom, pritiskanje tipki, zadaci gađanja ili ciljanja), Wulf, Shea i Matschiner (1998) se odlučuju za kompleksniji motorički zadatak. Njihovi ispitanici uvježbavaju pokrete u određenoj amplitudi

na skijaškom simulatoru. Uspoređuju učinke dviju frekvencija PI: 50% i 100%. U njihovom slučaju zadatak je bolje savladala grupa koja je dobila više PI. Zaključuju kako je reduciranje PI dobro u slučaju jednostavnijih motoričkih vještina ali ne i složenijih, što je skladu s istraživanjem u kojem 100% frekvencija PI usmjerenih na izvedbu zadatka rezultira stabilnijim usvajanjem nove motoričke vještine (Fujii, Lulic i Chen, 2016). Procesiranje PI prilikom učenja složene motoričke vještine je komplicirani zahtjev u smislu formiranja učenikove svijesti o pokretima vlastitog tijela tijekom izvođenja motoričkog zadatka, a praksa redukcije PI u tom slučaju vjerojatno nije najefikasnija (Singer, 1988). Wulf i Shea (2002) zaključuju kako su potrebna brojnija istraživanja utjecaja PI koja u svojem eksperimentalnom dizajnu moraju uključiti složenije motoričke vještine jer generalizacija dosadašnjih zaključaka o utjecajima PI provedenim na jednostavnijim motoričkim vještinama ne mogu biti generalizirane na utjecaje PI kad su složene motoričke vještine u pitanju.

Ujević (2019) proučava učinke savladavanja novog složenog zadatka iz ritmičke gimnastike – manipulacija vijačom uz simultano pokretanje tijela i udova, na uzorku od 59 studentica Kineziološkog fakulteta u Zagrebu. Uspoređuje učinke PI različitog fokusa pažnje (vanjski ili unutarnji) i različitih frekvencija PI (reduciranih i učestalih). Vanjski fokus pažnje označava fokus na vijaču, a unutarnji na dijelove tijela. PI pruža učestalo - nakon svakog pokušaja (100% relativne frekvencije PI) ili reducirano - nakon svakog trećeg pokušaja (33% relativne frekvencije PI). Iako zaključuje kako su sve grupe ispitanika uspjele naučiti novi motorički zadatak neovisno o vrsti i količini povratnih informacija, ipak navodi kako je učenje bilo učinkovitije uz učestalije PI u kombinaciji s vanjskim fokusom pažnje.

Kao što je ranije navedeno, zaključke istraživanja o učincima 100% relativne frekvencije PI na jednostavnijim motoričkim vještinama nije moguće generalizirati i upotrijebiti u slučaju složenijih motoričkih vještina. Iako se razvija ovisnost o njima, učestalije PI prilikom savladavanja složenijih motoričkih zadataka mogu imati blagotvorniji učinak. S druge strane, kao što se zaključci istraživanja učinaka PI na jednostavnijim vještinama ne mogu primjenjivati za složenije, tako nije moguća ni primjena zaključaka istraživanja provedenih na odraslima kod djece.

1.2.3. Povratne informacije i djeca

Kao što većina istraživanja koristi jednostavniji motorički zadatak, tako većina koristi odrasle ljude kao ispitanike. Kad je proces stjecanja motoričke vještine u pitanju, odrasli i djeca se razlikuju, odnosno koriste drugačije strategije motoričkog učenja (Goh, Kantak i Sullivan, 2012). Djeca trebaju razvijati određenu motoričku vještinu kroz duži period vremena s postepenim reduciranjem PI u usporedbi s odraslima (Sullivan, Kantak i Burtner, 2008) s time da bi fokus pažnje morao biti usmjeren na okolinske čimbenike izvedbe motoričkog zadatka a ne na pokrete vlastitih dijelova tijela (Perreault i French, 2015). Do takvog zaključka dolaze uspoređujući klasične PI usmjerene na izvedbu (pozicije dijelova tijela) prilikom uvježbavanja slobodnih bacanja i PI usmjerene na trajektoriju lopte.

Do zanimljivog zaključka dolaze Chiviacowsky, de Medeiros, Kaefer, Wally i Wulf (2008), na osnovu rezultata istraživanja tvrde kako djeca bolje koriste učestalije PI u usporedbi s reduciranim PI, što je u suprotnosti s kasnijim istraživanjem Zamanija i Zarghamija (2015) koji tvrde upravo suprotno. Ono što je tu posebno interesantno jest da se radi o vrlo sličnim istraživanjima u kojima su ispitanici djeca, a kao motorički zadatak koriste gađanje mete na podu lopticom i to nedominantnom rukom. Potvrdu o korisnosti veće frekvencije PI u procesu uvježbavanja odbojkaškog servisa u odnosu na reducirane PI u svom istraživanju na 11-godišnjacima donose Ugrinowitsch, Fonseca, Carvalho, Profeta i Benda (2010). Takav zaključak potkrepljuje činjenica kako djeca još nisu kognitivno zrela i jače ovise o PI da bi razvila motoričku vještinu (Chu, 2017).

Ranije je već navedeno kako djeca bolje usvajaju motoričku vještinu ukoliko uz verbalne upute dobivaju i vizualne, npr. demonstracijom ili video projekcijom modela (McCullagh i sur., 1990). Dowrick i Dove (1980) među prvima analiziraju učinke vizualnih (video) PI kod djece s rascjepom kralježnice (lat. *spina bifida*). Snimaju djecu za vrijeme njihove terapije u bazenu, prikazuju im njihovu izvedbu i prate napredak. Zaključuju da, iako umjeren, postoji pozitivan utjecaj video PI na razvoj vještine plivanja u djece s takvim teškoćama u razvoju. Dokazano je da video PI imaju koristan učinak i kod mladih sportaša – natjecatelja (Baudry, Leroy i Chollet, 2006). Mladi gimnastičari (N=16) uvježbavaju kola na konju s hvataljkama, nakon svake druge izvedbe eksperimentalna grupa prima video PI vlastite izvedbe istovremeno s videom izvedbe kola od strane vrhunskog gimnastičara. U usporedbi s kontrolnom grupom, koja nije primala PI, značajno poboljšavaju položaj tijela u ključnim fazama izvedbe kola. Do sličnih rezultata

dolaze Giannousi i Kioumourtzoglou (2017) koji proučavaju sinergiju video i verbalnih PI kod mladih plivača početnika. Zaključuju kako upravo takva kombinacija PI može biti najučinkovitija u procesu savladavanja nove motoričke vještine.

Kontradiktorno svim nabrojenim istraživanjima utjecaja PI kod djece, istraživanje Sadowskog i sur. (2013) pokazuje kako se korištenjem reduciranih PI prema principu ključnih grešaka u savladavanju složene gimnastičke vještine (salto natrag) kod 11-godišnjaka mogu postići bolji rezultati, a složena motorička vještina koja je u fokusu istraživanja ovog rada je skok u dalj.

1.3.Skok u dalj

Još od vremena antike skok u dalj je atletska disciplina, kada je bila sastavni dio pentatlona, natjecanja koje se odvijalo četvrtog dana Antičkih Olimpijskih igara (Jajčević, 2008). Skok u dalj je najlakše opisati kao disciplinu u kojoj natjecatelj koristi sprint duž zaletišta i skok što dalje u doskočište (pješčanik) odrazom izvedenim jednom nogom s drvene odrazne daske. Pritom rezultat predstavlja dužina skoka mjerena od kraja daske do najbližeg ulegnuća pijeska uzrokovanog doskokom skakača (World Athletics, 2019).

Kao i svaka druga ljudska aktivnost i skok u dalj ima svoje heroje, ljude koji su se posebno istaknuli prezentacijom svojih vještina. Lista je poprilična, međutim, svaki će se atletski stručnjak složiti kako se jedno ime, kroz čitavu zabilježenu povijest, posebno ističe. Bob Beamon je skakač u dalj koji je na Olimpijskim igrama u Meksiko City-u 1968. godine izveo čudo (Brearley, 1972). Iako poznat kao dobar skakač, nitko nije očekivao da će tog dana poboljšati muški svjetski rekord za točno 45 centimetara. Skok od 8,90 m i danas je 2. rezultat svih vremena u ovoj disciplini. Jedini bolji rezultat i svjetski rekord drži Mike Powell s rezultatom od 8,95 m iz 1991. godine.

Pretpostavka dijela atletske javnosti bila je da je rezultat postignut zbog smanjenog otpora zraka u Meksiko City-u koji se nalazi na nadmorskoj visini od 2250m. Na većim nadmorskim visinama zrak je rjeđi, time i otpor koji pruža opada. Brearley (1972) u svom radu pokušava pronaći matematički model koji bi potvrdio takvu tezu. Tezu odbacuje iz dva razloga: 1. povećanje brzine trčanja koju omogućuje smanjena gustoća zraka je trivijalna, i 2. skakači u

dalj se ne odražavaju pri maksimalnoj brzini, brzina u trenutku odraza je manja nego nekoliko metara prije odrazne daske.

Strukturalna analiza dijeli skok u dalj na dvije, odnosno četiri faze: cikličku – zalet; i acikličku - odraz, let i doskok (Antekolović i Baković, 2008). Iako su sve faze važne pri izvedbi tehnike skoka u dalj, faza zaleta, u kojoj sportaš mora razviti što je moguće veću brzinu prije odraza, pokazuje najveću povezanost s krajnjim rezultatom skoka u dalj. Ritam trčanja zaleta, odnosno frekvencija i duljina koraka su potpuno individualna stvar skakača, što se posebno odnosi na akceleracijsku fazu zaleta (Theodorou i sur., 2016). Kako bi odredili brzinu zaleta skakača, znanstvenici koriste dvije metode. Prva uključuje korištenje mjerenja brzine zaleta fotoćelijama ili laserom od 6 do 1 metra prije odrazne daske. Prema potrebnom vremenu prolaska zadanih 5m određuje se brzina skakača, a posljedično i povezanost s duljinom skoka. Druga metoda uključuje trodimenzionalnu kinematičku analizu skoka gdje se izračunava brzina težišta tijela (TT) u bilo kojem trenutku skoka, pa tako i u trenutku odraza. U tom slučaju znanstvenici u relaciju stavljaju horizontalnu brzinu TT u trenutku odraza s duljinom skoka. Koeficijenti korelacije brzine zaleta i duljine skoka utvrđeni metodom fotoćelija, odnosno lasera su pozitivni i visoki te variraju od 0,69 – 0,88 (Čoh, Kugovnik i Dolenec, 1995; Mendoza i Nixdorf, 2011; Bayraktar i Çilli, 2018). Vrijednosti koeficijenta korelacije između horizontalne brzine TT na početku odraza i dužine skoka izračunatih kinematičkom analizom variraju od 0,59 – 0,94 (Hay, Miller i Canterna, 1986; Hay i Nohara, 1990; Antekolović, 2007; Panoutsakopoulos i Kollias, 2007). Zavisnost duljine skoka u dalj o brzini zaleta ostaje slična ukoliko se brzina zaleta smanjuje, ali se mijenjaju ostali kinematički parametri skoka (Bridgett i Linthorne, 2006 i Béres, Csende, Lees i Tihanyi, 2014). Međutim, nije neuobičajeno da se takva relacija ne pokaže statistički značajnom (Graham-Smith i Lees, 2005; Campos, Gàmez, Encarnación, Gutiérrez-Dávila, Rojas i Wallace, 2013).

Zbog visoke povezanosti brzine zaleta i rezultata u skoku u dalj skakači moraju težiti što manjem mogućem gubitku brzine u pripremi za odraz. Upravo zato istraživanja skoka u dalj posebnu pozornost poklanjaju završnom dijelu zaleta – dužini predzadnjeg i zadnjeg koraka te smanjenju brzine u tom dijelu zaleta. Istraživanja su konzistentna po pitanju odnosa duljine dva posljednja koraka zaleta, posljednji korak je kraći 7 - 13% (Tablica 2.). Praksa dodatnog produljivanja pretposljednjeg koraka nije poželjna jer dovodi do gubitka brzine zaleta, dijelom zbog same duljine koraka, a dijelom i zbog položaja tijela u pretposljednjem koraku (Antekolović , 2007).

Odraz je centralni dio skoka u dalj, jedino pravilna izvedba odraza omogućava učinkoviti završetak skoka kroz let i doskok. Da bi osigurao kretanje TT po vertikalnoj osi, što omogućuje učinkoviti skok, skakač mora u fazi odraza proizvesti impuls sile usmjeren prema podlozi (Alexander, 1990).

> *„Faza odraza omogućuje skakačima usmjeravanje TT u vertikalnom smjeru pod znatno većim kutom nego što je to slučaj u trčanju. Odraznom akcijom se nastoji producirati velika rezultantna brzina koja je sastavljena dominanto od horizontalne i manje od vertikalne komponente brzine" (Antekolović i Baković, 2008).*

Odraz započinje postavljanjem stopala odrazne noge na podlogu i završava odvajanjem od podloge. Trajanje odraza (T_o) u skoku u dalj iznosi 115 – 127 ms (Lees, Graham-Smith i Fowler, 1994; Mendoza i Nixdorf, 2011; Campos i sur., 2013; Čoh, Žvan i Kugovnik, 2017). Graham-Smith i Lees (2005) dijele fazu odraza na dvije podfaze: kompresijsku i ekstenzijsku fazu. Kompresijska faza započinje u trenutku kad i sam odraz, postavljanjem stopala odrazne noge na podlogu i završava u trenutku postizanje maksimalne fleksije koljena (kut amortizacije - K_{am}) odrazne noge u fazi odraza. Ekstenzijska podfaza slijedi kompresijsku i završava napuštanjem podloge stopala odrazne noge. Kompresijska faza traje 47,2 ms i ekstenzijska 79,6 ms, što dovodi do ukupnog trajanja odraza od 126,8 ms (Campos i sur., 2013). Iako je kraća, u kompresijskoj fazi odraza skakači produciraju preko 64 % vertikalne brzine odraza (Lees i sur., 1994). Same vrijednosti kuta amortizacije - K_{am} kod vrhunskih skakačica u dalj iznose prosječnih 139,2 º (Tucker i sur., 2019a) i 137,4 º kod vrhunskih skakača u dalj (Tucker, Bissas i Merlino, 2019b).

*Tablica 2. Dužine predzadnjeg (D_{2p}) i zadnjeg (D_{1p}) koraka zaleta s apsolutnom (ΔD) i relativnom promjenom (%D) dužine koraka [%D = ((D_{1p} - D_{2p}) / D_{2p})*100)]*

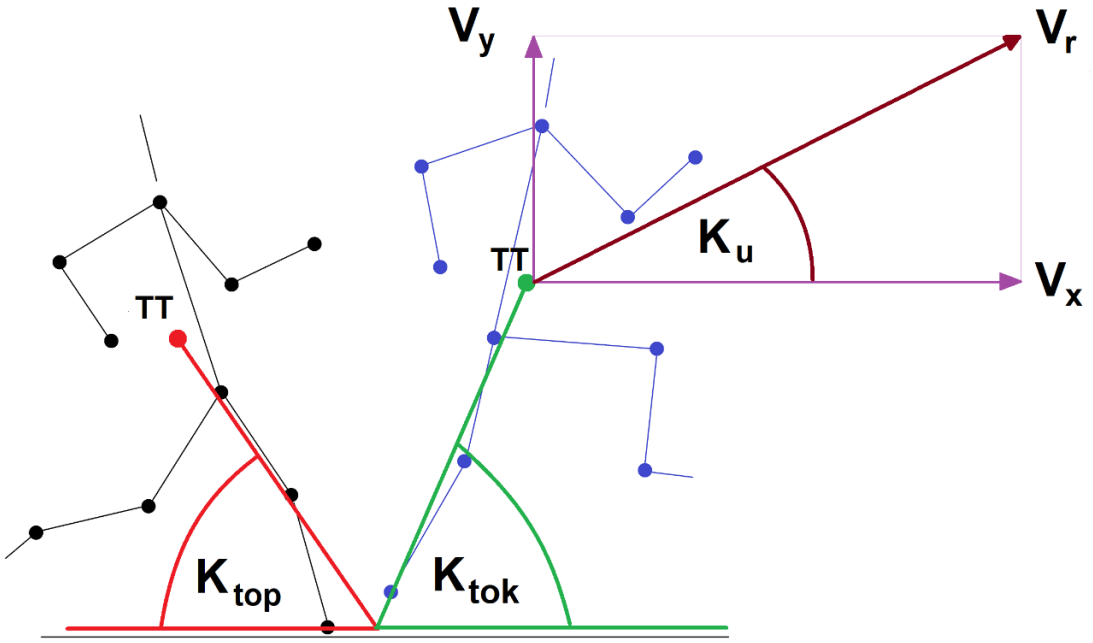
Autor/i	D_{2p} *(cm)*	D_{1p} *(cm)*	ΔD *(cm)*	%D *(%)*
Hay i Miller (1985)	224	209	-15	**-7**
Hay i sur. (1986)	248	217	-31	**-13**
Panoutsakopoulos i Kollias (2007)	239	210	-29	**-12**
Antekolović (2007)	235,36	215,51	-19,85	**-8**
Mendoza i Nixdorf (2011)	245	221	-24	**-10**
Tucker, Bissas i Merlino (2019a)	233	203	-30	**-12**

Prilagodba pozicije tijela nužni je dio pripreme za odraz u skoku u dalj, pozicija tijela u trčanju nije adekvatna kad je odraz u pitanju. Skakač mora zakretni moment oko vlastite transverzalne osi, koji razvija kroz zalet, stalno držati pod kontrolom (Hay, 1993). Većinu odraza to će gibanje nastojati okrenuti tijelo unaprijed, samim time skakači u pripremi za odraz stopalo postavljaju ispred projekcije TT i time stvaraju određeni kut tijela na početku odraza (K_{top}). Kut tijela na kraju odraza (K_{tok}) još je jedna varijabla koja se često stavlja u relaciju s ostalim relevantnim kinematičkim parametrima odraza u skoku u dalj. Kut tijela je kut koji tvori linija između prstiju odrazne noge i TT u odnosu na podlogu (Slika 3.).

Vrijednosti kuta tijela na početku odraza variraju od 54,0 º do 56,6 º, dok se kut tijela na kraju odraz kreće od 71,2 º do 74,8 º (Čoh i sur., 1995; Antekolović, 2007; Tucker i sur., 2019a i Tucker i sur., 2019b). Prikaz kuta između vodoravne ravnine i ravne linije koja povezuje marker na skočnom zglobu s TT još je jedan način prikaza kuta tijela. Béres i sur. (2014) istražuju povezanosti različitih dužina zaleta (od 8 do 12 koraka) na kinematičke parametre skoka u dalj i izvještavaju o kutu tijela na kraju odraza od 69,9 - 75,4 º te ga nazivaju napadnim kutom. Mendoza i Nixdorf (2011) kut tijela nazivaju kutom inklinacije tijela na početku odraza i izražavaju ga kao vrijednost kuta između okomite ravnine i linije koja spaja petu odrazne noge i TT skakača. Vrijednosti kuta inklinacije u njihovom istraživanju se kreću od 22 º do 30 º, a odgovarali bi kutovima tijela 60 – 68 º ukoliko bi linija između pete i TT zatvarala kut s vodoravnom ravninom. Seyfarth, Blickhan i Van Leeuwen (2000) navode kako kut tijela na početku odraza (K_{top}) od oko 65 - 70º s kutom amortizacije (K_{am}) od 170º najviše pridonose duljini skoka iz razloga što mišićno–tetivni kompleks u takvim uvjetima uspijeva apsorbirati veliki dio energije zaleta i isporučiti je u završnoj fazi odraza. Dodatno napominju da najviše energije u trenutku odraza isporuče tetive (do 80%), a manji dio kontraktilni element – mišići (oko 8%).

Visina TT kroz odraz je često proučavan kinematički parametar skoka u dalj. Kao referentne, studije navode visine TT na početku odraza, u trenutku postizanja kuta amortizacije i na kraju odraza. Visina TT najniža je na početku odraza, što omogućava postavljanje odrazne noge ispred TT (Lees i sur., 1994). Nadalje, visina TT povećava se kroz kut amortizacije i pokazuje najviše vrijednosti na kraju odraza. U kompresijskoj fazi odraza prirast visine TT je manji (6 ± 2 cm) da bi u ekstenzijskoj bio višestruko veći (23 ± 2 cm) (Graham-Smith i Lees, 2005). Prema Camposu i sur. (2013) relativna visina TT na kraju odraza je u pozitivnoj korelaciji s duljinom skoka u dalj (r = 0,58), Relativna visina TT uzima u obzir visinu skakača, međutim, i apsolutne vrijednosti visine TT u trenutku odraza pokazuju statistički značajnu

povezanost s duljinom skoka (Čoh i sur., 1995). Da bi odraz bio efikasan, visina TT na kraju odraza bi morala biti 71 - 80% od ukupne visine tijela skakača (Linthorne, Guzman i Bridgett, 2005), 73,3 ± 1,7 % (Dapena, McDonald i Cappaert, 1990), odnosno 68,4 % (Hay i Miller, 1985).



Slika 3. Kinematički parametri odraza u skoku u dalj

Legenda: V_x - horizontalna brzina odraza, V_y - vertikalna brzina odraza, V_r - rezultantna brzina, K_u - kut uzleta, K_{top} - kut tijela na početku odraza, K_{tok} - kut tijela na kraju odraza, TT – težište tijela.

Tablica 3. Korelacije horizontalne (V_x), vertikalne (V_y) i rezultantne (V_r) brzine s efektivnom (D_{ef}) ili službenom (D_{sl}) duljinom skoka u dalj

Autor/i	Duljina skoka	V_x	V_y	V_r
Hay i sur. (1986)	D_{sl}	**0,77***	0,40	**0,83***
Lees i sur. (1994)	D_{sl}	*nr*	*nr*	**0,68***
	D_{ef}	*nr*	*nr*	**0,61***
Čoh i sur. (1995)	D_{ef}	**0,44***	**0,59***	**0,58***
Graham-Smith i Lees (2005)	D_{ef}	0,22	0,28	0,40
Antekolović (2007)	D_{ef}	**0,46***	**0,27***	**0,56***
	D_{sl}	**0,36***	**0,29***	**0,47***
Campos i sur. (2013)	D_{ef}	0,23	**0,45***	*nr*
Panoutsakopoulos i Kollias (2007)	D_{ef}	**0,94***	*nr*	*nr*

Legenda: statistički značajne korelacije označene su zvjezdicom (*), podebljano, $p < 0,05$, nr – studija nije objavila navedeni kinematički parametar

Brzinu odraza predstavlja vektor rezultantne brzine (V_r) koji se dobiva vektorskim zbrojem dvaju vektora, vektora horizontalne brzine (V_x) i vektora vertikalne brzine (V_y) (Slika 3.) Povezanost ovih brzina je velika. Rezultantna brzina ovisi o veličini održane horizontalne brzine proizvedene kroz zalet i veličini producirane vertikalne brzine od početka do kraja odraza.

Tablica 3. prikazuje rezultate različitih studija vezanih uz korelacije između horizontalne (V_x), vertikalne (V_y) i rezultantne (V_r) brzine s efektivnom (D_{ef}) ili službenom (D_{sl}) duljinom skoka u dalj. Službena duljina skoka se odnosi na izmjerenu duljinu promatranog skoka prema atletskim pravilima, a efektivna dodatno uključuje i udaljenost prstiju stopala odrazne noge do linije prestupa na odraznoj dasci. Većina studija zaključuje da je parametar V_r u vrlo visokoj pozitivnoj i statistički značajnoj korelaciji s duljinom skoka. Nešto manje korelacije izračunate su za preostala dva parametra brzine na kraju odraza (V_x i V_y). Jedino studija Graham-Smitha i Leesa (2005) prikazuje korelaciju sniženih vrijednosti bez statističke značajnosti za sva tri parametra. Oni napominju da to nije neuobičajena pojava kod elitnih, relativno homogeniziranih skakača zbog velike varijabilnosti promatranih parametara, ali i činjenice da su koristili manji uzorak ispitanika (n = 14). Istraživanje grupe autora (Nemtsev, Nemtseva, Bguashev, Elipkhanov i Grekalova, 2016) ukazuje kako je vertikalna brzina odraza (V_y) najznačajniji kinematički parametar koji pridonosi efektivnoj duljini skoka, ali da ta varijabla objašnjava samo 26,9% varijance kod muških skakača u dalj.

Tijelu koje je izbačeno u prostor pri konstantnoj brzini u razini tla najveći domet omogućuje optimalni kut uzleta od 45 º. Kut uzleta (K_u) od 45 º u skoku u dalj je moguć uz manju brzinu odraza i posljedično smanjenu duljinu skoka (Seyfarth, Friedrichs, Wank i Blickhan, 1999). Prema Atwaleru (1975) kut uzleta - K_u kod skoka u dalj se kreće ispod 20º za kraće skokove, dok većina skakača koristi kut od oko 20º prilikom realizacije skokova maksimalne duljine. Kinematičko istraživanje svjetskog dvoranskog prvenstva u atletici pokazuje kako je kut uzleta – Ku ipak viši od spomenutih 20 º, i iznosi 22,1 º kod vrhunskih skakačica (Tucker i sur., 2019a) i 22,7 º kod vrhunskih skakača (Tucker i sur., 2019b). Prema Linthornu i sur. (2005) kod skoka u dalj nekoliko je čimbenika koji smanjuju vrijednost optimalnog kuta uzleta: brzina zaleta, relativna visina TT u doskoku koja je manja od relativne visine TT na kraju odraza, projekcija TT na kraju odraza koja se nalazi ispred linije odraza (duljina odraza), i projekcija TT u doskoku koja se nalazi iza linije doskoka (duljina doskoka). Autori spomenute studije tvrde kako jedinstveni optimalni kut uzleta za sve skakače u dalj ne postoji, već se optimalni kut uzleta mora izračunavati zasebno, uvažavajući čimbenike koji

utječu na optimalni kut. Koristeći u svom istraživanju po nekoliko skokova od tri elitna skakača kao entitete, uz pomoć svojeg matematičkog modela vrše korekcije kutova uzleta i prikazuju optimalne kutove od 20,9 ± 0,7 º za prvog, 21,6 ± 2,1 º za drugog i 25,4 ± 1,6 º za trećeg skakača. Povezanost kuta uzleta s duljinom skoka varira. Najniža prikazana povezanost kuta uzleta (K_u) i efektivne duljine skoka (D_{ef}) u pregledanoj literaturi iznosila je r=-0,01 (Antekolović, 2007), a najviša r = 0,79 (Lees i sur., 1994). Ova činjenica samo doprinosi tvrdnji da ne postoji generalni optimalni kut odraza za skakače u dalj, već on mora biti prilagođen individualnim karakteristikama skakača (morfološkim obilježjima, brzini, jakosti…).

U fazi leta, prema Antekoloviću i Bakoviću (2008), razlikujemo tri osnovne tehnike održavanja ravnoteže i pripreme za doskok: 1. zgrčnu tehnika, 2. koračnu tehniku (1½ korak, 2½ koraka i 3½ koraka) i 3. tehniku uvinuća. Ne postoje dokazi da je neka tehnika bolja od druge, korištenje tehnika u fazi leta je osobna stvar skakača i njihovih trenera. U doskoku u pijesak skakači teže ostaviti otisak što je moguće dalje od odrazne daske. Prvi kontakt s pijeskom skakač će najčešće ostvariti petama, a nakon toga će pokušati da ostatak tijela pada što je moguće bliže toj točci. Razliku od prvog kontakta i kontakta ostatka tijela s pijeskom Hay i sur. (1986) nazivaju - duljinom pada unatrag. U idealnim uvjetima ta bi duljina bila jednaka nuli. Isti autori ističu kako efektivnu duljinu skoka čine duljina odraza (horizontalna razlika između prstiju odrazne noge i projekcije TT u trenutku odraza), duljina leta (horizontalna udaljenost projekcije TT u trenutku odraza do projekcije TT u trenutku prvog kontakta s pješčanikom) i duljina doskoka (horizontalna udaljenost TT do mjesta prvog kontakta s pješčanikom). Efektivna duljina skoka umanjena za horizontalnu udaljenost prstiju odrazne noge od linije prestupa odrazne daske i duljinu pada unatrag nazivamo službena duljina skoka, ona koja je izmjerena prema pravilima Međunarodne atletske federacije.

Većina biomehaničkih istraživanja tehnike skoka u dalj bavi se elitnim ili vrhunskim skakačima i skakačicama u dalj. Spoznaje vezane uz kinematičke parametre opisane u ovom poglavlju temelje se na tim istraživanjima. Manji broj kinematičkih istraživanja skoka u dalj koristi djecu kao ispitanike, ali proučavaju samo zalet (Berg i Greer, 1995; Panteli, Theodorou, Pilianidis i Smirniotou, 2013) ili istražuju učinke različitih podloga na izvedbu tehnike skoka u dalj (Makaruk, Mastalerz, Starzak i Buszta, 2015). Broj istraživanja koja istražuju učinke različitih metoda poučavanja prilikom savladavanja tehnike skoka u dalj kod djece, i njihov istovremeni utjecaj na kinematičke parametre dobivene 3D kinematičkom analizom, još je manji. Pregledom literature pronađeno je samo jedno takvo istraživanje. Panteli, Tsolakis, Efthimiou i Smirniotou (2013) analiziraju učinke različitih metoda učenja skoka u dalj kod

djece koje uključuju korištenje verbalnih uputa i modeliranje kroz pregledavanje videozapisa skokova vrhunskih skakača u dalj, te kombinaciju spomenutih metoda. Zaključuju kako verbalne upute imaju najbolji učinak na duljinu skoka u dalj, ali da modeliranje jače utječe na kinematičke parametre skoka u dalj. Prikazuju koeficijente korelacije duljine skoka s pojedinim kinematičkim parametrima, od kojih statističku značajnost imaju brzina TT na početku odraza (r = 0,29), i rezultantna brzina odraza (r = 0,27). Na kraju dodaju kako bi buduća istraživanja morala biti usmjerena na analize utjecaja kognitivnih tehnika motoričkog učenja kod djece uz pomoć kinematike.

Iako je skok u dalj u uvodu ovog istraživanja spomenut kao vještina koju, s obzirom na predvidljivost okolinskih čimbenika, možemo karakterizirati kao zatvorenu vještinu, s obzirom na mjesto i ulogu povratne veze u izvedbi, skok u dalj ubrajamo u aktivnosti kod kojih dominira sistem unutrašnje povratne veze (eng. feedforward). Unutrašnja povratna veza podrazumijeva formiranje informacije prije samog pokreta, odnosno „između eferentnog izbijanja i samog pokreta, a kojom se namjeravano eferentno izbijanje može korigirati i prije nego je pokret započeo“ (Horga, 2009, str. 228). Iz tog razloga skok u dalj svrstavamo u aktivnosti u kojima je za kontrolu pokreta zadužen sustav otvorene petlje (Magill i Anderson, 2014) – sustav u kojem se, zbog prekratkog trajanja same aktivnosti, unutrašnje povratne informacije za korekciju izvedbe ne koriste, odnosno, korekcija pokreta tijekom same izvedbe nije moguća. Kako se skok u dalj sastoji od više faza (zalet, odraz, let i doskok), ova tvrdnja se može primijeniti na posljednje tri faze. Međutim, s obzirom na trajanje faze, u zaletu su određene korekcije moguće (posebno se to odnosi na prilagodbu duljine koraka u pripremi za odraz). Prilagodba zaleta prije odraza temelji se na informacijama o izvođenju pokreta dobivenih iz kinestetičkih receptora, u koje ubrajamo niz receptora smještenih u zglobovima, tetivama i mišićima (Horga, 2009). Osim kinestetičkih informacija, od posebne je važnosti percepcija dubine skakališta, za koju je zadužen binokularni vid. Normalni binokularni vid omogućava procjenu udaljenosti objekta, temeljenu na relativnoj poziciji objekta u lijevom i desnom oku, i postiže se u dobi od oko 10 godina (Read, 2014). Prema Rathusu (2020) mozak koristi binokularne znakove kako bi ostvario percepciju dubine: stereoskopiju (razlika između slika u mrežnici oba oka) i konvergenciju očiju (usmjerenost oba oka prema istom predmetu). Integracijom informacija dobivenih iz kinestetičkih receptora i dubinske percepcije skakališta, skakač regulira zalet kako bi postigao optimalni odraz. Važno je napomenuti da se, u donosu na odrasle, djeca u izvedbi kompleksnog motoričkog zadatka dominantno oslanjanju na

vizualne informacije (Berard i Vallis, 2006), što je vjerojatni uzrok kraćenja posljednjih koraka zaleta skoka u dalj kod djece.

Osim unutrašnjih, vanjske PI nužni su dio procesa motoričkog učenja u sportu. Znanost još uvijek nije došla do jasnih odgovora na istraživačka pitanja vezana uz utjecaj različitih vrsta i količina PI kod djece. Vrlo mali broj studija istražuje učinke deskriptivnih ili preskriptivnih PI usmjerenih na izvedbu složenih motoričkih vještina, minorni broj koristi djecu kao ispitanike, a rezultati tih studija su kontradiktorni. Ispitivanje učinaka PI ne predstavlja izazov kada su u pitanju jednostavni motorički zadaci, poput pomicanja poluge u određene položaje. Takvi zadaci omogućavaju jednostavnu kvantifikaciju i objektivizaciju, a samim time i kontrolu zavisnih varijabli. Često se prilikom procjene napretka kod složenih motoričkih vještina koriste stručnjaci – suci kao mjerni instrumenti, te se objektivizacija rezultata postiže do određene mjere. Kinematičkom analizom strukture kretanja isključuje se utjecaj greške koju čine suci te se omogućava precizna kvantifikacija učinaka u procesu motoričkog učenja. Iz nabrojenih razloga ovo će istraživanje biti prilog premoštavanju problema nedostatka spoznaja o učincima količine i vrste PI pri savladavanju složenije motoričke vještine (skok u dalj). Osim znanstvenog doprinosa, istraživanje će imati i praktičnu komponentu, omogućit će stručnjacima precizniji izbor metoda rada u treningu s mlađim dobnim skupinama. Dodatno, izvršit će se usporedba kinematičkih parametra tehnike skoka u dalj djece i vrhunskih sportaša. Takve informacije poslužit će razjašnjavanju problema razlike korištenja PI u procesu učenja vještine skoka u dalj djece i odraslih.

2. CILJEVI I HIPOTEZE ISTRAŽIVANJA

Temeljni cilj ove disertacije je utvrditi i usporediti učinke primjene različitih metoda motoričkog učenja u nastavi tjelesne i zdravstvene kulture, obzirom na vrstu (verbalne i/ili vizualne) i količinu PI (reducirane ili učestale), pri izvedbi tehnike skoka u dalj.

Konkretno, cilj je utvrditi na koji će način PI u procesu motoričkog učenja utjecati na rezultat skoka u dalj, odnosno tehniku skoka u dalj opisanu relevantnim kinematičkim parametrima kod učenika osnovnoškolske dobi.

Iz navedenog proizlaze dodatni ciljevi istraživanja:

- utvrditi doprinos PI u promjeni pojedinih kinematičkih parametara skoka u dalj,
- utvrditi međusobnu povezanost kinematičkih parametara skoka u dalj,
- utvrditi povezanost kinematičkih parametara skoka u dalj s duljinom skoka.

Temeljem dosadašnjih istraživanja, a vezano uz postavljene ciljeve, formulirane su sljedeće istraživačke hipoteze:

H1: metoda učenja u kojoj učenik dobiva verbalne i vizualne PI u smanjenoj količini proizvest će najbolje učinke,

H2: kinematički parametri razlikovat će grupe ispitanika - vizualne PI u kombinaciji s verbalnim imat će bolji učinak na izvedbu u usporedbi sa samo verbalnim PI,

H3: relevantni kinematički parametri i duljina skoka imat će visoku međusobnu povezanost.

3. METODE ISTRAŽIVANJA

3.1. Ispitanici

Uzorak ispitanika činilo je osamdeset i osam dječaka i djevojčica, učenika osnovnoškolske dobi, bez prethodnog iskustva u treningu skoka u dalj. U finalnu obradu podataka ušli su najbolji skokovi sedamdeset i pet ispitanika (36 dječaka i 39 djevojčica, učenika 5. i 6. razreda osnovne škole - AS ± SD: 11,3 ± 0,5 godina; 152,9 ± 8,5 cm; 47,3 ± 13,9 kg; indeks tjelesne mase 19,9 ± 4,1). Trinaest ispitanika isključeno je zbog premalog broja odrađenih treninga (ispod 80%), nepojavljivanja na danu finalnog mjerenja ili su njihovi rezultati označeni kao netipična vrijednost (upotrebom interkvartilnog raspona). Istraživanje je odobreno 23. ožujka 2016. na sjednici Povjerenstva za znanstveni rad i etiku Kineziološkog fakulteta u Zagrebu. Istraživanje je provedeno u sklopu redovite nastave tjelesne i zdravstvene kulture, uz dobrovoljno sudjelovanje učenika u istraživanju. Za slučaj uskraćivanja suglasnosti, učenicima je ponuđena opcija izvođenja alternativnih aktivnosti predviđenih planom i programom, iako tu opciju nijedan učenik nije koristio. Suglasnost o sudjelovanju u istraživanju potpisana je od strane roditelja djece. Postojeća razredna odjeljenja su korištena kao grupe ispitanika. Slučajnim odabirom odjeljenju je dodijeljen jedan od programa vježbanja tehnike skoka u dalj s različitim vrstama i količinama PI: reducirane verbalne PI nakon pokušaja u kojima su vidljive ključne greške u izvedbi (Ve_BF, n = 19), reducirane verbalne i vizualne PI nakon pokušaja u kojima su vidljive ključne greške u izvedbi (Ve+Vi_BF, n = 24), verbalne i vizualne PI nakon svakog pokušaja izvedbe tehnike skoka u dalj (Ve+Vi_100%, n = 14) i grupa bez PI predstavljala je kontrolnu grupu (Kon, n = 18).

3.2. Varijable

Eksperimentalni uvjeti treninga predstavljali su nezavisnu varijablu gdje je količina i vrsta PI varirala prema ranije navedenom opisu grupa: verbalne PI u odnosu na ključne greške (Ve_BF), verbalne i vizualne PI u odnosu na ključne greške (Ve+Vi_BF), verbalne i vizualne

PI na sve greške (Ve+Vi_100%) i bez PI (Kon). Zavisna varijabla u ovom istraživanju bila je tehnika skoka u dalj opisana duljinom skoka u dalj i relevantnim kinematičkim parametrima (Tablica 4.). Kako je odraz centralni dio skoka u dalj, odabrani su kinematički parametri koji najbolje opisuju odraz jer skakač mora, da bi proizveo vertikalni impuls sile, najprije proizvesti impuls sile u smjeru podloge (Alexander, 1990).

Najrelevantniji kinematički parametar je brzina zaleta. Razlog tome je visoka povezanost brzine zaleta s duljinom skoka (Čoh i sur., 1995; Mendoza i Nixdorf, 2011; Bayraktar i Çilli, 2018). Zbog kompleksnosti kinematičke analize na uzorku od ukupno 150 analiziranih skokova, kao reprezentant brzine zaleta odabran je kinematički parametar – horizontalna brzina na početku odraza (V_{xp}). Ova varijabla daje informaciju o brzini kretanja TT u smjeru zaleta po horizontalnoj osi na početku odraza, odnosno, u trenutku prvog vidljivog kontakta stopala odrazne noge s podlogom.

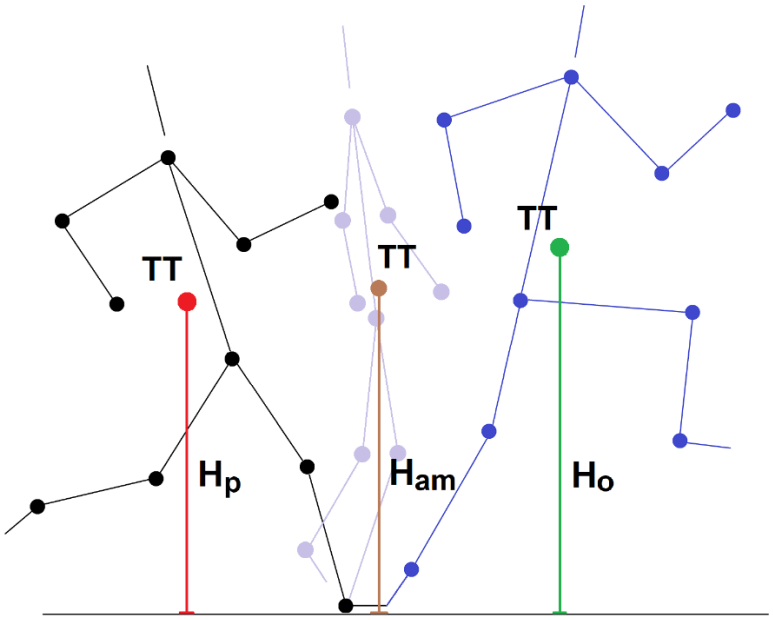
Ostali parametri brzine kretanja TT odnose s na horizontalnu brzinu odraza (V_x), vertikalnu brzinu odraza (V_y) i rezultantnu brzinu (V_r) (Slika 3.) koji su također pozitivno povezani s konačnim rezultatom skoka u dalj – duljinom skoka (Hay i sur., 1986; Čoh i sur., 1995; Antekolović, 2007). Slika 3. pokazuje kako se vektor rezultantne brzine (V_r) sastoji se od horizontalne i vertikalne komponentne, odnosno, predstavlja zbroj vektora horizontalne (V_x) i vertikalne brzine odraza (V_y).

Trajanje odraza (T_o) je parametar koji je odabran jer njegova vrijednost opada proporcionalno s povećanjem brzine zaleta (Bridgett i Linthorne, 2006), što znači da za razliku od parametara brzine odraza ima visoku negativnu povezanost s duljinom skoka u dalj.

Apsolutne vrijednosti visina TT (Slika 4.) od početka do kraja odraza također su povezane s uspješnošću izvedbe tehnike skoka u dalj (Čoh i sur., 1995). Najniže vrijednosti očekuju se na početku odraza, povećavaju se kroz podfazu amortizacije odraza i dostižu maksimalne vrijednosti na kraju odraza. Prva podfaza odraza, odnosno amortizacijska podfaza, u literaturi se često naziva i kompresijska faza odraza. Ostatak faze odraza nazivamo ekstenzijska podfaza (Graham-Smith i Lees, 2005).

Iako za kut uzleta (K_u) ne postoji optimalna vrijednost (Linthorne i sur., 2005), za potrebe ovog istraživanja vrijedne su informacije na koji način ispitanici reagiraju i prilagođavaju kut uzleta prema dobivenim PI.

Kako je poželjno da gubitak horizontalne brzine od početka do kraja odraza bude što manji, uz istovremeno povećanje vertikalne brzine, važno je da kut amortizacije odraza u koljenu odrazne noge (K_{am}) ne bude prevelik. Povećanje kuta amortizacije ne dovodi do željenog povećanja visine TT, tako ni do povećanja vertikalne brzine koja je ključna u produkciji rezultantne brzine. Kut amortizacije (K_{am}) ili maksimalna fleksija u koljenu odrazne noge u fazi odraza važan je parametar za razumijevanje na koji način dolazi do povećanja spomenutih brzina u odrazu, ali i duljine skoka (Lees i sur., 1994).



Slika 4. Visine TT na početku odraza (H_p), u amortizaciji (H_{am}) i na kraju odraza (H_o)

Kutovi tijela na početku odraza (K_{top}) i kraju odraza (K_{tok}) često su korišteni parametri u kinematičkim analizama. Skakač mora, kako bi bio u mogućnosti postaviti stopalo odrazne noge ispred TT u fazi odraza, napraviti adekvatnu prilagodbu kuta tijela prije početka samog odraza (Hay, 1993). Izostajanje takve prilagodbe rezultira tehničkim greškama u nastavku skoka, koje dovode do lošeg ukupnog rezultata skoka u dalj. Iako kutovi tijela ne pokazuju statistički značajne korelacije s duljinom skoka, značajne korelacije mogu biti nađene s varijablama brzine odraza (Antekolović, 2007).

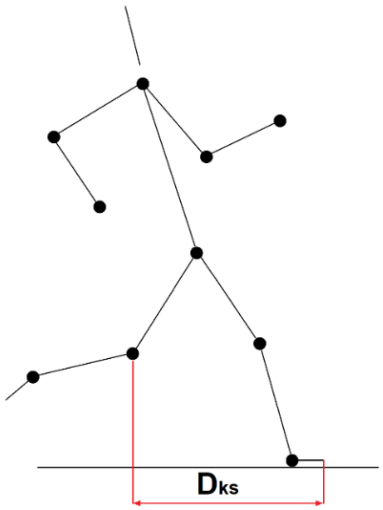
Tablica 4. Popis varijabli istraživanja s kraticama i mjernim jedinicama

R.br.	***Naziv varijable***	***Kratica***	***Mjerna jedinica***
1.	Duljina skoka	D_{skok}	*cm*
2.	Horizontalna brzina odraza	V_x	*m/s*
3.	Vertikalna brzina odraza	V_y	*m/s*
4.	Rezultantna brzina	V_r	*m/s*
5.	Horizontalna brzina na početku odraza	V_{xp}	*m/s*
6.	Smanjenje horizontalne brzine u odrazu	$V_{x\%p\text{-}o}$	*%*
7.	Trajanje odraza	T_o	*ms*
8.	Visina TT na početku odraza	H_p	*cm*
9.	Visina TT u amortizaciji	H_{am}	*cm*
10.	Visina TT na kraju odraza	H_o	*cm*
11.	Kut uzleta	K_u	°
12.	Kut amortizacije	K_{am}	°
13.	Kut tijela - početak odraza	K_{top}	°
14.	Kut tijela - kraj odraza	K_{tok}	°
15.	Udaljenost projekcije koljena zamašne noge od točke oslonca na početku odraza	D_{ks}	*cm*

Antekolović (2007), osim standardnih kinematičkih varijabli, koristi i nekoliko modificiranih i novih varijabli. Za potrebe ovog istraživanja preuzete su dvije: smanjenje horizontalne brzine u odrazu ($V_{x\%p\text{-}o}$) i udaljenost projekcije koljena zamašne noge od točke oslonca na početku odraza (D_{ks}). Varijabla smanjenje horizontalne brzine odabrana je zbog svoje visoke negativne povezanosti s kutom uzleta (K_u), a izračunava se kao omjer horizontalne brzine na kraju i početku odraza prema sljedećoj formuli:

$$V_{x\%p\text{-}o} = (V_x / V_{xp} - 1) * 100$$

Udaljenost projekcije koljena zamašne noge od točke oslonca na početku odraza (D_{ks}) računa se kao horizontalna udaljenost između projekcije koljena zamašne noge i prstiju odrazne noge (Slika 5.). Antekolović (2007) koristi spomenutu varijablu u svojem istraživanju uz pretpostavku da skakači koji imaju manju udaljenost projekcije koljena produciraju veću rezultantnu brzinu i veći kut uzleta. Pretpostavku u svom istraživanju autor potvrđuje, te zaključuje kako velike vrijednosti udaljenosti projekcije koljena imaju negativnu vezu s tehničkom izvedbom odraza skoka u dalj, a time i s duljinom skoka.



Slika 5. Udaljenost projekcije koljena zamašne noge od točke oslonca na početku odraza (D_{ks})

3.3. Opis postupka mjerenja

Postupak mjerenja uključivao je istovjetno inicijalno i finalno mjerenje. Na dan mjerenja ispitanici su dolazili u dvoranu s atletskom stazom (SRC Trate Nedelišće). Za potrebe istraživanja u dvorani je održavana konstantna temperatura od 20°C. Inicijalno mjerenje je održano 6. listopada 2016., a finalno 20. prosinca 2016. godine. Svaka grupa ispitanika imala je vlastiti termin za mjerenje. Prije mjerenja ispitanici su obavili standardizirano zagrijavanje (Tablica 5.). Nakon toga su dobili usmene upute o sigurnosti izvođenja skoka u dalj i pogledali video demonstraciju tehnike skoka u dalj (Slika 7.). Poslije zagrijavanja pristupilo se mjerenju duljine skoka u dalj. Protokol je uključivao skakanje u serijama, svaki ispitanik je skočio jedan skok u seriji i tako 4 puta. Ispitanicima je bio je dozvoljen zalet ne kraći od 15 i ne duži od 20 metara. Ovo pravilo je uvedeno kako bi se poništila eventualna povezanost brzine dužeg zaleta s duljinom skoka u odnosu na brzinu postignutu iz kraćeg zaleta. Skakači početnici često odrede prekratki ili predugi zalet koji imaju negativnu povezanost s duljinom skoka.

Kako bi se ispitanicima olakšalo izvođenje zadatka, ispred doskočišta je iscrtana zona odraza veličine 1 x 1 metar. Skok je bio valjan ako je ispitanik odraz izvršio jednom nogom i ukoliko je vrh stopala odrazne noge ostavio jasan otisak unutar zone odraza.

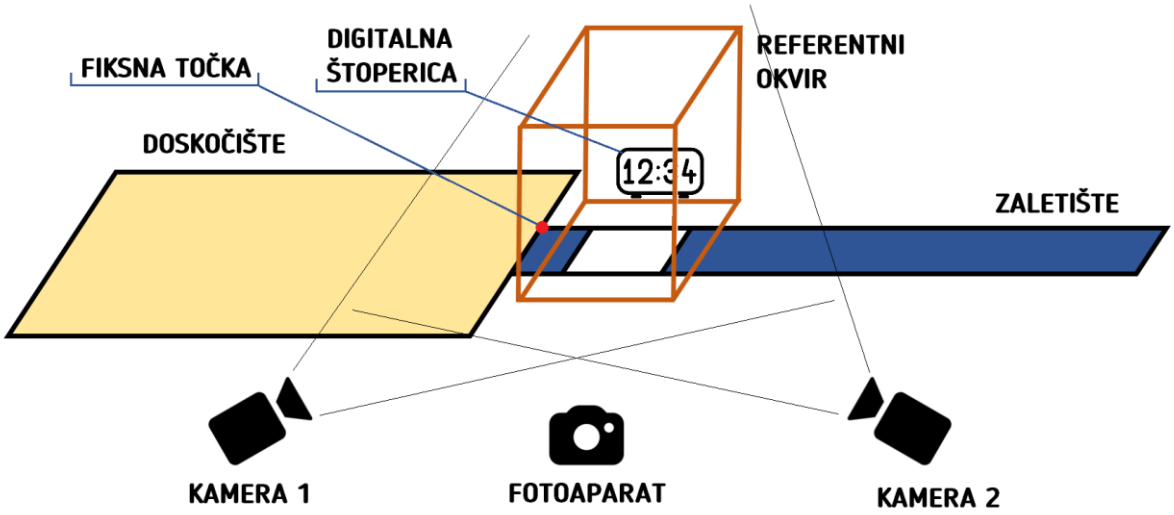
Tablica 5. Protokol zagrijavanja ispitanika za testiranje i trening

R.br.	Naziv vježbe	Broj ponavljanja - trajanje
	VJEŽBE U KRETANJU	
1.	Trčanje laganim tempom u koloni	3 minute
	VJEŽBE U MJESTU	
2.	Kruženje rukama prema naprijed sa skokom	10x
3.	Kruženje rukama prema natrag sa skokom	10x
4.	Zasuci trupom lijevo-desno	10x
5.	Otkloni trupom lijevo-desno	10x
6.	Iskoraci unaprijed lijevom nogom	5x
7.	Iskoraci unaprijed desnom nogom	5x
8.	Iskoraci u stranu lijevom nogom	5x
9.	Iskoraci u stranu desnom nogom	5x
10.	Visoki skip u mjestu	10 sekundi
11.	Zabacivanje potkoljenica	10 sekundi
12.	Čučanj – skok u mjestu	5x
13.	Naizmjenični zamasi lijeva - desna noga	10x
14.	Podizanje na prste stopala uza zid	10x

Sama zona odraza je bila posuta tankim slojem vapna kako bi se precizno odredilo mjesto odraza ispitanika (linija palca odrazne noge). Točka mjesta odraza proširena je u liniju okomito na zalet kako bi se izmjerila udaljenost od mjesta odraza do najbliže točke ulegnuća pijeska u doskočištu (prema pravilima Međunarodne atletske federacije). Svi skokovi bili su izmjereni čeličnim metrom.

3.3.1. Prikupljanje videozapisa za kinematičku analizu

Svi skokovi ispitanika iz inicijalnog i finalnog mjerenja snimani su s dvije Sony HDR-HC9E kamere (50 sličica u sekundi) i jednim Casio EX-ZR100 digitalnim fotoaparatom (240 slika u sekundi). Sony kamere su bile postavljene na lijevoj strani zaletišta, odnosno doskočišta, udaljene 5 metara od mjesta odraza i međusobno pod kutom od otprilike 90 stupnjeva. Casio kamera je bila postavljena između njih i snimala je samo stopalo odrazne noge u krupnom planu. Kako bi se omogućila kasnija sinkronizacija videozapisa, digitalna štoperica s ekranom dijagonale 5 inča bila je postavljena na desnu stranu zone odraza i prikazivala je minute i sekunde od početka do kraja mjerenja (Slika 6.). Ovaj protokol osigurao je da se, u fazi prijenosa videozapisa na računalo, izdvoje zapisi istog skoka iz sva tri uređaja za daljnju analizu.



Slika 6. Položaj kamera i fotoaparata u odnosu na skakalište i postavljanje referentnog okvira

3.3.2. Kinematička analiza skokova

U svrhu izračunavanja kinematičkih varijabli korišten je videozapis iz Sony kamera i programski paket APAS (Ariel Performance Analysis System, SAD), inačica za Windows operativni sustav. Jedina varijabla koja je izračunata drugom metodom je trajanje odraza (T_o). U tu svrhu korišten je program „Kinovea“, koji omogućava jednostavnu analizu usporenih videozapisa. Prva sličica videozapisa na kojoj je bio vidljiv jasan kontakt stopala s podlogom označena je kao početak odraza, a posljednja sličica prije napuštanja podloge kao zadnja. Program je na osnovu zadanih parametara sam izračunao i prikazao trajanje odraza u milisekundama.

Osim skokova, prije početka i nakon mjerenja svake grupe, u kadar Sony kamera postavljen i snimljen referentni okvir (100 x 200 x 100 cm) i fiksna točka, što je također jedan od preduvjeta kinematičke analiza pomoću APAS sustava (Slika 6.). Kako referentni okvir definira koordinatni sustav u trodimenzionalnom prostoru, x - ravnina je predstavljala horizontalnu ravninu paralelnu sa smjerom zaleta, y - ravnina je predstavljala vertikalnu ravninu i z - ravnina je predstavljala horizontalnu ravninu okomitu na x - ravninu.

Nakon određivanja najboljih pokušaja (najduljih skokova) svakog ispitanika, posebno za inicijalno i posebno za finalno mjerenje i preuzimanja videozapisa na računalo, obavljeno je

izrezivanje videozapisa (*APAS Trim Module*) i označavanje sinkronizacijske točke. U oba videozapisa posljednji vidljivi kontakt stopala s podlogom označen je kao kraj odraza, odnosno, kao sinkronizacijska točka. Izrezivanje je obavljeno 15 slika prije i 4 nakon sinkronizacijske točke.

Nakon izrezivanja obavljena je digitalizacija (*APAS Digitize Modul*), posebno za svaku sliku izrezanog videozapisa. Na svakoj slici označena je fiksna točka i 18 referentnih točaka koje opisuju 14-segmentni model ljudskog tijela (Dampster, 1955): glava, trup, nadlaktice, podlaktice, dlanovi, natkoljenice, potkoljenice i stopala. Po završetku digitalizacije kompletnog videozapisa skoka digitalizirano je osam točaka koje definira referentni okvir, po jedna slika za svaku kameru.

Sljedeći korak bio je transformacija digitaliziranog videozapisa (*APAS Transform Module*). Dvodimenzionalni videozapisi uz pomoć DLT algoritma (eng. *Direct Linear Transformation*) transformirani su u trodimenzionalni prostor.

Završni postupak kinematičke analize odnosio se na filtriranje izračunatih podataka (*APAS Filter Module*). Korišten je *Cubic Spline* filter s vrijednošću 1, što je odgovaralo svim varijablama. Tome je pridonijelo snimanje skokova s kamerama postavljenim blizu ispitanika, što je omogućavalo precizno označavanje referentnih točaka na njihovom tijelu. Vrijednosti pojedinih varijabli očitane su direktno iz APAS-a (V_x, V_y, V_{xp}, H_p, H_{am}, H_o, K_{am}), dio varijabli izračunat je uz pomoć odgovarajućih trigonometrijskih funkcija (V_r , K_u, K_{top}, K_{tok}) i dvije su izračunate osnovnim matematičkim operacijama ($V_{x\%p\text{-}o}$, D_{ks}).

3.4. Utvrđivanje ključnih grešaka skoka u dalj

Eksperimentalnom tretmanu prethodilo je definiranje popisa najčešćih grešaka koje se mogu primijetiti kod početnog učenja skoka u dalj kod djece. Autor ovog istraživanja je uz pomoć mentora, a temeljem udžbenika za visokoškolsko obrazovanje pod naslovom: Skok u dalj (Antekolović i Baković, 2008), sastavio popis od 14 mogućih početničkih grešaka u tehnici skoka u dalj. Popis mogućih grešaka korišten je u konstrukciji upitnika za procjenu utjecaja svake greške na ukupnu tehniku skoka u dalj. Upitnik je poslan hrvatskim atletskim trenerima (n = 21), ekspertima skoka u dalj s višegodišnjim iskustvom rada s djecom početnicima (AS ± SD: 14,5 ± 9,5 godina).

U upitniku je korištena Likertova sedmo-stupanjska ljestvica, ocjena 1 je označavala nevažnu grešku, a 7 ključnu grešku tehnike skoka u dalj. Izračunate su prosječne ocjene za svaku moguću grešku te je definiran i standardizirani popis PI ispitanicima (Tablica 6.). Grupe ispitanika koje su primale reducirane PI (eng. *bandwidth feedback*) primale su PI samo ukoliko je u njihovoj izvedbi uočena jedna od tri ključne greške s najvišom ocjenom stručnjaka.

3.5. Eksperimentalni tretman

Nakon inicijalnog testiranja svi ispitanici su krenuli u eksperimentalni tretman – 11. listopada 2016. godine. Tretman je trajao 8 tjedana. Ispitanici su vježbali 2 puta tjedno na nastavi tjelesne i zdravstvene kulture. Samo vježbanje odvijalo se u školskoj dvorani na dva skakališta. Zaletišta su bila obilježena niskim čunjićima, a doskočišta sastavljena od strunjača dimenzija 400 x 200 x 20 cm. Ispred doskočišta bila je postavljena protuklizna zona za odraz dimenzija 100 x 100 cm (Slika 7.). Prije početka vježbanja tehnike skoka u dalj proveden je standardizirani protokol zagrijavanja (Tablica 5.).

Na početku svakog sata ispitanici iz svih grupa su dobivali jednake uvodne informacije o sigurnosti prilikom izvođenja skokova i pogledali video demonstraciju skoka u dalj sa standardiziranim verbalnim uputama koje su također bile ispisane na dnu zaslona računala (Slika 7.).

Uvodne verbalne upute su glasile:

- zalet započnite dužim koracima
- trčite na prednjem dijelu stopala
- odraz izvedite cijelom površinom stopala
- doskok na obje noge u čučanj

Osim uvodnih uputa, grupe ispitanika se nisu razlikovale ni u broju ponavljanja zadataka po satu, ni po progresiji zaleta. Na svakom satu zadatak je bio skočiti 10 puta skok u dalj iz zaleta. Prva 4 sata ispitanicima je dozvoljen zalet od 6 koraka, od 5. do 8. sata 8 koraka, 9. – 12. sat 10 koraka i posljednja 4 sata 12 koraka zaleta. Ovakav model produljivanja zaleta odabran je jer je ispitanicima u početku omogućavao uvježbavanje tehnike skoka u dalj pri manjim brzinama, uz veću kontrolu pokreta.

Tablica 6. Popis mogućih početničkih grešaka u tehnici skoka u dalj, s izračunatim prosjekom ocjena anketiranih stručnjaka i pripadajućim popisom standardiziranih preskriptivnih PI za ispravljanje grešaka

Opis greške	Prosječna ocjena	Standardizirana preskriptivna PI
Odraz se izvodi preko prstiju ili pete, a ne cijelom površinom stopala	**6,4***	**Odraz izvrši cijelom površinom stopala**
Zalet istrčan preko peta ili na cijeloj površini stopala (loša tehnika trčanja)	**6,0***	**Trči brže i na prednjem dijelu stopala**
Trup je u prevelikom pretklonu u trenutku odraza	**6,0***	**Odrazi se s uspravnim trupom**
Tijelo je previše nagnuto unazad u trenutku odraza	5,8	Odrazi se s uspravnim trupom
Doskok se vrši na opružene noge (izostaje povlačenje koljena prema trupu uz istovremeni pretklon)	5,8	Nakon odraza, koljena podiži prema prsima i doskoči u čučanj
Prilikom pripreme za doskok izostaje spajanje nogu (doskok se vrši jednom nogom ispred druge)	5,8	Spoji stopala prije doskoka
Prilikom doskoka ruke se postavljaju iza tijela	5,5	Pri doskoku, guraj ruke prema naprijed
Nepotrebno skraćivanje („usitnjavanje") posljednjih koraka zaleta	5,5	Zadrži dužinu koraka prema kraju zaleta
Nepravilno izvođenje zamaha zamašnom nogom u trenutku odraza	5,5	Kad se odražavaš, snažno podigni koljeno suprotne noge
Nedostaje progresivno ubrzavanje zaleta od početka prema kraju zaleta	5,3	Završetak zaleta neka bude brži od početka
Zona odraza se pokušava zadržati u vidnom polju („gledanje daske“)	5,1	Pri odrazu, pogled ravno naprijed
Ravnoteža u fazi leta se narušava izvođenjem nepravilnih ili nepotrebnih pokreta dijelova tijela	5,1	Nakon odraza, koljena podiži prema prsima i doskoči u čučanj
Nepravilno izvođenje zamaha rukama u trenutku odraza	5,0	Kod odraza koristi zamah rukama kao kod trčanja
Priprema za odraz nije izvedena kraćim posljednjim korakom	4,8	Malo skrati posljednji korak

Legenda: * - ključne greške u tehnici skoka u dalj kod početnika (s minimalnom prosječnom ocjenom 6)

Eksperimentatori su bile dvije stručne osobe, kineziolozi s višegodišnjim iskustvom u radu s djecom osnovnoškolske dobi. Ni na koji način nisu bili upoznati s ciljevima i hipotezama ovog istraživanja. Iako su imali prijašnje iskustvo u treningu skoka u dalj s djecom, prošli su kratku obuku u prepoznavanja tehničkih grešaka skoka u dalj i načinu davanja PI. Osim PI o tehničkoj izvedbi skoka, eksperimentatorima je bilo dozvoljeno vršiti i korekciju mjesta početka zaleta u svim grupama, uključujući i kontrolnu. Kako bismo to omogućili, na zaletištima je bilo postavljeno 5 oznaka na razmaku od 1 metra, te su ispitanici morali krenuti od jedne od navedenih oznaka kako bi odraz mogli izvršiti u zoni za odraz. Ukoliko je eksperimentator procijenio da je potrebno produžiti ili skratiti zalet, ispitanik bi takvu informaciju dobio bez ograničenja.

Kako je vježbanje bilo organizirano na dva skakališta unutar svake grupe (razreda), ispitanici su dodatno podijeljeni na dvije podgrupe. Svaki sljedeći nastavni sat vježbanja izvršena je zamjena eksperimentatora kako bi svaki ispitanik dobivao PI od oba u jednakoj mjeri. PI koje su eksperimentatori davali ispitanicima bile su preskriptivne (PI za korekciju pokreta).

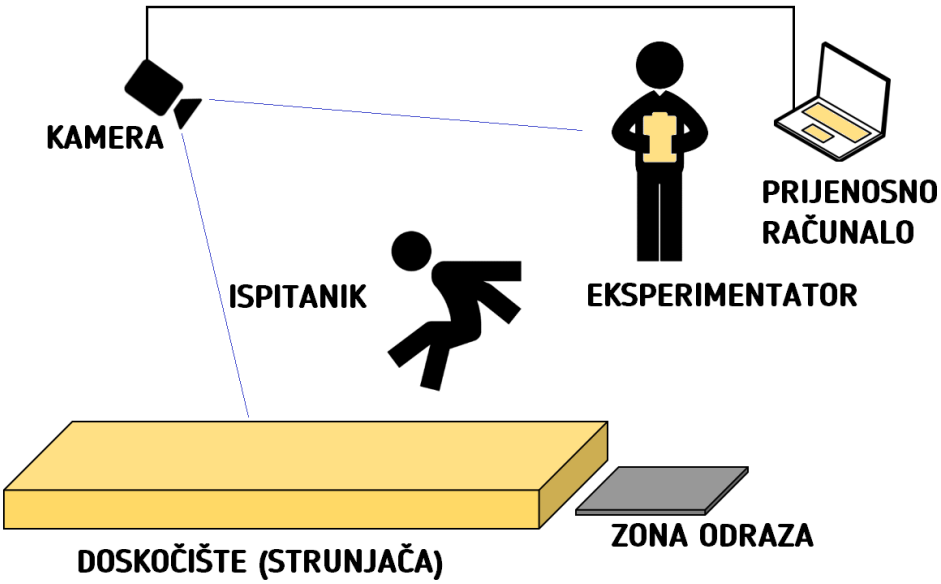
Slika 7. Kinogram video demonstracije tehnike skoka u dalj popraćene standardiziranim verbalnim uputama

Kontrolna grupa (Kon; n = 18) – u ovoj je grupi samo evidentiran broj pokušaja, kako bi se izjednačili s ispitanicima iz ostalih skupina. Ispitanici su izvodili pokušaje u serijama, po jedan skok u seriji i tako 10 puta tijekom jednog sata, 2 puta tjedno, 8 tjedana. Ukupno 160 skokova. Eksperimentatorima je bilo dozvoljeno korigirati samo početak zaleta – pomicanje zaleta unaprijed ili unazad.

Grupa s verbalnim PI u odnosu na ključne greške (Ve_BF; n = 19) – osim korekcije zaleta, ispitanici iz ove skupine su dobivali standardizirane verbalne PI ukoliko je uočena jedna od tri ključne greške skoka u dalj kod početnika (Tablica 6.). Ukoliko su uočene sve tri ključne greške, istovremeno ispravljanje grešaka se vršilo prema prioritetu, odnosno eksperimentatori su po pokušaju ispravljali samo jednu grešku. Prioritet je bio ispraviti neadekvatan odraz, zatim loš zalet i na kraju poziciju trupa u fazi odraza. Prosječna relativna frekvencija PI u ovoj grupi iznosila je 65% za prva 4 tjedna, da bi pala na 43% u posljednja 4 tjedna eksperimenta. Ukupna prosječna relativna frekvencija PI u svih 8 tjedana iznosila je 53%.

Grupa s verbalnim i vizualnim PI u odnosu na ključne greške (Ve+Vi_BF; n = 24) – tretman u ovoj grupi ispitanika bio je istovjetan prethodnoj grupi (Ve_BF), s razlikom što su u ovoj grupi ispitanici mogli pogledati videozapis svog skoka na zaslonu računala, ali nakon što su dobili verbalnu preskriptivnu PI od eksperimentatora. Kamera je bila postavljena sa strane skakališta, kao što je prikazano na slici 8., i bila je povezana s računalom koje se nalazilo odmah do skakališta. Snimka skoka svakog ispitanika prikazivala se automatski na zaslonu računala s odgodom od 15 sekundi. Ovaj vremenski interval je odabran iz razloga što je omogućavao nesmetano davanje PI. U slučaju da nije detektirana nijedna od tri ključne greške, ispitanicima je uskraćeno pravo na gledanje videozapisa. Posebna briga vodila se da ispitanik koji je izvršio zadatak krene na početak zaletišta prije nego krene sljedeći, iz razloga kako ispitanici ne bi slušali PI namijenjene nekom drugom. Za potrebe vizualnih (video) PI korištena su prijenosna računala s ekranom dijagonale 17 inča i eksterne web kamere visoke razlučivosti (Logitech HD Webcam C270). Prosječna relativna frekvencija PI u ovoj grupi iznosila je 69% za prva 4 tjedna, da bi pala na 53% u posljednja 4 tjedna eksperimenta. Ukupna prosječna relativna frekvencija PI u svih 8 tjedana iznosila je 61%.

Grupa s verbalnim i vizualnim PI nakon svakog pokušaja (Ve+Vi_100%; n = 14) – Ispitanici iz ove grupe dobivali su PI o svim greškama koje su uočene tijekom izvedbe skoka. Eksperimentatorima je bilo dozvoljeno izdvojiti maksimalno 3 greške po skoku i dati ispitaniku adekvatnu PI (Tablica 6.). Kako su ispitanici u svim grupama skakači početnici, koji nisu u mogućnosti izvesti skok bez greške, prosječna relativna frekvencija PI u ovoj grupi iznosila je 100% kroz svih 8 tjedana tretmana. Nakon svakog skoka ispitanici su pogledali svoju izvedbu na zaslonu računala kao i prethodna grupa (Ve+Vi_BF).



Slika 8. Pozicija kamere i prijenosnog računala u odnosu na ispitanika i eksperimentatora tijekom treninga (samo za grupe Ve+Vi_BF i Ve+Vi_100%)

Tablica 7. Prosječne relativne frekvencije po grupama i tjednima eksperimenta

Grupa	Tjedan 1. – 4.	Tjedan 5. – 8.	**Tjedan 1. – 8.**		
	AS	AS	**AS ± SD**	**MIN**	**MAX**
Kon	0 %	0 %	**0 ± 0 %**	**0 %**	**0 %**
Ve_BF	65 %	43 %	**53 ± 18 %**	**19 %**	**90 %**
Ve+Vi_BF	69 %	53 %	**61 ± 23 %**	**13 %**	**100 %**
Ve+Vi_100%	100 %	100 %	**100 ± 0 %**	**100 %**	**100 %**

Legenda: Relativna frekvencija PI izračunata je kao omjer pokušaja (skokova) nakon kojih je ispitanik dobio PI i ukupnog broja svih skokova. U tablici je prikazan prosjek grupe.

3.6. Metode analize podataka

Za obradu prikupljenih podataka koristio se programski paket IBM SPSS Statistics za Windows, verzija 20,0. Armonk, NY: IBM Corp. Za sve varijable u svim mjerenjima izračunati su sljedeći deskriptivni parametri: aritmetička sredina (AS), standardna devijacija (SD), minimalna vrijednost (MIN), maksimalna vrijednost (MAX), pokazatelji asimetrije distribucije (skewness) i pokazatelji izduženosti distribucije (kurtosis). Za sve varijable inicijalnog i finalnog mjerenja izračunata je normalnost distribucije varijabli Shapiro–Wilk testom.

Po verifikaciji normalnosti distribucija, korištena je multivarijatna analiza varijance (MANOVA) za utvrđivanje razlika između grupa u inicijalnom mjerenju.

Kako su utvrđene razlike između grupa u inicijalnom mjerenju, za utvrđivanje utjecaja eksperimentalnog tretmana na tehniku skoka u dalj korištena je analiza kovarijance (ANCOVA) s rezultatima inicijalnog testiranja kao kovarijancom. Ukoliko je ANCOVA pokazala da postoji statistički značajna razlika između grupa, Bonferroni post-hoc testom utvrđivao se izvor razlika između grupa. Razlog primjene ANCOVA-e za ponovljena mjerenja u nerandomiziranim istraživanjima je prilagodba (ponderiranje) aritmetičkih sredina rezultata finalnog mjerenja razlikama koje se javljaju u inicijalnom mjerenju. U tom slučaju ANCOVA je preferirana metoda za analizu podataka (Dimitrov i Rumrill, 2003). Ponderirane aritmetičke sredine rezultata finalnog mjerenja prikazane su tabelarno u poglavlju s rezultatima istraživanja, zajedno s razlikama između pojedinih grupa i statističkom značajnošću razlika između grupa.

Za uvid u statističku značajnost promjena unutar samih grupa koristio se Studentov t-test za zavisne uzorke.

Za uvid u veličinu učinka unutar grupa izračunat je Cohenov d. Veličina učinka je bila izračunata kao omjer razlike aritmetičkih sredina finalnog i inicijalnog mjerenja i zajedničke standardne devijacije, za svaku grupu posebno.

$$Cohenov\ d = \frac{AS_{finalno\ mjerenje} - AS_{inicijalno\ mjerenje}}{SD_{zajednička}}$$

Pearsonov koficijent korelacije korišten je za utvrđivanje međusobne povezanosti kinematičkih varijabli i duljine skoka u dalj.

Dodatno, stupnjevitom multiplom regresijskom analizom (metodom postupnog sužavanja modela, eng. *backward stepwise model*) utvrđivana je povezanost pojedinih kinematičkih parametara s duljinom skoka u dalj.

Svi centralni i disperzivni parametri u ovom istraživanju prikazani su kao AS ± SD ili kao prosječna relativna promjena rezultata (Δ% ± SD). Prosječna relativna promjena rezultata pojedine grupe izračunata je prema sljedećoj formuli:

$$\Delta\%_{grupa} = \frac{\sum (REZULTAT_{finalno} - REZULTAT_{inicijalno}) / (REZULTAT_{inicijalno})}{n} * 100$$

Kako je u varijabli smanjenje horizontalne brzine u odrazu ($V_{x\%p\text{-}o}$) mjerna jedinica postotak (%),promjena rezultata prikazana je kao prosjek razlika između inicijalnog i finalnog mjerenja.

Razina statističke značajnosti bila je postavljena na $p < 0,05$.

4. REZULTATI

4.1. Deskriptivna statistika

Tablica 8. Deskriptivna statistika, mjere asimetričnosti i zakrivljenosti distribucije rezultata inicijalnog mjerenja svih ispitanika s testom normaliteta distribucije

	AS ±SD	MIN	MAX	*Skewness*	*Kurtosis*	*Shapiro-Wilks*	
						W	*p*
D_{skok} *(cm)*	**272 ± 60**	**159**	**427**	*0,24*	*-0,37*	*0,99*	*0,536*
V_x *(m/s)*	**4,7 ± 0,7**	**3,5**	**6,2**	*0,17*	*-0,81*	*0,98*	*0,136*
V_y *(m/s)*	**1,7 ± 0,4**	**0,8**	**2,9**	*0,31*	*0,30*	*0,98*	*0,430*
V_r *(m/s)*	**5,0 ± 0,7**	**3,7**	**6,6**	*0,23*	*-0,94*	*0,97*	*0,057*
V_{xp} *(m/s)*	**5,5 ± 0,7**	**4,1**	**7,3**	*0,22*	*-0,52*	*0,98*	*0,235*
$V_{x\%p\text{-}o}$ *(%)*	**-14,4 ± 6,0**	**-29,8**	**-1,5**	*0,11*	*-0,49*	*0,99*	*0,524*
H_p *(cm)*	**84,1 ± 5,5**	**71,4**	**97,0**	*-0,01*	*-0,15*	*0,99*	*0,948*
H_{am} *(cm)*	**83,2 ± 5,2**	**72,9**	**93,7**	*0,12*	*-0,70*	*0,98*	*0,283*
H_o *(cm)*	**95,5 ± 6,1**	**83,0**	**109,7**	*0,32*	*-0,55*	*0,98*	*0,202*
T_o *(ms)*	**180 ± 29**	**124**	**249**	*0,44*	*-0,08*	*0,97*	*0,092*
K_u *(°)*	**19,6 ± 3,8**	**9,7**	**29,1**	*-0,07*	*0,33*	*0,99*	*0,793*
K_{am} *(°)*	**136,8 ± 6,5**	**119,7**	**151,5**	*-0,17*	*-0,19*	*0,99*	*0,962*
K_{top} *(°)*	**59,1 ± 3,1**	**50,5**	**66,5**	*0,02*	*0,26*	*0,99*	*0,594*
K_{tok} *(°)*	**73,7 ± 3,4**	**65,8**	**81,1**	*-0,18*	*-0,37*	*0,99*	*0,661*
D_{ks} *(cm)*	**62,1 ± 9,5**	**41,8**	**88,1**	*0,02*	*-0,17*	*0,99*	*0,707*

Legenda: **AS** – aritmetička sredina, **SD** – standardna devijacija, **MIN** – minimalna vrijednost, **MAX** – maksimalna vrijednost, D_{skok} - duljina skoka, V_x - horizontalna brzina odraza, V_y - vertikalna brzina odraza, V_r - rezultantna brzina, V_{xp} - horizontalna brzina na početku odraza, $V_{x\%p\text{-}o}$ - smanjenje horizontalne brzine u odrazu, T_o - trajanje odraza, H_p - visina TT na početku odraza, H_{am} - visina TT u amortizaciji, H_o - visina TT na kraju odraza, K_u - kut uzleta, K_{am} - kut amortizacije, K_{top} - kut tijela na početku odraza, K_{tok} - kut tijela na kraju odraza, D_{ks} - udaljenost projekcije koljena zamašne noge od točke oslonca na početku odraza.

Tablica 9. Deskriptivna statistika, mjere asimetričnosti i zakrivljenosti distribucije rezultata finalnog mjerenja svih ispitanika s testom normaliteta distribucije

	AS ± SD	**MIN**	**MAX**	*Skewness*	*Kurtosis*	*Shapiro-Wilks*	
						W	*p*
D_{skok} *(cm)*	**297 ± 55**	**193**	**430**	*0,29*	*-0,45*	*0,98*	*0,228*
V_x *(m/s)*	**4,8 ± 0,6**	**3,7**	**6,2**	*0,11*	*-0,46*	*0,98*	*0,479*
V_y *(m/s)*	**1,7 ± 0,4**	**1,1**	**2,6**	*0,46*	*-0,44*	*0,97*	*0,071*
V_r *(m/s)*	**5,1 ± 0,6**	**4,0**	**6,5**	*0,15*	*-0,62*	*0,98*	*0,465*
V_{xp} *(m/s)*	**5,7 ± 0,6**	**3,8**	**7,1**	*-0,03*	*0,00*	*0,98*	*0,404*
$V_{x\%p-o}$ *(%)*	**-15,2 ± 5,8**	**-29,9**	**-1,8**	*-0,07*	*-0,15*	*0,99*	*0,988*
H_p *(cm)*	**83,6 ± 5,4**	**72,1**	**96,8**	*0,16*	*-0,36*	*0,99*	*0,777*
H_{am} *(cm)*	**83,6 ± 5,1**	**74,0**	**94,2**	*0,07*	*-0,79*	*0,98*	*0,267*
H_o *(cm)*	**96,7 ± 6,0**	**83,5**	**111,4**	*0,19*	*-0,51*	*0,99*	*0,734*
T_o *(ms)*	**180 ± 30**	**108**	**262**	*0,58*	*0,25*	*0,97*	*0,068*
K_u *(°)*	**19,8 ± 3,4**	**13,4**	**27,9**	*0,35*	*-0,62*	*0,97*	*0,093*
K_{am} *(°)*	**133,8 ± 6,5**	**114,7**	**144,8**	*-0,44*	*0,03*	*0,98*	*0,199*
K_{top} *(°)*	**57,4 ± 2,5**	**51,7**	**66,2**	*0,52*	*1,44*	*0,97*	*0,132*
K_{tok} *(°)*	**74,8 ± 3,2**	**67,8**	**83,1**	*0,39*	*-0,22*	*0,98*	*0,257*
D_{ks} *(cm)*	**63,2 ± 9,6**	**32,3**	**89,7**	*0,06*	*1,13*	*0,98*	*0,474*

Legenda: **AS** – aritmetička sredina, **SD** – standardna devijacija, **MIN** – minimalna vrijednost, **MAX** – maksimalna vrijednost, **D_{skok}** - duljina skoka, **V_x** - horizontalna brzina odraza, **V_y** - vertikalna brzina odraza, **V_r** - rezultantna brzina, **V_{xp}** - horizontalna brzina na početku odraza, **$V_{x\%p-o}$** - smanjenje horizontalne brzine u odrazu, **T_o** - trajanje odraza, **H_p** - visina TT na početku odraza, **H_{am}** - visina TT u amortizaciji, **H_o** - visina TT na kraju odraza, **K_u** - kut uzleta, **K_{am}** - kut amortizacije, **K_{top}** - kut tijela na početku odraza, **K_{tok}** - kut tijela na kraju odraza, **D_{ks}** - udaljenost projekcije koljena zamašne noge od točke oslonca na početku odraza.

U tablici 8. su prikazani osnovni deskriptivni statistički pokazatelji rezultata inicijalnog mjerenja za sve varijable u projektu. Prosječna duljina skoka u dalj (D_{skok}) u inicijalnom mjerenju iznosila je 272 ± 60 cm, s minimalnom vrijednošću od 159 cm i maksimalnom 427 cm. Vrijednosti aritmetičkih sredina i standardnih devijacija pojedinih kinematičkih varijabli

inicijalnog mjerenja također ukazuju na relativno veliku disperziju rezultata. Takvi podaci ukazuju na veliku heterogenost rezultata ispitanika. Ovakve vrijednosti su očekivane s obzirom da se radi o djeci vrlo različitih motoričkih sposobnosti i vještina koje mogu imati utjecaj na promatrane varijable.

Iako je poželjno da gubitak horizontalne brzine u odrazu bude što manji, vrijednost gubitka horizontalne brzine u odrazu ($V_{x\%p-o}$). od samo -1,5% u ovom slučaju pokazuje kako je odraz izveden neefikasno. Takvoj tvrdnji pridonose minimalne vrijednosti trajanja odraza (T_o) od 124 ms ili minimalnog kuta uzleta (K_u) od 9,7º.

Vrijednosti asimetričnosti distribucije (eng. *skewness*) varijabli u inicijalnom mjerenju (Tablica 8.) kreću se u intervalu od -0,18 do 0,44 što ukazuje na distribucije podataka koje su približno simetrične.

Vrijednosti izduženosti distribucije (eng. *kurtosis*) u inicijalnom mjerenju pokazuju kako su krivulje svih varijabli spljoštene (platikurtične) jer su sve vrijednosti negativne, što ukazuje na malu vjerojatnost pojave ekstremnih vrijednosti s obje strane krivulje.

Shapiro–Wilksov test normalnosti distribucije ne pokazuje statistički značajno odstupanje od normalne raspodjele, što vrijedi za sve varijable inicijalnog i finalnog mjerenja (Tablice 8. i 9.)

U tablici 9. su prikazani deskriptivni statistički pokazatelji rezultata finalnog mjerenja. Prosječna duljina skoka u dalj (D_{skok}) je porasla za 25 cm u odnosu na inicijalno mjerenje (297 ± 55 cm). Vrijednosti kinematičkih varijabli su minimalno promijenjene u odnosu na inicijalno mjerenje.

Vrijednosti asimetričnosti distribucije (eng. *skewness*) u finalnom mjerenju (Tablica 9.) većinom pokazuju kako su krivulje približno simetrične, jedino kod varijabli trajanje odraza (T_o) i kut tijela na početku odraza (K_{top}) pokazuju blagu pozitivnu asimetričnost krivulja.

Kao i u inicijalnom mjerenju, i u finalnom vrijednosti izduženosti distribucije (eng. *kurtosis*) pokazuju kako su krivulje svih varijabli spljoštene (platikurtične).

4.2. Razlike između grupa u inicijalnom mjerenju

Rezultati multivarijatne analize varijance (MANOVA) u ovom istraživanju su korišteni za donošenje odluke o daljnjem izboru metoda analize podataka. Rezultati MANOVA-e u inicijalnom mjerenju pokazuju statistički značajnu F–vrijednost (Tablica 10.), što znači da postoje statistički značajne razlike između grupa u inicijalnom mjerenju. Multivarijatni η^2 = 0,41 pokazuje kako je približno 41% multivarijatne varijance zavisnih varijabli u modelu povezano s grupnim faktorom.

Razlike su opažene u sljedećim kinematičkim parametrima (Tablica 10.): horizontalnoj brzini TT na početku odraza - V_{xp}, smanjenju horizontalne brzine u odrazu - $V_{x\%p\text{-}o}$, visini TT na početku odraza - H_p, visini TT tijela u amortizaciji - H_{am}, visini TT na kraju odraza - H_o, trajanju odraza - T_o, kutu tijela na početku odraza - K_{top}, i kutu tijela na kraju odraza - K_{tok}.

Tablica 10. Rezultati multivarijatne analize varijance (MANOVA) s doprinosom pojedine varijable u razlikovanju grupa u inicijalnom mjerenju

Λ = 0,20, F(45, 170) = 2,71*, p < 0,001, η^2 = 0,41		
	F	p
D_{skok}	2,29	0,085
V_x	1,89	0,139
V_y	1,82	0,151
V_r	1,93	0,133
V_{xp}	**5,83**	**0,001***
$V_{x\%p\text{-}o}$	**5,71**	**0,001***
H_p	**3,60**	**0,018***
H_{am}	**3,68**	**0,016***
H_o	**3,64**	**0,017***
T_o	**4,57**	**0,006***
K_u	1,73	0,169
K_{am}	2,10	0,108
K_{top}	**5,18**	**0,003***
K_{tok}	**4,89**	**0,004***
D_{ks}	2,38	0,077

Legenda: * - statistički značajne vrijednosti F-testa, podebljano, p < 0,05

Kako je bilo važno utvrditi postoji li razlika između grupa u inicijalnom mjerenju zbog izbora metoda analiza podataka, nisu izračunate, ni prikazane uobičajene višestruke usporedbe grupa (post – hoc test). Za potrebe ovog istraživanja takve razlike nemaju važnost.

4.3. Učinci eksperimentalnog tretmana

U tablici 11. prikazane su vrijednosti aritmetičkih sredina i standardnih devijacija za svaku varijablu i grupu posebno, prije i nakon eksperimentalnog tretmana. Statistička značajnost samih promjena unutar grupa testirana je serijom t-testova za zavisne uzorke. Za utvrđivanje veličine učinka eksperimentalnog tretmana unutar grupa korišten je Cohenov d.

Za utvrđivanje razlika između grupa pod utjecajem eksperimentalnog tretmana korištena je serija univarijatnih analiza kovarijanci (ANCOVA) na rezultatima finalnog mjerenja s rezultatima inicijalnog mjerenja kao kovarijancom (Tablica 12.). Ukoliko je izračunata F – vrijednost bila statistički značajna, odnosno, ako je ANCOVA pokazala da postoji razlika između grupa u finalnom mjerenju, tabličnim prikazima (Tablice 13. do 18.) prezentirane su prilagođene (ponderirane) aritmetičke sredine rezultata finalnog mjerenja s razlikama između grupa i rezultatima Bonferroni post hoc analize.

Putem grafikona prikazane su relativne promjene vrijednosti aritmetičkih sredina unutar grupa, posebno su označene razlike između i unutar grupa (Slike 9. do 23.)

Tablica 11. Deskriptivna statistika rezultata inicijalnog i finalnog mjerenja po grupama s koeficijentom veličine učinka i statističkom značajnošću razlika unutar grupa

		Grupa			
		Kon AS ± SD	**Ve_BF** AS ± SD	**Ve+Vi_BF** AS ± SD	**Ve+Vi_100%** AS ± SD
D_{skok} *(cm)*	*INIC*	283 ± 58	273 ± 55	249 ± 53	296 ± 71
	FIN	297 ± 49	294 ± 49	277 ± 50	337 ± 59
	Cohenov d	d = 0,28	d = 0,39	d = 0,53	d = 0,61
	t-test	**t(17) = -2,21** **p = 0,041***	**t(18) = -3,50** **p = 0,003***	**t(23) = -6,19** **p < 0,001***	**t(13) = -5,75** **p < 0,001***
V_x *(m/s)*	*INIC*	4,8 ± 0,6	4,6 ± 0,7	4,5 ± 0,6	5,0 ± 0,5
	FIN	4,8 ± 0,5	4,8 ± 0,5	4,7 ± 0,6	5,2 ± 0,6
	Cohenov d	d = -0,07	d = 0,23	d = 0,33	d = 0,36
	t-test	t(17) = 0,33 p = 0,742	t(18) = -1,28 p = 0,217	**t(23) = -2,08** **p = 0,049***	t(13) = -1,88 p = 0,082
V_y *(m/s)*	*INIC*	1,7 ± 0,4	1,8 ± 0,4	1,5 ± 0,3	1,8 ± 0,5
	FIN	1,8 ± 0,4	1,8 ± 0,4	1,5 ± 0,3	1,8 ± 0,3
	Cohenov d	d = 0,47	d = 0,06	d = -0,03	d = 0,10
	t-test	**t(17) = -2,45** **p = 0,025***	t(18) = -0,39 p = 0,705	t(23) = 0,17 p = 0,866	t(13) = -0,64 p = 0,533

		Grupa			
		Kon AS ± SD	**Ve_BF** AS ± SD	**Ve+Vi_BF** AS ± SD	**Ve+Vi_100%** AS ± SD
V_r *(m/s)*	*INIC*	5,1 ± 0,7	5,0 ± 0,8	4,8 ± 0,7	5,3 ± 0,6
	FIN	5,1 ± 0,5	5,1 ± 0,6	4,9 ± 0,6	5,5 ± 0,7
	Cohenov d	d = 0,05	d = 0,21	d = 0,30	d = 0,32
	t-test	t(17) = -0,25 p = 0,803	t(18) = -1,35 p = 0,193	t(23) = -1,96 p = 0,062	t(13) = -2,13 p = 0,053
V_{xp} *(m/s)*	*INIC*	5,4 ± 0,6	5,5 ± 0,6	5,2 ± 0,7	6,1 ± 0,7
	FIN	5,6 ± 0,5	5,6 ± 0,6	5,5 ± 0,5	6,2 ± 0,6
	Cohenov d	d = 0,27	d = 0,12	d = 0,62	d = 0,17
	t-test	**t(17) = -2,35** **p = 0,031***	t(18) = -0,77 p = 0,447	**t(23) = -4,46** **p < 0,001***	t(13) = -1,81 p = 0,094
$V_{x\%p\text{-}o}$ *(%)*	*INIC*	-11,3 ± 5,3	-16,9 ± 5,2	-12,8 ± 6,1	-18,0 ± 5,2
	FIN	-14,3 ± 5,4	-14,9 ± 6,3	-15,3 ± 6,6	-16,4 ± 4,3
	Cohenov d	d = 0,54	d = -0,35	d = 0,39	d = -0,32
	t-test	t(17) = 1,58 p = 0,132	t(18) = -1,16 p = 0,261	t(23) = 1,48 p = 0,154	t(13) = -0,82 p = 0,426
H_p *(cm)*	*INIC*	84,2 ± 5,5	81,0 ± 5,3	84,8 ± 5,9	86,8 ± 2,6
	FIN	82,9 ± 5,1	81,4 ± 4,8	84,8 ± 6,2	85,5 ± 4,3
	Cohenov d	d = -0,26	d = 0,07	d = 0,00	d = -0,38
	t-test	**t(17) = 4,00** **p = 0,001***	t(18) = -0,52 p = 0,606	t(23) = -0,03 p = 0,980	t(13) = 1,42 p = 0,178
H_{am} *(cm)*	*INIC*	82,6 ± 5,3	80,8 ± 4,9	83,6 ± 5,5	86,5 ± 3,0
	FIN	83,0 ± 4,1	81,7 ± 5,4	84,1 ± 5,6	86,3 ± 3,8
	Cohenov d	d = 0,09	d = 0,18	d = 0,09	d = -0,06
	t-test	t(17) = -0,68 p = 0,504	t(18) = -1,41 p = 0,176	t(23) = -0,89 p = 0,381	t(13) = 0,29 p = 0,778
H_o *(cm)*	*INIC*	94,2 ± 5,4	93,5 ± 6,1	95,6 ± 6	99,8 ± 5,4
	FIN	96 ± 4,8	94,3 ± 6,3	97,1 ± 6,4	100,4 ± 5,2
	Cohenov d	d = 0,36	d = 0,13	d = 0,24	d = 0,12
	t-test	**t(17) = -2,21** **p = 0,041***	t(18) = -1,10 p = 0,284	**t(23) = -2,41** **p = 0,024***	t(13) = -1,07 p = 0,305
T_o *(ms)*	*INIC*	173 ± 27	172 ± 25	197 ± 31	173 ± 21
	FIN	170 ± 22	171 ± 24	200 ± 35	173 ± 25
	Cohenov d	d = -0,12	d = -0,03	d = 0,10	d = 0,00
	t-test	t(17) = 0,70 p = 0,491	t(18) = 0,19 p = 0,851	t(23) = -0,98 p = 0,339	t(13) = 0,00 p = 1,000
K_u *(°)*	*INIC*	18,7 ± 3,9	21,2 ± 3,8	19,0 ± 3,6	19,8 ± 3,8
	FIN	21,1 ± 4,1	20,9 ± 3,3	18,1 ± 3,0	19,6 ± 2,2
	Cohenov d	d = 0,58	d = -0,10	d = -0,25	d = -0,07
	t-test	**t(17) = -2,66** **p = 0,016***	t(18) = 0,39 p = 0,700	t(23) = 1,08 p = 0,293	t(13) = 0,24 p = 0,813

		Grupa			
		Kon AS ± SD	**Ve_BF** AS ± SD	**Ve+Vi_BF** AS ± SD	**Ve+Vi_100%** AS ± SD
K_{am} *(°)*	*INIC*	135,5 ± 8,0	137,9 ± 5,0	135,0 ± 6,4	139,9 ± 5,8
	FIN	136,6 ± 6,0	135,4 ± 5,5	131,1 ± 7,7	132,6 ± 4,2
	Cohenov d	d = 0,16	d = -0,48	d = -0,54	d = -1,18
	t-test	t(17) = -0,55 p = 0,589	t(18) = 1,63 p = 0,120	**t(23) = 3,40** **p = 0,002***	**t(13) = 3,56** **p = 0,004***
K_{top} *(°)*	*INIC*	60,4 ± 2,8	59,5 ± 2,5	59,2 ± 3,0	56,5 ± 3,0
	FIN	57,4 ± 2,1	58,5 ± 2,7	57,1 ± 2,5	56,6 ± 2,4
	Cohenov d	d = -1,04	d = -0,38	d = -0,73	d = 0,03
	t-test	**t(17) = 4,24** **p = 0,001***	t(18) = 1,43 p = 0,171	**t(23) = 3,41** **p = 0,002***	t(13) = -0,06 p = 0,951
K_{tok} *(°)*	*INIC*	72,4 ± 3,6	74,2 ± 3,0	72,7 ± 3,1	76,3 ± 2,9
	FIN	76,7 ± 3,6	75,9 ± 2,5	72,9 ± 2,6	74,2 ± 2,5
	Cohenov d	d = 1,03	d = 0,59	d = 0,05	d = -0,73
	t-test	**t(17) = -6,06** **p < 0,001***	**t(18) = -2,33** **p = 0,031***	t(23) = -0,17 p = 0,864	t(13) = 2,15 p = 0,051
D_{ks} *(cm)*	*INIC*	58,9 ± 8,6	59,9 ± 9,4	63,8 ± 8,9	66,4 ± 10,3
	FIN	57,8 ± 6,2	59,3 ± 8,8	68,9 ± 9,7	65,5 ± 8,5
	Cohenov d	d = -0,15	d = -0,07	d = 0,53	d = -0,09
	t-test	t(17) = 0,46 p = 0,653	t(18) = 0,29 p = 0,778	**t(23) = -2,52** **p = 0,019***	t(13) = 0,29 p = 0,777

Legenda: **INIC** – inicijalno mjerenje, **FIN** – finalno mjerenje**, Cohenov d** = (INIC – FIN)/zajednička SD, **Kon –** kontrolna grupa, **Ve_BF** – grupa s reduciranim verbalnim PI u odnosu na ključne greške u izvedbi **Ve+Vi_BF** - grupa s reduciranim verbalnim i vizualnim PI u odnosu na ključne greške u izvedbi **Ve+Vi_100%** - grupa s verbalnim i vizualnim PI na sve greške, **AS** – aritmetička sredina, **SD** – standardna devijacija, **D_{skok}** - duljina skoka, **V_x** - horizontalna brzina odraza, **V_y** - vertikalna brzina odraza, **V_r** - rezultantna brzina, **V_{xp}** - horizontalna brzina na početku odraza, **$V_{x\%p\text{-}o}$** - smanjenje horizontalne brzine u odrazu, **T_o** - trajanje odraza, **H_p** - visina TT na početku odraza, **H_{am}** - visina TT tijela u amortizaciji, **H_o** - visina TT na kraju odraza, **K_u** - kut uzleta, **K_{am}** - kut amortizacije, **K_{top}** - kut tijela na početku odraza, **K_{tok}** - kut tijela na kraju odraza, **D_{ks}** - udaljenost projekcije koljena zamašne noge od točke oslonca na početku odraza, * - statistički značajne vrijednosti F-testa, podebljano, $p < 0,05$.

Statistički značajne razlike između grupa nakon eksperimentalnog tretmana, utvrđene serijom ANCOVA, utvrđene su kod sljedećih varijabli (Tablica 12.): duljini skoka - D_{skok}, vertikalnoj brzina odraza – V_y, kutu uzleta - K_u, kutu amortizacije - K_{am}, kutu tijela na kraju odraza - K_{tok} i udaljenosti projekcije koljena od točke oslonca - D_{ks}. Razlike nisu pronađene kod varijabli: horizontalna brzina odraza – V_x, rezultantna brzina - V_r, horizontalna brzina na početku odraza - V_{xp}, gubitak horizontalne brzine u odrazu - $V_{x\%p\text{-}o}$, visina TT na početku odraza – H_p, visina TT u amortizaciji – H_{am}, visina TT na kraju odraza – H_o, trajanje odraza – T_o i kut tijela na početku odraza - K_{top}.

Tablica 12. Rezultati serije univarijatnih analiza kovarijance za ponovljena mjerenja (ANCOVA)

	F - vrijednost	p
D_{skok}	**4,79**	**0,004***
V_x	1,41	0,246
V_y	**3,88**	**0,013***
V_r	1,11	0,349
V_{xp}	1,86	0,145
$V_{x\%p-o}$	0,27	0,846
H_p	1,50	0,221
H_{am}	0,05	0,987
H_o	0,52	0,668
T_o	1,39	0,253
K_u	**4,03**	**0,011***
K_{am}	**3,93**	**0,012***
K_{top}	1,56	0,207*
K_{tok}	**9,70**	**0,000***
D_{ks}	**5,71**	**0,001***

Legenda: * - statistički značajne vrijednosti F-testa, podebljano, $p < 0,05$.

4.3.1. Duljina skoka u dalj

Sve grupe postigle su statistički značajan napredak u duljini skoka u dalj po završetku treninga (Slika 9.).

Tablica 13. Ponderirane aritmetičke sredine rezultata finalnog mjerenja s razlikama između grupa i rezultatima Bonferroni post hoc analize za varijablu duljina skoka (D_{skok})

	Ponderirana AS D_{skok}		Kon	Ve_BF	Ve+Vi_BF
Kon	289 cm		-	-	-
Ve_BF	293 cm		4 cm *(p = 1,000)*	-	-
Ve+Vi_BF	295 cm		6 cm *(p = 1,000)*	2 cm *(p = 1,000)*	-
Ve+Vi_100%	318 cm		**29 cm *(p = 0,004)****	**25 cm *(p = 0,018)****	**23 cm *(p = 0,038)****

*Legenda: * - statistički značajne razlike između grupa, podebljano.*

U tablici 13. prikazane su ponderirane aritmetičke sredine rezultata finalnog mjerenja duljine skoka u dalj po grupama. Bonferroni post hoc analiza je pokazala da je Ve+Vi_100% grupa statistički značajno napredovala u duljini skoka u odnosu na ostale grupe (Slika 9.). Ostale razlike između grupa nisu statistički značajne.

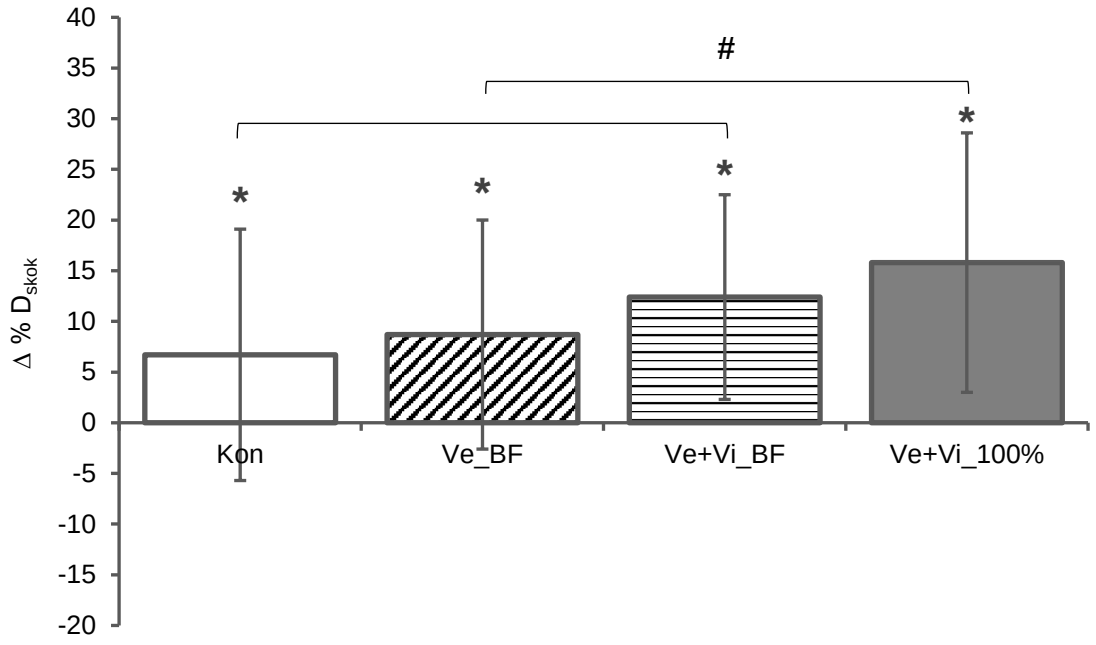
4.3.2. Parametri brzine odraza

Prosječna horizontalna brzina odraza - V_x (Slika 10.) u kontrolnoj grupi nije se promijenila pod utjecajem eksperimentalnog tretmana. Manja promjena vidljiva je kod Ve_BF grupe, ali bez statističke značajnosti. Jedina statistički značajna promjena dogodila se u Ve+Vi_BF grupi. Razlike između grupa u horizontalnoj brzini odraza nisu postignute.

U varijabli vertikalna brzina odraza – V_y postignuta je jedna statistički značajna promjena unutar grupa i jedna između grupa. Kontrolna grupa je povećala vertikalnu brzinu odraza za 0,1 m/s. Brzine se nisu značajnije promijenile u ostale 3 grupe.

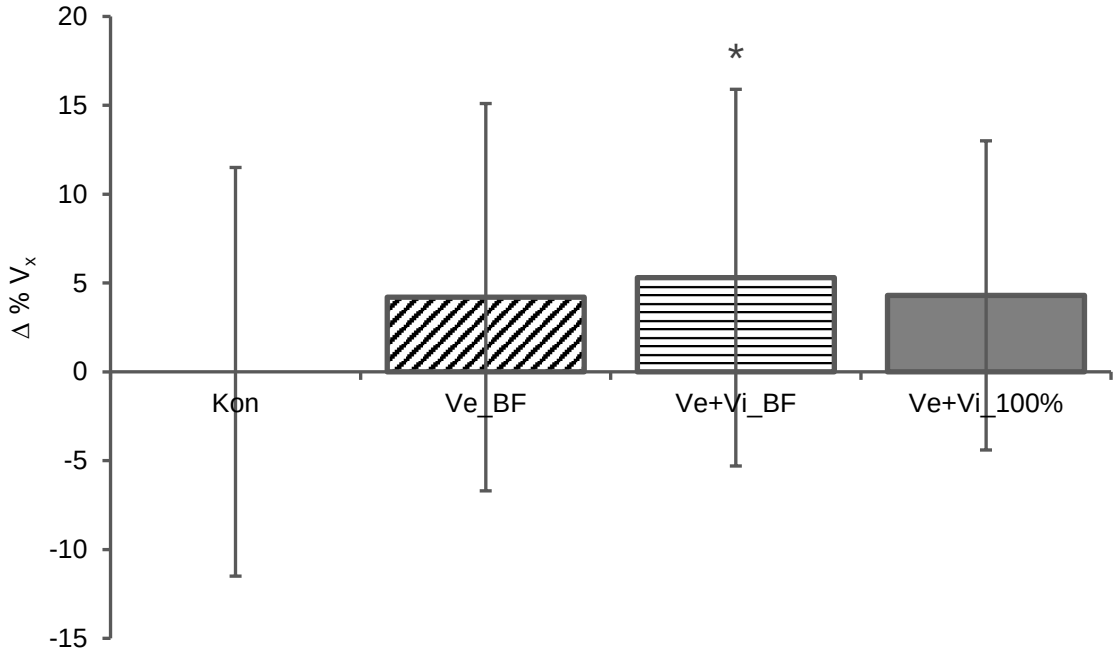
U tablici 14. prikazane su ponderirane aritmetičke sredine vertikalne brzine odraza - V_y po grupama. Bonferroni post hoc analiza je pokazala kako je kontrolna grupa statistički značajno napredovala u odnosu na Ve+Vi_BF grupu, što je vidljivo i u slici 11.

Razlika između ponderiranih aritmetičkih sredina kontrolne i Ve+Vi_BF grupe (Tablica 14.) vidljiva je i između aritmetičkih sredina u finalnom mjerenju (Tablica 11.). Jedina razlika je što je kontrolna grupa krenula s prosječnim inicijalnim vrijednostima od 1,7 m/s i napredovala na prosječnih 1,8 m/s, a Ve+Vi_BF grupa je ostala na jednakoj vrijednosti vertikalne brzine odraza (1,5 m/s).



Slika 9. Promjene rezultata izražene u postocima nakon tretmana za varijablu duljina skoka - D_{skok}

Legenda: * - statistički značajna razlika unutar grupe, # - statistički značajna razlika između grupa, AS su prikazane stupcima, SD okomitim crtama.



Slika 10. Promjene rezultata izražene u postocima nakon tretmana za varijablu horizontalna brzina odraza - V_x

Legenda: * - statistički značajna razlika unutar grupe, AS su prikazane stupcima, SD okomitim crtama.

Tablica 14. Ponderirane aritmetičke sredine rezultata finalnog mjerenja s razlikama između grupa i rezultatima Bonferroni post hoc analize za varijablu vertikalna brzina odraza (V_y)

	Ponderirana AS V_y		Kon	Ve_BF	Ve+Vi_BF
Kon	1,9 m/s		-	-	-
Ve_BF	1,8 m/s		-0,1 m/s *(p = 1,000)*	-	-
Ve+Vi_BF	1,6 m/s		**-0,3 m/s *(p = 0,008)****	-0,2 m/s *(p = 0,32)*	-
Ve+Vi_100%	1,8 m/s		-0,1 m/s *(p = 1,000)*	0,0 m/s *(p = 1,000)*	0,2 m/s *(p = 0,311)*

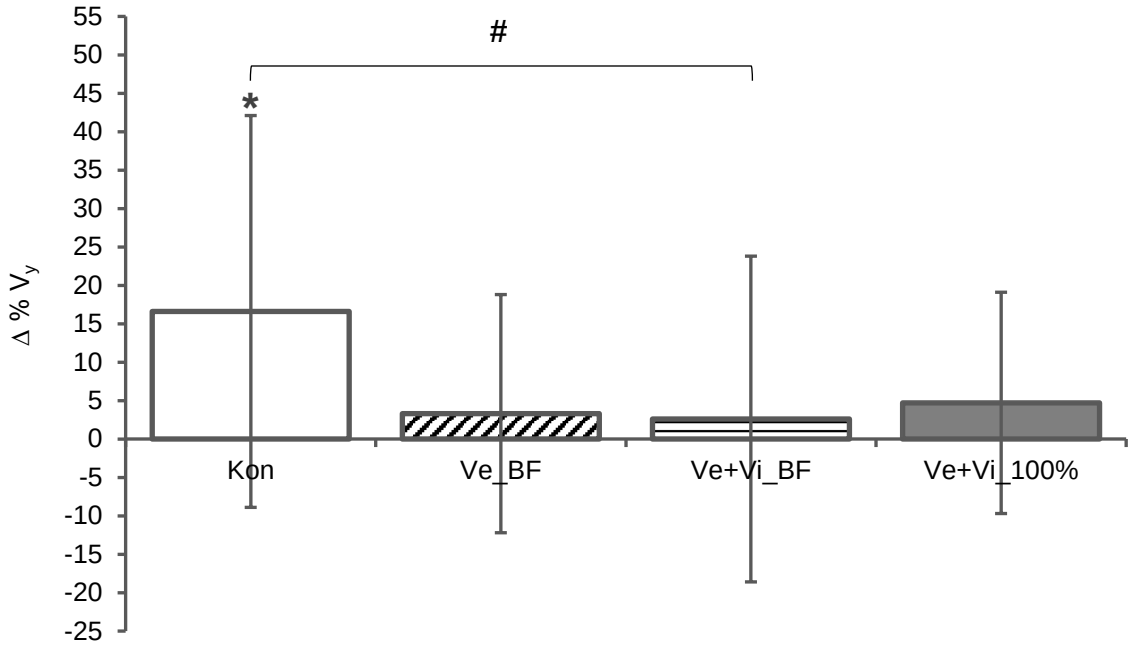
Legenda: * - statistički značajne razlike između grupa, podebljano.

Eksperimentalni tretman nije proizveo statistički značajne promjene između grupa kod rezultantne brzine odraza - V_r. Promjene rezultantne brzine bez statističke značajnosti vidljive su u slici 12. Najveće relativno povećanje ostvarila je Ve+Vi_BF grupa, zatim Ve+Vi_100% grupa i Ve_BF grupa. Najmanje povećanje imala je kontrolna grupa.

Horizontalna brzina zaleta na početku odraza pokazuje dvije statistički značajne razlike unutar grupa (Slika 13.), bez razlika između grupa. Najveći napredak u odnosu na inicijalno testiranje su ostvarile Ve+Vi_BF grupa i kontrolna grupa. Ostale dvije grupe ostvarile su minimalni napredak bez statističke značajnosti: Ve_BF grupa i Ve+Vi_100% grupa.

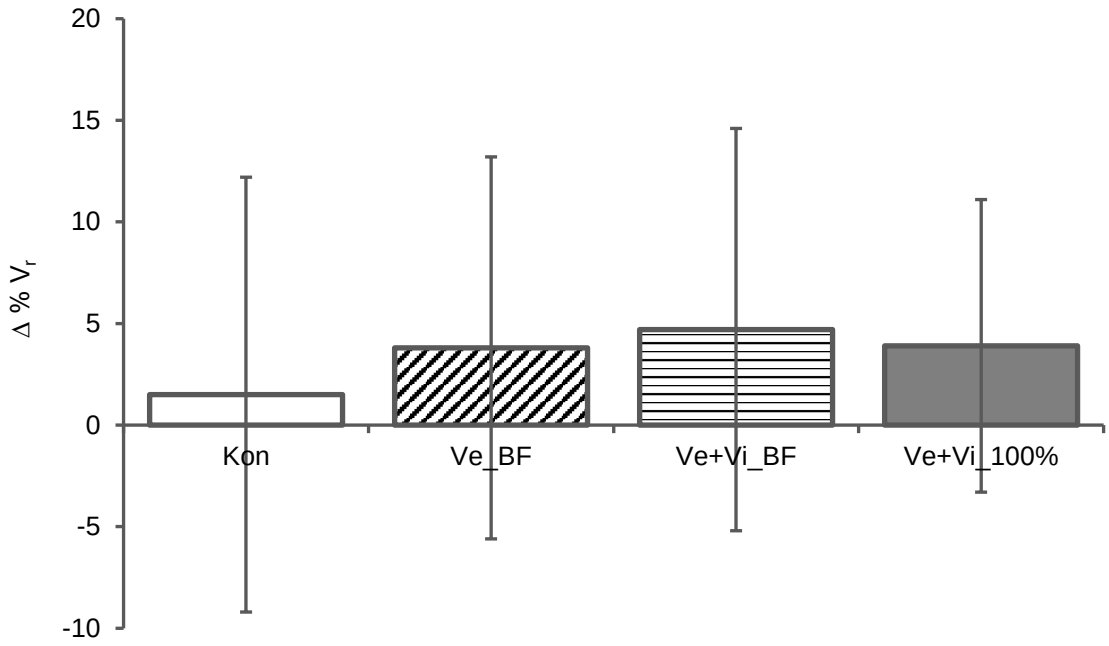
Iako su manifestirane u slici 14., promjene u smanjenju horizontalne brzine u odrazu - $V_{x\%p\text{-}o}$, nisu postigle statističku značajnost. Dvije grupe su povećale gubitak brzine u odrazu u odnosu na inicijalno mjerenje: kontrola grupa i Ve+Vi_BF grupa. Preostale dvije grupe su smanjile gubitak brzine: Ve_BF grupa i Ve+Vi_100% grupa.

Različita količina i vrsta PI nije utjecala na značajne promjene u varijabli trajanje odraza – T_o. U grafikonu (Slika 15.) su prikazane relativne promjene po grupama. Kontrolna grupa je smanjila kontakt s podlogom za, a Ve_BF grupa je u finalnom mjerenju postigla vrlo slične vrijednosti kao i u inicijalnom. Preostale dvije grupe su povećale kontakt s podlogom bez statističke značajnosti. U parametru trajanje odraza nije postignuta značajna razlika između grupa.



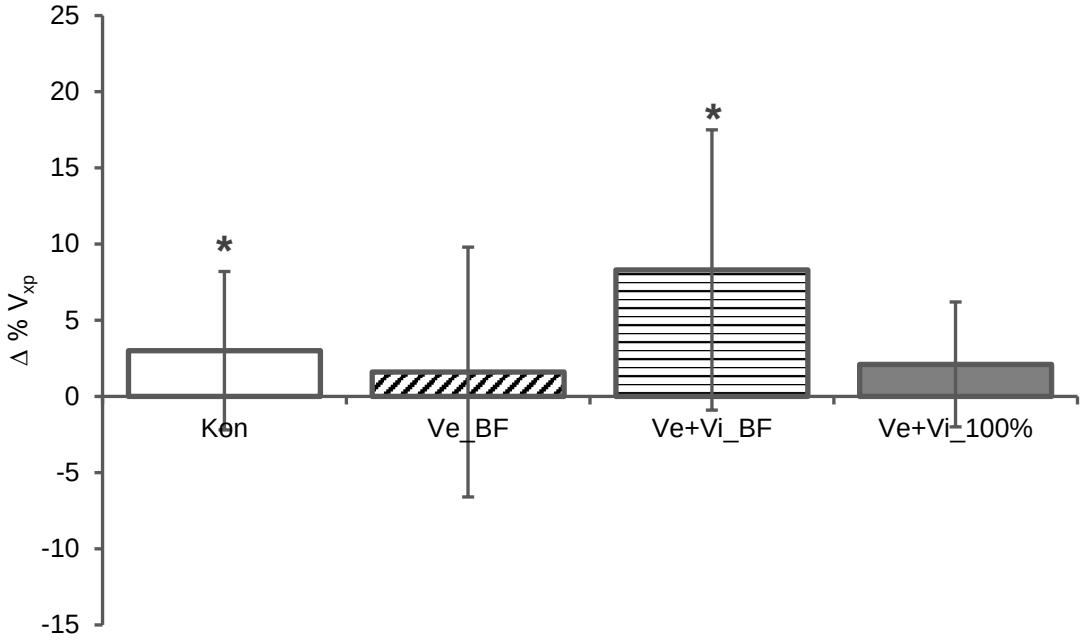
Slika 11. Promjene rezultata izražene u postocima nakon tretmana za vertikalnu brzinu odraza - V_y

Legenda: * - statistički značajna razlika unutar grupe, # - statistički značajna razlika između grupa, AS su prikazane stupcima, SD okomitim crtama.



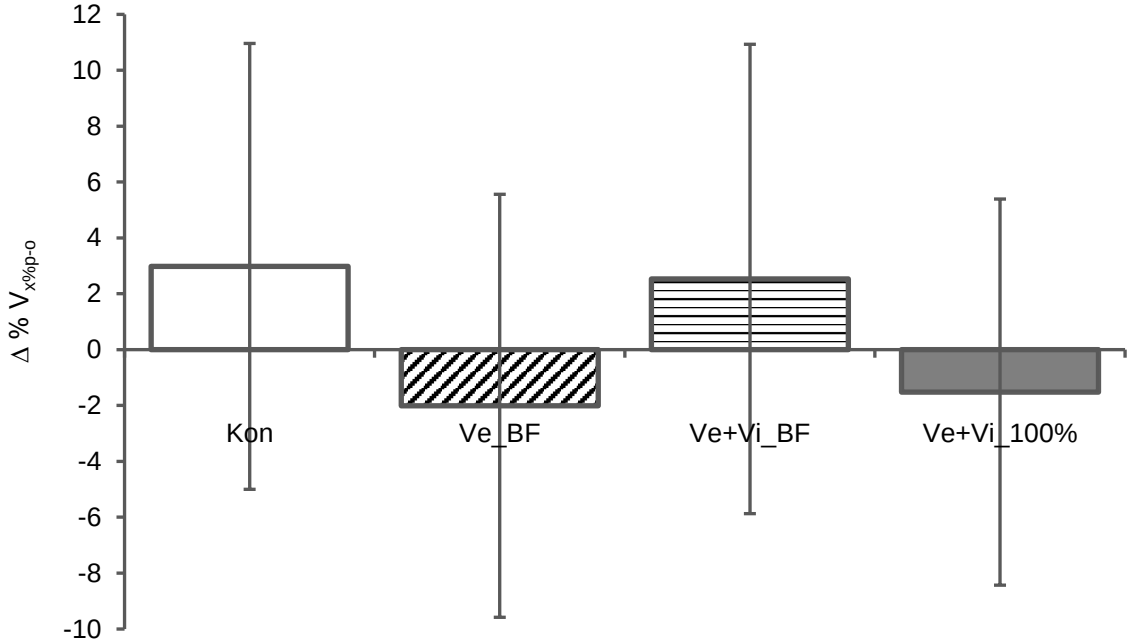
Slika 12. Promjene rezultata izražene u postocima nakon tretmana za varijablu rezultantna brzina - V_r

Legenda: AS su prikazane stupcima, SD okomitim crtama.



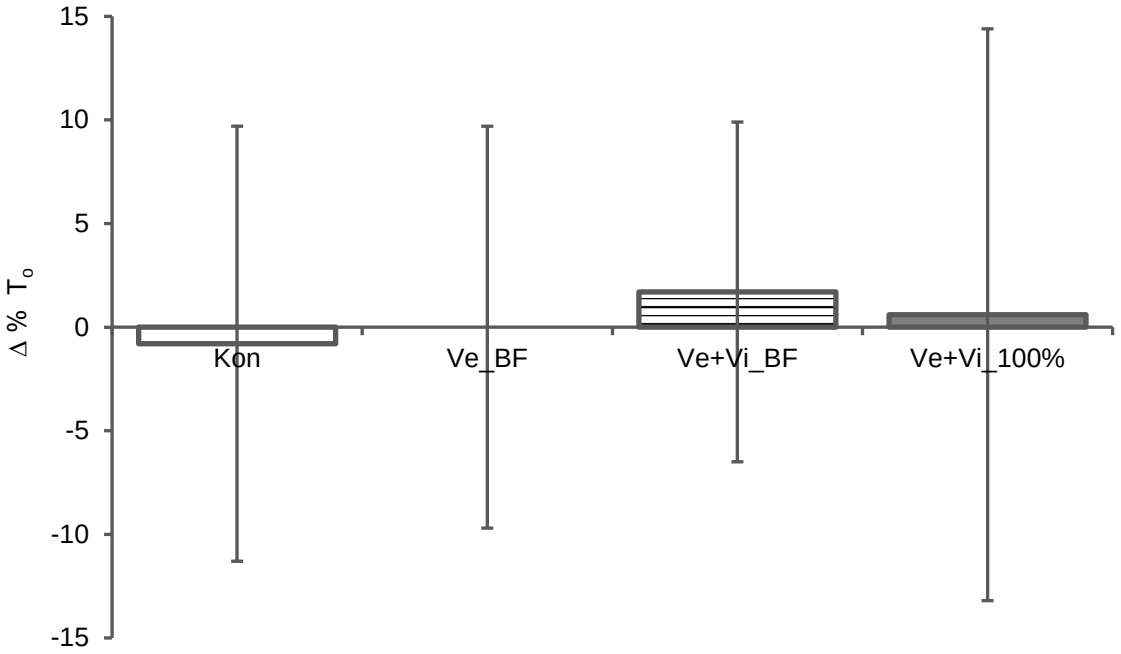
Slika 13. Promjene rezultata izražene u postocima nakon tretmana za varijablu horizontalna brzina na početku odraza - V_{xp}

Legenda: * - statistički značajna razlika unutar grupe, AS su prikazane stupcima, SD okomitim crtama.



Slika 14. Promjene rezultata izražene u postocima nakon tretmana za varijablu smanjenje horizontalne brzine u odrazu - $V_{x\%p-o}$

Legenda: AS su prikazane stupcima, SD okomitim crtama.



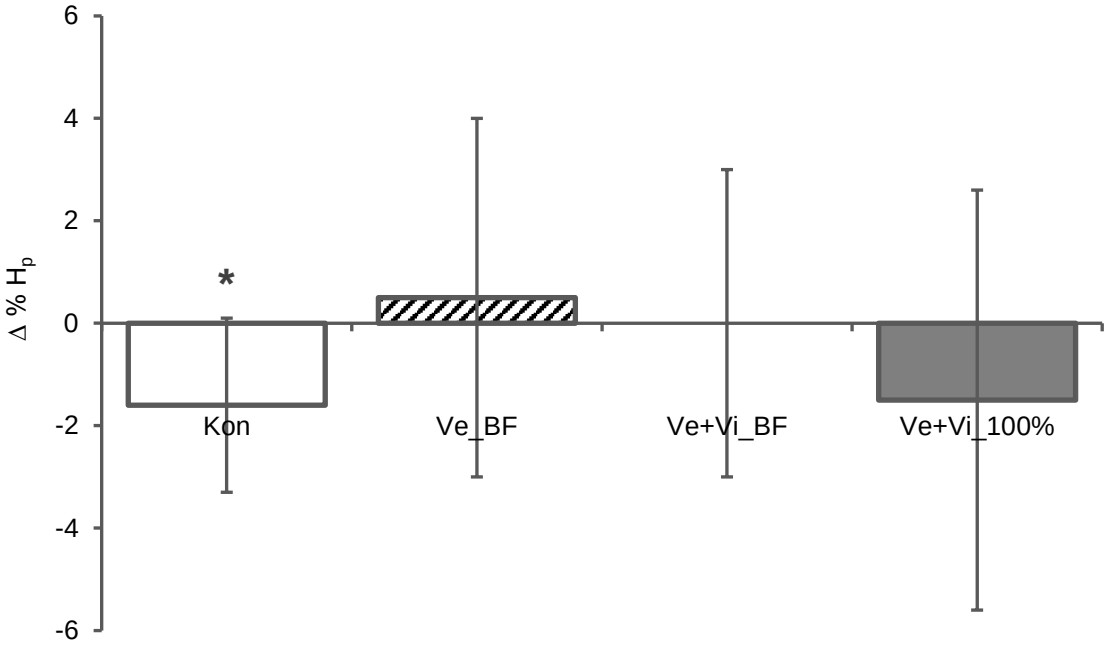
Slika 15. Promjene rezultata izražene u postocima nakon tretmana za varijablu trajanje odraza - T_o

Legenda: AS su prikazane stupcima, SD okomitim crtama.

4.3.3. Prostorni parametri odraza

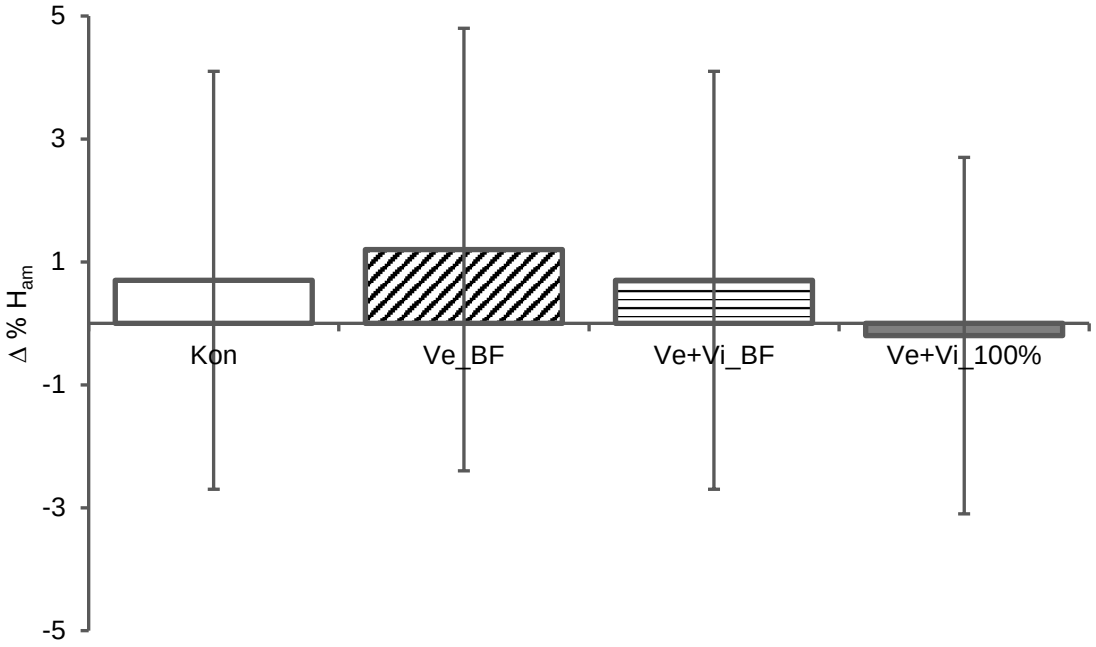
Visina težišta tijela na početku odraza – H_p (Slika 16.) pokazuje jednu statistički značajnu razliku između mjerenja unutar grupe. Razlika se odnosi na kontrolnu grupu koja je smanjila visinu težišta na početku odraza. Ostale grupe nisu postigle statistički značajne promjene. Također, razlike između grupa nisu statistički značajne.

Parametar visina TT u amortizaciji – H_{am} (Slika 17.) ne pokazuje značajne promjene unutar grupa, kao ni između grupa. Promjene su trivijalne i odnose se na povećanje visine TT u tri grupe: kontrolnoj, Ve_BF grupi i Ve+Vi_BF grupi, tj. smanjenje visine TT u amortizaciji kod Ve+Vi_100% grupe.



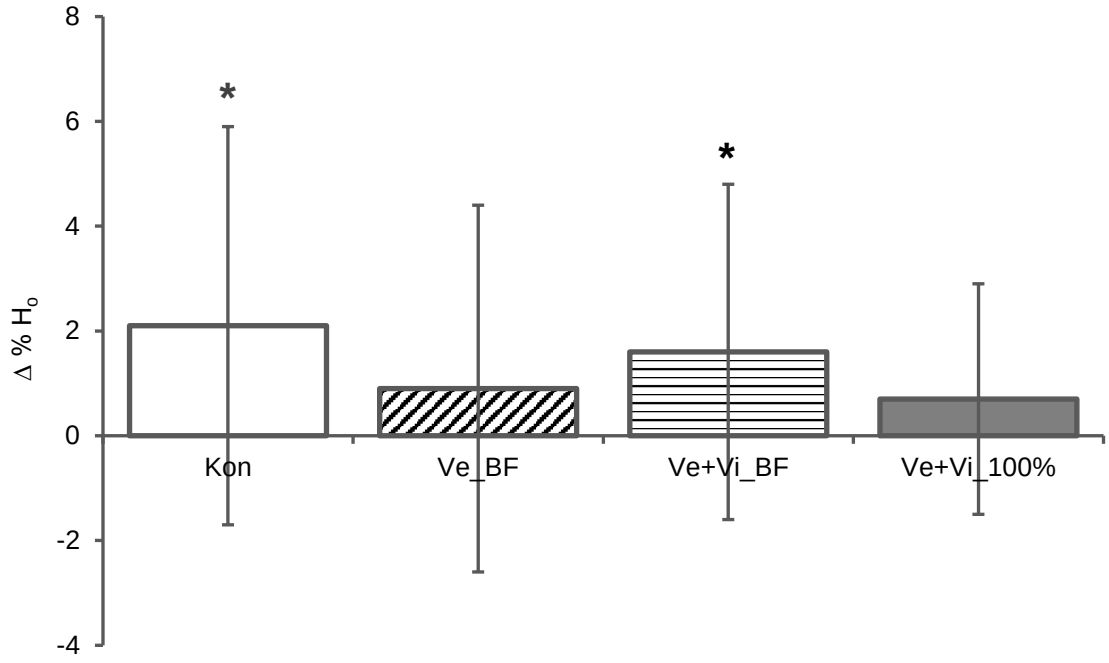
Slika 16. Promjene rezultata izražene u postocima nakon tretmana za varijablu visina TT na početku odraza - H_p

Legenda: * - statistički značajna razlika unutar grupe, AS su prikazane stupcima, SD okomitim crtama.



Slika 17. Promjene rezultata izražene u postocima nakon tretmana za varijablu visina TT u amortizaciji - H_{am}

Legenda: AS su prikazane stupcima, SD okomitim crtama.



Slika 18. Promjene rezultata izražene u postocima nakon tretmana za varijablu visina težišta tijela na kraju odraza - H_o

Legenda: * - statistički značajna razlika unutar grupe, AS su prikazane stupcima, SD okomitim crtama.

Visina TT u trenutku odraza (Slika 18.) povećala se u svim eksperimentalnim i u kontrolnoj grupi. Međutim, statistički značajno povećanje postignuto je samo u kontrolnoj grupi i Ve+Vi_BF grupi. U ostale dvije grupe povećanje nema statističku značajnost. Razlike između grupa u parametru visina TT u trenutku odraza nemaju statističku značajnost.

U tablici 15. su prikazane razlike između grupa u ponderiranim prosječnim vrijednostima kuta amortizacije. Slika 19. prikazuje kako je eksperimentalni tretman doveo do dvije statistički značajne razlike unutar grupa (Ve+Vi_BF i Ve+Vi_100% grupa) i jedne između grupa, a koja se odnosi na razliku između kontrolne i Ve+Vi_BF grupe. Stvarne vrijednosti u finalnom mjerenju su vrlo slične ponderiranim (Tablica 11.), a iznose 136,6 ± 6,0 º za kontrolnu grupu i 131,1 ± 7,7 º za Ve+Vi_BF grupu.

Iako je Ve+Vi_100% grupa imala najveće relativno smanjenje kuta amortizacije (Slika 19.), statistička značajnost razlika između grupa javila se između kontrolne grupe koja je povećala kut amortizacije i Ve+Vi_BF grupe koja je kut smanjila. Ve_BF grupa također je smanjila kut amortizacije, ali bez statističke značajnosti.

Tablica 15. Ponderirane aritmetičke sredine rezultata finalnog mjerenja s razlikama između grupa i rezultatima Bonferroni post hoc analize za varijablu kut amortizacije (K_{am})

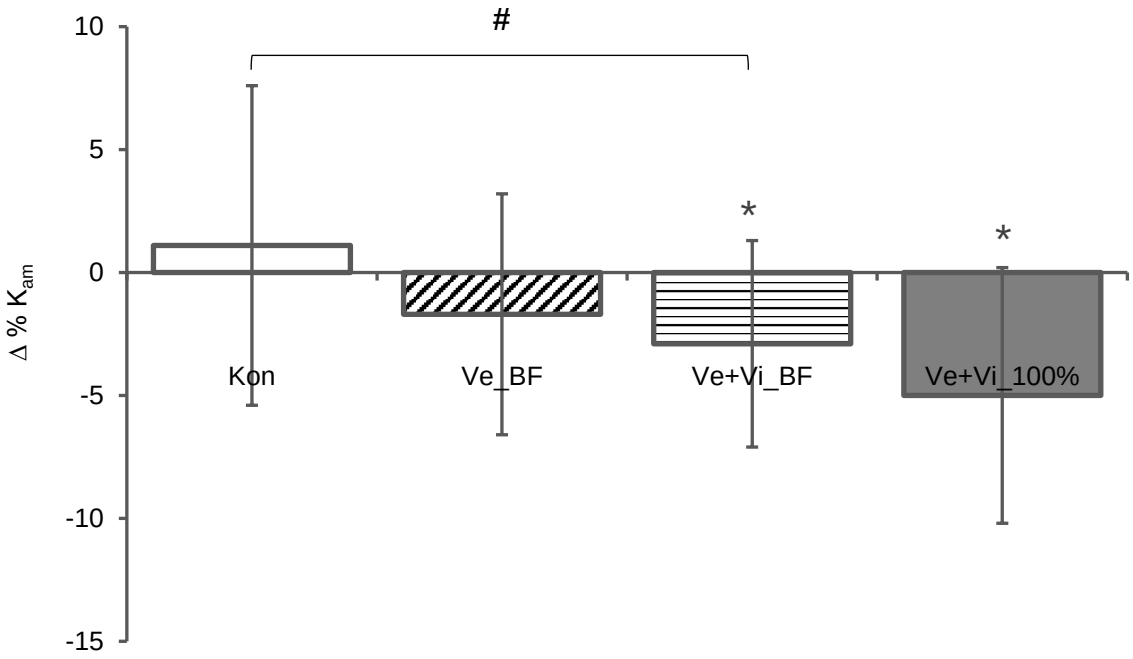
	Ponderirana AS K_{am}		Kon	Ve_BF	Ve+Vi_BF
Kon	137,1º		-	-	-
Ve_BF	135,0º		-2,1º *(p = 1,000)*	-	-
Ve+Vi_BF	131,7º		**-5,4º *(p = 0,025)****	-3,3º *(p = 0,476)*	-
Ve+Vi_100%	131,5º		-5,6º *(p = 0,060)*	-3,5º *(p = 0,571)*	-0,2º *(p = 1,000)*

Legenda: * - statistički značajne razlike između grupa, podebljano.

Kao i kod kuta amortizacije - K_{am} i kod kuta uzleta – K_u su se javile razlike između istih grupa pod utjecajem tretmana (Tablica 16.). Razlike između ostalih grupa nisu postigle razinu statističke značajnosti. Najveće povećanje kuta uzleta uz statističku značajnost postigla je kontrolna grupa. Ostale grupe su ostvarile minimalne pozitivne ili negativne promjene kuta uzleta (Slika 20).

Trening skoka u dalj s različitim količinama i vrstama PI proizveo je statistički značajne razlike unutar grupa u varijabli kut tijela na početku odraza – K_{top} kod kontrolne i Ve+Vi_BF grupe (Slika 21.). Dok su kontrolna i Ve+Vi_BF grupa značajno smanjile kut, promjene u kutu tijela na početku odraza kod preostale dvije grupe (Ve_BF i Ve+Vi_100% grupa) nisu statistički značajne. Razlike između grupa u finalnom mjerenju nisu postignute zbog postojećih razlika između grupa u inicijalnom mjerenju.

Najveći broj razlika između grupa (3 para) postignut je u parametru kut tijela na kraju odraza - K_{tok}. U tablici 17. prikazane su razlike između ponderiranih aritmetičkih sredina za navedenu varijablu. Eksperimentalnim tretmanom su postignute razlike između kontrolne i Ve+Vi_BF grupe, kontrolne i Ve+Vi_100% grupe, i zadnje između Ve_BF i Ve+Vi_BF grupe.



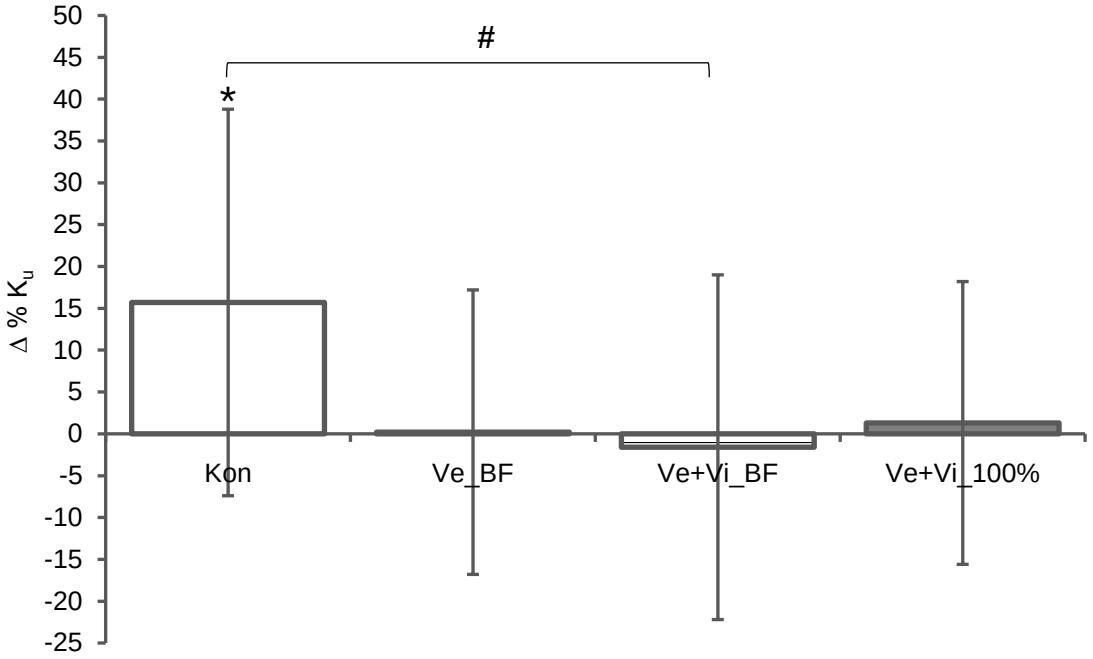
Slika 19. Promjene rezultata izražene u postocima nakon tretmana za varijablu kut amortizacije - K_{am}

Legenda: * - statistički značajna razlika unutar grupe, # - statistički značajna razlika između grupa, AS su prikazane stupcima, SD okomitim crtama.

Tablica 16. Ponderirane aritmetičke sredine rezultata finalnog mjerenja s razlikama između grupa i rezultatima Bonferroni post hoc analize za varijablu kut uzleta (K_u)

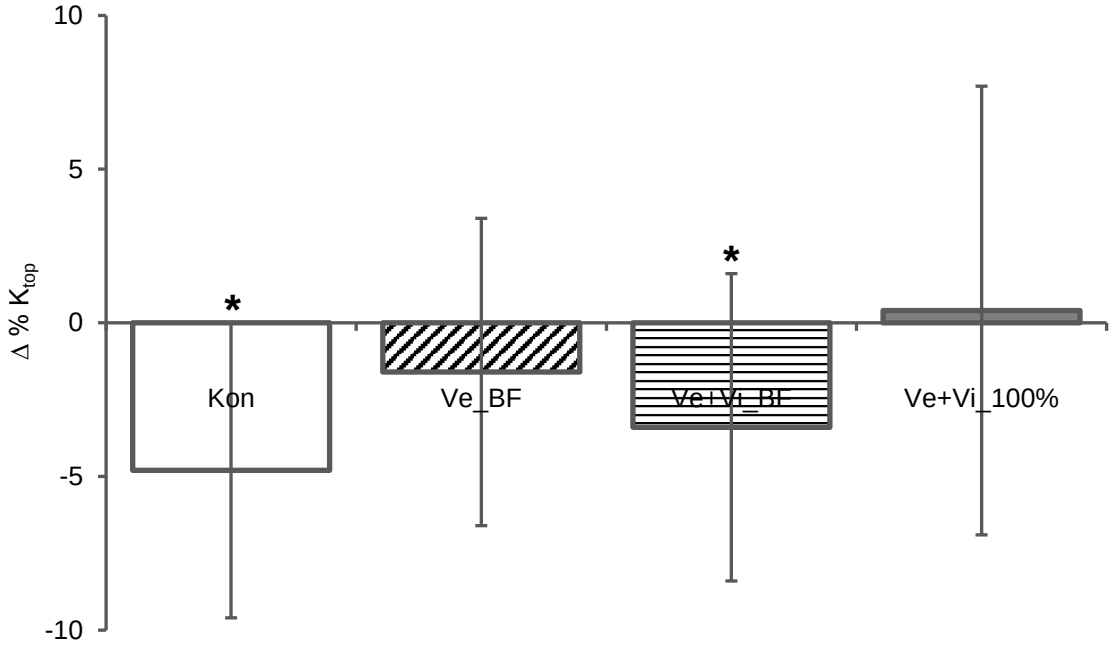
	Ponderirana AS K_u		Kon	Ve_BF	Ve+Vi_BF
Kon	21,5º		-	-	-
Ve_BF	20,3º		-1,2º *(p = 1,000)*	-	-
Ve+Vi_BF	18,4º		**-3,1º *(p = 0,007)****	-1,9º *(p = 0,284)*	-
Ve+Vi_100%	19,5º		-2,0º *(p = 0,384)*	-0,8º *(p = 1,000)*	1,1º *(p = 1,000)*

Legenda: * - statistički značajne razlike između grupa, podebljano.



Slika 20. Promjene rezultata izražene u postocima nakon tretmana za varijablu kut uzleta - K_u

Legenda: * - statistički značajna razlika unutar grupe, # - statistički značajna razlika između grupa, AS su prikazane stupcima, SD okomitim crtama.



Slika 21. Promjene rezultata izražene u postocima nakon tretmana za varijablu kut tijela na početku odraza - K_{top}

Legenda: * - statistički značajna razlika unutar grupe, AS su prikazane stupcima, SD okomitim crtama.

Kao preduvjet za nabrojene razlike između grupa, ostvarene su i dvije statistički značajne razlike unutar grupa (Slika 22). Razlike se odnose na kontrolnu i Ve_BF grupu, koje su značajno povećale kut tijela na kraju odraza. Promjene u Ve+Vi_BF grupi nisu statistički značajne. Iako promjene u Ve+Vi_100% grupi nadmašuju promjene u Ve_BF grupi, statistički značajna razlika unutar grupe nije postignuta, odnosno, ona se nalazi na granici značajnosti.

Tablica 17. Ponderirane aritmetičke sredine rezultata finalnog mjerenja s razlikama između grupa i rezultatima Bonferroni post hoc analize za varijablu kut tijela na kraju odraza (K_{tok})

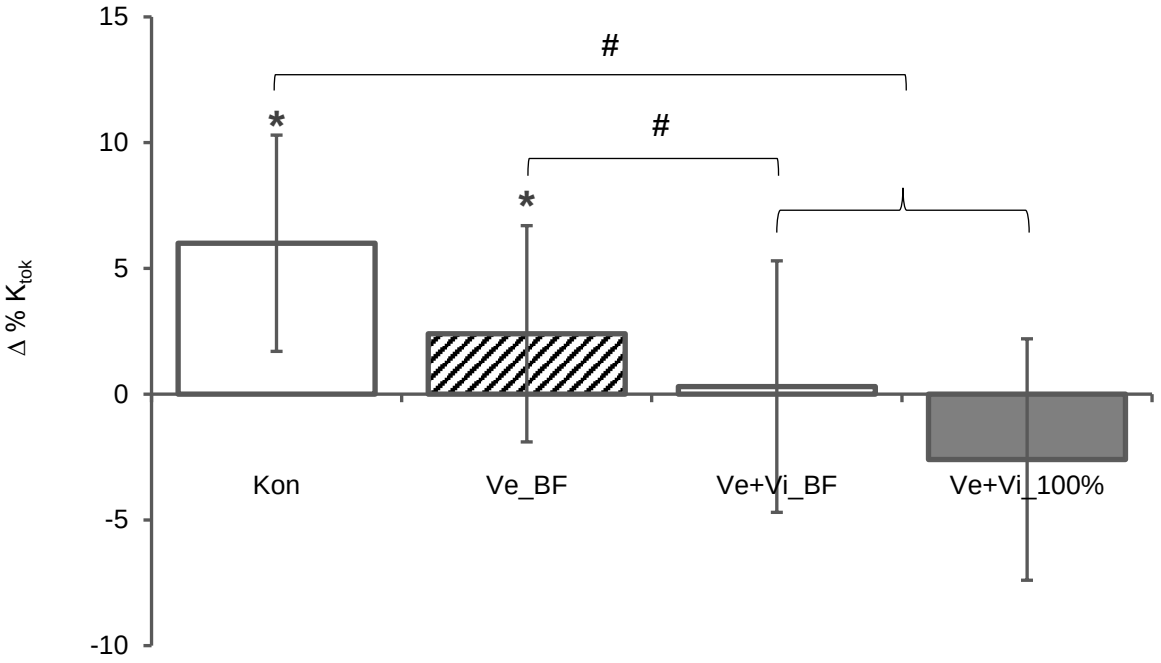
	Ponderirana AS K_{tok}		Kon	Ve_BF	Ve+Vi_BF
Kon	77,2º		-	-	-
Ve_BF	75,7º		-1,5º *(p = 0,691)*	-	-
Ve+Vi_BF	73,2º		**-4,0º *(p < 0,001)****	**-2,5º *(p = 0,018)****	-
Ve+Vi_100%	73,3º		**-3,9º *(p = 0,002)****	-2,4º *(p = 0,081)*	0,1º *(p = 1,000)*

Legenda: * - statistički značajne razlike između grupa, podebljano.

Posljednji u nizu promatrani relevantni kinematički parametar je udaljenost projekcije koljena od točke oslonca na početku odraza - D_{ks}. U tablici 18. prikazane su razlike između ponderiranih aritmetičkih sredina finalnog mjerenja udaljenosti projekcije koljena.

Postignute su razlike između dva para grupa. U oba slučaja je Ve+Vi_BF grupa pokazala statistički značajan napredak u odnosu na kontrolnu skupinu i Ve_BF grupu.

U grafikonu na slici 23. prikazane su relativne promjene u varijabli udaljenost projekcije koljena od točke oslonca na početku odraza - D_{ks}. Jedina statistički značajna razlika unutar grupa nastala pod utjecajem treninga je povećanje udaljenosti projekcije koljena u Ve+Vi_BF grupi. Minimalne promjene bez statističke značajnosti zabilježene su kod kontrolne, Ve _BF i Ve+Vi_100% grupe.



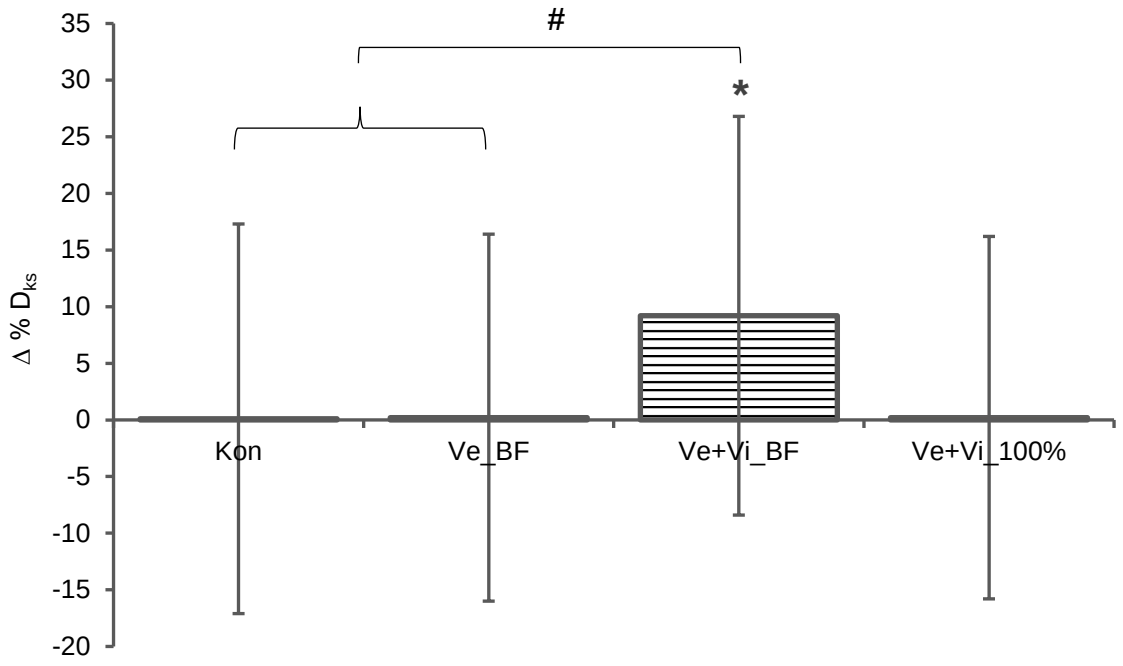
Slika 22. Promjene rezultata izražene u postocima nakon tretmana za varijablu kut tijela na kraju odraza - K_{tok}

Legenda: * - statistički značajna razlika unutar grupe, # - statistički značajna razlika između grupa, AS su prikazane stupcima, SD okomitim crtama.

Tablica 18. Ponderirane aritmetičke sredine rezultata finalnog mjerenja s razlikama između grupa i rezultatima Bonferroni post hoc analize za varijablu udaljenost projekcije koljena od točke oslonca na početku odraza (D_{ks})

	Ponderirana AS D_{ks} *(cm)*		Kon	Ve_BF	Ve+Vi_BF
Kon	58,9 cm		-	-	-
Ve_BF	60,1 cm		1,2 cm *(p = 1,000)*	-	-
Ve+Vi_BF	68,3 cm		**9,4 cm *(p = 0,003)****	**8,2 cm *(p = 0,009)****	-
Ve+Vi_100%	64,0 cm		5,1 cm *(p = 0,507)*	3,9 cm *(p = 1,000)*	-4,3 cm *(p = 0,726)*

Legenda: * - statistički značajne razlike između grupa, podebljano.



Slika 23. Promjene rezultata izražene u postocima nakon tretmana za varijablu udaljenost projekcije koljena od točke oslonca na početku odraza - D_{ks}

Legenda: * - statistički značajna razlika unutar grupe, # - statistički značajna razlika između grupa, AS su prikazane stupcima, SD okomitim crtama.

4.4. Korelacijska analiza

U tablicama 19. – 21. prikazani su rezultati korelacijske analize svih varijabli, posebno za inicijalno mjerenje, finalno mjerenje i na razlikama u rezultatima između inicijalnog i finalnog mjerenja. Korelacijska analiza na razlikama u rezultatima je prikazana s ciljem utvrđivanja sličnosti, odnosno različitosti s originalnim rezultatima inicijalnog i finalnog mjerenja.

Zbog postavljenih ciljeva i hipoteza ovog istraživanja, a u svrhu korelacijske analize, upotrijebljeni su rezultati svih ispitanika, bez obzira na pripadnost pojedinoj eksperimentalnoj ili kontrolnoj grupi.

4.4.1. Korelacijska analiza na rezultatima inicijalnog mjerenja

Varijabla duljina skoka – D_{skok} pokazuje visoku statistički značajnu povezanost s gotovo svim parametrima brzine odraza u inicijalnom mjerenju (Tablica 19.). Najveći koeficijent korelacije postignut je s horizontalnom brzinom na početku odraza – V_{xp}, zatim rezultantnom brzinom - V_r, horizontalnom brzinom na kraju odraza – V_x i vertikalnom brzinom na kraju odraza – V_y. Nadalje, duljina skoka je u statistički značajnoj, ali negativnoj korelaciji s varijablom trajanje odraza – T_o. Nešto niže povezanosti uz statističku značajnost vidljive su između duljine skoka i varijabli kut uzleta – K_u i kut amortizacije – K_{am}. Povezanost između duljine skoka i visina TT na početku odraza - H_p, u amortizaciji - H_{am} i na kraju odraza H_o su minimalne i nisu statistički značajne. Korelacija između duljine skoka i smanjenja horizontalne brzine u odrazu – $V_{x\%p\text{-}o}$ gotovo ne postoji. Nešto veće korelacije, ali bez statističke značajnosti, vidljive su između duljine skoka i kutova tijela na početku – K_{top} i kraju odraza – K_{tok}, kao i udaljenosti projekcije koljena od točke oslonac na početku odraza – D_{ks} (Tablica 19.).

Parametri brzine odraza u inicijalnom mjerenju pokazuju visoku međusobnu povezanost. Najveća povezanost uz statističku značajnost je između horizontalne brzine na kraju odraza – V_x i rezultantne brzine - V_r. Horizontalna brzina na početku odraza - V_{xp} je u visokoj povezanosti s horizontalnom brzinom na kraju odraza – V_x i rezultantnom brzinom – Vr.

Trajanje odraza – T_o i parametri brzine su u visokoj, negativnoj, statistički značajnoj korelaciji. Koeficijent korelacije se kreće od r=-0,62 do r=-0,74. Jedno varijabla smanjenje horizontalne brzine u odrazu – $V_{x\%p\text{-}o}$ nije u značajnoj korelaciji s trajanjem odraza – T_o.

Vertikalna brzina na kraju odraza – V_y je u visokoj pozitivnoj vezi s kutom uzleta – K_u i kutom tijela na kraju odraza – K_{tok}, manjoj pozitivnoj vezi s kutom amortizacije – K_{am}, ali je u negativnoj vezi s kutom tijela na početku odraza – K_{tok}. Vrlo slične koeficijente korelacije s nabrojenim varijablama postiže i horizontalna brzina na početku odraza – V_{xp}, osim u slučaju povezanosti s kutom uzleta – K_u gdje je korelacija niska.

Visine TT u na početku odraza – H_p, u amortizaciji - H_{am} i na kraju odraza – H_o su međusobno povezane visokim koeficijentima korelacija, ali su u niskim ili minimalnim korelacijama s ostalim varijablama od kojih je najveća povezanost između visine TT na početku odraza - H_p i kuta uzleta – K_u.

Osim s vertikalnom brzinom odraza – V_y, kut tijela na kraju odraza – K_{tok} je u pozitivnoj korelaciji s kutom uzleta – K_u, ali i u statistički značajnim negativnim vezama s trajanjem odraza – T_o i kutom tijela na početku odraza – K_{top}.

Koeficijent korelacije između projekcije koljena od točke oslonca – D_{ks} i trajanja odraza – T_o je negativan, kao i između projekcije koljena od točke oslonca – D_{ks} i kuta tijela na početku odraza – K_{top}.

4.4.2. Korelacijska analiza na rezultatima finalnog mjerenja

Kao i u inicijalnom mjerenju, varijabla duljina skoka – D_{skok} je statistički značajno povezana s parametrima brzine odraza u finalnom mjerenju (Tablica 20.). Najveća povezanost duljine skoka je postignuta s horizontalnom brzinom na početku odraza – V_{xp}, potom rezultantnom brzinom - V_r, zatim horizontalnom brzinom na kraju odraza – V_x i s vertikalnom brzinom na kraju odraza – V_y. Duljina skoka – D_{skok} je u negativnoj korelaciji s varijablom trajanje odraza – T_o. Za razliku od inicijalnog mjerenja, u finalnom nije postignuta statistički značajna korelacije između duljine skoka i varijabli kut uzleta – K_u i kut amortizacije – K_{am}. Koeficijenti korelacija ostalih kinematičkih parametara i duljine skoka vrlo su slični onima u inicijalnom mjerenju.

Parametri brzine odraza u finalnom mjerenju pokazuju visoku međusobnu povezanost, uz minimalne razlike u odnosu na korelacije izračunate u inicijalnom mjerenju. Najveća povezanost je između horizontalne brzine na kraju odraza – V_x i rezultantne brzine - V_r. Horizontalna brzina na početku odraza - V_{xp} je u visokoj povezanosti s horizontalnom brzinom na kraju odraza – V_x i rezultantnom brzinom – V_r.

Trajanje odraza – T_o u finalnom mjerenju je u statistički značajnim korelacijama sa svim varijablama u projektu osim smanjenjem horizontalne brzine u odrazu – $V_{x\%p\text{-}o}$. Većina varijabli je u negativnoj korelaciji s trajanjem odraza. Iznimka su varijable koje opisuju visine TT na početku odraza – H_p, u amortizaciji – H_{am}, na kraju odrazu - H_o i udaljenosti projekcije koljena od točke oslonca – D_{ks} (Tablica 20.).

Za razliku od inicijalnog mjerenja, u finalnom mjerenju nema statistički značajne korelacije između horizontalne brzine TT na početku odraza - V_{xp} i kutova tijela na početku –

K_{top} i kraju odraza – K_{tok}, kao ni korelacije između horizontalne brzine TT na početku odraza i kuta amortizacije – K_{am}.

Koeficijent korelacije između projekcije koljena od točke oslonca – D_{ks} i kuta tijela na početku odraza – K_{top} je visok i statistički značajan. Udaljenost projekcije koljena od točke oslonca – D_{ks} u finalnom mjerenju je u značajnoj korelaciji s varijablama koje opisuju visine TT na početku odraza – H_p, u amortizaciji – H_{am} i na kraju odraza - H_o.

4.4.3. Korelacijska analiza na razlikama rezultata

U tablici 21. prikazane su korelacije između varijable duljine skoka - D_{skok} i kinematičkih varijabli na razlikama rezultata između inicijalnog i finalnog mjerenja.

Slično kao u oba mjerenja, varijabla duljina skoka – D_{skok} je statistički značajno povezana s parametrima brzine, iako su koeficijenti na razlikama gotovo upola manji: horizontalna brzina na početku odraza – V_{xp}, rezultantna brzina - V_r, horizontalna brzina na kraju odraza – V_x i vertikalna brzina na kraju odraza – V_y.

Međusobna povezanost parametara brzine odraza na razlikama je velika kada su u pitanju horizontalne brzine na kraju odraza – V_x i rezultantna brzina - V_r, međutim, ostali koeficijenti korelacije nisu visoki kao što je to slučaj kod inicijalnog ili finalnog mjerenja. Primjerice, vertikalna brzina odraza – V_y nema značajnu povezanost s rezultantnom brzinom – V_r ili horizontalnom brzinom na početku odraza – V_{xp}. U odnosnu na originalne rezultate, koeficijent korelacije je prepolovljen i u slučaju povezanosti rezultantne brzine - V_r i horizontalne brzine na početku odraza – V_{xp}.

Izračunom na razlikama, povećane su korelacije između varijable smanjenje horizontalne brzine u odrazu – $V_{x\%p\text{-}o}$ i ostalih parametara brzine odraza: horizontalna brzina odraza – V_x, rezultantna brzina - V_r i horizontalna brzina na početku odraza – V_{xp}.

Usporedbom s korelacijama inicijalnog i finalnog mjerenja, povezanost varijable trajanje odraza – T_o s ostalim varijablama u projektu (Tablica 21.) svedena je na minimalne vrijednosti bez statističke značajnosti, osim u slučaju kuta amortizacije – K_{am}, kuta tijela na početku odraza – K_{top} i udaljenosti projekcije koljena od točke oslonca – D_{ks}, gdje su zabilježene slične vrijednosti kao u inicijalnom i finalnom mjerenju.

Visoki negativni koeficijent korelacije izračunat je i između udaljenosti projekcije koljena od točke oslonca – D_{ks} i kuta tijela na početku odraza – K_{top}.

Tablica 19. Rezultati korelacijske analize rezultata inicijalnog mjerenja

	D_{skok}	V_x	V_y	V_r	V_{xp}	$V_{x\%p-o}$	H_p	H_{am}	H_o	T_o	K_u	K_{am}	K_{top}	K_{tok}	D_{ks}
D_{skok}	-														
V_x	**0,80***	-													
V_y	**0,74***	**0,56***	-												
V_r	**0,85***	**0,99***	**0,69***	-											
V_{xp}	**0,87***	**0,86***	**0,66***	**0,89***	-										
$V_{x\%p-o}$	0,02	**0,39***	-0,08	**0,32***	-0,13	-									
H_p	0,00	0,17	**-0,23***	0,11	0,11	0,15	-								
H_{am}	0,09	**0,24***	-0,13	0,19	0,21	0,11	**0,93***	-							
H_o	0,09	0,09	-0,02	0,08	0,16	-0,09	**0,81***	**0,86***	-						
T_o	**-0,71***	**-0,71***	**-0,62***	**-0,74***	**-0,72***	-0,05	0,15	0,08	0,21	-					
K_u	**0,32***	0,00	**0,82***	0,16	0,20	**-0,35***	**-0,39***	**-0,31***	-0,07	**-0,26***	-				
K_{am}	**0,25***	0,21	**0,24***	**0,23***	**0,28***	-0,10	**0,29***	**0,27***	0,21	**-0,38***	0,14	-			
K_{top}	-0,19	-0,05	**-0,32***	-0,11	**-0,25***	**0,31***	0,18	0,07	-0,14	-0,17	**-0,35***	**0,26***	-		
K_{tok}	0,22	0,10	**0,59***	0,21	**0,27***	**-0,29***	-0,19	-0,08	0,02	**-0,40***	**0,66***	**0,31***	**-0,41***	-	
D_{ks}	0,07	-0,02	0,11	0,01	0,10	-0,19	0,16	0,21	**0,36***	**0,39***	0,15	**-0,33***	**-0,82***	0,12	-

Legenda: * - statistički značajne razlike između grupa, podebljano.

Tablica 20. Rezultati korelacijske analize rezultata finalnog mjerenja

	D_{skok}	V_x	V_y	V_r	V_{xp}	$V_{x\%p-o}$	H_p	H_{am}	H_o	T_o	K_u	K_{am}	K_{top}	K_{tok}	D_{ks}
D_{skok}	-														
V_x	**0,83***	-													
V_y	**0,65***	**0,43***	-												
V_r	**0,87***	**0,98***	**0,59***	-											
V_{xp}	**0,91***	**0,83***	**0,60***	**0,87***	-										
$V_{x\%p-o}$	-0,03	**0,40***	-0,21	**0,31***	-0,18	-									
H_p	-0,09	0,06	**-0,23***	0,01	-0,02	0,13	-								
H_{am}	0,00	0,13	-0,10	0,09	0,08	0,08	**0,92***	-							
H_o	-0,03	0,03	-0,09	0,00	0,02	0,00	**0,88***	**0,91***	-						
T_o	**-0,68***	**-0,58***	**-0,56***	**-0,64***	**-0,62***	-0,03	**0,30***	**0,27***	**0,35***	-					
K_u	0,18	-0,17	**0,81***	0,02	0,12	**-0,48***	**-0,29***	-0,19	-0,12	**-0,24***	-				
K_{am}	0,05	0,04	0,11	0,06	-0,05	0,17	0,21	0,15	0,14	**-0,38***	0,09	-			
K_{top}	-0,01	0,03	-0,15	-0,01	-0,15	**0,30***	0,13	0,01	-0,07	**-0,38***	-0,18	**0,50***	-		
K_{tok}	0,08	-0,11	**0,51***	0,01	0,06	**-0,27***	-0,01	-0,01	-0,03	**-0,42***	**0,61***	**0,38***	0,09	-	
D_{ks}	-0,14	-0,02	-0,09	-0,04	0,03	-0,11	**0,37**	**0,42**	**0,43**	**0,58**	-0,09	**-0,32***	**-0,70***	**-0,26***	-

Legenda: * - statistički značajne razlike između grupa, podebljano.

Tablica 21. Rezultati korelacijske analize na razlikama rezultata od inicijalnog do finalnog mjerenja

	D_{skok}	V_x	V_y	V_r	V_{xp}	$V_{x\%p-o}$	H_p	H_{am}	H_o	T_o	K_u	K_{am}	K_{top}	K_{tok}	D_{ks}
D_{skok}	-														
V_x	**0,33***	-													
V_y	**0,23***	-0,10	-												
V_r	**0,39***	**0,97***	0,13	-											
V_{xp}	**0,46***	**0,46***	0,14	**0,49***	-										
$V_{x\%p-o}$	0,04	**0,73***	-0,20	**0,68***	**-0,25***	-									
H_p	-0,18	0,15	-0,12	0,10	-0,04	0,19	-								
H_{am}	-0,19	0,07	0,00	0,06	-0,04	0,10	**0,55***	-							
H_o	-0,07	**-0,24***	**0,31***	-0,18	**-0,24***	-0,08	0,08	**0,45***	-						
T_o	-0,13	-0,14	0,09	-0,10	**-0,25***	0,03	**-0,32***	-0,18	0,05	-					
K_u	0,01	**-0,53***	**0,88***	**-0,32***	-0,12	**-0,48***	-0,17	-0,02	**0,39***	0,15	-				
K_{am}	**-0,23***	**-0,30***	0,11	**-0,29***	-0,09	**-0,23***	**0,25***	0,15	**0,30***	**-0,42***	**0,24***	-			
K_{top}	-0,07	-0,02	**-0,29***	-0,11	-0,19	0,11	**0,41***	0,09	-0,06	**-0,51***	-0,23	**0,26***	-		
K_{tok}	**-0,32***	**-0,39***	**0,44***	**-0,29***	-0,18	**-0,25***	0,06	0,12	**0,23***	-0,13	**0,55***	**0,45***	**-0,28***	-	
D_{ks}	0,05	0,04	0,16	0,10	0,11	-0,04	-0,15	-0,03	0,00	**0,57***	0,10	**-0,43***	**-0,81***	0,04	-

Legenda: * - statistički značajne razlike između grupa, podebljano.

4.5. Regresijska analiza

Uporabom stupnjevite multiple regresijske analize (model postupnog sužavanja) izračunata je jednadžba za predikciju duljine skoka. Ovim postupkom, sukladno jednom od ciljeva istraživanja, ispitana je povezanost pojedinih kinematičkih varijabli i duljine skoka u dalj, bez obzira na međusobnu povezanost kinematičkih varijabli i duljine skoka izračunatih korelacijskom analizom. U modelu postupnog sužavanja, odnosno eliminacije varijabli, kreće se s maksimalnim brojem varijabli u analizu. U ovom slučaju u analizu je bilo uključeno svih 14 kinematičkih varijabli, od kojih je 10 eliminirano, a 4 su zadržane (Tablica 22.)

Tablica 22. Rezultati modela postupnog sužavanja stupnjevite multiple regresijske analize kinematičkih varijabli s duljinom skoka u dalj (D_{skok}) na rezultatima finalnog mjerenja

R = 0,94; R^2 = 0,88; F(4,70) = 129,03; p < 0,001; SE = 19,49								
	B	**B_e**	**β**	**r**	**r_p**	**r_{sp}**	**t**	**p**
Konstanta D_{skok}	*-153,35*	*29,02*					*-5,29*	*0,000*
V_{xp}	53,35	7,61	0,60	0,91	0,64	0,29	7,01	0,000
V_r	32,05	7,77	0,35	0,87	0,44	0,17	4,13	0,000
D_{ks}	-0,75	0,24	-0,12	-0,14	-0,35	-0,13	-3,12	0,003
K_u	1,49	0,68	0,09	0,18	0,25	0,09	2,20	0,031

Legenda: R - multipla korelacija, R^2 - koeficijent determinacije multiple korelacije, SE - standardna pogreška prognoze, B - nestandardizirani regresijski koeficijent, Be - standardna pogreška nestandardiziranog regresijskog koeficijenata, β - standardizirani regresijski koeficijent, r - korelacija prediktorske s nezavisnom varijablom, r_p - parcijalna korelacija, r_{sp} - semiparcijalna korelacija.

Rezultati stupnjevite multiple regresijske analize su pokazali kako je redukcijom na 4 statistički značajne varijable izračunat visoki koeficijent multiple korelacije. Ukupno 88 % varijance kriterijske varijable moguće je objasniti pomoću 4 prediktora.

Najveći doprinos duljini skoka čini varijabla horizontalna brzina TT na početku odraza - V_{xp}. Povezanost duljine skoka – D_{skok} i horizontalne brzine TT na početku odraza - V_{xp} nultim koeficijentom korelacije (r) je visoka. Međutim, parcijalna (r_p) i semiparcijalna korelacija (r_{sp}) između spomenute dvije varijable pokazuju nešto niže vrijednosti.

Parcijalna korelacija pokazuje proporciju varijance koja nije objašnjena ostalim prediktorskim varijablama, ali je objašnjena horizontalnom brzinom TT na početku odraza - V_{xp}, ukoliko su vrijednosti ostalih prediktora konstantne za prediktor i kriterij. U tom slučaju horizontalna brzina TT objašnjava 41% varijance duljine skoka – D_{skok}. S druge strane, semiparcijalna korelacija pokazuje koliki je jedinstveni doprinos prediktorske varijable

kriterijskoj varijabli u slučaju da ostale varijable u modelu zadržavaju konstantu samo spram prediktorske varijable. Kvadrat semiparcijalne korelacije nam govori kako jedinstveni doprinos horizontalne brzine TT na početku odraza - V_{xp} duljini skoka u dalj iznosi $r_{sp}^2 = 0{,}08$.

Nulti koeficijent korelacije rezultantne brzine – V_r i duljine skoka – D_{skok} je također visok. 19 % varijance duljine skoka – D_{skok} moguće je objasniti rezultantnom brzinom – V_r. Jedinstveni doprinos rezultantne brzine – V_r duljini skoka u dalj iznosi $r_{sp}^2 = 0{,}03$.

Nulti koeficijent korelacije udaljenosti projekcije koljena od točke oslonca - D_{ks} i duljine skoka – D_{skok} je negativan, parcijalna korelacija pokazuje da se 12% varijance duljine skoka – D_{skok} može objasniti udaljenošću projekcije koljena od točke oslonca - D_{ks}. Jedinstveni doprinos udaljenosti projekcije koljena od točke oslonca - D_{ks} duljini skoka u dalj iznosi $r_{sp}^2 = 0{,}02$.

Nulti koeficijent korelacije kuta uzleta - K_u i duljine skoka – D_{skok} je niži od parcijalne korelacije. Kvadrat parcijalne korelacije nam govori kako kutom uzleta možemo objasniti 6 % varijance duljine skoka – D_{skok}. Jedinstveni doprinos rezultantne brzine – V_r duljini skoka u dalj iznosi $r_{sp}^2 = 0{,}01$.

Predikcija rezultata skoka u dalj može se izvršiti putem jednadžbe multiple regresije. Opća jednadžba glasi:

$$Y_i = B_0 + B_1X_{i1} + B_2X_{i2} + \ldots + B_nX_{in} + e$$

Y_i	- kriterijska varijabla
B_0	- konstantna vrijednost kriterijske varijable
$B_1, B_2, \ldots, B_n$	- nestandardizirani regresijski koeficijenti prediktorskih varijabli
$X_{i1}, X_{i2}, \ldots, X_{in}$	- prediktorske varijable
e	- pogreška prognoze

odnosno,

Duljina skoka (***D_{skok}***) = [-153,35] + [53,35**horizontalna brzina na početku odraza* (***V_{xp}***)] + [32,05**rezultantna brzina* (***V_r***)] + [-0,75**udaljenost projekcije koljena* (***D_{ks}***)] + [1,49**kut uzleta* (***K_u***)] + [e]

Uvrštavanjem aritmetičkih sredina rezultata prediktora finalnog mjerenja dobivamo vrlo preciznu predikciju vrijednosti kriterijske varijable:

Duljina skoka (***D_{skok}***) **= [-153,35] + [53,35*5,69 m/s] + [32,05*5,14 m/s] + [-0,75*63,15 cm] + [1,49*19,81º]**

Aritmetička sredina varijable duljina skoka (D_{skok}) u finalnom mjerenju iznosi 297,33 cm, a predviđena vrijednost izračunata jednadžbom multiple regresije iznosi 297,10 cm. Razlika od 0,23 cm (0,08 %) je zanemariva.

Kako bismo utvrdili mogu li se istom jednadžbom vršiti precizna predviđanja rezultata po grupama ispitanika u ovom istraživanju, izračunate su prognozirane vrijednosti kriterijske varijable (D_{skok}) za svaku grupu posebno (Tablica 23. – 26.). Korištene su vrijednosti varijabli finalnog mjerenja.

Tablica 23. Prognozirana vrijednost aritmetičke sredine duljine skoka u dalj (D_{skok}) temeljem rezultata finalnog mjerenja - Kontrolna grupa (Kon)

	B	X	B*X
V_{xp}	53,35	5,59 m/s	298,23
V_r	32,05	5,14 m/s	164,74
D_{ks}	-0,75	57,79 cm	-43,34
K_u	1,49	21,13 º	31,48
Konstanta D_{skok}			*-153,35*
	Prognozirana vrijednost		**297,75 cm**
	Stvarna vrijednost		297,28 cm
	Razlika		-0,47 cm (-0,16 %)

Izračunata je prognozirana vrijednost rezultata skoka u dalj za kontrolnu skupinu (Tablica 23.), razlika u odnosu na stvarnu vrijednost u finalnom mjerenju je minimalna.

Tablica 24. Prognozirana vrijednost aritmetičke sredine duljine skoka u dalj (D_{skok}) temeljem rezultata finalnog mjerenja – grupa s reduciranim verbalnim PI u odnosu na ključne greške (Ve_BF)

	B	X	B*X
V_{xp}	53,35	5,63 m/s	300,36
V_r	32,05	5,12 m/s	164,10
D_{ks}	-0,75	59,27 cm	-44,45
K_u	1,49	20,87 º	31,10
Konstanta D_{skok}			*-153,35*
	Prognozirana vrijednost		**297,75 cm**
	Stvarna vrijednost		294,00 cm
	Razlika		-3,75 cm (-1,28 %)

U tablici 24. prikazana je prognozirana vrijednost duljine skoka u dalj za eksperimentalnu grupu koja je dobivala reducirane povratne informacije samo verbalnim putem (Ve_BF grupa). Rezultat izračunat jednadžbom multiple regresije minimalno se razlikuje od stvarne vrijednosti.

Tablica 25. Prognozirana vrijednost aritmetičke sredine duljine skoka u dalj (D_{skok}) temeljem rezultata finalnog mjerenja – grupa s reduciranim verbalnim i vizualnim PI u odnosu na ključne greške (Ve+Vi_BF)

	B	X	B*X
V_{xp}	53,35	5,55 m/s	296,09
V_r	32,05	4,94 m/s	158,33
D_{ks}	-0,75	68,86 cm	-51,65
K_u	1,49	18,13 º	37,01
Konstanta D_{skok}			*-153,35*
	Prognozirana vrijednost		**276,44 cm**
	Stvarna vrijednost		276,75 cm
	Razlika		-0,31 cm (-0,11 %)

Kao i kod prethodne dvije grupe, i kod grupe koja je dobivala reducirane povratne informacije verbalnim i vizualnim putem (Ve+Vi_BF grupa), prognozirana vrijednost se zanemarivo razlikuje od stvarne vrijednosti (Tablica 25.).

Tablica 26. Prognozirana vrijednost aritmetičke sredine duljine skoka u dalj (D_{skok}) temeljem rezultata finalnog mjerenja – grupa s verbalnim i vizualnim PI na sve greške (Ve+Vi_100%)

	B	X	B*X
V_{xp}	53,35	6,17 m/s	329,17
V_r	32,05	5,48 m/s	175,63
D_{ks}	-0,75	65,54 cm	-49,16
K_u	1,49	19,57 º	29,16
Konstanta D_{skok}			*-153,35*
	Prognozirana vrijednost		**331,46 cm**
	Stvarna vrijednost		337,21 cm
	Razlika		5,75 cm (1,71 %)

U tablici 26. vidljiva je nešto veća, a opet minimalna razlika između prognozirane i stvarne vrijednosti rezultata skoka u dalj za grupu koja je dobivala PI na svaku grešku (Ve+Vi_100%).

5. RASPRAVA

Temeljni cilj ovog istraživanja bio je ispitati učinke primjene različitih metoda motoričkog učenja u nastavi tjelesne i zdravstvene kulture, obzirom na vrstu (verbalne i/ili vizualne) i količinu PI (reducirane ili učestalije), u izvedbi tehnike skoka u dalj. Dodatni cilj bio je utvrditi povezanost kinematičkih parametara i duljine skoka u dalj kod skakača početnika – djece školske dobi. Za testiranje hipoteza istraživanja korišten je uzorak ispitanika koji je činilo osamdeset i osam dječaka i djevojčica, 5. i 6. razreda osnovne škole, podijeljenih u 4 grupe. Tijekom eksperimentalnog postupka jedna je grupa vježbala bez PI (kontrolna grupa), druga je dobivala preskriptivne PI reducirane prema kriteriju važnosti (Ve_BF grupa), treća kao i druga, uz dodatak vizualnih (video) PI (Ve+VI_BF grupa) i četvrta grupa koja je vježbala uz 100% relativnu frekvenciju verbalnih i vizualnih preskriptivnih PI (Ve+VI_100% grupa).

Najvažniji nalazi ovog rada upućuju na superiornost učestalih PI kod djece, posebice u kombinaciji s vizualnim PI, što je u suprotnosti s **prvom hipotezom** istraživanja ovog istraživanja o najboljoj učinkovitosti reduciranih verbalnih i vizualnih PI. **Druga hipoteza**, o djelotvornosti vizualnih PI, potvrđena je samo djelomično. Razlog tome su nekonzistentne promjene unutar i između grupa u relevantnim kinematičkim parametrima. **Treća hipoteza**, koja govori o uzajamnoj povezanosti kinematičkih parametara i duljine skoka je potvrđena, s time da su veze između varijabli vrlo slične rezultatima ranijih istraživanja.

5.1. Deskriptivna statistika

Kao što je u uvodu ovog rada navedeno, postoji samo jedno relevantno istraživanje (Panteli i sur., 2013) koje koristi duljinu i kinematičke parametre skoka u dalj kao zavisne varijable za usporedbu učinaka pojedinih metoda motoričkog učenja u savladavanju složene motoričke vještine kod djece (dobi 10,3 ± 0,8 godina). U istraživanju su prikazane vrijednosti duljine skoka u dalj i 7 kinematičkih varijabli po grupama ispitanika i mjerenjima (inicijalno i finalno). Prosječne vrijednosti duljine skoka u dalj u tom istraživanju kreću se u rasponu 260 – 307 cm, prosječne vrijednosti horizontalne brzine TT na početku odraza – V_{xp} 7,1 do 8,6 m/s, vertikalne brzine TT na kraju odraza – V_y 1,6 – 2,1 m/s, rezultantne brzine – V_r 6,7 - 7,7 m/s,

visine TT na početku odraza – H_p 65 – 74 cm, visine TT u amortizaciji – H_{am} 69 – 78 cm i visine TT na kraju odraza – H_o 84 – 89 cm.

Usporedbom navedenih rezultata s rezultatima inicijalnog i finalnog mjerenja ovog istraživanja, prikazanih u tablicama 8. i 9., vidimo da se radi o vrlo sličnim vrijednostima duljine skoka jer se vrijednosti kreću od 272 cm u inicijalnom mjerenju (Tablica 8.), do 297 cm u finalnom mjerenju (Tablica 9.). Slični rezultati vidljivi su i kod varijabli vertikalna brzina TT na kraju odraza – V_y, međutim, ostali parametri brzine odraza su različiti. Vrijednosti horizontalne brzine TT na početku odraza – V_{xp} iznose 5,5 m/s u inicijalnom i 5,7 m/s u finalnom mjerenju. Ista razlika je vidljiva i kod varijable rezultantna brzina – V_r koja iznosi 5,0 m/s u inicijalnom i 5,1 m/s u finalnom mjerenju. Panteli i sur. (2013) prikazuju nešto niže vrijednosti visina TT u različitim fazama odraza u usporedbi s visinama TT u ovom istraživanju. Međutim, kao i u ovom istraživanju, najniže vrijednosti visina TT se javljaju na početku odraza da bi kroz fazu amortizacije, prema kraju odraza, porasle.

Pretpostavka je kako razlike u prosječnim vrijednostima parametara brzine odraza između spomenutog i ovog istraživanja proizlazi iz činjenice da su Panteli i sur. (2013) istraživanje proveli na djeci - početnicima koja su selektirana za tu aktivnost od strane nacionalnog atletskog saveza. U tom slučaju bile bi očekivane i više vrijednosti mjere centralne tendencije prilikom mjerenja duljine skoka u dalj, ali Panteli i sur. (2013) ne koriste zonu odraza koja omogućava mjerenje duljine skoka od mjesta odraza, već mjere duljinu skoka od odrazne daske koja ne uključuje udaljenost prstiju odrazne noge do linije od koje se duljina skoka mjeri. S druge strane, u ovom istraživanju korišten je prigodni uzorak gotovo godinu dana starijih ispitanika koji su činili učenici jedne osnovne škole bez obzira na nivo sportskog talenta, što objašnjava razlike u visinama TT u različitima fazama odraza u korist ovog istraživanja. Osim nabrojenih, koriste još i varijablu visina TT na početku predzadnjeg koraka zaleta koja nije obuhvaćena kinematičkom analizom ovog istraživanja.

Ostatak istraživanja navedenih u uvodu koja se odnose na kinematičke parametre skoka u dalj, koriste vrhunske skakače i skakačice u dalj kao ispitanike. Zbog te činjenice nemoguće je izvršiti kontrolu deskriptivnih parametara ovog istraživanja putem parametara takvih istraživanja. Ipak, prosječne vrijednosti dijela parametara (kut uzleta – K_u, kut amortizacije – K_{am}, kut tijela na početku odraza – K_{top}, kut tijela na kraju odraza – K_{tok}) vrlo su slične dosadašnjim istraživanjima provedenim na vrhunskim skakačima u dalj (Čoh i sur., 1995; Seyfarth i sur., 2000; Linthorne i sur., 2005; Antekolović, 2007 i Mendoza i Nixdorf, 2011). Iako kontrola deskriptivnih parametara nije moguća, moguća je analiza razlika, kao i usporedba

korelacija između kinematičkih parametara izračunatih na početnicima i vrhunskim skakačima. Takve analize provedene su u kasnijim potpoglavljima ove rasprave.

5.2. Učinci eksperimentalnog tretmana

Glavni cilj ovog istraživanja bio je ispitati učinke različitih vrsta i količina PI na proces usvajanja tehnike skoka u dalj kod djece osnovnoškolske dobi. Nacrtom istraživanja predviđene su tri eksperimentalne i jedna kontrolna grupa. Prva eksperimentalna grupa (Ve_BF) je uvježbavala tehniku skoka u dalj uz pomoć verbalnih PI reduciranih prema principu ključnih grešaka, druga (Ve+Vi_BF) isto kao i prethodna, uz dodatak vizualnih (video) PI. Posljednja eksperimentalna grupa (Ve+Vi_100%) je vježbala uz verbalne i vizualne PI nakon svakog pokušaja. Kontrolna grupa je uvježbavala tehniku bez PI.

Temeljem recentnih istraživanja koja proučavaju učinke PI u procesu motoričkog učenja složene motoričke vještine (Badets i Blandin, 2010; Sadowski i sur., 2013, Zamani i Zarghami, 2015; Niznikowski i sur., 2016 i Agethen i Krause, 2016), formirana je ***prva hipoteza*** kako će metoda učenja u kojoj ispitanici dobivaju reducirane PI proizvesti bolje učinke u usporedbi s metodom u kojoj ispitanici dobivaju PI nakon svakog ponavljanja. ***Druga hipoteza*** postavljena je kao bi se testirali učinci vizualnih (video) PI u procesu usvajanja složene motoričke vještine. Temeljem dosadašnjih istraživanja (Buchanan i Wang, 2012 i Zhu i sur., 2019) postavljena je hipoteza kako će vizualne PI u kombinaciji s verbalnim proizvesti bolje učinke u usporedbi s PI dobivenim samo verbalnim putem, odnosno da će kinematički parametri razlikovati grupe ispitanika.

Kako bi prva hipoteza bila potvrđena, razlike između grupa morale su biti u korist grupa koje su dobivale reducirane PI, samo verbalno (Ve_BF) ili verbalno i putem videa (Ve+Vi_BF), nasuprot grupe koja je primala PI nakon svakog pokušaja tijekom vježbanja (Ve+Vi_100%). U ovom istraživanju rezultati upućuju na suprotno: sve su grupe statistički značajno povećale duljinu skoka u dalj - D_{skok}, međutim, rezultati Bonferroni post hoc analize su pokazali kako je Ve+Vi_100% grupa postigla statistički značajno veći napredak u odnosu na sve ostale grupe (Slika 9.). U tablici 13. navedene su razlike između ponderiranih aritmetičkih sredina rezultata finalnog mjerenja, gdje je vidljivo kako je Ve+Vi_100% grupa statistički značajno napredovala u odnosu na kontrolnu grupu (29 cm, $p = 0,004$), Ve_BF grupu (25 cm, $p = 0,018$) i Ve+Vi_BF

grupu (23 cm, p = 0,038). Ovakvi rezultati poklapaju se s rezultatima ranijih istraživanja koja su utvrdila kako je na početku učenja složene motoričke vještine svrsishodnije koristiti učestalije PI u odnosu na reducirane (Wulf i sur., 1998; Mononen i sur., 2003 i Fujii i sur., 2016, Ujević, 2019), posebno kad su u pitanju djeca (Chiviacowsky i sur., 2008; Ugrinowitsch i sur., 2010 i Chu, 2017). U tom smislu, ovo istraživanje nije potvrdilo postavljenu hipotezu o superiornim učincima reduciranih PI.

Važan parametar brzine odraza, koji je u ovom istraživanju odabran kao reprezentant brzine zaleta, je horizontalna brzina TT na početku odraza – V_{xp}. Brzina zaleta je parametar koji u velikoj mjeri određuje uspješnost cijelog skoka, odnosno, utječe na krajnji rezultat duljine skoka (Hay i sur., 1986; Hay i Nohara, 1990; Antekolović, 2007; Panoutsakopoulos i Kollias, 2007). Jedine statistički značajne promjene kod ove varijable vezane su za promjene unutar grupa (Slika 13.). Najveći statistički značajan napredak od inicijalnog do finalnog mjerenja (8,3 ± 9,2 %, d = 0,62, p < 0,001) ostvarila je grupa koja je primala reducirane PI verbalnim i video putem (Ve+Vi_BF grupa). Iako ostale eksperimentalne grupe nisu ostvarile statistički značajno povećanje brzine zaleta na početku odraza, značajan napredak ostvarila je još i kontrolna grupa (3,0 ± 5,2 %, d = 0,27, p = 0,031). Fenomen poboljšanja brzine zaleta u kontrolnoj grupi moguće je objasniti činjenicom kako su ispitanici unutar te grupe vježbali bez PI, nisu razmišljali o potencijalnim greškama i jednostavno su povećali brzinu zaleta kroz repeticiju. U isto vrijeme ispitanici iz ostalih grupa su morali fokus pažnje usmjeravati na ostale detalje koji su im bili prezentirani putem PI. Uvježbavanje bez PI je dovelo do povećanja brzine zaleta jer su sve grupe, uključujući i kontrolnu, na početku svakog treninga dobivale početne upute koje su uključivale i uputu s informacijom kako efikasnije izvesti zalet. Drugo moguće objašnjenje ovog fenomena je egzistencija linearne povezanosti između horizontalne brzine TT na početku odraza i duljine skoka kod djece. Iako ne pretjerano jaka (r = 0,29) (Panteli i sur. 2013), takva povezanost je nagnala ispitanike iz kontrolne skupine na prirodno povećanje brzine zaleta ali bez kontrole ostalih dijelova tehnike skoka u dalj. Na kraju, zadatak u inicijalnom i finalnom mjerenju je bio – skočiti u dalj što je više moguće.

Postojeće statistički značajne promjene unutar grupa u varijabli horizontalna brzina TT na početku odraza – V_{xp} posljedično su uzrokovale jednu značajnu promjenu u varijabli horizontalna brzina TT na kraju odraza – V_x u Ve+Vi_BF grupi (Slika 10.) i jednu značajnu promjenu u varijabli vertikalna brzina TT na kraju odraza – V_y u kontrolnoj grupi (Slika 11.). Spomenuta promjena unutar grupa u varijabli vertikalna brzina TT na kraju odraza – V_y rezultirala je i jedinom promjenom između grupa u parametrima brzine odraza, između

kontrolne grupe i Ve+Vi_BF grupe. Razlika između ponderiranih aritmetičkih sredina rezultata finalnog mjerenja kontrolne i Ve+Vi_BF grupe iznosi 0,3 m/s (p = 0,008), u korist kontrolne grupe (Tablica 14.). Razlika je nastala (16,6 % povećanja V_y u kontrolnoj spram 2,6 % u Ve+Vi_BF grupi) jer je Ve+Vi_BF grupa horizontalnu brzinu na početku odraza pretvorila najviše u horizontalnu brzinu na kraju odraza, za razliku od kontrolne skupine. Ovakva promjena kod kontrolne grupe može se tumačiti usvajanjem sustavne greške u tehnici skoka u dalj. Kao što je već navedeno, kontrolna grupa je vježbala vođena isključivo uvodnom demonstracijom tehnike skoka u dalj, bez PI. Ispitanici iz te grupe pokušavali su postići ono što su vidjeli i čuli, pritom se povećavali vertikalnu komponentu odraza na neadekvatan način, a eksperimentatorima nije bilo dozvoljeno ni na koji način ukazivati na takvu grešku.

Spomenuta statistički značajna razlika u vertikalnoj brzini odraza – V_y nije dovela do značajnijeg povećanja rezultantne brzine i posljedično veće duljine skoka, naprotiv, kontrolna skupina je imala najslabiji napredak u duljini skoka. U varijabli rezultantna brzina TT na kraju odraza – V_r nisu uočene značajnije razlike unutar ili između grupa (Slika 12.). Kinematička istraživanja skoka u dalj su dokazala kako je duljina skoka visoko uvjetovana rezultantnom brzinom (r = 0,56 – 0,61), odnosno da se značajna količina varijance efektivne duljine skoka može objasniti pomoću rezultantne brzine (Lees i sur., 1994; Antekolović, 2007). Relativne promjene rezultantne brzine unutar grupe u ovom istraživanju iznosile su od 1,5 % u kontrolnoj grupi do maksimalnih 4,7 % u Ve+Vi_BF grupi. Istovremeno, Ve+Vi_BF grupa je povećala duljinu skoka za 15,8 %. Pretpostavka je da su kumulativni učinci rezultantne brzine i drugih kinematičkih parametara doveli do statistički značajnih promjena u duljini skoka.

Iako parametri brzine odraza djelomično daju uvid u način na koji PI utječu na promjene u tehnici skoka u dalj (pretvorba horizontalne brzine na početku odraza u dominantno horizontalnu komponentu na kraju odraza kod Ve+Vi_BF grupe ili dominantno vertikalnu komponentu kod kontrolne grupe), ne pružaju dokaze temeljem kojih bi prihvaćenje hipoteza o većoj učinkovitosti reduciranih PI bilo moguće. Ovoj tvrdnji pridonosi i činjenica da postojeće promjene u varijablama smanjenje brzine u odrazu – $V_{x\%p\text{-}o}$ i trajanje odraza – T_o nisu statistički značajne (Slike 14. i 15.). Iako postoji statistički značajna razlika između grupa u parametru vertikalne brzine odraza, takva razlika ne može poslužiti kao dokaz za prihvaćanje druge hipoteze (kako će vizualne PI razlikovati grupe ispitanika), jer je razlika nastala sustavnim usvajanjem greške u izvedbi tehnike skoka u dalj kod kontrolne skupine, što je i ranije navedeno.

Dvije grupe ispitanika postigle su smanjenje visine TT na početku odraza - H_p pod utjecajem eksperimentalnog tretmana (Slika 16.). Ve+Vi_BF grupa je smanjila visinu za -1,5 ± 4,1 %, ali bez statističke značajnosti. Kontrolna grupa je značajno smanjila visinu TT na početku odraza i to za 1,6 ± 1,7 % (d = -0,26, p = 0,001). Ostale grupe ispitanika nisu promijenile vrijednosti visine TT na početku odraza (Ve+Vi_BF grupa) ili je postignuto minimalno povećanje u odnosu na inicijalno mjerenje, bez statističke značajnosti. Rezultati ove studije nisu ponovili rezultate ranije studije (Panteli i sur. 2013) vezane uz visine TT u različitim dijelovima odraza, gdje su grupe ispitanika uz pomoć video prezentacija povećavale visine TT, a ostale grupe su ih smanjivale. Autori te studije vizualnim uputama pripisuju učinke povećanja visina TT, što u slučaju ove studije nije moguće. Takvoj tvrdnji pridonosi i činjenica kako su sve grupe, osim Ve+Vi_BF grupe koja je visinu smanjila, povećale visinu TT u amortizaciji - H_{am}, ali statističke analize nisu pokazale značajnost tih promjena (Slika 17.). Promjene u visinama TT na kraju odraza – H_o (Slika 18.) vrlo su slične promjenama u parametru horizontalne brzine na početku odraza – V_{xp} (Slika 13.). U oba slučaja statistički značajne promjene dogodile su se u kontrolnoj i Ve+Vi_BF grupi. Takva pojava ne čudi s obzirom na statistički značajnu korelacijsku povezanost ovih dviju varijabli (r = 0,38) (Antekolović, 2007). Međutim, naše istraživanje nije uspjelo dokazati takvu vezu na rezultatima inicijalnog (Tablica 19.) ili finalnog mjerenja (Tablica 20.). Paradoksalno, koeficijent korelacije na promjenama rezultata između dva mjerenja u spomenute dvije varijable iznosi r = -0,24 (Tablica 21.) i statistički je značajan ($p < 0,05$). Ovo znači da bi povećanje horizontalne brzine TT na početku odraza moralo dovesti do smanjenja visine TT na kraju odraza, međutim, prosječne relativne promjene rezultata po grupama pokazuju upravo suprotno (Slika 18.). Ovaj fenomen možemo pripisati pojavi „lažne korelacije“ jer je očito da na promjene u spomenute dvije varijable utječu i drugi faktori, u čijoj varijanci ove varijable sudjeluju. Pojava ovakvih korelacija već je opisana u ranijim istraživanjima ljudske lokomocije (Bruijn, Meijer, Beek i van Dieën, 2013). U svakom slučaju, promjene visina TT u različitim fazama odraza ne pružaju informacije koje bi omogućile potvrdu hipoteza o većoj učinkovitosti reduciranih ili vizualnih PI.

Prema Graham-Smith i Leesu (2005), vremenska točka u kojoj se postiže najveća fleksija u koljenu odrazne noge dijeli odraz u dvije podfaze: kompresijsku (od početka odraza do faze amortizacije u koljenu odrazne noge) i ekstenzijsku (od faze amortizacije do kraja odraza). Tijekom kompresijske podfaze, mišićno – tetivni kompleks upija energiju proizvedenu zaletom te je otpušta u ekstenzijskoj podfazi faze odraza. Većina vertikalne brzine TT u fazi odraza producira se otpuštanjem elastične energije, ali i kemijske energije proizvedene

koncentričnom kontrakcijom mišića (Lees i sur., 1994). S druge strane, u podfazi kompresije se gubi dio horizontalne brzine TT, tako da bi ova podfaza trebala biti što kraća. U tom smislu, optimalno je da kut amortizacije koljena odrazne noge (K_{am}) bude što veći, tj. da fleksija bude što je moguće manja. U ovom istraživanju, suprotno navedenim činjenicama, grupe koje su kut amortizacije smanjile na 131,1 ± 7,7 º (Ve+Vi_BF) i 132,6 ± 4,2 º (Ve+Vi_100%) u finalnom testiranju istovremeno su ostvarile najveći statistički značajan napredak u duljini skoka u dalj 12,4 ± 10,1 % (Ve+Vi_BF) i 15,8 ± 12,8 % (Ve+Vi_100%). Istovremeno, kontrolna grupa je povećala kut amortizacije za 1,4 ± 6,5 % (Slika 19.) i ostvarila najmanji napredak u duljini skoka. Suprotno očekivanjima, rezultati kinematičke analize su pokazali obrnuti trend relativnih razlika unutar grupa kod kuta amortizacije, od kojih su statističku značajnost postigle jedino razlike unutar Ve+Vi_BF i Ve+Vi_100% grupe. Razlike između ponderiranih aritmetičkih sredina rezultata finalnog mjerenja za kut amortizacije prikazane su u tablici 15., vidljivo je da je Ve+Vi_BF značajno smanjila kut amortizacije u odnosu na kontrolnu grupu (-5,4 º, p = 0,025). Još veća razlika je nastala između Ve+Vi_100% i kontrolne grupe, ali nije postignut nivo statističke značajnosti (-5,6 º, p = 0,060).

Prema Antekoloviću (2007), veza između duljine skoka i kuta amortizacije iznosi r = 0,25, bez statističke značajnosti. Ista korelacija, ali uz statističku značajnost, izračunata je u inicijalnom mjerenju ovog istraživanja (Tablica 19.). U finalnom mjerenju povezanost između duljine skoka u kuta amortizacije nestaje i iznosi r = 0,05 (Tablica 19.). Koeficijent korelacije na razlikama od inicijalnog do finalnog mjerena između istih parametara je negativan, statistički značajan i iznosi r = -0,25 (Tablica 20.). Objašnjenje za pojavu ovakvih rezultata može biti činjenica kako djeca PI koriste drugačije nego odrasli (Goh i sur., 2012), ali i činjenica kako djeca nemaju dovoljno razvijen mišićno – tetivni kompleks da bi mogla izvesti korektan odraz u skoku u dalj. U tom smislu, statistički značajne razlike između grupa u kutu amortizacije mogu biti djelomično iskorištene kao dokaz djelotvornosti vizualnih PI u motoričkom učenju. Razlog tome su statistički značajna, negativna korelacija između duljine skoka i kuta amortizacije na razlikama rezultata, kao i činjenica da su grupe koje su primale vizualne PI značajno smanjile kut amortizacije. Međutim, sam mehanizam djelovanja vizualnih PI u ovom slučaju ostaje nepoznat. Moguće je da su ispitanici iz grupa koje su primale vizualne (video) PI modificirali svoju tehniku uočavanjem određenih detalja u svojoj izvedbi, ali na štetu kuta amortizacije.

U usporedbi s vertikalnom brzinom TT u trenutku odraza - V_y (Slika 11.) vrlo slične promjene detektirane su i u kod kuta uzleta – K_u. (Slika 20.). Ovakvi podaci ne čude i imaju

matematičko objašnjenje: kut uzleta – K_u se izračunava kao tangens kuta između vektora horizontalne (V_x) i vertikalne (V_y) brzine TT u trenutku odraza. Kako je kontrolna grupa imala najveće povećanje vertikalne brzine odraza, posljedično je detektirana značajna razlika između kontrolne (15,7 ± 23,1 %) i Ve+Vi_BF grupe (-1,6 ± 20,6 %) i u varijabli kut uzleta - K_u. Razlika u ponderiranim aritmetičkim sredinama kuta uzleta između kontrolne i Ve+Vi_BF grupe iznosi 3,1 º (p = 0,007). U teoriji bi veća vrijednost kuta uzleta u kombinaciji s brzim zaletom trebala producirati veće vrijednosti duljine skoka u dalj. Kao što je i ranije navedeno, vjerojatnije je da povećanje vertikalne brzine odraza i posljedično kuta uzleta proizlazi iz sustavnog usvajanja greške u tehnici skoka u dalj, a ne utjecaja PI. Kao što je u uvodu ovog istraživanja istaknuto, i ovdje vrijedi tvrdnja kako se optimalne vrijednosti kuta uzleta moraju procjenjivati individualno, temeljem specifičnih karakteristika svakog skakača (Linthorne i sur., 2005).

Skakač mora prilagoditi kut tijela na početku odraza u odnosu na kut tijela koji koristi tijekom zaleta, tako da se nagne malo unatrag i omogući postavljanje stopala odrazne noge ispred TT. Takva prilagodba kuta tijela potrebna je i zbog neutralizacije zakretnog momenta oko vlastite transverzalne osi (Hay, 1993), a sve kako bi se uspjela održati ravnoteža tijela tijekom faze leta. Iako su ispitanici iz kontrolne i Ve+Vi_BF značajno reducirali kut tijela na početku odraza, takve razlike unutar grupa nisu dovele do razlika između grupa (Slika 21). Ve+Vi_100% grupa je postigla minimalnu promjenu u ovom parametru (0,4 ± 7,3 %, d = 0,03, p = 0,951) iz razloga što su ispitanici unutar te grupe imali optimalni kut tijela već u inicijalnom mjerenju (Tablica 11.). Vrijednosti kuta tijela na početku odraza iz tablice 11. (sve grupe, finalno mjerenje) su vrlo slične onima koje postižu elitni skakači u dalj (56,6 ± 3,7 º), prema Antekoloviću (2007).

Postignute su tri statistički značajne razlike između grupa u varijabli kut tijela na kraju odraza – K_{tok} pod utjecajem eksperimentalnog tretmana (Slika 22). Kut tijela na kraju odraza, nazvan i napadnim kutom (Béres i sur., 2014), i brzina zaleta negativno su korelirani (Antekolović, 2007; Béres i sur., 2014). Povećanjem brzine zaleta smanjuje se napadni kut. Koristeći PI, jedino je Ve+Vi_100% grupa uspjela uz povećanje horizontalne brzine TT smanjiti napadni kut, ali bez statističke značajnosti. Ostale grupe su uz povećanje horizontalne brzine na početku odraza – V_{xp} (Slika 13.) povećale napadni kut: kontrolna grupa (6,0 ± 4,3 %) i Ve_BF (2,4 ± 4,3 %) značajno, i na kraju, Ve+Vi_BF (0,3 ± 5,0 %), bez statističke značajnosti. Usporedbom promjena u varijabli duljina skoka – D_{skok} i promjena u napadnom kutu – K_{tok} (Slike 9. i 22.) vidljiv je obrnuti trend promjena rezultata pod utjecajem eksperimentalnog

tretmana. Isti trend vidljiv je i u ponderiranim aritmetičkim sredinama rezultata finalnog mjerenja po grupama i njihovim međusobnim razlikama (Tablica 17.). Kontrolna grupa je imala najveće povećanje napadnog kuta i najmanje povećanje duljine skoka, Ve+Vi_100% grupa je smanjila napadni kut i statistički značajno povećala duljinu skoka u odnosu na kontrolnu grupu. Ovdje možemo tvrditi kako grupe koje su primale vizualne PI (Ve+Vi_BF i Ve+Vi_100% grupe) nisu statistički značajno promijenile napadni kut, što je u ovom slučaju bilo poželjno i pridonijelo je postizanju boljih rezultata u finalnom mjerenju. Takvu tvrdnju potvrđuje i statistički značajan koeficijent korelacije od r = -0,32 izračunat na razlikama rezultata između duljine skoka i napadnog kuta (Tablica 21.). Povećanje napadnog kuta u konačnici je uvjetovalo manji napredak u duljini skoka. U tom slučaju rezultate varijable kut tijela na kraju odraza - K_{tok}, možemo koristiti kao dokaz djelotvornosti vizualnih PI, jer one uistinu razlikuju grupe ispitanika.

I zadnje, u kinematičkom parametru udaljenost projekcije koljena od točke oslonca - D_{ks} statistički značajna razlika unutar Ve+Vi_BF grupe proizvela je značajne razlike između dva para grupa (Slika 23.). Konkretno, povećanje u Ve+Vi_BF statistički značajno je veće od povećanja u kontrolnoj i Ve_BF grupi. Ponderirane razlike između aritmetičkih sredina Ve+Vi_BF grupe u odnosu na kontrolnu grupu iznose 9,4 cm (p = 0,003) i 8,2 cm (p = 0,009) u odnosu na Ve BF grupu (Tablica 18.). Ovaj parametar važan je u smislu pripreme za odraz, ostvarivanjem manjih vrijednosti skakači će izvoditi efikasniji odraz i povećavati duljinu skoka u dalj (Antekolović, 2007.). Iako je Ve+Vi_BF grupa inicijalno imala relativno visoku vrijednost udaljenosti projekcije koljena od točke oslonca, ta vrijednost je dodatno povećana. Verbalne PI u ovoj grupi bile su, kao i u Ve_BF, usmjerene na povećanje efikasnosti odraza. Ve_BF neznatno je smanjila vrijednosti D_{ks}, a Ve+Vi_BF grupa je uz iste verbalne PI povećala udaljenost. Jedina razlika između spomenutih grupa bile su video PI. Očito su ispitanicima iz Ve+Vi_BF grupe prilikom pregledavanja snimke vlastitog skoka, osim dobivenih verbalnih PI, u fokus pažnje ulazile vizualne PI koje su utjecale na ovakav ishod. Ispitanici iz Ve+Vi_100% bili su „zatrpani“ verbalnim PI i stalnim pregledavanjem videozapisa te im je fokus pažnje bio raspršen.

Kontrolna grupa je svoj napredak u tehnici u najvećoj mjeri temeljila na pretvorbi horizontalne brzine zaleta (V_x) u vertikalnu brzinu odraza (V_y), pod utjecajem početnih uputa koje je dobivala na početku svakog treninga. Zbog toga nije došlo do promjena u rezultantnoj brzini – V_r, koja se povećava ponajviše na račun horizontalne brzine TT na kraju odraza - V_x, ali je došlo do povećanja napadnog kuta - K_{tok} i kuta uzleta - K_u. Obje grupe u kojima su

ispitanici dobivali vizualne PI (Ve+Vi_BF i Ve+Vi_100%) optimizirale su kut amortizacije odraza (K_{am}). Međutim, optimizacija je suprotna kinematičkim istraživanjima na vrhunskim skakačima koja idu u prilog povećanja kuta amortizacije, spomenute grupe su smanjile kut amortizacije. Dodatno, grupa ispitanika s reduciranim verbalnim i vizualnim PI (Ve+Vi_BF grupa) je u najvećoj mjeri poboljšala pripremu za odraz, što je vidljivo kroz povećane vrijednosti u varijabli udaljenosti projekcije koljena od točke oslonca (D_{ks}).

Kontrolna grupa je povećala duljinu skoka u dalj s početnih 283 cm na finalnih 297 cm, što je najmanje povećanje duljine skoka u odnosu na ostale grupe. Rezultati su bili očekivani i u skladu su s dosadašnjim spoznajama koje upućuju na to da dostupnost PI poboljšava izvedbu motoričkog zadatka (Winstein, 1991), iako u ovom slučaju nisu sve razlike između grupa bile statistički značajne. Izostanak statističke značajnosti možemo pripisati manjem broju ispitanika, kao i činjenici da su u ovom istraživanju korištene postojeće skupine ispitanika (razredi), bez randomizacije.

Grupa koja je vježbala uz pomoć samo verbalnih reduciranih PI (Ve_BF) ostvarila je značajno povećanje duljine skoka (273 cm inicijalno na 294 finalno). Jedina statistički značajna promjena kinematičkih parametara u ovoj grupi odnosi se na promjene u napadnom kutu – K_{tok}. Iako je ponderirana aritmetička sredina finalnog mjerenja duljine skoka Ve_BF grupe veća za 4 cm u odnosu na kontrolnu grupu, razlika između njih nije statistički značajna ($p = 1,000$). Verbalne PI u ovoj grupi bile su usmjerene isključivo na povećanje efikasnosti odraza kroz ispravljanje 3 ključne greške u tehnici skoka u dalj. U tom kontekstu, ova studija nije potvrdila rezultate ranijeg istraživanja na djeci – gimnastičarima, u kojem PI usmjerene isključivo u odnosu na ključne pogreške značajno poboljšavaju izvedbu ispitanika u odnosu na ispitanike koji primaju 100% relativne frekvenicije PI (Sadowski i sur., 2013).

Uz kontrolnu, Ve+Vi_BF grupa imala je najveći broj statistički značajnih promjena u kinematičkim parametrima. Povećanje s inicijalnih 249 cm na 277 cm Ve+Vi_BF grupa ostvarila je kroz povećanje horizontalne brzine TT na početku odraza – V_{xp} ($d = 0,62$, $p < 0,001$) koje je uvjetovalo značajno povećanje horizontalne brzine na kraju odraza - V_x, kao i povećanje visine TT na kraju odraza - H_o. Pritom je prosječni kut amortizacije – K_{am} u ovoj grupi smanjen na 131,1 °, a prosječna udaljenost projekcije koljena zamašne noge od točke oslonca – D_{ks} povećana na 68,9 cm, što predstavlja najnižu, odnosnu najvišu vrijednost u usporedbi s ostalim grupama u finalnom mjerenju (Tablica 11).

Eksperimentalna grupa koja je primala PI nakon svakog skoka verbalnim i vizualnim putem (Ve+Vi_100% grupa) ostvarila je najveće povećanje duljine skoka (s inicijalnih 296 cm na finalnih 337 cm), značajno veće u odnosu na kontrolnu grupu. Ovakav rezultat je bio očekivan. Kontrolna grupa je primala uvodne upute o izvedbi zadataka, ali nije dobivala PI o vlastitim greškama u izvedbi. S druge strane, Ve+Vi_100% grupa je dobivala PI nakon svakog skoka, što je s perceptivnog stajališta, potvrda teze kako povećanje dostupnosti PI ima blagotvoran učinak na proces motoričkog učenja (Winstein, 1991; Herzog i Fahle, 1998; Barić, 2006). Jedini kinematički parametar u kojem je Ve+Vi_100% grupa ostvarila statistički značajnu promjenu je kut amortizacije – K_{am} (d = -1,18, p = 0,004). Iako nije dosegnut nivo statističke značajnosti, za dio kinematičkih parametara u ovoj grupi može se ustvrditi da su na granici značajnosti. Kut tijela na kraju odraza reduciran - K_{tok} je za prosječnih -2,6 % reduciran u odnosu na inicijalno mjerenje (d = -0,73, p = 0,051), rezultantna brzina – V_r povećana je za prosječnih 3,9 % (d = 0,32, p = 0,053) i horizontalna brzina na kraju odraza – V_x za 4,3 % (d = 0,36, p = 0,082). Kumulativni doprinos svih nabrojenih parametara (K_{am}, K_{tok}, V_r i V_x) doveo je do najvećeg povećanja duljine skoka u usporedbi s ostalim eksperimentalnim grupama i statistički značajno većom duljinom skoka u odnosu na kontrolnu grupu. Takvi rezultati u suprotnosti su u odnosu na teoriju usmjeravanja u motoričkom učenju (eng. *guidance hypothesis*) prema kojoj preopširne, odnosno učestale PI mogu imati negativni učinak na sam proces usvajanja motoričke vještine (Salmoni i sur., 1984; Schmidt, 1991). Isto tako, rezultati ove studije nisu u skladu s dijelom istraživanja koja su proučavala utjecaj PI na izvedbu složene motoričke vještine (Park i sur., 2000; Bruechert i sur., 2003; Ishikura, 2008; Sadowski i sur., 2013 i Zamani i Zarghami, 2015), gdje autori tvrde kako reducirane PI proizvode superiorne učinke u odnosu na opširne PI.

Način na koji su grupe dolazile do povećanja duljine skoka nije jednak. Dokaz tome su već navedene promjene u kinematičkim varijablama vertikalna brzina na kraju odraza – V_y, kut amortizacije – K_{am}, kut uzleta – K_u, kut tijela na kraju odraza – K_{tok} i udaljenost projekcije koljena zamašne noge od točke oslonca – D_{ks}, gdje su i nastale statistički značajne razlike između eksperimentalnih grupa i kontrolne grupe. Promjene nisu uvijek u skladu s očekivanim, posebno se to odnosi na kut amortizacije. Poželjno je da se vrijednost kuta amortizacije što više poveća kroz trening, a u ovom istraživanju smanjenje kuta amortizacije je dovelo do veće duljine skoka. Iako se ovdje radi o kratkoročnom eksperimentalnom tretmanu od 8 tjedana, a djeci su za stabilne promjene u tehnici izvođenja motoričke vještine potrebni duži periodi uvježbavanja s postupnom redukcijom PI (Sullivan i sur., 2008), rezultati ovog istraživanja

potvrđuju ranije spoznaje kad su u pitanju djeca. Kako još nisu kognitivno zrela, djeca više ovise o PI kako bi razvila motoričku vještinu (Chu, 2017), te zbog toga učestalije PI kod djece daju bolje rezultate (Chiviacowsky i sur., 2008; Ugrinowitsch i sur., 2010 i Chu, 2017). Uz to, sinergija verbalnih i vizualnih PI predstavlja bolju strategiju korištenja PI u procesu usvajanja nove motoričke vještine (Dowrick i Dove, 1980; McCullagh i sur., 1990; Baudry i sur., 2006 i Giannousi i Kioumourtzoglou, 2017), što su pokazali i rezultati ovog istraživanja.

5.3. Povezanost kinematičkih parametara i duljine skoka

Treća hipoteza ovog istraživanja odnosi se na međusobnu povezanost relevantnih kinematičkih parametara i duljine skoka u dalj. Konkretno, pretpostavka je da će povezanost biti visoka uz statističku značajnost. U tablicama 19. - 21. prikazani su koeficijenti korelacija za inicijalno i finalno mjerenje, kao i koeficijenti korelacija na razlikama između dva mjerenja. Ovakav prikaz odabran je zbog pretpostavke kako će se povezanost dijela parametara kroz tretman promijeniti, a povezanost razlika između mjerenja u dijelu parametara biti drugačija nego u originalnim rezultatima.

Relevantnim kinematičkim parametrima nazivamo varijable kojima je dosadašnjim istraživanjima potvrđena visoka povezanost s duljinom skoka. U tom smislu najrelevantniji kinematički parametar je brzina zaleta, odnosno, u ovom slučaju horizontalna brzina TT na početku odraza – V_{xp}. Vrijednosti koeficijenta korelacije između tog parametra i duljine skoka variraju između r = 0,59 (Antekolović, 2007) i r = 0,94 (Panoutsakopoulos i Kollias, 2007). Vrijednosti koeficijenta korelacije između varijabli V_{xp} i D_{skok} u ovom istraživanju također su visoki, r = 0,87 u inicijalnom mjerenju i r = 0,91 u finalnom mjerenju, ali je povezanost razlika rezultata niža (r = 0,46). Ostali parametri brzine odraza (V_x, V_y, V_r) također su visoko korelirani s duljinom skoka, povezanost razlika rezultata je, kao i kod horizontalne brzine na početku odraza - V_{xp}, manja, ali i dalje statistički značajna. Ovakve korelacije dokazuju kako duljina skoka u dalj kod djece itekako zavisi o produkciji brzine u zaletu, manja povezanost u razlikama rezultata je dokaz kako su djeca povećavala duljinu skoka poboljšavanjem i ostalih parametara tehnike skoka u dalj.

Povezanost duljine skoka i varijable smanjenje horizontalne brzine u odrazu - $V_{x\%p\text{-}o}$ gotovo da i ne postoji, iako bi u teoriji skakači koji imaju veći gubitak horizontalne komponente

brzine od početka do kraja odraza trebali imati i kraće skokove. Ovakva tvrdnja je opravdana zbog činjenice kako se rezultantna brzina izračunava kao zbroj vektora horizontalne i vertikalne komponente odraza, kao i činjenica da je horizontalna komponenta uvijek veća, a rezultantna brzina u visokoj povezanosti s duljinom skoka (Hay i sur., 1986, Lees i sur., 1994; Čoh i sur., 1995 i Antekolović, 2007).

Vrijednosti visina TT na početku odraza – H_p, u amortizaciji – H_{am} i na kraju odraza - H_o u ovom istraživanju apsolutne su vrijednosti, odnosno, nisu relativizirane visinom skakača. Dok istraživanje Čoha i sur. (1995) prikazuje statistički značajnu povezanost apsolutne visine TT na kraju odraza - H_o s duljinom skoka (r = 0,43), drugi autori nisu ponovili takve rezultate na odraslim – vrhunskim skakačima (Antekolović, 2007), ali ni na djeci (Panteli i sur., 2013). Rezultati ovog istraživanja su u skladu s novijim istraživanjima, koeficijenti korelacija između visina TT i duljine skoka ne ukazuju na statistički značajnu povezanost. Povezanost između spomenutih paramaera nije izračunata ni kod razlika rezultata između inicijalnog i finalnog mjerenja (Tablica 21).

Trajanje odraza (T_o) je u visokoj i statistički značajnoj povezanosti s duljinom skoka, što je u suprotnosti s dosadašnjim istraživanjima na vrhunskim skakačima (Ballreich i Brüggemann, 1986; Mendoza i Nixdorf, 2011) koja tvrde da takva povezanost ne postoji. Negativni koeficijent korelacije (r = -0,71) u inicijalnom i u finalnom mjerenju (r = -0,68) govori kako će za svako povećanje trajanja odraza doći i do smanjenja duljine skoka. Također, u tablici 21. je prikazan vrlo nizak, ali negativan koeficijent korelacije (r = -0,13) između trajanja odraza - T_o i duljine skoka na razlikama rezultata. Paradoksalno, ispitanici koji su u ovom istraživanju povećavali trajanje odraza (Slika 15.) pritom su i povećavali duljinu skoka (Slika 9.). Ti rezultati upućuju kako je većina ispitanika iz eksperimentalnih skupina pod utjecajem PI povećavala kontakt s podlogom u odrazu. Kako je samo trajanje odraza u negativnoj korelaciji s duljinom skoka, očito je kako su ispitanici morali ostvariti ovakvu prilagodbu, kako bi postigli korekcije u ostalim aspektima tehnike skoka u dalj. Kontrolna grupa je jedina smanjila trajanje kontakta odrazne noge s podlogom i postigla statistički značajno povećanje duljine skoka. Iako razlike između grupa nisu statistički značajne, odnosno, mogle su nastati i slučajno, ipak su indikacija mogućnosti utjecaja PI. Ovakvo objašnjenje ima smisla upravo zbog visoke, statistički značajne i negativne povezanosti između trajanja odraza – T_o i duljine skoka – D_{skok}.

Kao što je u uvodu navedeno, povezanost kuta uzleta – K_u i duljine skoka od istraživanja do istraživanja varira, od potpunog odsustva povezanosti (Antekolović, 2007) do vrlo visoke

povezanosti (Lees i sur., 1994). Kut uzleta – K_u u inicijalnom mjerenju ovog istraživanja je u značajnoj korelaciji s duljinom skoka (r = 0,32), da bi bila reducirana u finalnom mjerenju (r = 0,18). S druge strane, povezanost promjena u kutu uzleta i promjenama u duljini skoka je potpuno beznačajna (r = 0,01), a takav podatak je u skladu s tvrdnjom kako univerzalni optimalni kut uzleta ne postoji, odnosno da optimalni kuta uzleta može biti utvrđen samo prema specifičnim karakteristikama skakača (Linthorne i sur., 2005) i nikako ne može biti generaliziran.

Antekolović (2007) prikazuje statistički značajnu povezanost (r = 0,29) između efektivne duljine skoka i kuta amortizacije u koljenu odrazne noge – K_{am}. Ova studija ponavlja sličan rezultat u smislu povezanosti, ali samo u inicijalnom mjerenju (r = 0,25). Povezanost nestaje u finalnom mjerenju (r = 0,05), ali je povezanost promjena između ove dvije varijable negativna (r = -0,23). Veće vrijednosti kuta amortizacije značile su manju duljinu skoka, što je logična pojava s obzirom na činjenicu da djeca tek trebaju razviti mišićno – tetivni kompleks koji bi omogućio brzu apsorpciju energije proizvedene zaletom i njezino otpuštanje na kraju odraza. Iz tog su razloga djeca, kako bi uskladila tehniku skoka u dalj prema dobivenim PI, smanjivala kut amortizacije na niže vrijednosti i time produljivala trajanje odraza. Dvije činjenice potvrđuju ovu tvrdnju: 1. jedino je kontrolna grupa povećala kut amortizacije (Slika 19.) i 2. postoji visoka negativna povezanost promjena rezultata od inicijalnog do finalnog mjerenja između kuta amortizacije – K_{am} i trajanja odraza - T_o (r = -0,42) koja je prikazana u tablici 21.

Jedina statistički značajna korelacija između parametara kuta tijela na početku (K_{top}) i kraju odraza (K_{tok}) u duljini skoka odnosi se na povezanost promjena u rezultatima duljine skoka i kuta tijela na kraju odraza (K_{tok}) i iznosi r = -0,32. U tom kontekstu, veći kut tijela na kraju odraza (napadni kut) znači kraći skok. Kontrolna, Ve_BF i Ve+VI_BF grupe su povećale napadni kut (Slika 22.) dok je isti Ve+VI_100% grupa smanjila, što je pridonijelo razlikovanju grupa u duljini skoka nakon tretmana (Ve+VI_100% grupa je postigla statistički značajno bolje rezultate u odnosu na sve ostale grupe).

Koeficijenti korelacije između varijable udaljenost projekcije koljena zamašne noge od točke oslonca na početku odraza - D_{ks} i duljine skoka – D_{skok} nisu visoki i nemaju statističku značajnost, odnosno ne postoji povezanost između spomenute dvije varijable, što je u skladu s prijašnjim istraživanjem (Antekolović, 2007).

Kao što je ranije navedeno, svi parametri brzine su u visokoj međusobnoj povezanosti osim u slučaju povezanosti između promjena horizontalne brzine TT na početku odraza – V_{xp} i promjena vertikalne brzine na kraju odraza – V_y te promjena vertikalne brzine na kraju odraza – V_y i promjena u rezultantnoj brzini - V_r, što znači da povećanje brzine zaleta u pravilu nije dovelo do značajnog povećanja vertikalne komponente odraza, a povećanje vertikalne komponente odraza nije dovelo do povećanja rezultantne brzine odraza.

Međusobna povezanost visina TT u različitim podfazama odraza (H_p, H_{am} i H_o) u inicijalnom i finalnom mjerenju očekivano su visoke (Tablica 19. i 20.) i potvrđuju rezultate prijašnje studije na djeci – skakačima početnicima (Panteli i sur., 2013). Međutim, korelacije između promjena visina TT na početku odraza - H_p i promjena u visinama TT na kraju odraza – H_o gotovo nema (r = 0,08). Razlog su vrlo različite promjene u spomenuta dva parametra između grupa. Primjerice, kontrolna grupa je statistički značajno reducirala visinu TT na početku odraza – H_p i pritom statistički značajno povećala visinu TT na kraju odraza – H_o, dok su ostale grupe iste parametre mijenjale vrlo nekonzistentno, što je na kraju rezultiralo slabom povezanošću promjena. Također, povećanje rezultantne brzine na početku odraza – V_r nije dovelo do povećanja visine TT na kraju odraza – H_o, iako je takva povezanost (r = -0,41) utvrđena u ranijem istraživanju (Panteli i sur., 2013). Ovakvu situaciju omogućava činjenica da se rezultantna brzina dominantno povećava na račun horizontalne komponentne brzine odraza, a u ovom istraživanju je koeficijent korelacije između promjena u horizontalnoj komponenti brzine odraza u negativnoj korelaciji s promjenama u visini TT na kraju odraza – H_o. Istovremeno, promjene u visini TT na kraju odraza – H_o i promjene u vertikalnoj komponenti brzine odraza – V_y su u statistički značajnoj i pozitivnoj korelaciji (r = 0,31).

Za kraj, relativno visoki koeficijenti korelacije uočeni su između varijable udaljenost projekcije koljena zamašne noge od točke oslonca na početku odraza – D_{ks} i varijabli trajanje odraza – To, kut amortizacije – K_{am} i kut tijela na početku odraza - K_{top} u inicijalnom i finalnom mjerenju, ali i u promjenama rezultata. Ova informacija ima i praktičnu vrijednost: modifikacijom D_{ks} jednostavno je manipulirati s ostala tri nabrojena parametra. Posebno se to odnosi na trajanje odraza – T_o, jer su promjene u tom parametru vrlo visoko negativno korelirane s duljinom skoka (r = -0,71).

Uloga stupnjevite regresijske analize bila je dodatna provjera povezanosti relevantnih kinematičkih parametara na duljinu skoka u dalj. Analiza je napravljena samo na rezultatima

finalnog mjerenja jer oni već sadrže učinke eksperimentalnog tretmana. Analizom je utvrđeno kako pomoću 4 relevantna kinematička parametra (Tablica 22.) možemo objasniti 88 % varijance skoka u dalj (R = 0,94). Najveći doprinos modelu imaju horizontalna brzina na početku odraza – V_{xp}, koja je već ranije navedena kao reprezentant brzine zaleta i rezultantna brzina – V_r. Koeficijenti korelacije navedene dvije varijable i duljine skoka visoki su i statistički su značajni, stoga ne čudi njihova uloga u modelu regresijske jednadžbe.

Sljedeća dva parametra (D_{ks} i K_u) u modelu nisu značajno korelirana s duljinom skoka, ali ipak značajno utječu na duljinu skoka iz razloga što su im regresijski koeficijenti statistički značajni. Razlog tome su povećani koeficijenti parcijalne korelacije, koji doprinose značajnosti regresijskih koeficijenta spomenutih varijabli (Tablica 22.). Nestandardizirani regresijski koeficijent udaljenosti projekcije koljena zamašne noge od točke oslonca na početku odraza – D_{ks} iznosi B = - 0,75 i statistički je značajan na razini p = 0,003. Kako koeficijent ima negativni predznak, povećanje vrijednosti ovog parametra dovodi do smanjenja duljine skoka. Vrlo slične rezultate po pitanju ovog parametra dobiva i Antekolović (2007) u svom istraživanju, nestandardizirani regresijski koeficijent je statistički značajan i iznosi B = -0,77. Iako nije u visokoj korelaciji s duljinom skoka u dalj, ovaj parametar je dobar prediktor kvalitetne pripreme za odraz. Visoke vrijednosti udaljenosti projekcije koljena zamašne noge od točke oslonca na početku odraza – D_{ks} označavaju neadekvatnu pripremu za odraz.

Iako ne postoji generalni optimalni kut uzleta, već se o optimalnosti može zaključivati pojedinačno (Linthorne i sur., 2005), u ovom istraživanju kut uzleta je ipak pozitivno povezan s duljinom skoka. Tome pridonosi činjenica kako je najveće povećanje kuta uzleta imala kontrolna grupa, a regresijska analiza je provedena zajednički, na rezultatima svih grupa. Nestandardizirani regresijski koeficijent kuta uzleta – K_u iznosi B = 1,49 i statistički je značajan na razini p = 0,031.

Predikcija rezultata putem jednadžbe multiple regresije za svaku grupu pojedinačno vratila je vrlo precizne vrijednosti duljine skoka (Tablice 23. – 26.). Predikcija rezultata za kontrolnu grupu razlikuje se od originalnih vrijednosti za samo -0,16 %, za Ve_BF grupu -1,28 %, Ve+Vi_BF grupu -0,11 % i na kraju, za Ve+Vi_100% grupu 1,71 %.

5.4. Testiranje hipoteza

Hipoteza H1 kojom je pretpostavljeno da će metoda učenja u kojoj učenik dobiva PI u smanjenoj količini proizvesti najbolje učinke, **nije prihvaćena.** Ne postoje dokazi koji bi omogućili prihvaćanje ove hipoteze, upravo suprotno, postignute razlike između grupa idu u prilog učestalijih PI.

Hipoteza H2 kojom je pretpostavljeno da će kinematički parametri razlikovati grupe ispitanika, odnosno, da će vizualne PI u kombinaciji s verbalnim imati bolji učinak na izvedbu u usporedbi sa samo verbalnim PI, **djelomično je prihvaćena**. Razlog takvog ishoda je pojava statistički značajnih razlika između grupa u dijelu kinematičkih parametara, ali one nisu konzistentne i ne potvrđuju dio hipoteze u kojoj se pretpostavlja da će kombinacija vizualnih i verbalnih PI biti superiorne u odnosu na samo verbalne PI.

Hipoteza H3 kojom je pretpostavljeno da će relevantni kinematički parametri i duljina skoka imati visoku međusobnu povezanost, **u potpunosti je prihvaćena.** Statistički značajni koeficijenti korelacije i regresijski koeficijenti pokazuju da su kinematički parametri i duljina skoka visoko povezani.

5.5. Ograničenja istraživanja

Jedno od ograničenja ovog istraživanja svakako je korištenje nerandomiziranih heterogenih skupina ispitanika, od kojih je jedna skupina (Ve+Vi_100%) bila starija godinu dana od ostalih. Takva je razlika mogla utjecati na rezultate istraživanja zbog činjenice kako stariji učenici posjeduju razvijenije motoričke sposobnosti i vjerojatnije je da će biti u stanju brže usvajati nove motoričke vještine. Međutim, zbog zahtjeva istraživanja i okruženja u kojem je ono provedeno, randomizacija nije bila moguća. Umjesto toga, skupine ispitanika činile su prirodne grupe, odnosno razredna odjeljenja kojima je slučajnim odabirom dodijeljen jedan od programa vježbanja. Izbor ovakvog nacrta istraživanja uvelike je utjecao na pojavu razlika između grupa u inicijalnom mjerenju, a posljedično i na izbor metoda analiza podataka.

Drugo potencijalno ograničenje istraživanja odnosi se na izbor količine PI u eksperimentalnim grupama s reduciranim PI. Iako su PI u tim grupama u skladu s ranijim istraživanjima bile usmjerene u odnosu na ključne greške skoka u dalj kod početnika, takve PI su bile usmjerene isključivo na odraz i pripremu za odraz, ali ne i doskok. Složene motoričke vještine potrebno je sagledati kao cjelinu, ali redukciju PI ostvariti po segmentima.

Eksperimentalna grupa, u kojoj su ispitanici primali 100% relativne frekvencije PI, uspjela je nadmašiti sve ostale grupe u duljini skoka vjerojatno i zato jer je, uz ostale, primala i ključne PI vezane uz doskok. Ova tvrdnja ponajviše se zasniva na subjektivnoj procjeni autora, jer je tijekom eksperimenta bilo vidljivo kako je upravo ta grupa bila najmotiviranija jer im PI nisu djelovale previše umjetno.

U tom smislu, preporuka za autore budućih istraživanja vezanih uz reducirane PI u procesu usvajanja nove složene motoričke vještine bila bi korištenje redukcije PI po principu segmentacije vještine, a potom ključnosti. Konkretno, ispravljanje po jedne (ključne) greške u svakom od segmenata motoričke vještine.

5.6. Praktične preporuke

Temeljem rezultata prijašnjih istraživanja i djelomično ovog istraživanja, autor istraživanja preporučuje korištenje proširenih PI u procesu usvajanja nove motoričke vještine. Dokazano je kako djeca motoričku vještinu usvajaju drugačije u usporedbi s odraslima te su stoga ovisnija o vanjskim PI. Odrasli već posjeduju prethodna iskustva i samim time lakše usvajaju vještine koje se mogu nadovezati na već usvojene. Djeca takvo iskustvo ne posjeduju.

Zavisnost o vanjskim PI potrebno je postupno smanjivati. Iako ne postoji jasno određena kritična točka kada i u kojoj mjeri se PI mogu reducirati, idealnu strategiju redukcije PI predstavlja redukcija PI u odnosu na važnost greške. Nakon početnog usvajanja uz pomoć učestalih PI bilo bi dobro nastaviti ispravljati veći broj grešaka preskriptivnim PI, dok je u kasnijim fazama motoričkog učenja takve PI moguće dodatno reducirati.

Kombinacija verbalnih i video PI, koje obuhvaćaju video snimku vlastite izvedbe ispitanika, još je bolja strategija. Iako ne postoje brojne studije, dokazano je da takva kombinacija proizvodi dodatne učinke u procesu motoričkog učenja. Dostupnost tehnologije, koja može biti primijenjena u tu svrhu, sve je veća. Pametni telefon opremljen kamerom i adekvatnom aplikacijom vrlo jednostavno se može koristiti na treningu ili satu TZK za prikaz izvedbe subjekta. Dodatno, izvedba može biti usporena ili zaustavljena na zaslonu te korištena kao proširena PI, u kombinaciji s verbalnim PI.

Kod djece se ne preporuča korištenje video PI bez popratne verbalne PI, iz razloga što je složena motorička aktivnost djeci apstraktna. Samim time djeca neće biti u stanju odrediti što

je od prikazanog greška u izvedbi, a što ne. Drugim riječima, prije upotrebe video snimki potrebno je napraviti kratak plan gledanja istih, a koji će skrenuti pažnju na važne momente izvedbe motoričkog zadatka.

6. ZAKLJUČAK

U ovoj disertaciji istraživali su se učinci količine i vrste PI u procesu usvajanja kompleksne motoričke vještine – skoku u dalj kod djece. Složenost tehnike skoka u dalj vidljiva je kroz njegovu strukturu: zalet, odraz, let i doskok. Kako bi pojedinac bio uspješan u ovoj aktivnosti, mora usvojiti pravilnu tehniku trčanja zaleta, ostvariti adekvatnu pripremu za odraz, izvesti odraz bez gubitka brzine i pretvoriti je u određenim omjerima u horizontalnu i vertikalnu komponentu brzine odraza kako bi osigurao optimalni kut uzleta. Nadalje, uspješnost pojedinca se očituje i u sposobnosti održavanja ravnoteže tijekom faze leta kao i u pripremi za doskok tijekom faze leta, koja omogućava najmanji mogući gubitak duljine skoka.

Primjenom rezultata istraživanja na odraslima u procesu motoričkog učenja kod djece dovodi do pogrešnih zaključaka jer djeca nisu kognitivno zrela, njihove anatomske karakteristike ne poklapaju se s odraslima te samim time PI procesiraju drugačije u usporedbi s odraslima. Dosadašnja istraživanja nisu dosljedna kad su u pitanju PI u procesu usvajanja složenih motoričkih vještina kod djece. Nesumnjivi dokaz ove tvrdnje su istraživanja koja proučavaju proces usvajanja istog motoričkog zadataka kod djece pod utjecajem visoko frekventnih (100%) i reduciranih PI, ali dolaze do različitih zaključaka. Iz tog razloga, cilj ovog istraživanja bio je utvrditi na koji način reducirane, odnosno 100% relativne frekvencije utječu na usvajanje tehnike skoka u dalj kod djece srednje školske dobi, kao i imaju li vizualne (video) PI dodatni učinak u tom procesu. Učinci su vrednovani kroz promjene u tehnici skoka u dalj opisane duljinom skoka i relevantnim kinematičkim parametrima iz čega su proizašli dodatni ciljevi istraživanja: utvrđivanje međusobne povezanosti kinematičkih parametara skoka u dalj kod djece i njihovom povezanošću s duljinom skoka.

Rezultati ovog istraživanja nisu potvrdili hipotezu o superiornosti PI reduciranih prema principu ključnih grešaka, koja je postavljena temeljem recentnih istraživanja PI na djeci. Upravo suprotno, rezultati ovog istraživanja upućuju na zaključak kako djeca bolje napreduju u uvjetima učestalijih PI, što je u skladu sa zaključcima ranijih istraživanja. Zaključak tih istraživanja je kako su učestalije PI korisnije u ranijim fazama savladavanja nove motoričke vještine u usporedbi s reduciranim PI, posebice ako se PI reduciraju preko kritične točke nakon koje djeca gube vrijedne informacije o vlastitoj izvedbi i upravo zbog toga ne napreduju kao djeca koju kroz proces motoričkog učenja vode učestalije PI. Hipoteza o djelotvornosti vizualnih (video) PI kod djece postavljena u skladu s ranijim istraživanjima samo je djelomično

potvrđena. Rezultati ovog istraživanja potvrđuju korisnost vizualnih PI samo u slučaju korištenja kombinacije video PI i 100% relativne frekvencije verbalnih PI, ali ne i kombinacije reduciranih video i verbalnih PI. Isto tako, dio kinematičkih parametara jasno razlikuje grupe ispitanika, što je i bila pretpostavka.

Rezultati ovog istraživanja potvrđuju hipotezu o međusobnoj povezanosti kinematičkih parametara, a koeficijenti korelacija su vrlo slični dosadašnjim istraživanjima na odraslima i djeci. Ovo se odnosi na povezanost svih parametara brzine odraza, visina TT u različitim podfazama odraza, kuta uzleta, kuta amortizacije i kutova tijela na početku i kraju odraza u rezultatima inicijalnog, ali i finalnog mjerenja. Diskrepancije u povezanostima između pojedinih kinematičkih parametara uočene su usporedbom koeficijenata korelacija u promjenama rezultata pod utjecajem eksperimentalnog tretmana. Primjer takve diskrepancije je odsustvo značajne povezanosti (r = 0,08) između promjena visina TT na početku odraza - H_p i promjena u visinama TT na kraju odraza – H_o. Ovakve pojave su iznimka, a razlog njihove egzistencije leži u činjenici kako su grupe ispitanika na različite načine mijenjale kinematičke parametre tehnike skoka u dalj i samim time različitim putovima došle do konačnog cilja – povećanja duljine skoka.

Povezanost kinematičkih parametara s duljinom skoka u dalj dodatno je utvrđivana stupnjevitom regresijskom analizom koja je omogućila spoznaju kako kinematičke varijable, koje nisu u statistički značajnoj korelaciji s duljinom skoka, ipak mogu biti povezane kroz statistički značajne regresijske koeficijente (K_u i D_{ks}).

U znanstvenom smislu još uvijek nije jasno determinirana kritična točka preko koje se redukcija PI ne bi smjela vršiti. Iz tog razloga moguće je da se prilikom utvrđivanja ključnih grešaka izvrši prekomjerna redukcija PI. U ovom istraživanju redukcija je izvršena na tri ključne početničke greške koje su se odnosile na dvije od četiri faze skoka u dalj (zalet i odraz, ali ne let i doskok). Na taj način je ispravljan samo dio grešaka koje su djeci otežavale savladavanje tehnike skoka u dalj. Mišljenje je autora kako bi buduća istraživanja PI trebala u svoje nacrte uključiti različite tehnike redukcije ključnih pogrešaka kako bi se kritična točka redukcije PI mogla preciznije odrediti. Posebno se to odnosi na određivanje ključnih grešaka u izvedbi po fazama složene motoričke vještine (segmentacija). Ovakva tehnika bi pripomogla racionalnijem korištenju preskriptivnih PI usmjerenih na izvedbu.

S praktičnog stajališta, preporuka autora ovog istraživanja je da se u početnim fazama savladavanja kompleksne motoričke vještine koristi 100% relativna frekvencija verbalnih

preskriptivnih PI u kombinaciji s video PI. Ovakva strategija ima svoju osnovu u dosadašnjim istraživanjima, ali i rezultatima ovog istraživanja. Nakon početnog usvajanja tehnike određenog motoričkog zadataka može se pristupiti postepenoj redukciji PI prema principu ključnih grešaka jer se time smanjuje ovisnost o vanjskim PI.

6. LITERATURA

Adams, J.A. (1971). A Closed-Loop Theory of Motor Learning. *Journal of Motor Behavior*, 3(2), str.111–150. doi: 10.1080/00222895.1971.10734898

Agethen, M. i Krause, D. (2016). Effects of bandwidth feedback on the automatization of an arm movement sequence. *Human Movement Science*, 45, str.71–83. doi: 10.1016/j.humov.2015.11.005

Aiken, C.A., Fairbrother, J.T. i Post, P.G. (2012). The Effects of Self-Controlled Video Feedback on the Learning of the Basketball Set Shot. *Frontiers in Psychology*, 3. doi: 10.3389/fpsyg.2012.00338

Albuquerque, M.R., Lage, G.M., Ugrinowitsch, H., Corrêa, U.C. i Benda, R.N. (2014). Effects of Knowledge of Results Frequency on the Learning of Generalized Motor Programs and Parameters under Conditions of Constant Practice. *Perceptual and Motor Skills*, 119(1), str.69–81. doi: 10.2466/23.22.PMS.119c15z0

Alexander, R.M. (1990). Optimum take-off techniques for high and long jumps. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 329(1252), str.3–10. doi: 10.1098/rstb.1990.0144

Antekolović, Lj. (2007). *Povezanost kinematičkih parametara zaleta i odraza s efikasnošću skoka u dalj*. Doktorska disertacija. Kineziološki fakultet, Sveučilište u Zagrebu.

Antekolović, Lj. i Baković, M. (2008) *Skok u dalj*. Zagreb: Grafički studio Miš.

Atwaler, A.E. (1975). Kinematic analysis of takeoff in the long jump and high jump. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 7(1), p.77. doi: 10.9790/6737-03031720

Badets, A. i Blandin, Y. (2005). Observational Learning: Effects of Bandwidth Knowledge of Results. *Journal of Motor Behavior*, 37(3), str.211–216. doi: 10.3200/JMBR.37.3.211-216

Badets, A. i Blandin, Y. (2010). Feedback Schedules for Motor-Skill Learning: The Similarities and Differences between Physical and Observational Practice. *Journal of Motor Behavior*, 42(4), str.257–268. doi: 10.1080/00222895.2010.497512

Ballreich, R. i Brüggemann, G. P. (1986). Biomechanik des Weitsprungs. U: *Biomechanik der Sportarten* (R. Balreich, A. Kuhlow, ur.), Band 1: Biomechanik der Leichtatletik (str. 28-47). Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart.

Bandura, A. (1977). *Social learning theory*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall

Barić, R. (2006). *Utjecaj izvora informacija na uspjeh u motoričkom učenju: Verbalna uputa, vizualno modeliranje i povratna informacija o izvedbi*. Diplomski rad. Filozofski fakultet, Sveučilište u Zagrebu.

Barić, R. (2011). Motoričko učenje i poučavanje složenih motoričkih vještina. *Zbornik radova 9. godišnja konferencija Kondicijska priprema sportaša: Trening koordinacije*. I. Jukić, C. Gregov, S. Šalaj, L. Milanović, T. Trošt-Bobić, D. Bok. Kineziološki fakultet. Zagreb. str.63-76.

Baudry, L., Leroy, D. i Chollet, D. (2006). The effect of combined self- and expert-modelling on the performance of the double leg circle on the pommel horse. *Journal of Sports Sciences*, 24(10), str.1055–1063. doi: 10.1080/02640410500432243

Bayraktar, I. i Çilli, M. (2018). Estimation of jumping distance using run-up velocity for male long jumpers. *Pedagogics, psychology, medical-biological problems of physical training and sports*, 22(3), p.124. doi: 10.15561/18189172.2018.0302

Berard, J. R. i Vallis, L. A. (2006). Characteristics of single and double obstacle avoidance strategies: a comparison between adults and children. *Experimental Brain Research*, 175(1), str. 21–31. https://doi.org/10.1007/s00221-006-0529-0

Berg, W. P. i Greer, N. L. (1995). A Kinematic Profile of the Approach Run of Novice Long Jumpers. *Journal of Applied Biomechanics*, 11(2), str. 142–162. https://doi.org/10.1123/jab.11.2.142

Béres, S., Csende, Z., Lees, A. i Tihanyi, J. (2014). Prediction of jumping distance using a short approach model. *Kinesiology*, 46 (1), 88-96. Dostupno na https://hrcak.srce.hr/file/182784

Brearley, M.N. (1972). The Long Jump Miracle of Mexico City. *Mathematics Magazine*, 45(5), p.241. doi: 10.1080/0025570X.1972.11976250

Bridgett, L.A. i Linthorne, N.P. (2006). Changes in long jump take-off technique with increasingrun-up speed. *Journal of Sports Sciences*, 24(8), str.889–897. doi: 10.1080/02640410500298040

Bruechert, L., Lai, Q. i Shea, C.H. (2003). Reduced Knowledge of Results Frequency Enhances Error Detection. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 74(4), str.467–472. doi: 10.1080/02701367.2003.10609116

Bruijn, S.M., Meijer, O.G., Beek, P.J. i van Dieën, J.H. (2013). Assessing the stability of human locomotion: a review of current measures. *Journal of The Royal Society Interface*, 10(83): 20120999. doi: 10.1098/rsif.2012.0999

Buchanan, J.J. i Wang, C. (2012). Overcoming the guidance effect in motor skill learning: feedback all the time can be beneficial. *Experimental Brain Research*, 219(2), str.305–320. doi: 10.1007/s00221-012-3092-x

Butler, M.S., Reeve, T.G. i Fischman, M.G. (1996). Effects of the Instructional Set in the Bandwidth Feedback Paradigm on Motor Skill Acquisition. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 67(3), str.355–359. doi: 10.1080/02701367.1996.10607964

Campos, J., Gàmez, J., Encarnación, A., Gutiérrez-Dávila, M., Rojas, J. i Wallace, E.S. (2013). Three-Dimensional Kinematics during the Take-Off Phase in Competitive Long Jumping. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 8(2), str.395–406. doi: 10.1260/1747-9541.8.2.395

Cauraugh, J.H., Chen, D. i Radio, S.J. (1993). Effects of Traditional and Reversed Bandwidth Knowledge of Results on Motor Learning. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 64(4), str.413–417. doi: 10.1080/02701367.1993.10607594

Chambers, K.L. i Vickers, J.N. (2006). Effects of Bandwidth Feedback and Questioning on the Performance of Competitive Swimmers. *The Sport Psychologist*, 20(2), str.184–197. doi: 10.1123/tsp.20.2.184

Chen, D., i Singer, R N. (1992). Self-regulation and cognitive strategies in sport participation. *International Journal of Sport Psychology*, 23, 277-300. Dostupno na https://www.researchgate.net/publication/232514747_Self-regulation_and_cognitive_strategies_in_sport_participation [Pristup 6. studenog 2019.].

Chiviacowsky, S. i Wulf, G. (2002). Self-Controlled Feedback: Does it Enhance Learning Because Performers Get Feedback When They Need It*? Research Quarterly for Exercise and Sport*, 73(4), str.408–415. doi: 10.1080/02701367.2002.10609040

Chiviacowsky, S. i Wulf, G. (2007). Feedback After Good Trials Enhances Learning. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 78(2), str.40–47. doi: 10.1080/02701367.2007.10599402

Chiviacowsky, S., de Medeiros, F.L., Kaefer, A., Wally, R. i Wulf, G. (2008). Self-Controlled Feedback in 10-Year-Old Children. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 79(1), str.122–127. doi: 10.5641/193250308X13086753543176

Chu, T. L. (2017). The application of augmented feedback in coaching table tennis youth athletes. In M. Kondrič, X. Zhang, & D. Xiao (Ur.), *Proceedings of the 14th International Table Tennis Federation Sports Science Congress* (str. 111–126). Lausanne, Switzerland: International Table Tennis Federation. Dostupno na

https://www.researchgate.net/publication/318947662_The_application_of_augmented_feedback_in_coaching_table_tennis_youth_athletes [Pristup 28. kolovoza 2019.].

Coca-Ugrinowitsch, A.A., Benda, R.N., Aburachid, L.M., De Andrade, A.G.P., Greco, P.J., Menzel, H.-J.K. i Ugrinowitsch, H. (2014). Bandwidth Knowledge of Results on the Learning of the Saloon Dart Throwing Task. *Perceptual and Motor Skills*, 118(2), str.462–474. doi: 10.2466/25.23.PMS.118k17w9

Colen, M. i Zubiaur, M. (2008). Effects of differents bandwidths knowledge of results on the acquisition of a serial motor skill. Los efectos del conocimiento del resultado en el aprendizaje de una tarea motora seriada utilizando distintos márgenes de error. Motricidad : *European Journal of Human Movement*. 21, str.87-98. Dostupno na https://www.researchgate.net/publication/49604905_Effects_of_differents_bandwidths_knowledge_of_results_on_the_acquisition_of_a_serial_motor_skill_Los_efectos_del_conocimiento_del_resultado_en_el_aprendizaje_de_una_tarea_motora_seriada_utilizando_dis [Pristup 16. listopada 2019.].

Čoh, M., Kugovnik, O. i Dolenec, A. (1995). Kinematic-dynamic analysis of the takeoff in long jump. *U Bauer, T. i Lakehead University. School Of Kinesiology (1996). ISBS 1995 proceedings : XIII International Symposium for Biomechanics in Sport*, Lakehead University, Thunder Bay, Ontario, Canada, July 18. -22., srpnja 1995. Thunder Bay, Ontario: Lakehead University, str.359-362. Dostupno na https://ojs.ub.uni-konstanz.de/cpa/article/view/2958/2804 [Pristup 4. rujna 2019.].

Čoh, M., Žvan, M. i Kugovnik, O. (2017). Kinematic and Biodynamic Model of the Long Jump Technique. *Kinematics*. [online] Dostupno na https://cdn.intechopen.com/pdfs/57578.pdf [Pristup 24. kolovoza 2019.].

Dampster, W. (1955). Space requirements of the seated operator. *WADC Technical Report*, Ohio:Wright-Patterson Air Force Base, str. 55-159.

Dapena, J., McDonald, C. i Cappaert, J. (1990). A Regression Analysis of High Jumping Technique. *International Journal of Sport Biomechanics*, 6(3), str.246–261. doi: 10.1123/ijsb.6.3.246

de Groot, S., de Winter, J.C.F., García, J.M.L., Mulder, M. i Wieringa, P.A. (2010). The Effect of Concurrent Bandwidth Feedback on Learning the Lane-Keeping Task in a Driving Simulator. Human Factors: *The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 53(1), str.50–62. doi: 10.1177/0018720810393241

Dimitrov, D.M. i Rumrill, P.D. (2003). Pretest-posttest designs and measurement of change. *Work*, 20, str.159–165. Dostupno na https://www.researchgate.net/

publication/10826237_Pretest-Posttest_Designs_and_Measurement_of_Change [Pristup 5. travnja 2020.].

Dowrick, P.W. i Dove, C. (1980). The use of self-modeling to improve the swimming performance of spina bifida children. *Journal of Applied Behavior Analysis*, 13(1), str.51–56. doi: 10.1901/jaba.1980.13-51

Figueiredo, L.S., Ugrinowitsch, H., Freire, A.B., Shea, J.B. i Benda, R.N. (2018). External Control of Knowledge of Results: Learner Involvement Enhances Motor Skill Transfer. *Perceptual and Motor Skills*, 125(2), str.400–416. doi: 10.1177/0031512517753503

Fujii, S., Lulic, T. i Chen, J.L. (2016). More Feedback Is Better than Less: Learning a Novel Upper Limb Joint Coordination Pattern with Augmented Auditory Feedback. *Frontiers in Neuroscience*, 10. doi: 10.3389/fnins.2016.00251

Gentile, A.M. (1972). A Working Model of Skill Acquisition with Application to Teaching. *Quest*, 17(1), str.3–23. doi: 10.1080/00336297.1972.10519717

Giannousi, M. i Kioumourtzoglou, E. (2017). The effects of verbal and visual feedback on performance and learning freestyle swimming in novice swimmers. *Kinesiology*, 49(1), str.65–73. doi: 10.26582/k.49.1.7

Goh, H.-T., Kantak, S.S. i Sullivan, K.J. (2012). Movement Pattern and Parameter Learning in Children. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 83(2), str.346–352. doi: 10.1080/02701367.2012.10599866

Goodwin, J.E. i Meeuwsen, H.J. (1995). Using Bandwidth Knowledge of Results to Alter Relative Frequencies During Motor Skill Acquisition. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 66(2), str.99–104. doi: 10.1080/02701367.1995.10762217

Graham-Smith, P. i Lees, A. (2005). A three-dimensional kinematic analysis of the long jump take-off. *Journal of Sports Sciences*, 23(9), str.891–903. doi: 10.1080/02640410400022169

Gu, Q., Zou, L., Loprinzi, P. D., Quan, M. i Huang, T. (2019). Effects of Open Versus Closed Skill Exercise on Cognitive Function: A Systematic Review. *Frontiers in Psychology*, 10. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01707

Hay, J.G. (1993). Citius, altius, longius (faster, higher, longer): The biomechanics of jumping for distance. *Journal of Biomechanics*, 26, str.7–21. doi: 10.1016/0021-9290(93)90076-q

Hay, J.G. i Miller, J.A. (1985). Techniques Used in the Transition from Approach to Takeoff in the Long Jump. *International Journal of Sport Biomechanics*, 1(2), str.174–184. doi: doi.org/10.1123/ijsb.1.2.174

Hay, J.G. i Nohara, H. (1990). Techniques used by elite long jumpers in preparation for takeoff. *Journal of Biomechanics*, 23(3), str.229–239. doi: 10.1016/0021-9290(90)90014-T

Hay, J.G., Miller, J.A. i Canterna, R.W. (1986). The techniques of elite male long jumpers. *Journal of Biomechanics*, 19(10), str.855–866. doi: 10.1016/0021-9290(86)90136-3

Herzog, M. H. i Fahle, M. (1998). Modeling perceptual learning: difficulties and how they can be overcome. *Biological Cybernetics*, 78(2), str. 107–117. https://doi.org/10.1007/s004220050418

Horga, S. (2009). *Psihologija sporta*. Zagreb: Kineziološki fakultet.

Ishikura, T. (2008). Reduced Relative Frequency of Knowledge of Results without Visual Feedback in Learning a Golf-Putting Task. *Perceptual and Motor Skills*, 106(1), str.225–233. doi: 10.2466/pms.106.1.225-233

Jajčević, Z. (2008). *Antičke Olimpijske igre i moderni olimpijski pokret do 1917.godine*. Zagreb: Liberta Editio.

Janelle, C.M., Barba, D.A., Frehlich, S.G., Tennant, L.K. i Cauraugh, J.H. (1997). Maximizing Performance Feedback Effectiveness through Videotape Replay and a Self-Controlled Learning Environment. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 68(4), str.269–279. doi: 10.1080/02701367.1997.10608008

Janelle, C.M., Kim, J. i Singer, R.N. (1995). Subject-Controlled Performance Feedback and Learning of a Closed Motor Skill. *Perceptual and Motor Skills*, 81(2), Str.627–634. doi: 10.2466/pms.1995.81.2.627

Kantak, S.S. i Winstein, C.J. (2012). Learning–performance distinction and memory processes for motor skills: A focused review and perspective. *Behavioural Brain Research*, 228(1), str.219–231. doi: 10.1016/j.bbr.2011.11.028

Krause, D., Agethen, M. i Zobe, C. (2017). Error Feedback Frequency Affects Automaticity But Not Accuracy and Consistency After Extensive Motor Skill Practice. *Journal of Motor Behavior*, 50(2), str.144–154. doi: 10.1080/00222895.2017.1327406

Lai, Q. i Shea, C.H. (1998). Generalized Motor Program (GMP) Learning: Effects of Reduced Frequency of Knowledge of Results and Practice Variability. *Journal of Motor Behavior*, 30(1), str.51–59. doi: 10.1080/00222899809601322

Lai, Q. i Shea, C.H. (1999a). The Role of Reduced Frequency of Knowledge of Results during Constant Practice. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 70(1), str.33–40. doi: 10.1080/02701367.1999.10607728

Lai, Q. i Shea, C.H. (1999b). Bandwidth Knowledge of Results Enhances Generalized Motor Program Learning. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 70(1), str.79–83. doi: 10.1080/02701367.1999.10607734

Lai, Q., Shea, C.H., Wulf, G. i Wright, D.L. (2000). Optimizing Generalized Motor Program and Parameter Learning. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 71(1), str.10–24. doi: 10.1080/02701367.2000.10608876

Lee, T.D. i Carnahan, H. (1990). Bandwidth Knowledge of Results and Motor Learning: More than Just a Relative Frequency Effect. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A*, 42(4), str.777–789. doi: 10.1080/14640749008401249

Lee, T.D., Swinnen, S.P. i Serrien, D.J. (1994). Cognitive Effort and Motor Learning. *Quest*, 46(3), str.328–344. doi: 10.1080/00336297.1994.10484130

Lees, A., Graham-Smith, P. i Fowler, N. (1994). A Biomechanical Analysis of the Last Stride, Touchdown, and Takeoff Characteristics of the Men's Long Jump. *Journal of Applied Biomechanics*, 10(1), str.61–78. doi: 10.1123/jab.10.1.61

Linthorne, N.P., Guzman, M.S. i Bridgett, L.A. (2005). Optimum take-off angle in the long jump. *Journal of Sports Sciences*, 23(7), str.703–712. doi: 10.1080/02640410400022011

Magill, R. i Anderson, D. (2014). *Motor learning and control: Concepts and Applications*. 10th ed. New York: McGraw-Hill.

Magill, R.A. (1994). The Influence of Augmented Feedback on Skill Learning Depends on Characteristics of the Skill and the Learner. *Quest*, 46(3), str.314–327. doi: 10.1080/00336297.1994.10484129

Magill, R.A. i Hall, K.G. (1990). A review of the contextual interference effect in motor skill acquisition. *Human Movement Science*, 9(3–5), str.241–289. doi: 10.1016/0167-9457(90)90005-X

Makaruk, H., Mastalerz, A., Starzak, M. i Buszta, M. (2015). The Influence of Different Training Conditions on the Kinematics of Long Jump-Specific Exercise in Young Female Jumpers. *Polish Journal of Sport and Tourism*, 22(4), str. 241–246. https://doi.org/10.1515/pjst-2015-0032

Masser, L.S. (1993). Critical Cues Help First-Grade Students' Achievement in Handstands and Forward Rolls. *Journal of Teaching in Physical Education*, 12(3), str.301–312. doi: 10.1123/jtpe.12.3.301

McCullagh, P., Stiehl, J. i Weiss, M.R. (1990). Developmental Modeling Effects on the Quantitative and Qualitative Aspects of Motor Performance. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 61(4), str.344–350. doi: 10.1080/02701367.1990.10607498

Mendoza, L. i Nixdorf, E. (2011). Biomechanical Analysis of the Horizontal Jumping Events at the 2009 IAAF World Championships in Athletics. *New Studies in Athletics*, 26(3), str.25-60.

Mononen, K., Viitasalo, J.T., Konttinen, N. i Era, P. (2003). The effects of augmented kinematic feedback on motor skill learning in rifle shooting. *Journal of Sports Sciences*, 21(10), str.867–876. doi: 10.1080/0264041031000101944

Nemtsev, O., Nemtseva, N., Bguashev, A., Elipkhanov, S. i Grekalova, I. (2016). Gender differences in takeoff techniques of non-elite Russian long jumpers. *Journal of Human Sport and Exercise*, 11(4). doi: 10.14198/jhse.2016.114.05

Niznikowski, T., Nogal, M., Biegajlo, M., Wisniowski, W. i Niznikowska, E. (2016). The effectiveness of various verbal information in learning backward roll. Baltic *Journal of Health and Physical Activity*, 8(4), str.92–99. doi: 10.29359/BJHPA.08.4.10

Panoutsakopoulos, V. i Kollias, I. (2007). Biomechanical analysis of sub-elite performers in the women's long jump. *New Studies in Athletics*, 22(4), str.19-28.

Panteli, F., Theodorou, A., Pilianidis, T. i Smirniotou, A. (2013). Locomotor control in the long jump approach run in young novice athletes. *Journal of Sports Sciences*, 32(2), str.149–156. https://doi.org/10.1080/02640414.2013.810344

Panteli, F., Tsolakis, C., Efthimiou, D. i Smirniotou, A. (2013). Acquisition of the Long Jump Skill, Using Different Learning Techniques. *The Sport Psychologist*, 27(1), str.40–52. doi: 10.1123/tsp.27.1.40

Park, J.-H., Shea, C.H. i Wright, D.L. (2000). Reduced-Frequency Concurrent and Terminal Feedback: A Test of the Guidance Hypothesis. *Journal of Motor Behavior*, 32(3), str.287–296. doi: 10.1080/00222890009601379

Perreault, M.E. i French, K.E. (2015). External-Focus Feedback Benefits Free-Throw Learning in Children. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 86(4), str.422–427. doi: 10.1080/02701367.2015.1051613

Rathus, S. A. (2020). *Psych^{6}: Introductory Psychology*. Cengage.

Read, J. C. A. (2014). Stereo vision and strabismus. *Eye*, 29(2), str. 214–224. https://doi.org/10.1038/eye.2014.279

Sadowski, J., Mastalerz, A. i Niznikowski, T. (2013). Benefits of Bandwidth Feedback in Learning a Complex Gymnastic Skill. *Journal of Human Kinetics*, 37(1), str.183–193. doi: 10.2478/hukin-2013-0039

Salmoni, A.W., Schmidt, R.A. i Walter, C.B. (1984). Knowledge of results and motor learning: A review and critical reappraisal. *Psychological Bulletin*, 95(3), str.355–386. doi: 10.1037/0033-2909.95.3.355

Schmidt, R.A. (1975). A schema theory of discrete motor skill learning. *Psychological Review*, 82(4), str.225–260. doi: 10.1037/h0076770

Schmidt, R.A. (1991). Frequent Augmented Feedback Can Degrade Learning: Evidence and Interpretations. *Tutorials in Motor Neuroscience*, str.59–75. doi: 10.1007/978-94-011-3626-6_6

Schmidt, R.A. i Wrisberg, C.A. (2004). *Motor learning and performance*. Champaign, Il: Human Kinetics.

Schmidt, R.A. i Wulf, G. (1997). Continuous Concurrent Feedback Degrades Skill Learning: Implications for Training and Simulation. Human Factors: *The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 39(4), str.509–525. doi: 10.1518/001872097778667979

Schmidt, R.A. i Young, D.E. (1991). Methodology for Motor Learning: A Paradigm for Kinematic Feedback. *Journal of Motor Behavior*, 23(1), str.13–24. doi: 10.1080/00222895.1991.9941590

Seyfarth, A., Blickhan, R. i Van Leeuwen, J. L. (2000). Optimum take-off techniques and muscle design for long jump. *The Journal of experimental biology*. 203. p.741-50. Dostupno na https://www.researchgate.net/publication/12666792_Optimum_take-off_techniques_and_muscle_design_for_long_jump [Pristup 21. rujna 2019.].

Seyfarth, A., Friedrichs, A., Wank, V. i Blickhan, R. (1999). Dynamics of the long jump. *Journal of Biomechanics*, 32(12), str.1259–1267. doi: 10.1016/s0021-9290(99)00137-2

Shapiro, D.C., Zernicke, R.F., Gregor, R.J. i Diestel, J.D. (1981). Evidence for Generalized Motor Programs Using Gait Pattern Analysis. *Journal of Motor Behavior*, 13(1), str.33–47. doi: 10.1080/00222895.1981.10735235

Sherwood, D.E. (1988). Effect of Bandwidth Knowledge of Results on Movement Consistency. *Perceptual and Motor Skills*, 66(2), str.535–542. doi: 10.2466/pms.1988.66.2.535

Sigrist, R., Rauter, G., Riener, R. i Wolf, P. (2013). Terminal Feedback Outperforms Concurrent Visual, Auditory, and Haptic Feedback in Learning a Complex Rowing-Type Task. *Journal of Motor Behavior*, 45(6), str.455–472. doi: 10.1080/00222895.2013.826169

Singer, R.N. (1988). Strategies and Metastrategies in Learning and Performing Self-Paced Athletic Skills. *The Sport Psychologist*, 2(1), str.49–68. doi: 10.1123/tsp.2.1.49

Smith, P.J.K., Taylor, S.J. i Withers, K. (1997). Applying Bandwidth Feedback Scheduling to a Golf Shot. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 68(3), str.215–221. doi: 10.1080/02701367.1997.10608000

Sullivan, K.J., Kantak, S.S. i Burtner, P.A. (2008). Motor Learning in Children: Feedback Effects on Skill Acquisition. *Physical Therapy*, 88(6), str.720–732. doi: 10.2522/ptj.20070196

Swinnen, S.P., Schmidt, R.A., Nicholson, D.E. i Shapiro, D.C. (1990). Information feedback for skill acquisition: Instantaneous knowledge of results degrades learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 16(4), str.706–716. doi: 10.1037//0278-7393.16.4.706

Theodorou, A.S., Panoutsakopoulos, V., Exell, T.A., Argeitaki, P., Paradisis, G.P. i Smirniotou, A. (2016). Step characteristic interaction and asymmetry during the approach phase in long jump. *Journal of Sports Sciences*, 35(4), str.346–354. doi: 10.1080/02640414.2016.1164884

Tucker, C.B., Bissas, A. and Merlino, S. (2019a). Biomechanical Report for the IAAF World Indoor Championships 2018: Long Jump Women. Birmingham, UK: *International Association of Athletics Federations*. Dostupno na https://www.worldathletics.org/about-iaaf/documents/research-centre [Pristup 22. listopada 2020.].

Tucker, C.B., Bissas, A. and Merlino, S. (2019b). Biomechanical Report for the IAAF World Indoor Championships 2018: Long Jump Men. Birmingham, UK: *International Association of Athletics Federations*. Dostupno na https://www.worldathletics.org/about-iaaf/documents/research-centre [Pristup 22. listopada 2020.].

Ugrinowitsch, H., Fonseca, F.S., Carvalho, M.F.S.P., Profeta, V.L. da S. i Benda, R.N. (2010). Efeitos de faixas de amplitude de CP na aprendizagem do saque tipo tênis do voleibol. Motriz. *Revista de Educação Física*. UNESP, 17(1). doi: 10.5016/1980-6574.2011v17n1p82

Ujević, T. (2019). *Utjecaj fokusa pažnje na proces učenja i poučavanja nove složene kretne strukture iz ritmičke gimnastike*. Doktorska disertacija. Kineziološki fakultet, Sveučilište u Zagrebu.

Weeks, D.L. i Kordus, R.N. (1998). Relative Frequency of Knowledge of Performance and Motor Skill Learning. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 69(3), str.224–230. doi: 10.1080/02701367.1998.10607689

Winstein, C.J. (1991). Knowledge of Results and Motor Learning—Implications for Physical Therapy. *Physical Therapy*, 71(2), str.140–149. doi: 10.1093/ptj/71.2.140

Winstein, C.J. i Schmidt, R.A. (1990). Reduced frequency of knowledge of results enhances motor skill learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 16(4), str.677–691. doi: 10.1037/0278-7393.16.4.677

Winstein, C.J., Pohl, P.S. i Lewthwaite, R. (1994). Effects of Physical Guidance and Knowledge of Results on Motor Learning: Support for the Guidance Hypothesis. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 65(4), str.316–323. doi: 10.1080/02701367.1994.10607635

World Athletics (2019). *World Athletics: Long Jump*. [online] Dostupno na: https://www.worldathletics.org/disciplines/jumps/long-jump. [Pristup 25. srpnja 2019.].

Wright, D.L., Smith-Munyon, V.L. i Sidaway, B. (1997). How Close is Too Close for Precise Knowledge of Results? *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 68(2), str.172–176. doi: 10.1080/02701367.1997.10607994

Wu, W.F.W., Young, D.E., Schandler, S.L., Meir, G., Judy, R.L.M., Perez, J. i Cohen, M.J. (2011). Contextual interference and augmented feedback: Is there an additive effect for motor learning? *Human Movement Science*, 30(6), pp.1092–1101. doi: 10.1016/j.humov.2011.02.004

Wulf, G. (2007). *Attention and Motor Skill Learning*. Champaign, Ill. Human Kinetics.

Wulf, G. i Schmidt, R.A. (1996). Average KR Degrades Parameter Learning. *Journal of Motor Behavior*, 28(4), str.371–381. doi: 10.1080/00222895.1996.10544606

Wulf, G. i Shea, C.H. (2002). Principles derived from the study of simple skills do not generalize to complex skill learning. *Psychonomic Bulletin & Review*, 9(2), str.185–211. doi: 10.3758/bf03196276.

Wulf, G., Lee, T.D. i Schmidt, R.A. (1994). Reducing Knowledge of Results about Relative versus Absolute Timing: Differential Effects on Learning. *Journal of Motor Behavior*, 26(4), str.362–369. doi: 10.1080/00222895.1994.9941692

Wulf, G., Mcconnel, N., Gärtner, M. i Schwarz, A. (2002). Enhancing the Learning of Sport Skills Through External-Focus Feedback. *Journal of Motor Behavior*, 34(2), str.171–182. doi: 10.1080/00222890209601939

Wulf, G., McNevin, N.H., Fuchs, T., Ritter, F. i Toole, T. (2000). Attentional Focus in Complex Skill Learning. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 71(3), str.229–239. doi: 10.1080/02701367.2000.10608903

Wulf, G., Shea, C.H. i Matschiner, S. (1998). Frequent Feedback Enhances Complex Motor Skill Learning. *Journal of Motor Behavior*, 30(2), str.180–192. doi: 10.1080/00222899809601335

Young, D.E. i Schmidt, R.A. (1992). Augmented Kinematic Feedback for Motor Learning. *Journal of Motor Behavior*, 24(3), str.261–273. doi: 10.1080/00222895.1992.9941621

Zamani, M.H. i Zarghami, M. (2015). Effects of Frequency of Feedback on the Learning of Motor Skill in Preschool Children. *International Journal of School Health*, 2(1). doi: 10.17795/intjsh-23680

Zhu, B., Kaber, D., Zahabi, M. i Ma, W. (2019). Effects of feedback type and modality on motor skill learning and retention. *Behaviour & Information Technology*, str.1–12. doi: 10.1080/0144929X.2019.1599068

7. ŽIVOTOPIS AUTORA S POPISOM OBJAVLJENIH DJELA

Aleksandar Puklavec je rođen 1980. u Čakovcu, a djetinjstvo i mladost proveo je u Pušćinama. Osnovnu školu polazio je u susjednom Nedelišću, a srednju u Čakovcu. 1998. godine, po završetku srednje škole, upisuje Fakultet za fizičku kulturu u Zagrebu i 2003. godine stječe zvanje profesora fizičke kulture s usmjerenjem – atletika. 2009. godine vođen željom za daljnjim usavršavanjem upisuje postdiplomski doktorski studij kineziologije na Kineziološkom fakultetu u Zagrebu. U svom znanstvenom radu primarno se bavi kinematičkim istraživanjima i motoričkim učenjem kod djece.

Uz školovanje bavio se atletikom. Tijekom atletske karijere najznačajnije rezultate postigao je u disciplinama skok u vis i višeboj, gdje je višestruki osvajač medalja s državnih prvenstava te seniorski reprezentativac.

Danas živi sa suprugom i sinom u Strahonincu, radi kao učitelj tjelesne i zdravstvene kulture u dvije škole: OŠ Nedelišće i OŠ Mursko Središće, predsjednik je Međimurskog školskog sportskog saveza u drugom mandatu, te je volonterski angažiran kao trener perspektivnih atletičara u dva atletska kluba: AK Nedelišće i AK Sloboda Varaždin.

U slobodno vrijeme rekreativno se bavi biciklizmom – biciklom je spojio sve 4 krajnje točke Hrvatske (Sveti Martin na Muri, Ilok, Savudrija, Prevlaka).

Popis objavljenih radova:

1. Puklavec, A (2010). Povezanost rezultata bacanja loptice i bacanja „vrtloga". *Zbornik radova 19. ljetne škole kineziologa Republike Hrvatske: Individualizacija rada u područjima edukacije, sporta, sportske rekreacije i kineziterapije*. V. Findak (ur.). Poreč : Hrvatski kineziološki savez, str. 288-294.
2. Puklavec, A., Možek, M. i Hublin, T. (2010). Differences in anthropometric characteristics and basic motor abilities of students in elementary school Nedelišće. *Individualizing Instruction in Kinesiological Education*. I. Prskalo, V. Findak, i J. Strel, (ur.). Zagreb : Učiteljski fakultet, str. 54-6.
3. Puklavec, A. (2015). Utjecaj metodike poučavanja bacanja loptice u dalj na promjene kinematičkih parametara izvedbe. *Zbornik radova 24. ljetne škole kineziologa*

Republike Hrvatske: Primjena i utjecaj novih tehnologija na kvalitetu rada u područjima edukacije, sporta, sportske rekreacije i kineziterapije. V. Findak (ur.). Poreč : Hrvatski kineziološki savez, str. 124-129.

4. Puklavec, A., Antekolović, L., i Mikulić, P. (2021). Acquisition of the Long Jump Skill Using Varying Feedback / Usvajanje tehnike skoka u dalj korištenjem povratnih informacija različitih vrsta i frekvencija. *Croatian Journal of Education - Hrvatski Časopis Za Odgoj I Obrazovanje*, 23(1). doi: 10.15516/cje.v23i1.3994