



Sveučilište u Zagrebu

KINEZIOLOŠKI FAKULTET

PAULA MATIJAŠEVIĆ

**UTJECAJ BIOMEHANIČKIH
PARAMETARA RAZLIČITIH VRSTA
SKOKOVA I KINEMATIČKIH
PARAMETARA PRELASKA PREKO
PREPONE NA REZULTAT U DISCIPLINI
60 M PREPONE**

DOKTORSKI RAD

Zagreb, 2026



University of Zagreb

FACULTY OF KINESIOLOGY

PAULA MATIJAŠEVIĆ

**THE INFLUENCE OF BIOMECHANICAL
PARAMETERS OF DIFFERENT TYPES OF
JUMPS AND KINEMATIC PARAMETERS
OF THE TRANSITION OVER THE
HURDLES ON THE RESULT IN 60 M
HURDLES**

DOCTORAL THESIS

Zagreb, 2026.



Sveučilište u Zagrebu

KINEZIOLOŠKI FAKULTET

PAULA MATIJAŠEVIĆ

**UTJECAJ BIOMEHANIČKIH
PARAMETARA RAZLIČITIH VRSTA
SKOKOVA I KINEMATIČKIH
PARAMETARA PRELASKA PREKO
PREPONE NA REZULTAT U DISCIPLINI
60 M PREPONE**

DOKTORSKI RAD

Mentori: prof. dr. sc. Vesna Babić

izv. prof. dr. sc. Aleš Dolenc

Zagreb, 2026.



University of Zagreb

FACULTY OF KINESIOLOGY

PAULA MATIJAŠEVIĆ

**THE INFLUENCE OF BIOMECHANICAL
PARAMETERS OF DIFFERENT TYPES OF
JUMPS AND KINEMATIC PARAMETERS
OF THE TRANSITION OVER THE
HURDLES ON THE RESULT IN 60 M
HURDLES**

DOCTORAL THESIS

Mentors: Full Professor Vesna Babić, PhD

Associate Professor Aleš Dolenc, PhD

Zagreb, 2026.

Informacije o mentorima

Dr.sc. Vesna Babić rođena je 19. studenog 1964., Hrvatica, državljanka Republike Hrvatske, udana, majka dvoje djece. Doktorsku disertaciju pod naslovom *Utjecaj motoričkih sposobnosti i morfoloških obilježja na sprintersko trčanje* obranila je 2005. godine. Kao nastavnica TZK-a radila je od 1989. do 1994. godine u osnovnoj i srednjoj školi, a od 1994. do 1996. u Zagrebačkom športskom savezu kao mentorica sportskih škola atletike te kao vanjska suradnica na predmetu Atletika na Fakultetu za fizičku kulturu Sveučilišta u Zagrebu. Od 1996. radi na Fakultetu za fizičku kulturu, odnosno Kineziološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Od 2006. godine nositeljica je predmeta Atletika i svih srodnih stručnih specijalističkih predmeta. U znanstveno zvanje znanstvene savjetnice izabrana je 2012. godine, a u znanstveno-nastavno zvanje redovite profesorice u trajnom zvanju izabrana je 2018. godine na Kineziološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Na Kineziološkom fakultetu je prva, a na Sveučilištu u Zagrebu među prvima implementirala e-učenje uz tradicionalan oblik održavanja nastave u predmet Atletika. Za navedeno je od Sveučilišta u Zagrebu 2014. godine primila nagradu za najbolji e-kolegij na Sveučilištu.

Bila je vrhunska sportašica, reprezentativka, nositeljica hrvatskog rekorda u disciplini 400 m prepone. Dobitnica je mnogih nacionalnih i međunarodnih nagrada i priznanja za osobne uspjehe u atletskom sportu, za doprinos razvoju sporta, sportske znanosti i kineziološke struke. Društveno koristan i volonterski rad je u proteklih 40 godina dominantno poklonila atletskim sportskim organizacijama (AK Dinamo Zrinjevac, Zboru atletskih sudaca Grada Zagreba, Savezu hrvatskih atletskih sudaca, Udruzi hrvatskih atletskih trenera, Zagrebačkom atletskim savezu, Hrvatskom atletskom savezu, European Athletics), kineziološkoj struci (Udruzi kineziologa Grada Zagreba, Hrvatskom kineziološkom savezu, Hrvatskom zboru učitelja i trenera skijanja i dr.) i informatičarima (Zagrebačkom računalnom savezu, ABC info). Obnašala je dužnosti predsjednice, dopredsjednice ili člana uprave svih navedenih organizacija u više mandata. Atletski je sudac međunarodnog ranga.

Bila je suradnica na 4 znanstveno-istraživačka projekta HRZZ-a, koordinator za RH na jednom međunarodnom projektu, voditeljica nekoliko institucijskih projekta. Urednica je nekoliko zbornika radova nacionalnih i međunarodnih znanstveno-stručnih skupova kao i radnih materijala za atletske suce (pravila, uputa, vodiča i sl.). Članica je uredništva nekoliko međunarodnih časopisa. Objavila je preko 200 znanstvenih i stručnih radova, nekoliko poglavlja u znanstvenim knjigama i jedan sveučilišni priručnik.

Dr. sc. Aleš Dolenc rođen je 18. ožujka 1969. i državljanin je Republike Slovenije. Doktorsku disertaciju pod naslovom *Vpliv treniranja globinskih skokov s plantarno in dorzalno tehniko na delovanje gležnja pri globinskih skokih* obranio je 1999. godine. Od 1994. godine radi na Fakultetu za šport Sveučilišta u Ljubljani. U znanstvenom radu bavio se raznim temama: atletika, trening snage, mobilnost i senzomotoričke vježbe, neuromehaničke osnove kretanja, dijagnostičke metode, tjelovježba starijih osoba, tjelovježba kod kroničnih nezaraznih bolesti, borilačke vještine. Od 2020. godine nositelj je ili sunositelj kolegija Dijagnostičke metode, Vježbe za snagu, pokretljivost i senzomotorički trening i Tjelovježba starijih osoba. Godine 2004. izabran je u znanstveno-nastavno zvanje asistenta, a 2009. u zvanje docenta na Fakultetu za šport Sveučilišta u Ljubljani.

Bio je suradnik na 11 znanstveno-istraživačka projekta i član znanstveno-istraživačke grupe Bio-psiho-socialni konteksti kineziologije, kao i voditelj nekoliko institucijskih projekta. Član je uredništva stručnog časopisa „Sladkorna“, a u prošlosti i časopisa „Atletika“. Vodio je više seminara i stručnih obrazovanja iz područja atletike i sportskog treninga. Objavio je preko 200 znanstvenih i stručnih radova i nekoliko poglavlja u znanstvenim knjigama i udžbenicima.

Bio je vrhunski sportaš u alpskom skijanju i atletici. Društveno koristan volonterski doprinos dao je kondicijskoj pripremi alpskih skijaša (kondicijski trener), Udruzi atletskih trenera Slovenije, kao i u Ljubljanskom društvu za dijabetike i Savezu dijabetičkih društava Slovenije.

Sažetak

Svrha ovog istraživanja bila je unaprijediti znanstvenu osnovu dijagnostike i programiranja treninga u disciplini 60 m prepone integrativnom analizom biomehaničkih parametara vertikalnog dubinskog skoka, kinematičkih parametara različitih varijanti horizontalnih skokova te kinematičkih parametara pretrčavanja prepona. Cilj istraživanja bio je utvrditi utjecaj kinetičkih parametara vertikalnog dubinskog skoka i kinematičkih parametara horizontalnih skokova na rezultatsku uspješnost u disciplini 60 m prepone te ispitati njihovu povezanost s kinematičkom strukturom preponskog koraka, uz usporedbu razlika između spolova. Istraživanje je provedeno na uzorku 15 atletičara (dob $17,7 \pm 2,5$) i 14 atletičarki (dob $16,9 \pm 2,1$) iz Hrvatske, Slovenije, Bosne i Hercegovine i Srbije, specijaliziranih za navedenu disciplinu. Vertikalni dubinski skok mjereno je platformom za mjerenje sile kinetike skoka, kinematički parametri horizontalnih skokova i preponskog trčanja optoelektroničkim sustavima, a kinematička analiza pretrčavanja prve i pete prepone provedena je videoanalizom (kamere) u sagitalnoj ravnini te analizirana u programu Kinovea. Na temelju prikupljenih podataka provedeno je regresijsko modeliranje utjecaja većeg broja prediktorskih varijabli vertikalnog dubinskog skoka, različitih varijanti horizontalnih skokova te parametara pretrčavanja prepona na definirane kriterijske varijable.

U ovoj disertaciji testirane su četiri hipoteze. Prva hipoteza - biomehanički parametri vertikalnog dubinskog skoka statistički značajno utječu na rezultat u disciplini 60 m prepone - odbijena je. Regresijski modeli nisu dosegli razinu statističke značajnosti ni kod ispitanika ni kod ispitanica, čime se vertikalni dubinski skok nije potvrdio kao stabilan i izravan prediktor rezultatske uspješnosti u preponskom trčanju.

Druga hipoteza - kinematički parametri horizontalnih skokova statistički značajno utječu na rezultat - djelomično je prihvaćena. Kod ispitanica je statistički značajan doprinos utvrđen primarno za horizontalne skokove s noge na nogu, gdje je model objašnjavao 45 % varijance rezultata u disciplini 60 m prepone, uz dominantan doprinos faktora vremenske učinkovitosti izvedbe. Kod ispitanika su svi analizirani oblici horizontalnih skokova pokazali značajan prediktivni potencijal: unilateralni horizontalni skok na odraznoj nozi objašnjavao je 55 % varijance ukupnog rezultata, unilateralni horizontalni skok na zamašnoj nozi 41 %, a horizontalni skok s noge na nogu 43 %, pri čemu se kod svih modela vremenska učinkovitost izvedbe izdvaja kao dominantni prediktori uspješnosti.

Treća hipoteza - kinematički parametri preponskog trčanja statistički značajno utječu na rezultat - prihvaćena je. Kod ispitanica modeli faze leta na prvoj preponi (71 % varijance), faze odraza na petoj preponi (63 %) i faze doskoka na petoj preponi (66 %) bili su statistički značajni. Kod ispitanika modeli faze leta na prvoj i petoj preponi objašnjavaju 88 % i 84 % varijance rezultata, uz horizontalnu brzinu kao najvažniji prediktor.

Četvrta hipoteza - o postojanju statistički značajne povezanosti između parametara vertikalnog dubinskog skoka i horizontalnih skokova, kinematičkih parametara preponskog trčanja i rezultata u disciplini 60 m prepone - prihvaćena je. Kod ispitanica skok s noge na nogu ostvario je najšire povezanosti s vremenom kontakta u fazama odraza i doskoka ($r =$ od -0,64 do -0,81; $p < 0,01$), unilateralni skok odraznom nogom s horizontalnom brzinom u fazi leta, a skok zamašnom nogom s vremenom kontakta u fazama odraza i doskoka (r do -0,74; $p < 0,01$). Kod ispitanika unilateralni skokovi odraznom nogom ostvarili su naj snažnije povezanosti s horizontalnom brzinom (r do 0,81; $p < 0,01$) i vremenom kontakta (r do -0,79; $p < 0,01$) u svim fazama, dok su skokovi zamašnom nogom zahvatili kut odraza, vertikalnu brzinu i kut slijetanja zamašne noge. Skokovi s noge na nogu kod ispitanika ostvarili su selektivnije povezanosti, pretežno u fazama odraza i leta. Indeks reaktivne jakosti izdvojio se kao ključni mehanizam povezanosti kod oba spola. Rezultat u disciplini kod ispitanica primarno determinira horizontalna brzina u fazi leta ($r =$ od -0,74 do -0,78), a kod ispitanika minimiziranje vertikalne komponente brzine ($r =$ od -0,82 do -0,87).

U okviru ograničenja uzorka i primijenjenih analitičkih metoda, osnovni nalaz i znanstveni doprinos istraživanja jest da uspješnost u disciplini 60 m prepone proizlazi iz integracije sposobnosti izraženih u različitim motoričkim testovima i tehničke učinkovitosti pretrčavanja prepona. Horizontalni skokovi s noge na nogu pokazali su najvišu funkcionalnu srodnost s preponskim trčanjem kod oba spola, dok se kod ispitanika dodatno ističu unilateralni horizontalni skokovi. Vertikalni dubinski skok ima komplementarnu ulogu u procjeni mehaničke učinkovitosti pojedinih faza pretrčavanja prepone, ali ne i izravnu prediktivnu vrijednost za rezultatsku uspješnost.

Ključne riječi: pretrčavanje prepona, pliometrija, kinematika, kinetika, 60 m prepone

Abstract

The aim of this research was to advance the scientific basis of diagnostics and training programming in the 60 m hurdles event through an integrative analysis of the biomechanical parameters of the vertical drop jump, kinematic parameters of various horizontal jump variants, and kinematic parameters of hurdle clearance. The objective of the study was to determine the influence of kinetic parameters of the vertical drop jump and kinematic parameters of horizontal jumps on performance success in the 60 m hurdles event, and to examine their relationship with the kinematic structure of the hurdle stride, including a comparison of differences between sexes. The research was conducted on a sample of 15 male athletes (age $17,7 \pm 2,5$) and 14 female athletes (age $16,9 \pm 2,1$) from Croatia, Slovenia, Bosnia and Herzegovina, and Serbia, specialised in this event. The vertical drop jump was measured using a force platform for assessing jump kinetics, kinematic parameters of horizontal jumps and hurdle running were measured using optoelectronic systems, while the kinematic analysis of the first and fifth hurdle clearance was carried out using video analysis (cameras) in the sagittal plane and processed in the Kinovea software. Based on the collected data, regression modelling was performed to assess the influence of multiple predictor variables of the vertical drop jump, different horizontal jump variants, and hurdle clearance parameters on the defined criterion variables.

Four hypotheses were tested in this dissertation. The first hypothesis – that biomechanical parameters of the vertical drop jump have a statistically significant influence on performance in the 60 m hurdles event – was rejected. The regression models did not reach statistical significance in either male or female athletes, and therefore the vertical drop jump was not confirmed as a stable and direct predictor of performance success in hurdle running.

The second hypothesis – that kinematic parameters of horizontal jumps have a statistically significant influence on performance – was partially accepted. In female athletes, a statistically significant contribution was established primarily for the alternate-leg horizontal jumps, where the model explained 45 % of the variance of the result in the 60 m hurdles event, with a dominant contribution of the temporal efficiency of execution factor. In male athletes, all analysed forms of horizontal jumps showed significant predictive potential: the unilateral horizontal jump on the take-off leg explained 55 % of the variance

of the overall result, the unilateral horizontal jump on the swing leg 41 %, with the temporal efficiency of execution emerging as the dominant predictor of success in all models.

The third hypothesis – that kinematic parameters of hurdle running have a statistically significant influence on performance – was accepted. In female athletes, the models of the flight phase at the first hurdle (71 % of variance), the take-off phase at the fifth hurdle (63 %), and the landing phase at the fifth hurdle (66 %) were statistically significant. In male athletes, the models of the flight phase at the first and fifth hurdle explained 88 % and 84 % of the variance of the result, respectively, with horizontal velocity as the most important predictor.

The fourth hypothesis – on the existence of statistically significant relationships between the parameters of the vertical drop jump, horizontal jumps, kinematic parameters of hurdle running, and the result in the 60 m hurdles event – was accepted. In female athletes, the alternate-leg horizontal jump established the broadest relationships with ground contact time during the take-off and landing phases (r from -0,64 to -0,81; $p < 0,01$), the unilateral jump on the take-off leg with horizontal velocity in the flight phase, and the jump on the swing leg with ground contact time in the take-off and landing phases (r up to -0,74; $p < 0,01$). In male athletes, unilateral jumps on the take-off leg established the strongest relationships with horizontal velocity (r up to 0,81; $p < 0,01$) and ground contact time (r up to -0,79; $p < 0,01$) across all phases, while jumps on the swing leg captured the take-off angle, vertical velocity, and the landing angle of the lead leg. Alternate-leg horizontal jumps in male athletes established more selective relationships, predominantly in the take-off and flight phases. The reactive strength index emerged as the key mechanism of association in both sexes. Performance in the event in female athletes is primarily determined by the maintenance of horizontal velocity in the flight phase (r from -0,74 to -0,78), and in male athletes by the minimisation of the vertical velocity component (r from -0,82 to -0,87).

Within the limitations of the sample and the analytical methods applied, the principal finding and scientific contribution of the research is that performance success in the 60 m hurdles event arises from the integration of abilities expressed in various motor tests and the technical efficiency of hurdle clearance. Alternate-leg horizontal jumps demonstrated the highest functional similarity to hurdle running in both sexes, while unilateral horizontal jumps additionally stand out in male athletes. The vertical drop jump has a complementary

role in the assessment of the mechanical efficiency of individual phases of hurdle clearance, but does not have direct predictive value for performance success.

Keywords: hurdle clearance, plyometrics, kinematics, kinetics, 60 m hurdles

Sadržaj

1. UVOD U PROBLEM	1
1.1. DISCIPLINA PREPONSKOG TRČANJA	1
1.1.1. <i>Kinematički model prelaska preko prepone</i>	4
1.2. PLIOMETRIJA – SKOKOVI	11
1.2.1. <i>Vertikalni skokovi</i>	14
1.2.2. <i>Horizontalni skokovi</i>	16
1.2.3. <i>Učinci skokova u sprinterskim disciplinama</i>	19
2. CILJ I HIPOTEZE.....	26
3. METODE RADA.....	27
3.1. UZORAK ISPITANIKA.....	27
3.2. UZORAK VARIJABLI	28
3.2.1. <i>Morfološke varijable</i>	28
3.2.2. <i>Kinematičke varijable u pretrčavanju prepone</i>	29
3.2.3. <i>Kriterijska varijabla prepenskog trčanja</i>	32
3.2.4. <i>Kinetičke varijable vertikalnog dubinskog skoka</i>	33
3.2.5. <i>Kinematičke varijable horizontalnih skokova</i>	34
3.3. MATERIJALI I INSTRUMENTI	36
3.4. EKSPERIMENTALNI POSTUPAK	39
3.5. METODE OBRADE PODATAKA	41
4. REZULTATI.....	43
4.1. KVANTITATIVNA OBILJEŽJA ANALIZIRANIH VARIJABLI	43
4.2. LATENTNA STRUKTURA BIOMEHANIČKIH PARAMETARA DUBINSKOG SKOKA I KINEMATIČKIH VARIJABLI HORIZONTALNIH SKOKOVA.....	54
4.3. UTJECAJ BIOMEHANIČKIH PARAMETARA VERTIKALNOG DUBINSKOG SKOKA NA REZULTAT U DISCIPLINI 60 M PREPONE	63
4.4. UTJECAJ KINEMATIČKIH PARAMETARA HORIZONTALNIH SKOKOVA NA REZULTAT U DISCIPLINI 60 M PREPONE.....	66
4.5. UTJECAJ KINEMATIČKIH PARAMETARA PREPONSKOG TRČANJA NA REZULTAT U DISCIPLINI 60 M PREPONE.....	77

4.6.	POVEZANOST KINEMATIČKIH PARAMETARA PREPONSKOG TRČANJA S BIOMEHANIČKIM PARAMETRIMA VERTIKALNOG DUBINSKOG SKOKA, KINEMATIČKIM PARAMETRIMA HORIZONTALNIH SKOKOVA I REZULTATOM U DISCIPLINI 60 M PREPONE	85
5.	RASPRAVA	113
5.1.	ANALIZA PREPONSKOG TRČANJA	113
5.2.	ANALIZA UTJECAJA BIOMEHANIČKIH PARAMETARA VERTIKALNOG DUBINSKOG SKOKA NA REZULTAT U DISCIPLINI 60 M PREPONE.....	118
5.3.	ANALIZA UTJECAJA KINEMATIČKIH PARAMETARA HORIZONTALNIH SKOKOVA NA REZULTAT U DISCIPLINI 60 M PREPONE	123
5.4.	ANALIZA UTJECAJA KINEMATIČKIH PARAMETARA PREPONSKOG TRČANJA NA REZULTAT U DISCIPLINI 60 M PREPONE	132
5.5.	ANALIZA POVEZANOSTI KINEMATIČKIH PARAMETARA PREPONSKOG TRČANJA S BIOMEHANIČKIM PARAMETRIMA VERTIKALNOG DUBINSKOG SKOKA, KINEMATIČKIM PARAMETRIMA HORIZONTALNIH SKOKOVA I REZULTATOM U DISCIPLINI 60 M PREPONE ..	140
6.	ZAKLJUČAK O TESTIRANJU POSTAVLJENIH HIPOTEZA	157
7.	ZNANSTVENI I PRAKTIČNI DOPRINOS ISTRAŽIVANJA, OGRANIČENJE ISTRAŽIVANJA I KORIŠTENIH METODA.....	165
8.	LITERATURA	169
9.	ŽIVOTOPIS AUTORA S POPISOM LITERATURE	188

1. UVOD U PROBLEM

1.1. *Disciplina preponskog trčanja*

Povijest atletike seže sve do vremena antičke Grčke. Trkačke i bacačke discipline bile su izuzetno popularne u starogrčkoj kulturi, a natjecanja su se prvotno održavala u sklopu pogrebnih obreda i vjerskih ceremonija, u čast bogovima. Prvi zabilježeni oblik atletskog natjecanja datira iz 776. godine pr. Kr., kada su se, pred okupljenom publikom, odvijale igre u Grčkoj, postavivši temelje budućim atletskim događajima. Atletska natjecanja uglavnom su obuhvaćala trkačke discipline na kratke i duge staze, kao i različite bacačke discipline (MacKay, 2011). S razvojem sporta, postupno su se uspostavljala preciznija pravila, dok je istovremeno dolazilo do formalizacije većeg broja atletskih disciplina. Atletske discipline podijelile su se na trkačke, skakačke i bacačke te višeboj, svaka s vlastitim biomehaničkim i fiziološkim obilježjima. Trkačke discipline su se dalje podijelile na kratke, srednje i duge pruge. Unutar tako definiranih trkačkih disciplina s vremenom su se razvijale i specijalizirane discipline koje, uz brzinu, zahtijevaju i visoku razinu tehničke izvedbe. Jedna od takvih disciplina je preponsko trčanje, koje objedinjuje sprint i pretrčavanje prepona u precizno definiranim uvjetima.

Preponsko trčanje ima relativno kratku povijest, s prvim zabilježenim nastupom na Sveučilištu u Oxfordu 1860. godine, gdje su natjecatelji morali savladati 12 prepona postavljenih na dionici od 120 jardi, što odgovara duljini od 109,72 metra (Schiffer, 2012). Natjecateljski oblik preponskog trčanja ubrzo je ponovljen 1864. godine na susretu atletskih klubova Oxforda i Cambridgea, gdje je održana utrka na 120 jardi s deset prepona visine 1,06 metara (Thakare, 2023). Rane tehnike prelaska preko prepona, koje su u početku bile izrađene od drveta, bile su karakterizirane preskakanjem prepona s naglaskom na sunožni doskok, što je predstavljalo primitivnu, ali funkcionalnu metodu prije nego što su se razvile novije tehnike. Prekretnicu u tehnici pretrčavanja prepona obilježio je 1885. godine sportaš A.C.M. Croome s Oxfordskog sveučilišta. Croome je demonstrirao inovativan pristup prelaženju prepona koristeći tehniku jednonožnog odraza, dok mu je zamašna noga bila ispružena iznad prepone, čime je optimizirao svoj doskok nakon prepone. Usavršio je tehniku kretanja s tri koraka između prepona, što je značajno doprinijelo razvoju moderne tehnike u ovoj disciplini (Jabeen, Shah i Singh, 2023). Početkom 20. stoljeća preponsko trčanje postaje i službena atletska disciplina. Svoju popularnost doseže 1900. godine kada

disciplina preponskog trčanja na 110 m za ispitanike službeno postaje dio Olimpijskih igara u Francuskoj (Schiffer, 2012; Thakare, 2023). Za razliku od muških utrka s preponama, koje su se u atletskom programu pojavile početkom 20. stoljeća, ženske utrke s preponama uvedene su u standardni atletski program nešto kasnije. Prva službena ženska utrka s preponama održana je 1920. godine na stazi duljine 80 metara, s ukupno osam prepona raspoređenih u nizu (Stein, 2000; Quercetani, 2000). Strukturalne promjene ove discipline započele su 1960. godine kada je duljina dionice produžena na 100 metara, uz povećanje broja prepona na deset. U kontekstu međunarodnih natjecanja, 100 metara s preponama službeno je uvedeno u program Europskog prvenstva 1969. godine, čime je postalo dio redovnih atletskih događaja (Bedini, 2016).

Na inicijativu Međunarodnog atletskog saveza, 1987. godine uvedena je disciplina trčanja na 60 metara s preponama u dvoranskim natjecanjima. Za razliku od standardne discipline na otvorenom, dvoranska verzija preponskog trčanja jednaka je za ispitanike i ispitanice, dok je broj prepona smanjen s 10 na 5 prepona (Din i sur., 2020). Kraća dionica odgovara eksplozivnim sprinterima poznatim po snažnim startovima i brzom akceleraciji, dok manji broj prepona smanjuje tehničku složenost u odnosu na duže utrke na otvorenom. Smanjenje broja prepona i kraća dionica trčanja omogućuju atletičarima natjecanje u različitim okruženjima te pridonose raznovrsnosti i širenju dvoranskih atletskih disciplina. Preponsko trčanje, kao disciplina sprinterskog karaktera, osobito se odlikuje zahtjevima za eksplozivnom snagom, visokom razinom koordinacije i maksimalnom brzinom u vrlo kratkom vremenskom okviru (Maćkała i sur., 2019; Jouira i sur., 2024). Tehnički se ubraja u sprinterske discipline zbog svoje relativno kratke duljine i izraženog zahtjeva za održavanjem visoke horizontalne brzine, no istodobno se razlikuje od klasičnih sprinterskih utrka zbog složenog biomehaničkog i tehničkog zahtjeva pretrčavanja prepona (Babić i Čoh, 2010; Bezodis i sur., 2019). Uspješna izvedba discipline uvjetovana je visokom razinom tehničko-taktičke pripremljenosti preponaša za pretrčavanje niza prepona postavljenih na točno definiranim razmacima, pri čemu se očituje sposobnost održavanja ritmičke preciznosti kretanja uz optimalnu koordinaciju starta, akceleracije te faza odraza, prelazak prelaska prepone i doskoka, uz očuvanje horizontalne brzine tijekom cijele utrke (Čoh i sur., 2020; Abd El Gawad i Ghareb, 2021; Hanley i sur., 2021). Složenost discipline očituje se u jasno definiranoj faznoj strukturi izvedbe, koja omogućuje analitičko razmatranje tehničkih i biomehaničkih zahtjeva te se može podijeliti na tri ključne faze: faza starta i akceleracije,

fazu pretrčavanja prepona te faza završnog trčanja. Faza starta i akceleracije obuhvaća dionicu od startne linije do prve prepone i predstavlja kritičan segment utrke jer preponaši moraju u kratkom vremenu dosegnuti optimalnu brzinu i odgovarajuću tehničku pripremu za uspješno savladavanje prve prepone (López del Amo i sur., 2018). U disciplini 60 m prepone, kao i u disciplinama 100 m i 110 m prepone, preponaši koriste osam ili sedam koraka od startne linije do prve prepone, ovisno o tjelesnoj visini i tehničkim karakteristikama, pri čemu sedam koraka postaje sve češći obrazac kod vrhunskih preponaša (Bezodis i sur., 2019). Faza pretrčavanja prepona predstavlja središnji i tehnički najzahtjevniji segment utrke, u kojem atletičari pretrčavaju niz prepona uz ritam od tri koraka između prepona (Rowley i sur., 2024). U toj fazi preponaši postižu maksimalnu brzinu trčanja, najčešće između treće i šeste prepone (McDonald i Dapena, 1991), pri čemu očuvanje horizontalne brzine kroz svako pretrčavanje prepone predstavlja ključni čimbenik rezultatske uspješnosti (Tsiokanos i sur., 2017). Faza završnog trčanja obuhvaća dionicu od posljednje prepone do ciljne linije, pri čemu atletičari nastoje održati ili dodatno povećati brzinu trčanja u uvjetima već nakupljenog umora, što značajno doprinosi konačnom natjecateljskom rezultatu (González-Frutos i sur., 2019; Graubner i Nixdorf, 2011). Iako sve tri faze utječu na ukupni rezultat, faza pretrčavanja prepona ostvaruje najveći utjecaj zbog svoje duljine i tehničke kompleksnosti, što je čini glavnim predmetom biomehaničkih i kinematičkih istraživanja u ovoj atletskoj disciplini.

Zbog tehničke složenosti preponskog trčanja, pretrčavanje svake pojedinačne prepone tijekom utrke može utjecati na ritam kretanja, očuvanje brzine i ukupnu uspješnost - natjecateljski rezultat. Sve navedeno potaknulo je brojna biomehanička istraživanja usmjerena na različite faze prelaska prepona kao i na pojedine dijelove utrke: **prvu preponu** (Salo, 2002; López del Amo i sur., 2018; Panteli i sur., 2020); **drugu preponu** (McLean, 1994; Panteli i sur., 2020; Iwasaki i sur., 2022); **treću preponu** (Lee, 2009); **četvrtu preponu** (Čoh, 2003; Li i sur., 2011); **petu preponu** (Sidhu, 2016; Tsiokanos i sur., 2017; Čoh i Zvan, 2018); **šestu preponu** (Park i sur., 2011); **sedmu preponu** (Shibayama i sur., 2011); **devetu preponu** (Salo i Scarbough, 2006) i **desetu preponu** (López i sur., 2011). Rezultati prethodnih istraživanja ukazuju na to da je uspješno pretrčavanje prve prepone važan prediktor cjelokupne uspješnosti preponske utrke. Kombinacija brze reakcije na startni signal i sposobnosti generiranja dovoljne sile za učinkovit prelazak prve prepone definiraju ključne parametre uspjeha jer oni omogućuju optimalno ubrzanje i kontinuitet kretanja u

nastavku pretrčavanja prepona i realizaciji ukupne natjecateljske aktivnosti (López del Amo i sur., 2018). U daljnjoj fazi utrke preponaši moraju zadržati tehničku konzistenciju i postignutu brzinu što je moguće dulje. Ta sinergija između kinematičke kontrole i ritmičke stabilnosti osigurava kontinuitet i učinkovitost kretanja (Walker i sur., 2018). Prema istraživanju McDonalda i Dapene (1991), maksimalna horizontalna brzina u disciplini 110 m prepone najčešće se postiže između treće i šeste prepone, što dodatno potvrđuje biomehaničku složenost srednjeg dijela utrke. Upravo u tom segmentu trkači moraju istovremeno održavati visoki intenzitet kretanja i izvoditi tehnički zahtjevne motoričke obrasce s minimalnim odstupanjima. U skladu s tim, Tsiokanos i sur. (2017) utvrdili su visoku korelaciju ($r = 0,77 - 0,98$) između kvalitete izvedbe na petoj preponi i konačnog rezultata, što jasno upućuje na presudnu ulogu biomehaničke učinkovitosti u srednjoj fazi utrke za ostvarenje optimalnog natjecateljskog učinka. Kompleksna struktura pokreta i precizni zahtjevi različitih faza prelaska prepona čine ovu disciplinu čestom temom biomehaničkih istraživanja, koja kombiniraju kinematičku analizu prostorno-vremenskih parametara kretanja (Čoh, Jošt i Škof, 2000; Hanley i sur., 2021; Bissas i sur., 2022) s kinetičkom analizom sila reakcije podloge mjerenih platformama sile (Mero i sur., 1995; Čoh i Iskra, 2012). Detaljna razrada kinematičkih i kinetičkih parametara omogućuje identifikaciju ključnih čimbenika tehničke izvedbe, čime se znanstveno utemeljuje optimizacija motoričkih obrazaca i unaprjeđenje rezultatske izvedbe. Premda obje metode pružaju komplementarne uvide u tehničku izvedbu, kinematička analiza predstavlja dominantan pristup u suvremenim istraživanjima zbog mogućnosti primjene u natjecateljskim uvjetima.

1.1.1. Kinematički model prelaska preko prepone

Kinematički model preponskog trčanja predstavlja analitički prikaz kretanja atletičara tijekom utrke, s fokusom na ključne parametre kao što su brzina, položaj tijela iznad prepona, kutovi u pojedinim zglobovima te dužina i frekvencija koraka. Prve analize tehnike pretrčavanja prepona pojavile su se početkom 20. stoljeća, kada je Webster (1929) proučavao tehnike dvojice vrhunskih preponaša, američkog atletičara Coplanda i Engleza Crooma. Istraživanja su uključivala detaljne slikovne prikaze tehnike pretrčavanja prepona, uz međusobno uspoređivanje tehnika (Erdmann, 2003). Ovakve analize pružile su prve znanstveno utemeljene uvide u kinematičke aspekte preponskog trčanja, čime je postavljen temelj za buduća istraživanja i daljnji razvoj ove atletske discipline. Razvoj

kinematografskih tehnologija doveo je do značajnog napretka u kinematičkoj analizi sportaša, omogućujući precizniju procjenu kinematičkih parametara, uključujući brzinu trčanja (Wilkerson, 1997). Ovakva analiza omogućila je dublje razumijevanje dinamičkih aspekata pokreta kroz video prikaze te je postala ključan alat u poboljšanju sportske izvedbe i evaluaciji atletskih sposobnosti. Brojni istraživači i dalje primjenjuju ovu tehniku u analizi preponskog trčanja, čime se potvrđuje njezina trajna znanstvena relevantnost i široka primjenjivost u području sportskih znanosti i biomehanike. Razvoj suvremene tehnologije (primjerice: korištenje kamera s velikim brojem sličica u sekundi za potrebe dvodimenzionalnih i trodimenzionalnih kinematičkih analiza u različitim softverskim programima) omogućio je primjenu naprednih metoda kinematičke analize u preponskom trčanju, čime se postigla veća preciznost u mjerenju ključnih parametara potrebnih za optimalno pretrčavanje prepona. Kinematičke analize imaju važnu ulogu u određivanju razine učinkovitosti ove discipline u atletici, a temelje se na tri osnovne faze pretrčavanja prepone: **faza odraza**, **faza leta** i **faza doskoka** (Čoh i Iskra, 2012). Ove faze čine cjelovitu sekvencu pretrčavanja prepone, pri čemu je ispravna izvedba odraza i doskoka od velike važnosti za optimalnu tehničku izvedbu kao i za održavanje horizontalne brzine u fazi leta prilikom pretrčavanja prepone.

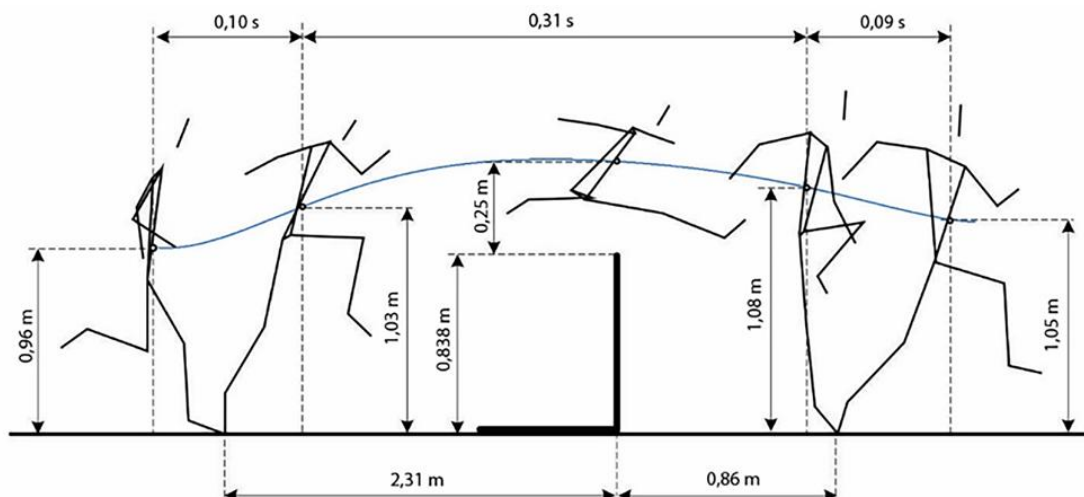
Faza odraza predstavlja prvu fazu pretrčavanja prepone i odgovorna je za transformaciju horizontalne brzine centra mase tijela u vertikalnu komponentu brzine, čime se osigurava visina potrebna za pretrčavanje prepone (Čoh i Iskra, 2012). Učinkovitost faze odraza definira međusobno povezana interakcija nekoliko ključnih parametara: udaljenosti odraza pred preponom, kuta odraza i vremena kontakta stopala s podlogom, pri čemu svi parametri zajednički određuju parabolu leta i očuvanje horizontalne brzine. Udaljenost odraza pred preponom predstavlja prostornu komponentu koja izravno utječe na kut odraza, što su Seki i sur. (2025) potvrdili u istraživanju utjecaja udaljenosti odraza na kinematiku pretrčavanja prepone kod preponaša, gdje su mijenjali prirodnu udaljenost odraza s kraćom i duljom udaljenošću te utvrdili da i prekratka i preduga udaljenost rezultiraju značajno većim kutom odraza i nepovoljnijom putanjom centra mase tijela. Stoga vrhunska preponaška tehnika podrazumijeva ostvarivanje udaljenosti odraza koja je optimalna za pojedinog atletičara. Prema Tidowu (1991), prosječna udaljenost odraza kod ispitanika preponaša iznosi 2,10 do 2,20 m, dok je novije mjerenje na finalistima Svjetskog prvenstva 2017. (Hanley i sur., 2021) pokazalo da vrhunski preponaši u disciplini 110 m prepone

ostvaruju udaljenost odraza prosječno 2,24 m, a preponašice u disciplini 100 m prepone 2,08 m. U dvoranskoj disciplini 60 m prepone González-Frutos i sur. (2019) su utvrdili da brži preponaši ostvaruju značajno veću udaljenost odraza (2,15 m) u odnosu na sporije preponaše (2,04 m), dok kod preponašica značajne razlike u udaljenosti odraza između bržih i sporijih natjecateljica nisu zabilježene. Pri tome je relativna udaljenost odraza u odnosu na visinu prepone veća kod ispitanica nego kod ispitanika, što im omogućuje nižu parabolu leta i bolje očuvanje horizontalne brzine (Hanley i sur., 2021; Bissas i sur., 2022). Optimalna udaljenost odraza individualna je karakteristika preponaša povezana s njegovim morfološkim obilježjima i odgovarajućim kutom odraza, koji Čoh, Jošt i Škof (2000) definiraju kao kut između odrazne noge i podloge u trenutku odraza pred preponom. Kod vrhunskih atletičara kut odraza obično se kreće u rasponu od 64° do 72° (Čoh, Žvan i Jošt, 2004), a sličan raspon bilježi se i kod sportašica, gdje varira između 67° i 71° (Abd El Gawad i Ghareb, 2021). Premali ili preveliki kut odraza narušava parabolu leta, pri čemu preveliki kut generira veću vertikalnu komponentu brzine centra mase tijela i višu putanju, što produljuje trajanje faze leta i rezultira gubitkom horizontalne brzine, dok prenizak kut uzrokuje nedostatak visine za uspješan prelazak preko prepone, povećavajući rizik od kontakta s preponom i destabilizaciju pokreta (Iwasaki i sur., 2022). Optimalnim kutom odraza preponaš osigurava stabilnost tijela, minimizira stres na zglobnim strukturama te smanjuje energetske troškove po jedinici prijađenog puta. Pored prostornih parametara odraza, udaljenosti i kuta, kvalitetu faze odraza dodatno određuje vremenska komponenta, odnosno vrijeme kontakta stopala s podlogom. Dulji kontakt omogućava atletičaru dodatno vrijeme za stabilizaciju i pravilan odraz, no preveliko trajanje kontakta dovodi do gubitka horizontalne brzine (Čoh i Iskra, 2012). Čoh i sur. (2020) su u biomehaničkoj analizi pretrčavanja pete prepone u disciplini 110 m prepone kod svjetskih rekordera Colina Jacksona i Dayrona Roblesa (Slika 2) utvrdili da vrijeme kontakta u fazi odraza iznosi približno 0,10 s, dok je kod preponašica u prethodnim istraživanjima u disciplini 100 m prepone zabilježeno nešto dulje trajanje, prosječno 0,13 s (Abd El Gawad i Ghareb, 2021; Hanley i sur., 2021). Slični obrasci utvrđeni su i u dvoranskoj disciplini 60 m prepone, gdje su González-Frutos i sur. (2019) pokazali da brži preponaši i preponašice postižu kraća vremena kontakta u fazi odraza u odnosu na sporije sportaše obaju spolova, čime je potvrđeno da kratko vrijeme kontakta predstavlja ključno obilježje vrhunske preponaške izvedbe neovisno o dionici discipline. Navedena istraživanja pokazuju da učinkovita faza odraza pred preponom proizlazi iz međusobno usklađene interakcije udaljenosti, kuta i vremena kontakta, pri čemu spolno specifične

razlike u tim parametrima odražavaju prilagodbu tehnike različitim visinama prepona. Pravilno izvedena faza odraza time uvjetuje kvalitetu sljedeće faze pretrčavanja prepone, faze leta iznad prepone.

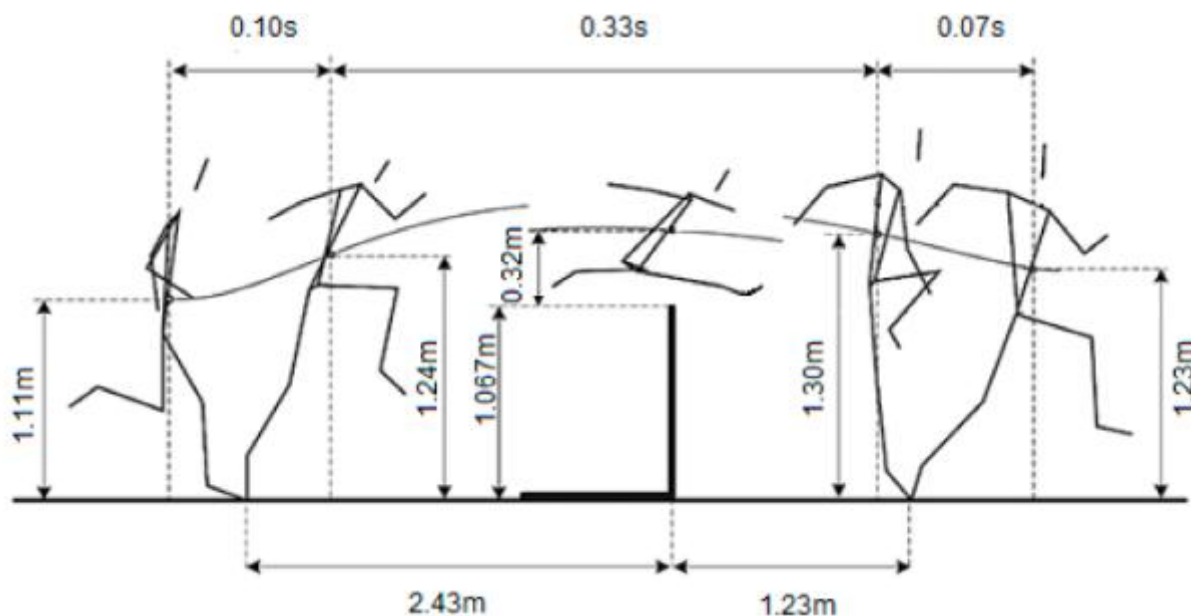
Faza leta predstavlja trenutak prelaska preko prepone i ključna je za očuvanje horizontalne brzine centra mase tijela. Održavanje kontinuirane brzine u preponskom trčanju u velikoj mjeri ovisi o horizontalnoj komponenti kretanja, pri čemu ispitanici preponaši dosadašnjih istraživanja obično postižu brzine oko 7,5 do 9,5 m/s tijekom pretrčavanja prepona (Čoh, Jošt i Škof, 2000; Amara i sur., 2017). Detaljnija analiza Čoha, Jošta i Škofa (2000) na ispitanicima koji su vrhunski preponaši u disciplini 110 m prepone pokazala je da vrhunski preponaši u disciplini 110 m prepone gube tek 0,27 m/s horizontalne brzine centra mase tijela tijekom pretrčavanja prepone (7,20 m/s pri odrazu i 7,34 m/s pri slijetanju). Uz horizontalnu brzinu, vertikalna komponenta brzine također ima bitnu ulogu, osobito u trenutku odraza pred preponom jer određuje putanju centra mase tijela tijekom faze leta. Njezina funkcija nije samo osigurati dovoljnu visinu potrebnu za uspješno pretrčavanje prepone, već i optimizirati putanju kretanja centra mase tijela kako bi se smanjila potrošnja energije i vrijeme provedeno u zraku. Nedostatna vertikalna brzina može rezultirati kontaktom s preponom, dok prekomjerna podiže centar mase tijela previsoko iznad prepone i povećava trajanje leta, što dovodi do usporavanja ritma trčanja i smanjenja ukupne učinkovitosti kretanja (Ozaki i Ueda, 2022; Mansour i sur., 2024). Optimalan omjer između horizontalne i vertikalne brzine bitno je za tehnički ispravan prijelaz preko prepone uz održavanje stabilne i učinkovite kinematičke strukture pokreta. Upravo u tom kontekstu Schluter (1981) je proveo temeljite kinematičke analize koje su naglasile presudnu ulogu položaja centra mase tijela tijekom faze leta. Njegova istraživanja pokazala su da niska putanja centra mase tijela iznad prepone, odnosno minimalna vertikalna razlika između centra mase tijela i gornjeg ruba prepone, značajno doprinosi smanjenju trajanja leta, čime se povećava ukupna učinkovitost preponskog trčanja. Ove tvrdnje podržavaju i recentne studije koje su analizirale tehniku prelaska prepone vrhunskih atletičara (Čoh i sur., 2019; Čoh i sur., 2020; Hanley i sur., 2021), naglašavajući da je niska putanja centra mase tijela iznad prepone rezultat pravilnog postavljanja odrazne noge prije prepone i sinkroniziranog slijetanja zamašne noge nakon prepone. Konkretni vrijednosti maksimalne visine centra mase tijela u najvišoj točki parabole leta iznad prepone kod vrhunski preponaša u disciplini 110 m prepone iznose prosječno 1,42 m (Čoh, Jošt i Škof, 2000). Hanley i sur. (2021) su

dodatno utvrdili da je maksimum parabole leta centra mase tijela u apsolutnom smislu za 0,20 m viši kod vrhunskih preponaša u disciplini 110 m prepone u odnosu na preponašice u disciplini 100 m prepone, što odražava razliku u visini prepone između dvije discipline. Ranije studije pokazale su da se maksimum parabole centra mase tijela kod preponaša nalazi gotovo izravno iznad prepone, dok je kod preponašica maksimum parabole horizontalno smješten 0,30 m prije prepone (McDonald i Dapena, 1991). Navedene razlike u položaju maksimalne parabole centra mase tijela odražavaju spolno specifične tehničke obrasce pretrčavanja prepone, koji proizlaze iz razlike u apsolutnoj visini prepone kod preponaša i preponašica i njezinog različitog odnosa prema tjelesnoj visini atletičara, što direktno utječe na kinematičku zahtjevnost pretrčavanja prepone. Niska putanja centra mase tijela iznad prepone u velikoj mjeri ovisi i o položaju vodeće noge odnosno zamašne, posebno o kutu u koljenu u trenutku pretrčavanja prepone. Optimalan kut u koljenu zamašne noge iznad prepone individualan je i ovisi o tjelesnoj visini atletičara i visini prepone. Zbog veće visine prepone u muškim preponaškim disciplinama, vrhunski preponaši zahtijevaju veću ekstenziju zamašne noge u koljenu, dok preponašice zbog niže prepone mogu zadržati flektiraniji kut, što doprinosi nižoj putanji centra mase tijela i kraćem trajanju faze leta (Mansour i sur., 2024; Bissas i sur., 2022). Uz vertikalnu putanju centra mase tijela, fazu leta dodatno obilježava i prostorna podjela preponskog koraka. Preporučena prostorna podjela preponskog koraka iznosi približno 60 : 40, pri čemu 60 % ukupne duljine preponskog koraka predstavlja udaljenost od mjesta odraza do prepone, a 40 % udaljenost od prepone do mjesta slijetanja (Tidow, 1991; Čoh i sur., 2020). Pravilan odnos između udaljenosti odraza i slijetanja omogućuje nižu putanju centra mase tijela i kraće trajanje faze leta, čime se smanjuje gubitak horizontalne brzine pri pretrčavanju prepone (Dapena, 1991). Ukupna duljina preponskog koraka kod ispitanika preponaša iznosi prosječno 3,50 m (Tidow, 1991), dok vrhunski preponaša u disciplini 110 m prepone ostvaruju ukupnu duljinu od 3,80 m, a preponašice u disciplini 100 m prepone 3,16 m (Hanley i sur., 2021). Navedena istraživanja pokazuju da učinkovita faza leta proizlazi iz međusobno usklađenog odnosa horizontalne i vertikalne komponente brzine centra mase tijela, niske putanje centra mase tijela iznad prepone, optimalnog kuta u koljenu zamašne noge te pravilne prostorne podjele preponskog koraka, pri čemu spolne razlike u visini parabole i položaju maksimuma odražavaju različite tehničke zahtjeve discipline. Završetak faze leta i njezinu uspješnost u konačnici određuje slijetanje zamašne noge iza prepone, čime započinje faza doskoka.



Slika 1. Kinematički parametri tehnike prelaska preko prepona kod ispitanica (Izvor: Čoh i sur., 2019)

Opis: Prikaz kinematičkih parametara tehnike prelaska preko prepone, s naglaskom na kontinuiranu putanju centra mase tijela, uključujući položaj tijela te prostorno-vremenske odnose tijekom faza odraza, leta i doskoka. Preuzeto iz: Čoh, M., Žvan, M., Bončina, N., & Štuhec, S. (2019). Biomechanical model of hurdle clearance in 100m hurdle races: a case study. *Journal of Anthropology of Sport and Physical Education*, 3(4), 3-6. DOI 10.26773/jaspe.191001. Uz dopuštenje autora.



Slika 2. Kinematički parametri tehnike prelaska preko prepona kod ispitanika (Izvor: Čoh i sur., 2020)

Opis: Putanja centra mase tijela prikazana je diskretno po fazama prelaska prepone (odraz, let i doskok), pri čemu prekinuta linija ne označava kontinuiranu putanju kretanja, već faznu kinematičku rekonstrukciju.

Preuzeto iz: Čoh, M., Bončina, N., Štuhec, S., & Maćkala, K. (2020). Comparative biomechanical analysis of the hurdle clearance technique of Colin Jackson and Dayron Robles: key studies. *Applied Sciences*, 10(9), 3302. <https://doi.org/10.3390/app10093302>. Uz dopuštenje autora.

Faza doskoka predstavlja završnu fazu pretrčavanja prepone i ključna je za očuvanje horizontalne brzine u nastavku ritma trčanja između prepona. Vrijeme kontakta stopala s podlogom u fazi doskoka i trajanje faze kočenja trebaju biti minimalni kako bi se očuvala horizontalna brzina centra mase tijela (Čoh, Jošt i Škof, 2000). Čoh i sur. (2020) su na vrhunskim svjetskim preponašima u disciplini 110 m prepone utvrdili da vrijeme kontakta u fazi doskoka iznosi približno 0,08 s, dok su Čoh, Žvan, Bončina i Štuhec (2019) u studiji slučaja olimpijske i svjetske prvakinja Sally Pearson u disciplini 100 m prepone utvrdili vrijeme kontakta u fazi doskoka od 0,09 s. U oba slučaja vrijeme kontakta u fazi doskoka kraće je od vremena kontakta u fazi odraza koje iznosi 0,10 s, čime se potvrđuje da vrhunski preponaši i preponašice ostvaruju izrazito brz i učinkovit doskok. Uz minimalno vrijeme kontakta, pravilan tehnički model doskoka podrazumijeva i optimalno postavljanje stopala zamašne noge u odnosu na centar mase tijela. Stopalo zamašne noge pritom treba biti postavljeno blizu vertikalne projekcije centra mase tijela na podlogu, jer veća horizontalna udaljenost između mjesta kontakta i projekcije centra mase tijela generira veće „kočne“ sile i posljedični gubitak horizontalne brzine (McLean, 1994). Specifična kinematička karakteristika faze doskoka jest i kut u koljenu zamašne noge u trenutku slijetanja iza prepone. Bissas i sur. (2022) su utvrdili da taj kut iznosi 166° kod vrhunskih preponaša u disciplini 110 m prepone i 156° kod preponašica u disciplini 100 m prepone, što pokazuje da preponaši dolaze u fazu doskoka s većom ekstenzijom u koljenom zglobu u odnosu na preponašice. Razlike se nastavljaju i tijekom trajanja kontakta, pri čemu se kod ispitanika koljeno zamašne noge dodatno flektira do 138° u trenutku završetka kontakta, dok kod ispitanica ostaje u većoj ekstenziji na 151° što ukazuje na različite strategije apsorpcije sila pri slijetanju (Bissas i sur., 2022). Uz vrijeme kontakta, položaj stopala u odnosu na centar mase tijela i kut u koljenu zamašne noge, fazu doskoka dodatno obilježava i udaljenost slijetanja iza prepone. Udaljenost slijetanja kod muških preponaša iznosi 1,30 do 1,40 m (Tidow, 1991), pri čemu vrhunski atletičari u disciplini 110 m prepone ostvaruju 1,56 m, a atletičarke u disciplini 100 m prepone 1,08 m (Hanley i sur., 2021). Optimalna udaljenost slijetanja omogućuje brzo postavljanje stopala blizu vertikalne projekcije centra mase tijela, čime se smanjuju vertikalne oscilacije centra mase tijela i povećava stabilnost i brzina nakon

doskoka, a što u konačnici omogućuje učinkovito održavanje ritma između prepona (Dyson, 1973; Ozaki i Ueda, 2022). Razlike u udaljenosti slijetanja između preponaša i preponašica odražavaju spolno specifične tehničke obrasce pretrčavanja prepone, pri čemu kraće relativne udaljenosti slijetanja kod ispitanica omogućuju dulje korake nakon prepone i učinkovitiji nastavak trčanja prema sljedećoj preponi (Hanley i sur., 2021). Niža visina ženskih prepona dodatno smanjuje kinematičke zahtjeve pretrčavanja u odnosu na muške prepone, što doprinosi tehnički jednostavnijoj izvedbi faze doskoka kod preponašica (Iskra i Čoh, 2006; Bollschweiler, 2007). Faza doskoka, zahvaljujući kratkom trajanju kontakta i specifičnoj kinematskoj strukturi pokreta, pokazuje najveći potencijal za prilagodbu i poboljšanje izvedbe kroz ciljani trenažni proces (Čoh, Jošt i Škof, 2000). Pravilna izvedba faze doskoka u konačnici određuje koliko će učinkovito atletičar nastaviti ritam trčanja između prepona, čime se uspostavlja kontinuitet kretanja kroz cijelu preponašku dionicu.

Svi navedeni parametri od presudne su važnosti za održavanje horizontalne brzine tijekom prelaska same prepone. Sukladno prethodnim nalazima, dosadašnja istraživanja utvrdila su najrelevantnije kinematičke parametre potrebne za uspješno pretrčavanje prepone, no njihova povezanost s ukupnim rezultatom preponske utrke i dalje ostaje područje koje zahtijeva daljnja istraživanja. Premda je jasno da su specifični aspekti poput parabole leta preko prepone, duljina koraka prilikom pretrčavanja prepone, visina centra mase tijela, kutovi zglobova, trajanje kontakta stopala s tlom presudni za uspješnu natjecateljsku izvedbu u disciplinama prepona. Veza između ovih parametara i konačnog vremena ili uspjeha u cijeloj utrci još uvijek nije u potpunosti kvantificirana. Ovo istraživanje nastoji pružiti holističku analizu pretrčavanja prepona s ciljem utvrđivanja međusobne interakcije i varijacija kinematičkih parametara te njihovog doprinosa natjecateljskom rezultatu.

1.2. Pliometrija – skokovi

Pojam pliometrija potječe iz grčkog jezika, gdje riječ *plyo* označava povećanje, dok *metric* znači mjerenje (Davies, Riemann i Manske, 2015). Pliometrija je specifičan oblik treninga snage i eksplozivnosti koji se temelji na korištenju mišićnog ekscentrično-koncentričnog mehanizma kako bi se povećala brzina i sila kontrakcije mišića (Lundin, 1985). U kontekstu sportske znanosti, pliometrija predstavlja komponentu u unaprjeđenju sportske izvedbe kroz optimizaciju biomehaničkih i neuromuskularnih parametara pokreta.

Prvo je primjenjivana u Sovjetskom Savezu 1960-ih godina, gdje je razvijena kao znanstveno utemeljena metoda unapređenja eksplozivne snage. Doprinos ovom području dao je Jurij Verkhoshansky, koji je uveo koncept *shock training*, temeljen na iskorištavanju ciklusa istežanja i skraćivanja mišića kako bi se povećala brzina i sila kontrakcije (Verkhoshansky, 1966). Njegova metoda uključivala je intenzivne pliometrijske vježbe poput dubinskih skokova, koje su omogućile mišićima i tetivama pohranjivanje i oslobađanje elastične energije u svrhu povećanja eksplozivne snage.

Značajan znanstveni doprinos pliometrijskom treningu dao je i Vladimir Zatsiorski, koji je u svojim istraživanjima dodatno pojasnio biomehaničke principe ove metode. Zatsiorski je istaknuo važnost brzog prijelaza između ekscentrične i koncentrične faze pokreta te naglasio ključnu ulogu neuromuskularne aktivacije u unaprjeđenju sportske izvedbe (Zatsiorsky, 1966). Glavna biomehanička osnova pliometrijskog treninga leži u sposobnosti mišića i tetiva da skladište elastičnu energiju tijekom ekscentrične faze pokreta i oslobode je tijekom koncentrične faze (Bobbert i sur., 1986). Ovaj proces ne samo da povećava učinkovitost mišićne kontrakcije, već i omogućuje bolju koordinaciju i ekonomičnost pokreta. Pliometrija je u početku bila korištena u sovjetskim sportskim programima, posebno u atletici, gdje je postala nezaobilazan dio atletskih treninga za skakače, bacače i sprintere. Danas je pliometrijski trening široko prihvaćen i predstavlja neizostavan segment modernih atletskih trenažnih programa. Njegova primjena u trenažnom procesu dokazano poboljšava brzinu, visinu skoka i sposobnost eksplozivnih reakcija, što ga čini neizostavnim u pripremi sportaša za natjecanja (Marković i Mikulić, 2010). Primjena pliometrijskog treninga u trenažnom procesu zahtijeva striktno pridržavanje metodičkih principa i pravilnog izvođenja kako bi se osigurala maksimalna učinkovitost te minimizirao rizik od ozljeda i prenaprezanja sportaša. Nepoštivanje osnovnih biomehaničkih, fizioloških i sigurnosnih smjernica može rezultirati preopterećenjem mišićno-koštanog sustava, posebno u strukturama poput zglobova, tetiva i ligamenata. Stoga je ključna pravilna progresija intenziteta, volumena i kompleksnosti vježbi, uz individualno prilagođavanje prema sposobnostima i razini treniranosti sportaša.

Tablica 1. Metodički principi izvođenja pliometrijskih treninga (Milinović, 2020)

ASPEKTI	DETALJI
Dob	Pliometrijski trening preporučuje se nakon 14. godine, uz poštivanje specifičnih uvjeta.
Uvjeti primjene	Ovisi o sportskoj disciplini, dobi, spolu, biološkom razvoju, tjelesnoj konstituciji i iskustvu.
Priprema	Izvođe ga odmorni sportaši, uz temeljito zagrijavanje regija koje će biti pod najvećim opterećenjem.
Oporavak	Preporučuje se odmor od 2 do 4 dana između dva pliometrijska treninga.
Doziranje opterećenja	- Početnici: 80 – 100 skokova. - Srednja razina: 100 – 120 skokova. - Vrhunski sportaši: 120 – 140 skokova.
Intenzitet treninga	Određen načinom doskoka, smjerom odraza (vertikalni/horizontalni), dubinom, brzinom i vanjskim opterećenjem.
Oprema i podloga	Sportska obuća koja smanjuje udarce pri doskoku i podloga koja nije niti pretvrda niti previše mekana.
Progresivnost treninga	Dugoročan proces (4 – 6 godina). Učenje tehnike skokova treba započeti prije puberteta.
Mentalna koncentracija	Apsolutna usredotočenost sportaša potrebna za svako ponavljanje tijekom pliometrijskih vježbi.

Skokovi, kao ključna komponenta pliometrijskog treninga, predstavljaju visoko prilagodljive motoričke zadatke koji se mogu modificirati prema specifičnim ciljevima, zahtjevima i fazama trenažnog procesa. Za ostvarenje postavljenih ciljeva u trenažnom procesu primjenom različitih skokova, kao i u svrhu procjene motoričkih sposobnosti gdje skokovi služe kao dijagnostički alati i prediktori uspješnosti u specifičnim zadacima, od ključne je važnosti znanstveno utemeljen i precizan odabir odgovarajuće vrste skokova. Njihova klasifikacija temelji se na različitim biomehaničkim i funkcionalnim kriterijima, od kojih jedan uključuje smjer izvođenja pokreta. S obzirom na navedeni kriterij, skokovi se dijele na vertikalne, koji prioritetno razvijaju eksplozivnu snagu u smjeru okomitom na podlogu te horizontalne, koji naglašavaju sposobnost generiranja sile u smjeru prema naprijed. Dodatni kriterij dijeljenja skokova je prema vrsti odraza. Prema kriteriju odraza, skokovi se dijele na unilateralne i bilateralne. Unilateralni skokovi, koji se izvode jednom nogom, ključni su za razvoj stabilnosti, ravnoteže i asimetrične eksplozivne snage (Gonzalo-

Skok i sur., 2019; Zhang i sur., 2023). U odnosu na unilateralne skokove, bilateralni skokovi, izvedeni sunožno, fokusirani na generiranje maksimalne eksplozivne snage i simetrične funkcije mišićno-koštanog sustava (Zhang i sur., 2023).

1.2.1. Vertikalni skokovi

Vertikalni skokovi su biomehanički složeni pokreti koji omogućuju generiranje sile mišića donjih ekstremiteta s ciljem podizanja tijela u vertikalnom smjeru. Predstavljaju jednu od najčešće analiziranih atletskih vještina u sportskoj znanosti, koja se koristi kao standardizirani pokazatelj za procjenu napretka sportaša u odgovoru na specifične programe treninga (Isaacs, 1998). Prikazuju ključne indikatore eksplozivne snage, funkcionalne sposobnosti neuromuskularnog sustava i biomehaničke efikasnosti te su široko istraživani u sportskim znanostima i biomehanici (Bobbert i Van Soest, 1994; Komi, 2003).

Izvođenje vertikalnog skoka uključuje nekoliko faza: ekscentričnu fazu (fleksiju u koljenom zglobu i priprema za skok), koncentričnu fazu (generiranje sile kroz ekstenziju donjih ekstremiteta) te fazu leta. Ključni faktori za efikasan vertikalni skok uključuju snagu i koordinaciju mišićno-tetivnog sustava (Komi, 2003; Marković i sur., 2004). Prilikom primjene dubinskih skokova (DJ) u testiranju i treningu potrebno je uzeti u obzir tri temeljna parametra koji su važni za točnu procjenu i optimizaciju izvedbe. Prvi parametar, visina pada, odnosi se na visinu platforme ili kutije s koje sportaš započinje skok i predstavlja početni uvjet za izvedbu. Drugi parametar, vrijeme kontakta s tlom, definira trajanje interakcije stopala s tlom u fazi između doskoka i uzleta, što je od kritične važnosti za procjenu reaktivnih sposobnosti. Treći parametar je visina skoka, koja se odnosi na maksimalnu udaljenost do koje sportaš podiže centar mase tijela tijekom skoka i omogućuje procjenu eksplozivne snage. Ovi parametri zajedno pružaju ključne informacije o neuromuskularnoj učinkovitosti i biomehaničkim svojstvima potrebnima za optimalnu izvedbu dubinskih skokova (Bobbert, Huijing i Van Ingen Schenau, 1987; Walsh i sur., 2004; Pupo, Detanico i Santos, 2012).

Postoje različite vrste vertikalnih skokova koji se primjenjuju u istraživanjima i procjeni sposobnosti koji uključuju: čučanj skok (*engl. Squat Jump*), skok s predpripremom (*engl. Countermovement Jump*), dubinski skok (*engl. Drop Jump*). Čučanj skok koristi se za izolaciju koncentrične snage, dok skok s predpripremom i dubinski skokovi uključuju

ekscentrično-koncentrične mehanizme i predstavljaju praktičniji indikator eksplozivne sposobnosti u dinamičnim uvjetima (Bobbert i Van Soest 1994; Marković i sur., 2004). Iako svi navedeni skokovi predstavljaju valjan pokazatelj eksplozivne snage, razlikuju se prema brzini aktivacije ciklusa istezanja i skraćivanja, odnosno ekscentrično-koncentričnog ciklusa. Skok s predpripremom koristi se za procjenu snage donjih ekstremiteta u uvjetima sporog ekscentrično-koncentričnog ciklusa, karakteriziranog ograničenim intenzitetom opterećenja tijekom faze istezanja. U odnosu na skokove s predpripremom, dubinski skokovi omogućuju preciznu procjenu sposobnosti brzog prijenosa između ekscentrične i koncentrične mišićne kontrakcije u vremenskim okvirima kraćim od 250 milisekundi, što je ključno za sportove koji zahtijevaju generiranje visokih sila i minimizirano vrijeme kontakta stopala s podlogom (Schmidtbleicher, 1992; Young, 1995). Dubinski skokovi uključuju izvođenje doskoka s platforme određene visine, nakon čega slijedi maksimalni vertikalni odraz i ponovni doskok. Početna faza doskoka dominantno se temelji na ekscentričnoj aktivnosti mišića donjih ekstremiteta, omogućujući kontrolirano asposorbiranje sile prilikom doskoka, dok koncentrična faza potiče ubrzanje tijela u vertikalnom smjeru (Marshall i Moran, 2013). Ovisno o načinu izvođenja, dubinski skokovi mogu biti bilateralni ili unilateralni, što rezultira različitim biomehaničkim i funkcionalnim učincima na izvedbu. Kinetička simetrija između udova od ključne je važnosti kod bilateralnih dubinskih skokova, budući da značajne razlike u opterećenju pojedinih udova tijekom doskoka i odraza mogu doprinijeti razvoju neuromuskularne neravnoteže i povećanom stresu na ekstremitetima (Ball i Scurr, 2009; Lim i sur., 2020). Nasuprot tome, opetovani unilateralni doskoci mogu izazvati prilagodbe u motoričkom obrascu sportaša, što može rezultirati povećanim opterećenjem dominantnog ekstremiteta te potencijalno povećati rizik od ozljeda tijekom dugoročnih trenažnih procesa. S druge strane pojedina istraživanja naglašavaju učinkovitije povećanje eksplozivne snage donjih ekstremiteta tijekom izvedbe unilateralnih dubinskih skokova (Lem i sur., 2022). Odabir vrste skoka u trenažnom procesu ovisi o nizu čimbenika koji uključuju ciljeve treninga, specifične zahtjeve sporta i individualne karakteristike sportaša.

Dubinski skokovi ne razlikuju se samo prema tipu doskoka, već i prema načinu odraza s platforme, koji se može kategorizirati u dvije osnovne tehnike: iskoračnu tehniku i tehniku spuštanja. Iskoračna tehnika zahtijeva od sportaša da napravi korak naprijed jednom nogom, najčešće dominantnom, dok druga noga ostaje na platformi do trenutka napuštanja

podloge. Ova metoda omogućuje kontroliran prijenos težine i smanjuje udarne sile koje djeluju na donje ekstremitete prilikom kontakta s podlogom. Takav pristup posebno je pogodan za postupno povećanje opterećenja, čime se smanjuje rizik od neuromuskularnih preopterećenja (Lim i sur., 2020; Pfile i sur., 2013; Simpson i sur., 2018). S druge strane, tehnika spuštanja temelji se na tome da se sportaš nagne prema naprijed, pomičući težište tijela izvan baze oslonca. Taj pomak uzrokuje prirodan pad prema naprijed, pri čemu obje noge istovremeno napuštaju platformu. Ova metoda karakterizira nagli prijenos kinetičke energije u trenutku doskoka, što povećava ekscentrično opterećenje donjih ekstremiteta i pruža veći izazov za mišićnu i neuromuskularnu koordinaciju. Međutim, upravo ta karakteristika može povećati stres na zglobove i tkiva, posebno kod sportaša s neuromuskularnim asimetrijama ili ograničenom kontrolom pokreta (Doherty i sur., 2014; Almonroeder i sur., 2018). Izbor odgovarajuće tehnike silaska ovisi o specifičnim ciljevima treninga i razini spremnosti sportaša, pri čemu je važno uzeti u obzir biomehaničke i fiziološke zahtjeve svake metode kako bi se postigla optimalna prilagodba uz minimalan rizik od ozljeda.

Odabir specifične vrste vertikalnog skoka u okviru trenažnog procesa mora biti teorijski utemeljen i funkcionalno povezan s ciljevima treninga, kao i s biomehaničkim i fiziološkim zahtjevima pojedine sportske discipline. Čučanj skok koristi se primarno za izoliranu stimulaciju koncentrične mišićne kontrakcije te je pogodan u inicijalnim fazama razvoja eksplozivne snage. Skok s predpripremom omogućuje procjenu i razvoj mišićne funkcije u uvjetima sporijeg ekscentrično-koncentričnog ciklusa, dok dubinski skok predstavlja napredni pliometrijski stimulus koji cilja na optimizaciju neuromuskularne učinkovitosti pri brzim prijelazima iz ekscentrične u koncentričnu fazu. U kontekstu atletike, u kojoj izvedba brojnih disciplina ovisi o sposobnosti generiranja maksimalne sile u minimalnom vremenu, selekcija prikladnog tipa skoka postaje ključna za prijenos trenažnog efekta na specifične komponente izvedbe. Stoga, individualizirani pristup u odabiru i periodizaciji vertikalnih skokova predstavlja važan segment planiranja treninga temeljenog na principima znanosti i biomehaničke analize.

1.2.2. Horizontalni skokovi

Horizontalni skokovi predstavljaju biomehanički kompleksnu motoričku aktivnost koja uključuje istovremeno generiranje horizontalnih i vertikalnih propulzivnih sila s ciljem

ostvarivanja učinkovitog kretanja u horizontalnom smjeru (Nesser i sur., 1996). Sustavna biomehanička analiza horizontalnih skokova započinje krajem 20. stoljeća, kada su istraživači počeli kvantificirati mehaničke i neuromuskularne aspekte ovog oblika gibanja u svrhu procjene sportskih sposobnosti. Početni znanstveni radovi iz tog razdoblja povezali su horizontalne skokove s razvojem eksplozivne snage, biomehnikom sprinterskih pokreta i dinamičkom analizom ekscentrično-koncentričnog ciklusa, čime su postavljeni temelji za njihovu primjenu u kondicijskoj pripremi i dijagnostici sportaša (Bobbert i Van Ingen Schenau, 1988; Nesser i sur., 1996; Lee i Cheng, 2008). U novijim znanstvenim istraživanjima dobivaju sve veću važnost kao pokazatelji biomehaničkih varijabli povezanih s linearnim gibanjima, osobito u kontekstu procjene eksplozivne snage i prijenosa sile kroz kinetički lanac (Holm i sur., 2008; Babić i sur., 2021). Karakterizira ih primjena brzog ciklusa ekscentrično-koncentrične kontrakcije mišića, pri čemu su aktivni biomehanički mehanizmi donjih ekstremiteta slični onima koji se koriste tijekom sprinta (Chaouachi i sur., 2009). Detaljna analiza biomehanike horizontalnih skokova pomaže u razumijevanju tehničkih zahtjeva i mogućnosti za poboljšanje sportske izvedbe. To omogućuje prilagodbu treninga kako bi se povećala učinkovitost mišića, poboljšala koordinacija i smanjio nepotreban utrošak energije. Razumijevanje tih biomehaničkih faktora može značajno doprinijeti boljoj sportskoj izvedbi, smanjenju rizika od ozljeda i ekonomičnijem kretanju u različitim sportovima.

Horizontalni skokovi obuhvaćaju dvije osnovne kategorije gibanja: izolirane horizontalne skokove i cikličke horizontalne skokove koji se izvode u nizu. Te se kategorije dodatno klasificiraju prema obrascu angažmana donjih ekstremiteta, odnosno na bilateralne i unilateralne skokove. Izolirani horizontalni skokovi predstavljaju oblik eksplozivnog pokreta u kojem sportaš izvodi jednokratni odraz i doskok u horizontalnoj ravnini, bez uzastopnog ponavljanja pokreta. Najpoznatiji i najčešće korišten primjer takvog skoka je skok u dalj iz mjesta (*engl. Standing Long Jump*), koji se izvodi iz statične početne pozicije s bilateralnim odrazom i doskokom. Ovi skokovi omogućuju standardiziranu procjenu maksimalne horizontalne sile koju sportaš može proizvesti u jednoj kontrakcijskoj jedinici te su zbog toga široko prisutni u testnim baterijama za procjenu motoričkih sposobnosti. Biomehanički gledano, izolirani horizontalni skokovi podrazumijevaju aktivaciju mišićno-tetivnog sustava u okviru jednog ekscentrično-koncentričnog ciklusa, pri čemu dolazi do simultane ekscentrične pripreme i koncentrične realizacije odraza (Lee i

Cheng, 2008; Maćkała i sur., 2013). Njihova se primjena u sportu i dijagnostici temelji na jednostavnosti izvedbe, visokoj pouzdanosti mjerenja i povezanosti s izvedbom u sportovima koji uključuju startnu akceleraciju, odraz ili promjenu smjera. Studije pokazuju da rezultati u izoliranim horizontalnim skokovima značajno koreliraju s uspješnošću u sprintu, osobito u dionicama do 10 m, gdje je dominantna uloga horizontalne komponente sile (Moresi i sur., 2011; Maćkała i sur., 2015; Loturco i sur., 2021). Osim dijagnostičke, ovi skokovi imaju i trenažnu funkciju – koriste se u početnim fazama pliometrijskih programa za razvoj eksplozivne snage, osobito kod mlađih sportaša ili u fazama rehabilitacije, gdje je kontrolirana izvedba i simetrija opterećenja od iznimne važnosti (Zhou i sur., 2020). Iako izolirani horizontalni skokovi omogućuju uvid u sposobnost trenutnog generiranja sile u horizontalnoj ravnini, njihova primjena ograničena je činjenicom da se evaluacija temelji na izvedbi jednokratnog pokušaja. Takav pristup ne obuhvaća kontinuitet cikličkog kretanja i ne omogućuje uvid u sposobnost održavanja eksplozivnosti kroz ponavljanje, što može biti ključno u sportovima s izraženim zahtjevima na izdržljivost snage i reaktivnost. Unatoč tome, njihova dijagnostička vrijednost u početnim fazama treninga i rehabilitacije ostaje značajna zbog visoke pouzdanosti, jednostavne primjene i mogućnosti kvantificiranja osnovnih motoričkih parametara.

Za razliku od izoliranih, ciklički horizontalni skokovi, poput skokova s noge na nogu ili jednonožnih skokova, izvode se u kontinuitetu te su primarno usmjereni na razvoj i procjenu reaktivne snage i sposobnosti brzog prijelaza iz ekscentrične u koncentričnu kontrakciju. Ova vrsta skokova aktivira mišiće kroz brzi ekscentrično-koncentrični ciklus, što ih biomehanički približava zahtjevima specifičnih sportskih kretnji, osobito u sprintu i promjenama smjera (Kale i sur., 2009; Lin i sur., 2023). Kod unilateralnih varijanti, poput jednonožnih skokova, dodatno se testira dinamička stabilnost, propioceptivna kontrola i simetrija sile između ekstremiteta, što ima važnu dijagnostičku ulogu u prevenciji ozljeda i praćenju neuromuskularne ravnoteže (Lockie i sur., 2014; Setuain i sur., 2019). Fiziološki gledano, bilateralni skokovi omogućuju veću apsolutnu silu, dok unilateralni zahtijevaju viši stupanj inter- i intra- muskularne koordinacije te često rezultiraju većim neuromuskularnim opterećenjem po pojedinom ekstremitetu (Bogdanis i sur., 2019). Baković (2016) je u kinetičkoj analizi različitih vrsta skokova upravo unilateralne horizontalne skokove izvedene s velikom horizontalnom brzinom kretanja prepoznao kao biomehanički najzahtjevniji oblik pliometrijske aktivnosti. Biomehanička analiza izvedbe može uključivati i mjerenje vremena

kontakta s podlogom, brzine segmenta tijela, kutova u zglobovima i vertikalnog ili horizontalnog impulsa sile (Meylan i sur., 2010; Babić i sur., 2021). Takva se analiza koristi kako bi se dodatno razumjelo na koji način sportaš stvara i prenosi silu kroz faze odraza i doskoka. U tom kontekstu, ciklički skokovi, osobito u progresivnim pliometrijskim protokolima, služe za razvoj ritma, koordinacije i elastičnosti mišićno-tetivnog sustava, što ima direktnu primjenu u sprintu i promjenama smjera (Loturco i sur., 2015; Loturco i sur., 2018). Ciklički horizontalni skokovi predstavljaju učinkovit metodološki alat za integraciju različitih motoričkih i neuromuskularnih sposobnosti unutar funkcionalnih obrazaca kretanja. Njihova primjena u trenažnom procesu ne doprinosi samo razvoju snage i koordinacije, već i poboljšanju sposobnosti prilagodbe pokreta promjenjivim i specifičnim sportskim zahtjevima. Osim toga, omogućuju pouzdanu procjenu održavanja reaktivne snage kroz ponavljajuće ekscentrično-koncentrične cikluse, čime se funkcionalno približavaju realnim uvjetima sportske izvedbe.

Stoga, odabir specifične vrste horizontalnih skokova mora biti utemeljen na analizi biomehaničkih, fizioloških i funkcionalnih zahtjeva pojedinog sporta, vodeći računa o obrascima kretanja, ciljevima treninga te razini motoričke spremnosti sportaša. Pravilnom selekcijom skokova moguće je usmjeriti razvoj ključnih motoričkih sposobnosti, optimizirati izvedbu i smanjiti rizik od ozljeda.

1.2.3. Učinci skokova u sprinterskim disciplinama

Sprint predstavlja temeljnu komponentu brojnih atletskih disciplina, uključujući utrke na 100 m, 200 m, 400 m kao i utrke s preponama. Zbog njegove značajne uloge u mnogim sportskim izvedbama, znanstvena zajednica posvećuje veliku pažnju istraživanju morfoloških, funkcionalnih i motoričkih čimbenika koji su najviše povezani s različitim fazama izvedbe sprinta (Babić, 2000 i 2005; Haris i sur, 2008; Mendez-Villanueva i sur., 2011; Kurtoğlu i sur., 2024). Ključno je razlikovati ubrzanje od maksimalne brzine sprinta, budući da se radi o dvjema različitim komponentama sprinta koje zahtijevaju specifične trenažne pristupe i metode testiranja (Buchheit i sur., 2014). Tijekom ubrzanja dominiraju različiti biomehanički zahtjevi u usporedbi s fazom održavanja maksimalne brzine. U fazi ubrzanja veći značaj ima horizontalna komponenta sile, dok je u fazi maksimalne brzine ključna sposobnost učinkovite koordinacije frekvencije i duljine koraka kako bi se smanjili energetske gubici i maksimizirala efikasnost kretanja. Vrhunski sprinteri postižu maksimalnu

brzinu trčanja preciznom interakcijom i optimizacijom duljine i frekvencije koraka. Ova ravnoteža najčešće se ostvaruje na udaljenosti između 20 i 60 metara, kada sportaš dostiže svoj vrhunac brzine (Gambetta, 1991; Mero, Komi i Gregor, 1992; Kale i sur., 2009; Pleša, Kozinc i Šarabon, 2022).

Jedan od ključnih biomehaničkih parametara povezanih s uspješnim sprintom jest trajanje kontakta stopala s podlogom. Veće sile koje sprinteri mogu generirati tijekom svakog koraka omogućuju kraće trajanje kontakta, što poboljšava njihovu sposobnost održavanja maksimalne brzine sprinterskog trčanja (Weyand i sur., 2000; Clark i Weyand, 2014). Tijekom kontakta s podlogom horizontalne propulzivne sile značajno doprinose ukupnoj učinkovitosti sprinta, osobito u fazi ubrzanja. Rabita i sur. (2015) pokazali su da brži sprinteri ostvaruju veći udio horizontalne sile u odnosu na sporije sprintere. Ovi nalazi sugeriraju da vertikalna komponenta sile nije presudan čimbenik u izvedbi startnog ubrzanja, pod uvjetom da sportaš može generirati dovoljnu vertikalnu silu za suprotstavljanje gravitaciji. Ova su zapažanja u skladu s rezultatima istraživanja Morina i sur. (2012), utvrdili su značajnu korelaciju između omjera horizontalne sile i izvedbe u sprintu na 100 metara, dok rezultantna sila reakcije tla (GRF) i njezina vertikalna komponenta nisu pokazale statistički značajnu povezanost s ubrzanjem. Na temelju tih nalaza, autori su zaključili da presudni čimbenik sprinterske izvedbe nije ukupna veličina generirane sile, već njezina učinkovitost u horizontalnom usmjeravanju kako bi se optimiziralo ubrzanje.

Brži sprinteri karakteristično imaju kraće trajanje kontakta stopala s podlogom u usporedbi sa sporijim sprinterima, što ukazuje na višu razinu biomehaničke i neuromuskularne učinkovitosti (Chu i Korchemny, 1989). Uz biomehaničke parametre, značajnu ulogu u sprinterskoj izvedbi ima i prijelaz između ekscentrične i koncentrične faze mišićne kontrakcije. Skraćeno trajanje ovog prijelaza, u kombinaciji s učinkovitim izometrijskim zadržavanjem tijekom ekscentrične faze, omogućuje optimalno očuvanje funkcionalne integracije poprečnih mostova unutar mišićnih vlakana. Time se osigurava učinkovito pohranjivanje elastične potencijalne energije u mišićno-tetivnim strukturama, koja se tijekom koncentrične faze koristi za generiranje većih sila. Ova biomehanička i elastična učinkovitost ključna je za povećanje eksplozivnosti i održavanje maksimalnih brzina trčanja (Bosco, Komi i Ito, 1981). Povećanjem snage donjih ekstremiteta, sprinteri mogu dodatno unaprijediti ključne parametre sprinta, uključujući smanjenje trajanja kontakta stopala s podlogom, povećanje vremena leta i optimizaciju frekvencije koraka

(Kale i sur., 2009). Ovakvi uvidi ključni su za razvoj specifičnih treninga i strategija koje poboljšavaju sportsku izvedbu. U tom kontekstu, značajan broj znanstvenih istraživanja usmjeren je na identificiranje ključnih prediktora sprinterskih sposobnosti primjenom jednostavnih i učinkovitih laboratorijskih i terenskih testova. Takvi testovi pomažu točno procijeniti i poboljšati snagu mišića nogu, s posebnim fokusom na razvoj maksimalne sile i brzine, ključnih za vrhunske sprinterske rezultate (Stone i sur., 2002; Kariyama i Zushi, 2016). Glavni cilj ovih testova je analiza biomehaničkih čimbenika snage i eksplozivnosti, koja se provodi mjerenjem izvedbe u vertikalnim i horizontalnim skokovima. Vertikalni skok primarno odražava kapacitet generiranja vertikalne komponente sile, dok horizontalni skok pruža uvid u sposobnost razvoja horizontalne sile. Brojna istraživanja usmjerena su na analizu i usporedbu prediktivne vrijednosti navedenih vrsta skokova u kontekstu sprinterske izvedbe, s ciljem utvrđivanja koji parametri skokova bolje koreliraju s ključnim fazama sprinta, poput startnog ubrzanja i postizanja maksimalne brzine trčanja (Habibi i sur., 2010; Wild i sur., 2011; Čoh i sur., 2021). Prema autorima Kotsifaki i sur. (2021), zglobovi kuka i koljena imaju značajniji doprinos u generiranju sile tijekom horizontalnog skoka (44 % i 43 %) u usporedbi s vertikalnim skokom, gdje njihov udio iznosi 31 % i 34 %. Ove razlike u biomehaničkoj funkciji ključnih zglobova utječu na razinu povezanosti između rezultatske izvedbe sprinta i rezultata ostvarenih u vertikalnim i horizontalnim skokovima.

Veliki broj znanstvenih istraživanja fokusirao se na proučavanje bilateralnih vertikalnih skokova te njihov utjecaj na rezultate u sprinterskom trčanju (Barr i Nolte, 2011; Wild i sur., 2011; Washif i Kok, 2022). Najčešće korišteni testovi uključuju skok iz čučnja, skok s predpripremom i dubinski skok. Prethodna istraživanja pokazala su značajnu povezanost između rezultata u vertikalnim skokovima i sprinterske izvedbe na udaljenostima većim od 10 metara (Washif i Kok, 2022). Konkretno, utvrđeno je da kombinacija visine skoka i relativne snage izmjerene tijekom čučanj skoka objašnjava 75 % ukupne varijance u izvedbi sprinta na 60 metara. Autori ističu da sinergijsko korištenje različitih mjernih parametara eksplozivne snage može pružiti vrijedne uvide u ključne čimbenike koji pridonose poboljšanju sprinterske izvedbe. Posebno naglašavaju važnost razvoja reaktivne snage kroz primjenu dubinskih skokova na visini saskoka manjom od 35 cm, što se pokazalo učinkovitom metodom za optimizaciju biomehaničke i neuromuskularne učinkovitosti kod mladih sprintera. Barr i Nolte (2011) su također utvrdili značajnu povezanost dubinskog skoka s izvedbom sprinta, posebice u fazama postizanja maksimalne brzine. Njihova

istraživanja ukazuju na neuromuskularnu specifičnost između ova dva oblika aktivnosti, uključujući sličnosti u zglobnim kutovima, brzim kontrakcijama i primjenu ekscentrično-koncentričnih mehanizama koji su karakteristični za maksimalni sprint. Wild i sur. (2011) zaključuju da se koeficijent korelacije između vertikalnih skokova i izvedbe sprinta povećava s produljenjem udaljenosti sprinta, što je posljedica većeg generiranja vertikalne sile pri dostizanju maksimalne brzine. Tijekom faze maksimalne brzine u sprinterskom trčanju, generiranje velike vertikalne sile od ključne je važnosti. Izrazito kratko trajanje kontakta stopala s podlogom, koje najčešće traje manje od 0,1 sekunde, zahtijeva visoki intenzitet vertikalne sile za stvaranje dovoljnog vertikalnog impulsa. Ovaj impuls omogućuje biomehaničku stabilnost, smanjuje energetske gubitke i podržava održavanje maksimalne horizontalne brzine. Sposobnost generiranja sile unutar tako ograničenog vremenskog okvira naglašava nužnost specifičnog treninga eksplozivne snage, s fokusom na realizaciju brzih mišićnih kontrakcija i učinkovitu upotrebu ekscentrično-koncentričnih mišićnih mehanizama (Weyand i sur., 2000; Nagahara i sur., 2018).

S druge strane, određena istraživanja dovode u pitanje postojanje korelacije između vertikalnih skokova i sprinterske izvedbe. Studija Healy i sur. (2019) nije utvrdila značajnu povezanost između izvedbe vertikalnog dubinskog skoka i rezultata u trčanju na 40 metara kod sprintera. Autori sugeriraju da se ovaj rezultat može pripisati duljem trajanju kontakta stopala s tlom tijekom izvođenja dubinskog skoka, što razlikuje biomehaničke zahtjeve ove aktivnosti od onih karakterističnih za sprinterski pokret. Young (1995) sugerira da nepovezanost dubinskog skoka i sprinterske izvedbe može biti posljedica ograničene sposobnosti sportaša da učinkovito podnesu ekscentrično-koncentrična opterećenja koja nastaju tijekom vertikalnih dubinskih skokova. Nedostatak konsenzusa među istraživanjima može se djelomično pripisati primjeni različitih istraživačkih metoda. Razlike u udaljenostima sprinta, poput 40 m i 60 m, kao i varijacije u metodologiji, doprinose divergenciji nalaza o povezanosti vertikalnih skokova i sprinterske izvedbe. Dok sprint na 60 metara naglašava fazu maksimalne brzine, sprint na 40 metara prvenstveno odražava fazu ubrzanja, što utječe na relevantnost određenih testova eksplozivne snage. Dodatne razlike, poput odabira testova vertikalnih skokova i karakteristika ispitanika, dodatno kompliciraju usporedbu rezultata.

Pored vertikalnih skokova, horizontalni skokovi sve češće postaju predmet analize u kontekstu povezanosti s izvedbom sprinta. Među najčešće korištenim oblicima horizontalnih

skokova ubrajaju se skok u dalj iz mjesta, troskok i serijski niz unilateralnih horizontalnih skokova (Hennessy i Kilty, 2001; Hudgins i sur., 2013; Banda i sur., 2019). Prethodna istraživanja pokazuju da su rezultati horizontalnih skokova značajno povezani s različitim fazama sprinta. Skok u dalj iz mjesta ističe značajniju povezanost s maksimalnom brzinom sprinta ($r = 0,73$), dok je korelacija s fazom ubrzanja nešto slabija ($r=0,45$) (Lin i sur., 2023). Dodatnu potvrdu o povezanosti horizontalnih skokova i sprinta donose rezultati istraživanja Habibi i sur. (2010), koji su na uzorku sprintera analizirali izvedbu unilateralnog troskoka. Njihova analiza pokazala je da je duljina između pojedinačnih skokova unutar troskoka imala visoku negativnu korelaciju ($r = -0,84$) s vremenom ostvarenim na dionici sprinta do 10 metara, što sugerira da je sposobnost generiranja i održavanja efektivnog horizontalnog impulsa kroz uzastopne odraze ključna za početne faze sprinta. Osim dužine skoka, pojedina istraživanja analizirala su i povezanost reaktivnog indeksa jakosti (RSI) horizontalnih skokova sa sprintom. RSI, koji se definira kao omjer visine skoka i kontaktnog vremena, ključan je pokazatelj sposobnosti brze proizvodnje sile i eksplozivnosti donjih ekstremiteta. Rezultati istraživanja sugeriraju da sportaši s većim RSI u unilateralnim horizontalnim skokovima postižu bolje rezultate u fazi ubrzanja sprinta, jer su sposobni učinkovitije koristiti elastičnu energiju tijekom kontakta s podlogom (Babić i sur., 2021). Veće vrijednosti RSI-a u horizontalnim skokovima povezan je s kraćim kontaktnim vremenom u sprinterskim koracima, što je bitno za održavanje maksimalne brzine sprinta.

Biomehaničke sličnosti između horizontalnih skokova i faze ubrzanja sprinta, uključujući generiranje visoke koncentrične sile i produkciju horizontalne brzine, omogućile su identifikaciju horizontalnih skokova kao relevantnog prediktora uspješnosti u inicijalnim fazama sprinta (Maćkala i sur., 2015; Haugen i sur., 2019). Rimmer i Sleivert (2000) naglašavaju njihovu važnost u trenažnim programima usmjerenim na razvoj eksplozivnog startnog ubrzanja, predlažući horizontalne skokove kao specifičan metodološki pristup u optimizaciji sprinterske izvedbe. Empirijski nalazi potvrđuju učinkovitost horizontalnih skokova kao trenažnog sredstva u kondicijskim programima sportaša, s ciljem unapređenja brzine, eksploatacije elastične energije i ukupnih sprinterskih sposobnosti.

Ovi nalazi ukazuju da faza ubrzanja u sprintu zahtijeva ponavljajuće odraze visoke razine impulsa sile uz duže vrijeme kontakta stopala s podlogom, pri čemu je sposobnost učinkovitog iskorištavanja kinetičke energije između koraka od posebne važnosti. S druge strane, faza maksimalne brzine sprinta ovisi o sposobnosti sportaša da održi visoku

horizontalnu brzinu centra mase tijela uz minimalne vertikalne oscilacije, pri čemu prekomjerne vertikalne oscilacije centra mase tijela ukazuju na neučinkovit prijenos kinetičke energije u horizontalnu komponentu kretanja te dovode do gubitka brzine sprinta. U tom kontekstu skok u dalj iz mjesta mjeri sposobnost generiranja visoke horizontalne komponente sile reakcije podloge kroz jedan eksplozivni odraz, čime se procjenjuje sposobnost sportaša da silu odraza usmjeri prema naprijed umjesto prema gore, što je ključna karakteristika učinkovite sprinterske tehnike u kasnijoj fazi utrke.

I vertikalne i horizontalne komponenta skokova predstavljaju ključne biomehaničke varijable u procjeni sportskih izvedbi, osobito u disciplinama koje zahtijevaju visoku razinu eksplozivne snage i brzine, poput sprinta. Dosadašnja istraživanja primarno su bila usmjerena na analizu povezanosti različitih vrsta skokova s izvedbom linearnog sprinta, pri čemu su vertikalni i horizontalni skokovi identificirani kao značajni prediktori sposobnosti generiranja sile, efikasnosti startnog ubrzanja te postizanja i održavanja maksimalne brzine trčanja. Dosadašnja znanstvena istraživanja uglavnom su se fokusirala na povezanost skokova i sprinta, dok je njihova veza s izvedbom preponskog trčanja ostala relativno manje zastupljena. Za razliku od klasičnog sprinta, preponsko trčanje uključuje složeniju biomehaničku strukturu kretanja koja obuhvaća sekvence ubrzanja, odraza, leta i doskoka, pri čemu dolazi do dinamičke interakcije između horizontalnih i vertikalnih komponenti sile. Ova specifičnost preponskog trčanja zahtijeva precizno usklađivanje tehničkih parametara, poput optimalnog kuta odraza prije prepone, biomehaničke ekonomičnosti faze leta te brze prilagodbe ritma nakon doskoka. Povezanost ovih tehničkih elemenata s parametrima izvedbe vertikalnih i horizontalnih skokova nije detaljno istražena.

Pregled relevantne znanstvene literature ukazuje na složenu biomehaničku prirodu preponskog trčanja, koja zahtijeva optimalnu integraciju tehničkih i motoričkih sposobnosti sportaša. Prelazak preko prepone, osobito u kontekstu dionice od 60 metara, podrazumijeva preciznu interakciju brzine, ritma i položaja centra mase tijela, čime se osigurava optimalna struktura pokreta, ekonomičnost kretanja i očuvanje horizontalne brzine.

S druge strane, vertikalni i horizontalni skokovi predstavljaju validne pokazatelje eksplozivne snage, reaktivne sposobnosti i neuromuskularne učinkovitosti, koji se u literaturi sve češće povezuju s predikcijom sprinterske izvedbe. Međutim, povezanost tih skokova s izvedbom u preponskom trčanju, osobito u odnosu na ključne kinematičke

parametre prelaska preko prepona, nije dovoljno istražena. Ovo istraživanje stoga nastoji integrirati biomehaničke varijable skokova i tehničke aspekte preponskog trčanja, s ciljem dubljeg razumijevanja njihove međusobne povezanosti i utjecaja na rezultatsku uspješnost u disciplini 60 m prepone.

2. CILJ I HIPOTEZE

Cilj ovog istraživanja jest detaljno ispitati i kvantificirati odnos između eksplozivnih sposobnosti donjih ekstremiteta, konkretno izraženih kroz izvedbu vertikalnog dubinskog skoka i različitih varijanti horizontalnih skokova te postignutog natjecateljskog rezultata u atletskoj disciplini 60 metara s preponama. Poseban naglasak stavlja se na analizu potencijalne prediktivne vrijednosti navedenih motoričkih testova u kontekstu rezultatske izvedbe prelaska preko prepona i ukupne učinkovitosti sprinterske izvedbe, s ciljem boljeg razumijevanja biomehaničkih i funkcionalnih čimbenika koji doprinose uspješnosti u ovoj specifičnoj preponskoj disciplini.

Pored osnovnog cilja definirati će se i parcijalni ciljevi:

- a) Utvrdit će se utjecaj biomehaničkih obilježja vertikalnog dubinskog skoka na rezultat trčanja u disciplini 60 m prepone po spolu.
- b) Utvrdit će se utjecaj kinematičkih parametara horizontalnih skokova na rezultat trčanja u disciplini 60 m prepone po spolu.
- c) Utvrdit će se utjecaj kinematičkih parametara preponskog trčanja na rezultat trčanja u disciplini 60 m prepone po spolu.
- d) Utvrdit će se povezanost između kinematičkih parametara preponskog trčanja i biomehaničkih obilježja dubinskog skoka, kinematičkih parametara horizontalnih skokova i rezultata u disciplini 60 m prepone po spolu.

U skladu sa navedenim ciljevima, postavljene su hipoteze:

- H1: Biomehanički parametri vertikalnog dubinskog skoka statistički značajno utječu na rezultat u disciplini 60 m prepone.
- H2: Kinematički parametri horizontalnih skokova statistički značajno utječu na rezultat u disciplini 60 m prepone.
- H3: Kinematički parametri preponskog trčanja statistički značajno utječu na rezultat u disciplini 60 m prepone.
- H4: Kinematički parametri preponskog trčanja su statistički značajno povezani s biomehaničkim parametrima vertikalnog dubinskog skoka, kinematičkim parametrima horizontalnih skokova i rezultatom u disciplini 60 m prepone.

3. METODE RADA

3.1. Uzorak ispitanika

Uzorak ispitanika sastojao se od 29 atletičara, aktivnih natjecatelja, oba spola, starijih od 16 godina, koji su u trenutku provođenja istraživanja imali najmanje jednu godinu natjecateljskog iskustva na službenim atletskim natjecanjima. Svi ispitanici sudjelovali su u redovitom trenažnom procesu i bili su aktivni natjecatelji u disciplinama preponskog trčanja, čime su ispunjavali kriterije uključenja u istraživanje.

Veličina uzorka bila je određena putem, a priori analizom statističke snage, provedene pomoću softverskog alata *G*Power* (verzija 3.1.9.4). U analizu su uneseni parametri koeficijenta determinacije ($R^2 = 0,64$), temeljem nalaza istraživanja koje su proveli Washif i Kok (2022), uz pretpostavljenu razinu statističke snage od 0,80 ($1-\beta$) i razinu statističke značajnosti $p = 0,05$. Na temelju dobivenih vrijednosti, utvrđeno je da minimalna potrebna veličina uzorka iznosi 14 ispitanika po spolu, odnosno ukupno 28 ispitanika.

Ispitanici su odabrani iz populacije registriranih atletskih natjecatelja s područja Republike Hrvatske (ispitanice: $n = 7$; ispitanici: $n = 7$), Slovenije (ispitanici: $n = 4$), Bosne i Hercegovine (ispitanice: $n = 4$) te Republike Srbije (ispitanice: $n = 3$; ispitanici: $n = 4$). Prosječna kronološka dob ispitanica iznosila je $18 \pm 2,09$ godina, dok je u ispitanika iznosila $19 \pm 2,52$ godine. Pristup ispitanicima ostvaren je u suradnji s nacionalnim atletskim savezima te pripadajućim atletskim klubovima. Svim sudionicima istraživanja prethodno su pružene potpune informacije o ciljevima, postupcima i sadržaju istraživačkog protokola, a sudjelovanje je potvrđeno potpisivanjem pisanog informiranog pristanka roditelja ili skrbnika za ispitanike koji su bili mlađi od 18 godina, u skladu s etičkim načelima znanstvenog istraživanja. Ispitanici koji su bili stariji od 18 godina samostalno su potpisali pristanak za sudjelovanje u istraživanju.

Istraživanje je provedeno u skladu s načelima Helsinške deklaracije te etičkim smjernicama Sveučilišta u Zagrebu Kineziološkog fakulteta (broj odobrenja: 87/2024, datuma: 10.7.2024.).

Tablica 2. Antropometrijske karakteristike uzorka ispitanika

ANTROPOMETRIJSKE VARIJABLE	SPOL	N	MIN	MAX	M	SD
Tjelesna masa (kg)	ispitanice	14	54,8	70,3	61,29	± 6,06
	ispitanici	15	60,4	97,6	72,35	± 8,49
Tjelesna visina stav (m)	ispitanice	14	1,67	1,82	1,73	± 0,05
	ispitanici	15	1,73	1,93	1,85	± 0,06
Tjelesna visina sjed (m)	ispitanice	14	0,85	0,96	0,90	± 0,03
	ispitanici	15	0,87	1,02	0,95	± 0,04
Duljina noge (m)	ispitanice	14	0,95	1,06	0,98	± 0,04
	ispitanici	15	1,01	1,13	1,06	± 0,03

Napomena: M – aritmetička sredina, SD – standardna devijacija, MIN – minimalne vrijednosti, MAX – maksimalne vrijednosti, N – broj ispitanika

3.2. *Uzorak varijabli*

3.2.1. *Morfološke varijable*

Morfološke varijable koje su se analizirale za opis ispitanika obuhvaćale su mjere logitudinalnosti (tjelesna visina u stavu, tjelesna visina u sjedu, duljina noge) i voluminoznosti tijela (tjelesna masa).

Tjelesna visina u stojećem stavu izmjerena je mjernom skalom pričvršćenom okomito uz zidnu površinu, s horizontalnom referentnom podlogom postavljenom na najvišu točku glave (*vertex*). Ispitanik je tijekom mjerenja stajao bez obuće, u uspravnom položaju, leđima u kontaktu sa zidom, u spetnom stavu i s ravnomjernom raspodjelom tjelesne mase na obje noge, s glavom postavljenom u frankfurtskoj ravnini (Stewart i sur., 2011). Rezultat je očitao u metrima s točnošću od 0,001 m.

Tjelesna visina u sjedećem stavu izmjerena je prema istom standardiziranom protokolu kao i tjelesna visina u stojećem stavu, pri čemu je ishodišna točka mjerenja postavljena na sjednu površinu. Ispitanik je sjedio uspravno, s leđima u kontaktu s vertikalnom mjernom površinom i ravnomjernom raspodjelom tjelesne mase, dok su ruke bile opuštene uz tijelo, a glava postavljena u frankfurtskoj ravnini. Rezultat je očitao u metrima s točnošću od 0,001 m.

Duljina noge mjerena je pomoću segmenometra, u skladu s antropometrijskim standardima. Mjerenje je provedeno u uspravnom stojećem stavu, bez obuće, pri čemu je ispitanik stajao ravnomjerno raspoređene tjelesne mase na obje noge. Duljina noge određena je kao udaljenost od *medialnog malleolusa* do antropometrijske točke *spina iliaca anterior superior (iliospinale)*, uz uporabu pomoćnog kraka segmenometra (Gogia i Braatz, 1986; Jamaluddin i sur., 2011). Mjerenje je provedeno iz jednog pokušaja, a rezultat se očitavao u metrima s točnošću od 0,005 m.

Tjelesna masa procijenjena je pomoću digitalne vage postavljene na ravnu i čvrstu podlogu, čime su osigurani uvjeti za točno mjerenje. Mjerenje je provedeno tako da su ispitanici, bez obuće i u laganoj odjeći, zauzeli uspravan i stabilan položaj na vagi, s ravnomjernom raspodjelom tjelesne mase na obje noge. Mjerenje je provedeno iz jednog pokušaja, a rezultat se očitavao u kilogramima s točnošću 0,01 kg.

3.2.2. Kinematičke varijable u pretrčavanju prepone

U ovom istraživanju analizirane su kinematičke varijable koje su u prethodnim znanstvenim radovima identificirane kao ključni kinematički pokazatelji učinkovitosti u preponskom trčanju (Čoh i sur., 2020; Hanley i sur., 2021; Bissas i sur., 2022; Mansour i sur., 2024). Analiza je provedena u skladu s faznom strukturom preponskog koraka, pri čemu su kinematički parametri sistematizirani i interpretirani unutar tri funkcionalno i kinematički različite faze: faza odraza (prije prepone), faza leta (iznad prepone) te faza doskoka (nakon prepone) (Slika 3). Ispitanici su zadatak trčanja 60 m prepone izvodili iz dva pokušaja. Za potrebe ovog istraživanja u obzir se je uzimao pokušaj sa boljim natjecateljskim rezultatom.

Faza odraza

- Vrijeme kontakta (s) – Vrijeme kontakta stopala s podlogom prije prepone definirano je kao vremenski interval (izražen u sekundama) između inicijalnog dodira stopala odrazne noge s tlom i trenutka njegova potpunog odvajanja od podloge, pri čemu se ova varijabla odnosi na fazu odraza neposredno prije prelaska preko prepone. Rezultat se bilježio u 0,01 s.

- Duljina od odraza do prepone (m) – Duljina od odraza do prepone definirana je kao linearna udaljenost između točke posljednjeg kontakta stopala s podlogom prije prepone i vertikalne ravnine prepone, izražena u 0,01 m.
- Kut odraza ($^{\circ}$ - α) – Kut kojeg zatvara sjecište vertikalne linije od vrha stopala u trenutku odraza do *crista iliace* i horizontalne linije tla.
- Kut odrazne noge u koljenu ($^{\circ}$ - β) – Kut koji u trenutku odraza pred preponom zatvara sjecište dvaju pravaca: pravac od točke *crista iliaca* do lateralnog epikondila femura (*epicondylus lateralis femoris*) i pravac od lateralnog maleolusa (*malleolus lateralis*) do lateralnog epikondila femura (*epicondylus lateralis femoris*).

Faza leta

- Horizontalna brzina (m/s) – Horizontalna brzina ispitanika tijekom pretrčavanja prepone izmjerena je optičkim mjernim sustavom OptoJump (Microgate, Bolzano, Italija). Sustav izračunava horizontalnu brzinu na temelju duljine koraka i frekvencije koraka, pri čemu se duljina koraka određuje prostornim položajem prekida optičkog signala između stopa ispitanika i mjernih traka sustava, dok se frekvencija koraka određuje na temelju trajanja faze kontakta stopala s podlogom i trajanja faze leta. Vrijednost se bilježi u metrima u sekundi s točnošću od 0,01 m/s.
- Vertikalna brzina (m/s) – Vertikalna brzina markera *crista iliaca* u trenutku odraza pred preponom izračunata je primjenom temeljnih kinematskih jednadžbi balističkog gibanja pod utjecajem gravitacije (Hall, 2014), prema jednadžbi:

$$v = g * t$$

gdje g predstavlja gravitacijsku akceleraciju ($9,81 \text{ m/s}^2$), a t vrijeme od trenutka napuštanja podloge do trenutka dostizanja najviše točke putanje markera (*crista iliaca*). Mjerenje vremena uzleta provedeno je dvodimenzionalnom video analizom u sagitalnoj ravnini, korištenjem programa Kinovea (verzija 0.9.5), pri čemu je trenutak odraza definiran kao posljednji kontakt stopala s podlogom, a najviša točka putanje kao sličica u kojoj marker *crista iliaca* dostiže maksimalnu vertikalnu poziciju tijekom faze leta. Vrijeme uzleta izračunato je brojanjem broja sličica od trenutka odraza do najviše točke te je pomnoženo s trajanjem jedne sličice. Valjanost dvodimenzionalne video analize u programu Kinovea za izračun vertikalne brzine

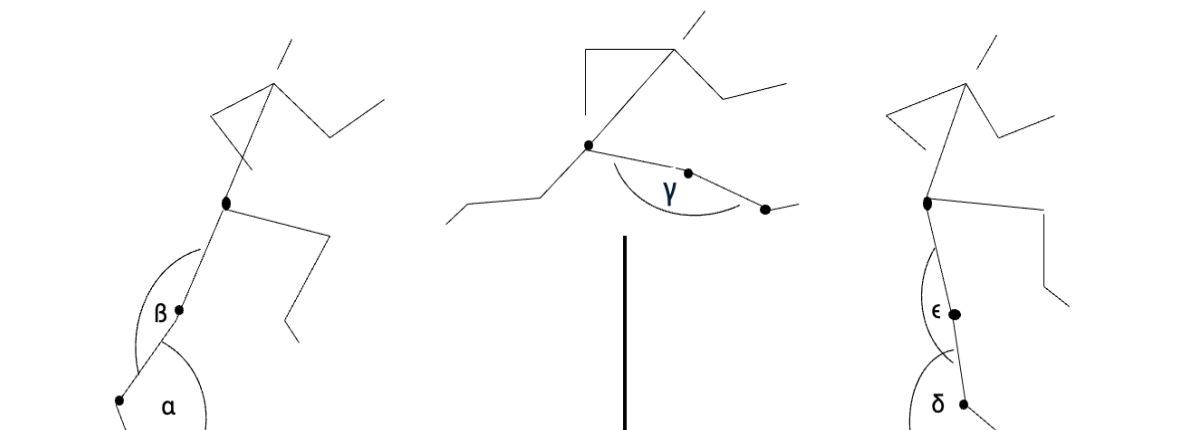
pri odrazu potvrđena je u recentnim studijama (Balsalobre-Fernández i sur., 2014; Melis Brničević, 2019; Pueo i sur., 2020).

- Kut zamašne noge u koljenu ($^{\circ} - \gamma$) – Kut kojega zatvara sjecište dvaju pravaca. Prvi pravac je određen od točke *lateralnog maleolusa* do *lateralnog epikondila femura* i drugi pravac od *crista iliace* do *lateralnog epikondila femura*.
- Duljina preponskog koraka (m) – Duljina preponskog koraka definirana je kao linearna udaljenost između točke odraza prije prelaska preko prepone i točke prvog kontakta stopala s podlogom nakon pretrčavanja prepone. Izražava se u metrima i predstavlja ukupnu duljinu faze leta tijekom preponskog koraka, uključujući segment odraza, prolazak iznad prepone i doskok.
- Visina *crista iliaca* iznad prepone (VCIP, m) – Visina kuka iznad prepone određena je kao vertikalna udaljenost između gornjeg ruba prepone i anatomske točke *crista iliaca* u trenutku postizanja maksimalne vertikalne elevacije tijekom faze leta iznad prepone. Mjerenje je provedeno na temelju dvodimenzionalne video analize u sagitalnoj ravnini, korištenjem programa Kinovea (verzija 0.9.5). Položaj točke *crista iliaca* identificiran je pomoću reflektirajućeg markera prethodno postavljenog na tijelo ispitanika. Vertikalna udaljenost između markera i gornjeg ruba prepone očitana je u sličici videozapisa koja odgovara trenutku maksimalne visine kuka tijekom faze leta. Kalibracija mjernog sustava provedena je korištenjem poznate dimenzije prepone kao referentne duljine u ravnini snimanja. Rezultat se bilježio u metrima s točnošću od 0,01 m.

Faza doskoka

- Vrijeme kontakta (s) – Vrijeme kontakta stopala s podlogom u fazi nakon prepone definira se kao vremenski interval između inicijalnog dodira zamašne noge s podlogom nakon prelaska preko prepone i trenutka njenog napuštanja tla, čime započinje sljedeća faza trkačkog koraka. Vrijednost se izražavala u 0,01 s.
- Duljina od prepone do doskoka (m) – Duljina od prepone do doskoka definira se kao horizontalna udaljenost od vertikalne projekcije prepone do točke prvog kontakta zamašne noge s podlogom nakon njenog prelaska, izražena u 0,01 m.
- Kut slijetanja zamašne noge ($^{\circ} - \delta$) – Kut kojeg zatvara sjecište pravca od vrha prstiju u trenutku doskoka do *crista iliace* i horizontalne linije s podlogom.

- Kut u koljenu zamašne noge ($^{\circ} - \epsilon$) – Kut kojeg zatvara sjecište dvaju pravaca. Prvi pravac od *crista iliace* do *lateralnog epikondila femura* i od *lateralnog maleolusa* do *lateralnog epikondila femura*.



Slika 3. Prikaz analiziranih kutova u fazi odraza, leta i doskoka

3.2.3. Kriterijska varijabla preponskog trčanja

Rezultat u natjecateljskoj disciplini 60 m prepone se definira kao ukupno vrijeme, izraženo u sekundama i stotinkama sekundi, koje protekne od trenutka startnog signala do prolaska ispitanika kroz ciljnu ravninu, pri čemu se mjerenje provodi elektroničkim sustavom vremena s visokom preciznošću.

Uz glavnu kriterijsku varijablu natjecateljskog rezultata u disciplini 60 metara prepone, dodatno su analizirane i dvije sekundarne varijable, prolazna vremena na prvoj i petoj preponi. Prolazno vrijeme na prvoj odnosno petoj preponi definirano je kao vremenski interval od trenutka startnog signala do trenutka kada ispitanik tijekom pretrčavanja prepone prekine signal fotočelije postavljene iznad prepone. Vrijednosti se bilježe u sekundama s točnošću od 0,01 s.

3.2.4. Kinetičke varijable vertikalnog dubinskog skoka

Biomehaničke varijable dubinskog skoka obuhvaćaju kvantitativne pokazatelje neuromišićne učinkovitosti i sposobnosti prijelaza iz ekscentrične u koncentričnu mišićnu kontrakciju, a u ovom istraživanju analizirane su sljedeće varijable:

- Vrijeme kontakta (s) – Vrijeme kontakta definira se kao vremenski interval između inicijalnog dodira stopala s podlogom i trenutka kada stopalo ponovno napušta podlogu tijekom odraza. Izražava se u 0,01 s te predstavlja ključni pokazatelj brzine prijelaza iz ekscentrične u koncentričnu mišićnu aktivaciju u skokovima.
- Visina skoka (m) – Visina skoka u dubinskom skoku definira se kao maksimalna vertikalna udaljenost koju središte centra mase tijela prijeđe od trenutka odraza do trenutka ponovnog kontakta s podlogom, nakon doskoka s povišene kutije za saskok. Rezultat se bilježi u 0,01 m.
- Brzina odraza (m/s) – Brzina odraza predstavlja vertikalnu komponentu brzine centra mase tijela u trenutku napuštanja podloge, koja odražava eksplozivnost odraza.
- Reaktivni indeks jakosti (RSI) – Reaktivni indeks jakosti predstavlja omjer visine skoka i vremena kontakta stopala s podlogom tijekom izvođenja dubinskog skoka (Flanagan i Comyns, 2008).

$$RSI = \frac{\text{Visina skoka (m)}}{\text{Vrijeme kontakta (s)}}$$

- Relativna vršna snaga (RVS, W/kg) - Relativna vršna snaga (*engl. Relative Peak Power*) predstavlja maksimalnu snagu koju sportaš može proizvesti u odnosu na tjelesnu masu (Sayers i sur., 1999).

$$RVS = \frac{(60.7 * \text{Visina skoka (cm)} + 45.3 * \text{Tjelesna masa (kg)} - 2055)}{\text{Tjelesna masa (kg)}}$$

- Maksimalna sila ekscentrične faze (N) - Označava najvišu zabilježenu vrijednost sile koju sportaš generira u trenutku spuštanja i amortizacije pri doskoku na platformu, odnosno tijekom ekscentrične kontrakcije mišića. Ova sila reflektira sposobnost tijela da brzo apsorbira mehaničko opterećenje.

- Maksimalna sila koncentrične faze (N) - Predstavlja najveću silu generiranu tijekom odraza, tj. tijekom koncentrične kontrakcije, kada mišići proizvode silu dok se skraćuju. Ova vrijednost odražava sposobnost ispitanika da iz amortiziranog položaja proizvede maksimalni pogonski impuls prema gore.
- Trajanje ekscentrične faze (s) - Vrijeme od prvog kontakta stopala s podlogom do točke kada vertikalna brzina tijela dosegne 0 m/s (točka minimalne visine). Odražava koliko brzo sportaš može apsorbirati silu doskoka, bilježi se u 0,01 s. Kraće trajanje uz visoku silu pokazuje visoku reaktivnu sposobnost.
- Trajanje koncentrične faze (s) - Vrijeme od kraja ekscentrične faze (kada vertikalna brzina = 0) do napuštanja podloge. Mjeri se kao vrijeme tijekom kojeg sportaš aktivno generira silu za odraz, bilježi se u 0,01 s. Kraće vrijeme s visokim vrijednostima sile i visinom skoka pokazuje veću eksplozivnu snagu.
- Prosječna sila ekscentrične faze (N) - Srednja vrijednost sile generirane tijekom amortizacijskog (ekscentričnog) dijela pokreta. Ukazuje na prosječno opterećenje koje tijelo podnosi pri doskoku.
- Prosječna sila koncentrične faze (N) - Prosječna vrijednost sile koju sportaš generira tijekom koncentrične faze, od početka odraza do napuštanja platforme. Predstavlja ukupni doprinos sile tijekom odraza, neovisno o vršnim vrijednostima.

3.2.5. Kinematičke varijable horizontalnih skokova

Kinematičke varijable horizontalnih skokova odnose se na kvantitativne pokazatelje koji opisuju prostorne i vremenske karakteristike kretanja tijela tijekom izvođenja horizontalno usmjerenog skoka, ne uzimajući u obzir sile koje uzrokuju to gibanje. Testovi horizontalnih skokova izvodili su se u dva pokušaja, a u obzir se je uzimao onaj koji je imao bolji rezultat u vremenu izvođenja testa. Od ukupno izvedenih skokova za sve ispitanike ekstrahirao se je isti broj skokova za daljnje analize te su se na taj način pripremili svi ostali parametri.

- Vrijeme kontakta (s) – Vrijeme koje stopalo provede u kontaktu s podlogom od trenutka dodira do napuštanja tla. Vrijednost se je bilježila u 0,01 s.
- Vrijeme leta (s) - Vremenski interval između napuštanja podloge i ponovnog kontakta s tlom, izraženo u 0,01 s.

- Visina (m) - vertikalna udaljenost prijeđena tijekom faze leta, izračunata na temelju vremena leta zabilježenog OptoJump sustavom. Iako horizontalni skok prioritizira vodoravno kretanje, određena vertikalna komponenta je nužna za postizanje optimalnog paraboličnog luka. Vrijednost se bilježila u 0,01 m.
- Frekvencija (Hz) – predstavlja broj skokova izvedenih u jednoj sekundi te odražava ritmičnost i cikličku dinamiku pokreta. U sustavu OptoJump, frekvencija se izračunava kao recipročna vrijednost zbroja vremena kontakta stopala s podlogom i vremena leta (Microgate, n.d.).
- Duljina skoka (m) – Horizontalna udaljenost od mjesta odraza do doskoka. Vrijednost se bilježila u 0,01 m.
- Brzina (m/s) – izračunava se kao omjer udaljenosti (L) između dva uzastopna kontakta stopala s podlogom i zbroja vremena kontakta (Tc) i vremena leta (Tf) (Microgate, n.d.).

$$Brzina = \frac{L}{Tc + Tf}$$

- Kut (°) – Predstavlja kut koji tangenta na teorijsku parabolu gibanja tijela zatvara s tlom, pri čemu se parabola određuje horizontalnom udaljenošću između uzastopnih kontakata stopala i procijenjenom visinom skoka. Ovaj kut reflektira orijentaciju sile pri odrazu te omjer vertikalne i horizontalne komponente gibanja, što ga čini relevantnim pokazateljem biomehaničke učinkovitosti u horizontalnim skokovima (Microgate, n.d.).
- Reaktivni indeks jakosti (RSI - hop) – Omjer visine skoka i vremena kontakta. Ova varijabla kvantificira sposobnost brzog i eksplozivnog prijelaza iz ekscentrične u koncentričnu fazu i koristi se kao ključan pokazatelj neuromišićne reaktivnosti (Šarabon i sur., 2022).

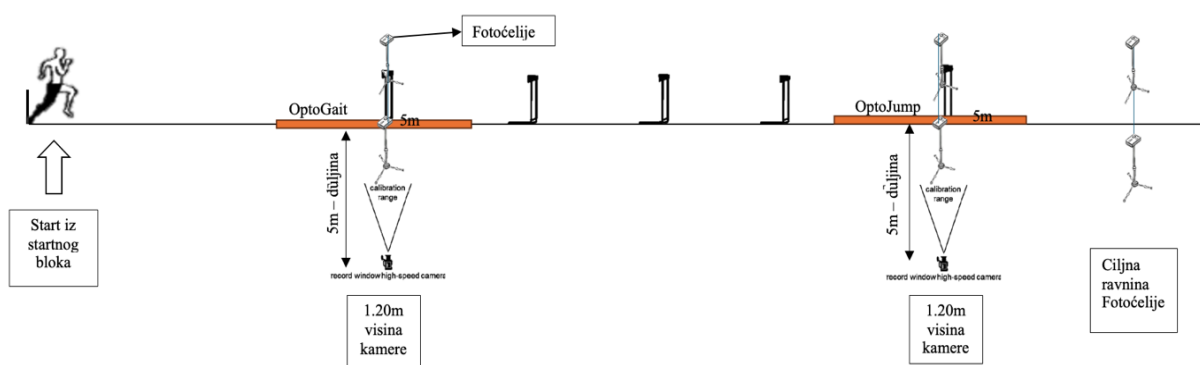
$$RSI = \frac{Duljina\ skoka\ (m)}{Vrijeme\ kontakta\ (s)}$$

- Ukupno vrijeme (s) - Ukupno vrijeme potrebno za izvođenje horizontalnih skokova na dionici od 20 m a može se definirati kao vremenski interval od početnog odraza prvog skoka do završnog kontakta stopala s podlogom prilikom doskoka na ciljnu udaljenost od 20 metara. Rezultat se bilježio 0,01 s.

3.3. Materijali i instrumenti

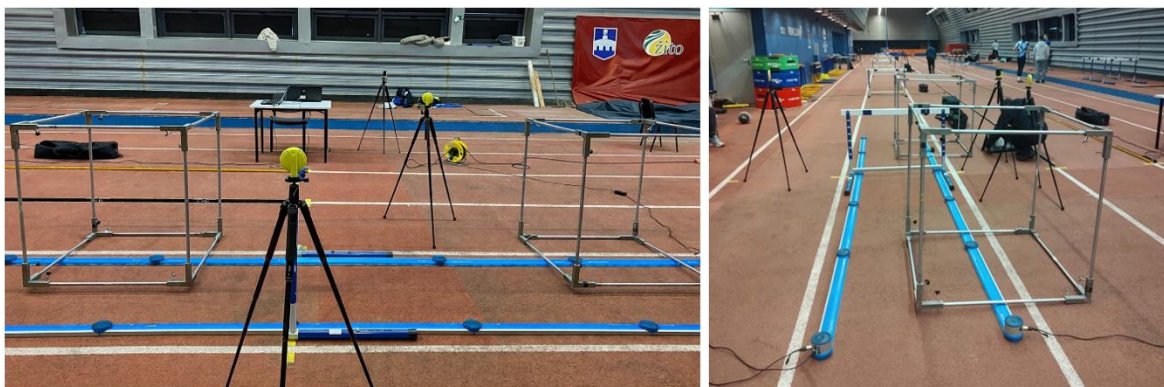
U svrhu ovog istraživanja, za provođenje morfološke analize ispitanika korišteni su sljedeći mjerni instrumenti: mjerna skala za određivanje tjelesne visine u stojećem i sjedećem stavu, segmenometar za mjerenje duljinskih dimenzija te digitalna vaga za precizno određivanje tjelesne mase.

Za potrebe analize preponskog trčanja korišten je sljedeći mjerno-instrumentalni sustav: trkačka dionica duljine 60 metara s postavljenih pet prepona, smještena unutar zatvorene tartan staze; startni blok za standardizaciju početnog položaja i izvođenja; te optoelektronički sustav *OptoJump* (Microgate, Bolzano, Italija) u konfiguraciji duljine 5 metara (Slika 4). Sustav je sastavljen od dviju paralelnih šipki s nizom infracrvenih senzora koji kontinuirano detektiraju prekid svjetlosnih zraka i omogućuju precizno bilježenje prostorno-vremenskih parametara skokova i trčanja, s vremenskom rezolucijom od 0,001 sekunde (Glazier i Irwin, 2001). Podaci su prikupljeni i analizirani putem pripadajućeg računalnog sustava i programskog paketa *OptoJump Next*. Dodatno, u analizi trčanja korišten je i sustav *OptoGait* (Microgate, Bolzano, Italija), također temeljen na paru paralelnih šipki s infracrvenim diodama i foto-senzorima, namijenjen preciznom bilježenju prostorno-vremenskih parametara hoda i trčanja. Sustav posjeduje vremensku rezoluciju od 0,001 sekunde te se pokazao validnim i pouzdanim alatom za analizu kinematičkih obrazaca kretanja (Lee i sur., 2014). Za točno mjerenje vremena prolaska kroz referentne točke na stazi korištena su tri para fotočelija (Witty, Microgate, Italija).



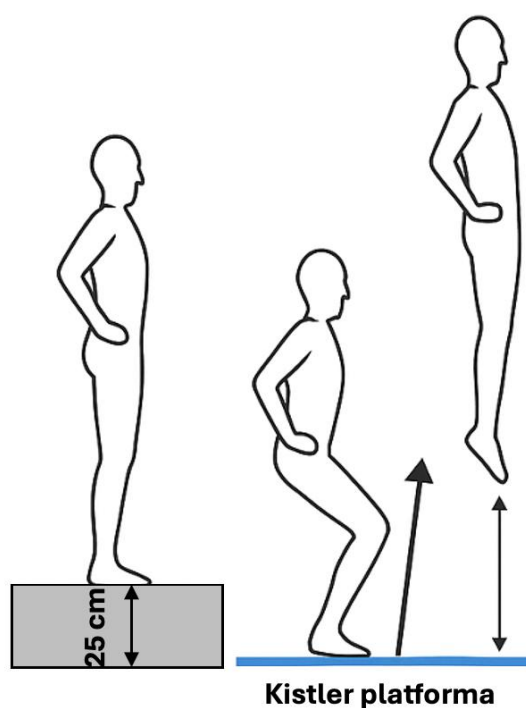
Slika 4. Prikaz mjerno-instrumentalnog sustava za analizu preponskog trčanja

U svrhu kinematičke analize korištene su dvije kamere Panasonic DMC-FZ200 koje su omogućivale snimanje u full HD rezoluciji (1920×1080) pri brzini snimanja od 120 sličica u sekundi, postavljene na stativima u sagitalnoj ravnini na udaljenosti od 5 m od ravnine kretanja ispitanika i na visini od 1,20 m, pri čemu je optička os objektivna bila postavljena okomito na sagitalnu ravninu kretanja (Slika 5). Snimanje je provedeno frekvencijom od 25 sličica u sekundi pri razlučivosti od $1280 * 720$ piksela. Optička kalibracija mjernog prostora provedena je prije početka mjerenja, za svaku kameru zasebno. U ravnini snimanja postavljena su dva referentna kalibracijska okvira poznatih dimenzija ($1 * 1 * 1$ m), a dodatno su korištene poznate udaljenosti unutar mjernog polja, uključujući duljinu sustava OptoJump (5 m) te visinu prepone, kao kontrolne referentne mjere. Položaj kamere i stativa nije se mijenjao tijekom snimanja pojedinog ispitanika kako bi se osigurala konzistentnost kalibracijskog okvira. Na temelju poznatih dimenzija referentnih objekata u ravnini snimanja, u programu Kinovea (verzija 0.9.5) provedena je transformacija koordinata iz slikovnog (pikselnog) u metrički sustav, čime je omogućeno precizno očitavanje prostornih parametara kinematičke analize. S obzirom na frekvenciju snimanja od 25 slika u sekundi, vremenski interval između dviju uzastopnih slika iznosio je 0,04 s, što pri prosječnom trajanju faze leta iznad prepone od približno 0,30 do 0,45 s omogućuje registraciju 7 do 11 slika unutar te faze. Sustavna pogreška u procjeni vremenskih parametara faze leta procijenjena je na $\pm 0,04$ s. Prostorna pogreška u određivanju položaja anatomskih točaka, uvjetovana razlučivošću snimanja od $1280 * 720$ piksela i postupkom ručne digitalizacije, procijenjena je na $\pm 0,01$ m. Navedene vrijednosti pogreške uzete su u obzir pri interpretaciji kinematičkih parametara, osobito vertikalne brzine i visine *crista iliace* iznad prepone, koji su osjetljivi na preciznost određivanja trenutka odraza i vrha parabole leta.



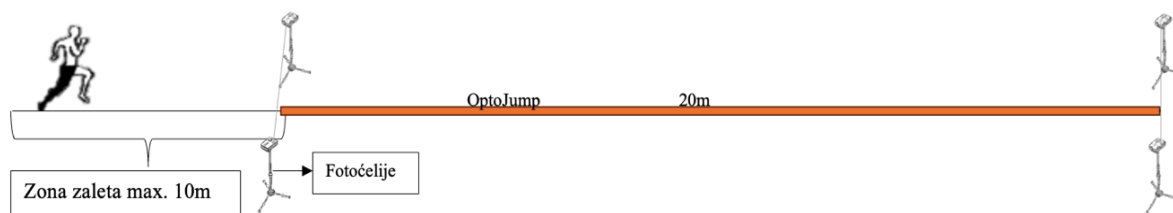
Slika 5. Prikaz optičke kalibracije mjernog prostora prije početka mjerenja, za svaku kameru zasebno

Za analizu vertikalnog dubinskog skoka korištena je kutija visine 25 cm, s koje su ispitanici izvodili skokove (Slika 6). Biomehanički parametri skoka prikupljeni su pomoću platforme *Kistler* (model 9286, Winterthur, Švicarska) povezane s pripadajućim računalnim programskim sustavom za prikupljanje podataka.



Slika 6. Prikaz mjerno-instrumentalnog sustava za analizu dubinskog skoka

Za analizu horizontalnih skokova korišten je optoelektronički sustav *OptoJump* (Microgate, Bolzano, Italija), postavljen duž trkačke dionice od 20 metara te povezan s pripadajućim računalnim programom za registraciju i analizu podataka. Za mjerenje vremenskih parametara skokova korištena su dva para fotočelija (Witty, Microgate, Italija), postavljena na početku i kraju dionice (Slika 7).



Slika 7. Prikaz mjerno-instrumentalnog sustava za analizu horizontalnih skokova

3.4. Eksperimentalni postupak

Prije početka istraživanja upućeni su službeni dopisi Hrvatskom atletskom savezu, Srpskom atletskom savezu, Atletskom savezu Bosne i Hercegovine te Slovenskom atletskom savezu s ciljem dobivanja suglasnosti za sudjelovanje njihovih atletičara u istraživanju. Nakon odobrenja, uspostavljen je kontakt s odgovornim trenerima te su u dogovoru s njima definirani termini provedbe ispitivanja, u skladu s natjecateljskim kalendarima ispitanika.

Istraživanje je provedeno u dvije etape, u uvjetima zatvorene atletske staze. Prva etapa realizirana je u dvorani stadiona Gradski vrt u Osijeku, gdje su ispitani sudionici s područja Slavonije, Srbije i Bosne i Hercegovine. Druga etapa istraživanja provedena je u zatvorenoj atleskoj dvorani na prostoru Zagrebačkog velesajma, a obuhvatila je ispitanike s područja Zagreba i okolice te iz Slovenije. Na dan prikupljanja podataka sva mjerna oprema bila je postavljena i kalibrirana u skladu s tehničkim protokolima.

Za potrebe testiranja preponskog trčanja postavljeno je pet prepona prema *Općim pravilima i propozicijama za natjecanja u 2024. godini* (HAS, 2024), na visine propisane za mlađe juniorke (5 prepona; visina 0,762 m; razmak 8,50 m; udaljenost od starta do prve prepone 13 m; od zadnje prepone do cilja 13 m) i mlađe juniore (5 prepona; visina 0,914 m; razmak 9,14 m; udaljenost od starta do prve prepone 13,72 m; od zadnje prepone do cilja 9,72 m). Sustav *OptoGait* duljine 5 m (3 m prije prepone i 2 m nakon prepone) postavljen je kod prve prepone, dok je *OptoJump* sustav (3 m prije prepone i 2 m nakon prepone) bio postavljen kod pete prepone. Dodatno, parovi fotoćelija postavljeni su uz prvu i petu preponu te na ciljnoj ravnini radi preciznog mjerenja prolaznih i završnih vremena. Za potrebe

kinematičke analize, dvije kamere postavljene su na udaljenosti od 5 m od prepone i na visini od 1,20 m, paralelno s prvom i petom preponom. Ispitanici su startali iz startnog bloka na signal mjeritelja koji bi pokrenuo mjerenje vremena, s ciljem da u što kraćem vremenu prijeđu zadanu dionicu od 60 m prepone.

Dubinski skok izvodio se na platformi *Kistler* (model 9286, Winterthur, Švicarska), koja je bila postavljena na tvrdu, stabilnu podlogu. Uz platformu je bila pozicionirana kutija za saskok visine 25 cm, s koje su ispitanici započinjali izvedbu. Ispitanici su stajali na rubu kutije s rukama postavljenima na kukove, a izvedba je započinjala iskorakom jednom nogom izvan kutije, nakon čega je uslijedio pad te doskok na platformu. Neposredno nakon kontakta s platformom, ispitanici su izvodili maksimalno snažan vertikalni odraz uz minimalno moguće vrijeme kontakta s podlogom, nakon čega je slijedio ponovni doskok na istu platformu. Sudionici su dobili standardiziranu verbalnu uputu da izvedu skok što snažnijim odrazom u visinu, uz što kraći kontakt stopala s podlogom (Flanagan, Ebben i Jensen, 2008). Svaki ispitanik izveo je dva pokušaja, s dvije minute pasivnog odmora između ponavljanja.

Horizontalni skokovi izvodili su se na ispitnoj dionici duljine 20 metara, postavljenoj na tartan podlozi, uz prethodno definiranu zaletnu zonu maksimalne duljine 10 metara. Na ispitnu dionicu bio je postavljen optoelektronički sustav *OptoJump* (Microgate, Bolzano, Italija), dok su na početnoj i završnoj točki dionice bila pozicionirana po dva para fotoćelija radi preciznog bilježenja vremenskih parametara. Ispitanici su izvodili tri varijante skokova: unilateralne horizontalne skokove na desnoj i lijevoj nozi, te skokove s noge na nogu. Za svaki pokušaj ispitanici su dobili standardiziranu uputu da prijeđu zadanu dionicu od 20 metara uz što manji broj skokova te s minimalnim kontaktom stopala s podlogom (Babić i sur., 2021). Početna faza testiranja odvijala se unutar zaletne zone, gdje su ispitanici, na verbalni signal mjeritelja, imali mogućnost izvođenja nekoliko ubrzavajućih trkaćih koraka prije dolaska na startnu liniju, od koje je započinjala izvedba horizontalnih skokova. Prolaskom kroz prvi par fotoćelija, postavljenih na startnoj liniji, aktiviralo se mjerenje vremena koje je trajalo do prolaska kroz drugi par fotoćelija na kraju ispitne dionice. Svaka varijanta skoka izvođena je u dva ponavljanja, pri čemu se za daljnju analizu uzimao bolji rezultat. Između pokušaja osigurana je pasivna faza odmora u trajanju od pet minuta.

Testiranja u oba grada provedena su u jutarnjim satima, u kontroliranim uvjetima zatvorenih atletskih prostora. Po dolasku ispitanika, prvo su prikupljene morfološke mjere,

nakon čega je uslijedilo samostalno zagrijavanje u trajanju od približno 30 minuta. Prije izvođenja testa preponskog trčanja, na tijela ispitanika postavljeni su reflektirajući markeri na tri standardizirane antropometrijske točke: *trochanter major*, lateralni *maleolus* i lateralna glava *fibule*, s ciljem omogućavanja precizne kinematičke analize pokreta. Nakon toga, ispitanici su pristupili bateriji testova motoričkih sposobnosti, koja je uključivala: sprint na 60 metara s preponama, vertikalni dubinski skok te horizontalne skokove (unilateralni skokovi na odraznoj i zamašnoj nozi te skokovi s noge na nogu). Svi prikupljeni podaci digitalno su pohranjeni i analizirani, pri čemu su za potrebe daljnje statističke obrade uzimani najbolji rezultati pojedinih testova. Ispitanici koji nisu uspješno savladali zadani ritam trčanja od tri koraka između prepona bili su isključeni iz analize.

3.5. Metode obrade podataka

Za potrebe analize kinematičkih parametara tijekom prelaska preko prepona korišten je računalni program Kinovea (verzija 0.9.5), koji omogućuje dvodimenzionalnu video analizu pokreta. Pomoću navedenog programskog alata analizirani su kutovi zglobova tijekom prelaska preko prepona, kao i visina kuka iznad prepone iznad svake prepone. Ti su parametri korišteni u daljnjoj analizi biomehaničke učinkovitosti izvedbe. Grafički prikazi rezultata izrađeni su u programu GraphPad Prism 11 (verzija 11.0.0. 93), koji je korišten za vizualizaciju podataka i izradu grafova.

Statistička obrada prikupljenih podataka provedena je u softverskom paketu IBM SPSS Statistics (29.0.2.0.). Prije provođenja statističkih procedura koje odgovaraju postavljenim hipotezama, provjerena je normalnost distribucije pomoću *Kolmogorov-Smirnovog* testa, uz razinu pogreške zaključivanja postavljenu na $p < 0,05$. Izračunati su deskriptivni statistički pokazatelji, uključujući aritmetičku sredinu, standardnu devijaciju, minimalne i maksimalne vrijednosti, koeficijent asimetrije (*skewness*) i koeficijent zakrivljenosti distribucije (*kurtosis*).

U cilju identifikacije latentnih dimenzija među biomehaničkim varijablama skokova te smanjenja njihove dimenzionalnosti bez gubitka informacijske vrijednosti, primijenjena je eksploratorna faktorska analiza (EFA), kao jedna od temeljnih multivarijatnih statističkih metoda. Njezinom primjenom omogućeno je utvrđivanje strukturalnih odnosa među

varijablama te grupiranje visoko koreliranih mjera u zajedničke faktorske jedinice, koje reflektiraju podložne biomehaničke konstrukte izvedbe (Hair et al., 2019).

Prije same analize procijenjena je prikladnost skupa podataka za faktorsku ekstrakciju primjenom *Kaiser - Meyer - Olkinovog* (KMO) testa prikladnosti uzorka i *Bartlettovog testa* sferičnosti. Ekstrakcija faktora provedena je metodom analize glavnih komponenti (PCA), uz primjenu *Oblimin* rotacije radi optimizacije interpretabilnosti faktorske strukture. Kriterij za zadržavanje faktora bio je latentna vrijednost (*eigenvalue*) ≥ 1 , a dodatnu podršku odlučivanju pružio je vizualni prikaz promjene latentnih vrijednosti na scree dijagramu (*Cattellov* kriterij).

Dobiveni faktori poslužili su kao prediktorske varijable u višestrukoj regresijskoj analizi, čime je ispitana njihova sposobnost predikcije rezultata sprinta na 60 metara s preponama. Univarijantni regresijski model primijenjen je u sklopu multivarijantnog pristupa. Njezinom primjenom utvrđen je doprinos svakog pojedinog prediktora (faktora) u objašnjenju varijance kriterijske varijable, pri čemu su kao glavni indikatori modela analizirani multipla korelacija (R), koeficijent determinacije (R²), F-test za statističku značajnost modela, te nestandardizirani regresijski koeficijenti (b) uz pripadajuće t i p vrijednosti.

Povezanost između biomehaničkih parametara skokova i kinematičkih varijabli prelaska preko prepona ispitana je pomoću Pearsonovog koeficijenta korelacije. Snaga korelacije interpretirana je prema modificiranoj skali prema Hopkinsu (2002): vrijednosti od 0,1 označavaju trivijalnu povezanost, od 0,1 do 0,3 malu, od 0,3 do 0,5 umjerenu, od 0,5 do 0,7 veliku, od 0,7 do 0,9 vrlo veliku, dok vrijednosti iznad 0,9 ukazuju na gotovo savršenu povezanost. Statistička značajnost testova postavljena je na razinu $p \leq 0,05$.

4. REZULTATI

4.1. Kvantitativna obilježja analiziranih varijabli

Kako bi se utvrdila normalnost distribucije podataka, proveden je Kolmogorov-Smirnovljev (K-S) test. Rezultati su pokazali da varijabla *Ukupno vrijeme* ne odstupa značajno od normalne distribucije ($p > 0,05$), čime je zadovoljena pretpostavka normalnosti potrebna za primjenu parametrijskih statističkih testova. Vrijednost K-S testa za varijable *Ukupno vrijeme* i *Prolazno vrijeme* iznosi $D = 0,200$.

Osnovni deskriptivni podaci prolaznih vremena trčanja na prvoj i petoj preponi kao i rezultata u natjecateljskoj disciplini 60 m prepone kod ispitanica prikazani su u Tablici 3. Prosječno prolazno vrijeme trčanja na prvoj preponi iznosilo je 2,42 sekunde ($SD = \pm 0,14$), uz minimalnu vrijednost od 2,14 i maksimalnu vrijednost od 2,71 sekundu. Distribucija rezultata ove varijable pokazala je blagu pozitivnu asimetriju ($skew = 0,21$) te umjereno izraženu zaobljenost distribucije ($kurt = 1,14$), što ukazuje na veću koncentraciju rezultata oko srednje vrijednosti.

Tablica 3. Deskriptivna analiza prolaznih vremena trčanja na 1. i 5. preponi i rezultata u natjecateljskoj disciplini 60 m prepone kod ispitanica

Varijable	M	SD	Min	Max	Skew	Kurt	max D	p
Prolazno vrijeme na 1. preponi (s)	2,42	$\pm 0,14$	2,14	2,71	0,21	1,14	0,13	0,20
Prolazno vrijeme na 5. preponi (s)	7,24	$\pm 0,27$	6,72	7,63	-0,23	-0,75	0,13	0,20
Rezultat 60 m prepone (s)	9,01	$\pm 0,31$	8,44	9,51	-0,04	-0,62	0,11	0,20

Napomena: M - aritmetička sredina; SD - standardna devijacija, Min - minimalna vrijednost; Max - maksimalna vrijednost; Skew - asimetrija; Kurt - spljoštenost; max D - maksimalno odstupanje relativne kumulativne empirijske frekvencije od relativne teoretske frekvencije; p – statistička značajnost

Vrijeme trčanja na petoj preponi iznosilo je prosječno 7,24 sekunde ($SD = \pm 0,27$), s vrijednostima u rasponu od 6,72 do 7,63 sekunde. Distribucija je blago negativno asimetrična ($skew = - 0,23$), a vrijednost koeficijenta spljoštenosti ($kurt = - 0,75$) ukazuje na

nešto ravniju distribuciju u odnosu na normalnu, što sugerira prisutnost većeg broja rezultata udaljenih od srednje vrijednosti, iako ne u značajnoj mjeri.

Rezultat 60 m prepone iznosio je u prosjeku 9,01 sekundu ($SD = \pm 0,31$), pri čemu su zabilježene vrijednosti od 8,44 do 9,51 sekunde. Distribucija rezultata ove varijable je gotovo simetrična ($skew = -0,04$), a koeficijent spljoštenosti ($kurt = -0,62$) ukazuje na blago spljoštenu distribuciju, no vrijednosti su i dalje unutar prihvatljivih granica za pretpostavku normalnosti.

Osnovni deskriptivni podaci prolaznih vremena trčanja na 1. i 5. preponi kao i rezultat u natjecateljskoj disciplini 60 m prepone kod ispitanika prikazani su u Tablici 4. Prosječno vrijeme trčanja na prvoj preponi iznosilo je 2,30 sekundi ($SD = \pm 0,23$), s minimalnom zabilježenom vrijednošću od 1,93 i maksimalnom od 2,68 s. Distribucija rezultata pokazala je blagu pozitivnu asimetriju ($skew = 0,27$) sa većim brojem ispitanika koji su postigli rezultate ispod srednje vrijednosti. Koeficijent spljoštenosti ($kurt = -1,02$) ukazuje na ravniju distribuciju u odnosu na normalnu, što upućuje na nešto širi raspon rezultata bez izraženijih ekstremnih vrijednosti.

Tablica 4. Deskriptivna analiza prolaznih vremena trčanja na 1. i 5. preponi i rezultata u natjecateljskoj disciplini 60 m prepone kod ispitanika

Varijable	M	SD	Min	Max	Skew	Kurt	Max D	p
Prolazno vrijeme na 1. preponi (s)	2,30	$\pm 0,23$	1,93	2,68	0,27	-1,02	0,17	0,20
Prolazno vrijeme na 5. preponi (s)	7,11	$\pm 0,40$	6,27	7,76	-0,69	0,46	0,15	0,20
Rezultat 60 m prepone (s)	8,47	$\pm 0,49$	7,51	9,37	-0,35	0,14	0,15	0,20

Napomena: M - aritmetička sredina; SD - standardna devijacija, Min - minimalna vrijednost; Max - maksimalna vrijednost; Skew - asimetrija; Kurt - spljoštenost; max D - maksimalno odstupanje relativne kumulativne empirijske frekvencije od relativne teoretske frekvencije; p – statistička značajnost

Vrijeme trčanja na petoj preponi iznosilo je u prosjeku 7,11 s ($SD = \pm 0,40$), uz raspon od 6,27 do 7,76 sek. Distribucija ove varijable pokazala je izraženiju negativnu asimetriju ($skew = -0,69$), većina ispitanika postigla je rezultate iznad srednje vrijednosti. Vrijednost

kurt = 0,46 ukazuje na nešto uže koncentriranje rezultata oko sredine distribucije, ali još uvijek unutar prihvatljivog raspona.

Rezultat 60 m prepone iznosio je prosječno 8,47 sekundi (SD = ± 0,49), s vrijednostima koje se kreću između 7,51 i 9,37 sekundi. Distribucija ukupnog vremena pokazala je blagu negativnu asimetriju (skew = - 0,35), što upućuje na tendenciju većeg broja rezultata iznad srednje vrijednosti. Koeficijent spljoštenosti (kurt = 0,14) vrlo je blizak vrijednosti 0, što upućuje na to da distribucija nema značajna odstupanja u spljoštenosti u odnosu na normalnu distribuciju.

Osnovni deskriptivni podaci o **kinematičkim parametrima** pretrčavanja 1. i 5. prepone kod ispitanica prikazani su u Tablici 5 te su grupirani prema fazama odraza, leta i doskoka. U fazi odraza, vrijeme trajanja duljine kontakta bilo je nešto kraće kod 5. prepone (M = 0,14 s) u odnosu na 1. (M = 0,15 s). Kutovi odraza i koljena pri odrazu pokazali su blage promjene, dok se duljina odraza i brzine (horizontalna i vertikalna) povećavaju na 5. preponi. U fazi leta, uočeno je povećanje kuta zamašne noge i duljine preponskog koraka na 5. preponi, a visina *crista iliace* iznad prepone (CIP) ostala je relativno slična. U fazi doskoka, vrijeme trajanja kontakta stopala s tlom ostaje stabilno (M = 0,12 s), dok kutovi zamašne noge pri doskoku i duljina doskoka pokazali su varijacije, s nešto većim vrijednostima kod 1. prepone.

Tablica 5. Deskriptivna analiza kinematičkih parametara pretrčavanja prepona kod ispitanica

Varijabla	1. PREPONA				5. PREPONA				
	M	SD	Min	Max	M	SD	Min	Max	
Vrijeme kontakta (s)	0,145	± 0,015	0,122	0,181	0,142	± 0,008	0,131	0,156	
<i>Faza odraza</i>	Kut odraza (°)	77	± 5,82	64	83	75	± 2,74	71	81
	Kut odrazne noge u koljenu (°)	150	± 7,51	139	163	160	± 6,80	147	168
	Duljina od odraza do prepone (m)	1,75	± 0,16	1,53	2,07	1,91	± 0,13	1,70	2,14
<i>Faza leta</i>	Horizontalna brzina (m/s)	6,25	± 0,23	5,89	6,72	6,33	± 0,34	5,73	7,01
	Vertikalna brzina (m/s)	1,51	± 0,10	1,26	1,67	1,54	± 0,13	1,28	1,73
	Kut zamašne noge u koljenu (°)	160	± 9,09	138	171	164	± 12,56	132	176
	Duljina preponskog koraka (m)	2,80	± 0,12	2,56	2,95	2,85	± 0,16	2,64	3,19
	Visina CIP (m)	0,40	± 0,07	0,30	0,51	0,38	± 0,06	0,28	0,49
<i>Faza doskoka</i>	Vrijeme kontakta (s)	0,124	± 0,011	0,107	0,148	0,123	± 0,012	0,098	0,141
	Kut slijetanja zamašne noge (°)	68	± 4,27	57	74	75	± 4,25	65	83
	Kut u koljenu zamašne noge (°)	154	± 6,55	141	165	159	± 7,92	149	173
	Duljina od prepone do doskoka (m)	1,05	± 0,20	0,66	1,35	0,92	± 0,17	0,63	1,17

Napomena: M - aritmetička sredina; SD - standardna devijacija, Min - minimalna vrijednost; Max - maksimalna vrijednost

Osnovni deskriptivni podaci o kinematičkim parametrima pretrčavanja 1. i 5. prepone kod ispitanika prikazani su u Tablici 6 te su grupirani prema fazama odraza, leta i doskoka. U fazi odraza, vrijeme kontakta prije prepone ostalo je konstantno između 1. i 5. prepone (M = 0,14 s). Duljina odraza povećava se s 1,95 m na 2,05 m. U fazi leta, vertikalna brzina smanjila se s obzirom na preponu s 1,87 m/s na 1,82 m/s, dok je horizontalna brzina porasla s 6,66 m/s na 6,82 m/s. Iznad prepone, duljina preponskog koraka se smanjila s 3,49 m na 3,34 m, a visina CIP s 0,41 m na 0,37 m. Duljina doskoka kod 5. prepone bila je manja u odnosu na 1. preponu (1. prepona M = 1,54 m; 5. prepona M = 1,36 m).

Tablica 6. Deskriptivna analiza kinematičkih parametara pretrčavanja prepona kod ispitanika

Varijabla	1. PREPONA				5. PREPONA				
	M	SD	Min	Max	M	SD	Min	Max	
<i>Faza odraza</i>	Vrijeme kontakta (s)	0,143	± 0,011	0,125	0,161	0,145	± 0,015	0,123	0,172
	Kut odraza (°)	79	± 5,34	68	88	74	± 3,34	68	80
	Kut odrazne noge u koljenu (°)	154	± 9,20	135	172	156	± 5,19	151	165
	Duljina od odraza do prepone (m)	1,95	± 0,16	1,78	2,39	2,05	± 0,17	1,71	2,43
<i>Faza leta</i>	Horizontalna brzina (m/s)	6,66	± 0,42	5,97	7,35	6,82	± 0,68	5,45	7,89
	Vertikalna brzina (m/s)	1,87	± 0,18	1,55	2,21	1,82	± 0,22	1,54	2,24
	Kut zamašne noge u koljenu (°)	155	± 12,26	131	178	159	± 13,35	125	178
	Duljina preponskog koraka (m)	3,49	± 0,18	3,18	3,68	3,34	± 0,27	2,54	3,64
	Visina CIP (m)	0,41	± 0,06	0,31	0,49	0,37	± 0,06	0,25	0,47
<i>Faza doskoka</i>	Vrijeme kontakta (s)	0,115	± 0,011	0,098	0,141	0,114	± 0,014	0,093	0,142
	Kut slijetanja zamašne noge (°)	74	± 4,13	69	85	79	± 4,66	71	86
	Kut u koljenu zamašne noge (°)	161	± 9,20	135	171	156	± 8,70	140	173
	Duljina od prepone do doskoka (m)	1,54	± 0,30	0,89	1,86	1,36	± 0,25	0,89	1,92

Napomena: M - aritmetička sredina; SD - standardna devijacija, Min - minimalna vrijednost; Max - maksimalna vrijednost

Osnovni deskriptivni podaci o kinematičkim parametrima unilateralnih horizontalnih skokova na odraznoj i zamašnoj nozi kod ispitanica prikazani su u Tablici 7. Vrijeme kontakta bilo je kraće pri skokovima na zamašnoj nozi ($M = 0,158$ s) u odnosu na skokove na odraznoj nozi ($M = 0,190$ s). Vrijeme leta i ukupno vrijeme izvođenja skokova na dionici od 20 m bili su slični između nogu (odrazna: $M = 0,327$ s; zamašna: $M = 0,325$ s). Reaktivna učinkovitost (RSI-hop) bila je nešto veća kod skokova odraznom nogom ($M = 1,64$) u odnosu na zamašnu ($M = 1,56$).

Tablica 7. Deskriptivna analiza kinematičkih parametara unilateralnih horizontalnih skokova kod ispitanica

	Varijable	M	SD	Min	Max
<i>Unilateralni skokovi na odraznoj nozi</i>	Vrijeme kontakta (s)	0,190	± 0,031	0,131	0,225
	Vrijeme leta (s)	0,327	± 0,036	0,253	0,368
	Visina (m)	0,13	± 0,03	0,08	0,17
	Frekvencija (Hz)	1,91	± 0,15	1,77	2,27
	Duljina koraka (m)	2,41	± 0,24	1,95	2,77
	Brzina (m/s)	4,58	± 0,42	3,72	5,55
	Kut faze leta (°)	85	± 1,00	83	86
	RSI-hop	1,64	± 0,22	1,33	1,91
	Ukupno vrijeme (s)	4,46	± 0,39	3,94	5,36
<i>Unilateralni skokovi na zamašnoj nozi</i>	Vrijeme kontakta (s)	0,158	± 0,026	0,134	0,217
	Vrijeme leta (s)	0,325	± 0,041	0,243	0,374
	Visina (m)	0,13	± 0,03	0,07	0,17
	Frekvencija (Hz)	1,89	± 0,19	1,72	2,36
	Duljina koraka (m)	2,40	± 0,17	2,10	2,61
	Brzina (m/s)	4,52	± 0,31	4,05	5,19
	Kut faze leta (°)	85	± 1,00	82	86
	RSI-hop	1,56	± 0,22	1,23	2,07
	Ukupno vrijeme (s)	4,44	± 0,38	3,92	5,17

Napomena: M - aritmetička sredina; SD - standardna devijacija, Min - minimalna vrijednost; Max - maksimalna vrijednost

Osnovni deskriptivni podaci o kinematičkim parametrima unilateralnih horizontalnih skokova na odraznoj i zamašnoj nozi kod ispitanika prikazani su u Tablici 8. Vrijeme kontakta bilo je kraće pri skokovima na zamašnoj nozi ($M = 0,181$ s) u odnosu na skokove na odraznoj nozi ($M = 0,190$ s). Brzina izvođenja skoka bila je nešto veća kod odrazne noge ($M = 5,35$ m/s) u odnosu na zamašnu ($M = 5,24$ m/s), uz slično ukupno vrijeme izvođenja skokova (odrazna: $M = 3,82$ s; zamašna: $M = 3,89$ s). Reaktivna učinkovitost (RSI-hop) bila je nešto veća kod skokova zamašnom nogom ($M = 1,80$) u odnosu na odraznu ($M = 1,75$).

Tablica 8. Deskriptivna analiza kinematičkih parametara unilateralnih horizontalnih skokova kod ispitanika

	Varijable	M	SD	Min	Max
<i>Unilateralni skokovi na odraznoj nozi</i>	Vrijeme kontakta (s)	0,190	± 0,023	0,154	0,237
	Vrijeme leta (s)	0,342	± 0,028	0,292	0,396
	Visina (m)	0,14	± 0,02	0,10	0,19
	Frekvencija (Hz)	1,86	± 0,07	1,73	2,02
	Duljina koraka (m)	2,88	± 0,34	2,47	3,55
	Brzina (m/s)	5,35	± 0,51	4,56	6,13
	Kut faze leta (°)	85	± 0,60	84	86
	RSI-hop	1,75	± 0,27	1,23	2,14
	Ukupno vrijeme (s)	3,82	± 0,32	3,40	4,39
<i>Unilateralni skokovi na zamašnoj nozi</i>	Vrijeme kontakta (s)	0,181	± 0,017	0,160	0,214
	Vrijeme leta (s)	0,358	± 0,038	0,290	0,419
	Visina (m)	0,16	± 0,03	0,10	0,21
	Frekvencija (Hz)	1,80	± 0,12	1,62	2,09
	Duljina koraka (m)	2,93	± 0,36	2,18	3,52
	Brzina (m/s)	5,24	± 0,52	4,02	5,85
	Kut faze leta (°)	85	± 1,00	84	86
	RSI-hop	1,80	± 0,26	1,15	2,22
	Ukupno vrijeme (s)	3,89	± 0,47	3,43	5,12

Napomena: M - aritmetička sredina; SD - standardna devijacija, Min - minimalna vrijednost; Max - maksimalna vrijednost

Osnovni deskriptivni podaci o kinematičkim parametrima horizontalnih skokova s noge na nogu za cjelokupnu kretnju te zasebno za desnu i lijevu nogu kod ispitanica prikazani su u Tablici 9. U analizi cjelokupne kretnje horizontalnog skoka s noge na nogu kod ispitanica prosječno vrijeme kontakta iznosilo je 0,178 s, vrijeme leta 0,283 s, a ukupno vrijeme izvođenja skokova 3,60 s. Usporedbom skokova na odraznu i zamašnu nogu utvrđena je veća visina skoka na zamašnoj nozi (M = 0,10 m) u odnosu na odraznu (M = 0,10 m), uz nešto dulje vrijeme leta (zamašna: M = 0,281 s; odrazna: M = 0,285 s). Reaktivna učinkovitost (RSI-hop) skokova s noge na nogu kod ispitanica imao je nižu vrijednost na zamašnoj nozi (M = 1,59) u odnosu na odraznu (M = 1,61).

Tablica 9. Deskriptivna analiza kinematičkih parametara horizontalnih skokova s noge na nogu kod ispitanica

	Varijable	M	SD	Min	Max
<i>Skokovi s noge na nogu (ukupno)</i>	Vrijeme kontakta (s)	0,178	± 0,012	0,156	0,199
	Vrijeme leta (s)	0,283	± 0,041	0,184	0,343
	Visina (m)	0,10	± 0,03	0,04	0,14
	Frekvencija (Hz)	2,20	± 0,24	1,93	2,85
	Duljina koraka (m)	2,56	± 0,18	2,21	2,82
	Brzina (m/s)	5,58	± 0,45	4,56	6,30
	Kut faze leta (°)	83	± 2,17	76	85
	RSI-hop	1,60	± 0,26	1,10	2,00
	Ukupno vrijeme (s)	3,60	± 0,34	3,15	4,20
<i>Skokovi s noge na nogu (odrazna noga)</i>	Vrijeme kontakta (s)	0,178	± 0,013	0,162	0,202
	Vrijeme leta (s)	0,285	± 0,049	0,187	0,370
	Visina (m)	0,10	± 0,03	0,04	0,17
	Frekvencija (Hz)	2,19	± 0,25	1,85	2,77
	Brzina (m/s)	5,58	± 0,41	4,83	6,18
	Kut faze leta (°)	83	± 2,00	77	86
	RSI-hop	1,61	± 0,31	1,07	2,16
<i>Skokovi s noge na nogu (zamašnoj nozi)</i>	Vrijeme kontakta (s)	0,177	± 0,014	0,150	0,199
	Vrijeme leta (s)	0,281	± 0,037	0,196	0,346
	Visina (m)	0,10	± 0,02	0,05	0,15
	Frekvencija (Hz)	2,21	± 0,22	2,03	2,83
	Brzina (m/s)	5,57	± 0,50	4,43	6,46
	Kut faze leta (°)	83	± 2,00	78	85
	RSI-hop	1,59	± 0,26	1,23	2,31

Napomena: M - aritmetička sredina; SD - standardna devijacija, Min - minimalna vrijednost; Max - maksimalna vrijednost

Osnovni deskriptivni podaci o kinematičkim parametrima horizontalnih skokova s noge na nogu za cjelokupnu kretnju te zasebno za desnu i lijevu nogu kod ispitanika prikazani su u Tablici 10. U analizi cjelokupne kretnje horizontalnog skoka s noge na nogu kod ispitanika

prosječno vrijeme kontakta stopala s tlom iznosilo je 0,182 s, vrijeme leta 0,322 s, a ukupno vrijeme izvođenja skokova 3,40 s. Usporedbom skokova na odraznu i zamašnu nogu utvrđene su nešto više vrijednosti visine skoka i vremena leta na zamašnoj nozi (visina: zamašna $M = 0,13$ m; odrazna $M = 0,13$ m). Reaktivna učinkovitost (RSI-hop) skokova s noge na nogu kod ispitanika bila je manja na zamašnoj nozi ($M = 1,78$) u odnosu na odraznu ($M = 1,82$).

Tablica 10. Deskriptivna analiza kinematičkih parametara horizontalnih skokova s noge na nogu kod ispitanika

	Varijable	M	SD	Min	Max
<i>Skokovi s noge na nogu (ukupno)</i>	Vrijeme kontakta (s)	0,182	± 0,015	0,153	0,203
	Vrijeme leta (s)	0,322	± 0,037	0,272	0,400
	Visina (m)	0,13	± 0,03	0,09	0,19
	Frekvencija (Hz)	2,01	± 0,17	1,69	2,29
	Duljina koraka (m)	2,97	± 0,30	2,58	3,57
	Brzina (m/s)	5,96	± 0,50	5,23	6,98
	Kut faze leta (°)	83	± 1,09	81	85
	RSI-hop	1,77	± 0,18	1,45	2,09
	Ukupno vrijeme (s)	3,40	± 0,28	2,89	3,92
<i>Skokovi s noge na nogu (odrazna nogu)</i>	Vrijeme kontakta (s)	0,180	± 0,016	0,150	0,211
	Vrijeme leta (s)	0,325	± 0,034	0,266	0,411
	Visina (m)	0,13	± 0,03	0,09	0,21
	Frekvencija (Hz)	2,01	± 0,17	1,66	2,30
	Brzina (m/s)	6,02	± 0,42	5,25	6,79
	Kut faze leta (°)	84	± 1,00	83	86
	RSI-hop	1,82	± 0,24	1,26	2,16
<i>Skokovi s noge na nogu (zamašna nogu)</i>	Vrijeme kontakta (s)	0,184	± 0,016	0,153	0,217
	Vrijeme leta (s)	0,327	± 0,049	0,248	0,399
	Visina (m)	0,13	± 0,04	0,08	0,20
	Frekvencija (Hz)	1,99	± 0,22	1,68	2,40
	Brzina (m/s)	5,92	± 0,58	5,07	7,23
	Kut faze leta (°)	84	± 1,27	81	86
	RSI-hop	1,78	± 0,24	1,33	2,17

Napomena: M - aritmetička sredina; SD - standardna devijacija, Min - minimalna vrijednost; Max - maksimalna vrijednost

Osnovni deskriptivni podaci o biomehaničkim parametrima vertikalnog dubinskog skoka kod ispitanica prikazani su u Tablici 11. Prosječna visina odraza iznosila je 0,319 m uz vrijeme kontakta od 0,176 s, što je rezultiralo vrijednošću RSI indeksa od 1,87. Trajanje ekscentrične (M = 0,085 s) i koncentrične faze (M = 0,093 s) ukazuje na relativno uravnoteženu strukturu pokreta.

Tablica 11. Deskriptivna analiza biomehaničkih parametara vertikalnog dubinskog skoka kod ispitanica

	Varijable	M	SD	Min	Max
	Visina odraza (m)	0,319	± 0,056	0,246	0,444
	Vrijeme kontakta (s)	0,176	± 0,019	0,134	0,214
	Brzina (m/s)	2,49	± 0,22	2,20	2,95
	Relativna vršna snaga (W/kg)	43,93	± 5,44	35,34	56,41
<i>Dubinski skok</i>	RSI	1,87	± 0,41	1,34	2,71
	Maksimalna sila ekscentrične faze (N)	59,09	± 9,80	45,10	77,80
	Maksimalna sila koncentrične faze (N)	52,63	± 8,51	42,00	76,60
	Trajanje ekscentrične faze (s)	0,085	± 0,013	0,061	0,112
	Trajanje koncentrične faze (s)	0,093	± 0,009	0,075	0,107
	Prosječna sila ekscentrične faze (N)	31,32	± 5,79	22,58	44,37
	Prosječna sila koncentrične faze (N)	26,90	± 3,19	22,44	34,92

Napomena: M - aritmetička sredina; SD - standardna devijacija, Min - minimalna vrijednost; Max - maksimalna vrijednost

Osnovni deskriptivni podaci o biomehaničkim parametrima vertikalnog dubinskog skoka kod ispitanika prikazani su u Tablici 12. Prosječna visina odraza iznosila je 0,397 m uz vrijeme kontakta 0,162 s, što je rezultiralo vrijednošću RSI indeksa od 2,47. Ekscentrična faza trajala je 0,071 s, a koncentrična 0,093 s, uz višu maksimalnu silu u ekscentričnoj (M = 75,13 N) nego u koncentričnoj fazi (M = 62,87 N).

Tablica 12. Deskriptivna analiza biomehaničkih parametara vertikalnog dubinskog skoka kod ispitanika

	Varijable	M	SD	Min	Max
	Visina odraza (m)	0,397	± 0,967	0,208	0,539
	Vrijeme kontakta (s)	0,162	± 0,016	0,137	0,184
	Brzina (m/s)	2,77	± 0,35	2,02	3,25
	Relativna vršna snaga (W/kg)	49,90	± 7,81	33,75	62,12
<i>Dubinski skok</i>	RSI	2,47	± 0,59	1,29	3,20
	Maksimalna sila ekscentrične faze (N)	75,13	± 12,49	55,40	96,50
	Maksimalna sila koncentrične faze (N)	62,87	± 10,50	43,50	81,2
	Trajanje ekscentrične faze (s)	0,071	± 0,009	0,056	0,089
	Trajanje koncentrične faze (s)	0,093	± 0,009	0,080	0,112
	Prosječna sila ekscentrične faze (N)	37,33	± 6,23	26,64	50,84
	Prosječna sila koncentrične faze (N)	29,24	± 3,77	20,49	34,41

Napomena: M - aritmetička sredina; SD - standardna devijacija, Min - minimalna vrijednost; Max - maksimalna vrijednost

4.2. Latentna struktura biomehaničkih parametara dubinskog skoka i kinematičkih varijabli horizontalnih skokova

Faktorska analiza (Tablica 13) provedena je s ciljem identifikacije latentnih biomehaničkih dimenzija koje doprinose izvedbi vertikalnog dubinskog skoka kod ispitanica. Korištena je metoda glavnih komponenti (*eng. Principal Component Analysis*) uz oblimin rotaciju. Prije provedbe konačne faktorske analize provedena je preliminarna analiza korelacijske matrice. Utvrđeno je da varijable visina odraza, vrijeme kontakta i brzina odraza pokazuju visoku međusobnu povezanost s reaktivnim indeksom jakosti (RSI) i relativnom vršnom snagom, što je upućivalo na prisutnost multikolinearnosti i narušavanje faktorske strukture. S obzirom na to da navedene varijable konceptualno predstavljaju izvedene pokazatelje reaktivne izvedbe, zbog čega su isključene iz daljnje analize. Nakon eliminacije navedenih varijabli, faktorska analiza je ponovljena te su dobiveni stabilniji i interpretativno jasniji faktorski obrasci.

Tablica 13. Latentna struktura biomehaničkih parametara vertikalnog dubinskog skoka kod ispitanica

VARIJABLE	FAKTOR	
	1	2
Relativna vršna snaga	0,23	0,98
RSI	0,69	0,88
Maksimalna sila ekscentrične faze	0,86	0,39
Maksimalna sila koncentrične faze	0,89	0,19
Trajanje ekscentrične faze	-0,89	-0,35
Trajanje koncentrične faze	-0,80	0,06
Prosječna sila ekscentrične faze	0,92	0,48
Prosječna sila koncentrične faze	0,83	0,63
λ – latentna vrijednost	5,367	1,367
objašnjenje varijance	67	17

Rezultati Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) testa ukazali su na zadovoljavajuću prikladnost uzorka za faktorsku analizu (KMO = 0,721), dok je Bartlettov test sferičnosti bio statistički značajan ($\chi^2 = 146,792$, $df = 28$, $p < 0,001$), čime je potvrđena dovoljna korelacija među varijablama za provođenje postupka ekstrakcije faktora. Na temelju kriterija latentnih korijena većih od 1, izdvojene su dvije komponente koje zajednički objašnjavaju 84 % ukupne varijance.

Prvi faktor ima latentnu vrijednost 5,367 i objašnjava 67 % ukupne varijance. Druga komponenta interpretirana je kao faktor *dinamičke produkcije sile*. Ovdje su najviše saturirale varijable koje predstavljaju ishod skoka: maksimalna sila ekscentrične faze, maksimalna sila koncentrične faze, trajanje ekscentrične i koncentrične faze te prosječna sila ekscentrične i koncentrične faze. Ove varijable odražavaju krajnju manifestaciju neuromišićne sposobnosti tijela da brzo i učinkovito proizvede silu u vertikalnom smjeru.

Drugi faktor ima latentnu vrijednost 1,367 i objašnjava 17 % ukupne varijance. interpretirana je kao faktor *ekscentrično-koncentrične mehaničke efikasnosti*. Visoke saturacije u ovom faktoru zabilježene su kod varijabli koje se odnose na relativnu vršnu snagu i reaktivni indeks jakosti. Ova komponenta odražava sposobnost sportašica da kontroliraju i generiraju silu unutar vrlo kratkih vremenskih intervala, što je ključno za uspješnu reaktivnu izvedbu skoka.

Faktorska analiza (Tablica 14) provedena je na uzorku ispitanika, s ciljem identifikacije latentnih biomehaničkih dimenzija koje doprinose izvedbi vertikalnog dubinskog skoka. Korištena je metoda glavnih komponenti (*eng. Principal Component Analysis*) uz oblimin rotaciju. Prije provedbe konačne faktorske analize provedena je preliminarna analiza korelacijske matrice. Utvrđeno je da varijable visina odraza, vrijeme kontakta i brzina odraza pokazuju visoku međusobnu povezanost s reaktivnim indeksom jakosti (RSI) i relativnom vršnom snagom, što je upućivalo na prisutnost multikolinearnosti i narušavanje faktorske strukture. S obzirom na to da navedene varijable konceptualno predstavljaju izvedene pokazatelje reaktivne izvedbe, zbog čega su isključene iz daljnje analize. Nakon eliminacije navedenih varijabli, faktorska analiza je ponovljena te su dobiveni stabilniji i interpretativno jasniji faktorski obrasci.

Kaiser-Meyer-Olkin pokazatelj prikladnosti uzorka iznosi 0,690, što ukazuje na zadovoljavajuću adekvatnost podataka za faktorsku analizu, dok je Bartlettov test sferičnosti bio statistički značajan ($\chi^2 = 164,530$, $df = 28$, $p < 0,001$), što potvrđuje postojanje dovoljne korelacije među varijablama. Faktorska analiza provedena na uzorku ispitanika s ciljem identifikacije latentne strukture biomehaničkih varijabli vertikalnog dubinskog skoka rezultirala je izdvajanjem dviju značajnih komponenti koje zajedno objašnjavaju 79 % ukupne varijance.

Tablica 14. Latentna struktura biomehaničkih parametara vertikalnog dubinskog skoka kod ispitanika

VARIJABLE	FAKTOR	
	1	2
Relativna vršna snaga	0,06	0,92
RSI	0,01	0,98
Maksimalna sila ekscentrične faze	0,88	0,26
Maksimalna sila koncentrične faze	0,71	0,76
Trajanje ekscentrične faze	-0,96	-0,18
Trajanje koncentrične faze	-0,55	-0,15
Prosječna sila ekscentrične faze	0,91	0,35
Prosječna sila koncentrične faze	0,43	0,89
λ – latentna vrijednost	4,397	2,025
objašnjenje varijance	54	25

Prvi faktor ima latentnu vrijednost 4,397 i objašnjava 54 % ukupne varijance. Prva komponenta obuhvaća varijable koje opisuju sposobnost generiranja velikih sila u ekscentričnoj i koncentričnoj fazi te brzini njihove produkcije. Ova komponenta jasno odražava biomehaničku učinkovitost prilikom apsorpcije i upravljanja silom u inicijalnom segmentu skoka te je interpretiran kao faktor *dinamičke produkcije sile*.

Drugi faktor ima latentnu vrijednost 2,025 i objašnjava 25 % ukupne varijance. Druga komponenta obuhvaća varijable koje opisuju reaktivnu i eksplozivnu izvedbu skoka. Varijable odražavaju krajnji rezultat neuromišićnog djelovanja i služe kao pokazatelji eksplozivnosti i sposobnosti brze proizvodnje sile te je interpretiran kao *vertikalna eksplozivnost i reaktivnost*.

Faktorska analiza (Tablica 15) provedena je s ciljem identifikacije latentnih kinematičkih dimenzija koje doprinose izvedbi unilateralnog horizontalnog skoka odraznom nogom kod ispitanica. Korištena je metoda glavnih komponenti (eng. *Principal Component Analysis*) uz oblimin rotaciju. Vrijednost Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) pokazatelja iznosila je 0,608, što ukazuje na umjereno prihvatljivu prikladnost uzorka za faktorsku analizu, dok je Bartlettov test sferičnosti bio statistički značajan ($\chi^2 = 270,426$; $df = 36$; $p < 0,001$), čime je potvrđena prikladnost korelacijske matrice za ekstrakciju faktora. Na temelju kriterija latentnih vrijednosti većih od 1, izdvojeno je 2 faktora koji zajedno objašnjavaju 91 % ukupne varijance.

Tablica 15. Latentna struktura kinematičkih parametara unilateralnog horizontalnog skoka odraznom nogom kod ispitanica

VARIJABLE	FAKTOR	
	1	2
Vrijeme kontakta	0,32	-0,81
Vrijeme leta	0,99	0,08
Visina skoka	0,98	0,09
Frekvencija	-0,95	0,31
Duljina skoka	0,66	0,64
Brzina	-0,02	0,97
Kut koraka	0,96	-0,29
RSI	0,77	0,49
Ukupno vrijeme	-0,01	-0,93
λ – latentna vrijednost	4,901	3,284
% objašnjenje varijance	54	36

Prvi faktor ima latentnu vrijednost 4,901 i objašnjava 54 % ukupne varijance. Interpretiran je kao latentna dimenzija *eksplozivno-reaktivne snage*, s obzirom na visoke saturacije varijabli: vrijeme leta (0,99), visina skoka (0,98), duljina skoka (0,66), kut koraka (0,96), RSI (0,77), frekvencija (-0,95). Ova dimenzija odražava neuromišićni potencijal za eksplozivnu produkciju sile i učinkovitost ekscentrično-koncentričnog ciklusa.

Drugi faktor ima latentnu vrijednost 3,284 i objašnjava 36 % ukupne varijance. Interpretiran je kao latentna dimenzija *vremenske učinkovitosti*, s obzirom na visoke saturacije varijabli: brzina (0,97), vrijeme kontakta (-0,81), ukupno vrijeme (-0,93). Ova dimenzija odražava sposobnost izvođenja skoka s minimalnim trajanjem kontakta stopala s podlogom i optimiziranom vremenskom izvedbom cijelog motoričkog ciklusa.

Faktorska analiza (Tablica 16) provedena je s ciljem identifikacije latentnih kinematičkih dimenzija koje doprinose izvedbi unilateralnog horizontalnog skoka odraznom nogom kod ispitanika. Korištena je metoda glavnih komponenti (Principal Component Analysis) uz oblimin rotaciju. Vrijednost Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) pokazatelja iznosila je 0,532, što ukazuje na graničnu prikladnost uzorka za faktorsku analizu, dok je Bartlettov test sferičnosti bio statistički značajan ($\chi^2 = 339,968$; $df = 36$; $p < 0,001$), čime je potvrđena prikladnost korelacijske matrice za ekstrakciju faktora. Na temelju analize scree plota i interpretativne smislenosti rješenja, izdvojena su 2 faktora koji zajedno objašnjavaju 79 % ukupne varijance.

Tablica 16. Latentna struktura kinematičkih parametara unilateralnog horizontalnog skoka odraznom nogom kod ispitanika

VARIJABLE	FAKTOR	
	1	2
Vrijeme kontakta	0,08	-0,81
Vrijeme leta	0,54	0,65
Visina skoka	0,55	0,64
Frekvencija	-0,41	-0,32
Duljina skoka	0,97	0,06
Brzina	0,93	-0,06
Kut koraka	-0,22	0,93
RSI	0,40	0,71
Ukupno vrijeme	-0,92	0,11
λ – latentna vrijednost	3,903	3,173
% objašnjenje varijance	43	35

Prvi faktor ima latentnu vrijednost 3,903 i objašnjava 43 % ukupne varijance. Interpretiran je kao latentna dimenzija *prostorno-vremenska učinkovitost*, s obzirom na visoke saturacije varijabli: duljina skoka (0,97), brzina (0,99), ukupno vrijeme (-0,92). Ova dimenzija odražava neuromišićni potencijal za eksplozivnu produkciju sile u horizontalnom smjeru.

Drugi faktor ima latentnu vrijednost 3,173 i objašnjava 35 % ukupne varijance. Interpretiran je kao latentna dimenzija *eksplozivno-reaktivne snage*, s obzirom na visoke saturacije varijabli: vrijeme leta (0,65), visina skoka (0,64), kut koraka (0,93), RSI (0,71), vrijeme kontakta (-0,81). Ova dimenzija odražava neuromišićni potencijal za eksplozivnu produkciju sile i učinkovitost ekscentrično-koncentričnog ciklusa.

Faktorska analiza (Tablica 17) provedena je s ciljem identifikacije latentnih kinematičkih dimenzija koje doprinose izvedbi unilateralnog horizontalnog skoka zamašnom nogom kod ispitanika. Korištena je metoda glavnih komponenti (eng. *Principal Component Analysis*) uz oblimin rotaciju. Vrijednost Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) pokazatelja iznosila je 0,519, što ukazuje na graničnu prikladnost uzorka za faktorsku analizu, dok je Bartlettov test sferičnosti bio statistički značajan ($\chi^2 = 278,508$; $df = 36$; $p < 0,001$), čime je potvrđena prikladnost korelacijske matrice za ekstrakciju faktora. Na temelju kriterija latentnih vrijednosti većih od 1, izdvojeno je 2 faktora koji zajedno objašnjavaju 88 % ukupne varijance.

Tablica 17. Latentna struktura kinematičkih parametara unilateralnog horizontalnog skoka zamašnom nogom kod ispitanica

VARIJABLE	FAKTOR	
	1	2
Vrijeme kontakta	0,05	0,82
Vrijeme leta	0,95	-0,16
Visina skoka	0,95	-0,16
Frekvencija	-0,84	0,33
Duljina skoka	0,95	0,46
Brzina	-0,17	0,92
Kut koraka	0,86	-0,32
RSI	0,89	0,25
Ukupno vrijeme	0,05	-0,93
λ – latentna vrijednost	4,972	2,916
% objašnjenje varijance	55	32

Prvi faktor ima latentnu vrijednost 4,972 i objašnjava 55 % ukupne varijance. Interpretiran je kao latentna dimenzija *eksplozivno-reaktivne snage*, s obzirom na visoke saturacije varijabli: vrijeme leta (0,95), visina skoka (0,95), duljina skoka (0,95), kut koraka (0,86), RSI (0,89), frekvencija (-0,84). Ova dimenzija odražava neuromišićni potencijal za eksplozivnu produkciju sile i učinkovitost ekscentrično-koncentričnog ciklusa.

Drugi faktor ima latentnu vrijednost 2,916 i objašnjava 32 % ukupne varijance. Interpretiran je kao latentna dimenzija *vremenske učinkovitosti*, s obzirom na visoke saturacije varijabli: vrijeme kontakta (0,82), brzina (0,92), ukupno vrijeme (-0,93). Ova dimenzija odražava sposobnost izvođenja skoka s minimalnim trajanjem kontakta stopala s podlogom i optimiziranom vremenskom izvedbom cijelog motoričkog ciklusa

Faktorska analiza (Tablica 18) provedena je s ciljem identifikacije latentnih kinematičkih dimenzija koje doprinose izvedbi unilateralnog horizontalnog skoka zamašnom nogom kod ispitanika. Korištena je metoda glavnih komponenti (eng. *Principal Component Analysis*) uz oblimin rotaciju. Vrijednost Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) pokazatelja iznosila je 0,717, što ukazuje na zadovoljavajuću prikladnost uzorka za faktorsku analizu, dok je Bartlettov test sferičnosti bio statistički značajan ($\chi^2 = 248,704$; $df = 36$; $p < 0,001$), čime je potvrđena prikladnost korelacijske matrice za ekstrakciju faktora. Na temelju analize scree plota i interpretativne smislenosti rješenja, izdvojena su 2 faktora koji zajedno objašnjavaju 88 % ukupne varijance.

Tablica 18. Latentna struktura kinematičkih parametara unilateralnog horizontalnog skoka zamašnom nogom kod ispitanika

VARIJABLE	FAKTOR	
	1	2
Vrijeme kontakta	0,56	-0,65
Vrijeme leta	0,92	0,22
Visina skoka	0,94	0,19
Frekvencija	-0,92	0,09
Duljina skoka	0,48	0,75
Brzina	-0,00	0,99
Kut koraka	0,98	-0,30
RSI	0,73	0,44
Ukupno vrijeme	-0,02	-0,97
λ – latentna vrijednost	4,618	3,275
% objašnjenje varijance	51	36

Prvi faktor ima latentnu vrijednost 4,618 i objašnjava 51 % ukupne varijance. Interpretiran je kao latentna dimenzija *eksplozivno-reaktivne snage*, s obzirom na visoke saturacije varijabli: vrijeme kontakta (0,56), vrijeme leta (0,92), visina skoka (0,94), kut koraka (0,98), RSI (0,73), frekvencija (-0,92). Ova dimenzija odražava neuromišićni potencijal za eksplozivnu produkciju sile i učinkovitost ekscentrično-koncentričnog ciklusa.

Drugi faktor ima latentnu vrijednost 3,275 i objašnjava 36 % ukupne varijance. Interpretiran je kao latentna dimenzija *vremenske učinkovitosti*, s obzirom na visoke saturacije varijabli: duljina skoka (0,75), brzina (0,99), vrijeme kontakta (-0,65), ukupno vrijeme (-0,97). Ova dimenzija odražava sposobnost izvođenja skoka s minimalnim trajanjem kontakta stopala s podlogom i optimiziranom vremenskom izvedbom cijelog motoričkog ciklusa.

Rezultati faktorske analize (Tablica 19) horizontalnih skokova s noge na nogu kod ispitanica temelje se na metodi glavnih komponenti (*eng. Principal Component Analysis*), primijenjenoj s ciljem identifikacije latentnih kinematičkih dimenzija izvedbe. Vrijednost KMO pokazatelja iznosila je 0,529, što se nalazi na granici prihvatljivosti za provođenje faktorske analize, dok je Bartlettov test sferičnosti bio statistički značajan ($\chi^2 = 285,548$; $df = 36$; $p < 0,001$), čime je potvrđena prikladnost matrice korelacija za ekstrakciju faktora. Vrijednosti komunaliteta svih varijabli bile su zadovoljavajuće, u rasponu od 0,607 do 0,993, što ukazuje na to da faktorski model u velikoj mjeri objašnjava varijance pojedinih varijabli. Na temelju latentnih vrijednosti (*eng. eigenvalues*) većih od 1, izdvojena su dva faktora.

Tablica 19. Latentna struktura kinematičkih parametara horizontalnih skokova s noge na nogu kod ispitanica

VARIJABLE	FAKTOR	
	1	2
Vrijeme kontakta	0,03	-0,78
Vrijeme leta	0,99	-0,16
Visina	0,98	-0,12
Frekvencija	-0,94	0,38
Duljina skoka	0,66	0,45
Brzina	-0,52	0,81
Kut	0,95	-0,34
RSI	0,92	0,18
Ukupno vrijeme	0,06	-0,82
λ – latentna vrijednost	5,372	2,263
% objašnjenje varijance	59	25

Prvi faktor ima latentnu vrijednost od 5,372 i objašnjava 59 % ukupne varijance. Interpretiran je kao latentna dimenzija *eksplozivno reaktivne snage*, s obzirom na vrlo visoke pozitivne saturacije varijabli koje mjere vertikalnu i horizontalnu komponentu skoka: vrijeme leta (0,99), visina skoka (0,98), kut koraka (0,95), RSI (0,92) te duljina skoka (0,66), uz izrazito negativnu saturaciju frekvencije (-0,94). Ova komponenta odražava sposobnost generiranja sile u kratkom vremenu, koja rezultira snažnim i prostorno izraženim pokretima.

Drugi faktor ima latentnu vrijednost od 2,263 i objašnjava 25 % ukupne varijance. Navedeni faktor s naglašenim pozitivnim opterećenjem na brzinu (0,81) i negativnim saturacijama za vrijeme kontakta (-0,78) te ukupno trajanje skoka (-0,82), interpretiran je kao latentna dimenzija *vremenske učinkovitosti*. Ukazuje na biomehaničku sposobnost izvođenja skoka s minimalnim trajanjem kontakta stopala s tlom i vremenski optimiziranom

Faktorska analiza kinematičkih varijabli horizontalnog skoka s noge na nogu kod ispitanika (Tablica 20) provedena je korištenjem metode glavnih komponenti (*eng. Principal Component Analysis*) uz oblimin rotaciju, s ciljem identifikacije latentnih kinematičkih dimenzija. Vrijednost KMO pokazatelja iznosila je 0,680, što se smatra umjereno prihvatljivim za faktorsku analizu, dok je Bartlettov test sferičnosti bio statistički značajan ($\chi^2 = 240,651$; $df = 36$; $p < 0,001$), potvrđujući prikladnost korelacijske matrice. Komunaliteti varijabli nakon ekstrakcije kretali su se od 0,685 do 0,987, što ukazuje na dobru reprezentativnost varijabli u okviru izdvojenih latentnih faktora. Na temelju latentnih vrijednosti većih od 1, izdvojene su dvije komponente koje zajedno objašnjavaju 87 % ukupne varijance.

Tablica 20. Latentna struktura kinematičkih parametara horizontalnih skokova s noge na nogu kod ispitanika

VARIJABLE	FAKTOR	
	1	2
Vrijeme kontakta	0,24	-0,82
Vrijeme leta	0,97	-0,33
Visina	0,99	-0,24
Frekvencija	-0,87	0,55
Duljina skoka	0,82	0,26
Brzina	-0,02	0,95
Kut	0,85	-0,54
RSI	0,82	0,28
Ukupno vrijeme	0,13	-0,96
λ – latentna vrijednost	5,126	2,841
% objašnjenje varijance	56	31

Prvi faktor ima latentnu vrijednost od 5,126 i objašnjava 56 % ukupne varijance. Obilježen je visokim pozitivnim saturacijama varijabli koje mjere vertikalno-horizontalne aspekte skoka: vrijeme leta (0,97), visina skoka (0,99), duljina skoka (0,82), kut odraza (0,85), RSI (0,82) i negativnom saturacijom frekvencije (-0,87). Ova struktura jasno upućuje na interpretaciju prve komponente kao latentne dimenzije *eksplozivno reaktivne snage*.

Drugi faktor ima latentnu vrijednost od 2,841 i objašnjava 31 % ukupne varijance. Navedena komponenta pokazuje visoke pozitivne saturacije za brzinu (0,95), frekvenciju (0,55), te negativne saturacije za vrijeme kontakta (-0,82) i ukupno trajanje skoka (-0,96), što omogućuje interpretaciju ove dimenzije kao latentne dimenzije *vremenske učinkovitosti*.

4.3. Utjecaj biomehaničkih parametara vertikalnog dubinskog skoka na rezultat u disciplini 60 m prepone

Pearsonova korelacija provedena je s ciljem utvrđivanja povezanosti između biomehaničkih parametara vertikalnog dubinskog skoka s vremenom trčanja na 1. i 5. preponi te s rezultatom u disciplini 60 m prepone kod ispitanica i ispitanika (Tablica 21). Kod ispitanica statistički značajna povezanost utvrđena je isključivo između varijable trajanje koncentrične faze odraza i vremena prolaska na prvoj preponi ($r = 0,56$, $p < 0,05$). Analiza korelacije između biomehaničkih varijabli vertikalnog dubinskog skoka i rezultata trčanja na 60 metara s preponama kod ispitanika pokazala je statistički značajne negativne korelacije s rezultatima na petoj preponi i ukupnim rezultatom utrke. Najveće i značajne korelacije utvrđene su između relativne vršne snage, brzine odraza, visine skoka i RSI-ja s vremenom prolaska na petoj preponi ($r \approx -0,52$ do $-0,54$) te s ukupnim rezultatom ($r \approx -0,55$ do $-0,59$).

Tablica 21. Povezanost biomehaničkih parametara vertikalnog dubinskog skoka s vremenom trčanja na 1. i 5. preponi te s rezultatom u disciplini 60 m prepone kod ispitanica i ispitanika

VARIJABLE	1. PREPONA		5. PREPONA		60 m PREPONE	
	Z	M	Z	M	Z	M
Visina odraza	-0,01	0,32	-0,42	-0,51	-0,45	-0,57*
Vrijeme kontakta	0,27	0,01	0,26	-0,01	0,11	-0,09
Brzina	-0,01	0,33	-0,42	-0,52*	-0,45	-0,59*
Relativna vršna snaga	-0,11	0,33	-0,30	-0,53*	-0,30	-0,58*
RSI	-0,09	0,31	-0,38	-0,54*	-0,28	-0,55*
Maksimalna sila ekscentrične faze	0,04	0,08	0,20	-0,01	0,07	-0,07
Maksimalna sila koncentrične faze	-0,33	0,37	-0,22	-0,18	-0,12	0,16
Trajanje ekscentrične faze	-0,12	-0,01	-0,23	-0,03	-0,06	-0,07
Trajanje koncentrične faze	0,56*	-0,02	0,27	-0,02	0,14	-0,08
Prosječna sila ekscentrične faze	-0,45	0,07	-0,12	-0,19	-0,23	-0,13
Prosječna sila koncentrične faze	-0,45	0,32	-0,51	0,41	-0,40	0,41

Napomena: * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$

Višestruka regresijska analiza provedena je s ciljem utvrđivanja utjecaja latentnih struktura biomehaničkih parametara vertikalnog dubinskog skoka na vrijeme trčanja na 1. i 5. preponi te na rezultat u disciplini 60 m prepone kod ispitanica i ispitanika. Rezultati, prikazani u Tablici 22, pokazuju da biomehanički faktori vertikalnog dubinskog skoka ni za ispitanice ni za ispitanike ne ostvaruju statistički značajan utjecaj na izvedbu u preponskom

trčanju. Kod ispitanica nijedan od analiziranih modela nije pokazao značajnu prediktivnu snagu, ni za vrijeme prolaska na prvoj preponi ($R = 0,37$; $R^2 = 0,14$; $p = 0,45$), ni na petoj preponi ($R = 0,37$; $R^2 = 0,14$; $p = 0,44$), ni za ukupni rezultat na 60 metara s preponama ($R = 0,30$; $R^2 = 0,09$; $p = 0,60$).

Slični su rezultati dobiveni i kod ispitanika, gdje biomehanički faktori također nisu statistički značajno predviđali vrijeme prolaska na prvoj preponi ($R = 0,38$; $R^2 = 0,14$; $p = 0,39$). Na petoj preponi zabilježen je nešto viši, ali još uvijek statistički neznačajan koeficijent multiple korelacije ($R = 0,51$; $R^2 = 0,26$; $p = 0,17$), pri čemu je drugi faktor pokazao graničnu značajnost ($\beta = -0,53$; $p = 0,06$). Model za ukupni rezultat na 60 m prepone, također nije dosegao statističku značajnost na razini cjelokupnog modela ($R = 0,56$; $R^2 = 0,32$; $p = 0,10$), no unutar njega se drugi faktor izdvojio kao statistički značajan prediktor ($\beta = -0,59$; $p = 0,04$).

Tablica 22. Regresijski model utjecaja latentnih struktura biomehaničkih parametara vertikalnog dubinskog skoka na vrijeme trčanja na 1. i 5. preponi i na rezultat u disciplini 60 m prepone kod ispitanica i ispitanika

	1. PREPONA						5. PREPONA						60 m PREPONE					
	ISPITANICE																	
	R = 0,37; R ² = 0,14; Adj R ² = -0,02; F = 0,87; p = 0,45					VIF	R = 0,37; R ² = 0,14; Adj R ² = -0,02; F = 0,88; p = 0,44					VIF	R = 0,30; R ² = 0,09; Adj R ² = -0,08; F = 0,53; p = 0,60					VIF
	B	SE(B)	β	t	p		B	SE(B)	β	t	p		B	SE(B)	β	t	p	
Faktor 1	-0,05	0,04	-0,37	-1,27	0,23	1,10	-0,05	0,08	-0,19	-0,66	0,52	1,10	-0,01	0,09	-0,05	-0,14	-0,01	1,10
Faktor 2	0,03	0,04	0,22	0,73	0,48	1,10	-0,07	0,08	-0,26	-0,90	0,39	1,10	-0,09	0,09	-0,28	-0,93	-0,09	1,10
	ISPITANICI																	
	R = 0,38; R ² = 0,14; Adj R ² = 0,001 F = 1,07; p = 0,39					VIF	R = 0,51; R ² = 0,26; Adj R ² = 0,14 F = 2,09; p = 0,17					VIF	R = 0,56; R ² = 0,32; Adj R ² = 0,20 F = 2,77; p = 0,10					VIF
	B	SE(B)	β	t	p		B	SE(B)	β	t	p		B	SE(B)	β	t	p	
Faktor 1	-0,02	0,06	-0,09	-0,31	0,76	1,09	0,05	0,10	0,13	0,47	0,65	1,09	0,10	0,12	0,20	0,79	0,43	1,09
Faktor 2	0,09	0,06	0,40	1,42	0,18	1,09	-0,21	0,10	-0,53	-2,04	0,06	1,09	-0,29	0,12	-0,59	-2,35	0,04	1,09

Napomena: B - nestandardizirani koeficijent; SE(B) – standardna pogreška koeficijenta; β - koeficijent; t – test za značajnost regresijskog koeficijenta; p - statistička značajnost; R - korelacija između predviđenih i stvarnih vrijednosti; R² – koeficijent determinacije (objašnjena varijanca); Adj R² - korekcija za broj prediktora F - test ukupne značajnosti modela; *p < 0,05, **p < 0,01, ***p < 0,001; VIF – faktor inflacije varijance, pokazatelj multikolinearnosti

4.4. Utjecaj kinematičkih parametara horizontalnih skokova na rezultat u disciplini 60 m prepone

Pearsonova korelacija provedena je s ciljem utvrđivanja povezanosti između kinematičkih parametara unilateralnog horizontalnog skoka na odraznoj nozi sa vremenom trčanja na 1. i 5. preponi te s rezultatom u disciplini 60 m prepone kod ispitanica i muškarca (Tablica 23). Kod ispitanica utvrđen je 1 statistički značajna korelacija. Najsnažnija povezanost zabilježena je između varijable vrijeme kontakta i prolaznog vremena na 1. preponi ($r = 0,57$; $p = 0,04$).

Kod ispitanika utvrđeno je 13 statistički značajnih korelacija. Najsnažnija povezanost zabilježena je između varijable visina i ukupnog rezultata u disciplini 60 m prepone ($r = -0,71$; $p = 0,003$). Varijable koje opisuju izvedbu skoka (brzina, duljina skoka, RSI, visina, vrijeme leta) negativno su povezane s prolaznim vremenima i ukupnim rezultatom. Varijable kut, ukupno vrijeme pokazale su pozitivnu povezanost s rezultatom.

Tablica 23. Povezanost kinematičkih parametara unilateralnog horizontalnog skoka na odraznoj nozi sa vremenom trčanja na 1. i 5. preponi te s rezultatom u disciplini 60 m prepone kod ispitanica i ispitanika

VARIJABLE	1. PREPONA		5. PREPONA		60 m PREPONE	
	Ž	M	Ž	M	Ž	M
Vrijeme kontakta	0,57*	-0,21	0,53	0,47	0,35	0,48
Vrijeme leta	-0,01	0,17	-0,27	-0,60*	-0,40	-0,70**
Visina	-0,02	0,15	-0,27	-0,60*	-0,41	-0,71**
Frekvencija	-0,20	-0,14	0,02	0,32	0,19	0,49
Duljina skoka	-0,06	-0,20	-0,15	-0,61*	-0,31	-0,69**
Brzina	-0,24	-0,28	-0,15	-0,59*	-0,17	-0,62*
Kut	0,01	0,55*	-0,27	-0,28	-0,36	-0,38
RSI	-0,34	0,18	-0,51	-0,57*	-0,52	-0,61*
Ukupno vrijeme	0,39	0,28	0,06	0,62*	0,12	0,66**

Napomena: * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$

Višestruka regresijska analiza provedena je s ciljem utvrđivanja utjecaja latentnih struktura kinematičkih parametara unilateralnog horizontalnog skoka na odraznoj nozi sa vremenom trčanja na 1. i 5. preponi te na rezultat u disciplini 60 m prepone kod ispitanica i

ispitanika (Tablica 24). Faktor inflacije varijance (VIF) korišten je kao pokazatelj multikolinearnosti između prediktora. Vrijednosti VIF pokazatelja kretale su se ispod 2,00 u svim modelima (maksimum 1,17), što ukazuje na nepostojanje multikolinearnosti između faktorskih prediktora.

Kod ispitanica ispitivan je doprinos dvaju latentnih faktora: *eksplozivno-reaktivne snage* (Faktor 1) i *vremenske učinkovitosti* (Faktor 2). Dobiveni modeli za prolazak na prvoj i petoj preponi te ukupno vrijeme nisu bili statistički značajni ($p > 0,05$), pri čemu su koeficijenti determinacije ukazivali na nisku razinu objašnjene varijance ($R^2 = 0,12 - 0,19$).

Kod ispitanika kao prediktorske varijable primijenjene su latentne dimenzije: *prostorno-vremenska izvedba skoka* (Faktor 1) i *eksplozivno-reaktivne snage* (Faktor 2). Za prolazak na prvoj preponi, model nije bio statistički značajan ($F = 3,10$; $p = 0,08$), ali se Faktor 2 pokazao statistički značajnim ($\beta = 0,58$, $p = 0,04$). Model za predikciju vremena trčanja na 5. preponi bio je statistički značajan ($F = 4,61$; $p = 0,03$), objašnjavajući 43 % varijance kriterija. Statistički značajan doprinos pokazali imao je Faktor 1 ($\beta = -0,51$; $p = 0,04$). Regresijski model za predikciju ukupnog rezultata u disciplini 60 m prepone bio je statistički značajan ($F = 7,47$; $p = 0,01$), objašnjavajući 55 % varijance kriterija. Statistički značajan doprinos ostvario je Faktor 1 ($\beta = -0,55$; $p = 0,02$).

Tablica 24. Regresijski model utjecaja latentnih struktura kinematičkih parametara unilateralnog horizontalnog skoka na odraznoj nozi na vrijeme trčanja na 1. i 5. preponi i na rezultat u disciplini 60 m prepone kod ispitanica i ispitanika

	1. PREPONA						5. PREPONA						60 m PREPONE								
	ISPITANICE																				
	R = 0,41; R ² = 0,16; Adj R ² = 0,01; F = 1,08; p = 0,37						VIF	R = 0,34; R ² = 0,12; Adj R ² = -0,04; F = 0,73; p = 0,50						VIF	R = 0,44; R ² = 0,19; Adj R ² = 0,04; F = 1,28; p = 0,32						VIF
	B	SE(B)	β	t	p		B	SE(B)	β	t	p		B	SE(B)	β	t	p				
Faktor 1	0,01	0,04	0,05	0,18	0,86	1,00	-0,05	0,07	-0,20	-0,72	0,49	1,00	-0,10	0,08	-0,34	-1,27	0,23	1,00			
Faktor 2	-0,05	0,04	-0,41	-1,47	0,17	1,00	-0,07	0,07	-0,26	-0,92	0,38	1,00	-0,07	0,08	-0,24	-0,89	0,39	1,00			
	ISPITANICI																				
	R = 0,58; R ² = 0,34; Adj R ² = 0,23; F = 3,10; p = 0,08						VIF	R = 0,66; R ² = 0,43; Adj R ² = 0,34; F = 4,61; p = 0,03						VIF	R = 0,74; R ² = 0,55; Adj R ² = 0,48; F = 7,47; p = 0,01						VIF
	B	SE(B)	β	t	p		B	SE(B)	β	t	p		B	SE(B)	β	t	p				
Faktor 1	-0,10	0,06	-0,45	-1,77	0,10	1,17	-0,20	0,09	-0,51	-2,19	0,04	1,17	-0,26	0,10	-0,55	-2,64	0,02	1,17			
Faktor 2	0,13	0,06	0,58	2,30	0,04	1,17	-0,10	0,09	-0,26	-1,12	0,28	1,17	-0,16	0,10	-0,34	-1,61	0,13	1,17			

Napomena: B - nestandardizirani koeficijent; SE(B) – standardna pogreška koeficijenta; β - koeficijent; t – test za značajnost regresijskog koeficijenta; p - statistička značajnost; R - korelacija između predviđenih i stvarnih vrijednosti; R² – koeficijent determinacije (objašnjena varijanca); Adj R² - korekcija za broj prediktora F - test ukupne značajnosti modela; VIF – faktor inflacije varijance, pokazatelj multikolinearnosti

Pearsonova korelacija provedena je s ciljem utvrđivanja povezanosti između kinematičkih parametara unilateralnog horizontalnog skoka na zamašnoj nozi sa vremenom trčanja na 1. i 5. preponi te s rezultatom u disciplini 60 m prepone kod ispitanica i muškarca (Tablica 25). Rezultati kod ispitanica utvrdili su dvije statistički značajne korelacije. Naj snažnija povezanost zabilježena je između varijable ukupno vrijeme i prolaznog vremena na 1. preponi ($r = 0,63$; $p = 0,02$).

Kod ispitanika utvrđeno je 6 statistički značajnih korelacija. Naj snažnija povezanost zabilježena je između varijable duljina skoka i ukupnog rezultata u disciplini 60 m prepone ($r = -0,68$; $p = 0,01$). Varijable koje opisuju izvedbu skoka (brzina, duljina skoka) negativno su povezane s vremenom trčanja na 5. preponi i rezultatom 60 m prepone, dok je varijabla ukupno vrijeme za izvedbu skokova ostvarila pozitivnu povezanost s rezultatom 60 m prepone.

Tablica 25. Povezanost kinematičkih parametara unilateralnog horizontalnog skoka na lijevoj nozi sa vremenom trčanja na 1. i 5. preponi te s rezultatom u disciplini 60 m prepone kod ispitanica i ispitanika

VARIJABLE	1. PREPONA		5. PREPONA		60 m PREPONE	
	Z	M	Z	M	Z	M
Vrijeme kontakta	-0,47	0,33	-0,54*	0,07	-0,40	0,03
Vrijeme leta	0,18	0,11	-0,19	-0,45	-0,27	-0,51
Visina	0,17	0,12	-0,20	-0,42	-0,28	-0,49
Frekvencija	-0,31	0,03	0,02	0,31	0,14	0,36
Duljina skoka	-0,00	-0,07	-0,31	-0,61*	-0,38	-0,68**
Brzina	-0,44	-0,09	-0,29	-0,56*	-0,18	-0,60*
Kut	0,23	0,15	-0,09	-0,21	-0,18	-0,23
RSI	-0,17	0,15	-0,41	-0,48	-0,38	-0,50
Ukupno vrijeme	0,63*	0,08	0,35	0,52*	0,32	0,56*

Napomena: * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$

Višestruka regresijska analiza provedena je s ciljem utvrđivanja utjecaja latentnih struktura kinematičkih parametara unilateralnog horizontalnog skoka na zamašnoj nozi na vrijeme trčanja na 1. i 5. preponi te na rezultat u disciplini 60 m prepone kod ispitanica i ispitanika (Tablica 26). Faktor inflacije varijance (VIF) korišten je kao pokazatelj multikolinearnosti između prediktora. Vrijednosti VIF pokazatelja kretale su se ispod 2,00 u svim modelima (maksimum 1,05), što ukazuje na nepostojanje multikolinearnosti između faktorskih prediktora.

Kod ispitanica ispitivan je odnos dvaju latentnih dimenzija: *eksplozivno-reaktivne snage* (Faktor 1) i *vremenske učinkovitosti* (Faktor 2). Rezultati pokazuju da nijedan od regresijskih modela nije statistički značajan, iako su vrijednosti koeficijenata determinacije bile umjerene ($R^2 = 0,28 - 0,32$). Iako model na prvoj preponi nije dosegnuo statističku značajnost, Faktor 2 je ostvario statistički značajnu prediktivnost ($\beta = -0,56$, $p = 0,05$).

Kod ispitanika su kao prediktorske varijable primijenjene latentne dimenzije: *eksplozivno-reaktivna snaga* (Faktor 1) i *vremenska učinkovitost* (Faktor 2). Modeli za prvu i petu preponu nisu ostvarili statističku značajnost, iako je model za petu preponu ostvario graničnu vrijednost ($p = 0,08$). U modelu za ukupni rezultat na 60 m objašnjeno je 41 % varijance ($R^2 = 0,41$), a model je bio statistički značajan na razini $p = 0,04$. Značajni prediktor bio je Faktor 2 ($\beta = -0,49$; $p = 0,05$).

Tablica 26. Regresijski model utjecaj latentnih struktura kinematičkih parametara unilateralnog horizontalnog skoka na zamašnoj nozi na vrijeme trčanja na 1. i 5. preponi i na rezultat u disciplini 60 m prepone kod ispitanica i ispitanika

	1. PREPONA						5. PREPONA						60 m PREPONE					
	ISPITANICE																	
	R = 0,55; R ² = 0,31; Adj R ² = 0,18; F = 2,41; p = 0,14					VIF	R = 0,56; R ² = 0,32; Adj R ² = 0,19; F = 2,55; p = 0,12					VIF	R = 0,53; R ² = 0,28; Adj R ² = 0,15; F = 2,11; p = 0,17					VIF
	B	SE(B)	β	t	p		B	SE(B)	β	t	p		B	SE(B)	β	t	p	
Faktor 1	-0,01	0,03	-0,02	-0,08	0,94	1,05	-0,10	0,07	-0,37	-1,43	0,18	1,05	-0,12	0,08	-0,42	-1,58	0,14	1,05
Faktor 2	-0,07	0,03	-0,56	-2,16	0,05	1,05	-0,13	0,07	-0,52	-2,02	0,07	1,05	-0,13	0,08	-0,43	-1,63	0,13	1,05
	ISPITANICI																	
	R = 0,21; R ² = 0,05; Adj R ² = -0,11; F = 0,28; p = 0,76					VIF	R = 0,59; R ² = 0,35; Adj R ² = 0,24; F = 3,20; p = 0,08					VIF	R = 0,64; R ² = 0,41; Adj R ² = 0,31; F = 4,20; p = 0,04					VIF
	B	SE(B)	β	t	p		B	SE(B)	β	t	p		B	SE(B)	β	t	p	
Faktor 1	0,04	0,06	0,18	0,61	0,56	1,05	-0,10	0,09	-0,27	-1,12	0,29	1,05	-0,15	0,11	-0,32	-1,40	0,19	1,05
Faktor 2	-0,04	0,06	-0,17	-0,57	0,58	1,05	-0,18	0,09	-0,47	-1,96	0,07	1,05	-0,23	0,11	-0,49	-2,16	0,05	1,05

Napomena: B - nestandardizirani koeficijent; SE(B) – standardna pogreška koeficijenta; β - koeficijent; t – test za značajnost regresijskog koeficijenta; p - statistička značajnost; R - korelacija između predviđenih i stvarnih vrijednosti; R² – koeficijent determinacije (objašnjena varijanca); Adj R² - korekcija za broj prediktora F - test ukupne značajnosti modela; VIF – faktor inflacije varijance, pokazatelj multikolinearnosti

Pearsonova korelacija provedena je s ciljem utvrđivanja povezanosti između kinematičkih parametara horizontalnog skoka s noge na nogu sa vremenom trčanja na 1. i 5. preponi te s rezultatom u disciplini 60 m prepone kod ispitanica i muškarca (Tablica 27). Kod ispitanica utvrđena je značajna pozitivna povezanost između vremena kontakta i rezultata na prvoj preponi ($r = 0,58$; $p < 0,05$) te između ukupnog trajanja skoka i ukupnog vremena trčanja na 60 m prepone ($r = 0,56$; $p < 0,05$).

Kod ispitanika brzina skoka pokazala je značajne negativne korelacije s rezultatom na petoj preponi ($r = -0,66$; $p < 0,01$) i ukupnim vremenom trčanja ($r = -0,60$; $p < 0,05$), dok je duljina skoka također bila negativno povezana s ukupnim rezultatom ($r = -0,55$; $p < 0,05$). Ukupno trajanje skoka pozitivno je koreliralo sa svim ishodnim varijablama, uključujući prvu preponu ($r = 0,52$; $p < 0,05$), petu preponu ($r = 0,60$; $p < 0,05$) i ukupno vrijeme ($r = 0,52$; $p < 0,05$).

Tablica 27. Povezanost kinematičkih parametara horizontalnog skoka s noge na nogu sa vremenom trčanja na 1. i 5. preponi te s rezultatom u disciplini 60 m prepone kod ispitanica i ispitanika

VARIJABLE	1. PREPONA		5. PREPONA		60 m PREPONE	
	Z	M	Z	M	Z	M
Vrijeme kontakta	0,58*	0,16	0,48	0,34	0,43	0,22
Vrijeme leta	-0,06	0,28	-0,16	-0,10	-0,26	-0,22
Visina	-0,06	0,30	-0,14	-0,22	-0,25	-0,35
Frekvencija	-0,11	-0,39	0,07	0,00	0,14	0,16
Duljina skoka	-0,02	0,04	-0,30	-0,45	-0,49	-0,55*
Brzina	-0,17	-0,48	-0,26	-0,66**	-0,31	-0,60*
Kut	-0,06	0,50	-0,16	0,14	-0,17	0,02
RSI	-0,30	0,17	-0,37	-0,36	-0,42	-0,39
Ukupno vrijeme	0,41	0,52*	0,42	0,60*	0,56*	0,52*

Napomena: * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$

Pearsonova korelacija provedena je s ciljem utvrđivanja povezanosti između kinematičkih parametara odrazne noge u skokovima s noge na nogu sa vremenom trčanja na 1. i 5. preponi te s rezultatom u disciplini 60 m prepone kod ispitanica i muškarca (Tablica 28). Kod ispitanica nije utvrđena statistički značajna povezanost između kinematičkih parametara skoka i analiziranih rezultatskih kriterija. Kod ispitanika utvrđene su dvije statistički značajne korelacije. Najsnažnija povezanost zabilježena je između varijable brzina i prolaznog vremena na 5. preponi ($r = -0,56$; $p = 0,03$).

Tablica 28. Povezanost kinematičkih parametara horizontalnog skoka s noge na nogu (odraznoj nozi) sa vremenom trčanja na 1. i 5. preponi te s rezultatom u disciplini 60 m prepone kod ispitanica i ispitanika

VARIJABLE	1. PREPONA		5. PREPONA		60 m PREPONE	
	Z	M	Z	M	Z	M
Vrijeme kontakta	0,53	0,08	0,48	0,11	0,49	-0,00
Vrijeme leta	0,15	0,32	0,09	-0,18	-0,06	-0,23
Visina	0,16	0,10	0,12	-0,41	-0,05	-0,53*
Frekvencija	-0,27	-0,16	-0,15	0,30	-0,04	0,47
Brzina	-0,33	-0,46	-0,45	-0,56*	-0,48	-0,47
Kut	0,13	0,34	0,04	-0,19	-0,02	-0,35
RSI	-0,07	0,17	-0,11	-0,23	-0,24	-0,18

Napomena: *p < 0,05, **p < 0,01, ***p < 0,001

Pearsonova korelacija provedena je s ciljem utvrđivanja povezanosti između kinematičkih parametara zamašne noge u skokovima s noge na nogu sa vremenom trčanja na 1. i 5. preponi te s rezultatom u disciplini 60 m prepone kod ispitanica i muškarca (Tablica 29). Kod ispitanica utvrđena je jedna statistički značajna korelacija. Najsnažnija povezanost zabilježena je između varijable vrijeme kontakta i prolaznog vremena na 1. preponi ($r = 0,54$; $p = 0,05$). Kod ispitanika utvrđene su dvije statistički značajne korelacije. Najsnažnija povezanost zabilježena je između varijable brzina i prolaznog vremena na 5. preponi ($r = -0,71$; $p = 0,003$). Varijable koje opisuju izvedbu skoka (brzina) negativno su povezane s prolaznim vremenima i ukupnim rezultatom.

Tablica 29. Povezanost kinematičkih parametara horizontalnog skoka s noge na nogu (desna noga) sa vremenom trčanja na 1. i 5. preponi te s rezultatom u disciplini 60 m prepone kod ispitanica i ispitanika

VARIJABLE	1. PREPONA		5. PREPONA		60 m PREPONE	
	Z	M	Z	M	Z	M
Vrijeme kontakta	0,54*	0,21	0,41	0,51	0,31	0,41
Vrijeme leta	-0,09	0,32	-0,38	-0,09	-0,41	-0,19
Visina	-0,09	0,39	-0,36	-0,04	-0,40	-0,16
Frekvencija	-0,09	-0,41	0,22	-0,18	0,27	-0,05
Brzina	-0,08	-0,46	-0,20	-0,71**	-0,22	-0,67**
Kut	-0,11	0,47	-0,30	0,25	-0,29	0,16
RSI	-0,31	0,20	-0,51	-0,39	-0,48	-0,42

Napomena: *p < 0,05, **p < 0,01, ***p < 0,001

Višestruka regresijska analiza provedena je s ciljem utvrđivanja utjecaja latentnih struktura kinematičkih parametara horizontalnog skoka s noge na nogu na vrijeme trčanja na 1. i 5. preponi te na rezultat u disciplini 60 m prepone kod ispitanica i ispitanika (Tablica 30). Kod ispitanica model nije bio statistički značajan ni za prolaz na prvoj preponi ($R = 0,46$; $R^2 = 0,21$; $p = 0,28$) ni za prolaz na petoj preponi ($R = 0,56$; $R^2 = 0,31$; $p = 0,13$), a niti jedan prediktor nije ostvario značajan individualni doprinos. Za ukupni rezultat na 60 m prepone model je bio statistički značajan ($R = 0,68$; $R^2 = 0,45$; $F = 4,80$; $p = 0,03$), a jedini značajan prediktor bio je Faktor 2 ($\beta = -0,61$; $t = -2,76$; $p = 0,02$).

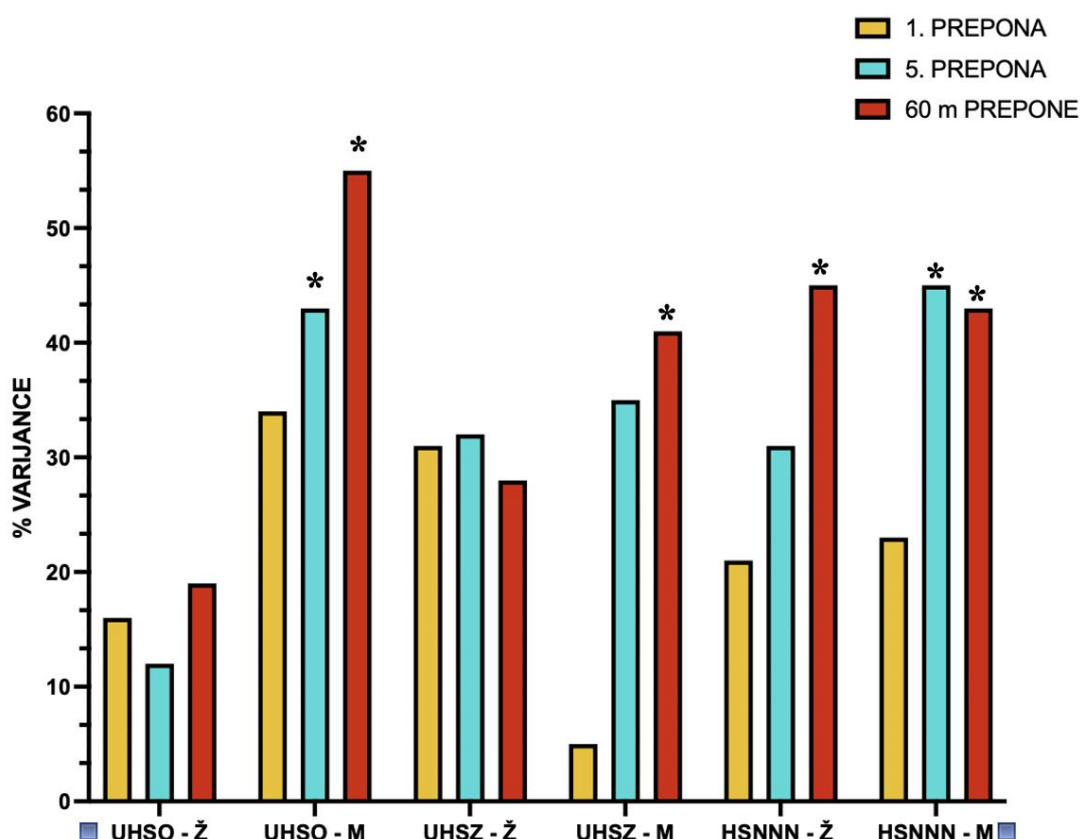
Kod ispitanika su statistički značajnu prediktivnu vrijednost pokazali model za petu preponu ($R = 0,67$; $R^2 = 0,45$; $p = 0,03$) i model za ukupno vrijeme na 60 m prepone ($R = 0,66$; $R^2 = 0,43$; $p = 0,03$). U oba slučaja jedini značajan prediktor bio je Faktor 2, koji reprezentira vremensku efikasnost, i to kao negativan prediktor ($p = 0,01$ za petu preponu; $p = 0,03$ za ukupno vrijeme).

Tablica 30. Regresijski model utjecaja latentnih struktura kinematičkih parametara horizontalnog skoka s noge na nogu na vrijeme trčanja na 1. i 5. preponi i na rezultat u disciplini 60 m prepone kod ispitanica i ispitanika

	1. PREPONA						5. PREPONA						60 m PREPONE					
	ISPITANICE																	
	R = 0,46; R ² = 0,21; Adj R ² = 0,07 F = 1,46; p = 0,28					VIF	R = 0,56; R ² = 0,31; Adj R ² = 0,18 F = 2,47; p = 0,13					VIF	R = 0,68; R ² = 0,45; Adj R ² = 0,37 F = 4,80; p = 0,03					VIF
	B	SE(B)	β	t	p		B	SE(B)	β	t	p		B	SE(B)	β	t	p	
Faktor 1	-0,02	0,04	-0,13	-0,47	0,65	1,01	-0,07	0,07	-0,26	-1,04	0,32	1,01	-0,11	0,07	-0,36	-1,63	0,13	1,01
Faktor 2	-0,06	0,04	-0,45	-1,67	0,12	1,01	-0,14	0,07	-0,51	-2,04	0,07	1,01	-0,19	0,07	-0,61	-2,76	0,02	1,01
	ISPITANICI																	
	R = 0,48; R ² = 0,23; Adj R ² = 0,11 F = 1,83; p = 0,20					VIF	R = 0,67; R ² = 0,45; Adj R ² = 0,36 F = 4,89; p = 0,03					VIF	R = 0,66; R ² = 0,43; Adj R ² = 0,34 F = 4,58; p = 0,03					VIF
	B	SE(B)	β	t	p		B	SE(B)	β	t	p		B	SE(B)	β	t	p	
Faktor 1	0,05	0,06	0,22	0,86	0,41	1,02	-0,13	0,09	-0,33	-1,51	0,16	1,02	-0,21	0,11	-0,43	-1,98	0,07	1,02
Faktor 2	-0,09	0,06	-0,40	-1,59	0,14	1,02	-0,25	0,09	-0,63	-2,91	0,01	1,02	-0,27	0,11	-0,55	-2,52	0,03	1,02

Napomena: B - nestandardizirani koeficijent; SE(B) – standardna pogreška koeficijenta; β - koeficijent; t – test za značajnost regresijskog koeficijenta; p - statistička značajnost; R - korelacija između predviđenih i stvarnih vrijednosti; R² – koeficijent determinacije (objašnjena varijanca); Adj R² - korekcija za broj prediktora F - test ukupne značajnosti modela; *p < 0,05, **p < 0,01, ***p < 0,001; VIF – faktor inflacije varijance, pokazatelj multikolinearnosti

Na Grafu 1 prikazana je usporedba regresijskih modela kinematičkih latentnih struktura horizontalnih skokova u predikciji prolaznih vremena na prvoj i petoj preponi te natjecateljskog rezultata u disciplini 60 m prepone kod ispitanika i ispitanica. Kod ispitanika su regresijski modeli pokazali veću objašnjenu varijancu rezultata u odnosu na ispitanice u svim promatranim kriterijskim varijablama.



Napomena: UHSD - unilateralni horizontalni skok na odraznoj nozi; UHSND - unilateralni horizontalni skok na zamašnoj nozi; HSNNN – horizontalni skok s noge na nogu; * $p < 0,05$

Graf 1. Usporedba regresijskih modela kinematičkih latentnih struktura horizontalnih skokova u predikciji rezultatske uspješnosti na 1. i 5. preponi te natjecateljskog rezultata u disciplini 60 m prepone kod ispitanika i ispitanica

4.5. Utjecaj kinematičkih parametara preponskog trčanja na rezultat u disciplini 60 m prepone

Provedena je višestruka regresijska analiza s ciljem utvrđivanja utjecaja kinematičkih parametara pretrčavanja prepone na 1. i 5. preponi na rezultat u natjecateljskoj disciplini 60 m prepone kod ispitanica (Tablica 31). Rezultati su grupirani prema fazama trčanja: faza odraza, faza leta i faza doskoka, pri čemu su ispitane statističke značajnosti regresijskih modela kao i pojedinačnih prediktora.

Za fazu odraza kod prve prepone, regresijski model nije statistički značajan ($F = 1,179$; $p = 0,38$), uz koeficijent multiple korelacije $R = 0,59$ i koeficijent determinacije $R^2 = 0,34$, što ukazuje na to da varijable unutar ovog modela objašnjavaju 34 % varijance ukupnog rezultata, ali bez statističke pouzdanosti. Nijedna pojedinačna varijabla nije pokazala statistički značajan doprinos, iako duljina odraza do prepone pokazuje nešto veći regresijski koeficijent ($\beta = 0,42$; $p = 0,24$), ali bez značajnosti. U istom segmentu, ali kod pete prepone, regresijski model pokazuje statistički značajan utjecaj ($F = 3,78$; $p = 0,05$), uz $R = 0,79$ i $R^2 = 0,63$, što znači da 63 % varijance rezultata može biti objašnjeno varijablama uključenima u model. Unutar ovog modela, vrijeme kontakta pokazuje statistički značajan doprinos ($\beta = 0,54$; $t = 2,59$; $p = 0,03$), dok su ostale varijable, uključujući kut odraza i kut odrazne noge u koljenu, ostale statistički neznačajne.

Za fazu leta kod prve prepone, regresijski model je statistički značajan ($F = 3,835$; $p = 0,05$), uz visoku vrijednost koeficijenta korelacije ($R = 0,84$) i koeficijenta determinacije ($R^2 = 0,71$), što ukazuje na relativno snažnu prediktivnu vrijednost. U ovom modelu, horizontalna brzina pokazuje statistički značajan negativan utjecaj ($\beta = -0,93$; $t = -3,67$; $p = 0,01$), dok ostale varijable nemaju značajan doprinos. Kod pete prepone u fazi iznad prepone, regresijski model približava se graničnoj značajnosti ($F = 3,433$; $p = 0,06$), s vrijednostima $R = 0,83$ te objašnjava 68 % varijance rezultata. Horizontalna brzina ukazuje na statističku značajnost ($\beta = -1,05$; $t = -2,38$; $p = 0,05$). Ostale varijable poput vertikalne brzine, kuta zamašne noge u koljenu te visine CIP nemaju značajan doprinos.

U fazi doskoka kod prve prepone, regresijski model nije statistički značajan ($F = 1,965$; $p = 0,18$), iako pokazuje srednje visoke vrijednosti koeficijenata ($R = 0,68$; $R^2 = 0,47$). Nijedna varijabla u ovom modelu ne doseže statističku značajnost, iako vrijeme kontakta ($\beta = 0,52$; $t = 1,57$; $p = 0,15$) i kut slijetanja zamašne noge ($\beta = 0,50$; $t = 1,78$; $p = 0,11$) pokazuju

relativno veće, ali ipak nedovoljno snažne efekte. Nasuprot tome, faza iza prepone kod pete prepone pokazuje statistički značajan regresijski model ($F = 4,330$; $p = 0,03$) s visokim vrijednostima koeficijenta ($R = 0,81$; $R^2 = 0,66$). U ovom slučaju, vrijeme kontakta iza prepone ima statistički značajan pozitivan utjecaj ($\beta = 0,76$; $t = 3,08$; $p = 0,01$), a duljina od prepone do doskoka pokazuje značajnu negativnu povezanost ($\beta = -0,62$; $t = -2,42$; $p = 0,03$). Ostale varijable nisu bile značajne.

Tablica 31. Regresijski model utjecaja kinematičkih parametara pretrčavanja prepone na 1. i 5. preponi na rezultat u natjecateljskoj disciplini 60 m prepone kod ispitanica

VARIJABLE	1. PREPONA						VIF	5. PREPONA					VIF
	R = 0,59; R ² = 0,34; Adj R ² = 0,05 F = 1,179; p = 0,38					R = 0,79; R ² = 0,63; Adj R ² = 0,46 F = 3,782; p = 0,05							
	B	SE(B)	β	t	p	B		SE(B)	β	t	p		
<i>Faza odraza</i>	Vrijeme kontakta	5,26	7,58	0,26	0,69	0,51	1,62	20,21	7,80	0,54	2,59	0,03	1,04
	Kut odraza	0,003	0,02	0,06	0,21	0,84	1,14	0,03	0,02	0,24	1,15	0,28	1,05
	Kut odrazne noge u koljenu	-0,004	0,01	-0,09	-0,28	0,78	1,09	0,02	0,01	0,41	1,89	0,09	1,11
	Duljina od odraza do prepone	0,01	0,01	0,42	1,25	0,24	1,56	0,01	0,01	0,20	0,94	0,37	1,08
	R = 0,84; R ² = 0,71; Adj R ² = 0,52 F = 3,835; p = 0,05							R = 0,83; R ² = 0,68; Adj R ² = 0,48 F = 3,433; p = 0,06					
<i>Faza leta</i>	Horizontalna brzina	-1,25	0,34	-0,93	-3,67	0,01	1,74	-0,95	0,40	-1,05	-2,38	0,05	4,87
	Vertikalna brzina	-0,62	0,88	-0,21	-0,71	0,50	2,34	-0,29	1,15	-0,11	-0,25	0,81	5,49
	Kut zamašne noge u koljenu	-0,003	0,01	-0,07	-0,28	0,79	1,85	-0,001	0,01	-0,02	-0,10	0,92	1,51
	Duljina preponskog koraka	0,01	0,01	0,43	1,54	0,16	2,08	0,01	0,01	0,47	0,97	0,36	5,84
	Visina CIP	0,004	0,01	-0,08	-0,35	0,73	1,54	-0,01	0,01	-0,15	-0,60	0,56	1,46
	R = 0,68; R ² = 0,47; Adj R ² = 0,23 F = 1,965; p = 0,18							R = 0,81; R ² = 0,66; Adj R ² = 0,51 F = 4,330; p = 0,03					
<i>Faza doskoka</i>	Vrijeme kontakta	14,65	9,35	0,52	1,57	0,15	1,88	19,72	6,40	0,76	3,08	0,01	1,59
	Kut u koljenu zamašne noge	0,002	0,01	0,04	0,15	0,89	1,22	-0,02	0,02	-0,47	-1,21	0,26	4,02
	Kut slijetanja zamašne noge	0,04	0,02	0,50	1,78	0,11	1,31	0,03	0,02	0,43	1,33	0,22	2,77
	Duljina od prepone do doskoka	-0,01	0,01	-0,33	-1,16	0,27	1,39	-0,01	0,01	-0,62	-2,42	0,03	1,71

Napomena: B - nestandardizirani koeficijent; SE(B) – standardna pogreška koeficijenta; β - koeficijent; t – test za značajnost regresijskog koeficijenta; p - statistička značajnost; R - korelacija između predviđenih i stvarnih vrijednosti; R² – koeficijent determinacije (objašnjena varijanca); Adj R² - korekcija za broj prediktora F - test ukupne značajnosti modela; *p < 0,05, **p < 0,01, ***p < 0,001; VIF – faktor inflacije varijance, pokazatelj multikolinearnosti

Provedena je višestruka regresijska analiza s ciljem utvrđivanja utjecaja kinematičkih parametara pretrčavanja prepone na 1. i 5. preponi na rezultat u natjecateljskoj disciplini 60 m prepone kod ispitanika (Tablica 32 i Tablica 33). Varijable su podijeljene u tri faze: faza odraza, faza leta i faza doskoka, pri čemu su ispitane statističke značajnosti regresijskih modela kao i pojedinačnih prediktora.

U fazi odraza kod prve prepone, regresijski model nije statistički značajan ($F = 2,546$; $p = 0,11$), iako pokazuje umjereno visoke vrijednosti koeficijenta multiple korelacije ($R = 0,71$) i determinacije ($R^2 = 0,51$). Najveći doprinos u okviru ovog modela pokazuje kut odraza, čiji je regresijski koeficijent pozitivan ($\beta = 0,51$) i t-vrijednost blizu razine značajnosti ($t = 2,11$; $p = 0,06$), dok ostale varijable, uključujući vrijeme kontakta, kut odrazne noge u koljenu i duljinu odraza, ne pokazuju statistički značajne doprinose. Kod pete prepone u istoj fazi, model se približava statističkoj značajnosti ($F = 2,925$; $p = 0,08$) i ima sličnu prediktivnu snagu ($R = 0,73$; $R^2 = 0,54$). Vrijeme kontakta pokazuje statistički značajan doprinos rezultatu ($\beta = 0,77$; $t = 3,06$; $p = 0,01$), dok ostale varijable nisu značajne. Time se ističe važnost ovog parametra u kasnijoj fazi trčanja.

U fazi leta kod prve prepone, regresijski model je statistički vrlo značajan ($F = 13,232$; $p < 0,001$), uz iznimno visoke vrijednosti $R = 0,94$ i $R^2 = 0,88$, što ukazuje na snažnu sposobnost predikcije ukupnog rezultata. U okviru ovog modela, statistički značajan doprinos ostvaruju kut zamašne noge u koljenu ($\beta = 0,36$; $t = 2,50$; $p = 0,03$). Međutim, analizom multikolinearnosti utvrđene su izrazito visoke vrijednosti faktora inflacije varijance (VIF) za horizontalnu brzinu ($VIF = 19,10$) i vertikalnu brzinu ($VIF = 28,46$), što ukazuje na ozbiljnu multikolinearnost između tih dviju varijabli. Budući da je bivarijatna korelacija između horizontalne i vertikalne brzine prelazila vrijednost od 0,80, iz modela je isključena vertikalna brzina kao varijabla s višim VIF-om. Ponovljeni regresijski model (Tablica 33) zadržao je visoku objašnjenu varijancu ($R^2 = 0,88$; $Adj R^2 = 0,83$) uz poboljšanu statističku značajnost ($F = 17,515$; $p = 0,001$), a sve VIF vrijednosti bile su unutar prihvatljivih granica ($< 3,00$). Horizontalna brzina pritom je ostvarila izrazito značajan doprinos modelu ($\beta = -1,21$; $t = -7,13$; $p = 0,001$), čime se potvrdila njezina prediktivna važnost. S obzirom na to da isključivanje vertikalne brzine nije rezultiralo smanjenjem objašnjene varijance u daljnjoj interpretaciji korišteni su rezultati ponovljenog modela. Rezultati oba modela prikazani su u Tablici 32 i Tablici 33 radi transparentnosti postupka.

Kod pete prepone, model u fazi leta također pokazuje statistički značajnu prediktivnu vrijednost ($F = 9,696$; $p = 0,002$) s vrlo visokim $R = 0,92$ i $R^2 = 0,84$. U ovom slučaju, horizontalna brzina pokazuje statistički značajan negativan utjecaj na rezultat ($\beta = -1,16$; $t = -3,90$; $p = 0,01$), dok sve ostale varijable ostaju statistički neznačajne. Vrijednosti VIF-a za horizontalnu brzinu (5,07) i vertikalnu brzinu (4,49) ukazuju na djelomičnu multikolinearnost, ali prihvatljivu za ostanak u modelu.

U fazi doskoka kod prve prepone, model je statistički značajan ($F = 3,55$; $p = 0,05$), s vrijednostima $R = 0,77$ i $R^2 = 0,59$. Unutar modela, jedino vrijeme kontakta pokazuje statistički značajan doprinos ($\beta = 0,73$; $t = 3,53$; $p = 0,01$), dok su svi ostali parametri, uključujući kut u koljenu zamašne noge, kut slijetanja i duljinu do doskoka, bez statističke značajnosti. Kod pete prepone u fazi doskoka, model nije pokazao statističku značajnost ($F = 3,35$; $p = 0,06$) uz vrlo slične vrijednosti koeficijenata kao kod prve prepone ($R = 0,76$; $R^2 = 0,57$). Ipak, niti jedna od uključenih varijabli ne pokazuje statistički značajan individualni doprinos, iako vrijeme kontakta ($\beta = 0,44$; $t = 1,62$; $p = 0,14$) pokazuje umjerenu tendenciju prema značajnosti.

Tablica 32. Regresijski model utjecaja kinematičkih parametara pretrčavanja prepone na 1. i 5. preponi na rezultat u natjecateljskoj disciplini 60 m prepone kod ispitanika

VARIJABLE	1. PREPONA						VIF	5. PREPONA					VIF
	R = 0,71; R ² = 0,51; Adj R ² = 0,31 F = 2,546; p = 0,11					R = 0,73; R ² = 0,54; Adj R ² = 0,36 F = 2,925; p = 0,08							
	B	SE(B)	β	t	p	B		SE(B)	β	t	p		
<i>Faza odraza</i>	Vrijeme kontakta	14,64	10,14	0,33	1,44	0,18	1,03	25,46	8,32	0,77	3,06	0,01	1,36
	Kut odraza	0,05	0,02	0,51	2,11	0,06	1,16	0,03	0,04	0,22	0,94	0,37	1,21
	Kut odrazne noge u koljenu	-0,001	0,01	-0,02	-0,06	0,95	1,20	-0,02	0,02	-0,20	-0,84	0,42	1,18
	Duljina od odraza do prepone	-0,01	0,01	-0,16	-0,66	0,52	1,21	0,002	0,01	-0,06	-0,23	0,82	1,35
		R = 0,94; R ² = 0,88; Adj R ² = 0,82 F = 13,232; p = 0,001						R = 0,92; R ² = 0,84; Adj R ² = 0,76 F = 9,696; p = 0,002					
<i>Faza leta</i>	Horizontalna brzina	-1,07	0,59	-0,91	-1,81	0,10	19,10	-0,84	0,22	-1,16	-3,90	0,01	5,07
	Vertikalna brzina	1,04	1,67	0,38	0,62	0,55	28,46	-0,22	0,64	-0,10	-0,34	0,74	4,49
	Kut zamašne noge u koljenu	0,01	0,01	0,36	2,50	0,03	1,56	0,01	0,01	0,26	1,39	0,20	2,06
	Duljina preponskog koraka	0,004	0,02	0,13	0,28	0,79	16,74	0,004	0,003	0,22	1,38	0,20	1,45
	Visina CIP	-0,04	0,02	-0,41	-2,03	0,07	3,24	-0,02	0,01	-0,20	-1,11	0,30	1,90
		R = 0,77; R ² = 0,59; Adj R ² = 0,42 F = 3,550; p = 0,05						R = 0,76; R ² = 0,57; Adj R ² = 0,40 F = 3,349; p = 0,06					
<i>Faza doskoka</i>	Vrijeme kontakta	32,79	9,28	0,73	3,53	0,01	1,04	15,28	9,41	0,44	1,62	0,14	1,75
	Kut u koljenu zamašne noge	-0,01	0,01	-0,12	-0,58	0,58	1,13	-0,02	0,02	-0,37	-1,35	0,21	1,76
	Kut slijetanja zamašne noge	0,01	0,03	0,09	0,38	0,71	1,33	0,004	0,02	0,04	0,15	0,88	1,24
	Duljina od prepone do doskoka	0,001	0,004	0,03	0,14	0,89	1,22	0,003	0,004	0,14	0,63	0,54	1,14

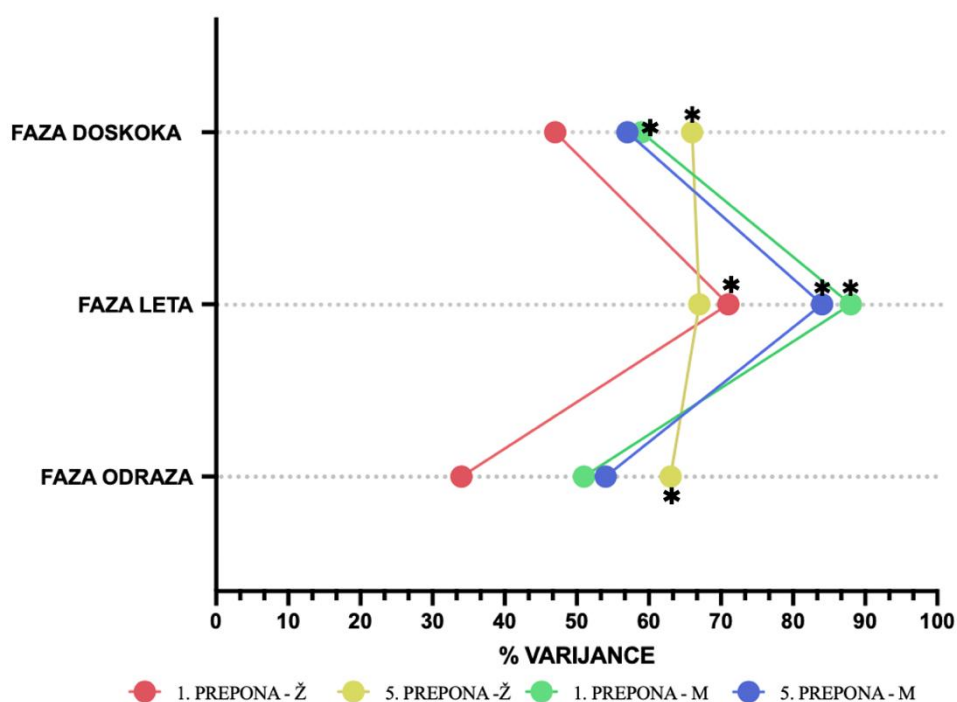
Napomena: B - nestandardizirani koeficijent; SE(B) – standardna pogreška koeficijenta; β - koeficijent; t – test za značajnost regresijskog koeficijenta; p - statistička značajnost; R - korelacija između predviđenih i stvarnih vrijednosti; R² – koeficijent determinacije (objašnjena varijanca); Adj R² - korekcija za broj prediktora F - test ukupne značajnosti modela; *p < 0,05, **p < 0,01, ***p < 0,001; VIF – faktor inflacije varijance, pokazatelj multikolinearnosti

Tablica 33. Regresijski model utjecaja kinematičkih parametara pretrčavanja prepone na 1. i 5. preponi na rezultat u natjecateljskoj disciplini 60 m prepone kod ispitanika – ponovljeni model

VARIJABLE	1. PREPONA						VIF	5. PREPONA					VIF
	R = 0,71; R ² = 0,51; Adj R ² = 0,31 F = 2,546; p = 0,11					R = 0,73; R ² = 0,54; Adj R ² = 0,36 F = 2,925; p = 0,08							
	B	SE(B)	β	t	p	B		SE(B)	β	t	p		
<i>Faza odraza</i>	Vrijeme kontakta	14,64	10,14	0,33	1,44	0,18	1,03	25,46	8,32	0,77	3,06	0,01	1,36
	Kut odraza	0,05	0,02	0,51	2,11	0,06	1,16	0,03	0,04	0,22	0,94	0,37	1,21
	Kut odrazne noge u koljenu	-0,001	0,01	-0,02	-0,06	0,95	1,20	-0,02	0,02	-0,20	-0,84	0,42	1,18
	Duljina od odraza do prepone	-0,01	0,01	-0,16	-0,66	0,52	1,21	0,002	0,01	-0,06	-0,23	0,82	1,35
		R = 0,94; R ² = 0,88; Adj R ² = 0,83 F = 17,515; p = 0,001						R = 0,92; R ² = 0,84; Adj R ² = 0,76 F = 9,696; p = 0,002					
<i>Faza leta</i>	Horizontalna brzina	-1,41	0,20	-1,21	-7,13	0,001	2,30	-0,84	0,22	-1,16	-3,90	0,01	5,07
	Vertikalna brzina	/	/	/	/	/	/	-0,22	0,64	-0,10	-0,34	0,74	4,49
	Kut zamašne noge u koljenu	0,02	0,01	0,36	2,76	0,02	1,50	0,01	0,01	0,26	1,39	0,20	2,06
	Duljina preponskog koraka	0,01	0,004	0,41	0,29	0,02	1,60	0,004	0,003	0,22	1,38	0,20	1,45
	Visina CMT iznad prepone do prepone	-0,04	0,02	-0,47	-2,55	0,03	2,73	-0,02	0,01	-0,20	-1,11	0,30	1,90
		R = 0,77; R ² = 0,59; Adj R ² = 0,42 F = 3,550; p = 0,05						R = 0,76; R ² = 0,57; Adj R ² = 0,40 F = 3,349; p = 0,06					
<i>Faza doskoka</i>	Vrijeme kontakta	32,79	9,28	0,73	3,53	0,01	1,04	15,28	9,41	0,44	1,62	0,14	1,75
	Kut u koljenu zamašne noge	-0,01	0,01	-0,12	-0,58	0,58	1,13	-0,02	0,02	-0,37	-1,35	0,21	1,76
	Kut slijetanja zamašne noge	0,01	0,03	0,09	0,38	0,71	1,33	0,004	0,02	0,04	0,15	0,88	1,24
	Duljina od prepone do doskoka	0,001	0,004	0,03	0,14	0,89	1,22	0,003	0,004	0,14	0,63	0,54	1,14

Napomena: B - nestandardizirani koeficijent; SE(B) – standardna pogreška koeficijenta; β - koeficijent; t – test za značajnost regresijskog koeficijenta; p - statistička značajnost; R - korelacija između predviđenih i stvarnih vrijednosti; R² – koeficijent determinacije (objašnjena varijanca); Adj R² - korekcija za broj prediktora F - test ukupne značajnosti modela; *p < 0,05, **p < 0,01, ***p < 0,001; VIF – faktor inflacije varijance, pokazatelj multikolinearnosti

Na Grafu 2 prikazana je usporedba postotka objašnjene varijance (R^2) regresijskih modela kinematičkih parametara pretrčavanja prve i pete prepone u fazama odraza, leta i doskoka u predikciji ukupnog rezultata natjecateljske discipline 60 m prepone kod ispitanika i ispitanica. Kod ispitanika obrazac regresijskih modela pretrčavanja prve i pete prepone gotovo u potpunosti ponavlja, pri čemu faza leta ostvaruje najviše vrijednosti objašnjene varijance u oba slučaja ($*p \leq 0,05$), dok su vrijednosti u fazama odraza i doskoka niže, ali međusobno konzistentne. Kod ispitanica krivulja modela nije jednaka za prvu i petu preponu. Vrijednosti objašnjene varijance razlikuju se između faza i između prepona, pri čemu na prvoj preponi faza leta ostvaruje značajna prediktivna svojstva, dok su na petoj preponi izraženije prediktivne vrijednosti faze odraza i faze doskoka ($*p \leq 0,05$).



Graf 2. Usporedba regresijskih modela kinematičkih parametara pretrčavanje 1. i 5. prepone u predikciji rezultata natjecateljske discipline 60 m prepone kod ispitanika i ispitanica

4.6. *Povezanost kinematičkih parametara preponskog trčanja s biomehaničkim parametrima vertikalnog dubinskog skoka, kinematičkim parametrima horizontalnih skokova i rezultatom u disciplini 60 m prepone*

Pearsonova korelacija provedena je s ciljem utvrđivanja povezanosti biomehaničkih parametara vertikalnog dubinskog skoka s kinematičkim parametrima pretrčavanja prepone na 1. preponi kod ispitanica (Tablica 34). Rezultati istraživanja pokazali su nekoliko statistički značajnih povezanosti između kinematičkih parametara pretrčavanja prve prepone i biomehaničkih varijabli dubinskog skoka. Najznačajnija negativna korelacija zabilježena je između relativne vršne snage i duljine odraza do prepone ($r = -0,55$, $p < 0,05$). Brzina odraza u dubinskom skoku pokazala je značajnu pozitivnu korelaciju s horizontalnom brzinom iznad prepone ($r = 0,62$, $p < 0,05$), dok je istovremeno negativno povezana s visinom CIP iznad prepone ($r = -0,54$, $p < 0,05$). RSI pozitivno je povezan s horizontalnom brzinom iznad prve prepone ($r = 0,56$, $p < 0,05$).

Pearsonova korelacija provedena je s ciljem utvrđivanja povezanosti biomehaničkih parametara vertikalnog dubinskog skoka s kinematičkim parametrima pretrčavanja prepone na 5. preponi kod ispitanica (Tablica 35). Identificirano je nekoliko statistički značajnih korelacija. Najizraženija negativna korelacija pronađena je između prosječne sile koncentrične faze i trajanje kontakta stopala s tlom prije pete prepone s vrijednošću $r = -0,59$ ($p < 0,05$). U fazi iznad prepone nije utvrđena statistički značajna povezanost analiziranih varijabli. Faza nakon prepone identificira značajnu negativnu korelaciju između maksimalne i prosječne koncentrične sile i vremena kontakta stopala s podlogom ($r = -0,61$, $r = -0,62$; $p < 0,05$).

Tablica 34. Povezanost biomehaničkih parametara vertikalnog dubinskog skoka s kinematičkim parametrima pretrčavanja prepone na 1. preponi kod ispitanica

DUBINSKI SKOK VARIJABLE	1. PREPONA												
	FAZA ODRAZA				FAZA LETA					FAZA DOSKOKA			
	Vrijeme kontakta	Kut odraza	Kut u koljenu odrazne noge	Duljina od odraza do prepone	Horizontalna brzina	Vertikalna brzina	Kut zamašne noge u koljenu	Duljina preponskog koraka	Visina CIP	Vrijeme kontakta	Kut zamašne noge u koljenu	Kut slijetanja zamašnom nogom	Duljina od prepone do doskoka
Visina odraza	-0,37	-0,28	-0,33	-0,44	0,62*	-0,21	0,32	0,04	-0,55*	-0,25	0,18	0,26	0,38
Vrijeme kontakta	0,08	-0,49	0,05	-0,08	-0,36	-0,36	-0,34	-0,51	0,31	0,20	0,12	-0,12	-0,24
Brzina odraza	-0,38	-0,27	-0,35	-0,44	0,62*	-0,21	0,32	0,04	-0,54*	-0,25	0,18	0,27	0,38
Relativna vršna snaga	-0,40	-0,14	-0,38	-0,55*	0,46	-0,06	0,25	0,05	-0,40	-0,24	0,03	0,43	0,47
RSI	-0,43	0,10	-0,36	-0,36	0,56*	0,20	0,33	0,35	-0,47	-0,34	-0,02	0,37	0,49
Maksimalna sila ekscentrične faze	0,01	0,34	-0,24	0,25	0,47	0,15	0,38	0,43	-0,45	0,01	-0,11	0,17	0,05
Maksimalna sila koncentrične faze	-0,21	0,34	-0,15	0,02	0,36	0,24	0,34	0,31	-0,17	-0,32	0,03	0,06	0,16
Trajanje ekscentrične faze	-0,02	-0,47	0,17	-0,19	-0,40	-0,24	-0,30	-0,46	0,47	0,04	0,24	-0,19	-0,12
Trajanje koncentrične faze	0,22	-0,38	-0,15	0,12	-0,19	-0,43	-0,30	-0,44	-0,03	0,39	-0,11	0,03	-0,36
Prosječna sila ekscentrične faze	-0,14	0,38	-0,18	0,09	0,45	0,32	0,26	0,51	-0,40	-0,16	-0,08	0,31	0,23
Prosječna sila koncentrične faze	-0,46	0,10	-0,16	-0,35	0,61*	0,23	0,44	0,41	-0,37	-0,50	0,22	0,18	0,52

Napomena: *p < 0,05, **p < 0,01, ***p < 0,001

Tablica 35. Povezanost biomehaničkih parametara vertikalnog dubinskog skoka s kinematičkim parametrima pretrčavanja prepone na 5. preponi kod ispitanica

DUBINSKI SKOK VARIJABLE	5. PREPONA												
	FAZA ODRAZA				FAZA LETA					FAZA DOSKOKA			
	Vrijeme kontakta	Kut odraza	Kut u koljenu odrazne noge	Duljina od odraza do prepone	Horizontalna brzina	Vertikalna brzina	Kut zamašne noge u koljenu	Duljina preponskog koraka	Visina CIP	Vrijeme kontakta	Kut zamašne noge u koljenu	Kut slijetanja zamašnom nogom	Duljina od prepone do doskoka
Visina odraza	-0,45	-0,06	-0,39	0,36	0,43	0,01	0,01	0,36	-0,08	-0,34	-0,13	-0,08	0,06
Vrijeme kontakta	0,43	0,28	0,10	-0,25	-0,08	-0,31	-0,19	-0,15	0,28	0,36	-0,25	-0,17	0,01
Brzina odraza	-0,46	-0,07	-0,36	0,35	0,42	0,01	0,01	0,35	-0,06	-0,35	-0,12	-0,07	0,05
Relativna vršna snaga	-0,40	-0,11	-0,38	0,27	0,40	0,07	-0,05	0,39	-0,06	-0,19	-0,22	-0,04	0,15
RSI	-0,54*	-0,17	-0,31	0,41	0,36	0,21	0,07	0,36	-0,21	-0,40	0,01	0,08	0,05
Maksimalna sila ekscentrične faze	-0,38	-0,10	-0,13	0,41	0,10	0,45	0,33	0,35	-0,04	-0,24	0,06	-0,05	0,07
Maksimalna sila koncentrične faze	-0,31	-0,33	0,18	0,36	0,02	0,02	0,26	-0,27	-0,29	-0,61*	0,49	0,19	-0,49
Trajanje ekscentrične faze	0,40	0,24	0,19	-0,32	-0,12	-0,43	-0,18	-0,38	0,13	0,25	-0,05	0,01	-0,16
Trajanje koncentrične faze	0,34	0,25	-0,07	-0,06	0,02	-0,02	-0,16	0,26	0,43	0,41	-0,50	-0,38	0,28
Prosječna sila ekscentrične faze	-0,48	-0,12	-0,12	0,39	0,12	0,51	0,22	0,41	-0,05	-0,30	0,12	0,11	0,13
Prosječna sila koncentrične faze	-0,59*	-0,21	-0,14	0,36	0,26	0,07	0,18	0,04	-0,28	-0,62*	0,35	0,26	-0,23

Napomena: *p < 0,05, **p < 0,01, ***p < 0,001

Pearsonova korelacija provedena je s ciljem utvrđivanja povezanosti biomehaničkih parametara vertikalnog dubinskog skoka s kinematičkim parametrima pretrčavanja prepone na 1. preponi kod ispitanika (Tablica 36). Identificirano je više statističkih značajnih povezanosti koje ukazuju na specifične mehanizme učinkovitog pretrčavanja prepone. RSI pokazuje vrlo visoke negativne korelacije s više kinematičkih parametara prve prepone: horizontalnom brzinom ($r = 0,82, p < 0,01$), vertikalnom brzinom ($r = -0,65, p < 0,01$), visinom CIP iznad prepone ($r = -0,72, p < 0,01$) i vremenom kontakta nakon prepone ($r = -0,69, p < 0,01$). Brzina odraza u dubinskom skoku pokazuje značajnu pozitivnu povezanost s horizontalnom brzinom ($r = 0,74, p < 0,01$) te negativnu s vremenom leta ($r = -0,62, p < 0,01$). Ove korelacije ponavljaju se i kod relativne vršne snage ($r = 0,77$ s horizontalnom brzinom, $r = -0,61$ s vremenom leta). Značajna pozitivna korelacija uočena je i između visine CIP-e i vremena kontakta stopala s tlom tijekom dubinskog skoka ($r = 0,54, p < 0,05$).

Pearsonova korelacija provedena je s ciljem utvrđivanja povezanosti biomehaničkih parametara vertikalnog dubinskog skoka s kinematičkim parametrima pretrčavanja prepone na 5. preponi kod ispitanika (Tablica 37). Rezultati pokazuju jasno izražene, statistički značajne korelacije koje se uvelike razlikuju od onih zabilježenih na prvoj preponi. Vrijeme kontakta stopala prije pete prepone značajno je negativno povezana s RSI ($r = -0,79, p < 0,01$), brzinom odraza ($r = -0,68, p < 0,01$) i relativna vršna snaga ($r = -0,72, p < 0,01$). Brzina odraza u dubinskom skoku pozitivno korelira s horizontalnom brzinom ($r = 0,79, p < 0,01$), a slična povezanost potvrđena je i za relativnu vršnu snagu ($r = 0,80, p < 0,01$) te RSI ($r = 0,82, p < 0,01$). U fazi iznad prepone, biomehaničke varijable i dalje pokazuju snažnu povezanost s kinematikom. RSI i brzina odraza negativno su povezani s vertikalnom brzinom ($r = -0,583, p < 0,05$). Visina CIP iznad prepone također pokazuje negativnu korelaciju s RSI ($r = -0,72, p < 0,01$), brzinom odraza ($r = -0,70, p < 0,01$) i relativnom vršnom snagom ($r = -0,72, p < 0,01$). U fazi nakon prepone izražena negativna korelacija između RSI-a i kut zamašne noge u koljenu ($r = -0,54, p < 0,05$). Vremensko trajanje koncentrične faze skoka pokazalo je negativnu povezanost s duljinom od prepone do doskoka ($r = -0,59, p < 0,05$).

Tablica 36. Povezanost biomehaničkih parametara vertikalnog dubinskog skoka s kinematičkim parametrima pretrčavanja prepone na 1. preponi kod ispitanika

DUBINSKI SKOK VARIJABLE	1. PREPONA												
	FAZA ODRAZA				FAZA LETA					FAZA DOSKOKA			
	Vrijeme kontakta	Kut odraza	Kut u koljenu odrazne noge	Duljina od odraza do prepone	Horizontalna brzina	Vertikalna brzina	Kut zamašne noge u koljenu	Duljina preponskog koraka	Visina CIP	Vrijeme kontakta	Kut zamašne noge u koljenu	Kut slijetanja zamašnom nogom	Duljina od prepone do doskoka
Visina odraza	-0,48	-0,39	0,45	0,69**	0,73**	-0,61*	0,31	-0,09	-0,46	-0,62*	0,29	-0,46	-0,43
Vrijeme kontakta	0,41	0,10	0,47	0,35	-0,16	0,08	-0,29	0,06	0,54*	0,12	-0,11	-0,13	-0,16
Brzina odraza	-0,49	-0,41	0,46	0,66**	0,74**	-0,62*	0,31	-0,09	-0,49	-0,64*	0,30	-0,45	-0,41
Relativna vršna snaga	-0,55*	-0,42	0,48	0,61*	0,77**	-0,61*	0,31	-0,06	-0,55*	-0,66**	0,30	-0,46	-0,37
RSI	-0,69**	-0,44	0,24	0,51	0,82**	-0,65**	0,43	-0,10	-0,72**	-0,69**	0,36	-0,39	-0,34
Maksimalna sila ekscentrične faze	-0,07	-0,44	0,32	-0,16	0,20	-0,31	-0,20	-0,27	-0,57*	-0,12	-0,21	-0,05	-0,07
Maksimalna sila koncentrične faze	0,28	-0,19	0,31	-0,11	0,01	0,11	-0,60*	0,26	-0,02	0,16	-0,05	0,15	0,21
Trajanje ekscentrične faze	0,16	0,40	-0,20	0,30	-0,19	0,15	0,19	0,09	0,57*	0,08	-0,01	-0,13	-0,11
Trajanje koncentrične faze	0,06	-0,07	-0,14	-0,07	0,11	-0,27	0,21	-0,11	0,06	-0,24	-0,46	-0,39	-0,02
Prosječna sila ekscentrične faze	0,07	-0,51	0,22	-0,21	0,05	-0,08	-0,34	-0,12	-0,36	-0,06	-0,29	-0,01	0,05
Prosječna sila koncentrične faze	0,25	-0,33	0,35	0,27	0,10	-0,03	-0,53	0,17	0,09	0,01	0,13	0,18	-0,05

Napomena: *p < 0,05, **p < 0,01, ***p < 0,001

Tablica 37. Povezanost biomehaničkih parametara vertikalnog dubinskog skoka s kinematičkim parametrima pretrčavanja prepona na 5. preponi kod ispitanika

DUBINSKI SKOK VARIJABLE	5. PREPONA												
	FAZA ODRAZA				FAZA LETA					FAZA DOSKOKA			
	Vrijeme kontakta	Kut odraza	Kut u koljenu odrazne noge	Duljina od odraza do prepone	Horizontalna brzina	Vertikalna brzina	Kut zamašne noge u koljenu	Duljina preponskog koraka	Visina CIP	Vrijeme kontakta	Kut zamašne noge u koljenu	Kut slijetanja zamašnom nogom	Duljina od prepone do doskoka
Visina odraza	-0,68**	0,23	-0,22	0,60*	0,78**	-0,62*	0,44	-0,21	-0,37	-0,68**	0,25	-0,36	-0,22
Vrijeme kontakta	0,20	0,27	0,43	0,20	-0,05	-0,09	-0,24	-0,12	0,55*	0,06	0,07	0,39	-0,14
Brzina odraza	-0,68**	0,20	-0,27	0,58*	0,79**	-0,63*	0,46	-0,19	-0,39	-0,70**	0,28	-0,38	-0,21
Relativna vršna snaga	-0,72**	0,19	-0,26	0,56*	0,80**	-0,61*	0,48	-0,21	-0,44	-0,72**	0,27	-0,39	-0,16
RSI	-0,79**	0,11	-0,43	0,50	0,82**	-0,58*	0,55*	-0,14	-0,63*	-0,72**	0,23	-0,54*	-0,14
Maksimalna sila ekscentrične faze	-0,21	-0,12	0,13	-0,14	0,24	-0,23	0,20	-0,47	-0,42	-0,16	-0,08	-0,02	0,08
Maksimalna sila koncentrične faze	0,12	-0,03	0,27	-0,25	-0,01	0,15	-0,26	-0,09	0,01	0,11	-0,14	0,26	0,40
Trajanje ekscentrične faze	0,16	0,09	-0,05	0,34	-0,16	0,02	-0,07	0,32	0,42	0,16	0,02	-0,06	-0,39
Trajanje koncentrične faze	-0,13	-0,26	-0,19	0,19	0,17	-0,38	0,40	-0,15	-0,03	-0,21	0,27	-0,07	-0,59*
Prosječna sila ekscentrične faze	-0,02	-0,18	0,14	-0,15	0,09	0,03	-0,12	-0,38	-0,23	-0,07	0,02	0,18	0,32
Prosječna sila koncentrične faze	0,08	0,22	0,22	0,06	0,19	-0,07	-0,24	-0,02	0,18	-0,07	0,20	0,19	0,28

Napomena: *p < 0,05, **p < 0,01, ***p < 0,001

Pearsonova korelacija provedena je s ciljem utvrđivanja povezanosti kinematičkih parametara pretrčavanja 1. i 5. prepone s unilateralnim horizontalnim skokovima na odraznoj nozi kod ispitanica (Tablica 38). Kroz korelacijske koeficijente analizirane su povezanosti između niza varijabli u tri faze: odraz, let i doskok.

Na prvoj preponi utvrđeno je ukupno 15 statistički značajnih korelacija. U fazi odraza prije prepone utvrđeno je 9 statistički značajnih korelacija, a najsnažnija negativna povezanost zabilježena je između varijable kut u skoku i parametra vrijeme kontakta u preponskom koraku ($r = -0,65$; $p = 0,01$). U fazi leta iznad prepone utvrđeno je 2 značajne korelacije, pri čemu se najsnažnija pozitivna povezanost odnosi na vezu varijable RSI u skoku s parametrom horizontalna brzina ($r = 0,55$; $p = 0,04$). U fazi doskoka nakon prepone utvrđeno je 4 značajne korelacije, dok je najsnažnija negativna povezanost zabilježena između varijable vrijeme kontakta u skoku i parametra duljina od prepone do doskoka ($r = -0,68$; $p = 0,01$)."

Na petoj preponi utvrđeno je ukupno 10 statistički značajnih korelacija. U fazi odraza prije prepone utvrđena je 1 statistički značajna korelacija, a najsnažnija negativna povezanost zabilježena je između varijable RSI u skoku i parametra vrijeme kontakta u preponskom koraku ($r = -0,57$; $p = 0,03$). U fazi leta iznad prepone utvrđeno je 5 značajnih korelacija, pri čemu se najsnažnija pozitivna povezanost odnosi na vezu varijable vrijeme leta u skoku s parametrom horizontalna brzina ($r = 0,68$; $p = 0,01$). U fazi doskoka nakon prepone utvrđeno je 4 značajne korelacije, dok je najsnažnija negativna povezanost zabilježena između varijable RSI u skoku i parametra vrijeme kontakta ($r = -0,62$; $p = 0,02$).

Tablica 38. Povezanost kinematičkih parametara pretrčavanja prepona s unilateralnim horizontalnim skokovima na odraznoj nozi kod ispitanica

UNILATERALNI HORIZONTALNI SKOKOVI NA ODRAZNOJ NOZI	1. PREPONA												
	FAZA ODRAZA				FAZA LETA					FAZA DOSKOKA			
	Vrijeme kontakta	Kut odraza	Kut u koljenu odrazne noge	Duljina od odraza do prepone	Horizontalna brzina	Vertikalna brzina	Kut zamašne noge u koljenu	Duljina preponskog koraka	Visina CIP	Vrijeme kontakta	Kut zamašne noge u koljenu	Kut slijetanja zamašnom nogom	Duljina od prepone do doskoka
Vrijeme kontakta	0,06	0,23	0,04	0,48	-0,40	-0,09	-0,53*	-0,50	0,39	0,19	-0,43	-0,03	-0,68**
Vrijeme leta	-0,63*	0,34	-0,52	-0,55*	0,33	0,07	-0,17	-0,13	0,14	-0,49	-0,21	0,53*	0,37
Visina	-0,63*	0,33	-0,51	-0,56*	0,33	0,05	-0,17	-0,13	0,13	-0,49	-0,21	0,52	0,37
Frekvencija	0,56*	-0,37	0,37	0,32	-0,10	-0,02	0,37	0,33	-0,35	0,36	0,28	-0,49	-0,06
Duljina skoka	-0,33	0,02	-0,60*	-0,49	0,37	-0,05	0,09	0,02	0,00	-0,25	0,01	0,42	0,41
Brzina	0,07	-0,25	-0,37	-0,28	0,32	-0,02	0,39	0,33	-0,28	-0,01	0,25	0,11	0,42
Kut	-0,65*	0,46	-0,35	-0,42	0,24	0,12	-0,28	-0,16	0,18	-0,52	-0,30	0,46	0,24
RSI	-0,57*	0,25	-0,48	-0,63*	0,55*	0,19	0,05	0,24	-0,11	-0,54*	-0,02	0,47	0,65*
Ukupno vrijeme	-0,03	0,25	0,13	0,29	-0,24	-0,09	-0,17	-0,31	-0,02	0,05	-0,45	-0,09	-0,42
5. PREPONA													
Vrijeme kontakta	0,48	0,05	-0,13	0,40	0,05	-0,29	-0,24	-0,03	-0,26	0,01	-0,04	-0,14	-0,24
Vrijeme leta	-0,36	-0,42	-0,10	0,20	0,68**	-0,31	-0,14	0,11	-0,22	-0,55*	0,25	0,21	0,05
Visina	-0,36	-0,44	-0,10	0,20	0,68**	-0,33	-0,16	0,10	-0,22	-0,55*	0,26	0,21	0,03
Frekvencija	0,14	0,21	0,19	-0,27	-0,60*	0,34	0,17	-0,13	0,25	0,37	-0,15	-0,13	-0,04
Duljina skoka	-0,28	-0,25	0,14	-0,00	0,44	-0,06	0,12	0,09	0,21	-0,29	0,13	0,10	0,16
Brzina	-0,21	-0,08	0,33	-0,24	-0,00	0,26	0,28	0,01	0,45	-0,02	0,03	0,04	0,18
Kut	-0,31	-0,37	-0,25	0,26	0,66**	-0,35	-0,21	0,12	-0,41	-0,57*	0,25	0,22	0,02
RSI	-0,57*	-0,49	0,02	0,13	0,59*	-0,08	-0,06	0,14	-0,10	-0,62*	0,37	0,33	0,10
Ukupno vrijeme	0,21	0,12	-0,44	0,07	0,01	-0,20	-0,09	0,05	-0,37	0,06	-0,33	-0,31	0,07

Napomena: *p < 0,05, **p < 0,01, ***p < 0,001

Pearsonova korelacija provedena je s ciljem utvrđivanja povezanosti kinematičkih parametara pretrčavanja 1. i 5. prepone s unilateralnim horizontalnim skokovima na odraznoj nozi kod ispitanika (Tablica 39). Kroz korelacijske koeficijente analizirane su povezanosti između niza varijabli u tri faze: odraz, let i doskok.

Na prvoj preponi utvrđeno je ukupno 28 statistički značajnih korelacija. U fazi odraza prije prepone utvrđeno je 7 statistički značajnih korelacija, a najsnažnija negativna povezanost zabilježena je između varijable kut u skoku i parametra vrijeme kontakta u preponskom koraku ($r = -0,72$; $p = 0,002$). U fazi leta iznad prepone utvrđeno je 14 značajnih korelacija, pri čemu se najsnažnija pozitivna povezanost odnosi na vezu varijable RSI u skoku s parametrom horizontalna brzina ($r = 0,80$; $p = 0,001$). U fazi doskoka nakon prepone utvrđeno je 7 značajnih korelacija, dok je najsnažnija negativna povezanost zabilježena između varijable vrijeme leta u skoku i parametra vrijeme kontakta ($r = -0,79$; $p = 0,001$).

Na petoj preponi utvrđeno je ukupno 29 statistički značajnih korelacija. U fazi odraza prije prepone utvrđeno je 7 statistički značajnih korelacija, a najsnažnija negativna povezanost zabilježena je između varijable RSI u skoku i parametra vrijeme kontakta u preponskom koraku ($r = -0,76$; $p = 0,001$). U fazi leta iznad prepone utvrđeno je 14 značajnih korelacija, pri čemu se najsnažnija pozitivna povezanost odnosi na vezu varijable vrijeme leta u skoku s parametrom horizontalna brzina ($r = 0,81$; $p = 0,001$). U fazi doskoka nakon prepone utvrđeno je 8 značajnih korelacija, dok je najsnažnija negativna povezanost zabilježena između varijable vrijeme leta u skoku i parametra vrijeme kontakta ($r = -0,77$; $p = 0,001$).

Tablica 39. Povezanost kinematičkih parametara pretrčavanja prepona s unilateralnim horizontalnim skokovima na odraznoj nozi kod ispitanika

UNILATERALNI HORIZONTALNI SKOKOVI NA ODRAZNOJ NOZI	1. PREPONA												
	FAZA ODRAZA				FAZA LETA					FAZA DOSKOKA			
	Vrijeme kontakta	Kut odraza	Kut u koljenu odrazne noge	Duljina od odraza do prepone	Horizontalna brzina	Vertikalna brzina	Kut zamašne noge u koljenu	Duljina preponskog koraka	Visina CIP	Vrijeme kontakta	Kut zamašne noge u koljenu	Kut slijetanja zamašnom nogom	Duljina od prepone do doskoka
Vrijeme kontakta	0,65**	0,50	-0,31	-0,15	-0,71**	0,40	-0,17	-0,10	0,61*	0,49	-0,52*	-0,08	0,02
Vrijeme leta	-0,48	-0,65**	0,33	0,43	0,75**	-0,63*	0,13	-0,10	-0,59*	-0,79***	-0,03	-0,40	-0,29
Visina	-0,48	-0,66**	0,33	0,42	0,74**	-0,61*	0,11	-0,09	-0,58*	-0,78***	-0,03	-0,38	-0,28
Frekvencija	0,15	0,51	-0,32	-0,29	-0,34	0,45	0,01	0,31	0,24	0,54*	0,27	0,14	0,34
Duljina skoka	-0,05	-0,58*	0,26	0,37	0,47	-0,43	-0,10	-0,02	-0,19	-0,53*	-0,27	-0,42	-0,22
Brzina	0,02	-0,48	0,19	0,33	0,42	-0,34	-0,12	0,09	-0,13	-0,42	-0,21	-0,45	-0,13
Kut	-0,72**	-0,45	0,28	0,32	0,71**	-0,60*	0,37	-0,19	-0,79***	-0,71**	0,26	-0,23	-0,29
RSI	-0,59*	-0,52*	0,26	0,40	0,80***	-0,56*	0,19	0,05	-0,66**	-0,72**	0,16	-0,42	-0,19
Ukupno vrijeme	-0,05	0,44	-0,24	-0,33	-0,43	0,34	0,20	-0,13	0,08	0,40	0,20	0,44	0,10
5. PREPONA													
Vrijeme kontakta	0,59*	-0,14	0,13	-0,19	-0,58*	0,30	-0,33	0,13	0,43	0,61*	-0,31	0,11	-0,18
Vrijeme leta	-0,72**	0,05	-0,21	0,53*	0,81***	-0,63*	0,44	-0,33	-0,44	-0,77***	0,42	-0,26	-0,17
Visina	-0,71**	0,07	-0,17	0,52*	0,80***	-0,61*	0,43	-0,35	-0,42	-0,76***	0,43	-0,23	-0,15
Frekvencija	0,35	-0,20	-0,19	-0,39	-0,47	0,55*	-0,32	0,49	-0,01	0,51	-0,52*	-0,03	0,27
Duljina skoka	-0,40	0,02	0,03	0,41	0,57*	-0,43	0,14	-0,41	-0,14	-0,52*	0,35	0,13	-0,15
Brzina	-0,34	-0,05	-0,06	0,34	0,50	-0,31	0,04	-0,27	-0,16	-0,41	0,21	0,13	-0,08
Kut	-0,73**	0,03	-0,43	0,44	0,70**	-0,60*	0,61*	-0,08	-0,60*	-0,71**	0,28	-0,63*	-0,14
RSI	-0,76***	-0,02	-0,38	0,47	0,79***	-0,51	0,42	-0,13	-0,60*	-0,71**	0,23	-0,41	-0,05
Ukupno vrijeme	0,31	0,08	0,06	-0,32	-0,52*	0,35	-0,06	0,24	0,16	0,39	-0,26	-0,09	0,10

Napomena: *p < 0,05, **p < 0,01, ***p < 0,001

Pearsonova korelacija provedena je s ciljem utvrđivanja povezanosti kinematičkih parametara pretrčavanja 1. i 5. prepone s unilateralnim horizontalnim skokovima na zamašnoj nozi kod ispitanica (Tablica 40).

Na 1. preponi utvrđeno je ukupno 14 statistički značajnih korelacija. U fazi odraza prije prepone utvrđeno je 9 statistički značajnih korelacija, a najsnažnija negativna povezanost zabilježena je između varijable duljina skoka u skoku i parametra kut u koljenu odrazne noge u preponskom koraku ($r = -0,74$; $p = 0,002$). U fazi leta iznad prepone utvrđeno je 1 značajna korelacija, pri čemu se najsnažnija pozitivna povezanost odnosi na vezu varijable duljina skoka u skoku s parametrom horizontalna brzina ($r = 0,54$; $p = 0,04$). U fazi doskoka nakon prepone utvrđeno je 4 značajnih korelacija, dok je najsnažnija negativna povezanost zabilježena između varijable RSI u skoku i parametra vrijeme kontakta ($r = -0,73$; $p = 0,003$).

Na 5. preponi utvrđeno je ukupno 4 statistički značajnih korelacija. U fazi doskoka nakon prepone utvrđeno je 4 značajnih korelacija, dok je najsnažnija negativna povezanost zabilježena između varijable RSI u skoku i parametra vrijeme kontakta ($r = -0,74$; $p = 0,002$).

Tablica 40. Povezanost kinematičkih parametara pretrčavanja prepona s unilateralnim horizontalnim skokovima na zamašnoj nozi kod ispitanica

UNILATERALNI HORIZONTALNI SKOKOVI NA ZAMAŠNOJ NOZI	1. PREPONA												
	FAZA ODRAZA				FAZA LETA					FAZA DOSKOKA			
	Vrijeme kontakta	Kut odraza	Kut u koljenu odrazne noge	Duljina od odraza do prepone	Horizontalna brzina	Vertikalna brzina	Kut zamašne noge u koljenu	Duljina preponskog koraka	Visina CIP	Vrijeme kontakta	Kut zamašne noge u koljenu	Kut slijetanja zamašnom nogom	Duljina od prepone do doskoka
Vrijeme kontakta	-0,06	-0,15	-0,19	-0,47	0,46	0,05	0,42	0,49	-0,33	-0,04	0,21	0,05	0,67**
Vrijeme leta	-0,62*	0,37	-0,56*	-0,11	0,24	0,00	-0,00	-0,17	-0,09	-0,49	-0,35	0,36	-0,01
Visina	-0,62*	0,36	-0,55*	-0,10	0,24	-0,02	0,02	-0,19	-0,12	-0,48	-0,35	0,32	-0,03
Frekvencija	0,45	-0,41	0,54*	0,03	-0,12	0,06	0,16	0,28	-0,08	0,27	0,46	-0,34	0,15
Duljina skoka	-0,55*	0,13	-0,74**	-0,15	0,54*	-0,05	0,27	0,08	-0,33	-0,38	-0,11	0,32	0,17
Brzina	0,02	-0,43	-0,02	-0,16	0,38	0,07	0,48	0,49	-0,42	-0,05	0,54*	-0,11	0,42
Kut	-0,57*	0,42	-0,48	-0,12	0,12	0,05	-0,15	-0,21	0,05	-0,45	-0,38	0,42	-0,03
RSI	-0,73**	0,20	-0,43	-0,21	0,44	0,23	0,24	0,21	-0,36	-0,73**	0,01	0,32	0,30
Ukupno vrijeme	0,08	0,37	0,06	0,21	-0,53	-0,07	-0,42	-0,50	0,24	0,12	-0,61*	0,13	-0,46
5. PREPONA													
Vrijeme kontakta	-0,47	-0,00	-0,06	-0,51	0,19	0,30	0,28	0,32	0,35	0,16	-0,15	-0,01	0,62*
Vrijeme leta	-0,25	0,01	-0,17	0,16	0,46	-0,27	0,19	0,00	-0,21	-0,54*	0,01	-0,09	-0,03
Visina	-0,24	0,01	-0,19	0,16	0,46	-0,30	0,19	-0,02	-0,23	-0,56*	0,01	-0,11	-0,06
Frekvencija	0,07	0,04	0,16	-0,13	-0,47	0,28	-0,14	-0,06	0,13	0,36	0,04	0,16	-0,07
Duljina skoka	-0,45	0,09	-0,02	0,12	0,45	-0,04	0,42	0,12	0,19	-0,48	0,01	-0,15	0,08
Brzina	-0,38	0,17	0,21	-0,08	-0,18	0,36	0,24	0,06	0,37	0,01	0,07	0,10	0,02
Kut	-0,15	-0,02	-0,18	0,16	0,45	-0,24	0,08	0,04	-0,25	-0,46	0,01	-0,02	0,03
RSI	-0,52	0,08	-0,11	0,27	0,33	-0,04	0,22	-0,01	-0,28	-0,74**	0,19	0,18	-0,16
Ukupno vrijeme	0,45	-0,09	-0,26	0,01	-0,02	-0,24	-0,29	-0,03	-0,38	0,16	-0,33	-0,22	0,02

Napomena: *p < 0,05, **p < 0,01, ***p < 0,001

Pearsonova korelacija provedena je s ciljem utvrđivanja povezanosti kinematičkih parametara pretrčavanja 1. i 5. prepone s unilateralnim horizontalnim skokovima na zamašnu nogu kod ispitanika (Tablica 41).

Na 1. preponi utvrđeno je ukupno 23 statistički značajnih korelacija. U fazi odraza prije prepone utvrđeno je 6 statistički značajnih korelacija, a najsnažnija negativna povezanost zabilježena je između varijable RSI u skoku i parametra kut odraza u preponskom koraku ($r = -0,61$; $p = 0,02$). U fazi leta iznad prepone utvrđeno je 8 značajnih korelacija, pri čemu se najsnažnija negativna povezanost odnosi na vezu varijable brzina u skoku s parametrom vertikalna brzina ($r = -0,62$; $p = 0,01$). U fazi doskoka nakon prepone utvrđeno je 9 značajnih korelacija, dok je najsnažnija negativna povezanost zabilježena između varijable duljina skoka u skoku i parametra kut slijetanja zamašnom nogom ($r = -0,65$; $p = 0,01$).

Na 5. preponi utvrđeno je ukupno 17 statistički značajnih korelacija. U fazi odraza prije prepone utvrđeno je 6 statistički značajnih korelacija, a najsnažnija negativna povezanost zabilježena je između varijable kut u skoku i parametra vrijeme kontakta u preponskom koraku ($r = -0,58$; $p = 0,02$). U fazi leta iznad prepone utvrđeno je 10 značajnih korelacija, pri čemu se najsnažnija pozitivna povezanost odnosi na vezu varijable duljina skoka u skoku s parametrom horizontalna brzina ($r = 0,66$; $p = 0,01$). U fazi doskoka nakon prepone utvrđeno je 1 značajna korelacija, dok je najsnažnija negativna povezanost zabilježena između varijable RSI u skoku i parametra vrijeme kontakta ($r = -0,52$; $p = 0,05$).

Tablica 41. Povezanost kinematičkih parametara pretrčavanja prepona s unilateralnim horizontalnim skokovima na zamašnoj nozi kod ispitanika

UNILATERALNI HORIZONTALNI SKOKOVI NA ZAMAŠNOJ NOZI	1. PREPONA												
	FAZA ODRAZA				FAZA LETA					FAZA DOSKOKA			
	Vrijeme kontakta	Kut odraza	Kut u koljenu odrazne noge	Duljina od odraza do prepone	Horizontalna brzina	Vertikalna brzina	Kut zamašne noge u koljenu	Duljina preponskog koraka	Visina CIP	Vrijeme kontakta	Kut zamašne noge u koljenu	Kut slijetanja zamašnom nogom	Duljina od prepone do doskoka
Vrijeme kontakta	-0,45	-0,11	0,06	-0,24	0,19	0,17	-0,20	0,29	0,19	-0,23	-0,08	0,49	0,57*
Vrijeme leta	-0,42	-0,56*	0,37	0,29	0,57*	-0,48	0,07	-0,10	0,57*	-0,47	-0,55*	-0,08	-0,47
Visina	-0,43	-0,54*	0,39	0,26	0,56*	-0,44	0,07	-0,07	0,56*	-0,47	-0,55*	-0,09	-0,47
Frekvencija	0,37	0,31	-0,24	-0,06	-0,40	0,21	0,10	-0,09	-0,40	0,25	0,43	0,25	0,37
Duljina skoka	-0,06	-0,59*	0,38	0,50	0,47	-0,61*	0,04	-0,30	0,47	-0,31	-0,48	-0,18	-0,65**
Brzina	0,16	-0,50	0,30	0,57*	0,32	-0,62*	0,13	-0,42	0,32	-0,21	-0,30	-0,04	-0,58*
Kut	-0,60*	-0,34	0,25	-0,06	0,51	-0,23	0,13	0,13	0,51	-0,51	-0,54*	-0,04	-0,22
RSI	-0,40	-0,61*	0,37	0,36	0,59*	-0,57*	0,24	-0,20	0,59*	-0,61*	-0,53*	0,10	-0,50
Ukupno vrijeme	-0,16	0,46	-0,28	-0,45	-0,29	0,53*	-0,05	0,32	-0,29	0,23	0,24	0,02	0,59*
5. PREPONA													
Vrijeme kontakta	-0,16	0,26	0,05	-0,18	0,05	0,14	-0,09	0,24	-0,03	-0,16	0,20	0,10	0,49
Vrijeme leta	-0,56*	-0,31	-0,21	0,55*	0,60*	-0,46	0,23	-0,25	-0,50	-0,47	0,16	-0,29	-0,19
Visina	-0,55*	-0,28	-0,19	0,52*	0,58*	-0,42	0,22	-0,25	-0,48	-0,49	0,17	-0,26	-0,14
Frekvencija	0,49	0,26	-0,03	-0,40	-0,37	0,23	-0,08	0,21	0,32	0,29	-0,00	0,04	0,13
Duljina skoka	-0,40	-0,30	-0,19	0,52*	0,66**	-0,63*	0,17	-0,40	-0,44	-0,43	0,24	-0,22	-0,31
Brzina	-0,17	-0,23	-0,28	0,37	0,56*	-0,63*	0,14	-0,34	-0,35	-0,33	0,30	-0,26	-0,30
Kut	-0,58*	-0,30	-0,16	0,35	0,36	-0,18	0,30	-0,08	-0,44	-0,45	0,03	-0,25	-0,04
RSI	-0,51	-0,34	-0,41	0,48	0,64**	-0,48	0,29	-0,22	-0,64*	-0,52*	0,22	-0,46	-0,10
Ukupno vrijeme	0,12	0,34	0,41	-0,27	-0,53*	0,55*	-0,09	0,21	0,43	0,28	-0,28	0,32	0,18

Napomena: *p < 0,05, **p < 0,01, ***p < 0,001

Pearsonova korelacija provedena je s ciljem utvrđivanja povezanosti kinematičkih parametara pretrčavanja 1. i 5. prepone s horizontalnim skokovima s noge na nogu kod ispitanica (Tablica 42). U fazi prije prve prepone uočena je izraženija povezanost s varijablama horizontalnog skoka, pri čemu je najznačajnija negativna korelacija zabilježena između RSI-a i vremena kontakta stopala s podlogom u trenutku odraza ($r = -0,76, p < 0,01$). Tijekom faze prelaska preko prve prepone, vrijeme kontakta pokazuje najsnažniju negativnu povezanost s duljinom preponskog koraka ($r = -0,64, p < 0,05$) te horizontalnom brzinom ($r = -0,58, p < 0,05$). U fazi nakon prve prepone, vrijeme kontakta te kut slijetanja zamašne noge pokazuju višestruke značajne povezanosti s parametrima skokova s noge na nogu, a RSI ostvaruje najvišu negativnu korelaciju s vremenom kontakta stopala s podlogom ($r = -0,76, p < 0,01$).

Kod pete prepone, u fazi prije prepone, RSI bilježi izraženu negativnu povezanost s vremenom kontakta stopala ($r = -0,81, p < 0,01$), što ukazuje na važnost eksplozivne reaktivne snage u pripremi odraza. U fazi prelaska iznad prepone, kao jedina značajna varijabla istaknula se duljina skoka s noge na nogu, koja pozitivno korelira s horizontalnom brzinom ($r = 0,62, p < 0,05$). U fazi nakon pete prepone, RSI ostvaruje pozitivnu povezanost s kutom slijetanja zamašne noge ($r = 0,60, p < 0,05$).

Tablica 42. Povezanost kinematičkih parametara pretrčavanja prepona s horizontalnim skokovima s noge na nogu kod ispitanica

HORIZONTALNI SKOKOVI S NOGE NA NOGU	1. PREPONA												
	FAZA ODRAZA				FAZA LETA					FAZA DOSKOKA			
	Vrijeme kontakta	Kut odraza	Kut u koljenu odrazne noge	Duljina od odraza do prepone	Horizontalna brzina	Vertikalna brzina	Kut zamašne noge u koljenu	Duljina preponskog koraka	Visina CIP	Vrijeme kontakta	Kut zamašne noge u koljenu	Kut slijetanja zamašnom nogom	Duljina od prepone do doskoka
Vrijeme kontakta	0,15	0,01	-0,02	0,29	-0,58*	-0,30	-0,31	-0,64*	0,29	0,25	-0,16	0,07	-0,62*
Vrijeme leta	-0,75**	0,30	-0,32	-0,61*	0,01	0,35	-0,18	0,05	0,10	-0,71**	0,21	0,74**	0,52
Visina	-0,70**	0,31	-0,28	-0,59*	0,01	0,37	-0,22	0,08	0,09	-0,68**	0,22	0,73**	0,52
Frekvencija	0,70**	-0,25	0,37	0,51	0,11	-0,19	0,20	0,15	-0,14	0,61*	-0,14	-0,72**	-0,32
Duljina skoka	-0,64*	0,22	-0,61*	-0,50	0,29	-0,04	-0,07	-0,17	0,01	-0,56*	-0,15	0,43	0,30
Brzina	0,21	-0,18	-0,21	0,18	0,45	-0,24	0,19	0,11	-0,26	0,22	-0,37	-0,54*	-0,08
Kut	-0,76**	0,27	-0,28	-0,61*	-0,05	0,28	-0,10	-0,04	0,16	-0,71**	0,29	0,76**	0,47
RSI	-0,76**	0,26	-0,31	-0,70**	0,28	0,44	-0,01	0,34	-0,07	-0,76**	0,27	0,67**	0,76**
Ukupno vrijeme	-0,11	-0,40	-0,11	0,14	-0,34	0,09	-0,01	-0,09	0,10	0,06	0,15	0,19	-0,16
5. PREPONA													
Vrijeme kontakta	0,45	0,23	0,33	-0,20	-0,39	-0,19	-0,03	-0,35	0,32	0,38	-0,26	-0,33	-0,24
Vrijeme leta	-0,66*	-0,01	0,18	-0,16	0,32	0,05	-0,29	0,12	-0,03	-0,23	0,20	0,52	0,22
Visina	-0,66**	-0,07	0,16	-0,10	0,34	0,06	-0,39	0,17	-0,07	-0,23	0,23	0,57*	0,22
Frekvencija	0,48	-0,13	-0,25	0,25	-0,19	0,01	0,16	0,01	-0,12	0,12	-0,04	-0,31	-0,16
Duljina skoka	-0,34	-0,24	-0,02	-0,05	0,62*	-0,38	-0,03	-0,03	-0,08	-0,56*	0,17	0,13	0,10
Brzina	0,25	-0,30	-0,32	0,23	0,36	-0,31	0,20	0,02	-0,20	-0,37	0,02	-0,33	-0,05
Kut	-0,59*	0,18	0,25	-0,30	0,15	0,07	-0,07	-0,01	0,11	-0,13	0,12	0,42	0,18
RSI	-0,81**	-0,08	0,01	-0,06	0,47	0,16	-0,23	0,30	-0,14	-0,37	0,26	0,60*	0,33
Ukupno vrijeme	0,27	0,83**	0,18	-0,01	-0,49	0,35	0,32	-0,02	0,24	0,45	-0,47	-0,22	-0,08

Napomena: *p < 0,05, **p < 0,01, ***p < 0,001

Pearsonova korelacija provedena je s ciljem utvrđivanja povezanosti kinematičkih parametara pretrčavanja 1. i 5. prepone s horizontalnim skokovima s noge na nogu kod ispitanika (Tablica 43). U fazi prije prve prepone, izraženija povezanost s varijablama horizontalnog skoka uočena je kod RSI-a, koji pokazuje značajnu negativnu korelaciju s kutom odraza ($r = -0,52$, $p < 0,05$). Visina skoka ostvaruje negativnu korelaciju s kutom odraza ($r = -0,53$, $p < 0,05$). Tijekom faze prelaska preko prve prepone, RSI pokazuje najsnažniju pozitivnu povezanost s horizontalnom brzinom ($r = 0,61$, $p < 0,05$), dok je negativna povezanost utvrđena s vertikalnom brzinom ($r = -0,56$, $p < 0,05$). U fazi nakon prve prepone, RSI pokazuje najvišu negativnu korelaciju s vremenom kontakta stopala s tlom ($r = -0,52$, $p < 0,05$), a značajne negativne povezanosti utvrđene su i za kut slijetanja zamašne noge ($r = -0,56$, $p < 0,05$). Kod pete prepone, u fazi prije prepone, RSI ponovno bilježi značajnu negativnu korelaciju s vremenom kontakta ($r = 0,63$, $p < 0,05$) te visina skoka korelira s vrijednošću $r = -0,52$ ($p < 0,05$) s vremenom kontakta stopala s tlom prije prepone. Duljina skoka s noge na nogu pokazuje najvišu pozitivnu povezanost s duljinom od odraza do prepone ($r = 0,71$, $p < 0,01$). U fazi iznad prepone, duljina skokova s noge na nogu pozitivno su povezani sa horizontalnom brzinom ($r = 0,60$, $p < 0,05$). U fazi nakon pete prepone, RSI pokazuje negativnu povezanost s vremenom kontakta stopala s tlom nakon prepone ($r = -0,51$, $p < 0,05$).

Tablica 43. Povezanost kinematičkih parametara pretrčavanja prepona s horizontalnim skokovima s noge na nogu kod ispitanika

HORIZONTALNI SKOKOVI S NOGE NA NOGU	1. PREPONA												
	FAZA ODRAZA				FAZA LETA					FAZA DOSKOKA			
	Vrijeme kontakta	Kut odraza	Kut u koljenu odrazne noge	Duljina od odraza do prepone	Horizontalna brzina	Vertikalna brzina	Kut zamašne noge u koljenu	Duljina preponskog koraka	Visina CIP	Vrijeme kontakta	Kut zamašne noge u koljenu	Kut slijetanja zamašnom nogom	Duljina od prepone do doskoka
Vrijeme kontakta	0,18	0,11	0,37	-0,16	-0,28	0,21	-0,24	-0,02	0,25	0,11	-0,40	0,06	0,07
Vrijeme leta	-0,34	-0,42	0,48	0,14	0,37	-0,39	0,21	-0,23	-0,51	-0,40	-0,41	-0,51	-0,21
Visina	-0,38	-0,53*	0,55*	0,19	0,47	-0,49	0,22	-0,25	-0,58*	-0,46	-0,30	-0,52*	-0,26
Frekvencija	0,22	0,39	-0,63*	-0,11	-0,27	0,33	-0,10	0,23	0,39	0,34	0,39	0,39	0,19
Duljina skoka	-0,25	-0,57*	0,29	0,46	0,46	-0,52*	0,04	-0,24	-0,30	-0,46	-0,33	-0,55*	-0,39
Brzina	0,06	-0,18	-0,19	0,41	0,30	-0,34	-0,05	-0,02	0,07	-0,22	0,04	-0,36	-0,24
Kut	-0,32	-0,36	0,54*	-0,01	0,27	-0,28	0,29	-0,20	-0,57*	-0,31	-0,30	-0,40	-0,12
RSI	-0,51	-0,52*	0,21	0,25	0,61*	-0,56*	0,42	-0,20	-0,73**	-0,52*	-0,12	-0,56*	-0,26
Ukupno vrijeme	-0,21	0,18	0,19	-0,36	-0,19	0,26	0,12	-0,02	-0,16	0,12	-0,02	0,26	0,19

5. PREPONA													
Vrijeme kontakta	0,16	0,16	0,53*	0,02	-0,28	0,10	-0,05	-0,25	0,46	0,12	-0,07	0,36	-0,09
Vrijeme leta	-0,47	-0,02	0,06	0,49	0,36	-0,31	0,44	-0,53*	-0,27	-0,39	-0,07	-0,12	-0,29
Visina	-0,52*	-0,06	-0,03	0,51	0,48	-0,42	0,47	-0,54*	-0,36	-0,48	0,07	-0,18	-0,27
Frekvencija	0,35	-0,02	-0,14	-0,42	-0,27	0,33	-0,41	0,48	0,10	0,37	-0,02	0,05	0,27
Duljina skoka	-0,46	-0,14	-0,03	0,71**	0,60*	-0,50	0,25	-0,45	-0,32	-0,34	0,21	-0,23	-0,38
Brzina	-0,20	-0,20	-0,17	0,22	0,46	-0,36	-0,06	-0,09	-0,30	-0,12	0,20	-0,11	-0,20
Kut	-0,36	-0,05	-0,12	0,36	0,20	-0,20	0,48	-0,32	-0,24	-0,38	-0,12	-0,22	-0,17
RSI	-0,63*	-0,16	-0,35	0,49	0,58*	-0,39	0,51	-0,36	-0,63*	-0,51*	-0,03	-0,40	-0,23
Ukupno vrijeme	0,06	0,19	0,11	-0,15	-0,34	0,24	0,15	0,7	0,17	0,04	-0,18	0,01	0,13

Napomena: *p < 0,05, **p < 0,01, ***p < 0,001

Pearsonova korelacija provedena je s ciljem utvrđivanja povezanosti kinematičkih parametara pretrčavanja 1. i 5. prepone s horizontalnim skokovima s noge na nogu (odraznoj noga) kod ispitanica (Tablica 44).

Na prvoj preponi utvrđeno je ukupno 14 statistički značajnih korelacija. U fazi odraza prije prepone utvrđeno je 4 statistički značajnih korelacija, a najsnažnija negativna povezanost zabilježena je između varijable kut u skoku i parametra vrijeme kontakta u preponskom koraku ($r = -0,67$; $p = 0,01$). U fazi leta iznad prepone utvrđeno je 1 značajna korelacija, pri čemu se najsnažnija pozitivna povezanost odnosi na vezu varijable brzina u skoku s parametrom horizontalna brzina ($r = 0,55$; $p = 0,04$). U fazi doskoka nakon prepone utvrđeno je 9 značajnih korelacija, dok je najsnažnija pozitivna povezanost zabilježena između varijable kut u skoku i parametra kut slijetanja zamašnom nogom ($r = 0,81$; $p = 0,001$).

Na petoj preponi utvrđeno je ukupno 3 statistički značajnih korelacija. U fazi odraza prije prepone utvrđeno je 2 statistički značajnih korelacija, a najsnažnija negativna povezanost zabilježena je između varijable RSI u skoku i parametra vrijeme kontakta u preponskom koraku ($r = -0,62$; $p = 0,02$). U fazi doskoka nakon prepone utvrđeno je 1 značajna korelacija, dok je najsnažnija pozitivna povezanost zabilježena između varijable RSI u skoku i parametra kut slijetanja zamašnom nogom ($r = 0,60$; $p = 0,02$).

Tablica 44. Povezanost kinematičkih parametara pretrčavanja prepona s horizontalnim skokovima s noge na nogu (odraznoj nozi) kod ispitanica

HORIZONTALNI SKOKOVI S NOGE NA NOGU (ODRAZNA NOGA)	1. PREPONA												
	FAZA ODRAZA				FAZA LETA					FAZA DOSKOKA			
	Vrijeme kontakta	Kut odraza	Kut u koljenu odrazne noge	Duljina od odraza do prepone	Horizontalna brzina	Vertikalna brzina	Kut zamašne noge u koljenu	Duljina preponskog koraka	Visina CIP	Vrijeme kontakta	Kut zamašne noge u koljenu	Kut slijetanja zamašnom nogom	Duljina od prepone do doskoka
Vrijeme kontakta	0,32	-0,31	0,06	0,40	-0,49	-0,37	-0,12	-0,52	0,16	0,44	-0,05	-0,18	-0,63*
Vrijeme leta	-0,57*	0,43	-0,40	-0,36	-0,17	0,37	-0,43	-0,01	0,22	-0,50	-0,04	0,74**	0,29
Visina	-0,51	0,44	-0,35	-0,34	-0,19	0,38	-0,47	-0,01	0,24	-0,46	-0,04	0,71**	0,27
Frekvencija	0,55*	-0,32	0,44	0,30	0,25	-0,26	0,40	0,15	-0,24	0,44	0,04	-0,70**	-0,16
Brzina	0,14	-0,11	-0,12	0,02	0,55*	-0,31	0,35	0,09	-0,30	0,11	-0,27	-0,56*	0,03
Kut	-0,67**	0,36	-0,41	-0,42	-0,16	0,35	-0,31	-0,03	0,21	-0,58*	0,08	0,81***	0,33
RSI	-0,63*	0,48	-0,38	-0,49	0,03	0,47	-0,33	0,19	0,13	-0,62*	0,00	0,73**	0,50
5. PREPONA													
Vrijeme kontakta	0,57*	0,43	0,25	-0,15	-0,52	-0,08	0,15	-0,31	0,40	0,51	-0,41	-0,49	-0,25
Vrijeme leta	-0,45	-0,10	0,30	-0,11	0,31	0,07	-0,39	0,17	0,03	-0,14	0,19	0,46	0,26
Visina	-0,43	-0,16	0,30	-0,07	0,31	0,07	-0,48	0,18	0,00	-0,13	0,23	0,50	0,25
Frekvencija	0,31	-0,09	-0,37	0,20	-0,16	-0,04	0,25	-0,05	-0,17	0,03	-0,04	-0,29	-0,20
Brzina	0,10	-0,39	-0,40	0,13	0,40	-0,42	0,24	-0,08	-0,26	-0,46	0,10	-0,30	-0,09
Kut	-0,47	0,15	0,33	-0,22	0,18	0,15	-0,16	0,11	0,15	-0,07	0,08	0,39	0,26
RSI	-0,62*	-0,23	0,19	-0,05	0,45	0,10	-0,40	0,25	-0,10	-0,31	0,32	0,60*	0,33

Napomena: *p < 0,05, **p < 0,01, ***p < 0,001

Pearsonova korelacija provedena je s ciljem utvrđivanja povezanosti kinematičkih parametara pretrčavanja 1. i 5. prepone s horizontalnim skokovima s noge na nogu (odraznoj noga) kod ispitanika (Tablica 45).

Na prvoj preponi utvrđeno je ukupno 3 statistički značajnih korelacija. U fazi odraza prije prepone utvrđeno je 2 statistički značajnih korelacija, a najsnažnija negativna povezanost zabilježena je između varijable visina u skoku i parametra kut odraza u preponskom koraku ($r = -0,61$; $p = 0,02$). U fazi leta iznad prepone utvrđeno je 1 značajna korelacija, pri čemu se najsnažnija negativna povezanost odnosi na vezu varijable kut u skoku s parametrom visina CMT iznad prepone ($r = -0,54$; $p = 0,04$).

Na petoj preponi utvrđeno je ukupno 4 statistički značajnih korelacija. U fazi odraza prije prepone utvrđeno je 1 statistički značajna korelacija, a najsnažnija pozitivna povezanost zabilježena je između varijable vrijeme kontakta u skoku i parametra kut u koljenu odrazne noge u preponskom koraku ($r = 0,53$; $p = 0,04$). U fazi leta iznad prepone utvrđeno je 3 značajnih korelacija, pri čemu se najsnažnija pozitivna povezanost odnosi na vezu varijable visina u skoku s parametrom horizontalna brzina ($r = 0,57$; $p = 0,03$).

Tablica 45. Povezanost kinematičkih parametara pretrčavanja prepona s horizontalnim skokovima s noge na nogu (odrazna noga) kod ispitanika

HORIZONTALNI SKOKOVI S NOGE NA NOGU (DESNA NOGA)	1. PREPONA												
	FAZA ODRAZA				FAZA LETA					FAZA DOSKOKA			
	Vrijeme kontakta	Kut odraza	Kut u koljenu odrazne noge	Duljina od odraza do prepone	Horizontalna brzina	Vertikalna brzina	Kut zamašne noge u koljenu	Duljina preponskog koraka	Visina CMT iznad prepone	Vrijeme kontakta	Kut zamašne noge u koljenu	Kut slijetanja zamašnom nogom	Duljina od prepone do doskoka
Vrijeme kontakta	0,11	-0,10	0,41	-0,11	-0,09	0,07	-0,27	0,03	0,22	-0,13	-0,33	0,16	0,08
Vrijeme leta	-0,44	-0,14	0,43	0,46	0,43	-0,37	0,35	-0,21	-0,48	-0,23	0,11	-0,44	-0,38
Visina	-0,22	-0,61*	0,39	0,32	0,45	-0,51	-0,01	-0,29	-0,45	-0,42	-0,32	-0,51	-0,35
Frekvencija	0,16	0,53*	-0,44	-0,26	-0,36	0,43	0,14	0,25	0,30	0,40	0,40	0,40	0,29
Brzina	0,11	-0,03	-0,11	0,38	0,22	-0,26	0,08	-0,00	0,08	-0,09	0,13	-0,43	-0,21
Kut	-0,32	-0,51	0,28	0,18	0,39	-0,40	-0,03	-0,24	-0,54*	-0,35	-0,28	-0,43	-0,24
RSI	-0,42	-0,06	0,04	0,40	0,40	-0,32	0,44	-0,14	-0,50	-0,12	0,32	-0,38	-0,31
5. PREPONA													
Vrijeme kontakta	0,04	0,07	0,53*	0,11	-0,12	-0,06	0,03	-0,24	0,45	-0,09	0,20	0,36	-0,15
Vrijeme leta	-0,51	0,46	0,12	0,35	0,45	-0,25	0,36	-0,52*	-0,30	-0,31	-0,17	-0,12	-0,08
Visina	-0,47	-0,09	0,03	0,50	0,57*	-0,47	0,21	-0,55*	-0,38	-0,39	0,08	-0,07	-0,24
Frekvencija	0,41	0,06	-0,16	-0,49	-0,48	0,48	-0,19	0,50	0,20	0,34	-0,13	0,00	0,29
Brzina	-0,11	-0,13	-0,23	0,09	0,36	-0,24	-0,05	-0,08	-0,27	-0,09	0,12	-0,09	-0,11
Kut	-0,47	-0,06	-0,15	0,41	0,49	-0,40	0,20	-0,32	-0,45	-0,33	-0,03	-0,21	-0,12
RSI	-0,42	0,29	-0,25	0,18	0,41	-0,14	0,26	-0,21	-0,49	-0,21	-0,22	-0,31	0,04

Napomena: *p < 0,05, **p < 0,01, ***p < 0,001

Pearsonova korelacija provedena je s ciljem utvrđivanja povezanosti kinematičkih parametara pretrčavanja 1. i 5. prepone s horizontalnim skokovima s noge na nogu (odrazna noga) kod ispitanica (Tablica 46).

Na prvoj preponi utvrđeno je ukupno 23 statistički značajnih korelacija. U fazi odraza prije prepone utvrđeno je 10 statistički značajnih korelacija, a najsnažnija negativna povezanost zabilježena je između varijable vrijeme leta u skoku i parametra vrijeme kontakta u preponskom koraku ($r = -0,80$; $p = 0,001$). U fazi leta iznad prepone utvrđeno je 3 značajnih korelacija, pri čemu se najsnažnija negativna povezanost odnosi na vezu varijable vrijeme kontakta u skoku s parametrom duljina preponskog koraka ($r = -0,65$; $p = 0,01$). U fazi doskoka nakon prepone utvrđeno je 10 značajnih korelacija, dok je najsnažnija pozitivna povezanost zabilježena između varijable RSI u skoku i parametra duljina od prepone do doskoka ($r = 0,74$; $p = 0,002$).

Na petoj preponi utvrđeno je ukupno 4 statistički značajnih korelacija. U fazi odraza prije prepone utvrđeno je 4 statistički značajnih korelacija, a najsnažnija negativna povezanost zabilježena je između varijable RSI u skoku i parametra vrijeme kontakta u preponskom koraku ($r = -0,68$; $p = 0,01$).

Tablica 46. Povezanost kinematičkih parametara pretrčavanja prepona s horizontalnim skokovima s noge na nogu (zamašna noga) kod ispitanica

1. PREPONA													
HORIZONTALNI SKOKOVI S NOGE NA NOGU (ZAMAŠNA NOGA)	FAZA ODRAZA				FAZA LETA					FAZA DOSKOKA			
	Vrijeme kontakta	Kut odraza	Kut u koljenu odrazne noge	Duljina od odraza do prepone	Horizontalna brzina	Vertikalna brzina	Kut zamašne noge u koljenu	Duljina preponskog koraka	Visina CIP	Vrijeme kontakta	Kut zamašne noge u koljenu	Kut slijetanja zamašnom nogom	Duljina od prepone do doskoka
Vrijeme kontakta	-0,03	0,30	-0,08	0,15	-0,58*	-0,18	-0,44	-0,65*	0,37	0,04	-0,24	0,28	-0,51
Vrijeme leta	-0,80***	-0,02	-0,35	-0,67**	0,28	0,15	0,16	0,06	-0,18	-0,68**	0,24	0,52	0,58*
Visina	-0,76**	-0,04	-0,32	-0,65*	0,30	0,16	0,19	0,10	-0,22	-0,65*	0,25	0,49	0,59*
Frekvencija	0,77**	-0,11	0,37	0,57*	-0,05	-0,06	0,02	0,20	0,00	0,65*	-0,14	-0,61*	-0,34
Brzina	0,29	-0,25	-0,28	0,20	0,44	-0,16	0,15	0,23	-0,36	0,30	-0,42	-0,48	-0,03
Kut	-0,79***	0,09	-0,23	-0,65*	0,09	0,15	0,08	-0,06	0,02	-0,71**	0,34	0,60*	0,49
RSI	-0,65*	-0,17	-0,26	-0,63*	0,53*	0,22	0,36	0,39	-0,36	-0,58*	0,32	0,34	0,74**
5. PREPONA													
Vrijeme kontakta	0,27	0,00	0,36	-0,21	-0,21	-0,26	-0,20	-0,34	0,20	0,19	-0,08	-0,13	-0,19
Vrijeme leta	-0,64*	0,17	-0,20	-0,04	0,39	-0,05	-0,05	0,17	-0,17	-0,30	-0,04	0,24	0,16
Visina	-0,64*	0,15	-0,25	0,02	0,40	-0,01	-0,08	0,22	-0,21	-0,29	-0,05	0,25	0,16
Frekvencija	0,48	-0,19	0,01	0,17	-0,27	0,14	0,05	0,00	0,01	0,21	0,06	-0,17	-0,09
Brzina	0,27	-0,28	-0,28	0,25	0,32	-0,13	0,15	0,17	-0,12	-0,28	-0,09	-0,34	0,07
Kut	-0,59*	0,25	0,01	-0,22	0,20	-0,04	0,01	-0,01	-0,01	-0,19	0,02	0,30	0,10
RSI	-0,68**	0,17	-0,38	0,09	0,43	0,15	0,06	0,38	-0,22	-0,32	-0,04	0,26	0,28

Napomena: *p < 0,05, **p < 0,01, ***p < 0,001

Pearsonova korelacija provedena je s ciljem utvrđivanja povezanosti kinematičkih parametara pretrčavanja 1. i 5. prepone s horizontalnim skokovima s noge na nogu (zamašna noga) kod ispitanika (Tablica 47).

Na prvoj preponi utvrđeno je ukupno 10 statistički značajnih korelacija. U fazi odraza prije prepone utvrđeno je 6 statistički značajnih korelacija, a najsnažnija pozitivna povezanost zabilježena je između varijable vrijeme leta u skoku i parametra kut u koljenu odrazne noge u preponskom koraku ($r = 0,60$; $p = 0,02$). U fazi leta iznad prepone utvrđeno je 3 značajnih korelacija, pri čemu se najsnažnija pozitivna povezanost odnosi na vezu varijable RSI u skoku s parametrom horizontalna brzina ($r = 0,70$; $p = 0,004$). U fazi doskoka nakon prepone utvrđeno je 1 značajna korelacija, dok je najsnažnija negativna povezanost zabilježena između varijable RSI u skoku i parametra vrijeme kontakta ($r = -0,73$; $p = 0,002$).

Na petoj preponi utvrđeno je ukupno 8 statistički značajnih korelacija. U fazi odraza prije prepone utvrđeno je 1 statistički značajna korelacija, a najsnažnija negativna povezanost zabilježena je između varijable RSI u skoku i parametra vrijeme kontakta u preponskom koraku ($r = -0,63$; $p = 0,01$). U fazi leta iznad prepone utvrđeno je 5 značajnih korelacija, pri čemu se najsnažnija pozitivna povezanost odnosi na vezu varijable RSI u skoku s parametrom kut zamašne noge u koljenu ($r = 0,72$; $p = 0,002$). U fazi doskoka nakon prepone utvrđeno je 2 značajnih korelacija, dok je najsnažnija negativna povezanost zabilježena između varijable RSI u skoku i parametra vrijeme kontakta ($r = -0,76$; $p = 0,001$).

Tablica 47. Povezanost kinematičkih parametara pretrčavanja prepona s horizontalnim skokovima s noge na nogu (zamašna noga) kod ispitanika

HORIZONTALNI SKOKOVI S NOGE NA NOGU (ZAMAŠNA NOGA)	1. PREPONA												
	FAZA ODRAZA				FAZA LETA					FAZA DOSKOKA			
	Vrijeme kontakta	Kut odraza	Kut u koljenu odrazne noge	Duljina od odraza do prepone	Horizontalna brzina	Vertikalna brzina	Kut zamašne noge u koljenu	Duljina preponskog koraka	Visina CMT iznad prepone	Vrijeme kontakta	Kut zamašne noge u koljenu	Kut slijetanja zamašnom nogom	Duljina od prepone do doskoka
Vrijeme kontakta	0,22	0,30	0,28	-0,18	-0,43	0,32	-0,17	-0,07	0,25	0,33	-0,41	-0,05	0,05
Vrijeme leta	-0,43	-0,40	0,60*	-0,03	0,42	-0,35	0,23	-0,08	-0,44	-0,49	-0,15	-0,09	-0,03
Visina	-0,48	-0,33	0,57*	0,05	0,40	-0,36	0,30	-0,16	-0,50	-0,41	-0,22	-0,37	-0,12
Frekvencija	0,24	0,18	-0,59*	0,02	-0,15	0,19	-0,19	0,16	0,31	0,22	0,37	0,33	0,08
Brzina	0,02	-0,30	-0,25	0,41	0,37	-0,36	-0,13	0,01	0,04	-0,33	0,09	-0,18	-0,21
Kut	-0,29	-0,19	0,58*	-0,10	0,17	-0,17	0,31	-0,12	-0,41	-0,24	-0,26	-0,24	-0,02
RSI	-0,60*	-0,60*	0,45	0,05	0,70**	-0,55*	0,36	-0,02	-0,61*	-0,73**	0,08	-0,05	-0,04
5. PREPONA													
Vrijeme kontakta	0,26	0,23	0,46	-0,09	-0,41	0,25	-0,13	-0,22	0,41	0,32	-0,32	0,31	-0,02
Vrijeme leta	-0,45	0,01	0,19	0,37	0,27	-0,32	0,61*	-0,41	-0,06	-0,54*	0,22	-0,03	-0,29
Visina	-0,47	-0,03	0,01	0,44	0,33	-0,33	0,57*	-0,41	-0,24	-0,44	0,09	-0,21	-0,29
Frekvencija	0,26	-0,02	-0,17	-0,34	-0,09	0,18	-0,44	0,40	0,01	0,25	0,08	0,07	0,28
Brzina	-0,25	-0,17	-0,16	0,23	0,52*	-0,39	-0,08	-0,04	-0,27	-0,21	0,33	-0,09	-0,15
Kut	-0,25	-0,03	0,05	0,28	0,03	-0,11	0,52*	-0,29	-0,04	-0,31	-0,10	-0,14	-0,22
RSI	-0,63*	-0,13	-0,06	0,43	0,51	-0,46	0,72**	-0,30	-0,30	-0,76**	0,41	-0,21	-0,29

Napomena: *p < 0,05, **p < 0,01, ***p < 0,001

Pearsonova korelacija provedena je s ciljem utvrđivanja povezanosti kinematičkih parametara preponskog trčanja s rezultatom u disciplini 60 m prepone za ispitanice (Tablica 48). Horizontalna brzina pokazala je jaku negativnu korelaciju s rezultatom na prvoj ($r = -0,78$; $p < 0,01$) i petoj preponi ($r = -0,74$; $p < 0,01$). Vrijeme kontakta stopala s tlom pokazalo je umjerenu do jaku pozitivnu korelaciju, kako prilikom prijelaza preko prve ($r = 0,47$) tako i pete prepone ($r = 0,63$; $p < 0,05$), dok je vrijeme kontakta nakon pete prepone pokazalo još izraženiju povezanost s rezultatom ($r = 0,66$; $p < 0,05$). Duljina odraza do prepone na prvoj preponi bila je značajno pozitivno povezana s rezultatom u disciplini 60 m prepone ($r = 0,56$; $p < 0,05$). Vertikalna brzina na petoj preponi pokazala je umjerenu pozitivnu korelaciju s rezultatom u disciplini 60 m prepone ($r = 0,55$; $p < 0,05$). Ostale analizirane varijable nisu pokazale statistički značajne korelacije s rezultatom u ovoj disciplini.

Table 48. Povezanost kinematičkih parametara preponskog trčanja sa rezultatom u disciplini 60 m s prepone kod ispitanica

VARIJABLE		1. PREPONA	5. PREPONA
		60 m PREPONE	60 m PREPONE
<i>Faza odraza</i>	Vrijeme kontakta	0,47	0,63*
	Kut odraza	0,02	0,37
	Kut odrazne noge u koljenu	0,12	0,47
	Duljina od odraza do prepone	0,56*	0,06
<i>Faza leta</i>	Horizontalna brzina	-0,78**	-0,74**
	Vertikalna brzina	0,31	0,55*
	Kut zamašne noge u koljenu	-0,40	-0,04
	Duljina preponskog koraka	-0,02	-0,02
	Visina CIP	0,32	0,16
<i>Faza doskoka</i>	Vrijeme kontakta	0,46	0,66*
	Kut u koljenu zamašne noge	-0,22	-0,32
	Kut slijetanja zamašne noge	0,17	-0,08
	Duljina od prepone do doskoka	-0,46	-0,07

Napomena: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$

Pearsonova korelacija provedena je s ciljem utvrđivanja povezanosti kinematičkih parametara preponskog trčanja s rezultatom u disciplini 60 m prepone za ispitanike (Tablica 49). Vrijeme kontakta stopala s tlom na prvoj preponi pokazalo je umjerenu pozitivnu korelaciju s rezultatom ($r = 0,42$), dok je na petoj preponi zabilježena jaka pozitivna i statistički značajna korelacija ($r = 0,70$; $p < 0,01$). Kut odraza na prvoj preponi bio je u

pozitivnoj korelaciji s rezultatom ($r = 0,61$; $p < 0,05$), dok na petoj preponi ta povezanost nije potvrđena.

Horizontalna brzina pokazala je značajnu pozitivnu povezanost s rezultatom na obje prepone ($r = 0,68$; $p < 0,05$ na prvoj i $r = 0,72$; $p < 0,01$ na petoj preponi). Nasuprot tome, vertikalna brzina pokazala je jaku negativnu korelaciju s rezultatom na obje prepone, pri čemu su obje korelacije statistički značajne ($r = -0,82$; $p < 0,05$ na prvoj i $r = -0,87$; $p < 0,01$ na petoj preponi).

Kut zamašne noge u koljenu na obje prepone pokazao je statistički značajnu pozitivnu korelaciju s rezultatom ($r = 0,62$; $p < 0,05$ na prvoj i $r = 0,72$; $p < 0,01$ na petoj preponi). U fazi nakon prepone, kut u koljenu zamašne noge također je bio značajno pozitivno povezan s rezultatom na obje prepone ($r = 0,75$; $p < 0,01$ na prvoj i $r = 0,69$; $p < 0,01$ na petoj preponi), dok je kut slijetanja zamašne noge na petoj preponi bio negativno i statistički značajno povezan s rezultatom ($r = -0,63$; $p < 0,05$). Preostale varijable, uključujući duljinu koraka i visinu CIP, nisu pokazale statistički značajne korelacije.

Tablica 49. Povezanost kinematičkih parametara preponskog trčanja sa rezultatom u disciplini 60 m prepone kod ispitanika

VARIJABLE		1. PREPONA	5. PREPONA
		60 m PREPONE	60 m PREPONE
<i>Faza odraza</i>	Vrijeme kontakta	0,42	0,70**
	Kut odraza	0,61*	0,04
	Kut odrazne noge u koljenu	-0,23	-0,08
	Duljina od odraza do prepone	-0,34	-0,32
<i>Faza leta</i>	Horizontalna brzina	0,68*	0,72**
	Vertikalna brzina	-0,82*	-0,87**
	Kut zamašne noge u koljenu	0,62*	0,72**
	Duljina preponskog koraka	0,08	-0,40
	Visina CMT iznad prepone do prepone	0,01	0,44
<i>Faza doskoka</i>	Vrijeme kontakta	0,40	0,44
	Kut u koljenu zamašne noge	0,75**	0,69**
	Kut slijetanja zamašne noge	-0,14	-0,63*
	Duljina od prepone do doskoka	0,13	0,07

Napomena: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$

5. RASPRAVA

Glavni cilj ovog istraživanja bio je utvrditi u kojoj mjeri eksplozivna snaga donjih ekstremiteta, izražena kroz izvedbu vertikalnog dubinskog skoka i različitih horizontalnih skokova, može prediktivno ukazivati na uspješnost u disciplini trčanja na 60 metara prepone. S obzirom na to da su preponske discipline visoko zahtjevne s aspekta neuromuskularne koordinacije, brzine reakcije i eksplozivne snage, posebna pažnja posvećena je analizi biomehaničkih čimbenika koji potencijalno doprinose rezultatskoj izvedbi. Istraživanje je bilo usmjereno na kvantifikaciju utjecaja biomehaničkih obilježja vertikalnog dubinskog skoka na izvedbu preponskog trčanja kod muških i ženskih ispitanika, čime se nastojalo identificirati moguće razlike u strukturi motoričkih zahtjeva s obzirom na spol. Također, kako bi se dodatno sagledala horizontalna komponenta eksplozivne snage, ispitivan je doprinos kinematičkih parametara različitih horizontalnih skokova, kao što su unilateralni horizontalni skokovi (na desnoj i lijevoj nozi) i horizontalni skokovi s noge na nogu, na rezultatsku uspješnost u trčanju na 60 metara s preponama. U analizu su uključeni i kinematički parametri pretrčavanja prve i pete prepone, budući da te točke predstavljaju ključne faze tehničke izvedbe koje mogu značajno utjecati na ritam i ukupni rezultat. S ciljem sveobuhvatnijeg uvida u složene međudnose među analiziranim varijablama, istraživana je i međusobna povezanost kinematičkih obilježja prve i pete prepone s biomehaničkim parametrima vertikalnog dubinskog skoka, kao i s kinematičkim karakteristikama horizontalnih skokova. Na taj se način nastojala obuhvatiti cjelovita slika utjecaja eksplozivne snage u vertikalnoj i horizontalnoj ravnini na tehnički zahtjevnu disciplinu kao što je trčanje na 60 metara prepone.

5.1. *Analiza preponskog trčanja*

Deskriptivna analiza rezultata preponskog trčanja ukazuje na niz kinematičkih i vremenskih pokazatelja koji se u velikoj mjeri podudaraju s prethodnim znanstvenim nalazima, pri čemu su evidentne spolne razlike koje potvrđuju specifičnosti muške i ženske izvedbe u ovoj atletskoj disciplini. Prolazna vremena do prve prepone iznosila su 2,42 s kod ispitanica (Tablica 3) i 2,30 s kod ispitanika (Tablica 4), dok su vremena prolaska pete prepone bila 7,24 s za ispitanice i 7,11 s za ispitanike. Navedene vrijednosti usporedive su s recentnim podacima iz literature (Čoh i sur., 2020; Schwab i sur., 2018) čiji rezultati prikazuju slične vrijednosti kinematičkih varijabli preponskog trčanja kao i u ovom

istraživanju. Usporedbom prolaznih vremena s rezultatima istraživanja Poon i Kuitunen (2010) može se uočiti da vrhunskih preponaši bilježe stabilniji razvoj prolaznih vremena, što se povezuje s visokom razinom sposobnosti održavanja brzine i tehničke stabilnosti prelaska prepone. Razlike u odnosu na navedene rezultate mogu se objasniti specifičnostima analiziranog uzorka, razinom natjecateljske kvalitete ispitanika te individualnim karakteristikama tehnike trčanja. Usporedba ukupnih rezultata s referentnim vrijednostima iz literature pokazuje da su ispitanici u ovom istraživanju (Tablica 3 i 4) ostvarili ukupna vremena od $8,47 \pm 0,49$ s kod ispitanika i $9,01 \pm 0,31$ s kod ispitanica, čime se njihova izvedba može pozicionirati unutar raspona rezultata zabilježenih kod natjecatelja visoke sportske izvedbe. González-Frutos i sur. (2019) klasificirali su sportaše prema medijanu ostvarenih rezultata utrke, pri čemu su elitni preponaši ostvarivali prosječna vremena od $7,71 \pm 0,12$ s kod ispitanika i $8,14 \pm 0,20$ s kod ispitanica, dok su sportaši visoke natjecateljske razine ostvarivali vremena od $8,39 \pm 0,28$ s kod ispitanika i $9,06 \pm 0,32$ s kod ispitanica. U odnosu na navedene vrijednosti, rezultati ispitanika u ovom istraživanju nalaze se između elitne i visoke natjecateljske razine, što upućuje na kompetitivnu razinu izvedbe analiziranog uzorka. Nadalje, González-Frutos i sur. (2019) naglašavaju da su prolazna vremena u svim fazama utrke snažno povezana s ukupnim rezultatom, što potvrđuje važnost analize strukture utrke i raspodjele brzine tijekom cijele dionice. Budući da prolazna vremena u velikoj mjeri odražavaju sposobnost razvoja i održavanja horizontalne brzine kretanja, analiza horizontalne komponente brzine predstavlja važan pokazatelj kinematičke učinkovitosti preponskog trčanja. U ovom istraživanju (Tablica 5 i 6) horizontalna brzina iznad prepone iznosila je $6,66$ m/s na prvoj i $6,82$ m/s na petoj preponi kod ispitanika, dok su ispitanice ostvarile vrijednosti od $6,25$ m/s i $6,33$ m/s, što je u skladu s ranijim istraživanjima koja ističu izraženiju horizontalnu komponentu brzine u muškoj populaciji (Hanley i sur., 2021; Čoh i sur., 2005). Uz horizontalnu brzinu, značajnu ulogu u pretrčavanju prepone ima i vertikalna komponenta kretanja, odnosno vertikalna brzina. Vertikalna brzina pri odrazu iznosila je prosječno $1,87$ m/s kod ispitanika i $1,51$ m/s kod ispitanica, što bi se moglo objasniti većom visinom prepone kod ispitanika, koja predstavlja ključni kinematički zahtjev u ovoj natjecateljskoj disciplini. Pretrčavanje više prepone zahtijeva postizanje veće visine putanje centra mase tijela, koja predstavlja minimalni kinematički uvjet za uspješan prelazak prepone. Takva putanja ostvaruje se generiranjem većeg vertikalnog impulsa sile. Istodobno, antropometrijske razlike između spolova dodatno utječu na relativni položaj *criste iliace* zamašne noge iznad prepone u odnosu na visinu prepone. Pretjerano povećanje vertikalne

brzine može dovesti do smanjenja učinkovitosti horizontalne progresije trčanja, što predstavlja potencijalni tehnički rizik u preponskom trčanju. Stoga optimalna tehnika pretrčavanja prepone zahtijeva precizno balansiranje između vertikalnog uzgona potrebnog za prelazak prepone i očuvanja horizontalne brzine kretanja tijekom faze leta. Ovakav odnos potvrđen je i u kinematičkim analizama preponskog trčanja koje naglašavaju da učinkovitost izvedbe ovisi o optimizaciji putanje centra mase tijela u odnosu na visinu prepone (Bollschweiler, 2007).

Faza odraza prije prepone i doskoka nakon silaska s prepone predstavljaju jedan od ključnih kinematičkih trenutaka u tehnički optimalnom pretrčavanju prepone, budući da ovise o trajanju kontakta stopala s podlogom, duljini odraza te kutovima u zglobovima donjih ekstremiteta, koji zajedno određuju početne uvjete leta i kretanje centra mase tijela tijekom prelaska prepone (Dapena, 1991; Jayathunga i sur., 2022). Vrijeme kontakta stopala s podlogom u fazi odraza u ovom uzorku kretalo se u rasponu od 0,143 s do 0,145 s, dok je vrijeme kontakta u fazi doskoka iznosilo od 0,115 s do 0,114 s. Navedene vrijednosti nešto su dulje u usporedbi s vrijednostima zabilježenima kod vrhunskih preponaša, kod kojih se u optimalnim uvjetima postižu kontakti kraći od 0,10 s, dok faza doskoka može trajati i do 0,08 s (Čoh i sur., 2020). Vrijeme kontakta kraće od 0,14 s u literaturi se smatra kinematičkim učinkovitim pragom za prijelaz iz ekscentrične u koncentričnu fazu u sprinterskim disciplinama (McMahon i sur., 2017; Morin i Samozino, 2016), budući da odražava visoku razinu neuromišićne ukočenosti, sposobnosti brze reaktivnosti i minimalnog gubitka horizontalne brzine. U odnosu na navedeni prag, vrijeme kontakta u fazi doskoka kod ispitanika može se smatrati kinematički učinkovitim, dok nešto dulje vrijeme kontakta u fazi odraza može upućivati na sporiji prijelaz iz ekscentrične u koncentričnu kontrakciju te potencijalno veći gubitak horizontalne brzine tijekom pripreme za prelazak prepone. Navedena razlika u vremenima kontakta između faze odraza i doskoka odražava funkcionalno različite kinematičke zahtjeve tih dviju faza. Dok odraz zahtijeva dostatno trajanje kontakta za generiranje vertikalnog impulsa neophodnog za uspješan prelazak prepone, doskok mora biti što kraćeg trajanja kako bi se minimiziralo kočenje i omogućila pravovremena uspostava trkačkog ritma. Vremenski parametri kontakta stopala s podlogom pritom ne djeluju izolirano, već su usko povezani s prostornim obilježjima preponskog koraka. Ključna je pri tome raspodjela duljine odraza i duljine doskoka unutar

ukupne duljine preponskog koraka, koja izravno određuje učinkovitost prijelaza između pojedinih faza pretrčavanja prepone.

Na prvoj preponi, relativni udio duljine odraza u odnosu na ukupnu duljinu preponskog koraka iznosio je 62 % kod ispitanica te 56 % kod ispitanika, dok je na petoj preponi taj udio porastao na 67 % kod ispitanica, odnosno 60 % kod ispitanika. Posljedično, segment duljine doskoka iza prepone bio je izraženije kraći kod ispitanica, s 37 % udjela na prvoj i 31 % na petoj preponi, u usporedbi s ispitanicima koji su ostvarili 44 % i 40 % na prvoj i petoj preponi. Ovakva distribucija koraka potvrđuje nalaze Čoha i sur. (2020), koji ističu da je omjer duljine odraza i doskoka od približno 60:40 kinematički optimalan za očuvanje učinkovitosti trkačkog ritma i kontinuiteta brzine. Salo i sur. (1997) sugeriraju da kraća duljina doskoka omogućuje raniji i učinkovitiji kontakt zamašne noge s podlogom, što povoljno utječe na položaj zglobnih kuteva, osobito u području koljena i gležnja. U tom kontekstu, kinematički obrazac koji omogućuje doskok bliže centru mase tijela smatra se poželjnim, budući da sprječava negativne posljedice pretjeranog isticanja oslonca ispred tijela, što bi u suprotnom uzrokovalo gubitak horizontalne brzine (McLean, 1994). Ovakva raspodjela duljine preponskog koraka izravno utječe na kinematičke zahtjeve faze odraza, pri čemu položaj tijela i udaljenost odraza uvjetuju kut odraza potreban za učinkovito pretrčavanje prepone.

Usporedbom kutova odraza tijekom faze odraza utvrđeno je da su ispitanice ostvarile srednju vrijednost kuta od 77° na prvoj preponi, što je nešto niže u odnosu na vrhunsku preponašicu Sally Pearson, čiji je kut odraza zabilježen na 81° (Čoh i sur., 2019). Ova razlika može se dijelom objasniti nižom visinom prepone korištenom u ovom istraživanju, što nije zahtijevalo izraženiju vertikalnu komponentu kretanja. Podaci Abd El Gawarda i Ghareba (2021) također bilježe nešto niže vrijednosti kuta odraza kod preponašica, u rasponu od 67° do 71° , što potvrđuje varijabilnost ovisno o tehničkom stilu i visini prepone. Na petoj preponi preponašice su ostvarile niže vrijednosti kuta odraza nego na prvoj preponi, s vrijednošću od 75° . S druge strane, muški ispitanici u ovom istraživanju ostvarili su kut odraza od 79° na prvoj preponi, što je u skladu s vrijednostima zabilježenima kod vrhunskog preponaša Dayrona Roblesa ($78,7^\circ$), dok je kod Colina Jacksona registriran nešto manji kut od 72° (Čoh i sur., 2020). Na petoj preponi preponaši u ovom istraživanju ostvarili su niže vrijednosti kuta odraza (74°) u odnosu na prvu preponu. Prema Liu (2008), trajanje leta u velikoj mjeri ovisi o kutu odraza, pri čemu se kinematički optimalnim smatra nešto niži kut,

koji omogućuje učinkovit prijelaz preko prepone uz očuvanje horizontalne brzine. Iwasaki i sur. (2022) dodatno upozoravaju da prenizak kut odraza može povećati rizik za kontakt s preponom, što negativno utječe na ritam i tehničku stabilnost izvedbe. Iako su kutovi odraza ispitanika usporedivi s vrijednostima vrhunskih preponaša kojima je to izmjereno na višim preponama, ostali kinematički parametri, osobito povećanje horizontalne brzine i smanjenje visine CIP na petoj preponi u odnosu na prvu, upućuju na to da taj vertikalni impuls nije rezultirao gubitkom horizontalne učinkovitosti u ovom uzorku. Smanjenje kuta odraza na petoj preponi kod obaju spolova sugerira da su se ispitanici prilagodili ritmu utrke, usvajajući ekonomičniju tehniku prijelaza s manjom vertikalnom komponentom.

Zglobni kutovi tijekom faze slijetanja nakon prepone predstavljaju ključnu kinematičku komponentu za učinkovit nastavak trčanja između prepona. U ovom istraživanju, ispitanice su na prvoj preponi ostvarile kut koljena zamašne noge pri doskoku od 154° , dok je na petoj preponi taj kut iznosio 159° . Kod ispitanika, kut koljena pri doskoku iznosio je 161° na prvoj, odnosno 156° na petoj preponi. Ove vrijednosti usporedive su s referentnim podacima iz literature, prema kojima vrhunski preponaši doskaču s kutom koljena od približno $166^\circ \pm 10^\circ$, dok preponašice ostvaruju veću fleksiju koljena pri doskoku u rasponu oko $156^\circ \pm 9^\circ$ (Bissas i sur., 2022). Autori navode da se razlike između spolova mogu pripisati tehničkim zahtjevima visine prepone, jer viša prepona kod ispitanika zahtijeva veću ekstenziju koljenskog zgloba zamašne noge tijekom faze leta, što se odražava i u izraženijoj ekstenziji pri doskoku. Rezultati ove studije pokazuju da su ispitanice ostvarile veći kut ekstenzije koljenskog zgloba zamašne noge tijekom faze prelaska preko prepone (160°) u usporedbi s muškim ispitanicima (155°), dok su muški ispitanici ostvarili veću ekstenziju u trenutku doskoka. Veća fleksija koljenskog zgloba pri doskoku može rezultirati produljenjem faze amortizacije i stabilizacije tijela nakon kontakta s podlogom, što potencijalno može otežati prijelaz u fazu trčanja između prepona. Povećana fleksija koljena omogućuje redistribuciju opterećenja kroz donje ekstremitete te smanjenje vršnih sila pri doskoku (Chappell i sur., 2002; Pappas i sur., 2007). Međutim, prekomjerna fleksija može produljiti vrijeme stabilizacije nakon kontakta s podlogom te negativno utjecati na učinkovitost nastavka sprinta i očuvanje horizontalne progresije kretanja. Uzimajući u obzir referentne vrijednosti iz literature, kutovi koljena pri doskoku zabilježeni u ovom istraživanju nalaze se unutar prihvatljivog raspona za oba spola, što upućuje na to da fleksija

koljenskog zgloba kod analiziranog uzoraka ispitanika ne predstavlja kinematički limitirajući čimbenik učinkovitosti nastavka trkačkog ciklusa.

Na temelju analize deskriptivnih i kinematičkih parametara preponskog trčanja može se zaključiti da postoje razlike u tehničkoj izvedbi po spolu. Ispitanici u ovom uzorku pokazali su kinematičke obrasce koji u velikoj mjeri odgovaraju poznatim referentnim vrijednostima za uspješno pretrčavanje prepona, osobito u segmentima horizontalne brzine, raspodjele duljine koraka i kutova odraza. Iako su vremena kontakta i vertikalni impulsi nešto viši u odnosu na svjetske preponaše, oni i dalje ukazuju na funkcionalnu razinu pripremljenosti, pri čemu postoji prostor za dodatni napredak. Stoga se analizirani uzorak može smatrati relevantnim i dostatno reprezentativnim za kinematičku analizu preponskog trčanja.

5.2. Analiza utjecaja biomehaničkih parametara vertikalnog dubinskog skoka na rezultat u disciplini 60 m prepone

Rezultati ovog istraživanja ne potvrđuju postavljenu hipotezu prema kojoj biomehanički parametri vertikalnog dubinskog skoka statistički značajno utječu na rezultatsku uspješnost u disciplini trčanja 60 m prepone. Dobiveni nalazi (Tablica 22) ukazuju da utjecaj analiziranih parametara dubinskog skoka nije utvrđen niti kod ženskih niti kod ispitanika, što upućuje na to da izvedba preponskog trčanja ovisi o složenijem sustavu biomehaničkih i tehničkih čimbenika koji nadilaze izolirane pokazatelje reaktivne i eksplozivne snage. Nalazi potvrđuju da transfer motoričkih sposobnosti između izoliranih testova snage i složenih sportskih izvedbi nije linearan, već ovisi o stupnju specifičnosti motoričkog zadatka i koordinacijskim zahtjevima natjecateljske discipline.

Unatoč izostanku statistički značajnog prediktivnog doprinosa dubinskog skoka ukupnom rezultatu utrke, rezultati korelacijske analize (Tablica 21) ukazuju na to da određeni kinematički parametri dubinskog skoka ipak mogu imati funkcionalnu relevantnost za specifične faze preponske utrke, pri čemu se obrazac i intenzitet povezanosti razlikuju s obzirom na spol. Takvi nalazi razlikuju se od dosadašnjih istraživanja provedenih na sprintu bez prepona. Smirniotou i sur. (2008) te Healy i sur. (2019) bilježe izostanak značajne povezanosti između vertikalnog dubinskog skoka i sprinterskog trčanja kod sprintera, s korelacijama u rasponu $r =$ od -0,18 do -0,29. Autori navedeni izostanak objašnjavaju

biomehaničkom nepodudarnosti između ta dva motorička zadatka, pri čemu trajanje kontakta stopala s podlogom tijekom izvođenja dubinskog skoka kod umjereno treniranih sportaša često prelazi 0,25 s. Takva vrijednost ne odgovara vremenima kontakta karakterističnima za sprintersko trčanje, koja se progresivno smanjuju od faze ubrzanja prema fazi maksimalne brzine (Schmidtbleicher, 1992; Hunter i sur., 2005). Ciacci, Nigro i Bartolomei (2024) dodatno naglašavaju da vrijeme kontakta s podlogom tijekom dubinskog skoka može iznositi 0,13 - 0,30 s, dok je u sprintu na maksimalnoj brzini značajno kraće ($< 0,10$ s). Rezultati ovog istraživanja pokazuju da je prosječno trajanje kontakta s podlogom tijekom dubinskog skoka iznosilo 0,18 s kod ispitanica i 0,16 s kod ispitanika, dok je trajanje kontakta pri odrazu prije prepone bilo kraće, u rasponu od 0,14 do 0,15 s kod ispitanica te 0,14 s kod ispitanika. Navedene vrijednosti pokazuju da trajanje kontakta stopala s podlogom u preponskom trčanju zauzima srednju poziciju između dubinskog skoka i sprinta maksimalnom brzinom. Takav nalaz upućuje na objašnjenje zašto su u provedenom istraživanju utvrđene značajne korelacije između parametara dubinskog skoka i rezultatskih pokazatelja u kasnijim fazama utrke, dok u dosadašnjim istraživanjima na sprintu bez prepona takve povezanosti nisu potvrđene (Smirniotou i sur., 2008; Healy i sur., 2019). Veća biomehanička srodnost trajanja kontakta između dubinskog skoka i odraza prije prepone u odnosu na kontakt u fazi maksimalne brzine sprinterskog trčanja upućuje na veću funkcionalnu relevantnost dubinskog skoka za preponsko trčanje nego za sprint bez prepona. Obrazac i intenzitet utvrđenih povezanosti u preponskom trčanju pritom se razlikuju s obzirom na spol.

Kod ispitanica utvrđena je značajna pozitivna povezanost između trajanja koncentrične faze dubinskog skoka i vremena prolaska prve prepone ($r = 0,56$; $p = 0,04$), pri čemu pozitivan smjer korelacije upućuje na to da dulje trajanje koncentrične faze rezultira lošijim vremenom prolaska prve prepone. Trajanje koncentrične faze kao izolirani vremenski parametar reflektira specifičnu neuromuskularnu sposobnost brzog razvoja sile tijekom koncentrične kontrakcije nakon ekscentričnog opterećenja (Walsh i sur., 2004; Bobbert i sur., 1987). Navedena sposobnost je posebno relevantna za inicijalnu fazu preponskog sprinta u kojoj natjecatelji moraju generirati izraženiju vertikalnu komponentu sile za učinkovit prelazak prve prepone (Bezodis i sur., 2019; López del Amo i sur., 2018). Potrebno je napomenuti da razlog ovako dobivenih rezultata može biti relativno mali broj ispitanica uključenih u ovu studiju ($n = 14$), što povećava osjetljivost korelacijske analize na

individualne varijacije te smanjuje statističku snagu za detekciju umjerenih povezanosti (Cohen, 1988).

Kod ispitanika utvrđene su izraženije povezanosti između kinetičkih parametara dubinskog skoka i rezultatskih pokazatelja u kasnijim fazama utrke (Tablica 21). Značajne korelacije zabilježene su kod više varijabli, osobito na petoj preponi i na ukupnom rezultatu u disciplini 60 m prepone. Najizraženiju povezanost s rezultatom utrke pokazala je brzina ($r = -0,59$; $p = 0,02$), a usporedive vrijednosti zabilježene su i za relativnu vršnu snagu ($r = -0,58$; $p = 0,02$), visinu odraza ($r = -0,57$; $p = 0,03$) te reaktivni indeks jakosti ($r = -0,55$; $p = 0,03$). Sličan obrazac zabilježen je i na petoj preponi, gdje su značajne korelacije utvrđene za reaktivni indeks jakosti ($r = -0,54$; $p = 0,04$), relativnu vršnu snagu ($r = -0,53$; $p = 0,04$) i brzinu odraza ($r = -0,52$; $p = 0,04$). Negativan smjer svih navedenih korelacija ukazuje na to da veće vrijednosti ovih parametara u vertikalnom dubinskom skoku doprinose kraćim prolaznim i ukupnim vremenima u disciplini 60 m prepone. Pri tome, na prvoj preponi nijedna od analiziranih varijabli dubinskog skoka nije dosegla razinu statističke značajnosti, što potvrđuje da je funkcionalna povezanost kinetičkih parametara dubinskog skoka s izvedbom preponskog trčanja fazno specifična i izraženija u kasnijim segmentima utrke. Navedeni nalaz može se interpretirati u kontekstu progresivnog povećanja kinetičkih zahtjeva tijekom utrke. U početnoj fazi preponskog trčanja dominira potreba za brzom akceleracijom iz startnog bloka i uspostavljanjem početnog ritma, pri čemu su koordinacijski i tehnički zahtjevi pretrčavanja prve prepone znatno drugačiji od onih u kasnijim fazama (González-Frutos i sur., 2020). S razvojem utrke, sportaši se približavaju vršnim brzinama kretanja te se povećava zahtjev za generiranjem velikih sila u vrlo kratkom vremenskom intervalu kontakta stopala s podlogom. Weyand i sur. (2000) naglašavaju da sposobnost generiranja veće sile tijekom kraćeg vremena kontakta predstavlja temeljni mehanizam postizanja visoke brzine trčanja. U skladu s navedenim, upravo brzina odraza i relativna vršna snaga, kao izravni pokazatelji sposobnosti brze produkcije sile, pokazuju najizraženije povezanosti s rezultatom u završnim fazama utrke. Povezanost visine odraza s ukupnim rezultatom dodatno upućuje na to da sposobnost generiranja vertikalnog impulsa u dubinskom skoku funkcionalno odražava kapacitet sportaša za učinkovit odraz i kontroliranu putanju centra mase tijela tijekom prelaska prepone. Barr i Nolte (2011) su pokazali da parametri dubinskog skoka, uključujući visinu odraza, značajno doprinose objašnjenju sprinterskog trčanja, osobito u fazama utrke u kojima sportaši dostižu vršne vrijednosti

brzine, te da ta povezanost proizlazi iz neuromuskularne specifičnosti između dubinskog skoka i maksimalnog sprinta, uključujući sličnosti u zglobnim kutovima i brzim ekscentrično-koncentričnim kontrakcijama. Reaktivni indeks jakosti, kao omjer visine skoka i vremena kontakta s podlogom, integrira obje navedene komponente, sposobnost produkcije sile i vremensku učinkovitost njezine realizacije te stoga predstavlja objedinjujući pokazatelj reaktivne sposobnosti. Dobiveni rezultati djelomično su u skladu s nalazima Jarvisa i sur. (2022), koji su u sustavnom pregledu s meta-analizom provedenom na sportašima različitih razina i disciplina utvrdili umjerenu negativnu povezanost reaktivnog indeksa jakosti s ubrzanjem ($r = -0,43$) i maksimalnom brzinom sprinta ($r = -0,33$). Korelacije utvrđene u ovom istraživanju veće su od navedenih vrijednosti, što se može pripisati specifičnim biomehaničkim zahtjevima preponskog trčanja u kasnijim fazama utrke, gdje je potreba za brzom tranzicijom iz faze doskoka nakon prepone u fazu ponovnog ubrzanja izraženija nego u sprintu bez prepona. Pritom je važno istaknuti da se navedena istraživanja, kao i većina dosadašnjih studija o povezanosti reaktivnog indeksa jakosti sa sprinterskom izvedbom, odnose isključivo na sprint bez prepona. Međutim, specifičan odnos kinetičkih parametara dubinskog skoka s izvedbom preponskog trčanja dosad nije sustavno ispitivan, čime dobiveni nalazi koji potvrđuju fazno specifičnu povezanost eksplozivne i reaktivne snage s rezultatom u disciplini 60 m prepone predstavljaju novi doprinos u razumijevanju transfera reaktivnih sposobnosti na tehnički složenije sprinterske discipline. Navedena fazna specifičnost posebno je izražena u završnom dijelu utrke, koji obuhvaća pretrčavanje pete prepone i predstavlja fazu u kojoj sportaši ostvaruju stabiliziranu tehničku izvedbu i približavaju se vršnim vrijednostima brzine (McDonald i Dapena, 1991; Tsiokanos i sur., 2017), što može objasniti izraženiju povezanost parametara dubinskog skoka s prolaznim vremenima upravo u toj fazi. Rezultati ovog istraživanja stoga sugeriraju da uloga ekscentrično-koncentričnog ciklusa u preponskom trčanju nije uniformna kroz cijelu utrku, već je fazno specifična i ovisi o biomehaničkim zahtjevima pojedinih segmenata trkačke strukture.

Unatoč utvrđenim korelacijama, regresijski modeli temeljeni na latentnim faktorima kinematičkih parametara dubinskog skoka (Tablica 22) nisu dosegli razinu statističke značajnosti ni kod jednog spola. Kod ispitanica objašnjeni udio varijance bio je nizak na svim analiziranim kriterijskim varijablama – od 14 % na prvoj preponi ($R^2 = 0,14$; $p = 0,45$) do svega 9 % na ukupnom rezultatu utrke ($R^2 = 0,09$; $p = 0,60$). Kod ispitanika zabilježen je

progresivan porast objašnjene varijance od prve prepone prema ukupnom rezultatu od 14 % ($R^2 = 0,14$; $p = 0,39$) preko 26 % na petoj preponi ($R^2 = 0,26$; $p = 0,17$) do 32 % na ukupnom rezultatu ($R^2 = 0,32$; $p = 0,10$), no niti jedan model nije dosegnuo razinu statističke značajnosti. Unutar modela za ukupni rezultat kod ispitanika, drugi latentni faktor, koji opisuje ekscentrično-koncentričnu mehaničku efikasnost, izdvojio se kao jedini značajan pojedinačni prediktor ($\beta = -0,59$; $p = 0,04$), što upućuje na to da upravo sposobnost brze tranzicije iz ekscentrične u koncentričnu fazu predstavlja biomehaničku komponentu dubinskog skoka koja je funkcionalno najrelevantnija za izvedbu preponskog trčanja. Unatoč tome, cjelokupni model nije bio značajan, što ukazuje na to da ta sposobnost, promatrana zajedno s ostalim parametrima dubinskog skoka, nije dostatna za objašnjenje ukupne rezultatske uspješnosti. Takvi nalazi nisu u skladu s dosadašnjim istraživanjima provedenim na sprintu bez prepona, koja pokazuju da biomehanički parametri dubinskog skoka imaju značajnu prediktivnu vrijednost prvenstveno u fazi ubrzanja (Walsh i sur., 2004) te prijelaza prema maksimalnoj brzini kretanja (Hennessy i Kilty, 2001). Hennessy i Kilty (2001) utvrdili su da indeks dubinskog skoka objašnjava približno 63 % varijance rezultata u sprintu na 30 m kod treniranih sportašica specijaliziranih za sprint, što je znatno više od vrijednosti utvrđenih u ovom istraživanju. Razlika u objašnjenju varijanci može se pripisati biomehaničkoj specifičnosti preponskog trčanja. Prisutnost prepona zahtijeva kontinuiranu prilagodbu trkačkog ciklusa te generiranje vertikalne komponente sile uz preciznu tehničku kontrolu pretrčavanja prepone, što dovodi do periodičnih oscilacija brzine i ograničenja razvoja vršne brzine kretanja. Specifična tehnička i biomehanička struktura preponske discipline uključuje složeniju koordinacijsku organizaciju pokreta, kontrolu putanje centra mase tijela te preciznu sinkronizaciju faza odraza, leta i doskoka (Čoh i Iskra, 2012; Maćkala i sur., 2019; Jouira i sur., 2024), što dodatno smanjuje transferabilnost rezultata dobivenih u sprintu i objašnjava zašto dubinski skok, unatoč značajnim bivarijantnim korelacijama s pojedinim rezultatskim pokazateljima kod ispitanika, ne uspijeva ostvariti stabilan regresijski doprinos u kontekstu ove discipline. Jarvis i sur. (2022), u sustavnom pregledu s meta-analizom, naglašavaju da, iako RSI pokazuje značajne povezanosti sa sprinterskom izvedbom, njegov doprinos nije dovoljan za potpuno objašnjenje rezultatske uspješnosti te da ona ovisi o složenoj interakciji motoričkih, biomehaničkih i tehničkih čimbenika.

Dobiveni rezultati pružaju dublji uvid u složenu biomehaničku strukturu preponskog trčanja te ukazuju na ograničenu mogućnost generalizacije rezultata dobivenih izoliranim

testovima eksplozivne i reaktivne snage na izvedbu tehnički zahtjevnih atletske discipline. Iako su parametri dubinskog skoka pokazali određene funkcionalne povezanosti s pojedinim fazama preponske utrke, izostanak njihovog statistički značajnog utjecaja na ukupni rezultatski ishod potvrđuje da uspješnost u preponskom sprintu proizlazi iz integracije više motoričkih i biomehaničkih komponenti, uključujući tehničku koordinaciju, kontrolu centra mase tijela, ritmičku stabilnost kretanja te sposobnost optimalnog usklađivanja vertikalne i horizontalne komponente sile. Dobiveni nalazi očituju se u mogućnosti optimizacije trenažnog procesa, budući da rezultati ukazuju kako razvoj reaktivne snage treba promatrati kao potporni, ali ne i dominantni čimbenik uspješnosti. Trenažni pristupi usmjereni isključivo na poboljšanje vertikalnih skakačkih sposobnosti vjerojatno neće rezultirati proporcionalnim napretkom u preponskoj izvedbi bez paralelnog razvoja tehničke učinkovitosti pretrčavanja prepona i ritmičke stabilnosti kretanja.

5.3. Analiza utjecaja kinematičkih parametara horizontalnih skokova na rezultat u disciplini 60 m prepone

Rezultati ovog istraživanja djelomično potvrđuju postavljenu hipotezu prema kojoj kinematički parametri horizontalnih skokova statistički značajno utječu na rezultatsku uspješnost u disciplini 60 m prepone. Utvrđeni utjecaj razlikuje se s obzirom na spol ispitanika i vrstu izvedenih skokova. Kod ispitanika svi analizirani oblici horizontalnih skokova, unilateralni skok na odraznoj nozi, unilateralni skok na zamašnoj nozi te horizontalni skok s noge na nogu, pokazali su značajan prediktivni potencijal za izvedbu preponskog trčanja. Kod ispitanica značajan prediktivni doprinos utvrđen je isključivo za horizontalne skokove s noge na nogu, dok unilateralni skokovi nisu ostvarili statistički značajan utjecaj na rezultat. Navedene razlike upućuju na nužnost spolno diferenciranog pristupa u primjeni testova horizontalne eksplozivne snage u dijagnostici i programiranju treninga u preponskom trčanju.

Rezultati korelacijske analize (Tablica 23) pokazuju da kinematički parametri unilateralnog horizontalnog skoka na odraznoj nozi ostvaruju značajne povezanosti s rezultatskim pokazateljima u disciplini 60 m prepone, pri čemu se obrazac povezanosti razlikuje između spolova. Kod **ispitanica** značajna korelacija utvrđena je isključivo za vrijeme kontakta s prolaznim vremenom na prvoj preponi ($r = 0,57$; $p = 0,04$). Ostale

kinematičke varijable nisu dosegnule razinu statističke značajnosti, što upućuje na to da je za rezultatsku uspješnost u ženskom preponskom trčanju kod izvedbe skoka odraznom nogom ključna vremenska komponenta produkcije sile u inicijalnoj fazi utrke, a ne izolirana prostorna komponenta skoka. Johansen, van den Tillaar i Neville (2025) navode da je vrijeme kontakta u unilateralnom skoku kod sprinterskog trčanja kod ispitanica ostvarilo korelacije s maksimalnom brzinom sprinta u rasponu $r =$ od 0,59 do 0,67, što je usporedivo s korelacijama RSI-ja utvrđenima u ovom istraživanju. Navedeno istraživanje provedeno je na sprintu bez prepona i bez razdvajanja prema nozi izvođenja, što je usporedivo s korelacijom vremena kontakta utvrđenom u ovom istraživanju. Navedeno istraživanje provedeno je na sprintu bez prepona i bez razdvajanja prema funkcionalnoj ulozi noge, što ograničava izravnu usporedivost s nalazima ovog rada. McCurdy i sur. (2010) su na uzorku nogometasica potvrdili da unilateralni skokovi ostvaruju značajne korelacije sa sprinterskim trčanjem ($r = -0,71$ na 25 m), dok bilateralni skokovi nisu pokazali značajne povezanosti. U preponskom trčanju, osim brze produkcije horizontalne sile, preponašice moraju koordinirati ritmičnu simetriju kretanja i tehničku kontrolu pretrčavanja prepone (Iskra i Čoh, 2006; Hanley i sur., 2021). Navedeno može objasniti zašto se kod izvedbe skoka odraznom nogom značajna korelacija pojavljuje isključivo u inicijalnoj fazi utrke u kojoj je vrijeme kontakta ključno za uspostavljanje ritma utrke prije pretrčavanja prve prepone.

Kod **ispitanika** zabilježen je znatno širi spektar značajnih korelacija, osobito na petoj preponi i ukupnom rezultatu u disciplini 60 m prepone, dok na prvoj preponi nijedna varijabla nije dosegnula razinu statističke značajnosti. Najizraženija korelacija s ukupnim rezultatom 60 m prepone utvrđena je za visinu skoka ($r = -0,71$; $p = 0,003$), a značajne korelacije s ukupnim rezultatom zabilježene su i za vrijeme leta ($r = -0,70$; $p = 0,003$), duljinu skoka ($r = -0,69$; $p = 0,01$), ukupno vrijeme izvedbe skoka ($r = 0,66$; $p = 0,01$), brzinu izvedbe ($r = -0,62$; $p = 0,01$) te RSI ($r = -0,61$; $p = 0,02$). Takav obrazac ukazuje na to da je kod muških preponaša uspješnost u završnim fazama utrke povezana sa širim spektrom kinematičkih parametara, što je kinematički razumljivo s obzirom na višu visinu prepona u muškoj disciplini koja zahtijeva izraženiji odraz odrazne noge. Navedeno potvrđuje i deskriptivna analiza skokova, koja pokazuje da odrazna noga konzistentno ostvaruje veću brzinu izvedbe u svim oblicima horizontalnih skokova kod oba spola, uz dulje vrijeme kontakta s podlogom, što odražava njezinu funkcionalnu specijalizaciju za propulzivni odraz pred preponom. Razlika između nogu izraženija je kod ispitanika zbog viših prepona koje

postavljaju veće kinematičke zahtjeve na funkcionalnu specijalizaciju svake noge. Dosadašnja istraživanja provedena na sprintu bez prepona dosljedno potvrđuju da horizontalni skokovi ostvaruju izraženije korelacije sa sprinterskom izvedbom u fazama maksimalne brzine nego u fazama ubrzanja, neovisno o tome radi li se o unilateralnim cikličkim skokovima, unilateralnim acikličkim skokovima ili različitim oblicima višestrukih horizontalnih skokova, pri čemu se korelacije kreću u rasponu od $r =$ od -0,42 do -0,76 (Babić i sur., 2021; Lockie i sur., 2014; Lin i sur., 2023). Korelacije utvrđene u ovom istraživanju ($r =$ od -0,57 do -0,71) nalaze se u gornjem dijelu navedenog raspona, što se može pripisati specifičnim kinematičkim zahtjevima preponskog trčanja. Pritom je u provedenom istraživanju najizraženija korelacija utvrđena na ukupnom rezultatu utrke, dok kod Babić i sur. (2021) ukupni rezultat na 100 m ima najslabiju korelaciju, što se može objasniti činjenicom da disciplina 60 m prepone završava u fazi vršne brzine bez izražene faze deceleracije prisutne u 100 m sprintu. Izostanak značajnih korelacija na prvoj preponi kod ispitanika potvrđuje fazno specifičan obrazac koji je utvrđen i kod kinetičkih parametara dubinskog skoka.

Regresijski modeli temeljeni na latentnim faktorima kinematičkih parametara unilateralnog horizontalnog skoka na odraznoj nozi (Tablica 24) pokazali su značajan prediktivni doprinos kod ispitanika, ali ne i kod ispitanica. Premda su korelacijskom analizom utvrđene značajne bivarijatne povezanosti vremena kontakta s vremenom na prvoj preponi **kod ispitanika**, regresijski modeli temeljeni na latentnim faktorima nisu dosegili razinu statističke značajnosti. Objasnjeni udio varijance bio je nešto viši nego kod dubinskog skoka (12 do 19 %), krećući se od 17 % na prvoj te 12 % petoj preponi do 19 % na ukupnom rezultatu 60 m prepone. Meylan i sur. (2009) su utvrdili da unilateralni horizontalni skok objašnjava 18 % varijance sprinta na 10 m kod ženskih sportašica, što je sukladno s udjelom varijance utvrđenim u ovom istraživanju. Modeli nisu dosegili razinu značajnosti, što se može pripisati manjem uzorku ($n = 14$), ali i specifičnosti preponskog trčanja u kojem su kod ispitanica ritmička koordinacija i tehnička kontrola pretrčavanja prepone važniji determinanti uspješnosti od izolirane unilateralne horizontalne eksplozivne snage odrazne noge (Hanley i sur., 2021).

Kod **ispitanika** regresijski modeli pokazali su progresivan porast objašnjene varijance od 34 % na prvoj preponi ($R^2 = 0,34$; $p = 0,08$) do 44 % na petoj preponi ($R^2 = 0,44$; $p = 0,03$) i 56 % na ukupnom rezultatu utrke ($R^2 = 0,56$; $p = 0,01$). Navedeni porast ukazuje na

to da horizontalna eksplozivna snaga odrazne noge iskazana u unilateralnom cikličkom skoku nema značajnu ulogu u inicijalnoj fazi utrke u kojoj dominiraju startno ubrzanje i tehnika prelaska prve prepone, ali postaje presudna u kasnijim fazama kada sportaši dostižu vršne brzine kretanja i moraju održavati ritam između prepona. Prvi latentni faktor (Tablica 24), interpretiran kao prostorno-vremenska učinkovitost koja objedinjuje duljinu skoka, brzinu izvedbe i ukupno vrijeme izvedbe, izdvojio se kao značajan prediktor na ukupnom rezultatu ($\beta = -0,50$; $p = 0,04$), što upućuje na to da sposobnost generiranja veće horizontalne udaljenosti uz kraće vrijeme kontakta predstavlja ključnu funkcionalnu komponentu uspješnosti u završnim fazama utrke. Čoh, Milanović i Kampmiller (2001) navode da je vrijeme kontakta najvažniji kinematički parametar koji razlikuje bolje i slabije sprintere, što dodatno objašnjava zašto se prostorno-vremenski faktor koji uključuje brzinu i duljinu skoka izdvaja kao značajan prediktor rezultata u preponskom trčanju. Hunter, Marshall i McNair (2004) su utvrdili da je relativni horizontalni impuls sile tijekom sprinta bolji prediktor uspješnosti u sprintu na 16 m ($R^2 = 61\%$) od vertikalnih pokazatelja sile, čime su potkrijepili funkcionalnu važnost horizontalne komponente sile za sprintersku izvedbu. Objašnjena varijanca u provedenom istraživanju (44 do 56 %) usporediva je s nalazima Schustera i Jonesa (2016), koji navode 41 do 48 % objašnjene varijance sprintskih rezultata (10-20 m) na temelju unilateralnog horizontalnog dubinskog skoka, te s nalazima Holma i sur. (2008), koji navode 49 do 68 % objašnjene varijance sprintskih rezultata na dionicama od 5, 10 i 25 m za isti tip skoka. Navedeni test podrazumijeva unilateralni skok u horizontalnom smjeru nakon saskoka s kutije visine 20 cm s bilateralnim doskokom te se od unilateralnih horizontalnih skokova primijenjenih u ovom istraživanju razlikuje po uključenosti ekscentričnog predopterećenja uzrokovanog saskokom s povišenja. Unatoč metodološkoj razlici u inicijalnom opterećenju, oba testa evaluiraju kapacitet unilateralne horizontalne produkcije sile kroz ekscentrično-koncentrični ciklus, koji se u dosadašnjim istraživanjima pokazao snažnijim prediktorom sprinterske izvedbe od vertikalno usmjerenih testova (Schuster i Jones, 2016). Izravnija usporedba moguća je s nalazima Babić i sur. (2021), koji su primjenjujući identičan protokol testiranja, regresijskom analizom utvrdili da se duljina skoka i vrijeme kontakta izdvajaju kao značajni prediktori maksimalne brzine sprinta ($R^2 = 0,24$ za sprint na 20 m iz mjesta; $R^2 = 0,29$ za sprint na 20 m iz letećeg starta). Objašnjena varijanca u ovom istraživanju znatno je viša je od one koju navode Babić i sur. (2021), što se može pripisati specifičnim kinematičkim zahtjevima preponskog trčanja u kasnijim fazama utrke, gdje je potreba za brzom tranzicijom iz faze doskoka nakon prepone u fazu

ponovnog ubrzanja izraženija nego u sprintu bez prepona. Navedena istraživanja provedena su isključivo na sprintu bez prepona, čime dobiveni nalaz o značajnom udjelu objašnjene varijance rezultata u disciplini 60 m prepone ($R^2 = 0,56$; $p = 0,01$) predstavlja novi doprinos u razumijevanju prediktivne vrijednosti unilateralnih horizontalnih skokova izvedenih odraznom nogom za tehnički složenije sprinterske discipline.

Rezultati korelacijske analize unilateralnog horizontalnog skoka zamašnom nogom (Tablica 25) pokazuju dijelom konzistentan, a dijelom drugačiji obrazac povezanosti u usporedbi s odraznom nogom. **Kod ispitanica** i kod skoka odraznom nogom (vrijeme kontakta s prolaznim vremenom na prvoj preponi: $r = 0,57$; $p = 0,04$) i kod skoka zamašnom nogom (vrijeme kontakta s prolaznim vremenom na petoj preponi: $r = -0,54$; $p = 0,05$; ukupno vrijeme izvedbe s prolaznim vremenom na prvoj preponi: $r = 0,63$; $p = 0,02$) izdvajaju se vremenske varijable kao značajni prediktori. Konzistentnost vremena kontakta kao značajne varijable na obje noge biomehanički je razumljiva s obzirom na to da vrijeme kontakta predstavlja zajednički neuromišićni mehanizam koji odražava sposobnost ekscentrično-koncentričnog ciklusa donjih ekstremiteta neovisno o funkcionalnoj ulozi noge u preponskom koraku (Flanagan i Comyns, 2008). Sander i sur. (2025) na uzorku ženskih sprinterica i timsko-sportskih sportašica utvrdili su da vrijeme kontakta i duljina koraka u unilateralnim horizontalnim skokovima ostvaruju konzistentne povezanosti s odgovarajućim parametrima sprinterskog trčanja, neovisno o nozi izvođenja, što je u skladu s nalazom ovog istraživanja u kojem se vrijeme kontakta izdvaja kao značajan prediktor i kod skoka odraznom i kod skoka zamašnom nogom. Razlike između dvije noge očituju se u fazi utrke u kojoj se javlja značajna povezanost: kod skoka odraznom nogom vrijeme kontakta je značajno povezano s prvom preponom, što odražava ulogu odrazne noge u uspostavljanju ritma utrke u inicijalnoj fazi, dok je kod skoka zamašnom nogom značajno povezano s petom preponom, što ukazuje na ulogu zamašne noge u kasnijoj fazi utrke kada zahtjevi za kontrolom doskočne noge i održavanjem brzine kumulativno rastu. Dosadašnja istraživanja potvrđuju da se obrasci povezanosti unilateralnih skokova sa sprinterskom izvedbom razlikuju s obzirom na funkcionalnu ulogu noge (Bishop i sur., 2021; Madruga-Parera i sur., 2020), pri čemu vrijeme kontakta predstavlja iznimku jer se izdvaja kao zajednički prediktor obje noge.

Kod ispitanika značajne korelacije utvrđene su na petoj preponi i ukupnom rezultatu utrke, u sličnom broju kao i kod skoka odraznom nogom. Na ukupnom rezultatu

najizraženije korelacije ostvarile su duljina skoka ($r = -0,68$; $p = 0,005$), brzina izvedbe ($r = -0,60$; $p = 0,02$) te ukupno vrijeme izvedbe skoka ($r = 0,56$; $p = 0,03$), dok su na petoj preponi značajne korelacije utvrđene za duljinu skoka ($r = -0,61$; $p = 0,02$), brzinu ($r = -0,56$; $p = 0,03$) te ukupno vrijeme ($r = 0,52$; $p = 0,05$). Na prvoj preponi nije utvrđena niti jedna statistički značajna korelacija, što potvrđuje fazno specifičan obrazac. U usporedbi s odraznom nogom, zamašna noga kod ispitanika pokazuje selektivniji obrazac korelacija usmjeren prvenstveno na prostorno-vremenske parametre izvedbe skoka (duljina, brzina, ukupno vrijeme), dok eksplozivno-reaktivni parametri (vrijeme leta, visina skoka, RSI) ne dosežu razinu statističke značajnosti. Ovaj nalaz kinematički je razumljiv s obzirom na to da je zamašna noga u preponskom koraku, čija je primarna funkcija osiguravanje prostorne pokretljivosti i kontinuiteta brzine nakon pretrčavanja prepone, dok odrazna noga generira eksplozivni impuls sile za prelazak prepone (Čoh i Iskra, 2012). Navedeno je u skladu s nalazima Lockieja i sur. (2014) koji su na sprintu bez prepona utvrdili identičan obrazac razlika s obzirom na funkcionalnu ulogu nogu.

Regresijski modeli temeljeni na latentnim faktorima kinematičkih parametara unilateralnog horizontalnog skoka zamašnom nogom (Tablica 26) potvrđuju da zamašna noga ima manji prediktivni doprinos u odnosu na odraznu nogu kod ispitanika, dok kod ispitanica oba modela ostaju neznačajna. **Kod ispitanica** niti jedan model nije dosegao razinu statističke značajnosti, s objašnjenim udjelom varijance od 28 % na ukupnom rezultatu ($R^2 = 0,28$; $p = 0,17$), 31 % na prvoj preponi ($R^2 = 0,31$; $p = 0,14$) i 32 % na petoj preponi ($R^2 = 0,32$; $p = 0,12$). Zanimljivo, objašnjeni udio varijance kod skoka zamašnom nogom viši je nego kod skoka odraznom nogom (12 do 19 %), što ukazuje na to da kinematička struktura skoka zamašnom nogom kod ispitanica objašnjava veći dio varijance rezultata u preponskom trčanju, iako modeli ne dosežu razinu statističke značajnosti zbog manjeg uzorka. Ovaj nalaz može se objasniti činjenicom da je visina prepone u ženskoj disciplini niža u odnosu na funkcionalne sposobnosti vrhunskih preponašica, čime se smanjuje tehnički zahtjev za eksplozivnim odrazom odrazne noge (Salo i sur., 1997; Hanley i sur., 2021). Hanley i sur. (2021) na uzorku vrhunskih preponašica utvrdili su da ispitanice tijekom prvih 40 % faze pretrčavanja prepone održavaju horizontalnu brzinu, što ukazuje da pretrčavanje prepone kod ispitanica predstavlja manji limitirajući čimbenik nego kod ispitanika. U takvom kontekstu sposobnost održavanja brzine u fazi doskoka i tranzicije u sprint između prepona, koju primarno osigurava zamašna noga, postaje funkcionalno

relevantnija od izolirane eksplozivne snage odrazne noge, što objašnjava veći udio varijance kinematičkih parametara skoka zamašnom nogom u predikciji ukupnog rezultata u disciplini 60 m prepone.

Kod ispitanika jedino je model za ukupni rezultat 60 m prepone dosegao razinu statističke značajnosti ($R^2 = 0,41$; $p = 0,04$). Drugi latentni faktor interpretiran kao vremenska učinkovitost izvedbe izdvojio se kao značajan prediktor ($\beta = -0,49$; $p = 0,052$). Iako je objašnjena varijanca kod zamašne noge (41 %) niža od one kod odrazne noge (56 %), statistička značajnost modela potvrđuje da kinematičke karakteristike zamašne noge imaju samostalan prediktivni doprinos rezultatskoj uspješnosti u muškoj preponskoj disciplini. Pozitivan smjer prediktivnog doprinosa faktora vremenske učinkovitosti ukazuje na to da kraće ukupno vrijeme izvedbe skoka, kraće vrijeme kontakta i veća brzina izvedbe zamašnom nogom doprinose boljem rezultatu u preponskom trčanju. Navedeni nalaz kinematički je razumljiv s obzirom na to da zamašna noga u preponskom koraku ima funkcionalnu ulogu osigurati brzu tranziciju iz faze doskoka u sprintersko kretanje između prepona (Čoh i Iskra, 2012). Nagahara i sur. (2021) na uzorku muških preponaša utvrdili su da bolje preponaše karakterizira kraće vrijeme „kočenja“ u fazi doskoka nakon pretrčavanja prepone, što je u skladu s prediktivnom važnošću faktora vremenske učinkovitosti utvrđenom u ovom istraživanju. Hanley i sur. (2022) dodatno navode da preponaši zbog veće relativne visine prepone imaju izraženiji vertikalni pomak centra mase tijela, što povećava zahtjeve za brzom tranzicijom kroz fazu doskoka u nastavak sprinterskog kretanja. Razlika u prediktivnoj snazi i strukturi značajnih faktora između odrazne i zamašne noge upućuje na to da dijagnostika i programiranje treninga u preponskom trčanju zahtijevaju diferenciran pristup s obzirom na funkcionalnu ulogu svake noge. Razvoj odrazne noge treba usmjeriti prema prostorno-vremenskoj učinkovitosti izvedbe, koja podrazumijeva veću duljinu skoka, veću brzinu izvedbe i kraće ukupno trajanje skoka, dok razvoj zamašne noge treba usmjeriti prema vremenskoj učinkovitosti izvedbe, koja podrazumijeva kraće vrijeme kontakta, kraće ukupno trajanje i veću brzinu izvedbe skoka.

Rezultati korelacijske analize horizontalnog skoka s noge na nogu (Tablica 27) pokazuju da ovaj oblik skoka ostvaruje značajne povezanosti s rezultatskim pokazateljima u disciplini 60 m prepone kod oba spola. **Kod ispitanica** značajne korelacije utvrđene su za vrijeme kontakta s prolaznim vremenom na prvoj preponi ($r = 0,58$; $p = 0,03$) te za ukupno vrijeme izvođenja s ukupnim rezultatom utrke ($r = 0,56$; $p = 0,04$). Analiza zasebno za

zamašnu nogu (Tablica 28) pokazuje da je vrijeme kontakta značajno povezano s prolaznim vremenom na prvoj preponi ($r = 0,54$; $p = 0,05$), dok za odraznu nogu (Tablica 29) niti jedna kinematička varijabla nije ostvarila statistički značajnu korelaciju. Navedeni obrazac dodatno potvrđuje funkcionalnu važnost zamašne noge u ženskoj preponskoj disciplini, što je u skladu s nalazom utvrđenim kod unilateralnih skokova zamašnom nogom, prema kojem je kod ispitanica vremenska komponenta izvedbe funkcionalno relevantnija od prostorne. **Kod ispitanika** značajne korelacije u ukupnom testu utvrđene su za brzinu na petoj preponi ($r = -0,66$; $p = 0,01$) i ukupnom rezultatu ($r = -0,60$; $p = 0,02$), za duljinu skoka na ukupnom rezultatu ($r = -0,55$; $p = 0,03$) te za ukupno vrijeme izvođenja na svim kriterijskim varijablama ($r =$ od $0,52$ do $0,60$). Analiza zasebno po nozi pokazuje da zamašna noga kod ispitanika ostvaruje najizraženije korelacije brzine izvedbe skoka s prolaznim vremenom na petoj preponi ($r = -0,71$; $p = 0,003$) i ukupnim rezultatom utrke ($r = -0,67$; $p = 0,006$), dok odrazna noga ostvaruje značajne korelacije za brzinu izvedbe na petoj preponi ($r = -0,56$; $p = 0,028$) i visinu skoka s ukupnim rezultatom utrke ($r = -0,53$; $p = 0,04$). Snažnija prediktivna vrijednost zamašne noge u skoku s noge na nogu kod ispitanika kinematički je razumljiva s obzirom na to da je upravo zamašna noga funkcionalno odgovorna za održavanje brzine kretanja kroz fazu doskoka i tranziciju u sprint između prepona, čime brzina izvedbe zamašnom nogom u cikličkom skoku s izmjenom nogu odražava sposobnost brze tranzicije iz kontakta u kontakt koja je ključna za održavanje ritma između prepona. Dosadašnja istraživanja dosljedno potvrđuju da višestruki horizontalni skokovi s izmjenom nogu ostvaruju najjače korelacije sa sprinterskom izvedbom u usporedbi s izoliranim acikličkim ili unilateralnim skokovima (Maulder i Cronin, 2005; Maćkała, Fostiak i Kowalski, 2015; Lin i sur., 2023). Lin i sur. (2023) u meta-analizi navode da višestruki skokovi ostvaruju korelaciju s maksimalnom brzinom sprinta od $r = -0,76$, dok Maćkała i sur. (2015) na uzorku sprintera navode korelaciju desetstrukog skoka sa 100 m sprintom od $r = -0,83$. Korelacije utvrđene u provedenom istraživanju za brzinu izvođenja skoka s noge na nogu ($r =$ od $-0,60$ do $-0,68$) nalaze se unutar navedenog raspona, što potvrđuje funkcionalnu relevantnost ovog testa za predikciju sprinterske izvedbe.

Regresijski modeli temeljeni na latentnim faktorima kinematičkih parametara horizontalnog skoka s noge na nogu (Tablica 30) pokazali su značajan prediktivni doprinos kod oba spola, što je ključna razlika u odnosu na unilateralne skokove kod kojih modeli dobiveni na ženskom uzorku ispitanica nisu dosegli razinu značajnosti. **Kod ispitanica**

model za ukupni rezultat u disciplini 60 m prepone dosegno je razinu statističke značajnosti ($R^2 = 0,45$; $p = 0,03$). Drugi latentni faktor, koji opisuje vremensku učinkovitost izvedbe, izdvojio se kao značajan prediktor ($\beta = -0,61$; $p = 0,02$). Objašnjena varijanca od 45 % znatno je viša od one utvrđene za unilateralne skokove na desnoj (27 %) i lijevoj nozi (14 %), čime skok s noge na nogu predstavlja najsnažniji prediktor rezultata u ženskom preponskom trčanju od svih analiziranih horizontalnih skokova. Kod **ispitanika** značajni modeli utvrđeni su za petu preponu ($R^2 = 0,45$; $p = 0,03$) i ukupni rezultat ($R^2 = 0,43$; $p = 0,03$). Drugi latentni faktor izdvojio se kao značajan prediktor na petoj preponi ($\beta = -0,63$; $p = 0,01$) i ukupnom rezultatu ($\beta = -0,55$; $p = 0,03$). Kod oba spola isključivo se faktor vremenske učinkovitosti izdvaja kao značajan prediktor, dok faktor eksplozivno-reaktivne snage ne ostvaruje značajan doprinos, što ukazuje na to da u cikličkom zadatku s izmjenom nogu sposobnost brze izmjene kontakata uz održavanje horizontalne brzine postaje presudna za rezultatsku uspješnost u preponskom trčanju. Dosadašnja istraživanja provedena na sprintu bez prepona dosljedno potvrđuju superiornu prediktivnu vrijednost višestrukih horizontalnih skokova s izmjenom nogu u usporedbi s izoliranim ili unilateralnim skokovima. Maulder i Cronin (2005) su utvrdili da ciklički skok s izmjenom nogu ostvaruje najjaču povezanost sa sprinterskom izvedbom od svih analiziranih skokova ($r = -0,86$), dok su Hennessy i Kilty (2001) na uzorku treniranih sportašica utvrdili da peterostruki skok objašnjava 63 % varijance rezultata u sprintu na 30 m. Agar-Newman i Klimstra (2015) su na uzorku ženskih ragbijašica potvrdili da troskok iz mjesta ostvaruje veću prediktivnu sposobnost za sprintersku izvedbu od skoka u dalj iz mjesta ($r = 0,51$ do $0,75$), čime se dodatno potvrđuje superiorna dijagnostička vrijednost skokova s izmjenom nogu. Objašnjena varijanca u provedenom istraživanju (43 do 45 %) niža je od navedene, no bitno je istaknuti da je u provedenom istraživanju kriterijska varijabla bilo preponsko trčanje koje postavlja dodatne koordinacijske zahtjeve u odnosu na sprintersko trčanje bez prepona. Unatoč tome, skok s noge na nogu jedini je oblik horizontalnog skoka koji u ovom istraživanju ostvaruje značajne regresijske modele kod oba spola, čime se potvrđuje njegova superiorna dijagnostička vrijednost za predikciju rezultata u preponskom trčanju. Kinematička osnova navedenog nalaza proizlazi iz strukturne sličnosti skoka s noge na nogu s motoričkim obrascem preponskog trčanja. Skok s noge na nogu uključuje izmjenu nogu u cikličkom obrascu kontakata i leta, što je analogno ritmičkoj strukturi koraka u preponskom trčanju u kojoj je sposobnost održavanja ritmičke strukture uz minimalnu fluktuaciju brzine ključan čimbenik uspješnosti (Čoh i Iskra, 2012). Svako produljenje kontakata s podlogom u preponskom

trčanju rezultira gubitkom horizontalne brzine (Čoh i sur., 2020), a upravo tu sposobnost minimiziranja kontakta uz održavanje brzine zahvaća faktor vremenske učinkovitosti koji se konzistentno izdvaja kao jedini značajan prediktor kod oba spola. Dobiveni nalaz stoga upućuje na to da je vremenska učinkovitost izvedbe horizontalnog skoka s noge na nogu funkcionalno ključna za rezultatsku uspješnost u preponskom trčanju, što predstavlja novi doprinos u razumijevanju prediktivne vrijednosti horizontalnih skokova za tehnički složenije sprinterske discipline.

Usporedbom muške i ženske skupine ispitanika uočavaju se jasne razlike u utjecaju latentnih dimenzija horizontalnih skokova i rezultatske izvedbe u disciplini 60 m prepone. Navedene razlike moguće je djelomično objasniti biomehaničkim specifičnostima oba spola. Istraživanja pokazuju da ispitanice, u odnosu na ispitanike, ostvaruju niže vršne sile u zglobovima kuka, koljena i gležnja, što može ograničiti izvedbu u pogledu duljine ili visine skoka (Fain i sur., 2021). Unilateralni horizontalni skokovi zahtijevaju ne samo visoku produkciju sile, već i sposobnost kontrolirane apsorpcije doskoka, što uključuje kompleksnu neuromuskularnu koordinaciju u kojoj ispitanice mogu biti u nepovoljnijem položaju (Weinhandl i sur., 2010; Roso-Moliner i sur., 2023). Osim toga, zbog niže visine prepona kod ispitanica maksimalna horizontalna sila rjeđe predstavlja limitirajući čimbenik izvedbe, što dodatno umanjuje dijagnostičku vrijednost unilateralnih horizontalnih skokova u tom kontekstu. Nasuprot tome, muški preponaši moraju zbog viših prepona generirati izraženiju vertikalnu i horizontalnu komponentu sile (Bosco, Komi i Ito, 1981; Pupo, Detanico i Santos, 2012), što objašnjava veću prediktivnu vrijednost svih oblika horizontalnih skokova kod ispitanika. Ukupni rezultati istraživanja upućuju na to da je prediktivna vrijednost horizontalnih skokova u disciplini 60 m prepone uvjetovana spolno specifičnim biomehaničkim karakteristikama, što implicira nužnost preciznije, individualizirane primjene testova eksplozivne snage u dijagnostičke i trenažne svrhe.

5.4. Analiza utjecaja kinematičkih parametara preponskog trčanja na rezultat u disciplini 60 m prepone

U ovom dijelu istraživanja je analiziran utjecaj kinematičkih parametara preponskog trčanja na rezultatsku izvedbu u disciplini 60 m prepone, s ciljem utvrđivanja njihove

statističke značajnosti i identifikacije ključnih kinematičkih čimbenika koji doprinose ukupnom rezultatu kod oba spola. Provedene analize upućuju na to da pojedine faze pretrčavanja prepone nemaju jednak utjecaj na rezultatsku uspješnost kod ispitanica (Tablica 31) i ispitanika (Tablica 32 i 33). Navedeni nalazi upućuju na fazno specifičnu distribuciju kinematičkih determinanti izvedbe, pri čemu se ključni doprinos kod ispitanica ostvaruje u završnom dijelu discipline 60 m prepone kroz fazu doskoka, dok se kod ispitanika značajan doprinos ostvaruje u početnom i završnom dijelu navedene discipline kroz fazu leta iznad prepone.

Na prvoj preponi kod ispitanica model faze odraza nije se pokazao statistički značajnim ($R^2 = 0,34$; $p = 0,38$), kao ni model faze doskoka ($R^2 = 0,47$; $p = 0,18$), što upućuje na to da kinematički parametri tih dviju faza nemaju značajnu prediktivnu vrijednost za ukupni rezultat u disciplini 60 m prepone na prvoj preponi. Nasuprot tome, model faze leta na prvoj preponi ostvario je statističku značajnost ($R^2 = 0,71$; $p = 0,05$), pri čemu se horizontalna brzina izdvojila kao jedini značajan prediktor ($\beta = -0,93$; $p = 0,01$) (Tablica 31). Negativan smjer beta koeficijenta ukazuje da veća horizontalna brzina tijekom pretrčavanja prve prepone doprinosi kraćem ukupnom vremenu utrke, čime se potvrđuje da je očuvanje horizontalne brzine u fazi leta ključan kinematički čimbenik uspješnosti već na prvoj preponi. Tsiokanos i sur. (2017) su analizom vremenskih parametara na uzorku prigodnom uzorku ispitanica koje su nastupile u finalu i polufinalu olimpijskih igara u disciplini 100 m prepone ($n = 28$) utvrdili da korelacija između prolaznih vremena i ukupnog rezultata postaje odlučujuća tek od pete prepone nadalje ($r = 0,77 - 0,98$), dok na prvoj preponi ta povezanost nije bila značajna ($r = 0,51 - 0,54$). Autori dodatno navode da vrijeme potrebno za pretrčavanje prepone (eng. *hurdle clearance times*) nije bilo značajno povezano s ukupnim rezultatom utrke. Rezultati ovog istraživanja upućuju na to da takva analiza temeljena isključivo na vremenskim pokazateljima (prolazna vremena i vrijeme pretrčavanja prepone) ne zahvaća u potpunosti kinematičku strukturu pretrčavanja prepone. Naime, dok je prolazno vrijeme na prvoj preponi nedovoljno osjetljiv pokazatelj rezultatske uspješnosti, horizontalna brzina kao specifični kinematički parametar unutar te iste faze u ovom istraživanju ostvaruje značajan prediktivni doprinos. Time se ukazuje da ukupni vremenski pokazatelji mogu prikriti značajnost pojedinih kinematičkih mehanizama unutar strukture pretrčavanja prepona te da je za razumijevanje rezultatskih determinanti na prvoj preponi nužna analiza koja nadilazi razinu prolaznih vremena. Pretrčavanje prve prepone zahtijeva

drugačiji motorički obrazac jer se odvija u uvjetima još nedovoljno stabiliziranog ritma trčanja neposredno nakon starta, pri čemu se bilježe veće vrijednosti visine leta, duljine preponskog koraka i vremena kontakta (González-Frutos i sur., 2020). Navedeno čini prvu preponu kinematički specifičnom i tehnički zahtjevnijom fazom utrke, u kojoj faze odraza i doskoka nemaju značajnu prediktivnu vrijednost, ali faza leta kroz horizontalnu brzinu ostvaruje značajan doprinos ukupnom rezultatu. Premda je fazno specifičan obrazac utvrđen kod analize horizontalnih skokova ukazivao na to da se ključni rezultatski doprinos ostvaruje u kasnijim dionicama discipline 60 m prepone, značajnost modela faze leta na prvoj preponi pokazuje da horizontalna brzina predstavlja relevantan kinematički čimbenik uspješnosti već u ranoj fazi utrke, prije stabilizacije ritma trčanja.

Kod ispitanica najveća prediktivna vrijednost utvrđena je na **petoj preponi**, koja je i u prethodnim istraživanjima identificirana kao ključno kinematičko čvorište utrke (McDonald i Dapena, 1991). Model faze odraza na petoj preponi ostvario je statističku značajnost ($R^2 = 0,63$; $p = 0,05$), pri čemu se vrijeme kontakta u fazi odraza izdvojilo kao jedini značajan prediktor ($\beta = 0,54$; $p = 0,03$), što upućuje na to da duljina kontakta stopala s podlogom tijekom odraza izravno doprinosi rezultatskoj uspješnosti u završnoj fazi discipline 60 m prepone. Model faze odraza na petoj preponi imao je graničnu značajnost ($R^2 = 0,63$; $p = 0,05$), pri čemu se vrijeme kontakta u fazi odraza izdvojilo kao jedini značajan prediktor ($\beta = 0,54$; $p = 0,03$). Model faze leta na petoj preponi nije se pokazao statistički značajnim ($R^2 = 0,68$; $p = 0,06$) iako se horizontalna brzina izdvojila kao značajni prediktor ($\beta = -1,05$; $p = 0,05$). Značajan model utvrđen je u fazi doskoka nakon pete prepone ($R^2 = 0,66$; $p = 0,03$), pri čemu su se vrijeme kontakta nakon doskoka ($\beta = 0,76$; $p = 0,01$) i duljina od prepone do doskoka ($\beta = -0,62$; $p = 0,03$) izdvojili kao značajni prediktori. Činjenica da su na petoj preponi dva od tri modela (faza odraza i faza doskoka) ostvarila statističku značajnost, dok model faze leta nije, ukazuje na to da kod ispitanica kontaktne faze pretrčavanja prepone imaju dominantnu prediktivnu ulogu u završnom dijelu discipline 60 m prepone. Nalazi ovoga istraživanja mogu se izravno usporediti s rezultatima istraživanja Tsiokanosa i sur. (2017), koji su na prethodno opisanom uzorku olimpijskih finalistkinja i polufinaliskinja utvrdili da vremenski pokazatelji u srednjem dijelu utrke objašnjavaju do 67 % varijance rezultatske izvedbe u disciplini 100 m prepone. U ovom istraživanju model faze odraza na petoj preponi objašnjava 63 % te model faze doskoka nakon pete prepone objašnjava 66 % ukupne varijance rezultata, što upućuje na visoku prediktivnu vrijednost

kinematičkih parametara kontaktnih faza u disciplini 60 m prepone, unatoč razlikama u duljini discipline i metodološkom pristupu. González-Frutos i sur. (2019) su na uzorku preponašica u disciplini 60 m prepone utvrdili da elitne preponašice ostvaruju kraća vremena kontakta u svim fazama utrke u usporedbi s preponašicama niže razine. Navedeni nalazi u skladu su s rezultatima ovog istraživanja, u kojem se učinkovita reaktivna mehanika u završnici discipline 60 m prepone, mjerena kroz vrijeme kontakta, pokazala kao jedan od ključnih kinematičkih elemenata uspješnosti u ženskoj disciplini preponskog trčanja. Važnost sposobnosti brze produkcije sile u kratkom kontaktu s podlogom dodatno potvrđuje nalaz iz druge hipoteze ovog istraživanja, prema kojem je reaktivni indeks jakosti u izvedbi unilateralnog horizontalnog skoka na desnoj nozi ostvario značajnu povezanost s prolaznim vremenom na petoj preponi ($r = -0,65$; $p < 0,05$). S obzirom na to da je kod ispitanica visina prepona niža, zahtjevi za vertikalnom komponentom sile pri pretrčavanju prepone su manji, čime učinkovitost i brzina kontakta s podlogom postaju presudni za očuvanje horizontalne brzine u završnici discipline 60 m prepone (Bissas i sur., 2022).

Pored vremena kontakta, važan aspekt kinematičke učinkovitosti u završnoj fazi discipline 60 m prepone čini i duljina koraka neposredno nakon pretrčavanja prepone. Gawad i Ghareb (2021) navode da duljina doskoka kod vrhunskih preponašica iznosi 0,89 m, dok Čoh i sur. (2019) navode 0,86 m. U okviru ovog istraživanja zabilježene su vrijednosti duljine doskoka nakon prepone od 0,92 m (Tablica 31), što ukazuje na potencijalno izraženiju horizontalnu komponentu kretanja, ali i na mogućnost da je dio razlike posljedica manje ekonomične tehnike pretrčavanja prepone. Suboptimalan napad prepone često je povezan s većom vertikalnom putanjom centra mase tijela, što produljuje fazu leta i posljedično dovodi do duljeg prvog koraka nakon doskoka (McDonald i Dapena, 1991; Bedini, 2016). Hanley i sur. (2021) navode da vrhunske preponašice tijekom pretrčavanja prepone ostvaruju prosječnu visinu centra mase tijela od približno 1,13 m u odnosu na tlo. U odnosu na visinu prepone (0,838 m), navedena vrijednost sekundarnim proračunom odgovara približno 0,29 m iznad prepone, što upućuje na relativno nisku i kinematički učinkovitu putanju centra mase tijela tijekom pretrčavanja prepone. U usporedbi s navedenim vrijednostima, ispitanice u ovom istraživanju ostvarivale su veće visine CIP tijekom pretrčavanja prepone (0,38 - 0,40 m), pri čemu valja istaknuti da visina CIP (*crista iliaca* pozicija) u dvodimenzionalnoj kinematičkoj analizi predstavlja anatomske marker koji se prostorno nalazi u blizini centra mase tijela, ali ne predstavlja njegovu izravnu mjeru.

Veće visine CIP iznad prepone u ovom istraživanju mogu upućivati na izraženiju vertikalnu putanju kretanja u odnosu na vrijednosti centra mase tijela zabilježene u trodimenzionalnim kinematičkim analizama vrhunskih preponašica. Takav obrazac može biti povezan s produljenjem faze leta, povećanjem duljine doskoka te potencijalno većim gubitkom horizontalne brzine nakon pretrčavanja prepone. U tom smislu, zabilježene vrijednosti duljine doskoka moguće su ne samo kinematički uvjetovane nižom visinom prepone, nego i dijelom refleksija tehničkih karakteristika ispitanica. Unatoč navedenim razlikama u tehničkoj izvedbi, model faze doskoka na petoj preponi ostao je značajan prediktor ukupnog rezultata u disciplini 60 m prepone, što potvrđuje da vremenska učinkovitost kontakta s podlogom i optimalna duljina doskoka predstavljaju ključne kinematičke determinante uspješnosti kod ženskih preponašica neovisno o tehničkoj varijabilnosti.

Kod **ispitanika na prvoj preponi** najveći prediktivni doprinos utvrđen je u fazi leta iznad prepone. Model faze leta objasnio je 88 % varijance rezultata ($R^2 = 0,88$; $p = 0,001$), pri čemu se kut zamašne noge u koljenu izdvojio kao značajan prediktor ($\beta = 0,36$; $p = 0,03$). S obzirom na to da je u inicijalnom modelu (Tablica 32) utvrđena izrazita multikolinearnost (VIF do 28,46), provedena je ponovna analiza (Tablica 33) u kojoj je vertikalna brzina isključena iz modela. Ponovljeni model potvrdio je horizontalnu brzinu kao dominantan prediktor ($\beta = -1,21$; $p = 0,001$) uz značajan doprinos kuta zamašne noge ($\beta = 0,36$; $p = 0,02$), visine centra mase iznad prepone ($\beta = -0,47$; $p = 0,03$) i duljine preponskog koraka ($\beta = 0,41$; $p < 0,02$). Dominantna uloga horizontalne brzine kao prediktora na prvoj preponi u skladu je s nalazima Panteli i sur. (2020) koji su na uzorku mladih atletičara s preponama na visini 0,76 m utvrdili da horizontalna brzina značajno utječe na tehnički model prelaska prve prepone, ispitanici s nižom horizontalnom brzinom usvajali su izraženiji vertikalni obrazac kretanja. Negativan smjer beta koeficijenta visine centra mase iznad prepone ($\beta = -0,47$) u ovom istraživanju potvrđuje da niža putanja leta doprinosi učinkovitijem prelasku prepone, što je konzistentno s nalazom Iwasakija i sur. (2022) koji su u inicijalnoj fazi discipline 110 m prepone identificirali nedovoljnu visinu centra mase pri odrazu kao primarni uzrok kontakta s preponom. Značajan doprinos kuta zamašne noge u koljenu kao prediktora rezultatske uspješnosti podupire nalaz Sala (2002), koji je utvrdio da manji kut koljena vodeće noge pri odrazu na prvim preponama omogućuje brži zamah noge prema naprijed te da konzistentniji obrazac prelaska doprinosi progresivnom povećanju horizontalne brzine. Premda navedena istraživanja identificiraju iste kinematičke parametre kao ključne

čimbenike učinkovitog prelaska prve prepone, njihova prediktivna vrijednost za ukupni rezultat dosad nije bila kvantificirana regresijskom analizom, čime rezultati ovog istraživanja predstavljaju nov doprinos u razumijevanju fazno specifičnih determinanti uspješnosti u preponskom trčanju.

Model faze doskoka na prvoj preponi kod ispitanika ostvario je statističku značajnost ($R^2 = 0,59$; $p = 0,05$), pri čemu se vrijeme kontakta izdvojilo kao najsnažniji prediktor ($\beta = 0,73$; $p = 0,01$) (Tablica 33). Kraće vrijeme kontakta u doskoku smanjuje fazu kočenja i doprinosi očuvanju horizontalne brzine, dok produljeni kontakt dovodi do gubitka brzine i skraćanja amplitude prvog koraka, što narušava kontinuitet ritma trčanja (Čoh i sur., 2000; Kampmiller i sur., 1999; Bezodis i sur., 2019). Nagahara i sur. (2021) su na uzorku muških preponaša u disciplini 60 m prepone utvrdili da doskok nakon prepone ima najizraženiji impuls kočenja od svih koraka u ciklusu pretrčavanja prepone te da kraće vrijeme kontakta korelira s bržim ukupnim ciklusom. Mansour i sur. (2024) su na uzorku specijalista preponaša utvrdili izrazito visoku korelaciju između trajanja faze kontakta nakon doskoka i ukupne izvedbe ($r = 0,91$), čime se potvrđuje da je brzina reaktivnog odgovora neposredno nakon doskoka ključna determinanta uspješnosti u preponskom trčanju. Značajnost modela faze doskoka uz istovremeno značajan model faze leta ($R^2 = 0,88$) ukazuje na to da kod ispitanika na prvoj preponi i kvaliteta pretrčavanja prepone i učinkovitost tranzicije nakon doskoka doprinose ukupnoj rezultatskoj uspješnosti u disciplini 60 m prepone. Ipak, znatno niža objašnjena varijanca modela faze doskoka (59 %) u usporedbi s modelom faze leta (88 %) može se dijelom pripisati korištenju nižih visina prepona (91 cm) u odnosu na standardne seniorske visine (106,7 cm), što smanjuje kinematičke zahtjeve doskoka i time umanjuje varijabilnost u vremenima kontakta među ispitanicima.

Kod **ispitanika na petoj preponi** model faze leta objasnio je 84 % varijance ($R^2 = 0,84$; $p = 0,002$), pri čemu je horizontalna brzina bila jedini značajan prediktor ($\beta = -1,16$; $p = 0,01$), što upućuje na to da je u kasnijoj fazi utrke tehnika prelaska stabilizirana i ujednačena među ispitanicima te prediktivna vrijednost prelazi isključivo na horizontalnu brzinu. Navedeni rezultati ukazuju na visok prediktivni potencijal analiziranih kinematičkih parametara u objašnjenju rezultatske uspješnosti preponaša. Usporedno, Amara i sur. (2019) izvještavaju da integrirani skup kinematičkih čimbenika, definiran analizom glavnih komponenti na cijeloj utrci 110 m prepone, obuhvaćajući varijable brzine, pomaka centra mase te reakcijskih sila, objašnjava 94 % ukupne varijance izvedbe preponskog trčanja.

Autori dodatno navode da isti čimbenici, analizirani prema pojedinim fazama pretrčavanja prepone, objašnjavaju 75 % varijance u fazi odraza, 76 % u fazi leta te 63 % u fazi doskoka. Usporedba rezultata sugerira da su modeli dobiveni u ovom istraživanju, iako temeljeni na manjem broju varijabli, pokazali vrlo visoku razinu prediktivne snage, osobito unutar specifičnih faza pretrčavanja prepone. S obzirom na to da su u ovom istraživanju korištene niže visine prepona u odnosu na standardne natjecateljske uvjete, horizontalna brzina pokazala se kao dominantan prediktor uspješnosti pretrčavanja prve i pete prepone. Salo i Scarborough (2006) ističe da su vertikalna i horizontalna komponenta brzine ključne varijable u preponskom trčanju te naglašava njihovu međusobnu funkcionalnu povezanost. Smanjenje potrebe za izraženom vertikalnom komponentom kretanja omogućuje veće očuvanje horizontalne brzine, što može rezultirati učinkovitijim prelaskom prepone. Smanjena vertikalna brzina, u kombinaciji s funkcionalnom fleksijom vodeće noge, omogućuje povoljnije usmjeravanje rezultantne sile kretanja prema naprijed, smanjuje trajanje faze leta te doprinosi očuvanju dinamike trčanja nakon doskoka. Manji kut koljena vodeće noge tijekom faze prelaska preko prepone smanjuje moment inercije donjeg ekstremiteta, čime se povećava brzina zamaha noge prema naprijed i omogućuje učinkovitije iskorištavanje elastične energije tijekom faze doskoka (Salo, 2002). Takva kinematička optimizacija izravno se povezuje s učinkovitijom tranzicijom u naredni korak i posljedično povoljnijim rezultatskim ishodom. Navedeni rezultati potvrđuju važnost prve prepone u uspostavljanju ritma utrke (Lee, 2004) te pete prepone kao stabilizacijske točke (Tsiokanos i sur., 2017), što dodatno naglašava njihovu ulogu u ukupnoj izvedbi preponskog trčanja.

Iako su određeni kinematički parametri poput horizontalne brzine tijekom prelaska prepone, kuta zamašne noge u koljenu iznad prepone, visine centra mase tijela, duljine preponskog koraka, vremena kontakta stopala s podlogom te duljine doskoka, univerzalno relevantni za postizanje visoke razine rezultatske učinkovitosti u preponskom trčanju (McDonald i Dapena, 1991; Čoh i sur., 2000), njihova relativna važnost i dinamika tijekom utrke značajno variraju s obzirom na spol ispitanika (Tablica 31 i 33). Prethodno istraživanje Hanleyja i sur. (2021) pokazalo je da preponašice, u usporedbi s preponašima, ostvaruju kraću duljinu doskoka, što omogućuje produljenje narednog koraka u strukturi trčanja između prepona bez narušavanja ritmičke stabilnosti. Sukladno tome, u ovom istraživanju duljina od prepone do doskoka kod pete prepone pokazala se značajnim prediktorom rezultatske uspješnosti kod ispitanica, dok kod muških ta varijabla nije imala statistički

značajan utjecaj. U ovom istraživanju korištene su niže visine prepona (76 cm kod ispitanica i 91 cm kod ispitanika) u odnosu na standardne seniorske natjecateljske visine (84 cm kod ispitanica i 106,7 cm kod ispitanika), što može objasniti modificiranu kinematičku strukturu pretrčavanja prepone. Ozaki i Ueda (2022) su utvrdili da niža visina prepone smanjuje zahtjeve za vertikalnim pomakom centra mase u fazi odraza, ali istovremeno zahtijeva bržu tranziciju u doskok jer je vršna visina centra mase niža. Smanjena visina prepona reducira potrebu za generiranjem izražene vertikalne komponente brzine odraza, što može objasniti činjenicu da se vertikalna brzina u ovom istraživanju nije pokazala značajnim prediktorom uspješnosti niti kod ženskih niti kod ispitanika. Prethodna istraživanja ističu da niža visina prepone u ženskoj disciplini zahtijeva manji razvoj vertikalne brzine odraza u odnosu na mušku disciplinu (Salo, Grimshaw i Marar, 1997), što omogućuje učinkovitije očuvanje horizontalne brzine tijekom prelaska prepone (McDonald i Dapena, 1991). Rezultati ovog istraživanja dodatno ukazuju da niže visine prepona mogu modificirati relativnu važnost pojedinih kinematičkih varijabli, pri čemu horizontalna komponenta brzine postaje dominantan čimbenik uspješnosti kod ispitanika, dok se kod ispitanica ključnim prediktorima pokazuju vrijeme kontakta i duljina doskoka u završnici discipline. S povećanjem visine prepona, što je karakteristično za prelazak u više dobne i natjecateljske kategorije, očekuje se progresivno povećanje važnosti vertikalne komponente brzine u strukturi preponskog trčanja. Usporedbom s uvjetima ovog istraživanja, dobivene razlike u relativnoj važnosti vertikalne brzine mogu se djelomično objasniti smanjenim biomehaničkim zahtjevima pretrčavanja prepone.

5.5. *Analiza povezanosti kinematičkih parametara preponskog trčanja s biomehaničkim parametrima vertikalnog dubinskog skoka, kinematičkim parametrima horizontalnih skokova i rezultatom u disciplini 60 m prepone*

Rezultati ovog istraživanja potvrđuju postavljenu hipotezu prema kojoj su kinematički parametri preponskog trčanja statistički značajno povezani s kinetičkim pokazateljima vertikalnog dubinskog skoka, kinematičkim parametrima horizontalnih skokova te s rezultatom u disciplini 60 m prepone kod oba spola. Utvrđene povezanosti razlikuju se s obzirom na spol ispitanika, vrstu skoka i fazu pretrčavanja prepone. Kod ispitanika zabilježen je širi spektar značajnih korelacija s višim koeficijentima u svim vrstama skokova i u svim fazama pretrčavanja prepone (Tablice 36, 37, 39, 41, 43, 45 i 47) dok su kod ispitanica značajne korelacije selektivnije i koncentrirane na parametre kontakta s podlogom i horizontalnu brzinu (Tablice 34, 35, 38, 40, 42, 44 i 46). Dosadašnja istraživanja dosljedno potvrđuju povezanost parametara vertikalnih i horizontalnih skokova sa sprinterskom izvedbom (Šarabon i sur., 2022; Johansen i sur., 2025; Kale i sur., 2009), no navedena su provedena isključivo na sprintu bez prepona. Nalazi ovog istraživanja proširuju te spoznaje jer utvrđuju povezanost parametara skokova s konkretnim kinematičkim parametrima pojedinih faza pretrčavanja prepone.

Kod ispitanica u fazi odraza kod prve prepone vertikalni dubinski skok ostvario je značajnu korelaciju jedino s duljinom odraza do prepone, pri čemu je relativna vršna snaga ostvarila korelaciju $r = -0,55$ ($p = 0,04$; Tablica 34). Relativna vršna snaga odražava sposobnost brzog razvoja sile u koncentričnoj fazi dubinskog skoka normaliziranu na tjelesnu masu (Sayers i sur., 1999; Flanagan i Comyns, 2008), a njezina negativna korelacija s duljinom odraza upućuje na to da ispitanice s višim kapacitetom eksplozivne sile ostvaruju kraću udaljenost odraza do prepone. Kako udaljenost odraza u optimalnom preponskom koraku iznosi oko 60 % ukupne duljine preponskog koraka (Čoh i sur., 2020), sposobnost generiranja dovoljnog vertikalnog impulsa s kraće udaljenosti upućuje na tehnički učinkovitiji odraz koji ne narušava taj omjer. Sposobnost generiranja tog impulsa u što kraćem kontaktu s podlogom postaje ključni čimbenik učinkovitosti odrazne faze (McFarlane, 2000). Na petoj preponi obrazac korelacija dubinskog skoka značajno se mijenja: umjesto prostornog parametra duljine odraza, RSI ($r = -0,54$; $p = 0,04$) i prosječna sila koncentrične faze ($r = -0,59$; $p = 0,02$) značajno koreliraju s vremenom kontakta u fazi odraza (Tablica 35). RSI dobiven iz vertikalnog dubinskog skoka potvrđen je kao važan

pokazatelj učinkovitosti ekscentrično-koncentričnog ciklusa, povezan s kraćim vremenom kontakta i većom sposobnošću brze proizvodnje sile u sprinterskoj izvedbi (Barr i Nolte, 2011; Southey i sur., 2024). Navedena promjena sugerira da na prvoj preponi, dok su ispitanice još u fazi akceleracije, dubinski skok zahvaća prostorno pozicioniranje odraza, dok na petoj preponi, u stabiliziranoj fazi utrke na 60 m prepone, isti test zahvaća sposobnost brze produkcije sile u kratkom kontaktu s podlogom. Upravo tu sposobnost kratkog kontakta u fazi odraza obuhvaćaju horizontalni skokovi ovisno o intezitetu i preponi.

Na prvoj preponi RSI unilateralnog horizontalnog skoka sa zamašnom nogom ostvario je najsnažniju korelaciju s vremenom kontakta u fazi odraza ($r = -0,73$; $p = 0,003$; Tablica 38), višu od korelacija koje su Johansen i sur. (2025) utvrdili u sprintu bez prepona kod ispitanica ($r = 0,59 - 0,67$), što upućuje na to da preponsko trčanje postavlja specifičnije zahtjeve za reaktivnom sposobnošću kroz horizontalne skokove. Skokovi s noge na nogu ostvaruju najširi spektar korelacija u odraznoj fazi: RSI, kut, vrijeme leta, visina i duljina skoka negativno koreliraju s vremenom kontakta ($r =$ od $-0,64$ do $-0,76$; $p < 0,01$; Tablica 42), a jedini dodatno obuhvaćaju i duljinu od odraza do prepone ($r =$ od $-0,59$ do $-0,70$; $p < 0,05$), što ih čini dijagnostički najcjelovitijim testom za odraznu fazu. Njihova prednost ima kinematičku osnovu u strukturnoj sličnosti naizmjeničnog cikličkog skoka s motoričkim obrascem preponskog trčanja koji uključuje naizmjeničnu izmjenu oslonca uz kratke kontakte i faze leta (Hennessy i Kilty, 2001; Johansen i sur., 2025). Lijeva noga na prvoj preponi ostvaruje slabije korelacije kroz vrijeme leta i visinu skoka ($r = -0,56$; $p < 0,05$; Tablica 40), što odražava funkcionalnu specijalizaciju u preponskom trčanju gdje odrazna noga preuzima propulzivnu ulogu (Meylan i sur., 2009; Madruga-Parera i sur., 2020). Uz vremensku učinkovitost kontakta, horizontalni skokovi zahvaćaju i kutni položaj odrazne noge. Kutni položaj odrazne noge izravno određuje smjer generiranog impulsa i putanju centra mase tijela iznad prepone (McDonald i Dapena, 1991; Čoh i sur., 2020). Rezultati ovog istraživanja pokazuju da horizontalni skokovi zahvaćaju i taj parametar: duljina skoka zamašnom nogom negativno korelira s kutom u koljenu odrazne noge ($r = -0,74$; $p = 0,002$; Tablica 38). Kod skoka odraznom nogom ista je korelacija prisutna u nešto manjoj mjeri ($r = -0,60$; $p = 0,02$; Tablica 40), a kod skokova s noge na nogu duljina skoka također korelira s kutom u koljenu odrazne noge ($r = -0,61$; $p = 0,02$; Tablica 42). Na petoj preponi horizontalni skokovi potvrđuju pojačanu ulogu reaktivne sposobnosti u fazi odraza. RSI skoka s noge na nogu ostvaruje najsnažniju korelaciju s vremenom kontakta ($r = -0,81$; $p < 0,001$), uz značajne korelacije vremena leta, visine i kuta odraza ($r =$ od $-0,59$ do $-0,66$; $p <$

0,05; Tablica 42). Kod skoka odraznom nogom RSI ostvaruje značajnu korelaciju s vremenom kontakta odraza ($r = -0,57$; $p = 0,03$; Tablica 40). Kod skoka zamašnom nogom u fazi odraza pete prepone nije utvrđena niti jedna statistički značajna korelacija (Tablica 38). Izostanak značajnih korelacija zamašne noge u fazi odraza pete prepone može se objasniti time da u stabiliziranoj fazi utrke kinematički obrazac odraza progresivno preuzima odrazna noga, čiji neuromišićni kapacitet u tom dijelu utrke postaje diferencijalni čimbenik učinkovitog odraza prije prepone. Vrijeme kontakta u fazi odraza izravno određuje gubitak horizontalne brzine prilikom pretrčavanja prepona. Čoh i sur. (2019) su na vrhunskoj preponašici Sally Pearson utvrdili da vrijeme kontakta u odrazu od 0,10 s na šestoj preponi rezultira gubitkom horizontalne brzine od svega 3,2 %. Nadalje, Abd El Gawad i Ghareb (2021) pokazuju da produljeno vrijeme kontakta u odrazu (0,13 s) na četvrtoj i petoj preponi kod slabijih preponašica uzrokuje gubitak horizontalne brzine od 8,3 - 8,9 %. Rezultati ovog istraživanja nadopunjuju dosadašnje spoznaje utvrdivši da se sposobnost ostvarivanja kratkog kontakta u fazi odraza može razvijati kroz vertikalni dubinski skok i horizontalne skokove.

U **fazi leta** iznad prve prepone vertikalni dubinski skok otkriva drugačiji obrazac povezanosti u odnosu na fazu odraza. Visina odraza, brzina odraza, RSI i prosječna sila koncentrične faze značajno pozitivno koreliraju s horizontalnom brzinom iznad prepone ($r =$ od 0,56 do 0,62; $p < 0,05$; Tablica 34), dok visina i brzina odraza dodatno negativno koreliraju s visinom CIP iznad prepone ($r =$ od -0,54 do -0,55; $p < 0,05$). Ispitanice s višom eksplozivnom i reaktivnom sposobnošću u vertikalnom dubinskom skoku ostvaruju veću horizontalnu brzinu iznad prepone uz istodobno nižu putanju *crista iliace* iznad prepone. McFarlane (2000) je istaknuo da položaj tijela iznad prepone ima ključnu ulogu u očuvanju horizontalne brzine, dok Hanley i sur. (2021) navode da vrhunske preponašice ostvaruju relativno nisku putanju centra mase iznad prepone. Mann i Herman (1985) su na finalu 100 m prepone Olimpijskih igara 1984. utvrdili da je razlika u plasmanu među preponašicama bila izravno povezana s horizontalnom brzinom tijela, a neizravno s vertikalnom brzinom, čime su potvrdili da kombinacija veće horizontalne brzine i niže putanje centra mase predstavlja ključni mehanizam uspješnosti u preponskoj disciplini. Rezultati ovog istraživanja funkcionalno nadopunjuju navedeni nalaz jer pokazuju da je sposobnost ostvarivanja takvog obrasca faze leta povezana s reaktivnom i eksplozivnom sposobnošću izraženom kroz vertikalni dubinski skok. Na petoj preponi vertikalni dubinski skok ne ostvaruje značajne korelacije s kinematičkim parametrima u fazi leta (Tablica 35), za razliku

od prve prepone gdje je ostvarivao najširi spektar korelacija upravo u toj fazi. Na prvoj preponi ispitanice su još u fazi akceleracije, pa sposobnost generiranja vertikalnog impulsa ima izravnu ulogu u određivanju putanje centra mase tijela i horizontalne brzine iznad prepone. Na petoj preponi brzina trčanja je već stabilizirana. Tsiokanos i sur. (2017) su na uzorku vrhunskih atletičarki koje su nastupale u finalu olimpijskih igara u disciplini 100 m prepone utvrdili najveću prosječnu brzinu upravo na petoj i šestoj preponi, što ukazuje na to da taj segment utrke predstavlja fazu maksimalne brzine, Premda je navedeno istraživanje provedeno na duljoj preponskoj disciplini, peta prepona u obje discipline predstavlja dio stabiliziranog ritma trčanja. Dosadašnja istraživanja provedena na muškim sprinterima utvrdila su da su vertikalni skokovi snažno povezani upravo s fazom maksimalne brzine (Loturco i sur., 2015; Morin i Samozino, 2016; Jiménez-Reyes i sur., 2016). Iako u ovom istraživanju maksimalna brzina nije izravno mjerena, izostanak značajnih korelacija vertikalnog dubinskog skoka s parametrima faze leta na petoj preponi upućuje na to da vertikalni impuls u tom dijelu utrke više nema značajnu ulogu kod ispitanica.

Horizontalni skokovi u fazi leta iznad prve prepone ostvaruju manji broj značajnih korelacija u usporedbi s vertikalnim dubinskim skokom, no upućuju na specifičnu ulogu u održavanju horizontalne brzine iznad prepone. Kod skoka odraznom nogom RSI pozitivno korelira s horizontalnom brzinom iznad prepone ($r = 0,55$; $p = 0,04$; Tablica 38). Kod skoka zamašnom nogom duljina skoka pozitivno korelira s istim parametrom ($r = 0,54$; $p = 0,05$; Tablica 40). Skokovi s noge na nogu zahvaćaju fazu leta kroz korelaciju vremena kontakta u skoku s horizontalnom brzinom ($r = -0,58$; $p = 0,03$) i duljinom preponskog koraka ($r = -0,64$; $p = 0,002$; Tablica 42). Ispitanice koje u skoku s noge na nogu ostvaruju kraće vrijeme kontakta s podlogom održavaju veću horizontalnu brzinu i duljinu preponskog koraka iznad prepone. McDonald i Dapena (1991) su utvrdili da se horizontalna brzina smanjuje tijekom odraza i faze leta, čime njezino očuvanje postaje ključni čimbenik uspješnog pretrčavanja prepona. Na petoj preponi sva tri tipa horizontalnih skokova ostvaruju značajne korelacije s horizontalnom brzinom iznad prepone: duljina skoka s noge na nogu ($r = 0,62$; $p = 0,02$; Tablica 42), vrijeme leta i visina skoka odraznom nogom ($r = 0,68$; $p = 0,01$; Tablica 38). Kod skoka zamašnom nogom u fazi leta pete prepone nije utvrđena niti jedna statistički značajna korelacija (Tablica 40). Pojava značajnih korelacija odrazne noge na petoj preponi, koje na prvoj preponi su bile prisutne u manjem omjeru, sugerira da u stabiliziranoj fazi utrke i odrazna noga preuzima funkcionalnu ulogu u održavanju horizontalne brzine iznad prepone. Dok je na prvoj preponi horizontalna brzina iznad prepone bila povezana s

kombinacijom vertikalne reaktivne sposobnosti iz dubinskog skoka i selektivnih parametara horizontalnih skokova, na petoj preponi tu ulogu u potpunosti preuzimaju horizontalni skokovi, što sugerira da u stabiliziranoj fazi utrke horizontalnu brzinu iznad prepone ne određuje sposobnost generiranja vertikalnog impulsa već kapacitet održavanja horizontalno usmjerene sile izražene kroz odraznu nogu.

U **fazi doskoka** nakon prve prepone vertikalni dubinski skok kod ispitanica ne ostvaruje značajne korelacije s kinematičkim parametrima (Tablica 34), što sugerira da reaktivna sposobnost mjerena vertikalnim dubinskim skokom na prvoj preponi nije funkcionalno povezana s fazom doskoka. Na petoj preponi obrazac se značajno mijenja: maksimalna sila koncentrične faze ($r = -0,61$; $p = 0,02$) i prosječna sila koncentrične faze ($r = -0,62$; $p = 0,02$) značajno koreliraju s vremenom kontakta u fazi doskoka (Tablica 35). Ispitanice koje u dubinskom skoku generiraju veću silu u koncentričnoj fazi ostvaruju kraće kontakte s podlogom u fazi doskoka na petoj preponi. Navedeno upućuje na to da sposobnost brze aktivacije sile nakon ekscentrične faze u dubinskom skoku (Komi, 2000; Flanagan i Comyns, 2008) predstavlja neuromuskularni mehanizam koji se funkcionalno prenosi na učinkovitost doskočne faze pri pretrčavanju prepone te učinkovitiji nastavak trčanja između prepona.

Horizontalni skokovi povezani su s fazom doskoka na obje prepone. Na prvoj preponi RSI unilateralnog skoka zamašnom nogom ($r = -0,73$; $p = 0,003$; Tablica 40) i unilateralnog skoka odraznom nogom ($r = -0,54$; $p = 0,05$; Tablica 38), značajno negativno koreliraju s vremenom kontakta u fazi doskoka, što potvrđuje da preponašice s višim reaktivnim kapacitetom ostvaruju kraće kontakte i nakon prepone. Zamašna noga ostvaruje značajnu korelaciju ukupnog vremena izvedbe skoka s kutom zamašne noge ($r = -0,61$; $p = 0,02$; Tablica 40). Skokovi s noge na nogu ostvaruju najširi spektar korelacija u fazi doskoka na prvoj preponi: RSI značajno korelira s vremenom kontakta u fazi doskoka ($r = -0,76$; $p = 0,002$) te s kutom slijetanja zamašne noge ($r = 0,67$; $p = 0,01$) i duljinom doskoka ($r = 0,76$; $p < 0,01$; Tablica 42), čime se potvrđuje da skok s noge na nogu istovremeno zahvaća i vremensku učinkovitost i prostornu kontrolu doskoka. Upravo tu sposobnost brze tranzicije zahvaća RSI u skoku s noge na nogu, koji u fazi doskoka istodobno korelira s vremenskim i prostornim parametrima, potvrđujući funkcionalnu srodnost ovog testa s kinematičkim zahtjevima faze doskoka. Na petoj preponi horizontalni skokovi otkrivaju izraženu ulogu zamašne noge u fazi doskoka. RSI unilateralnog skoka zamašnom nogom ostvaruje

korelaciju s vremenom kontakta u fazi doskoka od $r = -0,74$ ($p = 0,002$; Tablica 40), višu od korelacije na prvoj preponi ($r = -0,73$). Uz to, vrijeme kontakta u skoku na odraznoj nozi izuzetno visoko korelira s duljinom preponskog koraka na petoj preponi ($r = -0,62$; Tablica 40). Navedeno ukazuje na sposobnost brze produkcije sile mjerena u skoku prenosi se na efikasno pretrčavanje prepone koji se očituje u kraćoj putanji leta. Bedini (2016) opisuje da suboptimalan odraz pred preponom dovodi do veće vertikalne putanje centra mase tijela i duljeg doskoka, čime se potvrđuje da je kvaliteta kontakta s podlogom izravno povezana s tehničkom učinkovitošću prelaska prepone. Skokovi s noge na nogu u fazi doskoka na petoj preponi ostvaruju višestruke značajne korelacije: RSI s kutom slijetanja zamašne noge ($r = 0,60$; $p = 0,01$), duljina skoka s vremenom kontakta i visina s kutom slijetanja (Tablica 42), čime se potvrđuje da reaktivna sposobnost mjerena cikličkim skokom zahvaća i vremensku i prostornu kontrolu doskoka na obje prepone. Odrazna noga na petoj preponi ostvaruje značajne korelacije RSI-ja, kuta koraka, vremena leta i visine skoka s vremenom kontakta u fazi doskoka ($r =$ od $-0,55$ do $-0,62$; $p < 0,05$; Tablica 38). Zadržavanje najznačajnijih korelacija zamašne noge u fazi doskoka na obje prepone. Prijelaz najznačajnijih korelacija s faze odraza na prvoj preponi na fazu doskoka na petoj preponi kod desne noge sugerira fazno specifičan obrazac u kojem se u stabiliziranoj fazi utrke, kada je ritam trčanja ustaljen, sposobnost brze reaktivne interakcije s podlogom nakon doskoka pokazuje funkcionalno važnijom. Važnost kratkog kontakta u fazi doskoka potvrđuju i dosadašnja istraživanja. Čoh i sur. (2019) su utvrdili da Sally Pearson na šestoj preponi ostvaruje vrijeme kontakta u doskoku od svega 0,09 s uz pad visine centra mase od samo 2,8 %, dok Abd El Gawad i Ghareb (2021) navode da je faza doskoka jedan od ključnih elemenata tehnike prelaska prepone jer preponašica mora u kratkom kontaktu apsorbirati sile doskoka i brzo prijeći u sprint između prepona. Rezultati ovog istraživanja nadopunjuju navedene nalaze jer pokazuju da je sposobnost ostvarivanja kratkog kontakta u doskoku na petoj preponi funkcionalno povezana s parametrima vertikalnog dubinskog skoka, horizontalnih skokova na obje noge i skokova s noge na nogu.

Kod ispitanika u fazi odraza kod prve prepone vertikalni dubinski skok ostvaruje širi spektar značajnih korelacija nego kod ispitanica. Relativna vršna snaga ($r = -0,55$; $p = 0,03$) i RSI ($r = -0,69$; $p = 0,01$) značajno negativno koreliraju s vremenom kontakta u fazi odraza, dok visina odraza ($r = 0,69$; $p = 0,01$), brzina odraza ($r = 0,66$; $p = 0,01$) i relativna vršna snaga ($r = 0,61$; $p = 0,02$) značajno pozitivno koreliraju s duljinom od odraza do prepone (Tablica 36). Za razliku od ispitanica, kod kojih je dubinski skok na prvoj preponi

zahvaćao isključivo prostorni parametar duljine odraza, kod ispitanika isti test istodobno zahvaća i vremenski parametar kontakta i prostorni parametar duljine odraza. Razlika u obrascu korelacija između spolova kinematički je razumljiva s obzirom na razlike u visini prepona (0,91 m kod ispitanika naspram 0,76 m kod ispitanica). Viša prepona zahtijeva izraženiji vertikalni impuls pri odrazu (Čoh i sur., 2020), pa reaktivna i eksplozivna sposobnost mjerena dubinskim skokom ima širu funkcionalnu ulogu već na prvoj preponi. Na petoj preponi korelacije dubinskog skoka s vremenom kontakta u fazi odraza dodatno se pojačavaju: visina odraza ($r = -0,68$; $p = 0,01$), brzina odraza ($r = -0,68$; $p = 0,01$), relativna vršna snaga ($r = -0,72$; $p = 0,003$) i RSI ($r = -0,79$; $p < 0,001$) ostvaruju značajno više korelacije nego na prvoj preponi (Tablica 37). Istodobno, korelacije s duljinom od odraza do prepone ostaju značajne, ali nešto niže ($r =$ od 0,56 do 0,60; $p < 0,05$). Pojačavanje korelacija s vremenom kontakta na petoj preponi ($r =$ od -0,68 do -0,79; $p < 0,01$) ukazuje na to da u stabiliziranoj fazi utrke sposobnost brze produkcije sile u kratkom kontaktu s podlogom postaje još izraženiji diferencijalni čimbenik učinkovitosti odraza. Amara i sur. (2019) su na uzorku nacionalnih preponaša u disciplini 110 m prepone utvrdili da je kraće vrijeme kontakta u fazi odraza kroz veću stopu razvoja sile jedan od ključnih čimbenika uspješnosti. Međutim, u dosadašnjim istraživanjima na uzorku sprintera bez prepona visina dubinskog skoka značajno korelira s maksimalnom brzinom sprinta i duljinom koraka, ali ne i s vremenom kontakta u sprintu (Kale i sur., 2009), što ukazuje na to da preponsko trčanje postavlja specifične zahtjeve za reaktivnom sposobnošću koji se ne manifestiraju u istoj mjeri u sprintu bez prepona. Vertikalni dubinski skok uključuje ključne komponente koje čine osnovu uspješne izvedbe preponskog trčanja: sposobnost brze tranzicije iz ekscentrične u koncentričnu fazu, kratko vrijeme kontakta s podlogom i visoku reaktivnu snagu (Komi, 2000; Flanagan i Comyns, 2008). Upravo te sposobnosti manifestiraju se u fazi odraza pri pretrčavanju prepone, gdje sportaš mora u kratkom kontaktu s podlogom generirati dovoljan impuls sile za prelazak prepone (Čoh i sur., 2000; Nagahara i sur., 2021).

Horizontalni skokovi kod ispitanika na prvoj preponi otkrivaju drugačiji obrazac u odnosu na ispitanice. Kod unilateralnog skoka odraznom nogom najizraženije korelacije u fazi odraza usmjerene su na kut odraza: vrijeme leta ($r = -0,65$; $p = 0,01$), visina ($r = -0,66$; $p = 0,01$), duljina skoka ($r = -0,58$; $p = 0,02$) i RSI ($r = -0,52$; $p = 0,05$; Tablica 39). Ispitanici s boljim parametrima skoka odraznom nogom ostvaruju niži kut odraza u fazi odraza, što je kinematički poželjno jer niži kut odraza rezultira nižom putanjom centra mase iznad prepone i manjim gubitkom horizontalne brzine (Amara i sur., 2019; Čoh i sur., 2020). Kod ispitanica

su korelacije zamašne noge na prvoj preponi bile usmjerene primarno na vrijeme kontakta i kut u koljenu odrazne noge, dok kod ispitanika zahvaća širu kinematiku odraza. Kod unilateralnog skoka na zamašnoj nozi korelacije su također usmjerene na kut odraza: RSI ($r = -0,61$; $p = 0,02$), vrijeme leta ($r = -0,56$; $p = 0,03$), visina ($r = -0,54$; $p = 0,04$) i duljina skoka ($r = -0,59$; $p = 0,02$) negativno koreliraju s kutom odraza (Tablica 41). Holm i sur. (2008) su na uzorku muških timskih sportaša utvrdili da normalizirana udaljenost unilateralnog horizontalnog skoka značajno korelira sa sprinterskom izvedbom na dionicama od 5 do 25 m ($r =$ od $-0,44$ do $-0,65$). Koeficijenti utvrđeni u ovom istraživanju ($r =$ od $-0,52$ do $-0,66$) nalaze se u istom rasponu, što može biti posljedica specifičnosti preponskog trčanja koje postavlja veće zahtjeve za reaktivnom sposobnošću nego sprint. Skokovi s noge na nogu na prvoj preponi kod ispitanika ostvaruju korelacije primarno s kutom odraza i kutom u koljenu odrazne noge: visina ($r = -0,53$; $p = 0,04$), duljina skoka ($r = -0,57$; $p = 0,03$) i RSI ($r = -0,52$; $p = 0,04$) s kutom odraza, a frekvencija ($r = -0,63$; $p = 0,01$) i kut ($r = 0,54$; $p = 0,04$) s kutom u koljenu odrazne noge (Tablica 43). Za razliku od ispitanica, kod kojih su skokovi s noge na nogu na prvoj preponi ostvarivali najširi spektar korelacija u fazi odraza i bili dijagnostički najcjelovitiji test, kod ispitanika unilateralni skokovi pokazuju veću dijagnostičku vrijednost. Navedena razlika može se objasniti kinematičkim zahtjevima koje viša prepona postavlja pred pojedinačnu nogu: prelazak više prepone zahtijeva koncentriranu produkciju sile odraznom nogom u jednom kontaktu, čime se unilateralni skok pokazuje dijagnostički osjetljivijim testom (Čoh i Iskra, 2012). Na petoj preponi horizontalni skokovi kod ispitanika pojačavaju ulogu u fazi odraza. RSI skoka s noge na nogu značajno korelira s vremenom kontakta ($r = -0,63$; $p = 0,01$; Tablica 43), a duljina skoka ostvaruje visoku korelaciju s duljinom odraza do prepone ($r = 0,71$; $p = 0,003$). Kod odrazne noge na petoj preponi RSI ostvaruje najsnažniju korelaciju s vremenom kontakta odraza ($r = -0,76$; $p = 0,001$; Tablica 39), a vrijeme leta ($r = -0,72$; $p = 0,003$), visina ($r = -0,71$; $p = 0,003$) i kut koraka ($r = -0,73$; $p = 0,002$) također visoko koreliraju s istim parametrom. Kod zamašne noge na petoj preponi korelacije s vremenom kontakta odraza također se javljaju, ali s nešto nižim koeficijentima ($r =$ od $-0,55$ do $-0,58$; $p < 0,05$; Tablica 41). Negativne korelacije parametara horizontalnih skokova s vremenom kontakta odraza upućuju na to da ispitanici s većom reaktivnom sposobnošću u skoku ostvaruju kraći kontakt s podlogom u fazi odraza (Babić i sur., 2021), čime se smanjuje gubitak horizontalne brzine pri pretrčavanju prepone. Izraženija povezanost odrazne noge u odnosu na zamašnu nogu

funkcionalno je razumljiva s obzirom na to da odrazna noga predstavlja odraznu nogu u fazi odraza, pa se njezin reaktivni kapacitet izravno prenosi na učinkovitost odrazne faze.

U **fazi leta** iznad prve prepone vertikalni dubinski skok kod ispitanika ostvaruje izražen spektar značajnih korelacija. Visina odraza ($r = 0,73$; $p = 0,002$), brzina odraza ($r = 0,74$; $p = 0,002$), relativna vršna snaga ($r = 0,77$; $p = 0,001$) i RSI ($r = 0,82$; $p < 0,001$) značajno pozitivno koreliraju s horizontalnom brzinom iznad prepone, dok isti parametri negativno koreliraju s vertikalnom brzinom ($r =$ od $-0,61$ do $-0,65$; $p < 0,05$) i visinom CIP iznad prepone (RSI: $r = -0,72$; $p = 0,003$; relativna vršna snaga: $r = -0,55$; $p = 0,03$; Tablica 36). Ispitanici s višom reaktivnom i eksplozivnom sposobnošću u dubinskom skoku ostvaruju veću horizontalnu brzinu uz nižu vertikalnu brzinu i nižu putanju centra mase iznad prepone. Kod ispitanika vertikalna brzina u fazi leta ostvarila je najjače korelacije s rezultatom u disciplini 60 m prepone ($r = -0,82$; $p < 0,05$ na prvoj i $r = -0,87$; $p < 0,01$ na petoj preponi; Tablica 49). Ozaki i Ueda (2022) su eksperimentalno utvrdili da na nižim preponama kraće vrijeme drugog dijela leta i kraća duljina doskoka značajno koreliraju s bržim prelaskom. Sportaši koji na nižoj preponi generiraju nepotrebno visoku vertikalnu brzinu prelaze preponu s višom putanjom centra mase, što produljuje fazu leta i uzrokuje gubitak horizontalne brzine. Povezanost dubinskog skoka s nižom vertikalnom brzinom i nižom putanjom centra mase iznad prepone upućuje na to da reaktivna sposobnost mjerena dubinskim skokom omogućuje biomehanički učinkovitiji prelazak prepone s minimiziranom vertikalnom komponentom. Na petoj preponi korelacije dubinskog skoka s horizontalnom brzinom u fazi leta ostaju na istoj razini ili se blago pojačavaju: relativna vršna snaga ($r = 0,80$; $p < 0,001$) i RSI ($r = 0,82$; $p < 0,001$; Tablica 37). RSI dodatno značajno korelira s visinom CIP iznad prepone ($r = -0,63$; $p = 0,01$) i kutom zamašne noge ($r = 0,55$; $p = 0,03$). Za razliku od ispitanica, kod kojih dubinski skok na petoj preponi gubi povezanost s fazom leta, kod ispitanika dubinski skok zadržava funkcionalnu relevantnost u fazi leta na obje prepone. Viša prepona u muškoj disciplini zahtijeva kontinuiranu sposobnost generiranja vertikalnog impulsa i na stabiliziranoj brzini trčanja, dok kod ispitanica niža prepona smanjuje biomehaničke zahtjeve čime se vertikalni impuls prestaje biti diferencijalni čimbenik u stabiliziranoj fazi utrke (Hanley i sur., 2021; Bissas i sur., 2022).

Horizontalni skokovi u fazi leta na prvoj preponi kod ispitanika ostvaruju širi spektar korelacija nego kod ispitanica, pri čemu obje noge značajno zahvaćaju fazu leta već na prvoj preponi. Na prvoj preponi kod odrazne najizraženije korelacije utvrđene su za horizontalnu

brzinu RSI $r = 0,80$; vrijeme leta $r = 0,75$; visina $r = 0,74$; kut koraka $r = 0,71$; $p < 0,01$; Tablica 39). Prethodno istraživanje Babić i sur. (2021) utvrdilo je da kod muškog uzorka veća duljina unilateralnog horizontalnog skoka u kombinaciji s kraćim vremenom kontakta značajno povezani s boljim rezultatima sprinta. U ovom istraživanju navedeno nije potvrđeno za odraznu nogu, dok je za zamašnu nogu utvrđena povezanost duljine unilateralnog skoka s vertikalnom brzinom ($r = -0,61$). Iako kod zamašne noge obrazac je nešto manje izražen: vrijeme leta, visina, brzina i RSI pozitivno koreliraju s horizontalnom brzinom iznad prepone ($r =$ od $0,56$ do $0,59$; $p < 0,05$), a isti parametri negativno koreliraju s vertikalnom brzinom ($r =$ od $-0,57$ do $-0,62$; $p < 0,05$) i visinom centra mase iznad prepone (RSI: $r = -0,61$; $p = 0,02$; Tablica 41). Bissas i sur. (2022) su na finalu Svjetskog prvenstva utvrdili da atletičari - preponaši prelaze preponu sa značajno višom relativnom putanjom centra mase u odnosu na atletičarke - preponašice, što objašnjava zašto je kod ispitanika vertikalna komponenta izvedbe skoka funkcionalno povezana s kinematikom prelaska prepone. Viša prepona zahtijeva preciznu kontrolu vertikalnog pomaka centra mase, a odrazna noga neposredno generira impuls koji određuje putanju centra mase tijela tijekom leta (Čoh i Iskra, 2012). Skokovi s noge na nogu na prvoj preponi zahvaćaju fazu leta kroz korelaciju RSI-ja s horizontalnom brzinom ($r = 0,61$; $p = 0,02$) i visinom centra mase iznad prepone ($r = -0,73$; $p = 0,002$; Tablica 43). Na petoj preponi kod odrazne noge RSI ostvaruje korelaciju s horizontalnom brzinom od $r = 0,79$ ($p = 0,001$) i s visinom centra mase od $r = -0,60$ ($p = 0,01$; Tablica 39). Kod zamašne noge RSI ostvaruje naj snažniju korelaciju s horizontalnom brzinom od $r = 0,64$ (Tablica 41). Amara i sur. (2019) su utvrdili da horizontalna brzina centra mase tijela u fazi leta predstavlja najvažniji čimbenik izvedbe u disciplini 110 m prepone, objašnjavajući 30,61 % ukupne varijance u analizi glavnih komponenata. McDonald i Dapena (1991) su utvrdili da se horizontalna brzina smanjuje tijekom odraza i faze leta, čime njezino očuvanje postaje ključni čimbenik uspješnog pretrčavanja prepone. Utvrđene korelacije horizontalnih skokova s horizontalnom brzinom u fazi leta na obje prepone kod ispitanika potvrđuju da kapacitet horizontalne produkcije sile predstavlja funkcionalnu determinantu održavanja horizontalne brzine iznad prepone.

U **fazi doskoka** nakon prve prepone vertikalni dubinski skok kod ispitanika ostvaruje značajne korelacije koje kod ispitanica na prvoj preponi nisu bile prisutne. Visina odraza ($r = -0,62$; $p = 0,01$), brzina odraza ($r = -0,64$; $p = 0,01$), relativna vršna snaga ($r = -0,66$; $p = 0,01$) i RSI ($r = -0,69$; $p = 0,004$) značajno negativno koreliraju s vremenom kontakta u fazi doskoka (Tablica 36). Ispitanici koji u dubinskom skoku ostvaruju veću eksplozivnu i

reaktivnu sposobnost ostvaruju kraće kontakte s podlogom u fazi doskoka, što omogućuje brži prijelaz u sprint između prepona. Na petoj preponi korelacije dubinskog skoka s vremenom kontakta u fazi doskoka ostaju na istoj razini: visina odraza ($r = -0,68$; $p = 0,01$), brzina odraza ($r = -0,70$; $p = 0,004$), relativna vršna snaga ($r = -0,72$; $p = 0,002$) i RSI ($r = -0,72$; $p = 0,002$; Tablica 37). Dodatno, RSI na petoj preponi značajno negativno korelira s kutom slijetanja zamašnom nogom ($r = -0,54$; $p = 0,04$). Ispitanici s višim RSI-jem ostvaruju manji kut slijetanja zamašne noge, odnosno postavljaju nogu bliže vertikali pri kontaktu s podlogom, čime se smanjuje kočeća horizontalna komponenta sile i omogućuje brži prijelaz u fazu trčanja (McMahon i sur., 2017). Za razliku od ispitanica, kod kojih dubinski skok ostvaruje korelacije s fazom doskoka tek na petoj preponi, kod ispitanika je ta povezanost prisutna na obje prepone. Viša prepona zahtijeva veću apsorpciju sila pri doskoku, čime se sposobnost brze tranzicije iz ekscentrične u koncentričnu fazu, mjerena dubinskim skokom, pokazuje funkcionalno relevantnom kroz cijelu utrku. Nagahara i sur. (2021) su utvrdili da doskok nakon prepone karakterizira izraženo usporavanje uzrokovano visokim silama reakcije podloge koje premašuju 20 N/kg u vertikalnom smjeru. Amara i sur. (2019) su u regresijskom modelu utvrdili da vertikalna sila reakcije podloge pri odrazu i horizontalna brzina zamašne noge pri doskoku zajedno objašnjavaju 97,7 % varijance rezultata u disciplini 110 m prepone, čime potvrđuju ključnu ulogu doskočne faze u ukupnoj izvedbi. Shodno navedenom, vertikalni dubinski skok saskokom s povišenja simulira biomehaničke zahtjeve doskoka s prepone te omogućuje razvoj sposobnosti kraćeg kontakta stopala s podlogom, što je preduvjet za učinkovitu apsorpciju sila i brzi nastavak trčanja između prepona.

Horizontalni skokovi kod ispitanika u fazi doskoka na prvoj preponi ostvaruju višestruke korelacije na obje noge. Kod odrazne noge vrijeme leta ($r = -0,79$; $p = 0,001$), visina skoka ($r = -0,78$; $p = 0,001$), RSI ($r = -0,72$; $p = 0,002$) i kut koraka ($r = -0,71$; $p = 0,003$) negativno koreliraju s vremenom kontakta u fazi doskoka (Tablica 39). Kod zamašne noge utvrđen je širi spektar korelacija usmjeren i na vrijeme kontakta doskoka i na kut slijetanja zamašne noge: duljina skoka snažno korelira s kutom slijetanja ($r = -0,65$; $p = 0,01$), brzina i ukupno vrijeme izvedbe također koreliraju s istim parametrom ($r =$ od $-0,58$ do $0,59$; $p < 0,05$), a vrijeme leta, visina skoka, RSI i kut koraka koreliraju s vremenom kontakta doskoka ($r =$ od $-0,53$ do $-0,55$; $p < 0,05$; Tablica 41). Za razliku od ispitanica, kod kojih odrazna noga na prvoj preponi ostvaruje četiri, a zamašna tri značajne korelacije u fazi doskoka, kod ispitanika obje noge ostvaruju širi spektar korelacija (sedam kod odrazne i

devet kod zamašne noge), što ponovno odražava veće kinematičke zahtjeve koje viša prepona postavlja pred fazu doskoka. Čoh i sur. (2020) su na biomehaničkoj analizi prelaska prepone kod vrhunskih muških preponaša utvrdili da je kratko vrijeme kontakta u doskoku preduvjet za učinkovit prijelaz u sprint između prepona, a rezultati ovog istraživanja pokazuju da je ta sposobnost funkcionalno povezana s parametrima horizontalnih skokova na obje noge. Skokovi s noge na nogu na prvoj preponi zahvaćaju fazu doskoka kroz korelaciju RSI-ja s vremenom kontakta ($r = -0,52$; $p = 0,04$) i korelacije visine ($r = -0,52$; $p = 0,04$), duljine skoka ($r = -0,55$; $p = 0,04$) i RSI-ja ($r = -0,56$; $p = 0,03$) s kutom slijetanja zamašne noge (Tablica 43). Na petoj preponi kod odrazne noge RSI ($r = -0,71$; $p = 0,002$) zadržava korelaciju s vremenom kontakta. Kod zamašne noge na petoj preponi korelacije s vremenom kontakta u fazi doskoka ostaje značajna jedino varijabla RSI ($r = -0,52$ $p = 0,02$; Tablica 41). Brza izmjena ekscentrične i koncentrične kontrakcije omogućuje iskorištavanje elastične energije pohranjene u mišićno-tetivnom sustavu, čime ispitanici s većim reaktivnim kapacitetom skraćuju vrijeme kontakta u fazi doskoka (Flanagan i sur., 2025). Time se smanjuje kočenje horizontalne brzine i ubrzava prijelaz u sprint između prepona (McLean, 1994). Smanjenje broja značajnih korelacija zamašne noge u fazi doskoka na petoj preponi u odnosu na prvu može se objasniti stabilizacijom tehničkog obrasca u završnoj fazi discipline 60 m prepone, čime se smanjuje individualna varijabilnost doskoka i posljedično slabi povezanost s parametrima skoka. Izraženija povezanost odrazne noge u odnosu na zamašnu nogu funkcionalno je razumljiva s obzirom na to da kvaliteta odraza pred preponom determinira putanju leta i uvjete doskoka, čime se reaktivni kapacitet odrazne noge u testu skoka prenosi i na faze koje izvodi zamašna noga.

Usporedba obrazaca korelacija između spolova otkriva kako zajedničke tako i spolno specifične obrasce. Korelacije RSI-ja s vremenom kontakta utvrđene u ovom istraživanju kod oba spola ($r =$ od $-0,65$ do $-0,77$) konzistentno su više od onih koje su u sprintu bez prepona utvrdili Johansen i sur. (2025) kod ispitanica ($r = 0,59-0,67$) te Holm i sur. (2008) kod ispitanika ($r = -0,44 - -0,65$). Nagahara i sur. (2021) su utvrdili da preponaši u fazi doskoka moraju apsorbirati sile reakcije podloge koje premašuju 20 N/kg u vertikalnom smjeru, što zahtijeva neposrednu tranziciju iz ekscentrične u koncentričnu fazu. Vrijeme kontakta s podlogom u literaturi se povezuje s razinom ukočenosti donjeg ekstremiteta (eng. *leg stiffness*), što je indikator sposobnosti mišićno-tetivnog sustava da u vrlo kratkom vremenu apsorbira i regenerira silu (Douglas i sur., 2018). Navedena sposobnost potvrđena je kao jedan od ključnih biomehaničkih parametara uspješnosti u

sprinterskim disciplinama (Yamazaki i sur., 2022), a rezultati ovog istraživanja proširuju tu spoznaju na kontekst preponskog trčanja, gdje se zahtjevi za ekscentrično-koncentričnom tranzicijom pokazuju izraženijima. Kod oba spola najkonzistentnije korelacije utvrđene su između parametara horizontalnih skokova i vremena kontakta stopala s podlogom prije i nakon prepone te horizontalne brzine tijela iznad prepone, što su ključni kinematički indikatori efikasnosti u preponskom trčanju (Čoh i sur., 2020; Mansour i sur., 2024; Hanley i sur., 2021). Ključna spolna razlika utvrđena je u tipu horizontalnog skoka koji ostvaruje izraženije korelacije s kinematikom pretrčavanja prepone. Kod ispitanica su to horizontalni skokovi s noge na nogu, dok su kod ispitanika to unilateralni skokovi na odraznoj nozi, što se može objasniti time da viša prepona (91 cm) zahtijeva koncentriranu produkciju sile u jednom kontaktu, dok niža prepona (76 cm) omogućuje distribuciju opterećenja kroz ciklički obrazac izmjene nogu. Obrazac funkcionalne specijalizacije nogu utvrđen je kod oba spola, no s obrnutom distribucijom, što odražava individualne razlike u izboru odrazne i zamašne noge te potvrđuje da funkcionalna uloga svake noge, a ne anatomska strana, determinira obrazac korelacija s kinematikom prelaska prepone.

Dosadašnja istraživanja utvrdila su da vertikalni skokovi, osobito dubinski skok i skok s protupokretom, snažno povezani s fazom maksimalne brzine sprinta, dok su horizontalni skokovi, poput troskoka i unilateralnih skokova, češće povezani s izvedbom u početnim fazama sprinta, uključujući start i akceleraciju (Loturco i sur., 2015; Morin i Samozino, 2016; Jiménez-Reyes i sur., 2016). Ova podjela proizlazi iz biomehaničkih principa smjera dominacije sile: vertikalni skokovi dominantno aktiviraju sposobnost proizvodnje sile okomito na podlogu, što je presudno u fazi maksimalne brzine, dok horizontalni skokovi zahtijevaju veći doprinos sile u smjeru naprijed, što pogoduje razvoju ubrzanja. Međutim, rezultati ovog istraživanja ukazuju na to da se u kontekstu preponskog trčanja ovakva podjela ne može primijeniti u potpunosti, budući da tehnička izvedba zahtijeva preciznu kombinaciju vertikalne i horizontalne sile u različitim fazama kretanja. Vertikalni dubinski skok pokazao je značajne povezanosti s parametrima faze leta iznad prepone, uključujući visinu i brzinu, što potvrđuje njegovu vrijednost u očuvanju horizontalne brzine i optimalnog položaja tijela tijekom pretrčavanja prepone. S druge strane, unilateralni horizontalni skokovi i naizmjenični unilateralni horizontalni skokovi pokazali su značajne povezanosti s vremenom kontakta stopala prije i nakon prepone te horizontalnom brzinom tijela, što potvrđuje njihovu važnost u fazama odraza i doskoka,

kritičnim dijelovima ritmičkog i tehnički stabilnog pretrčavanja prepona (Rabita i sur., 2015; Šarabon i sur., 2022). Nalazi ovog istraživanja sugeriraju da vertikalni i horizontalni skokovi nisu međusobno isključivi, već komplementarni u dijagnostici i razvoju sposobnosti relevantnih za preponsko trčanje. Njihova integracija omogućuje cjelovitiji uvid u kapacitete ispitanika za generiranje sile, kontrolu putanje leta i održavanje ritma, što su ključni elementi uspješne izvedbe u ovoj atletskoj disciplini. Stoga, vertikalne i horizontalne skokove nužno je koristiti sinergijski, s ciljem preciznog profiliranja tehničko-biomehaničkih zahtjeva svakog pojedinca.

Uz korelacijsku analizu parametara skokova s kinematikom pretrčavanja prepone, analizirana je i povezanost kinematičkih parametara pretrčavanja prepone s ukupnim rezultatom u disciplini 60 m prepone (Tablice 48 i 49), koja otkriva spolno specifičan obrazac koji nadopunjuje nalaze regresijskih modela. S obzirom na to da su dosadašnja istraživanja kinematike pretrčavanja prepone pretežno provedena na standardnim seniorskim visinama u disciplinama 100 m i 110 m prepone (Mann i Herman, 1985; McDonald i Dapena, 1991; Hanley i sur., 2021; Bissas i sur., 2022), utvrđeni obrasci pružaju uvid u strukturu kinematičkih korelata rezultata na nižim visinama prepona koje se koriste u mlađim dobnim kategorijama. Kod **ispitanica** horizontalna brzina u fazi leta izdvojila se kao najsnažniji korelat rezultata na obje prepone ($r = -0,78$; $p = 0,01$ na prvoj i $r = -0,74$; $p = 0,01$ na petoj). Mann i Herman (1985) su na finalu 100 m prepone Olimpijskih igara 1984. utvrdili da je razlika u plasmanu izravno povezana s horizontalnom brzinom tijela, a neizravno s vertikalnom brzinom i vremenom kontakta. U ovom istraživanju neizravnu ulogu vertikalne brzine kod ispitanica nije potvrđena na prvoj preponi ($r = 0,31$), dok je na petoj bila umjereno značajna ($r = 0,55$; $p = 0,04$). Bissas i sur. (2022) su na finalu Svjetskog prvenstva 2017. korištenjem SPM analize utvrdili da ispitanice održavaju i čak premašuju ulaznu horizontalnu brzinu tijekom prvih 40 % faze pretrčavanja prepone, što ukazuje na to da je očuvanje horizontalne brzine ključni mehanizam uspješnosti kod ispitanica. Navedeno je konzistentno s nalazima ovog istraživanja u kojem horizontalna brzina dominira kao korelat rezultata kod ispitanica na obje prepone. Za razliku od regresijskih modela u kojima se horizontalna brzina izdvojila kao značajan prediktor u fazi leta na prvoj preponi ($\beta = -0,93$; $p = 0,01$), korelacijska analiza dodatno otkriva značajne povezanosti prostornih parametara na prvoj preponi, duljina odraza do prepone ($r = 0,56$; $p = 0,04$). González-Frutos i sur. (2020) su utvrdili da na prvoj preponi oba spola pokazuju drugačiju prostornu organizaciju

koraka u odnosu na ostale prepone, što objašnjava zašto prostorni parametri koreliraju s rezultatom upravo na toj preponi. Na petoj preponi značajne korelacije s rezultatom ostvarili su vrijeme kontakta u odrazu ($r = 0,63$; $p = 0,02$) i vrijeme kontakta u doskoku ($r = 0,66$; $p = 0,01$), čime se potvrđuje nalaz regresijskog modela prema kojem je faza doskoka na petoj preponi ključna determinanta rezultata kod ispitanica ($R^2 = 0,66$; $p = 0,03$).

Kod **ispitanika** vertikalna brzina u fazi leta ostvarila je najjače korelacije s rezultatom ($r = -0,82$; $p = 0,01$ na prvoj i $r = -0,87$; $p = 0,01$ na petoj preponi). Negativan predznak ukazuje na to da ispitanici s manjom vertikalnom brzinom iznad prepone ostvaruju bolji rezultat. Navedeni nalaz na prvi pogled proturječi očekivanjima jer se na standardnim visinama vertikalna brzina smatra nužnom za uspješan prelazak prepone. Međutim, Ozaki i Ueda (2022) su eksperimentalno manipulirali visinom prepone i utvrdili da na nižim preponama kraće vrijeme drugog dijela leta i kraća duljina doskoka značajno koreliraju s bržim prelaskom, dok su na višim preponama ključni duljina odraza i trajanje kontakta. Sportaši koji na nižoj preponi (91 cm) generiraju nepotrebno visoku vertikalnu brzinu prelaze preponu s višom parabolom leta, što produljuje fazu leta i uzrokuje gubitak horizontalne brzine. Kut zamašne noge u koljenu značajno je korelirao s rezultatom na obje prepone kod ispitanika ($r = 0,62$; $p = 0,04$ na prvoj i $r = 0,72$; $p = 0,01$ na petoj), a isti obrazac utvrđen je i za kut u koljenu zamašne noge u fazi doskoka ($r = 0,75$; $p = 0,01$ na prvoj i $r = 0,69$; $p = 0,01$ na petoj). Pozitivan predznak korelacija ukazuje na to da ispitanici s većim kutom koljena zamašne noge, odnosno više ekstendiranim koljenom, ostvaruju lošiji rezultat. Mansour i sur. (2024) su usporedbom specijalista preponaša i višebojaca utvrdili da specijalisti napadaju preponu sa značajno više flektiranim koljenom zamašne noge ($p = 0,001$) i ostvaruju nižu putanju centra mase tijela ($p = 0,003$), što je u izravnom skladu s nalazima ovoga istraživanja. Veća fleksija koljena zamašne noge smanjuje moment inercije donjeg ekstremiteta i omogućuje bržu rotaciju noge preko prepone (Salo, 2002), čime se skraćuje faza leta i smanjuje gubitak horizontalne brzine. U regresijskim modelima kut zamašne noge izdvojio se kao značajan prediktor samo na prvoj preponi ($\beta = 0,36$; $p = 0,02$), dok korelacijska analiza pokazuje da je navedena varijabla dosljedno značajna na obje prepone, čime se otkriva širi obrazac koji je u regresiji bio maskiran multikolinearnošću među varijablama faze leta.

Ključna razlika između spolova jest u tome što kod ispitanika tehničke varijable zamašne noge dosljedno koreliraju s rezultatom na obje prepone, dok kod ispitanica niti

jedna tehnička varijabla zamašne noge nije ostvarila značajnu korelaciju. Hanley i sur. (2021) su na Svjetskom prvenstvu utvrdili da ispitanice, zahvaljujući nižoj relativnoj visini prepone (~7 % nižoj u odnosu na tjelesnu visinu), ostvaruju efikasniju putanju leta s minimalnom vertikalnom oscilacijom centra mase tijela, što smanjuje tehničku zahtjevnost pretrčavanja prepona i time reducira varijabilnost tehničkih parametara među ispitanicama. U ovom istraživanju korištene su još niže prepone (76 cm kod ispitanica), čime se navedeni efekt dodatno pojačava i objašnjava izostanak značajnih korelacija tehničkih varijabli kod ispitanica. Horizontalna brzina kod ispitanika također je značajno korelirala s rezultatom ($r = 0,68$; $p < 0,05$ na prvoj i $r = 0,72$; $p < 0,01$ na petoj), no koeficijenti su niži od onih za vertikalnu brzinu, što je obrnuto u odnosu na ispitanice. Navedeni nalaz u skladu je s istraživanjem Hanleya i sur. (2022) koji su na uzorku vrhunskih preponaša i preponašica utvrdili da ispitanici, zbog više relativne visine prepone, pokazuju izraženije vertikalne oscilacije centra mase tijela te efekt savijanja koljena pri doskoku uzrokovan visokom vertikalnom brzinom, dok ispitanice ostvaruju ravnomjerniju putanju leta s boljim očuvanjem horizontalne brzine. Vrijeme kontakta u odrazu na petoj preponi ostvarilo je značajnu korelaciju s rezultatom kod oba spola (ispitanice: $r = 0,63$; $p < 0,05$; ispitanici: $r = 0,70$; $p < 0,01$), što je jedini parametar koji se pokazao konzistentno značajnim neovisno o spolu. Nagahara i sur. (2021) su na disciplini 60 m prepone utvrdili da doskok nakon prepone karakterizira izraženo usporavanje te da se brži ciklus pretrčavanja prepone postiže skraćivanjem trajanja kontakta pri doskoku nakon prepone. U regresijskim modelima vrijeme kontakta u odrazu na petoj preponi također se izdvojilo kao značajan prediktor kod oba spola (ispitanice: $\beta = 0,54$; $p = 0,03$; ispitanici: $\beta = 0,73$; $p = 0,01$ na prvoj preponi), čime se potvrđuje konvergencija nalaza korelacijske i regresijske analize za navedenu varijablu.

Shodno svemu navedenome, rezultati ovog istraživanja potvrđuju da kinematički parametri pretrčavanja prepona ostvaruju značajne korelacije s ukupnim rezultatom u disciplini 60 m prepone, a upravo ti isti parametri značajno koreliraju s parametrima vertikalnog dubinskog skoka i horizontalnih skokova, čime se uspostavlja funkcionalni lanac od motoričkih sposobnosti izraženih u testovima skokova preko kinematike pretrčavanja prepona do rezultatske uspješnosti. Navedeni lanac spolno je diferenciran. Kod ispitanica kinematički parametri koji najsnažnije koreliraju s rezultatom jesu vrijeme kontakta stopala s podlogom u fazama odraza i doskoka te horizontalna brzina tijekom faze leta, a upravo s

tim parametrima horizontalni skok s noge na nogu ostvaruje najviše i najšire korelacije. Kod ispitanika najsnažnije korelacije s rezultatom ostvaruju vertikalna komponenta brzine te kutovi odraza, zamašne noge iznad prepone i slijetanja, koji značajno koreliraju s unilateralnim horizontalnim skokovima i vertikalnim dubinskim skokom, pri čemu unilateralni skokovi zahvaćaju kutne parametre i horizontalnu brzinu, a dubinski skok vertikalnu komponentu brzine i visinom CIP iznad prepone. Stoga se odabir tipa skoka u dijagnostičkom i trenažnom procesu ne može temeljiti na univerzalnom pristupu, već mora biti uvjetovan spolom sportaša i specifičnim kinematičkim mehanizmom koji determinira rezultatsku uspješnost u pretrčavanju prepona, čime se otvara prostor za individualizirano programiranje treninga utemeljeno na empirijski utvrđenim obrascima povezanosti.

6. ZAKLJUČAK O TESTIRANJU POSTAVLJENIH HIPOTEZA

Ova disertacija bila je usmjerena na analizu kinematičkih čimbenika koji doprinose uspješnosti izvedbe u disciplini sprinta na 60 metara s preponama, s posebnim fokusom na odnos između različitih oblika skokova i učinkovitosti preponskog trčanja. Istraživanjem je obuhvaćena evaluacija eksplozivne snage donjih ekstremiteta, operacionalizirana kroz izvedbu vertikalnog dubinskog skoka te nekoliko varijanti horizontalnih skokova, kako bi se ispitaio njihov utjecaj na rezultatsku uspješnost u tehničkoj disciplini 60 m prepone. U skladu s definiranim istraživačkim ciljevima postavljene su četiri hipoteze, čiji se zaključci iznose u nastavku:

H1: Biomehanički parametri vertikalnog dubinskog skoka statistički značajno utječu na rezultat u disciplini 60 m prepone

Kinetički parametri vertikalnog dubinskog skoka u odnosu na rezultat u disciplini 60 m prepone analizirani su kod oba spola. U skupini ispitanica regresijski modeli nisu dosegli razinu statističke značajnosti, pri čemu su koeficijenti determinacije bili niski na svim kriterijima ($R^2 = 0,09 - 0,14$). Slično tome, kod ispitanika regresijski modeli nisu dosegli razinu statističke značajnosti, ali zabilježen je porast objašnjene varijance kriterijske varijable, od 14 % na prvoj preponi do 32 % na ukupnom rezultatu utrke na 60 m prepone. Premda se u modelu za ukupni rezultat faktor ekscentrično-koncentrične mehaničke efikasnosti izdvojio kao najsnažniji prediktor ($\beta = -0,59$; $p = 0,04$), cjelokupni model nije potvrdio stabilan i statistički značajan doprinos analiziranih varijabli. Dodatne analize ipak su ukazale na određene parcijalne kinetičke povezanosti. Kod ispitanica je u početnoj fazi utrke utvrđena umjerena povezanost prolaznog vremena na prvoj preponi s trajanjem koncentrične faze dubinskog skoka ($r = 0,56$). Kod ispitanika su u završnim fazama utrke zabilježene povezanosti prolaznog vremena na petoj preponi te ukupnog rezultata s indeksom reaktivne snage, pri čemu su korelacijski koeficijenti iznosili $r = -0,54$ za petu preponu te $r = -0,55$ za ukupni rezultat. Unatoč navedenim povezanostima, vertikalni dubinski skok ne može se smatrati ključnim prediktorom uspješnosti u preponskom sprintu. Iako bilateralni vertikalni dubinski skok ima značajnu ulogu u razvoju reaktivne snage i učinkovitosti ekscentrično-koncentričnog ciklusa, on u nedovoljnoj mjeri odražava biomehaničku i tehničku specifičnost preponskog trčanja. Shodno svemu navedenom, može se zaključiti kako analizirani rezultati odbacuju postavljenu hipotezu H1 prema kojoj biomehanički parametri vertikalnog dubinskog skoka statistički značajno utječu na

rezultatsku izvedbu trčanja na 60 m prepone. Takav utjecaj nije utvrđen niti kod jednog spola.

H2: Kinematički parametri horizontalnih skokova statistički značajno utječu na rezultat u disciplini 60 m prepone

Kinematički parametri horizontalnih skokova u odnosu na rezultat u disciplini 60 m prepone analizirani su kod oba spola. U skupini **ispitanica** statistički značajan utjecaj na rezultatsku uspješnost u disciplini 60 m prepone utvrđen je isključivo za horizontalne skokove s noge na nogu, pri čemu je model obuhvatio 45 % ukupne varijance rezultata u disciplini 60 m prepone. Faktor vremenske učinkovitosti izvedbe izdvojio se kao značajan prediktor ($\beta = -0,61$; $p = 0,02$), što ukazuje da kraće ukupno vrijeme izvođenja zadatka i skraćeno trajanje kontakta stopala s podlogom doprinose boljem rezultatu u preponskoj utrci. Negativan regresijski koeficijent upućuje na to da smanjenje vremena izvedbe horizontalnog skoka rezultira poboljšanjem ukupnog vremena utrke, čime se potvrđuje važnost brze realizacije motoričkog zadatka kao funkcionalno relevantnog čimbenika uspješnosti u preponskom sprintu. Unatoč tome što unilateralni horizontalni skokovi nisu pokazali statistički značajan prediktivni doprinos u regresijskim modelima, njihova važnost očituje se kroz utvrđene korelacijske odnose. Reaktivni indeks jakosti u unilateralnom horizontalnom skoku na desnoj nozi bio je značajno povezan s ukupnim rezultatom utrke ($r = -0,59$). Ovi nalazi upućuju na to da, iako unilateralni skokovi ne ostvaruju samostalan prediktivni učinak u modelu, pojedini njihovi kinematički parametri imaju relevantnu povezanost s vremenskim aspektima izvedbe preponskog trčanja.

U skupini **ispitanika** svi analizirani oblici horizontalnih skokova pokazali su značajan prediktivni potencijal za izvedbu preponskog trčanja. Unilateralni horizontalni skok na odraznoj nozi ostvario je koeficijent determinacije od $R^2 = 0,43$ za prolazno vrijeme na petoj preponi te $R^2 = 0,55$ za ukupni rezultat, pri čemu se faktor prostorno-vremenske izvedbe, koji integrira brzinu realizacije i ukupno trajanje motoričkog zadatka, izdvojio kao statistički značajan prediktor ($p < 0,05$). Kod unilateralnog skoka na zamašnoj nozi model je obuhvatio 41 % varijabilnosti kriterijske varijable, uz dominantan doprinos faktora vremenske učinkovitosti izvedbe ($\beta = -0,49$; $p = 0,05$). Usporediv stupanj determinacije utvrđen je i kod horizontalnog skoka s noge na nogu ($R^2 = 0,45$ za prolazno vrijeme na petoj

preponi; $R^2 = 0,43$ za ukupni rezultat), pri čemu je vremenska komponenta izvedbe ponovno imala ključnu prediktivnu ulogu. Rezultati ukazuju da su u horizontalnim skokovima za uspješnost u preponskom trčanju ključni parametri brzina izvođenja zadatka te skraćeno trajanje kontakta stopala s podlogom. Takav profil izvedbe odražava sposobnost brze produkcije horizontalne komponente sile u ograničenom vremenskom intervalu oslonca. Time se potvrđuje da učinkovit razvoj horizontalnog impulsa sile uz minimalno vrijeme kontakta predstavlja temeljni mehanizam transfera motoričkih sposobnosti iz horizontalnih skokova na izvedbu preponskog trčanja.

Ove razlike proizlaze iz spolno specifičnih kinematičkih i neuromuskularnih karakteristika te ukazuju na potrebu za individualiziranim, spolno diferenciranim pristupom u primjeni testova eksplozivne snage i kinematičkoj dijagnostici. Horizontalni skokovi, osobito oni koji kinematički oponašaju tehniku preponskog trčanja, mogu predstavljati relevantnu i korisnu mjeru u predikciji natjecateljske uspješnosti, pri čemu se kod ispitanica prioritet treba dati horizontalnim skokovima s noge na nogu, dok kod ispitanika svi oblici horizontalnih skokova pokazuju značajnu dijagnostičku vrijednost. Shodno svemu navedenom, može se zaključiti kako analizirani rezultati djelomično potvrđuju hipotezu H2 te ukazuju na to da kinematički parametri horizontalnih skokova statistički značajno utječu na izvedbu u disciplini 60 m prepone, ali taj utjecaj nije univerzalan i razlikuje se s obzirom na spol ispitanika i vrstu skoka.

H3: Kinematički parametri preponskog trčanja statistički značajno utječu na rezultat u disciplini 60 m prepone

Kinematički parametri preponskog trčanja u odnosu na rezultat u disciplini 60 m prepone analizirani su kod oba spola. U skupini **ispitanica** na prvoj preponi model koji opisuje fazu leta pokazao je najveću prediktivnu u disciplini 60 m prepone, pri čemu je obuhvaćao 71 % ukupne varijance. Važni kinematički parametar koji se istaknuo u modelu je horizontalna brzina ($\beta = -0,93$). Kod pete prepone ostvarila se značajniji utjecaj kinematičkih parametara na disciplinu 60 m prepone. Faza odraza predstavljala je značajni doprinos uz 63 % ukupne varijance te s vremenom kontakta kao ključnim prediktorom ($\beta = 0,54$). Model koji opisuje kinematičke karakteristike kretanja nakon pete prepone pokazao je najveći prediktivni značaj za natjecateljski rezultat, pri čemu je obuhvaćeno 66 % ukupne

varijance rezultata. Kao ključni pokazatelji uspješnosti izdvojili su se duljina doskoka ($\beta = -0,62$) i vrijeme kontakta stopala s podlogom ($\beta = 0,76$), što upućuje na važnost učinkovitog obrasca koraka u fazi doskoka nakon prepone. Kombinacija optimalnih prostorno-vremenskih karakteristika pritom omogućuje kontinuitet kretanja i stabilan prijelaz u završni dio utrke na 60 m prepone.

Nasuprot tome, kod **ispitanika** je uočena izraženija kinematička složenost preponske izvedbe, pri čemu su modeli vezani uz fazu leta i doskoka prve i fazu leta pete prepone imali značajan doprinos ukupnoj rezultatskoj uspješnosti u disciplini 60 m prepone. Model faze leta prve prepone obuhvatio je 88 % ukupne varijabilnosti rezultata, dok je doskok iznosio 59 % ukupne varijance. Model na petoj preponi objašnjavao 84 % varijance, pri čemu se horizontalna brzina izdvojila kao ključni prediktor u fazama leta i na prvoj i na petoj preponi ($p < 0,05$). Visoke vrijednosti standardiziranih regresijskih koeficijenata ($\beta = -1,21$ na prvoj te $\beta = -1,16$ na petoj preponi) potvrđuju dominantnu ulogu horizontalne brzine u objašnjenju rezultatske uspješnosti. Uz horizontalnu brzinu, na prvoj se preponi kao dodatni značajan prediktor izdvojio i kut zamašne noge u koljenu tijekom faze leta ($\beta = 0,36$), što naglašava važnost optimalnog položaja zamašne noge pri pretrčavanju prepone i održavanju kontinuiranog kretanja između prepona.

Shodno svemu navedenom, može se zaključiti kako rezultati istraživanja potvrđuju hipotezu H3 te ukazuju na statistički značajan utjecaj kinematičkih parametara preponskog trčanja na rezultatsku uspješnost u disciplini 60 metara prepone. Istodobno su utvrđene izražene razlike u kinematičkim obilježjima izvedbe s obzirom na spol ispitanika i fazu utrke, što upućuje na potrebu spolno specifičnog pristupa analizi preponskog trčanja.

H4: Kinematički parametri preponskog trčanja su statistički značajno povezani s biomehaničkim parametrima vertikalnog dubinskog skoka, kinematičkim parametrima horizontalnih skokova i rezultatom u disciplini 60 m prepone

Kinetički parametri **vertikalnog dubinskog skoka** pokazali su statistički značajne povezanosti s kinematičkim parametrima pretrčavanja prve i pete prepone kod oba spola. Kod **ispitanica** vertikalni dubinski skok ostvario je značajne povezanosti s kinematičkim parametrima pretrčavanja prepona koje se razlikuju ovisno o fazi utrke. Na prvoj preponi

povezanosti su utvrđene s prostornim pozicioniranjem odraza i očuvanjem horizontalne brzine u fazi leta ($r =$ od 0,56 do 0,62; $p < 0,05$), dok se na petoj preponi premještaju na sposobnost brze produkcije sile u kratkim kontaktima u fazama odraza i doskoka ($r =$ od -0,54 do -0,62; $p < 0,05$). Izostanak značajnih povezanosti u fazi leta na petoj preponi upućuje na to da na nižim preponama u stabiliziranoj fazi utrke sposobnost generiranja vertikalnog impulsa prestaje biti diferencijalni čimbenik uspješnosti kod ispitanica. Kod **ispitanika** vertikalni dubinski skok ostvario je značajne povezanosti sa svim fazama pretrčavanja prepone na obje prepone, pri čemu korelacije na prvoj preponi dosežu $r =$ od 0,54 do 0,82 ($p < 0,05$), a na petoj preponi se dodatno pojačavaju, osobito u fazama odraza i doskoka ($r =$ od -0,58 do 0,82; $p < 0,05$). Navedeno ukazuje na to da viša prepona kontinuirano zahtijeva sposobnost generiranja i kontrole vertikalnog impulsa kroz cijelu utrku, čime vertikalni dubinski skok kod ispitanika ima širu funkcionalnu relevantnost nego kod ispitanica.

Kod **ispitanica horizontalni skokovi** ostvarili su značajne povezanosti s kinematičkim parametrima pretrčavanja prepone, pri čemu su najizraženije i najkonzistentnije povezanosti utvrđene kod horizontalnog skoka s noge na nogu. Navedeni oblik skoka istovremeno zahvaća vremensku učinkovitost kontakta u fazama odraza i doskoka ($r =$ od -0,64 do -0,81; $p < 0,01$) i prostornu kontrolu preponskog koraka na obje prepone, čime se potvrđuje njegoa funkcionalna srodnost s motoričkim obrascem preponskog trčanja. Unilateralni horizontalni skok na odraznoj nozi ostvario je najsnažnije korelacije s horizontalnom brzinom u fazi leta na petoj preponi ($r =$ od 0,55 do 0,68; $p < 0,05$) te s vremenom kontakta u fazama odraza i doskoka ($r =$ od -0,53 do -0,65; $p < 0,05$), dok je unilateralni horizontalni skok na zamašnoj nozi ostvario povezanosti pretežno s vremenom kontakta u fazi odraza i doskoka ($r =$ od -0,54 do -0,74; $p < 0,05$) te s kutom u koljenu odrazne noge ($r = -0,74$; $p = 0,002$). Horizontalni skok s noge na nogu stoga predstavlja dijagnostički najcjelovitiji test za procjenu sposobnosti relevantnih za pretrčavanje prepona kod ispitanica jer u jednom motoričkom zadatku obuhvaća ključne kinematičke determinante njihove uspješnosti, a to su kratko vrijeme kontakta i očuvanje horizontalne brzine. S druge strane, kod **ispitanika** horizontalni skokovi ostvarili su širi spektar značajnih povezanosti, pri čemu su se unilateralni skokovi izdvojili kao dijagnostički osjetljiviji od skokova s noge na nogu. Unilateralni skokovi vrijeme kontakta i kutne parametre u fazama odraza i doskoka te horizontalnu brzinu u fazi leta. Odrazna noga ostvarila je najsnažnije korelacije s vremenom kontakta u fazi odraza i doskoka ($r =$ od -0,71

do $-0,79$; $p < 0,01$) i s horizontalnom brzinom u fazi leta ($r =$ od $+0,71$ do $+0,81$; $p < 0,01$). Zamašna noga ostvarila je nešto slabije korelacije s istim parametrima ($r =$ od $\pm 0,52$ do $\pm 0,66$; $p < 0,05$) uz dodatne povezanosti s duljinom od odraza do prepone i kutom slijetanja zamašne noge. RSI se kod ispitanika konzistentno pojavljuje kao značajna varijabla u svim oblicima horizontalnih skokova i na obje prepone, što potvrđuje da reaktivna sposobnost izražena kroz kratko vrijeme kontakta s podlogom predstavlja ključni mehanizam povezanosti horizontalnih skokova s kinematikom preponskog trčanja. Unilateralni horizontalni skokovi stoga predstavljaju dijagnostički najosjetljiviji test kod ispitanika jer odražavaju sposobnost učinkovite izvedbe unilateralnog odraza nogom u kratkom kontaktu stopala s tlom, što je preduvjet za kontrolu kutnih parametara i održavanje horizontalne brzine pri prelasku više prepone.

Analiza povezanosti kinematičkih parametara pretrčavanja prepone s rezultatskom uspješnošću u disciplini 60 m prepone kod ispitanica pokazala je da se značajniji odnosi javljaju na petoj u odnosu na prvu preponu. Na prvoj preponi statistički značajne povezanosti utvrđene su u fazi odraza, gdje se duljina udaljenosti od odraza do prepone izdvojila kao značajan parametar ($r = 0,56$; $p = 0,04$), te u fazi leta, gdje je horizontalna brzina pokazala snažnu negativnu povezanost s ukupnim rezultatom utrke ($r = -0,78$; $p = 0,01$). Na petoj preponi izraženije povezanosti zabilježene su u svim fazama pretrčavanja prepone. U fazi odraza vrijeme kontakta stopala s podlogom ostvarilo je značajnu pozitivnu korelaciju s rezultatom ($r = 0,63$; $p = 0,02$). U fazi leta horizontalna brzina ponovno se izdvojila kao jedan od ključnih čimbenika uspješnosti ($r = -0,74$; $p = 0,01$), uz dodatni doprinos vertikalne brzine ($r = 0,55$; $p = 0,04$). U fazi doskoka vrijeme kontakta stopala s podlogom ostvarilo je značajnu povezanost s rezultatom ($r = 0,66$; $p = 0,01$). Navedeno upućuje na to da kod ispitanica uspješnost primarno određuje očuvanje horizontalne brzine u fazi leta, dok na petoj preponi dodatnu ulogu preuzima i vremenska učinkovitost kontakta u fazama odraza i doskoka, što ukazuje na to da u stabiliziranoj fazi utrke brza tranzicija prije i nakon prepone postaje diferencijalni čimbenik rezultata. Kod ispitanika povezanosti kinematičkih parametara pretrčavanja prepona s ukupnim rezultatom u disciplini 60 m. prepone pokazalo je velik broj statistički značajnih odnosa na obje analizirane prepone. Na prvoj preponi značajne povezanosti utvrđene su u fazi odraza, gdje je kut odraza pokazao statistički značajan odnos s rezultatom ($r = 0,61$; $p = 0,02$). Najizraženiji odnosi zabilježeni su u fazi leta, pri čemu su horizontalna brzina ($r = 0,68$; $p = 0,01$), kut zamašne noge u koljenu te

osobito vertikalna brzina ($r = -0,82$; $p = 0,01$) pokazali snažnu povezanost s ukupnim rezultatom. U fazi doskoka kut u koljenu zamašne noge ostvario je značajnu pozitivnu korelaciju s rezultatom ($r = 0,75$; $p = 0,01$). Na petoj preponi povezanosti postaju još izraženije. U fazi odraza vrijeme kontakta stopala s podlogom ostvarilo je značajnu korelaciju s rezultatom ($r = 0,70$; $p = 0,01$). U fazi leta horizontalna brzina ($r = 0,72$; $p = 0,001$), kut zamašne noge u koljenu i vertikalna brzina ($r = -0,87$; $p = 0,01$) ponovno su se izdvojili kao značajni čimbenici. U fazi doskoka kut u koljenu zamašne noge ($r = 0,69$; $p = 0,01$) i kut slijetanja zamašne noge ($r = -0,63$; $p = 0,04$) upućuju na važnost učinkovite pripreme koraka nakon pretrčavanja prepone. Navedeno upućuje na to da kod ispitanika rezultatsku uspješnost na obje prepone naj snažnije determinira sposobnost minimiziranja vertikalne komponente brzine uz optimalan tehničko-kinematički obrazac zamašne noge, dok na petoj preponi dodatno raste uloga vremena kontakta u fazi odraza, čime se potvrđuje da s napredovanjem utrke reaktivna sposobnost postaje sve važnija za održavanje tehničke učinkovitosti pretrčavanja prepona.

Rezultati istraživanja potvrđuju hipotezu H4 te ukazuju na postojanje statistički značajne i višedimenzionalne povezanosti između biomehaničkih varijabli izvedbe vertikalnog dubinskog skoka, kinematičkih parametara horizontalnih skokova i kinematičkih parametara preponskog trčanja kod ispitanica i ispitanika, pri čemu su utvrđene razlike u obrascima povezanosti s obzirom na spol.

Zaključno

Dobiveni rezultati upućuju na to da vertikalni dubinski skok i horizontalni skokovi imaju različitu, ali komplementarnu ulogu u razumijevanju uspješnosti preponskog trčanja. Iako vertikalni dubinski skok nije pokazao izravnu prediktivnu vrijednost za ukupni rezultat utrke, njegova povezanost s kinematičkim parametrima pretrčavanja prepona ukazuje da taj motorički test reflektira sposobnosti relevantne za tehničku izvedbu pojedinih faza preponskog trčanja. Time se vertikalni dubinski skok može promatrati kao pokazatelj kvalitete produkcije sile i kontrole kretanja u fazama pretrčavanja prepone, bez izravnog prediktivnog doprinosa ukupnom rezultatu. S druge strane, od horizontalnih skokova posebno se ističu skokovi s noge na nogu, koji su kod oba spola pokazali prediktivna svojstva s izvedbom preponskog trčanja. Ovi skokovi predstavljaju motorički test visoke

funkcionalne srodnosti s preponskim trčanjem jer u sebi integriraju vremensku učinkovitost, koordinaciju i naizmjeničnu aktivaciju donjih ekstremiteta. Njihov utjecaj s prolaznim i ukupnim vremenom u disciplini 60 m prepone, kao i povezanost s kinematičkim parametrima odraza i doskoka, potvrđuje da sposobnosti izražene u ovom testu imaju značajan prijenos na izvedbu ključnih tehničkih faza preponskog trčanja. Shodno svemu navedenome, rezultati ukazuju da se uspješnost preponskog trčanja ne može objasniti jednim motoričkim ili kinematičkim pokazateljem, već proizlazi iz međudjelovanja vremenske učinkovitosti, tehničke kvalitete pretrčavanja prepone i specifičnih motoričkih sposobnosti. Horizontalni skokovi s noge na nogu pritom se nameću kao osobito vrijedan dijagnostički alat kod oba spola, dok vertikalni dubinski skok nadopunjuje procjenu kroz uvid u mehaničke i kinematičke aspekte izvedbe preponske tehnike. Dodatno, kod ispitanika unilateralni horizontalni skokovi predstavljaju dodatni dijagnostički alat s obzirom na utvrđenu prediktivnu vrijednost za rezultatsku uspješnost u disciplini 60 m prepone i značajne povezanosti s kinematikom pretrčavanja prepona.

7. ZNANSTVENI I PRAKTIČNI DOPRINOS ISTRAŽIVANJA, OGRANIČENJE ISTRAŽIVANJA I KORIŠTENIH METODA

Znanstveni doprinos ovog istraživanja očituje se u integriranom kinematičkom pristupu analizi preponskog trčanja, kojim su po prvi put sustavno povezani pokazatelji izvedbe vertikalnog dubinskog skoka i različitih varijanti horizontalnih skokova s kinematičkim parametrima pretrčavanja prepone te rezultatskom uspješnošću u disciplini 60 m prepone. Istraživanje je omogućilo kvantifikaciju odnosa između motoričkih sposobnosti eksplozivne snage donjih ekstremiteta i specifičnih kinematičkih obilježja pretrčavanja prepona, čime je proširen postojeći teorijski okvir koji je dosad dominantno bio usmjeren na linearnu sprintersku izvedbu bez prepona.

Ključni teorijski doprinos predstavlja utvrđivanje funkcionalnog lanca transfera motoričkih sposobnosti u rezultatsku uspješnost, pri čemu je pokazano da povezanost skokova s rezultatom preponskog trčanja se razlikuje s obzirom na spol i skok. Vertikalni dubinski skok ostvario je povezanost s kinematikom pretrčavanja prepone bez izravne prediktivne vrijednosti za rezultat, čime je definirana njegova uloga kao indikatora kinetičkog potencijala. S druge strane, horizontalni skokovi ostvarili i prediktivne vrijednosti s rezultatom izvedbom preponskog trčanja i povezanosti s kinematikom pretrčavanja prepona, čime se izdvajaju kao motorički testovi najveće funkcionalne srodnosti s preponskim trčanjem.

Dodatni doprinos predstavlja utvrđivanje spolno specifičnog tipa horizontalnog skoka s rezultatskom prediktivnošću. Kod preponašica skok s noge na nogu izdvojio se kao najjači prediktor rezultata, što odražava distribuirano opterećenje između nogu primjereno nižoj relativnoj visini prepone. Kod preponaša unilateralni horizontalni skok odraznom nogom ostvario je najveći prediktivni doprinos, što odražava potrebu za koncentriranom produkcijom sile u jednom kontaktu primjerenu višoj relativnoj visini prepone. Time se uspostavlja teorijska veza između relativne visine prepone i tipa motoričkog testa s dijagnostičkom valjanošću. Dodatno, ovo istraživanje predstavlja prvo sustavno empirijsko istraživanje funkcionalne asimetrije odrazne i zamašne noge u testovima horizontalnih skokova kod preponaša i preponašica. Utvrđeno je da odrazna i zamašna noga ostvaruju različite obrasce povezanosti s kinematikom pretrčavanja prepone, pri čemu odrazna noga zahvaća primarne kinematičke determinante pretrčavanja prepone, dok zamašna noga ostvaruje specifične povezanosti s prostornim parametrima. Time se u literaturu uvodi

spoznaja da se funkcionalna asimetrija nogu u preponskom trčanju može detektirati i kvantificirati u testovima horizontalnih skokova, što predstavlja polazište za buduća istraživanja koja bi taj nalaz potvrdila na većim uzorcima i različitim dobnim kategorijama.

Značajan znanstveni doprinos predstavlja i identifikacija spolno specifičnih kinematičkih mehanizama uspješnosti u preponskom trčanju. Kod preponaša je rezultatska uspješnost u većoj mjeri povezana s očuvanjem horizontalne brzine, odnosno fazi leta dok se kod preponašica značajniji utjecaj očituje u kinematičkim parametrima doskoka nakon prepone, osobito u završnom dijelu utrke. Ovi nalazi doprinose razvoju diferenciranih modela analize i interpretacije preponske izvedbe s obzirom na spol. Na taj način istraživanje daje doprinos preciznijem razumijevanju međudjelovanja motoričkih sposobnosti i kinematičke strukture preponskog kretanja te predstavlja temelj za daljnja istraživanja u području funkcionalne kinematike preponskih disciplina.

Praktične implikacije ovog istraživanja odnose se na unapređenje dijagnostičkih i trenažnih postupaka u preponskom trčanju. Nalaze ovog istraživanja moguće je interpretirati na način da je rezultatska uspješnost u disciplini trčanja na 60 m prepone uvjetovana različitim biomehaničkim mehanizmima s obzirom na spol ispitanika. Dobiveni rezultati ukazuju da se kod preponaša uspješnost izvedbe u većoj mjeri povezuje s očuvanjem horizontalne brzine tijekom faze leta iznad prepone, dok se kod preponašica značajniji utjecaj očituje u kinematičkim obilježjima doskoka i tranzicije nakon pretrčavanja prepone, osobito u završnom dijelu utrke. S obzirom na činjenicu da pojedine kinematičke varijable preponskog kretanja nije moguće izravno modificirati izoliranim tehničkim intervencijama, njihovo unapređenje moguće je ostvariti planiranjem trenažnog procesa usmjerenog na razvoj motoričkih sposobnosti koje omogućuju učinkovitiju realizaciju preponskog koraka.

Vertikalni dubinski skok nije potvrđen kao izravan prediktor rezultatske uspješnosti. Iako ovaj oblik skoka ne predstavlja izravan prediktor rezultatske uspješnosti, utvrđene povezanosti ukazuju da sposobnosti razvijene kroz dubinski skok doprinose optimizaciji strukture preponskog koraka:

- ekscentrično-koncentrična sposobnost razvijena kroz dubinski skok ima funkcionalnu ulogu u optimizaciji prijelaza iz amortizacije u odraz pri pretrčavanju prepone;
- razvoj kontrole vertikalne komponente sile i učinkovitosti amortizacijske faze predstavlja važan segment tehničke stabilnosti preponskog koraka;

- vertikalni pliometrijski sadržaji imaju komplementarnu, ali ne i dominantnu ulogu u strukturi pripreme.

Time se vertikalni dubinski skok pozicionira kao sredstvo unapređenja kvalitete kinematičke izvedbe pretrčavanja prepona kod oba spola, a ne kao sredstvo izravne rezultatske progresije.

Horizontalni skokovi, osobito ciklički skokovi s noge na nogu, pokazali su najizraženiju funkcionalni utjecaj na rezultatsku uspješnost pretrčavanja prepona kod oba spola, ali i na unaprijeđenje kvalitete kinematičke izvedbe pretrčavanja prepona. Sposobnost generiranja i održavanja horizontalno usmjerene sile kroz naizmjenične unilateralne odraze predstavlja temeljnu komponentu kondicijske pripreme preponaša i preponašica. Primjena horizontalnog skoka s noge na nogu stoga treba biti usmjerena na:

- razvoj horizontalnog impulsa sile u minimalnom vremenu oslonca;
- sustavno skraćivanje trajanja kontakta stopala s podlogom;
- povećanje brzine realizacije cikličkog pokreta uz očuvanje stabilne segmentne koordinacije i mehaničke učinkovitosti odraza.

Dodatno, kod preponaša posebnu pozornost potrebno je usmjeriti na razvoj brzog i snažnog odraza tijekom unilateralnog horizontalnog skoka uz minimalno zadržavanje na podlozi, budući da su upravo ovi parametri pokazali utjecaj s učinkovitošću pretrčavanja prepone i ukupnim rezultatom utrke. Pri tome obje noge potrebno je razvijati u skladu s njihovim funkcionalnim ulogama u disciplini: odrazna noga zahtijeva trening usmjeren na propulzivnu produkciju sile s naglaskom na duljinu i brzinu odraza, dok zamašna noga zahtijeva trening usmjeren na reaktivnu sposobnost s naglaskom na kratko vrijeme kontakta s podlogom. U dijagnostičkom i trenažnom procesu horizontalni pliometrijski zadaci mogu se koristiti za praćenje sposobnosti relevantnih za preponsko trčanje, budući da odražavaju vremensko-dinamičke zahtjeve discipline i njihovu povezanost s kinematikom pretrčavanja prepone. Razlika u kinematičkim parametrima skokova između odrazne i zamašne noge dodatno može poslužiti kao dijagnostički pokazatelj kvalitete funkcionalne specijalizacije te osnova za individualizirano programiranje trenažnih sadržaja.

Rezultati istraživanja dodatno ukazuju na postojanje spolno specifičnih kinematičkih obrazaca preponskog trčanja, što opravdava diferencirani pristup planiranju treninga:

- kod preponaša veći naglasak treba usmjeriti na održavanje horizontalne brzine i tehničku učinkovitost faze leta tijekom pretrčavanja prepone;
- kod preponašica posebnu pozornost potrebno je usmjeriti na učinkovitost doskoka i brzu tranziciju nakon prepone, osobito u završnom dijelu utrke.

Na temelju navedenog može se zaključiti da model trenažnog procesa koji proizlazi iz ovog istraživanja polazi od razvoja sposobnosti koje omogućuju minimalno narušavanje kontinuiteta kretanja tijekom pretrčavanja prepone, čime se osigurava učinkovit prijelaz između faza odraza, leta i doskoka te optimalna realizacija rezultatske uspješnosti u disciplini 60 m prepone.

Iako istraživanje predstavlja važan doprinos u području kinematike preponskog trčanja, potrebno je istaknuti određena **metodološka ograničenja**. Jedno od glavnih ograničenja odnosi se na relativno mali uzorak ispitanika (15 ispitanika i 14 ispitanica), što smanjuje mogućnost generalizacije dobivenih rezultata na širu populaciju sportaša. Dodatno, uzorak je bio heterogen s obzirom na dobnu kategoriju i razinu sportske zrelosti, budući da su ispitanici obuhvaćali raspon od mlađih juniora do seniora. Takva varijabilnost mogla je utjecati na razlike u motoričkoj zrelosti, trenažnom iskustvu i biomehaničkoj učinkovitosti. Standardizacija visine prepone prema kategoriji mlađih juniora, primijenjena radi sigurnosti i ujednačavanja uvjeta testiranja, predstavlja dodatno ograničenje. Iako je takva visina bila primjerena za mlađe ispitanike, kod seniora je mogla smanjiti zahtjevnost motoričkog zadatka te potencijalno utjecati na kinematičke obrasce kretanja i izraženost pojedinih kinematičkih parametara. Posljedično, razlike u razini izazovnosti zadatka mogle su utjecati na strukturu izvedbenih strategija unutar uzorka.

Zbog svega navedenog, preporučuje se da buduća istraživanja obuhvate veći, dobno i natjecateljski homogeniji uzorak te da visina prepone bude prilagođena standardima dobne i natjecateljske kategorije ispitanika, kako bi se dobiveni rezultati mogli interpretirati s većom preciznošću i vanjskom valjanošću.

8. LITERATURA

1. Abd El Gawad, M. M., i Ghareb, E. F. (2021). Kinematic analysis of maximum velocity phase in 100m hurdles: A case study. *International Journal of Sports Science and Arts*, 18(018), 133-148. <https://doi.org/10.21608/eijssa.2021.182107>
2. Agar-Newman, D. J., i Klimstra, M. D. (2015). Efficacy of horizontal jumping tasks as a method for talent identification of female rugby players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(3), 737-743. DOI: 10.1519/JSC.0000000000000683
3. Almonroeder, T. G., Kernozek, T., Cobb, S., Slavens, B., Wang, J., i Huddleston, W. (2018). Cognitive demands influence lower extremity mechanics during a drop vertical jump task in female athletes. *journal of orthopaedic & sports physical therapy*, 48(5), 381-387. <https://www.jospt.org/doi/10.2519/jospt.2018.7739>
4. Amara, S., Mkaouer, B., Chaabène, H., Negra, Y., Hammoudi-Riahi, S., i Ben-Salah, F. Z. (2017). Kinetic and kinematic analysis of hurdle clearance of an African and a world champion athlete: A comparative study. *South African Journal for Research in Sport, Physical Education and Recreation*, 39(2), 1–12. <https://hdl.handle.net/10520/EJC-98ba2cf71>
5. Babić, V. (2001). *Mogućnosti otkrivanja za sprint nadarenih djevojčica* (Magistarski rad, Sveučilište u Zagrebu Kineziološki fakultet).
6. Babić, V. i Čoh M. (2010). Karakteristike razvoja brzine i sprinterskog trčanja. In *Proceedings of the VIII International Scientific Conference "Fitness training of athletes"*. Croatian, Zagreb: Faculty of Kinesiology, University of Zagreb.
7. Babić, V. (2005). *Utjecaj motoričkih sposobnosti i morfoloških obilježja na sprintersko trčanje* (Doctoral dissertation, Sveučilište u Zagrebu Kineziološki fakultet).
8. Babić, V., Milinović, I., Čule, M., i Dolenc, A. (2021). Determining the Prognostic Validity of the Unilateral Horizontal Cyclic Jumps Test in Sprint Performance. *Applied Sciences*, 11(15), 7038. <https://doi.org/10.3390/app11157038>
9. Baković, M. (2016). *Biomehaničko vrjednovanje skokova: uloga lateralnosti, zamaha rukama, režima rada mišića i smjera kretanja* (Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Sveučilište u Zagrebu Kineziološki fakultet). <https://repositorij.kif.unizg.hr/object/kif:388/FILE0>
10. Ball, N. B., i Scurr, J. C. (2009). Bilateral neuromuscular and force differences during a plyometric task. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(5), 1433-1441. DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181a4e97f

11. Balsalobre-Fernández, C., Tejero-González, C. M., del Campo-Vecino, J., i Bavaresco, N. (2014). The concurrent validity and reliability of a low-cost, high-speed camera-based method for measuring the flight time of vertical jumps. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(2), 528–533. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318299a52e>
12. Banda, D. S., Beitzel, M. M., Kammerer, J. D., Salazar, I., i Lockie, R. G. (2019). Lower-body power relationships to linear speed, change-of-direction speed, and high-intensity running performance in DI collegiate women's basketball players. *Journal of human kinetics*, 68, 223. doi: 10.2478/hukin-2019-0067
13. Barr, M. J., i Nolte, V. W. (2011). Which measure of drop jump performance best predicts sprinting speed?. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(7), 1976-1982.
14. Bedini, R. (2016). Technical ability in the women's 100m hurdles. *New Studies in Athletics*, 31(3/4), 117-132.
15. Bezodis, I. N., Brazil, A., von Lieres und Wilkau, H. C., Wood, M. A., Paradisis, G. P., Hanley, B., ... i Bissas, A. (2019). World-class male sprinters and high hurdlers have similar start and initial acceleration techniques. *Frontiers in Sports and Active Living*, 1, 23. <https://doi.org/10.3389/fspor.2019.00023>
16. Bishop, C., Read, P., McCubbine, J., i Turner, A. (2021). Vertical and horizontal asymmetries are related to slower sprinting and jump performance in elite youth female soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 35(1), 56–63.
17. Bissas, A., Paradisis, G. P., Hanley, B., Merlino, S., i Walker, J. (2022). Kinematic and Temporal Differences Between World-Class Men's and Women's Hurdling Techniques. *Frontiers in sports and active living*, 4, 873547. <https://doi.org/10.3389/fspor.2022.873547>
18. Bobbert, M. F. (2001). Why do people jump the way they do?. *Exercise and sport sciences reviews*, 29(3), 95-102.
19. Bobbert, M. F., i Van Soest, A. J. (1994). Effects of muscle strengthening on vertical jump height: a simulation study. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 26(8), 1012-1020.
20. Bobbert, M. F., Gerritsen, K. G., Litjens, M. C., i Van Soest, A. J. (1996). Why is countermovement jump height greater than squat jump height?. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 28(11), 1402-1412. <https://doi.org/10.1097/00005768-199611000-00009>

21. Bobbert, M. F., Huijing, P. A., i Van Ingen Schenau, G. J. (1987). Drop jumping. I. The influence of jumping technique on the biomechanics of jumping. *Medicine and science in sports and exercise*, 19(4), 332-338. PMID: 3657481
22. Bogdanis, G. C., Tsoukos, A., Kaloheri, O., Terzis, G., Veligeas, P., i Brown, L. E. (2019). Comparison between unilateral and bilateral plyometric training on single-and double-leg jumping performance and strength. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 33(3), 633-640. DOI: 10.1519/JSC.0000000000001962
23. Bollschweiler, L. (2007). A biomechanical analysis of male and female intermediate hurdlers and steeplechasers. Brigham Young University.
24. Bosco, C., Komi, P. V., i Ito, A. (1981). Prestretch potentiation of human skeletal muscle during ballistic movement. *Acta Physiologica Scandinavica*, 111(2), 135-140.
25. Bubanj, R., Stankovi, R., Rakovi, A., Bubanj, S., Petrovi, V., i Mladenovi, D. (2008). Comparative biomechanical analysis of hurdle clearance techniques on 110 m running with hurdles of elite and non-elite athletes. *Serb. J. Sports Sci*, 2, 37-44.
26. Buchheit, M., Samozino, P., Glynn, J. A., Michael, B. S., Al Haddad, H., Mendez-Villanueva, A., i Morin, J. B. (2014). Mechanical determinants of acceleration and maximal sprinting speed in highly trained young soccer players. *Journal of sports sciences*, 32(20), 1906-1913. <https://doi.org/10.1080/02640414.2014.965191>
27. Chaouachi, A., Brughelli, M., Levin, G., Boudhina, N. B. B., Cronin, J., i Chamari, K. (2009). Anthropometric, physiological and performance characteristics of elite team-handball players. *Journal of sports sciences*, 27(2), 151-157. <https://doi.org/10.1080/02640410802448731>
28. Chappell, J. D., Yu, B., Kirkendall, D. T., i Garrett, W. E. (2002). A comparison of knee kinetics between male and female recreational athletes in stop-jump tasks. *The American journal of sports medicine*, 30(2), 261-267. <https://doi.org/10.1177/03635465020300021901>
29. Chu, D., i Korchemny, R. (1989). SPORTS PERFORMANCE SERIES: Sprinting stride actions: Analysis and evaluation. *Strength & Conditioning Journal*, 11(6), 6-9.
30. Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2. izd.). Lawrence Erlbaum Associates.
31. Ciacci, S., Nigro, F., i Bartolomei, S. (2024). A New Method for Evaluating the Reactive Strength Index in Track and Field Sprinting: Relationships with Muscle Architecture. *Applied Sciences*, 14(8), 3232. <https://doi.org/10.3390/app14083232>

32. Clark, K. P., i Weyand, P. G. (2014). Are running speeds maximized with simple-spring stance mechanics?. *Journal of applied physiology*, 117(6), 604-615. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00174.2014>
33. Čoh, M. (2003). Biomechanical analysis of Colin Jackson's hurdle clearance technique. *New Studies in Athletics*, 18(1), 37-45.
34. Čoh, M., i Iskra, J. (2012). Biomechanical studies of 110 m hurdle clearance technique. *Sport Science*, 5(1), 10-14.
35. Čoh, M., i Žvan, M. (2018). Kinematic and kinetic study of 110 m hurdle clearance technique. *Sport Science*, 10(2), 13-17.
36. Čoh, M., Bončina, N., Štuhec, S., i Maćkała, K. (2020). Comparative biomechanical analysis of the hurdle clearance technique of Colin Jackson and Dayron Robles: key studies. *Applied Sciences*, 10(9), 3302. <https://doi.org/10.3390/app10093302>
37. Čoh, M., Bubanj, S., Kreft, R., i Rautar, S. (2021). The relationship between horizontal and vertical plyometric jumps with sprint acceleration. *Facta Universitatis, Series: Physical Education and Sport*, 081-095. <https://doi.org/10.22190/FUPES210520012C>
38. Čoh, M., Milanović, D., i Kampmiller, T. (2001). Morphologic and kinematic characteristics of elite sprinters. *Collegium Antropologicum*, 25(2), 605–610.
39. Čoh, M., Jošt, B., i Škof, B. (2000). Kinematic and dynamic analysis of hurdle clearance technique. In *ISBS-Conference Proceedings Archive*.
40. Čoh, M., Žvan, M., i Jošt, B. (2004). Kinematical model of hurdle clearance technique. In *ISBS-Conference Proceedings Archive*.
41. Čoh, M., Žvan, M., Bončina, N., i Štuhec, S. (2019). Biomechanical model of hurdle clearance in 100m hurdle races: a case study. *Journal of Anthropology of Sport and Physical Education*, 3(4), 3-6. DOI 10.26773/jaspe.191001
42. Cormie, P., McGuigan, M. R., i Newton, R. U. (2011). Developing maximal neuromuscular power: Part 1—Biological basis of maximal power production. *Sports medicine*, 41(1), 17-38. <https://doi.org/10.2165/11537690-000000000-00000>
43. Dapena, J. (1991). Hurdle clearance technique. *Track and Field. Quart. Rev.*, 116 (3), 710-712.
44. Dayson, G. (1973). *The Mechanics of Athletics*. London: University of London Press, pp. 115-116.

45. Din, B. M., Din, R. M., Shafqat, M., Tabassum, Y., i Ali, S. (2020). A performance analysis about running sequence on male and female 60m hurdles. *Indian Journal of Science and Technology*, 13(15), 1607-1611. [https://doi.org/ 10.17485/IJST/v13i15.244](https://doi.org/10.17485/IJST/v13i15.244)
46. Doherty, C., Bleakley, C., Hertel, J., Sweeney, K., Caulfield, B., Ryan, J., i Delahunt, E. (2014). Lower extremity coordination and symmetry patterns during a drop vertical jump task following acute ankle sprain. *Human movement science*, 38, 34-46. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2014.08.002>
47. Douglas, J., Pearson, S., Ross, A., i McGuigan, M. (2018). Kinetic determinants of reactive strength in highly trained sprint athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(6), 1562–1570. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002245>
48. Erdmann, W. S. (2003). Picture methods in study of technique in sport. *Problems of biomechanics in sport-technique of movement*. AWF, Warszawa, 19-40.
49. Fain, A. C., Seymore, K. D., Lobb, N. J., i Brown, T. N. (2021). Lower-limb biomechanics differ between sexes during maximal loaded countermovement jumps. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 35(2), 325-331. DOI: 10.1519/JSC.0000000000003889
50. Flanagan, E. P., Comyns, T. M., Harrison, A. J., i Brady, C. J. (2025). Reactive Strength Ability Is Associated with Late-Phase Sprint Acceleration and Ground Contact Time in Field Sport Athletes. *Applied Sciences*, 15(12), 6910. <https://doi.org/10.3390/app15126910>
51. Flanagan, E. P., Ebben, W. P., i Jensen, R. L. (2008). Reliability of the reactive strength index and time to stabilization during depth jumps. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(5), 1677-1682.
52. Gambelata, V. (1991). Essential considerations for the development of a teaching model for the 100 metres sprint.
53. Glazier, P., i Irwin, G. (2001). Validity of stride length estimates obtained from Optojump. In *ISBS-Conference Proceedings Archive*. <https://ojs.ub.uni-konstanz.de/cpa/article/view/3785>
54. Gogia, P. P., i Braatz, J. H. (1986). Validity and reliability of leg length measurements. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 8(4), 185-188. <https://www.jospt.org/doi/10.2519/jospt.1986.8.4.185>
55. Gonzalo-Skok, O., Moreno-Azze, A., Arjol-Serrano, J. L., Tous-Fajardo, J., i Bishop, C. (2019). A comparison of 3 different unilateral strength training strategies to enhance

- jumping performance and decrease interlimb asymmetries in soccer players. *International journal of sports physiology and performance*, 14(9), 1256-1264. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-0920>
56. González-Frutos, P., Veiga, S., Mallo, J., i Navarro, E. (2019). Spatiotemporal comparisons between elite and high-level 60 m hurdlers. *Frontiers in Psychology*, 10, 2525. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.02525>
 57. González-Frutos, P., Veiga, S., Mallo, J., i Navarro, E. (2020). Evolution of the hurdle-unit kinematic parameters in the 60 m indoor hurdle race. *Applied Sciences*, 10(21), 7807. <https://doi.org/10.3390/app10217807>
 58. Gordon, S. A., Fredman, L., Orwig, D. L., i Alley, D. E. (2013). Comparison of methods to measure height in older adults. *Journal of the American Geriatrics Society*, 61(12), 2244. <https://doi.org/10.1111/jgs.12572>
 59. Habibi, A., Shabani, M., Rahimi, E., Fatemi, R., Najafi, A., Analoei, H., i Hosseini, M. (2010). Relationship between jump test results and acceleration phase of sprint performance in national and regional 100m sprinters. *Journal of Human Kinetics*, 23(1), 29-35. DOI 10.2478/v10078-010-0004-7
 60. Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., i Anderson, R. E. (2019). *Multivariate Data Analysis* (8th ed.). Cengage Learning.
 61. Hall, S. J. (2014). *Basic Biomechanics* (7. izd.). McGraw-Hill
 62. Han, J., Pei, J., i Tong, H. (2022). *Data mining: concepts and techniques*. Morgan kaufmann. (5-10)
 63. Hanley, B., Walker, J., Paradisis, G. P., Merlino, S., i Bissas, A. (2021). Biomechanics of world-class men and women hurdlers. *Frontiers in Sports and Active Living*, 3, 704308. <https://doi.org/10.3389/fspor.2021.704308>
 64. Harris, N. K., Cronin, J. B., Hopkins, W. G., & Hansen, K. T. (2008). Relationship between sprint times and the strength/power outputs of a machine squat jump. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(3), 691-698. DOI: 10.1519/JSC.0b013e31816d8d80
 65. Healy, R., Smyth, C., Kenny, I. C., i Harrison, A. J. (2019). Influence of reactive and maximum strength indicators on sprint performance. *The journal of strength & conditioning research*, 33(11), 3039-3048 DOI: 10.1519/JSC.0000000000002635

66. Hennessy, L., i Kilty, J. A. M. E. S. (2001). Relationship of the stretch-shortening cycle to sprint performance in trained female athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 15(3), 326-331.
67. Holm, D. J., Stålbom, M., Keogh, J. W., i Cronin, J. (2008). Relationship between the kinetics and kinematics of a unilateral horizontal drop jump to sprint performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(5), 1589-1596. DOI: 10.1519/JSC.0b013e318181a297
68. Hopkins WG. A scale of magnitudes for effect statistics. A new view of statistics. Published online 2002. www.sportsci.org/resource/stats/effectmag.html.
69. Hudgins, B., Scharfenberg, J., Triplett, N. T., i McBride, J. M. (2013). Relationship between jumping ability and running performance in events of varying distance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(3), 563-567. DOI: 10.1519/JSC.0b013e31827e136f
70. Hunter, J. P., Marshall, R. N., i McNair, P. J. (2004). Interaction of step length and step rate during sprint running. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(2), 261–271. DOI: 10.1249/01.MSS.0000113664.15777.53
71. Hunter, J. P., Marshall, R. N., i McNair, P. J. (2005). Relationships between ground reaction force impulse and kinematics of sprint-running acceleration. *Journal of applied biomechanics*, 21(1), 31-43. <https://doi.org/10.1123/jab.21.1.31>
72. Iacono, A. D., Martone, D., Milic, M., i Padulo, J. (2017). Vertical-vs. horizontal-oriented drop jump training: chronic effects on explosive performances of elite handball players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 31(4), 921-931. DOI: 10.1519/JSC.0000000000001555
73. Isaacs, L. D. (1998). Comparison of the vertec and just jump systems for measuring height of vertical jump by young children. *Perceptual and motor skills*, 86(2), 659-663. <https://doi.org/10.2466/pms.1998.86.2.659>
74. Iskra, J., i Čoh, M. (2006). A review of biomechanical studies in hurdle races. *Kinesiologia Slovenica*, 1, 84-102.
75. Iwasaki, R., Shinkai, H., Nunome, H., i Ito, N. (2022). Kinematic factors associated with hitting hurdles during the initial phase of a 110-m hurdle race. *Journal of Human Kinetics*, 83(1), 5-12. <https://doi.org/10.2478/hukin-2022-0048>

76. Jabeen, S., Shah, M. M., i Singh, S. (2023). One of the fascinating events in track and field: Hurdles. *International Journal of Yoga, Physiotherapy and Physical Education*, 8(1), 51-53. <https://www.sportsjournal.in>
77. Jamaluddin, S., Sulaiman, A. R., Kamarul Imran, M., Juhara, H., Ezane, M. A., i Nordin, S. (2011). Reliability and accuracy of the tape measurement method with a nearest reading of 5 mm in the assessment of leg length discrepancy. *Singapore medical journal*, 52(9), 681.
78. Jarvis, P., Turner, A., Read, P., i Bishop, C. (2022). Reactive strength index and its associations with measures of physical and sports performance: A systematic review with meta-analysis. *Sports medicine*, 52(2), 301-330.
79. Jayathunga, J. A. L. N., i Chandana, A. W. S. (2022). Biomechanical model and kinematic analysis of hurdle clearance flight phase: a review. *International Journal of Research in Engineering and Innovation*, 38-47. <https://doi.org/10.36037/IJREI.2022.6104>
80. Jiménez-Reyes, P., Samozino, P., Brughelli, M., i Morin, J. B. (2017). Effectiveness of an individualized training based on force-velocity profiling during jumping. *Frontiers in physiology*, 7, 677. <https://doi.org/10.3389/fphys.2016.00677>
81. Johansen, B., Van den Tillaar, R., i Neville, J. (2025). Relationships between horizontal jump kinematics and sprint performance in female sprinters and team sport athletes. *Frontiers in Sports and Active Living*, 7, 1640223. <https://doi.org/10.3389/fspor.2025.1640223>
82. Johansen, H. D., i Van den Tillaar, R. (2024). Analysis of kinematics during sprint running and different types of horizontal jumps in female sprinters. *International Society of Biomechanics in Sports (ISBS) Proceedings Archive*, 42(1), 401–404. <https://commons.nmu.edu/isbs/vol42/iss1/78>
83. Jouira, G., Alexe, D. I., Tohănean, D. I., Alexe, C. I., Tomozei, R. A., i Sahli, S. (2024). The relationship between dynamic balance, jumping ability, and agility with 100 m sprinting performance in athletes with intellectual disabilities. *Sports*, 12(2), 58. <https://doi.org/10.3390/sports12020058>
84. Kale, M., Asçi, A., Bayrak, C., i Açıkada, C. (2009). Relationships among jumping performances and sprint parameters during maximum speed phase in sprinters. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(8), 2272-2279. DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181b3e182

85. Kampmiller T, Slamka M, i Vanderka M. Comparative biomechanical analysis of 110 m hurdles of Igor Kova and Peter Nedelicky. *Kinesiologia Slovenica*. 1999; 1-2: 26-30.
86. Kariyama, Y., i Zushi, K. (2016). Relationships between lower-limb joint kinetic parameters of sprint running and rebound jump during the support phases. *The Journal of Physical Fitness and Sports Medicine*, 5(2), 187-193. <https://doi.org/10.7600/jpfsm.5.187>
87. Klavora, P. (2000). Vertical-jump tests: A critical review. *Strength & Conditioning Journal*, 22(5), 70.
88. Kleeberger, A., Agar-Newman, D., Tsai, M. C., i Klimstra, M. (2024). The Relationship Between Horizontal Jumping and Sprinting Ability Across Sexes in Young Active Adults. *Biomechanics*, 4(4), 711-719. <https://doi.org/10.3390/biomechanics4040051>
89. Komi, P. V. (2003). Stretch-shortening cycle: A powerful model to study normal and fatigued muscle. *Journal of Biomechanics*, 36(8), 1197-1206.
90. Kotsifaki, A., Korakakis, V., Graham-Smith, P., Sideris, V., i Whiteley, R. (2021). Vertical and horizontal hop performance: contributions of the hip, knee, and ankle. *Sports health*, 13(2), 128-135. <https://doi.org/10.1177/1941738120976363>
91. Kurtoğlu, A., Eken, Ö., Çiftçi, R., Çar, B., Dönmez, E., Kılıçarslan, S., ... i Mahmoud, N. F. (2024). The role of morphometric characteristics in predicting 20-meter sprint performance through machine learning. *Scientific Reports*, 14(1), 16593. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-67405-y>
92. Lee, J. H. (2004). The kinematic analysis of the hurdling of men's 110m hurdle. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 14(1), 83–98. <https://doi.org/10.5103/KJSB.2004.14.1.083>
93. Lee, J. C., i Cheng, K. B. (2008). Effect of shoulder strength on the flight distance in the standing long jump. In *ISBS-Conference Proceedings Archive*
94. Lee, J. T. (2009). Kinematic analysis of hurdling of elite 110m hurdlers. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 19(4), 761-770
95. Lee, M. M., Song, C. H., Lee, K. J., Jung, S. W., Shin, D. C., i Shin, S. H. (2014). Concurrent validity and test-retest reliability of the OPTOGait photoelectric cell system for the assessment of spatio-temporal parameters of the gait of young adults. *Journal of physical therapy science*, 26(1), 81-85. <https://doi.org/10.1589/jpts.26.81>
96. Lem, H. W., Cheng, S. C., Chang, H. Y., Hung, M. H., i Yeh, W. L. (2022). Single leg drop jump performance identifies functional deficit in collegiate athletes who have

- returned to sports after ACL reconstruction: A case control study. *Medicine*, 101(49), e31790. DOI: 10.1097/MD.00000000000031790
97. Li, J., i Fu, D. (2000). The kinematic analysis on the transition technique between run and hurdle clearance of 110m hurdles. In ISBS-Conference Proceedings Archive.
 98. Li, X., Zhou, J., Li, N., i Wang, J. (2011). Comparative biomechanics analysis of hurdle clearance techniques. *Portuguese Journal of Sport Science*, 11(2), 307-309.
 99. Liiu, Y. (2008). A Kinesiological Analysis of the Hurdling Techniques of China's 110 m Hurdlers Liu Xiang and Shi Dongpeng. Shanxi University 2008 Master's Degree Thesis.
 100. Lim, Y. Y., Sterzing, T., Teo, C. J., Alonzo, R., Pan, J. W., Teng, P. S., i Kong, P. W. (2020). Between-limb asymmetry in kinetic and temporal characteristics during bilateral plyometric drop jumps from different heights. *Journal of Sports Sciences*, 38(14), 1605-1614. <https://doi.org/10.1080/02640414.2020.1752535>
 101. Lin, J., Shen, J., Zhang, J., Zhou, A., i Guo, W. (2023). Correlations between horizontal jump and sprint acceleration and maximal speed performance: a systematic review and meta-analysis. *PeerJ*, 11, e14650. <https://doi.org/10.7717/peerj.14650>
 102. Lockie, R. G., Callaghan, S. J., Berry, S. P., Cooke, E. R., Jordan, C. A., Luczo, T. M., i Jeffriess, M. D. (2014). Relationship between unilateral jumping ability and asymmetry on multidirectional speed in team-sport athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(12), 3557-3566. DOI: 10.1519/JSC.0000000000000588
 103. López del Amo, J., Rodríguez, M., Hill, D., i González, J. (2018). Analysis of the start to the first hurdle in 110 m hurdles at the IAAF World Athletics Championships Beijing 2015. *Journal of Human Sport and Exercise*, 13(3), in press. doi:<https://doi.org/10.14198/jhse.2018.133.03>
 104. López, J. L., Padullés, J. M., i Olsson, H. J. (2011). Biomechanical analysis and functional assessment of D. Robles, world record holder and Olympic champion in 110 m hurdles. In JP. Vilas-Boas, L. Machado, W. Kim, AP. Veloso, F. Alves, RJ. Fernandes, & F. Conceicao (Eds.), XXIIIth International Symposium on Biomechanics in Sports (pp. 315-318). Porto, Portugal: ISBS.
 105. Loturco, I., Contreras, B., Kobal, R., Fernandes, V., Moura, N., Siqueira, F., ... i Pereira, L. A. (2018). Vertically and horizontally directed muscle power exercises: Relationships with top-level sprint performance. *PloS one*, 13(7), e0201475. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0201475>

106. Loturco, I., Fernandes, V., Boulosa, D. A., Siqueira, F., Nakaya, K., Carraco, D., ... i McGuigan, M. R. (2021). Correlations between jump measures and competitive performance remain stable over time in top-level sprinters. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 61(9), 1202-1207. <https://doi.org/10.23736/s0022-4707.20.11685-2>
107. Loturco, I., Pereira, L. A., Abad, C. C. C., D'Angelo, R. A., Fernandes, V., Kitamura, K., ... i Nakamura, F. Y. (2015). Vertical and horizontal jump tests are strongly associated with competitive performance in 100-m dash events. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(7), 1966-1971. DOI: 10.1519/JSC.0000000000000849
108. Louder, T., Thompson, B. J., i Bressel, E. (2021). Association and agreement between reactive strength index and reactive strength index-modified scores. *Sports*, 9(7), 97. <https://doi.org/10.3390/sports9070097>
109. Lundin, P. (1985). Plyometrics: A review of plyometric training. *Strength & Conditioning Journal*, 7(3), 69-76.
110. Maćkała, K., Fostiak, M., i Kowalski, K. (2015). Selected determinants of acceleration in the 100m sprint. *Journal of human kinetics*, 45, 135. <https://doi.org/10.1515/hukin-2015-0014>
111. Maćkała, K., Fostiak, M., Schweyen, B., Osik, T., i Coch, M. (2019). Acute Effects of a Speed Training Program on Sprinting Step Kinematics and Performance. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(17), 3138. <https://doi.org/10.3390/ijerph16173138>
112. Maćkała, K., Stodółka, J., Siemiński, A., i Čoh, M. (2013). Biomechanical analysis of standing long jump from varying starting positions. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(10), 2674-2684. DOI: 10.1519/JSC.0b013e31825fce65
113. MacKay, J. (2011). *Track and Field*. Greenhaven Publishing LLC.
114. Madruga-Parera, M., Bishop, C., Fort-Vanmeerhaeghe, A., Beltran-Valls, M. R., Gonzalo-Skok, O., i Romero-Rodríguez, D. (2020). Interlimb asymmetries in youth tennis players: Relationships with performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 34(10), 2815–2823. DOI: 10.1519/JSC.00000000000003152
115. Mann, R., i Herman, J. (1985). Kinematic analysis of Olympic hurdle performance: Women's 100 meters. *International Journal of Sport Biomechanics*, 1(2), 163–173. <https://doi.org/10.1123/ijsb.1.2.163>

116. Mansour, H., Chaifa, M. B., Atta, I. I., Alhumaid, M. M., i Said, M. A. (2024). Efficiency factors in 110-metre hurdle clearance techniques: kinematics among specialist hurdlers and decathletes. *Human Movement*, 25(1), 84-96. <https://doi.org/10.5114/hm.2024.136058>
117. Marković, G., i Mikulić, P. (2010). Neuro-musculoskeletal and performance adaptations to lower-extremity plyometric training. *Sports Medicine*, 40(10), 859–895. <https://doi.org/10.2165/11536340-000000000-00000>
118. Marković, G., Dizdar, D., Jukić, I., i Cardinale, M. (2004). Reliability and factorial validity of squat and countermovement jump tests. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(3), 551-555.
119. Marshall, B. M., i Moran, K. A. (2013). Which drop jump technique is most effective at enhancing countermovement jump ability, “countermovement” drop jump or “bounce” drop jump?. *Journal of sports sciences*, 31(12), 1368-1374. <https://doi.org/10.1080/02640414.2013.789921>
120. Maulder, P., i Cronin, J. (2005). Horizontal and vertical jump assessment: reliability, symmetry, discriminative and predictive ability. *Physical Therapy in Sport*, 6(2), 74–82. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2005.01.001>
121. McCurdy, K. W., Walker, J. L., Langford, G. A., Kutz, M. R., Guerrero, J. M., i McMillan, J. (2010). The relationship between kinematic determinants of jump and sprint performance in division I women soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(12), 3200-3208. DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181fb3f94
122. McDonald, C., i Dapena, J. (1991). Linear kinematics of the men's 110-m and women's 100-m hurdles races. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 23(12), 1382–1391. <https://doi.org/10.1249/00005768-199112000-00016>
123. McFarlane, B. (2000). *The science of hurdling and speed*. Athletics Canada.
124. McLean, B. (1994). The biomechanics of hurdling: Force plate analysis to assess hurdling technique. U *Proceedings of the 12th International Symposium on Biomechanics in Sports* (str. 333–335). ISBS.
125. McMahan, J. J., Rej, S. J., i Comfort, P. (2017). Sex differences in countermovement jump phase characteristics. *Sports*, 5(1), 8. <https://doi.org/10.3390/sports5010008>
126. Mendez-Villanueva, A., Buchheit, M., Kuitunen, S., Douglas, A., Peltola, E. S. A., i Bourdon, P. (2011). Age-related differences in acceleration, maximum running speed,

- and repeated-sprint performance in young soccer players. *Journal of sports sciences*, 29(5), 477-484. <https://doi.org/10.1080/02640414.2010.536248>
127. Mero, A. (1988). Force-Time Characteristics and Running Velocity of Male Sprinters during the Acceleration Phase of Sprinting. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 59(2), 94–98. <https://doi.org/10.1080/02701367.1988.10605484>
128. Mero, A., Komi, P. V., i Gregor, R. J. (1992). Biomechanics of sprint running: A review. *Sports medicine*, 13, 376-392. <https://doi.org/10.2165/00007256-199213060-00002>
129. Meylan, C., McMaster, T., Cronin, J., Mohammad, N. I., Rogers, C., i deKlerk, M. (2009). Single-leg lateral, horizontal, and vertical jump assessment: reliability, interrelationships, and ability to predict sprint and change-of-direction performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(4), 1140–1147.
130. Meylan, C. M., Nosaka, K., Green, J., i Cronin, J. B. (2010). Temporal and kinetic analysis of unilateral jumping in the vertical, horizontal, and lateral directions. *Journal of sports sciences*, 28(5), 545-554. <https://doi.org/10.1080/02640411003628048>
131. Microgate. (n.d.). OptoJump Next User Manual (Version 1,13) [User manual]. Microgate. Preuzeto: 15.7.2025., sa: <https://training.microgate.it/sites/default/files/manuali/optojump/Manual-EN.pdf>
132. Miller, A. E. J., MacDougall, J. D., Tarnopolsky, M. A., i Sale, D. G. (1993). Gender differences in strength and muscle fiber characteristics. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 66(3), 254-262. <https://doi.org/10.1007/BF00235103>
133. Miller, R., Balshaw, T. G., Massey, G. J., Maeo, S., Lanza, M. B., Haug, B., ... i Folland, J. P. (2022). The muscle morphology of elite female sprint running. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 54(12), 2138. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002999>
134. Mladineo Brničević, M. (2019). *Utjecaj kinematičkih parametara na rezultat u trčanju na 60 m prepone kod kadeta* (Doctoral dissertation, University of Split. Faculty of Kinesiology). <https://repositorij.kifst.unist.hr/object/kifst:228/FILE0>
135. Moresi, M. P., Bradshaw, E. J., Greene, D., i Naughton, G. (2011). The assessment of adolescent female athletes using standing and reactive long jumps. *Sports Biomechanics*, 10(02), 73-84. <https://doi.org/10.1080/14763141.2011.569564>

136. Morin, J. B., i Samozino, P. (2016). Interpreting power-force-velocity profiles for individualized and specific training. *International journal of sports physiology and performance*, 11(2), 267-272. <https://doi.org/10.1123/ijspp.2015-0638>
137. Morin, J. B., Bourdin, M., Edouard, P., Peyrot, N., Samozino, P., i Lacour, J. R. (2012). Mechanical determinants of 100-m sprint running performance. *Eur J Appl Physiol*, 112(11), 3921-3930. doi:10.1007/s00421-012-2379-8
138. Nagahara, R., Mizutani, M., Matsuo, A., Kanehisa, H., i Fukunaga, T. (2018). Association of sprint performance with ground reaction forces during acceleration and maximal speed phases in a single sprint. *Journal of applied biomechanics*, 34(2), 104-110. <https://doi.org/10.1123/jab.2016-0356>
139. Nagahara, R., Wakamiya, M., Shinohara, Y., i Nagano, A. (2021). Ground reaction forces during sprint hurdles. *Journal of Sports Sciences*, 39(23), 2706–2715. <https://doi.org/10.1080/02640414.2021.1954325>
140. Nesser, T. W., Latin, R. W., Berg, K., i Prentice, E. (1996). Physiological determinants of 40-meter sprint performance in young male athletes. *journal of Strength and Conditioning Research*, 10(4), 263–267.
141. Ozaki, Y., i Ueda, T. (2022). Do different hurdle heights alter important spatiotemporal variables in hurdle clearance?. *Frontiers in Sports and Active Living*, 4, 822592. <https://doi.org/10.3389/fspor.2022.822592>
142. Ozaki, Y., i Ueda, T. (2024). The relationship between take-off parameters and relative vertical momentum of free limbs at the take-off in hurdle clearance. *Journal of Human Kinetics*, 93, 41–52. <https://doi.org/10.5114/jhk/176106>
143. Panteli, F., Smirniotou, A., i Theodorou, A. (2020). Kinematic parameters of hurdle clearance motion in young, novice athletes. *ISBS Proceedings Archive*, 38(1), 292.
144. Pappas, E., Hagins, M., Sheikhzadeh, A., Nordin, M., i Rose, D. (2007). Biomechanical differences between unilateral and bilateral landings from a jump: Gender differences. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 17(4), 263–268. <https://doi.org/10.1097/JSM.0b013e31811f415b>
145. Park, Y. J., Ryu, J. K., Ryu, J. S., Kim, T. S., Hwang, W. S., Park, S. K., i Yoon, S. (2011). Kinematic analysis of hurdle clearance technique for 110-m men's hurdlers at IAAF world championships, Daegue 2011. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 21(5), 529-540.

146. Pfile, K. R., Hart, J. M., Herman, D. C., Hertel, J., Kerrigan, D. C., i Ingersoll, C. D. (2013). Different exercise training interventions and drop-landing biomechanics in high school female athletes. *Journal of athletic training*, 48(4), 450-462. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-48.4.06>
147. Pleša, J., Kozinc, Ž., i Šarabon, N. (2021). The association between force-velocity relationship in countermovement jump and sprint with approach jump, linear acceleration and change of direction ability in volleyball players. *Frontiers in physiology*, 12, 763711. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2019.10.002>
148. Poon, S., i Kuitunen, S. (2010). Race pattern of 60-m hurdles in world-class sprint hurdlers: A biomechanical analysis of World Indoor Championships 2010. In R. Jensen, W. Ebben, E. Petushek, C. Richter, & K. Roemer (Eds.), *Proceedings of the 28th International Conference in Sports Biomechanics* (pp. 728–729). Marquette, MI: I.S.B.S.
149. Pueo, B., Penichet-Tomas, A., i Jimenez-Olmedo, J. M. (2020). Validity, reliability and usefulness of smartphone and Kinovea motion analysis software for direct measurement of vertical jump height. *Physiology & Behavior*, 227, 113144. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2020.113144>
150. Pupo, J. D., Detanico, D., i dos Santos, S. G. (2012). Kinetic parameters as determinants of vertical jump performance. *Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano*, 14(1), 41–51. <https://doi.org/10.5007/1980-0037.2012v14n1p41>
151. Quercetani, R. (2000). *Athletics: a history of modern track and field athletics (1860-2000): men and women*. SEP.
152. Rabita, G., Dorel, S., Slawinski, J., Sàez-de-Villarreal, E., Couturier, A., Samozino, P., i Morin, J. B. (2015). Sprint mechanics in world-class athletes: a new insight into the limits of human locomotion. *Scand J Med Sci Sports*, 25(5), 583-594. doi:10.1111/sms.12389
153. Rimmer, E., i Sleivert, G. (2000). Effects of a plyometrics intervention program on sprint performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 14(3), 295-301.
154. Roso-Moliner, A., Lozano, D., Nobari, H., Bishop, C., Carton-Llorente, A., i Mainer-Pardos, E. (2023). Horizontal jump asymmetries are associated with reduced range of motion and vertical jump performance in female soccer players. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 15(1), 80. <https://doi.org/10.1186/s13102-023-00697-1>

155. Salo, A. (2002). Technical changes in hurdle clearances at the beginning of 110m hurdle event - A pilot study. In KE. Gianikellis (Eds.), XXth International Symposium on Biomechanics in Sports (pp. 84-87). Cáceres, Spain: ISBS.
156. Salo, A. I., i Scarborough, S. (2006). Athletics: Changes in technique within a sprint hurdle run. *Sports Biomechanics*, 5(2), 155-166.
157. Salo, A., Grimshaw, P. N., i Marar, L. (1997). 3-D biomechanical analysis of sprint hurdles at different competitive levels. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29(2), 231–237. <https://doi.org/10.1097/00005768-199702000-00011>
158. Sandbakk, Ø., Solli, G. S., i Holmberg, H. C. (2018). Sex differences in world-record performance: the influence of sport discipline and competition duration. *International journal of sports physiology and performance*, 13(1), 2-8. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2017-0196>
159. Sayers, S. P., Harackiewicz, D. V., Harman, E. A., Frykman, P. N., i Rosenstein, M. T. (1999). Cross-validation of three jump power equations. *Medicine and science in sports and exercise*, 31(4), 572-577.
160. Seki, K., Kikuchi, S., Okamura, K., Kageyama, A., i Paradisis, G. (2025). Intraindividual effects of take-off distance on hurdling and interval running in sprint hurdles. *Biomechanics*, 5(1), 13. <https://doi.org/10.3390/biomechanics5010013>
161. Schiffer, J. (2012). The 400 m Hurdles. *New Studies in Athletics*, 27(1/2), 9-24.
162. Schluter, W. (1981). Kinematische merkmale der 110-m hurdenteknik. *Leistungssport*, 2, 118-127.
163. Schmidtbleicher, D. (1992). Training for power events. Strength and Power in Sport/Blackwell Scientific Publications.
164. Setuain, I., Bikandi, E., Amú Ruiz, F. A., Urtasun, F., i Izquierdo, M. (2019). Horizontal jumping biomechanics among elite female handball players with and without anterior cruciate ligament reconstruction: An ISU based study. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 11, 1-9. <https://doi.org/10.1186/s13102-019-0142-8>
165. Sharp, A., Neville, J., Nagahara, R., Wada, T., i Cronin, J. (2025). Using Multiple-Hop Assessments and Reactive Strength Indices to Differentiate Sprinting Performance in Sportsmen. *Applied Sciences*, 15(4), 1685. <https://doi.org/10.3390/app15041685>
166. Shibayama, K., Fujii, N., Takenaka, S., Tanigawa, S., i Ae, M. (2011). A case study on ground reaction forces in sprint hurdles. *Portuguese Journal of Sport Science*, 11(2), 559-562.

167. Schuster, D., i Jones, P. A. (2016). Relationships between unilateral horizontal and vertical drop jumps and 20 m sprint performance. *Physical Therapy in Sport*, 21, 20–25. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2016.02.007>
168. Sidhu, A. S. (2016). Three-dimensional kinematic analysis of hurdle clearance technique. *Global Journal for Research Analysis*, 4(5), 4-6.
169. Simpson, J. D., Miller, B. L., O'Neal, E. K., Chander, H., i Knight, A. C. (2018). Ground reaction forces during a drop vertical jump: Impact of external load training. *Human movement science*, 59, 12-19. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2018.03.011>
170. Smirniotou, A., Katsikas, C., Paradisis, G., Argeitaki, P., Zacharogiannis, E., i Tziortzis, S. (2008). Strength-power parameters as predictors of sprinting performance. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 48(4), 447.
171. Southey, B., Willshire, M., Connick, M. J., Austin, D., Spits, D., i Beckman, E. (2024). Reactive strength index as a key performance indicator in different athlete populations— a systematic review. *Science & Sports*, 39(2), 129-143. <https://doi.org/10.1016/j.scispo.2023.01.004>
172. Stavridis, I., Smilios, I., Tsopanidou, A., Economou, T., i Paradisis, G. (2019). Differences in the force velocity mechanical profile and the effectiveness of force application during sprint-acceleration between sprinters and hurdlers. *Frontiers in Sports and Active Living*, 1, 26. <https://doi.org/10.3389/fspor.2019.00026>
173. Stein, N. (2000). Reflections on a change in the height of the hurdles in the women's sprint hurdles event. *New studies in athletics*, 15(2), 15-20.
174. Stewart, A., Marfell-Jones, M., Olds, T., i de Ridder, H. (2011). *International standards for anthropometric assessment*. International Society for the Advancement of Kinanthropometry.
175. Stone, M. H., Moir, G., Glaister, M., i Sanders, R. (2002). How much strength is necessary?. *Physical Therapy in Sport*, 3(2), 88-96. <https://doi.org/10.1054/ptsp.2001.0102>
176. Thakare, V.A. (2023). *Track and field*. Ashok Yakkaldevi.
177. Tidow, G. (1991). Model technique analysis sheets for the hurdles. Part VII: High hurdles. *New Studies in Athletics*, 6(2), 51-66.
178. Tsiokanos, A., Tsaopoulos, D., Giavroglou, A., i Tsarouchas, E. (2017). Race pattern of Women's 100-m hurdles: time analysis of Olympic hurdle performance. *International Journal of Kinesiology and Sports Science*, 5(3), 56-64.

179. Verhoshanski, Y. (1966). Perspectives in the improvement of speed-strength preparation of jumpers. *Track and Field*, 9, 11-12.
180. Walker, J., Pollitt, L., Paradisis, G. P., Bezodis, I., Bissas, A., i Merlino, S. (2019). Biomechanical report for the IAAF world indoor championships 2018: 60 metres hurdles men. International Association of Athletics Federations: Birmingham, UK. <https://doi.org/10.3389/fspor.2019.00023>
181. Walsh, M., Arampatzis, A., Schade, F., i Brüggemann, G. P. (2004). The effect of drop jump starting height and contact time on power, work performed, and moment of force. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 18(3), 561-566.
182. Washif, J. A., i Kok, L. Y. (2022). Relationships between vertical jump metrics and sprint performance, and qualities that distinguish between faster and slower sprinters. *Journal of Science in Sport and Exercise*, 4(2), 135-144. <https://doi.org/10.1007/s42978-021-00122-4>
183. Webster, F. I. (1929). *Athletic up to date*. Frederick Warner and co., London.
184. Weinhandl, J. T., Irmischer, B. S., i Sievert, Z. A. (2015). Sex differences in unilateral landing mechanics from absolute and relative heights. *The Knee*, 22(4), 298-303. <https://doi.org/10.1016/j.knee.2015.03.012>
185. Weinhandl, J. T., Joshi, M., i O'Connor, K. M. (2010). Gender comparisons between unilateral and bilateral landings. *Journal of applied biomechanics*, 26(4), 444-453. <https://doi.org/10.1123/jab.26.4.444>
186. Weyand, P. G., Sternlight, D. B., Bellizzi, M. J., i Wright, S. (2000). Faster top running speeds are achieved with greater ground forces not more rapid leg movements. *Journal of applied physiology*, 89(5), 1991-1999. <https://doi.org/10.1152/jappl.2000.89.5.1991>
187. Wild, J., Bezodis, N. E., Blagrove, R. C., i Bezodis, I. N. (2011). A biomechanical comparison of accelerative and maximum velocity sprinting: Specific strength training considerations. *Professional Strength and Conditioning*, 21, 23-37.
188. Wilkerson, J.D. (1997). Biomechanics. In J.D. Massengale, & R.A. Swanson (Eds.), *The history of exercise and sport sciences* (pp. 321-366). Champaign: Human Kinetics.
189. Yamazaki, K., Inoue, K., i Miyamoto, N. (2022). Passive and active muscle elasticity of medial gastrocnemius is related to performance in sprinters. *European journal of applied physiology*, 1-11. <https://doi.org/10.1007/s00421-021-04848-5>
190. Young, W. (1995). Laboratory strength assessment of athletes. *New studies in athletics*, 10, 89-89.

191. Zatsiorsky, V. M. (1966). Science and practice of strength training. Human Kinetics.
192. Zhang, W., Chen, X., Xu, K., Xie, H., Li, D., Ding, S., i Sun, J. (2023). Effect of unilateral training and bilateral training on physical performance: A meta-analysis. *Frontiers in physiology*, *14*, 1128250. <https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1128250>
193. Zhou, H., Yu, P., Thirupathi, A., i Liang, M. (2020). How to improve the standing long jump performance? A mininarrative review. *Applied Bionics and Biomechanics*, *2020*(1), 8829036. <https://doi.org/10.1155/2020/8829036>

9. ŽIVOTOPIS AUTORA S POPISOM LITERATURE

Paula Matijašević (Konopka) rođena je 16. svibnja 1994. godine. Osnovnu školu i Srednju tehničku školu završila je u Slavonskom Brodu. Preddiplomski sveučilišni studij kineziologije na Kineziološkom fakultetu Sveučilišta u Splitu završila je 2016. godine, stekavši akademski naziv prvostupnice kineziologije (univ. bacc. cin.), a diplomski sveučilišni studij 2018. godine, stekavši akademski naziv magistre kineziologije (mag. cin.). Na oba je studija nagrađena dekanovom pohvalnicom kao jedna od pet najboljih studenata u generaciji. Stručni ispit za zvanje učitelja tjelesne i zdravstvene kulture položila je 2020. godine. Od 2021. godine studentica je poslijediplomskoga doktorskog studija kineziologije.

Tijekom dugogodišnje sportske karijere aktivno se bavila atletikom kao članica Atletskog kluba Marsonia te bila reprezentativka Republike Hrvatske u disciplinama trčanja, s nastupima na europskim i svjetskim natjecanjima. Juniorska je državna prvakinja u trčanju na 5000 m i kategorizirana sportašica, a višestruko je proglašavana najboljom sportašicom Brodsko-posavske županije i grada Slavenskoga Broda.

U svom je profesionalnom radu obnašala niz stručnih i nastavnih uloga - kao atletska trenerica, voditeljica sportsko-rekreativnih i univerzalnih sportskih programa za djecu, mlade i odrasle te vanjska suradnica na Kineziološkom fakultetu u Zagrebu na kolegijima iz područja atletike. Od travnja 2024. godine zaposlena je kao asistentica na Kineziološkom fakultetu Sveučilišta u Splitu. Aktivno sudjeluje na domaćim i međunarodnim znanstvenim i stručnim konferencijama, a autorica je i koautorica više znanstvenih radova objavljenih u međunarodnim časopisima.

POPIS OBJAVLJENIH RADOVA

1. Žuvela, F., Matijašević, P., & Kuvačić, G. (2026). Influence of Motor Abilities on Throwing Performance Across Motor Learning Stages in Physically Active Female Athletes. *Acta Kinesiologica*, 20(2), 27–33. <https://doi.org/10.51371/issn.1840-2976.643>
2. Rajković Vuletić, P., Gilić Škugor, B., Pavlinović, V., Matijašević, P., & Sekulić, D. (2026). Effects of a Physical-Literacy-Based Educational Intervention on Physical

Activity and Body Composition in Preadolescent Children: A School-Based Controlled Trial. *Sports*, 14(2), 77–95. <https://doi.org/10.3390/sports14020077>

3. Matijašević, P., Maleš, J., Cikojević, L., Žuvela, F., & Kuvačić, G. (2025). Development and Validation of a Running Drill Test Battery to Predict 5 m and 20 m Sprint Performance. *International Journal of Exercise Science*, 18(8), 1269–1285. <https://doi.org/10.70252/lyke8231>
4. Matijašević, P., & Rajković Vuletić, P. (2025). Relationship between injuries and motivation in recreational runners. *Journal of Kinesiology and Exercise Sciences*, 35(110), 33–39. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0054.8525>
5. Žuvela, F., Škorić, J., & Matijašević, P. (2025). Influence of different strength and power dimensions on success in throwing disciplines. *Human Movement*, 26(3), 79–88. <https://doi.org/10.5114/hm/203540>
6. Žuvela, F., Matijašević, P., & Penjak, A. (2025). The Impact of Sedentary Behavior and Organized Physical Activities on the Development of Fundamental Motor Skills in Eight-Year-Old Children: Application of the TGMD-2 Test. *International Journal of Active & Healthy Aging*, 3(1), 51–55. <https://doi.org/10.5281/zenodo.15714718>
7. Rajković Vuletić, P., Matijašević, P., & Pavlinović, V. (2025). Is the PAQ-C a Valid Measurement Tool for Evaluating Physical Activity Levels in Rural Children? Cross-Sectional Study in Southern Croatia. *Sport Mont*, 23(1), 85–91. <https://doi.org/10.26773/smj.250213>
8. Branilović, L., Žuvela, F., & Matijašević, P. (2025). Impact of individual disciplines on the overall performance in athletics combined events. *Journal of Kinesiology and Exercise Sciences*, 35(112). <https://doi.org/10.5604/01.3001.0055.4413>
9. Gilić Škugor, B., Rajković Vuletić, P., & Matijašević, P. (2025). Gender variations in physical literacy and objectively and subjectively measured physical activity: cross-sectional study in elementary school students. *Kinesiologia Slovenica*, 31(3), 67–83. <https://doi.org/10.52165/kinsi.31.3.67-83>
10. Matijašević, P., Matijašević, B., & Žuvela, F. (2024). Perfectionism among young athletes. *Journal of Physical Education and Sport*, 24(12), 2187–2194. <https://doi.org/10.7752/jpes.2024.12318>

11. Žuvela, F., Mastelić, M., Jelaska, G., Matijašević, P., & Maleš, J. (2024). Predictors of Efficiency in Throwing Disciplines: Insights from 35 Elite Coaches. *Applied Sciences*, 14(24), 11837–11848. <https://doi.org/10.3390/app142411837>
12. Matijašević, P., Vukašinović, A., & Matijašević, B. (2023). Experiences and Attitudes of Parents about Children's Free Time at Children's Sports Playgrounds. *Sport Mont*, 21(3), 51–56. <https://doi.org/10.26773/smj.231008>
13. Blažević, I., Matijašević, B., & Matijašević, P. (2021). The relationship between physical activity and subjective well-being in university students. *Sport Science*, 15(2), 111–117.