



Sveučilište u Zagrebu

KINEZIOLOŠKI FAKULTET

Vedran Dukarić

**DOBNE I SPOLNE RAZLIKE U KINETIČKIM
I KINEMATIČKIM PARAMETRIMA
SKAKAČKE I SPRINTERSKE IZVEDBE
KOD DJECE DOBI SEDAM DO DESET
GODINA**

DOKTORSKI RAD

Zagreb, 2026.



University of Zagreb

FACULTY OF KINESIOLOGY

Vedran Dukarić

**AGE AND GENDER DIFFERENCES IN
KINETIC AND KINEMATIC PARAMETERS
OF JUMP AND SPRINT PERFORMANCE IN
CHILDREN AGED SEVEN TO TEN YEARS**

DOCTORAL THESIS

Zagreb, 2026



Sveučilište u Zagrebu

KINEZIOLOŠKI FAKULTET

VEDRAN DUKARIĆ

**DOBNE I SPOLNE RAZLIKE U KINETIČKIM
I KINEMATIČKIM PARAMETRIMA
SKAKAČKE I SPRINTERSKE IZVEDBE
KOD DJECE DOBI SEDAM DO DESET
GODINA**

DOKTORSKI RAD

Mentor:

Prof. dr. sc. Ljubomir Antekolović

Zagreb, 2026.



University of Zagreb

FACULTY OF KINESIOLOGY

VEDRAN DUKARIĆ

**AGE AND GENDER DIFFERENCES IN
KINETIC AND KINEMATIC PARAMETERS
OF JUMP AND SPRINT PERFORMANCE IN
CHILDREN AGED SEVEN TO TEN YEARS**

DOCTORAL THESIS

Supervisor:

Prof. Ljubomir Antekolović, PhD

Zagreb, 2026

ŽIVOTOPIS MENTORA

Prof. dr. sc. Ljubomir Antekolović na Sveučilištu u Zagrebu Kineziološkom fakultetu diplomirao je 1997. godine, akademski stupanj magistra znanosti stekao je 2002. godine, a doktora znanosti 2007. godine. Od 1998. godine do danas zaposlen je na Kineziološkom fakultetu u Zagrebu. U znanstveno-nastavno zvanje *docent* na predmetu Atletika bira se 2008. godine, a na predmetu Atletika – bacanja i skokovi *izvanredni profesor* postaje 2013. godine, *redoviti profesor* 2019. godine te *redoviti profesor u trajnom izboru* 2025. godine.

Na Kineziološkom fakultetu u Zagrebu obnašao je dužnost predstojnika Zavoda za kineziologiju sporta u akademskoj godini 2009./2010. i 2010./2011. Bio je voditelj Katedre za atletiku u akademskoj godini 2015./2016. i 2016./2017. Prodekan za osiguranje i unaprjeđenje kvalitete bio je u razdoblju od. ak. godine 2017./2018. do 2021./2022. U ak. godini 2013./2014. i 2014./2015. obnašao je dužnost pomoćnika predstojnika Studijskog centra za izobrazbu trenera. Na Hrvatskom institutu za kineziologiju u Zagrebu je obnašao dužnost voditelja Centra za cjeloživotno učenje od 2015. i 2017. godine te je bio savjetnik ravnatelja od 2017. do 2018. godine.

Bio je mentor 40 diplomskih i završnih radova studenata te 5 doktorata znanosti. Objavio je >50 znanstvenih radova, sudjelovao je na domaćim i međunarodnim znanstveno-stručnim konferencijama, objavio je jedan priručnik, sudjelovao u pisanju dva poglavlja znanstvene monografije, recenzirao znanstvene članke za domaće i strane časopise i međunarodne konferencije. Sudjelovao je na tri znanstvena projekta iz područja biomehanike „Sustav za biomehaničku analizu u sportu“, „Biomehanička optimalizacija sportskih tehnika“, „Biomehanička efikasnost vrhunskih hrvatskih sportaša“. Voditelj je Laboratorija za audiovizualne tehnologije u kineziologiji. Kontinuirano sudjeluje u aktivnostima popularizacije znanosti koje organizira Kineziološki fakultet u Zagrebu u okviru Tjedna znanosti na KIF-u.

DOBNE I SPOLNE RAZLIKE U KINETIČKIM I KINEMATIČKIM PARAMETRIMA SKAKAČKE I SPRINTERSKE IZVEDBE KOD DJECE DOBI SEDAM DO DESET GODINA

Sažetak

Odrastanje djeteta sastoji se od mnogobrojnih čimbenika koji uvelike utječu na rast i razvoj. Promatranje trčanja i skokova kroz faze odrastanja ima znanstveni i praktični doprinos za identifikaciju i usmjeravanje djeteta u sportu. Prethodno je pokazano da su pozitivni učinci unilateralnog horizontalnog dubinskog skoka (UHDJ) važni za unapređenje sportske izvedbe pojedinca. UHDJ predstavlja specifičan obrazac kretanja koji ima sličnosti s trkaćim korakom te fazom odraza u različitim horizontalnim skokovima. Međutim, utjecaj i učinci primjene UHDJ-a kod djece još uvijek nisu dovoljno istraženi.

Cilj ovog rada je utvrditi spolne i dobne razlike u kinetičkim i kinematičkim parametrima skakačke i sprinterske izvedbe kod djece dobi sedam do deset godina. Nadalje, sekundarni cilj bio je utvrđivanje povezanosti između kinetičkih i kinematičkih parametara specifičnog unilateralnog dubinsko-daljinskog skoka sa skakačkom i sprinterskom izvedbom. Skakačka izvedba procjenjuje se specifičnim unilateralnim dubinsko-daljinskim skokom dok se sprinterska izvedba promatra kroz brzinu trčanja u testu trčanje na 30 metara.

U istraživanju je sudjelovalo 385 djece u dobi od sedam do deset godina, raspoređenih u četiri dobne skupine (G1 – sedam godina, G2 – osam godina, G3 – devet godina, G4 – deset godina) te dodatno prema spolu. Skakačka izvedba analizirana je pomoću Quattro Jump platforme te OptoJump sustava. Sprinterska izvedba mjerena je s sustavom za mjerenje brzine trčanja. Promatrane su kinetičke (maksimalna sila te dinamika razvoja sile u koncentričnoj i ekscentričnoj fazi) i kinematičke (trajanje odraza u koncentričnoj i ekscentričnoj fazi te duljina skoka) varijable skoka te brzina trčanja na 30 m (prolazna vremena svakih 5 m). Rezultati nisu normalno distribuirani te su prema tome korištene neparametrijske statističke metode.

Prosječne vrijednosti trajanja kontakta s podlogom iznosile su 308,43 ms, dok je duljina skoka za promatrani uzorak iznosila prosječno 200,27 cm, s minimalnom vrijednošću od 103,90 cm i maksimalnom od 266,00 cm. Dinamika razvoja sile bila je posebno naglašena u ekscentričnom dijelu odraza, gdje je iznosila prosječno 17,24 puta tjelesne težine u sekundi (TT/s), dok je u koncentričnoj fazi iznosila 4,13 TT. Sprinterska izvedba pokazala je prosječno vrijeme od 6,27 s na 30 m, pri čemu je najbrže vrijeme iznosilo 4,97 s, a najsporije 8,49 s.

Najznačajnije razlike utvrđene su u duljini skoka ($p < 0,00$), te u dinamici razvoja sile u koncentričnoj fazi ($p < 0,00$). Iako se očekivalo da će starija djeca postići bolje rezultate u svim

parametrima, analiza je pokazala nelinearne razvojne obrasce. Dinamika razvoja sile pokazuje obrnuti trend odnosno da G1 ima najviše vrijednosti dinamike razvoja sile. Trajanje odraza također se povećavalo s dobi, od prosječnih 290,42 ms u G1 do 320,80 ms u G4. Ovaj uzorak jasno upućuje na to da mlađa djeca, unatoč manjim apsolutnim rezultatima, posjeduju veću relativnu dinamiku razvoja sile.

Spolne razlike bile su uglavnom male i bez izrazitog utjecaja na ukupan rezultat. Najizraženije razlike uočene su u silama tijekom koncentrične faze skoka te u duljini skoka, gdje su djevojčice u određenim dobnim skupinama postizale bolje rezultate od dječaka. U sprinterskoj izvedbi razlike su također bile prisutne, ali ne statistički značajne. Djevojčice su primjerice ostvarile prosječno 5,89 s, a dječaci 6,14 s na 30 m u dobnoj skupini od devet godina.

Analiza povezanosti pokazala je slabu do umjerenu povezanost između kinematičkih i kinetičkih parametara unilateralnog dubinsko-daljinskog skoka te duljine skoka. Varijable poput relativne sile reakcije podloge, trajanja odraza i osobito dinamike razvoja sile doprinijele su objašnjenju dubinsko-daljinskog horizontalnog skoka.

Zaključno, rezultati ovog istraživanja ukazuju na to da se kinetičke i kinematičke karakteristike unilateralnog dubinsko-daljinskog skoka kod djece razvijaju nelinearno te da mlađa djeca, unatoč nižim apsolutnim vrijednostima sile, ostvaruju veću relativnu učinkovitost u promatranim parametrima. Starija djeca postižu bolje apsolutne rezultate, ali uz sporiju dinamiku razvoja sile i duže trajanje kontakta s podlogom. Spolne razlike su minimalne, a povezanost skakačkih i sprinterskih varijabli potvrđuje važnost razvoja sposobnosti brzog generiranja sile u dječjoj dobi.

AGE AND GENDER DIFFERENCES IN KINETIC AND KINEMATIC PARAMETERS OF JUMP AND SPRINT PERFORMANCE IN CHILDREN AGED SEVEN TO TEN YEARS

Abstract

Child development is influenced by numerous factors that significantly affect growth and maturation. Observing running and jumping patterns throughout developmental stages provides both scientific and practical value for identifying and guiding children in sports. The positive effects of the unilateral horizontal drop jump (UHDJ) have been shown to be important for enhancing individual sports performance. UHDJ represents a specific movement pattern that shares similarities with the running stride and the take-off phase in various horizontal jumps. However, the effects and applications of UHDJ in children remain insufficiently investigated.

The aim of this study was to determine sex- and age-related differences in kinetic and kinematic parameters of jumping and sprint performance in children aged seven to ten years. Furthermore, the secondary aim was to examine the relationships between kinetic and kinematic parameters of the specific unilateral horizontal drop jump and both jumping and sprint performance. Jumping performance was assessed using a specific unilateral horizontal drop jump, while sprint performance was evaluated through running speed in a 30-meter sprint test.

A total of 385 children aged seven to ten years participated in the study. Participants were divided into four age groups (G1 – 7 years, G2 – 8 years, G3 – 9 years, G4 – 10 years) and additionally categorized by sex. Jump performance was analyzed using the Quattro Jump platform and the OptoJump system, while sprint performance was measured using a running speed measurement system. The observed variables included kinetic parameters (maximum force and rate of force development in concentric and eccentric phases) and kinematic parameters (contact time in concentric and eccentric phases and jump distance), as well as running speed over 30 m (split times every 5 m). As the data were not normally distributed, non-parametric statistical methods were applied.

The average ground contact time was 308.43 ms, while the mean jump distance for the observed sample was 200.27 cm, with a minimum of 103.90 cm and a maximum of 266.00 cm. The rate of force development was particularly pronounced in the eccentric phase, averaging 17.24 body weights per second (BW/s), whereas in the concentric phase it averaged 4.13 BW. Sprint performance showed an average time of 6.27 s over 30 m, with the fastest time being 4.97 s and the slowest 8.49 s.

The most significant differences were found in jump distance ($p < 0.00$) and in the rate of force development during the concentric phase ($p < 0.00$). Although it was expected that older children would achieve better results across all parameters, the analysis revealed nonlinear developmental patterns. The rate of force development showed an inverse trend, with G1 exhibiting the highest values. Contact time also increased with age, from an average of 290.42 ms in G1 to 320.80 ms in G4. This pattern indicates that younger children, despite lower absolute performance, possess greater relative rates of force development.

Sex differences were generally small and had no substantial impact on overall performance. The most pronounced differences were observed in forces during the concentric phase and in jump distance, where girls in certain age groups outperformed boys. In sprint performance, differences were also present but not statistically significant. For example, in the nine-year-old group, girls achieved an average of 5.89 s, while boys averaged 6.14 s over 30 m.

Correlation analysis revealed weak to moderate associations between the kinematic and kinetic parameters of the unilateral horizontal drop jump and jump distance. Variables such as relative ground reaction force, contact time, and particularly rate of force development contributed to explaining performance in the horizontal drop jump.

In conclusion, the results of this study indicate that kinetic and kinematic characteristics of the unilateral horizontal drop jump in children develop nonlinearly, and that younger children, despite lower absolute force values, demonstrate greater relative efficiency in the observed parameters. Older children achieve better absolute results, but with slower rates of force development and longer ground contact times. Sex differences are minimal, and the relationship between jumping and sprint variables confirms the importance of developing rapid force production abilities during childhood.

Sadržaj

1.	UVOD U PROBLEM.....	1
1.1.	Motorički razvoj djece i pliometrijska aktivnost u dobi sedam do deset godina	3
1.2.	Dubinski skokovi i njihova primjena kod djece.....	5
1.3.	Dinamika razvoja sile reakcije podloge kod djece.....	7
1.4.	Brzina i sprinterska izvedba u dječjoj dobi	8
1.5.	Dobne i spolne razlike u skakačkoj i sprinterskoj izvedbi	10
2.	CILJEVI I HIPOTEZE ISTRAŽIVANJA	12
2.1.	Ciljevi.....	12
2.2.	Hipoteze	12
3.	METODE	13
3.1.	Uzorak ispitanika.....	13
3.2.	Mjerni instrumenti.....	13
3.3.	Testovi funkcionalne motoričke izvedbe	20
3.3.1.	Unilateralni dubinsko-daljinski skok	20
3.3.2.	Trčanje na 30 metara	22
3.4.	Uzorak varijabli.....	22
3.5.	Protokol istraživanja.....	23
3.6.	Metode obrade podataka	24
4.	REZULTATI.....	26
4.1.	Deskriptivni pokazatelji uzorka ispitanika	26
4.2.	Kinetički i kinematički pokazatelji unilateralnog dubinsko-daljinskog skoka	30
4.3.	Kinematički pokazatelji sprinterske izvedbe.....	38
4.4.	Razlike u kinetičkim i kinematičkim parametrima skakačke i sprinterske izvedbe	43
4.4.1.	Dobne razlike u skakačkoj i sprinterskoj izvedbi djece sedam do deset godina..	45
4.4.2.	Dobne razlike u sprinterskoj izvedbi djece sedam do deset godina.....	47
4.4.3.	Dobne razlike skakačke izvedbe prema pojedinom spolu	48
4.4.4.	Povezanost kinetičkih i kinematičkih parametara sa rezultatima skakačke i sprinterske izvedbe	53
5.	RASPRAVA.....	54
5.1.	Dobne razlike u skakačkoj izvedbi djece sedam do deset godina.....	57
5.2.	Dobne razlike u sprinterskoj izvedbi djece sedam do deset godina.....	62
5.3.	Spolne razlike skakačke izvedbe.....	63
5.4.	Spolne razlike sprinterske izvedbe	65
5.5.	Povezanost kinetičkih i kinematičkih parametara sa rezultatima skakačke i sprinterske izvedbe	66

6.	ZNANSTVENI I PRAKTIČNI DOPRINOS ISTRAŽIVANJA	68
7.	PREDNOSTI I OGRANIČENJA ISTRAŽIVANJA	69
7.1.	Prednosti istraživanja	69
7.2.	Ograničenja istraživanja	70
8.	TESTIRANJE POSTAVLJENIH HIPOTEZA	71
9.	ZAKLJUČAK	72
10.	LITERATURA	74
11.	ŽIVOTOPIS AUTORA I POPIS OBJAVLJENIH RADOVA	84
11.1.	Životopis autora	84
11.2.	Popis objavljenih radova u časopisima	85

1. UVOD U PROBLEM

Motorički razvoj djece u dobi od sedam do deset godina obilježen je intenzivnim promjenama u funkcionalnim i biomehaničkim obilježjima kretanja (Gallahue i Ozmun, 2006). Razdoblje rasta i razvoja djeteta sastoji se od mnogobrojnih čimbenika (Malina i sur., 2004) koji utječu na kasniji rezultat u sportskoj aktivnosti. U mnogim timskim i individualnim sportovima, brzina i eksplozivna jakost dominiraju u odnosu na ostale sposobnosti. Optimalno vrijeme za identifikaciju talenata i unaprjeđenje motoričkih sposobnosti smatra se razdobljem između 7. i 12. godine života, kada djeca prolaze kroz tzv. senzitivne faze razvoja motoričkih i funkcionalnih sposobnosti (Vaeyens i sur., 2008). Prva faza ubrzanog povećanja brzine trčanja kod dječaka pojavljuje se u dobi sedam do osam godina. Prva senzitivna faza razvoja eksplozivne snage kod dječaka je u dobi sedam do devet godina (Viru i sur., 1998). Kod djevojčica se slični senzitivni periodi pojavljuju nešto ranije. Ubrzani razvoj brzine trčanja najčešće se bilježi između osme i devete godine, dok se razvoj eksplozivne snage inopovećava između šeste i osme godine života (Viru i sur., 1998). Također razdoblje od sedam do deset godina predstavlja period stabilnog rasta u visinu (Balyi i Way, 2011). Ovo razdoblje ključno je za razvoj osnovnih motoričkih sposobnosti tijekom koje se intenzivno razvija sposobnost generiranja sile, brzina reakcije te kontrola pokreta. Nadalje, u tom periodu djeca kroz spontanu igru i organizirane oblike tjelesne aktivnosti učestalo izvode različite oblike skokova i trčanja, čime se stvaraju preduvjeti za razvoj efikasnog generiranja sile i kontrole pokreta. Identifikacija sportskih talenata u ranom djetinjstvu ključna je za pravovremeno usmjeravanje djece prema odgovarajućim sportskim disciplinama te razvoj specifičnih motoričkih sposobnosti (Williams i Reilly, 2000; Abbott i sur., 2005; Goncalves i sur., 2012).

Praćenje snage kroz različite faze zrelosti moguće je testovima vertikalnog i horizontalnog skoka iz mjesta, odnosno njihovih rezultata visine i duljine te prosječne sile koncentrične faze odraza (Meylan i sur., 2012; Focke i sur., 2013). U praksi se za procjenu eksplozivne snage i brzinskih sposobnosti djece najčešće koriste standardizirani testovi koji uključuju bilateralne i vertikalno usmjerene pokrete, poput skoka u vis ili dalj iz mjesta. Međutim, takvi testovi ne odražavaju u potpunosti strukturu kretanja koja je prisutna u stvarnim uvjetima, gdje se odraz najčešće izvodi jednonožno i u horizontalnom smjeru, kao što je slučaj u sprintu. S obzirom na to, sve se više naglašava potreba za korištenjem specifičnih testova koji kvalitetnije simuliraju funkcionalne zahtjeve pokreta. Iako su skok i sprint međusobno povezani kroz slične biomehaničke zahtjeve, osobito u fazi odraza, njihova međusobna povezanost i

način na koji pojedini biomehanički parametri doprinose izvedbi još uvijek nisu u potpunosti razjašnjeni, osobito u dječjoj populaciji. Skakačka izvedba, poput one koja se procjenjuju dubinsko-daljinskim skokom, često se koristi za mjerenje eksplozivne snage, koordinacije i ravnoteže, dok se testovi trčanja na dionicama 5-60 m koriste za analizu brzine trčanja (brzina reakcije, ubrzanje i maksimalna brzina). S obzirom na to da mnoge aktivnosti zahtijevaju jednonožni odraz u vertikalnom ili horizontalnom smjeru, procjena unilateralnih pokreta može bolje odražavati specifične zahtjeve za razvoj sile u takvim zadacima (Maulder i Cronin, 2005).

Prethodno je pokazano (Dobbs i sur., 2015) da horizontalni dubinsko-daljinski skokovi imaju veću povezanost sa sprinterskom izvedbom u odnosu na vertikalne skokove. Ovakav zadatak omogućuje detaljniju analizu kinetičkih i kinematičkih parametara odraza, uključujući dinamiku razvoja sile (RFD), koja se smatra jednim od ključnih pokazatelja eksplozivne jakosti. Unatoč tome, većina dosadašnjih istraživanja usmjerena je na jednostavnije i manje specifične zadatke, dok su ovakvi kompleksniji oblici kretanja kod djece znatno slabije istraženi.

Dodatno, iako je poznato da se sposobnost generiranja sile i brzine njezina razvoja mijenja s porastom dobi, nije u potpunosti razjašnjeno na koji se način te promjene manifestiraju u specifičnim zadacima koji uključuju unilateralni i horizontalni odraz, niti kako su povezane s uspješnošću skakačke i sprinterske izvedbe. Posebno je nedovoljno istraženo kako se pokazatelji dinamike razvoja sile mijenjaju u odnosu na razvojne promjene u dječjoj dobi. Definiranjem ovih karakteristika moći će se izvesti kvalitetniji zaključci o povezanosti kinetičkih i kinematičkih parametara skakačke i sprinterske izvedbe. Korištenjem testa koji ima horizontalno usmjerenje promatrat će se izvedba u specifičnim uvjetima koji su slični onima koja djeca provode u svakodnevnom kretanju.

1.1. Motorički razvoj djece i pliometrijska aktivnost u dobi sedam do deset godina

Motorički razvoj djece može biti pod utjecajem brojnih faktora, uključujući genetiku, razinu tjelesne aktivnosti te sudjelovanje u sportu. Prilikom odrastanja djeca koriste različite kretnje odnosno biotička motorička znanja kako bi svladali određene prepreke, prostor te vanjsko opterećenje (Vuk, 2011). Djeca koja imaju visoku razinu tjelesne aktivnosti u dobi šest do deset godina postižu značajno više vrijednosti u pokazateljima opće koordinacije pokreta u odnosu na djecu koja su u toj dobi neaktivna (de Souza i sur., 2014). Tijekom razdoblja od sedme do desete godine djeca prolaze kroz intenzivnu fazu senzitivnog razvoja, što znači da su u tom periodu posebno osjetljiva na utjecaj različitih motoričkih stimulacija (Malina i sur., 2004; Barnett i sur., 2009). Pokazano je da se u ovoj dobi razina statičke i dinamičke ravnoteže, osjećaja za prostor, frekvencije ruku i nogu te opće reakcije progresivno povećava sa starenjem. Navedeno povećanje razine sposobnosti kreće se u rasponu 6-33 % u promatranom razdoblju (Jopkiewicz i Nowak, 2013). Primjena različitih skakačkih i sprinterskih vježbi pomaže djeci u razvoju temeljnih motoričkih sposobnosti te doprinosi poboljšanju koordinacije i kontrole pokreta (Lloyd i sur., 2011). Dob prije najvećeg prirasta u visinu je idealna za intervenciju odnosno pozitivne efekte tjelesnog vježbanja na motorički status djece (Gunter i sur., 2008). Navedene studije ukazuju da je najveći prirast u visinu kod djevojčica između 11 i 12 godine, dok je kod dječaka nešto kasnije između 13 i 14 godine te period prije najvećeg prirasta treba iskoristiti za razvoj djetetovih motoričkih sposobnosti. Djeca koja su postigla napredne faze motoričkog razvoja obično pokazuju bolje rezultate u skokovima. Također, značajne razlike utvrđene su kod aktivne i neaktivne djece u svim promatranim varijablama SSC-a (stretch shortening cycle) u korist djece koja su članovi sportskih klubova (Keiner i sur., 2013).

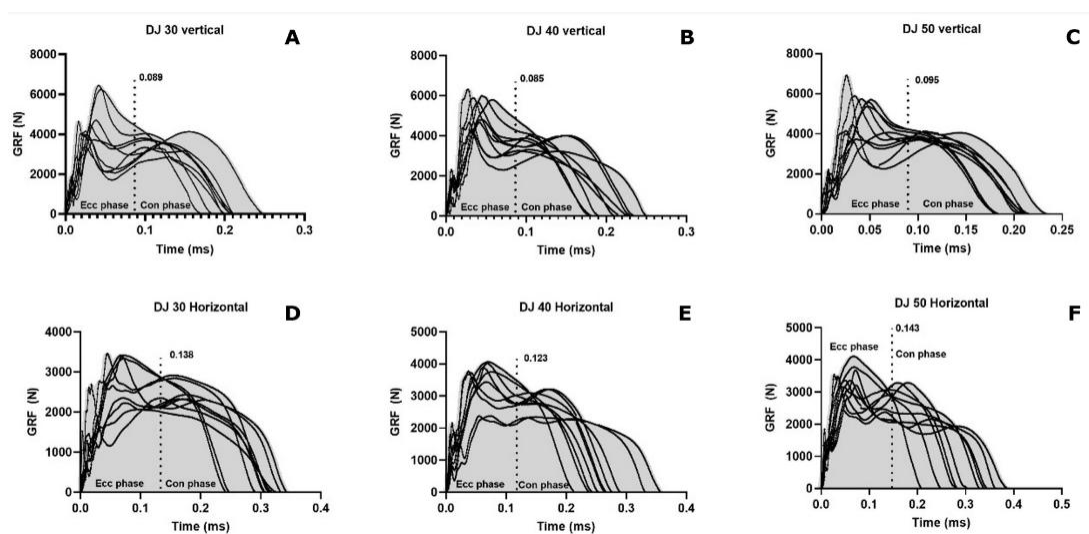
Skokovi su univerzalna aktivnost koja se pojavljuje čak i od druge godine života te kroz odrastanje ova motorička aktivnost zadržava stabilnu izvedbu odnosno koordinaciju pokreta (Clark, Phillips i Petersen, 1989). Djeca s različitim oblicima skokova započinju oko 3. godine života (Jensen, Phillips i Clark, 1994), a najveći napredak u koordinaciji te općenito izvedbi skokova dostižu tijekom ranog i srednjeg djetinjstva. Prema Wickstrom (1983), djeca (24-36 mjeseci) se nauče spustiti s povišenja (20 cm) s jedne noge na drugu prije nego što nauče napraviti odraz s obje noge. Različiti profili djece ukazuju na to da se u dobi od 5 – 11 godina ne postižu očekivane razine sposobnosti (Gallahue i Ozmun, 2006). S obzirom na to da djeca kroz igru koriste mnogobrojne vrste skokova, ovoj aktivnosti potrebno je pridati značajnu pažnju tijekom faze rasta i razvoja (Gunter i sur. 2008).

Pliometrijska aktivnost je ona koja se sastoji od ekscentrične i koncentrične faze odnosno ciklusa istežanja i skraćivanja mišića (eng. stretch-shortening cycle). Ciklus istežanja i skraćivanja sastoji se od brze ekscentrične faze, zatim faze amortizacije te na kraju koncentrične mišićne akcije (Blazevich, 2011). Većina skokova i poskoka su pliometrijske aktivnosti koje karakterizira kratko trajanje kontakta s podlogom (Schmidtbleicher, 1992). Takav način kontrakcije odnosno mišićne akcije naziva se "*stretch-shortening cycle*" (SSC). Ovaj ciklus karakterizira brzi prijelaz iz ekscentrične u koncentričnu akciju (Flanagan i sur., 2008; Laffaye i sur., 2016; Radnor i sur. 2017). S obzirom na karakteristike SSC-a, može se reći da u ovu vrstu kontrakcije pripadaju različite vrste skokova, poskoka i trčanja. SSC se pojavljuje kao prirodan oblik mišićne funkcije u koji pripadaju svakodnevne aktivnosti kao što hodanje i trčanje te intenzivnije aktivnosti koje u koje pripadaju bacanja i skokovi (Flanagan i sur., 2008). Ako se promatra svakodnevna aktivnost djece, može se zaključiti da se ona sastoji od velikog broja pliometrijskih aktivnosti posebice kada se dijete aktivno igra te u igri izvodi različite oblike trčanja i skokova. Na uzorku djece od 11 godina promatrani su skokovi u mjestu te saskoci s povišenja od 16 cm. Autori utvrđuju da djeca koja su uključena u neku vrstu redovite aktivnosti na tjednoj razini imaju značajno više razvijena SSC svojstva (Keiner i sur., 2013). Ubrzani rast djece započinje od 10 godine pa nadalje (oko 10 godine za djevojčice i 12 za dječake). Do postizanja vršne brzine rasta također se progresivno povećava i sposobnost izvedbe vertikalnih skokova (Beunen i Malina, 2008). Usporedba vertikalnog skoka s prethodnom pripremom i bez pripreme kod djece i odraslih pokazala je bolje, odnosno više rezultate kada se skok izvodio s pripremom. Ovakav trend pokazuje da djeca već u dobi od 6 godina mogu iskoristiti SSC potencijale (Harrison i Gaffney, 2001). Bazični testovi (vertikalni skok iz mjesta s i bez prethodne pripreme) za procjenu izvedbe vertikalnog skoka nisu u potpunosti reprezentanti SSC-a jer im nedostaje prethodna aktivacija te stvaranje mišićne napetosti i sile pri amortizaciji (Lloyd i sur., 2011). Utjecaj razine zrelosti na kinetičke parametre dubinskog skoka ukazuje na to da SSC mehanizam nije isključivo vezan uz faze rasta jer je značajan broj zrelih dječaka imao sporu SSC akciju (Kumar i sur., 2024).

1.2. Dubinski skokovi i njihova primjena kod djece

Dubinski skokovi predstavljaju vrstu aktivnosti koja se izvodi saskokom s povišenja nakon kojeg slijedi odraz u vis ili u dalj (Bedi i sur., 1987; Verhoshansky, 1996; Flanagan i sur., 2008). Ova vrsta skokova može se podijeliti na one koji se izvode sa zamahom rukama i one u kojima su ruke u fiksnom položaju na bokovima (Kurz i sur., 2009). Osnovni cilj dubinskih skokova je povećanje potencijala mišića da proizvede veću silu u što kraćem vremenu kroz efikasno iskorištavanje SSC mehanizma (Turner i Jeffreys, 2010). Osim za praćenje razine stanja treniranosti, dubinski skokovi koriste se i u kliničke svrhe u smislu utvrđivanja rizika od ozljeđivanja (Noyes i sur, 2005). U odnosu na klasične skokove u vis iz mjesta (CMJ), prikazano je da dubinski skokovi značajno više doprinose razvoju sposobnosti te se veći moment sile ispoljava u zglobnim sustavima (Holcomb i sur., 1996).

Izvođenje dubinsko-daljinskog skoka u horizontalnom smjeru rezultira značajnim smanjenjem vršne sile tijekom odraza (Montoro-Bombu i sur., 2024). U usporedbi sa dubinsko-vertikalnim skokom sila reakcije podloge je manja ali se jednako tako i generira kroz duži vremenski period (Slika 1).



Slika 1. Sila reakcije podloge pri izvedbi dubinsko-vertikalnog i dubinsko-horizontalnog skoka (preuzeto sa: <https://www.mdpi.com/2076-3417/14/9/3833>)

Test maksimalne brzine trčanja na 30 m daje jasnu sliku o sposobnosti brzog kretanja, koordinaciji i učinkovitosti pokreta. S obzirom na to da djeca u navedenoj dobi u dnevnoj aktivnosti učestalo koriste jednonožne skokove u dalj, bitno je utvrditi na koji način se odvija progresija razvoja sile te kako se ona manifestira na rezultat u trčanjima i skokovima.

Dubinsko-daljinski skokovi često se koriste u treningu kao metoda za razvoj eksplozivne snage donjih ekstremiteta (Bobbert, 1987; Marković i Mikulić, 2010) te kao metoda za procjenu rizika od ozljeđivanja (Noyes i sur., 2005; Rathleff i sur., 2014).

Dubinski skokovi razlikuju se od drugih vrsta skokova po tome što imaju dva glavna zadatka, a to je skočiti što više ili dalje uz što kraće trajanje kontakta s podlogom (Pedley i sur., 2017). Dubinski skokovi koriste se za procjenu eksplozivne jakosti te u svrhu predikcije rezultata sprinta. Rezultati prikazuju kako dubinski skok s 30 cm opisuje 53 % ukupne varijance te može poslužiti kao dobar prediktor brzinsko-eksplozivnih svojstava (Bissas i Havenetidis, 2008). Također, promatranjem dubinskih skokova definirana je i optimalna visina saskoka kojom se postižu maksimalne vrijednosti vršne sile (Tomasevicz i sur., 2020). Autori su utvrdili da je za postizanje maksimalnih vrijednosti skoka potrebno imati visinu saskoka od $21,3 \pm 10,3$ % od ispitanikove visine.

Iako u većini znanstvenih istraživanja dominiraju vertikalno usmjereni dubinski skokovi, pokazano je da horizontalno usmjerenje ovih skokova također ima značaj utjecaj na povećanje rezultata u skoku u dalj. Implementacijom vertikalnih i horizontalnih dubinskih skokova u trenažni plan značajno se doprinosi unaprjeđenju rezultata u skokovima (Singh i Singh, 2012). Djeca koja su uključena u razne sportove te u njima provode više vrsta skokova, pokazuju obrasce izvedbe skokova odnosno koordinaciju pokreta kao i odrasli sportaši iako su svi mjereni parametri značajno niži (Jensen i sur., 1994).

Dubinsko-vertikalni skok promatran je kod djece od deset godina te se utvrdilo da djevojčice postižu više vrijednosti vršne vertikalne sile reakcije podloge u odnosu na dječake iste dobi (Briem i sur. 2017).

Dubinsko-daljinske skokove karakterizira horizontalna usmjerenost odnosno nakon saskoka slijedi skok u dalj koji se može izvoditi unilateralno ili bilateralno. Ovoj vrsti skokova prethodno je utvrđena pouzdanost te mogućnost korištenja kao dijagnostičkog instrumenta za promatranje izvedbe jednonožnih skokova (Stålbom i ostali, 2007). S obzirom na kretnu strukturu dubinsko-daljinski skokovi slični su trkaćem koraku pa se pretpostavlja da će i njihova povezanost sa sprintom i brzinom trčanja biti veća u odnosu na dubinsko vertikalne usmjerene skokove. Prema tome, Schuster i Jones (2016) utvrđuju da mjere dubinsko-daljinskog skoka imaju veću povezanost sa sprinterskom izvedbom kod odraslih. Usporedbom vertikalnih i horizontalno usmjerenih dubinskih skokova zaključuju da se primjenom horizontalnih dubinskih skokova u trenažnom procesu omogućuje unaprjeđenje brzine na kratkim dionicama te sposobnost brze promjene pravca kretanja te se postiže kraće vrijeme trajanja kontakta s podlogom (Dello Iacono i sur., 2017). Suprotno tome, trening koji u fokusu ima vertikalno

usmjeren dubinski skok za konačne efekte ima više vršne vrijednosti sile reakcije podloge (Dello Iacono i sur., 2017).

S obzirom na to da je kod djece mišićno-koštani sustav u razvoju treba pravilno dozirati i prilagođavati opterećenja. Pri izvedbi dubinskih skokova preporučuju se aktivnosti saskoka s visine od 20-40 cm. Promatranjem različitih visina saskoka pri izvedbi dubinskog vertikalnog skoka utvrđene su najveće sile pri saskoku s 40 cm (1766,94 N). Značajne promjene između različitih visina saskoka ostvarene su na temelju ekscentrične faze odraza odnosno ekscentričnog impulsa (Gillen i sur., 2019). Promatranjem utjecaja pliometrijskog trenažnog programa u trajanju od 7 tjedana dolazi se do zaključka da je moguće u navedenom periodu značajno utjecati na rezultat saskoka s 20 i 40 cm visine (Vera-Assaoka i sur., 2020).

1.3. Dinamika razvoja sile reakcije podloge kod djece

Stvaranje sile uz pomoć mišićne aktivnosti preko zglobnih sustava omogućuje ljudski pokret (Maulder i Cronin, 2005). Dinamika razvoja sile (RFD – *rate of force development*) izuzetno je važna u sportovima koji zahtijevaju eksplozivne mišićne akcije.

RFD predstavlja omjer sile i vremena odnosno koliko se sile proizvodi u jedinici vremena. RFD je mjera eksplozivne jakosti jer ukazuje na to koliko brzo mišić može generirati silu (Aagard i sur., 2002; Folland i sur., 2014; Hernandez-Davo i Sabido, 2014; Maffiuletti i sur., 2016; Rodriguez-Rosell i sur., 2018). Efikasnost rezultata u brzinsko eksplozivnim aktivnostima ovisi o dinamici razvoja sile (Baković, 2016). Visina skoka, sila te dinamika razvoja sile predstavljaju neke od bitnih varijabli pri promatranju biomehaničkih parametara odraza kod djece (Quatman i sur., 2006). Trend razvoja rezultata odnosno promjene koje nastaju tijekom odrastanja utvrđene su kod djece starosti 9-17 godina (Tomkinson i sur., 2021). Na uzorku djece utvrđeno je da se kroz godine postepeno uz odrastanje događaju i promjene u eksplozivnoj jakosti donjih ekstremiteta. Primjetno je da se u posljednje vrijeme događa pad razine motoričkih sposobnosti kod djece i adolescenata u odnosu na prethodna desetljeća (Fuhner i sur., 2021; Unger i sur., 2024). Kroz dosadašnja istraživanja ne prikazuje se dinamika razvoja sile u odnosu na dob te u izvedbi specifičnih skokova. Dinamika razvoja sile kod dječaka starosti sedam do jedanaest godina u vertikalnom skoku iz mjesta kreće se u rasponu od 3000-4000 N/s (Jones, McNarry i Owen, 2019). Promjene dinamike razvoja sile kod dječaka i djevojčica prije i nakon programa vježbanja promatrane su pri izvedbi testa nožni potisak (Waugh i sur., 2014). Vršne vrijednosti RFD-a progresivno su se povećavale u odnosu na vrijeme trajanja mišićne akcije (500-3000 N/s). Ova istraživanja implementiraju aktivnosti koje

sadrže sporu vrstu SSC-a te je potrebno istražiti na koji način se razvija sila pri unilateralnim horizontalnim i vertikalnim skokovima koji pripadaju u brzu vrstu SSC-a (Schmidtbleicher, 1992). Kako bi se smanjilo trajanje kontakta s podlogom a pritom zadržalo visinu skoka potrebna je veća vertikalna sila reakcije podloge stvorena u kraćem vremenu (Pedley i sur, 2017). Promjene u kinematičkim parametrima pri izvedbi dubinskih skokova s različitim visina kod prepubertetnih dječaka (9-11 godina; Bassa i sur., 2022). Visina saskoka definirala se kao postotak od maksimalne visine skoka u testu skok u vis iz čučnja. Vertikalna vršna sila (1,23 tjelesne težine - TT) te trajanje kontakta s podlogom (483 ms) postignuto je u skokovima 75 % od maksimalne visine skoka iz čučnja.

Rezultati RFD-a kod djece (6-16 godina) najveći su kada se dubinsko-vertikalni skok izvodi s povišenja od 40 cm (27,102 TT/s; Gillen i sur., 2013).

Kada se promatraju spolne razlike kod djece onda se može izdvojiti da dječaci imaju malu prednost u izvedbi skokova zbog faktora kao što je mišićna masa i veća razina eksplozivne jakosti. Nakon puberteta ove razlike mogu postati ili veće ili manje ovisno o aktivnostima u koje se djeca uključuju. Bolja izvedba skokova najčešće je produkt sudjelovanja u sportovima u kojima dominira eksplozivna snaga tipa skočnosti (košarka, rukomet, odbojka).

Tijekom djetinjstva, skakačke sposobnosti mogu biti snažno povezane s razvojem eksplozivne snage nogu što obuhvaća sposobnost generiranja brzih pokreta u vrlo kratkom vremenu. Ovdje također postoje razlike u razini razvoja mišića između dječaka i djevojčica, a u dobi od sedam do deset godina obje skupine djece još uvijek razvijaju osnovne motoričke sposobnosti, no dječaci mogu ostvariti malo bolje rezultate zbog svojih genetskih predispozicija za jači mišićni razvoj (Vaeyens i sur., 2008). Iako je dinamika razvoja sile prepoznata kao važan čimbenik u brzinsko-eksplozivnim aktivnostima, većina istraživanja promatra RFD u izoliranim uvjetima ili u jednostavnijim zadacima, bez dovoljno uvida u njegovo ponašanje u kompleksnim, funkcionalnim kretanjima poput unilateralnog dubinsko-daljinskog skoka.

1.4. Brzina i sprinterska izvedba u dječjoj dobi

Brzina i eksplozivna jakost motoričke su sposobnosti od presudne važnosti za izvođenje brojnih sportskih aktivnosti u kojima dominiraju različite vrste skokova, brzina reakcije, start i startno ubrzanje. Brzina je kompleksna motorička sposobnost koja uključuje brzu reakciju, eksplozivnu snagu i tehniku pokreta. Kod djece se sposobnost brzine intenzivno razvija između sedme i desete godine, što predstavlja ključnu fazu za postizanje optimalnih motoričkih rezultata (Rumpf i sur., 2012). Jedan od razloga zašto je važno razvijati brzinu u ovoj dobi jest

činjenica da se tijekom razdoblja od sedam do deset godina djeca nalaze u senzitivnoj fazi razvoja motoričkih sposobnosti, kada su najosjetljivija na vanjske stimulacije (Malina i sur., 2004). Tijekom tog razdoblja, pravilno usmjereni trening može značajno poboljšati neuromuskularnu koordinaciju, što omogućava djeci da brže i preciznije izvode pokrete. Istraživanja su pokazala da ciljane vježbe sprinta značajno poboljšavaju brzinu i eksplozivnu snagu kod djece (Peeters i sur., 2020), a kontinuirani trening doprinosi dugoročnom razvoju brzine i agilnosti (Meylan i sur., 2010). Uključivanje treninga brzine prije puberteta stvorit će preduvjet za najveći rast brzine trčanja, čime se osigurava i najbolja perspektiva za njezinu konačnu razinu i mogućnost treniranja (Babić i sur., 2010).

Pravilno strukturirani programi treninga koji uključuju sprinterske vježbe mogu značajno utjecati na poboljšanje maksimalne brzine, brzine reakcije i koordinacije kod djece (Lloyd i sur., 2015). Razvoj brzine u ranoj dobi omogućuje djeci bolje izvedbe u sportovima koji zahtijevaju brzinu i agilnost te pridonosi njihovom cjelokupnom motoričkom razvoju. Razvijanje brzine kod djece ima ključnu važnost za njihov ukupni motorički razvoj, jer brzina nije samo važna u kontekstu sprinta, već utječe na mnoge druge aspekte tjelesne i sportske izvedbe. Brzina omogućuje djeci da učinkovito i brzo izvršavaju različite motoričke zadatke, a razvijanje ove sposobnosti u ranoj dobi može značajno utjecati na njihovu sposobnost prilagođavanja u sportskim i svakodnevnim situacijama. Kada se promatra uzročno-posljedična veza skokova i trčanja, ukazuje se na značajno povećanje rezultata (5,01 %) u sprintu na 20 m kojem je prethodio protokol aktivacije s 3 dubinska skoka (Byrne i sur., 2014). Osim toga, razvoj brzine može smanjiti rizik od ozljeda. Djeca koja su sposobna brže i preciznije reagirati tijekom fizičkih aktivnosti imaju veću kontrolu nad svojim pokretima, što smanjuje mogućnost nesreća ili pogrešnih kretanja koji mogu dovesti do povreda (Lloyd i sur., 2015). Vježbe koje su vertikalno i horizontalno usmjerene značajno utječu na rezultat starta, startnog ubrzanja te maksimalne brzine trčanja (Loturco i sur., 2018). Rezultati istraživanja (Loturco i sur., 2018) ukazuju na veliku povezanost vertikalnih skokova (dionica trčanja nakon inicijalnih 40 metara; r koeficijent u rasponu od 0,88 do 0,96) s fazom trčanja maksimalnom brzinom kod vrhunskih sprintera. Vršna brzina u testu trčanje na 30 metara promatrana je uzevši u obzir kronološku dob kod djece prvog i drugog razreda osnovne škole (Blažević, 2010). Dječaci su vršne vrijednosti brzine postizali u intervalu 25-30 m (5,98 m/s), a djevojčice u intervalu 20-25 m (5,61 m/s). U kontekstu sprinterske aktivnosti, dječaci u ovoj dobi obično imaju nešto veći kapacitet za razvoj brzine, što je povezano s većim udjelom mišićne mase i višom razinom testosterona, koji počinje imati utjecaj na razvoj mišića i eksplozivne snage, iako se ove promjene počinju pojavljivati nešto kasnije, tijekom puberteta (Malina i sur., 2004). Ipak, u

dobi od sedam do deset godina spolne razlike u brzini nisu značajne, jer djeca još uvijek nisu dosegla punu biološku zrelost koja bi omogućila vidljivije razlike u izvedbi promatranih testova.

Dječaci obično imaju nešto bolje rezultate u sprinterskim disciplinama, ali je ta razlika manja u dječjoj dobi nego u adolescenciji (Rumpf i sur., 2012). Razlike u brzini mogu biti posljedica razlike u koordinaciji pokreta, ali i specifičnim treniranim vještinama koje djeca razvijaju kroz sportsku aktivnost. Poznato je (Babić i sur., 2010) da maksimalna brzina kod trogodišnjaka i četverogodišnjaka iznosi 4,18 m/s, a postiže se u segmentu između 15-20 m. Nakon 20 m brzina postepeno opada do cilja. Petogodišnjaci i šestogodišnjaci postižu maksimalnu brzinu u segmentu od 15-20 m, a nakon toga se opaža postepeni pad brzine trčanja do ulaska u cilj. Sedmogodišnjaci i osmogodišnjaci postižu maksimalnu brzinu od 6,36 m/s između 20 i 25 m, a zatim dolazi do postepenog opadanja brzine. Devetogodišnjaci i desetogodišnjaci postižu maksimalnu brzinu u segmentu od 15-20 m, a ona iznosi 6,56 m/s. Rezultati ukazuju da se maksimalna brzina povećava usporedno s povećanjem kronološke dobi ispitanika, tako da najnižu maksimalnu brzinu postižu trogodišnjaci i četverogodišnjaci (4,18 m/s), dok najvišu brzinu postižu devetogodišnjaci i desetogodišnjaci (6,56 m/s).

1.5. Dobne i spolne razlike u skakačkoj i sprinterskoj izvedbi

Primjetno je da se djeca dobi sedam do deset godina međusobno razlikuju prema svojim antropološkim obilježjima. Rastom i razvojem postepeno se povećava mišićna masa te dolazi do promjena u kinematičkim i kinetičkim parametrima. Longitudinalna analiza razlika prema spolovima kod djece (8-19 godina) ukazuje na više vrijednosti mase tijela, sastava tijela te biološke dobi kod dječaka (Baxter-Jones i sur., 2003).

Ova dva testa se dugi niz godina koriste kao pokazatelji eksplozivne snage kod djece te se primjenjuju ne samo u sportu već i kod opće populacije kao što su školska djeca i rekreativci. Praćenje eksplozivne snage kod djece (7-17 godina) pokazuje velike razlike kod skokova između grupa starosti 10 i 11 godina te 12 i 13 godina. Također, između grupa starosti 11 i 12 godina utvrđeni rezultati bolji su kod mlađe grupe ispitanika u testovima skok u vis iz mjesta s pripremom i bez pripreme te reaktivnom indeksu jakosti (Lloyd i sur., 2011). Spolne razlike kod djece koje su iste dobi su utvrđene u testovima vertikalne skočnosti i trčanju na 20 m te se zaključuje kako različitost u spolu ne utječe značajno na parametre provedenih testova (Tomažin i sur., 2008). Nadalje, proučavani su rezultati te varijabilitet između različitih dobnih

skupina djevojčica i dječaka (n=1835) u testu skok u vis iz mjesta (Focke i sur., 2013). Rezultati u oba spola imali su pozitivan rast s obzirom na starosnu dob, a varijabilitet se postepeno smanjivao. Utvrđeno je da se povećanjem dobi smanjuje spolna razlike između djece. Promatranjem vršne sile utvrđeno je da djevojčice postižu više vrijednosti te da je vršna sila kod djece od 4-17 godina između 2,0 – 2,5 TT (težina tijela). Primjetno je da se dinamika razvoja sile pri izvedbi skoka značajno mijenja od 4-7 godine a onda se stabilizira na vrijednostima od oko 15 TT/s (težina tijela u sekundi; Focke i sur., 2013).

Dobne i spolne razlike te dinamika razvoja sile u izvedbi specifičnog unilateralnog skoka do sada nije egzaktno utvrđena. Kroz promatranje kinetičkih i kinematičkih parametara različitih dobnih skupina u izvedbi specifičnog unilateralnog dubinsko-daljinskog skoka utvrdit će se spolne razlike prema dobnim skupinama. U ovom istraživanju skakačka izvedba procijenjena je specifičnim unilateralnim dubinsko-daljinskim skokom dok je sprinterska izvedba promatrana kroz maksimalnu brzinu trčanja u testu trčanje na 30 metara. Rezultati ovih testova koristit će se za procjenu skakačke izvedbe (skočnosti) te kinetičkih pokazatelja jakosti i eksplozivne jakosti donjih ekstremiteta. Dubinsko-daljinski skok s povišenja od 30 cm predstavlja specifični test u ovom istraživanju. Specifični unilateralni testovi koriste se u svrhu procjene razine sposobnosti u situacijskim uvjetima. S obzirom na prethodna istraživanja, mali broj znanstvenih studija istražuje dubinske skokove s horizontalnim usmjerenjem a još manji broj promatra na koji način on djeluje na izvedbu skoka kod djece. Rezultati ovog istraživanja imat će praktičan doprinos u smislu usmjeravanja i selekcije djece te boljem razumijevanju kinetičkih i kinematičkih parametara odraza pri jednonožnom dubinskom horizontalnom skoku. Također, osim varijabli skakačke i sprinterske izvedbe, promatrana je dinamika razvoja sile i brzine s povećanjem dobi te će se međusobno usporediti dječaci i djevojčice. Vrednovanjem parametara dubinsko-daljinskog skoka doprinijet će se razumijevanju fizikalnih veličina i struktura koje se manifestiraju u unilateralnim horizontalnim aktivnostima. S obzirom na navedene kinetičke, kinematičke te razvojne specifičnosti, potrebno je detaljnije istražiti na koji se način s povećanjem dobi mijenjaju pokazatelji eksplozivne jakosti i skakačke izvedbe te postoje li razlike između dječaka i djevojčica u izvedbi specifičnog unilateralnog dubinsko-daljinskog skoka. Navedene spoznaje predstavljaju teorijsku osnovu za definiranje problema, ciljeva i hipoteza ovog istraživanja, koji su prikazani u sljedećem poglavlju.

2. CILJEVI I HIPOTEZE ISTRAŽIVANJA

2.1. Ciljevi

Ovaj rad usmjeren je na definiranje skakačke i sprinterske izvedbe kod djece. Skakačka izvedba bit će procijenjena specifičnim unilateralnim dubinsko-daljinskim skokom dok će se sprinterska izvedba promatrati kroz maksimalnu brzinu trčanja u testu trčanje na 30 metara.

Primarni cilj rada je utvrditi spolne i dobne razlike u kinetičkim i kinematičkim parametrima skakačke i sprinterske izvedbe kod djece dobi sedam do deset godina.

Sekundarni cilj je utvrđivanje povezanosti između kinetičkih i kinematičkih parametara specifičnog unilateralnog dubinsko-daljinskog skoka sa skakačkom i sprinterskom izvedbom.

2.2. Hipoteze

H1: Vrijednosti vertikalne vršne sile i vršne dinamike razvoja sile tijekom faze odraza progresivno će se povećavati s dobi, a vrijednost varijable trajanje odraza progresivno će se smanjivati s dobi ispitanika pri izvedbi unilateralnog dubinsko-daljinskog skoka.

H2: Neće biti značajnih razlika između dječaka i djevojčica iste dobi u promatranim kinetičkim i kinematičkim parametrima.

H3: Kinetički i kinematički parametri unilateralnog dubinsko-daljinskog skoka imaju visoku povezanost s duljinom dubinsko-daljinskog skoka i sa sprinterskom izvedbom.

3. METODE

3.1. Uzorak ispitanika

Veličina uzorka ispitanika određena je s pomoću programa G*Power (v3.1.9.7). Za analizu varijance (ANOVA) s četiri skupine, uz razinu statističke značajnosti $p < 0,05$, statističku snagu od 0,80 te očekivanu veličinu učinka $f = 0,25$, izračunat je minimalni potreban uzorak od $N = 360$ ispitanika. Ukupan uzorak ispitanika sastoji se od djece ($N=385$) oba spola. Uzorak je podijeljen prema spolu i dobi. U istraživanju je sudjelovalo 196 djevojčica i 189 dječaka. Uzorak ispitanika činila su djeca koja su bila aktivni polaznici atletskih i univerzalnih sportskih škola odnosno klubova (AK Mladost, AK Dinamo Zrinjevac, AK Ultra, USŠ Black Belt, AK Križevci, AK Bjelovar, USŠ Bjelovar). Kriterij odabira uzorka iz sporta izabran je zato što se kroz trenažni proces ovih sportskih škola koriste vježbe trčanja i skokova. Djeca su se kroz trenažni proces atletske i univerzalne sportske škole upoznali s osnovnim elementima skokova i trčanja što doprinosi standardizaciji izvedbe zadataka te smanjenju utjecaja varijabilnosti tehnike na dobivene rezultate. Uzorak je podijeljen u četiri dobne skupine prema kronološkoj dobi: G1 – 7 godina, G2 – 8 godina, G3 – 9 godina i G4 – 10 godina. Svaka dobna skupina sastojala se od približno 90 ispitanika, a za potrebe analize razlika u kinetičkim i kinematičkim parametrima skakačke i sprinterske izvedbe, unutar svake dobne skupine ispitanici su dodatno podijeljeni prema spolu.

Dob ispitanika određena je kao precizna decimalna kronološka dob na dan testiranja, izračunata na temelju razlike između datuma rođenja i datuma provedbe mjerenja. Prije provedbe istraživanja, od ispitanika odnosno njihovih roditelja zatražena je suglasnost za sudjelovanje u istraživanju.

3.2. Mjerni instrumenti

Za potrebe definiranja morfoloških obilježja (visina i masa tijela) koristio se prijenosni antropometar (SECA 213, Seca GMBH & Co., Njemačka) (Slika 1) i OMRON vaga (BF-511, Omron, Japan) (Slika 2).



Slika 2. Prijenosni antropometar (preuzeto s: <https://www.locum-trade.hr/visinomjer-seca-213-prenosivi-sklopivi-20-205-cm/1233/product/>)



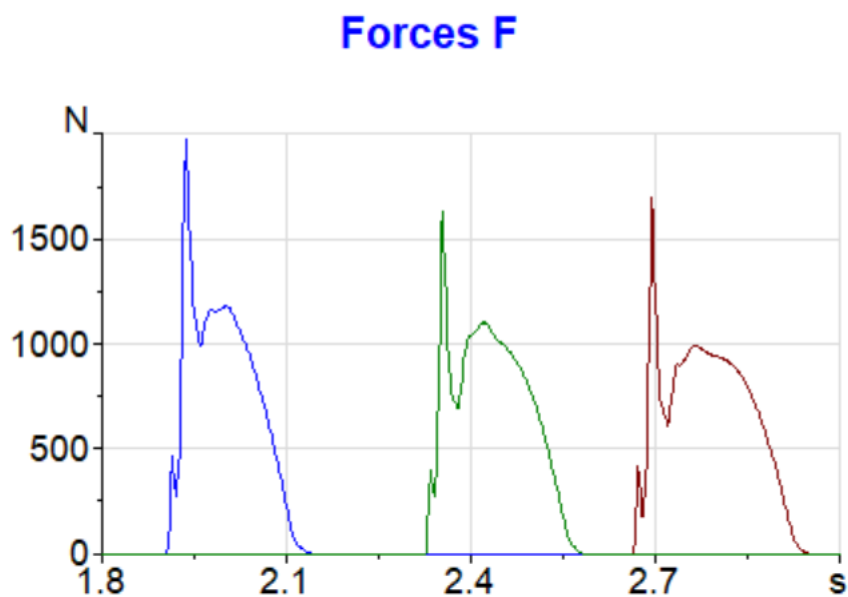
Slika 3. Prijenosna vaga (preuzeto sa: <https://shop-medikor.hr/bf-511-plava./>)

Mjerenje vertikalne vršne sile i vršnog gradijenta sile provodilo se pomoću platforme za mjerenje sile reakcije podloge (Quattro Jump 9290CD, Kistler, Švicarska). Kistlerova platforma je prenosiva što omogućava provedbu dijagnostike u različitim situacijskim uvjetima. Dimenzije platforme su 920x920x125 mm (Slika 3, 5) s masom od 21,6 kg te je pogodna za provođenje mjerenja različitih vrsta skokova. Analiza skokova provodi se direktno u programskom paketu sustava (Quattro Jump Type 2822A1-1, v 1.1.1.4.).



Slika 4. Kistler Quattro Jump (QJ) platforma za mjerenje sile reakcije podloge (preuzeto s: <http://www.bleif.com.ar/descargas/biomecanica/Quattro-Jump-9290.pdf>)

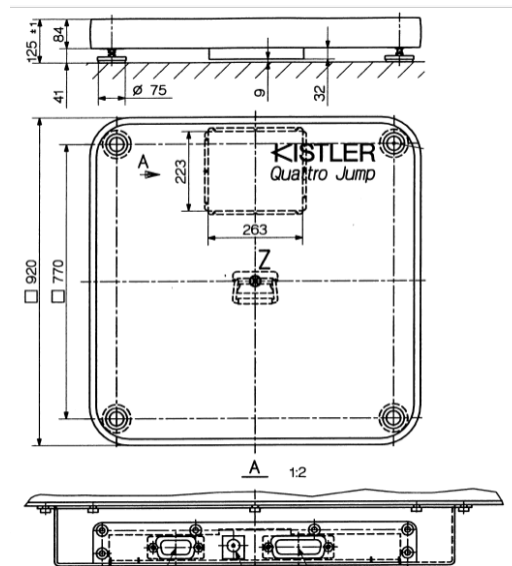
Quattro Jump platforma odmah po završetku testa odnosno skoka prikazuje parametre kao što su vršne sile te dinamika razvoja sile tijekom pojedine mišićne akcije (Slika 4).



Slika 5. Prikaz vršne sile za ponavljana mjerenja u QJ programu

Platforma omogućuje jednostavno i brzo mjerenje većeg broja skokova i ispitanika. U ovom istraživanju koristila se za mjerenje kinetičkih parametara jednonožnog odraza u dalj. S pomoću ove platforme moguće je mjeriti isključivo vertikalnu silu odraza. Brzina uzorkovanja ove platforme je 500 Hz. Visoke vrijednosti pouzdanosti Kistler platforme utvrđene su kod

izvedbe jednonožnih dubinskih skokova i to za parametre vršna sila (Interday ICC = 0,79; Intraday ICC = 0,93) i RFD (Interday ICC = 0,86; Intraday ICC = 0,93) (Celik i sur., 2023). Također, slični rezultati pouzdanosti (ICC= 0,92) utvrđeni su na ponavljanim mjerenjima za generiranu silu (Mauch i sur., 2019).



Slika 6. Dimenzije Quattro Jump platforme (preuzeto s:

<https://www.bleif.com.ar/descargas/biomecanica/Quattro-Jump-9290.pdf>)

Za potrebe ovog istraživanja, platforma je s tvorničkih 12,5 cm podignuta na 13 cm visine. S obzirom na visinu platforme, i razina doskoka je povišena za 13 cm. Za potrebe mjerenja jednonožnog skoka u dalj, konstruirana je drvena platforma s obje strane koja je omogućila da se OptoJump mjerni uređaj postavi na visinu od 13 cm kako bi se precizno izmjerila duljina skoka. S obzirom na te mjere, visina sanduka s kojeg se izvodio saskok bila je 43 cm (Slika 6). Efektivna visina saskoka bila je 30 cm dok je udaljenost sanduka u odnosu na središte platforme bila 120 cm.

Duljina dubinsko-daljinskog skoka mjerila se uz pomoć optičkog mjernog instrumenta (OptoJump, Microgate, Italy). Sustav se sastoji od paralelnih stanica koje međusobno prenose informacije o prostorno-vremenskim parametrima koji se pojavljuju između njih (Slika 7). Za potrebe istraživanja korišteno je 5 metara ovog sustava. Stanice se povezuju sa spojnicama kako bi se osigurala sinkronizacija između pojedinih stanica. Svi podaci se u realnom vremenu prikazuju i pohranjuju u programskom paketu (OptoJump_next; Slika 8).



Slika 7. Mjerenje tjelesne mase ispitanika na QJ platformi



Slika 8. Prikaz OptoJump sustava za mjerenje kinematičkih parametara skoka (preuzeto sa: <http://www.optojump.com/What-is-OptoJump.aspx>)

Ovaj mjerni uređaj prethodno je korišten za promatranje kinematičkih parametara tijekom izvedbe dubinskih skokova (Kummel i sur., 2016). Rezultati (Meylan i sur., 2012) ukazuju na nešto bolje vrijednosti pouzdanosti pri izvedbi bilateralnog ($CV = 2,9\%$; $ICC = 0,95$) u odnosu na unilateralni ($CV = 1,9-4,8\%$; $ICC = 0,87-0,95$) horizontalni skok u dalj.

Vrijeme trčanja na 30 metara i maksimalna brzina trčanja mjerila se uz pomoć fotostanica (Witty_photocells, Microgate, Italy) (Slika 9). Fotostanice su postavljene na udaljenosti 5 metara od starta, te zatim na svakih idućih 5 metara do 30-tog metra.



Slika 9. Prikaz Witty-GATE fotoćelija za mjerenje prolaznih te ukupnog vremena trčanja
(preuzeto sa: <https://training.microgate.it/en/products/witty/wittygate>)

Visoka preciznost fotostanica omogućuje precizno mjerenje vremenskih parametara. Za potrebe ovog istraživanja korišteno je 6 pari fotostanica. Stanice se kontroliraju putem konzole (Slika 10) u kojoj je moguće kreiranje različitih protokola. Za potrebe ovog istraživanja kreiran je protokol koji sadrži 7 podražaja (start + 6 signala sa svake fotoćelije) putem kojih se detektiraju prolazna i završno vrijeme.



Slika 10. Prikaz Witty-TIMER konzole za kontrolu te detektiranje vremena sa fotoćelija
(preuzeto sa: <https://training.microgate.it/en/products/witty/wittytimer>)

Za početak trčanja koristila se podloga za start (Slika 11). Ova podloga kreirana je od istog proizvođača (Start PAD, Microgate, Italy). Ploča se mrežno spaja s konzolom te daje impuls za start. U trenutku kada stopalo napusti ploču započinje mjerenje vremena. Na taj način standardiziran je protokol starta te se poništava utjecaj brzine reakcije na rezultat.



Slika 11. Start PAD sustav za detektiranje startnog impulsa (preuzeto sa: <https://timing.microgate.it/en/products/start-systems/start-pad>)

Witty TIMER i Start PAD sustav međusobno su žično povezani. U konzoli za upravljanje namještene su postavke koje omogućuju da se vrijeme pokreće onog trenutku kada startna ploča ostane bez kontakta sa stopalom.



Slika 12. Baza za start PAD sustav

Za potrebe ovog istraživanja kreirana je baza na koju se postavlja start PAD uređaj. Baza je napravljena tako da se može koristiti u otvorenom i zatvorenom prostoru (Slika 12). Zadnji kraj baze moguće je postaviti uz vertikalnu plohu kako bi ostala statična. Također, za korištenje na atletskoj stazi napravljene su rupe unutar kojih se postavljaju klinovi kako bi ponovno baza mogla ostati stabilna. Na sredini baze napravljeno je povišenje kako bi stražnji dio stopala u fazi starta imao potporu.

3.3. Testovi funkcionalne motoričke izvedbe

3.3.1. Unilateralni dubinsko-daljinski skok

Ispitanik se nalazi na povišenju od 20 cm u dijagonalnom stavu te izvodi saskok na platformu jednonožnim odrazom u dalj. Skok se izvodi odraznom nogom koja je definirana tijekom zagrijavanja tako da je svako dijete skočilo u dalj nakon proizvoljnog zaleta bez zadanih uputa. Ovaj zadatak ponovio se tri puta a prosječna vrijednost rezultata koristila se za daljnju obradu. Noga koja dominira u skokovima definirana je kao odrazna noga. Doskok je sunožan na strunjaču.

Prethodno je utvrđeno da duljina jednonožnog dubinsko-daljinskog skoka s 20 cm visine ima visoku povezanost ($-0,44 < r^2 < -0,65$) s rezultatom sprinta (Holm i sur., 2008). Također, utvrđena je pouzdanost za jednonožni dubinsko-daljinski skok s 20 cm povišenja odnosno njegove kinematičke (ICC 0,90 – 0,95) i kinetičke parametre (0,74 – 0,95) kod odrasle opće populacije uključene u razne sportske aktivnosti (Stalboom i sur., 2007). Dello Iacono i sur. (2017) utvrdili su na uzorku vrhunskih rukometaša visoku pouzdanost između mjerenja horizontalnog dubinsko-daljinskog skoka za varijable vršni gradijent sile (ICC=0,91), dužinu koraka (ICC= 0,88) te trajanje kontakta s podlogom (ICC= 0,91).

Dodatno, za potrebe ovog istraživanja, utvrđena je pouzdanost jednonožnog dubinsko-daljinskog saskoka na uzorku školske djece. Uzorak varijabli činili su kinetički parametri: vršna sila u koncentričnoj i ekscentričnoj fazi odraza (Fmax_CON, Fmax_ECC); dinamika razvoja sile u koncentričnoj i ekscentričnoj fazi odraza (RFDmax_CON, RFDmax_ECC) te kinematički parametar trajanje kontakta s podlogom (Cont_time). Rezultati mjerenih varijabli prikazuju visoku povezanost između dva mjerenja u promatranim varijablama (ICC intervali 0,76-0,89). Ovi nalazi ukazuju na mogućnost primjene dubinsko-daljinskog skoka kod djece školske dobi. (Dukarić i sur., 2021). Također, navedeni test prethodno je korišten za utvrđivanje efekata trenažnog programa kod djece starosti 7-12 godina (Ljubičić, 2022).

Faze skoka:

1. Pripremna faza:

U pripremnoj fazi ispitanik se nalazi u dijagonalnom položaju sa zamašnom nogom ispred i na rubu platforme. Na znak mjeritelja izvodi saskok s odgurivanjem zamašnom nogom. Zatim dolazi do faze leta tijekom koje se izvodi predaktivacija mišićne i priprema za odraz.

2. Odraz:

Faza odraza započinje postavljanjem stopala odrazne noge na platformu (podlogu) i traje do odvajanja stopala odrazne noge od podloge. Sastoji se od ekscentrične i koncentrične komponente odraza koje dijeli trenutak amortizacije.

3. Faza leta:

U fazi leta važno je osigurati ravnotežni položaj i pripremiti se za doskok.

4. Doskok:

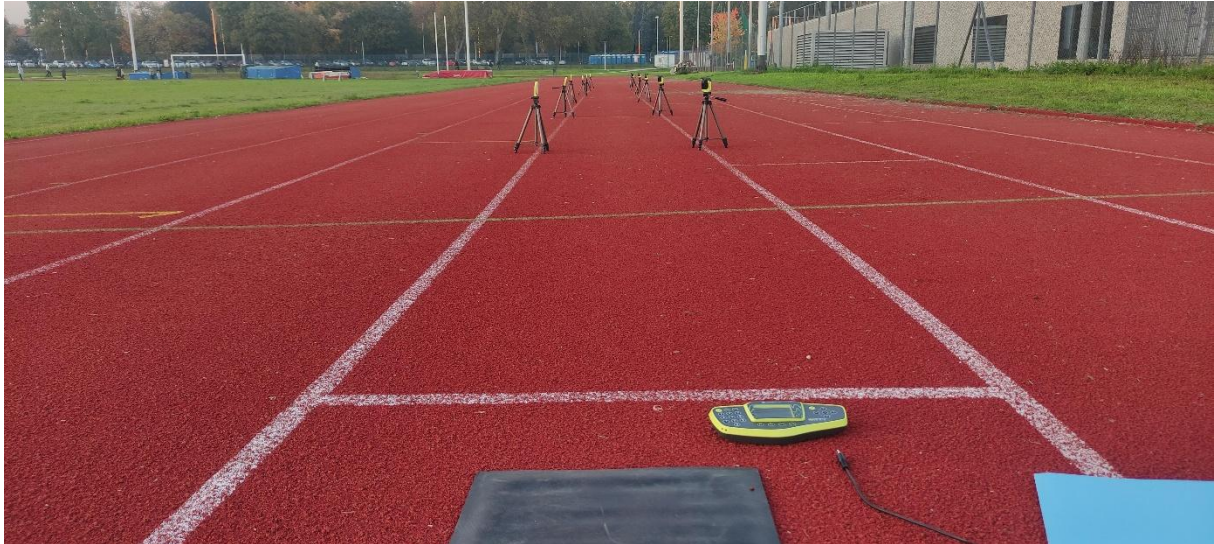
Doskok na strunjaču izvodi se s oba stopala ispred tijela za povećanje duljine skoka. Zbog sigurnosti jako je bitno tijekom doskoka amortizirati silu i doskočiti u čučanj.



Slike 13., 14., 15., 16. prikaz izvedbe dubinsko-daljinskog skoka

3.3.2. Trčanje na 30 metara

Start se izvodi iz visokog startnog položaja sa STARTpad platforme. Nakon starta provodi se trčanje maksimalnom brzinom na dionici od 30 metara s prolaznim vremenima svakih 5 metara.



Slika 17. Prikaz testa trčanje na 30 metara

3.4. Uzorak varijabli

Varijable su podijeljene u četiri osnovne skupine: kinetičke, kinematičke, varijable uspješnosti skakačke izvedbe te varijable uspješnosti sprinterske izvedbe.

Kinetičke varijable odnose se na silu reakcije podloge te dinamike razvoja sile tijekom ekscentrične i koncentrične faze odraza. Ove varijable omogućuju uvid u veličinu generiranja sile pri čemu su u radu izražene u relativnim vrijednostima u odnosu na tjelesnu masu ispitanika. Ovakav pristup analizi kinetičkih parametara primijenjen je i u disertacijama Baković (2016) i Ljubičić (2022) gdje standardizirana odnosno relativna vrijednost omogućuje precizniju analizu rezultata.

Kinematičke varijable opisuju vrijeme trajanja odraza, odnosno trajanje kontakta s podlogom te trajanje pojedinih faza odraza (koncentrična i ekscentrična faza).

Varijable uspješnosti skakačke izvedbe odnose se na rezultat dubinsko-daljinskog skoka, koji predstavlja integrirani pokazatelj eksplozivne jakosti i koordinacije pokreta. Varijable uspješnosti sprinterske izvedbe obuhvaćaju vremena trčanja na dionicama sprinta (5–

30 m), čime se procjenjuju različite faze sprinta, od inicijalne akceleracije do postizanja i održavanja maksimalne brzine.

Kinetički parametri

- CON_F_TT – vertikalna vršna sila generirana u koncentričnoj fazi odraza (TT)
- ECC_F_TT – vertikalna vršna sila generirana u ekscentričnoj fazi odraza (TT)
- CON_RFD_TT – vršna dinamika razvoja sile tijekom koncentrične faze odraza (TT/s)
- ECC_RFD_TT – vršna dinamika razvoja sile tijekom ekscentrične faze odraza (TT/s)

Kinematički parametri

- Kont_t - Trajanje odraza kod dubinsko-daljinskog skoka odrazom dominantnom nogom (ms)
- CON_t – trajanje koncentrične faze odraza (ms)
- ECC_t – trajanje ekscentrične faze odraza (ms)

Varijable procjene uspješnosti skakačke izvedbe

- Skok_d – duljina dubinsko-daljinskog skoka (cm)

Varijable uspješnosti sprinterske izvedbe:

- 5 m - vrijeme trčanja na 5 metara (s)
- 10 m - vrijeme trčanja na 10 metara (s)
- 15 m - vrijeme trčanja na 15 metara (s)
- 20 m - vrijeme trčanja na 20 metara (s)
- 25 m - vrijeme trčanja na 25 metara (s)
- 30 m – vrijeme trčanja na 30 metara (s)

3.5. Protokol istraživanja

Istraživanje je započelo s kontaktiranjem klubova odnosno prikupljanjem uzorka ispitanika. Nakon suglasnosti voditelja klubova, pristupilo se traženju suglasnosti pojedinog ispitanika, odnosno njihovih roditelja, za sudjelovanje u istraživanju. Također, u fazi informiranja i dogovaranja terenskog mjerenja, voditelji odnosno treneri dobili su upute da u sljedećih 4 treninga implementiraju kretne strukture koje se provode u istraživanju te u tom periodu korigiraju tehniku izvedbe. Od klubova je također zatražen popis grupa koje će se testirati kako bi se pravovremeno mogli pripremiti sustavi i protokol mjerenja.

Protokol započinje sa standardiziranim mjerenjem visine i mase tijela. Nakon mjerenja morfoloških obilježja slijedi zagrijavanje kroz vježbe atletske škole (skipovi, sunožni i jednonožni skokovi, trčanje kroz ubrzanja te dinamičko istezanje svih zglobnih sustava). Testiranje započinje dubinsko-daljinskim skokom. Upute u ovom testu su da ispitanik napravi saskok te odraz u dalj dominantnom nogom. Test se provodi s 3 uzastopna ponavljanja. Pravilna tehnika izvedbe skoka jedan je od preduvjeta promatranja izvedbe dubinsko-daljinskog skoka. Svaki skok koji je izveden sunožnim odrazom, nije uzet u obzir.

Pri izvedbi ovih skokova vrlo je važna motivacija za postizanje najboljih rezultata. Zbog toga su na strunjači za doskok nacrtane linije s bodovima te je cilj djeci bio ostvariti što veći broj bodova. Nakon izvedbe skokova, ispitanik započinje s testom trčanje na 30 metara. Ovaj test provodi se jednom.

Povjerenstvo za znanstveni rad i etiku Sveučilišta u Zagrebu Kineziološkog fakulteta u skladu s Helsinškom deklaracijom (mišljenje br. 8/2021) odobrilo je ovo istraživanje.

3.6. Metode obrade podataka

Za potrebe određivanja razlika u kinetičkim i kinematičkim parametrima skakačke i sprinterske izvedbe, djeca su raspoređena u 4 grupe prema kronološkoj dobi: G1 – 7 godina, G2 – 8 godina, G3 – 9 godina, G4 – 10 godina. Svaka dobna grupa podijeljena je dalje prema spolu za potrebe međusobne usporedbe dječaka i djevojčica iste kronološke dobi.

G*power programom izračunat je ukupan uzorak ($n=360$) potreban za provedbu istraživanja uz razinu statističke značajnosti $p < 0,05$; statističku snagu 0,8; veličinu učinka 0,25 i broj grupa 4.

Za daljnju analizu korišteni su sljedeći testovi: Shapiro-wilk, Levenov test, Kruskal-Wallis ANOVA te Cohenov d. Za utvrđivanje normalnosti distribucije koristio se Shapiro - Wilks test normalnosti distribucije. Nadalje, homogenost rezultata utvrdila s Levenovim testom. Uzevši u obzir distribuciju normalnosti i homogenosti za glavnu statističku analizu koristila se neparametrijska statistička metoda Kruskal – Wallis (K-W) univarijatna analiza varijance (ANOVA). Serijom K-W ANOVA testirala se značajnost dobnih i spolnih razlika u promatranim kinetičkim i kinematičkim parametrima. Također, između kinetičkih i kinematičkih parametara dubinsko- daljinskog skoka te parametara procjene uspješnosti skakačke izvedbe (duljina skoka) i parametara procjene uspješnosti sprinterske izvedbe (vrijeme trčanja na 30 metara) se izračunao Spearmanov koeficijent korelacije. Spearmanov koeficijent korelacije korišten je zbog odstupanja od normalnosti distribucije varijabli. Ovaj

koeficijent promatrat će se na temelju raspona koeficijenata (Schober i sur., 2018): vrlo slaba povezanost (0,00 – 0,10); slaba povezanost (0,10 – 0,39); srednja povezanost (0,40 – 0,69); jaka povezanost (0,70 – 0,89); vrlo jaka povezanost (0,90 – 1,00).

Za dodatnu interpretaciju dobnih i spolnih razlika, uz standardne statističke postupke prikazane su apsolutne i relativne promjene između dobnih skupina ($\Delta\%$) te veličine učinka (Cohenov d) između svih dobnih skupina (G1–G2, G2–G3, G3–G4, G1–G3, G1–G4, G2–G4) (Cohen, 1988). Veličina učinka između skupina izračunata je s pomoću Cohenovog d koeficijenta. Veličina učinka interpretirana je prema kriterijima: trivijalni učinak $d < 0,20$; mali učinak 0,20-0,49; srednji učinak 0,50-0,79, veliki učinak $\geq 0,80$.

Prikaz apsolutnih vrijednosti omogućuje uvid u stvarne vrijednosti sile koje ispitanici generiraju tijekom odraza, neovisno o njihovoj tjelesnoj masi. Apsolutne vrijednosti maksimalne sile (Fmax) izražene su u njutnima (N), dok je dinamika razvoja sile (RFDmax) izražena u njutnima po sekundi (N/s). Apsolutne vrijednosti korištene su u deskriptivnoj analizi, dok su za daljnje statističke analize korištene relativne odnosno vrijednosti sila normalizirane u odnosu na tjelesnu težinu (TT; TT/s). Time je omogućena preciznija interpretacija rezultata neovisno o utjecaju tjelesne težine. Maksimalna brzina trčanja (Vmax) dodatno je izračunata kao omjer prijeđenog puta i izmjerene vremena na dionici od 30 metara.

4. REZULTATI

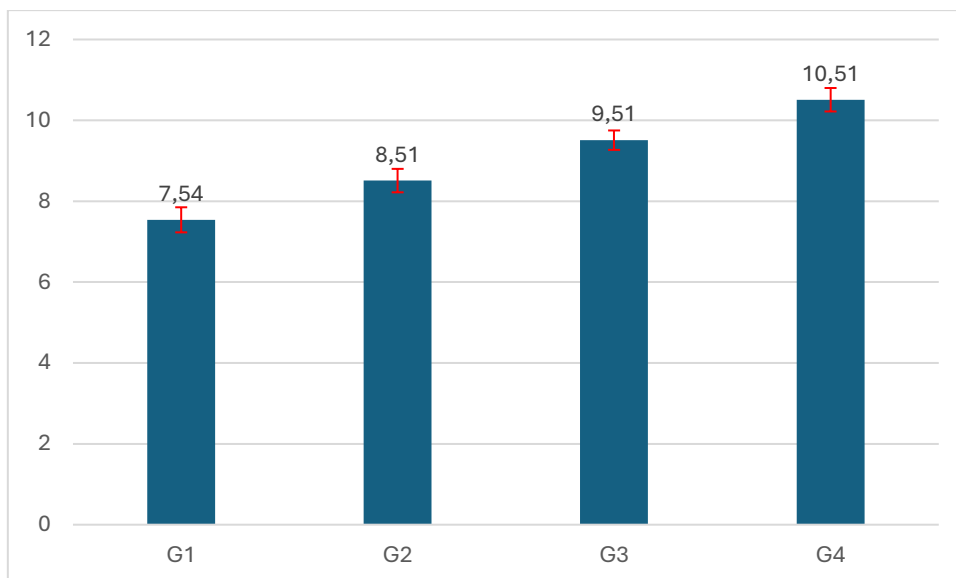
4.1. Deskriptivni pokazatelji uzorka ispitanika

Tablica 1. Deskriptivni pokazatelji osnovnih značajki ispitanika

	Spol	N	AS	Min	Maks	SD
DOB (god)	Ukupno	385	8,95	6,81	11,22	1,16
	Ž	196	8,94	6,81	11,22	1,16
	M	189	8,96	6,81	11,17	1,16
VISINA (cm)	Ukupno	385	139,09	116,50	166,70	9,52
	Ž	196	138,40	116,50	166,70	10,11
	M	189	139,81	121,30	162,50	8,85
MASA (kg)	Ukupno	385	32,86	18,00	66,60	8,24
	Ž	196	31,83	18,00	65,70	7,97
	M	189	33,94	19,20	66,60	8,40

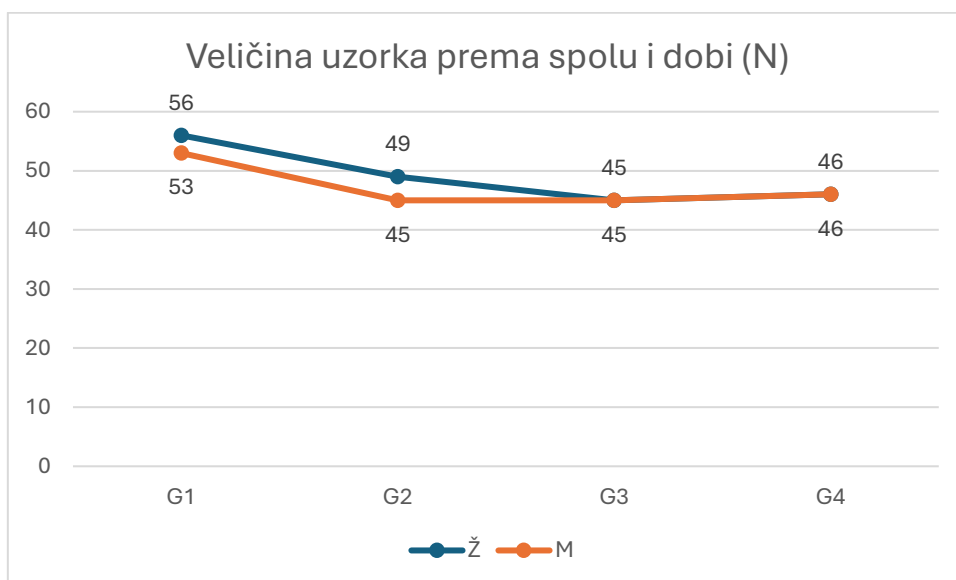
Legenda: Dob – dob ispitanika; Visina – visina tijela; Masa – masa tijela; Spol – spol ispitanika; N – veličina uzorka; AS – aritmetička sredina; Min – minimalna vrijednost; Maks – maksimalna vrijednost; SD – standardna devijacija

U tablici 1. utvrđeni su osnovni deskriptivni pokazatelji dobi, tjelesne visine i tjelesne mase ukupnog broja ispitanika te prema spolu. Od ukupnog broja ispitanika (N=385), djevojčica je bilo 196 dok je dječaka bilo 189. Prosjek godina prema spolu i sveukupno iznosi 8,9 godina. Minimalna dob kod oba spola bila je 6,81 dok je maksimalna kod djevojčica bila 11,22 a kod dječaka 11,17 godina. Promatrajući prosječne vrijednosti visine tijela može se utvrditi da su dječaci za 1,4 cm viši u odnosu na djevojčice. Najviša visina tijela bila je u grupi djevojčica (166,70 cm). Također, najveća odstupanja (10,11 cm) utvrđena su u toj grupi. Masa tijela prati distribuciju visine pa tako grupa dječaka ima veću masu tijela u odnosu na djevojčice za 2,11 kg.



Graf 1. Prosječna dob ispitanika prema dobnim skupinama

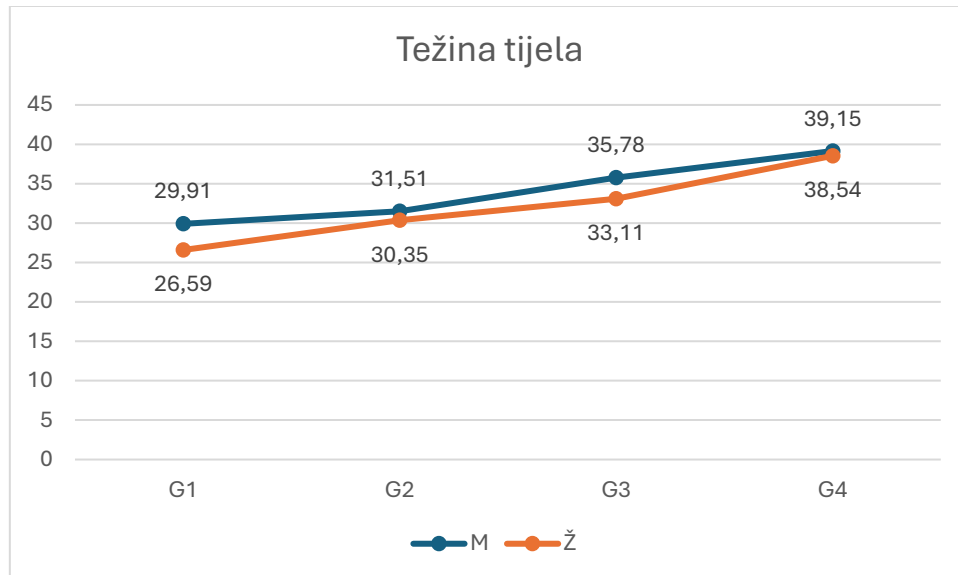
Graf 1. prikazuje prosječne vrijednosti i standardne devijacije dobi ispitanika prema definiranim dobnim skupinama (G1–G4). Najniža prosječna dob zabilježena je u skupini G1 (7,54 godine), dok skupina G2 ima prosječnu dob od 8,51 godinu. U skupini G3 prosječna dob iznosi 9,51 godinu, dok je najviša vrijednost zabilježena u skupini G4 (10,51 godina).



Graf 2. Distribucija uzorka ispitanika prema spolu i dobi u promatranim dobnim skupinama

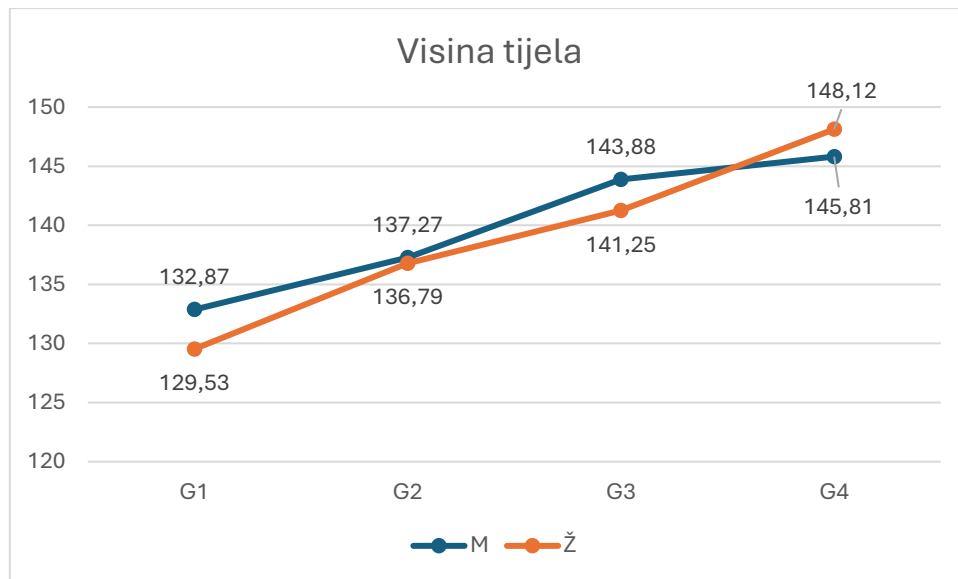
Graf 2. prikazuje raspodjelu veličine uzorka prema spolu unutar pojedinih dobnih skupina (G1–G4). G1 sastoji se od 56 djevojčica i 53 dječaka. U skupini G2 broj djevojčica iznosio je 49, dok je dječaka bilo 45. U skupini G3 broj ispitanika bio je jednak (45 djevojčica

i 45 dječaka), dok je u skupini G4 također zabilježen jednak broj ispitanika (46 djevojčica i 46 dječaka).



Graf 3. Prosječna težina tijela ispitanika prema spolu i dobi

U svim promatranim grupama ispitanika prikazan je trend rasta tjelesne težine s povećanjem dobi (graf 3). Dječaci kroz sve dobne skupine imaju veće prosječne vrijednosti tjelesne težine u odnosu na djevojčice, no razlike se s povećanjem dobi postupno smanjuju.



Graf 4. Prosječna visina tijela ispitanika prema spolu i dobi

Prosječne vrijednosti visine tijela ispitanika prema spolu i dobnim skupinama prikazuju progresivan rast s dobi kod oba spola (graf 4). U skupini G1 prosječna visina dječaka iznosila je 132,87 cm, dok je kod djevojčica iznosila 129,53 cm. U skupini G2 vrijednosti su bile vrlo slične (137,27 cm kod dječaka i 136,79 cm kod djevojčica). U skupini G3 dječaci su u prosjeku bili viši (143,88 cm) u odnosu na djevojčice (141,25 cm). Visina tijela progresivno raste s dobi kod oba spola, a primjetno je da G4 prikazuje veliki prirast djevojčica u visinu u odnosu na dječake.

4.2. Kinetički i kinematički pokazatelji unilateralnog dubinsko-daljinskog skoka

S obzirom na provedene testove u nastavku su deskriptivni pokazatelji promatranih varijabli. Također, prikazane su vrijednosti normalnosti distribucije za pojedinu varijablu. S obzirom na rezultate S-W testa utvrđeno je da varijable nisu normalno distribuirane te se prema tome dalje odabiru pripadajuće metode analize. Od svih promatranih varijabli, CON_F jedina ima normalnu distribuciju rezultata (S-W=0,99; p=0,12).

Tablica 2. Deskriptivni pokazatelji kinetičkih i kinematičkih varijabli te Shapiro-Wilk test normalnosti distribucije

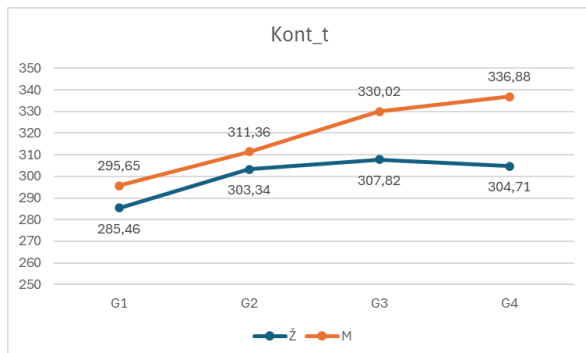
Varijabla	N	AS	Min	Maks	SD	S-W	p
Kont_t (ms)	385	308,43	220,67	478,00	45,44	0,97	0,00*
Skok_d (cm)	385	200,27	103,90	266,00	30,45	0,98	0,00*
ECC_t (ms)	385	42,51	18,00	76,67	11,11	0,98	0,00*
CON_t (ms)	385	259,97	160,67	448,67	48,31	0,98	0,00*
ECC_F_TT (TT)	385	4,44	0,95	12,04	1,51	0,97	0,00*
CON_F_TT (TT)	385	2,77	1,54	4,23	0,49	0,99	0,12
ECC_RFD_TT (TT/s)	385	17,24	2,06	74,69	10,90	0,90	0,00*
CON_RFD_TT (TT/s)	385	4,13	1,30	14,93	2,45	0,78	0,00*

Legenda: N – veličina uzorka; AS – aritmetička sredina; Min – minimalna vrijednost; Maks – maksimalna vrijednost; SD – standardna devijacija; S-W – koeficijent Shapiro-Wilk testa normalnosti distribucije; p – razina značajnosti S-W testa; Kont_t – trajanje kontakta s podlogom; Skok_d – duljina skoka; ECC_t – trajanje ekscentrične faze odraza; CON_t – trajanje koncentrične faze odraza; ECC_F_TT – vršna sila u ekscentričnoj fazi odraza; CON_F_TT – vršna sila u koncentričnoj fazi odraza; ECC_RFD_TT – dinamika razvoja sile u ekscentričnoj fazi odraza; CON_RFD_TT – dinamika razvoja sile u koncentričnoj fazi odraza; 5 m_30 m – prolazna vremena u testu trčanje na 30 metara

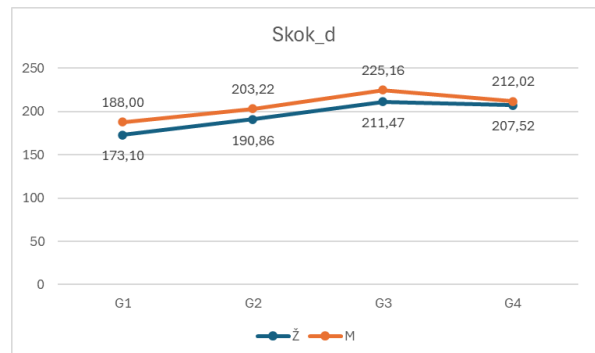
U tablici 2. prikazani su deskriptivni pokazatelji promatranih varijabli. Prosječne vrijednosti trajanja kontakta s podlogom bile su 308,43 ms. Najdulje trajanje odraza iznosilo je 478,00 ms. U prosjeku duljina skoka bila je 200,27 cm. Minimalna vrijednost duljine skoka iznosila je 103,90 cm dok je maksimalna bila 266,00 cm. Prosječno trajanje ekscentrične faze odraza prilikom odraza bilo je 42,51 ms, a koncentrične 259,97 ms. U prosjeku tijekom ekscentrične faze odraza ispitanici su imali maksimalne vrijednosti sile 4,44 TT, dok su u koncentričnoj fazi imali 2,77 TT. Također, dinamika razvoja sile u prosjeku je bila 17,24 TT/s tijekom ekscentrične faze te 4,13 TT/s tijekom koncentrične faze odraza. Promatrajući pokazatelje brzine na 30 metara može se uvidjeti da se povećanjem istrčane dionice povećava i varijabilnost rezultata. Najbrže istrčana dionica na 30 metara bila je 4,97 m/s dok je najsporija

bila 8,49 m/s. U prosjeku ispitanici su imali rezultat 6,27 m/s na 30 metara. Prema rezultatima S-W testa rezultati nisu normalno distribuirani, jedina varijabla sa normalnom distribucijom je CON_F. Prema tome u daljnjim statističkim obradama korištene su odgovarajuće neparametrijske statističke metode.

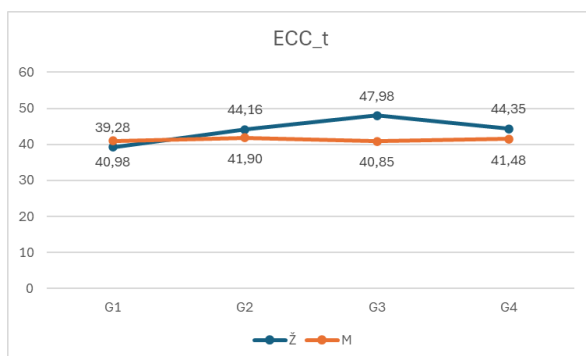
Graf 5.



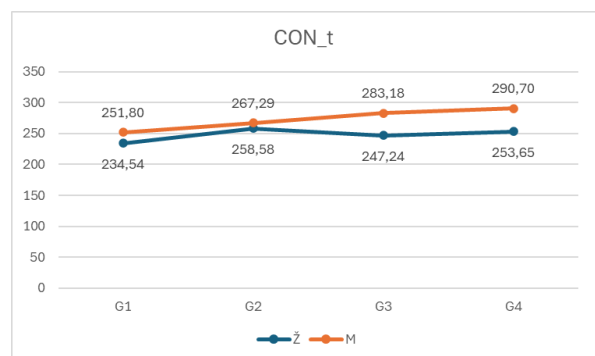
Graf 6.



Graf 7.



Graf 8.



Grafovi 5 - 8. Rezultati kinematičkih parametara unilateralnog dubinsko-daljinskog skoka

Grafovi prikazuju prosječne vrijednosti varijabli Kont_t; Skok_d; ECC_t i Con_t prema dobi i spolu u izvedbi unilateralnog dubinsko-daljinskog skoka. Kod dječaka je utvrđen kontinuirani porast vrijednosti trajanja kontakta s povećanjem dobi, od 295,65 ms u skupini G1 do 336,88 ms u skupini G4. Suprotno tome, kod djevojčica se bilježi porast od G1 (285,46 ms) do G3 (307,82 ms), nakon čega dolazi do smanjenja u skupini G4 (304,71 ms). Kont_t kod dječaka kroz sve grupe prikazuje dulje trajanje u odnosu na djevojčice. Progresivan rast rezultata u varijabli Skok_d utvrđen je od skupine G1 do G3, nakon čega dolazi do smanjenja rezultata u oba spola. Rezultati ukazuju na trend povećanja trajanja kontakta s dobi, izraženiji

kod dječaka nego kod djevojčica. U svim dobnim skupinama dječaci ostvaruju veće vrijednosti trajanja koncentrične faze u odnosu na djevojčice. Progresivan porast trajanja ekscentrične faze odraza kod djevojčica utvrđen je od G1 (40,98 ms) do G3 (47,98 ms), nakon čega dolazi do smanjenja u skupini G4 (44,35 ms). Kod dječaka su vrijednosti relativno stabilne kroz sve dobne skupine, s minimalnim promjenama (od 39,28 ms do 41,90 ms). CON_t prikazuje linearan porast kod dječaka dok kod djevojčica ova faza najdulje traje u G2.

Tablica 3. Relativne promjene ($\Delta\%$) i veličine učinka (Cohenov d) između dobnih skupina za kinematičke parametre unilateralnog dubinsko-daljinskog skoka

Var	G1 - G2		G2-G3		G3-G4		G1-G4		G1-G3		G2-G4	
	$\Delta\%$	d	$\Delta\%$	d	$\Delta\%$	d	$\Delta\%$	d	$\Delta\%$	d	$\Delta\%$	d
Kont_t	-5,5%	-0,40	-3,7%	-0,26	-0,6%	-0,04	-9,5%	-0,70	-8,9%	-0,65	-4,2%	-0,31
Skok_d	-8,3%	-0,58	-9,9%	-0,81	4,1%	0,34	-14,0%	-1,08	-17,4%	-1,35	-6,2%	-0,51
ECC_t	-6,9%	-0,28	-3,0%	-0,13	3,5%	0,13	-6,5%	-0,24	-9,7%	-0,38	0,3%	0,01
CON_t	-7,5%	-0,44	-0,9%	-0,05	-2,6%	-0,14	-10,7%	-0,63	-8,4%	-0,46	-3,5%	-0,20

Legenda: $\Delta\%$ – relativna promjena između dviju dobnih skupina izražena u postocima
d – veličina učinka izražena Cohenovim d koeficijentom; Kont_t – trajanje kontakta s podlogom; Skok_d – duljina skoka;
ECC_t – trajanje ekscentrične faze odraza; CON_t – trajanje koncentrične faze odraza

Tablica 3. prikazuju relativne promjene ($\Delta\%$) i veličine učinka (Cohenov d) između dobnih skupina za analizirane varijable. Veličine učinka interpretirane su prema kriterijima: trivijalne ($\leq 0,19$), male (0,20–0,49), srednje (0,50–0,79) i velike ($\geq 0,80$). Kod varijable trajanja kontakta s podlogom utvrđeno je postupno smanjenje vrijednosti između svih dobnih skupina. Veći raspon u dobi ispitanika prikazuje i značajnije veličine učinka, odnosno usporedba G1–G4 (d = -0,70) i G1–G3 (d = -0,65) ukazuje na srednje i velike učinke. Kod duljine skoka utvrđen je trend promjena između dobnih skupina. Između G1–G2 utvrđen je srednji učinak (d = -0,58), dok između G2–G3 dolazi do velikog učinka (d = -0,81). Između G3–G4 promjene su male (d = 0,34). Najveća veličina učinka utvrđena je između G1–G4 (d = -1,08) i G1–G3 (d = -1,35). Promjene u trajanju ekscentrične faze su male ili trivijalne. CON_t prikazuje

progresivno smanjenje rezultata s dobi, uz učinke koji su većinom mali. Prikazani rezultati ukazuju na činjenicu da se s dobi izraženije mijenja rezultat skoka u odnosu na trajanje odraza.

Tablica 4. Kinetički pokazatelji unilateralnog dubinsko-daljinskog skoka (prosječni rezultati izraženi u apsolutnim vrijednostima)

Grupa	Spol	Fmax_ECC (N)	Fmax_CON (N)	RFDmax_ECC (N/s)	RFDmax_CON (N/s)
G1	M	1332,03	777,21	5891,79	1353,63
	Ž	1344,50	809,33	5786,71	1584,67
G2	M	1418,39	816,59	5835,80	1218,68
	Ž	1298,21	821,15	4616,00	1194,21
G3	M	1430,24	883,15	5413,03	1123,14
	Ž	1330,38	912,05	4152,42	937,49
G4	M	1540,13	965,98	4757,84	1148,79
	Ž	1332,29	1049,57	3702,28	1051,71

Legenda: G1–G4 – dobne skupine ispitanika; M – dječaci; Ž – djevojčice; Fmax_ECC – maksimalna sila u ekscentričnoj fazi odraza (N); Fmax_CON – maksimalna sila u koncentričnoj fazi odraza (N); RFDmax_ECC – maksimalna dinamika razvoja sile u ekscentričnoj fazi (N/s); RFDmax_CON – maksimalna dinamika razvoja sile u koncentričnoj fazi (N/s)

Tablica 4. prikazuje prosječne vrijednosti maksimalne sile (Fmax) i maksimalne dinamike razvoja sile (RFDmax) u ekscentričnoj i koncentričnoj fazi odraza. Rezultati Fmax_ECC pokazuju trend porasta s dobi kod dječaka, od 1332,03 N u skupini G1 do 1540,13 N u skupini G4. Kod djevojčica su vrijednosti relativno stabilne s manjim odstupanjima u rasponu od 1344,50 N u G1 do 1332,29 N u G4. G1 kod djevojčica ima više vrijednosti Fmax_CON u odnosu na dječake iste dobi, dok u G2–G4 ova sila dominira kod dječaka. RFDmax_ECC pokazuje trend smanjenja s dobi kod oba spola. Kod dječaka dolazi do postupnog pada s 5891,79 N/s (G1) prema 4757,84 N/s (G4), dok je kod djevojčica smanjenje rezultata još izraženije, od 5786,71 N/s (G1) do 3702,28 N/s (G4). U svim dobnim skupinama dječaci ostvaruju veće vrijednosti RFD-a u odnosu na djevojčice. Prema prikazanim rezultatima distribucija maksimalne sile progresivno raste dok se RFD progresivno smanjuje.

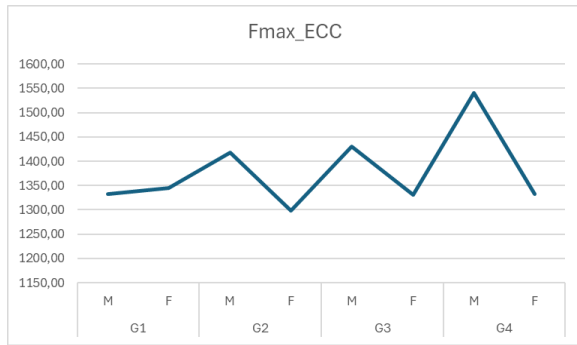
Tablica 5. Kinetički pokazatelji unilateralnog dubinsko-daljinskog skoka (prosječni rezultati izraženi u relativnim vrijednostima)

Grupa	Spol	Fmax_ECC_TT (TT)	Fmax_CON_TT (TT)	RFDmax_ECC_TT (TT/s)	RFDmax_CON_TT (TT/s)
G1	M	4,67	2,70	21,50	4,97
	Ž	5,28	3,13	23,38	6,38
G2	M	4,70	2,68	19,87	4,12
	Ž	4,44	2,76	16,70	4,26
G3	M	4,26	2,55	16,75	3,48
	Ž	4,19	2,84	13,42	2,95
G4	M	4,07	2,55	13,49	3,23
	Ž	3,62	2,82	10,58	2,92

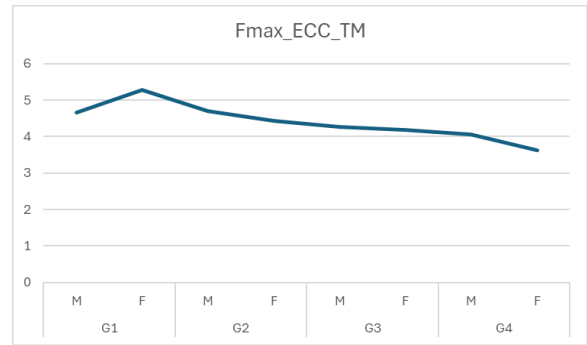
Legenda: G1–G4 – dobne skupine ispitanika; M – dječaci; Ž – djevojčice; Fmax_ECC_TT – maksimalna sila u ekscentričnoj fazi odraza (TT); Fmax_CON_TT – maksimalna sila u koncentričnoj fazi odraza (TT); RFDmax_ECC_TT – maksimalna dinamika razvoja sile u ekscentričnoj fazi (TT/s); RFDmax_CON_TT – maksimalna dinamika razvoja sile u koncentričnoj fazi (TT/s)

U Tablici 5. prikazane su relativne vrijednosti maksimalne sile (Fmax) i dinamike razvoja sile (RFDmax) u ekscentričnoj i koncentričnoj fazi odraza, izražene u odnosu na tjelesnu masu ispitanika. Relativne vrijednosti sile omogućuju precizniji uvid u sposobnost generiranja sile neovisno o razlikama u tjelesnoj masi. Relativne vrijednosti ekscentrične sile (Fmax_ECC_TT) pokazuju trend smanjenja s dobi kod oba spola. Kod dječaka dolazi do pada s 4,67 TT u skupini G1 na 4,07 TT u skupini G4, dok je kod djevojčica pad izraženiji, od 5,28 TT u G1 na 3,62 TT u G4. U varijabli RFDmax_ECC_TT dolazi do linearnog smanjenja rezultata s povećanjem dobi. Kod dječaka vrijednosti se smanjuju s 21,5 TT/s u G1 na 13,49 TT/s u G4, dok kod djevojčica dolazi do još izraženijeg pada, od 23,38 TT/s na 10,58 TT/s. U svim dobnim skupinama dječaci ostvaruju veće vrijednosti u odnosu na djevojčice (osim u G1), što ukazuje na veću sposobnost brzog generiranja sile u odnosu na tjelesnu masu, osobito u starijoj dobi. Sličan obrazac prisutan je i u koncentričnoj fazi, gdje dolazi do smanjenja vrijednosti s dobi kod oba spola. Kod dječaka vrijednosti padaju s 4,97 TT/s na 3,23 TT/s, dok kod djevojčica dolazi do smanjenja s 6,38 TT/s na 2,92 TT/s.

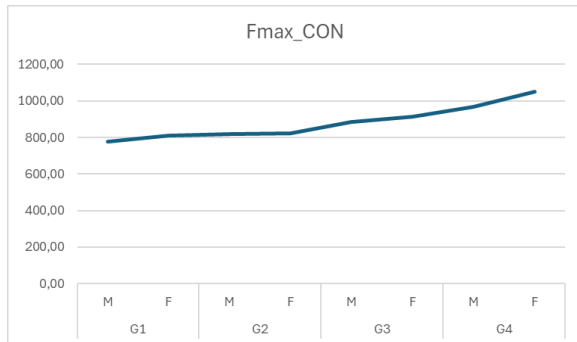
Graf 9. Vršna sila u ekscentričnoj fazi (apsolutna)



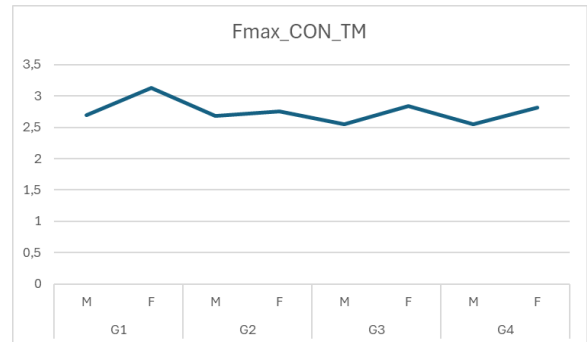
Graf 10. Vršna sila u ekscentričnoj fazi (relativna)



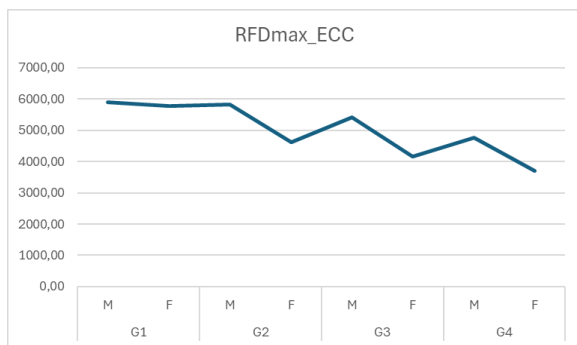
Graf 11. Vršna sila u koncentričnoj fazi (apsolutna)



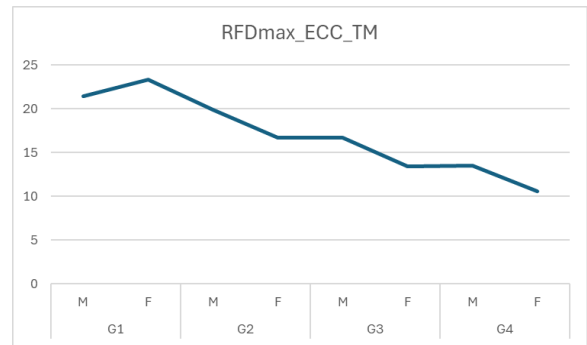
Graf 12. Vršna sila u koncentričnoj fazi (relativna)



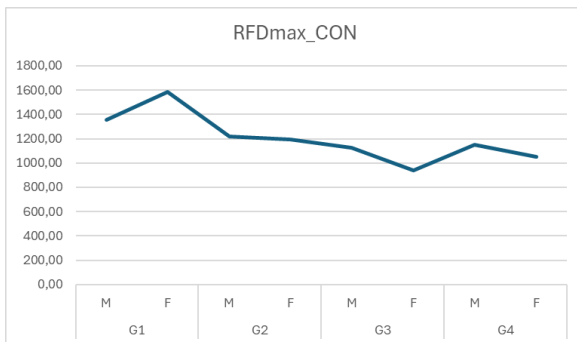
Graf 13. RFD u ekscentričnoj fazi (apsolutni)



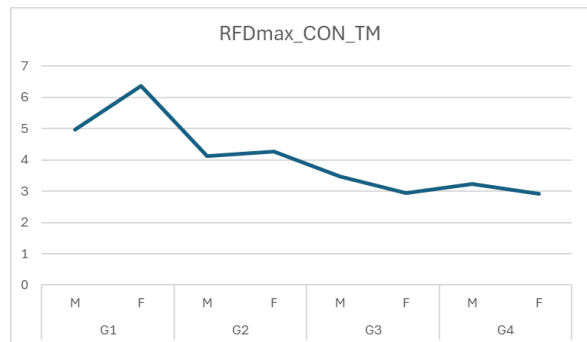
Graf 14. RFD u ekscentričnoj fazi (relativni)



Graf 15. RFD u koncentričnoj fazi (apsolutni)



Graf 16. RFD u koncentričnoj fazi (relativni)



Grafovi 9 – 16. Prikaz distribucije apsolutnih i relativnih kinetičkih pokazatelja prema dobi i spolu kod unilateralnog dubinsko-daljinskog skoka

Apsolutne vrijednosti ekscentrične sile (F_{max_ECC}) ukazuju na trend porasta s dobi, osobito kod dječaka (graf 9). Najviše vrijednosti postižu se u najstarijoj dobnoj skupini, dok su u mlađim skupinama razlike između spolova manje izražene.

Suprotno tome, relativne vrijednosti ekscentrične sile ($F_{max_ECC_TT}$) pokazuju jasan trend smanjenja s dobi kod oba spola (graf 10). Apsolutna koncentrična sila (graf 11) pokazuje kontinuirani porast s dobi, s izraženijim vrijednostima u starijim dobnim skupinama.

Varijabla $F_{max_CON_TT}$ kroz sve dobne skupine prikazuje veće rezultate djevojčica, a povećanjem dobi vrijednosti se zadržavaju u rasponu od 2,55 TT/s do 3,13 TT/s (graf 12).

Apsolutne i relativne vrijednosti dinamike razvoja sile u ekscentričnoj fazi odraza prikazuju smanjenje rezultata s dobi (Grafovi 13 i 14). Najviše vrijednosti zabilježene su u G1, dok od G2 do G4 dolazi do progresivnog smanjenja rezultata. Sličan obrazac prisutan je i u koncentričnoj fazi gdje se s povećanjem dobi smanjuju vrijednosti dinamike razvoja sile (Grafovi 15 i 16).

Tablica 6. Relativne promjene ($\Delta\%$) i veličine učinka (Cohenov d) između dobnih skupina za kinetičke parametre unilateralnog dubinsko-daljinskog skoka (relativne vrijednosti)

Varijabla	G1 - G2		G2-G3		G3-G4		G1-G4		G1-G3		G2-G4	
	$\Delta\%$	d	$\Delta\%$	d	$\Delta\%$	d	$\Delta\%$	d	$\Delta\%$	d	$\Delta\%$	d
ECC_F_TT	9,2%	0,26	8,1%	0,23	9,6%	0,29	29,4%	0,79	18,0%	0,48	18,4%	0,53
CON_F_TT	7,4%	0,38	0,7%	0,04	0,4%	0,02	8,6%	0,48	8,1%	0,45	1,1%	0,06
ECC_RFD_TT	23,3%	0,36	20,7%	0,30	25,3%	0,36	86,5%	1,03	48,8%	0,67	51,3%	0,67
CON_RFD_TT	35,8%	0,55	30,5%	0,49	4,2%	0,09	84,7%	1,09	77,3%	0,98	36,0%	0,61

Legenda: $\Delta\%$ – relativna promjena između dviju dobnih skupina izražena u postocima
d – veličina učinka izražena Cohenovim d koeficijentom; $F_{max_ECC_TT}$ – maksimalna sila u ekscentričnoj fazi odraza (TT);
 $F_{max_CON_TT}$ – maksimalna sila u koncentričnoj fazi odraza (TT); $RFD_{max_ECC_TT}$ – maksimalna dinamika razvoja sile u ekscentričnoj fazi (TT/s); $RFD_{max_CON_TT}$ – maksimalna dinamika razvoja sile u koncentričnoj fazi (TT/s)

Tablica 6. prikazuje postotak promjene ($\Delta\%$) i veličine učinka (Cohenov d) za relativne vrijednosti sile i dinamike razvoja sile između dobnih skupina. Kod varijable ECC_F_TT primjetno je progresivno povećanje vrijednosti od G1 – G4. Mali učinak utvrđen je u G1–G2: $d = 0,26$; G2–G3: $d = 0,23$; G3–G4: $d = 0,29$. Veći raspon godina posljedično utječe i na više vrijednosti učinka. U varijabli CON_F_TT promjene su znatno manje izražene te ukazuju na male ili beznačajne učinke ($d = 0,02 - 0,48$). Primjetno je da RFD_TT u koncentričnoj i ekscentričnoj fazi odraza ima izraženije promjene. Najveće promjene između dobnih skupina zabilježene su u varijablama dinamike razvoja sile (ECC_RFD_TT i CON_RFD_TT), gdje su prisutni srednji i veliki učinci. Relativna ekscentrična sila pokazuje porast s dobi, dok relativna koncentrična sila prikazuje promjenu između G1 i G2 (7,4%) a kasnije ostaje jednaka između dobnih skupina.

Tablica 7. Levenov test homogenosti

	F	p
Kont_t	0,31	0,82
Skok_d	1,20	0,31
ECC_t	1,21	0,30
CON_t	0,34	0,80
ECC_F_TT	3,17	0,02*
CON_F_TT	1,49	0,22
ECC_RFD_TT	5,67	0,00*
CON_RFD_TT	20,59	0,00*

Legenda: F – vrijednost Levenovog testa homogenosti varijanci; p – razina značajnosti $p < 0,05$ označava statistički značajnu razliku u varijancama između grupa

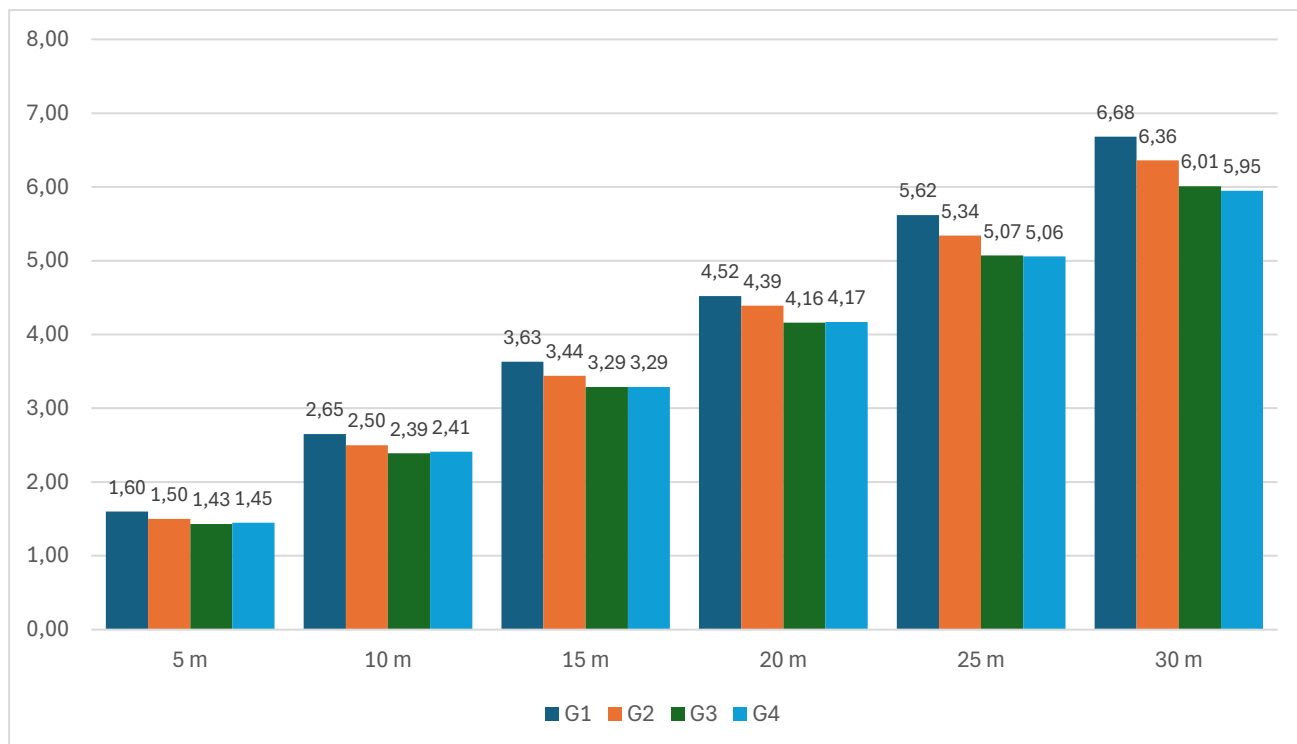
Levenov test (tablica 7) pokazao je da za većinu varijabli nije utvrđeno statistički značajno odstupanje od homogenosti varijanci ($p > 0,05$), uključujući trajanje kontakta s podlogom (Kont_t), duljinu skoka (Skok_d), trajanje ekscentrične (ECC_t) i koncentrične faze (CON_t), kao i relativnu silu u koncentričnoj fazi (CON_F_TT). Navedeni rezultati ukazuju na to da su varijance između skupina za ove varijable homogene. Varijable koje se odnose na relativnu silu u ekscentričnoj fazi (ECC_F_TT) te dinamiku razvoja sile u ekscentričnoj (ECC_RFD_TT) i koncentričnoj fazi (CON_RFD_TT) utvrđene su statistički značajne razlike u varijancama između skupina ($p < 0,05$). Ovi rezultati ukazuju na narušenu homogenost varijanci, što implicira veću varijabilnost rezultata između promatranih skupina za navedene varijable.

4.3. Kinematički pokazatelji sprinterske izvedbe

Tablica 8. Deskriptivni pokazatelji prolaznih vremena u testu trčanje na 30 metara i rezultati S-W testa normalnosti distribucije

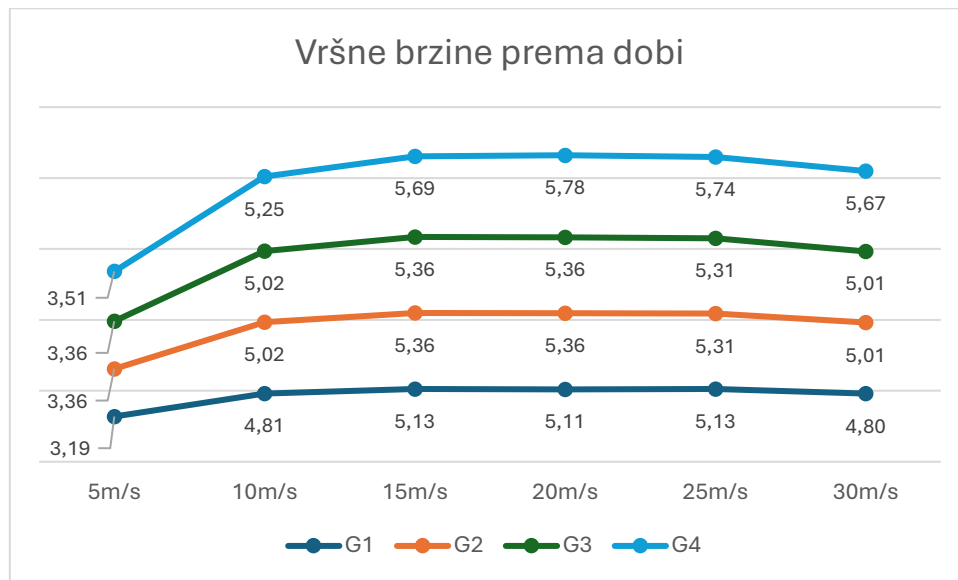
Varijabla	N	AS	Min	Maks	SD	S-W	p
5 m (s)	385	1,50	1,15	2,31	0,21	0,90	0,00*
10 m (s)	385	2,49	2,00	3,42	0,26	0,95	0,00*
15 m (s)	385	3,42	2,72	4,67	0,33	0,96	0,00*
20 m (s)	385	4,35	3,55	5,90	0,42	0,97	0,00*
25 m (s)	385	5,29	4,24	7,17	0,52	0,97	0,00*
30 m (s)	385	6,27	4,97	8,49	0,64	0,97	0,00*

Legenda: N – veličina uzorka; AS – aritmetička sredina; Min – minimalna vrijednost; Maks – maksimalna vrijednost; SD – standardna devijacija; S-W – koeficijent Shapiro-Wilk testa normalnosti distribucije; p – razina značajnosti S-W testa; 5 m_30 m – prolazna vremena u testu trčanje na 30 metara (s); * - statistički značajna razlika uz $p < 0,05$; 5 m_30 m – prolazna vremena u testu trčanje na 30 metara



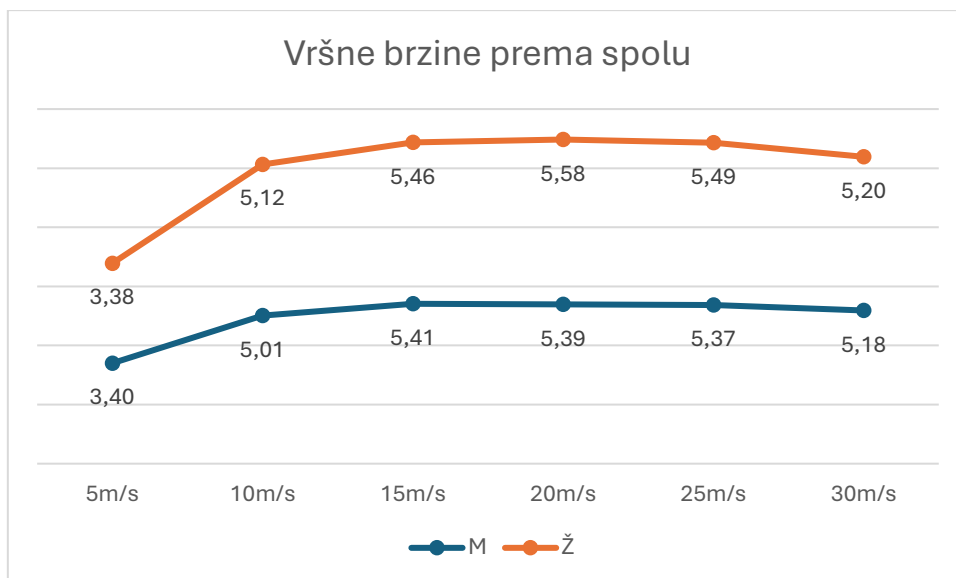
Graf 17. Prolazna vremena u testu trčanje na 30 metara prema dobi (s)

Na grafu 17. prikazana su prosječna vremena trčanja na dionicama od 5 do 30 metara prema dobnim skupinama (G1–G4). Utvrđen je jasan trend smanjenja vremena trčanja s povećanjem dobi, što ukazuje na poboljšanje sprinterske izvedbe. Promatranjem svih mjerenih dionica najsporija vremena postiže skupina G1, dok skupina G4 ostvaruje najbrža vremena.



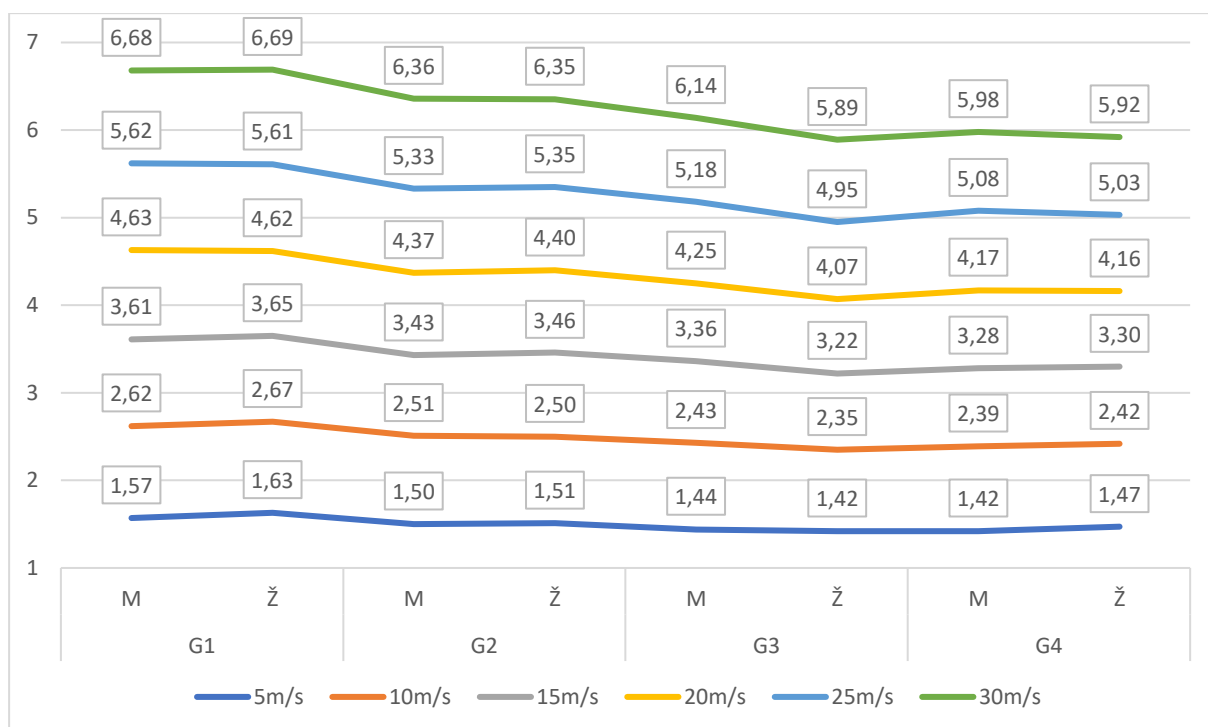
Graf 18. Vršne brzine prema prolaznim vremenima za pojedinu dob (m/s)

Graf 18. prikazuje vršne brzine ostvarene na različitim dionicama sprinta (5–30 m) prema dobnim skupinama. Vidljiv je jasan trend porasta brzine s dobi, pri čemu skupina G4 postiže najviše vrijednosti, a skupina G1 najniže. Kod svih skupina brzina raste od početne faze sprinta (5 m) do 15 odnosno 20 m, nakon čega dolazi do stabilizacije ili blagog pada brzine prema kraju dionice (30 m). Ovakav obrazac ukazuje na postizanje maksimalne brzine u srednjem dijelu sprinterskog trčanja.



Graf 19. Vršne brzine u prolaznim vremenima prema spolu (m/s)

Vršne brzine prikazane u grafu 19. prikazuju veće vrijednosti kod djevojčica u odnosu na dječake kroz prolazna vremena od 10 do 30 m. Kod oba spola uočava se sličan obrazac kretanja brzine, s porastom od 5 m do približno 15–20 m, nakon čega slijedi stabilizacija ili blagi pad prema 30 m. Grafovi 15-17 prikazuju da se s povećanjem dobi unaprjeđuje sprinterska izvedba.



Graf 20. Dinamika brzine trčanja prema dobi i spolu

Graf 20. prikazuje distribuciju rezultata trčanja djece na različitim dionicama (5 m/s, 10 m/s, 15 m/s, 20 m/s, 25 m/s i 30 m/s) prema dobi i spolu. Na grafu je vdiljiv trend poboljšanja rezultata s porastom dobi, odnosno starije dobne skupine G3 i G4 ostvaruju bolje rezultate u odnosu na skupine G1 i G2. Primjetno je da G3 kod djevojčica ima najbolje rezultate kroz sva prolazna vremena.

Tablica 9. Relativne promjene ($\Delta\%$) i veličine učinka (Cohenov d) između dobnih skupina za test trčanje na 30 m

Var	G1 - G2		G2-G3		G3-G4		G1-G4		G1-G3		G2-G4	
	$\Delta\%$	d	$\Delta\%$	d	$\Delta\%$	d	$\Delta\%$	d	$\Delta\%$	d	$\Delta\%$	d
5 m	6,7%	0,47	4,9%	0,42	-1,4%	-0,11	10,3%	0,68	11,9%	0,78	3,4%	0,29
10 m	6,0%	0,58	4,6%	0,56	-0,8%	-0,09	10,0%	0,89	10,9%	1,01	3,7%	0,42
15 m	5,5%	0,59	4,6%	0,59	0,0%	0,00	10,3%	1,01	10,3%	1,06	4,6%	0,54
20 m	5,2%	0,57	5,5%	0,69	-0,2%	-0,03	10,8%	1,08	11,1%	1,15	5,3%	0,62
25 m	5,2%	0,57	5,3%	0,64	0,2%	0,02	11,1%	1,11	10,8%	1,12	5,5%	0,64
30 m	5,0%	0,52	5,8%	0,68	1,0%	0,12	12,3%	1,19	11,1%	1,13	6,9%	0,76

Legenda: $\Delta\%$ – relativna promjena između dviju dobnih skupina izražena u postocima
d – veličina učinka izražena Cohenovim d koeficijentom; 5 m_30 m – prolazna vremena u testu trčanje na 30 metara

Tablica 9. prikazuje relativne promjene ($\Delta\%$) i veličine učinka (Cohenov d) za vrijeme sprinta na dionicama od 5 do 30 metara između dobnih skupina G1 – G4. Između skupina G1–G2 i G2–G3 zabilježeni su mali učinci ($d = 0,47$ i $d = 0,42$), dok je između G3–G4 promjena beznačajna ($d = -0,11$). Usporedbe udaljenijih skupina pokazuju srednje učinke (G1–G4: $d = 0,68$; G1–G3: $d = 0,78$), dok je G2–G4 mali učinak ($d = 0,29$). Rezultati ukazuju na izraženije promjene u ranim fazama razvoja, uz stabilizaciju u starijoj dobi. Primjetno je da skupine G3 i G4 imaju male postotne promjene kroz sve dionice trčanja. Rezultati ukazuju na progresivno poboljšanje sprinterske izvedbe s dobi, pri čemu su najveće promjene zabilježene kod skupina od G1 do G3 dok su između G3 i G4 učinci beznačajni.

Tablica 10. Levenov test homogenosti

Varijabla	F	p
5 m	8,36	0,00*
10 m	6,24	0,00*
15 m	4,28	0,01*
20 m	3,19	0,02*
25 m	1,49	0,22
30 m	2,38	0,07

Legenda: F – vrijednost Levenovog testa homogenosti varijanci; p – razina značajnosti $p < 0,05$ označava statistički značajnu razliku u varijancama između grupa

Tablica 10. prikazuje rezultate homogenosti varijanci za varijable sprinterske izvedbe. Statistički značajna odstupanja od homogenosti varijanci utvrđena su za dionice 5 m ($F = 8,36$; $p < 0,05$), 10 m ($F = 6,24$; $p < 0,05$), 15 m ($F = 4,28$; $p = 0,01$) i 20 m ($F = 3,19$; $p = 0,02$). Ovi rezultati ukazuju na to da varijance između djevojčica i dječaka nisu jednake u navedenim dionicama, odnosno da postoji heterogenost varijanci.

Za vremena trčanja na dionicama 25 m ($F = 1,49$; $p = 0,22$) i 30 m ($F = 2,38$; $p = 0,07$) nisu utvrđene statistički značajne razlike u varijancama između spolova ($p > 0,05$).

4.4. Razlike u kinetičkim i kinematičkim parametrima skakačke i sprinterske izvedbe

Tablica 11. Razlike u kinetičkim i kinematičkim parametrima prema spolu za ukupan uzorak

Varijabla	Spol	AS	SD	p	d
Kont_t (ms)	Ž	299,58	41,31	0,00*	-0,40
	M	317,61	47,77		
Skok_d (cm)	Ž	194,43	31,32	0,00*	-0,40
	M	206,32	28,36		
ECC_t (ms)	Ž	43,69	11,57	0,10	0,22
	M	41,29	10,51		
CON_t (ms)	Ž	247,95	44,24	0,00*	-0,52
	M	272,43	49,30		
ECC_F_TT (TT)	Ž	4,43	4,55	0,77	-0,23
	M	4,43	1,50		
CON_F_TT (TT)	Ž	2,90	0,49	0,00*	0,18
	M	2,62	0,45		
ECC_RFD_TT (TT/s)	Ž	16,42	10,40	0,17	-0,33
	M	18,03	11,43		
CON_RFD_TT (TT/s)	Ž	4,25	2,57	0,44	-0,01
	M	3,99	2,34		
5 m (s)	Ž	1,51	0,24	0,72	0,12
	M	1,49	0,17		
10 m (s)	Ž	2,50	0,29	0,36	0,02
	M	2,49	0,23		
15 m (s)	Ž	3,42	0,36	0,43	-0,01
	M	3,43	0,30		
20 m (s)	Ž	4,33	0,45	0,23	-0,08
	M	4,37	0,40		
25 m (s)	Ž	5,26	0,54	0,14	-0,11
	M	5,32	0,50		
30 m (s)	Ž	6,24	0,66	0,23	-0,11
	M	6,31	0,62		

Legenda: Ž – djevojčice; M – dječaci; AS – aritmetička sredina; SD – standardna devijacija; p - razina značajnosti; * - statistički značajna razlika uz $p < 0,05$; d – veličina učinka izražena Cohenovim d koeficijentom; Spol – spol ispitanika; Kont_t – trajanje kontakta s podlogom; Skok_d – duljina skoka; ECC_t – trajanje ekscentrične faze odraza; CON_t – trajanje koncentrične faze odraza; ECC_F_TT – vršna sila u ekscentričnoj fazi odraza; CON_F_TT – vršna sila u koncentričnoj fazi odraza; ECC_RFD_TT – dinamika razvoja sile u ekscentričnoj fazi odraza; CON_RFD_TT – dinamika razvoja sile u koncentričnoj fazi odraza; 5m_30m – prolazna vremena u testu trčanje na 30 metara

U tablici 11. nalaze se razlike između promatranih varijabli prema spolu za sve ispitanike. Statistički značajne razlike između spolova utvrđene su u varijablama Kont_t ($p < 0,05$), Skok_d ($p < 0,05$), CON_t ($p < 0,05$) i CON_F_TT ($p < 0,05$). Veličine učinka za ove varijable kreću se od malih do srednjih ($d = -0,40$ za Kont_t i Skok_d; $d = -0,52$ za CON_t), dok je za CON_F_TT trijavalan učinak ($d = 0,18$).

Ostale varijable pokazatelja skakačke izvedbe ne prikazuju statistički značajne razlike između spolova ($p > 0,05$).

Kod varijabli sprinterske izvedbe (5–30 m) nisu utvrđene statistički značajne razlike ($p > 0,05$), a veličine učinka su trivijalne do male ($d = -0,11$ do $0,12$), što ukazuje na slične sposobnosti između spolova u promatranom uzorku.

Tablica 12. Spolne razlike u skakačkoj i sprinterskoj sposobnosti prema dobi

Gruppa	G1		G2		G3		G4	
	H	p	H	p	H	p	H	p
Kont_t	1,15	0,29	0,67	0,41	5,02	0,03*	8,79	0,00*
Skok_d	8,86	0,00*	5,19	0,02*	6,51	0,01*	0,85	0,36
ECC_t	0,25	0,62	0,40	0,53	6,91	0,01*	0,36	0,55
CON_t	4,35	0,04*	0,67	0,41	10,90	0,00*	13,08	0,00*
ECC_F_TT	5,82	0,02*	0,69	0,41	0,12	0,73	4,65	0,03*
CON_F_TT	17,45	0,00*	1,18	0,27	9,48	0,00*	9,09	0,00*
ECC_RFD_TT	0,79	0,37	1,93	0,16	0,37	0,54	4,03	0,04*
CON_RFD_TT	5,45	0,02*	0,57	0,45	0,05	0,81	0,65	0,42
5 m	0,00	0,96	0,08	0,78	0,85	0,36	0,23	0,63
10 m	0,07	0,79	0,02	0,88	4,97	0,03*	0,04	0,84
15 m	0,00	0,93	0,77	0,38	5,85	0,02*	0,00	0,99
20 m	0,17	0,68	0,47	0,49	6,86	0,00*	0,18	0,67
25 m	0,46	0,49	0,18	0,67	5,82	0,02*	0,70	0,40
30 m	0,07	0,79	0,00	0,95	5,67	0,02*	0,60	0,43

Legenda: H – vrijednost K-W testa; p – razina značajnosti; * – statistički značajna razlika uz $p < 0,05$; Kont_t – trajanje kontakta s podlogom; Skok_d – duljina skoka; ECC_t – trajanje ekscentrične faze odraza; CON_t – trajanje koncentrične faze odraza; ECC_F_TT – vršna sila u ekscentričnoj fazi odraza; CON_F_TT – vršna sila u koncentričnoj fazi odraza; ECC_RFD_TT – dinamika razvoja sile u ekscentričnoj fazi odraza; CON_RFD_TT – dinamika razvoja sile u koncentričnoj fazi odraza; 5m_30m – prolazna vremena u testu trčanje na 30 metara

Analiza razlika između dobnih skupina (G1–G4) pokazala je da se statistički značajne razlike pojavljuju u većini kinetičkih i kinematičkih varijabli skoka, dok su razlike u sprinterskim varijablama izraženije u starijim dobnim skupinama. Varijabla trajanje kontakta s podlogom značajno se razlikuje kod G3 i G4. Spolne razlike prema pojedinoj dobi prikazuju značajne razlike u varijabli Skok_d kod G1, G2, G3. Nadalje, trajanje ekscentrične faze (ECC_t) odraza razlikuje se samo kod G2. Za varijable CON_t i CON_f nije utvrđena razlika samo kod G2. Ekscentrična vršna sila razlikuje se u G1 i G2. Dinamika razvoja sile u ekscentričnoj fazi razlikuje se kod G4 dok se u koncentričnoj fazi razlikuje samo kod G1.

Analiza parametara trčanja na 30 m prikazuje da u skupinama G1 i G2 nisu utvrđene statistički značajne razlike ni na jednoj promatranoj dionici (5–30 m). U skupini G3 utvrđene su statistički značajne razlike na svim dionicama od 10 do 30 m ($p < 0,05$), dok u skupini G4 nisu zabilježene statistički značajne razlike ni na jednoj dionici sprinta.

4.4.1. Dobne razlike u skakačkoj i sprinterskoj izvedbi djece sedam do deset godina

U nastavku su podijeljeni rezultati u odnosu na sprintersku i skakačku aktivnost djece. Skakačka aktivnost djece promatrala se putem unilateralnog horizontalnog dubinsko-daljinskog skoka. S obzirom na distribuciju rezultata koristio se Kruskal-Wallis test za definiranje razlika između promatranih parametara. Djeca su raspoređena u 4 grupe prema kronološkoj dobi: G1 – 7 godina, G2 – 8 godina, G3 – 9 godina, G4 – 10 godina.

Tablica 13. Kruskal-Wallis ANOVA prema dobi za parametre skoka

Skakačka izvedba				
Kont_t (H=31,38 ; p<0,05*)				
Grupa	1	2	3	4
1		0,03*	0,00*	0,00*
2	0,03*		0,53	0,22
3	0,00*	0,53		1,00
4	0,00*	0,22	1,00	
Skok_d (H=86,95 ; p<0,05*)				
Grupa	1	2	3	4
1		0,00*	0,00*	0,00*
2	0,00*		0,00*	0,01*
3	0,00*	0,00*		0,29
4	0,00*	0,01*	0,29	
ECC_t (H=13,75 ; p<0,05*)				
Grupa	1	2	3	4
1		0,04*	0,00*	0,14
2	0,04*		1,00	1,00
3	0,00*	1,00		1,00
4	0,14*	1,00	1,00	
CON_t (H=20,54 ; p<0,05*)				
Grupa	1	2	3	4
1		0,02*	0,02*	0,00*
2	0,02*		1,00	0,96
3	0,02*	1,00		1,00
4	0,00*	0,96	1,00	

ECC_F_TT (H=31,86 ; p<0,05*)				
Grupa	1	2	3	4
1		0,33	0,00*	0,00*
2	0,33		0,80	0,00*
3	0,00*	0,80		0,37
4	0,00*	0,00*	0,37	
CON_F_TT (H=16,07 ; p<0,05*)				
Grupa	1	2	3	4
1		0,07	0,01*	0,00*
2	0,07		1,00	1,00
3	0,01*	1,00		1,00
4	0,00*	1,00	1,00	
ECC_RFD_TT (H=54,42 ; p<0,05*)				
Grupa	1	2	3	4
1		0,03*	0,00*	0,00*
2	0,03*		0,30	0,00*
3	0,00*	0,30		0,21
4	0,00*	0,00*	0,21	
CON_RFD_TT (H=81,20 ; p<0,05*)				
Grupa	1	2	3	4
1		0,00*	0,00*	0,00*
2	0,00*		0,00*	0,00*
3	0,00*	0,00*		1,00
4	0,00*	0,00*	1,00	

Legenda: H vrijednost – vrijednost K-W testa; p vrijednost – razina značajnosti; * - statistički značajna razlika uz $p < 0,05$; Kont_t – trajanje kontakta s podlogom; Skok_d – duljina skoka; ECC_t – trajanje ekscentrične faze odraza; CON_t – trajanje koncentrične faze odraza; ECC_F_TT – vršna sila u ekscentričnoj fazi odraza; CON_F_TT – vršna sila u koncentričnoj fazi odraza; ECC_RFD_TT – dinamika razvoja sile u ekscentričnoj fazi odraza; CON_RFD_TT - dinamika razvoja sile u koncentričnoj fazi odraza

Razlike u promatranim parametrima skoka prema dobi prikazane su u Tablici 13. Utvrđeno je da se grupe ispitanika u promatranim varijablama razlikuju prema dobi ($p < 0,05$). Međusobne interakcije ukazuju da se u Kont_t G1 statistički značajno razlikuje u odnosu na sve grupe dok između ostalih grupa nema razlika. U varijabli Skok_d, sve razlike su statistički značajne osim između G3 i G4. Varijable ECC_t i CON_t ukazuju na razlike između G1 i svih ostalih grupa, dok se G2, G3 i G4 međusobno ne razlikuju. Sličan trend rezultata prate i varijable ECC_F i CON_F s time da se kod varijabli vršnih sila G1 i G2 međusobno ne razlikuju. Trend razlika nastavlja se i kod dinamike razvoja sile te je razlika prisutna u svim grupama osim G2 i G3 te G3 i G4.

4.4.2. Dobne razlike u sprinterskoj izvedbi djece sedam do deset godina

Kao i u prethodnoj analizi, dobne razlike prikazuju statističku značajnost ($p < 0,05$) u sprinterskoj aktivnosti (tablica 14).

Tablica 14 . Kruskal-Wallis ANOVA prema dobi za parametre trčanja na 30 metara

Sprinterska izvedba				
5m (H=42,11 ; p<0,05*)				
Grupa	1	2	3	4
1		0,14	0,00*	0,00*
2	0,14		0,00*	0,04*
3	0,00*	0,00*		1,00
4	0,00*	0,04*	1,00	
10m (H=54,92 ; p<0,05*)				
Grupa	1	2	3	4
1		0,01*	0,00*	0,00*
2	0,01*		0,01*	0,02*
3	0,00*	0,01*		1,00
4	0,00*	0,02*	1,00	
15m (H=65,25 ; p<0,05*)				
Grupa	1	2	3	4
1		0,01*	0,00*	0,00*
2	0,01*		0,00*	0,00*
3	0,00*	0,00*		1,00
4	0,00*	0,00*	1,00	
20m (H=76,56 ; p<0,05*)				
Grupa	1	2	3	4
1		0,01*	0,00*	0,00*
2	0,01*		0,00*	0,00*
3	0,00*	0,00*		1,00
4	0,00*	0,00*	1,00	
25m (H=77,12 ; p<0,05*)				
Grupa	1	2	3	4
1		0,01*	0,00*	0,00*
2	0,01*		0,00*	0,00*
3	0,00*	0,00*		1,00
4	0,00*	0,00*	1,00	
30m (H=81,16 ; p<0,05*)				
Grupa	1	2	3	4
1		0,01*	0,00*	0,00*
2	0,01*		0,00*	0,00*
3	0,00*	0,00*		1,00
4	0,00*	0,00*	1,00	

Legenda: H vrijednost – vrijednost K-W testa; p vrijednost – razina značajnosti; * - statistički značajna razlika uz $p < 0,05$; 5m_30m – prolazna vremena u testu trčanje na 30 metara

Parametri trčanja odnose se na prolazna i finalno mjerenje vremena na 30 metara. Promatrajući svaku varijablu posebno utvrđene su značajne razlike između svih mjerenih prolaznih vremena. U tablici 14. utvrđeno je da ni u jednom prolaznom vremenu nema razlike između G3 i G4. U prvih 5 metara trčanja nema razlike između G1 i G2. U svim ostalim interakcijama utvrđena je statistički značajna razlika.

4.4.3. Dobne razlike skakačke izvedbe prema pojedinom spolu

Tablica 15. Kruskal-Wallis ANOVA prema dobi za parametre skoka kod dječaka

Skakačka izvedba				
Kont_t (H=24,80 ; p<0,05*)				
Grupa	1	2	3	4
1		0,41	0,00*	0,00*
2	0,41		0,40	0,06
3	0,00*	0,40		1,00
4	0,00*	0,06	1,00	
Skok_d (H=44,51 ; p<0,05*)				
Grupa	1	2	3	4
1		0,13	0,00*	0,00*
2	0,13		0,00*	0,61
3	0,00*	0,00*		0,10
4	0,00*	0,61	0,10	
ECC_t (H=2,40; p=0,49)				
Grupa	1	2	3	4
1		0,90	1,00	1,00
2	0,90		1,00	1,00
3	1,00	1,00		1,00
4	1,00	1,00	1,00	
CON_t (H=16,99 ; p<0,05*)				
Grupa	1	2	3	4
1		0,89	0,03*	0,00*
2	0,89		1,00	0,12
3	0,03*	1,00		1,00
4	0,00*	0,12	1,00	
ECC_F_TT (H=5,24; p=0,15)				
Grupa	1	2	3	4
1		1,00	0,82	0,55
2	1,00		0,73	0,49
3	0,82	0,73		1,00
4	0,55	0,49	1,00	
CON_F_TT (H=5,34 ; p=0,15)				
Grupa	1	2	3	4
1		1,00	0,64	0,44
2	1,00		0,86	0,62

3	0,64	0,86		1,00
4	0,44	0,62	1,00	
ECC_RFD_TT (H=15,95 ; p<0,05*)				
Grupa	1	2	3	4
1		1,00	0,11	0,00*
2	1,00		0,48	0,02*
3	0,11	0,48		1,00
4	0,00*	0,02*	1,00	
CON_RFD_TT (H=20,29 ; p<0,05*)				
Grupa	1	2	3	4
1		0,46	0,00*	0,00*
2	0,46		0,23	0,41
3	0,00*	0,23		1,00
4	0,00*	0,41	1,00	

Legenda: H vrijednost – vrijednost K-W testa; p vrijednost – razina značajnosti; * - statistički značajna razlika uz $p < 0,05$; Kont_t – trajanje kontakta s podlogom; Skok_d – duljina skoka; ECC_t – trajanje ekscentrične faze odraza; CON_t – trajanje koncentrične faze odraza; ECC_F_TT – vršna sila u ekscentričnoj fazi odraza; CON_F_TT – vršna sila u koncentričnoj fazi odraza; ECC_RFD_TT – dinamika razvoja sile u ekscentričnoj fazi odraza; CON_RFD_TT - dinamika razvoja sile u koncentričnoj fazi odraza

Rezultati skakačke izvedbe ukazuju na statistički značajne razlike u parametrima Kont_t ($p < 0,01$), Skok_d ($p < 0,01$), CON_t ($p < 0,01$) te ECC_RFD_TT i CON_RFD_TT ($p < 0,01$). Varijable ECC_t, ECC_F_TT i CON_F_TT nisu pokazale značajnost razlika kod dječaka kroz različitu dob. Može se primijetiti da kod varijabli koje se značajno razlikuju, između G1 i G2 nema razlika, odnosno primjetno je da se povećanjem dobi također i razlike postepeno povećavaju između grupa.

Tablica 16. Kruskal-Wallis ANOVA prema dobi za parametre trčanja kod dječaka

Sprinterska izvedba				
5m (H=23,94 ; p<0,05*)				
Grupa	1	2	3	4
1		0,59	0,00*	0,00*
2	0,59		0,22	0,07
3	0,00*	0,22		1,00
4	0,00*	0,07	1,00	
10m (H=23,87 ; p<0,05*)				
Grupa	1	2	3	4
1		0,10	0,00*	0,00*
2	0,10		1,00	0,26
3	0,00*	1,00		1,00
4	0,00*	0,26	1,00	
15m (H=29,35 ; p<0,05*)				
Grupa	1	2	3	4
1		0,03*	0,00*	0,00*
2	0,03*		1,00	0,18

3	0,00*	1,00		1,00
4	0,00*	0,18	1,00	
20m (H=35,49 ; p<0,05*)				
Grupa	1	2	3	4
1		0,01*	0,00*	0,00*
2	0,01*		0,98	0,11
3	0,00*	0,98		1,00
4	0,00*	0,11	1,00	
25m (H=31,90 ; p<0,05*)				
Grupa	1	2	3	4
1		0,03*	0,00*	0,00*
2	0,03*		1,00	0,14
3	0,00*	1,00		1,00
4	0,00*	0,14	1,00	
30m (H=32,85 ; p<0,05*)				
Grupa	1	2	3	4
1		0,09	0,00*	0,00*
2	0,09		0,54	0,03*
3	0,00*	0,54		1,00
4	0,00*	0,03*	1,00	

Legenda: H vrijednost – vrijednost K-W testa; p vrijednost – razina značajnosti; * - statistički značajna razlika uz $p < 0,05$; 5m_30m – prolazna vremena u testu trčanje na 30 metara

Rezultati dječaka u parametrima trčanja na 30 metara variraju s obzirom na dob. Utvrđene su značajne razlike na svakom prolaznom vremenu. Promatranjem rezultata može se uvidjeti da se G1 i G2 značajno razlikuju u odnosu na G3 i G4 i to kroz sva prolazna vremena ($p < 0,05$). Dodatno, G1 se razlikuje i u odnosu na G2 u prolaznim vremenima na 15, 20 i 25 metara. Također, G3 i G4 međusobno se razlikuju kroz sve promatrane varijable.

Tablica 17. Kruskal-Wallis ANOVA prema dobi za parametre skoka kod djevojčica

Skakačka izvedba				
Kont_t (H=9,52 ; p<0,05*)				
Grupa	1	2	3	4
1		0,16	0,05	0,08
2	0,16		1,00	1,00
3	0,05	1,00		1,00
4	0,08	1,00	1,00	
Skok_d (H=48,74 ; p<0,05*)				
Grupa	1	2	3	4
1		0,03*	0,00*	0,00*
2	0,03*		0,01*	0,03*
3	0,00*	0,01*		1,00
4	0,00*	0,03*	1,00	
ECC_t (H=16,63 ; p<0,05*)				
Grupa	1	2	3	4

1		0,08	0,00*	0,22
2	0,08		0,74	1,00
3	0,00*	0,74		0,38
4	0,22	1,00	0,38	
CON_t (H=10,19 ; p<0,05*)				
Grupa	1	2	3	4
1		0,02*	1,00	0,08
2	0,02*		0,78	1,00
3	1,00	0,78		1,00
4	0,08	1,00	1,00	
ECC_F_TT (H=34,37 ; p<0,05*)				
Grupa	1	2	3	4
1		0,03*	0,00*	0,00*
2	0,03*		1,00	0,02*
3	0,00*	1,00		0,16
4	0,00*	0,02*	0,16	
CON_F_TT (H=16,67 ; p<0,05*)				
Grupa	1	2	3	4
1		0,00*	0,01*	0,01*
2	0,00*		1,00	1,00
3	0,01*	1,00		1,00
4	0,01*	1,00	1,00	
ECC_RFD_TT (H=45,10 ; p<0,05*)				
Grupa	1	2	3	4
1		0,00*	0,00*	0,00*
2	0,00*		1,00	0,02*
3	0,00*	1,00		0,34
4	0,00*	0,02*	0,34	
CON_RFD_TT (H=66,38 ; p<0,05*)				
Grupa	1	2	3	4
1		0,00*	0,00*	0,00*
2	0,00*		0,01*	0,01*
3	0,00*	0,01*		1,00
4	0,00*	0,01*	1,00	

Legenda: H vrijednost – vrijednost K-W testa; p vrijednost – razina značajnosti; * - statistički značajna razlika uz $p < 0,05$; Kont_t – trajanje kontakta s podlogom; Skok_d – duljina skoka; ECC_t – trajanje ekscentrične faze odraza; CON_t – trajanje koncentrične faze odraza; ECC_F_TT – vršna sila u ekscentričnoj fazi odraza; CON_F_TT – vršna sila u koncentričnoj fazi odraza; ECC_RFD_TT – dinamika razvoja sile u ekscentričnoj fazi odraza; CON_RFD_TT - dinamika razvoja sile u koncentričnoj fazi odraza

Rezultati parametara skokova kod djevojčica ukazuju na statistički značajne razlike u svim promatranim varijablama. Primjetno je da se grupe međusobno ne razlikuju kada se promatra trajanje odraza. Također, trajanje koncentrične i ekscentrične faze odraza ukazuju na razlike samo između pojedinih grupa. Suprotno tome, kod varijable Skok_d utvrđene su značajne interakcije između svih grupa osim G3 i G4. Slična distribucija rezultata može se uvidjeti u kinetičkim parametrima vršnih sila i dinamike razvoja sile gdje postoje značajne razlike između pojedinih grupa.

Tablica 18. Kruskal-Wallis ANOVA prema dobi za parametre trčanja kod djevojčica

Sprinterska izvedba				
5m (H=20,58 ; p<0,05*)				
Grupa	1	2	3	4
1		0,80	0,00*	0,02*
2	0,80		0,04*	0,87
3	0,00*	0,04*		1,00
4	0,02*	0,87	1,00	
10m (H=33,28 ; p<0,05*)				
Grupa	1	2	3	4
1		0,36	0,00*	0,00*
2	0,36		0,00*	0,21
3	0,00*	0,00*		1,00
4	0,00*	0,21	1,00	
15m (H=39,11 ; p<0,05*)				
Grupa	1	2	3	4
1		0,48	0,00*	0,00*
2	0,48		0,00*	0,05*
3	0,00*	0,00*		1,00
4	0,00*	0,05*	1,00	
20m (H=44,48 ; p<0,05*)				
Grupa	1	2	3	4
1		0,51	0,00*	0,00*
2	0,51		0,00*	0,01*
3	0,00*	0,00*		1,00
4	0,00*	0,01*	1,00	
25m (H=47,76 ; p<0,05*)				
Grupa	1	2	3	4
1		0,43	0,00*	0,00*
2	0,43		0,00*	0,00*
3	0,00*	0,00*		1,00
4	0,00*	0,00*	1,00	
30m (H=50,67 ; p<0,05*)				
Grupa	1	2	3	4
1		0,43	0,00*	0,00*
2	0,43		0,00*	0,00*
3	0,00*	0,00*		1,00
4	0,00*	0,00*	1,00	

Legenda: H vrijednost – vrijednost K-W testa; p vrijednost – razina značajnosti; * - statistički značajna razlika uz $p < 0,05$; 5m_30m – prolazna vremena u testu trčanja na 30 metara

U tablici 18. prikazane su razlike prema dobi za djevojčice. Sve varijable prikazuju statistički značajnu razliku. Utvrđene su značajne razlike ($p < 0,05$) između svih varijabli. Nadalje, promatranjem razlika između grupa utvrđeno je da se G3 i G4 unutar svake varijable ne razlikuju. Također, ista distribucija rezultata prate G1 i G2. Značajne razlike utvrđene su između G1 sa G3 i G4 te jednako tako i G2 sa G1 i G4.

4.4.4. Povezanost kinetičkih i kinematičkih parametara sa rezultatima skakačke i sprinterske izvedbe

Tablica 19. Povezanost parametara skakačke i sprinterske izvedbe sa kinematičkim i kinetičkim parametrima skoka

Varijabla	Skok_d (cm)	30m (s)	Kont_t (ms)	ECC_t (ms)	CON_t (ms)	ECC_F_TT (TT)	CON_F_TT (TT)	ECC_RFD_TT (TT/s)	CON_RFD_TT (TT/s)
Skok_d (cm)	1,00	-0,39	0,07	0,05	0,11	-0,29	-0,16	-0,29	-0,26
30m (s)	-0,39	1,00	0,01	-0,10	0,06	0,11	-0,18	0,23	0,15
Kont_t (ms)	0,07	0,01	1,00	0,19	0,82**	-0,33	-0,66*	-0,31	-0,37
ECC_t (ms)	0,05	-0,10	0,19	1,00	-0,00	-0,20	-0,11	-0,41*	-0,48
CON_t (ms)	0,11	0,06	0,82**	-0,00	1,00	-0,29	-0,70**	-0,21	-0,23
ECC_F_TT (TT)	-0,29	0,11	-0,33	-0,20	-0,29	1,00	0,35	0,85**	0,46*
CON_F_TT (TT)	-0,16	-0,18	-0,66*	-0,11	-0,70**	0,35	1,00	0,21	0,43*
ECC_RFD_TT (TT/s)	-0,29	0,23	-0,31	-0,41*	-0,21	0,85**	0,21	1,00	0,63*
CON_RFD_TT (TT/s)	-0,26	0,15	-0,37	-0,48*	-0,23	0,46*	0,43*	0,63*	1,00

Legenda: Kont_t – trajanje kontakta s podlogom; Skok_d – duljina skoka; ECC_t – trajanje ekscentrične faze odraza; CON_t – trajanje koncentrične faze odraza; ECC_F – vršna sila u ekscentričnoj fazi odraza; CON_F – vršna sila u koncentričnoj fazi odraza; ECC_RFD – dinamika razvoja sile u ekscentričnoj fazi odraza; CON_RFD – dinamika razvoja sile u koncentričnoj fazi odraza; Vmax – maksimalna brzina trčanja (m/s); 30m – rezultat u trčanju na 30 metara; *srednja povezanost; ** jaka povezanost; ***vrlo jaka povezanost

Tablica 19. prikazuje međusobne povezanosti između varijabli skakačke i sprinterske izvedbe te kinetičkih i kinematičkih parametara odraza. Uočena je slaba negativna povezanost između duljine skoka i rezultata u trčanju na 30 metara ($r = -0,39$). Vrijeme trčanja na 30 metara nije značajno povezano s analiziranim varijablama, što sugerira da pojedinačni parametri odraza nemaju izolirano utjecaj na sprinterski rezultat. Između vremenskih varijabli odraza utvrđena je vrlo jaka pozitivna povezanost između trajanja kontakta s podlogom i trajanja koncentrične faze ($r = 0,82$), što je očekivano s obzirom na to da koncentrična faza čini značajan dio ukupnog vremena kontakta. Također su utvrđene značajne negativne srednje povezanosti između trajanja kontakta i vršne sile u koncentričnoj fazi ($r = -0,66$), kao i između trajanja koncentrične faze i iste varijable sile ($r = -0,70$), što ukazuje da kraće trajanje kontakta omogućuje generiranje većih sila.

Varijable koje opisuju silu i dinamiku razvoja sile pokazuju izražene međusobne povezanosti. Posebno se ističe jaka pozitivna povezanost između vršne sile u ekscentričnoj fazi i dinamike razvoja sile u istoj fazi ($r = 0,85$), kao i između dinamike razvoja sile u ekscentričnoj i koncentričnoj fazi ($r = 0,63$). Umjerene pozitivne povezanosti utvrđene su između vršne sile i dinamike razvoja sile u koncentričnoj fazi ($r = 0,43$) te između ekscentrične sile i koncentrične dinamike razvoja sile ($r = 0,46$).

5. RASPRAVA

Skakačka i sprinterska izvedba djece u dobi od sedam do deset godina predstavlja važan čimbenik u usmjeravanju djece prema sportovima i disciplinama. Ovaj rad obuhvatio je djecu od sedam do deset godina sa ciljem definiranja spolnih i dobnih razlika kinetičkih i kinematičkih parametara pri izvedbi unilateralnog dubinsko-daljinskog skoka te trčanja na 30 metara. Poseban naglasak stavljen je na analizu dinamike razvoja sile, trajanja kontakta s podlogom te ekscentričnih i koncentričnih karakteristika odraza. Povećanjem dobi ispitanika, u prosjeku se povećavala njihova visina i masa (Graf 1, 3, i 4) odnosno primjetno je progresivno povećanje u dobi od sedam do deset godina.

U Tablici 2. i 7. prikazane su vrijednosti homogenosti i normalnosti distribucije za varijable unilateralnog dubinsko-daljinskog skoka. S obzirom na veliku raspršenost rezultata, statistička analiza S-W također prikazuje odstupanje od normalne distribucije rezultata. Homogenost varijanci provjeravala se sa Levenovim testom te je utvrđeno da sedam varijabli ima jednake varijance, a preostalih sedam ukazuje na to da nema homogenosti. Prema tome, za potrebe ovog istraživanja koristile su se neparametrijske statističke metode. Distribucija ovih rezultata pokazuje određenu varijabilnost u promatranim varijablama. Neki promatrani parametri ne pokazuju značajne promjene kroz dob. Suprotno tome, pri izvedbi bilateralnih skokova kod djece utvrđena je pouzdanost mjerenih varijabli tijekom najvećeg prirasta u visinu (Meylan i sur., 2012). Također, veća varijabilnost rezultata kod djece koja se nalaze u fazi prije najvećeg rasta u visinu (Meylan i sur., 2012). Rezultati ovog istraživanja ukazuju na veću raspršenost rezultata prvenstveno u kinetičkim varijablama dinamike razvoja sile (ECC_RFD i CON_RFD), dok su kinematičke varijable pokazale manju varijabilnost između ispitanika, što je u skladu s nalazima prethodnih istraživanja koja pokazuju veću varijabilnost biomehaničkih i pokazatelja motoričkih sposobnosti u dječjoj dobi zbog različite dinamike rasta i sazrijevanja (Meylan i sur., 2012; Lloyd i sur., 2014; Radnor i sur., 2017).

Deskriptivni pokazatelji izvedbe skokova upućuju na to da najbrži odraz imaju djeca od sedam i osam godina (290,42 ms). Mlađa djeca često pokazuju kraće vrijeme trajanja odraza, ali uz niže apsolutne vrijednosti sile i manju učinkovitost ciklusa istežanja i skraćivanja (SSC). S porastom zrelosti dolazi do poboljšanja SSC funkcije, što također dovodi do većeg generiranja sile i učinkovitijeg korištenja elastične energije, ali ne i kraćeg vremena kontakta s podlogom (Radnor i sur., 2017). Nadalje, kraće vrijeme odraza ne mora nužno značiti i bolju izvedbu skoka. U biomehaničkom smislu, brzi, ali odraz s manjim vrijednostima dinamike razvoja sile može upućivati na nedovoljnu iskoristivost SSC potencijala, odnosno na nemogućnost

optimalne pohrane i korištenja elastične energije. To se mijenja s dobi, jer starija djeca postupno razvijaju bolju inter- i intra- muskularnu koordinaciju, što omogućava ekonomičnije korištenje SSC-a i povećanje sile u kraćem vremenu.

Primjetno je da promatrana djeca postižu prosječne vrijednosti sila u koncentričnoj fazi 2,77 TM, odnosno u ekscentričnoj fazi 4,4 TM. Odrasle sportašice ženskog spola postižu vrijednosti od 2,44 do 2,74 TM pri izvedbi unilateralnog horizontalnog skoka (Simpson i Cronin, 2006). Dakle djeca koja su sudjelovala u ovom istraživanju uspijevaju postići više vrijednosti vršnih sila u izvedbi dubinsko-daljinskog skoka. Iako oba istraživanja koriste istu vrstu saskoka, istraživanje (Simpson i Cronin, 2006) koristi veće duljine i visine saskoka što značajno utječe na generiranje sile reakcije podloge. Također, kod djece 7-12 godina utvrđeno je da dinamika razvoja sile pri izvedbi unilateralnog saskoka s 20 cm u ekscentričnoj fazi iznosi 19,57 TT/s (Ljubičić, 2022). Usporedno sa ovim nalazima, utvrđuje se da je u ovom radu ECC_RFD nešto manja (19,57 TT/s; graf 14.) iako se saskok izvodio s veće visine. Promatrajući ove parametre, može se utvrditi da djeca u ekscentričnoj fazi odraza stvaraju 4 puta veću silu u odnosu na koncentričnu fazu. Također, iz prezentiranih rezultata zaključuje se da se u kratkom vremenskom intervalu ostvaruju visoke vršne vrijednosti sile. Ovi rezultati su od velikog značaja za preciznije shvaćanje na koji način se sila razvija kod djece pri izvedbi svakodnevnih pokreta.

Treća skupina ispitanika odnosno djeca dobi devet godina postižu najveću prosječnu duljinu unilateralnog dubinsko-daljinskog skoka. Ekscentrična i koncentrična faza skoka, odnosno varijable trajanja, vršne sile te dinamika razvoja sile najveća je kod prve skupine ispitanika. Ovi rezultati ukazuju na činjenicu da iako je masa ispitanika vrlo mala, oni uspijevaju postići najveće vrijednosti vršne sile te u kratkom vremenu stvoriti veliku silu.

Kada se promatraju rezultati i prolazna vremena u trčanju na 30 metara može se utvrditi da se rezultati s dobi postepeno smanjuju. Odnosno prva skupina ispitanika ima najsporije rezultate dok najstarija skupina ispitanika (G4) ima najbolje rezultate. Ova distribucija rezultata prati rast i razvoj djece. Iako apsolutne sile progresivno rastu s godinama zbog povećanja tjelesne visine i tjelesne mase visine, relativne sile izražene u TM pokazuju sasvim drugačiji obrazac. G1 i G2 ostvaruju veće relativne vrijednosti RFD-a i kraće trajanje odraza, dok se s dobi relativne sile smanjuju, a odraz traje dulje. Ovakvi nalazi ukazuju na važnost normaliziranih podataka kod djece. Prikaz relativnih sila omogućuje usporedbu između ispitanika različitih antropometrijskih karakteristika što omogućuje precizniju procjenu njihovih sposobnosti (Mullineaux i sur., 2006; Baković, 2016; Ljubičić, 2022).

Promatranjem ukupnog uzorka ispitanika, utvrđeno je da djeca u dobi sedam do deset godina imaju spolne razlike u pojedinim varijablama. Značajne razlike utvrđene su u pokazateljima skakačke izvedbe (Skok_d) te kinematičkim (Kont_t; CON_t) i kinetičkim (CON_F) varijablama skoka. Iako djevojčice imaju kraće trajanje Kont_t i CON_t te više vršne sile u koncentričnoj fazi odraza, dječaci uspjevaju imati bolje rezultate duljine skoka.

Prema rezultatima sprinterske izvedbe i parametara trčanja nisu utvrđene značajne razlike prema spolu. Ovakav obrazac u skladu je s razvojnim obilježjima predpubertetskog razdoblja, u kojem biološke razlike između djevojčica i dječaka još nisu dovoljno izražene da bi sustavno utjecale na brzinsko–eksplozivne sposobnosti.

Suprotno tome, značajno veće vrijednosti koncentrične sile kod dječaka ukazuju na veću sposobnost generiranja apsolutne sile u fazi odraza, što se može povezati s nešto većom mišićnom masom i razlikama u živčano–mišićnoj adaptaciji, čak i prije početka puberteta (Lloyd i Oliver, 2012; Radnor i sur., 2017). Međutim, izostanak spolnih razlika u dinamici razvoja sile (RFD) potvrđuje da sposobnost brzog generiranja sile u relativnim vrijednostima nije spolno uvjetovana u ovom razdoblju.

Značajna razlika u duljini skoka u korist djevojčica dodatno potvrđuje da uspješnost horizontalne skakačke izvedbe u djece nije isključivo određena apsolutnom razinom sile, već i koordinacijom, tehnikom i učinkovitim korištenjem SSC-a. Ovaj nalaz podupire tezu da djevojčice u određenim dobnim skupinama mogu ostvariti jednako dobre ili bolje skakačke rezultate u odnosu na dječake, unatoč nižim vrijednostima koncentrične sile.

Izostanak statistički značajnih spolnih razlika u sprinterskim varijablama na svim promatranim dionicama dodatno potvrđuje da se u dobi od sedam do deset godina brzina trčanja razvija prvenstveno pod utjecajem neuromuskularne koordinacije i tehničkih čimbenika, a ne spolno uvjetovanih morfoloških razlika. Ovi nalazi u skladu su s prethodnim istraživanjima (Malina i sur., 2004; Lloyd i sur., 2014) koja navode da se izraženije spolne razlike u sprintu javljaju tek nakon početka puberteta.

Rezultati jasno ukazuju na to da se razvoj kinetičkih i kinematičkih obilježja unilateralnog dubinsko–daljinskog skoka u djece odvija nelinearno te da se osjetljivost pojedinih varijabli na dobne promjene razlikuje ovisno o razvojnoj fazi. Posebno je uočljivo da su G1 i G4 pokazale najveći broj statistički značajnih razlika između spolova prema dobnim skupinama, dok je skupina G2 imala najmanji broj značajnih razlika. Značajne razlike u duljini skoka prisutne su u skupinama G1–G3, ali ne i u G4, što upućuje na to da se u dobi od deset godina postiže određena stabilizacija horizontalne skakačke izvedbe.

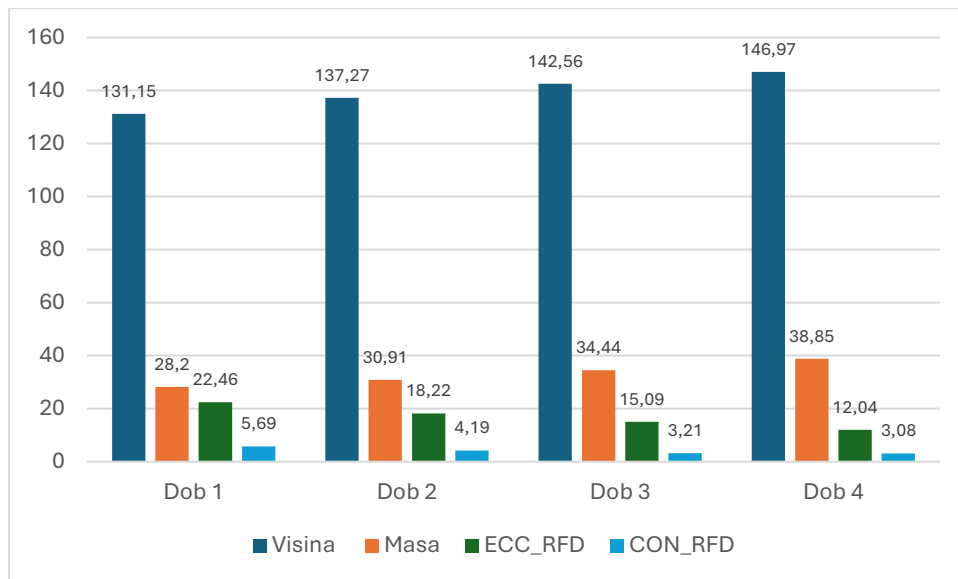
Rezultati sprinterskih varijabli ukazuju na postojanje spolnih razlika u skupini G3 u odnosu na ostale dobne skupine gdje su utvrđene statistički značajne razlike na dionicama od 10 do 30 metara.

Sveukupno, dobiveni rezultati potvrđuju da se razvoj skakačke i sprinterske izvedbe u djece rane školske dobi ne odvija linearno, već kroz razvojne prijelaze u kojima se pojedine varijable privremeno ističu kao osjetljiviji pokazatelji promjena. Ovi nalazi dodatno naglašavaju važnost istodobnog praćenja kinetičkih i kinematičkih parametara te opravdavaju primjenu unilateralnih, horizontalno usmjerenih skokova kao osjetljivog alata za procjenu motoričkog razvoja djece.

5.1. Dobne razlike u skakačkoj izvedbi djece sedam do deset godina

Dobne razlike ovog istraživanja utvrđene su K-W testom (Tablica 13). Ukupni rezultati ukazuju na značajne razlike u svim parametrima skoka kada se promatra faktor dobi. Najveće utvrđene razlike utvrđene su u varijablama Skok_d ($H=86,95$; $p=0,00$) i CON_RFD ($H=81,20$; $p=0,00$). Iako je pretpostavka da će se rezultati linearno povećavati sa dobi, izmjereni rezultati ukazuju na drugačije trendove. Duljina jednonožnog skoka najmanja je bila kod G1 dok je najveća bila u G3. Ovdje je vidljiv linearan trend porasta rezultata koji se u najstarijoj grupi (G4) smanjuje ali i dalje ostaje značajno bolji rezultat u odnosu na G1 i G2. Suprotno tome, dinamika razvoja sile u koncentričnom dijelu odraza (CON_RFD) prikazuje trend u kojem G1 ima najveće rezultate, odnosno postižu vrijednosti vršne sile 5,69 TT/s. Kod ove varijable primjetan je progresivan trend smanjenja rezultata. G4 primjerice u ovom parametru u prosjeku postiže 3,08 TT/s. Primjerice, utvrđeno je da prosječna sila reakcije podloge kod djece starosti sedam i osam godina u visini od 8 puta težine tijela sigurna, efikasna i jednostavna metoda za povećanje koštane mase (Fuchs i sur., 2001).

Iako se visina i masa tijela ispitanika sa dobi povećava (Graf 1), vrijednosti vršnih sila u koncentričnoj i ekscentričnoj fazi te vrijednosti dinamike razvoja sile se smanjuju.



Graf 21. Prikaz odnosa visine, mase tijela te ECC_RFD i CON_RFD

Može se utvrditi da mlađa djeca uspijevaju u kratkom vremenu stvoriti veću silu odraza. Manja tjelesna masa može smanjiti brzinu kojom se dolazi do kontakta te veličinu sile što može rezultirati i kraćim trajanjem odraza koji se s godinama postepeno povećava ($G1 = 290,42$ ms do $G4 = 320,80$). Linearno smanjenje rezultata kinetičkih parametara odnosi se i na ekscentričnu i na koncentričnu fazu odraza. Ako se promatraju apsolutne vrijednosti sila onda je vidljiv linearan porast vršnih sila u obje faze. No kada se te vrijednosti pretvore u relativne onda dolazi do drugačijeg trenda rezultata.

Duljina skoka u ovom istraživanju mjerila se uz pomoć optičkog mjernog instrumenta i koristila se kao mjera skakačke izvedbe. Kod ove varijable primjetno je da se rezultati progresivno povećavaju do G3 gdje su zabilježene najveće prosječne vrijednosti skoka (218,32 cm). Rezultati prikazuju da postoji statistički značajan napredak u skakačkim sposobnostima djece u dobi od sedam do deset godina. Ovi rezultati u skladu su s prethodnim nalazima koji ukazuju na ubrzan motorički razvoj u ovom osjetljivom razdoblju (Malina i sur., 2004; Hands i sur., 2009). Primjerice, u testu skoka u dalj iz mjesta, prosječna udaljenost za sedmogodišnjake iznosila je 124,8 cm, dok su desetogodišnjaci postizali prosjek od 151,6 cm, što predstavlja razliku od gotovo 27 cm. Slična razlika (29 cm) utvrđena je i kod promatrane djece u izvedbi dubinsko-daljinskog skoka.

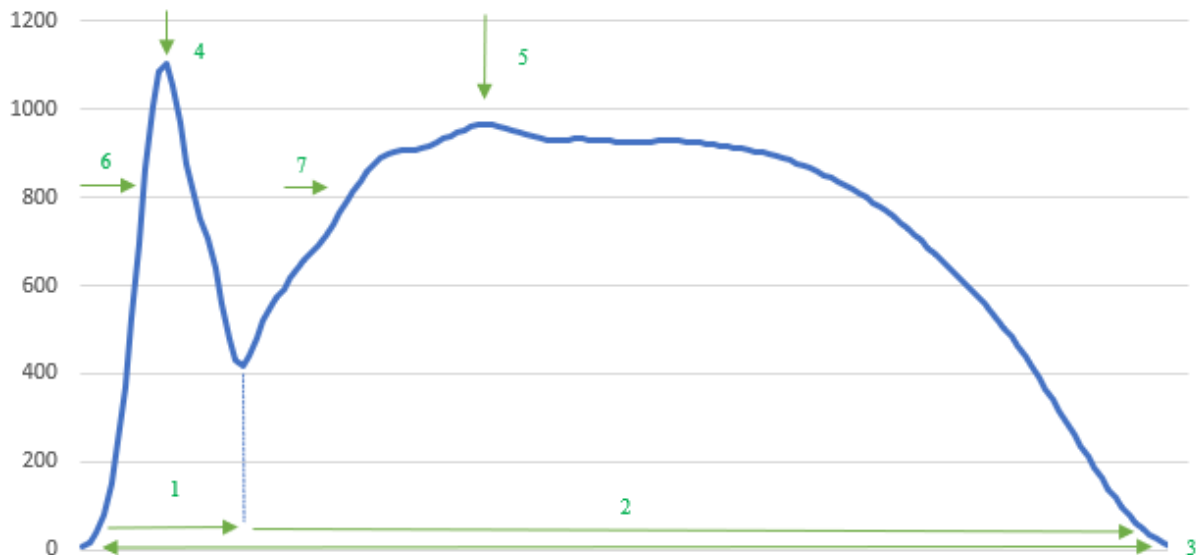
Iako je putem osnovnih deskriptivnih parametara vidljiva razlika između dobi u dinamici razvoja sile, statistička značajnost ukazuje na to da u ECC_RFD kod G2 i G3 nema razlika, te između G3 i G4 također nije utvrđena razlika. Nadalje, u CON_RFD primjetne su razlike između svih grupa osim G3 i G4. Prema ovim rezultatima može se pretpostaviti da se

RFD postepeno smanjuje sa dobi ali se isto tako i stabiliziraju vrijednosti odnosno vršna dinamika razvoja sile. S obzirom da je RFD ključan parametar u ovom istraživanju, ovi nalazi ukazuju na značajno više vrijednosti kreiranja sile u kratkom vremenu kod djece mlađe dobi (sedam godina). Progresivan rast i razvoj djece dovodi do smanjenja ovih sila što može biti radi njihovih antropometrijskih karakteristika ili promjenama u mišićno-tetivnom sustavu.

Ekscentrična faza odnosno faza izduživanja mišića ima ključnu ulogu u postizanju boljih rezultata tijekom izvedbe skoka u vis i dalj iz mjesta (Fukashiro i sur., 2005; Nagano i sur., 2007). Kada se za izvedbu skoka koristi isključivo koncentrični način skoka onda su rezultati visine 10-15 % manji. Značajnost ove faze skoka može se uvidjeti i na osnovnim pokazateljima gdje se vidi da u ukupnom uzorku ispitanika, ekscentrična vršna sila je veća za 1,5 puta u odnosu na koncentričnu. Ako se promatra razlika u RFD-u između ove dvije faze, može se zaključiti da je u ekscentričnoj fazi 4 x veći prirast sile u odnosu na koncentričnu. Vršna sila proizvedena u ekscentričnom dijelu odraza omogućava da se i u koncentričnom dijelu odraz izvodi značajno brže i kraće (Dorgo i sur., 2006).

Unaprjeđenje RFD-a dobiva se kao produkt povećanja krutosti mišića i tetiva, a povećanje sile dolazi sa promjenom tipa mišićnih vlakana (Agaard i sur., 2002; Hakkinen i sur., 2003). S obzirom da su prijašnja istraživanja utvrdila da je RFD direktno povezan sa izvedbom u aktivnostima skokova i sprinta (Slawinski i sur., 2010; Laffaye i Wagner, 2013; Laffaye i sur., 2014), unaprjeđenje tog parametra direktno utječe na rezultat u skoku ili sprinterskom trčanju. Prema ovim nalazima može se zaključiti da je vrlo važno kontinuirano praćenje vršnih sila i dinamike razvoja sile te njihovo održavanje kroz rast i razvoj. Suprotno istraživanjima koja ukazuju na porast RFD-a s dobi (Aagaard i sur., 2002; Lloyd i sur., 2014), u ovom istraživanju utvrđeno je smanjenje relativnog RFD-a. Porastom kronološke dobi dolazi do povećanja tjelesne mase i dimenzija tijela, što rezultira većim apsolutnim vrijednostima sile. Prije svega, važno je naglasiti da je u ovom istraživanju RFD izražen relativno u odnosu na tjelesnu masu (TT/s). S obzirom na to da je u promatranom dobnom rasponu (7–10 godina) utvrđen porast tjelesne mase i dimenzija tijela s dobi, pretpostavlja se da povećanje generiranja sile i njezina razvoja ne prati proporcionalno porast tjelesne mase. Posljedično, relativne vrijednosti RFD-a mogu pokazivati pad, iako apsolutne vrijednosti ostaju stabilne ili rastu. Jednako tako, primjetno je da dolazi i do promjene u načinu generiranja sile s dobi. U starijim skupinama (G3 i G4) utvrđeno je dulje trajanje kontakta s podlogom, što prikazuje da starija djeca silu generiraju kroz dulji vremenski interval. Takav obrazac omogućuje postizanje većih apsolutnih sila, ali uz manju brzinu njihova razvoja. Nasuprot tome, mlađa djeca ostvaruju kraće vrijeme kontakta, što može rezultirati većim relativnim RFD vrijednostima, ali ne nužno i većom

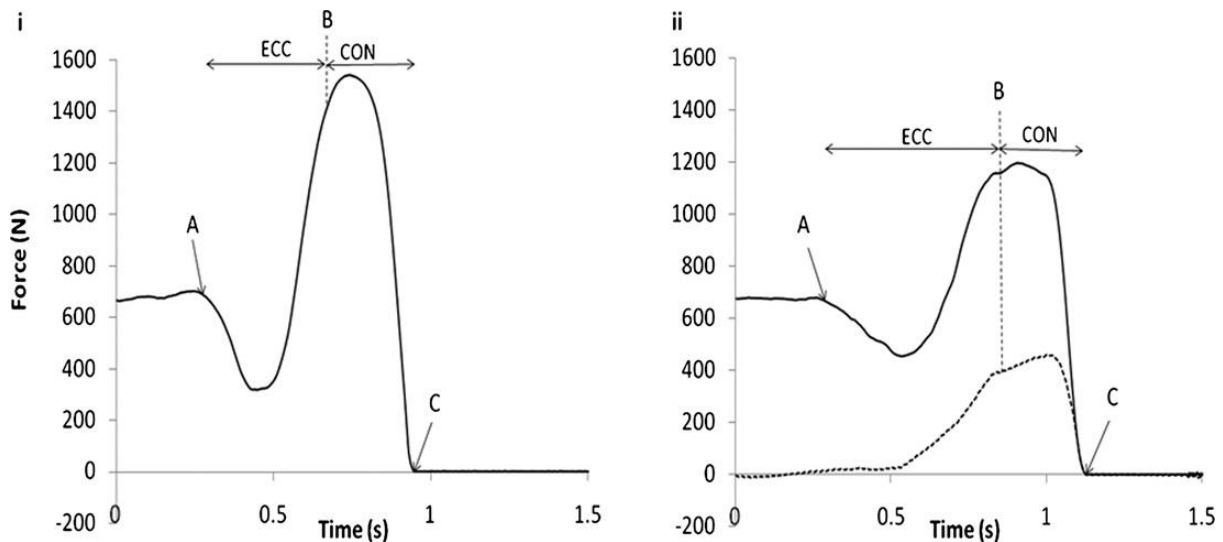
ukupnom silom ili boljim rezultatom izvedbe. Treba istaknuti da se dobiveni rezultati odnose na relativne vrijednosti i specifičan uzorak djece uključene u organizirani sportski trening, što dodatno ograničava izravnu usporedbu s istraživanjima koja koriste apsolutne vrijednosti ili drugačije motoričke zadatke.



Graf 22. Prikaz distribucije sile tijekom odraza (1 – trajanje ekscentrične faze odraza (ECC_t); 2 – trajanje koncentrične faze odraza (CON_t); 3 – ukupno trajanje odraza (Kont_t); 4 – vršna sila u ekscentričnoj fazi (ECC_F); 5 – vršna sila u koncentričnoj fazi (CON_F); 6 – RFD u ekscentričnoj fazi (ECC_RFD); 7 - RFD u koncentričnoj fazi (CON_RFD))

U grafu 2. prikazana je distribucija sile prilikom izvedbe unilateralnog dubinsko-daljinskog skoka. Većina grafova odnosno distribucija sile kod djece izgleda na ovaj način. Prvi dio krivulje odnosi se na ekscentričnu fazu odraza u kojoj postepeno dolazi do generiranja sile (6) do maksimuma (4) te zatim postepeno rasterećenje. U trenutku kada sila ponovno započinje rast (7), taj dio označavati će i početak koncentričnog dijela odraza. Ova faza traje sve dok se stopalo ne odvoji od podloge. Tijekom koncentrične faze, najviši vrh označuje najveću postignutu silu (5). Ekscentrična faza skoka je kraćeg trajanja u odnosu na koncentričnu. Također, vršna sila je veća tijekom ekscentrične faze. Najveće promjene u distribuciji sile događaju se tijekom koncentrične faze gdje se mogu primijetiti i uzastopna smanjenja i povećanja sile sve dok ona ne dosegne maksimalnu vrijednost. Ovu distribuciju sile možemo povezati i sa mišićnom jakosti djece i sa tehnikom izvedbe. Iz ovog grafa također je jasno vidljivo kraće trajanje ekscentrične faze odraza te postizanje veće sile u kraćem vremenu. Ovi podaci u potpunosti slikovno prikazuju izmjerene parametre.

Kada se krivulja sila uspoređi sa onima u izvedbi skoka u vis i dalj iz mjesta s obje noge (slika 18), može se vidjeti da postoji rasterećenje odnosno smanjenje sile u ekscentričnoj fazi. Također, u izvedbi unilateralnog skoka, trajanje skoka je značajno kraće te dominira ekscentrična sila u svojim vršnim vrijednostima.

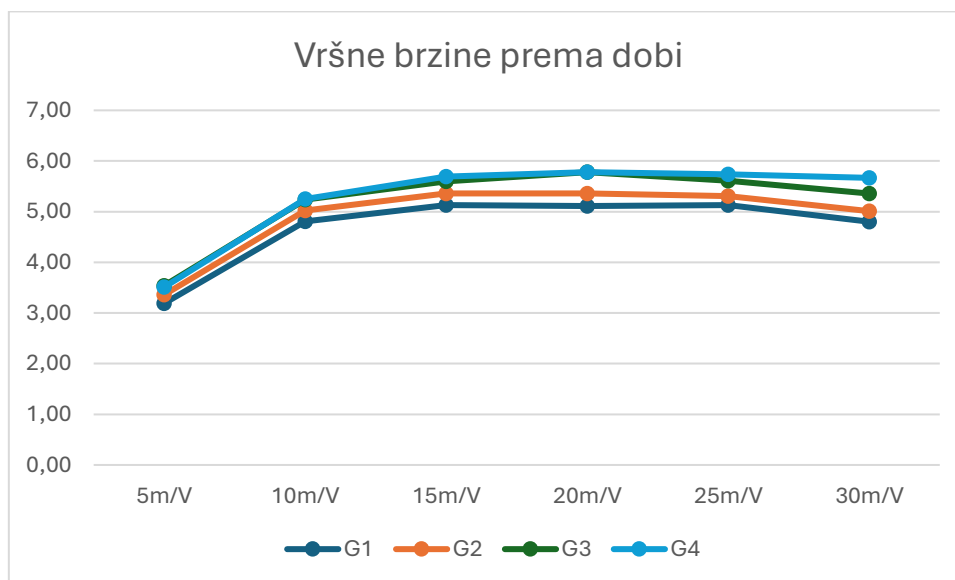


Slika 17. Prema Meylan i sur. (2012). Odnos sile i brzine tijekom izvedbe vertikalnog (slika lijevo) i horizontalnog (slika desno) skoka odrazom sa dvije noge

S obzirom na usmjerenje skoka, mijenja se i distribucija sile odnosno iz prikaza (slika 18.) je vidljivo da se pri izvedbi horizontalnog skoka sila smanjuje. Osim manje sile, primjetno je da se produljuje trajanje skoka u odnosu na skok u vis iz mjesta. Usporedno sa time, može se zaključiti da jednonožni dubinsko-daljinski skokovi proizvode sličnu silu kao sunožni skokovi u vis iz mjesta. Pokazano je da za smanjenje varijabilnosti u ekscentričnoj fazi skoka je vrlo bitno ispitanike pravilno naučiti i prethodno upoznati sa tehnikom same izvedbe (Meylan, 2012). Usporedno s navedenim, prije provedbe mjerenja, za potrebe ovog istraživanja djeca su prethodno kroz trenažni proces radila jednonožne horizontalne skokove te saskoke sa različitim visinama. Primjetno je da muška djeca sveukupno kroz različite dobi (sedam do deset godina) postižu više vrijednosti sile te njihove dinamike razvoja. Suprotno tome, rezultati (Tomažin i sur., 2008) sila kod djece u adolescenciji (14-15 godina) ukazuju na to da su dječaci brži u trajanju kontakta s podlogom ali da je relativna vršna sila u izvedbi skokova viša kod djevojčica.

5.2. Dobne razlike u sprinterskoj izvedbi djece sedam do deset godina

Test trčanja na 30 metara predstavlja također jedan od testova koji se koristi kao prediktor brzinsko-eksplozivnih karakteristika kod djece. S obzirom da je test jednostavan, moguće ga je učestalo i pravilno provoditi tijekom trenažnog procesa. Usporedbom rezultata prema dobi djece, utvrđeno je da se rezultati u svim prolaznim vremenima razlikuju. Kada se promatra vrijeme trčanja na ovoj dionici može se zaključiti da što je starije dijete će imati i bolji rezultat u trčanju. Također, primjetno je da se brzina trčanja (Graf 3) postepeno povećava do 20 m, nakon čega ili kratko ostaje na toj razini ili se smanjuje. Ovi nalazi ukazuju da dijete do 10 godina zapravo ne može dulje od 20 m zadržavati maksimalnu brzinu trčanja.



Graf 23. Vršne brzine (V) trčanja prema dobi

Kada se promatraju same razlike između dobi, one se također povećavaju što je dijete starije pa je tako najveća razlika na 30 m ($H=81,16$; $p=0,00$). Također, u tablici 14. vidljivo je da ne postoji statistički značajna razlika između G3 i G4. Već nakon 9 godine života počinje dolaziti do stabilizacije brzine trčanja, odnosno prirast brzine s dobi postaje sve manji.

Slični nalazi ističu da se s porastom dobi javlja povećanje u mišićnoj masi, boljoj koordinaciji i efikasnijem trkačkom obrascu (Meylan i sur., 2012). Bolji rezultati sprinterske izvedbe može biti i rezultat biomehaničkih prilagodbi kao što je bolja tehnika trčanja, odnosno

kvalitetnije iskorištavanje sila reakcije podloge, veća dužina koraka te bolja stabilnost trupa (Lloyd i sur., 2011). G1 i G2 svoje maksimalne brzine trčanja postižu već na 15 m, G2 zadržava jednaku brzinu do 20 m, dok G1 ima blagi pad u brzini trčanja između 15 i 25 m. Promatrajući distribuciju ovih rezultata može se utvrditi da mlađa djeca trebaju značajno manje vremena za postizanje maksimalne brzine trčanja. Također, ovim rezultatima može se potvrditi da je maksimalna brzina trčanja preduvjet za postizanje boljeg rezultata u trčanju.

Usporedbom nadarene i nenadarene djece starosti 11 do 13 godina u testu sprinta na 20 m utvrđuje se da značajno bolje vrijeme postižu nadarena djeca (3,80 s naspram 4,10 s) odnosno ona koja su selekcionirana prema natjecateljskom rangu (Babić i sur. 2010). Prema tome rezultati u trčanjima i nakon 11 godine života prate pozitivan trend rasta brzine odnosno rezultata na 20 m. Selekcionirana djeca, odnosno najstarija skupina u ovom istraživanju u prosjeku su imali prolazno vrijeme na 20 m = 4,17 s gdje je također vidljiv pozitivan trend rasta brzine trčanja sa starosti.

Također, važno je uzeti u obzir da starija djeca mogu imati razvijeniji osjećaj za ritam i anticipaciju pokreta, što može doprinijeti boljoj izvedbi u startnoj fazi sprinta i u ubrzanju. (Vandendriessche i sur., 2012). Jednako tako, utvrđeno je da tijekom najvećeg prirasta u visinu dolazi i do najboljih rezultata vezanih uz sposobnost brze promjene smjera kretanja, eksplozivne snage te brzine trčanja (Philippaerts i sur., 2006).

5.3. Spolne razlike skakačke izvedbe

Spolne razlike u skakačkoj aktivnosti prezentirane su u tablici 12. Utvrđene su razlike u varijablama Kont_t ($p < 0,00$); Skok_d ($p < 0,00$); CON_t ($p < 0,00$) i CON_F ($p < 0,00$). Preostale varijable nisu pokazale statističku značajnost spolnih razlika. Ako se promatraju osnovni parametri kroz dobne skupine (tablice 8-11), onda je primjetan obrazac: dječaci imaju dulje trajanje odraza i same koncentrične faze odraza, također imaju veću duljinu skoka ali manju vršnu silu u koncentričnoj fazi odraza u odnosu na djevojčice. Prema autoru (Šuk, 2019), dječaci postižu više vrijednosti u aktivnostima koji zahtijevaju veću eksplozivnu snagu. Također, isti autor ukazuje na to da veća razina tjelesne aktivnosti i sudjelovanje u školskim sportskim aktivnosti značajno doprinosi boljim rezultatima motoričkih testova.

Vrijednosti trajanja kontakta s podlogom (Kont_t) bile su kraće kod djevojčica. Dječaci su, uz duže trajanje kontakta, ostvarivali i višu silu u ekscentričnoj fazi (ECC_F) te su imali veću duljinu skoka. U ovom istraživanju djevojčice su imale veće vrijednosti ECC_RFD i CON_RFD. Ovi rezultati su indikativni jer ukazuju na brži razvoj sile kod djevojčica, ali pri

manjoj maksimalnoj sili, što bi moglo ukazivati na manju mišićnu masu, ali bolju živčano-mišićnu aktivaciju (Zemková i Hamar, 2010). Iako djevojčice stvaraju veću silu u kraćem vremenu, dječaci ipak ostvaruju bolje rezultate u skoku. Dječaci silu stvaraju kroz dulji period što može uvelike utjecati na apsolutne vrijednosti sile. S obzirom da djeca promatrane dobi još nemaju dovoljno razvijene SSC potencijale, u unilateralnom skoku dulje trajanje kontakta rezultiralo je duljom koncentričnom fazom odraz te na kraju i većom savladanom duljinom. Spolne razlike u ovoj dobi mogu biti posljedica razlika u sastavu tijela, pri čemu dječaci imaju veći udio mišićne mase u odnosu na tjelesnu masu, što rezultira većim potencijalom za generiranje sile. Hormonalni utjecaji također mogu početi djelovati u kasnoj prepubertetskoj dobi, čime se stvara dodatna razlika u eksplozivnim sposobnostima (Beunen i Malina., 1988).

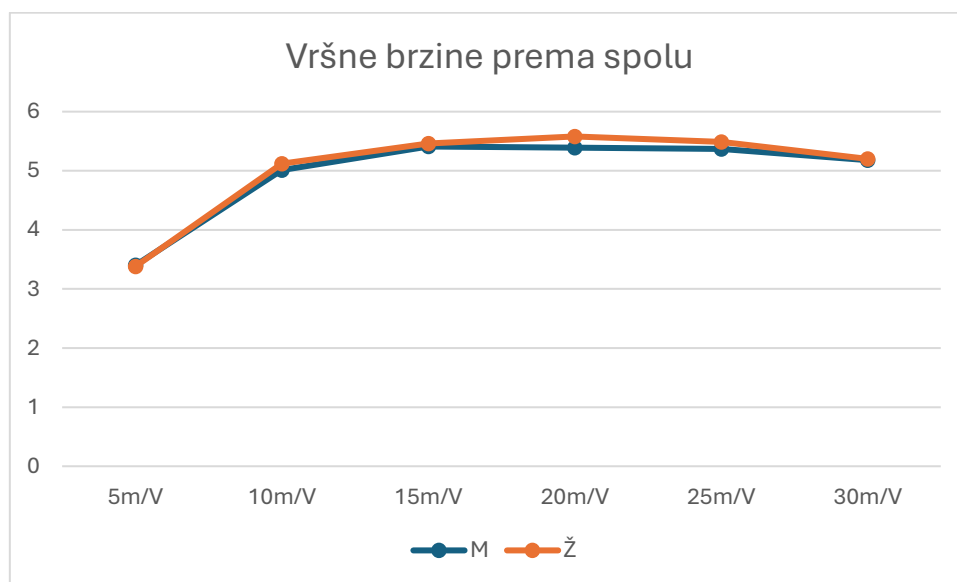
Osim trajanja odraza te duljine skoka, utvrđene su spolne razlike u trajanju koncentrične faze ($p < 0,00$) te vršnoj sili u koncentričnoj fazi ($p < 0,00$). Dječaci su imali kraće trajanje CON_t te manju silu CON_F_TM. Istraživanja pokazuju kako su djevojčice često opreznije u izvođenju motoričkih zadataka, što može utjecati na rezultat tijekom testiranja (Thomas i French, 1985). Kroz sve dobne skupine, djevojčice su imale veće vrijednosti vršnih sila te dinamike razvoja sile. Najveća postignuta vršna vrijednost sile bila je ECC_F_TM=5,28 TT kod G1. Jednako tako, najveća dinamika razvoja sile postignuta je kod G1 u ECC_RFD_TM=23,38 TT/s. Prethodno je utvrđeno (Ljubičić, 2022) da se svi kinetički i kinematički parametri kod djece mogu značajno razvijati kroz različite modalitete treninga.

Ekscentrična faza odraza bila je dulja kod djevojčica (43,69 ms) nego kod dječaka (41,30 ms), dok je koncentrična faza bila duža kod dječaka, što može ukazivati na različite distribucije te preraspodjelu sila tijekom odraza.

Također se jasno vidi da parametri sile i dinamike razvoja sile postaju sve važniji indikatori razlika u izvedbi, osobito u skokovima. Rezultati apsolutnih sila ovog rada sukladni su ranijim istraživanjima koja su pokazala da dječaci u toj dobi već počinju razvijati veće vrijednosti eksplozivne jakosti (Behm i sur., 2008, Lloyd i sur., 2014). Suprotno tome, kod adolescenata, utvrđeno je da djevojke postižu značajno veće rezultate vertikalne vršne sile u odnosu na dječake pri izvedbi uzastopnih skokova na jednoj nozi ($p < 0,01$) (Harrison i sur., 2011).

5.4. Spolne razlike sprinterske izvedbe

Kroz distribuciju rezultata vidljivo je da se spolne razlike u sprintu u ovom uzorku pojavljuju se samo u skupini G3, i to na dionicama od 10 do 30 m, dok u skupinama G1, G2 i G4 nisu utvrđene statistički značajne razlike. Dječaci su na testu sprinta 30 m postizali prosječno vrijeme od 6,31 s, dok su djevojčice imale 6,24 s. S obzirom da je maksimalna brzina glavni faktor u postizanju što boljeg rezultata u sprintu, ovi rezultati mogu se potvrditi i s prosječnim maksimalnim brzinama (V_{max}) koje su za djevojčice 5,78 m/s dok su kod dječaka 5,69 m/s. Važno je napomenuti da su razlike između spolova manje izražene u mlađim dobnim skupinama, ali s približavanjem pubertetu razlike postaju izraženije, što ukazuje na potencijalne hormonalne i funkcionalne razloge koji podupiru razlike u brzinskim sposobnostima. Iako spolne razlike nisu značajne, djevojčice ipak pokazuju malo bolje rezultate kod starije dobi G3 i G4. Budući da su statistički značajne spolne razlike u sprintu utvrđene samo u skupini G3, dobivene razlike treba tumačiti oprezno i prije kao specifičnost uzorka nego kao stabilan razvojni obrazac.



Graf 24. Prosječne vrijednosti brzine prolaznih vremena prema spolu

Na uzorku (N=189) selekcioniranih djevojčica i skupine učenica dobi 11- 13 godina utvrđeno je da selekcionirani uzorak ima značajno kraće vrijeme u testu trčanje na 20 metara. Rezultati trčanja na 30 metara kod selekcioniranih djevojčica (N=189) dobi jedanaest do

trinaest godina. Selekcionirane djevojčice prosječno postižu rezultate 3,80 s dok su one manje uspješne bile značajno sporije (4,10 s) (Babić i sur., 2010). Ovaj rad također u podskupini uzorka se sastoji od selekcioniranih djevojčica ali dobi sedam do deset godina. Usporedbom rezultata testiranih uzoraka može se utvrditi kako trend porasta brzine trčanja i nadalje raste nakon desete godine.

5.5. Povezanost kinetičkih i kinematičkih parametara sa rezultatima skakačke i sprinterske izvedbe

Analiza kinetičkih i kinematičkih parametara unilateralnog dubinsko-daljinskog skoka te rezultata skakačke i sprinterske izvedbe pokazala je postojanje statistički značajnih povezanosti kod djece. Primarno je utvrđeno da postoji negativna povezanost ($r = -0,39$) između skakačke i sprinterske izvedbe, odnosno da rezultat u unilateralnom dubinsko-daljinskom skoku ima slabu negativnu povezanost sa vremenom trčanja na 30m. Ovim rezultatima potvrđuju se prethodni dokazi koji prikazuju ovu povezanost kod odraslih sportaša (Dobbs i sur., 2015; Schuster i Jones, 2016). Također, ovime se potvrđuju nalazi povezanosti između izvedbe sprinta i skoka odnosno brzine i eksplozivne snage (Komi, 1984; Marković i sur., 2004). Duljina skoka ima negativnu povezanost s kinetičkim parametrima odnosno vršnim silama i RFD-om u koncentričnoj i ekscentričnoj fazi. Navedeni rezultati ukazuju na to da rezultat skoka nije određen samo promatranim kinetičkim i kinematičkim varijablama, nego i drugim čimbenicima koji u ovom radu nisu izravno mjereni (koordinacija pokreta, kinematički parametri tijela pri odrazu, horizontalna brzina). Iako djeca proizvode visoke vrijednosti relativne sile reakcije podloge, te sile u ovom uzorku nisu snažno povezane s boljim rezultatom skoka, što ukazuje na manju značajnost korištenja promatranih kinetičkih varijabli kao samostalnih pokazatelja uspješnosti izvedbe. Najizraženija povezanost dobivena je između rezultata skoka i vremena trčanja na 30 m ($r = -0,39$), dok su povezanosti pojedinačnih kinetičkih pokazatelja sa skokom i sprintom uglavnom slabe. Iako su određene povezanosti statistički značajne, većina koeficijenata korelacije nalazi se u rasponu slabe do umjerene povezanosti, što upućuje na ograničenu prediktivnu vrijednost pojedinačnih kinetičkih i kinematičkih pokazatelja. Značajne ali slabe povezanosti utvrđene su između kinetičkih pokazatelja i sprinterske izvedbe. Između CON_F i 30 m dobivena je negativna povezanost ($r = -0,18$) odnosno utvrđeno je da više vrijednosti sile u koncentričnoj fazi imaju povezanost sa bržim vremenom trčanja.

Iako trajanje odraza (Kont_t) nije pokazalo značajne povezanosti sa skakačkom i sprinterskom izvedbom može se uvidjeti da je Kont_t značajno negativno povezano sa svim kinetičkim varijablama.

Analiza povezanosti ovog istraživanja prikazuje slabe i negativne povezanosti između RFD-a i uspješnosti izvedbe, što odstupa od nalaza istraživanja provedenih u kontroliranim uvjetima (npr. izometrijski testovi ili vertikalni skokovi), gdje se RFD često pokazuje kao značajan prediktor performansi (Andersen i Aagaard, 2006; Maffiuletti i sur., 2016).

Prema navedenim povezanostima može se utvrditi da RFD_ECC i RFD_CON imaju veću povezanost sa skakačkim i sprinterskim izvedbama u odnosu na ECC_F i CON_F. Sveukupno gledano, rezultati ovog istraživanja potvrđuju da kinetički parametri imaju snažniju povezanost s rezultatom izvedbe od samih kinematičkih pokazatelja, ali da je optimalna izvedba uvjetovana njihovom međusobnom interakcijom. Dobiveni rezultati ukazuju na to da promatrane varijable samo djelomično objašnjavaju uspješnost skakačke i sprinterske izvedbe. Iako su određene povezanosti statistički značajne, većina koeficijenata korelacije nalazi se u rasponu slabe do umjerene povezanosti, što upućuje na ograničenu prediktivnu vrijednost pojedinačnih kinetičkih i kinematičkih pokazatelja.

6. ZNANSTVENI I PRAKTIČNI DOPRINOS ISTRAŽIVANJA

Znanstveni doprinos ovog istraživanja očituje se u definiranju parametara specifičnog unilateralnog dubinsko-daljinskog skoka kod djece starosti sedam do deset godina. Novim motoričkim testom i analizom parametara dinamike razvoja sile prikazani su modeli razvoja sile po spolu i dobi. Kao što se i očekivalo, detaljan uvid u parametre specifične skakačke i sprinterske sposobnosti može značajno imati utjecaj na usmjeravanje djece prema sportskim granama i disciplinama te doprinijeti razumijevanju pojava koje se manifestiraju u unilateralnim horizontalnim aktivnostima. Rezultati ukazuju na to da su i skakačka i sprinterska izvedba kod djece od sedam do deset godina pod snažnim utjecajem spola i dobi. Iako djevojčice pokazuju bržu dinamiku razvoja sile, dječaci ostvaruju bolje rezultate u skoku i sprintu, što može biti posljedica veće maksimalne sile, bolje tehnike izvođenja i većeg angažmana mišićne mase. U svrhu selekcije i usmjeravanja u atletiku, rani motorički testovi koji uključuju skakačke i sprinterske zadatke mogu pružiti vrijedne informacije o potencijalu pojedinca.

7. PREDNOSTI I OGRANIČENJA ISTRAŽIVANJA

Definiranje prednosti istraživanja omogućuje jasnije razumijevanje znanstvene i praktične vrijednosti, dok kritičko sagledavanje ograničenja doprinosi objektivnijoj interpretaciji dobivenih nalaza te usmjerava buduća istraživanja. U skladu s tim, u nastavku su prikazane glavne prednosti provedenog istraživanja, kao i metodološka ograničenja koja mogu utjecati na mogućnost generalizacije i interpretacije dobivenih rezultata.

7.1. Prednosti istraživanja

1. Provedeno istraživanje obuhvatilo je velik uzorak od 385 djece dobi od sedam do deset godina, što omogućuje veliku statističku snagu. Također, uzorak djece podjednako je podijeljen prema dobi i spolu, što daje dodatni značaj u promatranju razvojnih obrazaca kroz odrastanje.
2. Uzorak ispitanika sastoji se od aktivne djece uključene u sportske klubove. Djeca su kroz trenažni proces upoznata s tehnikom skakanja i trčanja, čime se smanjuje utjecaj tehnike na krajnji rezultat te se povećava homogenost uzorka i valjanost izmjerenih rezultata.
3. Detaljno su se analizirali kinetički i kinematički parametri unilateralnog dubinsko-daljinskog skoka kod djece sedam do deset godina. Primjenom specifičnog testa te njegovih parametara izraženih u relativnim silama promatrana je dinamika razvoja sile ovisno o spolu i dobi djece. Time istraživanje omogućuje uvid u karakteristike pokreta koji djeca često spontano koriste u igri i sportu.
4. Ovo istraživanje koristilo je precizne mjerne uređaje za praćenje kinetičkih i kinematičkih parametara skoka i trčanja što značajno povećava objektivnost i mjerljivost rezultata.

7.2. Ograničenja istraživanja

1. Najznačajnije ograničenje je izostanak objektivnih mjera biološke dobi, poput procjene vršne brzine rasta (PHV), što otežava precizno razlikovanje utjecaja kronološke dobi i individualnih razvojnih razlika.
2. Uzorak, iako velik, uključivao je djecu koja su već aktivno trenirala u sportskim programima, što može značiti da se rezultati ne mogu u potpunosti generalizirati na opću populaciju djece iste dobi koja nije uključena u sustavne aktivnosti.
3. Presječni (*cross-sectional*) dizajn predstavlja dodatno ograničenje jer omogućuje usporedbu dobnih skupina u jednom vremenskom trenutku, ali ne prikazuje individualne razvojne krivulje niti omogućuje praćenje progresije sposobnosti kroz djetinjstvo.
4. Korištenje samo jedne vrste skoka (unilateralni dubinsko-daljinski skok). Iako je ovaj skok precizno definiran te uspijeva prikazati dobne i spolne razlike, potrebno je dodatno promatrati utjecaj različitih visina saskoka te da li postoji razlika između ekstremiteta u izvedbi dubinsko-daljinskih skokova kod djece.
5. U ovom istraživanju nisu analizirani tehnički parametri skoka i sprinta. Kinetičke i kinematičke varijable odraza i brzine trčanja su precizno mjerene, ali nije promatrana segmentalna analiza tijela, odnosno da li tehnika utječe na distribuciju sila te sprintersku i skakačku izvedbu.

8. TESTIRANJE POSTAVLJENIH HIPOTEZA

Provedeno istraživanje za cilj je imalo: (1) utvrditi dobne i spolne razlike u kinetičkim i kinematičkim parametrima skakačke i sprinterske izvedbe kod djece dobi sedam do deset godina te (2) utvrditi povezanost između kinetičkih i kinematičkih parametara specifičnog unilateralnog dubinsko-daljinskog skoka sa skakačkom i sprinterskom izvedbom.

Temeljem navedenih ciljeva postavljene su sljedeće hipoteze: (1) Vrijednosti vertikalne vršne sile i dinamike razvoja sile tijekom faze odraza progresivno će se povećavati s dobi, a vrijednost varijable trajanje odraza progresivno će se smanjivati s dobi ispitanika pri izvedbi unilateralnog dubinsko-daljinskog skoka; (2) Neće biti značajnih razlika između dječaka i djevojčica iste dobi u promatranim kinetičkim i kinematičkim parametrima; (3) Kinetički i kinematički parametri unilateralnog dubinsko-daljinskog skoka imaju visoku povezanost s duljinom dubinsko-daljinskog skoka i sa sprinterskom izvedbom.

Prva hipoteza pretpostavljala je da će se vrijednosti vertikalne vršne sile i dinamike razvoja sile tijekom faze odraza progresivno povećavati s dobi. Na temelju dobivenih rezultata ova hipoteza se odbacuje. Utvrđene razlike između dobnih skupina pokazuju da relativne vrijednosti vertikalne vršne sile i dinamike razvoja sile imaju trend smanjenja s porastom dobi, dok se trajanje odraza povećava. Ovi nalazi mogu se objasniti činjenicom da su analizirane relativne vrijednosti sile, normalizirane u odnosu na tjelesnu masu. S obzirom na to da tjelesna masa raste brže od sposobnosti generiranja sile, dolazi do smanjenja relativnih pokazatelja, iako apsolutne vrijednosti sile mogu rasti. Dodatno, dulje trajanje odraza u starijim dobnim skupinama upućuje na drugačiji način generiranja sile, pri čemu se sila razvija kroz dulji vremenski interval.

Druga hipoteza usmjerena je na to da nema spolnih razlika prema dobi u skakačkoj i sprinterskoj izvedbi. Analizirajući dobivene rezultate može se primijetiti da se kroz prve dvije dobne skupine ispitanici ne razlikuju prema spolu. U G3 i G4 postoje razlike u nekim promatranim varijablama. Prema tome, ova hipoteza se djelomično prihvaća jer su varijable Kont_t, Skok_d i CON_t pokazale značajne razlike između spolova.

Treća hipoteza pretpostavlja da će parametri unilateralnog horizontalnog dubinsko-daljinskog skoka imati visoku povezanost s vrijednostima duljine skoka te rezultatom u trčanju na 30 metara odnosno s pokazateljima skakačke i sprinterske izvedbe. Dobiveni rezultati ne potvrđuju ovu pretpostavku u potpunosti, budući da su utvrđene uglavnom slabe do umjerene povezanosti između promatranih varijabli. Prema tome, treća hipoteza se odbacuje. Proučavani

parametri zapravo vrlo slabo opisuju izvedbu u dubinsko-daljinskom skoku te u trčanju na 30m s kod aktivne djece dobi 7-10 godina.

9. ZAKLJUČAK

Rezultati istraživanja pokazali su da se skakačka i sprinterska izvedba s porastom dobi poboljšava u apsolutnim pokazateljima, no da razvojni obrasci kinetičkih i kinematičkih parametara nisu linearni. Dobiveni rezultati upućuju na to da mlađa djeca, unatoč slabijim apsolutnim rezultatima imaju veću relativnu uspješnost u brzom generiranju sile.

Sprinterska izvedba pokazuje značajno poboljšanje s porastom dobi, dok spolne razlike u ovom uzorku nisu bile izražene. U pojedinim dobnim skupinama utvrđene su razlike u korist djevojčica, no one nisu bile konzistentne kroz sve skupine.

Dinamika razvoja sile pokazuje suprotan trend u odnosu na apsolutne rezultate izvedbe. Mlađa djeca ostvaruju veće relativne vrijednosti dinamike razvoja sile i kraće trajanje kontakta s podlogom, dok starija djeca postižu bolje apsolutne rezultate uz dulje trajanje odraza i niže relativne vrijednosti dinamike razvoja sile.

Analiza povezanosti pokazala je statistički značajne, ali uglavnom slabe povezanosti između kinetičkih i kinematičkih parametara unilateralnog dubinsko-daljinskog skoka i uspješnosti skakačke i sprinterske izvedbe. U pojedinim slučajevima utvrđene su i negativne povezanosti, što upućuje na to da veće vrijednosti pojedinih biomehaničkih varijabli ne moraju nužno biti povezane s boljom izvedbom. Dobiveni rezultati sugeriraju da promatrane varijable ne predstavljaju samostalne prediktore uspješnosti.

Ključni nalaz ovog istraživanja jest da se s porastom dobi poboljšavaju apsolutni rezultati skoka i sprinta, dok relativni pokazatelji dinamike razvoja sile pokazuju suprotan trend, što upućuje na promjenu načina generiranja sile tijekom razvoja. Rezultate treba interpretirati uzimajući u obzir specifičnost korištenog zadatka i činjenicu da su analizirane relativne, a ne apsolutne vrijednosti biomehaničkih varijabli.

Zaključno, rezultati ovog istraživanja ukazuju na to da se motorički razvoj djece u dobi od sedam do deset godina očituje kroz nelinearne promjene kinetičkih i kinematičkih obilježja skakačke i sprinterske izvedbe. Djeca starosti od sedam godina ostvaruju veću relativnu učinkovitost odraza kroz kraće trajanje kontakta i višu dinamiku razvoja sile, dok djeca starosti deset godina postižu bolje apsolutne rezultate uz dulje trajanje odraza i sporiju dinamiku razvoja sile. Spolne razlike u ovoj dobi su minimalne, a snažna povezanost skakačkih i sprinterskih

varijabli potvrđuje važnost razvoja sposobnosti brzog generiranja sile u dječjoj dobi te pruža znanstvenu osnovu za unapređenje dijagnostičkih, selekcijskih i trenažnih postupaka.

10. LITERATURA

1. Aagaard, P., Simonsen, E. B., Andersen, J. L., Magnusson, P. i Dyhre-Poulsen, P. (2002). Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. *Journal of Applied Physiology*, 93(4), 1318–1326.
2. Abbott, A. i Collins, D. (2004). Eliminating the dichotomy between theory and practice in talent identification and development: considering the role of psychology. *Journal of Sports Sciences*, 22(5), 395–408.
3. Abbott, A., Button, C., Pepping, G. J. i Collins, D. (2005). Unnatural selection: Talent identification and development in sport. *Nonlinear Dynamics, Psychology and Life Sciences*, 9(1), 61–88.
4. Andersen, L. L., i Aagaard, P. (2006). Influence of maximal muscle strength and intrinsic muscle contractile properties on contractile rate of force development. *European journal of applied physiology*, 96(1), 46–52.
5. Babić, V., Blažević, I. i Vlašić, J. (2010). Karakteristike sprinterskog trčanja djece predškolske i mlađe školske dobi. *Hrvatski športskomedicinski vjesnik*, 25(1), 3-8.
6. Babić, V., Rakovac, M., Blažević, I., Zagorac, N. i Švigir Potroško, R. (2010). Terenski testovi specifičnih motoričkih sposobnosti i morfoloških obilježja za otkrivanje djece talentirane za sprint. U I. Jukić, C. Gregov, S. Šalaj, L. Milanović, T. Trošt-Bobić (ur.), *Zbornik radova kondicijska priprema sportaša* (str. 494-498). Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
7. Baković, M. (2016). *Biomehaničko vrjednovanje skokova: uloga lateralnosti, zamaha rukama, režima rada mišića i smjera kretanja* (doktorska disertacija). Kineziološki fakultet, Zagreb.
8. Balyi, I. i Way, R. (2005). The role of monitoring growth in long-term athlete development. *Canadian sport for life*, 2(1), 47-64.
9. Barnett, L. M., van Beurden, E., Morgan, P. J., Brooks, L. O. i Beard, J. R. (2009). Childhood motor skill proficiency as a predictor of adolescent physical activity. *The Journal of adolescent health: official publication of the Society for Adolescent Medicine*, 44(3), 252–259.
10. Bassa, E., Adamopoulos, I., Panoutsakopoulos, V., Xenofondos, A., Yannakos, A., Galazoulas, C. i Patikas, D. A. (2023). Optimal Drop Height in Prepubertal Boys Is Revealed by the Performance in Squat Jump. *Sports*, 11(1), 1.

11. Baxter-Jones, A. D., Mirwald, R. L., McKay, H. A. i Bailey, D. A. (2003). A longitudinal analysis of sex differences in bone mineral accrual in healthy 8-19-year-old boys and girls. *Annals of human biology*, 30(2), 160–175.
12. Bedi, J. F., Cresswell, A. G., Engel, T. J. i Nicol, S. M. (1987). Increase in Jumping Height Associated with Maximal Effort Vertical Depth Jumps. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 58(1), 11–15.
13. Behm, D. G., Faigenbaum, A. D., Falk, B. i Klentrou, P. (2008). Canadian Society for Exercise Physiology position paper: Resistance training in children and adolescents. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism*, 33(3), 547–561.
14. Beunen, G. i Malina, R. M. (1988). Growth and physical performance relative to the timing of the adolescent spurt. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 16(1), 503–540.
15. Beunen, G. i Malina, R.M. (2008). Growth and biologic maturation: Relevance to athletic performance. U Hebestreit, U. i Bar-Or, O. (Ur.), *The Young Athlete*, 3–17. Oxford, UK: Blackwell Publishing.
16. Bissas, A. i Havenetidis, K. (2008). The use of various strength-power tests as predictors of sprint running performance. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 48(1), 49–54.
17. Blazevich, A. (2011). The stretch-shortening cycle (SSC). U Cardinale, M., Newton, R. i Nosaka, K. (ur.), *Strength and conditioning: Biological principles and practical applications* (str. 209-222). Chichester, England: Wiley-Blackwell.
18. Blažević, I. (2010). *Utjecaj antropoloških i kinematičkih obilježja na dinamiku sprinterskog trčanja djece* (doktorska disertacija). Kineziološki fakultet, Zagreb.
19. 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.
20. Briem, K., Jonsdottir, K. V., Arnason, A. i Sveinsson, P. (2017). Effects of sex and fatigue on biomechanical measures during the drop-jump task in children. *The Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 5(1).
21. Byrne, P. J., Kenny, J. i O' Rourke, B. (2014). Acute potentiating effect of depth jumps on sprint performance. *Journal of strength and conditioning research*, 28(3), 610–615.
22. Celik, H., Yildirim, A., Unver, E., Mavili, C., Yilmaz, E., Ozturk, F., Arpinar-Asvar, P. i Alpan Cinemre, S. (2023). Force-Time Analysis of the Drop Jump: Reliability

- of Jump Measures and Calculation Methods for Measuring Jump Height. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*, 28(2), 119–132.
23. Clark, J. E., Phillips, S. J. i Petersen, R. (1989). Developmental stability in jumping. *Developmental Psychology*, 25(6), 929–935.
 24. Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, NJ.
 25. Dello Iacono, A., Martone, D., Milic, M. i Padulo, J. (2017). Vertical- vs. Horizontal-Oriented Drop Jump Training: Chronic Effects on Explosive Performances of Elite Handball Players. *Journal of strength and conditioning research*, 31(4), 921–931.
 26. Dobbs., C. W., Gill, N. D., Smart, D. J. i McGuigan, M. R. (2015). Relationship Between Vertical and Horizontal Jump Variables and Muscle Performance in Athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(3), 661-671.
 27. Dorgo, S., Smith, D. R., Ortiz, M. i King, G. A. (2006). The effects of eccentric phase duration on concentric phase force production during depth jumps. U H. Schwameder, G. Strutzenberger, V. Fastenbauer, S. Lindinger i E. Müller (ur.), *Proceedings of the 24th International Symposium on Biomechanics in Sports* (str. 667–670). Department of Sport Science and Kinesiology, University of Salzburg.
 28. Dukarić, V., Antekolović, L., Baković, M., Rupčić, T. i Cigrovski, V. (2021). Test-Retest Reliability of Unilateral Horizontal Drop Jump in Children. *Sustainability*, 13(21), 12084.
 29. Flanagan, E. P., Ebben, W. P. i Jensen, R. L. (2008). Reliability of the reactive strength index and time to stabilization during depth jumps. *Journal of strength and conditioning research*, 22(5), 1677–1682.
 30. Focke, A., Strutzenberger, G., Jekauc, D., Worth, A., Woll, A. i Schwameder, H. (2013). Effects of age, sex and activity level on countermovement jump performance in children and adolescents. *European Journal of Sport Science*, 13(5), 518–526.
 31. Folland, J. P., Buckthorpe, M. W. i Hannah, R. (2014). Human capacity for explosive force production: Neural and contractile determinants. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 24(6), 894–906.
 32. Fuchs, R. K., Bauer, J. J. i Snow, C. M. (2001). Jumping improves hip and lumbar spine bone mass in prepubescent children: a randomized controlled trial. *Journal of bone and mineral research : the official journal of the American Society for Bone and Mineral Research*, 16(1), 148–156.

33. Fühner, T., Kliegl, R., Arntz, F., Kriemler, S. i Granacher, U. (2021). An Update on Secular Trends in Physical Fitness of Children and Adolescents from 1972 to 2015: A Systematic Review. *Sports medicine*, 51(2), 303–320.
34. Fukashiro, S., Besier, T., Barrett, R., Cochrane, J., Nagano, A. i Lloyd, D. (2005). Direction control in maximal horizontal and vertical jumps. *International Journal of Sports Health Science*, 3, 272–279.
35. Gallahue, D. L. i Ozmun, J. C. (2006). *Understanding Motor Development: Infants, Children, Adolescents, Adults* (6th ed). New York: McGraw-Hill.
36. Gillen, Z. M., Jahn, L. E., Shoemaker, M. E., McKay, B. D., Mendez, A. I., Bohannon, N. A., i Cramer, J. T. (2019). Effects of Eccentric Preloading on Concentric Vertical Jump Performance in Youth Athletes. *Journal of applied biomechanics*, 35(5), 327–335.
37. Goncalves, C. E. B., Rama, L. M. L. i Figueiredo, A. B. (2012). Talent identification and specialization in sport: An overview of some unanswered questions. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 7, 390–393.
38. Gunter, K., Baxter-Jones, A. D., Mirwald, R. L., Almstedt, H., Fuller, A., Durski, S. i Snow, C. (2008). Jump starting skeletal health: a 4-year longitudinal study assessing the effects of jumping on skeletal development in pre and circum pubertal children. *Bone*, 42(4), 710–718.
39. Gunter, K., Baxter-Jones, A. D., Mirwald, R. L., Almstedt, H., Fuchs, R. K., Durski, S. i Snow, C. (2008). Impact exercise increases BMC during growth: an 8-year longitudinal study. *Journal of bone and mineral research : the official journal of the American Society for Bone and Mineral Research*, 23(7), 986–993.
40. Häkkinen, K., Alen, M., Kraemer, W. J., Gorostiaga, E., Izquierdo, M., Rusko, H. i Paavolainen, L. (2003). Neuromuscular adaptations during concurrent strength and endurance training versus strength training. *European Journal of Applied Physiology*, 89(1), 42–52.
41. Hands, B., Larkin, D., Parker, H., Straker, L. i Perry, M. (2009). The relationship among physical activity, motor competence and health-related fitness in 5- to 14-year-old children. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 19(5), 655–665.
42. Harrison, A. D., Ford, K. R., Myer, G. D. i Hewett, T. E. (2011). Sex differences in force attenuation: A clinical assessment of single-leg hop performance on a portable force plate. *British Journal of Sports Medicine*, 45(3), 198–202.

43. Harrison, A. J. i Gaffney, S. (2001). Motor development and gender effects on stretch shortening cycle performance. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 4(4), 406–415.
44. Hernandez-Davo, J. L. i Sabido, R. (2014). Rate of force development: Reliability, improvements and influence on performance – a review. *European Journal of Human Movement*, 33, 46–69.
45. Holcomb, W. R., Lander, J. E., Rutland, R. M. i Wilson, G. D. (1996). A Biomechanical Analysis of the Vertical Jump and Three Modified Plyometric Depth Jumps. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 10, 83–88.
46. 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. *Journal of strength and conditioning research*, 22(5), 1589–1596.
47. Jensen, J. L., Phillips, S. J. i Clark, J. E. (1994). For young jumpers, differences are in the movement's control, not its coordination. *Research quarterly for exercise and sport*, 65(3), 258–268.
48. Johnston, K., Wattie, N., Schorer, J. i Baker, J. (2018). Talent Identification in Sport: A Systematic Review. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 48(1), 97–109.
49. Jones, C. M., McNarry, M. A. i Owen, N. J. (2020). The effect of body size on countermovement jump kinetics in children aged 7-11 years. *European journal of sport science*, 20(2), 174–181.
50. Jopkiewicz, A. i Nowak, S. B. (2013). The level of the coordination motor skills of children aged 7–10 years. *Česká antropologie*, 63(2), 15–18.
51. Keiner, M., Sander, A., Wirth, K. i Schmidtbleicher, D. (2013). Is there a difference between active and less active children and adolescents in jump performance?. *Journal of strength and conditioning research*, 27(6), 1591–1596.
52. Komi, P. V. (1984). Physiological and biomechanical correlates of muscle function: Effects of muscle structure and stretch-shortening cycle on force and speed. *Exercise and sport science reviews*, 12, 81–121.
53. Kümmel, J., Bergmann, J., Prieske, O., Kramer, A., Granacher, U. i Gruber, M. (2016). Effects of conditioning hops on drop jump and sprint performance: a randomized crossover pilot study in elite athletes. *BMC sports science, medicine & rehabilitation*, 8, 1.

54. Kumar, N. T. A., Radnor, J. M., Oliver, J. L., Lloyd, R. S., Pedley, J. S., Wong, M. A. i Dobbs, I. J. (2024). The Influence of Maturity Status on Drop Jump Kinetics in Male Youth. *Journal of strength and conditioning research*, 38(1), 38–46.
55. Kurz, G., Lang, D., Richter, A. i Schwameder, H. (2009). Reliability of Drop Jump Variations in Performance Diagnostics. U A. J. Harrison, R. Anderson, I. Kenny (ur.), *The proceedings of 27 International Conference on Biomechanics in Sports*, (str. 544). University of Limerick: Limerick, Ireland.
56. Laffaye, G. i Wagner, P. (2013). Eccentric rate of force development determines jumping performance. *Computer methods in biomechanics and biomedical engineering*, 16(1), 82–83.
57. Laffaye, G., Wagner, P. P. i Tombleson, T. I. (2014). Countermovement jump height: gender and sport-specific differences in the force-time variables. *Journal of strength and conditioning research*, 28(4), 1096–1105.
58. Laffaye, G., Choukou, M. A., Benguigui, N. i Padulo, J. (2016). Age and gender-related development of stretch shortening cycle during sub-maximal hopping task. *Biology of Sport*, 33(1), 29–35.
59. Lloyd, R. S., Oliver, J. L., Hughes, M. G. i Williams, C. A. (2011). Specificity of test selection for the appropriate assessment of different measures of stretch-shortening cycle function in children. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 51(4), 595–602.
60. Lloyd, R. S., Oliver, J. L., Hughes, M. G. i Williams, C. A. (2011). The influence of chronological age on periods of accelerated adaptation of stretch–shortening cycle performance in pre- and postpubescent boys. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(7), 1889–1897.
61. Lloyd, R. S., Oliver, J. L., Hughes, M. G. i Williams, C. A. (2012). The effects of 4-weeks of plyometric training on reactive strength index and leg stiffness in male youths. *Journal of strength and conditioning research*, 26(10), 2812–2819.
62. Lloyd, R. S., Oliver, J. L., Faigenbaum, A. D., Howard, R., De Ste Croix, M. B. A., Williams, C. A., Best, T. M., Alvar, B. A., Micheli, L. J., Thomas, D. P. i Myer, G. D. (2015). Long-term athletic development–part 1: A pathway for all youth. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(5), 1439–1450.
63. Loturco, I., Contreras, B., Kobal, R., Fernandes, V., Moura, N., Siqueira, F., Winckler, C., Suchomel, T. i Pereira, L. A. (2018). Vertically and horizontally

- directed muscle power exercises: Relationships with top-level sprint performance. *PLoS ONE*, 13(7), e0201475.
64. Ljubičić, S. (2022). *Utjecaj bilateralnog naspram unilateralnog vježbanja na izvedbu skoka u vis prekoračnom tehnikom*. (doktorska disertacija). Kineziološki fakultet, Zagreb.
 65. Maffiuletti, N. A., Aagaard, P., Blazevich, A. J., Folland, J., Tillin, N. i Duchateau, J. (2016). Rate of force development: Physiological and methodological considerations. *European Journal of Applied Physiology*, 116(6), 1091–1116.
 66. Malina, R.M., Bouchard, C. i Bar-Or, O. (2004). Growth, maturation and physical activity. Champaign, IL: Human Kinetics.
 67. Markovic, G., Jukic, I., Milanovic, D. i Metikos, D. (2007). Effects of sprint and plyometric training on muscle function and athletic performance. *Journal of strength and conditioning research*, 21(2), 543–549.
 68. Markovic, G. i Mikulic, P. (2010). Neuro-musculoskeletal and performance adaptations to lower-extremity plyometric training. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 40(10), 859–895.
 69. Mauch, M., Rist, H. J. i Kaelin, X. (2019). Reliability and Validity of Two Measurement Systems i the Quantification of Jump Performance. *SEMS-journal*, 62(1), 57-63.
 70. 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.
 71. Meylan, C., Cronin, J., Oliver, J. i Hughes, M. (2010). Talent identification in soccer: The role of maturity status on physical, physiological and technical characteristics. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 5(4), 571–592.
 72. Meylan, C. M. P., Cronin, J. B., Oliver, J. L., Hughes, M. G. i McMaster, T. (2012). The reliability of jump kinematics and kinetics in children of different maturity status. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(4), 1015–1026.
 73. Montoro-Bombú, R., Miranda-Oliveira, P., Valamatos, M. J., João, F., Buurke, T. J. W., Cupido Santos, A. i Rama, L. (2024). Kinetic Comparison between Drop Jumps and Horizontal Drop Jumps in Elite Jumpers and Sprinters. *Applied Sciences*, 14(9), 3833.
 74. Mullineaux, D. R., Milner, C. E., Davis, I. S. i Hamill, J. (2006). Normalization of ground reaction forces. *Journal of Applied Biomechanics*, 22(3), 230–233.

75. Nagano, A., Komura, T. i Fukashiro, S. (2007). Optimal coordination of maximal-effort horizontal and vertical jump motions – a computer simulation study. *Biomedical Engineering Online*, 6, 20–28.
76. Noyes, F. R., Barber-Westin, S. D., Fleckenstein, C., Walsh, C. i West, J. (2005). The drop-jump screening test: Difference in lower limb control by gender and effect of neuromuscular training in female athletes. *American Journal of Sports Medicine*, 33(2), 197–207.
77. Pedley, J. S., Lloyd, R. S., Read, P. J., Moore, I. S. i Oliver, J. L. (2017). Drop Jump: A Technical Model for Scientific Application. *Strength and Conditioning Journal*, 39, 36-44.
78. Peeters, A, Leduc, C, Piscione, J, Lacombe, M, Carling, C. i Babault, N. (2023). Anthropometric and physical characteristics in U16, U18 and U20 elite French youth rugby union players. *PLoS ONE* 18(12), e0295623.
79. Philippaerts, R. M., Vaeyens, R., Janssens, M., Van Renterghem, B., Matthys, D., Craen, R., Bourgois, J., Vrijens, J., Beunen, G. i Malina, R.M. (2006). The relationship between peak height velocity and physical performance in youth soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 24(3), 221–230.
80. Quatman, C. E., Ford, K. R., Myer, G. D. i Hewett, T. E. (2006). Maturation leads to gender differences in landing force and vertical jump performance: a longitudinal study. *The American journal of sports medicine*, 34(5), 806–813.
81. Radnor, J. M., Oliver, J. L., Waugh, C. M., Myer, G. D., Moore, I. S. i Lloyd, R. S. (2018). The influence of growth and maturation on stretch-shortening cycle function in youth. *Sports Medicine*, 48(1), 57–71.
82. Rathleff, M.S., Richter, C., Brushøj, C., Bencke, J., Bandholm, T., Hölmich, P. i Thorborg, K. (2014). Increased medial foot loading during drop jump in subjects with patellofemoral pain. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy: Official Journal of the ESSKA*, 22(10), 2301–2307.
83. Rodríguez-Rosell, D., Pareja-Blanco, F., Aagaard, P. i González-Badillo, J. J. (2018). Physiological and methodological aspects of rate of force development assessment in human skeletal muscle. *Clinical physiology and functional imaging*, 38(5), 743–762.
84. Rumpf, M. C., Cronin, J. B., Pinder, S. D., Oliver, J. i Hughes, M. (2012). Effect of Different Training Methods on Running Sprint Times in Male Youth. *Pediatric Exercise Science*, 24(2), 170-186.

85. Schmidbleicher, D. (1992). Training for power events. U: Komi, P.V. (ur.) *Strength and Power in Sport* (str. 169–179). Oxford: Blackwell.
86. Schober, P., Boer, C. i Schwarte, L. A. (2018). Correlation Coefficients: Appropriate Use and Interpretation. *Anesthesia and analgesia*, 126(5), 1763–1768.
87. Schuster, D., i Jones, P. A. (2016). Relationships between unilateral horizontal and vertical drop jumps and 20 m sprint performance. *Physical therapy in sport : official journal of the Association of Chartered Physiotherapists in Sports Medicine*, 21, 20–25.
88. Simpson, R. P. i Cronin, J. (2006). Reliability of a unilateral horizontal leg power test to assess stretch load tolerance. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*, 10(3), 169–178.
89. Singh, D. i Singh, S. (2012). Effects of vertical, horizontal, and combination depth jump training on long jump performance. *Biomedical Human Kinetics*, 4, 107–111.
90. Slawinski, J., Bonnefoy, A., Lèveque, J. M., Ontanon, G., Riquet, A., Dumas, R. i Chèze, L. (2010). Kinematic and kinetic comparisons of elite and well-trained sprinters during sprint start. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(4), 896–905.
91. de Souza, M. C., de Chaves, R. N., Lopes, V. P., Malina, R. M., Garganta, R., Seabra, A. i Maia, J. (2014). Motor Coordination, Activity, and Fitness at 6 Years of Age Relative to Activity and Fitness at 10 Years of Age. *Journal of Physical Activity and Health*, 11(6), 1239-1247.
92. Stalbm, M., Holm, D. J., Cronin, J. B. i Keogh, J. W. L. (2007). Reliability of kinematics and kinetics associated with Horizontal Single leg drop jump assessment. A brief report. *Journal of Sports Science and Medicine*, 6(2), 261-264.
93. Šuk, I. (2019). *Povezanost kinantropoloških obilježja i razine tjelesne aktivnosti kod desetogodišnjih učenika* (diplomski rad). Učiteljski fakultet, Zagreb.
94. Thomas, J. R. i French, K. E. (1985). Gender differences across age in motor performance: A meta-analysis. *Psychological Bulletin*, 98(2), 260–282.
95. Tomasevicz, C. L., Hasenkamp, R., Ransone, J. W. i Jones, D. (2020). Optimal depth jump height quantified as percentage of athlete stature. *Journal of Human Sport and Exercise*, 15(3): 682-691.
96. Tomažin, K., Škof, B., Dolenc, A. i Čoh, M. (2008). Gender-Related Differences in Maximum Mechanical Power Output in Short-Term Activities in Children and Adolescents. *Collegium antropologicum*, 32 (3), 821-828.

97. Tomkinson, G. R., Kaster, T., Dooley, F. L., Fitzgerald, J. S., Annandale, M., Ferrar, K., Lang, J.J., i Smith, J.J. (2021). Temporal Trends in the Standing Broad Jump Performance of 10,940,801 Children and Adolescents Between 1960 and 2017. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 51(3), 531–548.
98. Turner, A. N. i Jeffreys, I. (2010). The Stretch-Shortening Cycle: Proposed Mechanisms and Methods for Enhancement. *Strength & Conditioning Journal*, 32, 87-99.
99. Unger, A., Reichel, W., Röttig, K. i Wilke, J. (2024). Secular trends of physical fitness in Austrian children attending sports schools: An analysis of repeated cross-sections from 2006 to 2023. *Preventive medicine*, 189, 108149.
100. Vaeyens, R., Lenoir, M., Williams, A. M., i Philippaerts, R. M. (2008). Talent identification and development programmes in sport : current models and future directions. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 38(9), 703–714.
101. Vandendriessche, J. B., Vaeyens, R., Vandorpe, B., Lenoir, M., Lefevre, J., Philippaerts, R. M. i Malina, R. M. (2012). Biological maturation, morphology, fitness, and motor coordination as part of a selection strategy in the search for international youth soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 30(15), 1695–1703.
102. Vera-Assaoka, T., Ramirez-Campillo, R., Alvarez, C., Garcia-Pinillos, F., Moran, J., Gentil, P. i Behm, D. (2020). Effects of Maturation on Physical Fitness Adaptations to Plyometric Drop Jump Training in Male Youth Soccer Players. *Journal of strength and conditioning research*, 34(10), 2760–2768.
103. Verkoshansky, Y.V. (1996). Quickness and velocity in sports movements. *IAAF Quarterly* 2-3, 29-37.
104. Viru, A., Loko, J., Volver, A., Laaneots, L., Karelson, K., i Viru, M. (1998). Age period of accelerated improvement of muscle strength, power, speed and endurance in the age interval 6-18 years. *Biology of Sport*, 15(4), 211-227.
105. Vuk, S. (2011). Biotička motorička znanja u kondicijskoj pripremi djece i mladih. *Kondicijski trening*, 9(2); 70-75.
106. Waugh, C. M., Korff, T., Fath, F. i Blazevich, A. J. (2014). Effects of resistance training on tendon mechanical properties and rapid force production in prepubertal children. *Journal of applied physiology*, 117(3), 257–266.
107. Wickstrom, R. L. (ur.). (1983). *Fundamental Motor Patterns. 3rd ed. Philadelphia: Lea & Febiger*. Lippincott Williams & Wilkins, Michigan.

108. Williams, A. M., i Reilly, T. (2000). Talent identification and development in soccer. *Journal of Sports Sciences*, 18(9), 657–667.
109. Zemková, E. i Hamar, D. (2010). The effect of agility training on neuromuscular performance in children. *Acta Gymnica*, 40(1), 17–24.

11. ŽIVOTOPIS AUTORA I POPIS OBJAVLJENIH RADOVA

11.1. Životopis autora

Vedran Dukarić rođen je 12. kolovoza 1991. godine u Zagrebu. Osnovnu školu završilo je u Zagrebu. Također, maturant je Nadbiskupske klasične gimnazije (Zagreb). Kineziološki fakultet u Zagrebu upisuje 2011. godine gdje je 14. rujna 2016. godine diplomirao (s usmjerenjem: Atletika) pod mentorstvom izv. prof. dr. sc. Ljubomira Antekolovića. Poslijediplomski doktorski studij kineziologije na Kineziološkom fakultetu u Zagrebu upisuje 2017. godine gdje je također zaposlen kao suradnik i predavač. Od 2017. godine aktivno sudjeluje kao vanjski suradnik u nastavnom procesu na Kineziološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu na predmetima Atletika – hodanja i trčanja te Atletika – bacanja i skokovi. Kao laborant u Laboratoriju za sportske igre Kineziološkog fakulteta, bavi se provođenjem laboratorijskih i terenskih mjerenja, kreiranjem protokola testiranja, konstrukcijom i validacijom novih mjernih instrumenata i testova te izradom znanstvenih i stručnih radova u području sportske dijagnostike. Uz znanstveno-nastavni rad, djeluje i kao kondicijski trener, s višegodišnjim iskustvom u radu s tenisačima različitih uzrasnih kategorija u Hrvatskoj i Sloveniji, te s ekipama i pojedincima u rukometu i nogometu. Dosad je aktivno sudjelovao na brojnim seminarima, radionicama i konferencijama iz područja kineziologije, kao i u provođenju niza projekata i istraživanja na Kineziološkom fakultetu. Od 2018. do 2023. godine bio je asistent na projektu „Tjelesna aktivnost i biomarkeri starenja“, gdje je koordinirao provedbu mjerenja morfoloških, motoričkih i funkcionalnih sposobnosti, analizu i statističku obradu podataka te sudjelovao u pripremi i objavi znanstvenih radova. Vedran Dukarić također je administrator web sadržaja Hrvatskog instituta za kineziologiju, gdje je odgovoran za kreiranje, uređivanje i održavanje objava i baze podataka. Kao predavač na Hrvatskom institutu za kineziologiju, održava stručna predavanja i radionice iz područja sportske dijagnostike i kondicijske pripreme. Tijekom dokorskog studija bio je aktivan član Studentskog zbora

Sveučilišta u Zagrebu, gdje sudjeluje u organizaciji projekata usmjerenih na poboljšanje kvalitete studentskog života i poticanje stjecanja praktičnih iskustava. Od 2024. godine zaposlen je kao asistent na predmetima Atletika – Hodanja i trčanja te Atletika – Bacanja i skokovi na Kineziološkom fakultetu u Zagrebu.

11.2. Popis objavljenih radova u časopisima

Temeljem pregleda aktivnosti autora Vedrana Dukarića u pregledniku CROSBİ (Hrvatska znanstvena bibliografija) zavedeno je ukupno 66 rada, od kojih su 22 rada u časopisima, 40 radova objavljeno je u zbornicima skupova te je ukupno zavedeno 8 sažetaka sa skupova. Također, zabilježena su 2 poglavlja u knjigama.

U nastavku slijedi popis radova objavljenih u časopisima, poredano od najnovijih prema najstarijim:

1. Baković, M., Vučić, S. i Dukarić, V. (2025). Utjecaj obuće na kinematičke pokazatelje vertikalnih skokova. *Hrvatski športskomedicinski vjesnik*, 40(2), 193–199.
2. Belčić, I., Očić, M., Dukarić, V., Knjaz, D. i Zoretić, D. (2023). Effects of one-step and three-step run-up on kinematic parameters and the efficiency of jump shot in handball. *Applied Sciences*, 13(6), 3811.
3. Belčić, I., Rodić, S., Dukarić, V., Rupčić, T., & Knjaz, D. (2021). Do blood lactate levels affect the kinematic patterns of jump shots in handball? *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(20), 10809.
4. Bilić, Z., Barbaros, P., Dukarić, V., Lovreković, T., i Petrinović, L. (2025). Motivational determinants of recreational padel participation: A comparative analysis across age and gender. *Sports*, 13(11), 377.
5. Bilić, Z., Dukarić, V., Šanjug, S., Barbaros, P. i Knjaz, D. (2023). The concurrent validity of mobile application for tracking tennis performance. *Applied Sciences*, 13(10), 6195.
6. Bilić, Z., Očić, M., Dukarić, V., Petrinović, L. i Barbaros, P. (2025). Effects of physiological load on kinematic variables related to tennis serve performance. *Sports*, 13, 197.

7. Čaćić, I., Rupčić, T., Dukarić, V., Li, F. i Cigrovski, V. (2020). Differences in motor abilities between female basketball and volleyball players. *Hrvatski športskomedicinski vjesnik*, 35, 41–45.
8. Cetinić, M., Dukarić, V., Segedi, I., Rupčić, T. i Sertić, H. (2022). Defining the influence of fatigue protocol on kinematic parameters of Ippon Seoi Nage. *Applied Sciences*, 12(18), 9269.
9. Čubrić, S., Rupčić, T., Dukarić, V., Li, F., Matković, B. R. i Knjaz, D. (2019). Kinematic models of the shot with one hand from the spot and the jump shot and their differences. *Hrvatski športskomedicinski vjesnik*, 34(2), 69–78.
10. Dukarić, V., Antekolović, L., Baković, M., Rupčić, T. i Cigrovski, V. (2021). Test–retest reliability of unilateral horizontal drop jump in children. *Sustainability*, 13(21), 12084.
11. Dukarić, V., Bon, I. i Baković, M. (2025). The impact of jump type on muscle contractile behavior: Fatigue or potentiation after countermovement and stiffness jumps? *Sports*, 13(12), 437–449.
12. Dukarić, V., Očić, M., Bon, I., Rupčić, T. i Knjaz, D. (2022). Changes of impact force during performance of straight punch with two boxing techniques: A case study. *Studia Sportiva*, 16(2), 7–14.
13. Dukarić, V., Rupčić, T., Li, F., Cigrovski, V. i Knjaz, D. (2020). Determining asymmetry using specific unilateral tests in young basketball players. *Sportlogia*, 16(1), 67–79.
14. Li, F., Dukarić, V., Očić, M., Li, Z. i Knjaz, D. (2024). Influence of fatigue and defensive pressure on three-point jump-shot kinematics in basketball. *Applied Sciences*, 14(20), 9582.
15. Ljubičić, S., Antekolović, L. i Dukarić, V. (2025). Effects of jump training program on static balance parameters in healthy children. *Studia Sportiva*, 19(1), 164–172.
16. Očić, M., Dukarić, V. i Knjaz, D. (2023). Differences in activity level and HR zones of indoor and outdoor training programs. *Research in Kinesiology*, 51(2), 13–17.
17. Očić, M., Dukarić, V., Li, F., Xu, X., i Knjaz, D. (2025). The influence of ball handling and fatigue on cognitive reactive agility performance in basketball players. *Pamukkale Journal of Sport Sciences*, 16, 1–13.
18. Rupčić, T., Li, F., Matković, B., Knjaz, D., Dukarić, V., Baković, M., Matković, A., Svoboda, I., Vavaček, M. i Garafolić, H. (2020). The impact of progressive

- physiological loads on angular velocities during shooting in basketball: A case study. *Acta Kinesiologica*, 14(2), 102–109.
19. Segedi, I., Družeta, D., Dukarić, V., Rupčić, T. i Sertić, H. (2025). Does the level of anxiety affect process of learning judo throws? *Scientific Journal of Sport and Performance*, 4(2), 308–316.
 20. Šimunić-Briški, N., Dukarić, V., Očić, M., Madžar, T., Vinicki, M., Frkatović-Hodžić, A., Knjaz, D. i Lauc, G. (2023). Regular moderate physical exercise decreases glycan age index of biological age and reduces inflammatory potential of immunoglobulin G. *Glycoconjugate Journal*, 41(1), 67–76.
 21. Šimunić-Briški, N., Zekić, R., Dukarić, V., Očić, M., Frkatović-Hodžić, A., Deriš, H., Lauc, G. i Knjaz, D. (2023). Physical exercise induces significant changes in immunoglobulin G N-glycan composition in a previously inactive, overweight population. *Biomolecules*, 13(5), 762.
 22. Vencúrik, T., Nykodým, J., Bokuvka, D., Rupčić, T., Knjaz, D., Dukarić, V. i Struhár, I. (2021). Determinants of dribbling and passing skills in competitive games of women's basketball. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(3), 1165.