УНИВЕРЗИТЕТ У НИШУ

ФАКУЛТЕТ СПОРТА И ФИЗИЧКОГ ВАСПИТАЊА

Бранислав Б. Мајкић

ЕФЕКТИ СПРИНТЕРСКОГ ТРЕНИНГА СА ОПТЕРЕЋЕЊЕМ НА МОТОРИЧКИ ФИТНЕС И НЕУРОМИШИЋНЕ ПАРАМЕТРЕ ФУДБАЛЕРА

ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА

Ниш, 2026.

UNIVERSITY OF NIŠ

FACULTY OF SPORT AND PHYSICAL EDUCATION

Branislav B. Majkić

EFFECTS OF LOADED SPRINT TRAINING ON MOTOR FITNESS AND NEUROMUSCULAR PARAMETERS OF FOOTBALL PLAYERS

DOCTORAL DISSERTATION

Niš, 2026.

Комисија за оцену и одбрану:

МЕНТОР: _____

Проф. др Никола Стојановић
Ванредни професор Факултета спорта и физичког васпитања,
Универзитет у Нишу

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ:

1. _____
   Председник: Проф. др Зоран Милановић
   Редовни професор Факултета спорта и физичког васпитања,
   Универзитет у Нишу

2. _____
   Члан: Проф др. Немања Станковић
   Редовни професор Факултета спорта и физичког васпитања,
   Универзитет у Нишу

3. _____
   Члан: Проф. др Младен Живковић
   Редовни професор Факултета спорта и физичког васпитања,
   Универзитет у Нишу

4. _____
   Члан: Проф. др Хрвоје Ајман
   Ванредни професор Кизиолошког факултета, Универзитет Јосипа Јурја Штросмајера у Осијеку

Датум одбране: _____

Подаци о докторској дисертацији

Ментор:	Доктор наука, Никола Стојановић, ванредни професор, Универзитет у Нишу, Факултет спорта и физичког васпитања
Наслов:	Ефекти спринтерског тренинга са оптерећењем на моторички фитнес и неуромишићне параметре фудбалера
Резиме:	Циљ овог истраживања био је да се испитају ефекти спринтерског тренинга са оптерећењем на моторички фитнес и неуромишићне параметре фудбалера, примењеног уз нови модел дозирања, заснован на тренутном максималном времену спринта. Истраживање је спроведено током једанаестонедељног тренажног периода, у оквиру којег је 50 испитаника узраста 16-19 година подељено на експерименталну групу (ЕГ: n – 25), која је спроводила спринтерски тренинг са прслуцима са теговима (≈11 % од телесне масе) уз прекид серије при паду брзине ≥3%, и контролну групу (КГ: n – 25) која је изводила класичан спринтерски тренинг без оптерећења и са унапред одређеним бројем серија и понављања. Пре процене мишићног фитнеса и неуромишићних параметара забележени су статус зрелости и антропометријске карактеристике ради контроле иницијалних разлика. Тестирање пре и после интервенције обухватало је процену: експлозивне снаге кроз тестове скока са припремом (енг. Countermovement jump – CMJ) и скока са висине (енг. Drop Jump – DJ), изометријско вучење са натколенице (енг. Mid-tight pull – MTP), времена спринта (5, 10, 20 и 30 m), способности поновљеног спринта (енг. Repeated Sprint Ability - RSA), перформанси агилности и параметара профила силе и брзине (енг. Force-Velocity profile - F–V) изведених из резултата спринта. Неуромишићне карактеристике мишића доњих екстремитета процењене су помоћу тензиомиографије (енг. Tensiomyography - TMG). За испитивање ефеката примењен је 2 × 2 Bayes ANOVA модел на стандардиране исходе. Да би се контролисале и иницијалне разлике између група, коришћен је Bayes ANCOVA модел у коме су група, проценат масти, степен матурације и иницијално мерење додати као коваријата, а све анализе су спроведене у RStudio 2025.05.0+496. Резултати су указали на значајнија побољшања у раној фази убрзања и F-V профилу код ЕГ, док су промене у осталим варијаблама биле умереније и зависне од индивидуалних реакција на тренинг. Са друге стране ни код једног неуромишићног параметра није забележена кредибилна разлика. Добијени налази указују да индивидуализовано дозирање спринтерског тренинга са оптерећењем, засновано на праћењу замора, потенцијално представља ефикасан и безбедан приступ развоју фудбал-

	специфичних перформанси. Овај модел омогућава оптимизацију односа стимулуса и замора, доприноси бољем разумевању неуромишићних адаптација и отвара простор за даља истраживања примене тренинга заснованог на брзини у интермитентним спортовима.
Научна област:	Физичко васпитање и спорт
Научна дисциплина:	Научне дисциплине у спорту и физичком васпитању
Кључне речи:	Индивидуализација тренажног оптерећења, Дозирање оптерећења, Контрола замора, Тренажне адаптације, Тензиомиографија
УДК:	796.015.68::796.332-053.6(043.3)
CERIF класификација:	S 273 Физичка култура, моторичко учење, спорт
Тип лиценце Креативне заједнице:	**CC BY-NC-ND**

Doctoral dissertation information

Mentor:	PhD, Nikola Stojanović, associate professor, University of Niš, Faculty of Sport and Physical Education
Title:	Effects of loaded sprint training on motor fitness and neuromuscular parameters of football players
Abstract:	The aim of this study was to examine the effects of loaded sprint training on motor fitness and neuromuscular parameters in football players, using a novel training model based on current maximal sprint time. The study was conducted over an eleven-week training period and included 50 male participants aged 16–19 years, who were divided into an experimental group (EG; n = 25) and a control group (CG; n = 25). The EG performed sprint training with weighted vests (≈11% of body mass), with each set terminated when sprint velocity decreased by ≥3%, whereas the CG completed traditional unloaded sprint training with a predetermined number of sets and repetitions. Prior to the assessment of motor fitness and neuromuscular parameters, maturity status and anthropometric characteristics were recorded to control for baseline differences. Pre- and post-intervention testing included assessments of explosive strength via the countermovement jump (CMJ) and drop jump (DJ), maximal isometric strength using the mid-thigh pull (MTP), sprint performance over 5, 10, 20, and 30 m, repeated sprint ability (RSA), agility performance, and force–velocity (F–V) profile variables derived from sprint outcomes. Neuromuscular characteristics of the lower-limb muscles were assessed using tensiomyography (TMG). Training effects were analyzed using a 2 × 2 Bayesian ANOVA model on standardized outcomes. To further control for baseline group differences, a Bayesian ANCOVA model was applied, with group, body fat percentage, maturity status, and baseline values included as covariates. All statistical analyses were conducted using RStudio 2025.05.0+496. The results indicated greater improvements in early acceleration phases and F–V profile parameters in the EG, whereas changes in the remaining variables were more moderate and dependent on individual training responses. No credible differences were observed in any of the neuromuscular parameters assessed. These findings suggest that individualized resisted sprint training based on fatigue monitoring may represent an effective and safe approach for enhancing soccer-specific performance. This model allows for optimization of the stimulus–fatigue relationship, contributes to a better understanding of neuromuscular adaptations, and provides a basis for future research on velocity-based sprint training applications in intermittent team sports.

Scientific field:	Physical education and sport
Scientific discipline:	Scientific disciplines in sports and physical education
Keywords:	Individualization of training load, Load dosing, Fatigue control, Training adaptations, Tensiomyography
UDC:	796.015.68::796.332-053.6(043.3)
CERIF classification:	S 273 Physical training, motorial learning, sport

Creative Commons License Type: **CC BY-NC-ND**

САДРЖАЈ

1. УВОД 1

1.1 ДЕФИНИЦИЈЕ ОСНОВНИХ ПОЈМОВА 10

2. ПРЕГЛЕД ИСТРАЖИВАЊА 13

2.1 ОСВРТ НА ДОСАДАШЊА ИСТРАЖИВАЊА 25

3. ПРЕДМЕТ И ПРОБЛЕМ ИСТРАЖИВАЊА 27

3.1 ПРЕДМЕТ ИСТРАЖИВАЊА 27

3.2 ПРОБЛЕМ ИСТРАЖИВАЊА 27

4. ЦИЉ И ЗАДАЦИ ИСТРАЖИВАЊА 28

4.1 ЦИЉ ИСТРАЖИВАЊА 28

4.2 ЗАДАЦИ ИСТРАЖИВАЊА 28

5. ХИПОТЕЗЕ 30

6. МЕТОДЕ 31

6.1 СИМУЛАЦИОНА СТУДИЈА ЗА ОДРЕЂИВАЊЕ ОПТИМАЛНЕ ВЕЛИЧИНЕ УЗОРКА 31

6.2 РАНДОМИЗАЦИЈА 33

6.3 „BLINDING“ 33

6.4 УЗОРАК МЕРНИХ ИНСТРУМЕНАТА 34

6.4.1 Морфолошке карактеристике 34

6.4.2 Матурација 36

6.4.3 Мерни инструменти за процену моторичког фитнеса 36

6.4.4 Мерни инструменти за процену неуромишићних параметара 49

6.5 ОРГАНИЗАЦИЈА ТЕСТИРАЊА 50

6.6 ОДРЕЂИВАЊЕ СПОЉАШЊЕГ ОПТЕРЕЋЕЊА 51

6.7 ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ ПРОГРАМ 52

6.8 МЕРЕЊЕ ОПАДАЊА БРЗИНЕ ТРЧАЊА 61

6.9 МЕТОДЕ ОБРАДЕ ПОДАТАКА 61

7. РЕЗУЛТАТИ 63

7.1 МОТОРИЧКИ ФИНТЕС 63

7.1.1 СКОК СА ПРИПРЕМОМ (СМЈ) 63

X_1 - Разлике између група на иницијалном тестирању 63

X_2 – Унутар-групне промене експерименталне групе након интервенције 64
X_3 – Унутар-групне промене контролне групе након интервенције 64
X_4 - Разлике између група на финалном тестирању 65
X_5 – Ефекат интервенције након контроле иницијалних вредности (бајесијевска ANCOVA) 66
7.1.2 СКОК СА ВИСИНЕ (DJ) 67
X_1 - Разлике између група на иницијалном тестирању 67
X_2 – Унутар-групне промене експерименталне групе након интервенције 68
X_3 – Унутар-групне промене контролне групе након интервенције 69
X_4 - Разлике између група на финалном тестирању 69
X_5 – Ефекат интервенције након контроле иницијалних вредности (бајесијевска ANCOVA) 70
7.1.3 ИЗОМЕТРИЈСКО ВУЧЕЊЕ (MTP) 71
X_1 - Разлике између група на иницијалном тестирању 71
X_2 – Унутар-групне промене експерименталне групе након интервенције 72
X_3 – Унутар-групне промене контролне групе након интервенције 73
X_4 - Разлике између група на финалном тестирању 74
X_5 – Ефекат интервенције након контроле иницијалних вредности (бајесијевска ANCOVA) 74
7.1.4 СПРИНТ 75
X_1 - Разлике између група на иницијалном тестирању 75
X_2 – Унутар-групне промене експерименталне групе након интервенције 76
X_3 – Унутар-групне промене контролне групе након интервенције 77
X_4 - Разлике између група на финалном тестирању 78
X_5 – Ефекат интервенције након контроле иницијалних вредности (бајесијевска ANCOVA) 78
7.1.5 СПОСОБНОСТ ПОНОВЉЕНОГ СПРИНТА (RSA) 79
X_1 - Разлике између група на иницијалном тестирању 79
X_2 – Унутар-групне промене експерименталне групе након интервенције 80
X_3 – Унутар-групне промене контролне групе након интервенције 80
X_4 - Разлике између група на финалном тестирању 81
X_5 – Ефекат интервенције након контроле иницијалних вредности (бајесијевска ANCOVA) 82

7.1.6 АГИЛНОСТ 83
X_1 - Разлике између група на иницијалном тестирању 83
X_2 – Унутар-групне промене експерименталне групе након интервенције 83
X_3 – Унутар-групне промене контролне групе након интервенције 84
X_4 - Разлике између група на финалном тестирању 85
X_5 – Ефекат интервенције након контроле инцијалних вредности (бајесијевска ANCOVA) 85
7.1.7 FORCE-VELOCITY PROFILE (FVP) 86
X_1 - Разлике између група на иницијалном тестирању 86
X_2 – Унутар-групне промене експерименталне групе након интервенције 87
X_3 – Унутар-групне промене контролне групе након интервенције 88
X_4 - Разлике између група на финалном тестирању 90
X_5 – Ефекат интервенције након контроле инцијалних вредности (бајесијевска ANCOVA) 91
7.2 НЕУРОМИШИЋНИ ПАРАМЕТРИ 92
7.2.1 M. RECTUS FEMORIS 92
X_1 - Разлике између група на иницијалном тестирању 92
X_2 – Унутар-групне промене експерименталне групе након интервенције 93
X_3 – Унутар-групне промене контролне групе након интервенције 93
X_4 - Разлике између група на финалном тестирању 94
X_5 – Ефекат интервенције након контроле инцијалних вредности (бајесијевска ANCOVA) 95
7.2.2 M. TIBIALIS ANTERIOR 96
X_1 - Разлике између група на иницијалном тестирању 96
X_2 – Унутар-групне промене експерименталне групе након интервенције 97
X_3 – Унутар-групне промене контролне групе након интервенције 97
X_4 - Разлике између група на финалном тестирању 98
X_5 – Ефекат интервенције након контроле инцијалних вредности (бајесијевска ANCOVA) 99
7.2.3 M. VASTUS LATERALIS 100
X_1 - Разлике између група на иницијалном тестирању 100
X_2 – Унутар-групне промене експерименталне групе након интервенције 101
X_3 – Унутар-групне промене контролне групе након интервенције 101

X_4 - Разлике између група на финалном тестирању 102

X_5 – Ефекат интервенције након контроле инцијалних вредности (бајесијевска ANCOVA) 103

7.2.4 M. VASTUS MEDIALIS 104

X_1 - Разлике између група на иницијалном тестирању 104

X_2 – Унутар-групне промене експерименталне групе након интервенције 105

X_3 – Унутар-групне промене контролне групе након интервенције 105

X_4 - Разлике између група на финалном тестирању 106

X_5 – Ефекат интервенције након контроле инцијалних вредности (бајесијевска ANCOVA) 107

8. ДИСКУСИЈА 109

8.1 СКОК СА ПРИПРЕМОМ (COUNTERMOVEMENT JUMP – CMJ) 110

8.2 СКОК СА ВИСИНЕ (DROP JUMP - DJ) 113

8.3 ИЗОМЕТРИЈСКО ВУЧЕЊЕ СА НАТКОЛЕНИЦЕ 116

8.4 СПРИНТ 119

8.5 СПОСОБНОСТ ПОНОВЉЕНОГ СПРИНТА 122

8.6 АГИЛНОСТ 126

8.7 F-V ПРОФИЛ 130

8.8 НЕУРОМИШИЋНИ ПАРАМЕТРИ 134

8.9 ЛИМИТИРАНОСТ СТУДИЈЕ 137

8.10 БУДУЋЕ ПРЕПОРУКЕ 138

9. ЗАКЉУЧАК 140

10. ЗНАЧАЈ ИСТРАЖИВАЊА 142

11. ЛИТЕРАТУРА 143

12. БИОГРАФИЈА 169

1. УВОД

У фудбалу је већ дужи низ година прихваћена чињеница да се од играча захтева свеобухватна физичка припрема на високом нивоу због захтева саме утакмице, како у нешто старијем (Bangsbo, Mohr & Krustrup, 2006), тако и у новијем истраживању (Dolci et al., 2020). Иако у току фудбалске утакмице играчи у просеку претрче између 9 и 14 km (Sarmento et al., 2014), кратки спринтеви високог интензитета су акције које могу да направе разлику у успеху (Modric et al., 2019). Ови спринтеви се најчешће спроводе на дистанци од 10-30 m и трају 2-4 s. Фудбалери реализују 17-81 спринт по утакмици и они у просеку обухватају 11 % тоталне пређене дистанце у току утакмице (Vigne et al., 2010). Фудбал је веома комплексан спорт који пред играче ставља сложене физиолошке захтеве који су високо оптерећујући за анаеробни енергетски систем (Dolci et al., 2018). Како би се све то постигло потребно је да фудбалери поседују висок ниво способности који је основа за постизање врхунских резултата, као и добро развијене неуромишићне функције, како би се побољшале њихове перформансе за потребе мечева и, генерално, целе сезоне (Zouhal et al., 2019). Унапређење способности се може постићи различитим методама тренинга (Loturco et al., 2017; Sarmento et al., 2018; Bujalance-Moreno, Latorre-Román & Garcia-Pinillos, 2019), а њихов ефекат зависи од многобројних фактора, као што су: узраст испитаника, ранг такмичења, тренутни ниво припремљености, тренажно искуство, период у току сезоне итд. (Slimani & Nikolaidis, 2017; Loturco et al., 2020). Иако је нагласак у току тренинга великим делом усмерен на специфичне захтеве, што приближније захтевима утакмица, постоје делови физичке припреме за које постоји изазов да се у потпуности имплементирају у традиционални фудбалски тренинг. Да би се перформанс фудбалера побољшао неопходно је спровести и додатне тренинге, уско усмерене ка побољшању специфичних недостатака (Panagoulis et al., 2020). Физички параметар који је прихваћен као веома битан је снага која је од кључног значаја за различите аспекте перформанса који укључује спринтеве, скокове, промену правца кретања, дуеле, итд. (Lockie, Dawes & Jones, 2018). Побољшање ове способности може утицати и на способност фудбалера да изводи акције високог интензитета, издржи дуеле и да свеукупно допринесе тимском успеху, а све то се постиже адаптационим процесима који директно олакшавају побољшање перформанси па је, према

томе, регулација тренажне стратегије од круцијалног значаја за успех (Borresen & Lambert, 2009; Malone et al., 2015).

За оптимизацију перформанси фудбалера различити тренажни модели су испитивани, укључујући и различите врсте тренинга снаге као што су тренинг са отпором (Silva, Nassis & Rebelo, 2015), балистички тренинг (Amidian, Haghighi & Hosseini Kakhk, 2018), плиометријски тренинг (van de Hoef et al., 2020), асистирани тренинг (Tufano & Amonette, 2018) и традиционални спринтерски тренинг (Beato, Drust & Iacono, 2021), који су се показали као ефектни за побошљање моторичких способности фудбалера, посебно када су у питању кратки спринтеви и скокови (Chaalali et al., 2022). Све ове методе показују позитивне ефекте на варијабле као што су: линеанра брзина, агилност, експлозивна снага и анаеробни финтес, али те методе често не показују супериорну разлику када се међусобно упоређују. Област посебног интересовања у скорије време је тренинг снаге, који се спроводи са оптерећењем у току самог тренинга и представља кључну улогу у побољшању различитих способности као што су брзина, агилност и снага (Izadi et al., 2019). Традиционални тренинг снаге укључује извођење вежби са спољашњим оптерећењем, како би се побољшали снага и физичке способности и на тај начин олакшали адаптациони процеси (Suarez-Arrones et al., 2019). Иако ова метода показује позитивне резултате када је у питању побољшање одређених способности, како се иде ка вишем рангу такмичења спортистима је битнији већи ниво специфичности у тренингу, индивидуализација и варијације прилагођеније сваком играчу посебно током тренинга (McGuigan, Wright & Fleck, 2012). Ово је од посебног значаја, јер оптимални трансфер зависи од специфичности адаптације на природу тренажног стреса који се може јавити само када се имитирају услови што приближнији такмичарским (Walker & Hawkins, 2018).

Принцип специфичности се највише узима у обзир када је у питању тренинг снаге у тимским спортовима. Специфични тренинг подразумева то да механика покрета и брзина кретања у таквом режиму тренинга морају да буду веома слични покретима који се изводе на спортском такмичењу (Fradua et al., 2013). Због жеље за што бољом тренажном методом, која би на што ефикаснији и лакши начин допринела побољшању перформанси, прибегава се и комбинацији више метода (Loturco et al., 2017). Пракса је да се у току тренинга дода оптерећење које ће у реалним условима отежати извођење, на тај начин покушавајући да се

код играча изазове већа физиолошка адаптација и последично се олакшају услови саме утакмице (Negra et al., 2020). У пракси, ово значи да неки тренинзи морају бити специфичнији од других у датом спорту и, према томе, традиционалне вежбе и тренинзи у теретани, где се користе тегови и тежак отпор, не представљају увек најадекватнију методу за фудбалере, јер, иако споро извођење вежби са великим оптерећењем представља снажан стимулус за повећање максималне мишићне снаге, овакав режим тренинга не обезбеђује оптималне неуромишићне адаптације повезане са брзом продукцијом силе, будући да продужена концентрична фаза покрета укључује значајан део деацелерације, што ограничава захтеве за брзим регрутовањем моторних јединица и високим коефицијентом развоја силе, те је у мањој мери у складу са принципом специфичности тренинга за експлозивне и брзински доминантне спортске покрете (Newton, Kraemer & Haekkinen, 1999). Алтернативу овом традиционалном тренингу са теговима представља тренинг са покретним оптерећењем на терену који дозвољава фазу акцелерације кроз већи распон покрета (Brown et al., 2023). Сврха вежбања са таквим оптерећењем је да се оптимизују тренажни ефекти тако што се изазива већи стимулус активних мишића (Hrysomallis, 2012). Од тако специфичног тренинга се очекује да пружи веће акутне ефекте на спортске перформансе високо тренираних спортиста, али, постоји и опасност од негативних последица као што су повећани ризик од повреда, претренираност, мишићни дисбаланс и презасићеност (Young, 2006). Како до овога не би дошло, потребно је изабрати методу која најмање ремети кинематику покрета и подједнако оптерећује обе стране тела. Тренинг са оптерећењем се спроводи током различитих активности, као што су ходање, трчање, спринтеви, скакање, бацање (Macadam, Cronin & Simperingham, 2017), а спринтерски тренинг са оптерећењем се често користи када је циљ повећати стартно убрзање (Rey, Padrón-Cabo & Fernández-Penedo, 2017). Примарни фокус је повећање снаге доњих екстремитета (конкретно екстензора кука), истовремено побољшавајући кинематику убрзања (Hicks, 2017), а може се спроводити уз помоћ различитих тренажера као што су: санке (Grazioli et al., 2022), падобрани (Paulson & Braun, 2011), трчање узбрдо (Ibba et al., 2014), траке (Katushabe & Kramer, 2020). Све поменуте методе често не показују веће ефекте у односу на друге, при чему је потенцијални проблем немогућност индивидуалног дозирања и праћења дневних осцилација код сваког спортисте посебно. Такође, већина метода омогућава само праволинијско трчање без промене правца кретања, док оптерећења која се

носе на телу (тегови за зглобове, прслуци са теговима) омогућавају да се уз спринтерско трчање тренирају и издржљивост, агилност и скокови приликом комплекснијих кретања (Macadam et al., 2017; Dolcetti, Cronin, Macadam & Feser, 2019), на тај начин подижући тренинг са оптерећењем на виши ниво специфичности за фудбалере.

Тренинг са носивим оптерећењем (енг. Wearable resistance training - WRT) подразумева коришћење спољашњег оптерећења које се може поставити на различите делове тела све док та опрема не ремети извођење покрета и док омогућава специфичан тренинг (Macadam et al., 2017). Сврха WRT је унапређење снаге и неуролошка активација употребом додатног стимулуса у виду оптерећења, док се у исто време не мењају технички аспекти специфичних покрета (Hrysomallis, 2012), из разлога што се ти захтеви морају испунити када је у питању побољшање брзине и агилности (Bilski et al., 2021). Даље, коришћење лаких преносивих тегова током тренинга, у односу на тегове у теретани, омогућава спортистима достизање већих брзина и извођење пуног обима покрета. Са друге стране, WRT је још увек у фази развоја што значи да најоптималнији обим, позиционирање, вежбе и оптерећење нису до краја разјашњени. Радови који су испитивали овакву врсту тренинга су позиционирали тегове на скочним зглобовима, бутинама, стомаку, рукама, али је најчешће место за постављање оптерећења на трупу у виду прслука (Macadam et al., 2017). Тренинг са оптерећењем на трупу је показао велике ефекте на спринтерску брзину и скокове (Konstantinos et al., 2014; Silder, Besier & Delp, 2015) тако што се повећавају производња вертикалне силе током фазе одраза стопалом и сила кочења (Loturco et al., 2022). Циљ оваквог тренинга је да се побољшају физичке способности без ремећења специфичних покрета и техничких захтева спорта (Dolcetti et al., 2019). Такође, такав вид оптерећења током тренинга доводи до побољшања интрамускуларне координације и омогућава мишићима већи капацитет за стварање силе (McKinlay et al., 2018). Како би се било који тренинг са оптерећењем правилно спровео, потребно је применити одговарајуће дозирање. Традиционално се тренинг снаге дозира уз помоћ једног максималног понављања (енг. 1 repetition max - 1RM) (Loturco et al., 2019), међутим, овај приступ има своју лимитираност, јер не узима у обзир индивидуалне карактеристике испитаника и варијације у снази које се дешавају на дневном нивоу па такав начин није увек најадекватнији за дозирање оптерећења.

Стога, тренинг заснован на брзини (енг. Velocity-based training - VBT) представља обећавајућу алтернативу традиционалној методи праћења на основу једног максималног понављања и укључује прописивање оптерећења отпора на основу средње пропулзивне брзине (енг. Mean propulsive velocity - MPV) постигнуте током сваког понављања (Ortega, De los Reyes & Pena, 2020). Користећи повратне информације о брзини у реалном времену, тренери и спортисти могу прецизније да дозирају интензитет тренинга, обезбеђујући да прописана оптерећења одговарају планираним циљевима и да омогуће прецизнију процену снаге и моторичких способности повезаних са њом као и неуромишићну адаптацију (Włodarczyk et al., 2021). Ова индивидуализација интензитета тренинга заснована на мерењу брзине има потенцијал да оптимизује адаптације и побољша перформанс, јер користи технологију као што су линеарни трансдуктори положаја или акцелерометри за мерење брзине кретања током вежби са оптерећењем. Коришћењем брзине као показатеља тренажног оптерећења индивидуалне способности долазе више до изражаја и адекватније се прате осцилације у перформансу. Поред тога, VBT дозвољава праћење брзине у реалном времену и на тај начин омогућава тренерима и спортистима прилагођавање у току самог тренинга на основу добијених параметара. Према томе, разумевање ефеката различитих интензитета тренинга са оптерећењем кроз VBT на перформанс у фудбалу је од великог значаја за оптимизацију тренажних програма и, последично, максимално унапређење капацитета фудбалера (Hernández-Belmonte, Alegre & Courel-Ibáñez, 2022).

Истраживања која су се бавила анализом оптерећења на трупу тела током спринтерског тренинга пружају увид у ефикасност оваквог приступа. Студије попут Clark et al. (2010) и Rey et al. (2017), испитивале су ефекте 6-7 недеља спринтерског тренинга са фиксираним оптерећењем на трупу, али нису уочене значајне разлике у односу на традиционални спринтерски тренинг. Међутим, друге студије су идентификовале значајно побољшање у спринту и скоковима у периоду од 3-8 недеља (Bosco, Rusko & Hirvonen, 1986; Khlifa et al., 2010; Markovic et al., 2013). Ове разлике у резултатима могу се тумачити различитим приступима у тренингу и интензитету оптерећења. За постизање ефективног тренажног ефекта, често је потребно веће оптерећење на трупу у односу на остале делове тела, које може варирати од 5 до 30 % телесне масе. Ипак, важно је узети у обзир потенцијалне негативне ефекте. Истраживање Macadam et al. (2017) указује на то да превелико оптерећење може негативно утицати на технику трчања, док Claremont & Hall

(1988) и Simperingham & Cronin (2014) описују нелагодност и нарушавање механике покрета при ношењу тегова на скочним зглобовима и рукама, истичући важност пажљиво одабраног оптерећења у тренингу. Field (2019) у свом наративном прегледу указује на предности ношења прслука са теговима у односу на друге методе оптерећења, посебно зато што није уочена нелагодност или нарушавање технике у контексту веће осцилације у кинематичким параметрима трчања.

Досадашња истраживања о ефектима спољашњег оптерећења у виду прслука са теговима доследно подржавају ефикасност ове методе у акутном побољшању моторичких способности. Спровођење ове врсте тренинга два пута недељно током осам недеља резултирало је статистички значајним побољшањем тестираних варијабли (Los Arcos et al., 2014). Вертикални скокови су повећани за групу са вертикално оријентисаним вежбама (ES=0.27) као и за групу која је имала и вертикално и хоризонтално оријентисане вежбе (ES=0.25). Поред тога, уочена су значајна побољшања и у спринту на 15 m. Rodriguez-Osorio, Gonzalo-Skok & Pareja-Blanco (2019) истраживали су два различита оптерећења (ЕГ1–12.5 %; ЕГ2–50 % телесне масе) и упоредили их са контролном групом без додатног оптерећења. Програм су спроводили два пута недељно током шест недеља а ЕГ1 је показала супериорне ефекте на све анализиране варијабле у поређењу са остале две групе. Ови налази сугеришу да је оквирно 12.5 % оптерећења довољно за позитивне ефекте на спринтерске и скакачке способности фудбалера. Штавише, Ben Brahim et al. (2021) су показали статистички значајно побољшање у спринту и експлозивној снази у експерименталној групи што сугерише да је спринтерски тренинг са оптерећењем током шест недеља ефикаснији од редовног фудбалског тренинга за унапређење основних моторичких способности код младих фудбалера. Насупрот томе Rey, Padrón-Cabo & Fernández-Penedo (2017) су дошли до резултата који указују да је додатна маса од 18.9±2.1 % телесне масе довела до побољшања брзине трчања на 10 и 30 m, међутим, не у статистички значајној мери када се упореди са контролном групом. У складу са овим, требало би размотрити употребу ове врсте носивог оптерећења као допуну редовном тренингу, у циљу побољшања перформанси младих играча. Посебно је важно напоменути да су прслуци и оптерећења мања од 20 % телесне масе (ТМ) била ефикаснија од санки и оптерећења једнаких или већих од 20 % ТМ у побољшању перформанси током почетне фазе убрзања (0–10 m) (Fernández-Galván et al., 2022). Међутим, важно је истаћи да нема довољно доказа да тренинг са

прслуцима индукује боље прилагођавање у различитим фазама спринта у односу на уобичајени тренинг без оптерећења.

Да би се омогућило даље унапређење у спортским перформансама, фокус се, поред проучавања оптималних оптерећења у тренингу, мора ставити и на методе прецизног мерења и анализе брзине спортиста. Ово укључује интегрисање стратегија за одабир адекватног оптерећења уз истовремену прецизну евалуацију њиховог ефекта на спринт способности. Достизање максималне (или приближно максималне) брзине за што краће време је од великог значаја за успех (Dupont, Akakpo & Berthoin, 2004). Традиционално је за потребе мерења брзине трчања прихваћено време потребно да се претрчи одређена дистанца (Ramirez-Campillo, Vergara-Pedreros & Henriquez-Olguin, 2016). Међутим, како би се прецизније мерио развој брзине и моменат у коме је дошло до развоја максималне брзине Morin & Samozino (2016) увидели су потребу креаирања профила као адекватног алата при анализи развоја силе спортиста током трчања. Force-velocity (F-V) профилисање је концепт који се користи у спортској науци за анализу односа између силе коју производе мишићи и брзине кретања (Marcote-Pequeño et al., 2019). Ово профилисање помаже у разумевању снаге и способности појединца, што може бити кључно у дизајнирању ефикасних програма тренинга прилагођених индивидуалним потребама спортиста. У контексту тренинга и оптимизације перформанси, F-V профилисање се користи за одређивање оптималне силе и зона у којима се развија брзина (Lahti et al., 2020). Увид у ове зоне може олакшати рад фокусирањем на појединачне предности и мане. Још једна од предности овог концепта је и та што се теоријска максимална брзина (V_0), хоризонтална сила (F_0), хоризонтална снага (P_{max}) и профил сила-брзина (тј. нагиб односа сила-брзина; SFV) могу израчунати из криве брзина-време. Други индекси, као што су однос силе (PF) и индекс технике примене силе (DRF), такође се могу израчунати истом методом (Morin, Edouard & Samozino, 2011).

С обзиром на то да профилисање брзине и силе даје детаљан увид у карактеристике спринта, то такође отвара питање о њиховој способности за поновљени спринт, који је посебно значајан у фудбалу (Morin et al., 2012; Samozino et al., 2016). Разумевање овог аспекта физичке припреме је кључно, јер фудбал захтева не само способност брзог убрзања и достизања максималне брзине, већ и способност брзог опоравка и поновног извођења спринтских напора више пута током утакмице (Bangsbo, Mohr, & Krustrup, 2006; Spencer et

al., 2005). Имајући у виду да је поновљени спринт условљен како механичким способностима производње силе, тако и метаболичким и неуромишићним механизмима опоравка, могућа повезаност F–V профила и перформанси поновљеног спринта представља важну област за даља истраживања у контексту специфичних захтева фудбалске игре (Girard, Mendez-Villanueva, & Bishop, 2011). Стога, због интермитентне природе самог фудбала способност поновљеног спринта може бити важна за свеукупни перформанс (Impellizzeri et al., 2008). Са физиолошке тачке гледишта, представља комплексан квалитет који је повезан и са неуромишићним и метаболичким факторима (Glaister, 2005). Према томе, тренажни програми који имају за циљ развој брзине трчања радом са кратким интервалима паузе могу допринети побољшању способности поновљеног спринта (Spencer et al., 2005). Зато систематско тестирање способности да се изводе узастопни спринтеви омогућава прецизнију процену функционалне припреме и може послужити као осетљив индикатор тренажних адаптација, посебно у програмима усмереним на развој брзине, експлозивности и специфичне издржљивости у фудбалу (Buchheit & Mendez-Villanueva, 2013). Стога, идентификација и циљано унапређење способности поновљеног спринта представљају важан сегмент процеса тренинга и селекције, јер директно доприносе способности играча да у одлучујућим фазама утакмице понове високоинтензивне активности, што је често повезано са кључним тактичким и резултатским исходима саме игре (Mohr, Krustrup, & Bangsbo, 2003; Rampinini et al., 2007).

Како би се лакше објасниле све до сада наведене способности и потенцијални ефекти, увид у мишићна својства може бити од великог значаја. Мерни инструмент који је прихваћен као адекватан за праћење мишићних параметара је тензиомиограф (TMG). Уз помоћ ове методе, електрични стимулус се примењује на мишићима и користи се повратна информација како би се мерила мишићна својства (Simunic et al., 2010). Уз то, TMG се користи да пружи информације о акутним и хроничним одговорима, као и адаптационим процесима мишића на различите тренажне методе (Zubac et al., 2019). Поред тога, користи се и за индиректно мерење мишићне крутости (односно отпора према промени дужине) (Brughelli & Cronin, 2008; Garcia-Manso et al., 2012), а померање (dm) повезано са одговором на стимулус TMG-а сматра се одразом контрактилне силе и крутости мишића (Pišot et al., 2008). Evetovich et al. (1997) су утврдили везу између dm и крутости мишића што се сматра важним јер је крутост директно повезана са снагом у спорту (Watsford et al., 2010). Поред

тога, параметар који се такође сматра веома битним за перформансе је време релаксације. У контексту важности времена релаксације за максимални перформанс, методе као што је TMG постају кључне за детаљно мерење и разумевање мишићних својстава. TMG не само да омогућава анализу времена релаксације, већ и пружа увид у акутне и хроничне одговоре мишића на различите тренажне стимулусе. Такође, помаже у праћењу како се мишићи адаптирају на тренинге, што је директно повезано са способношћу спортисте да релаксира мишиће брзо и ефикасно. Ово се ослања на налазе Verkhoshansky & Siff (2009) који су указали на то да квалитет, као што је способност брзог опуштања мишића, постаје очигледнији са повећањем ниова тренираности спортисте. Побољшање у спринтерским перформансама не проистиче само из повећања снаге, већ и из способности ефикасног опуштања мишића, што је особина коју могу да подрже подаци добијени из TMG мерења. Према томе, TMG је поуздана неинвазивна метода за процену предоминантних мишићних влакана (Simunic et al., 2011), праћење замора (García-Manso et al., 2011), као и тренажних адаптација (Paravlic, Pisot & Simunic, 2020). Досадашња истраживања су махом била трансферзалног карактера и нису приказала адаптационе процесе преко неуромишићних параметара (García-García, Cancela-Carral & Huelin-Trillo, 2015; Lohr et al., 2020; Moreno-Pérez et al., 2020). Насупрот томе, друга истраживања су приказала ефекте једног тренинга или једне вежбе на неуромишићне параметре (Harmsen et al., 2018), ефекте статичког и динамичког истезања (Manso et al., 2015) или ефекте рехабилитације (Dias et al., 2010). Поред тога, Kojić et al. (2021) су испитивали ефекте тренинга са отпором на хипертрофију, снагу и неуромишићне параметре флексора зглоба лакта и утврдили су смањење у Dm док је Tc остао непромењен. Без обзира на то што постоје радови који су се бавили испитивањем неуромишићних параметара уз помоћ тензиомиографије, аутор је пронашао само један рад који је био лонгитудиналног карактера и у коме су аутори испитивали мишиће доњих екстремитета (Fernández-Baeza, Diaz-Urena & González-Millán, 2022). Ипак, у овом раду је на основу добијених неуромишићних параметара примењен индивидуализован приступ за побољшање дефицитарних параметара уз помоћ статичких вежби код фудбалера док није ни један рад који је испитивао ефекте спринтерског тренинга на поменуте параметре. Према томе, постоји потреба за истраживањем које би проценило ефекте спринтерског тренинга на неуромишићне параметре фудбалера.

1.1 ДЕФИНИЦИЈЕ ОСНОВНИХ ПОЈМОВА

Како би се лакше објаснила тема која се обрађује, у наставку су објашњени основни појмови који су се користили у раду:

Моторички фитнес се састоји од оних компоненти физичког фитнеса који су повезани са перформансама у спорту и моторичким способностима. Главне компоненте су брзина, агилност и баланс, а уз њих под моторички фитнес спадају и остале моторичке способности као и све њихове варијације (DeMet & Wahl-Alexander, 2019). Такође, моторички фитнес је повезан и са когнитивним задацима који, поред пажње, захтевају и способност примања и обраде визуелних и просторних информација (Smith & Baltes, 1999).

Тензиомиографија је неинвазивна метода за процену неуромишићног потенцијала пружајући информације о акутним и хроничним одговорима на различита тренажна оптерећења (Valencic & Knez, 1997; Dahmane et al., 2001).

Спортски тренинг се дефинише као дуготрајан и систематски процес заснован на научним принципима, који укључује планирање и управљање тренажним оптерећењем и опоравком у циљу оптимизације спортских перформанси (Bompa & Buzzichelli, 2019).

Тренинг са оптерећењем је врста физичког вежбања које укључује употребу спољашњег оптерећења, као што су тегови, траке или телесна маса, како би се мишићним контракцијама утицало на снагу или хипертрофију (мишићни раст). Овакав вид тренинга је дизајниран да наметне веће оптерећење мишићима од онога на које су навикнути, што доводи до физиолошких адаптација (Ribeiro et al., 2019)

Тренинг заснован на брзини (енг. velocity based training – VBT) је метода која укључује примену технологије за праћење брзине како би се прецизно и објективно дозирали интензитет и обим тренинга. Уз то, омогућава правовремену повратну информацију и омогућава прилагођавање у току тренажног плана на основу брзинских перформанси током вежби. Такође, има за циљ да оптимизује тренажни исход коришћењем брзине као кључа за мониторинг. Коришћење овог метода тренинга омогућава тренерима и спортистима одступање од традиционалних метода за дозирање заснованих на једном максималном понављају и уместо тога да се фокусирају на праћење брзине као динамичнијег и индивидуалнијег индикатора тренажног интензитета (Weakley et al., 2021).

Брзина се најлакше може дефинисати као време потребно да се пређе одређена дистанца (Majumdar & Robergs, 2011). Састоји се од дужине и фреквенције корака и на њу утичу комплексни физиолошки, биомеханички и тренажни фактори као што су мишићна снага, неуромишићна координација, аеробни капацитет, техника трчања и специфична тренажна интервенција (Thompson, 2017; Van Oeveren et al., 2021).

Снага се односи на способност мишића или групе мишића да се одупру спољашњем отпору, као што су подизање тегова, или да уложе максималан напор у покретима (Duchateau et al., 2021).

Агилност се дефинише као нагла промена смера кретања са променама у брзини и правцу кретања као одговор на задати стимулус (Bloomfield, Ackland & Elliot, 1994).

Експлозивна снага је способност мишића или мишићних група да произведу максималну силу у што краћем временском интервалу. Укључује брзу активацију и синхронизацију моторних јединица, на тај начин омогућавајући брзе и снажне покрете (Maffiuletti et al., 2016).

Спосособност поновљеног спринта представља капацитет да се изводе узастопни спринтеви са кратким интервалима опоравка између деоница (Dawson, Fitzsimons & Ward, 1993).

Force-Velocity профил је заснован на сили и брзини извођења, као и на односу између снаге и брзине, а карактерише се максималном механичком способношћу неуромипићног система доњих екстремитета (Morin & Samozino, 2016).

Сила се дефинише као способност да се гура или вуче објекат што ће довести до промене брзине (односно убрзања објекта). Сила је векторска величина, што значи да има и величину и правац кретања. Сила такође утиче на различите аспекте спортских перформанси као што су убрзање, брзина, производња енергије и има утицај на тело или објекат (van der Kruk et al., 2018).

Интензитет се дефинише као ниво напора који је потребан током тренинга или вежбе да би се стимулисале физиолошке адаптације и побољшале перформансе. Интензитет се обично одређује бројем откуцаја срца, визуелним запажањем напора, оптерећењем, сопственом перцепцијом напора или процентом максималног напора (Seiler, 2010)

Обим се односи на количину посла обављеног током одређеног временског периода у програму тренинга. Обично се изражава укупним бројем серија, понављањима или трајањем вежбања (Schoenfeld et al., 2019).

Серија се односи на одређени број узастопних понављања вежбе која се изводи без (или са краћим периодима) одмора, након чега следи одређена пауза (Connolly, Sayers & McHugh, 2003).

Број понављања представља укупан број узастопно изведених вежби или покрета пре одмора или завршетка серије (Richens & Cleather, 2014).

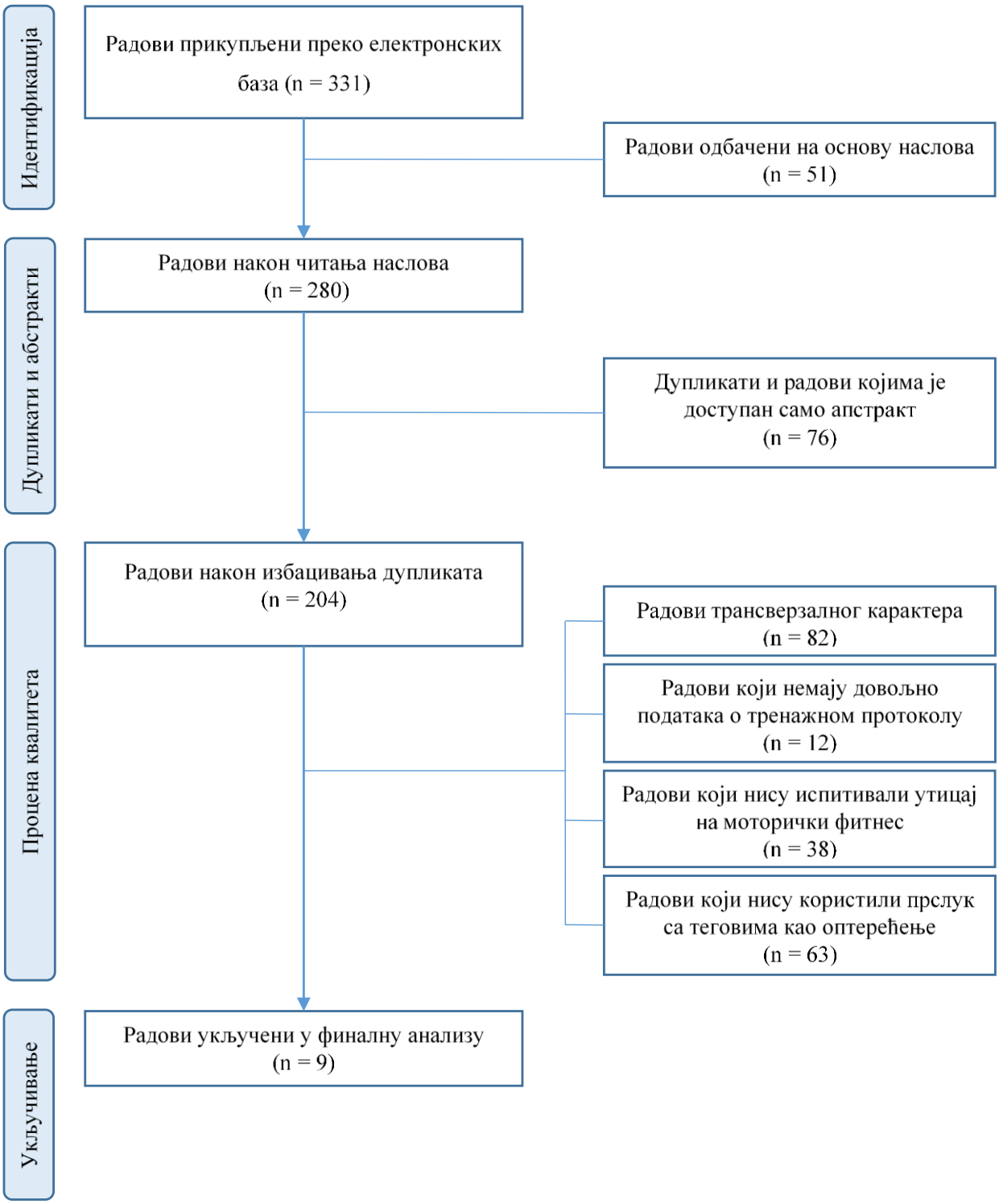
2. ПРЕГЛЕД ИСТРАЖИВАЊА

У циљу идентификације свих релевантних научних радова, спроведена је систематска претрага литературе у складу са препорукама PRISMA 2020 чеклисте (Page et al., 2021). Претрага је обухватила електронске базе података PubMed (MEDLINE) и Crossref, а извршена је закључно са 20. јуном 2023. године. Стратегија претраге је заснована на комбинацији контролисаних термина и слободних кључних речи, повезаних применом Boolean оператора, како би се обезбедила висока осетљивост и специфичност претраге. Основни претраживачки стринг био је дефинисан на следећи начин: ("football" OR "soccer" OR "football player" OR "soccer player" OR "youth soccer" OR "elite soccer") AND ("weighted vest" OR "weight vest" OR "wearable resistance" OR "external load" OR "additional load" OR "load carriage" OR "overload training" OR "sled" OR "weighted sled" OR "sled training" OR "sled towing" OR "towing" OR "resisted sprint*" OR "resisted sprint training") AND ("sprint" OR "speed" OR "acceleration" OR "sprint performance" OR "jump" OR "vertical jump" OR "power" OR "strength" OR "neuromuscular").

Услед ограниченог броја студија које су испуњавале критеријуме укључивања када је претрага била ограничена искључиво на фудбалску популацију, стратегија претраге је додатно проширена и на друге спортове са сличним спринтским и интермитентним захтевима (нпр. рагби, амерички фудбал, хокеј, кошарка и атлетске спринтерске дисциплине, тенис, лакрос). Овакво проширење претраге омогућило је идентификацију ширег корпуса истраживања која су испитивала ефекте тренинга са спољашњим оптерећењем на спринтерске и моторичке перформансе, при чему су задржани исти критеријуми у погледу типа интервенције, мерених исхода и методолошког дизајна студија. У том циљу, претраживачки стринг је проширен додавањем додатног Boolean блока који је обухватио термине повезане са тимским и интермитентним спортовима, и то: (“team sports” OR “intermittent sports” OR “rugby” OR “rugby players” OR “american football” OR “field hockey” OR “ice hockey” OR “basketball” OR “sprinters” OR “track and field”). Оваква претрага омогућила је повећање осетљивости претраге без нарушавања њене специфичности, јер су у анализу укључене искључиво студије које су се односиле на спортове са упоредивим биомеханичким и физиолошким захтевима, што омогућава опрезну и контекстуално оправдану екстраполацију налаза на фудбалску популацију.

Критеријуми за укључивање студија били су унапред дефинисани и обухватали су: оригиналне научне радове лонгитудиналног дизајна, објављене у последњих 15 година, писане искључиво на енглеском језику, који су испитивали ефекте тренинга са спољашњим оптерећењем у виду прслука и санки са теговима на параметре мишићног фитнеса и неуромишићних параметара код фудбалера. Са друге стране, из анализе су искључене студије које су биле старије од 15 година, нису биле доступне у целини, нису биле писане на енглеском језику, као и радови који су користили друге облике спољашњег оптерећења или нису директно испитивали ефекте на моторички фитнес и неуромишићне параметре.

Процес селекције студија спроведен је у више фаза, укључујући иницијалну анализу наслова и апстраката, након чега је уследила детаљна процена пуног текста радова који су задовољавали критеријуме за потенцијално укључивање. Поред електронске претраге, примењена је и техника ручног прегледа референци (snowballing) свих укључених студија у циљу идентификације додатних релевантних радова који нису били обухваћени иницијалном претрагом (**Графикон 1**).



Графикон 1. *Шематски приказ тока прикупљања радова*

Прегледом релевантних радова пронађено је девет истраживања која су хронолошки поређана од најстаријег до најновијег. У анализи добијених радова коришћени су основни параметри за узорак испитаника (пол, године, спорт, број испитаника и групе) као и за тренажни програм (трајање, број тренинга, понављања, серије, одмор, оптерећење и обим) (**Табела 1, Табела 2, Табела 3, Табела 4, Табела 5.**). Сва истраживања су као узорак испитаника обухватала мушку популацију. Највећи број радова је испитивао ефекте тренинга са прслуцима код фудбалера (Los Arcos et al., 2014; Rey, Padrón-Cabo & Fernández-Penedo, 2017; Rodríguez-Osorio, Gonzalo-Skok & Pareja-Blanco, 2019; Ben Brahim et al., 2021), док су остали радови тренажне програме примењивали са играчима лакроса (Clark et al., 2010), рагбистима (Bar et al., 2015), кросфитерима (Scudamore et al., 2016), тенисерима (Moya-Ramon et al., 2020), а један рад је испитивао ефекте са физички активним испитаницима који се не баве организованим спортом (Rantalainen, Ruotsalainen & Virmavirta, 2012). Поред тога, три истраживања су спроводила програм у трајању од шест недеља (Rey, Padrón-Cabo & Fernández-Penedo, 2017; Rodríguez-Osorio, Gonzalo-Skok & Pareja-Blanco, 2019; Ben Brahim et al., 2021), једно истраживање је трајало седам недеља (Clark et al., 2010), док је један програм је трајао три недеље (Scudamore et al., 2016).

Табела 1. Преглед досадашњих истраживања и основних карактеристика испитаника

Аутори	Узорак испитаника				
	Пол	Године	Спорт	Број испитаника	Број испитаника по групама
Clark et al. (2010)	м	СТ – 19.73±1.01 ПТ – 19.79±0.92 КГ – 19.92±1.05	лакрос	20	СТ – 7 ПТ – 6 КГ – 7
Rantalainen et al. (2012)	м	32±6		17	ЕГ – 8 КГ – 9
Los Arcos et al. (2014)	м	ВГ – 20.3±1.9 ВХГ – 19.6±1.6	фудбал	22	ВГ – 7 ВХГ – 7
Barr et al. (2015)	м	ЕГ – 22.4±2.7 КГ – 22.0±2.1	рагби	15	ЕГ – 8 КГ – 7
Scudamore et al. (2016)	м	21±2	кросфит	9	Група је служила и као КГ и као ЕГ
Rey et al. (2017)	м	21-27	фудбал	19	ЕГ – 10 КГ – 9
Rodríguez-Osorio et al. (2019)		БО – 17.8±4.2 ЕГ1 – 18.8±5.3 ЕГ2 – 17.7±3.4	фудбал	44	БО – 16 ЕГ1 – 19 ЕГ2 – 19
Moya-Ramon et al. (2020)	м	16.5±0.3	тенис	20	ЕГ – 10 КГ – 10
Ben Brahim et al. (2021)	м	18.8±0.8	фудбал	34	ЕГ – 20 БО – 14

Легенда: м – *мушки испитаници;* ***ПТ*** *– група која је користила прслук са теговима;* ***СТ*** *– санке са теговима;* ***БО*** *– без додатног оптерећења;* ***ЕГ*** *– експериментална група;* ***ВГ*** *– група која је имала само вертикалне вежбе у току тренинга са оптерећењем;* ***ВХГ*** *- група која је имала и вертикално и хоризонтално усмерене вежбе у току тренинга са оптерећењем;* ***ЕГ1*** *– прва експериментална група у истраживању;* ***ЕГ2*** *– друга експериментална група у истраживању;* ***КГ –*** *контролна група.*

Табела 2. Преглед досадашњих истраживања и основних карактеристика експерименталних третмана

	Тренажни програм						
	Трајање (недеља)	Укупан број тренинга	Понављања	Серије	Одмор између понављања (серија) (min)	Оптерећење (% телесне масе)	Обим трчања са оптерећењем (m)
Clark et al. (2010)	7	13	2-4	3		СТ – 10 ПТ – 18.5 КГ – /	237.7 – 402.3
Rantalainen et al. (2012)		3 пута недељно, 8 h дневно				ЕГ – 4-6 kg	
Los Arcos et al. (2014)	8	11	5	2	5 s (2)	65	
Barr et al. (2015)	8 дана	Током целог дана	1	7-20		ЕГ – 12 КГ –	≈200
Scudamore et al. (2016)	3	8 h дневно				11.2 ± 0.6 13.2 ± 0.7 16.1 ± 0.4	
Rey et al. (2017)	6	12	3-7	1-4	2 (5)	ЕГ – 18.9±2.1 КГ – /	120 – 280
Rodríguez-Osorio et al. (2019)	6	12	3-5		3	ЕГ1 – 12.5 ЕГ2 – 50 КГ - /	
Moya-Ramon et al. (2020)	6	12	5-8	1-2	25-35 s (2-4)	ЕГ – 10 КГ – /	15-64
Ben Brahim et al. (2021)	6	42	10 8 6	3 3 3	30 s (3)	ЕГ – 13.5	

***Легенда: ПТ** – група која је користила прслук са теговима; **СТ** – санке са теговима; **БО** – без додатног оптерећења; **ЕГ** – експериментална група; **ЕГ1** – прва експериментална група у истраживању; **ЕГ2** – друга експериментална група у истраживању; **КГ –** контролна група.*

Табела 3. Преглед досадашњих истраживања и њихових резултата на тестовима убрзања

Аутори	Праћене варијабле					
	5 m		10 m		20 m	
	Пре	После	Пре	После	Пре	После
Arcos et al. (2014)	ВГ – 0.97±0.05 ВХГ – 0.97±0.03	ВГ – 0.96±0.04 ВХГ – 0.96±0.03				
Barr et al. (2015)			ЕГ – 1.76±0.07 КГ – 1.76±0.07	ЕГ – 1.76±0.07 КГ – 1.76±0.07		
Rey et al. (2017)	ЕГ – 31.77±4.19 КГ – 32.30±5.52	ЕГ – 31.88±5.29 КГ – 32.30±5.52	СТ – 1.78±0.07 КГ – 1,79±0.07	СТ – 1.61±0.06 КГ – 1.59±0.05		
Rodríguez-Osorio et al. (2019)			КГ –1.79±0.10 ЕГ1 – 1.83±0.07 ЕГ2 –1.82±0.13	КГ – 1.74±0.10 ЕГ1 – 1.76±0.10 ЕГ2 – 1.73±0.09	КГ – 3.10±0.17 ЕГ1 – 3.15±0.12 ЕГ2 – 3.13±0.22	КГ – 3.08±0.18 ЕГ1 – 3.10±0.13 ЕГ2 – 3.08±0.18
Moya-Ramon et al. (2020)	ЕГ – 1.06±0.05 КГ – 1.07±0.03	ЕГ – 1.02±0.05 КГ – 1.04±0.03	ЕГ – 1.80±0.07 КГ – 1.82±0.04	ЕГ – 1.77±0.05 КГ – 1.78±0.05	ЕГ – 3.09±0.12 КГ – 3.12±0.12	ЕГ – 3.09±0.12 КГ – 3.05±0.11

***Легенда: ЕГ** – експериментална група ; **ВГ** – група која је имала само вертикалне вежбе у току тренинга са оптерећењем; **ВХГ -** група која је имала и вертикално и хоризонтално усмерене вежбе у току тренинга са оптерећењем; **ЕГ1** – прва експериментална група у истраживању; **ЕГ2** – друга експериментална група у истраживању; **КГ –** контролна група.*

Табела 4. Преглед досадашњих истраживања и њихових резултата на тестовима спринтерске брзине

Аутори	Праћене варијабле					
	30 m		36.6 m		40 m	
	Пре	После	Пре	После	Пре	После
Clark et al. (2010)			СТ – 4.41±0.26 ПТ – 4.45±0.21 КГ – 4.37±0.14	СТ – 4.36±0.20 ПТ – 4.45±0.19 КГ – 4.29±0.15		
Barr et al. (2015)					ЕГ – 5.33±0.17 КГ – 5.28±0.12	ЕГ – 5.27±0.12 КГ – 5.33±0.17
Scudamore et al. (2016)			ЕГ – 4.69±0.29 КГ – 4.69±0.29	ЕГ – 4.58±0.22 КГ – 4.69±0.24		
Rey et al. (2017)	ЕГ – 4.34±0.07 КГ – 4.27±0.23	ЕГ – 4.08±0.10 КГ – 4.05±0.15				
Rodríguez-Osorio et al. (2019)	КГ – 4.33±0.27 ЕГ1 – 4.39±0.20 ЕГ2 – 4.37±0.32	КГ – 4.31±0.28 ЕГ1 – 3.10±0.13 ЕГ2 – 4.32±0.29				

***Легенда: ПТ** – група која је користила прслук са теговима; **СТ** – санке са теговима; **ЕГ** – експериментална група; **ЕГ1** – прва експериментална група у истраживању; **ЕГ2** – друга експериментална група у истраживању; **КГ –** контролна група.*

Табела 5. Преглед досадашњих истраживања и њихових резултата на тестовима експлозивне снаге

Аутори	Праћене варијабле			
	CMJ		SLJ	
	Пре	После	Пре	После
Rantalainen et al. (2012)	ПТ – 34.6±0.36 КГ – 34.5±0.68	ПТ – 34.7±0.39 КГ – 34.7±0.61		
Arcos et al. (2014)	ВГ – 44.99±5.00 ВХГ – 43.10±4.85	ВГ – 43.83±6.59 ВХГ – 44.50±4.07		
Scudamore et al. (2016)	ПТ – 70.9±9.4 КГ – 70.9±9.4	ПТ – 72.1±9.7 КГ – 71.9±8.9		
Rey et al. (2017)	СТ – 31.77±4.19 КГ – 32.30±5.52	СТ – 31.88±5.29 КГ – 32.30±5.52		
Rodríguez-Osorio et al. (2019)	КГ – 33.9±5.1 ЕГ1 – 32.6±6.5 ЕГ2 – 32.3±5.9	КГ – 35.4±4.6 ЕГ1 – 35.1±6.5 ЕГ2 – 34.2±5.4		
Moya-Ramon et al. (2020)	ЕГ – 38.8±4.3 КГ – 36.3±3.5	ЕГ – 40.6±3.5 КГ – 38.7±3.5	ЕГ – 233.3±17.5 КГ – 232.0±9.9	ЕГ – 245.4±15.4 КГ – 239.5±11.4

Легенда: CMJ – *скок са припремом (енг. Countermovement jump);* ***SLJ*** *– скок у даљ из места (енг. Standing long jump);* ***ПТ*** *– група која је користила прслук са теговима;* ***СТ*** *– санке са теговима;* ***ЕГ*** *– експериментална група;* ***ВГ*** *– група која је имала само вертикалне вежбе у току тренинга са оптерећењем;* ***ВХГ*** *- група која је имала и вертикално и хоризонтално усмерене вежбе у току тренинга са оптерећењем;* ***ЕГ1*** *– прва експериментална група у истраживању;* ***ЕГ2*** *– друга експериментална група у истраживању;* ***КГ –*** *контролна група.*

Тренинг са спољашњим оптерећењем представља комплексну област проучавања са потенцијалним ефектима на различите варијабле моторичког фитнеса. Прикупљена истраживања која су се бавила тренингом са додатним оптерећењем у виду прслука са теговима пружају свеобухватан поглед на методологију такве врсте тренинга на перформансе. Када се користе адекватно оптерећење и техника извођења, на овај начин се потенцијално могу оптеретити спортисти, задржавајући висок ниво специфичности спринтерског тренинга. Упркос теоретским бенефитима повезаним са овом методом, истраживања која испитују ефекте на развој моторичког фитнеса су лимитирана. Како би се утврдили ефекти спринтерског тренинга са оптерећењем Clark et al. (2010) су испитивали

ефекте тренинга са оптерећењем у виду прслука са оптерећењем код једне групе и оптерећењем у виду санки са теговима код друге групе. Аутори су 20 мушких играча лакроса поделили у три групе: прва група која је носила прслуке са теговима од 18.5 % од телесне масе (n=6), друга група која је имала тренинг са санкама са 10 % телесне масе (n=7) и контролну групу која је тренирала без оптерећења (n=7). Главни ефекат је био значајно смањење времена спринта, али није било значајне разлике између група. Овај недостатак разлика указује на то да предложена оптерећења потенцијално нису адекватна у односу на тренинг без оптерећења. С обзиром на то да играчи 8-12 % тоталне дистанце у току утакмице прећу у високом интензитету или спринту Rey, Padrón-Cabo & Fernández-Penedo (2017) су претпоставили да се брзина као битна способност може побољшати тренингом снаге. Стога, њихов циљ је био да процене ефекат спринтерског тренинга са оптерећењем од 18.9 % ± 2.1 % телесне масе уз помоћ прслука са теговима код експерименталне групе (ЕГ) у односу на контролну групу (КГ) на скок са припремом (енг. Countermovement jump), спринт на 10 и 30 m, као и на способност поновљених спринтева код аматерских фудбалера. Анализа унутар група показала је значајна побољшања у спринтерским перформансама на 10 m и 30 m после тренажног програма у односу на резултате постигнуте пре почетка програма код ЕГ (+9.42 % и +6.04 %) и КГ (+10.87 % и +5.10 %). Такође, дошло је до побољшања у способности поновљених спринтева у просечном времену и у ЕГ и у КГ (d=2.45 и d=2.31), укупном времену (d=2.45 и d=2.31) и најбржем времену (d=2.15 и d=3.12). Иако је дошло до побољшања унутар група, између група није забележена разлика ни у једној тестираној варијабли. Аутори истичу да налази ове студије указују на то да су обе коришћене методе тренинга у спринту ефикасне у побољшању тестираних параметара код аматерских фудбалера. Даље, Rodríguez-Osorio, Gonzalo-Skok & Pareja-Blanco (2019) су упоређивали ефекте тренинга са различитим оптерећењем на перформансе фудбалера. Испитаници су насумично распоређених у једну од три групе које су се разликовале по величини спољашњег оптерећења: експериментална група 1 (ЕГ1; n=19) са оптерећењем од 12.5 % од телесне масе, експериментална група 2 (ЕГ2; n=19) са оптерећењем од 50 % од телесне масе и контролна група (КГ; n=16) која није имала никакво оптерећење. Резултати су показали значајна побољшања у скоку са припремом и времену трчања на 10 m код контролне групе, док су скок са припремом, време на 10 и 20 m били значајно побољшани код обе експерименталне групе. Аутори истичу да ови резултати указују на то да тренинг

са оптерећењем од 12.5 % може бити довољан за позитивне ефекте на спринтерске и скакачке перформансе код младих фудбалера. Moya-Ramon et al. (2020) су спровели студију у којој су испитивали ефекте шестонедељног програма спринта са оптерећењем у односу на конвенционални (без оптерећења) спринтерски тренинг на спринтерску брзину, скок са припремом (енг. Countermovement jump) и скок удаљ код младих тенисера. Након шест недеља, код обе групе је забележено мало до умерено побољшање у тестовима трчања и експлозивне снаге. Поређење између група је показало да су се скок у даљ (Δ = 2.0 %) и време трчања на 5 m (Δ = 1.1 %) побољшала више код ЕГ него код КГ. Резултати, са друге стране, нису показали значајну интеракцију (група x време) за све тестиране варијабле. Након програма су значајни ефекти пронађени за све тестиране варијабле, осим за способност поновљених спринтева.

Насупрот оваквом типу тренинга са оптерећењем, Rantalainen, Ruotsalainen & Virmavirta (2012) су испитивали ефекте тренинга са прслуцима са теговима, који се носе током свакодневних активности, на брзину трчања, експлозивну снагу и агилност. Осам испитаника мушког пола (старост = 32±6 год., висина = 178±5 cm и телесна маса = 81±8 kg) је носило прслуке са оптерећењем 4-6 kg три дана недељно током три недеље, искључујући спортске активности, док је контролну групу чинило девет испитаника мушког пола. Резултати су показали да је тренажни програм побољшао време теста figure-of-8, док се експлозивна снага и брзина трчања нису значајно промениле. Уз то, забележена је статистички значајна интеракција (група x време), али се групе нису значајно разликовале. Слично том истраживању, Barr et al. (2015) су испитивали ефекте тренинга са спољашњим оптерећења током периода од осам дана на брзину трчања и експлозивну снагу доњих екстремитета елитних рагби играча. Ова метода подразумевала је ношење прслука са повећаном масом током целог дана. Узимајући у обзир чињеницу да су за потребе овог рада бирани врхунски играчи код којих је, због распореда и организације, тешко нешто мењати у току самог тренинга, испитаницима је наложено да током осам дана носе прслуке са оптерећењем током свакодневних активности осим када су на тренингу. ЕГ је носила пондерисани прслук са 12 % њихове телесне масе током осам дана. Једина позитивна разлика између група је утврђена у контакту са подлогом приликом убрзања. Уз то, умерена промена код скока са припремом је забележена код ЕГ али не и статистички значајна (0.07 $m \cdot s^{-1}$, d=0.71). Такође, резултати нису показали разлику у брзини спринта, док је код ЕГ чак

и показала смањење. На основу свега, аутори су закључили да је симулирано спољашње оптерећење током осам дана вероватно неефикасно у побољшању брзине трчања. Scudamore et al. (2016) су испитивали ефекте тренинга са спољашњим оптерећењем на анеробне перформансе уз помоћ оптерећења током свакодневних активности, искључујући периоде у току тренинга. Пре самог експерименталног третмана испитаници су имали два тренинга који су служили као фамилијаризација са самим програмом. Током програма испитаници су носили прслуке са масом од 11.2±0.6 % од телесне масе током прве недеље, 13.2±0.7 % током друге недеље и 16.1±0.4 % током треће недеље. Од њих је захтевано да прслуке носе осам сати дневно, четири дана недељно. Испитаници су служили и као контролна и као експериментална група па су након експерименталног третмана имали исти период без коришћења прслука. Брзина трчања на 36.6 m се након третмана побољшала са 4.69±0.29 s на 4.58±0.22 s, док се у периоду од наредне три недеље поново вратила на почетни ниво вредности. Резултат на тесту скока са припремом је показао сличан тренд али нису пронађене статистички значајне разлике. На крају, аутори закључују да се програмом, уз помоћ спољашњег оптерећења, у трајању од три недеље може акутно побољшати брзина трчања код високо тренираних рекреативаца.

Још једну варијанту коришћења прслука са оптерећењем испитали су Los Arcos et al. (2014) који су за циљ имали да упореде ефекте два програма тренинга који укључују или вертикално оријентисане (ВГ) или комбиноване вертикално и хоризонтално оријентисане (ВХГ) вежбе на убрзање, скокове и издржљивост. Како би ове варијанте тренинга биле тестиране, испитаници су тренирали два пута недељно током целе предсезоне (пет недеља) и три недеље такмичарске сезоне. Обе групе су постигле мала побољшања на спринту од 5 m (ES=0.27, односно 0.25 за ВГ и ВХГ) и спринту на 15 m (ES=0.19, односно 0.24 за ВГ и ВХГ). Перформансе скока (CMJ) су показале мало побољшање (ES=0.34) само у ВХГ групи. Ова студија је пружила практичне доказе за разматрање протокола тренинга у предсезони који комбинују вежбе за развој снаге по вертикалној и хоризонталној оси код професионалних мушких фудбалера и утврђено је да укључивање хоризонтално оријентисаних вежби може бити од кључног значаја. У складу са овим налазима, Ben Brahim et al. (2021) су у студији која је такође комбиновала хоризонтално и вертикално оријентисане вежбе испитивали ефекте шестонедељног комбинованог спринтерског тренинга са спољашњим оптерећењем (санке и прслук са теговима), у поређењу са

редовним фудбалским тренингом, на моторичке перформансе фудбалера узраста до 19 година. Интеракције унутар групе су показале значајно побољшање у спринту и скоку из чучња код ЕГ (ES=0.97, односно 3.69). Такође, примећено је значајно повећање перформанси времена спринта на 5 и 20 m (η_p^2=0.25 и η_p^2=0.22), SJ и CMJ (η_p^2=0.78 и η_p^2=0.34) код ЕГ, док је код КГ једино значајно повећање било код CMJ. На крају је закључено да је хоризонтални спринтерски тренинг са оптерећењем у трајању од шест недеља ефикаснији од редовног фудбалског тренинга за побољшање тестираних параметара код младих фудбалера.

Тренинзи са додатним оптерећењем у виду прслука са теговима потенцијално могу побољшати моторички фитнес спортиста који се баве различитим спортовима. У прикупљеним истраживањима различите варијабле су тестиране и код готово свих је дошло до позитивних промена применом експерименталног третмана, иако не увек на значајном нивоу у односу на контролну групу. Без обзира на све наведено, оптимална стратегија имплементације оваквих модела тренинга, укључујући врсту тренинга, трајање, учесталост и индивидуализовани приступ, зхтева даља истраживања.

2.1 ОСВРТ НА ДОСАДАШЊА ИСТРАЖИВАЊА

Досадашња истраживања која су се бавила испитивањем ефеката прслука са оптерећењем током тренинга на моторички фитнес су показала побољшања код већине тестираних параметара. Истраживања која су спроводила програм са оптерећењем током тренинга у трајању од шест недеља показала су побољшање моторичких способности без обзира на то које је оптерећење коришћено. Rodríguez-Osorio, Gonzalo-Skok & Pareja-Blanco (2019) су утврдили да оптерећење и од 12.5 % и од 50 % од телесне масе доприноси побољшању времена трчања као и у тесту скока са припремом. Међутим, боље резултате је показала група која је радила са мањим оптерећењем, што указује на то да није потребно додатно оптерећивати испитанике преко тог прага када су у питању млади фудбалери, на шта указују и Rey, Padrón-Cabo & Fernández-Penedo (2017) који су утврдили да коришћење оптерећења од 18.9±2.1 % не доприноси значајније побољшању перформанси у односу на контролну групу. Слично истраживање спровели су Clark et al. (2010) са оптерећењем од 18.5 % у трајању од седам недеља и нису утврдили позитивне ефекте када је у питању побољшање спринтерске брзине. У сагласности са тим су и остала истраживања која су

спроводила програм у трајању од шест недеља и утврдила су да је ово ефикасан метод развоја моторичких способности као и то да је неопходно имати вертикално усмерене вежбе како би се дошло до што већих ефеката (Moya-Ramon et al., 2020; Ben Brahim et al., 2021).

Са друге стране, радови који су испитивали ефелте ношења додатног оптерећења током свакодневних активности дошли су до неусаглашених резултата који више иду у корист недовољној ефикасности предложених програма. Доступни налази указују да овакви протоколи могу произвести тек минимална акутна побољшања брзине трчања, без значајног ефекта на друге испитиване параметре, док у појединим случајевима могу довести и до неповољних промена (Barr et al., 2015; Scudamore et al., 2016). Слично томе, Rantalainen, Ruotsalainen & Virmavirta (2012) су утврдили да ношење додатног оптерећења током свакодневних активности не обезбеђује значајније унапређење експлозивне снаге и брзине трчања. Пошто је ефекат био тривијалан, закључили су да је примена 5-10 % додатног оптерећења само током тренинга вероватно довољно оптерећење.

3. ПРЕДМЕТ И ПРОБЛЕМ ИСТРАЖИВАЊА

Код спортиста, у континуитету ангажованих у програмираном тренажном процесу, велики проблем представља развој моторичког фитнеса изван устаљене рутине. Пошто су параметри моторичког фитнеса уско повезани са снагом потребно је изазвати већи стимулус, истовремено водећи рачуна о индивидуалним карактеристикама и осцилацијама у перформансу. Спринтерски тренинг, иако општеприхваћен и са широком применом, доводи до низа практичних проблема као што су обим, интензитет и праћење. Према принципу специфичности и значају висококвалитетног спринтерског стимулуса, овакав вид тренинга рационално је спроводити само док је могуће одржавати максималну, односно циљану брзину трчања, јер изражен пад брзине најчешће указује на акумулацију замора и смањење ефективности стимулуса. Ипак, у доступној литератури нису идентификоване студије које су експлицитно тестирале овај концепт кроз унапред дефинисане „velocity-loss“ критеријуме у контексту тренинга са спољашњим оптерећењем. Сви досадашњи подаци добијени су радом у теретани где је, у готово лабораторијским условима, лакше прецизно мерити и дозирати број понављања праћењем брзине којом испитаник помера тег. Такав вид тренинга, иако добар као основа, представља изазов за развој специфичних способности у теренским условима.

3.1 ПРЕДМЕТ ИСТРАЖИВАЊА

Предмет истраживања је спринтерски тренинг са оптерећењем, моторички фитнес и неуромишићни параметри.

3.2 ПРОБЛЕМ ИСТРАЖИВАЊА

На основу дефинисаног предмета произилази и проблем овог истраживања који се бавио питањем ефеката спринтерског тренинга са оптерећењем на моторички фитнес и неуромишићне параметре фудбалера.

4. ЦИЉ И ЗАДАЦИ ИСТРАЖИВАЊА

4.1 ЦИЉ ИСТРАЖИВАЊА

На основу постављеног предмета и проблема истраживања, циљ овог истраживања био је да се упореде ефекти спринтерског тренинга са спољашњим оптерећењем и традиционалног спринтерског тренинга без оптерећења на моторички фитнес и неуромишићне параметре фудбалера.

4.2 ЗАДАЦИ ИСТРАЖИВАЊА

- На основу дефинисаног циља постављени су следећи задаци:
- Обезбедити адекватан узорак испитаника
- Обезбедити сагласност испитаника и, за оне млађе од 18 година, сагласност родитеља за учешће у експерименталном програму
- Обезбедити адекватан простор и услове за спровођење експерименталног програма
- Обезбедити адекватну опрему и мерне инструменте за тестирање
- Спровести демонстрацију и обуку са испитаницима и тренерима пре самог експерименталног програма
- Извршити иницијално тестирање пре почетка експерименталног програма
- Насумично поделити испитанике у једну од две групе
- Спровести експериментални програм
- Извршити финално тестирање након 11 недеља експерименталног програма
- Утврдити разлике у моторичком фитнесу и неуромишићним параметрима између експерименталне и контролне групе на иницијалном тестирању
- Утврдити разлике у моторичком фитнесу и неуромишићним параметрима експерименталне групе између иницијалног и финалног тестирања
- Утврдити разлике у моторичком фитнесу и неуромишићним параметрима контролне групе између иницијалног и финалног тестирања
- Утврдити разлике у моторичком фитнесу и неуромишићним параметрима између експерименталне и контролне групе на финалном тестирању

- Утврдити ефекте експерименталне интервенције на моторички фитнес и неуромишићне параметре у односу на контролну групу
- Спровести детаљну анализу и интерпретирати резултате
- Дискутовати и објаснити добијене резултате
- Утврдити ограничења студије
- Донети закључке у складу са дизајном студије и добијеним резултатима

5. ХИПОТЕЗЕ

На основу постављеног циља и задатка истраживања постављене су следеће хипотезе:

X_1: Не постоји значајна разлика у моторичком фитнесу и неуромишићним параметрима између експерименталне и контролне групе на иницијалном тестирању.

X_2: Постоји значајна разлика у моторичком фитнесу и неуромишићним параметрима експерименталне групе између иницијалног и финалног тестирања.

X_3: Не постоји значајна разлика у моторичком фитнесу и неуромишићним параметрима контролне групе између иницијалног и финалног тестирања.

X_4: Постоји значајна разлика у моторичком фитнесу и неуромишићним параметрима између експерименталне и контролне групе на финалном тестирању.

X_5: Постоји значајан ефекат експерименталне интервенције на моторички фитнес и неуромишићне параметре у односу на контролну.

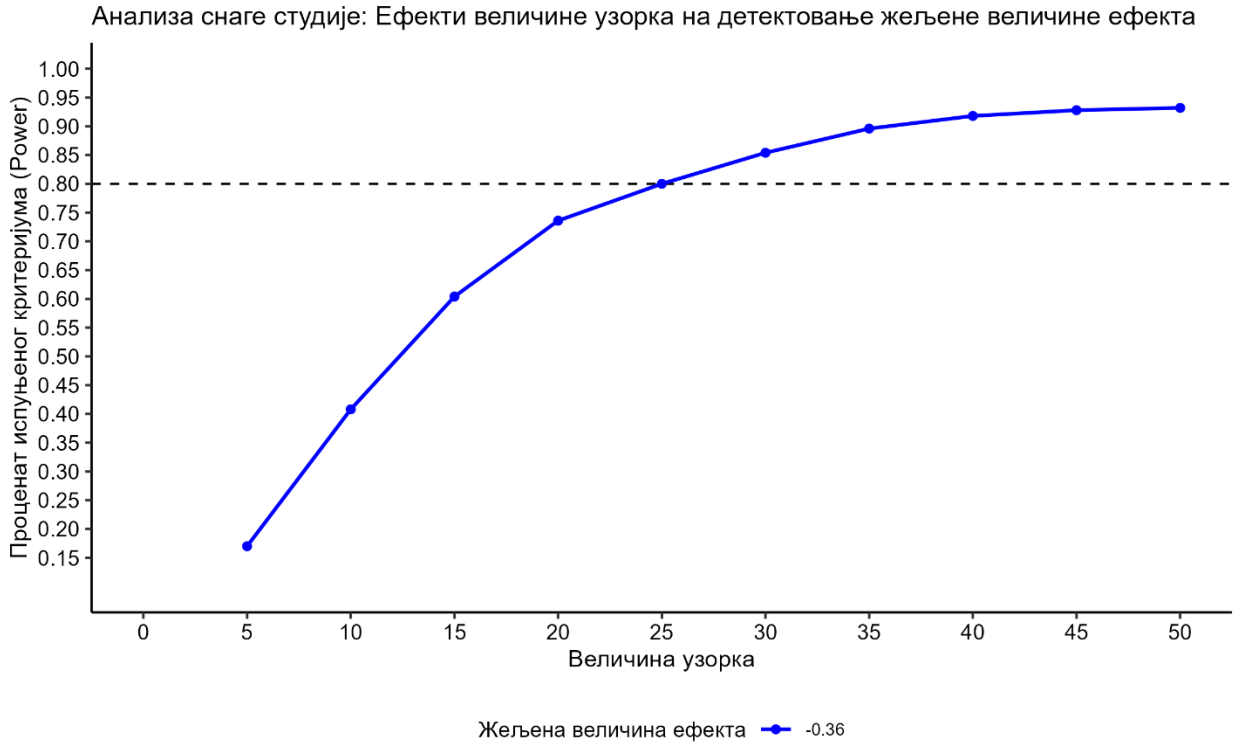
6. МЕТОДЕ

6.1 СИМУЛАЦИОНА СТУДИЈА ЗА ОДРЕЂИВАЊЕ ОПТИМАЛНЕ ВЕЛИЧИНЕ УЗОРКА

Да би се боље разумеле нијансе експерименталне интервенције коришћењем прслука са додатним оптерећењем, треба предвидети различите могуће исходе. Дакле, симулација података, укључујући сценарио са нултим ефектима, постаје неопходна. Креирани су скупови података који симулирају перформанс фудбалера под режимом тренинга заснованог на брзини. Ови скупови података су укључили очекивана побољшања времена на 30 m и природну варијабилност нивоа перформанси. Користећи велики опсег величине ефеката, сачињена је реалистична представа о томе како би испитаници могли да реагују на тренинг, уважавајући исход да неће сваки испитаник показати значајне промене. Параметри постављени за симулацију података засновани су на емпиријским доказима из литературе. Конкретно, ослања се на налазе систематског прегледног истраживања и мета-анализе о ефектима спринтерског тренинга са спољашњим оптерећењем у виду прслука на перформанс у спринту младих фудбалера (Fernandez-Galvan et al., 2022). Ово истраживање нуди значајан увид у очекиване величине ефеката, средње вредности и стандардне девијације које је било важно предвидети. **Графикон 2** обухвата анализу снаге спроведену из Бајесове перспективе о ефектима тренинга са прслуцима на брзину фудбалера. Ова анализа илуструје однос између величине узорка по групи и моћи студије да открије очекивани ефекат од -0.36. Као што је приказано, снага студије се повећава са величином узорка, показујући успон полазећи од мањих ка већим вредностима величине узорка, на крају стагнирајући како се приближава максималној задатој величини.

Ова визуелна репрезентација је интуитивна за одређивање минималног броја испитаника по групи потребног за задовољавајућу статистичку моћ. Ово може бити практично значајно, с обзиром да је често неопходно избалансирати између нереално очекиваног узорка испитаника са практичним ограничењима регрутовања селекционисаних спортиста и обезбеђивања додатних ресурса за спровођење истраживања. Поређења ради, када се спроведе a priori анализа у G*Power софтверу за жељени ефекат, при очекиваној

снази студије од 0.80, неопходно је прикупити укупно 128 испитаника, што свакако није оптимално, нити технички изводљиво (недостатак ресурса) за овај специфични дизајн.



Графикон 2. *Приказ снаге студије, односно способности да се статистички детектује постојање ефекта примењеног третмана, у зависности од величине узорка по групи*

Дакле, укупан узорак испитаника чинило је 56 фудбалера ФК „Раднички“ из Ниша узраста 16-19 година који се такмиче у највишем рангу такмичења за дату категорију. Све критеријуме за укључивање у студију је испунило 50 испитаника и њихови резултати су узети за даљу обраду, док је њих шест због болести или повреда било спречено да у потпуности задовољи критеријуме. С обзиром да је узорак сачињен од селектованих фудбалера, број испитаника је и очекиван. Испитаници, клуб и тренери били су упознати са експерименталним протоколом, начином реализације и циљем истраживања. Испитаници (или њихови родитељи/старатељи у њихово име уколико су малолетни) потписали су сагласност као и клуб чији су они чланови. Након протокола иницијалног тестирања сви испитаници су присуствовали инструкцијском тренингу на коме им је детаљно објашњено како ће програм изгледати и шта се од њих очекује.

6.2 РАНДОМИЗАЦИЈА

Методологија ове студије за рандомизацију заснована на избору величине блокова (2, 4 и 6). Овакав приступ обезбедио је насумичну, али уравнотежену расподелу испитаника у групе, што је кључни фактор за одржавање интегритета студије. У суштини, сваком испитанику је био додељен јединствени идентификациони број, који је повезан са њиховом назначеном групом, било експерименталном или контролном.

Да би се материјализовала ова случајна алокација, генерисане су картице за сваког потенцијалног испитаника. Свака од ових картица носи битне информације: назив клуба и програма спринтерског тренинга, индетификациони број играча, групу и стратум којем припадају (кадети или омладинци). Ове картице су естетски дизајниране тако да укључују и назив матичне институције, односно Факултета спорта и физичког васпитања Универзитета у Нишу и контакт информације, омогућавајући директну линију за упите, додатно побољшавајући јасноћу и транспарентност студије. Овај дизајн осигурава да је сваки детаљ усклађен са академским и професионалним контекстом студије. Због равномерности у студији, обе генерације играча биле су подељене на једнак број испитаника од којих је једна половина припала експерименталној, а друга контролној групи.

6.3 „BLINDING“

Ова студија је такође уважила принцип blinding-а како би се обезбедила објективност и интегритет добијених резултата. Овај аспект је пажљиво интегрисан у оквиру студије, посебно према мериоцима, испитаницима, тренерима и аутору ове студије. Док природа студије искључује могућност blinding-а учесника и тренера у току непосредног експерименталног третмана, с обзиром на упадљиву употребу прслука са повећаном масом у експерименталној процедури, предвиђене су ригорозне мере током администрације на иницијалном и финалном мерењу. Ово се, пре свега, односи на мериоце који могу значајно утицати на прикупљање релевантних података, тако да је било важно да они не буду упознати са алокацијом испитаника.

Важно је нагласити, да ни аутор ове студије није био упознат са алокацијом испитаника у групе пре иницијалног мерења, чиме може непристрасно спровести процедуру тестирања, што додатно појачава кредибилитет студије. Дакле, непристрасни

администратор је креирао и одштампао претходно поменуте картице и запечатио их у непровидној коверти по утврђеном редоследу насумичне алокације. Исти администратор је регистровао испитанике пре почетка иницијалног мерења, а након завршеног тестирања, по нумеричком редоследу, позивао испитанике да узму запечаћену коверту. Након тога, убележио је јединствени индетификациони број и групу за сваког испитаника.

Када је реч о финалном мерењу, аутор је био присутан као администратор целокупног протокола али није непосредно учествовао у мерењу, нити је било каквим вербалним и невербалним наговештајима утицао на исход мерења. Такође је битно истаћи да су групе и испитаници били кодирани, чиме се осигурава да обрада података и примена статистичких метода није компромитовала објективност у анализи и тумачењу резултата. Овај приступ blinding-у, пажљиво прилагођен јединственим захтевима студије, уважава неопходне методолошке принципе. Иако постоје ограничења која намеће дизајн ове студије, циљ је био смањити било каква потенцијална пристрасност, чиме би се одржали стандарди интегритета истраживања.

Табела 6. Критеријуми за укључивање и искључивање испитаника

Критеријуми за укључивање	**Критеријуми за искључивање**
1. Без већих повреда у последња три месеца	1. Већа повреда у последња три месеца
2. Присутни на минимум 80 % тренинга	2. Без присуства на више од 20 % тренинга
3. Присутни на минимум 95 % специфичних тренинга са оптерећењем	3. Без присуства на више од 5 % специфичних тренинга са оптерећењем
4. Без болести и/или осећај бола на иницијалном мерењу	4. Болест и/или осећај бола на иницијалном мерењу
	5. Испитаници који су својевољно одустали од програма

6.4 УЗОРАК МЕРНИХ ИНСТРУМЕНАТА

6.4.1 Морфолошке карактеристике

За потребе дескриптивне статистике и укључивања у анализу као потенцијалних коваријата које могу значајно утицати на ефекте примењеног третмана, измерене су морфолошке карактеристике сваког испитаника посебно. Телесна висина, седећа висина и дужина ногу измерене су уз помоћ Мартиновог антропометра (GPM 101, GmbH,

Switzerland) са прецизношћу од ±0.1 cm. За потребе мерења висине, испитаници су боси стајали уз зид док је мерилац био са њихове леве стране, а антропометар је био постављен дуж кичме испитаника и летвица се спуштала до врха главе где се резултат очитавао. Са друге стране, како би се измерила седећа висина, испитаници су седели на равној површини на висини од 60 cm, леђима прислоњеним уз зид. Антропометар је био постављен уз кичму са почетком од равне површине иза седалног дела док се летвица спуштала до врха главе где је био очитан резултат. За мерење дужине ногу, испитаници су стајали усправно док се уз помоћ Мартиновог антропометра мерило растојање од тла до trochanter major. Након тога, телесна композиција била је процењена методом осмополарне биоимпеданце коришћењем вишефреквентне струје (Inbody™ 720, Biospace Co., Seoul, Korea). Овај мерни инструмент врши очитавања уз помоћ тактилних електрода у осам тачака, мерећи отпор на пет специфичних фреквенција (1 kHz, 50 kHz, 250 kHz, 500 kHz, и 1 MHz) и отпор на три специфичне фреквенције (5 kHz, 50 kHz, и 250 kHz). Током мерења, испитаници су били минимално обучени и постављени тако да босоноги стоје на две металне електроде. Руке су биле испружене уз тело и раздвојене око 20^{o} бочно (Brewer et al., 2021). Поузданост мерења морфолошких карактеристика била је веома висока, што потврђују ICC(3,1) коефицијенти у распону од 0.94 до 0.99. Типична грешка мерења (TE) била је ниска и кретала се од 0.42 до 0.85 cm за лонгитудиналне мере (телесна висина, седећа висина и дужина ноге), 0.12 и 0.75 kg за телесну и мишићну масу док је за проценат телесне масти износила приближно 0.17 %.

Табела 7. Мерне јединице морфолошких карактеристика

Назив варијабле	**Мерна јединица**
Телесна висина (ТВ)	cm
Седећа висина (СВ)	cm
Дужина ноге (ДН)	cm
Телесна маса (ТМ)	kg
Мишићна маса (ММ)	kg / %
Поткожно масно ткиво (ПМТ)	kg / %

6.4.2 Матурација

За процену степена матурације сваког испитаника коришћени су специфични антропометријски параметре као што су: стајаћа телесна висина (cm), седећа висина (cm), дужина ногу (cm) и телесна маса испитаника (kg). Поред тога, за сваког испитаника био је уписан тачан датум рођења и датум иницијалног и финалног тестирања. Степен зрелости био је одређен помоћу модел који укључује године од/до тренутка најбржег раста (енг. Peak height velocity - PHV). Ово одступање од PHV је значајан показатељ у оцени матурације, како је детаљно описано у радовима Mirwald et al. (2002) и Khamis & Roche (1994). Матурација је била процењена коришћењем следеће формуле за дечаке: Офсет матурације (године)=-9.236+(0.0002708 x дужина ногу x седећа висина)–0.001663 x старост x дужина ногу) + (0.007216 старост x седећа висина)+(0.02292 x однос телесне масе и телесне висине).

Ови параметри су важни за студију, јер је узорак обухватио фудбалере узраста од 16 до 19 година, код којих различити степени матурације могу значајно утицати на ефекте примењеног третмана. Сходно томе, матурација је била коришћена као коваријата у анализама, омогућавајући адекватно контролисање потенцијалног утицаја биолошке зрелости међу испитаницима на резултате студије. Поузданост процене офсета матурације била је висока (ICC(3,1) = 0.95), уз ниску типичну грешку мерења (TE = 0.134 године, односно приближно 1.6 месеци), што указује на стабилност овог индикатора и оправдава његову употребу као коваријате у даљим анализама.

6.4.3 Мерни инструменти за процену моторичког фитнеса

Тестови експлозивне снаге

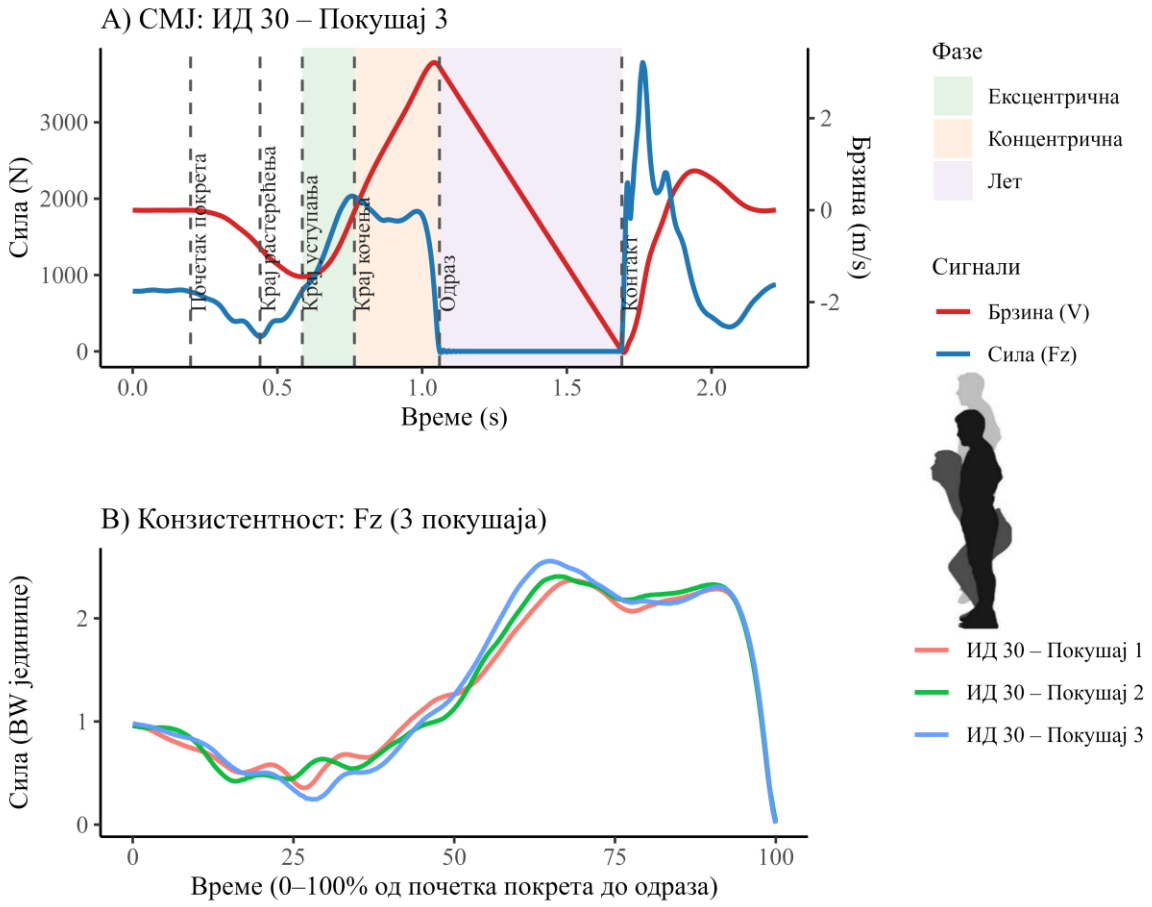
Сви тестови експлозивне снаге изводили су се на високопрецизној тензиометријској плафторми Kistler, QuattroJump 9290DD, Winterthur, Switzerland), са стопом узорковања од 500 Hz. Пре извођења скокова, испитаници су добили конкретна упутства о протоколу сваког скока. Пре процене експлозивне снаге, сви учесници су били неколико s у периоду статичке равнотеже како би се забележила њихова тежина, изражена у N. Овај корак је битан како би се обезбедила прецизна калибрација за предстојећа мерења. Након тога, прикупљени сирови подаци ће се анализирати уз помоћ MATLAB софтвера, верзија R2018a

(9.4.0.813654) (MathWorks, INC., Natick, Massachusetts, USA). Да би се побољшала прецизност мерења, робусна техника изглађивања података била је примењена коришћењем нископропусног Батервортовог дигиталног филтера четвртог реда са граничном фреквенцијом од 50 Hz. Овај метод послужио је за смањење буке и варијабилности у подацима по вертикалној оси (ВО), обезбеђујући да се накнадна анализа заснива на најтачнијим и најпоузданијим мерењима. Профил ВО је даље био рашчлањен на кључне фазе: фазу растерећења, ексцентричну и концентричну фазу. Критичне тачке као што су: почетак кретања, почетак кочења, почетак концентричне фазе и време контакта, биле су одређене због валидности и ригорозности процедура анализе података.

Скок са припремом – Countermovement jump (CMJ)

Испитаник се налазио у усправној позицији на тензиометријској платформи са рукама на боковима. Из ове позиције испитаници су се спуштали у получучањ до 90° и затим максимално експлозивно скакали вертикално. Сваки испитаник је имао право да 3 пута понови тест са паузама од минимум 30 s између покушаја (Markovic et al., 2004). Поузданост параметара добијених током CMJ теста била је углавном висока. Висина скока је имала висок степен поузданости (ICC(3,1) = 0.95), уз ниску типичну грешку мерења од приближно 1.2 cm (TE = 0.012 m), као и реактивни индекс снаге (ICC(3,1) = 0.96) са TE = 0.021. Пик снаге је такође показао високу стабилност (ICC(3,1) = 0.90), при чему је типична грешка износила TE = 1.91 W kg^{-1}, а сличан ниво поузданости уочен је и за ексцентричну брзину развоја силе (ICC(3,1) = 0.91; TE = 12.3 N m^{-1} s^{-1}). Када су у питању временски параметри, време ексцентричне фазе било је умерено поуздано (ICC(3,1) = 0.85) уз TE = 0.029 s, док је најнижа поузданост регистрована за време концентричне фазе (ICC(3,1) = 0.70; TE = 0.026 s), што је у складу са већом варијабилношћу временских показатеља у оваквим тестовима.

Репрезентативан пример обраде CMJ сигнала и детекције кључних догађаја приказан је на **Графикон 3**, где су графички приказани фазе покрета, моменат одраза и контакта, као и преклопљене криве вертикалне силе за три покушаја, што омогућава директан увид у доследност извођења и поузданост изведених параметара.



Графикон 3. *Скок са припремом (енг. Countermovement Jump). Панел А приказује вертикалну силу реакције подлоге (Fz) и брзину центра масе (V), уз графичко означавање фаза покрета (ексцентрична, концентрична и лет) и кључних догађаја (почетак покрета, крај растерећења, крај уступања, крај кочења, одраз и контакт). Панел В приказује преклопљене Fz криве (у BW јединицама) за три покушаја истог испитаника, са нормализацијом времена од почетка покрета до одраза (0–100%), ради процене конзистентности извођења. Силуета (конограм) извођења скока преузета је са: https://smartracks.run/diagnostics-assessments/jumps/*

Табела 8. Параметри за процену CMJ

Варијабла	**Формула**
Висина скока (JH)	(Брзина одскока)^2/(2 x 9.81)
Индекс реактивне снаге	(Висина скока)/(Време скока)
Врхунац снаге (PP)	Максимална снага CMJ (Сила x Брзина)/(Телесна маса)
Ексцентрична брзина развоја силе (ERFD)	(Први пик силе – Минимална сила)/(Време)
Време скока у концентричној фази	(Време при одскоку) – (Време завршетка фазе кочења)
Време скока у ексцентричној фази	(Време завршетка фазе кочења) – (Време иницијације покрета)

Скок са висине – Drop Jump (DJ)

Испитаници су изводили скок са висине (DJ) од 30 cm и добили су инструкције да га изведу техником одскока са рукама на боковима и минималним временом контакта са подлогом. Сваки испитаник имао је право на три покушаја са паузом између понављања од 60 s. Током доскока и одскока бележиле су се вертикалне реактивне силе (VGRF) на тензометријској платформи при фреквенцији узорковања 500 Hz.

Висина скока (h) израчуната је према формули

$$h = \frac{v_0^2}{2g}, \quad g = 9.81\ \mathrm{m/s^2}.$$

Индекс реактивне снаге (RSI) добијен је уз помоћ формуле:

$$\mathrm{RSI} = \frac{h}{t_{\mathrm{contact}}}.$$

Врхунац снаге (PP) представља максималну вредност тренутне снаге, где је инстантна снага дефинисана као производ VGRF и вертикалне брзине центра масе, подељено телесном масом:

$$\mathrm{PP} = \frac{\max_t\left(\mathrm{VGRF}(t) \cdot v_{\mathrm{CM}}(t)\right)}{m}.$$

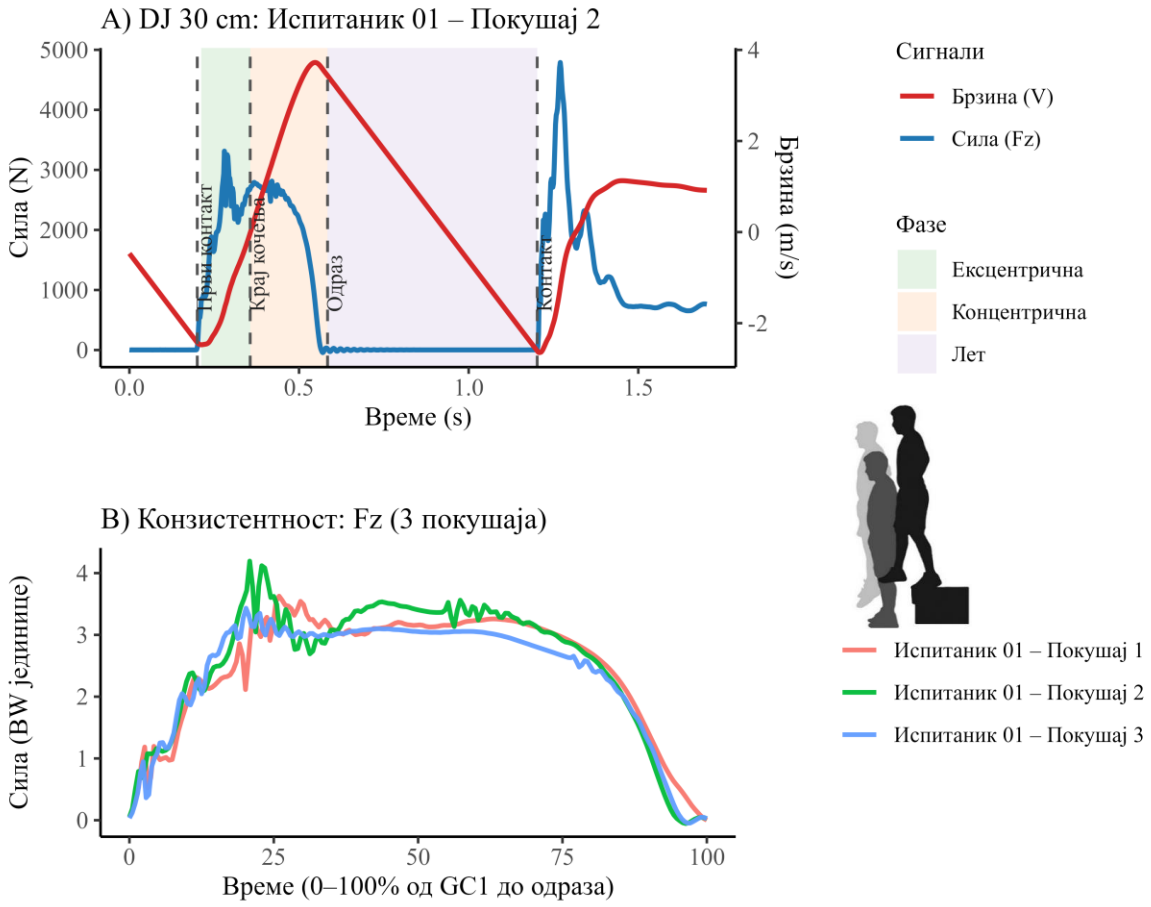
Фаза контакта са подлогом дефинисана је као интервал између тренутка када је $\mathrm{VGRF}(t) \geq 20$ N (почетак фазе контакта) и тренутка када сила поново падне испод тог прага (крај фазе контакта).

Време контакта израчунат је као:

$$t_{\mathrm{contact}} = t_{\mathrm{off}} - t_{\mathrm{on}},$$

Поузданост и валидност ове методологије за drop jump тест потврђена је Montoro-Bombú *et al.* (2022). Параметри добијени током DJ теста показали су углавном високу поузданост. Висина скока је имала веома високу релативну поузданост (ICC(3,1) = 0.97) уз малу типичну грешку мерења од око 1.14 cm (TE = 0.011 m), као и индекс реактивне снаге (ICC(3,1) = 0.96) са ниском TE од 0.052. Време контакта са подлогом показало је високу поузданост (ICC(3,1) = 0.91) уз TE од 0.038 s. Са друге стране, најнижи степен поузданости уочен је код пика релативне снаге (ICC(3,1) = 0.68), при чему је типична грешка износила 7.53 W/kg, што указује да је овај показатељ осетљивији на варијабилност у извођењу, а веома вероватно и у процени брзине центра масе.

Репрезентативан пример обраде DJ сигнала и детекције кључних догађаја приказан је на **Графикон 4**, где су графички приказане фазе покрета, моменат одраза и поновног контакта, као и преклопљене криве вертикалне силе за три покушаја, што омогућава директан увид у доследност извођења и поузданост изведених параметара.



Графикон 4. *Скок са висине (енг. Drop Jump, DJ 30 cm). Панел А приказује вертикалну силу реакције подлоге (Fz) и брзину центра масе (V), уз графичко означавање фаза контакта и лета (ексцентрична, концентрична и лет) и кључних догађаја (први контакт, крај кочења, одраз и контакт). Панел В приказује преклопљене Fz криве (у BW јединицама) за три покушаја истог испитаника, са нормализацијом времена од првог контакта до одраза (0–100%), ради процене конзистентности извођења. Силуета (конограм) извођења скока преузета је са:* https://smartracks.run/diagnostics-assessments/jumps/ *)*

Изометријско вучење на тензиометријској платформи (енг. Mid-thight pull)

Тест повлачења се изводио тако што испитаник стоји на тензиометријској платформи. Тест подразумева изометријско вучење тега опруженим рукама са средине натколенице. Студије су показале снажну корелацију између перформанса у овом тесту и атлетских способности као што су спринт, експлозивна снага и агилност, наглашавајући

релевантност теста за предвиђање спорт-специфичних перформанси (Beckam et al., 2013; Comfort et al., 2014). Валидност овог теста код младих фудбалера потврђена је од стране Grgic et al. (2022). Сва мерења вертикалне силе (VGRF) коригована су тако што је од укупне силе измерене на платформи одузета тежина испитаника плус тежина имплемента, како би се добила чисто произведена (нето) сила. Параметри израчунати из примењеног теста су следећи:

Максимална волентарна сила (F_{max})

Параметар максималне волентарне силе (F_{max}) дефинисан је као максимална нето сила измерена током изометријског mid-thigh pull теста, након што је од сирове VGRF одузета тежина испитаника и терета.

Индекс експлозивне снаге (IES)

Индекс експлозивне снаге (IES) је израчунат као максимална сила подељена с временом потребним да се достигне та сила. Он мери време за које спортиста може да достигне максималну силу, што је кључни аспект експлозивне снаге формулом:

$$IES = \frac{F_m}{T_m}$$

где F_m представља максималну силу измерену током изометричног повлачења, а T_m време потребно да се достигне ова максимална сила.

Стартни градијент (S-градијент)

S-градијент карактерише стопу развоја силе у почетној фази мускуларног напора. Рачуна се као половина максималне силе подељена с временом потребним да се она достигне уз помоћ формуле:

$$S_{градијент} = \frac{F_{0.5}}{T_{0.5}}$$

где $F_{0.5}$ је половина максималне силе, а $T_{0.5}$ време потребно да се достигне та половина максималне силе.

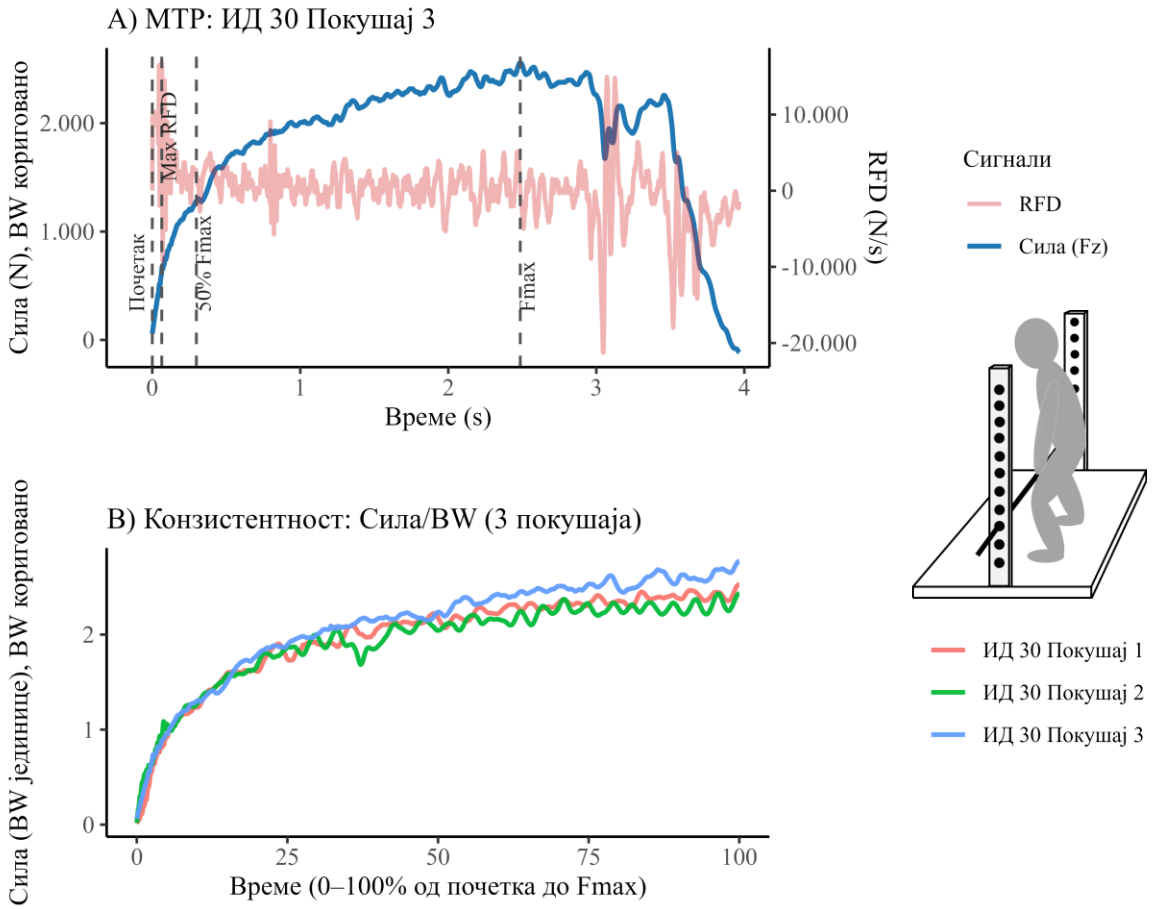
Акцелерациони градијент (А-градијент)

А-градијент се користио за квантификацију стопе развоја силе у касним фазама експлозивних мускуларних напора.

$$A_{градијент} = \frac{F_{0.5}}{(T_{max} - T_{0.5})}$$

где $F_{0.5}$ је исто као у S-градијенту, T_{max} је време када се достигне максимална сила, а $T_{0.5}$ као и пре, време потребно да се достигне половина максималне силе.

Параметри добијени из теста изометријског вучења са средине натколенице показали су различит степен поузданости у зависности од природе индикатора. Максимална волентарна сила имала је висок степен релативне поузданости (ICC(3,1) = 0.93), уз ниску типичну грешку мерења (TE = 104 N). Стартни градијент показао је умерену поузданост (ICC(3,1) = 0.71), при чему је типична грешка износила TE = 701 N/s. Са друге стране, индекс експлозивне снаге (ICC(3,1) = 0.44; TE = 242 N/s) и акцелерациони градијент (ICC(3,1) = 0.25; TE = 208 N/s) нису имали задовољавајућу поузданост. Иако је детекција временских тачака и прагова силе у обради података прецизно дефинисана, а позиција тела и инструкције за извођење теста биле строго стандардизоване, ови параметри су по природи осетљиви на варијације у стратегији изометријског вучења, односно на начин на који испитаник темпира и дозира прираст силе унутар сваког покушаја. Таква индивидуална варијабилност у развоју силе може нарушити конзистентност извођења између мерења и директно се одражава на показатеље који укључују време достизања одређених прагова силе и нагиб криве сила–време, посебно у каснијим фазама напора. У том контексту, стартни градијент је био нешто стабилнији јер одражава рану фазу развоја силе (до 50% максималне волентарне силе), која је типично конзистентнија између покушаја и мање подложна варијацијама у завршној фази напора (**Графикон 5**).



Графикон 5. *Изометријско вучење са натколенице (енг. Isometric Mid-Thigh Pull, MTP). Панел А приказује вертикалну силу реакције подлоге (Fz), кориговану за телесну тежину (BW), и тренутни развој силе (енг. Rate of Force Development - RFD), уз графичко означавање кључних догађаја током покушаја (почетак повлачења, достизање 50% максималне силе, максимална сила Fmax и максимални RFD). Панел В приказује преклопљене криве силе (Fz/BW) за три покушаја истог испитаника, са нормализацијом времена од почетка повлачења до Fmax (0–100%), ради процене конзистентности извођења. Силуета (шематски приказ) IMTP теста преузета је од: Stien et al. (2022).*

Трчање на 30 m са пролазним временом на 5, 10, 20 и 30 m

Брзина трчања процењена је уз помоћ фото ћелија (Witty, Microgate, Italy), мерењем пролазних времена на 5, 10, 20 и 30 m. Испитаници су кретали из позиције високог старта са предњом ногом 30 cm иза стартне линије (прве капије) и на сопствену иницијацију

изводили максималан спринт до последње капије (Silva et al., 2013). Испитаницима су дате инструкције да не успоравају пре последње капије и током целог спринта су били бодрени од стране мериоца и осталих испитаника (Vicente-Rodriguez et al., 2011). Поузданост пролазних времена у спринт тестовима била је зависна од дужине деонице, при чему су на 5 и 10 m добијене умерено високе вредности поузданости (ICC = 0.83 и 0.85), уз ниске типичне грешке мерења (TE = 0.011 s и 0.015 s). На 20 и 30 m поузданост је била виша (ICC = 0.93 и 0.97), при чему су типичне грешке износиле TE = 0.018 s и 0.017 s.

Способност поновљених спринтева

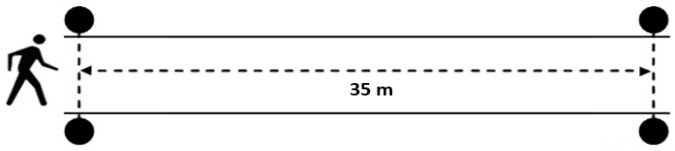
Тест је спроведен тако што су испитаници изводили шест максималних спринтева од 35 m са интервалима паузе од 10 s између сваког спринта. Испитаници су кретали са удаљености од 30 cm иза стартне линије (прве капије) и на сопствену иницијацију изводили максималан спринт до последње капије (Silva et al., 2013). Време за сваки понављај је мерено уз помоћ две фото ћелије (Witty, Microgate, Italy) постављене на старту и на 35 m од стартне линије док се пауза мери унапред припремљеним протоколом на Witty уређају а почетак сваког спринта сигнализира пиштаљком. Варијабле које су се пратиле уз помоћ овог теста су: просечно време деоница, најбоље време, индекс замора и укупно време. Дозвољен је био само један покушај за сваког испитаника, а снага сваког спринта је израчуната уз помоћ формуле коју се предложили Zagatto, Beck & Gobatto (2009):

$$Снага = \frac{Маса\ тела \times Растојање^2}{Време^3}$$

Поред тога, за сваког испитаника је израчунат и индекс замора уз помоћ формуле:

$$Индекс\ замора = \frac{Максимална\ снага - Минимална\ снага}{Укупно\ време}$$

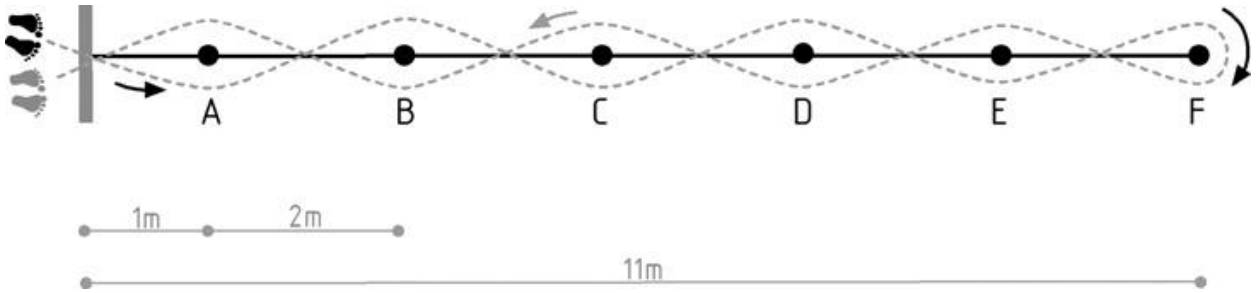
Параметри способности поновљених спринтева показали су умерено високу до високу поузданост. Просечно време спринтева и укупно време теста имали су веома сличан ниво поузданости (ICC = 0.80), при чему су типичне грешке мерења износиле TE = 0.038 s, односно TE = 0.225 s. Насупрот томе, најбоље време и индекс замора били су поузданији (ICC = 0.89 и 0.91), уз типичну грешку од 0.021 s и 0.618.



Слика 1. *Тест способности поновљених спринтева (преузето и модификовано од: Kaçoğlu & Kirkaya, 2020)*

Слалом тест

Тест захтева следећу опрему: фото ћелије, мерну траку и шест штапова. Штапови су направљени од пластике пречника 1-2 cm и висине приближно 1.1 m а у основи су фиксирани да би се повећала стабилност. Полигон се састоји од шест штапова постављених у правој линији са размаком између првог и другог од један m док је размак између свих осталих два m. Фотоћелија за мерење времена је постављена само на стартној линији. Испитаници су кретали из позиције високог старта 30 cm иза стартне линије (прве капије) и на сопствену иницијацију започињали тест (Silva et al., 2013). Морали су се кретати између чуњева у слаломском обрасцу, заобилазећи сваку препреку док не стигну до последњег чуња. Тада се окрећу и враћа истим принципом до старта који је уједно и циљ (Sporis et al., 2010). Слалом тест је показао веома високу поузданост (ICC = 0.97), уз ниску типичну грешку мерења (TE = 0.030 s).

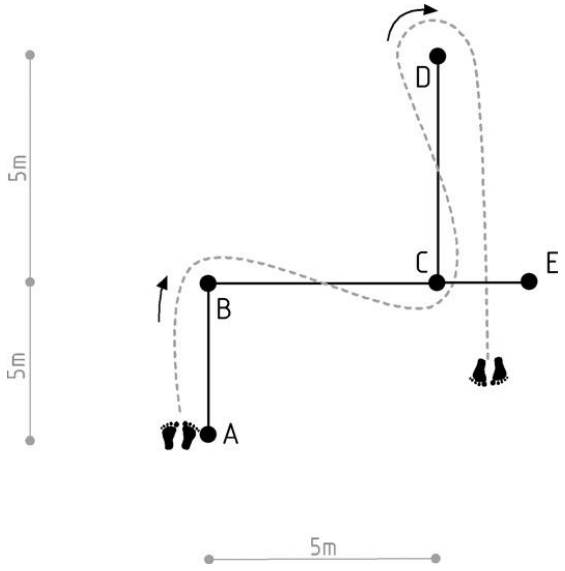


Слика 2. *Поставка слалом теста (преузето од Sporis et al., 2010)*

4x5 m тест агилности

Овај тест се изводио тако што су четири чуња постављена на удаљености од пет m под углом од 90^{o} у односу на претходно постављени чуњ, а испитанци су из позиције високог старта, 30 cm иза стартне линије, на сопствену иницијативу започињали тест (Silva et al.,

2013). Овај тест се изводио тако што испитаници трче унапред пет m, скрећу десно до другог чуња, затим лево до трећег чуња око ког се окрећу за 180^{o} и враћају до другог чуња где се и завршава тест (Sporis et al., 2010). Тест агилности 4×5 m показао је изузетно високу поузданост (ICC = 0.98), уз веома ниску типичну грешку мерења (TE = 0.024 s).



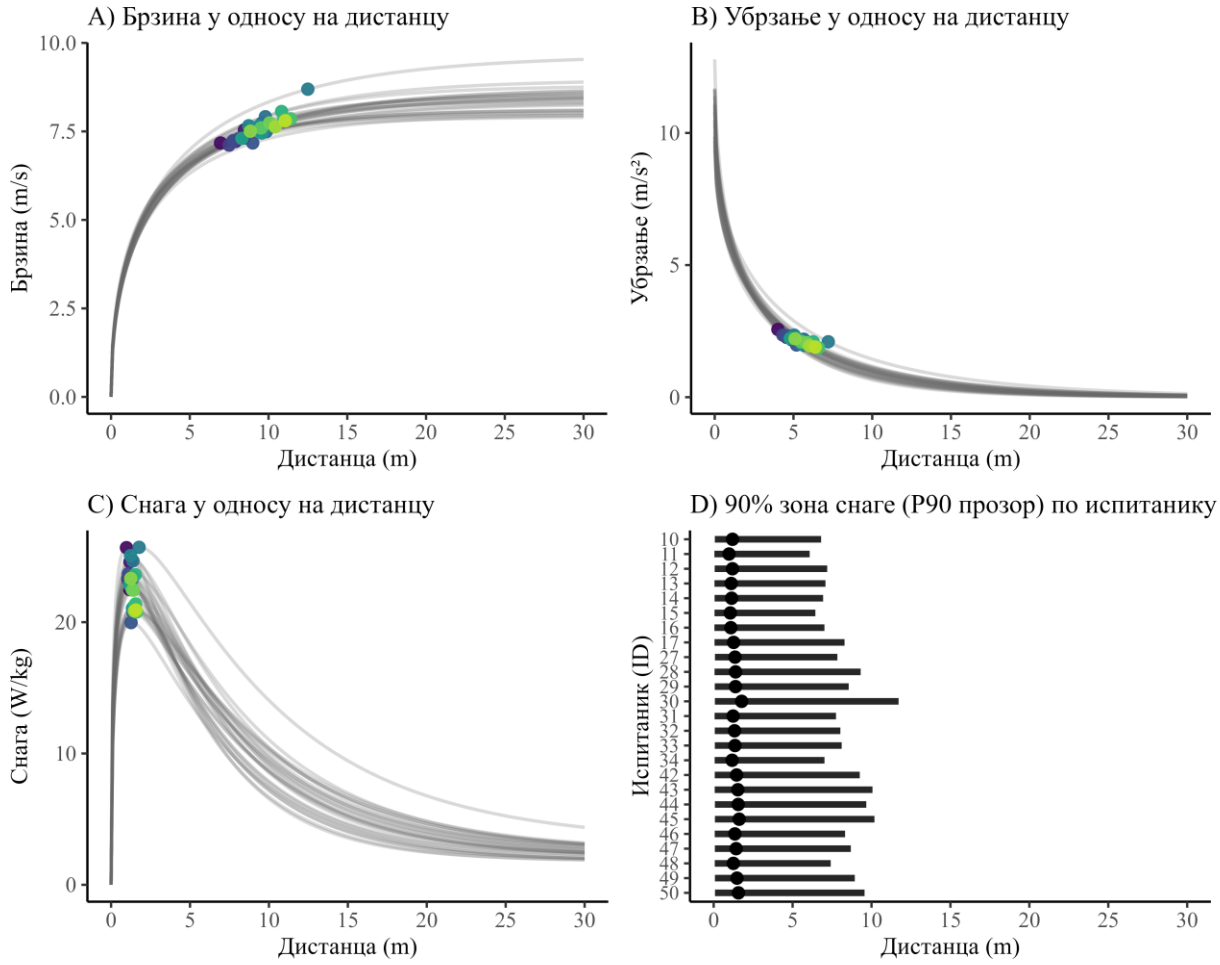
Слика 3. *Поставка 4^{x}5 m теста агилности (преузето од Sporis et al., 2010)*

Force-Velocity профил

У савременој анализи атлетских перформанси, нарочито за кратке спринтеве, приступ који су развили Morin & Samozino (2016) значајно доприноси прецизности и релевантности процена параметара спринта. Користећи фотоћелије за мерење на удаљеностима као што су 5, 10, 20 и 30 m, они примењују нелинеарну регресиону методу најмањих квадрата за процену кључних параметара спринта, укључујући максималну брзину спринта и временску константу. Овај приступ, посебно је важан за разумевање удаљености на којој испитаник достиже 90 % своје максималне брзине и његове способност да одржава снагу изнад 90 % током спринтерског убрзања.

Поред тога, Force-Velocity (FV) профил додатно доприноси овој анализи, омогућавајући процену параметара као што су теоријска максимална брзина (V_0), хоризонтална сила (F_0), максимална хоризонтална снага (P_{max}), профил сила-брзина (тј. нагиб односа сила-брзина – SFV), однос силе (PF) и индекс технике примене силе (DRF).

Према Samozino et al. (2022), појединачне нијансе FV профила су значајне, јер одређују ефикасност спортисте у превођењу снаге у перформанс спринта (**Графикон 6**).



Графикон 6. *Спринт кинематички профил испитаника експерименталне групе (0–30 m). Панел A приказује однос брзине и дистанце (v–d), при чему је за сваког испитаника означена тачка на дистанци при којој се достиже 90% критичне брзине. Панел B приказује однос убрзања и дистанце (a–d), са означеном тачком која представља дистанцу критичног убрзања. Панел C приказује однос релативне снаге и дистанце (P–d; W/kg), уз означену тачку која представља дистанцу на којој се јавља пик снаге. Панел D приказује индивидуални „P90 прозор“, односно опсег дистанци у којем испитаник остварује најмање 90% своје максималне снаге, док је тачком означена позиција пика снаге. Боје тачака у панелима A–C кодирају појединачне испитанике ради лакшег праћења индивидуалних профила.*

Важно је било размотрити проблематику коју летећи старт представља у контексту спринта и мерења перформанси уз помоћ фотоћелија, нарочито оних који раде на принципу једноструког зрака. Како Haugen & Buchheit (2016) наводе, код мерења времена спринта фотоћелијама, испитаник мора да заузме почетни положај на одређеној удаљености од почетне мерне капије како би избегао превремено активирање исте услед типичног стартног положаја са нагнутим горњим делом тела. Због тога је испитаник већ у кретању када пролази стартну линију, што је познато као летећи старт који може да наруши прецизну процену параметара спринта. Стога, употреба камере Casio EX-F1, која снима на 300 fps, постаје кључна за анализу и прецизно документовање почетка спринта, посебно у случајевима летећег старта. Ово омогућава прецизну процену дужине летећег старта, што је од суштинског значаја за разумевање реалних спринтерских перформанси. Камера је била постављена перпендикуларно на 5 m од средине стазе и усмерена тако да јасно покрива област између почетне позиције испитаника и прве фотоћелије. Такође, подешена у висини кука за оптималан угао снимања, док су зглобови кука и колена били обележени самолепљивим маркерима за боље праћење.

6.4.4 Мерни инструменти за процену неуромишићних параметара

Неуромишићни параметри су процењени методом тензиомиографије уз помоћ TMG-100 (TMG-BMC d.o.o., Ljubljana, Slovenija). Евалуација се фокусирала на три мишића m. quadriceps: m. rectus femoris, m. vastus lateralis и m. vastus medialis као и m. tibialis anterior. За почетак, процењена су била својства m. quadriceps обе ноге због велике улоге коју овај мишић има приликом трчања максималном брзином и због чињенице да се са повећањем брзине трчања повећава и активност овог мишића (Kuitunen, Komi & Kyröläinen, 2002). Пре свега, улога му је да подржи удар приликом иницијалног контакта са тлом а затим и да помогне приликом кретања бутине напред у фази замаха при чему му је најважнија улога као флексора зглоба кука (Pinniger, Steele & Groeller, 2000). Schache et al. (2011) су указали на то да угаона брзина савијања кука замашне ноге и максимална брзина целог покрета имају значајну позитивну корелацију са брзином трчања. Након тога, својства m. tibialis anterior обе ноге била су процењена због веома битне функције коју има приликом плантарне флексије, а која се огледа у покретима експлозивног карактера (Crotty, Furlong & Harrison, 2023). Због свега претходног, наведени мишићи су перцепирани као веома

значајни за постизање велике брзине трчања. Приликом мерења испитаници су лежали у опуштеном положају на леђима са савијеним зглобом колена (Ditroilo et al., 2013). Било им је наложено да својевољно контрахују мишић како би се одредио оптималан положај за постављање сензора (GK40, Panoptik, Ljubljana, Slovenija), користећи визуелне и палпаторне методе. Тачка на мишићу са највећим максималним вертикалним померањем током ове контракције служила је као референца за постављање сензора (de Paula Simola et al., 2015). Када је позиција утврђена, место је било обележено, а две самолепљиве електроде које емитују електричне импулсе у проксималним и дисталним позицијама су биле постављене на растојању од 55-60 mm. Сензор постављен између електрода је детектовао промене мишића изазване електричном стимулацијом, обезбеђујући податке о невољним контракцијама мишића. Електростимулатор TMG-100 генерише импулс од 1 ms при почетном интензитету од 25 mA, повећавајући се за по 10 mA док се не постигне максимални одговор, што указује на престанак додатних мишићних реакција (Toskić, Dopsaj, Koropanovski & Jeknić, 2015). Пауза од 5 s између импулса омогућила је опуштање мишића, спречавајући потенцијацију (Križaj, Šimunić & Žagar, 2008). Резултати су били аутоматски сачувани у меморији централне јединице док су коначно поклапање графикона електростимулације означили одговарајући интензитет и крај теста.

Табела 9. Варијабле за процену неуромишићних параметара

Назив варијабле	**Мерна јединица**
Време контракције (Tc)	ms
Време одлагања контракције (Td)	ms
Време трајања контракције (Ts)	ms
Време релаксације (Tr)	ms
Мишићни тонус – максимална амплитуда контракције мишића (Dm)	mm

6.5 ОРГАНИЗАЦИЈА ТЕСТИРАЊА

Како би тестирање било што боље организовано, у преподневним часовима (8-10 h), у просторијама Факултета спорта и физичког васпитања Универзитета у Нишу, биле су измерене морфолошке карактеристике, неуромишићни параметри, као и параметри за процену експлозивне снаге на тензиометријској платформи (Kistler, QuattroJump 9290DD, Winterthur, Switzerland). Након тога су се на помоћном терену ФК „Раднички“ у Нишу

одрадила тестирања моторичког фитнеса у периоду између 12 и 14 h. И пре тестирања експлозивне снаге и касније, непосредно пре теренских тестирања, обавило се петнаесто-минутно загревање које је пратило вежбе загревања исте као и оне које су се користиле приликом загревања предложеног у току трајања експерименталног програма. Због саме поузданости, мерни инструменти, редослед тестирања, сатница, као и мериоци били су исти на иницијалном и финалном мерењу. Иницијално тестирање било је извршено у другом делу сезоне, четири недеље након припремног периода док се финално тестирање извршило 11 недеља касније непосредно након завршетка сезоне. Ове временске тачке су узете јер се сматра да су испитаници већ достигли максималан (или приближно максималан) ниво спремности и како би се избегао потенцијални бенефит који се може јавити због припремног периода или почетка сезоне када испитаници још увек нису довољно физички спремни. Уколико се планирано време тестирања поклапало са утакмицом дошло је до померања тестирања 48-72 h. Сви прикупљени подаци су били аутоматски сачувани на рачунару а уколико мерни инструмент то не дозвољава, резултати су били ручно унесени у раније припремљене протоколе. Испитаницима је било наложено да се суздрже од већег физичког напрезања 48 h пре почетка тестирања и да најмање 12 h не уносе кофеин, храну и воду због валидности приликом мерења морфолошких карактеристика.

6.6 ОДРЕЂИВАЊЕ СПОЉАШЊЕГ ОПТЕРЕЋЕЊА

Претходна истраживања која су се бавила дозирањем оптерећења највећим делом су била фокусирана на испитивање разлика између процента од телесне масе, на тај начин занемарујући индивидуалне разлике у телесној композицији, перформансу и антропометријским карактеристикама. С обзиром на то да до сада није утврђен идеалан начин дозирања оптерећења како би се постигли максимални тренажни бенефити, нови начин дозирања се појавио као применљивији за индивидуализовано дозирање (Carlos-Vivas et al., 2019). Формула која је предложена у раду је: %телесне масе=-2.0762 x %V_{max}+207.99 где је V_{max} максимална брзина трчања. За потребе овог истраживања, проценат максималне брзине је постављен је на 95 %.

6.7 ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ ПРОГРАМ

Пошто је експериментални програм, за потребе ове докторске дисертације, био дизајниран тако да се, због самог оптерећења, свако понављање код експерименталне групе ради субмаксималном брзином у односу на иницијално тестирање, потребно је објаснити рационалност таквог концепта. Haugen et al. (2014) су утврдили да спринтерски тренинг без оптерећења са 90 % од максималне брзине позитивно утиче на развој максималне брзине трчања и на способност поновљеног спринта код фудбалера. Досадашња истраживања, иако нису увек показала статистички значајно већи ефекат код експерименталне у односу на контролну групу, готово увек су показала практично значајну разлику која може бити од великог значаја (Myer et al., 2007; Spinks et al., 2007; Clark et al., 2010). Добијене значајне разлике се највише односе на стартно убрзање што је и очекивано код примене оваквог третмана (Zafeiridis et al., 2005; Harrison & Bourke, 2009). Претходно истраживање које се бавило ефектима спринтерског тренинга са оптерећењем на кинематику трчања утврдило је да уколико испитаници имају оптерећење у виду прслука са додатним оптерећењем од 15 и 20 %, њихова времена трчања на 10 m су се повећала за 7.5 и 10 %, док су се на 30 m повећала за 9.5 и 11.7 % (Cronin et al., 2008). Налази претходно наведених студија потенцијално оправдавају идеју ове докторске дисертације да је могуће радити на развоју брзине у условима релативно смањене остварене максималне брзине услед додатног оптерећења, као и то да оптерећење у виду прслука са теговима од приближно 10 % није смањило брзину трчања за више од 10 % у односу на услове без оптерећења.

Срж програма чинио је спринтерски тренинг са оптерећењем, који се спроводио два пута недељно у склопу регуларних фудбалских тренинга. Експериментална група је носила прслуке са раније предложеним оптерећењем, док је контролна група радила традиционални спринтерски тренинг са унапред прописаним бројем понављања и без додатног оптерећења. Пре сваког тренинга испитаници су имали краће загревање, не дуже од 15 min. Ова почетна фаза, која обухвата аеробне вежбе, вежбе мобилности и вежбе потенцијације, није служила само као припремни ритуал, већ је била важна компонента за припрему спортиста за интензиван рад на тренингу. Спровођење тренинга спринта одмах након загревања, како наводе Bishop et al. (2002), обезбеђује максимални перформанс и смањује могућност настанка повреда. Треба напоменути да су испитаници због ранга

такмичења и узраста, у току недеље имали пет тренинга и једну утакмицу, појединачног просечног трајања од ≈ 90 min, што значи да укупан обим активности у току недеље може износити ≈ 540 min. Узимајући у обзир претходна искуства, може се рећи да ће све деонице прописане у спринтерском делу тренинга испитаници истрчати у просеку приближно за 3 s. Према томе, укупно трајање специфичних спринтерских делова тренинга било је између 10 и 20 min, са просечним трајањем од ≈ 15 min, односно, укупног обима од ≈ 30 min недељно. Упоређујући недељни обим регуларних и додатних делова тренинга (540 и 30 min) долази се до тога да су групе имале ~5-6 % додатног тренинга што, практично говорећи, не представља значајно већи обим тренинга током трајања експерименталног програма у односу на претходни период. Поред фудбал-специфичног тренинга испитаници су у својој устаљеној рутини имали и један тренинг у теретани недељно, минимум годину дана пре почетка експерименталног програма. Овакав вид тренинга са теговима и тренажерима се више примењује у циљу превенције повреда пре него развоја моторичког фитнеса. То је остало непромењено како би се избегао додатни ефекат таквог тренинга са оптерећењем на добијене резултате. У току трајања експерименталног програма испитаници су имали 60 регуларних тренинга, а у оквиру 22 од тих 60 су имали део специфичног спринтерског тренинга и 11 такмичарских утакмица.

Узимајући у обзир то да се програм спроводио у току такмичарског периода другог дела сезоне, микроциклус испитаника у клубу је изгледао тако што су понедељком имали тренинг опоравка, уторком уводни тренинг аеробног карактера и ниског интензитета, средом се радило највећим интензитетом, четврком тренинг средњег интензитета са техничко-тактичким елементима, петком се радила припрема за утакмицу, суботом су имали утакмицу, док је недеља била слободан дан. Ово је само пример једног микроциклуса који је био подложан променама у зависности од тога да ли су утакмицу играли суботом или недељом. У оквиру оваквог микроциклуса спринтерски тренинзи били су организовани уторком и четвртком у минималном размаку од 48 h међусобно, а тај размак се примењивао и у односу на утакмице, на тај начин поштујући налазе Sjökvist et al. (2011) да је ово довољан период за потпуни опоравак након високо интензивних тренинга. С обзиром на то да се тренажни програм спроводио са две генерације фудбалера (кадети и омладинци), тренери су се сложили са тим да се направи генералан план према коме су обе генерације тренирале у току трајања експерименталног програма. На тај начин су сви испитаници имали исти

регуларан тренажни програм чиме се избегао нежељени ефеката на третман. Оваква организација тренажног процеса имала је за циљ да се разлике између група сведу искључиво на експериментални третман, уз минимизацију утицаја спољашњих тренажних фактора.

Разумевање научне основе иза 11-недељног програма тренинга спринта за фудбалере лежи у практичном приступу атлетском развоју. Програм карактерише баланс различитих дистанци спринтева и интервала одмора, а као такав представља практични приказ примене спортске науке у оптимизацији тренинга фудбалера. Програм је структуриран по фазама, свака са специфичним циљевима и оптерећењем тренинга, у складу са принципима периодизације (Turner, 2011). Иницијални период (први мезоциклус од четири недеље) био је фокусиран на успостављање базе спринтерске способности и развоја стартног убрзања, са спринтевима од 5, 10 и 20 m. Ова фаза је кључна за развој механике спринта и неуромишићне адаптације и у њој је био примењен исти број понављања, с тим да је експериментална група имала додатно оптерећење у виду прслука. Како су недеље одмицале, укупан тренажни обим је у већем делу програма имао прогресиван карактер, при чему је након фазе постепеног повећања дошло до планираног смањења оптерећења од осме до десете недеље, а затим и до поновног повећања у једанаестој недељи. Примењена методологија се заснивала на смењивању фаза повећаног обима и фаза релативног растерећења, са циљем омогућавања адекватног опоравка и адаптације током такмичарског периода. Рационалност оваквог приступа налази се у чињеници да постепена повећања у оптерећењу тренинга воде побољшању атлетских перформанси (Kraemer & Ratamess, 2004). Програм укључује „бленд“ дистанци и понављања, дизајнираних да изазову различите аспекте спринтерских способности фудбалера, од експлозивне снаге до брзинске издржљивости.

Прилагодљивост неуромишићног система захтева константну адаптацију оптерећења како би се обезбедио адекватан одговор у дужем временском периоду. Због тога се користи периодизација са планираним варијацијама и стимулансима како би се постигли специфични циљеви и адаптација у деловима сезоне када су спортисти близу максималне форме. Како би се ови услови остварили коришћена је варијабилна (таласаста) периодизација која има за циљ да уведе варијације у тренажни програм (Gamble, 2006). У

овој студији осцилације у току експерименталног програма биле су у сагласности са комбинацијом варијабилне (Lorenz, Reiman & Walker, 2010) и дневне варијабилне периодизације (Rhea et al., 2002) која укључује специфичне елементе (спринтерско трчање) (Baker, 1996).

Генерални макроциклус у току трајања експерименталног програма био је усклађен са самим експерименталним програмом и имао је два пика у седмој и једанаестој недељи из разлога што је то био последњи мезоциклус у сезони где су се одиграле најважније утакмице. Овај период је, према томе, био подељен у три мезоциклуса: 1. Период побољшања капацитета; 2. Период усавршавања технике и тактике; 3. Период оптимизације перформанси и темпирања форме.

Табела 10. Макроциклус у току трајања експерименталног програма

Макроциклус			
Мезоциклус	**Недеља**	**Фокус**	**Обим и интензитет**
1. Побољшање аеробних и анаеробних капацитета	Прва	Аеробни капацитет	Велики обим Средњи интензитет
	Друга	Техника	Велики обим Средњи интензитет
	Трећа	Анаеробни капацитет	Мали обим Висок интензитет
	Четврта	Игра на скраћеном простору	Велики обим Висок интензитет
2. Усавршавање технике и тактике	Пета	Уводна недеља	Мали обим Низак интензитет
	Шеста	Тактика (тактичке вежбе)	Средњи обим Умерен интензитет
	Седма	Тактика (позициона игра)	Велики обим Умерен интензитет
	Осма	Игра на целом терену	Средњи обим Висок интензитет

3. Оптимизација перформанси и темпирање форме за крај сезоне	Девета	Уводна недеља	Мали обим Низак интензитет
	Десета	Високо-интензивне вежбе Услови као такмичарски	Средњи обим Умерен интензитет
	Једанаеста	Тејпер за крај сезоне	Мали обим Висок интензитет

Између сваког понављања спринта примењиван је кратак период одмора од 15 s. Овај временски период није произвољан, већ је пажљиво изабран да развије анаеробни капацитет док симулира интермитентну природу фудбала. Разлог лежи у физиолошкој адаптацији фудбалера у контексту специфичног захтева спорта где играчи често врше високо-интензивне напоре праћене кратким периодима мање интензивне активности. Овај приступ је подржан налазима Dupont et al. (2010), који наглашавају важност кратких периода опоравка у симулирању физиолошких захтева фудбала.

Поред тога, програм је инкорпорирао одмор од 1 min после серије краћих спринтева и продужени одмор од 3 min након завршетка серије са најдужом дистанцом спринта у низу (**Табела 11.**). Дужи интервали одмора после обимнијих напора дизајнирани су да омогуће опсежнији опоравак, омогућујући фосфагеном систему да се попуни. Ово је значајно за одржавање квалитета перформанси током тренинга. Таква методологија је усклађена са истраживањем Girard, Mendez-Villanueva, & Bishop (2011), који истичу потребу за дужим периодима одмора за потпун опоравак после високо-интензивног спринта.

Кључни елемент 11-недељног програма тренинга спринта за фудбалере је укључивање *drop-off* стратегије од 3 % за експерименталну групу. Ова стратегија осигурава оптималан интензитет и квалитет тренинга. Према овом правилу, серија спринта се завршавала када њихов перформанс опадне за 3 % од њиховог најбољег забележеног времена за сваку удаљеност два пута узастопно. Овај приступ је кључан у управљању замором и спречавању претренираности. Такође, посебно је релевантан с обзиром на кратке периоде одмора од 15 s између понављања и различите интервале одмора који су уследели после различитих дистанци у спринту (један min после краћих спринтева и три min после серије најдуже дистанце спринта у низу). *Drop-off* може бити у складу са физиолошким

захтевима фудбала, где је одржавање високог квалитета перформанса кључно, а ризик од њеног смањења због замора је значајан.

Ова стратегија је утемељена у спортској науци, омогућавајући индивидуализовано управљање интензитетом на основу реалних метрика перформанса. Када брзина спортисте опадне испод наведеног прага, то указује на значајан почетак замора, што предлаже да би квалитет накнадних спринтева могао бити компромитован. Примена *drop-off* стратегије је подржана у литератури која наглашава важност одржавања висококвалитетних напора у тренингу за оптималне адаптације перформанси, а која су сублимирана од стране Kenney, Wilmore & Costill (2021).

Укључивање дужих спринтева у програм служи вишеструким циљевима. Пре свега, развија брзинску издржљивост, која је суштински аспект за фудбалере који често треба да одрже напоре максималне брзине на већим удаљеностима. Такође, побољшава способност фудбалера да одржи механику и ефикасност спринта са дужим временским интервалом, што може бити значајан фактор у позној фази игре када се појави замор. Прелазак на дуже спринтеве је у складу са принципима периодизације, како наводи Turner (2011), што обезбеђује постепено повећање интензитета тренинга за сталне адаптације без појаве претренираности.

У складу са наведеним принципима периодизације и циљевима појединих фаза програма, Табела 12 приказује детаљну структуру спринтерског тренинга током трајања експерименталног периода, укључујући дистанце, број серија и понављања, као и интервале одмора између оптерећења. У прве четири недеље програма, експериментална и контролна група изводиле су истоветан спринтерски протокол у погледу организације тренинга, при чему је код експерименталне групе примењивано правило прекида серије у случају да дође до пада брзине трчања за више од 3 % у два узастопна понављања, иако прописани број понављања није био у потпуности реализован. У наредним фазама програма, број серија и избор дистанци остали су истоветни за обе групе, док је примена drop-off правила код експерименталне групе омогућила флексибилност у реалном броју изведених понављања унутар серије. Конкретно, уколико је за одређену серију био прописан фиксиран број понављања на датој дистанци, испитаници експерименталне групе настављали су извођење

понављања све док брзина трчања није два пута узастопно пала испод дефинисаног прага, чиме је обезбеђено очување квалитета изведбе у условима прогресивног замора.

Табела 11. Периодизација спринтерског тренинга

Прва недеља				
Серија	Дистанца	Понављања (Тренинг 1)	Понављања (Тренинг 2)	Одмор
1	5 m	3	2	1 min
2	10 m	2	2	1 min
3	20 m	1	2	3 min
4	5 m	3	2	1 min
5	10 m	2	1	1 min
6	20 m	1	1	
Друга недеља				
Серија	Дистанца	Понављања (Тренинг 1)	Понављања (Тренинг 2)	Одмор
1	5 m	4	2	1 min
2	10 m	2	2	1 min
3	20 m	1	1	3 min
4	5 m	4	2	1 min
5	10 m	2	2	1 min
6	20 m	1	1	
Трећа недеља				
Серија	Дистанца	Понављања (Тренинг 1)	Понављања (Тренинг 2)	Одмор
1	5 m	5	3	1 min
2	10 m	3	2	1 min
3	20 m	2	2	3 min
4	5 m	5	3	1 min
5	10 m	2	2	1 min
6	20 m	1	2	
Четврта недеља				
Серија	Дистанца	Понављања (Тренинг 1)	Понављања (Тренинг 2)	Одмор
1	5 m	4	3	1 min
2	10 m	3	2	1 min
3	20 m	2	2	3 min
4	5 m	4	3	1 min
5	10 m	3	2	1 min
6	20 m	2	2	
Пета недеља				
Серија	Дистанца	Понављања (Тренинг 1)	Понављања (Тренинг 2)	Одмор
1	5 m	4	4	1 min
2	10 m	3	3	1 min

3	20 m	3	3	3 min
4	5 m	4	4	1 min
5	10 m	3	3	1 min
6	20 m	3	3	

Шеста недеља

Серија	Дистанца	Понављања (Тренинг 1)	Понављања (Тренинг 2)	Одмор
1	5 m	5	4	1 min
2	10 m	3	3	1 min
3	20 m	3	3	3 min
4	5 m	5	4	1 min
5	10 m	3	3	1 min
6	20 m	3	3	

Седма недеља

Серија	Дистанца	Понављања (Тренинг 1)	Понављања (Тренинг 2)	Одмор
1	5 m	5	4	1 min
2	10 m	4	3	3 min
3	20 m	3	3	3 min
4	5 m / 30 m	5	3	1 min / 3 min
5	10 m / 5 m	4	4	1 min
6	20 m / 10 m	3	3	3 min / 1 min
7	20 m	3	3	
8	30 m	3	3	

Осма недеља

Серија	Дистанца	Понављања (Тренинг 1)	Понављања (Тренинг 2)	Одмор
1	5 m	5	4	1 min
2	10 m	4	4	1 min
3	20 m	3	4	3 min
4	5 m	5	4	1 min
5	10 m	4	3	1 min
6	20 m	3	3	

Девета недеља

Серија	Дистанца	Понављања (Тренинг 1)	Понављања (Тренинг 2)	Одмор
1	5 m	5	4	1 min
2	10 m	4	4	1 min
3	20 m	3	4	3 min
4	5 m	5	4	1 min
5	10 m	4	3	1 min
6	20 m	3	3	

Десета недеља

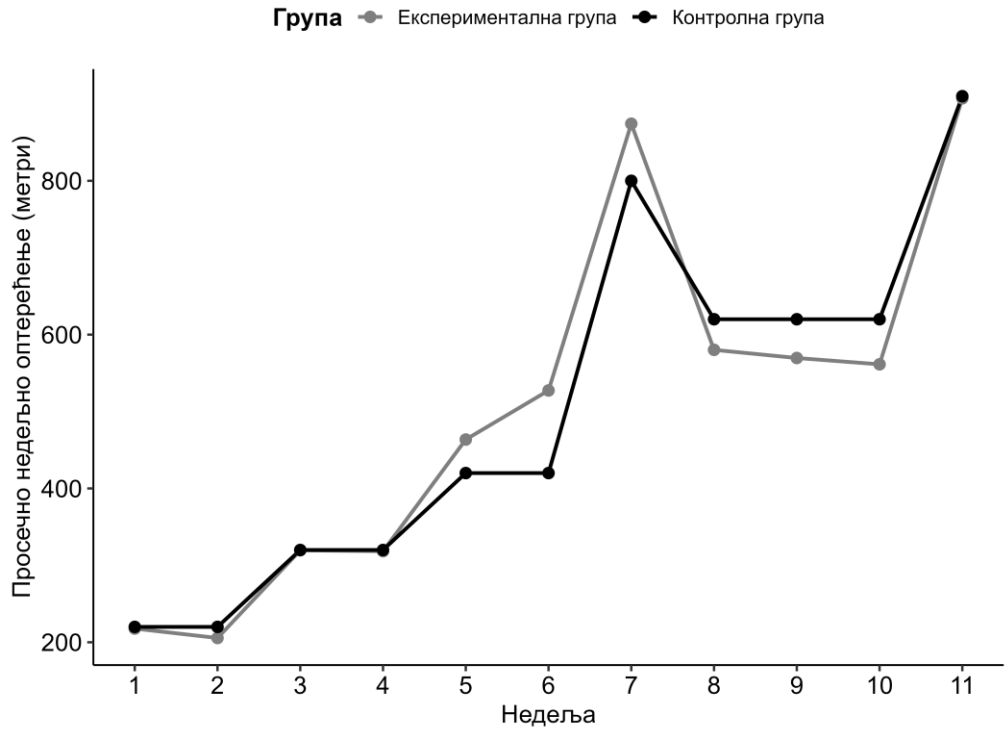
Серија	Дистанца	Понављања (Тренинг 1)	Понављања (Тренинг 2)	Одмор
1	10 m	4	4	1 min

2	20 m	4	3	3 min
3	10 m / 30 m	4	3	1 min / 3 min
4	20 m / 10 m	4	4	3 min / 1 min
5	20 m	3	3	1 min
6	30 m	3	3	

Једанаеста недеља

Серија	Дистанца	Понављања (Тренинг 1)	Понављања (Тренинг 2)	Одмор
1	5 m	6	5	1 min
2	10 m	5	4	1 min
3	20 m	4	3	3 min
4	5 m / 40 m	5	3	1 min / 3 min
5	10 m / 5 m	4	5	1 min
6	20 m / 10 m	3	4	3 min / 1 min
7	20 m	4	3	1 min
8	40 m	3	3	

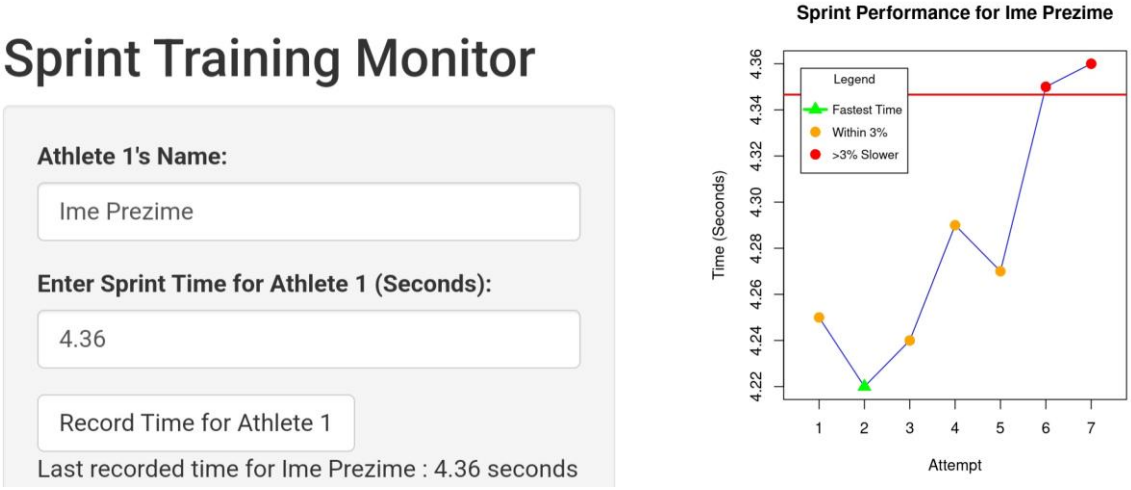
Оваква организација тренинга резултирала је укупним недељним оптерећењем које је у већем делу програма имало прогресиван карактер, уз планиране осцилације у појединим недељама, што је приказано на **Графикон 7**, где је приказана динамика просечног недељног оптерећења код обе групе.



Графикон 7. *Динамика просечног недељног спринтерског оптерећења (у m) код експерименталне и контролне групе током 11 недеља програма*

6.8 МЕРЕЊЕ ОПАДАЊА БРЗИНЕ ТРЧАЊА

У току тренинга мерење времена трчања и процена опадања брзине вршени су уз помоћ фотоћелија (Witty, Microgate, Italy), при чему су добијени подаци након сваког понављања уношени у наменски развијену апликацију која је омогућавала истовремено праћење до 15 испитаника. Апликација је у реалном времену генерисала графички приказ промена брзине, који се аутоматски ажурирао са сваким новим уносом времена, користећи најбрже забележено време унутар серије као референтну вредност. На основу тог референтног времена, апликација је аутоматски идентификовала тренутак када је брзина трчања опала за више од 3 %, а серија је прекидана уколико се такав пад јави два пута узастопно. Описани поступак мерења и праћења опадања брзине примењиван је искључиво код експерименталне групе.



Слике 4. и 5. *– Интерфејс апликације за праћење брзине трчања (Stojanović, 2024)*

6.9 МЕТОДЕ ОБРАДЕ ПОДАТАКА

За све показатеље у студији најпре су израчунати средња вредност (M), стандардна девијација (SD) и процентуална промена (Δ %) у односу на иницијално мерење, како би се прикупила основна дескриптивна статистика. Након тога, за испитивање ефеката групе (експериментална vs. контрола) и времена (иницијално vs. финално) примењен је 2 × 2

Bayes ANOVA модел на стандардизоване исходе. За сваки главни и интеракциони ефекат наведена је медијана постериорне дистрибуције, 95 % кредибилни интервал (95 % CI) и проценат вредности унутар региона практичне еквивалентности (ROPE = [–0,10, 0,10]); ≥ 95 % унутар ROPE-а означава практичку еквиваленцију (тривијалан ефекат), ≤ 5 % унутар ROPE-а указује на кредибилно одступање од нуле (релевантан ефекат), док вредности између 5 % и 95 % представљају нејасне ефекте. Како би се контролисале и иницијалне разлике између група, коришћен је Bayes ANCOVA модел у коме је уз групу, проценат масти и maturity offset унет и иницијално мерење као додатна коваријата, а резултати су такође приказани преко стандардизованих β-коефицијената са 95 % CI и ROPE процентом. Величина β-ефеката тумачена је конвенционално: < 0.2 (тривијални), 0.2–0.6 (мали), 0.6–1.2 (умерени), 1.2–2.0 (велики) и > 2.0 (врло велики). Све анализе су изведене у RStudio 2025.05.0+496.

7. РЕЗУЛТАТИ

7.1 МОТОРИЧКИ ФИНТЕС

7.1.1 СКОК СА ПРИПРЕМОМ (CMJ)

X_1 - Разлике између група на иницијалном тестирању

Према исходима иницијалног тестирања (X1; видети Табелу 12), контролна и експериментална група биле су статистички и практично еквивалентне. На пример, процењена разлика у висини скока из места (CMJ) износила је 0.08 m, а 95 % кредибилни интервал (–0.39 m до 0.56 m) је обухватао нулу, при чему је приближно трећина постериорне расподеле лежала унутар региона практичне еквиваленције. Сви остали испитивани параметри, укључујући индекс реактивне снаге, релативни пик снаге, ексцентричну брзину развоја силе и временске компоненте концентричне и ексцентричне фазе, показали су истоветан образац, односно кредибилне интервале који обухватају нулу и висок проценат постериорних вредности у ROPE-у.

Табела 12. Разлике у CMJ параметрима на иницијалном тестирању (X1): процењени ефекти, 95 % кредибилни интервали и ROPE проценти

Иницијално мерење				
Варијабла	**Контролна**	**Експериментална**	**β [CI]**	**ROPE %**
Висина скока (m)	0.32 ± 0.05	0.32 ± 0.06	0.08 [-0.39, 0.56]	30 %
RSI	0.42 ± 0.12	0.41 ± 0.10	-0.07 [-0.58, 0.43]	30 %
Пик снаге (W kg^{-1})	49.16 ± 5.48	49.68 ± 6.24	0.12 [-0.39, 0.64]	28 %
ERFD (N m^{-1} s^{-1})	69.78 ± 30.78	70.75 ± 50.35	0.06 [-0.48, 0.63]	29 %
Време конц. (s)	0.26 ± 0.05	0.26 ± 0.05	-0.11 [-0.69, 0.42]	29 %
Време ексц. (s)	0.31 ± 0.08	0.33 ± 0.11	0.20 [-0.37, 0.72]	23 %

***Напомена: Висина скока** – максимална вертикална висина скока (m); **RSI** – индекс реактивне снаге (без димензије); **Пик снаге** – релативна пик-снага (W kg^{-1}); **ERFD** – ексцентрична брзина развоја силе (N m^{-1} s^{-1}); **Време конц.** – трајање концентричне фазе (s); **Време ексц.** – трајање ексцентричне фазе (s); **β [CI]** – процењени ефекат са 95 % постериорним интервалом поузданости; **ROPE %** – проценат постериорне расподеле унутар региона практичне еквивалентности.*

X_2 – Унутар-групне промене експерименталне групе након интервенције

У домену унутар-групних промена експерименталне групе (X2; видети Табелу 13), интервенција је показала кредибилно позитиван ефекат на два показатеља. Прво, процењени ефекат за висину скока износио је 0.38 (95 % CI [0.20, 0.56]; ROPE = 0 %), што указује на јасан позитиван напрådак у перформансама скока. Поред висине скока, индекс реактивне снаге (RSI) имао је процењени ефекат 0.42 (95 % CI [0.18, 0.64]; ROPE = 0 %), потврђујући побољшање реактивне способности. Остали испитивани параметри нису показали кредибилне промене, тј њихови 95 % CI обухватају нулу и имају висок проценат расподеле унутар ROPE-а, стога не пружају поуздане доказе о ефекту примењене интервенције.

Табела 13. Унутар-групне промене у CMJ параметрима експерименталне групе након интервенције (X2): процењени ефекти, 95 % кредибилни интервали и ROPE проценти

Експериментална група				
Варијабла	**Иницијално**	**Финално**	**β [CI]**	**ROPE %**
Висина скока (m)	0.32 ± 0.06	0.34 ± 0.06	0.38 [0.20, 0.56]	0 %
RSI	49.68 ± 6.24	52.18 ± 6.87	0.42 [0.18, 0.64]	0 %
Пик снаге (W kg^{-1})	0.41 ± 0.10	0.43 ± 0.09	0.21 [-0.09, 0.50]	20 %
ERFD (N m^{-1} s^{-1})	70.75 ± 50.35	64.87 ± 21.45	-0.17 [-0.49, 0.17]	29 %
Време конц. (s)	0.26 ± 0.05	0.25 ± 0.04	-0.16 [-0.48, 0.16]	30 %
Време ексц. (s)	0.33 ± 0.11	0.33 ± 0.09	-0.01 [-0.36, 0.31]	48 %

Напомена: Висина скока – *максимална вертикална висина скока (m);* ***RSI –*** *индекс реактивне снаге (без димензије);* ***Пик снаге –*** *релативна пик-снага (W kg^{-1});* ***ERFD –*** *ексцентрична брзина развоја силе (N m^{-1} s^{-1});* ***Време конц. –*** *трајање концентричне фазе (s);* ***Време ексц. –*** *трајање ексцентричне фазе (s);* ***β [CI] –*** *процењени ефекат са 95 % постериорним интервалом поузданости;* ***ROPE % –*** *проценат постериорне расподеле унутар региона практичне еквивалентности.*

X3 – Унутар-групне промене контролне групе након интервенције

Са друге стране, контролна група, у оквиру унутар-групних промена (X3; видети Табелу 14), није показала кредибилне помаке у већини CMJ параметара. На пример, процењени ефекат за висину скока износио је 0.13 (95 % CI = –0.04 - 0.30 m; ROPE = 36 %), а за RSI 0.10 (95 % CI = –0.19 - 0.39; ROPE = 44 %), при чему оба интервала обухватају нулу

и велики део расподеле лежи унутар региона практичне еквивалентности. Једини параметар који је показивао тенденцију ка побољшању био је релативни пик снаге (β = 0.23 W kg^{-1}; 95 % CI = 0.00 - 0.46; ROPE = 11 %), међутим доња граница CI одговара нули, што указује на ограничену поузданост ове промене. Сви остали испитивани показатељи (ERFD и временске компоненте концентричне и ексцентричне фазе) нису показали кредибилне разлике, што може указати да контролна група није остварила значајне унутар-групне промене.

Табела 14. Унутар-групне промене у CMJ параметрима контролне групе након интервенције (X3): процењени ефекти, 95 % кредибилни интервали и ROPE проценти

Контролна група				
Варијабла	**Иницијално**	**Финално**	**β [CI]**	**ROPE %**
Висина скока (m)	0.32 ± 0.05	0.33 ± 0.05	0.13 [-0.04, 0.30]	36 %
RSI	0.42 ± 0.12	0.42 ± 0.12	0.10 [-0.19, 0.39]	44 %
Пик снаге (W kg^{-1})	49.16 ± 5.48	50.11 ± 6.68	0.23 [0.00, 0.46]	11 %
ERFD (N m^{-1} s^{-1})	69.78 ± 30.78	61.80 ± 26.19	-0.20 [-0.53, 0.12]	27 %
Време конц. (s)	0.26 ± 0.05	0.26 ± 0.04	-0.03 [-0.35, 0.28]	48 %
Време ексц. (s)	0.31 ± 0.08	0.32 ± 0.07	0.07 [-0.26, 0.39]	44 %

Напомена: Висина скока – *максимална вертикална висина скока (m);* ***RSI –*** *индекс реактивне снаге (без димензије);* ***Пик снаге –*** *релативна пик-снага (W kg^{-1});* ***ERFD –*** *ексцентрична брзина развоја силе (N m^{-1} s^{-1});* ***Време конц. –*** *трајање концентричне фазе (s);* ***Време ексц. –*** *трајање ексцентричне фазе (s);* ***β [CI] –*** *процењени ефекат са 95 % постериорним интервалом поузданости;* ***ROPE % –*** *проценат постериорне расподеле унутар региона практичне еквивалентности.*

X4 - Разлике између група на финалном тестирању

Након финалног тестирања (X4; видети Табелу 15), између контролне и експерименталне групе нису уочене кредибилне разлике у CMJ параметрима. Иако су ефекти на висину скока и пик снаге били нешто израженији у експерименталној групи (нпр. β за висину скока = 0.33, 95 % CI [–0.14, 0.79], ROPE = 16 %; β за пик снаге = 0.32, 95 % CI [–0.20, 0.82], ROPE = 15 %), а трајање концентричне фазе показало тенденцију ка скраћењу (β = –0.24, 95 % CI [–0.79, 0.33], ROPE = 21 %), те промене нису досегле праг кредибилности нити пружиле довољну подршку о значајним разликама између група. Остали испитивани

параметри такође нису показали поуздане разлике (β-коефицијенти близу нуле и широки кредибилни интервали), па се не може утврдити практична или статистичка предност третмана.

Табела 15. Разлике у CMJ параметрима на финалном тестирању (X4): процењени ефекти, 95% кредибилни интервали и ROPE проценти

Финално мерење				
Варијабла	**Контролна**	**Експериментална**	**β [CI]**	**ROPE %**
Висина скока (m)	0.33 ± 0.05	0.34 ± 0.06	0.33 [-0.14, 0.79]	16 %
RSI	0.42 ± 0.12	0.43 ± 0.09	0.05 [-0.46, 0.56]	31 %
Пик снаге (W kg^{-1})	50.11 ± 6.68	52.18 ± 6.87	0.32 [-0.20, 0.82]	15 %
ERFD (N m^{-1} s^{-1})	61.80 ± 26.19	64.87 ± 21.45	0.09 [-0.48, 0.64]	26 %
Време конц. (s)	0.26 ± 0.04	0.25 ± 0.04	-0.24 [-0.79, 0.33]	21 %
Време ексц. (s)	0.32 ± 0.07	0.33 ± 0.09	0.12 [-0.42, 0.65]	26 %

***Напомена: Висина скока** – максимална вертикална висина скока (m); **RSI** – индекс реактивне снаге (без димензије); **Пик снаге** – релативна пик-снага (W kg^{-1}); **ERFD** – ексцентрична брзина развоја силе (N m^{-1} s^{-1}); **Време конц.** – трајање концентричне фазе (s); **Време ексц.** – трајање ексцентричне фазе (s); **β [CI]** – процењени ефекат са 95 % постериорним интервалом поузданости; **ROPE %** – проценат постериорне расподеле унутар региона практичне еквивалентности.*

X5 – Ефекат интервенције након контроле инцијалних вредности (бајесијевска ANCOVA)

Међутим, у бајесијевском ANCOVA моделу са коваријатом на иницијалном мерењу (видети Табелу 16), прилагођени стандардизовани ефекат за висину скока износио је β = 0.25 (95 % CI [0.01, 0.47]; ROPE = 8 %), што указује на мало, али кредибилно побољшање изнад прага практичне еквивалентности. Насупрот томе, релативни пик снаге (β = 0.19, 95 % CI [–0.9, 0.45]; ROPE = 24 %) указује на недостатак довољне подршке за практично побољшање. Индекс реактивне снаге и ексцентрична стопа развоја силе у експерименталној групи сугеришу на унапређење експлозивне компоненте, док скраћење трајања концентричне и ексцентричне фазе на ефикасније извођење скока. Међутим, ниједан од ових показатеља није пружио довољно поузданих доказа у смислу практичне еквиваленције, где широка расподела постериорних вредности и учестали налази унутар

ROPE-а значе да се не може тврдити конзистентан и значајан ефекат третмана на CMJ перформансе.

Табела 16. Прилагођени стандардизовани ефекти CMJ параметара након контроле иницијалног мерења (X5): процењени ефекти, 95 % кредибилни интервали и ROPE проценти

Варијабла	β	CI 2.5%	CI 97.5%	ROPE %
Висина скока (m)	0.25	0.01	0.47	8 %
RSI	0.19	-0.24	0.44	39 %
Пик снаге (W kg^{-1})	0.19	-0.09	0.45	24 %
ERFD (N m^{-1} s^{-1})	0.09	-0.25	0.43	40 %
Време конц. (s)	-0.17	-0.55	0.22	29 %
Време ексц. (s)	-0.01	-0.39	0.36	41 %

Напомена: Висина скока – *максимална вертикална висина скока (m);* ***RSI –*** *индекс реактивне снаге (без димензије);* ***Пик снаге –*** *релативна пик-снага (W kg^{-1});* ***ERFD –*** *ексцентрична брзина развоја силе (N m^{-1} s^{-1});* ***Време конц. –*** *трајање концентричне фазе (s);* ***Време ексц. –*** *трајање ексцентричне фазе (s);* ***β [CI] –*** *процењени ефекат са 95 % постериорним интервалом поузданости;* ***ROPE % –*** *проценат постериорне расподеле унутар региона практичне еквивалентности.*

7.1.2 СКОК СА ВИСИНЕ (DJ)

X1 - Разлике између група на иницијалном тестирању

У домену утврђивања разлика на иницијалном мерењу у параметрима скока са висине (X1; видети Табелу 17), контролна и експериментална група нису показале кредибилне разлике. На пример, стандардизовани ефекат β за висину скока био је 0.23 (95 % CI [–0.30, 0.74]; ROPE = 23 %), а за индекс реактивне снаге –0.20 (95 % CI [–0.66, 0.28]; ROPE = 25 %). Слично томе, ефекти за релативни пик снаге и трајање контакта су били тривијални, при чему су кредибилни интервали свих параметара обухватали нулу и значајан део постериорне расподеле у ROPE-у.

Табела 17. Разлике у DJ параметрима на иницијалном тестирању (X1): процењени ефекти, 95 % кредибилни интервали и ROPE-проценти

Иницијално мерење				
Варијабла	**Контролна**	**Експериментална**	**β [CI]**	**ROPE %**
Висина скока (m)	0.30 ± 0.05	0.31 ± 0.06	0.23 [-0.30, 0.74]	23 %
RSI	1.37 ± 3.49	0.89 ± 0.27	-0.20 [-0.66, 0.28]	25 %
Пик снаге (W kg^{-1})	54.38 ± 8.50	56.31 ± 12.55	0.20 [-0.32, 0.74]	23 %
Време контакта (s)	0.38 ± 0.11	0.38 ± 0.12	-0.06 [-0.60, 0.46]	32 %

Напомена: Висина скока – *максимална вертикална висина скока (m);* ***RSI –*** *индекс реактивне снаге (без димензије);* ***Пик снаге –*** *релативна пик-снага (W* kg^{-1}*);* ***Време контакта –*** *трајање контакта стопала са подлогом (s);* ***β [CI] –*** *процењени ефекат са 95 % постериорним интервалом поузданости;* ***ROPE % –*** *проценат постериорне расподеле унутар региона практичне еквивалентности.*

X2 – Унутар-групне промене експерименталне групе након интервенције

Са аспекта унутар-групних промена параметара скока са висине након интервенције (X2; видети Табелу 18), експериментална група је испољила тренд ка побољшању у висини скока: β = 0.29 (95 % CI [–0.02, 0.58]; ROPE = 9 %), што сугерише умерен ефекат третмана на висину скока, иако је доња граница кредибилног интервала била испод нуле. Супротно томе, позитивне промене у индексу реактивне снаге биле су тривијалне, без уверљивих помака, док су релативни пик снаге и трајање контакта остали практично непромењени. Ови налази указују да је третман могао допринети повећању висине скока, али да нема довољно кредибилних доказа за опште побољшање свих испитиваних показатеља.

Табела 18. Унутар-групне промене у DJ параметрима експерименталне групе након интервенције (X2): процењени ефекти, 95 % кредибилни интервали и ROPE проценти

Експериментална група				
Варијабла	**Иницијално**	**Финално**	**β [CI]**	**ROPE %**
Висина скока (m)	0.31 ± 0.06	0.33 ± 0.07	0.29 [-0.02, 0.58]	9 %
RSI	0.89 ± 0.27	0.71 ± 0.45	-0.03 [-0.47, 0.44]	35 %
Пик снаге (W kg^{-1})	56.31 ± 12.55	58.68 ± 13.48	0.17 [-0.13, 0.46]	28 %
Време контакта (s)	0.38 ± 0.12	0.36 ± 0.18	-0.07 [-0.40, 0.26]	42 %

***Напомена: Висина скока** – максимална вертикална висина скока (m); **RSI** – индекс реактивне снаге (без димензије); **Пик снаге** – релативна пик-снага (W kg⁻¹); **Време контакта** – трајање контакта стопала са подлогом (s); **β [CI]** – процењени ефекат са 95 % постериорним интервалом поузданости; **ROPE %** – проценат постериорне расподеле унутар региона практичне еквивалентности.*

X3 – Унутар-групне промене контролне групе након интервенције

Са друге стране, анализом унутар-групних промена контролне групе за DJ параметре (X3; видети Табелу 19) није утврђена кредибилна адаптација без примене интервенције. Висина скока је остала практично непромењена (β = 0.10), док су индекс реактивне снаге и релативни пик снаге задржали своје почетне нивое. Трајање контакта стопала са подлогом такође није показало значајне промене, што указује на одсуство поузданих адаптација у условима контролног третмана.

Табела 19. Унутар-групне промене у DJ параметрима контролне групе након интервенције (X3): процењени ефекти, 95 % кредибилни интервали и ROPE проценти

Контролна група				
Варијабла	**Иницијално**	**Финално**	**β [CI]**	**ROPE %**
Висина скока (m)	0.30 ± 0.05	0.30 ± 0.06	0.10 [-0.20, 0.41]	42 %
RSI	1.37 ± 3.49	1.55 ± 4.63	0.01 [-0.44, 0.46]	35 %
Пик снаге (W kg⁻¹)	54.38 ± 8.50	54.21 ± 9.46	0.02 [-0.26, 0.30]	56 %
Време контакта (s)	0.38 ± 0.11	0.39 ± 0.13	0.01 [-0.32, 0.36]	46 %

***Напомена: Висина скока** – максимална вертикална висина скока (m); **RSI** – индекс реактивне снаге (без димензије); **Пик снаге** – релативна пик-снага (W kg⁻¹); **Време контакта** – трајање контакта стопала са подлогом (s); **β [CI]** – процењени ефекат са 95 % постериорним интервалом поузданости; **ROPE %** – проценат постериорне расподеле унутар региона практичне еквивалентности.*

X4 - Разлике између група на финалном тестирању

На финалном тестирању (X4; видети Табелу 20) испитиване су разлике у параметрима скока са висине (DJ) између контролне и експерименталне групе. Стандардизовани ефекат β за висину скока износио је 0.43 (95 % CI [–0.11, 0.93]; ROPE = 9 %), што указује на

тенденцију ка већим вредностима овог параметра у експерименталној групи, док је индекс реактивне снаге био мањи (β = –0.24; 95 % CI [–0.72, 0.28]; ROPE = 20 %), указујући на недостатак бенефита за реактивни елемент скока. Релативни пик снаге у експерименталној групи указује на значајну разлику (β = 0.35; 95 % CI [–0.17, 0.89]; ROPE = 15 %), али без довољно поуздане подршке, док је трајање контакта стопала са подлогом незначајно различито (β = –0.15; 95 % CI [–0.69, 0.37]; ROPE = 27 %). Иако неки параметри указују на бенефите експерименталног третмана, кредибилни интервали који укључују нулу и релативно високу пропорцију унутар ROPE-а сугеришу да нема довољно доказа о статистички или практично значајној разлици између група.

Табела 20. Разлике у DJ параметрима на финалном тестирању (X4): процењени ефекти, 95% кредибилни интервали и ROPE проценти

Финално мерење				
Варијабла	**Контролна**	**Експериментална**	**β [CI]**	**ROPE %**
Висина скока (m)	0.30 ± 0.06	0.33 ± 0.07	0.43 [-0.11, 0.93]	9 %
RSI	1.55 ± 4.63	0.71 ± 0.45	-0.24 [-0.72, 0.28]	20 %
Пик снаге (W kg^{-1})	54.21 ± 9.46	58.68 ± 13.48	0.35 [-0.17, 0.89]	15 %
Време контакта (s)	0.39 ± 0.13	0.36 ± 0.18	-0.15 [-0.69, 0.37]	27 %

Напомена: Висина скока – *максимална вертикална висина скока (m);* ***RSI –*** *индекс реактивне снаге (без димензије);* ***Пик снаге –*** *релативна пик-снага (W kg^{-1});* ***Време контакта –*** *трајање контакта стопала са подлогом (s);* ***β [CI] –*** *процењени ефекат са 95 % постериорним интервалом поузданости;* ***ROPE %*** *– проценат постериорне расподеле унутар региона практичне еквивалентности.*

X5 – Ефекат интервенције након контроле инцијалних вредности (бајесијевска ANCOVA)

У бајесијевском ANCOVA моделу са контролом иницијалних вредности (X5; видети Табелу 21), ниједан од испитиваних DJ параметара није показао кредибилну супериорност третмана. Прилагођени стандардизовани ефекат за висину скока био је β = 0.21 (95 % CI [–0.14, 0.56]; ROPE = 23 %), а за релативни пик снаге β = 0.16 (95 % CI [–0.17, 0.50]; ROPE = 30 %). Индекс реактивне снаге и трајање контакта имали су негативне, тривијалне β-коефицијенте и широке кредибилне интервале, уз ROPE проценте изнад прага практичне

еквиваленције. Ови налази указују да, када се контролишу иницијалне разлике, нема довољно доказа да је експериментална интервенција значајно утицала на перформансе у скоку са висине.

Табела 21. Прилагођени стандардизовани ефекти DJ параметара након контроле иницијалног мерења (X5): процењени ефекти, 95 % кредибилни интервали и ROPE проценти

Варијабла	β	CI 2.5%	CI 97.5%	ROPE %
Висина скока (m)	0.21	-0.14	0.56	23 %
RSI	-0.13	-0.53	0.29	34 %
Пик снаге (W kg^{-1})	0.16	-0.17	0.50	30 %
Време контакта (s)	-0.09	-0.44	0.30	38 %

***Напомена: Висина скока** – максимална вертикална висина скока (m); **RSI** – индекс реактивне снаге (без димензије); **Пик снаге** – релативна пик-снага (W kg^{-1}); **Време контакта** – трајање контакта стопала са подлогом (s); **β [CI]** – процењени ефекат са 95 % постериорним интервалом поузданости; **ROPE %** – проценат постериорне расподеле унутар региона практичне еквивалентности.*

7.1.3 ИЗОМЕТРИЈСКО ВУЧЕЊЕ (MTP)

X1 - Разлике између група на иницијалном тестирању

У домену вредности остварених у тесту mid-thigh pull на иницијалном мерењу (X1; видети Табелу 22), експериментална група је показала значајно вишу максималну силу у односу на контролу (β = 0.61 (95 % CI [0.09, 1.14]; ROPE = 1 %). С друге стране, градијент акцелерације био је нижи у експерименталној групи (β = –0.50; 95 % CI [–0.94, –0.02]; ROPE = 2 %). Индекс експлозивне снаге имао је био значајно нижи код ексериментале групе (β = –0.47 (95 % CI [–0.96, 0.01]; ROPE = 5 %), при чему доња граница интервала прелази нулу, па се може говорити о тенденцији ка нижем експлозивном капацитету, али без снажне кредибилности. Градијент силе (β = 0.12; 95 % CI [–0.44, 0.68]; ROPE = 26 %) није показао поуздане разлике између група.

Табела 22. Разлике у MTP параметрима на иницијалном тестирању (X1): процењени ефекти, 95 % кредибилни интервали и ROPE проценти

Иницијално мерење				
Варијабла	**Контролна**	**Експериментална**	**β [CI]**	**ROPE %**
Пик силе (N)	1024.07 ± 162.03	1273.20 ± 494.71	0.61 [0.09, 1.14]	1 %
IES (N s^{-1})	796.36 ± 389.90	563.99 ± 194.61	-0.47 [-0.96, 0.01]	5 %
S-град. (N s^{-1})	3070.84 ± 1098.88	3275.61 ± 1255.75	0.12 [-0.44, 0.68]	26 %
A-град. (N s^{-1})	499.30 ± 342.80	314.32 ± 111.73	-0.50 [-0.94, -0.02]	2 %

***Напомена: Пик силе** – максимална развијена сила у тесту „mid-thigh pull“; **IES** – индекс експлозивне снаге; **S-град.** – градијент силе (стопа раста силе у почетном делу криве); **A-град.** – градијент акцелерације (стопа раста брзине развоја силе); **β [CI]** – процењени ефекат са 95 % постериорним интервалом поузданости; **ROPE %** – проценат постериорне расподеле унутар региона практичне еквивалентности.*

X2 – Унутар-групне промене експерименталне групе након интервенције

Са аспекта унутар-групних промена експерименталне групе након интервенције (X2; видети Табелу 23), најкредибилнији ефекти забележени су у показатељима експлозивне производње силе. Индекс експлозивне снаге повећао се са приближно 564 на 797 $N \cdot s^{-1}$, што потврђује стандардизовани ефекат β = 0.52 (95 % CI [0.15, 0.88]; ROPE = 0 %). Градијент силе у почетној фази такође је показао повећани капацитет развоја силе, са β = 0.33 (95 % CI [0.07, 0.57]; ROPE = 2 %). Иако су максимална сила и градијент акцелерације претрпели тенденцију увећања, њихови кредибилни интервали обухватају нулу, а ROPE-проценти указују на практичну еквиваленцију, што онемогућава утврђивање значајних променама у тим мерама. Ови налази сугеришу да је интервенција највише утицала на експлозивни капацитет мишића, док су ефекти на остале аспекте MTP перформанси неконзистентни.

Табела 23. Унутар-групне промене у MTP параметрима експерименталне групе након интервенције (X2): процењени ефекти, 95 % кредибилни интервали и ROPE проценти

Експериментална група				
Варијабла	**Иницијално**	**Финално**	**β [CI]**	**ROPE %**
Пик силе (N)	1273.20 ± 494.71	1344.65 ± 461.62	0.17 [-0.02, 0.35]	21 %
IES (N s^{-1})	563.99 ± 194.61	796.70 ± 357.87	0.52 [0.15, 0.88]	0 %

Експериментална група				
Варијабла	**Иницијално**	**Финално**	**β [CI]**	**ROPE %**
S-град. (N s^{-1})	3275.61 ± 1255.75	3680.34 ± 1409.66	0.33 [0.07, 0.57]	2 %
A-град. (N s^{-1})	314.32 ± 111.73	459.87 ± 230.38	0.39 [-0.02, 0.82]	7 %

***Напомена: Пик силе** – максимална развијена сила у тесту „mid-thigh pull“; **IES** – индекс експлозивне снаге; **S-град.** – градијент силе (стопа раста силе у почетном делу криве); **A-град.** – градијент акцелерације (стопа раста брзине развоја силе); **β [CI]** – процењени ефекат са 95 % постериорним интервалом поузданости; **ROPE %** – проценат постериорне расподеле унутар региона практичне еквивалентности.*

X3 – Унутар-групне промене контролне групе након интервенције

Са друге стране, анализом унутар-групних промена контролне групе након интервенције (X3; видети Табелу 24), једини статистички кредибилан помак забележен је у градијенту силе у почетној фази (β = 0.33 (95 % CI [0.06, 0.57]; ROPE = 2 %). Остали MTP-параметри нису показали значајне промене, што може указати да на тесту mid-thigh pull није дошло до поузданих адаптација мишићне силе након примењеног контролног третмана.

Табела 24. Унутар-групне промене у MTP параметрима контролне групе након интервенције (X3): процењени ефекти, 95 % кредибилни интервали и ROPE проценти

Контролна група				
Варијабла	**Иницијално**	**Финално**	**β [CI]**	**ROPE %**
Пик силе (N)	1024.07 ± 162.03	1057.80 ± 161.37	0.08 [-0.09, 0.25]	58 %
IES (N s^{-1})	796.36 ± 389.90	809.75 ± 354.41	0.22 [-0.15, 0.61]	22 %
S-град. (N s^{-1})	3070.84 ± 1098.88	3492.73 ± 1252.98	0.33 [0.06, 0.57]	2 %
A-град. (N s^{-1})	499.30 ± 342.80	472.13 ± 227.84	0.11 [-0.32, 0.54]	33 %

***Напомена: Пик силе** – максимална развијена сила у тесту „mid-thigh pull“; **IES** – индекс експлозивне снаге; **S-град.** – градијент силе (стопа раста силе у почетном делу криве); **A-град.** – градијент акцелерације (стопа раста брзине развоја силе); **β [CI]** – процењени ефекат са 95 % постериорним интервалом поузданости; **ROPE %** – проценат постериорне расподеле унутар региона практичне еквивалентности.*

X4 - Разлике између група на финалном тестирању

На финалном тестирању (X4; видети Табелу 25) једино је параметар максималне силе у тесту mid-thigh pull показао кредибилану разлику, са β = 0.70 (95 % CI [0.15, 1.22]; ROPE = 0 %), док остали показатељи, као што су индекс експлозивне снаге, градијент силе и градијент акцелерације, нису дали довољно поуздане доказе о значајним разликама између група. Ови налази могу сугерисати да је третман имао најизраженији ефекат на развој максималне силе, али без очигледног ефекта на експлозивност или стопу развоја силе у осталим фазама.

Табела 25. Разлике у MTP параметрима на финалном тестирању (X4): процењени ефекти, 95% кредибилни интервали и ROPE проценти

Финално мерење				
Варијабла	**Контролна**	**Експериментална**	**β [CI]**	**ROPE %**
Пик силе (N)	1057.80 ± 161.37	1344.65 ± 461.62	0.70 [0.15, 1.22]	0 %
IES (N s^{-1})	809.75 ± 354.41	796.70 ± 357.87	-0.18 [-0.70, 0.32]	27 %
S-град. (N s^{-1})	3492.73 ± 1252.98	3680.34 ± 1409.66	0.12 [-0.46, 0.67]	27 %
A-град. (N s^{-1})	472.13 ± 227.84	459.87 ± 230.38	-0.22 [-0.70, 0.23]	25 %

***Напомена: Пик силе** – максимална развијена сила у тесту „mid-thigh pull“; **IES** – индекс експлозивне снаге; **S-град.** – градијент силе (стопа раста силе у почетном делу криве); **A-град.** – градијент акцелерације (стопа раста брзине развоја силе); **β [CI]** – процењени ефекат са 95 % постериорним интервалом поузданости; **ROPE %** – проценат постериорне расподеле унутар региона практичне еквивалентности.*

X5 – Ефекат интервенције након контроле инцијалних вредности (бајесијевска ANCOVA)

У бајесијевском ANCOVA моделу са контролом иницијалних вредности (X5; видети Табелу 26), ниједан од испитиваних MTP параметара није показао кредибилну супериорност експерименталног третмана. На пример, прилагођени стандардизовани ефекат за максималну развијену силу износио је β = 0.18, при чему је његов 95 % кредибилни интервал обухватао нулу и 23 % постериорне расподеле лежало унутар ROPE-а, што говори о нејасним ефектима експерименталног у односу на контролни третман.

Остали показатељи, као што су индекс експлозивне снаге, градијент силе и градијент акцелерације, имали су тривијалне β-коефицијенте и широке кредибилне интервале који обухватају нулу, те нису пружили довољно доказа о ефекту интервенције. Ови налази сугеришу да, након усклађивања за иницијалне вредности, нема поузданих доказа да експериментални третман повољније утиче на MTP перформансе у поређењу са контролним.

Табела 26. Прилагођени стандардизовани ефекти MTP параметара након контроле иницијалног мерења (X5): процењени ефекти, 95 % кредибилни интервали и ROPE проценти

Варијабла	β	CI 2.5%	CI 97.5%	ROPE %
Пик силе (N)	0.18	-0.06	0.41	23 %
IES (N s^{-1})	0.14	-0.26	0.54	30 %
S-град. (N s^{-1})	-0.00	-0.31	0.32	48 %
A-град. (N s^{-1})	0.05	-0.38	0.48	37 %

***Напомена: Пик силе** – максимална развијена сила у тесту „mid-thigh pull“; **IES** – индекс експлозивне снаге; **S-град.** – градијент силе (стопа раста силе у почетном делу криве); **A-град.** – градијент акцелерације (стопа раста брзине развоја силе); **β [CI]** – процењени ефекат са 95 % постериорним интервалом поузданости; **ROPE %** – проценат постериорне расподеле унутар региона практичне еквивалентности.*

7.1.4 СПРИНТ

X1 - Разлике између група на иницијалном тестирању

На иницијалном тестирању времена спринта (X1; видети Табелу 27), контролна и експериментална група нису показале кредибилне разлике на краћим дистанцама, односно на 5 m и 10 m 95 % јер су CI су обухватили нулу, а ROPE проценти су били високи, што указује на незначајне разлике између група. Насупрот томе, експериментална група је показала кредибилно краће време на средњим дистанцама од 20 m (β = –0.77 (95 % CI [–1.24, –0.30]; ROPE = 0 %) и за 30 m (β = –0.66 (95 % CI [–1.14, –0.17]; ROPE = 0 %). Ове разлике сугеришу на бољи перформанс спринта експерименталне групе на дистанцама од 20 и 30 m на иницијалном мерењу, док су резултати на 5 m и 10 m били упоредиви.

Табела 27. Разлике у параметрима спринта на иницијалном тестирању (X1): процењени ефекти, 95 % кредибилни интервали и ROPE проценти

Иницијално мерење				
Варијабла	**Контролна**	**Експериментална**	**β [CI]**	**ROPE %**
5m (s)	1.18 ± 0.03	1.17 ± 0.03	-0.23 [-0.74, 0.28]	20 %
10m (s)	1.94 ± 0.05	1.94 ± 0.05	-0.09 [-0.64, 0.44]	31 %
20m (s)	3.23 ± 0.07	3.17 ± 0.06	-0.77 [-1.24, -0.30]	0 %
30m (s)	4.43 ± 0.11	4.35 ± 0.12	-0.66 [-1.14, -0.17]	0 %

***Напомена:* 5 m –** *време спринта на 5 метара;* **10 m –** *време спринта на 10 м;* **20 m –** *време спринта на 20 м;* **30 m –** *време спринта на 30 м;* ***β* [CI] –** *процењени ефекат са 95 % постериорним интервалом;* **ROPE % –** *проценат постериорне расподеле у региону практичне еквивалентности.*

X2 – Унутар-групне промене експерименталне групе након интервенције

У домену унутар-групних промена у спринту за експерименталну групу након интервенције (X2; видети Табелу 28) уочена су значајна побољшања у почетним фазама спринта и на дистанци од 20 m. Време на 5 m смањено је за β = –0,36 (95 % CI [–0,55, –0,17]; ROPE = 0 %), што указује на убедљиво побољшање стартног убрзања. Слично, време на 10 m је редуковано за β = –0,54 (95 % CI [–0,69, –0,37]; ROPE = 0 %), док је редукција на 20 m износила β = –0,27 (95 % CrI [–0,41, –0,13]; ROPE = 0 %). Иако је на 30 m забележена значајна тенденција ка скраћењу времена (β = –0,15; 95 % CI [–0,23, –0,07]; ROPE = 11 %), није прећен праг практичне еквивалентности. Ови налази потврђују да је интервенција значајно унапредила стартно убрзање и брзину на 20 m, док је ефекат у завршној фази трчања мање изражен и није у потпуности разјашњен.

Табела 28. Унутар-групне промене у параметрима спринта експерименталне групе након интервенције (X2): процењени ефекти, 95 % кредибилни интервали и ROPE проценти

Експериментална група				
Варијабла	**Иницијално**	**Финално**	**β [CI]**	**ROPE %**
5m (s)	1.17 ± 0.03	1.16 ± 0.03	-0.36 [-0.55, -0.17]	0 %
10m (s)	1.94 ± 0.05	1.91 ± 0.05	-0.54 [-0.69, -0.37]	0 %
20m (s)	3.17 ± 0.06	3.14 ± 0.07	-0.27 [-0.41, -0.13]	0 %
30m (s)	4.35 ± 0.12	4.32 ± 0.12	-0.15 [-0.23, -0.07]	11 %

***Напомена:* 5 m –** *време спринта на 5 метара;* **10 m –** *време спринта на 10 м;* **20 m –** *време спринта на 20 м;* **30 m –** *време спринта на 30 м;* **β [CI] –** *процењени ефекат са 95 % постериорним интервалом;* **ROPE % –** *проценат постериорне расподеле у региону практичне еквивалентности.*

X3 – Унутар-групне промене контролне групе након интервенције

Са друге стране, у домену унутар-групних промена у спринту контролне групе након интервенције (X3; видети Табелу 29), сви испитивани сегменти су показали статистички кредибилно смањење времена. На 5 m време је редуковано за β = –0,31 (95 % CI [–0,51, –0,12]; ROPE = 0 %), а на 10 m за β = –0,24 (95 % CI [–0,39, –0,10]; ROPE = 0 %), што указује на поуздано побољшање стартног убрзања. На дистанци од 20 m такође је забележен статистички значајана редукција времена (β = –0,18; 95 % CI [–0,31, –0,04]), али ROPE = 9 % сигнализира да већа пропорција постериорних вредности лежи у региону практичне еквиваленције, те је практична примена ефеката контролног третмана упитна. За 30 m β = –0,12 (95 % CI [–0,20, –0,04]; ROPE = 29 %) указује на статистички кредибилно смањење времена, али ROPE проценат поново сугерише ограничену практичну релевантност. Ови налази показују да је контролна група остварила конзистентна, али различито практично убедљива побољшања током различитих фаза у спринту.

Табела 29. Унутар-групне промене у параметрима спринта контролне групе након интервенције (X3): процењени ефекти, 95 % кредибилни интервали и ROPE проценти

Контролна група				
Варијабла	**Иницијално**	**Финално**	**β [CI]**	**ROPE %**
5m (s)	1.18 ± 0.03	1.17 ± 0.03	-0.31 [-0.51, -0.12]	0 %
10m (s)	1.94 ± 0.05	1.93 ± 0.05	-0.24 [-0.39, -0.10]	0 %
20m (s)	3.23 ± 0.07	3.21 ± 0.08	-0.18 [-0.31, -0.04]	9 %
30m (s)	4.43 ± 0.11	4.42 ± 0.11	-0.12 [-0.20, -0.04]	29 %

***Напомена:* 5 m –** *време спринта на 5 метара;* **10 m –** *време спринта на 10 м;* **20 m –** *време спринта на 20 м;* **30 m –** *време спринта на 30 м;* **β [CI] –** *процењени ефекат са 95 % постериорним интервалом;* **ROPE % –** *проценат постериорне расподеле у региону практичне еквивалентности.*

X4 - Разлике између група на финалном тестирању

На финалном тестирању (X4; видети Табелу 30), контролна и експериментална група нису показале кредибилне разлике у стартном убрзању, јер су β-коефицијенти за 5 m (β = –0,28; 95 % CI [–0,79, 0,25]; ROPE = 18 %) и 10 m (β = –0,38; 95 % CI [–0,94, 0,16]; ROPE = 11 %) обухватили нулу и нису превазишли праг практичне еквивалентности. Насупрот томе, на дужим дистанцама експериментална група је остварила значајно краће време: на 20 m β = –0,86 (95 % CI [–1,33, –0,40]; ROPE = 0 %) и на 30 m β = –0,69 (95 % CI [–1,17, –0,21]; ROPE = 0 %).

Табела 30. Разлике у параметрима спринта на финалном тестирању (X4): процењени ефекти, 95% кредибилни интервали и ROPE проценти

Финално мерење				
Варијабла	**Контролна**	**Експериментална**	**β [CI]**	**ROPE %**
5m (s)	1.17 ± 0.03	1.16 ± 0.03	-0.28 [-0.79, 0.25]	18 %
10m (s)	1.93 ± 0.05	1.91 ± 0.05	-0.38 [-0.94, 0.16]	11 %
20m (s)	3.21 ± 0.08	3.14 ± 0.07	-0.86 [-1.33, -0.40]	0 %
30m (s)	4.42 ± 0.11	4.32 ± 0.12	-0.69 [-1.17, -0.21]	0 %

***Напомена: 5 m –** време спринта на 5 метара; **10 m –** време спринта на 10 м; **20 m –** време спринта на 20 м; **30 m –** време спринта на 30 м; **β [CI] –** процењени ефекат са 95 % постериорним интервалом; **ROPE % –** проценат постериорне расподеле у региону практичне еквивалентности.*

X5 – Ефекат интервенције након контроле инцијалних вредности (бајесијевска ANCOVA)

У бајесијевском ANCOVA моделу са контролом иницијалних вредности (X5; видети Табелу 31), ефекти су били знатно мање изражени него у анализама без коваријате. Међутим, једино време на 10 m показало је кредибилну редукцију након контроле иницијалног мерења (β = –0,31; 95 % CI [–0,50, –0,11]; ROPE = 0 %), док су ефекти на 5 m, 20 m и 30 m били тривијални и с великим ROPE процентима, што указује на нејасне ефекте. Ово може сугерисати да, када се у модел дода иницијално стање, експериментална интервенција повољније утиче на побољшање брзине на 10 m, али да су остале фазе спринта релативно непромењене у односу на контролну групу.

Табела 31. Прилагођени стандардизовани ефекти параметрима спринта након контроле иницијалног мерења (X5): процењени ефекти, 95 % кредибилни интервали и ROPE проценти

Варијабла	β	CI 2.5%	CI 97.5%	ROPE %
5m (s)	-0.06	-0.32	0.20	53 %
10m (s)	-0.31	-0.51	-0.10	0 %
20m (s)	-0.10	-0.29	0.09	52 %
30m (s)	-0.02	-0.13	0.09	93 %

***Напомена: 5 m** – време спринта на 5 метара; **10 m** – време спринта на 10 м; **20 m** – време спринта на 20 м; **30 m** – време спринта на 30 м; **β [CI]** – процењени ефекат са 95 % постериорним интервалом; **ROPE %** – проценат постериорне расподеле у региону практичне еквивалентности.*

7.1.5 СПОСОБНОСТ ПОНОВЉЕНОГ СПРИНТА (RSA)

X1 - Разлике између група на иницијалном тестирању

Уоквиру утврђивања разлика у RSA параметрима (X1; видети Табелу 32), контролна и експериментална група нису показале кредибилне разлике. На пример, стандардизовани ефекат за просечно време (ПВ) је β = –0,44, 95 % CI [–0,97, 0,06], при чему је 7 % постериорне расподеле било унутар ROPE-а, а најбоље време (НВ) и укупно време (УВ) имали су сличне трендове без обухватања значајне разлике. Опадање перформанси (ОП) је је било тривијално различито између група, са β близу нуле и 30 % вредности у ROPE-у. Ови резултати сугеришу да су иницијалне перформансе у RSA препознатљиве као статистички и практично еквивалентне између група.

Табела 32. Разлике у параметрима RSA на иницијалном тестирању (X1): процењени ефекти, 95 % кредибилни интервали и ROPE проценти

Иницијално мерење				
Варијабла	**Контролна**	**Експерименталана**	**β [CI]**	**ROPE %**
ПВ (s)	5.13 ± 0.08	5.09 ± 0.09	-0.44 [-0.97, 0.06]	7 %
НВ (s)	4.65 ± 0.06	4.63 ± 0.07	-0.38 [-0.93, 0.16]	13 %
ОП (%)	22.19 ± 3.34	22.25 ± 3.23	-0.05 [-0.55, 0.50]	30 %
УВ (s)	30.75 ± 0.46	30.52 ± 0.57	-0.40 [-0.88, 0.08]	9 %

***Напомена: ПВ** – просечно време; **НВ** – најбоље време; **ОП** – опадање перформанса; **УВ** – укупно време; **β [CI]** – процењени ефекат са 95 % постериорним интервалом; **ROPE %** – проценат постериорне расподеле у региону практичне еквивалентности.*

Х2 – Унутар-групне промене експерименталне групе након интервенције

У домену унутар-групних промена параметара RSA експерименталне групе након интервенције (Х2; видети Табелу 33), сви испитивани показатељи испољили су кредибилна побољшања. Уочена је значајна редукција у параметрима просечно време (ПВ) (β = –0,54 (95 % CrI [–0,72, –0,36]; ROPE = 0 %) и најбоље време (НВ) (β = –0,24 (95 % CI [–0,41, –0,07]; ROPE = 3 %). Опадање перформанси (ОП) показало је β = –0,42 (95 % CI [–0,64, –0,20]; ROPE = 0 %), указујући на стабилније одржавање брзине кроз серију спринтева, док је укупно време (УВ) значајно редуковано (β = –0,55 (95 % CrI [–0,75, –0,36]; ROPE = 0 %), што указује на побољшање RSA након примењеног експерименталног третмана.

Табела 33. Унутар-групне промене у параметрима RSA експерименталне групе након интервенције (Х2): процењени ефекти, 95 % кредибилни интервали и ROPE проценат

Експериментална група				
Варијабла	**Иницијално**	**Финално**	**β [CI]**	**ROPE %**
ПВ (s)	5.09 ± 0.09	5.03 ± 0.11	-0.54 [-0.72, -0.36]	0 %
НВ (s)	4.63 ± 0.07	4.61 ± 0.07	-0.24 [-0.41, -0.07]	3 %
ОП (%)	22.25 ± 3.23	20.95 ± 2.32	-0.42 [-0.64, -0.20]	0 %
УВ (s)	30.52 ± 0.57	30.15 ± 0.66	-0.55 [-0.75, -0.36]	0 %

***Напомена: ПВ** – просечно време; **НВ** – најбоље време; **ОП** – опадање перформанса; **УВ** – укупно време; **β [CI]** – процењени ефекат са 95 % постериорним интервалом; **ROPE %** – проценат постериорне расподеле у региону практичне еквивалентности.*

Х3 – Унутар-групне промене контролне групе након интервенције

Са друге стране, у домену унутар-групних промена параметара RSA контролне групе након интервенције (Х3; видети Табелу 34), није утврђена кредибилна адаптација ни у једном измереном показатељу. Просечно време (ПВ) (β = –0,16) указало је на тенденцију смањења, али 95 % CI обухвата нулу и 25 % вредности лежи унутар ROPE-а, што указује на нејасне ефекте примењеног третмана. Слично, ефекти третмана на најбоље (НВ) и укупно

време (УВ), као и опадање перформанси (ОП) показало нејасну тенденцију ка побољшању, али без статистичке поузданости. Ови налази сугеришу да контролна група није остварила поуздане унутар-групне промене у RSA перформансама.

Табела 34. Унутар-групне промене у параметрима RSA контролне групе након интервенције (X3): процењени ефекти, 95 % кредибилни интервали и ROPE проценти

Контролна група				
Варијабла	**Иницијално**	**Финално**	**β [CI]**	**ROPE %**
ПВ (s)	5.13 ± 0.08	5.11 ± 0.09	-0.16 [-0.34, 0.03]	25 %
НВ (s)	4.65 ± 0.06	4.65 ± 0.06	-0.10 [-0.27, 0.08]	50 %
ОП (%)	22.19 ± 3.34	22.08 ± 2.98	-0.12 [-0.34, 0.10]	46 %
УВ (s)	30.75 ± 0.46	30.66 ± 0.54	-0.17 [-0.37, 0.03]	23 %

***Напомена: ПВ –** просечно време; **НВ –** најбоље време; **ОП –** опадање перформанса; **УВ –** укупно време; **β [CI] –** процењени ефекат са 95 % постериорним интервалом; **ROPE % –** проценат постериорне расподеле у региону практичне еквивалентности.*

X4 - Разлике између група на финалном тестирању

На финалном тестирању (X4; видети Табелу 35), експериментална група је била боља у просечном времену (ПВ) (β = –0,82 (95 % CI [–1,34, –0,32]; ROPE = 0 %), као и у укупном времену (УВ) (β = –0,78 (95 % CI [–1,27, –0,29]; ROPE = 0 %). Ови резултати указују на боље одржавање перформанси током серије спринтева у експерименталној у односу на контролну групу. С друге стране, параметри најбоље време (НВ) и опадање перформанси (ОП) нису показали кредибилне разлике међу групама, где њихови 95 % кредибилни интервали обухватају нулу, а ROPE проценти указују на практичку еквиваленцију тих мера.

Табела 35. Разлике у параметрима RSA на финалном тестирању (X4): процењени ефекти, 95% кредибилни интервали и ROPE проценти

Финално мерење				
Варијабла	**Контролно**	**Експериментална**	**β [CI]**	**ROPE %**
ПВ (s)	5.11 ± 0.09	5.03 ± 0.11	-0.82 [-1.34, -0.32]	0 %
НВ (s)	4.65 ± 0.06	4.61 ± 0.07	-0.53 [-1.07, 0.02]	4 %
ОП (%)	22.08 ± 2.98	20.95 ± 2.32	-0.36 [-0.90, 0.17]	14 %
УВ (s)	30.66 ± 0.54	30.15 ± 0.66	-0.78 [-1.27, -0.29]	0 %

***Напомена: ПВ** – просечно време; **НВ** – најбоље време; **ОП** – опадање перформанса; **УВ** – укупно време; **β [CI]** – процењени ефекат са 95 % постериорним интервалом; **ROPE %** – проценат постериорне расподеле у региону практичне еквивалентности.*

X5 – Ефекат интервенције након контроле инцијалних вредности (бајесијевска ANCOVA)

Ипак, када се у модел узме у обзир иницијални перформанс (X5; видети Табелу 36), прилагођени стандардизовани ефекти указују на значајно побољшање у кључним RSA параметрима код експиременталне у поређењу са контролном групом. Просечно време значајно се смањило (β = –0,34; ROPE = 0 %), док су опадање перформанси (β = –0,34; ROPE = 1 %) и укупно време (β = –0,34 (ROPE = 0 %) такође показали кредибилан пад. Насупрот томе, најбоље време није показало довољно доказа о ефекту (ROPE = 30 %). Ови прилагођени резултати потврђују да је експериментална интервенција, након кориговања за иницијалне разлике, имала значајан ефекат на одрживост и конзистенцију RSA перформанси у односу на контролну.

Табела 36. Прилагођени стандардизовани ефекти параметрима RSA након контроле иницијалног мерења (X5): процењени ефекти, 95 % кредибилни интервали и ROPE проценти

Варијабла	**β**	**CI 2.5%**	**CI 97.5%**	**ROPE %**
ПВ (s)	-0.34	-0.57	-0.09	0 %
НВ (s)	-0.16	-0.38	0.07	30 %
ОП (%)	-0.34	-0.61	-0.08	1 %
УВ (s)	-0.34	-0.58	-0.10	0 %

***Напомена: ПВ** – просечно време; **НВ** – најбоље време; **ОП** – опадање перформанса; **УВ** – укупно време; **β [CI]** – процењени ефекат са 95 % постериорним интервалом; **ROPE %** – проценат постериорне расподеле у региону практичне еквивалентности.*

7.1.6 АГИЛНОСТ

X1 - Разлике између група на иницијалном тестирању

На иницијалном мерењу агилности (X1; видети Табелу 37), контролна и експериментална група нису показале кредибилне разлике. У тесту 4 × 5 м и слалому уочени су мали стандардизовани ефекати (β = –0.42 (95 % CI [–0.97, 0.05]; ROPE = 8 % , односно β = –0.39 (95 % CI [–0.94, 0.10]; ROPE = 10 %), међутим оба интервала обухватају нулу и имају увећан ROPE проценат, што указује на неутралност разлике и недостатак доказа о системској иницијалној предности експерименталне групе у погледу агилности.

Табела 37. Разлике у тестовима агилности на иницијалном тестирању (X1): процењени ефекти, 95 % кредибилни интервали и ROPE проценти

Иницијално мерење				
Варијабла	**Контролна**	**Експериментална**	**β [CI]**	**ROPE %**
4 x 5 (s)	5.60 ± 0.20	5.51 ± 0.22	-0.42 [-0.97, 0.05]	8 %
Слалом (s)	5.85 ± 0.16	5.76 ± 0.21	-0.39 [-0.94, 0.10]	10 %

***Напомена: 4 × 5 (s)** – време извршења серије четири спринта од 5 m; **Слалом (s)** – време проласка кроз слалом-стазу; **β [CI]** – процењени ефекат са 95 % кредибилним интервалом; **ROPE %** – проценат постериорне расподеле унутар региона практичне еквивалентности.*

X2 – Унутар-групне промене експерименталне групе након интервенције

У домену унутар-групних промена експерименталне групе након интервенције (X2; видети Табелу 38) забележена су кредибилна побољшања у оба теста агилности. У тесту 4 x 5 меатара уочена је значајна редукација (β = –0,15 (95 % CI [–0,22, –0,09]; ROPE = 4 %). У слалом тесту је такође забележена значајна редукација времена (β = –0,16 (95 % CI [–0,25, –0,06]; ROPE = 10 %), при чему ROPE = 10 % указује да тек одређена фракција постериорне расподеле лежи у региону практичне еквивалентности, што потврђује кредибилно, али умерено унапређење.

Табела 38. Унутар-групне промене у тестовима агилности експерименталне групе након интервенције (X2): процењени ефекти, 95 % кредибилни интервали и ROPE проценат

Експериментална група				
Варијабла	**Иницијално**	**Финално**	**β [CI]**	**ROPE %**
4 x 5 (s)	5.51 ± 0.22	5.48 ± 0.22	-0.15 [-0.22, -0.09]	4 %
Слалом (s)	5.76 ± 0.21	5.73 ± 0.21	-0.16 [-0.25, -0.06]	10 %

Напомена: 4 × 5 (s) – *време извршења серије четири спринта од 5 m;* ***Слалом (s) –*** *време проласка кроз слалом-стазу;* ***β [CI] –*** *процењени ефекат са 95 % кредибилним интервалом;* ***ROPE % –*** *проценат постериорне расподеле унутар региона практичне еквивалентности.*

X3 – Унутар-групне промене контролне групе након интервенције

Са друге стране, у домену унутар-групних промена параметара агилности контролне групе након интервенције (X3; видети Табелу 39), уочена је статистички кредибилна редукција времена у 4 x 5 (β = –0,09; 95 % CI [–0,15, –0,02]) и у слалом-тесту (β = –0,11; 95 % CI [–0,20, –0,02]). Међутим, висок проценат постериорне расподеле унутар ROPE-а 4 × 5 m (64 %) и слалом тесту (38%) указује да већина естимација лежи у региону практичне еквивалентности, па је практична вредност побољшања упитна. Ови налази сугеришу да контролна група, иако су ефекти кредибилни, вероватно није доживела практично значајно унапређење агилности.

Табела 39. Унутар-групне промене у тестовима агилности контролне групе након интервенције (X3): процењени ефекти, 95 % кредибилни интервали и ROPE проценти

Контролна група				
Варијабла	**Иницијално**	**Финално**	**β [CI]**	**ROPE %**
4 x 5 (s)	5.60 ± 0.20	5.58 ± 0.19	-0.09 [-0.15, -0.02]	64 %
Слалом (s)	5.85 ± 0.16	5.82 ± 0.17	-0.11 [-0.20, -0.02]	38 %

Напомена: 4 × 5 (s) – *време извршења серије четири спринта од 5 m;* ***Слалом (s) –*** *време проласка кроз слалом-стазу;* ***β [CI] –*** *процењени ефекат са 95 % кредибилним интервалом;* ***ROPE % –*** *проценат постериорне расподеле унутар региона практичне еквивалентности.*

X4 - Разлике између група на финалном тестирању

На финалном тестирању (X4; видети Табелу 40), експериментална група је показала бољи перформанс у тесту 4 × 5 m (β = –0,49 (95 % CI [–1,03, –0,02]; ROPE = 4 %) у односу на контролну. У слалом-тесту је забележена тенденција ка бољем перформансу експерименталне рупе (β = –0,44; 95 % CI [–0,96, 0,06]; ROPE = 6 %), међутим кредибилни интервал обухвата нулу, па се разлика може сматрати недовољно јасном.

Табела 40. Разлике у тестовима агилности на финалном тестирању (X4): процењени ефекти, 95% кредибилни интервали и ROPE проценти

Финално мерење				
Варијабла	**Контролна**	**Експериментална**	**β [CI]**	**ROPE %**
4 x 5 (s)	5.58 ± 0.19	5.48 ± 0.22	-0.49 [-1.03, -0.02]	4 %
Слалом (s)	5.82 ± 0.17	5.73 ± 0.21	-0.44 [-0.96, 0.06]	6 %

***Напомена: 4 × 5 (s)** – време извршења серије четири спринта од 5 m; **Слалом (s)** – време проласка кроз слалом-стазу; **β [CI]** – процењени ефекат са 95 % кредибилним интервалом; **ROPE %** – проценат постериорне расподеле унутар региона практичне еквивалентности.*

X5 – Ефекат интервенције након контроле инцијалних вредности (бајесијевска ANCOVA)

Међутим, када се у обзир узме иницијални перформанс (X5; видети Табелу 41), прилагођени стандардизовани ефекти у оба теста агилности били су тривијални и праћени високим ROPE-процентима, што указује на практичну еквиваленцију резултата. Ефекат у тесту 4 × 5 m износио је β = –0,08 (95 % CI [–0,17, 0,01]; ROPE = 68 %), а у слалом-тесту β = –0,04 (95 % CI [–0,16, 0,09]; ROPE = 83 %). Ови подаци сугеришу да, упркос статистички кредибилним помацима у унутар-групним променама, контролом иницијалних вредности експериментална интервенција није произвела поуздано побољшање агилности у односу на контролну.

Табела 41. Прилагођени стандардизовани ефекти на тестовима агилности након контроле иницијалног мерења (X5): процењени ефекти, 95 % кредибилни интервали и ROPE проценти

Варијабла	β	CI 2.5%	CI 97.5%	ROPE %
4 x 5 (s)	-0.08	-0.17	0.01	68 %
Слалом (s)	-0.04	-0.16	0.09	83 %

***Напомена: 4 × 5 (s) –** време извршења серије четири спринта од 5 m; **Слалом (s) –** време проласка кроз слалом-стазу; **β [CI] –** процењени ефекат са 95 % кредибилним интервалом; **ROPE % –** проценат постериорне расподеле унутар региона практичне еквивалентности.*

7.1.7 FORCE-VELOCITY PROFILE (FVP)

X1 - Разлике између група на иницијалном тестирању

У домену почетних F-V профила (X1; видети Табелу 42), експериментална група је показала већи капацитет за одржавање брзине и снаге, али и споро достизање критичних прагова. Тај механички профил илуструје се са пет значајних β-коефицијената. Прво, теоријска максимална брзина (V_0) била је већа у експерименталној групи (β = 0,70, 95 % CI [0,28, 1,12]; ROPE = 0 %), што указује на већи максимум који испитаник може достићи. Друго, способност одржавања хоризонталне силе при вишим брзинама (DRF) била је боља (β = 0,49, 95 % CI [0,05, 0,93]; ROPE = 2 %), што говори о смањеном паду силе с повећањем брзине. Међутим, у контролној групи, врхунац производње снаге (P_{peak}) остварен је ближе стартној линији (β = 0,47 (95 % CI [0,04, 0,91]; ROPE = 2 %). Такође, критична дистанца за постизање 90 % максималне брзине ($V_{(critical)}$) и доња граница зоне 90 % снаге ($P90_{(lower)}$) биле су веће у експерименталној групи (β = 0,49, 95 % CI [0,00, 0,94]; ROPE = 3 %, односно β = 0,59, 95 % CI [0,07, 1,09]; ROPE = 1 %), а мање вредности ових параметара указују на брже достигнуће тих прагова.

Табела 42. Разлике у параметрима FVP на иницијалном тестирању (X1): процењени ефекти, 95 % кредибилни интервали и ROPE проценти

Иницијално мерење				
Варијабла	**Контролна**	**Експериментална**	**β [CI]**	**ROPE %**
$V_{(critical)}$ (m)	8.61 ± 1.59	9.41 ± 1.35	0.49 [0.00, 0.94]	3 %
$P90_{(lower)}$ (m)	0.06 ± 0.01	0.07 ± 0.01	0.59 [0.07, 1.09]	1 %
$P90_{(upper)}$ (m)	7.61 ± 1.49	8.25 ± 1.36	0.39 [-0.07, 0.85]	9 %
V_0 (m s^{-1})	8.31 ± 0.42	8.65 ± 0.42	0.70 [0.28, 1.12]	0 %
F_0 (N)	826.89 ± 125.44	777.66 ± 89.74	-0.39 [-0.91, 0.12]	11 %
P_{max} (W kg^{-1})	22.72 ± 1.88	23.09 ± 1.63	0.21 [-0.31, 0.73]	24 %
P_{peak} (m)	1.21 ± 0.23	1.33 ± 0.19	0.47 [0.04, 0.91]	2 %
SFV	-1.33 ± 0.20	-1.24 ± 0.14	0.41 [-0.09, 0.84]	9 %
PF	0.74 ± 0.04	0.74 ± 0.03	-0.15 [-0.66, 0.34]	30 %
DRF	-0.09 ± 0.01	-0.09 ± 0.01	0.49 [0.05, 0.93]	2 %

Напомена: ***$V_{(critical)}$*** *– критична дистанца на којој испитаник постиже 90% максималне брзина трчања (m);* ***$P90_{(lower)}$*** *– доња граница дистанце 90 % зоне снаге (m);* ***$P90_{(upper)}$*** *– горња граница дистанце 90 % зоне снаге (m);* ***V_0*** *– теоријска максимална брзина (m s^{-1});* ***F_0*** *– теоријска максимална сила (N);* ***Pmax*** *– максимална механичка снага (W kg^{-1});* ***P_{peak}*** *– дистанца на којој је прозведен пик снаге (m);* ***SFV*** *– нагиб F-v профила (без димензије у анализи);* ***PF*** *– однос хоризонталне и резултанте силе при брзини v=0;* ***DRF*** *– коефицијент опадања односа хоризонталне силе (без димензије);* ***β [CI]*** *– процењени ефекат са 95 % постериорним интервалом поузданости;* ***ROPE %*** *– проценат постериорне расподеле унутар региона практичне еквивалентности.*

X2 – Унутар-групне промене експерименталне групе након интервенције

У експерименталној групи након интервенције примећена је широка адаптација механичких капацитета према сила–брзинском профилу (видети Табелу 43). Критична дистанца на којој се одржава 90 % максималне брзине скраћена је, а доња граница зоне одржавања снаге смањена, што указује на брже досезање прага снаге. Насупрот томе, горња граница зоне одржавања снаге такође је скраћена, што значи да се тај праг не одржава дуго и може умањити одрживост перформанси. Теоријска максимална сила (F_0) и максимална механичка снага (Pmax) показале су пораст, док су растојање пика снаге (P_{peak}) и нагиб сила–брзина профила (SFV) смањени, указујући на ефикасније убрзање и пропорцију силе у почетним фазама спринта. Однос хоризонталне према резултантној сили (PF) се повећао , а

коефицијент опадања силе (DRF) смањио, што упућује на мањи пад хоризонталне компоненте при повећању брзине. Теоријска максимална брзина (V_0) остала је непромењена у односу на инцијално мерење.

Табела 43. Унутар-групне промене у FVP експерименталне групе након интервенције (X2): процењени ефекти, 95 % кредибилни интервали и ROPE проценат

Експериментална група				
Варијабла	**Инцијално**	**Финално**	**β [CI]**	**ROPE %**
$V_{(critical)}$	9.41 ± 1.35	9.04 ± 1.54	-0.30 [-0.44, -0.16]	0 %
$P90_{(lower)}$ (m)	0.07 ± 0.01	0.06 ± 0.01	-0.25 [-0.38, -0.10]	0 %
$P90_{(upper)}$ (m)	8.25 ± 1.36	7.91 ± 1.47	-0.31 [-0.45, -0.18]	0 %
V_0 (m s^{-1})	8.65 ± 0.42	8.62 ± 0.46	-0.11 [-0.22, 0.00]	42 %
F_0 (N)	777.66 ± 89.74	810.29 ± 104.78	0.31 [0.17, 0.43]	0 %
P_{max} (W kg^{-1})	23.09 ± 1.63	23.97 ± 1.82	0.49 [0.35, 0.64]	0 %
P_{peak}	1.33 ± 0.19	1.28 ± 0.22	-0.30 [-0.44, -0.17]	0 %
SFV	-1.24 ± 0.14	-1.30 ± 0.17	-0.38 [-0.53, -0.23]	0 %
PF	0.74 ± 0.03	0.75 ± 0.03	0.45 [0.30, 0.61]	0 %
DRF	-0.09 ± 0.01	-0.09 ± 0.01	-0.31 [-0.45, -0.17]	0 %

Напомена: ***$V_{(critical)}$*** *– критична дистанца на којој испитаник постиже 90% максималне брзина трчања (m);* ***$P90_{(lower)}$*** *– доња граница дистанце 90 % зоне снаге (m);* ***$P90_{(upper)}$*** *– горња граница дистанце 90 % зоне снаге (m);* ***V_0*** *– теоријска максимална брзина (m s^{-1});* ***F_0*** *– теоријска максимална сила (N);* ***Pmax*** *– максимална механичка снага (W kg^{-1});* ***P_{peak}*** *– дистанца на којој је прозведен пик снаге (m);* ***SFV*** *– нагиб F-v профила (без димензије у анализи);* ***PF*** *– однос хоризонталне и резултанте силе при брзини v=0;* ***DRF*** *– коефицијент опадања односа хоризонталне силе (без димензије);* ***β [CI]*** *– процењени ефекат са 95 % постериорним интервалом поузданости;* ***ROPE %*** *– проценат постериорне расподеле унутар региона практичне еквивалентности.*

X3 – Унутар-групне промене контролне групе након интервенције

У домену унутар-групних промена F–V профила контролне групе након интервенције (X3; видети Табелу 44), већина показатеља остала је стабилна, али су се издвојила два кључна механичка параметра. Максимална механичка снага (Pmax) показала је кредибилан пораст у односу на инцијално стање (β = 0,26 (95 % CI [0,12, 0,41]; ROPE = 0 %), као и однос хоризонталне према резултантној сили (PF) (β = 0,25 (95 % CrI [0,09, 0,41]; ROPE = 1

%). С друге стране, параметри који одређују дистанцу до или одржавање 90 % снаге ($V_{(critical)}$, $P90_{(lower)}$, $P90_{(upper)}$) и брзину (V_0) нису показали доследне промене, тј њихови кредибилни интервали обухватају нулу и имају висок проценат постериорне расподеле унутар ROPE-а. Слично, коефицијент опадања силе (DRF) имао је β близу нуле и широку расподелу вредности, што указује на недостатак поуздане адаптације у контролној групи. Ови налази сугеришу да, у условима без специфичне интервенције, F–V профил контролне групе остаје углавном неадаптиран, осим пораста у производњи и одржавању механичке снаге.

Табела 44. Унутар-групне промене у FVP контролне групе након интервенције (X3): процењени ефекти, 95 % кредибилни интервали и ROPE проценти

Контролна група				
Варијабла	**Иницијално**	**Финално**	**β [CI]**	**ROPE %**
$V_{(critical)}$	8.61 ± 1.59	8.48 ± 1.55	-0.15 [-0.29, -0.01]	24 %
$P90_{(lower)}$ (m)	0.06 ± 0.01	0.06 ± 0.01	-0.10 [-0.24, 0.03]	51 %
$P90_{(upper)}$ (m)	7.61 ± 1.49	7.49 ± 1.47	-0.15 [-0.29, -0.01]	22 %
V_0 (m s^{-1})	8.31 ± 0.42	8.33 ± 0.43	-0.03 [-0.14, 0.08]	92 %
F_0 (N)	826.89 ± 125.44	837.56 ± 120.05	0.12 [-0.00, 0.24]	36 %
P_{max} (W kg^{-1})	22.72 ± 1.88	23.15 ± 1.85	0.26 [0.12, 0.41]	0 %
P_{peak}	1.21 ± 0.23	1.19 ± 0.22	-0.16 [-0.29, -0.02]	20 %
SFV	-1.33 ± 0.20	-1.35 ± 0.19	-0.19 [-0.34, -0.05]	10 %
PF	0.74 ± 0.04	0.75 ± 0.03	0.25 [0.09, 0.41]	1 %
DRF	-0.09 ± 0.01	-0.09 ± 0.01	-0.15 [-0.28, -0.01]	24 %

Напомена: ***$V_{(critical)}$*** *– критична дистанца на којој испитаник постиже 90% максималне брзина трчања (m);* ***$P90_{(lower)}$*** *– доња граница дистанце 90 % зоне снаге (m);* ***$P90_{(upper)}$*** *– горња граница дистанце 90 % зоне снаге (m);* ***V_0*** *– теоријска максимална брзина (m s^{-1});* ***F_0*** *– теоријска максимална сила (N);* ***Pmax*** *– максимална механичка снага (W kg^{-1});* ***P_{peak}*** *– дистанца на којој је прозведен пик снаге (m);* ***SFV*** *– нагиб F-v профила (без димензије у анализи);* ***PF*** *– однос хоризонталне и резултанте силе при брзини v=0;* ***DRF*** *– коефицијент опадања односа хоризонталне силе (без димензије);* ***β [CI]*** *– процењени ефекат са 95 % постериорним интервалом поузданости;* ***ROPE %*** *– проценат постериорне расподеле унутар региона практичне еквивалентности.*

X4 - Разлике између група на финалном тестирању

На финалном тестирању (X4; видети Табелу 45), једина кредибилна разлика међу групама у FV профилу забележена је у теоријској максималној брзини (V_0), која је била виша у експерименталној групи (β = 0,62; 95 % CrI [0,18, 1,04]; ROPE = 0 %). Остали показатељи профила, као што су критична дистанца, доња и горња граница 90 % зоне снаге, максимална механичка снага (Pmax), дистанца пика снаге (P_{peak}), нагиб F–V профила (SFV), однос хоризонталне и резултантне силе (PF) и коефицијент опадања силе (DRF), нису показали кредибилне разлике, јер су њихови кредибилни интервали обухватали нулу и имали висок процент постериорне расподеле унутар ROPE-а. Ово указује да се, осим V_0, F–V карактеристике обе групе могу сматрати практично еквивалентним на финалном мерењу.

Табела 45. Разлике у FVP на финалном тестирању (X4): процењени ефекти, 95% кредибилни интервали и ROPE проценти

Финално мерење				
Варијабла	**Контролна**	**Експериментална**	**β [CI]**	**ROPE %**
$V_{(critical)}$	8.48 ± 1.55	9.04 ± 1.54	0.34 [-0.14, 0.79]	11 %
$P90_{(lower)}$ (m)	0.06 ± 0.01	0.06 ± 0.01	0.45 [-0.07, 0.95]	7 %
$P90_{(upper)}$ (m)	7.49 ± 1.47	7.91 ± 1.47	0.23 [-0.22, 0.69]	21 %
V_0 (m s^{-1})	8.33 ± 0.43	8.62 ± 0.46	0.62 [0.18, 1.04]	0 %
F_0 (N)	837.56 ± 120.05	810.29 ± 104.78	-0.20 [-0.73, 0.30]	23 %
P_{max} (W kg^{-1})	23.15 ± 1.85	23.97 ± 1.82	0.44 [-0.08, 0.95]	8 %
P_{peak}	1.19 ± 0.22	1.28 ± 0.22	0.32 [-0.11, 0.77]	14 %
SFV	-1.35 ± 0.19	-1.30 ± 0.17	0.22 [-0.29, 0.67]	22 %
PF	0.75 ± 0.03	0.75 ± 0.03	0.06 [-0.46, 0.51]	32 %
DRF	-0.09 ± 0.01	-0.09 ± 0.01	0.33 [-0.12, 0.77]	12 %

Напомена: ***$V_{(critical)}$*** *– критична дистанца на којој испитаник постиже 90% максималне брзина трчања (m);* ***$P90_{(lower)}$*** *– доња граница дистанце 90 % зоне снаге (m);* ***$P90_{(upper)}$*** *– горња граница дистанце 90 % зоне снаге (m);* ***V_0*** *– теоријска максимална брзина (m s^{-1});* ***F_0*** *– теоријска максимална сила (N);* ***Pmax*** *– максимална механичка снага (W kg^{-1});* ***P_{peak}*** *– дистанца на којој је прозведен пик снаге (m);* ***SFV*** *– нагиб F-v профила (без димензије у анализи);* ***PF*** *– однос хоризонталне и резултанте силе при брзини v=0;* ***DRF*** *– коефицијент опадања односа хоризонталне силе (без димензије);* ***β [CI]*** *– процењени ефекат са 95 % постериорним интервалом поузданости;* ***ROPE %*** *– проценат постериорне расподеле унутар региона практичне еквивалентности.*

X5 – Ефекат интервенције након контроле инцијалних вредности (бајесијевска ANCOVA)

Међутим, када се узму у обзир инцијалне вредности F–V профила (X5; видети Табелу 46), прилагођени стандардизовани ефекти показују да су сви механички параметри остали у границама практичке еквивалентности између група. Иако су β-коефицијенти за теоријску максималну силу (F_0) и максималну механичку снагу (Pmax) били позитивни, њихови кредибилни интервали су обухватали нулу, а проценти постериорне расподеле унутар ROPE-а нису указали на убедљиве промене. Слично томе, параметри који одређују критичну дистанцу и границе зоне одржавања снаге ($V_{(critical)}$, $P90_{(lower)}$, $P90_{(upper)}$), као и нагиб F–V профила (SFV), однос сили и брзини (PF) и коефицијент опадања силе (DRF), показали су тривијалне β-коефицијенте и висок ROPE-проценат. Ово сугерише да након корекције за инцијалне вредности, F–V карактеристике учесника остају практично еквивалентне између група.

Табела 46. Прилагођени стандардизовани ефекти на FVP након контроле иницијалног мерења (X5): процењени ефекти, 95 % кредибилни интервали и ROPE проценти

Варијабла	β	CI 2.5%	CI 97.5%	ROPE %
$V_{(critical)}$	-0.13	-0.32	0.05	36 %
$P90_{(lower)}$ (m)	-0.12	-0.33	0.07	41 %
$P90_{(upper)}$ (m)	-0.13	-0.31	0.05	36 %
V_0 (m s^{-1})	-0.08	-0.23	0.07	60 %
F_0 (N)	0.18	0.00	0.35	19 %
P_{max} (W kg^{-1})	0.17	0.01	0.32	17 %
P_{peak}	-0.13	-0.33	0.06	36 %
SFV	-0.18	-0.39	0.02	21 %
PF	0.19	-0.02	0.40	18 %
DRF	-0.14	-0.33	0.05	33 %

Напомена: ***$V_{(critical)}$*** *– критична дистанца на којој испитаник постиже 90% максималне брзина трчања (m);* ***$P90_{(lower)}$*** *– доња граница дистанце 90 % зоне снаге (m);* ***$P90_{(upper)}$*** *– горња граница дистанце 90 % зоне снаге (m);* ***V_0*** *– теоријска максимална брзина (m s^{-1});* ***F_0*** *– теоријска максимална сила (N);* ***Pmax*** *– максимална механичка снага (W kg^{-1});* ***P_{peak}*** *– дистанца на којој је прозведен пик снаге (m);* ***SFV*** *– нагиб F-v профила (без димензије у анализи);* ***PF*** *– однос хоризонталне и резултанте силе при брзини v=0;* ***DRF*** *– коефицијент опадања односа хоризонталне силе (без*

димензије); ***β [CI] –*** *процењени ефекат са 95 % постериорним интервалом поузданости;* ***ROPE % –*** *проценат постериорне расподеле унутар региона практичне еквивалентности.*

7.2 НЕУРОМИШИЋНИ ПАРАМЕТРИ

7.2.1 M. RECTUS FEMORIS

X1 - Разлике између група на иницијалном тестирању

У домену иницијалних неуромишићних карактеристика m. rectus femoris, контролна и експериментална група нису показале кредибилне разлике у било ком испитиваном параметру (видети Табелу 47). Интервали поузданости обухватају нулу, а проценти постериорних расподела унутар ROPE-а указују на практичку еквивалентност, што поткрепљује хомогеност група пре интервенције.

Табела 47. Разлике у неуромишићним параметрима m. rectus femoris на иницијалном тестирању (X1): процењени ефекти, 95 % кредибилни интервали и ROPE проценти

Иницијално мерење				
Варијабла	**Контролна**	**Експериментална**	**β [CI]**	**ROPE %**
DmL (mm)	5.77 ± 2.02	5.69 ± 1.97	-0.03 [-0.62, 0.55]	33 %
DmD (mm)	5.18 ± 1.79	6.11 ± 2.00	0.43 [-0.13, 0.95]	10 %
TcL (ms)	33.24 ± 4.88	33.60 ± 4.27	0.09 [-0.42, 0.64]	29 %
TcD (ms)	30.84 ± 6.43	31.84 ± 5.60	0.17 [-0.34, 0.67]	28 %
TdL (ms)	24.31 ± 4.39	23.54 ± 1.89	-0.23 [-0.81, 0.34]	20 %
TdD (ms)	24.29 ± 7.39	24.92 ± 8.73	0.04 [-0.47, 0.59]	27 %
TrL (ms)	57.70 ± 44.67	46.04 ± 25.22	-0.31 [-0.80, 0.18]	18 %
TrD (ms)	67.27 ± 41.95	62.97 ± 30.50	-0.11 [-0.70, 0.44]	28 %
TsL (ms)	105.87 ± 49.16	95.12 ± 36.08	-0.27 [-0.81, 0.31]	21 %
TsD (ms)	127.42 ± 50.51	129.14 ± 63.55	0.06 [-0.41, 0.64]	31 %

Напомена: Dm – *Максимално радијално померање мишића;* ***Tc –*** *Време контракције;* ***Td*** *– Кашњење од стимулације;* ***Tr –*** *Време почетне релаксације;* ***Ts –*** *Време одржавања контракције;* ***L / D –*** *лева / десна нога;* ***β [CI] –*** *процењени ефекат са 95 % постериорним интервалом;* ***ROPE % –*** *проценат постериорне расподеле у региону практичне еквивалентности.*

X2 – Унутар-групне промене експерименталне групе након интервенције

Након примене екпериментално третмана, ниједан од испитиваних неуро-мишићних параметара m. rectus femoris-a није показао статистички кредибилну промену (видети Табелу 48). Сви β-коефицијенти су близу нуле, а ROPE проценти су високи, што указује да интервенција није утицала на неуромишићну активност у експерименталној групи.

Табела 48. Унутар-групне промене неуромишићним параметрима m. rectus femoris експерименталне групе након интервенције (X2): процењени ефекти, 95 % кредибилни интервали и ROPE проценат

Експериментална група				
Варијабла	**Иницијално**	**Финално**	**β [CI]**	**ROPE %**
DmL (mm)	5.69 ± 1.97	5.61 ± 1.98	-0.04 [-0.09, 0.01]	100 %
DmD (mm)	6.11 ± 2.00	6.13 ± 2.02	0.00 [-0.03, 0.04]	100 %
TcL (ms)	33.60 ± 4.27	33.58 ± 4.49	-0.02 [-0.11, 0.06]	99 %
TcD (ms)	31.84 ± 5.60	31.73 ± 5.44	-0.02 [-0.05, 0.01]	100 %
TdL (ms)	23.54 ± 1.89	23.55 ± 1.88	-0.01 [-0.07, 0.06]	100 %
TdD (ms)	24.92 ± 8.73	24.79 ± 8.72	-0.02 [-0.06, 0.01]	100 %
TrL (ms)	46.04 ± 25.22	44.81 ± 26.12	-0.04 [-0.07, -0.00]	100 %
TrD (ms)	62.97 ± 30.50	62.43 ± 30.52	-0.02 [-0.04, 0.00]	100 %
TsL (ms)	95.12 ± 36.08	95.26 ± 36.00	0.00 [-0.01, 0.02]	100 %
TsD (ms)	129.14 ± 63.55	128.98 ± 62.87	-0.00 [-0.01, 0.01]	100 %

***Напомена: Dm** – Максимално радијално померање мишића; **Tc** – Време контракције; **Td** – Кашњење од стимулације; **Tr** – Време почетне релаксације; **Ts** – Време одржавања контракције; **L / D** – лева / десна нога; **β [CI]** – процењени ефекат са 95 % постериорним интервалом; **ROPE %** – проценат постериорне расподеле у региону практичне еквивалентности.*

X3 – Унутар-групне промене контролне групе након интервенције

Такође, параметри m. rectus femoris остали су стабилни након примењеног контролног третмана (видети Табелу 49). Нису уочене кредибилне промене ни у једном испитиваном параметру, што потврђује значајно непромењен неуромишићни капацитет у контролној групи.

Табела 49. Унутар-групне промене неуромишићним параметрима m. rectus femoris контролне групе након интервенције (X3): процењени ефекти, 95 % кредибилни интервали и ROPE проценти

Контролна група				
Варијабла	**Иницијално**	**Финално**	**β [CI]**	**ROPE %**
DmL (mm)	5.77 ± 2.02	5.75 ± 1.99	-0.00 [-0.05, 0.05]	100 %
DmD (mm)	5.18 ± 1.79	5.22 ± 1.82	0.02 [-0.02, 0.05]	100 %
TcL (ms)	33.24 ± 4.88	32.97 ± 4.73	-0.07 [-0.16, 0.01]	75 %
TcD (ms)	30.84 ± 6.43	30.74 ± 6.44	-0.02 [-0.05, 0.01]	100 %
TdL (ms)	24.31 ± 4.39	24.41 ± 4.23	0.03 [-0.04, 0.09]	100 %
TdD (ms)	24.29 ± 7.39	24.23 ± 7.41	-0.01 [-0.04, 0.02]	100 %
TrL (ms)	57.70 ± 44.67	57.51 ± 44.48	-0.01 [-0.04, 0.03]	100 %
TrD (ms)	67.27 ± 41.95	67.18 ± 42.03	-0.01 [-0.03, 0.01]	100 %
TsL (ms)	105.87 ± 49.16	106.35 ± 48.90	0.01 [-0.00, 0.02]	100 %
TsD (ms)	127.42 ± 50.51	127.61 ± 50.59	0.00 [-0.01, 0.01]	100 %

***Напомена: Dm –** Максимално радијално померање мишића; **Tc –** Време контракције; **Td** – Кашњење од стимулације; **Tr –** Време почетне релаксације; **Ts –** Време одржавања контракције; **L / D –** лева / десна нога; **β [CI] –** процењени ефекат са 95 % постериорним интервалом; **ROPE % –** проценат постериорне расподеле у региону практичне еквивалентности.*

X4 - Разлике између група на финалном тестирању

На финалном мерењу међугрупне разлике у свим неуромишићним показатељима m. rectus femoris-а нису биле кредибилне (видети Табелу 50). Неуромишићни потенцијал обе групе може се сматрати практично еквивалентним, јер су β-коефицијенти обухватали нулу, а ROPE проценти нису указали на практично значајну разлуку између група.

Табела 50. Разлике у неуромишићним параметрима m. rectus femoris на финалном тестирању (X4): процењени ефекти, 95% кредибилни интервали и ROPE проценти

Финално мерење				
Варијабла	**Контролна**	**Експериментална**	**β [CI]**	**ROPE %**
DmL (mm)	5.75 ± 1.99	5.61 ± 1.98	-0.06 [-0.65, 0.51]	32 %
DmD (mm)	5.22 ± 1.82	6.13 ± 2.02	0.42 [-0.14, 0.94]	11 %
TcL (ms)	32.97 ± 4.73	33.58 ± 4.49	0.14 [-0.36, 0.69]	27 %

Финално мерење				
Варијабла	**Контролна**	**Експериментална**	**β [CI]**	**ROPE %**
TcD (ms)	30.74 ± 6.44	31.73 ± 5.44	0.16 [-0.35, 0.65]	27 %
TdL (ms)	24.41 ± 4.23	23.55 ± 1.88	-0.27 [-0.86, 0.31]	18 %
TdD (ms)	24.23 ± 7.41	24.79 ± 8.72	0.03 [-0.49, 0.59]	27 %
TrL (ms)	57.51 ± 44.48	44.81 ± 26.12	-0.34 [-0.85, 0.15]	15 %
TrD (ms)	67.18 ± 42.03	62.43 ± 30.52	-0.12 [-0.70, 0.43]	28 %
TsL (ms)	106.35 ± 48.90	95.26 ± 36.00	-0.28 [-0.82, 0.31]	21 %
TsD (ms)	127.61 ± 50.59	128.98 ± 62.87	0.06 [-0.42, 0.64]	31 %

***Напомена: Dm** – Максимално радијално померање мишића; **Tc** – Време контракције; **Td** – Кашњење од стимулације; **Tr** – Време почетне релаксације; **Ts** – Време одржавања контракције; **L / D** – лева / десна нога; **β [CI]** – процењени ефекат са 95 % постериорним интервалом; **ROPE %** – проценат постериорне расподеле у региону практичне еквивалентности.*

X5 – Ефекат интервенције након контроле инцијалних вредности (бајесијевска ANCOVA)

Када су у модел узете у обзир иницијалне вредности, прилагођени стандардизовани β-коефицијенти нису показали кредибилну супериорност експерименталне групе у неуромишићним параметрима m. rectus femoris-a у односу на кнтролну (видети Табелу 51). Високи ROPE проценти и интервали поузданости који обухватају нулу указују на практичку еквивалентност резултата након корекције иницијалних разлика.

Табела 51. Прилагођени стандардизовани ефекти на неуромишићне параметре m. rectus femoris након контроле иницијалног мерења (X5): процењени ефекти, 95 % кредибилни интервали и ROPE проценти

Варијабла	**β**	**CI 2.5%**	**CI 97.5%**	**ROPE %**
DmL (mm)	-0.03	-0.10	0.03	100 %
DmD (mm)	-0.02	-0.06	0.03	100 %
TcL (ms)	0.05	-0.06	0.16	83 %
TcD (ms)	-0.00	-0.04	0.04	100 %
TdL (ms)	-0.04	-0.13	0.04	92 %
TdD (ms)	-0.01	-0.05	0.03	100 %
TrL (ms)	-0.03	-0.07	0.02	100 %
TrD (ms)	-0.01	-0.04	0.01	100 %

Варијабла	β	CI 2.5%	CI 97.5%	ROPE %
TsL (ms)	-0.01	-0.03	0.01	100 %
TsD (ms)	-0.01	-0.02	0.01	100 %

Напомена: Dm – *Максимално радијално померање мишића;* ***Tc –*** *Време контракције;* ***Td*** *– Кашњење од стимулације;* ***Tr –*** *Време почетне релаксације;* ***Ts –*** *Време одржавања контракције;* ***L / D –*** *лева / десна нога;* ***β [CI] –*** *процењени ефекат са 95 % постериорним интервалом;* ***ROPE % –*** *проценат постериорне расподеле у региону практичне еквивалентности.*

7.2.2 M. TIBIALIS ANTERIOR

X1 - Разлике између група на иницијалном тестирању

На иницијалном мерењу мишићног одговора m. tibialis anterior, контролна и експериментална група нису показале кредибилне разлике ни у једном испитиваном параметру (видети Табелу 52). Сви 95 % кредибилни интервали обухватају нулу, а проценти постериорне расподеле унутар ROPE-а указују на практичку еквивалентност, што потврђује хомогеност група пре интервенције.

Табела 52. Разлике у неуромишићним параметрима m. tibialis anterior на иницијалном тестирању (X1): процењени ефекти, 95 % кредибилни интервали и ROPE проценти

Иницијално мерење				
Варијабла	**Контролна**	**Експериментална**	**β [CI]**	**ROPE %**
DmL (mm)	1.20 ± 0.63	0.98 ± 0.40	-0.31 [-0.88, 0.25]	16 %
DmD (mm)	1.16 ± 0.63	1.18 ± 0.64	0.01 [-0.55, 0.55]	28 %
TcL (ms)	21.51 ± 5.78	20.81 ± 4.91	-0.11 [-0.69, 0.44]	28 %
TcD (ms)	20.93 ± 8.74	22.68 ± 8.29	0.19 [-0.40, 0.87]	25 %
TdL (ms)	21.92 ± 5.10	24.21 ± 13.75	0.20 [-0.43, 0.77]	21 %
TdD (ms)	21.59 ± 7.28	20.85 ± 4.20	-0.13 [-0.67, 0.40]	24 %
TrL (ms)	31.68 ± 12.63	29.31 ± 16.82	-0.10 [-0.70, 0.44]	27 %
TrD (ms)	32.63 ± 17.10	37.65 ± 33.28	0.17 [-0.34, 0.73]	27 %
TsL (ms)	169.40 ± 47.46	169.12 ± 35.83	0.01 [-0.48, 0.51]	34 %
TsD (ms)	177.11 ± 38.03	181.48 ± 58.03	0.10 [-0.46, 0.61]	26 %

Напомена: Dm – *Максимално радијално померање мишића;* ***Tc –*** *Време контракције;* ***Td*** *– Кашњење од стимулације;* ***Tr –*** *Време почетне релаксације;* ***Ts –*** *Време одржавања контракције;* ***L / D –*** *лева*

*/ десна нога; **β [CI] –** процењени ефекат са 95 % постериорним интервалом; **ROPE % –** проценат постериорне расподеле у региону практичне еквивалентности.*

X2 – Унутар-групне промене експерименталне групе након интервенције

Након примене третмана, ниједан параметар неуромишићне активности m. tibialis anterior није показао уверљиву промену у експерименталној групи (видети Табелу 53). Високи проценти унутар ROPE-а и β-коефицијенти близу нуле указују на одсуство системске адаптације у овим показатељима.

Табела 53. Унутар-групне промене неуромишићним параметрима m. tibialis anterior експерименталне групе након интервенције (X2): процењени ефекти, 95 % кредибилни интервали и ROPE проценат

Експериментална група				
Варијабла	**Иницијално**	**Финално**	**β [CI]**	**ROPE %**
DmL (mm)	0.98 ± 0.40	1.01 ± 0.38	0.08 [0.00, 0.15]	76 %
DmD (mm)	1.18 ± 0.64	1.21 ± 0.63	0.04 [-0.02, 0.11]	98 %
TcL (ms)	20.81 ± 4.91	20.68 ± 4.96	-0.02 [-0.06, 0.01]	100 %
TcD (ms)	22.68 ± 8.29	22.69 ± 8.32	0.01 [-0.02, 0.04]	100 %
TdL (ms)	24.21 ± 13.75	24.05 ± 13.54	-0.01 [-0.04, 0.01]	100 %
TdD (ms)	20.85 ± 4.20	20.85 ± 4.23	0.00 [-0.03, 0.03]	100 %
TrL (ms)	29.31 ± 16.82	28.81 ± 16.95	-0.03 [-0.06, -0.00]	100 %
TrD (ms)	37.65 ± 33.28	36.97 ± 32.95	-0.03 [-0.04, -0.02]	100 %
TsL (ms)	169.12 ± 35.83	168.91 ± 35.77	-0.01 [-0.02, 0.01]	100 %
TsD (ms)	181.48 ± 58.03	181.23 ± 57.53	-0.00 [-0.02, 0.01]	100 %

***Напомена: Dm –** Максимално радијално померање мишића; **Tc –** Време контракције; **Td** – Кашњење од стимулације; **Tr –** Време почетне релаксације; **Ts –** Време одржавања контракције; **L / D –** лева / десна нога; **β [CI] –** процењени ефекат са 95 % постериорним интервалом; **ROPE % –** проценат постериорне расподеле у региону практичне еквивалентности.*

X3 – Унутар-групне промене контролне групе након интервенције

Контролна група је такође остала стабилна након примењеног третмана (видети Табелу 54). Ниједан од параметара није показао кредибилну промену, што потврђује непромењену неуромишићну реакцију у контролним условима. Високи проценти унутар

ROPE-а и β-коефицијенти близу нуле указују на одсуство системске адаптације у овим показатељима.

Табела 54. Унутар-групне промене неуромишићним параметрима m. tibialis anterior контролне групе након интервенције (X3): процењени ефекти, 95 % кредибилни интервали и ROPE проценти

Контролна група				
Варијабла	**Иницијално**	**Финално**	**β [CI]**	**ROPE %**
DmL (mm)	1.20 ± 0.63	1.25 ± 0.67	0.11 [0.03, 0.18]	44 %
DmD (mm)	1.16 ± 0.63	1.23 ± 0.69	0.10 [0.04, 0.16]	48 %
TcL (ms)	21.51 ± 5.78	21.71 ± 5.85	0.04 [0.01, 0.08]	100 %
TcD (ms)	20.93 ± 8.74	21.19 ± 8.55	0.04 [0.01, 0.07]	100 %
TdL (ms)	21.92 ± 5.10	21.86 ± 4.92	-0.00 [-0.03, 0.02]	100 %
TdD (ms)	21.59 ± 7.28	21.69 ± 7.26	0.02 [-0.01, 0.05]	100 %
TrL (ms)	31.68 ± 12.63	31.89 ± 12.64	0.02 [-0.01, 0.04]	100 %
TrD (ms)	32.63 ± 17.10	32.66 ± 17.11	-0.00 [-0.02, 0.01]	100 %
TsL (ms)	169.40 ± 47.46	168.84 ± 47.50	-0.01 [-0.03, 0.00]	100 %
TsD (ms)	177.11 ± 38.03	176.52 ± 38.03	-0.01 [-0.02, -0.00]	100 %

***Напомена: Dm –** Максимално радијално померање мишића; **Tc –** Време контракције; **Td** – Кашњење од стимулације; **Tr –** Време почетне релаксације; **Ts –** Време одржавања контракције; **L / D –** лева / десна нога; **β [CI] –** процењени ефекат са 95 % постериорним интервалом; **ROPE % –** проценат постериорне расподеле у региону практичне еквивалентности.*

X4 - Разлике између група на финалном тестирању

На финалном тестирању међугрупне разлике у свим неуромишићним показатељима m. tibialis anterior нису биле кредибилне (видети Табелу 55). Обе групе могу се сматрати практично еквивалентним, јер су β-коефицијенти обухватали нулу, а ROPE проценти нису указали на практично значајну разлику између група.

Табела 55. Разлике у неуромишићним параметрима m. tibialis anterior на финалном тестирању (X4): процењени ефекти, 95% кредибилни интервали и ROPE проценти

Финално мерење				
Варијабла	**Контролна**	**Експериментална**	**β [CI]**	**ROPE %**
DmL (mm)	1.25 ± 0.67	1.01 ± 0.38	-0.34 [-0.92, 0.21]	13 %
DmD (mm)	1.23 ± 0.69	1.21 ± 0.63	-0.05 [-0.62, 0.49]	29 %
TcL (ms)	21.71 ± 5.85	20.68 ± 4.96	-0.17 [-0.73, 0.38]	26 %
TcD (ms)	21.19 ± 8.55	22.69 ± 8.32	0.16 [-0.43, 0.83]	25 %
TdL (ms)	21.86 ± 4.92	24.05 ± 13.54	0.19 [-0.43, 0.75]	22 %
TdD (ms)	21.69 ± 7.26	20.85 ± 4.23	-0.15 [-0.69, 0.40]	25 %
TrL (ms)	31.89 ± 12.64	28.81 ± 16.95	-0.14 [-0.75, 0.39]	26 %
TrD (ms)	32.66 ± 17.11	36.97 ± 32.95	0.14 [-0.36, 0.69]	28 %
TsL (ms)	168.84 ± 47.50	168.91 ± 35.77	0.02 [-0.47, 0.53]	35 %
TsD (ms)	176.52 ± 38.03	181.23 ± 57.53	0.11 [-0.46, 0.61]	26 %

***Напомена: Dm** – Максимално радијално померање мишића; **Tc** – Време контракције; **Td** – Кашњење од стимулације; **Tr** – Време почетне релаксације; **Ts** – Време одржавања контракције; **L / D** – лева / десна нога; **β [CI]** – процењени ефекат са 95 % постериорним интервалом; **ROPE %** – проценат постериорне расподеле у региону практичне еквивалентности.*

X5 – Ефекат интервенције након контроле инцијалних вредности (бајесијевска ANCOVA)

Када се у модел уведу иницијалне вредности као коваријата, прилагођени β-коефицијенти не показују уверљива одступања ни у једном параметру (видети Табелу 56). Високи ROPE проценти и кредибилни интервали који обухватају нулу потврђују практичку еквивалентност неуромишићних профила између група.

Табела 56. Прилагођени стандардизовани ефекти на неуромишићне параметре m. tibialis anterior након контроле иницијалног мерења (X5): процењени ефекти, 95 % кредибилни интервали и ROPE проценти

Варијабла	**β**	**CI 2.5%**	**CI 97.5%**	**ROPE %**
DmL (mm)	-0.02	-0.12	0.08	97 %
DmD (mm)	-0.06	-0.13	0.02	88 %
TcL (ms)	-0.06	-0.11	-0.01	99 %
TcD (ms)	-0.02	-0.07	0.02	100 %
TdL (ms)	-0.01	-0.03	0.02	100 %
TdD (ms)	-0.01	-0.05	0.02	100 %

Варијабла	β	CI 2.5%	CI 97.5%	ROPE %
TrL (ms)	-0.05	-0.08	-0.01	100 %
TrD (ms)	-0.03	-0.04	-0.01	100 %
TsL (ms)	0.01	-0.01	0.03	100 %
TsD (ms)	0.01	-0.00	0.02	100 %

Напомена: Dm – *Максимално радијално померање мишића;* ***Tc –*** *Време контракције;* ***Td*** *– Кашњење од стимулације;* ***Tr –*** *Време почетне релаксације;* ***Ts –*** *Време одржавања контракције;* ***L / D –*** *лева / десна нога;* ***β [CI] –*** *процењени ефекат са 95 % постериорним интервалом;* ***ROPE % –*** *проценат постериорне расподеле у региону практичне еквивалентности.*

7.2.3 M. VASTUS LATERALIS

X1 - Разлике између група на иницијалном тестирању

На иницијалном мерењу, контролна и експериментална група нису показале кредибилне разлике ни у једном од испитиваних неуромишићних параметара m. vastus lateralis (видети Табелу 57). Сви параметри задржали су практичку еквивалентност између група.

Табела 57. Разлике у неуромишићним параметрима m. vastus lateralis на иницијалном тестирању (X1): процењени ефекти, 95 % кредибилни интервали и ROPE проценти

Иницијално мерење				
Варијабла	**Контролна**	**Експериментална**	**β [CI]**	**ROPE %**
DmL (mm)	3.30 ± 1.14	3.42 ± 1.27	0.11 [-0.47, 0.69]	31 %
DmD (mm)	3.93 ± 1.35	3.68 ± 1.42	-0.14 [-0.68, 0.39]	30 %
TcL (ms)	21.19 ± 3.76	23.53 ± 12.92	0.26 [-0.26, 0.93]	21 %
TcD (ms)	21.54 ± 2.01	21.50 ± 2.97	-0.00 [-0.58, 0.54]	31 %
TdL (ms)	20.63 ± 2.18	20.75 ± 1.70	0.09 [-0.47, 0.64]	27 %
TdD (ms)	21.59 ± 1.63	21.39 ± 5.74	-0.02 [-0.57, 0.55]	29 %
TrL (ms)	65.61 ± 23.68	55.11 ± 21.18	-0.39 [-0.89, 0.26]	10 %
TrD (ms)	64.61 ± 21.90	71.03 ± 20.10	0.28 [-0.28, 0.80]	15 %
TsL (ms)	110.12 ± 41.84	93.88 ± 34.30	-0.41 [-0.91, 0.16]	7 %
TsD (ms)	106.48 ± 28.66	110.12 ± 27.64	0.09 [-0.48, 0.56]	26 %

Напомена: Dm – *Максимално радијално померање мишића;* ***Tc –*** *Време контракције;* ***Td*** *– Кашњење од стимулације;* ***Tr –*** *Време почетне релаксације;* ***Ts –*** *Време одржавања контракције;* ***L / D –*** *лева*

*/ десна нога; **β [CI] –** процењени ефекат са 95 % постериорним интервалом; **ROPE % –** проценат постериорне расподеле у региону практичне еквивалентности.*

X2 – Унутар-групне промене експерименталне групе након интервенције

Након примене третмана, експериментална група није испољила кредибилне измене у неуромишићним карактеристикама m. vastus lateralis (видети Табелу 58). Интервали поузданости и ROPE проценти указују на стабилност измерених параметара, што говори да интервенција није утицала на мишићне адаптације у овој групи.

Табела 58. Унутар-групне промене неуромишићним параметрима m. vastus lateralis експерименталне групе након интервенције (X2): процењени ефекти, 95 % кредибилни интервали и ROPE проценат

Експериментална група				
Варијабла	**Иницијално**	**Финално**	**β [CI]**	**ROPE %**
DmL (mm)	3.42 ± 1.27	3.39 ± 1.13	-0.05 [-0.13, 0.04]	90 %
DmD (mm)	3.68 ± 1.42	3.72 ± 1.40	0.02 [-0.03, 0.07]	100 %
TcL (ms)	23.53 ± 12.92	23.50 ± 12.94	0.00 [-0.02, 0.03]	100 %
TcD (ms)	21.50 ± 2.97	21.42 ± 2.91	-0.04 [-0.13, 0.06]	93 %
TdL (ms)	20.75 ± 1.70	20.73 ± 1.68	0.01 [-0.06, 0.07]	100 %
TdD (ms)	21.39 ± 5.74	22.05 ± 4.14	0.14 [-0.13, 0.42]	36 %
TrL (ms)	55.11 ± 21.18	54.59 ± 21.25	-0.02 [-0.04, -0.00]	100 %
TrD (ms)	71.03 ± 20.10	70.33 ± 19.81	-0.04 [-0.07, -0.01]	100 %
TsL (ms)	93.88 ± 34.30	93.80 ± 34.48	-0.01 [-0.02, 0.01]	100 %
TsD (ms)	110.12 ± 27.64	109.93 ± 27.67	-0.00 [-0.02, 0.01]	100 %

***Напомена: Dm –** Максимално радијално померање мишића; **Tc –** Време контракције; **Td** – Кашњење од стимулације; **Tr –** Време почетне релаксације; **Ts –** Време одржавања контракције; **L / D –** лева / десна нога; **β [CI] –** процењени ефекат са 95 % постериорним интервалом; **ROPE % –** проценат постериорне расподеле у региону практичне еквивалентности.*

X3 – Унутар-групне промене контролне групе након интервенције

Контролна група, након примењеног третмана, такође није показала значајне унутар-групне промене у параметрима m. vastus lateralis (видети Табелу 59). Сви β-коефицијенти

су близу нуле, а постериорне расподеле су у великој мери унутар ROPE-а, што потврђује конзистентност мишићних одговора.

Табела 59. Унутар-групне промене неуромишићним параметрима m. vastus lateralis контролне групе након интервенције (X3): процењени ефекти, 95 % кредибилни интервали и ROPE проценти

Контролна група				
Варијабла	**Иницијално**	**Финално**	**β [CI]**	**ROPE %**
DmL (mm)	3.30 ± 1.14	3.33 ± 1.13	0.01 [-0.07, 0.09]	100 %
DmD (mm)	3.93 ± 1.35	3.95 ± 1.31	0.01 [-0.04, 0.05]	100 %
TcL (ms)	21.19 ± 3.76	21.37 ± 3.86	0.03 [0.00, 0.05]	100 %
TcD (ms)	21.54 ± 2.01	21.64 ± 2.21	0.03 [-0.06, 0.13]	94 %
TdL (ms)	20.63 ± 2.18	20.55 ± 2.16	-0.02 [-0.09, 0.04]	100 %
TdD (ms)	21.59 ± 1.63	21.53 ± 1.59	0.01 [-0.25, 0.28]	58 %
TrL (ms)	65.61 ± 23.68	65.46 ± 23.29	-0.00 [-0.02, 0.01]	100 %
TrD (ms)	64.61 ± 21.90	64.25 ± 21.62	-0.02 [-0.05, 0.01]	100 %
TsL (ms)	110.12 ± 41.84	110.16 ± 41.51	-0.00 [-0.02, 0.01]	100 %
TsD (ms)	106.48 ± 28.66	106.35 ± 28.60	-0.00 [-0.02, 0.01]	100 %

***Напомена: Dm –** Максимално радијално померање мишића; **Tc –** Време контракције; **Td** – Кашњење од стимулације; **Tr –** Време почетне релаксације; **Ts –** Време одржавања контракције; **L / D –** лева / десна нога; **β [CI] –** процењени ефекат са 95 % постериорним интервалом; **ROPE % –** проценат постериорне расподеле у региону практичне еквивалентности.*

X4 - Разлике између група на финалном тестирању

На финалном мерењу, међугрупне разлике у свим испитиваним неуромишићним параметрима m. vastus lateralis нису биле кредибилне (видети Табелу 60). Резултати показују да су оба узорка задржала практичку еквивалентност и да нема значајних разлика између група.

Табела 60. Разлике у неуромишићним параметрима m. vastus lateralis на финалном тестирању (X4): процењени ефекти, 95% кредибилни интервали и ROPE проценти

Финално мерење				
Варијабла	**Контролна**	**Експериментална**	**β [CI]**	**ROPE %**
DmL (mm)	3.33 ± 1.13	3.39 ± 1.13	0.05 [-0.52, 0.63]	32 %
DmD (mm)	3.95 ± 1.31	3.72 ± 1.40	-0.13 [-0.68, 0.39]	29 %
TcL (ms)	21.37 ± 3.86	23.50 ± 12.94	0.24 [-0.29, 0.90]	22 %
TcD (ms)	21.64 ± 2.21	21.42 ± 2.91	-0.08 [-0.65, 0.47]	29 %
TdL (ms)	20.55 ± 2.16	20.73 ± 1.68	0.12 [-0.42, 0.67]	27 %
TdD (ms)	21.53 ± 1.59	22.05 ± 4.14	0.10 [-0.46, 0.66]	28 %
TrL (ms)	65.46 ± 23.29	54.59 ± 21.25	-0.40 [-0.92, 0.24]	10 %
TrD (ms)	64.25 ± 21.62	70.33 ± 19.81	0.27 [-0.30, 0.77]	16 %
TsL (ms)	110.16 ± 41.51	93.80 ± 34.48	-0.41 [-0.91, 0.16]	7 %
TsD (ms)	106.35 ± 28.60	109.93 ± 27.67	0.08 [-0.48, 0.55]	25 %

***Напомена: Dm** – Максимално радијално померање мишића; **Tc** – Време контракције; **Td** – Кашњење од стимулације; **Tr** – Време почетне релаксације; **Ts** – Време одржавања контракције; **L / D** – лева / десна нога; **β [CI]** – процењени ефекат са 95 % постериорним интервалом; **ROPE %** – проценат постериорне расподеле у региону практичне еквивалентности.*

X5 – Ефекат интервенције након контроле инцијалних вредности (бајесијевска ANCOVA)

Када су иницијалне вредности уведене као коваријата, прилагођени β-коефицијенти нису открили кредибилне разлике између група (видети Табелу 61). Високи ROPE-проценти и интервали који обухватају нулу указују да се неуромишићни профили између група могу сматрати практично еквивалентним и након корекције за инцијално мерење.

Табела 61. Прилагођени стандардизовани ефекти на неуромишићне параметре m. vastus lateralis након контроле иницијалног мерења (X5): процењени ефекти, 95 % кредибилни интервали и ROPE проценти

Варијабла	**β**	**CI 2.5%**	**CI 97.5%**	**ROPE %**
DmL (mm)	-0.06	-0.16	0.05	79 %
DmD (mm)	0.01	-0.05	0.07	100 %
TcL (ms)	-0.02	-0.05	0.01	100 %
TcD (ms)	-0.07	-0.19	0.05	70 %
TdL (ms)	0.03	-0.06	0.12	96 %
TdD (ms)	0.15	-0.15	0.46	33 %

Варијабла	β	CI 2.5%	CI 97.5%	ROPE %
TrL (ms)	-0.02	-0.05	0.01	100 %
TrD (ms)	-0.01	-0.05	0.02	100 %
TsL (ms)	-0.00	-0.02	0.01	100 %
TsD (ms)	-0.00	-0.02	0.02	100 %

Напомена: Dm – *Максимално радијално померање мишића;* ***Tc –*** *Време контракције;* ***Td*** *– Кашњење од стимулације;* ***Tr –*** *Време почетне релаксације;* ***Ts –*** *Време одржавања контракције;* ***L / D –*** *лева / десна нога;* ***β [CI] –*** *процењени ефекат са 95 % постериорним интервалом;* ***ROPE % –*** *проценат постериорне расподеле у региону практичне еквивалентности.*

7.2.4 M. VASTUS MEDIALIS

X1 - Разлике између група на иницијалном тестирању

На иницијалном мерењу контролна и експериментална група нису показале кредибилне разлике ни у једном од испитиваних неуромишићних показатеља m. vastus medialis. Сви испитивани параметри имали су 95 % кредибилне интервале који обухватају нулу и висок проценат вредности унутар ROPE-а, што указује на практичку еквивалентност група пре интервенције (Табела 62).

Табела 62. Разлике у неуромишићним параметрима m. vastus medialis на иницијалном тестирању (X1): процењени ефекти, 95 % кредибилни интервали и ROPE проценти

Иницијално мерење				
Варијабла	**Контролна**	**Експериментална**	**β [CI]**	**ROPE %**
DmL (mm)	5.25 ± 1.13	5.30 ± 1.60	0.03 [-0.55, 0.58]	29 %
DmD (mm)	4.65 ± 1.36	4.66 ± 1.56	0.01 [-0.48, 0.47]	33 %
TcL (ms)	24.12 ± 3.51	22.83 ± 2.43	-0.44 [-0.95, 0.10]	9 %
TcD (ms)	24.59 ± 4.87	24.39 ± 6.22	-0.02 [-0.59, 0.54]	29 %
TdL (ms)	21.94 ± 1.39	21.86 ± 1.43	-0.00 [-0.66, 0.55]	28 %
TdD (ms)	20.84 ± 3.98	21.14 ± 5.17	0.04 [-0.49, 0.58]	26 %
TrL (ms)	44.89 ± 21.83	41.40 ± 14.14	-0.16 [-0.74, 0.39]	23 %
TrD (ms)	43.17 ± 19.53	47.43 ± 22.13	0.21 [-0.32, 0.81]	24 %
TsL (ms)	183.85 ± 40.64	168.00 ± 33.00	-0.40 [-0.93, 0.16]	11 %
TsD (ms)	172.28 ± 17.72	176.79 ± 31.74	0.17 [-0.36, 0.71]	25 %

Напомена: Dm – *Максимално радијално померање мишића;* ***Tc –*** *Време контракције;* ***Td*** *– Кашњење од стимулације;* ***Tr –*** *Време почетне релаксације;* ***Ts –*** *Време одржавања контракције;* ***L / D –*** *лева / десна нога;* ***β [CI] –*** *процењени ефекат са 95 % постериорним интервалом;* ***ROPE % –*** *проценат постериорне расподеле у региону практичне еквивалентности.*

X2 – Унутар-групне промене експерименталне групе након интервенције

Након интервенције у експерименталној групи није уочена ниједна значајна промена у неуромишићним параметрима m. vastus medialis. Сви β-коефицијенти били су близу нуле, уз ROPE проценте који указују на еквивалентност, што може сугерисати да није дошло до поузданих адаптација (Табела 63).

Табела 63. Унутар-групне промене неуромишићним параметрима m. vastus medialis експерименталне групе након интервенције (X2): процењени ефекти, 95 % кредибилни интервали и ROPE проценат

Експериментална група				
Варијабла	**Иницијално**	**Финално**	**β [CI]**	**ROPE %**
DmL (mm)	5.30 ± 1.60	5.26 ± 1.64	-0.04 [-0.18, 0.09]	80 %
DmD (mm)	4.66 ± 1.56	4.64 ± 1.53	-0.01 [-0.05, 0.04]	100 %
TcL (ms)	22.83 ± 2.43	22.83 ± 2.47	-0.03 [-0.18, 0.12]	83 %
TcD (ms)	24.39 ± 6.22	25.18 ± 7.10	0.13 [-0.06, 0.32]	38 %
TdL (ms)	21.86 ± 1.43	21.85 ± 1.43	-0.03 [-0.21, 0.14]	73 %
TdD (ms)	21.14 ± 5.17	21.19 ± 5.17	-0.01 [-0.04, 0.02]	100 %
TrL (ms)	41.40 ± 14.14	41.05 ± 14.36	-0.03 [-0.08, 0.02]	100 %
TrD (ms)	47.43 ± 22.13	47.25 ± 22.09	-0.01 [-0.03, 0.01]	100 %
TsL (ms)	168.00 ± 33.00	167.92 ± 33.06	-0.00 [-0.05, 0.05]	100 %
TsD (ms)	176.79 ± 31.74	176.70 ± 31.71	-0.01 [-0.02, 0.01]	100 %

Напомена: Dm – *Максимално радијално померање мишића;* ***Tc –*** *Време контракције;* ***Td*** *– Кашњење од стимулације;* ***Tr –*** *Време почетне релаксације;* ***Ts –*** *Време одржавања контракције;* ***L / D –*** *лева / десна нога;* ***β [CI] –*** *процењени ефекат са 95 % постериорним интервалом;* ***ROPE % –*** *проценат*

X3 – Унутар-групне промене контролне групе након интервенције

Контролна група није показала кредибилне унутар-групне промене у параметрима m. vastus medialis. Показатељи неуромишићног профила задржали су практичку

конзистентност, што потврђује њихову стабилност након примењеног контролног третмана (Табела 64).

Табела 64. Унутар-групне промене неуромишићним параметрима m. vastus medialis контролне групе након интервенције (X3): процењени ефекти, 95 % кредибилни интервали и ROPE проценти

Контролна група				
Варијабла	**Иницијално**	**Финално**	**β [CI]**	**ROPE %**
DmL (mm)	5.25 ± 1.13	5.08 ± 1.37	-0.12 [-0.25, 0.02]	36 %
DmD (mm)	4.65 ± 1.36	4.63 ± 1.38	-0.01 [-0.05, 0.03]	100 %
TcL (ms)	24.12 ± 3.51	23.88 ± 3.37	-0.10 [-0.24, 0.05]	51 %
TcD (ms)	24.59 ± 4.87	24.75 ± 4.66	0.03 [-0.14, 0.24]	71 %
TdL (ms)	21.94 ± 1.39	21.65 ± 1.63	-0.19 [-0.36, -0.01]	17 %
TdD (ms)	20.84 ± 3.98	20.84 ± 3.88	-0.02 [-0.05, 0.01]	100 %
TrL (ms)	44.89 ± 21.83	45.57 ± 21.65	0.03 [-0.01, 0.08]	100 %
TrD (ms)	43.17 ± 19.53	43.31 ± 19.37	0.01 [-0.01, 0.03]	100 %
TsL (ms)	183.85 ± 40.64	184.65 ± 40.59	0.02 [-0.02, 0.07]	100 %
TsD (ms)	172.28 ± 17.72	171.77 ± 17.32	-0.02 [-0.04, -0.01]	100 %

***Напомена: Dm –** Максимално радијално померање мишића; **Tc –** Време контракције; **Td** – Кашњење од стимулације; **Tr –** Време почетне релаксације; **Ts –** Време одржавања контракције; **L / D –** лева / десна нога; **β [CI] –** процењени ефекат са 95 % постериорним интервалом; **ROPE % –** проценат постериорне расподеле у региону практичне еквивалентности.*

X4 - Разлике између група на финалном тестирању

На финалном мерењу између контроле и експерименталне групе нису уочене кредибилне разлике ни у једном неуромишићном показатељу m. vastus medialis. Практична еквивалентност је очувана у свим мереним параметрима, чиме се потврђује да групе на крају експеримента нису биле значајно различите (Табела 65).

Табела 65. Разлике у неуромишићним параметрима m. vastus medialis на финалном тестирању (X4): процењени ефекти, 95% кредибилни интервали и ROPE проценти

Финално мерење				
Варијабла	**Контролна**	**Експериментална**	**β [CI]**	**ROPE %**
DmL (mm)	5.08 ± 1.37	5.26 ± 1.64	0.11 [-0.47, 0.68]	24 %
DmD (mm)	4.63 ± 1.38	4.64 ± 1.53	0.01 [-0.48, 0.47]	33 %
TcL (ms)	23.88 ± 3.37	22.83 ± 2.47	-0.37 [-0.90, 0.20]	13 %
TcD (ms)	24.75 ± 4.66	25.18 ± 7.10	0.08 [-0.48, 0.63]	29 %
TdL (ms)	21.65 ± 1.63	21.85 ± 1.43	0.15 [-0.46, 0.73]	23 %
TdD (ms)	20.84 ± 3.88	21.19 ± 5.17	0.04 [-0.49, 0.59]	26 %
TrL (ms)	45.57 ± 21.65	41.05 ± 14.36	-0.22 [-0.78, 0.34]	20 %
TrD (ms)	43.31 ± 19.37	47.25 ± 22.09	0.20 [-0.34, 0.81]	25 %
TsL (ms)	184.65 ± 40.59	167.92 ± 33.06	-0.43 [-0.96, 0.13]	10 %
TsD (ms)	171.77 ± 17.32	176.70 ± 31.71	0.19 [-0.34, 0.74]	24 %

***Напомена: Dm** – Максимално радијално померање мишића; **Tc** – Време контракције; **Td** – Кашњење од стимулације; **Tr** – Време почетне релаксације; **Ts** – Време одржавања контракције; **L / D** – лева / десна нога; **β [CI]** – процењени ефекат са 95 % постериорним интервалом; **ROPE %** – проценат постериорне расподеле у региону практичне еквивалентности.*

X5 – Ефекат интервенције након контроле инцијалних вредности (бајесијевска ANCOVA)

Када се у модел уведу иницијалне вредности као коваријата, прилагођени β-коефицијенти и њихови ROPE проценти показују да су мишићни профили m. vastus medialis практично еквивалентни између група. Ниједан од испитиваних параметара није пружио довољно доказа о уверљивој прилагођеној разлици након корекције за иницијални ниво (Табела 66).

Табела 66. Прилагођени стандардизовани ефекти на неуромишићне параметре m. vastus medialis након контроле иницијалног мерења (X5): процењени ефекти, 95 % кредибилни интервали и ROPE проценти

Варијабла	**β**	**CI 2.5%**	**CI 97.5%**	**ROPE %**
DmL (mm)	0.08	-0.09	0.25	57 %
DmD (mm)	0.00	-0.05	0.06	100 %
TcL (ms)	0.03	-0.18	0.23	67 %
TcD (ms)	0.08	-0.18	0.36	49 %
TdL (ms)	0.15	-0.08	0.39	34 %

Варијабла	β	CI 2.5%	CI 97.5%	ROPE %
TdD (ms)	0.01	-0.03	0.05	100 %
TrL (ms)	-0.06	-0.12	0.00	93 %
TrD (ms)	-0.01	-0.04	0.01	100 %
TsL (ms)	-0.03	-0.09	0.04	100 %
TsD (ms)	0.02	-0.01	0.04	100 %

Напомена: Dm – *Максимално радијално померање мишића;* ***Tc –*** *Време контракције;* ***Td*** *– Кашњење од стимулације;* ***Tr –*** *Време почетне релаксације;* ***Ts –*** *Време одржавања контракције;* ***L / D –*** *лева / десна нога;* ***β [CI] –*** *процењени ефекат са 95 % постериорним интервалом;* ***ROPE % –*** *проценат постериорне расподеле у региону практичне еквивалентности.*

8. ДИСКУСИЈА

Основни циљ ове докторске дисертације био је да се утврде ефекти спринтерског тренинга са оптерећењем, дозираним на основу тренутне максималне брзине и праћења опадања перформанси, на моторички фитнес и неуромишићне параметре младих фудбалера, у поређењу са традиционалним спринтерским тренингом без додатног оптерећења. Након примене једанаестонедељног програма уочен је јасан и различит образац адаптација између експерименталне и контролне групе. Уопштено посматрано, када се не узимају у обзир иницијалне разлике између група, експериментални програм је довео до конзистентнијих и већих побољшања у већини показатеља моторичког фитнеса када су у питању унутаргрупне промене, пре свега у тестовима вертикалног скока, линеарног спринта, способности поновљеног спринта, агилности и параметара F-V профила, док је контролна група бележила углавном умерене или селективне промене ограничене на поједине тестове спринта и агилности. Међуим, када се сагледају и резултати иницијалних разлика уочљиво је да, иако су ефекти експерименталне групе већи, они су ипак мали или тривијални, што је и очекивано с обзиром да су обе групе изводиле спринтерски тренинг. Истовремено, код неуромишићних параметара добијених тензиомиографијом нису примећене промене у делу мишића доњих екстремитета у експерименталној групи, што указује на недовољну осетљивост контрактилних својстава на специфичан спринтерски стимулус са оптерећењем, док су код контролне групе ове адаптације биле мање изражене или непостојане. Ипак, поједини индекси F-V профила, као и део TMG параметара који одражавају временску динамику контракције и релаксације, остали су релативно стабилни у обе групе, што сугерише да ови показатељи или захтевају дужи временски период и већи укупан тренажни обим, или су мање подложни променама након оваквог типа интервенције. Овако добијени резултати указују да је тренинг са оптерећењем потенцијално ефикаснији за шире унапређење моторичког фитнеса и појединих неуромишићних карактеристика, али и да све анализиране варијабле не реагују подједнако на примењени стимулус.

8.1 СКОК СА ПРИПРЕМОМ (COUNTERMOVEMENT JUMP – CMJ)

CMJ представља златни стандард за процену вертикалне експлозивности доњих екстремитета и често се користи као индиректни показатељ неуромишићне способности код младих фудбалера (Markovic et al., 2004). Поред саме висине скока, анализа CMJ омогућава увид у сложене компоненте као што су пик снаге, ексцентрична стопа развоја силе (ERFD), као и трајање концентричне и ексцентричне фазе покрета, што га чини изузетно важним алатом за процену ефеката различитих тренажних програма и адаптације.

Најзначајнији резултати ове дисертације, који се тичу CMJ, односе се на експерименталну групу код које је, након спроведеног програма, дошло до кредибилног побољшања у висини скока (β = 0.38; 95% CI [0.20, 0.56]; ROPE = 0%) и индексу реактивне снаге (RSI) (β = 0.42; 95% CI [0.18, 0.64]; ROPE = 0%), што указује на значајну адаптацију неуромишићног система. Такође, анализа којом се контролишу почетне вредности показала је кредибилан, али мали, ефекат на висину скока (β = 0.25; 95% CI [0.01, 0.47]; ROPE = 8%), што даје додатну снагу студији о ефикасности примене индивидуализованог спринтерског тренинга са оптерећењем на вертикалне перформансе. Насупрот томе, код контролне групе нису забележене значајније промене ни у једном параметру, што потенцијално указује на већу ефикасност примене индивидуализоване методологије базиране на праћењу оптерећења на основу пада перформанси од 3%.

Посебно је наглашено да млађи спортисти, услед већег потенцијала за адаптацију, имају бољу реакцију на специфичне стимулусе. У овој студији, примењена стратегија заснована на индивидуалном критеријуму вероватно је омогућила бољу контролу замора и оптималну стимулацију, што је резултирало већим побољшањима у односу на класичне приступе унапред преписаног обима. Слично томе, Sinclair et al. (2021) су код професионалних рагбиста утврдили да је после 8-недељног спринтерског програма са додатним оптерећењем дошло до повећања CMJ висине за 6.5% (са 40.43±3.87 на 43.07±4.55 cm), користећи трчања на дистанци од 20 m са оптерећењем око 25-27% телесне масе. Ови налази подржавају констатацију да се спољашње оптерећење током спринтерског тренинга може пренети на бољи резултат када је у питању висина скока. До сличних резултата су дошли Chaalali et al. (2022) који су код младих елитних фудбалера (U17) после 6 недеља спринтерског програма са оптерећењем довели до пораста висине скока за 3.59 %. Насупрот

томе, група која је тренирала без оптерећења показала је мање побољшање од 1.34 %. Са друге стране, Rumpf et al. (2016) наводе да спринтерски тренинг без екстерног оптерећења може довести до умерених побољшања у CMJ перформансама, али да је ефекат знатно мањи у односу на тренинге са слободним теговима код спортиста који долазе из различитих спортова. Ово се поклапа са резултатима контролне групе, где нису уочене кредибилне промене у висини скока и RSI, што додатно подржава примену спринта са оптерећењем као потенцијално супериорније методе. Механизми који стоје иза побољшања у вертикалном скоку након спринтерског тренинга са оптерећењем могу укључивати повећан неуромишићни рефлексни одговор, побољшање интрамишићне координације, већу силу у ексцентричној и концентричној фази, као и повећану укупну продукцију снаге (Cormie, McGuigan & Newton, 2011a). Конкретно, побољшање RSI индекса указује на унапређење реактивних својстава мишићно-тетивног система, што може бити последица хроничне адаптације на спринт високог интензитета са прецизном контролом замора. Потребно је истаћи да ни у једној ни у другој групи није дошло до кредибилних промена у ERFD-у, као ни у трајању концентричне и ексцентричне фазе покрета. Могуће је да су ови параметри осетљивији на плиометријске и балистичке протоколе него на саме ефекте спринтерског тренинга, што је у складу са налазима Jiménez-Reyes et al. (2017), који су показали да ERFD и временске компоненте скока имају спорију адаптацију на стимулусе везане за спринтерску брзину и захтевају већи волумен плиометрије. Побољшања вертикалног скока након тренинга са оптерећењем могу се објаснити неуромишићним и биомеханичким механизмима. Један од кључних фактора може бити повећана активност брзих мишићних влакана: екстерно оптерећење током спринта приморава систем да генерише већу силу у ексцентричној и концентричној фази, што води ка побољшаној интрамишићној координацији и укупној продукцији снаге. Cormie, McGuigan & Newton (2011b) су показали да тренинг са оптерећењем углавном утиче на координацију, коришћење еластичне енергије и на ефикасност преноса снаге у динамичким покретима, а не само на повећање максималне силе. Ово значи да су побољшања у висини скока вероватно последица комплексних неуромишићних адаптација, односно већег броја активираних мишићних влакана брзог типа, боље синхронизације мишића и ефикаснијег управљања енергијом приликом скокова. Конкретно, у повећање RSI-а указује на бољу реактивну способност приликом скокова, што се тумачи као побољшана способност мишићно-тетивног комплекса да брже конвертује

силу. Адаптације на високоинтензитетне спринтеве, са контролом замора, вероватно су унапредиле рефлексни одговор, тј. бржи прелазак са ексцентричног на концентрични рад. С обзиром да нису уочене значајне промене у ERFD-у или трајању ексцентричне и концентричне фазе, може се претпоставити да ове карактеристике захтевају другачију врсту тренинга (на пример, строго плиометријске вежбе) за видљиву адаптацију. Уочена побољшања висине скока и RSI-а, уз одсуство значајних промена у ERFD-у и трајању ексцентричне и концентричне фазе, највероватније указују да адаптације нису настале на нивоу примарних механичких својстава система, већ на нивоу неуромишићне организације stretch–shortening циклуса. Према SSC моделу, побољшање перформанси може се јавити као последица боље преактивације мишића, прецизније рефлексне регулације крутости мишићно-тетивног комплекса и ефикаснијег временског усаглашавања ексцентричне и концентричне фазе, без нужних промена у максималној сили или брзини њеног развоја. На тај начин се побољшава искоришћење еластичне енергије и смањују губици током транзиције, што се у пракси испољава као већи RSI, чак и када су сила и стопа развоја силе, као и временске карактеристике скока релативно стабилне (Komi, 2000). Даље, Jiménez-Reyes et al. (2017) су указали да се варијабле попут ERFD спорије мењају спринтерским тренингом, те да је потенцијално потребан већи обим. У пракси, спринт стимулише велики опсег мишићно-тетивног механизма, али не ангажује концентричне покрете тако дуготрајно као што то чини плиометријски тип тренинга. Према томе, могуће је да се код испитаника већина адаптације одражава кроз бољу оптимизацију SSC-а, а не у временским карактеристикама које нису биле директни фокус тренинга.

Концепт „оптималног оптерећења“, који подразумева индивидуализацију оптерећења и волумена на основу одговора спортисте, додатно подржава добијене резултате. Pareja-Blanco et al. (2017) су показали да тренинг базиран на паду у брзини трчања (нпр. 20% или 40%) доводи до различитих неуромускуларних адаптација, при чему мањи пад перформанси доводи до побољшања експлозивности уз мање замора. У овом истраживању, критеријум од 3% пада брзине омогућио је задржавање високог интензитета уз контролисану акумулацију замора, што је можда кључни фактор успешности интервенције. Овај модел подржан од стране Moya-Ramon et al. (2020), који су код младих тенисера приметили значајно побољшање у CMJ након примене програма спринтерског тренинга са оптерећењем. Ова студија, иако спроведена са испитаницима из другог спорта, указује на

могућност трансфера ефеката оваквог типа тренинга на већи број спортова. На основу добијених резултата, и у складу са постојећом литературом, може се сматрати да је спринтерски тренинг са прслуцима и индивидуалним критеријумом прекида серија трчања ефикаснији у унапређењу неуромишићних параметара вертикалног скока у односу на класичан тренинг код младих фудбалера.

8.2 СКОК СА ВИСИНЕ (DROP JUMP - DJ)

Drop jump (DJ) представља један од најважнијих тестова за процену способности реактивне снаге, односно ефикасности искоришћења ексцентрично-концентричног потенцијала мишића, што је од кључног значаја за перформансе младих фудбалера у ситуацијама као што су промене правца и скокови (Cormie, McGuigan & Newton, 2011b). Имајући у виду да DJ тест комбинује брзину, снагу и неуромишићну координацију, он омогућава дубљи увид у ефекте тренинга који циљају побољшање експлозивности.

Најважнији забележени резултати односе се на мали напредак у висини скока након интервенције у експерименталној групи (β = 0.29; 95% CI [–0.02, 0.58]; ROPE = 9%), што указује на потенцијални позитиван ефекат примењеног тренинга. Иако кредибилни интервал обухвата нулу, низак проценат ROPE-а указује на то да је значајан део постериорне расподеле изван региона практичне еквиваленције па је вероватно да постоји реалан ефекат у повећању висине скока. Супротно томе, остали параметри, укључујући индекс реактивне снаге (RSI), релативни пик снаге и трајање контакта, нису показали кредибилне промене. Резултати у разликама након експерименталног протокола указују на тенденцију да експериментална група оствари боље резултате у висини скока у односу на контролну групу (β = 0.43), али кредибилни интервал (95% CI [–0.11, 0.93]) и ROPE (9%) не указују на дефинитивну разлику већ на индивидуалне варијације у одговору на тренинг. Такође, вреди истаћи да RSI у финалном тестирању није побољшан (β = –0.24), што може сугерисати да спринт са оптерећењем, иако доприноси развоју снаге и експлозивности, не утиче директно на реактивност у смислу скраћења времена контакта и повећања односа између висине и трајања. Резултати модела коригованог за иницијалне вредности није показао кредибилне разлике између група ни у једном параметру DJ скока након завршеног програма. Иако је ефекат на висину скока био мали (β = 0.21 у корист експерименталне групе), интервал поузданости је поново обухватао нулу, а ROPE (23%) је релативно висок.

Ови показатељи сугеришу да није дошло до доследног и уједначеног побољшања свих неуромишићних аспеката перформанси на DJ тесту када се узме у обзир почетно стање испитаника. Упркос тенденцијама ка побољшању појединих параметара (нпр. висине скока), варијабилност одговора и преклапање расподела између група доводе до тога да се не може тврдити да је програм имао јасну предност у односу на стандардни спринтерски тренинг. Ramirez-Campillo et al. (2014) су показали да плиометријски тренинг током 7 недеља може довести до значајног побољшања RSI-ја код младих фудбалера (16-22% у зависности од висине са које су се изводили скокови). Вреди нагласити да је у том истраживању коришћен интензиван и разноврстан плиометријски протокол (више недељних сесија са великим бројем различитих скокова и одраза), који је обезбедио специфичан стимулус за брзи stretch-shortening циклус (енг. Short-Stretchening Cycle – SSC). Овај приступ вероватно објашњава зашто је у случају ове дисертације, где је фокус био на спринтерском тренингу са оптерећењем, а не директно на плиометрији, изостало значајно побољшање RSI-ја. За развој реактивне снаге је највероватније потребан циљани плиометријски стимулус који репродукује услове краткотрајног контакта и експлозивне транзиције из ексцентричне у концетричну фазу покрета. У прилог томе говори и мета-анализа Rebelo et al. (2022) у којој је утврђено да плиометријски програми код спортиста доследно побољшавају RSI (просечна величина ефекта око 0.8 код старијих, односно ~0.3 код млађих категорија). Насупрот томе, тренинзи са оптерећењем имају ограниченији ефекат, у најбољем случају умерено побољшање RSI-а код младих спортиста (ефекат ~0.4), док код одраслих нису евидентирани значајни ефекти. Ови налази јасно подвлаче да је за унапређење реактивне способности потребан адекватан плиометријски стимулус, што примењени програм није у довољној мери обезбедио. Једно од могућих објашњења зашто није дошло до кредибилних промена у RSI-ју и времену контакта је то што примењени програм не укључује специфичне брзе „stretch-shortening cycle“ стимулусе који се јављају у DJ скоковима. Freyler et al. (2016) наводе да је специфичност стимулуса један од кључних фактора у преносу ефеката на конкретне перформансе, што значи да побољшање RSI-а захтева тренинг који директно циља тај параметар. Још један релевантан аспект је да контролна група није показала кредибилне унутар-групне промене ни у једном параметру DJ скока, што подржава хипотезу да класични спринтерски тренинг без индивидуализације и без спољашњег отпора не представља довољан стимулус за побољшање реактивне

способности. У овом контексту, тренинг прилагођен тренутном нивоу замора, може обезбедити већу ефективност јер поштује индивидуалну способност опоравка и одржава висок квалитет покрета током читавог тренинга (Pareja-Blanco et al., 2017). Иако је уочена тенденција ка побољшању висине скока са висине након експерименталног програма, изостала су кредибилна побољшања у RSI-ју и другим параметрима, што указује да оваква интервенција није довољна за свеобухватно унапређење реактивних способности код младих фудбалера.

Иако су на финалном тестирању уочене тенденције ка већим вредностима висине скока у експерименталној групи, анализе које контролишу почетно стање испитаника нису показале кредибилну предност експерименталног у односу на контролни програм. Ово указује да уочене разлике не представљају доследан ефекат третмана, већ пре одражавају ограничену прецизност процене групних разлика у датом узорку. Истовремено, одсуство побољшања RSI-а, уз чак негативан тренд у експерименталној групи, сугерише да примењени спринтерски тренинг са оптерећењем није обезбедио специфичан стимулус неопходан за унапређење реактивних својстава мишићно-тетивног система. Како наводе Morin et al. (2017), принцип специфичности тренинга игра кључну улогу у трансферу адаптација на конкретне перформансе, при чему побољшање RSI-а захтева директно циљане SSC стимулусе са кратким временом контакта, какви су типични за плиометријске скокове. Сходно томе, напредак у висини скока без пратећих промена у RSI-ју не може се третирати као побољшана специфична реактивна способности, јер она заправо није била директно обухваћена експерименталним третманом. Додатно, треба истаћи да контролна група није показала кредибилне унутар-групне промене ни у једном параметру DJ скока. Овај налаз подржава хипотезу да уобичајени спринтерски тренинг, уколико се изводи без спољашњег отпора и при фиксном обиму, не представља довољно снажан стимулус за побољшање реактивне способности код младих фудбалера. У том контексту, индивидуализован програм који је примењен у експерименталној групи, прилагођен тренутном нивоу замора, може обезбедити већи стимулус и бољу ефикасност, јер поштује индивидуалну способност опоравка и одржава висок квалитет покрета током читавог тренинга. Праћење замора и одржавање техничког квалитета извођења вежби има за циљ да спортиста сваки покрет изводе што ефикасније.

8.3 ИЗОМЕТРИЈСКО ВУЧЕЊЕ СА НАТКОЛЕНИЦЕ

Изометријско вучење са натколенице (енг. mid-thigh pull - MTP) представља поуздану и широко коришћену методу за процену неуромишићне функције, укључујући максималну снагу и способност брзе продукције силе (Comfort, Dos'Santos, Thomas, McMahon & Suchomel, 2019). Код младих фудбалера, ове компоненте играју суштинску улогу у експлозивним акцијама као што су стартна убрзања, дуели и вертикална производња силе (McGuigan & Winchester, 2008). Због тога, процена и праћење ових капацитета кроз MTP је од кључног значаја за ефикасну процену ефеката различитих тренажних интервенција.

Поред савремених дефиниција RFD-a, концепт експлозивне снаге може се јасније разумети кроз класичну поделу коју су предложили Siff & Verkhoshansky (2009), који разликује максималну силу (Fmax), стартну снагу (starting-strength) и акцелерациону снагу (acceleration-strength). Стартна снага односи се на способност да се сила брзо развије на самом почетку контракције пре него што дође до спољашњег покрета, док акцелерациона снага представља способност да се током времена брзо достигне висок или максималан ниво силе, односно ефикасност развоја силе у каснијем делу напора. У том смислу, параметри MTP теста који одражавају развој силе у првим десетинкама секунде могу се посматрати као индикатори стартне снаге, док параметри који обухватају каснију динамику развоја силе представљају индикаторе акцелерационе снаге.

На иницијалном тестирању, утврђене су значајне разлике између група где је експериментална група показала је вишу максималну силу ($\beta = 0.61$; 95% CI [0.09, 1.14]; ROPE = 1%), што указује на полазну предност у капацитету да се продукује сила. Међутим, остали параметри, као што су индекс експлозивне снаге и градијент акцелерације, били су нижи у експерименталној групи, што сугерише хетерогеност у неуромишићним профилима на иницијалном тестирању. Такође, експериментална група је показала значајна побољшања у више кључних MTP параметара: индекс експлозивне снаге знатно је порастао ($\beta = 0.52$; 95% CI [0.15, 0.88]; ROPE = 0%), што указује да су играчи развили способност ефикаснијег генерисања силе у кратким временским интервалима. Практично посматрано, ово указује да након спроведеног програма испитаници остварују значајно бржи развој силе у иницијалној фази изометријске контракције. Оваква промена одражава побољшану

способност брзе неуромишићне активације, што је од посебног значаја за фудбал где се захтева експлозивно генерисање силе у ограниченом временском интервалу.

Ова побољшана брзина активације мишића је изузетно важна у ситуацијама које захтевају брзу реакцију, као што су стартна убрзања или скокови приликом ваздушних дуела. Резултати су даље показали да је максимална изометријска сила на MTP тесту била једини параметар који је достигао кредибилно већу вредност у корист експерименталне групе ($\beta = 0.70$; 95% CI [0.15, 1.22]; ROPE = 0%). Ово сугерише да је специфичан програм спринтерског тренинга са оптерећењем имао јасан позитиван ефекат у смислу развоја највећих нивоа силе које спортисти могу да генеришу. Иако остали показатељи (попут индекса експлозивне снаге и градијента силе) нису показали кредибилне разлике између група на финалном тесту, важно је нагласити да је и код њих тенденција промена била у корист експерименталне групе. Могуће је да би дужа интервенција или већи узорак испитаника довели до тога да и ови параметри достигну значајност. Треба узети у обзир и резултате бајесијевског ANCOVA модела, где су β-коефицијенти интервенције били умерене величине и са нешто већом неизвесношћу (ширим интервалима поверења). Другим речима, када се узму у обзир почетне разлике међу испитаницима, ефекти програма иако присутни, постају статистички мање изражени и конзистентни. Даље, забележено је да експериментална група надмашује контролну у погледу максималне силе, док се код експлозивних параметара такође уочава напредак, али се он статистички губи када се изврши корекција за иницијалне вредности. С друге стране, релативно умерени ефекти програма на остале компоненте експлозивности сугеришу да је тренинг са оптерећењем, иако користан, само један од фактора који утичу на свеукупни профил снаге и снаге-брзине и да индивидуалне разлике у адаптацији могу играти значајну улогу у томе који ће испитаници највише профитирати од оваквог вида тренинга. Поред тога, забележено је побољшање и градијента силе у почетној фази теста ($\beta = 0.33$; 95% CI [0.07, 0,57]; ROPE = 2%), што потврђује побољшање у стартном испољавању силе, што је један од главних индикатора експлозивне снаге (Comfort et al., 2019). Управо тај иницијални развој силе (често мерен као RFD у првих 100 ms изометријске контракције) сматра се једним од главних показатеља експлозивне снаге спортисте. У сагласности са овим су и резултати Dietze-Hermosa et al. (2025), где су упоређивани спринтерски тренинг са оптерећењем на леду и на сувом и контролна група током 8 недеља код младих хокејаша. У тој студији само

је група која је радила спринт са оптерећењем на сувом (санке са теговима) остварила значајно побољшање максималне силе на MTP тесту, и то за чак 12% ($p = 0.007$) у односу на почетну вредност. Ови налази јасно наглашавају да додатно оптерећење током спринтерског тренинга пружа специфичан стимулус за повећање укупне снаге, што класични спринтеви не могу у потпуности да обезбеде. Посматрано кроз теоријски оквир, налази указују да је интервенција имала јаснији ефекат на стартну компоненту снаге, док су промене у параметрима који одражавају каснији развој силе биле мање изражене и са већом неизвесношћу. Другим речима, играчи су након програма могли да произведу веће нивое силе и да брже развију силу у почетној фази напора, што је у функционалном смислу кључно у фудбалу, где су одлучујуће ситуације често временски ограничене на прве стотинке или десетинке секунде. Ово је у складу са приступом према коме се експлозивна снага најбоље интерпретира кроз облик и "нагиб" криве сила–време (Siff & Verkhoshansky, 2009). Иако у анализи није коришћен тренутни RFD као засебна варијаблу, индекси који су примењени (S-gradient и A-gradient), као и индекс експлозивне снаге, представљају његове практичне еквиваленте јер квантификују просечну брзину развоја силе у раној (стартној) и каснијој (акцелерационој) фази контракције (Siff & Verkhoshansky, 2009). Сагледавајући резултате без контроле иницијалних разлика, може се рећи да је индивидуализовани спринтерски тренинг са оптерећењем надмашио класични спринтерски тренинг у погледу унапређења максималне снаге и експлозивности код младих фудбалера. Ове позитивне промене код експерименталне групе су у сагласности са налазима ранијих истраживања која су се бавила спринтерским тренингом са додатним оптерећењем. На пример, Rumpf et al. (2012) су испитивали ефекте трчања узбрдо (као једног вида спринта са спољашњим оштерећењем) код младих спортиста и после програма у трајању од десет недеља, забележено је значајно побољшање у способности брзог развоја силе и експлозивној снази код испитаника из различитих спортова. Слично томе, Aagaard et al. (2002) су утврдили да интензиван програм тренинга снаге у трајању од 14 недеља може повећати RFD за око 15% ($p < 0.05$), уз пратеће неуромишићне адаптације као што је пораст у електромиографској активности мишића од 40–100% у првих 200 ms контракције. Програм примењен у овој дисертацији је имао сличну дужину трајања и резултирао је упоредивим процентуалним побољшањем код експерименталне групе, што упућује на то да су механизми можда исти, односно да је побољшана неуромишићна активација и координација. Може се

претпоставити да је дошло до повећања брзине паљења моторних јединица и ефективније синхронизације у раду главних мишића укључених у покрет, што омогућава испитаницима да брже достигну висок ниво силе. Поред тога, могуће је и да је услед тренинга дошло до повећања укочености (стифнеса) мишићно-тетивних јединица, чиме се сила ефикасније преноси при брзим покретима, а то је још један механизам који је такође повезан са побољшањем RFD-a (Maffiuletti et al. 2016). Такође, најновија истраживања у фудбалу показују да примена спринтерског тренинга са оптерећењем доводи до напретка у MTP перформансама. Hermosilla-Palma et al. (2025) спровели су шестонедељни програм спринтерског тренинга са оптерећењем и са различитим удаљеностима у односу на групу (10, 20 и 30 m, редом – али су све групе имале обим од 120 m по тренингу) код младих фудбалера, користећи оптерећења која код сваког испитаника смањују брзину трчања за 50%. Упркос разликама у дужини спринта, сви спортисти су остварили значајно повећање MTP параметара: максимална сила је порасла, а импулс (односно генерисана сила) у временским интервалима од 50 ms, 100 ms и 200 ms значајно се увећао. Конкретно, забележен је раст peak force (PF) уз велики ефекат ($p < 0.001$; $\eta p^2 = 0.62$), као и статистички значајан пораст импулса у 50 ms, 100 ms и 200 ms ($p < 0.001$) ($\eta p^2 = 0.57$, 0.60 и 0.67 редом), што указује на то да су испитаници постали снажнији и експлозивнији након спроведеног програма. Ови резултати потврђују да спринтеви са спољашњим оптерећењем могу побољшати не само спринтерске перформансе, већ и целокупан неуромишићни капацитет који се очитава у изометријским тестовима снаге и да је, с обзиром на то да су све групе са различитим дистанцама трчања показале побољшање, комбинација различитих дужина погодна за коришћење приликом оваквих и сличних програма.

8.4 СПРИНТ

Брзина трчања представља један од фундаменталних фактора који разликују успешне од мање успешних младих фудбалера, јер је савремена игра све бржа, а најкритичнији моменти у току утакмице најчешће зависе од способности играча да за кратко време достигне високу брзину (Faude, Koch & Meyer, 2012). Истраживања на елитном нивоу показала су да је управо праволинијски спринт најчешћи облик кретања који претходи постизању гола, било да га изводи стрелац или асистент, што указује на то да је способност акцелерације и развијања брзине директно повезана са ефикасношћу у завршници (Faude,

Koch & Meyer, 2012). За разлику од многих других моторичких способности које се могу развијати разноврсним тренинг-методама, брзина спринта је у великој мери специфична и захтева циљане стимулусе, па се у пракси најчешће користе спринтерски тренинг без оптерећења, који омогућава усавршавање технике, повећање фреквенције корака и побољшање неуромускуларне координације, и спринтерски тренинг са оптерећењем, који доприноси већем развоју хоризонталне силе, побољшању механичке ефикасности и оптимизацији спринта (Morin & Samozino, 2016; Petrakos, Morin & Egan, 2016). Управо ова комбинација чини основу савремених тренажних протокола јер омогућава да се на специфичан начин циљају различити сегменти спринта: спринтеви са оптерећењем највише утичу на убрзање у првих 5–10 m, док спринтеви без оптерећења омогућавају очување и усавршавање технике приликом већих брзина. Добијени резултати потврђују овај образац: код експерименталне групе дошло је до смањења времена на са малим забележеним ефектима и то: на 5 m са 1.17 ± 0.03 s на 1.16 ± 0.03 s (β = -0.36; 95% CI [-0.55, -0.17]; ROPE = 0%), на 10 m са 1.94 ± 0.05 s на 1.91 ± 0.05 s (β = -0.54; 95% CI [-0.69, -0.37]; ROPE = 0%) и на 20 m са 3.17 ± 0.06 s на 3.14 ± 0.07 s (β = -0.27; 95% CI [-0.41, -0.13]; ROPE = 0%). Иако је и у контролној групи дошло до побољшања, оно је било мање изражено уз, такође, мале ефекте: на 5 m време је смањено са 1.18 ± 0.03 s на 1.17 ± 0.03 s (β = -0.31; 95% CI [-0.51, -0.12]; ROPE = 0%), на 10 m са 1.94 ± 0.05 s на 1.93 ± 0.05 s (β = -0.24; 95% CI [-0.39, -0.10]; ROPE = 0%) и на 20 m са 3.23 ± 0.07 s на 3.21 ± 0.08 s (β = -0.18; 95% CI [-0.31, -0.04]; ROPE = 9%), а код обе групе је време трчања на 30 m показало тривијалне ефекте. Претпоставља се да оба примењена типа тренинга могу довести до побољшања спринтерске брзине, али да ће тренинг са додатним оптерећењем резултирати израженијим ефектима, нарочито у иницијалној фази убрзања (првих 10 m), услед циљаног повећања способности генерисања хоризонталне компоненте силе. Претходна истраживања пружају јаке доказе у прилог оваквим резултатима. West et al. (2013), у којој је 6-недељни програм спринтерског тренинга са оптерећењем у виду санки (12.6 % телесне масе) код професионалних рагбиста допринео значајном побољшању брзине трчања на 10 и 30 m ($p < 0.001$; $p = 0.003$) у односу на групу која је имала традиционални спринтерски тренинг. Упркос разлици у виду оптерећења (санке уместо прслука), резултати указују да спољашњи отпор, без обзира на облик, може позитивно утицати на испољавање вертикалне експлозивности. Механизми који стоје иза ових побољшања укључују већу активацију брзих мишићних влакана, побољшану

неуромишићну координацију, као и адаптације у цикличној и ацикличној продукцији силе. Слично томе, систематско прегледно истраживање које су спровели Petrakos et al. (2016) наводи да спринтерски тренинг са умереним оптерећењем (до 20% телесне масе) значајно побољшава акцелерацију код спортиста из различитих спортова. Такође, Chaalali et al. (2022) показали су да је код U-17 фудбалера „partner-towing“ протокол довео до смањења времена на 5 m за 6.31%, на 10 m за 5.73% и на 30 m за 2.00%, док је код контролне групе која је тренирала без отпора забележен минималан напредак. Мета-анализа коју су спровели Fernández-Galván et al. (2022) потврдила је да су спринтерски тренинзи са оптерећењем значајно побољшали акцелерацију (SMD ≈ −0.41), при чему је употреба прслука имала јачи ефекат (SMD ≈ −0.70) од употребе санки (SMD ≈ −0.27), али да није било значајних разлика у односу на спринтеве са оптерећењем уколико је укупан волумен био изједначен. Aldrich et al. (2024) су дошли до сличних резултата показавши да је разлика између ова два протокола минимална када су доза и волумен исти (Hedges' d ≈ 0.11). Ови налази указују да иако спринтерски тренинг са оптерећењем може имати одређене предности у почетној акцелерацији, он не доводи нужно до супериорних резултата на дужим дистанцама у односу на контролну групу или другу врсту протокола. Додатно, Carlos-Vivas et al. (2020) доказали су да вертикално оријентисани отпор доводи до већег побољшања у спринту и промени правца него хоризонтално оријентисан отпор, што указује на значај оријентације силе у односу на специфичне захтеве кретања. Када се резултати добијени у овој дисертацији упореде са наведеним истраживањима, јасно је да је већи напредак у раној акцелерацији код експерименталне групе у потпуности у складу са налазима Chaalali et al. (2022) и Fernández-Galván et al. (2022), као и да је одсуство значајнијих разлика на 20 m у складу са Aldrich et al. (2024). Разлике у налазима између студија могу се објаснити уз помоћ више фактора. Прво, статус биолошке зрелости игра важну улогу, јер је показано да је ефекат спринтерског тренинга значајно већи код играча након PHV у односу на оне пре PHV, што указује на то да је узраст један од потенцијалних модератора одговора на тренинг (Vetter, Yu & Foose, 2017). Ови резултати су у сагласностима са резултатима ове дисертације у којој су сви испитаници били у периоду након PHV. Друго, врста оптерећења такође одређује ефекат: прслук са теговима омогућава задржавање природније технике кретања у поређењу са санкама, које могу да измене кинематику корака, што се одражава на различите исходе. Треће, претпоставља се да ће индивидуални механички и неуромишићни профили

испитаника условити различите адаптивне одговоре на примењене тренажне стимулусе, тако да ће испитаници са израженим „дефицитом силе“ остварити већи тренажни бенефит при примени већих хоризонталних оптерећења, док ће испитаници са „дефицитом брзине“ показати повољнији одговор на мање отпоре и спринтерски рад без додатног оптерећења. Четврто, укупна структура тренинга и периодизација могу значајно утицати на резултате, јер комбиновање спринтева са плиометријом и снагом често доводи до већих ефеката него изоловани спринтерски тренинг. Чињеница да је код експерименталне групе забележено израженије побољшање у првих 10 m указује на потенцијални значај специфичне механичке стимулације у раној фази акцелерације, али истовремено сугерише да и класичан спринтерски тренинг може довести до значајних побољшања. Сходно томе, може се претпоставити да комбиновање ова два приступа има потенцијал да резултира повољнијим адаптацијама у спринтерским перформансама, у односу на примену само једне методе. Ово је у складу са препорукама Morin & Samozino (2016) који истичу да је оптималан приступ унапређењу брзине индивидуализовани програм који узима у обзир биолошку зрелост, профил силе и специфичне захтеве позиције у игри. Даље, резултати су показали да спринтеви и са и без оптерећења ефикасно унапређују брзину младих фудбалера, при чему је ефекат спринтева са оптерећењем израженији у почетној акцелерацији, док се разлике у каснијим фазама смањују, што је у складу са најрелевантнијим досадашњим налазима у литератури и да се највећи бенефити могу остварити кроз пажљиво програмирану комбинацију обе методе, што има важне практичне импликације за планирање тренинга у омладинским категоријама.

8.5 СПОСОБНОСТ ПОНОВЉЕНОГ СПРИНТА

Способност поновљеног спринта (енг. Repeated Sprint Ability - RSA) представља један од кључних физичких капацитета у савременом фудбалу. Она означава способност играча да више пута изведе краткотрајне спринтеве максималним интензитетом, са релативно кратким паузама између њих (Bishop, Girard & Mendez-Villanueva, 2011). Током утакмице, управо су такви поновљени спринтеви с непотпуним опоравком карактеристични за најинтензивније сегменте игре, попут брзих транзиција из одбране у напад или примене високог пресинга на противника (Bishop, Girard & Mendez-Villanueva, 2011). Rampinini et al. (2007) су показали да играчи бољих перформанси у RSA тестовима уједно остварују и већу

тоталну дистанцу у спринту и више високог интензитета током утакмице, што указује да RSA директно корелира са такмичарским захтевима фудбала. Стога, способност фудбалера да одржи квалитет више узастопних спринтева у великој мери доприноси њиховој укупној физичкој доминацији на мечу (Buchheit & Laursen, 2013).

С обзиром на значај RSA за успех у фудбалу, од великог је интереса како различите врсте тренинга могу побољшати ову способност. Из перспективе специфичности, логично је претпоставити да ће сам поновљени спринт-тренинг побољшати RSA. Насупрот томе, неки аутори су предложили да циљано унапређење појединачних фактора који ограничавају RSA, попут аеробног капацитета, брзине ресинтезе фосфокреатина, баферирања лактата, или неуромишићне снаге, може бити ефикаснији приступ (Bishop, Girard & Mendez-Villanueva, 2011). У реалности, RSA је сложена способност условљена и метаболичким и неуромишићним чиниоцима, те савремене препоруке истичу потребу комбиновања више тренажних садржаја. На пример, Bishop, Girard & Mendez-Villanueva (2011) препоручују да програм за побољшање RSA треба да укључи тренинг за унапређење брзине појединачног спринта (нпр. класични максимални спринтеви и плиометријске вежбе) и високоинтензивни интервални тренинг (~80–90% VO_2max) ради побољшања капацитета опоравка између спринтева. Оваква комбинација омогућава истовремени развој спринтерских способности и издржљивости, што су потврдили Taylor et al. (2015).

На иницијалном тестирању, није било кредибилних разлика између контролне и експерименталне групе у било ком RSA параметру, укључујући просечно време (ПВ), најбоље време (НВ), укупно време (УВ), и проценат опадања перформанси (ОП). Иако је стандардизовани ефекат за ПВ имао умерену негативну вредност (β = –0.44), кредибилни интервал је обухватао нулу, а ROPE износио 7 %, што указује на статистичку разлику која се не сматра кредибилном. Такође, код осталих параметара проценти ROPE-а и широки кредибилни интервали указују на практичну еквиваленцију између група. Ово је у складу са очекивањем да две групе имају сличне полазне капацитете, што је предуслов за поуздану процену ефеката интервенције (Handley, Lyles, McCulloch & Cattamanchi, 2018). Након програма, експериментална група је показала кредибилна побољшања у свим испитиваним RSA показатељима. Просечно време је значајно редуковано (β = –0.54), као и укупно време (β = –0.55), док су НВ и ОП такође забележили значајне, али мање изражене ефекте (β = –

0.24 и β = –0.42). Нарочито је важно побољшање у параметру процента опадања перформанси јер је управо тај аспект критичан у фудбалу, због честих спринтева са непотпуним опоравком који карактеришу најинтензивније сегменте игре, попут транзиције и високог пресинга (Rampinini et al., 2007). Према Buchheit и Laursen (2013), програми који доприносе одрживости перформанси током поновљених спринтева могу бити кључни за одржавање физичке доминације током утакмице. Супротно томе, контролна група није показала кредибилна побољшања ни у једном RSA параметру након спроведеног програма. На пример, за ПВ је β коефицијент износио –0.16, али је кредибилни интервал обухватао нулу, а 25 % постериорне расподеле налазило се унутар ROPE-а. Такође, и остали параметри укузују на благе позитивне тенденције, али недовољне да би се могле сматрати статистички или практично значајним. Ово указује на то да класични спринтерски тренинг, без додатног оптерећења и контроле замора, можда нема довољан стимулативни ефекат за побољшање специфичних компоненти RSA, као што је одрживост перформанси. Овај налаз је у складу са радовима Ruscello et al. (2013) и Taylor et al. (2016), који истичу да је за побољшање RSA потребан стимулус који обухвата и неуромишићне и метаболичке захтеве, што класичним спринтерским тренингом често није могуће развити у довољној мери. На финалном тестирању, највеће разлике између група уочене су у ПВ (β = –0.82) и УВ (β = –0.78), што указује на значајно боље укупно извођење експерименталне групе током серије спринтева. Као што је истакао Buchheit (2010), ПВ и УВ током RSA теста су поузданији индикатори тренинга и кондиционог статуса него НВ, које може бити под утицајем мотивације или случајне варијације. У сагласности са тим су и резултати Rey et al. (2017) који су током 6 недеља спровели спринтерски тренинг са оптерећењем у виду прслука (~19% телесне масе) и идентични тренинг без оптерећења код сениорских аматерских фудбалера. Оба тренажна програма су довела до побољшања резултата у варијаблама на RSA тесту, конкретно ПВ ($p < 0.001$; $d = 2.45$ и $d = 2.31$) и НВ ($p < 0.001$; $d = 2.15$ и $d = 3.12$, редом), док код процента опадања брзине није било значајног побољшања. Без обзира на овако добијене резултате, статистички значајних разлика између група није било. Ови резултати сугеришу да додатно оптерећење у спринту помаже у одржавању и унапређењу брзинских перформанси при крају сезоне, када би иначе дошло до пада брзине услед замора. Ипак, вреди напоменути да и традиционалан тренинг поновљених спринтева без оптерећења може значајно побољшати RSA ако је довољно специфичан. Тако је у студији

Buchheit et al. (2010) са младим фудбалерима (до 15 година) побољшано НВ у односу на групу која је спроводила вежбе експлозивне снаге (-2.90 ± 2.1 vs. -0.08 ± 3.3%, p = 0.04) и ПВ (-2.61 ± 2.8 vs. -0.75 ± 2.5%, p = 0.10, ES = 0.70). Укупно гледано, литература указује да спринтерски тренинг високог интензитета, био он са спољашњим отпором (прслуци, санке) или без њега, унапређује RSA перформансе фудбалера, при чему сами додаци оптерећења не гарантују супериоран ефекат у односу на друге програме. Даље, када се сагледају ефекти, након укључивања иницијалних резултата, уочљиво је кредибилно побољшање у ПВ, УВ и ОП (β = –0.34; ROPE ≤ 1 %), док једино НВ није достигао праг који се може сматрати кредибилним побољшањем (ROPE = 30 %). Ови резултати сугеришу да експериментални третман има супериоран ефекат на способност испитаника да одрже висок ниво перформанси током више узастопних спринтева чак и након контроле иницијалних разлика. Примена ANCOVA модела омогућила је изоловање ефеката третмана, што даје додатну снагу налазима и потврђује да се побољшања могу поуздано приписати примењеној интервенцији.

Поред неуромишићних прилагођавања (попут пораста експлозивне снаге и брзине акцелерације), спринтерски тренинг са оптерећењем вероватно је допринео и метаболичким адаптацијама које су релевантне за RSA. Иако су испитаници експерименталне групе избегавали екстремни замор током самог тренинга, и даље су спринтеви рађени са оптерећењем представљали висок интензитет који ангажује анаеробне енергетске системе. Сходно томе, може се претпоставити да је примењени програм са оптерећењем допринео и побољшаној метаболичкој ефикасности, тј., да су играчи експерименталне групе након програма могли брже да се опораве између спринтева и продукују мање метаболита за исти спринтерски рад. Такви резултати су забележени и у овој дисертацији јер је експериментална група у просеку трчала брже него раније, чиме је снижено и укупно време, док је најбржи остварени спринт остао сличан иницијалном. Такође, Fernandez-Galvan et al. (2022) показала је да је код младих фудбалера спринтерски тренинг са оптерећењем ефикасан у побољшању перформанси (нарочито у фази убрзања), али да ти бенефити нису већи од оних које пружа класичан спринтерски тренинг без оптерећења. Конкретно, утврђено је да су и мања оптерећења (<20% ТМ) и већа оптерећења (≥20% ТМ) довела до малог смањења времена спринта на 5 и 20 m, при чему је употреба прслука са теговима дала нешто већи ефекат на убрзање у поређењу са групама чије је оптерећење било у виду санки

са теговима. Ипак, у просечном спринту преко целе дистанце (нпр. 30 m), разлике између тренажних метода практично није било. Ови резултати сугеришу да су млади фудбалери способни да остваре значајан напредак у RSA и самом спринту и кроз традиционалне спринтерске тренинге и кроз спринтерске тренинге са спољашњим оптерећењем, под условом да је тренинг адекватно дозиран и да се спроводи довољно дуго.

8.6 АГИЛНОСТ

Агилност представља једну од кључних моторичких способности у фудбалу јер омогућава играчима да брзо и ефикасно мењају правац кретања приликом великих брзина, одговарајући на тактичке захтеве утакмице као што су брзе транзиције, пресинг, дриблинг и дуели (Sheppard & Young, 2006). Код младих фудбалера, развој агилности је посебно важан јер омогућава да се на основу оптималног стицања моторичких и когнитивних способности у адолесценцији постави основа за касније професионални ниво игре. У том контексту, спринтерски тренинг са и без оптерећења може имати значајан ефекат. Спринтеви без оптерећења омогућавају усавршавање технике и побољшање неуромишићне координације, што је предуслов за брзе промене правца, док спринтеви са оптерећењем повећавају хоризонталну силу и специфичну експлозивност, што омогућава ефикасније убрзавање и успоравање, као и бољу контролу тела у наглим променама правца кретања (Chaouachi et al., 2014).

Резултати истраживања показали су умерена побољшања у агилности након интервенције, али са различитим степеном унутар и између група док на иницијалном мерењу није било кредибилних разлика између контролне и експерименталне групе. У тесту 4 × 5 m, контролна група је постигла време од 5.60 ± 0.20 s, а експериментална 5.51 ± 0.22 s, док је у слалом тесту контролна имала 5.85 ± 0.16 s, а експериментална 5.76 ± 0.21 s. Разлике су биле праћене малим ефектима (β = −0.42 за 4 × 5 m и β = −0.39 за слалом), али са интервалима који обухватају нулу, што указује на одсуство иницијалне предности. Након интервенције, унутар-групне промене експерименталне групе показале су кредибилна побољшања: у тесту 4 × 5 m време је смањено са 5.51 ± 0.22 s на 5.48 ± 0.22 s (β = −0.15; 95% CI [−0.22, −0.09]), док је у слалом тесту време смањено са 5.76 ± 0.21 s на 5.73 ± 0.21 s (β = −0.16; 95% CI [−0.25, −0.06]). Контролна група је такође забележила статистички кредибилна побољшања, али су она имала високе ROPE проценте (64% у 4 × 5 m и 38% у

слалому), што указује да су ефекти вероватно практично нејасни. На финалном мерењу експериментална група показала је боље резултате у 4 × 5 m (5.48 ± 0.22 s у односу на 5.58 ± 0.19 s у контролној; β = −0.49; 95% CI [−1.03, −0.02]), док је у слалом тесту забележена тенденција у корист експерименталне групе (β = −0.44), али без кредибилног побољшања. Међутим, када су иницијалне вредности узете као коваријата (ANCOVA), ефекти су били тривијални (β = −0.08 за 4 × 5 m; β = −0.04 за слалом), уз високе ROPE проценте (68% и 83%), што указује на практичну еквиваленцију и одсуство систематичне предности експерименталног протокола. He et al. (2025) су у својој мета-анализи показали да спринтерски тренинг са оптерећењем може довести до статистички значајног, али углавном малог побољшања агилности код фудбалера, са укупним стандардизованим ефектом од приближно SMD ≈ −0.31 (95% CI [−0.44, −0.17]), уз минималну хетерогеност. У истој анализи уочен је нешто израженији ефекат код 4 × 5 m и слалом тестова који укључују честе промене правца и кратке сегменте убрзања. Мала, али кредибилна унутар-групна побољшања у експерименталној групи ове дисертације, уз тривијалне међу-групне ефекте након контроле иницијалних вредности се уклапају у овај општи шаблон умерених ефеката оваквог типа тренинга на агилност. Слични резултати добијени су и од стране Mainer-Pardos et al. (2024) који су обухватили искључиво мушке фудбалере и процењивали ефекте различитих програма спринтерског тренинга са оптерећењем на агилност. Аутори су показали да програми који укључују умерен до високи интензитет могу довести до умерених побољшања на тестовима агилности (нпр. за протоколе са ≤2 сесије недељно пријављен је ефекат ES ≈ −0.92; 95% CI [−1.63, −0.20]). Ови налази указују да је побољшање агилности реалистичан, али не нужно велики исход оваквих експерименталних протокола, што је у складу са резултатима ове дисертације. Даље, Rodríguez-Osorio et al. (2019) су утврђивали ефекте спринтерског тренинга без оптерећења, са умереним и вликим оптерећењем (0%, 12,5% и 50% телесне масе) на агилност код фудбалера. Они су утврдили да је управо умерено оптерећење довело до значајног побољшања у тестовима L-RUN и V-CUT, док су групе без и са великим оптерећењем показале тривијалне или нејасне промене у перформансама. Овај образац је сличан резултатима добијеним у овој дисертацији по томе што ни класични спринт (без оптерећења) ни релативно тешка оптерећења не морају нужно да обезбеде максималан трансфер на агилност, већ је потребно прецизно дозирање оптерећења. McMorrow et al. (2019) допуњују ове налазе из перспективе професионалног

фудбала и великог хоризонталног оптерећења. У њиховој студији, током шестонедељног периода у такмичарској сезони, једна група је имала спринтерскиг тренинг са оптерећењем у виду санки са теговима (30% телесне масе) (CCT), док је друга група имала традиционални спринтерски тренинг без оптерећења (TCT). Обе групе су побољшале у тесту 9-3-6-3-9 (CCT: ≈ −3.7%; TCT: ≈ −3.3%), при чему су ефекти били оцењени као „највероватније умерени“ до „највероватније велики“, али су између-групне разлике остале нејасне. То имплицира да велико хоризонтално оптерећење није донело јасну додатну корист у односу на добро структуиран спринтерски тренинг без оптерећења, што је готово идентичан образац ономе који је уочен у овој дисертацији: експериментална група је показала нешто боље вредности на финалном тестирању, али су након контроле иницијалних резултата ти ефекти били тривијални и углавном унутар ROPE-а.

Када се сви ови налази сумирају, може се рећи да се резултати највише поклапају са студијама у којима: (а) укупни обим и интензитет тренинга са оптерећењем нису били значајно већи у односу на класичан спринтерски тренинг, и (б) протокол није био строго усмерен на специфичне маневре промене правца, већ пре свега на линеарну акцелерацију (McMorrow et al., 2019). Насупрот томе, студије у којима је примењен специфичан тренинг са променом правца и умереним оптерећењем (нпр. 12,5% телесне масе у студији Rodríguez-Osorio et al., 2019) или у којима је структура програма јасно оптимизована за агилност (фреквенција, број понављања, одмор, дистанца и углови промене правца) показују веће ефекте него што је забележено у овој дисертацији (Mainer-Pardos et al., 2024). То сугерише да сама примена оптерећења током спринта није довољна да се постигну значајна побољшања у агилности, односно, неопходно је да се оптерећење индивидуализује и комбинује са високо специфичним задацима. Умерена оптерећења, као у студији Rodríguez-Osorio et al. (2019), вероватно омогућавају да брзина кретања остане довољно висока да се задржи техничка специфичност која се уочава код агилности, док истовремено повећавају захтеве за хоризонталном силом, кочним импулсом и искоришћењем еластичне енергије у фази промене правца. Насупрот томе, велика оптерећења (30–50% телесне масе и више) снижавају брзину извођења, мењају оптималан образац постављања стопала, угао трупа и временску структуру корака, што смањује пренос на брзе, такмичарски релевантне ситуације (He et al., 2025; McMorrow et al., 2019). Овоме треба додати да подаци указују да на величину ефеката значајно утичу старост и ниво такмичарског искуства играча, дужина

трајања програма (≤ или > 6 недеља), број сесија недељно и тип оптерећења (вертикално, нпр. прслук, наспрам хоризонталног, нпр. санке) (He et al., 2025; Mainer-Pardos et al., 2024). То у великој мери може објаснити зашто су ефекти добијени на узорку младих фудбалера умерени и практично еквивалентни класичном спринтерском тренингу када се контролишу иницијалне разлике. Протокол, иако укључује прслуке са оптерећењем, вероватно није садржао оптималну комбинацију оптерећења, структуре задатака и укупног тренажног стреса потребних за постизање већих ефеката када је у питању агилност. Разлике могу бити и последица више фактора: релативно кратког трајања интервенције, релативно ниског оптерећења, као и статуса зрелости испитаника. Доказано је да је способност да се тренира агилности повезана са фазом биолошког сазревања, при чему играчи у post-PHV фази имају већи потенцијал за побољшања у сложеним моторичким способностима (Lloyd et al., 2016). Додатно, мерење агилности у овом истраживању базирано је на 4 × 5 m и слалом тестовима, који имају своја ограничења у смислу специфичности у односу на фудбал-специфичне ситуације, док би тестови са реактивним компонентама можда показали већу осетљивост. Резултати даље показују да спринтерски тренинг, са и без оптерећења, може довести до побољшања агилности код младих фудбалера, али да ефекти нису супериорни и да након контроле иницијалних разлика нема јасне супериорности експерименталне групе. Упоређени са претходним студијама, резултати указују да је овај тип тренинга користан, али вероватно најбоље делује у комбинацији са другим методама као што су плиометрија и вежбама специфичним за промену правца. Практична импликација је да тренери могу да користе спринтеве са оптерећењем као допуну у раду на агилности, али да не очекују значајно већи ефекат у односу на класичне спринтерске тренинге без оптерећења, осим ако се програм не индивидуализује у складу са биолошком зрелошћу и механичким профилом играча.

8.7 F-V ПРОФИЛ

Профил силе и брзине (F–V) представља суштински параметар у процени спринтерског и експлозивног капацитета младих фудбалера, јер интегрише способност продукције хоризонталне силе (F_0), њене промене у односу на брзину (DRF), као и теоријску максималну брзину (V_0), чиме се добија свеобухватна слика механичког капацитета током убрзања (Morin & Samozino, 2016). Управо због тога, F–V профили представљају све популарнији алат за праћење ефеката тренинга код спортова у којима су кратки и интензивни спринтеви кључни, попут фудбала (Jiménez-Reyes et al., 2019).

На иницијалном тестирању, експериментална група је показала боље вредности у неколико параметара. Теоријска максимална брзина (V_0) била је виша у експерименталној групи за β = 0.70 (β = 0.49; 95% CI [0.35, 0.64]; ROPE = 0%), као и коефицијент очувања хоризонталне силе при порасту брзине (DRF), који је такође био кредибилно већи (β = 0.49; 95% CI [0.05, 0.93]; ROPE = 2%). Критична дистанца за достизање 90% максималне брзине ($V_{(critical)}$) и доња граница зоне снаге ($P90_{(lower)}$) такође су биле израженије у корист експерименталне групе (β = 0.49; ROPE = 3% и β = 0.59; ROPE = 1%), што указује на већи капацитет за дугорочно одржавање субмаксималне брзине и снаге. Са друге стране, контролна група је имала вишу вредност за параметар P_{peak}, односно дистанцу на којој се достиже врхунац снаге (β = 0.47; ROPE = 2%). Иако битан, овај параметар генерално не указује нужно на бољи укупан резултат извођења. Као што је видљиво на Графикону 6. (панел D), код испитаника са идентификационим бројем (ID) 30 који, иако достиже пик снаге касније од осталих истапиника, најдуже одржава достигнуту вредност. Иако теоријска максимална брзина (V_0) није показала статистички значајну промену (β = -0.11; 95% CI [-0.22, 0.00]; ROPE = 42%) код експерименталне групе, параметри повезани са одржавањем снаге и ефикасношћу убрзања су показали значајна побољшања. Конкретно, критична дистанца за достицање 90% максималне снаге ($V_{critical}$) смањена је за 0.37 m (β = -0.30; 95% CI [-0.44, -0.16]; ROPE = 0%), док је горња граница снаге од 90% ($P90_{upper}$) смањена за 0.34 m (β = -0.31; 95% CI [-0.45, -0.18]; ROPE = 0%). Ови резултати указују да су играчи након интервенције успевали да достигну висок проценат своје укупне снаге у краћем времену и на краћој дистанци, што представља индикатор ефикаснијег убрзања. Практично, то значи да играчи могу брже реаговати, убрзати и маневрисати у ограниченом простору, што

представља суштинску предност у савременој игри. На финалном тестирању забележена је једна кредибилна разлика између група у оквиру F–V профила: експериментална група је показала значајно вишу вредност теоријске максималне брзине (V_0), са β = 0.62; 95% CI [0.18, 1.04]; ROPE = 0%, што указује на поуздано боље капацитете за развој брзине у завршној фази убрзања у односу на контролну групу. Остале променљиве, иако у већини случајева благо фаворизују експерименталну групу, нису испољиле кредибилне разлике јер су њихови 95% CI обухватали нулу, а ROPE вредности биле високе. На пример, за максималну механичку снагу (P_{max}) добијен је ефекат β = 0.44 [–0.08, 0.95]; ROPE = 8%, што указује на тенденцију побољшања, али не и на поуздану разлику. Слично томе, параметри који указују на ефикасност у продуковању хоризонталне силе током спринта – PF (β = 0.06 [–0.46, 0.51]; ROPE = 32%) и DRF (β = 0.33 [–0.12, 0.77]; ROPE = 12%) – показују тривијалне и мале ефекте у корист експерименталне групе, али уз висок степен практичке еквиваленције. Када су у питању резултати без узимања у обзир иницијалних разлика, најзначајнији исход интервенције у F–V контексту огледа се у унапређењу V_0, што указује на то да је спринтерски тренинг са оптерећењем имао позитиван ефекат на способности фудбалера да развијају брзину у условима минималног отпора. Даље, након контроле иницијалних вредности разлика између група, F–V параметари су били унутар граница практичне еквивалентности. Иако је β коефицијент за F_0 и Pmax били позитивни, њихови 95% CI обухватали су нулу, а проценат ROPE-а је био висок. То значи да интервенција није довела до великих разлика између група када се полазна тачка контролише, што може бити последица иницијалне предности експерименталне групе. Директно поређење са сличним студијама није могуће али доступна литература указује на трендове који се подударају без обзира на то што су програми или узорак испитаника били различити. Lahti et al. (2020) су спровели програм спринтерског тренинга са оптерећењем у виду санки са теговима са оптерећењем довољним да смањи брзину трчања 70-80% код младих рагби играча и утврдили су позитивне адаптације у више варијабли F-V профила, при чему је најзначајније побољшање забележено у параметру теоријске максималне брзине (V_0). Конкретно, V_0 се повећао за 3.21 ± 2.37%, уз статистички значајну разлику (p = 0.02) и умерену величину ефекта (ES = 0.70; 95% CI: –0.34 до 1.74). Иако није утврђена статистичка значајност за преостале параметре, забележени су умерени до велики ефекти. Теоријска максимална сила (F_0) порасла је за 8.95 ± 13.2%), уз ES = 1.13 (95% CI: 0.02–2.24), али без статистички

значајне промене (p = 0.22). Слично томе, максимална механичка снага (Pmax) се повећала за 9.21 ± 12.0%, (ES = 1.58; 95% CI: 0.40–2.76), али такође без статистичке значајности (p = 0.17). Нагиб F–V профила ($-F_0/v_0$) показао је смањење од 9.00 ± 15.3% (ES = -1.01; 95% CI: -2.11 до 0.08), али без достигнуте статистичке значајности (p = 0.08), што указује на потенцијално повољну промену у правцу експлозивнијег профила силе. Ови резултати указују на то да тренинг са оптерећењем може довести до значајног унапређења брзинских капацитета, а потенцијално и других механичких параметара, уз потребу за већим узорком испитаника како би се потврдиле све уочене промене. Даље, Cahill et al. (2020) су са групом младих спортиста (16.9 ± 0.8 год) из различитих спортова спровели програм спринтерског тренинга са оптерећењем у виду санки са теговима 2 пута недељно у трајању од 8 недеља. Резултати су показали да се максимална теоријска сила (F_0) значајно повећала у групама са средњим (оптерећење које смањује брзину трчања за 50%) (+10.7%; p = 0.001) и великим оптерећењем (оптерећење које смањује брзину трчања за 75%) (+17.3%; p < 0.001), док није било значајних промена у групи са мањим оптерећењем (оптерећење које смањује брзину трчања за 25%) нити у контролној групи која је радила програм без додатне тежине. Максимална брзина (V_0) смањена је у групи са великим оптерећењем (–5.5%; p = 0.002), док је порасла у контролној групи (+2.3%; p = 0.024). Максимална теоретска снага (P_{max}) значајно је повећана у свим групама са оптерећењем: лака (+5.5%; p = 0.014), средња (+10.2%; p = 0.002) и тешка (+11.6%; p = 0.001), док у групи без оптерећења није било значајне промене. За максималну теоријску силу (F_0) вероватноћа побољшања је умерена у групи која је радила без додатног оптерећења (0.51; 95% CI: 0.30–0.73) и расте у групи са лаким отпором (0.68; 0.48–0.84), док код умереног и тешког отпора достиже високе вредности (0.80; 0.61–0.93 и 0.79; 0.56–0.93), што указује да је управо спринтерски тренинг са оптерећењем, посебно са већим, бољи за повећање F_0. Насупрот томе, максимална брзина (Vmax) показује ниску до умерену вероватноћу побољшања у свим групама – од 0.33 (0.14–0.56) и 0.32 (0.15–0.52) у групи без додатног оптерећења и групи са мањим оптерећењем, до 0.56 (0.36–0.75) и 0.69 (0.47–0.87) у групама са средњим и великим оптерећењима, што указује да ни један тип протокола није поуздано утицао на V_{max}. Са друге стране, максимална теоријска снага (Pmax) има умерену вероватноћу побољшања у групи без оптерећења (0.59; 0.37–0.79), док све групе са оптерећењем прелазе праг од 0.75: група са малим оптерећењем - 0.78 (0.59–0.92), група са средњим оптерећењем - 0.81 (0.62–0.94) и

група са великим оптерећењем - 0.80 (0.58–0.94). То значи да је примена отпора при спринту, без обзира на величину оптерећења, врло вероватно довела до повећања Pmax, при чему су ефекти најконстантнији код умереног оптерећења, док је спринт без оптерећења довео до знатно мање поузданих побољшања и у F_0 и у P_{max}. Ови резултати указују да оптерећење утиче на различите компоненте F-V профила у зависности од његовог интензитета, при чему тежа оптерећења фаворизују развој силе и снаге, али могу умањити брзинске капацитете. Са друге стране, Hernandez-Martin et al. (2025) су пратили промене у F-V профилу код младих фудбалера (U16 и U18) током целе сезоне. Утврдили су да су током три периода максимална сила (F_0) и максимална снага (P_{max}) у оба узраста значајно повећане од почетка до краја сезоне; код групе U16 F_0 и P_{max} достижу највише вредности средином сезоне, након чега благо опадају до краја сезоне (али остају више него у почетном периоду), док U18 показује континуиран пораст ових параметара до краја сезоне. Насупрот томе, теоријска максимална брзина (V_0) није побољшана: уочен је значајан пад V_0 средином сезоне у обе групе, а до краја сезоне V_0 је остала слична или нешто нижа него на почетку (без статистички значајног нето повећања). Сходно томе, нагиб F–V односа (FV-slope) привремено се повећава средином сезоне; на финалном мерењу, код U16 се овај параметар враћа близу почетне вредности (без значајне разлике), док је код U18 FV-slope и даље знатно стрмији него на почетку, што указује на профил више оријентисан на силу. Максимални однос хоризонталне и резултујуће силе (RFpeak) није показао значајне промене током сезоне ни у једној групи, уз само благе осцилације (привремени пад средином сезоне и повратак на почетни ниво до краја сезоне). Овако добијени резултати указују на то да сам фудбалски тренинг није довољан како би се одржали или побољшали параметри F-V профила и да су вредности мање на крају сезоне него на средини или почетку. Овај рад је од изузетне важности јер је програм ове докторске дисертације спроведен у последња 3 месеца такмичарске сезоне и доприноси чињеници да је услед специфичног програма могуће унапредити одређене параметре, упркос потенцијалном паду форме услед умора. Када се упореде сва претходна истраживања, уочавају се сличности у правцу промене Pmax, F_0 и DRF, али и разлике у степену адаптације V_0 и критичне дистанце. Потенцијални разлози за ова одступања могу укључивати дужину интервенције као и начин дозирања оптерећења. Индивидуализовани спринтерски тренинг са оптерећењем који се базира на критеријуму опадања брзине има потенцијал да побољша механичке капацитете

у складу са F–V профилом код младих фудбалера, посебно у домену очувања хоризонталне силе и производње механичке снаге, што се поклапа са налазима ранијих студија и пружа додатну подршку примени оваквих интервенција у тренажном процесу.

8.8 НЕУРОМИШИЋНИ ПАРАМЕТРИ

Тензиомиографија (TMG) представља поуздану и неинвазивну методу за процену контрактилних својстава мишића, која укључују параметре као што су максимална радијална деформација (Dm), време контракције (Tc), време кашњења (Td), трајање релаксације (Tr) и време одржавања контракције (Ts). Ови параметри су од великог значаја у фудбалу јер омогућавају увид у мишићни тонус, брзину активирања и релаксације, као и потенцијал за експлозивне покрете и превенцију повреда (García-García et al., 2019). Код младих фудбалера праћење TMG параметара омогућава да се уочи ефекат тренинга на неуромишићну адаптацију током критичних периода развоја.

Спринтерски тренинг без оптерећења побољшава неуромишићну ефикасност кроз бољу координацију моторичких јединица и повећану брзину активирања мишића, док спринтеви са оптерећењем (нпр. са прслуцима или са отпором) повећавају механичко оптерећење и доводе до већег захтева у производњи силе, што може утицати на Dm и Tc параметре (Morin & Samozino, 2016). Овакви протоколи имају потенцијал да унапреде мишићну крутост, побољшају способност експлозивног убрзања и утичу на бржу неуромускулну реакцију, што је од кључног значаја за брзину и промену правца у фудбалу (Jiménez-Reyes et al., 2019). Резултати су показали да након једанаестонедељне интервенције није било кредибилних промена у TMG параметрима испитиваних мишића код младих фудбалера. Иницијално мерење показало је практичку еквивалентност између експерименталне и контролне групе у свим испитиваним параметрима (нпр. Dm rectus femoris: 5.77 ± 2.02 mm vs 5.69 ± 1.97 mm; Tc vastus lateralis: 21.19 ± 3.76 ms vs 23.53 ± 12.92 ms). Унутар-групне промене након интервенције нису показале кредибилне ефекте ни у експерименталној ни у контролној групи (β-коефицијенти ≈ 0; ROPE > 80% у већини параметара). На финалном мерењу, међугрупне разлике такође нису биле значајне, што је потврђено и бајесијевском ANCOVA анализом након контроле иницијалних вредности. То сугерише да протокол спринтерског тренинга са и без оптерећења није довео до системских промена у контрактилним својствима испитиваних мишића.

Претходна истраживања која су испитивала ефекат тренинга на TMG параметре код младих фудбалера су релативно ретка, али постоје студије које могу обезбедити значајан контекст за анализу. Gutiérrez-Vargas et al. (2020) су код младих фудбалера (17.9 ± 1.0 година) спроводили 8 недеља "harness resistance" тренинга (спринтеви уз отпор појасом) 3 пута недељно. Упркос додатном оптерећењу током трчања, нису забележене значајне промене ни у Tc ни у Dm десног и левог m. rectus femoris, biceps femoris и gastrocnemius lateralis (нпр. Tc RF: p = 0.88–0.91; Dm RF: p = 0.91; Dm BF: p = 0.06). Ови резултати су у складу са налазима ове дисертације и сугеришу да, чак и када се убрзања изводе са спољашњим оптерећењем, механичка својства мишића у мировању мерена TMG-ом остају релативно стабилна, бар у кратком до средњерочном периоду код младих фудбалера. Даље, Fernández-Baeza et al. (2022) су спровели 8-недељни индивидуализовани програм јачања задње ложе заснован на TMG процени и показали да специфично усмерен тренинг може да измени контрактилна својства. У експерименталној групи забележено је смањење Tc и Dm m. semitendinosus и biceps femoris (нпр. Dm m. biceps femoris је опао приближно са ≈5.3 на ≈4.8 mm, док је Tc m. semitendinosus смањен за неколико милисекунди). Њихов протокол је био директно усмерен на мишиће задње ложе, са већим локалним механичким оптерећењем и дужим временом под напоном, што вероватно објашњава зашто су регистроване TMG промене, док спринтерски протокол коришћен у овој дисертацији, иако брз и захтеван, није довео до довољно великих морфолошких адаптација у испитиваним мишићима. Rusu et al. (2013) су код младих фудбалера поредили два модела тренинга снаге: изометријско-концентрични (ИК) и концентрични тренинг (КТ) и показали да различита структура оптерећења може довести до различитих промена у TMG параметрима. У ИК групи Tc m. rectus femoris-a се смањио за ≈2.1% на десној и ≈1.7% на левој нози, док је Dm повећан за ≈4.3% (десна) и ≈2.0% (лева). Насупрот томе, у КТ групи Tc је повећан за 11–17%, а Dm се смањио за 15–22%. Аутори су ове промене тумачили као одраз различитог односа тип I и тип II моторних јединица и промене мишићног тонуса. У поређењу са тим резултатима, одсуство значајних померања Tc и Dm у указује да спринтерски тренинг, чак и када је спроведен са додатним оптерећењем, вероватно не ствара довољно дуге и континуиране фазе напона да би изазвао сличне промене у контрактилним карактеристикама мишића у мировању. Супротно томе, Zubac и Šimunič (2017) су након 8 недеља плиометријског тренинга забележили значајно смањење Tc и Dm више мишића доњих екстремитета,

паралелно са побољшањем висине скока, што указује на повећану крутост мишића и бржу продукцију силе. Слично, De Paula Simola et al. (2015) и Wilson et al. (2019) показали су да интензивни протоколи са великим обимом и ексцентричним компонентама доводе до смањења Dm (већа крутост) и понекад скраћивања Tc, док су протоколи са мањим механичким оптерећењем чешће повезани са минималним променама. Резултати су ближи налазима Gutiérrez-Vargas et al. (2020) и делимично Wilson et al. (2019) за Tc, и сугеришу да спринтерски тренинг са прслуцима у дози која је примењена у овом истраживању није довела до довољно великог повећања крутости мишића да би се то регистровало кроз Dm и Tc. Посебно је важно напоменути да више прегледних радова указује да су TMG параметри релативно стабилни и снажно повезани са типом мишићних влакана и архитектуром мишића, те да се значајније мењају углавном када је тренинг усмерен на хипертрофију или специфичне мишићне групе (García-García et al., 2019; Macgregor et al., 2018; Paravlić, 2025; Fernández-Baeza et al., 2024). Paravlić (2025) је показао да се вредности Dm и Tc за квадрицепс и задњу ложу најчешће крећу у релативно уском опсегу, а да су разлике између студија више повезане са нивоом такмичарског оптерећења и позицијом него са једним појединачним тренажним циклусом. Иницијални резултати (нпр. Dm m. rectus femoris ≈5.7 mm; Tc vastus lateralis ≈21–23 ms) добро се уклапају у референтне вредности за младе фудбалере и остали су практично непромењени након интервенције, што додатно подржава тезу да су уочена побољшања у спринту и агилности вероватно посредована пре свега неуронским и техничким адаптацијама, а не значајним структурним ремоделовањем мишића у мировању. Ово истраживање указује да, иако спринтерски тренинг са оптерећењем може побољшати перформансе (нпр. спринт, агилност) код младих фудбалера, он не мора нужно да модификује базична контрактилна својства мишића мерена у пасивним условима TMG-ом. Ово подржава улогу TMG-а као алата за праћење ризика од повреда, замора и структурних адаптација, али истовремено указује да се најфиније неуронске и техничке промене, карактеристичне за спринтерски тренинг, вероватно боље мере кроз кинематичке, кинетичке и перформансне мере него кроз мишићна својства у мировању.

8.9 ЛИМИТИРАНОСТ СТУДИЈЕ

Као и сва експериментална истраживања у теренским условима, и ово истраживање има своја ограничења која је неопходно уважити приликом тумачења резултата. Прво, узорак је био релативно мали и хомоген, чинили су га млади мушки фудбалери једног клуба (кадети и омладинци), који су тренирали у истом тренажном и такмичарском окружењу. Оваква структура узорка повећава унутрашњу валидност, али истовремено ограничава могућност генерализације резултата на друге узрасте, женски пол, фудбалере нижег или вишег ранга такмичења, као и на друге спортове. Друго, експериментални програм је спровођен у реалним условима такмичарске сезоне, у оквиру већ постојећег микроциклуса. Током 11 недеља, испитаници су, поред 22 специфична спринтерска тренинга, реализовали и око 60 регуларних тимских тренинга и 11 такмичарских утакмица, што је неминовно уносило додатне варијабле у укупно тренажно оптерећење. Иако је програм пажљиво интегрисан у календар клуба, немогуће је било у потпуности контролисати спољашње и унутрашње оптерећење (умор од утакмица, школске обавезе, сан, исхрана), што потенцијално утиче на адаптацију и варијабилност одговора на тренинг. Треће, иако је величина узорка планирана на основу симулационе студије и бајесијевски приступ омогућава информативнију процену неизвесности, поједини ефекти су остали „на граници“ кредибилности, односно, са ширим интервалима и високим ROPE процентима, посебно код појединих параметара CMJ, DJ, агилности и F–V профила. То значи да студија није имала довољну моћ да поуздано детектује суптилније ефекте интервенције, па се неки делови морају посматрати као тенденције, а не као дефинитивни докази. Четврто, мерење неуромишићних параметара било је ограничено на TMG процену четири мишића доњих екстремитета и F–V профилисање засновано на тесту спринта. TMG мерења су реализована у мировању и у стандардизованим условима, без процене промена под замором или након утакмица, што ограничава увид у функционалне адаптације у реалним такмичарским условима. Поред тога, F–V профил је индиректно процењен на основу пролазних времена, без директног мерења силе на платформи, што уноси одређени ниво грешке у мерењу. Пето, иако је примењен индивидуализовани модел дозирања оптерећења, заснован на тренутној брзини и праћењу опадања перформанса, коришћен је један тип носивог оптерећења (прслук) и једна специфична комбинација учесталости, трајања и интензитета. Нису

поређени различити проценти оптерећења, различити праг опадања брзине, нити комбинације са другим типовима тренинга снаге и плиометрије, што ограничава могућност формулисања прецизнијих препорука о „најбољој“ дози и структури програма. Коначно, студија није укључивала дугорочно праћење ефеката, промене током целе сезоне, нити податке о повредама и такмичарским перформансама (GPS параметри на утакмицама, статистика игре). Због тога се добијени резултати могу посматрати као краткорочни ефекти 11-недељног програма, али без јасног увида у њихову стабилност, трансфер на такмичарску ефикасност и потенцијални ризик од повреда.

8.10 БУДУЋЕ ПРЕПОРУКЕ

Полазећи од наведених ограничења и добијених резултата, отвара се више смерница за будућа истраживања у области спринтерског тренинга са оптерећењем код фудбалера. Пре свега, потребно је спровести студије са већим и разноврснијим узорком, које би обухватиле више клубова, различите нивое такмичења и обе полне и више старосних категорија. На тај начин би се проверило да ли ефекти уочени у овој студији важе и у другим контекстима и да ли узраст, пол и ниво такмичења модификују одговор на овај тип тренинга.

Друго, будућа истраживања треба да систематски испитају одговор на дозирање у спринтерском тренингу са носивим оптерећењем: различите проценти оптерећења (нпр. 5–20 % ТМ), различите прагове опадања брзине, учесталост недељних сесија, као и комбинације са класичним спринтерским тренингом, теретаном и плиометријом. Поређење различитих комбинација омогућило би прецизније препоруке за оптимизацију развоја убрзања, максималне брзине и RSA капацитета. Треће, пожељно је интегрисати свеобухватније праћење спољашњег и унутрашњег оптерећења (GPS, акцелерометри, број и интензитет утакмица, субјективни замор, срчана фреквенција, HRV), како током тренинга тако и током утакмица. На тај начин би било могуће повезати промене у спринтерским и неуромишићним параметрима са стварним такмичарским захтевима и профилом оптерећења кроз сезону. Четврто, будућа истраживања треба да се усмере на дубље разумевање механизама адаптације кроз повезивање F–V профила, TMG, електромиографије, мерења крутости мишићно-тетивних структура и кинематике трчања. Такви подаци би омогућили прецизније разликовање доприноса неуро-мишићних,

структурних и техничких фактора у побољшању спринтерских перформанси након тренинга са оптерећењем. Пето, препоручује се укључивање мерења дугорочних исхода (follow-up мерење), како би се испитала одрживост остварених промена након завршетка програма, праћење током целе сезоне, као и анализа повреда и повратка у тренажни процес. Истраживања која би комбиновала интервенције попут ове са систематскимм мониторингом повреда могла би да расветле да ли индивидуализовани спринтерски тренинг са оптерећењем може имати и превентивни ефекат.

9. ЗАКЉУЧАК

Хипотеза да на иницијалном тестирању не постоје значајне разлике између експерименталне и контролне групе (X1) у моторичком фитнесу и неуромишићним параметрима је потврђена, што указује да је процес насумичне алокације био успешан и да су групе полазиле са упоредивом почетном способношћу. Тиме су створени предуслови за валидно поређење ефеката интервенције. Резултати су показали да је унутар-групни напредак у експерименталној групи био најизраженији у појединим спринтерским параметрима и параметрима снаге. Максимална изометријска сила у MTP тесту била је једини параметар који је доследно достигао кредибилно већу вредност у корист експерименталне групе, што указује да специфичан спринтерски тренинг са оптерећењем представља ефикасан стимулус за развој максималне силе доњих екстремитета. У једноставним моделима, уочене су и значајне разлике у времену спринта на 20 и 30 m у корист експерименталне групе, што указује на израженији напредак у фази убрзања и субмаксималне брзине. Слично, параметри RSA који одражавају просечно и укупно време показали су највеће разлике у корист експерименталне групе на финалном тестирању, што има већу функционалну вредност од појединачног најбољег спринта. Ипак, када се у анализу уведу иницијалне вредности као коваријата, део ефеката постаје мање изражен и статистички мање кредибилан, посебно код тестова агилности и појединих параметара CMJ, DJ и F–V профила. Ово указује да је део уоченог напретка објашњив већ постојећим разликама у полазном статусу и да је ефекат интервенције умереног интензитета, са извесном дозом неизвесности за поједине исходе. Хипотезе X2–X4 стога су делимично прихваћене: експериментални програм је довео до позитивних промена у делу моторичких и неуромишићних параметара и дела одговора на RSA тест, али не у свим анализираним варијаблама и не увек са довољно високим степеном статистичке кредибилности.

Посебно је значајан налаз да су TMG параметри (нпр. Dm и Tc испитиваних мишића) остали стабилни и у границама референтних вредности за младе фудбалере, и поред побољшања спринта и агилности. Ово сугерише да спринтерски тренинг са оптерећењем, спроведен у дозирању и трајању примењеном у овој студији, не доводи до значајних структурних промена контрактилних својстава мишића у мировању, већ да су побољшања перформанси вероватно пре свега последица неуролошких и техничких адаптација.

Узевши све у обзир, може се закључити да индивидуализовани спринтерски тренинг са носивим оптерећењем, интегрисан два пута недељно у такмичарски микроциклус, представља обећавајући метод за унапређење брзине, максималне силе и способности понављаног спринта код младих фудбалера, без негативног ефекта на основна контрактилна својства мишића. Истовремено, резултати указују да класичан спринтерски тренинг и даље представља ефикасан стимулус и да се највећи практични бенефити вероватно остварују кроз пажљиво програмирану комбинацију тренинга са и без оптерећења, уз индивидуализовано дозирање и континуирано праћење оптерећења и перформанси.

На основу свега наведеног:

X_1 која гласи: **„**Не постоји значајна разлика у моторичком фитнесу и неуромишићним параметрима између експерименталне и контролне групе на иницијалном тестирању“ се прихвата.

X_2 која гласи: „Постоји значајна разлика у моторичком фитнесу и неуромишићним параметрима експерименталне групе између иницијалног и финалног тестирања“ се делимично прихвата.

X_3 која гласи: „Не постоји значајна разлика у моторичком фитнесу и неуромишићним параметрима контролне групе између иницијалног и финалног тестирања“ се делимично прихвата

X_4 која гласи: „Постоји значајна разлика у моторичком фитнесу и неуромишићним параметрима између експерименталне и контролне групе на финалном тестирању“ се делимично прихвата.

X_5 која гласи: „Постоји значајан ефекат експерименталне интервенције на моторички фитнес и неуромишићне параметре у односу на контролну“ се одбацује.

10. ЗНАЧАЈ ИСТРАЖИВАЊА

Ово истраживање било је усмерено на испитивање ефеката спринтерског тренинга са оптерећењем применом иновативне методе дозирања тренинга, засноване на прописивању броја понављања у односу на тренутно постигнуту максималну брзину спортиста на сваком појединачном тренингу. За разлику од традиционалних приступа који се ослањају на унапред дефинисан број серија и понављања, предложени модел омогућава динамичку и индивидуализовану регулацију тренажног оптерећења у реалном времену, у складу са тренутним функционалним стањем спортисте. Интеграција оваквог модела праћења и дозирања тренинга у програме спринтерског тренинга може значајно допринети прецизнијем управљању тренажним процесом, посебно у условима изражених дневних и недељних осцилација перформанси током макроциклуса. Омогућавајући тренерима да континуирано прилагођавају интензитет и волумен тренинга на основу објективних показатеља брзине, овај приступ има потенцијал да оптимизује адаптације на тренинг, истовремено смањујући ризик од неадекватног оптерећења, акумулације замора и појаве претренираности. Додатно, истраживање доприноси бољем разумевању односа између интензитета спринтерског тренинга са оптерећењем и развоја специфичних перформанси, пружајући доказе о ефектима контролисаног механичког стимулуса на моторички фитнес и неуромишићне адаптације. Оригиналност студије огледа се у чињеници да, према доступној литератури, до сада није објављено истраживање које је систематски испитивало ефекте спринтерског тренинга са оптерећењем користећи модел дозирања заснован на тренутној максималној брзини као критеријуму прекида серије. Шири научни значај овог истраживања огледа се у могућности да послужи као основа за даља испитивања физиолошких и неуромишићних механизама који стоје у основи краткорочних варијација перформанси, као и њихове улоге у оптимизацији тренажних адаптација. Практичне импликације укључују потенцијални развој нових технологија и методолошких оквира за праћење спортиста у реалном времену, што може подстаћи ширу примену концепта тренинга заснованог на брзини у савременој спортској пракси.

11. ЛИТЕРАТУРА

Aagaard, P., Simonsen, E. B., Andersen, J. L., Magnusson, P., & 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. DOI: 10.1152/japplphysiol.00283.2002

Alcaraz, P. E., Palao, J. M., Elvira, J. L. & Linthorne, N. P. (2008). Effects of three types of resisted sprint training devices on the kinematics of sprinting at maximum velocity. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 22*(3), 890-897. DOI: 10.1519/JSC.0b013e31816611ea

Aldrich, E. K., Sullivan, K., Wingo, J. E., Esco, M. R., Leeper, J., Richardson, M. T., ... & Fedewa, M. V. (2024). The Effect of Resisted Sprint Training on Acceleration: A Systematic Review and Meta-Analysis. *International Journal of Exercise Science*, *17*(6), 986. DOI: 10.70252/VKAV1115

Amidian, M., Haghighi, A. H. & Hosseini Kakhk, S. A. (2018). The Effects of General Resistance Training and Ballistic Resistance Training on Some of Physical Fitness Factors in Soccer Players. *Journal of Applied Exercise Physiology*, *14*(27), 123-137. DOI: 10.22080/JAEP.2018.1801

Baker, D. (1996). Improving vertical jump performance through general, special, and specific strength training: A brief review. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *10*(2), 131-136.

Bangsbo, J., Mohr, M. & Krustrup, P. (2006). Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. *Journal of Sports Sciences*, *24*(07), 665-674. DOI: 10.1080/02640410500482529

Barr, M. J., Gabbett, T. J., Newton, R. U. & Sheppard, J. M. (2015). Effect of 8 days of a hypergravity condition on the sprinting speed and lower-body power of elite rugby players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *29*(3), 722-729. DOI: 10.1519/JSC.0000000000000669

Beato, M., Drust, B. & Iacono, A. D. (2021). Implementing high-speed running and sprinting training in professional soccer. *International Journal of Sports Medicine*, *42*(04), 295-299. DOI: 10.1055/a-1302-7968

Beckham, G., Mizuguchi, S., Carter, C., Sato, K., Ramsey, M., Lamont, H., ... & Stone, M. (2013). Relationships of isometric mid-thigh pull variables to weightlifting performance. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, *53*(5), 573-581.

Ben Brahim, M., Bougatfa, R., Makni, E., Gonzalez, P. P., Yasin, H., Tarwneh, R., ... & Elloumi, M. (2021). Effects of combined strength and resisted sprint training on physical performance in u-19 elite soccer players. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, *35*(12), 3432-3439. DOI: 10.1519/JSC.0000000000003829

Bilski, J., Rutkowski, L., Smoląg, J. & Tao, D. (2021). A novel method for speed training acceleration of recurrent neural networks. *Information Sciences*, *553*, 266-279. DOI: 10.1016/j.ins.2020.10.025

Bishop, D., Bonetti, D. & Dawson, B. (2002). The influence of pacing strategy on VO2 and supramaximal kayak performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *34*(6), 1041-1047. DOI: 10.1097/00005768-200206000-00022

Bishop, D., Girard, O., & Mendez-Villanueva, A. (2011). Repeated-sprint ability—part II: recommendations for training. *Sports Medicine*, *41*(9), 741-756. DOI: 10.2165/11590560-000000000-00000

Bloomfield, J., Ackland, T. R. & Elliot, B. C. (1994). *Applied Anatomy and Biomechanics in Sport.* Melbourne: Blackwell Scientific.

Bompa, T. O., & Buzzichelli, C. (2019). *Periodization-: theory and methodology of training*. Human kinetics.

Borresen, J. & Lambert, M. I. (2009). The quantification of training load, the training response and the effect on performance. *Sports Medicine*, *39*(9), 779-795 DOI: 10.2165/11317780-000000000-00000

Bosco, C., Rusko, H. & Hirvonen. J. U. H. A. N. I. (1986). The effect of extra-load conditioning on muscle performance in athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 18*(4), 415-419. DOI: 10.1249/00005768-198608000-00009

Brewer, G. J., Blue, M. N., Hirsch, K. R., Saylor, H. E., Gould, L. M., Nelson, A. G. & Smith-Ryan, A. E. (2021). Validation of InBody 770 bioelectrical impedance analysis compared to a four-compartment model criterion in young adults. *Clinical Physiology and Functional Imaging, 41*(4), 317-325. DOI: 10.1111/cpf.12700

Bright, T. E., Hughes, J., Handford, M. J., Anniss, B. & Westwood, C. S. (2022). The Acute Effects of Weighted Vest Protocols on 20-Metre Sprint Performance in Youth Soccer Players. *International Journal of Strength and Conditioning, 2*(1), 1-10. DOI: 10.47206/ijsc.v2i1.104

Brown, M., Lacome, M., Leduc, C., Hader, K., Guilhem, G. & Buchheit, M. (2023). Acute locomotor, heart rate and neuromuscular responses to added wearable resistance during soccer specific training. *Science and Medicine in Football*, DOI: 10.1080/24733938.2023.2222100

Brughelli, M. & Cronin, J. (2008). A review of research on the mechanical stiffness in running and jumping: Methodology and implications. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports, 18*(4), 417 –426. DOI: 10. 1111/j.1600-0838.2008.00769.x

Buchheit, M., & Laursen, P. B. (2013). High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle: Part I: cardiopulmonary emphasis. *Sports Medicine, 43*(5), 313-338. DOI: 10.1007/s40279-013-0029-x

Bujalance-Moreno, P., Latorre-Román, P. Á. & García-Pinillos, F. (2019). A systematic review on small-sided games in football players: Acute and chronic adaptations. *Journal of Sports Sciences, 37*(8), 921-949. DOI: 10.1080/02640414.2018.1535821

Carlos-Vivas, J., Freitas, T. T., Cuesta, M., Perez-Gomez, J., De Hoyo, M. & Alcaraz, P. E. (2019). New tool to control and monitor weighted vest training load for sprinting and jumping in soccer. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 33*(11), 3030-3038. DOI: 10.1519/JSC.0000000000002580

Carlos-Vivas, J., Perez-Gomez, J., Eriksrud, O., Freitas, T. T., Marín-Cascales, E., & Alcaraz, P. E. (2020). Vertical versus horizontal resisted sprint training applied to young soccer players: Effects on physical performance. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *15*(5), 748-758. DOI: 10.1123/ijspp.2019-0355

Chaalali, A., Bouriel, K., Rouissi, M., Chtara, M., Mkaouer, B., Cronin, J., ... & Chamari, K. (2022). Resisted sprint training with partner towing improves explosive force and sprint performance in young soccer players-a pilot study. *Biology of Sport*, *39*(2), 379-387. DOI: 10.5114/biolsport.2022.103574

Chaouachi, A., Chtara, M., Hammami, R., Chtara, H., Turki, O., & Castagna, C. (2014). Multidirectional sprints and small-sided games training effect on agility and change of direction abilities in youth soccer. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *28*(11), 3121-3127. DOI: 10.1519/JSC.0000000000000505

Claremont, A. D. & Hall, S. J. (1988). Effects of extremity loading upon energy expenditure and running mechanics. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *20*(2), 167-171. DOI: 10.1249/00005768-198820020-00011

Clark, K. P., Stearne, D. J., Walts, C. T. & Miller, A. D. (2010). The longitudinal effects of resisted sprint training using weighted sleds vs. weighted vests. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *24*(12), 3287-3295. DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181b62c0a

Comfort, P., Dos'Santos, T., Jones, P. A., McMahon, J. J., Suchomel, T. J., Bazyler, C., & Stone, M. H. (2019). Normalization of early isometric force production as a percentage of peak force during multijoint isometric assessment. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *15*(4), 478-482. DOI: 10.1123/ijspp.2019-0217

Comfort, P., Stewart, A., Bloom, L. & Clarkson, B. (2014). Relationships between strength, sprint, and jump performance in well-trained youth soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *28*(1), 173-177. DOI: 10.1519/JSC.0b013e318291b8c7

Connolly, D. A., Sayers, S. E. & McHugh, M. P. (2003). Treatment and prevention of delayed onset muscle soreness. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *17*(1), 197-208. DOI: 10.1519/1533-4287(2003)017<0197:tapodo>2.0.co;2

Cormie, P., McGuigan, M. R., & Newton, R. U. (2011a). Developing maximal neuromuscular power: Part 1—Biological basis of maximal power production. *Sports Medicine*, *41*(1), 17-38. DOI: 10.2165/11537690-000000000-00000

Cormie, P., McGuigan, M. R., & Newton, R. U. (2011b). Developing maximal neuromuscular power: part 2—training considerations for improving maximal power production. *Sports Medicine*, *41*(2), 125-146. DOI: 10.2165/11538500-000000000-00000

Cronin, J., Hansen, K., Kawamori, N. & McNair, P. (2008). Effects of weighted vests and sled towing on sprint kinematics. *Sports Biomechanics*, *7*(2), 160-172. DOI: 10.1080/14763140701841381

Crotty, E. D., Furlong, L. A. M. & Harrison, A. J. (2023). Ankle and Plantar Flexor Muscle–Tendon Unit Function in Sprinters: A Narrative Review. *Sports Medicine*, 1-22. DOI: 10.1007/s40279-023-01967-1

Dahmane, R., Valenčič, V., Knez, N. & Eržen, I. (2001). Evaluation of the ability to make non-invasive estimation of muscle contractile properties on the basis of the muscle belly response. *Medical and Biological Engineering and Computing*, *39*, 51-55. DOI: 10.1007/BF02345266

Dawson, B., Fitzsimons, M. & Ward, D. (1993). The relationship of repeated sprint ability to aerobic power and performance measures of anaerobic work capacity and power. *Australian Journal of Science and Medicine in Sport*, *25*(4), 88-93.

DeMet, T., & Wahl-Alexander, Z. (2019). Integrating skill-related components of fitness into physical education. *Strategies*, *32*(5), 10-17. DOI: 10.1080/08924562.2019.1637315

de Paula Simola, R. Á., Harms, N., Raeder, C., Kellmann, M., Meyer, T., Pfeiffer, M. & Ferrauti, A. (2015). Assessment of neuromuscular function after different strength training protocols using tensiomyography. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *29*(5), 1339-1348. DOI: 10.1519/JSC.0000000000000768

Dias, P. S., Fort, J. S., Marinho, D. A., Santos, A. & Marques, M. C. (2010). Tensiomyography in physical rehabilitation of high level athletes. *The Open Sports Sciences Journal*, *3*(1). DOI: 10.2174/1875399X010030100047

Dietze-Hermosa, M., Montalvo, S., Gonzalez, M. P., Briggs, A., & Dorgo, S. (2025). Resisted Sprint Training Improves Overground Sprint, Jump, and Isometric Mid-Thigh Pull Kinetics and Kinematics in Male Youth Ice Hockey Players: A Randomized Control Trial. *Journal of Human Kinetics, 98*. DOI: 10.5114/jhk/200549

Ditroilo, M., Smith, I. J., Fairweather, M. M. & Hunter, A. M. (2013). Long-term stability of tensiomyography measured under different muscle conditions. *Journal of Electromyography and Kinesiology, 23*(3), 558-563. DOI: 10.1016/j.jelekin.2013.01.014

Dolcetti, J. C., Cronin, J. B., Macadam, P. & Feser, E. H. (2019). Wearable resistance training for speed and agility. *Strength & Conditioning Journal*, *41*(4), 105-111. DOI:10.1519/SSC.0000000000000436

Dolci, F., Hart, N. H., Kilding, A. E., Chivers, P., Piggott, B. & Spiteri, T. (2020). Physical and energetic demand of soccer: a brief review. *Strength & Conditioning Journal*, *42*(3), 70-77. DOI:10.1519/SSC.0000000000000533

Dolci, F., Hart, N. H., Kilding, A., Chivers, P., Piggott, B. & Spiteri, T. (2018). Movement economy in soccer: Current data and limitations. *Sports, 6*(4), 124. DOI: 10.3390/sports6040124

Dos' Santos, T., Thomas, C., Comfort, P., McMahon, J. J., Jones, P. A., Oakley, N. P. & Young, A. L. (2018). Between-session reliability of isometric midthigh pull kinetics and maximal power clean performance in male youth soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 32*(12), 3364-3372. DOI: 10.1519/JSC.0000000000001830

Duchateau, J., Stragier, S., Baudry, S. & Carpentier, A. (2021). Strength training: in search of optimal strategies to maximize neuromuscular performance. *Exercise and Sport Sciences Reviews, 49*(1), 2-14. DOI: 10.1249/JES.0000000000000234

Dupont, G., Akakpo, K. & Berthoin, S. (2004). The effect of in-season, high-intensity interval training in soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *18*(3), 584-589. DOI: 10.1519/1533-4287(2004)18<584:TEOIHI>2.0.CO;2

Evetovich, T. K., Housh, T. J., Stout, J. R., Johnson, G. O., Smith, D. B. & Ebersole, K. T. (1997). Mechanomyographic responses to concentric isokinetic muscle contractions. *European*

Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology, *75*(2), 166–169. DOI: 10.1007/s004210050142

Faude, O., Koch, T., & Meyer, T. (2012). Straight sprinting is the most frequent action in goal situations in professional football. *Journal of Sports Sciences*, *30*(7), 625-631. DOI: 10.1080/02640414.2012.665940

Fernández-Baeza, D., Diaz-Urena, G., & González-Millán, C. (2022). Effect of an individualised training Programme on hamstrings and change direction based on Tensiomyography in football players. *Applied Sciences*, *12*(21), 10908. DOI: 10.3390/app122110908

Fernández-Baeza, D., Díaz-Ureña, G., & González-Millán, C. (2022). Effects of an individualized training programme based on TMG on hamstring muscles and change of direction ability in football players. *Applied Sciences*, *12*(21), 10908. DOI: 10.3390/app122110908

Fernández-Baeza, D., Díaz-Ureña, G., & González-Millán, C. (2024). Contractile and mechanical properties of quadriceps muscles measured by tensiomyography (TMG) in professional soccer players: A systematic review, meta-analysis, and meta-regression. *Bioengineering*, *11*(12), 1295. DOI: 10.3390/bioengineering11121295

Fernandez-Galvan, L. M., Casado, A., Garcia-Ramos, A., & Haff, G. G. (2022). Effects of vest and sled resisted sprint training on sprint performance in young soccer players: a systematic review and meta-analysis. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *36*(7), 2023-2034. DOI: 10.1519/JSC.0000000000004255

Fernández-Galván, L. M., Jiménez-Reyes, P., Cuadrado-Peñafiel, V., & Casado, A. (2022). Sprint performance and mechanical force-velocity profile among different maturational stages in young soccer players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *19*(3), 1412. DOI: 10.3390/ijerpX19031412

Field, A. (2019). *The acute metabolic responses to light wearable resistance during submaximal running in endurance trained runners* [Unpublished master thesis, Auckland University of Technology]. Tuwhera.

Fradua, L., Zubillaga, A., Caro, Ó., Iván Fernández-García, Á., Ruiz-Ruiz, C. & Tenga, A. (2013). Designing small-sided games for training tactical aspects in soccer: Extrapolating pitch

sizes from full-size professional matches. *Journal of Sports Sciences*, *31*(6), 573-581. DOI: 10.1080/02640414.2012.746722

Freyler, K., Krause, A., Gollhofer, A., & Ritzmann, R. (2016). Specific stimuli induce specific adaptations: sensorimotor training vs. reactive balance training. *PloS one*, *11*(12), e0167557. DOI: 10.1371/journal.pone.0167557

Gamble, P. (2006). Periodization of training for team sports athletes. *Strength & Conditioning Journal*, *28*(5), 56-66.

García-García, O., Cancela-Carral, J. M. & Huelin-Trillo, F. (2015). Neuromuscular profile of top-level women kayakers assessed through tensiomyography. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *29*(3), 844-853. DOI: 10.1519/JSC.0000000000000702

García-García, O., Cuba-Dorado, A., Álvarez-Yates, T., Carballo-López, J., & Iglesias-Caamaño, M. (2019). Clinical utility of tensiomyography for muscle function analysis in athletes. *Open Access Journal of Sports Medicine, 10,* 49–69. DOI: 10.2147/OAJSM.S161485

Garcia-Manso, J. M., Rodriguez-Matoso, D., Sarmiento, S., de Saa, Y., Vaamonde, D., Rodriguez-Ruiz, D. & Da Silva-Grigoletto, M. E. (2012). Effect of high-load and high-volume resistance exercise on the tensiomyographic twitch response of biceps brachii. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, *22*(4), 612–619. DOI: 10.1016/j. jelekin.2012.01.005

García-Manso, J. M., Rodríguez-Ruiz, D., Rodríguez-Matoso, D., de Saa, Y., Sarmiento, S. & Quiroga, M. (2011). Assessment of muscle fatigue after an ultra-endurance triathlon using tensiomyography (TMG). *Journal of Sports Sciences*, *29*(6), 619-625. DOI: 10.1080/02640414.2010.548822

Girard, O., Mendez-Villanueva, A. & Bishop, D. (2011). Repeated-sprint ability—part I: factors contributing to fatigue. *Sports Medicine*, *41*(10), 673-694. DOI: 10.2165/11590550-000000000-00000

Glaister, M. (2005). Multiple sprint work: physiological responses, mechanisms of fatigue and the influence of aerobic fitness. *Sports Medicine*, *35*, 757-777. DOI: 10.2165/00007256-200535090-00003

Grazioli, R., Loturco, I., Lopez, P., Setuain, I., Goulart, J., Veeck, F., ... & Cadore, E. L. (2022). Effects of moderate-to-heavy sled training using different magnitudes of velocity loss in professional soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *37*(3), 629-635. DOI: 10.1519/JSC.0000000000003813

Gutiérrez-Vargas, J. C., Cruz-Fuentes, I., Sánchez-Ureña, B., Esquivel-Rodríguez, M. J., Gutiérrez-Vargas, R., Salas-Cabrera, J., & Rojas-Valverde, D. (2020). Harness resistance training: Does it improve jump and enzymatic-mechanical muscle performance in young soccer players? *Journal of Athletic Enhancement, 9*(4), 1–7. DOI: 10.37532/jae.2020.9(4).334

Handley, M. A., Lyles, C. R., McCulloch, C., & Cattamanchi, A. (2018). Selecting and improving quasi-experimental designs in effectiveness and implementation research. *Annual Review of Public Health*, *39*(1), 5-25. DOI: 10.1146/annurev-publhealth-040617-014128

Harmsen, J. F., Franz, A., Mayer, C., Zilkens, C., Buhren, B. A., Schrumpf, H., ... & Behringer, M. (2019). Tensiomyography parameters and serum biomarkers after eccentric exercise of the elbow flexors. *European Journal of Applied Physiology*, *119*, 455-464. DOI: 10.1007/s00421-018-4043-4

Harrison, A. J. & Bourke, G. (2009). The effect of resisted sprint training on speed and strength performance in male rugby players. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 23*(1), 275-283. DOI: 10.1519/JSC.0b013e318196b81f

Haugen, T. & Buchheit, M. (2016). Sprint running performance monitoring: methodological and practical considerations. *Sports Medicine*, *46*(5), 641-656. DOI: 10.1007/s40279-015-0446-0

Haugen, T., Tonnessen, E., Leirstein, S., Hem, E. & Seiler, S. (2014). Not quite so fast: effect of training at 90% sprint speed on maximal and repeated-sprint ability in soccer players. *Journal of Sports Sciences*, *32*(20), 1979-1986. DOI: 10.1080/02640414.2014.976248

He, Z., Duan, T., Li, D., & Zhang, X. (2025). Effects of resisted sprint training on agility and change-of-direction performance in soccer players: A systematic review with meta-analysis. *PeerJ, 13*, e20084. DOI: 10.7717/peerj.20084

Hermosilla-Palma, F., Loro-Ferrer, J. F., Merino-Muñoz, P., Gómez-Álvarez, N., Zacca, R., Cerda-Kohler, H., ... & Aedo-Muñoz, E. (2025). Optimizing Muscle Performance in Young Soccer Players: Exploring the Impact of Resisted Sprint Training and Its Relationship with Distance Covered. *Sports*, *13*(1), 26. DOI: 10.3390/sports13010026

Hernández-Belmonte, A., Alegre, L. M. & Courel-Ibáñez, J. (2022). Velocity-Based Resistance Training in Soccer: Practical Applications and Technical Considerations. *Strength & Conditioning Journal*, *45*(2), 140-148. DOI:10.1519/SSC.0000000000000707

Hernandez-Martin, A., Garcia-Unanue, J., Serpiello, F. R., Alonso-Callejo, A., Felipe, J. L., Gallardo, L., & Sanchez-Sanchez, J. (2025). Seasonal changes in the force velocity sprint profile of Spanish youth football players across age categories. *Scientific Reports*, *15*(1), 12357. DOI: 10.1038/s41598-025-89501-3

Hicks, D. (2017). Resisted and assisted sprint training: Determining the transfer to maximal sprinting. *New Studies in Athletics*, *32*(1/2), 35-52.

Hrysomallis, C. (2012). The effectiveness of resisted movement training on sprinting and jumping performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *26*(1), 299-306. DOI: 10.1519/JSC.0b013e3182185186

Ibba, G., Pizzolato, F., Di Michele, R., Scorcu, M., Attene, G., Paradisis, G., ... & Padulo, J. (2014). Uphill sprint vs. intermittent running in young soccer players: acute physiological responses. *Sport Sciences for Health*, *10*, 61-66. DOI:10.1007/s11332-014-0174-0

Impellizzeri, F.M., Rampinini, E., Castagna, C., Bishop, D., Ferrari Bravo, D., Tibaudi, A. & Wisloff, U. 2008. Validity of a repeated-sprint test for football. *International Journal of Sports Medicine, 29*(11): 899– 905. DOI: 10.1055/s-2008-1038491.

Izadi, M., Arazi, H., Ramirez-Campillo, R., Mirzaei, M. & Saidie, P. (2019). In-season in-field variable resistance training: effects on strength, power, and anthropometry of junior soccer players. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, *60*(2), 220-228. DOI: 10.23736/S0022-4707.19.09937-7

Jiménez-Reyes, P., García-Ramos, A., Párraga, J., Morcillo, J. A., Cuadrado-Peñafiel, V., Landaeta-Martínez, M., Hernández-Martín, A., Martínez-Carbonell, J. A., Loturco, I., & Morin, J.-B. (2019). Differences in sprint mechanical force–velocity profile between

trained soccer and futsal players. *International Journal of Sports Physiology and Performance, 14*(4), 478–485. DOI: 10.1123/ijspp.2018-0034

Jiménez-Reyes, P., Samozino, P., Brughelli, M., & Morin, J. B. (2017). Effectiveness of an individualized training based on force-velocity profiling during jumping. *Frontiers in Physiology*, *7*, 677. DOI: 10.3389/fphys.2016.00677

Kaçoglu, C. & Kirkaya, I. (2020). The Acute Effects of Pre-Conditioning Activities with a Weighted Vest on Subsequent Linear Sprint and Change of Direction Performance in Physical Education Students. *Asian Journal of Education and Training*, *6*(3), 341-346. DOI: 10.20448/journal.522.2020.63.341.346

Katushabe, E. T. & Kramer, M. (2020). Effects of combined power band resistance training on sprint speed, agility, vertical jump height, and strength in collegiate soccer players. *International Journal of Exercise Science*, *13*(4), 950. DOI: 10.70252/WZLX5662

Kenney, W. L., Wilmore, J. H. & Costill, D. L. (2021). *Physiology of Sport and Exercise*. Champaign (IL): Human Kinetics.

Khamis, H. J. & Roche, A. F. (1994). Predicting adult stature without using skeletal age: the Khamis-Roche method. *Pediatrics*, *94*(4), 504-507. DOI: 10.1542/peds.94.4.504

Khlifa, R., Aouadi, R., Hermassi, S., Chelly, M. S., Jlid, M. C., Hbacha, H. & Castagna, C. (2010). Effects of a plyometric training program with and without added load on jumping ability in basketball players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *24*(11), 2955-2961. DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181e37fbe

Kojić, F., Ranisavljev, I., Ćosić, D., Popović, D., Stojiljković, S. & Ilić, V. (2021). Effects of resistance training on hypertrophy, strength and tensiomyography parameters of elbow flexors: role of eccentric phase duration. *Biology of Sport*, *38*(4), 587-594. DOI: 10.5114/biolsport.2021.99323

Komi, P. V. (2000). Stretch-shortening cycle: a powerful model to study normal and fatigued muscle. *Journal of Biomechanics*, *33*(10), 1197-1206. DOI: 10.1016/S0021-9290(00)00064-6

Konstantinos, Z., Athanasia, S., Polyxeni, A., Georgios, P., Elias, Z. & Charilaos, T. (2014). Acute effects of loading using a weighted vest on running performance. *Biology of Exercise*, *10*(1), 53-65. DOI: 10.4127/jbe.2014.0073

Križaj, D., Šimunič, B. & Žagar, T. (2008). Short-term repeatability of parameters extracted from radial displacement of muscle belly. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, *18*(4), 645-651. DOI: 10.1016/j.jelekin.2007.01.008

Kuitunen, S., Komi, P. V. & Kyröläinen, H. (2002). Knee and ankle joint stiffness in sprint running. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *34*(1), 166-173. DOI: 10.1097/00005768-200201000-00025

Kuki, S., Konishi, Y., Okudaira, M., Yoshida, T., Exell, T. & Tanigawa, S. (2019). Asymmetry of force generation and neuromuscular activity during multi-joint isometric exercise. *The Journal of Physical Fitness and Sports Medicine*, *8*(1), 37-44. DOI: 10.7600/jpfsm.8.37

Lahti, J., Jiménez-Reyes, P., Cross, M. R., Samozino, P., Chassaing, P., Simond-Cote, B., ... & Morin, J. B. (2020). Individual sprint force-velocity profile adaptations to in-season assisted and resisted velocity-based training in professional rugby. *Sports*, *8*(5), 74. DOI: 10.3390/sports8050074

Lloyd, R. S., Radnor, J. M., Croix, M. B. D. S., Cronin, J. B., & Oliver, J. L. (2016). Changes in sprint and jump performances after traditional, plyometric, and combined resistance training in male youth pre-and post-peak height velocity. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *30*(5), 1239-1247. DOI: 10.1519/JSC.0000000000001216

Lockie, R. G., Dawes, J. J. & Jones, M. T. (2018). Relationships between linear speed and lower-body power with change-of-direction speed in national collegiate athletic association divisions I and II women soccer athletes. *Sports*, *6*(2), 30. DOI: 10.3390/sports6020030

Lohr, C., Schmidt, T., Braumann, K. M., Reer, R. & Medina-Porqueres, I. (2020). Sex-based differences in tensiomyography as assessed in the lower erector spinae of healthy participants: an observational study. *Sports Health*, *12*(4), 341-346. DOI: 10.1177/1941738120917932

Lorenz, D. S., Reiman, M. P., & Walker, J. C. (2010). Periodization: current review and suggested implementation for athletic rehabilitation. *Sports Health*, *2*(6), 509-518. DOI: 10.1177/1941738110375910

Los Arcos, A., Yanci, J., Mendiguchia, J., Salinero, J. J., Brughelli, M. & Castagna, C. (2014). Short-term training effects of vertically and horizontally oriented exercises on neuromuscular performance in professional soccer players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *9*(3), 480-488. DOI: 10.1123/ijspp.2013-0063

Loturco, I., Jeffreys, I., Abad, C. C. C., Kobal, R., Zanetti, V., Pereira, L. A. & Nimphius, S. (2020). Change-of-direction, speed and jump performance in soccer players: a comparison across different age-categories. *Journal of Sports Sciences*, *38*(11-12), 1279-1285. DOI: 10.1080/02640414.2019.1574276

Loturco, I., Kobal, R., Kitamura, K., Cal Abad, C. C., Faust, B., Almeida, L. & Pereira, L. A. (2017). Mixed training methods: effects of combining resisted sprints or plyometrics with optimum power loads on sprint and agility performance in professional soccer players. *Frontiers in Physiology*, *8*, 1034. DOI: 10.3389/fphys.2017.01034

Loturco, I., Pereira, L. A., Kobal, R., Kitamura, K., Ramírez-Campillo, R., Zanetti, V., ... & Nakamura, F. Y. (2016). Muscle contraction velocity: a suitable approach to analyze the functional adaptations in elite soccer players. *Journal of Sports Science & Medicine*, *15*(3), 483-491.

Loturco, I., Pereira, L. A., Reis, V. P., Zanetti, V., Bishop, C. & McGuigan, M. R. (2022). Traditional free-weight vs. variable resistance training applied to elite young soccer players during a short preseason: effects on strength, speed, and power performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *36*(12), 3432-3439 DOI: 10.1519/JSC.0000000000003899

Loturco, I., Suchomel, T., Bishop, C., Kobal, R., Pereira, L. A. & McGuigan, M. (2019). One-repetition-maximum measures or maximum bar-power output: Which is more related to sport performance?. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *14*(1), 33-37. DOI: 10.1123/ijspp.2018-0255

Macadam, P., Cronin, J. B. & Simperingham, K. D. (2017). The effects of wearable resistance training on metabolic, kinematic and kinetic variables during walking, running, sprint running and jumping: A systematic review. *Sports Medicine, 47(5),* 887-906. DOI: 10.1007/s40279-016-0622-x

Macgregor, L. J., Ditroilo, M., Smith, I. J., Fairweather, M. M., & Hunter, A. M. (2018). Assessment of skeletal muscle contractile properties by tensiomyography: A review. *Sports Medicine, 48*(7), 1607–1629. DOI: 10.1007/s40279-018-0912-6

Maffiuletti, N. A., Aagaard, P., Blazevich, A. J., Folland, J., Tillin, N. & Duchateau, J. (2016). Rate of force development: physiological and methodological considerations. *European Journal of Applied Physiology*, *116*, 1091-1116. DOI: 10.1007/s00421-016-3346-6

Mainer-Pardos, E., Mahmoudzadeh Khalili, S., Villanueva-Guerrero, O., Clemente, F. M., & Nobari, H. (2024). The effects of resisted sprint training programs on vertical jump, linear sprint and change of direction speed in male soccer players: A systematic review and meta-analysis. *Acta Kinesiologica, 18*(1), 31–47. DOI: 10.51371/issn.1840-2976.2024.18.1.5

Majumdar, A. S. & Robergs, R. A. (2011). The science of speed: Determinants of performance in the 100 m sprint. *International Journal of Sports Science & Coaching*, *6*(3), 479-493. DOI: 10.1260/1747-9541.6.3.479

Malone, J. J., Di Michele, R., Morgans, R., Burgess, D., Morton, J. P. & Drust, B. (2015). Seasonal training-load quantification in elite English premier league soccer players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *10*(4), 489-497. DOI: 10.1123/ijspp.2014-0352

Manso, J. M. G., Bedoya, J. L., Matoso, D. R., Vargas, L. A., Ruiz, D. R. & Santana, M. V. (2015). Static-stretching vs. contract-relax-proprioceptive neuromuscular facilitation stretching: study the effect on muscle response using tensiomyography. *European Journal of Human Movement*, (34), 96-108.

Marcote-Pequeño, R., García-Ramos, A., Cuadrado-Peñafiel, V., González-Hernández, J. M., Gómez, M. Á. & Jiménez-Reyes, P. (2019). Association between the force–velocity profile and performance variables obtained in jumping and sprinting in elite female soccer

players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *14*(2), 209-215. DOI: 10.1123/ijspp.2018-0233

Markovic, G., Dizdar, D., Jukic, I. & Cardinale, M. (2004). Reliability and factorial validity of squat and countermovement jump tests. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *18*(3), 551-555. DOI: 10.1519/1533-4287(2004)18<551:RAFVOS>2.0.CO;2

Markovic, S., Mirkov, D. M., Knezevic, O. M. & Jaric, S. (2013). Jump training with different loads: effects on jumping performance and power output. *European Journal of Applied Physiology*, *113*, 2511-2521. DOI: 10.1007/s00421-013-2688-6

McGuigan, M. R., & Winchester, J. B. (2008). The relationship between isometric and dynamic strength in college football players. *Journal of Sports Science & Medicine*, *7*(1), 101.

McGuigan, M. R., Wright, G. A. & Fleck, S. J. (2012). Strength training for athletes: does it really help sports performance?. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *7*(1), 2-5. DOI: 10.1123/ijspp.7.1.2

McKinlay, B. J., Wallace, P., Dotan, R., Long, D., Tokuno, C., Gabriel, D. A. & Falk, B. (2018). Effects of plyometric and resistance training on muscle strength, explosiveness, and neuromuscular function in young adolescent soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *32*(11), 3039-3050. DOI: 10.1519/JSC.0000000000002428

McMorrow, B. J., Ditroilo, M., & Egan, B. (2019). Effect of heavy resisted sled sprint training during the competitive season on sprint and change-of-direction performance in professional soccer players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *14*(8), 1066–1073. DOI: 10.1123/ijspp.2018-0592

Mirwald, R. L., Baxter-Jones, A. D., Bailey, D. A. & Beunen, G. P. (2002). An assessment of maturity from anthropometric measurements. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *34*(4), 689-694. DOI: 10.1097/00005768-200204000-00020

Modric, T., Versic, S., Sekulic, D. & Liposek, S. (2019). Analysis of the association between running performance and game performance indicators in professional soccer players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *16*(20), 4032. DOI: 10.3390/ijerpX16204032

Mohr, M., Krustrup, P., & Bangsbo, J. (2003). Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *Journal of sports sciences*, *21*(7), 519-528.

Montoro-Bombú, R., Field, A., Santos, A. C. & Rama, L. (2022). Validity and reliability of the Output sport device for assessing drop jump performance. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, *10*, 1015526. DOI: 10.3389/fbioe.2022.1015526

Moreno-Pérez, D., López-Samanes, Á., Centeno, A., Esteve-Lanao, J. & Diez-Vega, I. (2020). Relationship between running economy and mechanical characteristics of triceps surae assessed with tensiomyography: A pilot study. *Kinesiology*, *52*(2), 273-280.

Morin, J. B. & Samozino, P. (2016). Interpreting power-force-velocity profiles for individualized and specific training. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *11*(2), 267-272. DOI: 10.1123/ijspp.2015-0638

Morin, J. B., Edouard, P. & Samozino, P. (2011). Technical ability of force application as a determinant factor of sprint performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *43*(9), 1680-1688. DOI: 10.1249/MSS.0b013e318216ea37

Morin, J. B., Jiménez-Reyes, P., Brughelli, M., & Samozino, P. (2019). When jump height is not a good indicator of lower limb maximal power output: theoretical demonstration, experimental evidence and practical solutions. *Sports Medicine*, *49*(7), 999-1006. DOI: 10.1007/s40279-019-01073-1

Moya-Ramon, M., Nakamura, F. Y., Teixeira, A. S., Granacher, U., Santos-Rosa, F. J., Sanz-Rivas, D. & Fernandez-Fernandez, J. (2020). Effects of resisted vs. conventional sprint training on physical fitness in young elite tennis players. *Journal of Human Kinetics*, *73*(1), 181-192. DOI: 10.2478/hukin-2019-0142

Myer, G. D., Ford, K. R., Brent, J. L., Divine, J. G. & Hewett, T. E. (2007). Predictors of sprint start speed: The effects of resistive ground-based vs. inclined treadmill training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *21*(3), 831-836.

Negra, Y., Chaabene, H., Stöggl, T., Hammami, M., Chelly, M. S. & Hachana, Y. (2020). Effectiveness and time-course adaptation of resistance training vs. plyometric training in

prepubertal soccer players. *Journal of Sport and Health Science*, *9*(6), 620-627. DOI: 10.1016/j.jshs.2016.07.008

Newton, R. U., Kraemer, W. J. & Haekkinen, K. (1999). Effects of ballistic training on preseason preparation of elite volleyball players. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *31*(2), 323-330. DOI: 10.1097/00005768-199902000-00017

Norton, K. I. (2018). Standards for anthropometry assessment. *Kinanthropometry and Exercise Physiology*, *4*, 68-137. Routledge: Australia

Ortega, F. B., Cadenas-Sánchez, C., Sánchez-Delgado, G., Mora-González, J., Martínez-Téllez, B., Artero, E. G., ... & Ruiz, J. R. (2015). Systematic review and proposal of a field-based physical fitness-test battery in preschool children: the PREFIT battery. *Sports Medicine*, *45*, 533-555. DOI: 10.1007/s40279-014-0281-8

Ortega, J. A. F., De los Reyes, Y. G. & Pena, F. R. G. (2020). Effects of strength training based on velocity versus traditional training on muscle mass, neuromuscular activation, and indicators of maximal power and strength in girls soccer players. *Apunts Sports Medicine*, *55*(206), 53-61. DOI: 10.1016/j.apunsm.2020.03.002

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., ... & Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *bmj*, *372*. DOI: 10.1136/bmj.n71

Panagoulis, C., Chatzinikolaou, A., Avloniti, A., Leontsini, D., Deli, C. K., Draganidis, D., ... & Fatouros, I. G. (2020). In-season integrative neuromuscular strength training improves performance of early-adolescent soccer athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *34*(2), 516-526. DOI: 10.1519/JSC.0000000000002938

Paravlić, A. H. (2025). Establishing reference values for tensiomyography-derived parameters in soccer players: Insights from a systematic review, meta-analysis and meta-regression. *Biology of Sport, 42*(1), 171–192. DOI: 10.5114/biolsport.2025.139853

Paravlic, A. H., Pisot, R. & Simunic, B. (2020). Muscle-specific changes of lower extremities in the early period after total knee arthroplasty: Insight from tensiomyography. *Journal of Musculoskeletal & Neuronal Interactions*, *20*(3), 390-397.

Pareja-Blanco, F., Rodríguez-Rosell, D., Sánchez-Medina, L., Sanchis-Moysi, J., Dorado, C., Mora-Custodio, R., ... & González-Badillo, J. J. (2017). Effects of velocity loss during resistance training on athletic performance, strength gains and muscle adaptations. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, *27*(7), 724-735. DOI: 10.1111/sms.12678

Paulson, S. & Braun, W. A. (2011). The influence of parachute-resisted sprinting on running mechanics in collegiate track athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *25*(6), 1680-1685. DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181dba3f5

Pereira, L. A., Ramirez-Campillo, R., Martín-Rodríguez, S., Kobal, R., Abad, C. C. C., Arruda, A. F. S., Guerriero, A., & Loturco, I. (2020). Is tensiomyography-derived velocity of contraction a sensitive marker to detect acute performance changes in elite team-sport athletes? *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *15*(1), 31–37. DOI: 10.1123/ijspp.2018-0959

Petrakos, G., Morin, J. B., & Egan, B. (2016). Resisted sled sprint training to improve sprint performance: a systematic review. *Sports Medicine*, *46*(3), 381-400. DOI: 10.1007/s40279-015-0422-8

Pinniger, G. J., Steele, J. R. & Groeller, H. (2000). Does fatigue induced by repeated dynamic efforts affect hamstring muscle function?. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *32*(3), 647-653. DOI: 10.1097/00005768-200003000-00015

Pišot, R., Narici, M. V., Šimunič, B., De Boer, M., Seynnes, O., Jurdana, M., ... & Mekjavić, I. B. (2008). Whole muscle contractile parameters and thickness loss during 35-day bed rest. *European Journal of Applied Physiology*, *104*(2), 409–414. DOI: 10.1007/s00421-008-0698-6

Ramírez-Campillo, R., Vergara-Pedreros, M., Henríquez-Olguín, C., Martínez-Salazar, C., Alvarez, C., Nakamura, F. Y., ... & Izquierdo, M. (2016). Effects of plyometric training on maximal-intensity exercise and endurance in male and female soccer players. *Journal of Sports Sciences*, *34*(8), 687-693. DOI: 10.1080/02640414.2015.1068439

Rampinini, E., Coutts, A. J., Castagna, C., Sassi, R., & Impellizzeri, F. M. (2007). Variation in top level soccer match performance. *International journal of sports medicine*, *28*(12), 1018-1024. DOI: 10.1055/s-2007-965158

Randell, A. D., Cronin, J. B., Keogh, J. W. & Gill, N. D. (2010). Transference of strength and power adaptation to sports performance—horizontal and vertical force production. *Strength & Conditioning Journal*, *32*(4), 100-106. DOI: 10.1519/SSC.0b013e3181e91eec

Rantalainen, T., Ruotsalainen, I. & Virmavirta, M. (2012). Effect of weighted vest suit worn during daily activities on running speed, jumping power, and agility in young men. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *26*(11), 3030-3035. DOI: 10.1519/JSC.0b013e318245c4c6

Rebelo, A., Pereira, J. R., Martinho, D. V., Duarte, J. P., Coelho-e-Silva, M. J., & Valente-dos-Santos, J. (2022). How to improve the reactive strength index among male athletes? A systematic review with meta-analysis. In *Healthcare* (Vol. 10, No. 4, p. 593). MDPI. DOI: 10.3390/healthcare10040593

Reiman, M. P., Peintner, A. M., Boehner, A. L., Cameron, C. N., Murphy, J. R. & Carter, J. W. (2010). Effects of dynamic warm-up with and without a weighted vest on lower extremity power performance of high school male athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *24*(12), 3387-3395. DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181f159bd

Rey, E., Padrón-Cabo, A. & Fernández-Penedo, D. (2017). Effects of sprint training with and without weighted vest on speed and repeated sprint ability in male soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *31*(10), 2659-2666. DOI: 10.1519/JSC.0000000000001726

Rhea, M. R., Ball, S. D., Phillips, W. T. & Burkett, L. N. (2002). A comparison of linear and daily undulating periodized programs with equated volume and intensity for strength. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *16*(2), 250-255.

Ribeiro, A. S., Nunes, J. P., Cunha, P. M., Aguiar, A. F. & Schoenfeld, B. J. (2019). Potential role of pre-exhaustion training in maximizing muscle hypertrophy: a review of the

literature. *Strength & Conditioning Journal*, *41*(1), 75-80. DOI: 10.1519/SSC.0000000000000418

Richens, B. & Cleather, D. J. (2014). The relationship between the number of repetitions performed at given intensities is different in endurance and strength trained athletes. *Biology of Sport*, *31*(2), 157-161. DOI: 10.5604/20831862.1099047

Rodríguez-Osorio, D., Gonzalo-Skok, O. & Pareja-Blanco, F. (2019). Effects of resisted sprints with changes of direction through several relative loads on physical performance in soccer players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *14*(8), 1022-1028. DOI: 10.1123/ijspp.2018-0702

Rumpf, M. C., Cronin, J. B., Mohamad, I. N., Mohamad, S., Oliver, J. L., & Hughes, M. G. (2015). The effect of resisted sprint training on maximum sprint kinetics and kinematics in youth. *European Journal of Sport Science*, *15*(5), 374-381. DOI: 10.1080/17461391.2014.955125

Rumpf, M. C., Lockie, R. G., Cronin, J. B., & Jalilvand, F. (2016). Effect of different sprint training methods on sprint performance over various distances: a brief review. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *30*(6), 1767-1785. DOI: 10.1519/JSC.0000000000001245

Ruscello, B., Tozzo, N., Briotti, G., Padua, E., Ponzetti, F., & D'Ottavio, S. (2013). Influence of the number of trials and the exercise to rest ratio in repeated sprint ability, with changes of direction and orientation. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *27*(7), 1904-1919. DOI: 10.1519/JSC.0b013e3182736adf

Rusu, L. D., Cosma, G. G., Cernaianu, S. M., Marin, M. N., Rusu, P. F. A., Ciocănescu, D. P., & Neferu, F. N. (2013). Tensiomyography method used for neuromuscular assessment of muscle training. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation, 10*, 67. DOI: 10.1186/1743-0003-10-67

Samozino, P., Rabita, G., Dorel, S., Slawinski, J., Peyrot, N., Saez de Villarreal, E. & Morin, J. B. (2016). A simple method for measuring power, force, velocity properties, and mechanical effectiveness in sprint running. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports, 26*(6), 648-658. DOI: 10.1111/sms.12490

Sarmento, H., Anguera, M. T., Pereira, A. & Araújo, D. (2018). Talent identification and development in male football: A systematic review. *Sports Medicine, 48*, 907-931. DOI: 10.1007/s40279-017-0851-7

Sarmento, H., Marcelino, R., Anguera, M. T., CampaniÇo, J., Matos, N. & LeitÃo, J. C. (2014). Match analysis in football: a systematic review. *Journal of Sports Sciences*, *32*(20), 1831-1843. DOI: 10.1080/02640414.2014.898852

Schache, A. G., Blanch, P. D., Dorn, T. W., Brown, N. A., Rosemond, D. & Pandy, M. G. (2011). Effect of running speed on lower limb joint kinetics. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *43*(7), 1260-1271. DOI: 10.1249/MSS.0b013e3182084929

Schoenfeld, B. J., Contreras, B., Krieger, J., Grgic, J., Delcastillo, K., Belliard, R. & Alto, A. (2019). Resistance training volume enhances muscle hypertrophy but not strength in trained men. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *51*(1), 94-103. DOI: 10.1249/MSS.0000000000001764

Scudamore, E. M., Lowe, J. B., Přibyslavská, V., Johnson, S. L., Stevenson, M. C., Langford, T. W., ... & O'Neal, E. K. (2016). Three week hypergravity training intervention decreases ground contact time during repeated jumping and improves sprinting and shuttle running performance. *International Journal of Exercise Science*, *9*(2), 149-158. DOI: 10.70252/KYCJ3574

Seiler, S. (2010). What is best practice for training intensity and duration distribution in endurance athletes?. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *5*(3), 276-291. DOI: 10.1123/ijspp.5.3.276

Sheppard, J. M., & Young, W. B. (2006). Agility literature review: Classifications, training and testing. *Journal of Sports Sciences, 24*(9), 919–932. DOI: 10.1080/02640410500457109

Silder, A., Besier, T. & Delp, S. L. (2015). Running with a load increases leg stiffness. *Journal of Biomechanics*, *48*(6), 1003-1008. DOI: 10.1016/j.jbiomech.2015.01.051

Silva, J. R., Magalhaes, J., Ascensao, A., Seabra, A. F. & Rebelo, A. N. (2013). Training status and match activity of professional soccer players throughout a season. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *27*(1), 20-30. DOI: 10.1519/JSC.0b013e31824e1946

Silva, J. R., Nassis, G. P. & Rebelo, A. (2015). Strength training in soccer with a specific focus on highly trained players. *Sports Medicine, 1*(1), 1-27. DOI: 10.1186/s40798-015-0006-z

Simperingham, K. & Cronin, J. (2014). Changes in sprint kinematics and kinetics with upper body loading and lower body loading using exogen exoskeletons: A pilot study. *Journal of Australian Strength and Conditioning, 22*(5), 69-72.

Simunic, B., Degens, H., Rittweger, J., Narici, M., Mekjavic, I. & Pisot, R. (2011). Noninvasive estimation of myosin heavy chain composition in human skeletal muscle. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 43*(9), 1619-1625. DOI: 10.1249/MSS.0b013e31821522d0

Simunic, B., Krizaj, D., Narici, M. & Pisot, R. (2010) Twitch parameters in transversal and longitudinal biceps brachii response. *Annales Kinesiologiae, 1*(1), 61-80.

Sinclair, J., Edmundson, C. J., Metcalfe, J., Bottoms, L., Atkins, S., & Bentley, I. (2021). The effects of sprint vs. resisted sled-based training; an 8-week in-season randomized control intervention in elite rugby league players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *18*(17), 9241. DOI: 10.3390/ijerpX18179241

Sjökvist, J., Laurent, M. C., Richardson, M., Curtner-Smith, M., Holmberg, H. C. & Bishop, P. A. (2011). Recovery from high-intensity training sessions in female soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *25*(6), 1726-1735. DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181e06de8

Slimani, M. & Nikolaidis, P. T. (2017). Anthropometric and physiological characteristics of male Soccer players according to their competitive level, playing position and age group: a systematic review. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, *59*(1), 141-163. DOI: 10.23736/S0022-4707.17.07950-6

Smith, J. & Baltes, P.B. (1999) Trends and profils of psychological functioning in very old age. In Baltes, P.B. & Mayer, K.U. (eds), The Berlin Aging Study. Cambridge University Press, New York, 197–226.

Spencer, M., Bishop, D., Dawson, B. & Goodman, C. (2005). Physiological and metabolic responses of repeated-sprint activities: specific to field-based team sports. *Sports medicine*, *35*, 1025-1044. DOI: 10.2165/00007256-200535120-00003

Spinks, C. D., Murphy, A. J., Spinks, W. L. & Lockie, R. G. (2007). The effects of resisted sprint training on acceleration performance and kinematics in soccer, rugby union, and Australian football players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *21*(1), 77-85.

Sporis, G., Jukic, I., Milanovic, L. & Vucetic, V. (2010). Reliability and factorial validity of agility tests for soccer players. *The Journal of Strength and Conditioning Research 24*(3), 679–686. DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181c4d324

Stojanović, E., Ristić, V., McMaster, D. T. & Milanović, Z. (2017). Effect of plyometric training on vertical jump performance in female athletes: a systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, *47*(5), 975-986. DOI: 10.1007/s40279-016-0634-6

Stojanović, N. (2024). Sprint Training Monitor. ShinyApps.io. (преузето 10.01.2024. са: https://nikolastojanovic.shinyapps.io/sprint/)

Suarez-Arrones, L., Lara-Lopez, P., Torreno, N., Saez de Villarreal, E., Di Salvo, V. & Mendez-Villanueva, A. (2019). Effects of strength training on body composition in young male professional soccer players. *Sports*, *7*(5), 104. DOI: 10.3390/sports7050104

Taylor, J. M., Macpherson, T. W., McLaren, S. J., Spears, I., & Weston, M. (2016). Two weeks of repeated-sprint training in soccer: to turn or not to turn?. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *11*(8), 998-1004. DOI: 10.1123/ijspp.2015-0608

Taylor, J., Macpherson, T., Spears, I., & Weston, M. (2015). The effects of repeated-sprint training on field-based fitness measures: a meta-analysis of controlled and non-controlled trials. *Sports Medicine*, *45*(6), 881-891. DOI: 10.1007/s40279-015-0324-9

Thompson, M. A. (2017). Physiological and biomechanical mechanisms of distance specific human running performance. *Integrative and Comparative Biology*, *57*(2), 293-300. DOI: 10.1093/icb/icx069

Toskić, L., Dopsaj, M., Koropanovski, N. & Jeknić, V. (2015). Relations between neuromuscular contractile properties of leg muscles measured with isokinetic and TMG methods: Pilot study. In S. Pantelić (Eds.), *Book of proceedings of XVIII International scientific conference FIS communication in physical education, sport and recreation* (pp. 35-45). Niš: Faculty of Sport and Physical Education.

Tufano, J. J. & Amonette, W. E. (2018). Assisted versus resisted training: which is better for increasing jumping and sprinting?. *Strength & Conditioning Journal*, *40*(1), 106-110. DOI: 10.1519/SSC.0000000000000362

Turki, O., Dhahbi, W., Gueid, S., Hmaied, S., Souaifi, M., & Khalifa, R. (2020). Dynamic warm-up with a weighted vest: Improvement of repeated change-of-direction performance in young male soccer players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *15*(2), 196-203.

Turner, A. (2011). The science and practice of periodization: a brief review. *Strength & Conditioning Journal*, *33*(1), 34-46. DOI:10.1519/SSC.0b013e3182079cdf

Valenčič, V. & Knez, N. (1997). Measuring of skeletal muscles' dynamic properties. *Artificial Organs*, *21*(3), 240-242. DOI: 10.1111/j.1525-1594.1997.tb04658.x

van de Hoef, P. A., Brauers, J. J., van Smeden, M., Backx, F. J. & Brink, M. S. (2020). The effects of lower-extremity plyometric training on soccer-specific outcomes in adult male soccer players: a systematic review and meta-analysis. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *15*(1), 3-17. DOI: 10.1123/ijspp.2019-0565

van der Kruk, E., Van Der Helm, F. C. T., Veeger, H. E. J. & Schwab, A. L. (2018). Power in sports: a literature review on the application, assumptions, and terminology of mechanical power in sport research. *Journal of Biomechanics*, *79*, 1-14. DOI: 10.1016/j.jbiomech.2018.08.031

Van Oeveren, B. T., de Ruiter, C. J., Beek, P. J. & van Dieën, J. H. (2021). The biomechanics of running and running styles: a synthesis. *Sports Biomechanics*, *20*(1), 1-39. DOI: 10.1080/14763141.2021.1873411

Verkhoshansky, Y. & Siff, M. C. (2009). *Supertraining (6th ed.)*. Rome: Verkhoshansky 2009. Преузето са:

https://www.verkhoshansky.com/Portals/0/Book/Supertraining%20index.pdf

Vetter, R. E., Yu, H. & Foose, A. K. (2017). Effects of moderators on physical training programs: a Bayesian approach. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 31*(7), 1868-1878. DOI: 10.1519/JSC.0000000000001585

Vicente-Rodríguez, G., Rey-López, J. P., Ruíz, J. R., Jiménez-Pavón, D., Bergman, P., Ciarapica, D., ... & HELENA Study Group. (2011). Interrater reliability and time measurement validity of speed–agility field tests in adolescents. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *25*(7), 2059-2063. DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181e742fe

Vigne, G., Gaudino, C., Rogowski, I., Alloatti, G. & Hautier, C. (2010). Activity profile in elite Italian soccer team. *International Journal of Sports Medicine*, *31*(5), 304-310. DOI: 10.1055/s-0030-1248320

Walker, G. J. & Hawkins, R. (2018). Structuring a program in elite professional soccer. *Strength & Conditioning Journal*, *40*(3), 72-82. DOI: 10.1519/SSC.0000000000000345

Watsford, M., Ditroilo, M., Fernandez-pena, E., D'Amen, G. & Lucertini, F. (2010). Muscle stiffness and rate of torque development during sprint cycling. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *42*(7), 1324–1332. DOI: 10. 1249/MSS.0b013e3181ce509d

Weakley, J., Mann, B., Banyard, H., McLaren, S., Scott, T. & Garcia-Ramos, A. (2021). Velocity-based training: From theory to application. *Strength & Conditioning Journal*, *43*(2), 31-49. DOI: 10.1519/SSC.0000000000000560

West, D. J., Cunningham, D. J., Bracken, R. M., Bevan, H. R., Crewther, B. T., Cook, C. J., & Kilduff, L. P. (2013). Effects of resisted sprint training on acceleration in professional rugby union players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *27*(4), 1014-1018. DOI: 10.1519/JSC.0b013e3182606cff

Wilson, M. T., Ryan, A. M., Vallance, S. R., Dias-Dougan, A., Dugdale, J. H., Hunter, A. M., ... & Macgregor, L. J. (2019). Tensiomyography derived parameters reflect skeletal muscle architectural adaptations following 6-weeks of lower body resistance training. *Frontiers in Physiology*, *10*, 1493. DOI: 10.3389/fphys.2019.01493

Włodarczyk, M., Adamus, P., Zieliński, J. & Kantanista, A. (2021). Effects of velocity-based training on strength and power in elite athletes—a systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *18*(10), 5257. DOI: 10.3390/ijerpX18105257

Young, W. B. (2006). Transfer of strength and power training to sports performance. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *1*(2), 74-83. DOI: 10.1123/ijspp.1.2.74

Zafeiridis, A., Saraslanidis, P., Manou, V. & Ioakimidis, P. (2005). The effects of resisted sled-pulling sprint training on acceleration and maximum speed performance. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, 45*(3), 284.

Zagatto, A. M., Beck, W. R. & Gobatto, C. A. (2009). Validity of the running anaerobic sprint test for assessing anaerobic power and predicting short-distance performances. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *23*(6), 1820-1827. DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181b3df32

Zouhal, H., Abderrahman, A. B., Dupont, G., Truptin, P., Le Bris, R., Le Postec, E., ... & Bideau, B. (2019). Effects of neuromuscular training on agility performance in elite soccer players. *Frontiers in Physiology*, *10*, 947. DOI: 10.3389/fphys.2019.00947

Zubac, D., & Šimunič, B. (2017). Skeletal muscle contraction time and tone decrease after 8 weeks of plyometric training. *Journal of Strength and Conditioning Research, 31*(6), 1610–1619. DOI: 10.1519/JSC.0000000000001626

Zubac, D., Paravlić, A., Koren, K., Felicita, U. & Šimunič, B. (2019). Plyometric exercise improves jumping performance and skeletal muscle contractile properties in seniors. *Journal of Musculoskeletal & Neuronal Interactions, 19*(1), 38-49.

12. БИОГРАФИЈА

Бранислав Мајкић рођен је 25. фебруара 1995. године у Зајечару. Основну и средњу школу завршио је у Сокобањи са одличним успехом. Факултет спорта и физичког васпитања Универзитета у Нишу уписао је 2014. године, а основне академске студије је завршио 2018. године са просечном оценом 8,73. Мастер академске студије на истом факултету уписао је 2018. године и завршио 2020. године са просечном оценом 9,70. Докторске академске студије уписао је 2020. године на Факултету спорта и физичког васпитања Универзитета у Нишу, где је остварио просечну оцену 9,70. Пројекат докторске дисертације под називом „Ефекти спринтерског тренинга са оптерећењем на моторички фитнес и неуромишићне параметре фудбалера“ одбранио је 1. априла 2024. године, чиме је стекао услов за спровођење истраживања и наставак рада на изради докторске дисертације.

Фудбалом је почео да се бави са пет година и активно је учествовао у такмичарском систему до своје 24. године, што му је пружило значајно практично искуство у сагледавању захтева фудбалске игре из угла спортисте. UEFA B тренерску лиценцу стекао је 2019. године, након чега је започео професионални тренерски рад. У марту 2019. године ангажован је као помоћни тренер кадетске селекције ФК „Раднички“ из Ниша, са којом је исте године освојио Лигу Фудбалског савеза региона источне Србије (ФСРИС), а у сезони 2019/2020 обављао је функцију главног тренера пионирске селекције истог клуба.

Године 2025. започиње рад као кондициони тренер првог тима ЖФК „Машинац“ из Ниша, са којим осваја прво место у Првој лиги Србије за жене и као главни тренер развојног тима (до 15 година), са којим осваја прво место у Развојној лиги ФСРИС. Од јануара 2026. године ангажован је као главни кондициони тренер у Омладинској школи ФК „Раднички“ из Ниша, где је задужен за планирање, контролу и унапређење кондиционе припреме младих фудбалера свих старосних категорија.

На Факултету спорта и физичког васпитања Универзитета у Нишу 2022. године изабран је у звање истраживач-приправник, а 2025. године у звање истраживач-сарадник. Активно је укључен у научно-истраживачки рад и континуирано се бави тестирањима и интерпретацијом резултата у области спортске науке, као и објављивањем научних радова у домаћим и међународним научним часописима. Његов научни интерес усмерен је

превасходно на проучавање развоја моторичких способности и неуромишићних адаптација на различите тренажне стимулусе код младих фудбалера, као и на примени индивидуализованих модела тренинга у савременој спортској пракси.

ИЗЈАВА О АУТОРСТВУ

Изјављујем да је докторска дисертација, под насловом

ЕФЕКТИ СПРИНТЕРСКОГ ТРЕНИНГА СА ОПТЕРЕЋЕЊЕМ НА МОТОРИЧКИ ФИТНЕС И НЕУРОМИШИЋНЕ ПАРАМЕТРЕ ФУДБАЛЕРА

која је одбрањена на Факултету спорта и физичког васпитања Универзитета у Нишу:

- резултат сопственог истраживачког рада;
- да ову дисертацију, ни у целини, нити у деловима, нисам пријављивао/ла на другим факултетима, нити универзитетима;
- да нисам повредио/ла ауторска права, нити злоупотребио/ла интелектуалну својину других лица.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци, који су у вези са ауторством и добијањем академског звања доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада, и то у каталогу Библиотеке, Дигиталном репозиторијуму Универзитета у Нишу, као и у публикацијама Универзитета у Нишу.

У Нишу, _____.

Потпис аутора дисертације:

_____

Бранислав Б. Мајкић

ИЗЈАВА О ИСТОВЕТНОСТИ ЕЛЕКТРОНСКОГ И ШТАМПАНОГ ОБЛИКА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Наслов дисертације: **ЕФЕКТИ СПРИНТЕРСКОГ ТРЕНИНГА СА ОПТЕРЕЋЕЊЕМ НА МОТОРИЧКИ ФИТНЕС И НЕУРОМИШИЋНЕ ПАРАМЕТРЕ ФУДБАЛЕРА**

Изјављујем да је електронски облик моје докторске дисертације, коју сам предао/ла за уношење у **Дигитални репозиторијум Универзитета у Нишу,** истоветан штампаном облику.

У Нишу, _____.

Потпис аутора дисертације:

_____

Бранислав Б. Мајкић

ИЗЈАВА О КОРИШЋЕЊУ

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Никола Тесла“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Нишу унесе моју докторску дисертацију, под насловом:

ЕФЕКТИ СПРИНТЕРСКОГ ТРЕНИНГА СА ОПТЕРЕЋЕЊЕМ НА МОТОРИЧКИ ФИТНЕС И НЕУРОМИШИЋНЕ ПАРАМЕТРЕ ФУДБАЛЕРА

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

Моју докторску дисертацију, унету у Дигитални репозиторијум Универзитета у Нишу, могу користити сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons), за коју сам се одлучио/ла.

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

У Нишу, _____.

Потпис аутора дисертације:

_____

Бранислав Б. Мајкић