

Mišićna aktivacija kod prednjeg direkta

Čendak, Teo

Master's thesis / Diplomski rad

2024

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:221:279512>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-23**



Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Kinesiology, University of Split](#)



UNIVERSITY OF SPLIT





SVEUČILIŠTE U SPLITU

KINEZIOLOŠKI FAKULTET

SVEUČILIŠNI DIPLOMSKI STUDIJ KINEZIOLOGIJE

Mišićna aktivacija kod prednjeg direkta

(DIPLOMSKI RAD)

Student:

Teo Čendak

Mentor :

doc. dr. sc. Šime Veršić

Split, 2024.

Zahvaljujem mentoru doc.dr.sc Šimi Veršiću, kolegi Dariju Vrdoljaku na pomoći u izradi diplomskog rada i kolegama koji su sudjelovali u istraživanju.

Sadržaj

Sažetak	4
Abstract	5
1. UVOD	6
1.1 Kickboxing	6
1.2 EMG (elektromiografija)	8
2. DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA	10
3. PROBLEM ISTRAŽIVANJA	14
4. CILJ ISTRAŽIVANJA	15
5. HIPOTEZE	16
6. METODE RADA	17
6.1 Uzorak ispitanika	17
6.2 Uzorak varijabli	17
6.3 Opis eksperimentalnog postupka	17
6.4 Metoda obrade podataka	19
7. REZULTATI	21
8. RASPRAVA	24
8.1 Razlika kod aktivacije mišića triceps brachii na nedominantnoj strani	24
8.2 Nepostojanje razlika transformacijskih efekata	25
9. ZAKLJUČAK	27
10. LITERATURA	28

Sažetak

Ovo istraživanje uključivalo je testiranje 8 studenata kineziološkog fakulteta u Splitu. Cilj je bio utvrditi razlike između inicijalnog i finalnog mjerenja kod mišića ticeps brahii i mišića serratus anterior kod prednjeg direkta, dali postoji statistički značajna razlika u promjenama u mišićnoj aktivaciji kod mišića triceps brahii i mišića serratus anterior na dominantnoj i nedominantnoj strani kod prednjeg direkta te postoji li statistički značajna razlika u promjenama u mišićnoj aktivaciji između mišića triceps brachii i serratus anterior kod prednjeg direkta. Varijable u uzorku su bile RMS, iEMG i vrijeme aktivacije. Rezultati su pokazali da nema statistički značajne razlike između inicijalnog i finalnog mjerenja aktivacije mišića triceps brahii i serratus anterior osim u slučaju mišića triceps brahii na nedominantnoj strani di postoji statistički značajna razlika u vremenu aktivacije. Također nije pronađena statistički značajna razlika u promjenama u mišićnoj aktivaciji između mišića triceps brahii i mišića serratus anterior te nije pronađena statistički značajna razlika u promjenama kod mišića triceps brachii i mišića serratus anterior tokom izvođenja prednjeg direkta između dominantne i nedominantne strane. To bi moglo biti zbog umora ispitanika prije dugog mjerenja te zbog nedovoljnog podražaja intervencije. Buduća istraživanja bi trebala smanjiti utjecaj vanjskih čimbenika na rezultate, imati veći podražaj u intervenciji te uključiti veći broj ispitanika.

Ključne riječi: mišićne aktivacija, prednji direkt, promjene, vrijeme aktivacije

Abstract

MUSCLE ACTIVATION DURING THE LEAD JAB

This study involved testing 8 students from the Faculty of Kinesiology in Split. The aim was to determine the differences between the initial and final measurements in the triceps brachii and serratus anterior muscles during the execution of a front punch, to examine if there is a statistically significant difference in changes in muscle activation of the triceps brachii and serratus anterior on the dominant and non-dominant side during a lead jab, and whether there is a statistically significant difference in changes in muscle activation between the triceps brachii and serratus anterior during the lead jab. Variables in the sample included RMS, iEMG, and activation time. The results showed no statistically significant differences between the initial and final measurements of the activation of the triceps brachii and serratus anterior muscles, except in the case of the triceps brachii on the non-dominant side, where a statistically significant difference was found in activation time. Additionally, no statistically significant differences were found in the changes in muscle activation between the triceps brachii and serratus anterior muscles, nor were there any statistically significant differences in the changes in muscle activation of the triceps brachii and serratus anterior during the front punch between the dominant and non-dominant side. This could be due to participant fatigue before the lengthy measurement and insufficient intervention stimulus. Future research should aim to reduce the influence of external factors on the results, provide a stronger intervention stimulus, and include a larger sample size.

Keywords: muscle activation, lead jab, changes, activation time

1. UVOD

1.1 Kickboxing

Kickboxing je borilački, polistrukturalni aciklički sport čiji se naziv prvo spominje 1960- ih godina. U kickboxingu postoji više organizacija no jedna od istaknutijih i aktualno najveća organizacija je WAKO tj. World association of kickboxing organizations koji je osnovan 1977. godine i u kojem se trenutno nalazi 126 zemalja članica. 2021. godine kickboxing je prepoznat kao olimpijski sport od strane Internacionalnog olimpijskog odbora. Prema WAKO organizaciji u kickboxingu postoji 7 disciplina od koji su 4 na tatamiju i 3 u ringu. Discipline koje se odvijaju na tatamiju su muzičke forme, point fighting, light contact i kick light, dok se low kick, full contact i K1 odvijaju u ringu. Borci su osim po disciplinama podijeljeni prema spolu, godinama i prema tjelesnoj masi.

Tablica 1. Težinske kategorije u ringu (low kick, full contact i K1)

Mlađi juniori	Mlađe juniorke	Stariji juniori	Starije juniorke	seniori	seniorke
15,16 godina		17,18 godina		19-40 godina	
-42 kg	-36 kg	-51 kg	-48 kg	-51 kg	-48 kg
-45 kg	-40 kg	-54 kg	-52 kg	-54 kg	-52 kg
-48 kg	-44 kg	-57kg	-56 kg	-57kg	-56 kg
-51 kg	-48 kg	-60 kg	-60 kg	-60 kg	-60 kg
-54 kg	-52 kg	-63.5 kg	-65 kg	-63.5 kg	-65 kg
-57 kg	-56 kg	-67 kg	-70 kg	-67 kg	-70 kg
-60 kg	-60 kg	-71 kg	+70 kg	-71 kg	+70 kg
-63,5 kg	+60 kg	-75 kg		-75 kg	
-67 kg		-81 kg		-81 kg	
-71 kg		-86 kg		-86 kg	
-75 kg		-91 kg		-91 kg	
-81 kg		+91 kg		+91 kg	
+81 kg					

Tablica 2. Težinske kategorije na tatamiju (point fighting, light contact, kick light)

Dječaci	djevojčice	Mlađi kadeti	Mlađe kadetkinje	Stariji kadeti	Starije kadetkinje
7,8,9 godina		10,11,12 godina		13,14,15 godina	
-18 kg	-18 kg	-28 kg	-28 kg	-32 kg	-32 kg
-21 kg	-21 kg	-32 kg	-32 kg	-37 kg	-37 kg
-24 kg	-24 kg	-37 kg	-37 kg	-42 kg	-42 kg
-27 kg	-27 kg	-42 kg	-42 kg	-47 kg	-46 kg
-30 kg	-30 kg	-47 kg	-47 kg	-52 kg	-50 kg
-33 kg	-33 kg	+47 kg	+47 kg	-57 kg	-55 kg
-36 kg	-36 kg			-63 kg	-60 kg
+36 kg	+36 kg			-69 kg	-65 kg
				+69 kg	+65 kg

Tablica 3. Težinske kategorije na tatamiju (point fighting, light contact, kick light)

juniori	juniorke	seniori	seniorke	veterani	veteranke
16,17,18 godina		19-40 godina		41-55 godina	
-57 kg	-50 kg	-57 kg	-50 kg	-63 kg	-55 kg
-63 kg	-55 kg	-63 kg	-55 kg	-74 kg	-65 kg
-69 kg	-60 kg	-69 kg	-60 kg	-84 kg	+65 kg
-74 kg	-65 kg	-74 kg	-65 kg	-94 kg	
-79 kg	-70 kg	-79 kg	-70 kg	+94 kg	
-84 kg	+70 kg	-84 kg	+70 kg		
-89 kg		-89 kg			
-94 kg		-94 kg			
+94 kg		+94 kg			

Podaci o dobnim i težinskim kategorijama su preuzeti s službene WAKO stranice.

Kako se discipline razlikuju po pravilima, tako se razlikuju i motorički zahtjevi za borce, te je vidljiva i razlika unutar samih disciplina ovisno o težinskim kategorijama i uzrastu. Kod tatami disciplina više do izražaja dolazi tehnika obzirom da se od boraca traži kontrola udaraca, dok kod

ring disciplina više dolazi do izražaja snaga te više borbi završava nokautom. Može se zaključiti iz dobnih skupina kako je tatami više orijentiran na tehniku nego na snagu pošto su na tatamijima i mlađi uzrasti, dok u ring idu borci koji su prošli kroz glavni dio svog razvoja. U mlađim uzrastima jak utjecaj ima biološka dob boraca gdje akceleratori često imaju veliku prednost unatoč velikoj podjeli na više dobnih i težinskih kategorija. Razlika je najviše vidljiva u težim kategorijama mlađih uzrasta.

Za kickboxing je potrebno razviti kardiovaskularni sustav kako bi se moglo održati energetske sustave tijekom borbe. Treba uzeti u obzir da je kickboxing jako intenzivan sport. Prema Buse, GJ i Santana, JC (2008.) kickboxing opterećuje anaerobni i aerobni sustav te bi stoga trebalo optimizirati oba sustava. Trening snage i jakosti je važan za postavljanje temelja za daljnji razvoj sposobnosti. Jedna od najvažnijih komponenti je eksplozivna snaga koja najviše dolazi do izražaja tijekom borbi. Fleksibilnost i mobilnost su važne kako bi se spriječile ozljede i povećala efikasnost tehnika tijekom borbi i samih treninga, pogotovo kod izvođenja nožnih tehnika. Također u kickboxingu je poželjna sposobnost korištenja dominantne i nedominantne strane tijela jer otvara više mogućnosti u borbi tj. više mogućih napada i kontranapada.

Postoji više mogućih testova koji bi bili primjenjivi na kickboxingu poput testa snage udarca, testovi snage, testova izdržljivosti i tehničkih testova, no za svrhu ovog istraživanja korišten je EMG kako bi promatrali mišićnu aktivaciju.

1.2 EMG (elektromiografija)

Tehnika koja se koristi za mjerenje električne aktivnosti mišića. Pomoću EMG-a možemo analizirati i pratiti aktivnost mišićnih vlakana, što je korisno u različitim područjima poput sportske medicine, rehabilitacije i biomehanike.

EMG podaci se prikupljaju pomoću elektroda koje se postavljaju na kožu ili unutar mišića. Ovi podaci omogućuju istraživanje:

1. Mišićne aktivacije: Koliko i kada se mišići aktiviraju tijekom različitih aktivnosti.

2. Koordinacije mišića: Kako različiti mišići rade zajedno tijekom pokreta.
3. Umora i ozljeda: Kako se aktivnost mišića mijenja s umorom ili nakon ozljede.

EMG se koristi u dijagnostici mišićno-koštanih problema, planiranju rehabilitacijskih programa, te u istraživanjima i sportskim performansama.

2. DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA

Prilikom pregledavanje literature cilj je bio pronaći istraživanja koja su promatrala udarački sport poput kickboxinga i boksa, a koja su proučavala mišićnu aktivaciju. Kako je broj tih istraživanja relativno malen također će bit pregledani radovi koji pregledavaju kickboxing i ostale udaračke sportove ne samo u mišićnoj aktivaciji nego i u fizičkim zahtjevima potrebnim za efikasnu izvedbu.

Istraživanje William B. Kibler i suradnika (2007.) promatralo je aktivaciju mišića kod teniske serve. U istraživanju je sudjelovalo 16 tenisača. Promatrala se aktivacija upper trapezius, lower trapezius, serratus anterior, anterior deltoid and posterior deltoid, supraspinatus, infraspinatus, teres minor tijekom servisa. Prema rezultatima serratus anterior je bio aktivan (-287 ms prije udarca loptice), gornji trapez bio aktivan (-234 ms) u istoj fazi. Donji trapez aktiviran je kasnije, u kasnoj fazi zatezanja (-120 ms), neposredno prije faze ubrzanja. Prednji deltoid bio je aktivan u ranoj fazi zatezanja (-250 ms), dok je stražnji deltoid aktiviran kasnije (-157 ms). Teres minor bio je aktiviran rano u fazi zatezanja (-214 ms), a supraspinatus kasnije (-103 ms). Infraspinatus je bio aktivan tijekom faze praćenja pokreta (+47 ms nakon udarca lopte). Svi mišići, osim infraspinatusa, bili su aktivni više od 50% vremena tijekom pokreta servisa. Ovi podaci nam govore o obrascu mišićne aktivacije tijekom izvedbe teniskog servisa.

Istraživanje iz 2010. godine autora McGill, SM, Chaimberg, JD, Frost, DM, and Fenwick, CMJ bavilo se fenomenom dvostrukog vrhunca u aktivaciji mišića za poboljšanje brzine i sile koji je često povezan sa ciklusima istezanja i skraćivanja. Ispitanici su bili 5 MMA boraca. Promatrana je mišićna aktivacija te je mjereno trodimenzionalno kretanje kralježnice. U istraživanju je u rezultatima dobiven dvostruki vrhunac kod nekih mišića kod početne faze udarca te kod kontakta s protivnikom.

U istraživanju Thor F. Besier, David G. Lloyd i T.R Acklanda promatrali su razliku u mišićnoj aktivaciji kod planiranih i neplaniranih kretnji. Praćena je aktivacija na 10 mišića koljena tijekom faze prije kontakta i dviju epoha tijekom faze oslonca. Grupirali su pojedine u medijalne/lateralne i interne/eksterne rotacijske grupe mišića, ovisno o njihovoj sposobnosti da se suprotstave vanjskim opterećenjima varusa/valgusa i interne/eksterne rotacije u zglobu. Dobili su da se aktivacija mišića tijekom nepredviđenih zadataka promjene smjera povećala za 10–20%, u

usporedbi s približno 100% povećanjem primijenjenih varus/valgus i interna/eksterna rotacija zglobnih momenata. U unaprijed planiranim uvjetima izgleda da su uzorci aktivacije odabrani kako bi poduprli vanjska opterećenja koja djeluju na koljeno, npr. medijalni mišići su aktivirani da bi se oduprli primijenjenim valgus momentima. U nepredviđenim uvjetima nije bilo selektivne aktivacije mišića za suprotstavljanje vanjskom opterećenju koljena, s generaliziranom kontrakcijom koja je bila usvojena kao uzorak aktivacije.

Prilikom pretraživanja pronađen je rad “Defining the Phases of Boxing Punches: A Mixed-Method Approach” autora Seth Lenetsky (2020.) u kojemu su testirali 10 iskusnih boksača kako bi definirali faze udaraca u boks. Uzeli su prednji i zadnji direkt te kroše. Zbog cjelovitijeg razumijevanja udarca korišteni su Elektromiografski i HSV (high speed video) podaci razrađujući opis svake faze udaraca. Također su korišteni force plates (ploče koje mjere silu kontakta). U istraživanju su uspjeli podijeliti udarce na više faza. Direkt je podijeljen na 3 faze: inicijaciju, izvedbu i udarac. Prednji i stražnji kroše su oboje podijeljeni u 4 faze: pripremu za udarac, inicijaciju, izvedbu i udarac. Kod svake faze je definirano je kretanje tijela te tako možemo zaključiti u kojoj fazi se odvija koja radnja i iz toga možemo izvući željenu boksačku tehniku. Ovo istraživanje nam podupire postojeću literaturu o snazi i kondiciji s naglaskom na razvoj donjeg dijela tijela, te nam jasno definira faze udaraca što treneri mogu koristiti u praksi kako bi svojim boksačima poboljšali tehniku udarca.

U istraživanju provedenom 2010. godine naziva Patterns and consistency of muscle recruitment for a karate jab je sudjelovalo 14 profesionalnih karatista. EMG je bio postavljen na 16 mišića (Pronator teres, biceps brachii, triceps brachii i deltoid lijevog gornjeg ekstremiteta, desni erektor spinae, lijevi rectus abdominis te gluteus maximus, rectus femoris, biceps femoris, tibialis anterior i medijalni gastrocnemius desnog i lijevog donjeg ekstremiteta). Cilj je bio procijeniti vrijeme reakcije (RT), motorno vrijeme (MT) i ukupno vrijeme odgovora (TRT), kao i njihovu povezanost tijekom karate udarca, te istražiti obrazac aktivacije i dosljednost mišića tijekom motornog vremena. Značajna korelacija između MT-a i TRT-a ukazala je na to da je MT bio ključni čimbenik za TRT udarca. Prilikom izvođenja karate udarca, karate sportaši započeli su pokret s posturalnim prilagodbama nogu i trupa prije početka voljnog udarca gornjim ekstremitetom, uz slijed aktivacije mišića od proksimalnog prema distalnom dijelu u lijevoj ruci. Značajna korelacija između MT-a i TRT-a ukazala je da je MT bio ključni čimbenik za TRT udarca. Dobra dosljednost u aktivaciji

mišića trupa, lijeve ruke i noge, kao i istovremena kontrakcija lijevog tricepsa i bicepsa brachii, također su ukazivali na dobro kontroliran udarac lijevom rukom. Rezultati dobiveni u ovoj studiji daju informaciju o obrascu mišićne aktivacije tijekom udarca.

Istraživanje Pabla Valdes-Badilla i suradnika (2017.) je promatralo Razlike u aktivnosti elektromiografije kod kružnog udarca (roundhouse kick) između početnika i naprednih taekwondo sportaša. Istraživanje je provedeno na 16 taekwondo natjecatelja (četiri žene). Kategorizirani su prema godinama vježbanja. Mišići soleus, tibialis anterior, lateralni gastroknemijus, vastus medialis, vastus lateralis, rectus femoris, biceps femoris i semitendinosus su analizirani pomoću površinske elektromiografije. U istraživanju su uočene razlike u aktivnosti elektromiografije prema godinama iskustva među taekwondo sportašima.

“The metabolic demands and ability to sustain work outputs during kickboxing competitions” istraživanje autora Yasar Salci (2015) s ciljem utvrđivanja broja otkucaja srca, razine laktata i razinu percipiranog napora kao odgovor na kickboxing natjecanja. 10 kickboksča je sudjelovalo u istraživanju te su podatci razine laktata te razine percipiranog napora bili uzimani između rundi, dok su otkucaji srca bili konstantno praćeni. Također je praćena izometrička snaga korištenjem Biodex Isokinetic System 4. Došlo se do zaključka kako se metabolički zahtjevi progresivno povećavaju tijekom rundi te da se broj udaraca smanjuje. Također je prikazan dvostruko veći pad u snazi fleksora tijekom druge i treće runde u odnosu na ekstenzore koljena i značajan pad hamstring/kvadriceps omjera snage, što povećava mogućnost ozljede te smanjuje mogućnost kontrole udaraca što sugerira da bi specifični trening stražnje lože trebao biti strukturalni dio programa za sportaše borilačkih sportova. Pošto na kickboxing natjecanjima često ima više borbi za redom, ovo istraživanje također ukazuje na potrebu za razvojem aerobnog sustava kako bi se borci mogli što bolje oporaviti između borbi.

“Asimetrija kickboxinga - postoji li potreba za bilateralnim treningom?” Vukman (2024) je znanstveni rad u kojemu se promatrala razlika između mišića dominantne i nedominantne strane kod prednjeg direkta. Promatrali su se mišići triceps brachii i serratus anterior na uzorku od 8 aktivnih natjecatelja u amaterskom kickboxing klubu. U ovome istraživanju dobiveno je da je brža aktivacija mišića na dominantnoj strani te da ne postoji razlika u brzini i načinu aktivacije serratusa anteriora i triceps brachija prilikom izvođenja direkta. Iz istraživanja je izvučen zaključak da

nema značajnih razlika u aktivaciji mišića triceps brachii i serratus anteriora na lijevoj i desnoj strani. Također je serratus anterior pokazao značajnu razliku u aktivaciji na dominantnoj strani što je autora navelo na zaključak da postoji moguća prednost unilateralnih treninga i treninga tehnike nedominantnom stranom tijela.

Machado, Osório, Silva i Magini (2010) su u istraživanju “Biomechanical analysis of the muscular power of martial arts athletes” (Biomehanička analiza mišićne snage sportaša borilačkih sportova) na uzorku od 10 sportaša (5 iz kickboxinga, 5 iz taekwondo) analizirala se mišićna snaga ispitanika pomoću izokinetičkog dinamometra te je bila praćena mišićna aktivacija pomoću EMG uređaja. Elektrode su bile postavljene na rectus femoris, vastus lateralis, vastus medialis i biceps femoris. Ispitanici su radili 15 ponavljanja bilateralno u koncentričnom načinu ekstenzije i fleksije koljena na izokinetičkom dinamometru. Dobivena je značajna statistička razlika u performansi desnoga vastus lateralisa između sportaša iz kickboxinga i taekwondo. Međutim to je bila devijacija te nije bilo važno za opće rezultate. Rezultati su pokazali da kickboksači i taekwandoisti imaju sličnu mišićnu snagu iako su sportaši iz taekwondo trenirali 5 puta duže. Zaključak je bio da je borbeni trening zaslužan za dobivanje brzih rezultata u dobivanju mišićne snage i smanjenju levela anksioznosti.

3. PROBLEM ISTRAŽIVANJA

Unatoč sve većoj popularnosti borilačkih sportova, samim time i kickboxinga, još uvijek mali je broj istraživanja koja bi nam prikazala razlike kod sportaša tj. postoji li razlika u mišićnoj aktivaciji kod izvedbi udaraca.

Pregledom dosadašnjih istraživanja utvrđeno je da postoji manjak spoznaja o mišićnoj aktivaciji za vrijeme kickboxing aktivnosti, a poglavito o efektima učenja pojedinog kickbox elementa na mišićnu aktivaciju glavnih agonista.

4. CILJ ISTRAŽIVANJA

Cilj istraživanja je utvrditi razlike aktivacije mišića (triceps brahii i serratus anterior) između početnog i finalnog mjerenja tj. mjerenja na početku procesa učenja i na kraju. Također je cilj utvrditi postoji li transformacijski učinak u razlici između dominantne i nedominantne strane kod prednjeg direkta, te postoji li transformacijski učinak u razlici između mišića triceps brachii i serratus anterior.

5. HIPOTEZE

Sukladno sa dosadašnjim spoznajama i ciljevima ovoga istraživanja postavljene su sljedeće hipoteze :

H1: Postoji statistički značajna pozitivna razlika u promjenama u mišićnoj aktivaciji mišića triceps brahii i serratus anterior tokom izvođenja prednjeg direkta između inicijalnog i finalnog mjerenja

H2: Postoji statistički značajna razlika u promjenama u mišićnoj aktivaciji mišića triceps brahii i serratus anterior tijekom izvođenja prednjeg direkta između dominantne i nedominantne strane

H3: Postoji statistički značajna razlika u promjenama u mišićnoj aktivaciji na razliku između mišića triceps brachii i mišića serratus anterior

6. METODE RADA

6.1 Uzorak ispitanika

Uzorak ispitanika činilo je 8 studenta kineziološkoga fakulteta koji su upisani na izborni kolegij boksa na Kineziološkom fakultetu u Splitu. Ispitanici nemaju značajnog iskustva u udaračkim sportovima. Prosječna visina ispitanika je 183,6 cm, dok su maksimalna i minimalna visina bile 191 cm i 173 cm. Prosječna težina je bila 86.9 kg, maksimalna 112 kg, minimalna 72 kg te je prosječna dob ispitanika bila 25 godina, najstariji ispitanike je imao 27 godina, a najmlađi 21 godinu.

6.2 Uzorak varijabli

Uzorak varijabli sastoji se od: varijabli mišićne aktivnosti (iEMG, RMS, prosječna aktivnost i vrijeme aktivacije). Testovi se sastoje od prednjeg direkta dominantom i nedominantnom rukom. iEMG-Integrirani EMG signal se odnosi na integraciju sirove elektromiografije (EMG) tijekom definiranog vremenskog razdoblja. Ovaj proces integracije koristi se kako bi se dobio reprezentativniji mjerač aktivnosti mišića tijekom određenog zadatka ili pokreta. RMS vrijednost daje mjeru veličine EMG signala i posebno je korisna jer učinkovito prikazuje ukupni intenzitet električne aktivnosti mišića.

6.3 Opis eksperimentalnog postupka

U istraživanju ispitanicima je mjerena mišićna aktivnost 2 puta pomoću BITalino uređaja (Plux Wireless Biosignals S.A. . U istraživanju su korištene boksačka vreća i boksačke rukavice, svi ispitanici su ispod rukavica imali bandaže kako bi se spriječila ozljeda. Prvo mjerenje je napravljeno na početku praktične nastave iz boksa, dok je drugo mjerenje na kraju nastave iz boksa. Trajanje intervencije bilo je 7 tjedana, tako da je to zapravo i vrijeme između 2 mjerenja. Nastava se održavala u Boksачkom klubu Torcida u sklopu izbornog predmeta boksa. Mjerenja su provedena nakon zagrijavanja kako ne bi došlo do ozljeda ispitanika. Zagrijavanje se sastojalo od

laganog trčanja, preskakanja vijače, te vježbi za učenje boksačkog garda. Ispitanicima su elektrode uređaja bile postavljene na mišiće triceps brachii i serratus anterior s 2 cm razmaka kako bi se poništili šumovi u signalu. Elektromiografski (EMG) zapis je sakupljen uz pomoć BiTalino uređaja (Plux Wireless Biosignals S.A.). Zapis EMG podataka je sakupljen u rasponu od 1000 Hz i procesiran koristeći Brze Fourierove Transformacije i bandpass filter (20-300Hz). Korijen od aritmetičkih sredina kvadriran (RMS) je bio izračunat na 50 uzoraka. Zatim, je integrirani EMG (iEMG) izračunat kako bi se determinirala pouzdanost podataka. Matlab (The Mathworks, Inc.) je bio korišten za filtriranje svih EMG podataka.



Slika 1. mjerenje lijevog prednjeg direkta



Slika 2. mjerenje lijevog prednjeg direkta

6.4 Metoda obrade podataka

Korištena je deskriptivna statistika kojom je utvrđena aritmetička sredina, minimalna i maksimalna vrijednost te standardna devijacija. Normalitet distribucije je provjeren KS testom te je utvrđeno da su podaci normalno distribuirani. Korištena je ANOVA kako bi se dobile razlike između inicijalnog i finalnog mjerenja, te je korištena dvosmjerna analiza varijance za utvrđivanje transformacijskog efekta na razliku između aktivacije dominantne i nedominantne strane te za

utvrđivanje transformacijskog efekta na razliku između aktivacije serratusa i tricepsa. Podaci su obrađeni računalnim programom Statistica 13.

7. REZULTATI

Tablica 1. Deskriptivna statistika

Varijable	AS	Min	Max	SD	K-S (p)
Serratus Anterior Dominantan					
RMS inicijalno	0,18	0,1	0,3	0,07	p > .20
RMS finalno	0,18	0,11	0,3	0,06	p > .20
Iemg inicijalno	0,1	0,05	0,18	0,05	p > .20
Iemg finalno	0,1	0,05	0,2	0,05	p > .20
Vrijeme aktivacije inicijalno	0,22	0,06	0,46	0,14	p > .20
Vrijeme aktivacije finalno	0,31	0,12	0,6	0,15	p > .20
Serratus Anterior Nedominantan					
RMS inicijalno	0,2	0,16	0,31	0,06	p > .20
RMS finalno	0,18	0,09	0,31	0,07	p > .20
Iemg inicijalno	0,1	0,05	0,16	0,04	p > .20
Iemg finalno	0,07	0,05	0,13	0,03	p > .20
Vrijeme aktivacije inicijalno	0,32	0,01	0,44	0,14	p > .20
Vrijeme aktivacije finalno	0,29	0,14	0,47	0,11	p > .20
Triceps Brachii Dominantan					
RMS inicijalno	0,15	0,1	0,27	0,05	p > .20
RMS finalno	0,16	0,11	0,2	0,03	p > .20
Iemg inicijalno	0,08	0,05	0,13	0,03	p > .20
Iemg finalno	0,07	0,06	0,09	0,02	p > .20
Vrijeme aktivacije inicijalno	0,22	0,02	0,4	0,13	p > .20
Vrijeme aktivacije finalno	0,31	0,2	0,44	0,09	p > .20
Triceps Brachii Nedominantan					
RMS inicijalno	0,17	0,1	0,23	0,05	p > .20
RMS finalno	0,19	0,14	0,27	0,05	p > .20
Iemg inicijalno	0,08	0,05	0,1	0,02	p > .20
Iemg finalno	0,08	0,05	0,13	0,03	p > .20
Vrijeme aktivacije inicijalno	0,19	0,04	0,36	0,1	p > .20
Vrijeme aktivacije finalno	0,31	0,17	0,42	0,09	p > .20

LEGENDA: AS-aritmetička sredina, Min-minimum, max-maksimum, SD-standardna devijacija, p-nivo signifikantnosti, RMS-Root means square (govori o snazi mišićne aktivacije), Iemg-integrirani EMG (mjera ukupne električne aktivnosti), vrijeme aktivacije- vrijeme potrebno za aktivaciju

U tablici 1. su prikazani rezultati deskriptivni statistike, te je vidljivo da su sve varijable normalno distribuirane.

Tablica 2. Analiza varijance između inicijalnog i finalnog mjerenja

Varijable	F	p	η^2
Serratus Anterior			
RMS Dominantan	0,01	0,94	0,01
RMS Nedominantan	0,62	0,46	0,08
Iemg Dominantan	0,1	0,77	0,01
Iemg Nedominantan	1,46	0,27	0,17
Vrijeme aktivacije Dominantan	1,84	0,22	0,21
Vrijeme aktivacije Nedominantan	0,15	0,71	0,02
Triceps Brachii			
RMS Dominantan	0,03	0,86	0,01
RMS nedominantan	0,4	0,55	0,05
Iemg Dominantan	0,02	0,9	0,01
Iemg nedominantan	0,28	0,61	0,04
Vrijeme aktivacije Dominantan	1,91	0,21	0,21
Vrijeme aktivacije nedominantan	5,76	0,05	0,45

LEGENDA: F- testna vrijednost, p- nivo signifikantnosti, η^2 - efekt veličine, RMS-Root means square (govori o snazi mišićne aktivacije), Iemg- integrirani emg (mjera ukupne električne aktivnosti), vrijeme aktivacije- vrijeme potrebno za aktivaciju

Tablica 2 prikazuje analizu varijance između inicijalnog i finalnog mjerenja. Iz tablice možemo vidjeti da je jedina statistički značajna razlika u vremenu aktivacije mišića triceps brachii na nedominantnoj strani (p).

Tablica 3. Dvosmjerna Analiza varijance za utvrđivanje transformacijskog efekta na razliku između aktivacije dominantne i nedominantne strane

Varijable	F	p	η^2
Serratus Anterior			
RMS	0,51	0,49	0,03

Iemg	0,57	0,46	0,04
Vrijeme aktivacije	1,6	0,23	0,1
Triceps Brachii			
RMS	0,13	0,72	0,01
Iemg	0,25	0,63	0,02
Vrijeme aktivacije	0,2	0,66	0,01

LEGENDA: F- testna vrijednost, p- nivo signifikantnosti, η^2 - efekt veličine, RMS-Root means square (govori o snazi mišićne aktivacije), Iemg- integrirani emg (mjera ukupne električne aktivnosti), vrijeme aktivacije- vrijeme potrebno za aktivaciju

Tablica 3 prikazuje Dvosmjerna Analiza varijance za utvrđivanje transformacijskog efekta na razliku između aktivacije dominantne i nedominantne strane. Podatci pokazuju da nema statistički značajne razlike između inicijalnog i finalnog mjerenja tj. da transformacijski učinak nije doveo do napretka u tim varijablama.

Tablica 4. Dvosmjerna Analiza varijance za utvrđivanje transformacijskog efekta na razliku između aktivacije serratusa i tricepsa

Varijable	F	p	η^2
nedominantna			
RMS	1,02	0,33	0,07
Iemg	1,73	0,21	0,11
Vrijeme aktivacije	3,07	0,1	0,18
dominantna			
RMS	0,01	0,95	0,01
Iemg	0,04	0,84	0,01
Vrijeme aktivacije	0,02	0,89	0,01

LEGENDA: F- testna vrijednost, p- nivo signifikantnosti, η^2 - efekt veličine, RMS-Root means square (govori o snazi mišićne aktivacije), Iemg- integrirani emg (mjera ukupne električne aktivnosti), vrijeme aktivacije- vrijeme potrebno za aktivaciju

Tablica 4. prikazuje dvosmjernu Analizu varijance za utvrđivanje transformacijskog efekta na razliku između aktivacije serratusa i tricepsa. Podaci prikazuju da nema statistički značajne razlike između aktivacije serratusa i tricepsa što znači da transformacijski učinak nije doveo do statistički značajne promjene u tim varijablama.

8. RASPRAVA

Sukladno ciljevima ovog istraživanja dva najbitnija nalaza su razlika između inicijalnog i finalnog mjerenja u vremenu aktivacije kod mišića triceps brachii na nedominantnoj strani koje se usporilo, te proces učenja nije doveo do promjene u razlikama na dominantne i nedominantne strane te da nema promjene u razlikama između mišića na pojedinoj strani.

8.1 Razlika kod aktivacije mišića triceps brachii na nedominantnoj strani

Kako je u rezultatima prikazano, dobili smo razliku u vremenu aktivacije mišića triceps brachii na nedominantnoj strani između inicijalnog i finalnog mjerenja. Konkretno, došlo je do sporije mišićne aktivacije. O točnim razlozima možemo spekulirati, a jedno od objašnjenja mogao bi biti umor ispitanika zbog neke aktivnosti prije finalnog mjerenja. Prema Roger M. Enoka i Jacques Duchateau (2008.) "Mišićni umor može se odnositi na motorički deficit, percepcije ili pad mentalne funkcije, može opisivati postepeno smanjenje sposobnosti mišića da generira silu ili kraj produžene aktivnosti, a može se prikazati kao smanjenje mišićne snage, promjena u elektromiografskoj aktivnosti ili iscrpljenost kontraktilne funkcije", što nam može biti objašnjenje sporije mišićne aktivacije. Također, moguće da su tijekom nastave koristili primarno dominantnu stranu, te zanemarili nedominantnu, što je moglo dovesti čak do dodatnog disbalansa i narušavanja tehnike. U istraživanju Van Cutsema i suradnika (1998.) na uzorku od 3 muškarca i 2 žene koji su bili mjereni prije i poslije 12 tjedana dinamičkog treninga, postojala je i kontrolna grupa koja se sastojala od 1 muškarca i 3 žene koja nije trenirala i testirana je nakon prvog i šestog tjedna. Promatrana je adaptacije mišića dorzifleksora skočnog zgloba i ponašanje pojedinačnih motoričkih jedinica u mišiću tibialis anterior. Testirani su mišići nedominantne noge. Tijekom snimanja prije i poslije treninga, ispitanik je sjedio na stolici u blago nagnutom položaju, s jednom nogom pričvršćenom za ploču koja je bila nagnuta pod kutom od 45 stupnjeva u odnosu na pod. Kutovi skočnog zgloba i koljena bili su postavljeni na približno 90 i 110 stupnjeva. Stopalo je bilo čvrsto pričvršćeno za ploču pomoću dviju traka i držano na mjestu blokom za petu. Jedna traka bila je postavljena oko skočnog zgloba, a druga oko stopala, 1-2 cm proksimalno od metatarzofalangealnog zgloba. Kod kontrolne skupine nije bilo promjena nakon 6 tjedana, što

ukazuje da su transformacije uzrokovane treningom kod grupe koja je trenirala. Kod testiranja nakon dinamičkog treninga tibialis anteriora (nedominantne noge) došlo je do podataka da nema promjene u redosljediu aktivacije motoričkih jedinica, te da je ranija aktivnost mišićnog EMG-a tj. brže vrijeme aktivacije. Uzevši u obzir prijašnja istraživanja i rezultate ovog istraživanja možemo zaključiti da se može utjecati na brzinu aktivacije mišića treningom. Ipak, napredak u mišićnoj aktivaciji u ovom istraživanju nije primijećen, štoviše, došlo je i do određenog usporavanja, što je nevjerojatnije posljedica mišićnog umora.

8.2 Nepostojanje razlika transformacijskih efekata

Prema rezultatima možemo zaključiti kako nismo dobili razliku u promjenama u mišićnoj aktivaciji između mišića serratus anteriora i mišića triceps barchii, te da ne postoji statistički značajna razlika u promjenama dominantne i nedominantne strane. Razlog ovim rezultatima mogao bi biti taj što je odabran uzorak studenti kineziološkog fakulteta koji su već selekcionirana skupina. Unutar tog uzorka, teže je izazvati promjenu obzirom da su oni na dosta visokoj razini koordinacije te je posljedično teže napraviti podražaj potreban za stvaranje značajne razlike. Pregledavajući literaturu nije pronađen niti jedan sličan rad za usporedbu u kickboxingu. Međutim za potrebe ovog istraživanja možemo povući usporedbu s istraživanjem iz drugog sporta. U istraživanju Manolopoulos, Evaggelos i suradnika (2013.) proučavan je efekt desetotjednog programa vježbi s otporom na biomehaniku udarca u nogometu i mišićnu snagu. Uzorak se sastojao od 20 muških amaterskih igrača nogometa koji su bili podijeljeni u kontrolnu i eksperimentalnu skupinu. U svakoj skupini se nalazilo 10 ispitanika. Nogometni udarac su podijeli u tri faze. Prva faza definirana je od početka pokreta do kontakta sa tlom. Druga faza počinje od kontakta sa tlom do maksimalnog kuta fleksije koljena zamahne noge. Treća faza je od maksimalne fleksije koljena do prvog kontakta s loptom. EMG rezultati su pokazali kako postoji statistički značajna razlika u aktivnosti mišića biceps femoris u svakoj fazi udaranja, te povećanje u aktivaciji vastus medialis i rectus femoris u trećoj fazi udarca. Što sugerira da se može utjecati na mišićnu aktivaciju uz pomoć vježbi s otporom. Važno je napomenuti da je period treninga trajao 12 tjedana po 5 puta tjedno u prije navedenom istraživanju Van Cutsema i suradnika (1998.) i 10 tjedana u

istraživanju Evaggelos i suradnika (2013.) naspram 7 tjedana u ovom istraživanju. Postoji mogućnost da podražaj kroz tih 7 tjedana nije bio dovoljan kako bi se postigla transformacija

9. ZAKLJUČAK

Istraživanje je provedeno na 8 studenata kineziologije na kojima je testirana mišićna aktivacija mišića serratus anteriora i mišića triceps brachii prije i poslije intervencije. Dobiveni rezultati u istraživanju nam ukazuju na to da je jedina statistički značajna razlika između inicijalnog i završnog mjerenja na mišiću triceps brachii na nedominantnoj strani. Ostali podaci navode nas na zaključak kako nema statistički značajne razlike u promjenama u mišićnoj aktivaciji između mišića na dominantnoj i nedominantnoj strani, te da nema statistički značajne promjene u razlikama između mišića triceps brachii i mišića triceps anterior, što bi značilo da odbacujemo hipoteze H1, H2 i H3. Kod hipoteze H1 došlo je do statistički značajne promjene na mišiću triceps brachii na nedominantnoj strani, ta promjena bila negativna tj. došlo je do pogoršanja rezultata stoga odbacujemo H1. To je u suprotnosti s dosadašnjim spoznajama iz prijašnjih istraživanja u kojima je promjena bila pozitivna.

Ograničenja rada su bila mali uzorak ispitanika te puno vanjskih faktora koji mogu utjecati na rezultate istraživanja, poput umora zbog neke aktivnosti. Ispitanici nisu bili pod kontrolom van same nastave te su njihove aktivnosti van same intervencije mogle utjecati na izvedbu.

Smjernice za daljnja istraživanja bi bile da se poveća uzorak ispitanika, te da se pokuša koncipirati istraživanje tako da se smanji utjecaj vanjskih faktora na rezultate. Bilo bi dobro povećati broj mišića na kojima se provodi istraživanje da se dobije šira slika.

Ovo istraživanje bi moglo biti smjernica za istraživanja u kickboxingu te korisna informacija trenerima koliko je važan utjecaj dovoljnog intenziteta podražaja da bi proces učenja imao značajan utjecaj na sportaše.

10. LITERATURA

1. Besier, T. F., Lloyd, D. G., & Ackland, T. R. (2003). Muscle activation strategies at the knee during running and cutting maneuvers. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 35(1), 119-127.
2. Buse, George J MD, CSCS; Santana, Juan Carlos MEd, CSCS*D; FNCSA. Conditioning Strategies for Competitive Kickboxing. *Strength and Conditioning Journal* 30(4):p 42-48, August 2008. | DOI: 10.1519/SSC.0b013e31817f19cd
3. Enoka, R. M., & Duchateau, J. (2008). Muscle fatigue: what, why and how it influences muscle function. *The Journal of physiology*, 586(1), 11-23.
4. Kibler, W. B., Chandler, T. J., Shapiro, R., & Conuel, M. (2007). Muscle activation in coupled scapulohumeral motions in the high performance tennis serve. *British journal of sports medicine*, 41(11), 745–749. <https://doi.org/10.1136/bjism.2007.037333>
5. Lenetsky, Seth; Brughelli, Matt; Nates, Roy J.; Neville, J.G.; Cross, Matt R.; Lormier, Anna V. Defining the Phases of Boxing Punches: A Mixed-Method Approach. *Journal of Strength and Conditioning Research* 34(4):p 1040-1051, April 2020. | DOI: 10.1519/JSC.0000000000002895
6. Machado, S.M., Osório, R.A.L., Silva, N.S. et al. Biomechanical analysis of the muscular power of martial arts athletes. *Med Biol Eng Comput* 48, 573–577 (2010)
7. Manolopoulos, Evaggelos; Katis, Athanasios; Manolopoulos, Konstantinos; Kalapotharakos, Vasileios; Kellis, Eleftherios. Effects of a 10-Week Resistance Exercise Program on Soccer Kick Biomechanics and Muscle Strength. *Journal of Strength and Conditioning Research* 27(12):p 3391-3401, December 2013. | DOI: 10.1519/JSC.0b013e3182915f21
8. McGill, Stuart M1; Chaimberg, Jon D2; Frost, David M1; Fenwick, Chad M J1. Evidence of a Double Peak in Muscle Activation to Enhance Strike Speed and Force: An Example With Elite Mixed Martial Arts Fighters. *Journal of Strength and Conditioning Research* 24(2):p 348-357, February 2010. | DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181cc23d5
9. Ning, Yu-Lin & Li, Jia-Da & Lo, Wei-Ching & Huang, Chih-Hung & Chang, Chu-Fen & Hsieh, Fu-Hsiu & Lu, Tung-Wu. (2011). Patterns and consistency of muscle recruitment

for a karate jab. *Biomedical Engineering-Applications Basis Communications*. 23. 75-82. 10.4015/S1016237211002396.

10. Pablo Valdes-Badilla, Mauricio Barramuno Medina, Rodrigo Astudillo Pinilla, Tomas Herrera-Valenzuela, Eduardo Guzman-Munoz, Mikel Perez-Gutierrez, Carlos Gutierrez-Garcia, Cristian Martinez Salazar (2017). Differences in the electromyography activity of a roundhouse kick between novice and advanced taekwondo athletes, *Ido Movement for Culture*, Vol. 18, no. 1 (2018), pages 31-38. DOI: 10.14589/ido.18.1.5
11. Salci Y. The metabolic demands and ability to sustain work outputs during kickboxing competitions. *Int. J. Perform. Anal. Sport.* 2015; 15(1): 39-52. doi: 10.1080/24748668.2015.11868775.
12. Van Cutsem, M., Duchateau, J., & Hainaut, K. (1998). Changes in single motor unit behaviour contribute to the increase in contraction speed after dynamic training in humans. *The Journal of physiology*, 513 (Pt 1)(Pt 1), 295–305. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7793.1998.295by.x>
13. Vukman ,G., Vrdoljak, D., Veršić, Š. (2024.). (A)SIMETRIJA KICKBOXINGA – POSTOJI LI POTREBA ZA BILATERALNIM TRENINGOM? 22. godišnja međunarodna konferencija KONDICIJSKA PRIPREMA SPORTAŠA 2024, 28-3