

# Strukturiranje funkcionalnih treninga kod profesionalnih nogometaša s obzirom na mišićne disbalanse

---

Čakarun, Luka

Master's thesis / Specijalistički diplomski stručni

2021

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:221:327631>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-02**



Repository / Repozitorij:

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



UNIVERSITY OF SPLIT



SVEUČILIŠTE U SPLITU  
KINEZIOLOŠKI FAKULTET

Specijalistički stručni studij / Kondicijska priprema sportaša

**STRUKTURIRANJE  
FUNKCIONALNIH TRENINGA KOD  
PROFESIONALNIH NOGOMETAŠA  
S OBZIROM NA MIŠIĆNE  
DISBALANSE**  
(ZAVRŠNI RAD)

**Student:**

Luka Čakarun

**Mentor:**

izv. prof. dr. sc. Igor Jelaska

Split, 2021. godina

# SADRŽAJ

1. UVOD.....	4
2. ANALIZA NOGOMETNE IGRE.....	7
2.1. Strukturalna analiza nogometne igre.....	7
2.1.1. Tehnika nogometne igre .....	9
2.2. Anatomska analiza nogometne igre .....	10
2.3. Funkcionalna analiza nogometne igre .....	12
3. TENZIOMIOGRAFIJA (TMG).....	13
4. DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA.....	18
5. PROBLEM ISTRAŽIVANJA.....	22
5.1. Cilj istraživanja .....	22
5.2. Hipoteze istraživanja.....	22
5.3. Uzorak ispitanika .....	22
5.4. Uzorak varijabli .....	22
5.5. Opis eksperimentalnog postupka .....	26
5.6. Statistička analiza podataka .....	27
6. REZULTATI I DISKUSIJA.....	28
7. STRUKTURIRANJE FUNKCIONALNIH TRENINGA.....	47
7.1. Preventivni program .....	48
8. ZAKLJUČAK .....	53
9. LITERATURA.....	55
10. POPIS SLIKA.....	58

## SAŽETAK

Sportska dijagnostika predstavlja niz postupaka kojim se nastoji što jasnije definirati karakteristike sportaša u cilju optimizacije sportskog treninga. Cilj ovog istraživanja je utvrditi postoji li funkcionalni mišićni disbalans prednjeg kinetičkog lanca kod nogometaša s obzirom na dominantnu i nedominantnu stranu. U istraživanju korišten je uzorak od 52 zdravih profesionalnih nogometaša seniora HNK Rijeka i FK Titograd. Prosjek godina nogometaša iznosi  $22,89 \pm 5,11$ ; težina  $76,58 \pm 6,32$  kg i visina  $182,30 \pm 5,82$  cm. Metoda koju smo koristili u istraživanju je tenziomiografija (TMG). Varijable koje smo koristili: vrijeme kontrakcije ( $T_c$ ) i maksimalni pomak trbuha mišića ( $D_m$ ) na testiranim mišićima: tibialis anterior (TA), rectus femoris (RF), vastus lateralis (VL), vastus medialis (VM), rectus abdominis (RA). Dobiveni rezultati ukazuju da ne postoji funkcionalni mišićni disbalans prednjeg kinetičkog lanca s obzirom na dominantnu i nedominantnu stranu. Usprkos opće poznatom razmišljanju nogometnih stručnjaka kako u nogometu prevladavaju unilateralne aktivnosti te mišljenja kako te unilateralne aktivnosti izazivaju bilateralne disbalanse. Detaljnijim proučavanjem strukturalne i anatomske analizom nogometne igre uvidjeli smo kako nogometna igra podjednako opterećuje obje strane lokomotornog aparata. Iz dobivenih rezultata možemo zaključiti kako bilateralni funkcionalni mišićni disbalans prednjeg kinetičkog lanca predstavlja rijetkost. Iako je rijetkost, kod određenog broja nogometaša postoji, a kao takvog ga možemo uz pomoć funkcionalnog preventivnog treninga prevenirati. Uz pomoć dobivenih rezultata TMG-a kreira se opći (ili individualizirani) preventivni program za nogometaše s ciljem prevencije ozljeda.

**Ključne riječi:** mišić, nogomet, tenziomiografija, mišićni disbalans.

## SUMMARY

Sports diagnostics is a series of procedures that seek to define as clearly as possible the characteristics of athletes in order to optimize sports training. The aim of this study is to determine whether there is functional muscle imbalance front kinetic chain in football players with respect to the dominant and non-dominant sides. The study used a sample of 52 healthy professional soccer players seniors from HNK Rijeka and FK Titograd. The average age of the team is  $22.89 \pm 5.11$ ; weight  $76.58 \pm 6.32$  kg and height  $182.30 \pm 5.82$  cm. The method we used in the study is tensiomyography (TMG). The variables used in are: contraction time ( $Tc$ ), maximal displacement of the muscle belly ( $Dm$ ) on tested muscles: tibialis anterior (TA), rectus femoris (RF), vastus lateralis (VL), vastus medialis (VM), rectus abdominis RA. The results obtained indicate that there is no functional muscle imbalance in front kinetic chain with considering to the dominant and non-dominant sides. Despite the well-known thinking of soccer experts that unilateral activities is predominant in soccer and though that these unilateral activities causes bilateral imbalances. By more detailed study od the structural and anatomical analysis of the soccer game we realized that the soccer game use both sides of the locomotor system equally. From obtained results we can conclude that bilateral functional muscle imbalance of the anterior kinetic chain is a rarity. Although it is a rarity, it exists in certain number of soccer players, and as such we can prevent it with the help of functional preventive training. With the help of the obtained TMG results, a general (or individualized) prevention program for soccer players is created with the aim of injury prevention.

**Key words:** muscle, soccer, tensiomyography, muscle imbalance.



## 1. UVOD

Stalna želja za napredovanjem nogometaše i njihove trenera vodi tome da pronađu nove načine poboljšanja antropoloških karakteristika i sposobnosti. Pronalazak novih načina poboljšanja sposobnosti testira se na razne načine, a to sve u konačnici razultira poboljšanju postignutih rezultata. Dizajniranje treninga, pripremanje u različitim atmosferskim i klimatskim uvjetima, bioritmika opterećenja i režim oporavka samo su neki od zahtjeva kojima se sportaš i trener trebaju prilagoditi nebi li unaprijedili ekipu ili pojedinca kojemu je cilj napredovanje u antropološkim karakteristikama i sposobnostima te u konačnici napredovanje u postignutim rezultatima.

Bavljenje nogometom zahtjeva od sportaša posjedovanje specifičnih vještina, određenih sposobnosti i značajnu kondicijsku pripremljenost. Kondicijska pripremljenost obuhvaća niz individualnih karakteristika, ona obuhvaća fizičke, psihomotorne, fiziološke i psihološke faktore. Navedene kvalitete su neophodne tijekom natjecanja (utakmice). Primjerice, kako bi uspjeli u održavanju visokog nivoa intenziteta tijekom devedeset minuta utakmice, tijekom posjeda lopte, tijekom posjeda lopte protivnika, u brznoj reakciji na izgublenu loptu i prilagodljivosti izmijenjenim okolnostima (vanjski faktori, publika i slično) te u reguliranju mentalnih atributa prije i tijekom utakmice. Zahtjevi za kondicijsku pripremljenost nogometaša ovise o razini natjecanja, poziciji u ekipi i stilu igre. Također variraju sukladno starosnim grupama, između spolova i u različitim fazama nogometne sezone. Obnavljanje nivoa kondicijske pripremljenosti naročito je bitno nakon povrede – ozljede, to jest prije povratka sportaša u natjecateljski režim rada. U protivnom, sportaš je podložan ponovnom ozljeđivanju ukoliko započne natjecanje sa nedovoljno nekorigiranom slabošću, na primjer u nivou mišićne snage.

Mišići predstavljaju najzastupljenije tkivo u ljudskom tijelu, imaju ključnu ulogu u kretanju, samim time česta su tema stručnih radova znanstvenika koji dolaze iz sporta i sportskih znanosti. Kako sama izvedba specifičnih nogometnih kretnji primarno ovisi o živčano-mišićnoj funkciji, koja se najčešće bazira na kontrakciji mišića odnosno sinergiji više mišićnih grupa, godinama se kreiraju i unaprjeđuju

metode za njenu procjenu. Jedna od takvih metoda je tenziomiografija (TMG) koja je služi za procjenu kontraktilnih svojstava mišića, predstavljena 1990. godine (Valenčić, 1990).

Razlika između ove i drugih metoda leži prvenstveno u tehnici koja omogućuje procjenu svake glave mišića posebno. Važno je napomenuti da ova neinvazivna metoda ne procjenjuje voljnu, nego elektrostimuliranu (izazvanu) kontrakciju mišića te se stoga može koristiti za procjenu disbalansa između različitih mišićnih skupina tijekom provođenja trenažnih, ali i rehabilitacijskih protokola (Rusu i sur., 2013).

Mišićne ozljede čine u prosjeku 20 - 37% svih ozljeda nogometaša profesionalne razine, a 18 - 23% svih ozljeda na amaterskoj razini (Ekstrand J., Gillquist J., 1983). Ekstrand i sur. (2011) također navode da se 92% svih mišićnih ozljeda odnosi na 4 glavne mišićne skupine donjih ekstremiteta: hamstrings (37%), aduktori (23%), kvadriceps (19%) i mišići stražnje strane potkoljenice (13%).

Ovisno o autoru, ozljede hamstringsa čine najčešći uzrok izostanka sa nogometnih terena: 12 - 16% (Ahmad i sur., 2013; Arnason i sur., 2008; Cohen i sur., 2007; Foreman i sur., 2006; Hägglund i sur., 2009). Takav postotak čini hamstrings glavnim uzročnikom izostanka s nogometnih terena od svih ozljeda, neovisno o vrsti i klasifikaciji. Osim toga, neki autori navode da je mogućnost ozljeđivanja mišića hamstringsa do 2,5 puta veća od mogućnosti ozljeđivanja mišića prednje strane natkoljenice – kvadricepsa (Hawkins i sur., 2001). U prosjeku jedna ekipa može očekivati između 5 i 7 ozljeda hamstringsa tijekom jedne natjecateljske sezone (Ekstrand i sur., 2011; Hawkins i sur., 2001).

Iz iznesenih podataka može se zaključiti da su mišićne ozljede u nogometu bitan čimbenik koji utječe na konačan rezultat momčadi u nekom natjecanju. S obzirom na broj dana izostanka nogometaša s treninga i utakmica, kao i na broj ponovljenih ozljeda, možemo razumjeti sve veću pažnju i zainteresiranost koja se pridaje ovom području i problemu (Woods i sur., 2004; Ekstrand J., Gillquist J., 1983; Hawkins i sur., 2001; Woods i sur., 2004).

Stoga, cilj ovog rada biti će uz pomoć tenziomiografije (TMG) utvrditi mišićne disbalanse. Dobiveni rezultati pomoći će pri strukturiranju funkcionalnog treninga



nogometaša gdje će se staviti naglasak na prevenciju s konačnim ciljem smanjenjem broja ozljeda i ozljeđivanja te povećanja performansi nogometaša. Svi dobiveni podaci mogu poslužiti i kao početne dijagnostičke norme i standardi u odnosu na buduća istraživanja ove vrste u nogometu.

## 2. ANALIZA NOGOMETNE IGRE

Analiza nogometne igre pomaže nam prikazati potrebne informacije o zahtjevima s kojima su nogometaši suočeni tijekom natjecateljske aktivnosti. Igrači koji su dobro fizički pripremljeni biti će u stanju efikasno rješavati nogometne zadatke tijekom svih devedeset minuta utakmice (Mihačić i Ujević, 2007).

Za potrebe rada promatrati ćemo strukturalnu, anatomsku te funkcionalnu analizu nogometne igre.

### 2.1. Strukturalna analiza nogometne igre

Strukturalna analiza omogućava uvid u faze igre, strukture kretanja, substrukture i strukturalne jedinice tehnike i taktike. Osim strukture tehničko-taktičkih elemenata, strukturalnom analizom dobivamo informacije o ponavljanju različitih kretnji sa i bez lopte tijekom nogometne utakmice (Mihačić i Ujević, 2007).

Nogomet je ekipna igra koja se može opisati kao kompleksna aktivnost acikličnog intervalnog karaktera, a koja se odvija na nogometnom igralištu dimenzija 90 – 120 metara dužine i 45 – 90 metara širine, te za međunarodne utakmice 100 – 110 metara dužine i 64 – 75 metara širine. Nogometna utakmica traje 90 minuta, odnosno igra se dva puta po 45 minuta s pauzom između poluvremena od 15 minuta, te uz mogućnost produžetka u određenim utakmicama. Nogometna igra zahtijeva izvođenje velikog broja različitih aktivnosti i kretnji s loptom i bez lopte tijekom utakmice, pa tako na primjer Marković i Bradić (2008) navode kako igrači tijekom jedne nogometne utakmice izvedu između 1200 i 1400 različitih promjena aktivnosti, od čega ih je više od 95% bez lopte. Bašić i sur. (2015) na određenom uzorku igrača nacionalnih reprezentacija, koje su sudjelovale na Svjetskom nogometnom prvenstvu 2010. godine, utvrdili su da prosječno najviše pretrče vezni igrači, zatim krilni defenzivni igrači, napadači, te najmanje centralni defenzivni igrači.

Ukupna prijeđena udaljenost za vrijeme utakmice također je vrlo bitan faktor natjecateljske aktivnosti. Vrhunski nogometaši prijeđu između 10 i 13 km za vrijeme utakmice, a također je potvrđeno da je tek 2% ukupne distance prijeđeno s loptom.

Ipak, najnoviji pokazatelji analiza utakmica pokazuju da vrhunski nogometaši u prosjeku od ukupnog vremena u igri provedu stojeći oko 15% i hodajući 43%, zatim oko 30% vremena trčkaraju (7-14 km/h), oko 8% trče umjerenom brzinom (15-19 km/h), oko 3% trče velikom brzinom (20-25 km/h), te svega 1% izvode sprint maksimalnom brzinom (Bašić i sur., 2015).

Nogomet je sport koji se sastoji od eksplozivnih kretnji, kao što su udarci, skokovi i sprintevi s naglom promjenom smjera kretanja. Tijekom utakmice vrhunski nogometaš napravi oko 30 - 35 sprinteva, pri čemu svaki sprint traje oko 2 sekunde, a najčešća udaljenost koju prijeđe je 10 - 15 metara. Nogometaš izvede 15 - 20 duela s protivnikom, oko 10 skokova i udaraca glavom, 40 - 50 kontakata s loptom, te oko 20 driblinga i 30 dodavanja, 600 - 800 različitih okreta (manje od 90 stupnjeva), te 40 naglih zaustavljanja odnosno deceleracija (Marković i Bradić, 2008).

Igrači se razlikuju i po tehničkim zahtjevima npr. obrambeni igrači koriste uklizavanja više od napadača i veznih igrača. Vezni igrači odigravaju najviše dugih lopti dok napadači imaju najveći broj udaraca. Sve različitosti ukazuju na pozicijsku specifičnost.

Sa stajališta strukturalne analize, postoje 3 područja igre: faza napada, faza obrane i tranzicija, a u svakoj od 3 navedene faze tijekom igre postoje određene podfaze i tipične situacije. Svaka faza tijekom igre ima konkretna obilježja s vrlo specifičnim i precizno definiranim ciljevima unutar složenog taktičkog djelovanja. Individualne akcije i individualno ponašanje igrača moraju biti podređeni kolektivnom efektu, što potvrđuje da je nogomet igra visokog stupnja taktičke složenosti (Gabrijelić, 1987).

### 2.1.1. Tehnika nogometne igre

Tehnika podrazumijeva biomehanički ispravno i djelotvorno izvođenje struktura gibanja koje se nalaze u sadržaju pojedinoga sporta. Sportsku tehniku čini bogatstvo motoričkih programa za izvođenje različitih struktura kretanja (Milanović, 2010). Tehnika nogometa (Jerković, 1991) podrazumijeva igračevo biomehanički ispravno i djelotvorno izvođenje struktura gibanja koja mu omogućavaju potpuno izražavanje njegovih funkcionalnih i motoričkih potencijala.

Tehnika nogometne igre se dijeli na (Tablica 1.) :

- strukture kretanja igrača bez lopte,
- strukture kretanja igrača s loptom (specifični tehnički elementi).

**Tablica 1.** Prikaz kretnih struktura nogometne tehnike (Jerković, 1991)

STRUKTURA KRETANJA IGRAČA BEZ LOPTE	STRUKTURA KRETANJA IGRAČA S LOPTOM
<ul style="list-style-type: none"><li>• osnovno kretanje nogometaša<ul style="list-style-type: none"><li>• startna brzina nogometaša</li><li>• osnovna brzina nogometaša</li></ul></li><li>• promjene pravca i brzine kretanja nogometaša</li><li>• odrazi, skokovi i doskoci nogometaša<ul style="list-style-type: none"><li>• dueli i padovi (prizemljenja) nogometaša</li></ul></li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• udarci po lopti (nogom i glavom)<ul style="list-style-type: none"><li>• razne vrste vođenja lopte</li><li>• razne vrste primanja lopte</li><li>• razne vrste oduzimanja lopte</li></ul></li><li>• razni driblinzi i fintiranja protivnika (varke)</li><li>• tehnika ubacivanja lopte u igru rukama</li></ul>

## 2.2. Anatomska analiza nogometne igre

Anatomska analiza u nogometnoj igri pruža informacije o angažiranim mišićima i mišićnim skupinama tijekom izvođenja različitih nogometnih akcija. Razina njihove aktivacije ovisi o situaciji u kojoj se igrač nalazi u trenutku njihova izvođenja.

S aspekta njihove aktivnosti mogu se razlikovati: mišići agonisti odnosno pokretači koji sudjeluju u realizaciji; mišići sinergisti ili pomoćni mišići koji se nalaze na istoj strani poluge i pomažu mišićima agonista; mišići antagonisti koji se nalaze na suprotnoj strani poluge; mišići stabilizatori koji održavaju tijelo ili dio tijela (Milanović, 2013).

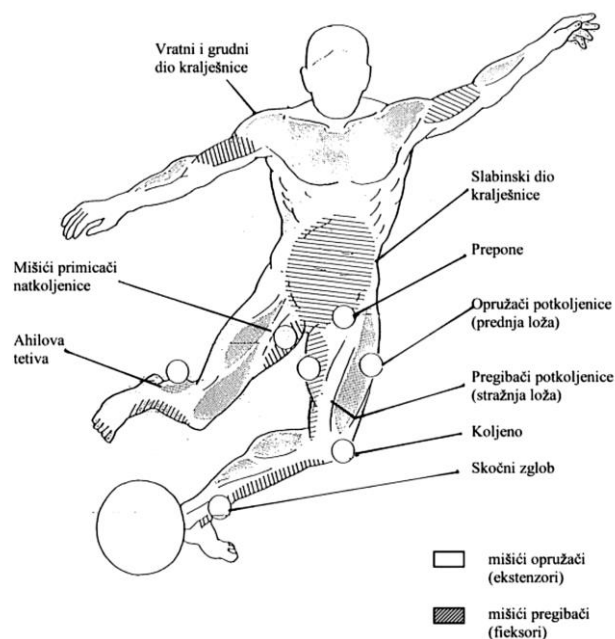
Radi lakšeg razumijevanja kretnji postoji podjela kretnji oko tri osovine: frontalne, poprečne, vertikalne i sagitalne ( naprijed, natrag ) te u tri ravnine: frontalna, horizontalna i sagitalna. Kretnje oko vertikalne osovine vrše se u horizontalnoj ravnini (zasuk trupom, izvrtanje noge u kuku kod udarca unutarnjom stranom stopala itd. ). Kretnje oko frontalne osovine vrše se u sagitalnoj ravnini (zaklon i pretklon trupa kod udarca glavom, udarac sredinom hrpta stopala itd. ). Kretnje oko sagitalne osovine vrše se u frontalnoj ravnini (bočni otklon trupa kod bočnih udaraca glavom, odmicanja i primicanja noge u stranu itd.). Mogućnosti kretnji u zglobovima ovise o njihovoj građi, u svezi s tim razlikujemo troosovinske, dvoosovinske i jednoosovinske zglobove (Keros, 1992). Analiza stupnjeva slobode u pojedinim zglobovima korisna je jer putem nje upoznajemo pokretljivost tijela i dijelova tijela. Tako npr., da bismo mogli utjecati na snagu šuta kod igrača potrebno je prethodno upoznati se sa stupnjevima slobode u zdjelično – bedrenom zglobu, koljenu i skočnom zglobu (Gabrijelić, 1964).

Poznavanje stupnjeva slobode kretanja povezano je s poznavanjem osovine i ravnina kretanja, te kretnjama fleksija – ekstenzija, abdukcija - addukcija, pronacija – supinacija. Poznavanja utjecaja mišića na pokrete, kao i faktora koji ograničavaju pokrete, osnovni je uvjet cjelovitog razumijevanja nogometnih kretnji (Gabrijelić, 1964).

Anatomskom analizom nogometne igre dobivamo podatke o tome koji dijelovi tijela kod nogometaša su najviše aktivni, a ujedno i najugroženiji. S obzirom da se nogometaši pretežno u realizaciji elemenata tehnike služe muskulaturom nogu, najugroženiji zglobovi su skočni zglob, koljeno i kralježnica, dok su najugroženiji i najviše opterećeni mišići primicači i pregibači natkoljenice, te pregibači i opružači potkoljenice (Slika 1). Što se tiče pojedinih regija tijela nogometaša, preponski pojas i Ahilova tetiva su najviše pod utjecajem mogućih ozljeda.

Primjerenom kondicijskom pripremom važno je razvijati snagu i fleksibilnost najznačajnijih dijelova lokomotornog sustava nogometaša, no pri tome se ne smiju zapostaviti i ostale mišićne regije tijela kako ne bi došlo do neproporcionalnosti pojedinih regija tijela. Moderni nogomet zahtijeva od igrača proporcionalnu razvijenost svih mišićnih regija tijela (Mihačić i Ujević, 2014).

U tijeku treninga snage trebamo voditi računa da ne prouzročimo mišićni disbalans koji može imati za posljedicu ozljedu ( Janković, 2004).



*Slika 1. Kritične zone lokomotornog sustava kod nogometaša (Jonath i Krempel, 1987.)*

### 2.3. Funkcionalna analiza nogometne igre

Funkcionalnom analizom dobivaju se informacije o aktivnosti energetske procesa i živčanomišićnog sustava u nogometu (sustava za transport kisika, fosfagenog i glikolitičkog sustava). Glavni indikator stanja treniranosti sustava za transport kisika (srčano-žilnog i respiratornog) primitak je kisika ( $VO_2$ ). Vrijednosti relativnog primitka kisika njemačkih prvoligaša kreću se od 60 do 67 ml/min/kg (Verheijen, 1998.), pri čemu maksimalna frekvencija srca dostiže vrijednost 185-195 otkuc./min. (Weineck, 2000.). Fosfageni energetske proces jedan je od dva anaerobna energetske sustava. Sadrži malu količinu energije pohranjenu u obliku ATP (adenozin trifosfat) i KP (kreatinfosfat). Količina ATP-a pohranjena u mišiću omogućuje nogometašu aktivnost maksimalnim intenzitetom u trajanju 2-3 sekunde (Virus, 1999). Nakon potrošnje ATP energetske izvora organizam dobiva energiju za rad iz KP koji produžuje vrijeme trajanja rada visokog intenziteta za 10–15 sekundi u alaktatnim uvjetima mišićnog rada. Za obnovu fosfagenih energetske depoa potrebno je 60-90 sekundi (Virus 1999).

Obnavljajući proces odvija se dok nogometaš stoji, hoda ili kaska jer energiju za obavljanje tih radnji crpi iz ugljikohidrata i masti (Weineck, 1994). Važnost fosfagenog sustava vidljiva je iz strukturalne analize jer nogometaš napravi od 100 do 200 sprinteva po utakmici u intervalu od 5 do 10 metara (Verheijen, 1997). Princip na kojem funkcionira glikolitički sustav je korištenje energije iz anaerobnih glikolitičkih spojeva. Taj proces odvija se bez prisutnosti kisika, pri čemu dolazi do produkcije laktata (Guyton, 1999). Koncentracija laktata u krvi indikator je aktivacije glikolitičkih energetske procesa. Nogometaši uvelike aktiviraju glikolitički energetske sustav u situacijama kad izvode više uzastopnih sprinteva bez pauze. U tim situacijama dolazi do povećanja koncentracije laktata u krvi nogometaša od 8 do 12 mmol/l (Weineck, 2000). Nogomet je aerobno-anaerobni sport u kojem se isprepliću faze niskog, submaksimalnog i maksimalnog opterećenja primjerice: sprintevi, promjene pravca kretanja, skokovi, akceleracije, deceleracije, zaustavljanja i slično. Aerobne i anaerobne sposobnosti su temeljne u ispoljavanju izdržljivosti. Osnovni tip opterećenja u nogometnoj igri predstavljaju kretanja igrača bez lopte (trčanja, skokovi, okreti,

padovi, dizanja) te specifična kretanja sa loptom (dodavanja, primanja, vođenja, driblinzi i fintiranja, udarci na gol i oduzimanja) (Šimunić, 2018).

### **3. TENZIOMIOGRAFIJA (TMG)**

Tenziomiografija ili skraćeno TMG je znanstveno validirana metoda funkcionalnog testiranja mišića potvrđena s više od 50 nezavisnih istraživanja. TMG nam daje informacije o kontraktilnim svojstvima mišića (Valenčić i Knez, 1997) na selektivan i neinvazivan način (Šimunić, 2012). Predstavlja mjerenje kontrakcija pojedinačnih grupa mišića pomoću električne stimulacije te rezultat procjenjuje digitalnim putem (Slika 2). TMG-om možemo testirati površinske mišićne skupine, kod nogometaša to su najčešće mišići donjih ekstremiteta i mišići trupa.

Analizom TMG-a dobivamo informacije o funkcionalnim karakteristikama mišića, lokalnom zamoru mišića, atrofiji, inhibiciji mišića, tonusu i spastičnosti mišića i o sastavu mišića (brze i spore mišićne stanice). Također uz pomoću rezultata testiranja TMG-om utvrđujemo bilateralnu asimetričnost i agonističku i antagonističku asimetriju.

Testiranje TMG-om omogućava nam i dijagnosticiranje uzroka bolnih stanja, ciljani razvoj brzinsko-eksplozivnih svojstava, praćenje rehabilitacijskog procesa, dugoročnu rehabilitaciju tendinitisa i selekciju sportaša. Ponovljivost testa omogućava dugoročno praćenje akutnih i kroničnih promjena mišićnog sustava.





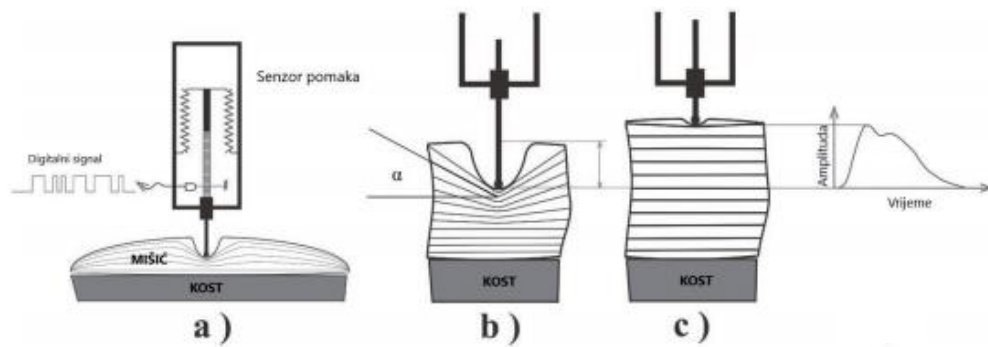
*Slika 2. TMG se sastoji od: 1. Električni stimulator, 2. Digitalni senzor pomaka (TMG), 3. Tronožac sa manipulativnom rukom, 4. Mišićne elektrode (izvor: [www.tmg-bodyevolution.com](http://www.tmg-bodyevolution.com), 2013.)*

#### *Točka mjerenja*

TMG senzorom određujemo točku mjerenja na najdebljem dijelu mišićnog trbuha. Senzor postavljamo okomito na točku mjerenja koju ispitivač vizualno identificira. Princip TMG metode prikazan je na Slici 3.

#### *Električna stimulacija*

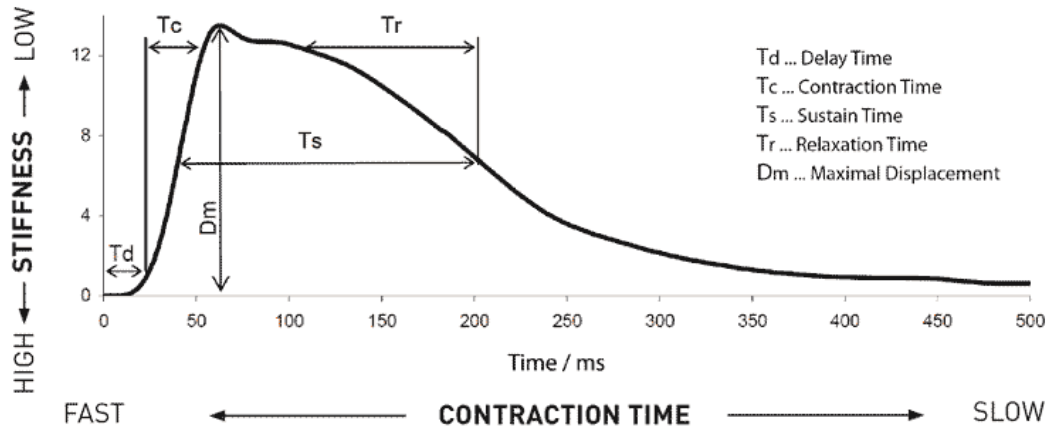
Dvije kružne samoljepljive elektrode stavljaju se bipolarno na kožu iznad trbuha mišića. Promjer elektroda (3 ili 5 cm) izabire se na temelju veličine mišića kako bi se izbjeglo aktiviranje sinergističkih mišića ili ko-aktivacija. Elektrode smještamo na udaljenosti od 50 – 60 mm. Elektrostimulator putem elektroda stimulira impuls u vremenskom trajanju od 1 ms te izaziva kontrakciju mišića (trzaj). Električna stimulacija započinje impulsom od 20 mAp. Svaki sljedeći put stimulacija se povećava za 20 mAp sve dok ne dosegne vrijednost od 110 mAp.



Slika 3. Pricip TMG metode: linearni senzor pomaka (a) se podesi na opušten mišić (b) čiji se trbuh zadeblja tijekom elektrostimulacije te vertikalno potisne senzor pomaka (c) i izmjeri mehanički odgovor na električnu stimulaciju (Šimunič i sur., 2010.)

### Rezultati testiranja

TMG mjeri površinske mišićne skupine i ocjenjuje akutno stanje mišićnog tkiva. Podaci koji se dobivaju mjerenjem predstavljaju jednu mišićnu kontrakciju koja je sastavljena od nekoliko dijelova (faza):  $Dm$ ,  $Td$ ,  $Tc$ ,  $Tr$ ,  $Ts$ . Nakon početnog impulsa koji je poslan kroz električni stimulator s frekvencijom uzorkovanja od 1 kHz, promjena od odmora do maksimalnog dostizanja vala kontrakcije mišića pruža jako važne informacije o funkcioniranju mišića. Rezultat mjerenja je krivulja amplitudnog vremena (Slika 4) koja opisuje svojstva kontrakcije mišića. Rezultati se prate jedinicom mjere izraženom u milisekundama (ms) kao i stupnju skraćivanja mišića izraženim u milimetrima (mm). TMG signali pohranjuju se na prijenosnom računalu.



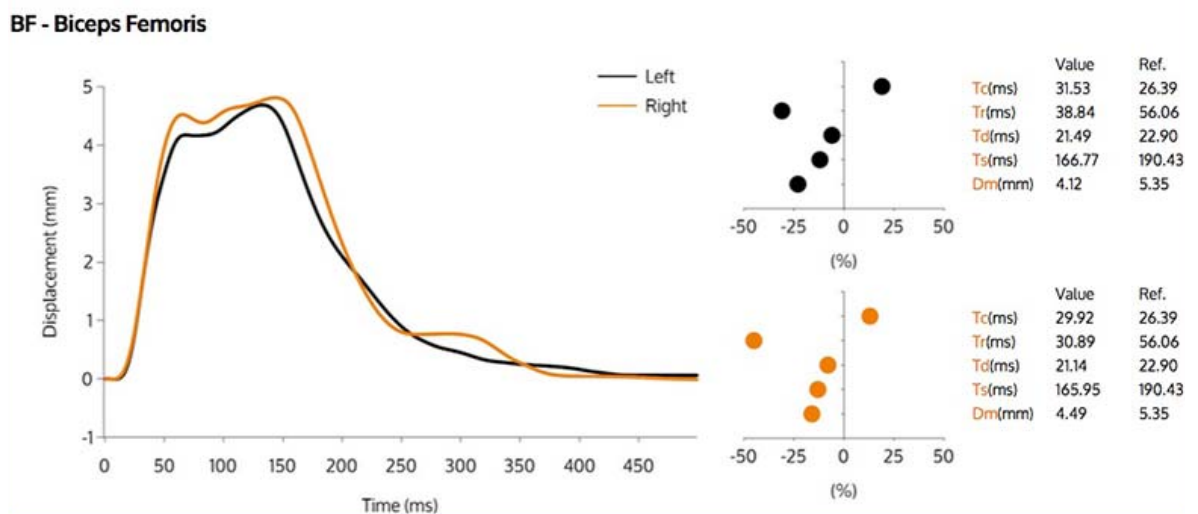
*Slika 4. Promjena mehaničkog odgovora mišića u odnosu na vrijeme  
(izvor: [www.freelapusa.com](http://www.freelapusa.com), 2019.)*

Pet vremenskih parametara kao mjere za dinamiku kontrakcije izračunate su iz odgovora:

- *vrijeme odgode (kašnjenja) ( $T_d$ )* - vrijeme slanja električnog impulsa preko elektrostimulatora do vremena pojavljivanja prve kontrakcije, iznos oko 10% ukupne mišićne kontrakcije;
- *vrijeme kontrakcije ( $T_c$ )* – vrijeme od pojave mišićne kontrakcije do završetka kontrakcije odnosno do pojave izometrijske kontrakcije (10% do 90% ukupne kontrakcije);
- *maksimalni pomak mišića ( $D_m$ )* - maksimalni pomak mišića od opuštenog mišića do maksimalne kontrakcije, mjereno u milimetrima (mm)
- *Vrijeme trajanja kontrakcije ( $T_s$ )* – vrijeme trajanja od 50% kontrakcije do 50% relaksacijskog perioda;
- *vrijeme relaksacije ( $T_r$ )* – vrijeme trajanja relaksacije mišića od maksimalne kontrakcije (izometrijske) do 50% od ukupnog  $D_m$ .

## Izveštavanje TMG podataka

Izveštaj TMG rezultata predstavlja jednostavno dizajniran *PDF* dokument čiji su podaci lako razumljivi i omogućavaju trenerima uvid u trenutno stanje mišića. Dobiveni podaci (Slika 5) omogućavaju treneru uspoređivanje jedne u odnosu na drugu nogu kao i pregledavanje i analiziranje prethodnih testiranja.



*Slika 5. Primjer izvještaja testiranja oba mišića stražnje strane natkoljenice (BF), kao i jednostavno uspoređivanje lijeve i desne testirane noge sa referentnim vrijednostima (izvor: [www.freelapusa.com](http://www.freelapusa.com), 2019.)*

TMG rezultati su objektivni pokazatelj trenutnog stanja mišićnog sustava igrača na temelju kojih kondicijski treneri mogu planirati kako i na koji način doprinijeti poboljšanju sposobnosti igrača. S obzirom na rezultate kondicijski trener kreira različite programe bilo to razvoj brzinsko-eksplozivnih svojstava, praćenje rehabilitacijskog procesa, dugoročnu rehabilitaciju ili prevenciju od ozljeda ostaje na treneru. Sama ponovljivost testa i laka primjena omogućava treneru dugoročno praćenje akutnih te kroničnih promjena mišićnog sustava. Rezultati TMG-a isto tako imaju vrlo važnu ulogu prilikom određivanja povratka igrača u trenažni proces.

## 4. DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA

Baza istraživanja koja su odabrala tenziomiografiju kao procjenu kontraktilnih svojstava svakim danom sve je veća (nalazi se na stranici: <https://www.tmg-bodyevolution.com/research/tmg-list-of-publications-3/> ). Do danas je proveden veliki broj zanimljivih istraživanja vezanih uz sport koji su za svoju metodu odabrali upravo tenziomiografiju u procjeni kontraktilnih svojstava. Sportski stručnjaci istraživali su mnogo različitih parametara i/ili trenažnih efekata te su ih uspoređivali sa kontraktilnim karakteristikama mišića. U nastavku je navedeno samo nekoliko zanimljivih istraživanja s naglaskom na testiranja nogometaša:

- Tenziomiografski parametri skokova i sprinteva kod Brazilskih elitnih nogometaša (Gil, S., Loturco, I., Tricoli, V., Ugrinowitsch, C., Kobal, R., Cal Abad, C. C., & Roschel, H.)
- Brzina mišićne kontrakcije: Odgovarajući pristup za analizu funkcionalne adaptacije kod profesionalnih nogometaša (Loturco I, Pereira LA, Kobal R, Kitamura K, Ramírez-Campillo R, Zanetti V, Abad CC, Nakamura FY.);
- Tenziomiografija kao metoda koja se koristi za neuromuskularnu procjenu treniranja mišića (Rusu L., Cosma G.GH., Cernaianu S.M., Marin M.N., Rusu P.F., Ciocanescu D.P., Neferu F.N.);
- Tenziomiografski pokazatelji izabranih mišića donjih ekstremiteta kod profesionalnih nogometaša (Rey E, Lago-Peñas C, Lago-Ballesteros J.);
- Usporedba tenziomiografskih neuromišićnih karakteristika između mišića dominantne i ne dominantne noge kod nogometaša (Alvarez-Diaz P, Alentorn-Geli E, Ramon S Marin M, Steinbacher G, Rius M, Seijas R, Ballester J, Cugat R).

Gil i suradnici (2015) proveli su istraživanje u kojem su istraživali postoji li povezanost između TMG parametara kod mišića RF (rectus femoris) i BF (biceps femoris) i skokova i sprinteva. Uzorak ispitanika činilo je 20 profesionalnih brazilskih nogometaša. Utvrdili su kako postoji statistički značajna umjerena povezanost između maksimalnog vertikalnog pomaka (Dm) mišića biceps femoris i indeksa relativne snage (odnos između visine odskoka i vremena

kontakta s podlogom) ( $r = 0.5$ ,  $p = 0.030$ ). Međutim nije pronađena povezanost između tenziomiografskih parametara i parametara sprinta. Dobiveni rezultati ovog istraživanja ukazuju da parametri tenziomiografije općenito nisu značajno povezani sa rezultatima testova koje ispituju mišićnu snagu.

Loturco, I. i suradnici (2016) istraživali su promjene brzine kontrakcije mišića uslijed 8 tjednog programa treninga. Brzinu kontrakcije mišića dobili su uz pomoć formule  $Vc = Dm/Tc + Td$ .

Testirano je 22 brazilska nogometaša koji igraju u najjačoj Brazilskoj ligi. Testirani igrači su izvodili skok bez opterećenja, CMJ (countermovement jump), drop jump (dubinski skok), skok sa opterećenjem, sprint 20m i test promjene pravca.

U tijeku ovog osmotjednog istraživanja igrači su imali 8 trenažnih jedinica od kojih je šest bilo tehničko-taktički trening, a dva treninga su bila treninzi sile i snage. Promatrana su dva mišića RF (rectus femoris) i BF (biceps femoris). Nakon statističke obrade podataka, dobiveni rezultati pred testa i post testa pokazali su da je brzina kontrakcije ( $Vc$ ) u ovom istraživanju iznosila: pred test  $Vc = 0.10 \pm 0.03 \text{ mm} \times \text{ms}^{-1}$  dok su rezultati post testa iznosili,  $Vc = 0.16 \pm 0.06 \text{ mm} \times \text{ms}^{-1}$ . Dobiveni rezultati govore da se efektom treninga povećala brzina kontrakcije mišića u odnosu na pred test.

Od strane autora savjetuje se jednom tjedno praćenje rezultata  $Vc$  kako bi na taj način maksimalno smanjili mogućnost povrede ili pretreniranosti igrača. Kao zaključak navodi se da rezultat  $Vc$  i njegovo poboljšanje utječe na povećanje i poboljšanje brzinskih sposobnosti, kao i napetosti mišića.

Istraživanje Rusu i sur. (2013) proučavalo je dvije skupine mladih nogometaša, grupa 1 (eksperimentalna skupina) i grupa 2 (kontrolna skupina) od kojih svaka grupa sastoji od 15 nogometaša. Promatrana su dva načina treniranja mišića: kombinacija izometrično-koncentrične kontrakcije za 1. grupu i koncentrične kontrakcije za 2. grupu. TMG uz pomoć električne stimulacije testirane su mišićne skupine i bilježeni mišićni parametare koji nastaju nakon izometrijske kontrakcije. Razmatrani parametri su: vrijeme kontrakcije ( $Tc$ ) i maksimalno pomicanje trbuha mišića ( $Dm$ ) na mišiću rectus femoris (RF) i uspoređivane vrijednosti predtesta ( $T1$ ) i post testa ( $T2$ ). Rezultati istraživanja pokazuju: smanjenje  $Tc$  i povećanje

*Dm* uključuje dobar odgovor nakon treninga mišića. Za 1. grupu, napredak kod *Tc* iznosi 22,54 ms / 22,45 ms (*T1* / *T2*) za desnu RF 22,65 ms / 22,26 ms za lijevu RF, dok za 2. grupu rezultira napretkom *Tc* od 24,33 ms / 28,57 ms (*T1* / *T2*) za desnu RF i 25,74 ms / 28,61 ms za lijevu RF. *Dm* za 1. grupu rezultira 6,57 mm / 6,85 mm (*T1* / *T2*) za desnu RF i 6,92 mm / 7,06 mm za lijevu RF, dok za 2. grupu napredak *Dm* pokazuje 7,45 mm / 5,83 mm (*T1* / *T2*) za desni RF i 7,41 mm / 6,26 mm za lijevi RF. Također, evaluacija motoričkog testa pokazala je bolje rezultate na post testu (*T2*) za eksperimentalnu skupinu. Rezimirajući rezultate t-testa, uočena je značajna razlika između prosjeka dviju skupina u svim parametrima ( $p < 0,001$ ), eksperimentalna skupina zabilježila je bolje rezultate od kontrolne. Zaključak istraživanja jest kako je moguće razviti i pravilno trenirati mišiće uz pomoć TMG-a.

U istraživanju Rey, E., i suradnika (2012) testirano je 78 španjolskih nogometaša. Metodom tenziomiografije mjereni su mišići RF i BF i svi njihovi parametri tijekom jedne kontrakcije (*Td*, *Tc*, *Dm*, *Tr*, *Ts*). Uočena je velika korelacija ICC (interclass coefficient correlation), odnosno međusobni koeficijent povezanosti koji predstavlja povezanost jedne u odnosu na drugu grupu, a rezultat je iznosio 0.78 do 0.95. Rezultati *Tc*, *Tr*, i *Ts* između različitih pozicija u timu pokazali su sljedeće: RF ( $p < 0.05$ , effect size po Cohnu iznosio je 1.3 do 1.6). Za mišić BF nisu uočene statistički značajne razlike. Rezultati dobiveni ovom metodom mjerenja ovise o antropometrijskim karakteristikama, fiziološkim svojstava kao i o vrsti treninga (Foreman i sur., 2007). Dobivenim rezultatima mogu se procijeniti akutni i kronični odgovori kod različitih trenažnih efekata (snaga, izdržljivost, brzina, fleksibilnost). RF (rectus femoris) i BF (biceps femoris) su najviše napeti mišići tijekom predsezona i tijekom natjecanja (Woods i sur., 2002, 2004). Pomak mišića – *Dm* ovisi o napetosti i mišićnom tonusu. U radu Woods i sur., (2002, 2004) znanstvenici su usporedili rezultate sportaša sa rezultatima umjereno aktivnih ljudi, gdje je zaključak bio da se takvi rezultati očekuju jer su sportaši izloženi specifičnom treningu (Rodriguez – Manso i sur., 2010). Pošto je cilj istraživanja bio da se usporede rezultati RF i BF kod nogometaša na različitim pozicijama, znanstvenici su ih podijelili po pozicijama u ekipi. Rezultati su pokazali da bočni obrambeni igrači (bekovi) imaju veće vrijednosti od centralnih obrambenih igrača i golmana (uzrok ovakvim rezultatima pretpostavlja se da je

specifičnost treninga i zahtjevi tijekom nogometne utakmice). Sljedeća promatrana grupa ispitanika je povezana sa prethodnom i govori da centralni obrambeni igrači (stoperi) imaju duži vertikalni skok (faza leta duže traje, što je proporcionalno i visini skoka) u odnosu na druge igrače (López-Segovia i sur., 2011). Jako zanimljivi podaci uočeni su promatranjem  $T_r$  (half relaxation time) kod igrača centralnih obrambenih (stoperi) i centralnih veznih igrača. Daleko manje vrijednosti varijable  $T_r$  su uočene kod veznih igrača, razlog tome je sigurno dominantna mišićna izdržljivost za vezne igrače. Za vezne igrače neophodno je često ponavljanje i time  $T_r$  mora biti u pripravnosti za slijedeći akcijski potencijal. Nadovezujući se na prethodne zaključke  $T_s$  (sustain time) odnosno vrijeme održavanja kontrakcije ima daleko manje vrijednosti kod igrača sredine terena nego kod svih ostalih igrača, vrijeme održavanja cjelokupne mišićne kontrakcije je manje kod igrača sredine terena jer je priroda njihove pozicije takva da zahtjeva veću toleranciju na izdržljivost nego kod ostalih igrača u ekipi. Igrači na osnovu ovih istraživanja moraju biti trenirani u skladu sa pozicijom na kojoj igraju (Stolen i sur., 2005).

U radu Diaz, A. i sur. (2016) znanstvenici su uz pomoću tenziomiografije istraživali postoji li razlika između dominantne i nedominantne noge. Mjerili su kontraktilne sposobnosti mišića (VM, VL, RF, ST, BF, GM, GL) kod dominantne i nedominantne noge u nogometaša. Usporedbom dominantne i nedominantne noge dobiveni su rezultati: VM  $T_c$  ( $p= 0.008$ ), RF  $T_s$  ( $p= 0.009$ ), RF polovično vrijeme relaksacije ( $p= 0.01$ ), BF  $T_s$  ( $p= 0.04$ ), VL  $T_c$  ( $p=0.03$ ), VL  $T_d$  ( $p=0.02$ ). Autori ovog istraživanja na osnovu dobivenih rezultata donijeli su zaključak kako su dobiveni parametri relativno slični i ukoliko se testiraju zdravi igrači dovoljno je testirati samo jednu nogu. Iz navedenog istraživanja donesen je zaključak o vremenu kontrakcije  $T_c$  (time contraction), španjolski stručnjaci su sugerirali da ukoliko  $T_c$  prelazi 30 ms u takvim situacijama igrač ili je umoran i mogućnost povređivanja je veća ili dominantno posjeduje spora mišićna vlakna. Smanjenje  $D_m$  indicira povećanje napetosti mišića, povećanje  $T_r$  indicira status umora (fatigue status). Rezultati  $D_m$  su povezani sa mišićnim umorom (Krizaj i sur., 2008). Ukoliko se poveća  $D_m$  smanjuje se napetost, takav mišić ima manji nivo razvojne sile, manje mišićne snage, kao i povećanje  $T_c$  odnosno vremena kontrakcije.



## 5. PROBLEM ISTRAŽIVANJA

### 5.1. Cilj istraživanja

Cilj istraživanja je utvrditi postoji li funkcionalni mišićni disbalans testiranog prednjeg kinetičkog lanca u odnosu na lijevu i desnu stranu kod profesionalnih nogometaša.

### 5.2. Hipoteze istraživanja

H1: Postoji statistički značajan funkcionalni mišićni disbalans prednjeg kinetičkog lanca uspoređujući lijevu i desnu stranu kod profesionalnih nogometaša.

### 5.3. Uzorak ispitanika

Uzorak ispitanika predstavlja 52 profesionalnih nogometaša seniorskih ekipa. U ispitivanju su sudjelovali zdravi nogometaši nogometnog kluba Rijeka, člana prve Hrvatske nogometne lige i nogometaši nogometnog kluba FK Titograd, člana prve Crnogorske lige. Svakom ispitaniku koji je sudjelovao u mjerenjima bilo je predočeno objašnjenje studije, predviđeni postupak mjerenja te je bio upoznat sa svrhom i ciljevima mjerenja te mjernim protokolom. Svaki od ispitanika mjerenju je pristupio dobrovoljno.

### 5.4. Uzorak varijabli

Morfološke karakteristike:

- dob,
- visina (*VIS*),
- težina (*MAS*).

U sljedećim tablicama opisane su mjerene varijable tenziomiografije svakoga mišića:

**Tablica 4. Opisane oznake tenziomiografije za mišić tibialis anterior (TA)**

<b>TATcREF</b>	Referentna vrijednost vremena kontrakcije mišića
<b>TATcL</b>	Izmjerena vrijednost vremena kontrakcije mišića na lijevoj nozi
<b>TATcR</b>	Izmjerena vrijednost vremena kontrakcije mišića na desnoj nozi
<b>TATcBD</b>	Bilateralni disbalans mišića u odnosu na vrijeme kontrakcije
<b>TATcLFD</b>	Funkcionalni disbalans mišića na lijevoj nozi u odnosu na vrijeme kontrakcije
<b>TATcDFD</b>	Funkcionalni disbalans mišića na desnoj nozi u odnosu na vrijeme kontrakcije
<b>TATc%DB</b>	Bilateralni disbalans mišića izražen u postotku u odnosu na vrijeme kontrakcije
<b>TATc%DL</b>	Disbalans na lijevoj nozi izražen u postotku u odnosu na vrijeme kontrakcije
<b>TATc%DD</b>	Disbalans na desnoj nozi izražen u postotku u odnosu na vrijeme kontrakcije
<b>TADmREF</b>	Referentna vrijednost maksimalnog pomaka mišića
<b>TADmL</b>	Izmjerena vrijednost maksimalnog pomaka mišića na lijevoj nozi
<b>TADmR</b>	Izmjerena vrijednost maksimalnog pomaka mišića na desnoj nozi
<b>TADmBD</b>	Bilateralni disbalans mišića u odnosu na maksimalni pomak mišića
<b>TADmLFD</b>	Funkcionalni disbalans mišića na lijevoj nozi u odnosu na maksimalni pomak mišića
<b>TADmDFD</b>	Funkcionalni disbalans mišića na desnoj nozi u odnosu na maksimalni pomak mišića
<b>TADm%DB</b>	Bilateralni disbalans mišića izražen u postotku u odnosu na maksimalni pomak mišića
<b>TADm%DL</b>	Disbalans na lijevoj nozi izražen u postotku u odnosu na maksimalni pomak mišića
<b>TADm%DD</b>	Disbalans na desnoj nozi izražen u postotku u odnosu na maksimalni pomak mišića

**Tablica 5. Opisane oznake tenziomiografije za mišić rectus femoris (RF)**

<b>RFTcREF</b>	Referentna vrijednost vremena kontrakcije mišića
<b>RFTcL</b>	Izmjerena vrijednost vremena kontrakcije mišića na lijevoj nozi
<b>RFTcR</b>	Izmjerena vrijednost vremena kontrakcije mišića na desnoj nozi
<b>RFTcBD</b>	Bilateralni disbalans mišića u odnosu na vrijeme kontrakcije
<b>RFTcLFD</b>	Funkcionalni disbalans mišića na lijevoj nozi u odnosu na vrijeme kontrakcije
<b>RFTcDFD</b>	Funkcionalni disbalans mišića na desnoj nozi u odnosu na vrijeme kontrakcije
<b>RFTc%DB</b>	Bilateralni disbalans mišića izražen u postotku u odnosu na vrijeme kontrakcije
<b>RFTc%DL</b>	Disbalans na lijevoj nozi izražen u postotku u odnosu na vrijeme kontrakcije
<b>RFTc%DD</b>	Disbalans na desnoj nozi izražen u postotku u odnosu na vrijeme kontrakcije
<b>RFDmREF</b>	Referentna vrijednost maksimalnog pomaka mišića
<b>RFDmL</b>	Izmjerena vrijednost maksimalnog pomaka mišića na lijevoj nozi
<b>RFDmR</b>	Izmjerena vrijednost maksimalnog pomaka mišića na desnoj nozi

<b>RFDmBD</b>	Bilateralni disbalans mišića u odnosu na maksimalni pomak mišića
<b>RFDmLFD</b>	Funkcionalni disbalans mišića na lijevoj nozi u odnosu na maksimalni pomak mišića
<b>RFDmDFD</b>	Funkcionalni disbalans mišića na desnoj nozi u odnosu na maksimalni pomak mišića
<b>RFDm%DB</b>	Bilateralni disbalans mišića izražen u postotku u odnosu na maksimalni pomak mišića
<b>RFDm%DL</b>	Disbalans na lijevoj nozi izražen u postotku u odnosu na maksimalni pomak mišića
<b>RFDm%DD</b>	Disbalans na desnoj nozi izražen u postotku u odnosu na maksimalni pomak mišića

**Tablica 6.** Opisane oznake tenziomiografije za mišić vastus lateralis (VL)

<b>VLTcREF</b>	Referentna vrijednost vremena kontrakcije mišića
<b>VLTcL</b>	Izmjerena vrijednost vremena kontrakcije mišića na lijevoj nozi
<b>VLTcR</b>	Izmjerena vrijednost vremena kontrakcije mišića na desnoj nozi
<b>VLTcBD</b>	Bilateralni disbalans mišića u odnosu na vrijeme kontrakcije
<b>VLTcLFD</b>	Funkcionalni disbalans mišića na lijevoj nozi u odnosu na vrijeme kontrakcije
<b>VLTcDFD</b>	Funkcionalni disbalans mišića na desnoj nozi u odnosu na vrijeme kontrakcije
<b>VLTc%DB</b>	Bilateralni disbalans mišića izražen u postotku u odnosu na vrijeme kontrakcije
<b>VLTc%DL</b>	Disbalans na lijevoj nozi izražen u postotku u odnosu na vrijeme kontrakcije
<b>VLTc%DD</b>	Disbalans na desnoj nozi izražen u postotku u odnosu na vrijeme kontrakcije
<b>VLDmREF</b>	Referentna vrijednost maksimalnog pomaka mišića
<b>VLDmL</b>	Izmjerena vrijednost maksimalnog pomaka mišića na lijevoj nozi
<b>VLDmR</b>	Izmjerena vrijednost maksimalnog pomaka mišića na desnoj nozi
<b>VLDmBD</b>	Bilateralni disbalans mišića u odnosu na maksimalni pomak mišića
<b>VLDmLFD</b>	Funkcionalni disbalans mišića na lijevoj nozi u odnosu na maksimalni pomak mišića
<b>VLDmDFD</b>	Funkcionalni disbalans mišića na desnoj nozi u odnosu na maksimalni pomak mišića
<b>VLDm%DB</b>	Bilateralni disbalans mišića izražen u postotku u odnosu na maksimalni pomak mišića
<b>VLDm%DL</b>	Disbalans na lijevoj nozi izražen u postotku u odnosu na maksimalni pomak mišića
<b>VLDm%DD</b>	Disbalans na desnoj nozi izražen u postotku u odnosu na maksimalni pomak mišića

**Tablica 7.** Opisane oznake tenziomiografije za vastus medialis (VM)

<b>VMTcREF</b>	Referentna vrijednost vremena kontrakcije mišića
<b>VMTcL</b>	Izmjerena vrijednost vremena kontrakcije mišića na lijevoj nozi
<b>VMTcR</b>	Izmjerena vrijednost vremena kontrakcije mišića na desnoj nozi
<b>VMTcBD</b>	Bilateralni disbalans mišića u odnosu na vrijeme kontrakcije

<b>VMTcLFD</b>	Funkcionalni disbalans mišića na lijevoj nozi u odnosu na vrijeme kontrakcije
<b>VMTcDFD</b>	Funkcionalni disbalans mišića na desnoj nozi u odnosu na vrijeme kontrakcije
<b>VMTc%DB</b>	Bilateralni disbalans mišića izražen u postotku u odnosu na vrijeme kontrakcije
<b>VMTc%DL</b>	Disbalans na lijevoj nozi izražen u postotku u odnosu na vrijeme kontrakcije
<b>VMTc%DD</b>	Disbalans na desnoj nozi izražen u postotku u odnosu na vrijeme kontrakcije
<b>VMDmREF</b>	Referentna vrijednost maksimalnog pomaka mišića
<b>VMDmL</b>	Izmjerena vrijednost maksimalnog pomaka mišića na lijevoj nozi
<b>VMDmR</b>	Izmjerena vrijednost maksimalnog pomaka mišića na desnoj nozi
<b>VMDmBD</b>	Bilateralni disbalans mišića u odnosu na maksimalni pomak mišića
<b>VMDmLFD</b>	Funkcionalni disbalans mišića na lijevoj nozi u odnosu na maksimalni pomak mišića
<b>VMDmDFD</b>	Funkcionalni disbalans mišića na desnoj nozi u odnosu na maksimalni pomak mišića
<b>VMDm%DB</b>	Bilateralni disbalans mišića izražen u postotku u odnosu na maksimalni pomak mišića
<b>VMDm%DL</b>	Disbalans na lijevoj nozi izražen u postotku u odnosu na maksimalni pomak mišića
<b>VMDm%DD</b>	Disbalans na desnoj nozi izražen u postotku u odnosu na maksimalni pomak mišića

**Tablica 8.** Opisane oznake tenziomiografije za mišić *rectus abdominis* (RA)

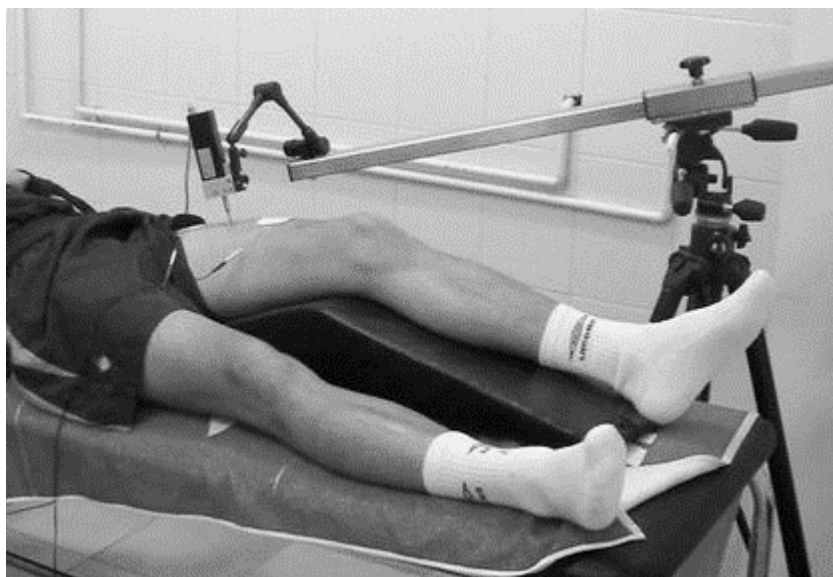
<b>RATcREF</b>	Referentna vrijednost vremena kontrakcije mišića
<b>RATcL</b>	Izmjerena vrijednost vremena kontrakcije mišića na lijevoj nozi
<b>RATcR</b>	Izmjerena vrijednost vremena kontrakcije mišića na desnoj nozi
<b>RATcBD</b>	Bilateralni disbalans mišića u odnosu na vrijeme kontrakcije
<b>RATcLFD</b>	Funkcionalni disbalans mišića na lijevoj nozi u odnosu na vrijeme kontrakcije
<b>RATcDFD</b>	Funkcionalni disbalans mišića na desnoj nozi u odnosu na vrijeme kontrakcije
<b>RATc%DB</b>	Bilateralni disbalans mišića izražen u postotku u odnosu na vrijeme kontrakcije
<b>RATc%DL</b>	Disbalans na lijevoj nozi izražen u postotku u odnosu na vrijeme kontrakcije
<b>RATc%DD</b>	Disbalans na desnoj nozi izražen u postotku u odnosu na vrijeme kontrakcije
<b>RADmREF</b>	Referentna vrijednost maksimalnog pomaka mišića
<b>RADmL</b>	Izmjerena vrijednost maksimalnog pomaka mišića na lijevoj nozi
<b>RADmR</b>	Izmjerena vrijednost maksimalnog pomaka mišića na desnoj nozi
<b>RADmBD</b>	Bilateralni disbalans mišića u odnosu na maksimalni pomak mišića
<b>RADmLFD</b>	Funkcionalni disbalans mišića na lijevoj nozi u odnosu na maksimalni pomak mišića
<b>RADmDFD</b>	Funkcionalni disbalans mišića na desnoj nozi u odnosu na maksimalni pomak mišića
<b>RADm%DB</b>	Bilateralni disbalans mišića izražen u postotku u odnosu na maksimalni pomak mišića
<b>RADm%DL</b>	Disbalans na lijevoj nozi izražen u postotku u odnosu na maksimalni pomak mišića
<b>RADm%DD</b>	Disbalans na desnoj nozi izražen u postotku u odnosu na maksimalni pomak mišića

## 5.5. Opis eksperimentalnog postupka

Cjelokupno ispitivanje provedeno je u mjesecu siječnju u sezoni 2018./2019. godine u zimskoj pauzi. Ispitanici su pristupili mjerenju u prvom tjednu priprema nakon početne anatomske adaptacije na trening. Dan prije testiranja igrači su imali slobodan dan, bez ikakvih aktivnosti kako bi mišići i živčani sustav bili odmorni prilikom testiranja. Igrači su testirani u više grupa radi lakše organizacije.

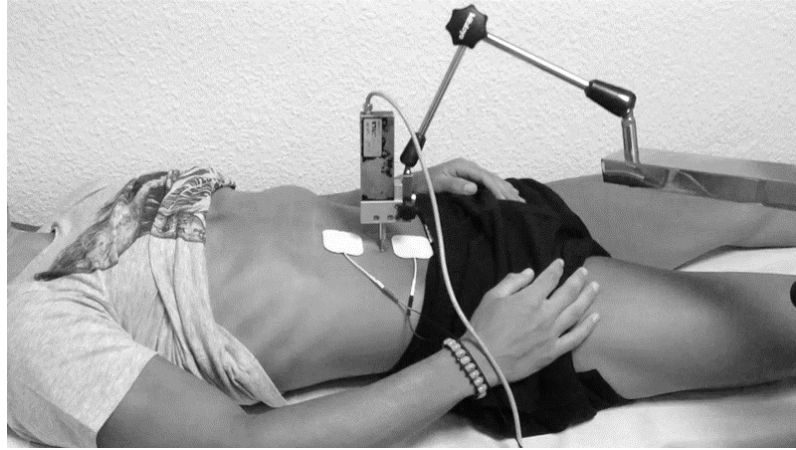
Prilikom testiranja, korišteni TMG senzor postavlja se vertikalno na trbuh mišića između elektroda oblika 5x5 cm koje su izazivaju umjetnu mišićnu kontrakciju. Početni signal iznosi 30mA, te se za svaku sljedeću kontrakciju povećava za 20mA (maksimalno 110mA), sve dok se ne postigne maksimalni pomak trbuha mišića ( $Dm$ ). Da bi se izbjegao umor ili efekt potencijacije mišića između svake električne stimulacije napravljena je pauza od 10 sekundi (Križaj i sur., 2008).

Mišiće prednje strane potkoljenice (TA) i natkoljenice (RF, VM, VL) ispitanicima mjerimo u ležećem (supiniranom) položaju (Slika 6). Koljenski zglob nalazi se u fleksiji od oko 120° kojeg podupire jastuk trokutastog oblika.



*Slika 6. Primjer mjerenja mišića RF (2019.)*

Mišić abdominalne regije (RA) ispitanicima mjerimo u ležećem (proniranom) položaju gdje ruke moraju biti uz tijelo ispitanika (Slika 7). Ispitanik radi udisaj te izdisaj i nakon toga kreće struja koja kontrahira opušteni mišić.



Slika 7. Primjer mjerenja mišića RA (izvor: [www.freelapusa.com](http://www.freelapusa.com), 2019.)

## 5.6. Statistička analiza podataka

Deskriptivnom statistikom dobili smo podatke o aritmetičkoj sredini ( $AS$ ), minimalnoj ( $Min$ ) i maksimalnoj vrijednosti ( $Max$ ), standardnoj devijaciji ( $Std$ ), koeficijent varijance (Coef. Var.), koeficijent simetričnosti/asimetričnosti (Skewness) i koeficijent spljoštenosti (Kurtosis) za 52 nogometaša.

T- testom smo utvrdili da li postoji statistički značajna razlika između lijeve i desne strane. Pogreška prve vrste postavljena je na  $\alpha = 5\%$ . Svi rezultati su izračunati korištenjem softvera *Statistica 13.0*.

## 6. REZULTATI I DISKUSIJA

Neposredno prije istraživanja od 52 igrača su sakupljeni osnovni podaci o godinama, visini i težini. Iz Tablica 3. vidimo da prosjek godina iznosi  $22,89 \pm 5,11$ ; težina  $76,58 \pm 6,32$  kg i visina  $182,30 \pm 5,82$  cm. Dobiveni podaci su neophodni tijekom samog provođenja protokola testiranja jer se podaci unose u TMG protokol na osnovu kojih se dobivaju referentne vrijednosti testiranih igrača tog uzrasta i na određenoj poziciji od strane svih korisnika ovog uređaja. Svaki korisnik je ispunio upitnik da te suglasnost prisustvovanja ispitivanju.

**Tablica 9.** Parametri deskriptivne statistike: (AS – aritmetička sredina, Std. Dev. – standardna devijacija, Min – minimalni rezultati, Max – maksimalni rezultati, Skewness – koeficijent asimetričnosti, Kurtosis – koeficijent spljoštenosti)

Variable	AS	Std. Dev.	Min	Max	Skew	Kurt
Dob	22,89	5,11	16	36	0,54	-0,49
Visina (cm)	182,30	5,82	168	193	-0,58	-0,03
Masa (kg)	76,58	6,32	60	87	-0,42	0,18

*U Tablici 10. Prikazani su deskriptivni pokazatelji dobiveni mjerenjem m.tibialis anteriora*

Varijable	AS	Minimum	Maksimum	Std.Dev.	Skewness	Kurtosis
TATcREF	24,25	24,25	24,25	0,00		
TATcL	19,93	14,40	47,38	4,88	3,68	19,45
TATcR	19,14	13,31	28,96	3,38	0,96	0,91
TATcBD	3,17	0,04	30,90	4,81	4,24	22,02
TATcLFD	5,51	0,59	23,13	3,44	2,59	12,61
TATcRFD	5,52	0,22	10,94	2,65	-0,27	-0,63
TATc%BD	13,06	0,16	127,42	19,85	4,24	22,02
TATc%DL	29,37	2,49	68,40	16,86	0,41	-0,54
TATc%DD	31,74	0,90	82,19	18,91	0,35	-0,21
TADmREF	2,27	2,27	2,27	0,00		
TADmL	1,57	0,37	3,01	0,60	0,35	-0,12
TADmR	1,51	0,20	4,81	0,88	1,12	2,38
TADmBD	0,63	0,01	3,20	0,58	2,06	6,51
TADmLFD	0,80	0,02	1,90	0,47	0,40	-0,52
TADmRFD	0,99	0,00	2,54	0,61	0,38	-0,56
TADm%BD	27,63	0,44	140,97	25,56	2,06	6,51
TADm%DL	78,41	0,87	513,51	95,09	2,79	9,55
TADm%DD	142,35	0,00	1035,00	215,52	2,92	9,15

Iz tablice 10. vidimo da je referentna vrijednost brzine kontrakcije TATcRef=24,25 dok je prosječna izmjerena vrijednost za lijevu nogu TATcL=19,93, a za desnu nogu TATcR=19,14.

Bilateralni disbalans TATcBD=3,17 što iznosi 13,06 %.

Funkcionalni disbalans lijeve noge TATcLFD=5,51 što iznosi 29,37%, a desne TATcRFD=5,52 što iznosi 31,74 %.

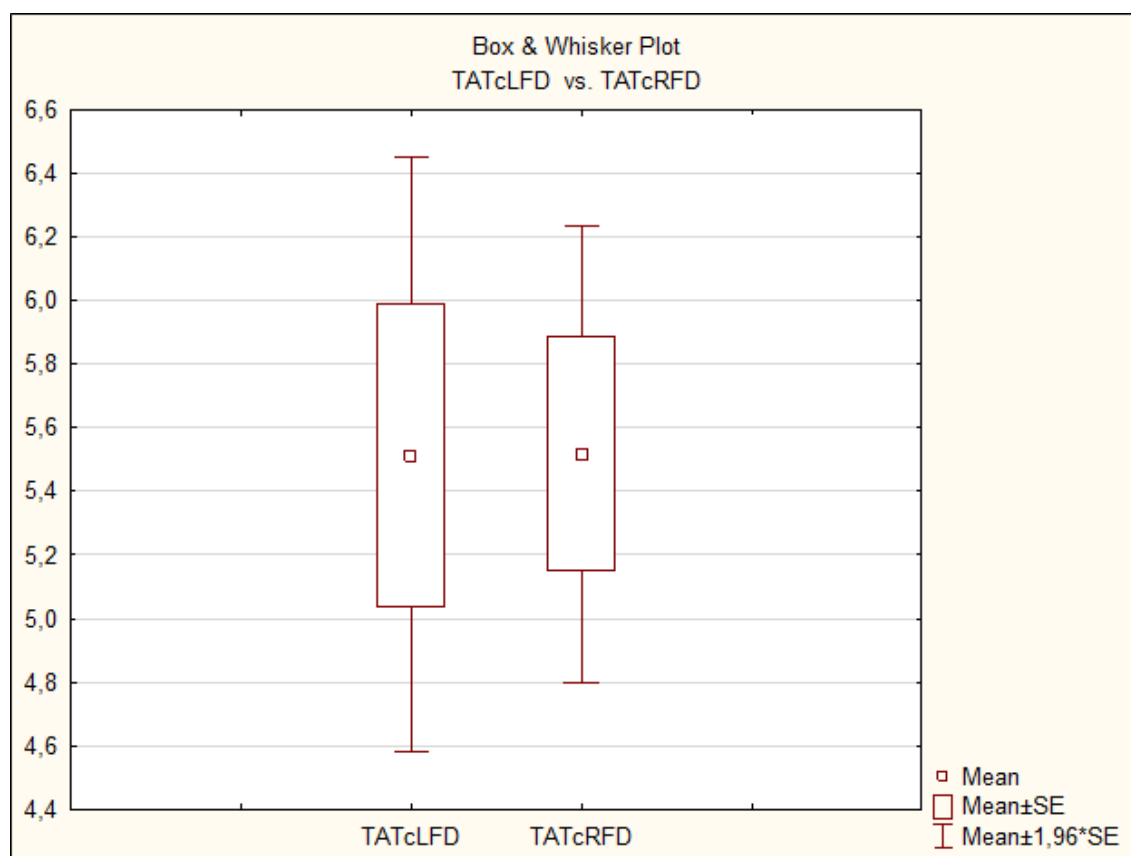
Referentna vrijednost maksimalnog pomaka mišića TADmRef= 2,27 dok je prosječna izmjerena vrijednost za lijevu nogu TADmL=1,57, a za desnu nogu TADmR=1,51. Bilateralni disbalans TADmBD=0,63, što iznosi 27,63 %.

Funkcionalni disbalans lijeve noge TADmLFD=0,80 što iznosi 78,41%, a desne TADmRFD=0,99 što iznosi 142,35 %.



**Tablica 11.** Podaci t-testa za *m. tibialis anterior* (Tc)

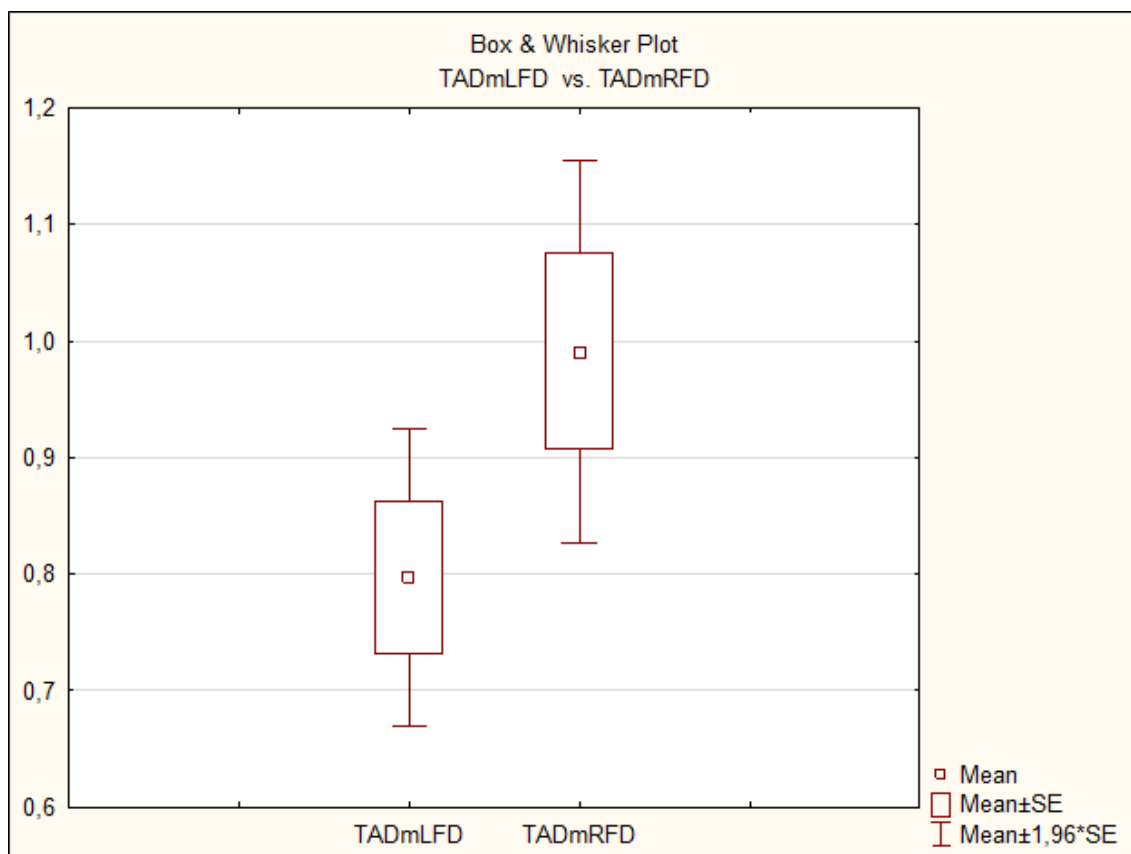
Varijable	AS	AS	t-vrijednost	df	p	Std.Dev.	Std.Dev.	F-ratio	p
TATcLFD vs. TATcRFD	5,51	5,52	-0,01	102,00	1,00	3,44	2,65	1,69	0,06



Iz tablice 11. vidimo kako nema statistički značajne razlike između funkcionalnog disbalansa između lijeve i desne strane  $T_v = -0.01$ ,  $p = 1.00$ .

**Tablica 12.** Podaci t-testa za *m. tibialis anterior* (Dm)

Varijable	AS	AS	t-vrijednost	df	p	Std. Dev.	Std. Dev.	F-ratio	p
TADmLFD vs. TADmRFD	0,80	0,99	-1,83	102,00	0,07	0,47	0,61	1,68	0,07



Iz tablice 12. vidimo kako nema statistički značajne razlike između funkcionalnog disbalansa između lijeve i desne strane  $Tv = -1,83$ ,  $p = 0,07$ .

*U Tablici 13. Prikazani su deskriptivni pokazatelji dobiveni mjerenjem m.rectus femoris*

Variable	AS	Minimum	Maximum	Std.Dev.	Skewness	Kurtosis
RFTcREF	33,45	33,45	33,45	0,00		
RFTcL	29,31	12,99	42,16	6,40	-0,09	0,09
RFTcR	28,80	18,14	38,80	4,95	-0,20	-0,16
RFTcBD	4,86	0,02	25,81	4,51	2,35	8,36
RFTcLFD	6,05	0,08	20,46	4,59	0,97	0,76
RFTcRFD	5,48	0,01	15,31	3,99	0,85	0,26
RFTc%BD	14,53	0,06	77,16	13,47	2,35	8,36
RFTc%DL	25,33	0,24	157,51	28,50	2,52	8,36
RFTc%DD	22,16	0,03	84,40	20,96	1,54	1,90
RFDmREF	7,46	7,46	7,46	0,00		
RFDmL	6,15	0,44	15,14	2,76	0,92	1,84
RFDmR	6,46	1,07	12,75	2,53	-0,04	-0,21
RFDmBD	1,57	0,06	4,79	1,16	0,89	0,35
RFDmLFD	2,47	0,01	7,68	1,77	1,02	0,93
RFDmRFD	2,09	0,06	6,39	1,73	0,78	-0,51
RFDm%BD	20,99	0,80	64,21	15,57	0,89	0,35
RFDm%DL	83,52	0,13	1595,45	223,62	6,34	42,99
RFDm%DD	58,97	0,81	597,20	101,17	3,57	15,78

Iz tablice 13. vidimo da je referentna vrijednost brzine kontrakcije RFTcRef=33,45 dok je prosječna izmjerena vrijednost za lijevu nogu RFTcL=29,31, a za desnu nogu RFTcR=28,80.

Bilateralni disbalans RFTcBD=4,86 što iznosi 14,53 %.

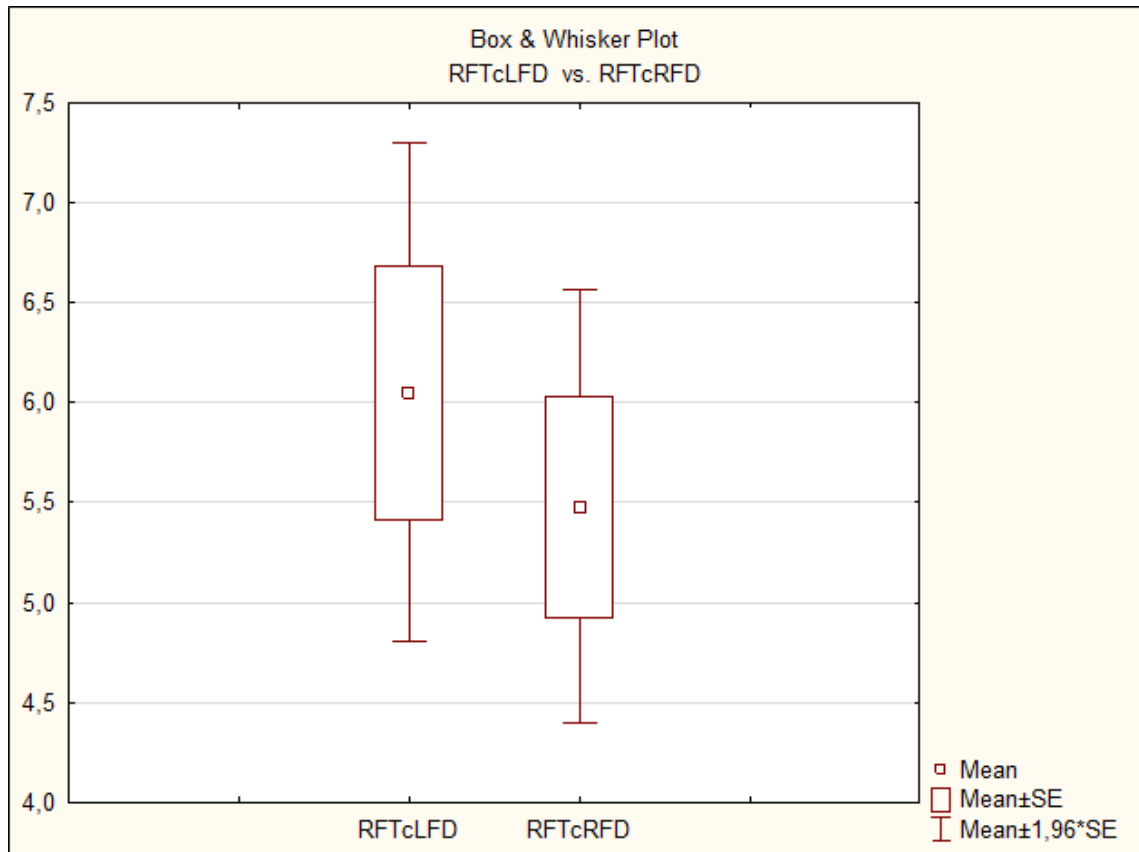
Funkcionalni disbalans lijeve noge RFTcLFD=6,05 što iznosi 25,33%, a desne RFTcRFD=5,48 što iznosi 22,16 %.

Referentna vrijednost maksimalnog pomaka mišića RFDmRef=7,46 dok je prosječna izmjerena vrijednost za lijevu nogu RFDmL=6,15, a za desnu nogu RFDmR=6,46. Bilateralni disbalans RFDmBD=1,57 , što iznosi 20,99 %.

Funkcionalni disbalans lijeve noge RFDmLFD=2,47 što iznosi 83,52%, a desne RFDmRFD=2,09 što iznosi 58,97%.

**Tablica 14.** Podaci t-testa za *m. rectus femoris* (Tc)

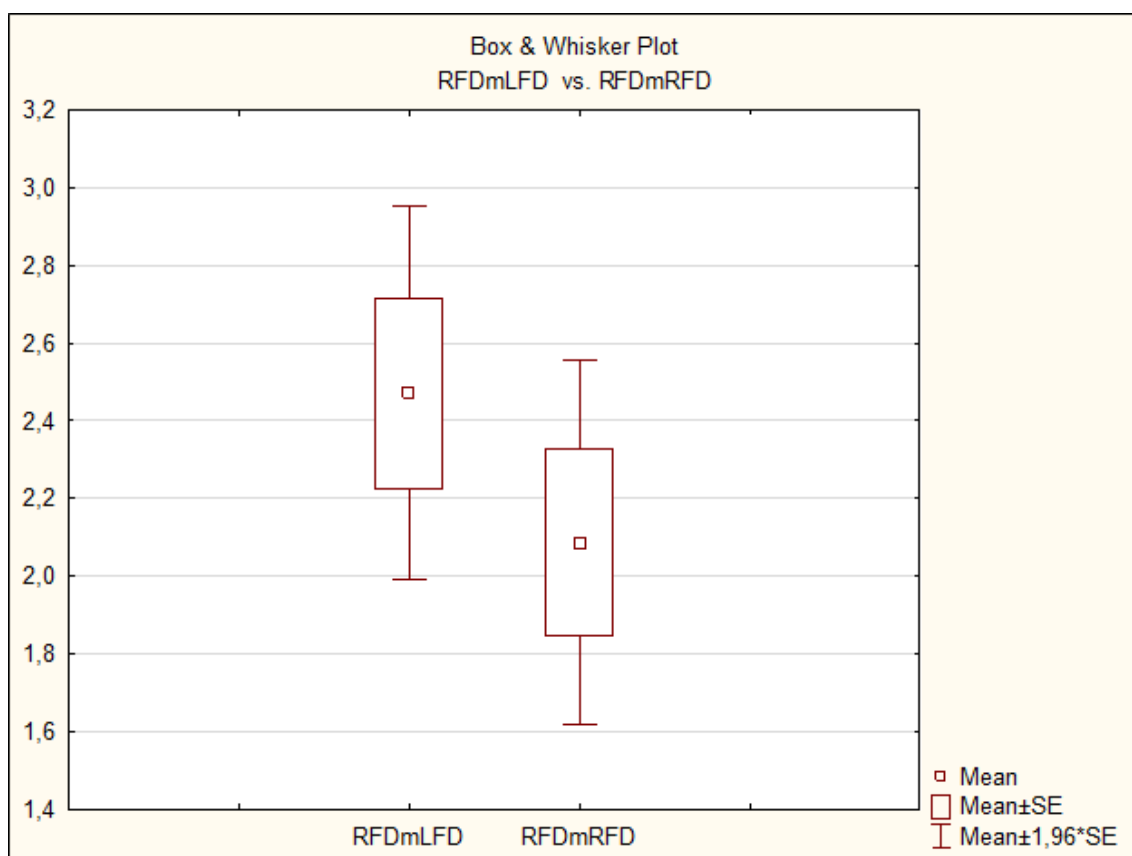
Varijable	AS	AS	t- vrijednost	df	p	Std. Dev.	Std. Dev.	F-ratio	p
RFTcLFD vs. RFTcRFD	6,05	5,48	0,68	102,00	0,50	4,59	3,99	1,33	0,32



Iz tablice 14. vidimo kako nema statistički značajne razlike između funkcionalnog disbalansa između lijeve i desne strane  $T_v=0,68$ ,  $p=0,50$ .

**Tablica 15.** Podaci t-testa za *m. rectus femoris* (Dm)

Varijable	AS	AS	t- vrijednost	df	p	Std. Dev.	Std. Dev.	F-ratio	p
RFDmLFD vs. RFDmRFD	2,47	2,09	1,12	102,00	0,27	1,77	1,73	1,04	0,89



Iz tablice 15. vidimo kako nema statistički značajne razlike između funkcionalnog disbalansa između lijeve i desne strane  $Tv=1,12$ ,  $p=0,27$ .

*U Tablici 16. Prikazani su deskriptivni pokazatelji dobiveni mjerenjem m.vastus lateralis*

<b>Varijable</b>	<b>AS</b>	<b>Minimum</b>	<b>Maksimum</b>	<b>Std.Dev.</b>	<b>Skewness</b>	<b>Kurtosis</b>
<b>VLTcREF</b>	23,47	23,47	23,47	0,00		
<b>VLTcL</b>	24,30	16,49	33,90	3,81	0,20	0,28
<b>VLTcR</b>	24,49	16,34	36,01	4,46	0,67	0,33
<b>VLTcBD</b>	3,44	0,02	11,21	2,86	0,83	-0,13
<b>VLTcLFD</b>	3,04	0,11	10,43	2,41	1,18	1,58
<b>VLTcRFD</b>	3,45	0,24	12,54	2,97	1,38	1,79
<b>VLTc%BD</b>	14,64	0,09	47,76	12,17	0,83	-0,13
<b>VLTc%DL</b>	12,62	0,47	42,33	10,05	1,14	1,11
<b>VLTc%DD</b>	13,73	1,03	43,64	10,66	0,99	0,37
<b>VLDmREF</b>	5,75	5,75	5,75	0,00		
<b>VLDmL</b>	6,11	0,98	10,72	2,39	-0,03	-0,31
<b>VLDmR</b>	5,73	1,95	10,74	2,39	0,32	-0,49
<b>VLDmBD</b>	1,82	0,04	5,64	1,41	0,63	-0,47
<b>VLDmLFD</b>	1,88	0,06	4,97	1,49	0,71	-0,92
<b>VLDmRFD</b>	1,92	0,02	4,99	1,40	0,58	-0,59
<b>VLDm%BD</b>	31,62	0,70	98,09	24,57	0,63	-0,47
<b>VLDm%DL</b>	48,29	1,03	486,73	84,99	3,77	15,56
<b>VLDm%DD</b>	45,88	0,35	194,87	52,83	1,83	2,40

Iz tablice 16. vidimo da je referentna vrijednost brzine kontrakcije VLTcRef=23,47 dok je prosječna izmjerena vrijednost za lijevu nogu VLTcL=24,30, a za desnu nogu VLTcR=24,49.

Bilateralni disbalans VLTcBD=3,44 što iznosi 14,64 %.

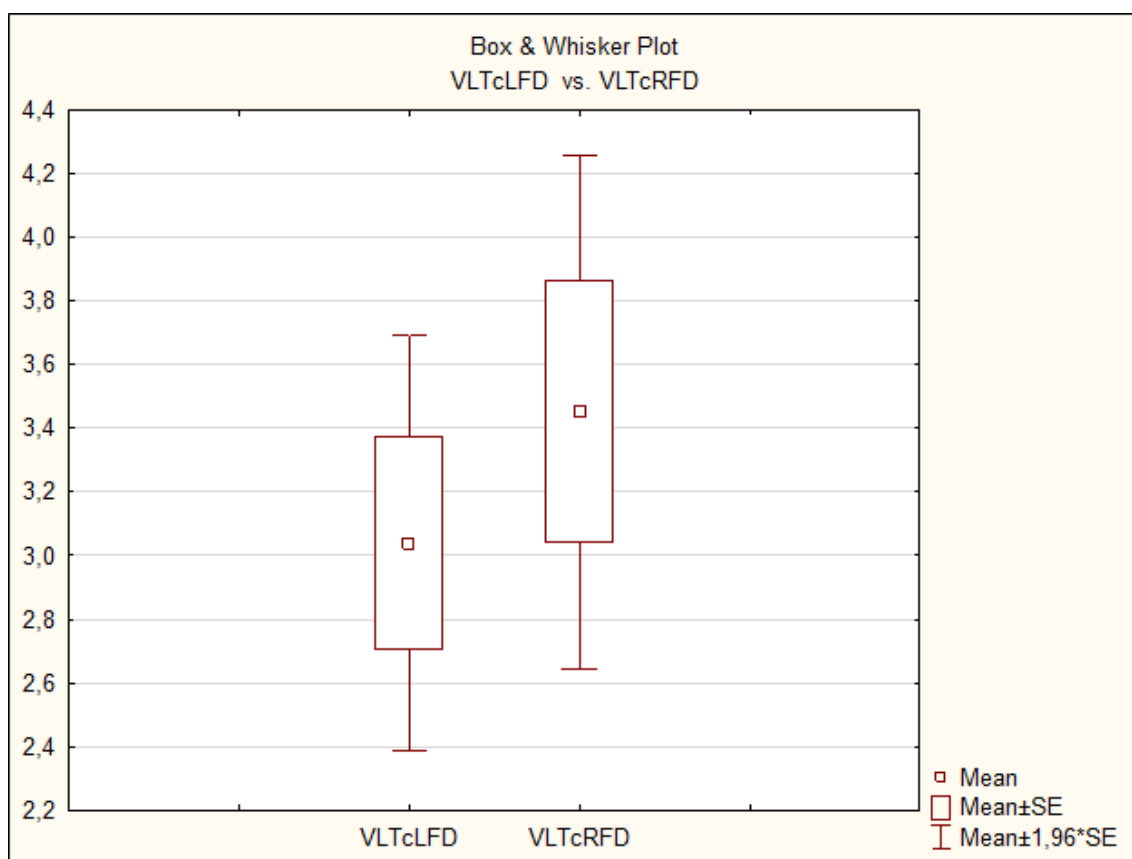
Funkcionalni disbalans lijeve noge VLTcLFD=3,04 što iznosi 12,62%, a desne VLTcRFD=3,45 što iznosi 13,73 %.

Referentna vrijednost maksimalnog pomaka mišića VLDmRef=5,75 dok je prosječna izmjerena vrijednost za lijevu nogu VLDmL=6,11, a za desnu nogu VLDmR=5,73. Bilateralni disbalans VLDmBD=1,82 , što iznosi 31,62 %.

Funkcionalni disbalans lijeve noge VLDmLFD=1,88 što iznosi 48,29%, a desne VLDmRFD=1,92 što iznosi 45,88%.

**Tablica 17. Podaci t-testa za m. vastus lateralis (Tc)**

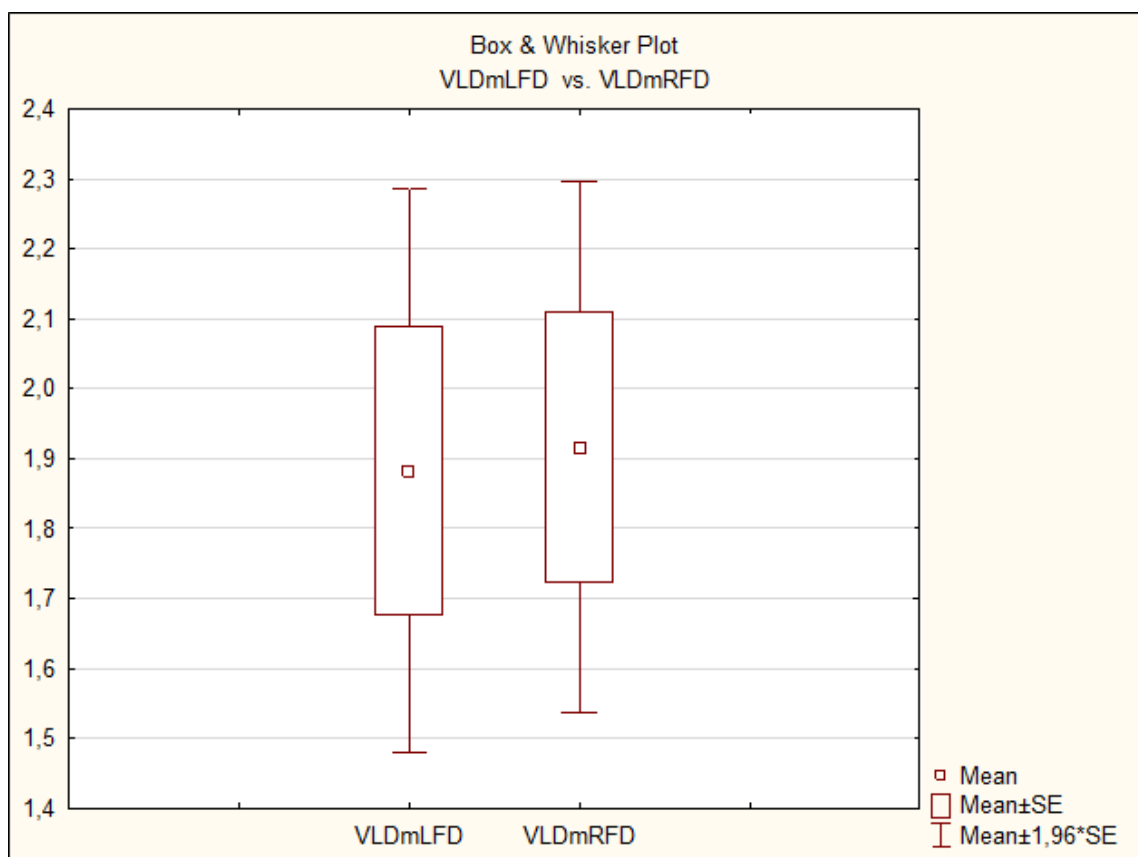
Varijable	AS	AS	t-vrijednost	df	p	Std. Dev.	Std. Dev.	F-ratio	p
VLTcLFD vs. VLTcRFD	3,04	3,45	-0,78	102,00	0,44	2,41	2,97	1,52	0,14



Iz tablice 17. vidimo kako nema statistički značajne razlike između funkcionalnog disbalansa između lijeve i desne strane  $T_v = -0,78$ ,  $p = 0,44$ .

**Tablica 18. Podaci t-testa za m. vastus lateralis (Dm)**

Varijable	AS	AS	t- vrijednost	df	p	Std. Dev.	Std. Dev.	F-ratio	p
VLDmLFD vs. VLDmRFD	1,88	1,92	-0,12	102,00	0,91	1,49	1,40	1,13	0,00



Iz tablice 18. vidimo kako nema statistički značajne razlike između funkcionalnog disbalansa između lijeve i desne strane  $Tv=-0,12$ ,  $p=0,91$ .



*U Tablici 19. Prikazani su deskriptivni pokazatelji dobiveni mjerenjem m.vastus medialis*

<b>Varijable</b>	<b>AS</b>	<b>Minimum</b>	<b>Maksimum</b>	<b>Std.Dev.</b>	<b>Skewness</b>	<b>Kurtosis</b>
<b>VMTcREF</b>	26,70	26,70	26,70	0,00		
<b>VMTcL</b>	25,39	16,36	58,33	5,72	3,82	21,65
<b>VMTcR</b>	24,02	15,82	48,52	4,17	3,97	23,56
<b>VMTcBD</b>	3,31	0,08	32,74	5,62	3,96	17,49
<b>VMTcLFD</b>	3,55	0,06	31,63	4,64	4,55	26,53
<b>VMTcRFD</b>	3,74	0,26	21,82	3,23	3,68	19,10
<b>VMTc%BD</b>	12,39	0,30	122,62	21,05	3,96	17,49
<b>VMTc%DL</b>	14,04	0,22	63,20	14,09	1,84	3,67
<b>VMTc%DD</b>	15,97	0,98	68,77	12,03	1,98	6,46
<b>VMDmREF</b>	8,06	8,06	8,06	0,00		
<b>VMDmL</b>	6,36	1,88	11,26	2,43	0,08	-0,51
<b>VMDmR</b>	6,51	1,26	10,71	2,18	-0,62	0,09
<b>VMDmBD</b>	1,78	0,06	8,34	1,46	2,11	7,50
<b>VMDmLFD</b>	2,42	0,06	6,18	1,70	0,64	-0,32
<b>VMDmRFD</b>	1,97	0,02	6,80	1,80	1,20	0,53
<b>VMDm%BD</b>	22,12	0,74	103,47	18,07	2,11	7,50
<b>VMDm%DL</b>	61,94	0,75	328,72	81,88	2,20	4,29
<b>VMDm%DD</b>	57,27	0,25	539,68	102,43	3,16	10,97

Iz tablice 19. vidimo da je referentna vrijednost brzine kontrakcije VMTcRef=26,70 dok je prosječna izmjerena vrijednost za lijevu nogu VMTcL=25,39, a za desnu nogu VMTcR=24,02.

Bilateralni disbalans VMTcBD=3,31 što iznosi 12,39 %.

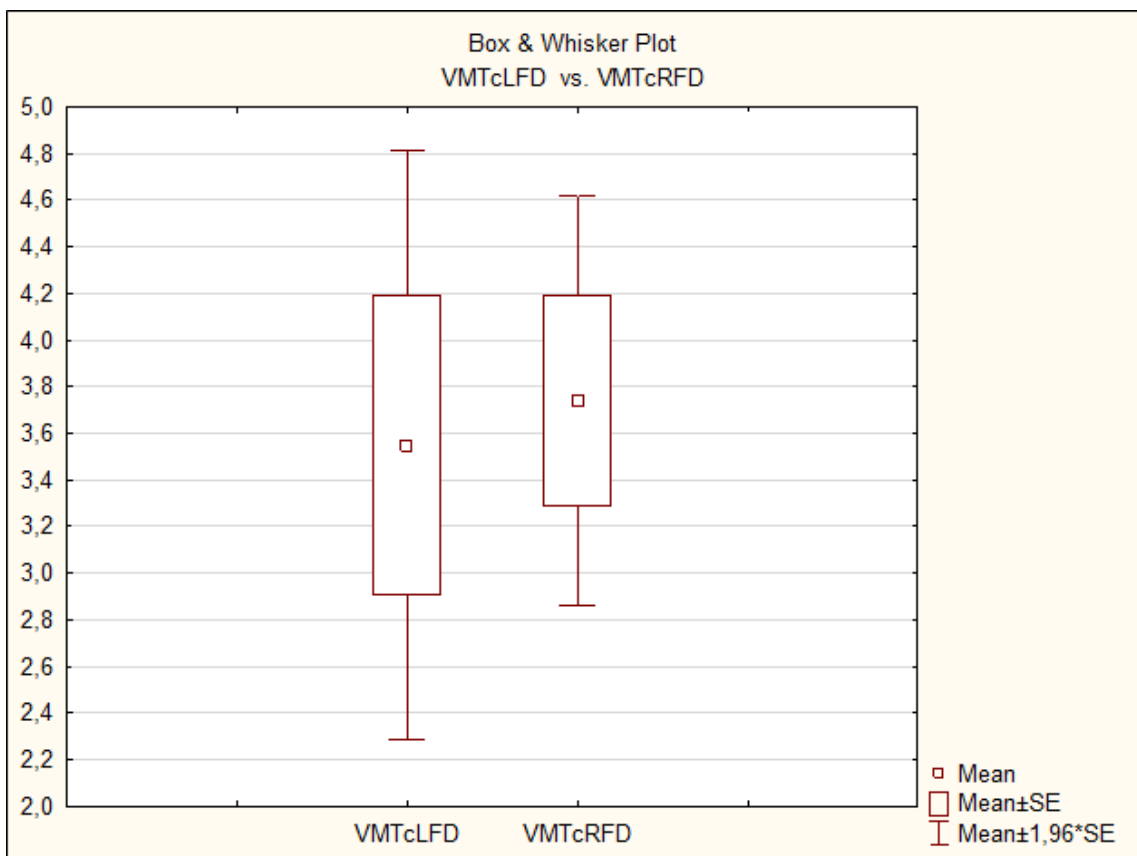
Funkcionalni disbalans lijeve noge VMTcLFD=3,55 što iznosi 14,04%, a desne VMTcRFD=3,74 što iznosi 15,97%.

Referentna vrijednost maksimalnog pomaka mišića VMDmRef=8,06 dok je prosječna izmjerena vrijednost za lijevu nogu VMDmL=6,36, a za desnu nogu VMDmR=6,51. Bilateralni disbalans VMDmBD=1,78 što iznosi 22,12 %.

Funkcionalni disbalans lijeve noge VMDmLFD=2,42 što iznosi 61,94%, a desne VMDmRFD=1,97 što iznosi 57,27%.

**Tablica 20.** Podaci t-testa za *m. vastus medialis* (Tc)

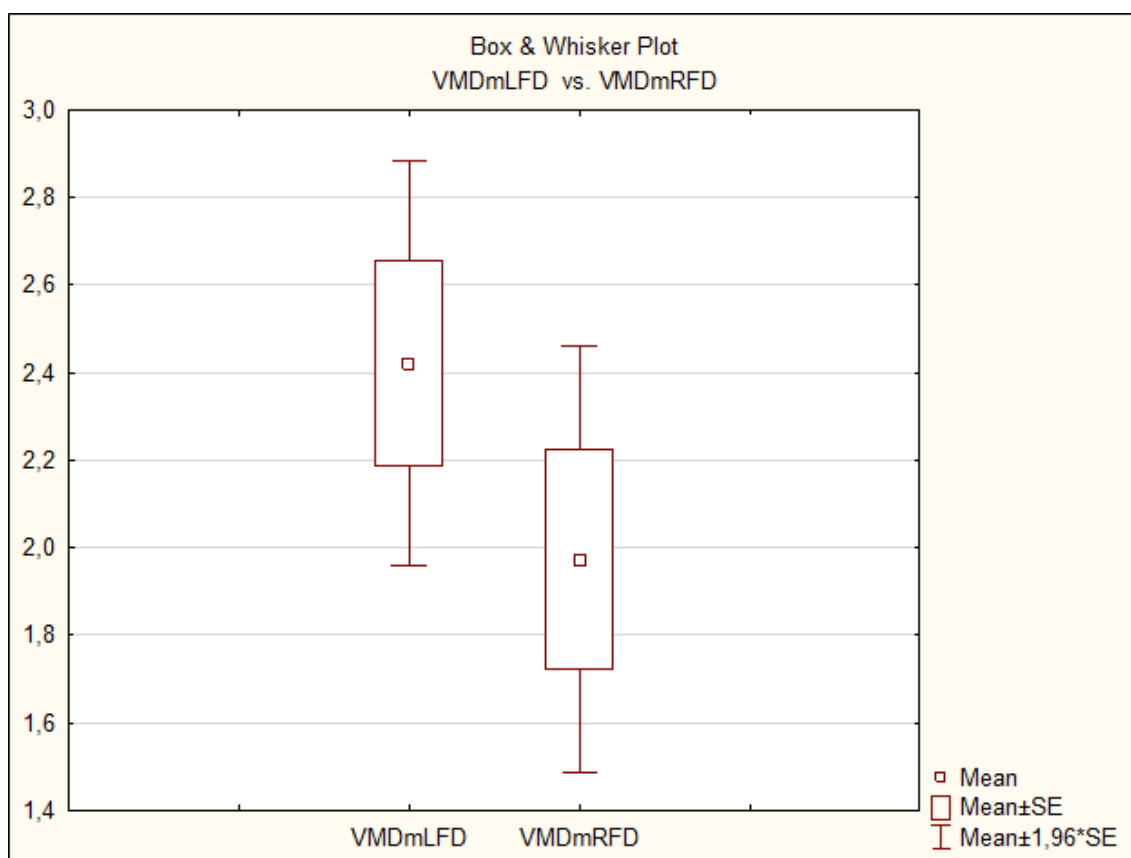
Varijable	AS	AS	t-value	df	p	Std. Dev.	Std. Dev.	F-ratio	p
VMTcLFD vs. VMTcRFD	3,55	3,74	-0,24	102,00	0,81	4,64	3,23	2,06	0,01



Iz tablice 20. vidimo kako nema statistički značajne razlike između funkcionalnog disbalansa između lijeve i desne strane  $T_v = -0,24$ ,  $p = 0,81$ .

**Tablica 21.** Podaci t-testa za *m. vastus medialis* (Dm)

Varijable	AS	AS	t-value	df	p	Std. Dev.	Std. Dev.	F-ratio	p
VMDmLFD vs. VMDmRFD	2,42	1,97	1,31	102,00	0,19	1,70	1,80	1,12	0,69



Iz tablice 21. vidimo kako nema statistički značajne razlike između funkcionalnog disbalansa između lijeve i desne strane  $T_v=1,31$  ,  $p=0,19$ .

*U Tablici 22. Prikazani su deskriptivni pokazatelji dobiveni mjerenjem m.recuts abdominis*

<b>Varijable</b>	<b>AS</b>	<b>Minimum</b>	<b>Maksimum</b>	<b>Std.Dev.</b>	<b>Skewness</b>	<b>Kurtosis</b>
<b>RATcREF</b>	47,80	47,80	47,80	0,00		
<b>RATcL</b>	44,32	19,64	67,18	10,33	-0,37	-0,05
<b>RATcR</b>	44,56	16,81	63,31	10,21	-0,57	0,80
<b>RATcBD</b>	7,68	0,06	33,81	7,30	1,72	3,25
<b>RATcLFD</b>	8,48	0,69	28,16	6,76	1,19	1,21
<b>RATcRFD</b>	7,97	0,14	30,99	7,08	1,57	2,38
<b>RATc%BD</b>	16,06	0,13	70,73	15,27	1,72	3,25
<b>RATc%DL</b>	24,32	1,46	143,38	30,11	2,64	7,44
<b>RATc%DD</b>	23,58	0,29	184,35	35,05	3,12	10,19
<b>RADmREF</b>	7,61	7,61	7,61	0,00		
<b>RADmL</b>	5,62	1,11	10,26	2,39	0,14	-0,90
<b>RADmR</b>	6,16	0,96	12,12	2,46	0,14	-0,56
<b>RADmBD</b>	1,50	0,07	5,95	1,29	1,27	1,89
<b>RADmLFD</b>	2,56	0,02	6,50	1,75	0,36	-0,82
<b>RADmRFD</b>	2,36	0,08	6,65	1,59	0,61	-0,20
<b>RADm%BD</b>	19,70	0,92	78,19	17,00	1,27	1,89
<b>RADm%DL</b>	79,21	0,26	585,59	105,95	2,77	10,01
<b>RADm%DD</b>	65,72	1,06	692,71	107,29	4,33	23,22

Iz tablice 22. vidimo da je referentna vrijednost brzine kontrakcije RATcRef=47,80 dok je prosječna izmjerena vrijednost za lijevu nogu RATcL=44,32, a za desnu nogu RATcR=44,56.

Bilateralni disbalans RATcBD=7,68 što iznosi 16,06 %.

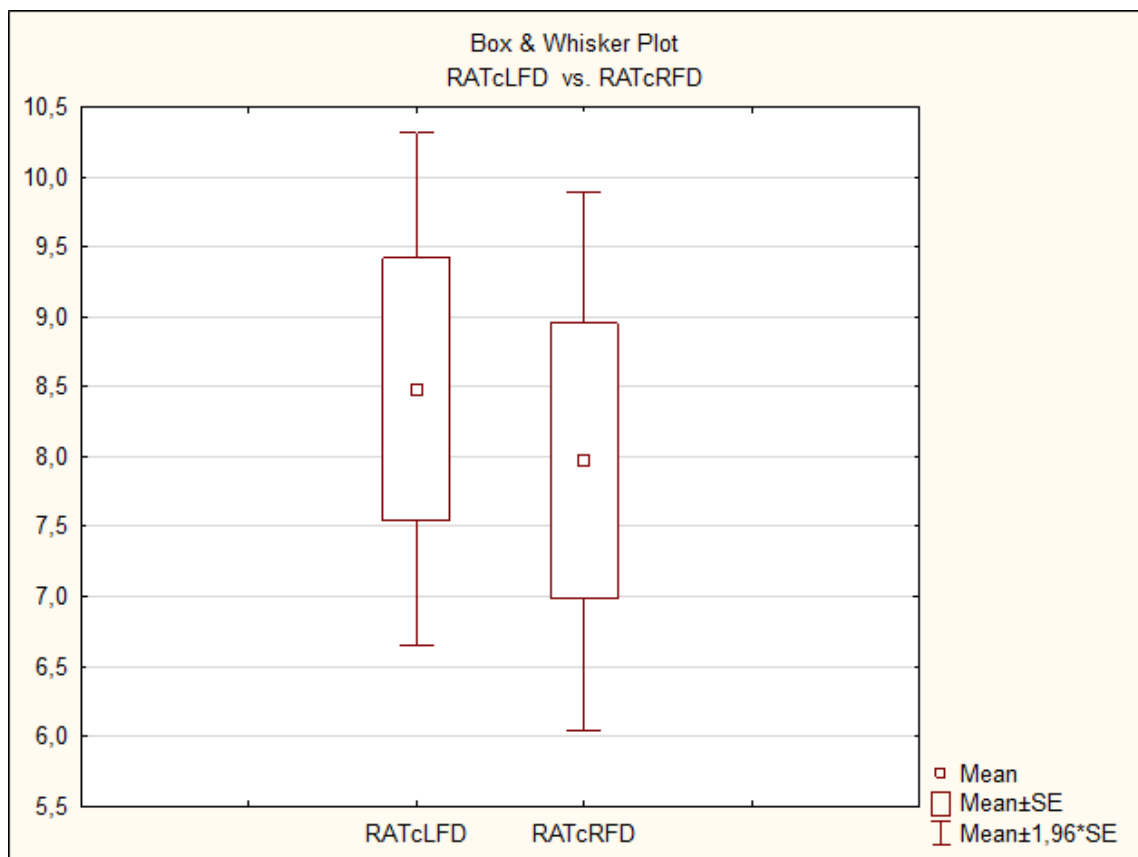
Funkcionalni disbalans lijeve noge RATcLFD=8,48 što iznosi 24,32%, a desne RATcRFD=7,97 što iznosi 23,58%.

Referentna vrijednost maksimalnog pomaka mišića RADmRef=7,61 dok je prosječna izmjerena vrijednost za lijevu nogu RADmL=5,62, a za desnu nogu RADmR=6,16. Bilateralni disbalans RADmBD=1,50 što iznosi 19,70 %.

Funkcionalni disbalans lijeve noge RADmLFD=2,56 što iznosi 79,21%, a desne RADmRFD=2,36 što iznosi 65,72%.

**Tablica 23.** Podaci t-testa za *m. rectus abdominis* (Tc)

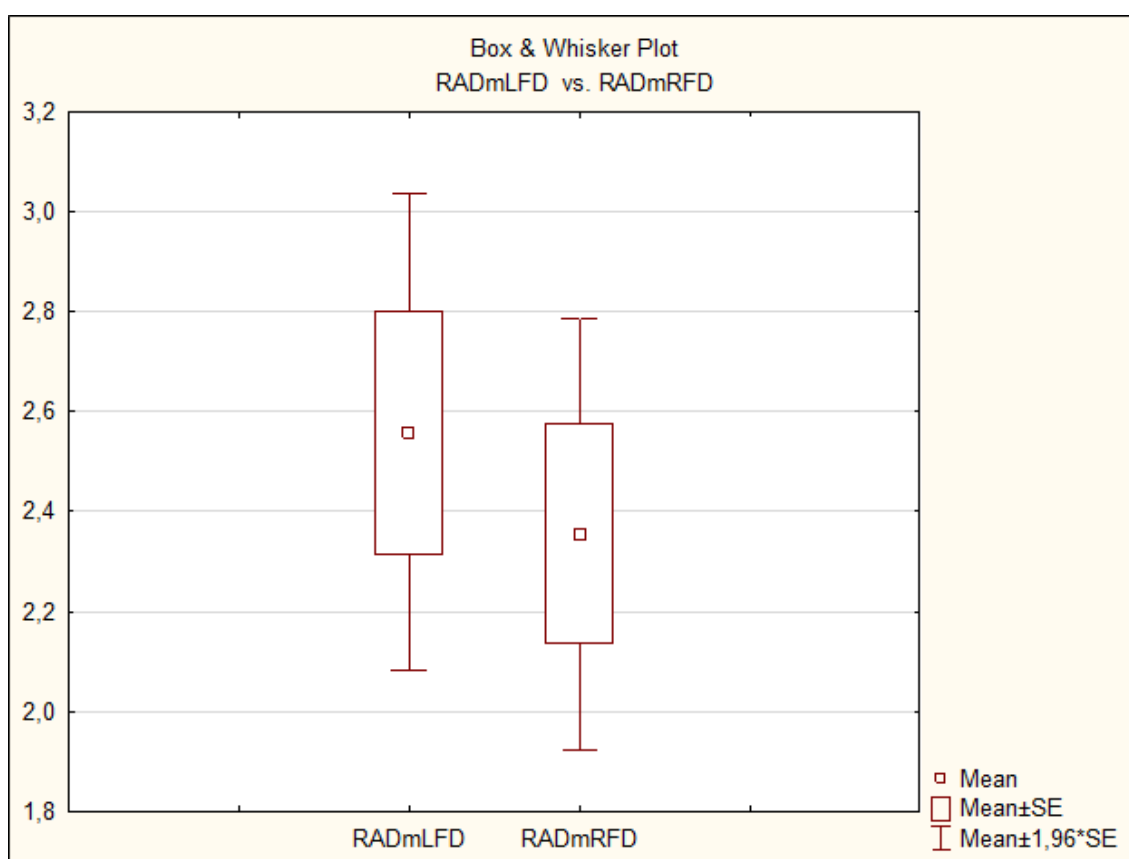
Varijable	AS	AS	t- vrijednost	df	p	Std. Dev.	Std. Dev.	F-ratio	p
RATcLFD D vs. RATcRFD	8,48	7,97	0,38	102,00	0,71	6,76	7,08	1,10	0,74



Iz tablice 23. vidimo kako nema statistički značajne razlike između funkcionalnog disbalansa između lijeve i desne strane  $T_v=0,38$  ,  $p=0,71$ .

**Tablica 24.** Podaci t-testa za *m. rectus abdominis* (Dm)

Varijable	AS	AS	t-vrijednost	df	p	Std. Dev.	Std. Dev.	F-ratio	p
<b>RADmLFD vs. RADmRFD</b>	2,56	2,36	0,62	102,00	0,54	1,75	1,59	1,22	0,48



Iz tablice 24. vidimo kako nema statistički značajne razlike između funkcionalnog disbalansa između lijeve i desne strane  $T_v=0,62$  ,  $p=0,54$ .

Koristeći se tenziomiografijom brojne su studije istraživale neuromuskularne karakteristike donjih ekstremiteta u nogometu, međutim malo je njih koji su TMG vrijednosti mišića usporedili između funkcionalnih disbalansa lijeve i desne strane.

U sljedećoj tablici (Tablica 25.) sumirat ćemo rezultate.

**Tablica 25.** Prikazuje nam dobivene funkcionalne disbalanse iz analiza

<b>Funkcionalni disbalansi (t-test)</b>	
TATc	p=1,00
TADm	p=0,07
RFTc	p=0,50
RFDm	p=0,27
VLTc	p=0,44
VLDm	p=0,91
VMTc	p=0,81
VMDm	p=0,19
RATc	p=0,71
RADm	p=0,51

Provedeno istraživanje pokazuje kako *ne postoji statistički značajan funkcionalni mišićni disbalans prednjeg kinetičkog lanca kod profesionalnih nogometaša uspoređujući lijevu i desnu stranu* iz tog razloga hipoteza se odbija. Rezultati s obzirom kako je postavljena hipoteza su neočekivani, iako promatranjem strukturalne i anatomske analizu nogometne igre oni su ipak objašnjivi.

Strukturalna analiza kazuje kako nogometna igra zahtijeva izvođenje velikog broja različitih aktivnosti i kretnji s loptom i bez lopte tijekom utakmice. Potvrđeno je da se više od 95% kretnji izvodi bez lopte i da se tek 2% ukupne distance prijeđe s loptom (Marković i Bradić, 2008).

Aktivnosti kretanja igrača s loptom su: udarci po lopti, vođenja lopte, primanja lopte, oduzimanja lopte, driblinzi i fintiranja. Udarci po lopti koriste se za dodavanje lopte suigraču i za udarac po голу, glavom ili nogom. Vođenja lopte mogu biti sredinom hrpta stopala, unutrašnjim dijelom stopala, vanjskim dijelom stopala i donjim dijelom stopala („roling“). Prianja lopte koriste se smirivanje i stavljanja pod kontrolom loptu koja nam dolazi od strane suigrača dodavanjem ili presijecanjem lopte nakon pokušaja dodavanja protivničke ekipe. Može se

izvoditi bilo kojim dijelom tijela, nogom, prsima ili glavom. Raznim vrstama oduzimanja lopte igrači u fazi obrane pokušavaju doći do posjeda lopte, kako bi iz faze obrane prešli u fazu napada. Driblinzima napadač izbacuje iz ravnoteže protivnika promjenom pravca kretanja lopte. U igri postoje jednostruki, dvostruki i višestruki driblinzi. Fintiranjima nogometaš u fazi napada izbacuje protivnika iz ravnoteže „lažnim“ pokretima tijela, a da se lopta u tom trenutku ne dodiruje. Najčešće prethode driblinzima, ali moguće ih je koristiti i u drugim segmentima igre: kod primanja lopte, promjene mjesta, oduzimanja i stvaranja slobodnog prostora suigraču. Najčešće vrste fintiranja su: lažni udarac, finta tijelom i finte povlačenjem noge ispred, iza i iznad lopte (Jerković, 1991).

U radu Markovića i Bradića (2008), kazano je kako igrač ima 40 - 50 kontakata s loptom (20 driblinga i 30 dodavanja lopte) po utakmici. Možemo reći kako se ovakve unilateralne kretne strukture u velikoj mjeri izvode se dominantnom nogom koje mogu rezultirati funkcionalnim disbalansom. Međutim, s obzirom na dobivene rezultate može se zaključiti kako su navedene unilateralne kretne strukture zanemarive s obzirom da ostatak vremena igrač provodi bez lopte.

Marković i Bradić (2008) kazuju kako je igrač tijekom igre 95% vremena bez lopte. Takva aktivnost ne spada pod unilateralnu strukturu kretanja. U takve strukture kretanja ubraja se: osnovno kretanje nogometaša, start, startna brzina, osnovna brzina, promjene pravca i promjene brzine kretanja nogometaša, odrazi, skokovi i doskoci nogometaša te dueli i padovi (prizemljenja) nogometaša. Start i startna brzina omogućuje nogometašu prijelaz iz mirovanja ili relativnog mirovanja u maksimalnu brzinu kretanja u što kraćem vremenskom i prostornom intervalu. Promjene pravca kretanja mogu biti iz trčanja naprijed cik-cak i iz trčanja prema unatrag cik-cak unatrag još zvan branički ples. Promjena pravca kretanja može biti promjenom smjera naprijed-nazad i promjena smjera lijevo-desno.

Kretne strukture igrača bez lopte spadaju u bilateralnu strukturu kretanja. Ovakve kretnje tijekom utakmice izvode se neovisno o dominantnoj strani. Iz tog razloga postoji potreba za analizom trčanja kod nogometaša profesionalaca kako bi se moglo utjecati na ispravljanje kompezatornih kretnji.

Kompezatorne kretnje bi u krajnjem slučaju generirale funkcionalne disbalanse. Iz tog razloga vrlo je bitno da kondicijski trener prilikom povratka nakon ozljede posebnu pozornost obrati na biomehaniku trčanja nogometaša s naglaskom nakon povratka od dugotrajnije ozljede.



Znamo kako su tijekom trčanja aktivni mišići prednje strane kinetičkog lanca koji su bili testirani u ovom radu. Budući da su tijekom trčanja mišići dominantne i nedominantne noge jednako aktivni i da se 95% kretnje u nogometu odvija bez lopte, to objašnjava dobiveni rezultat istraživanja.

Proučavanjem literature i nogometne periodizacije (Gabrijelić 1986, Jerković 1991, Marković 2008, Mihačić i Ujević 2014, Bašić 2015) poznato je kako se mlade nogometaše već od samih početaka uči svladati tehniku izvođenja unilateralnih kretnih struktura s loptom, kako s dominantnom tako i sa nedominantnom nogom. Svladavanje tehnike izvođenja kretnih struktura nedominantnom nogom jedan je od razloga zašto funkcionalni disbalans proučavanog prednjeg kinetičkog lanca ne postoji.

## 7. STRUKTURIRANJE FUNKCIONALNIH TRENINGA

Dobiveni rezultati analize usmjerit će nas kako i na koji način da planiramo i programiramo funkcionalne treninge. Takav oblik treninga možemo ukomponirati u nogometni trening gdje se u suradnji sa glavnim trenerom definira gdje i u kojem dijelu tjedna, dana ili treninga uključiti funkcionalni trening. Međutim, isto tako funkcionalni trening može se izvoditi i van termina samog nogometnog treninga (primjerice ujutro, ako je popodne nogometni trening ili prije samog nogometnog treninga).

Pregledom literature hrvatski izvori pod pojmom „funkcionalni trening“ podrazumijevaju razvoj energetske kapaciteta, dok strani stručnjaci funkcionalni trening vide kroz napredovanje u više segmenata (opća kondicija, efektivnost, sport specifične vježbe, poboljšanja performansi, itd.)

Funkcionalno vježbanje u osnovi ima za cilj pomoći igračima da izvode sportske pokrete učinkovito, lako i bez ozljeda. Vježbe se obično fokusiraju na angažman cijelog tijela, ciljane skupine mišića i uključivanje vježbi svladavanja vlastite težine. Funkcionalni trening važan je za nogometaše jer savršeno nadopunjuje individualne i timske performanse. Neki od pozitivnih utjecaja funkcionalnog treninga su: poboljšava cjelokupno stanje sportaša, vježbe uključuju i stimuliraju više mišićnih skupina što osigurava sigurne i učinkovite rezultate, specifične za sport s ciljem poboljšanja performansi sportaša, može se lako prilagoditi u plan i program treninga i utakmica, itd. (Functional training for soccer players, 2021).

Kada koristimo riječ funkcija tada govorimo kako nešto ima svoju svrhu. Stoga, kada pričamo o terminu treniranje za sport govorimo o svrsishodnom treniranju toga sporta. Ideja funkcionalnog treninga ili funkcionalnih vježbi zapravo potječe iz sportske medicine, što je često slučaj. Mišljenja i vježbe korištene u rehabilitaciji našle su put preko fizikalne terapije i atletskih treninga do teretana. Najčešće razmišljanje jest da vježbe korištene za povratak bavljenja sportu mogu biti jako korisne kako bi održali i unaprijedili zdravlje sportaša (misleći pritom na prevenciju) (Boyle, 2016).

## 7.1. Preventivni program

Iako je analiza pokazala kako nema statistički značajnih funkcionalnih disbalansa, kod mišića TA i VM su skoro uočene statistički značajne funkcionalne razlike. Kod oba mišića to je varijabla Dm, to jest varijabla koja nam opisuje maksimalni pomak trbuha mišića. Iz tog razloga u nastavku će biti opisan preventivni funkcionalnim trening kako bi se preveniralo nastajanje statistički značajnih funkcionalnih disbalansa kod navedenih mišića.

Pokazalo se da se u programima prevencije sportskih ozljeda mora voditi računa o rizičnim faktorima i mehanizmima nastanka ozljeda. Prema Šimek, Jukić i Trošt (2006) usmjerenost preventivnih programa na smanjivanje ozljeda donjih ekstremiteta sastoji se od:

- funkcionalne dijagnostike (u slučaju ovog rada to je TMG)
- primjeni vježbi istezanja
- razvoja propriocepcije i ravnoteže
- razvoja jakosti – trening sa opterećenjem
- kompleksnog neuromuskularnog treninga (trening jakosti, skočnosti, brzine/agilnosti)
- edukacije sportaša o mehanizmima ozljeđivanja te
- preporuka za konstrukciju i provedbu preventivnog treninga

Prilikom planiranja i programiranja preventivnoga treninga potrebno je funkcionalnom dijagnostikom utvrditi zdravstveno stanje sportaša, rizične faktore nastanka ozljede te mehanizme nastanka koji će olakšati izradu programa. Također, bitno je provoditi trening snage stalnim povećanjem opterećenja s ciljem jačanja svih velikih mišićnih skupina kao i trening agilnosti u kojemu nagle promjene smjera kretanja, ubrzanje i zaustavljanje te kombinacija skokova i iznenadnih promjena smjera kretanja karakteriziraju pojedini sport. Kod preventivnog programa potrebno je i osigurati vježbe ravnoteže i propriocepcije sa rekvizitima ili bez njih te osigurati njihovu progresiju opterećenja koja se sastoji od raznih ravnotežnih položaja ruku i nogu, s otvorenim ili zatvorenim očima,

narušavanja ravnotežnog položaja od strane partnera bilo to dobacivanjem lopte, radu u parovima, naskocima i saskocima. Trening brzine kao što su to različiti zadaci trčanja u različitim smjerovima, ubrzanjima i maksimalnim trčanjem, od točke do točke također je bitan kod prevencije ozljeda donjih ekstremiteta. Preventivni trenažni programi trebali bi se provoditi na svakome treningu kao dio uvodno- pripremnoga dijela treninga kada je sportaš odmoran te ima najviše koncentracije, bilo da se radi o individualnome ili ekipnome treningu. Upravo takav način pristupa prevenciji ozljeda pružit će sportašima najviše informacija i ukazati na važnost preventivnih treninga te smanjiti broj ozljeda (Šimek, Jukić, Trošt 2006).

S obzirom na rezultate koji su navedeni u prethodnom poglavlju biti će opisan jedan preventivni trening koji se može izvoditi prije glavnog treninga.

Ovaj tip treninga, zbog njegovog kratkog trajanja (20-25 minuta) i malog volumena opterećenja, moguće je provoditi svaki dan bez obzira da li je za taj dan već planiran neki drugi tip treninga.

<b>Preventivne vježbe</b>	
<b>Mobilnost – Dinamičko istezanje</b>	<p>Valjanje na leđima 30"</p> <p>Dinamičko istezanje stražnje strane kin. lanca podizanjem noge (opružene/pogrčene) u prednoženje ležeći na leđima 30" svaka noga</p> <p>Dinamičko istezanje skupine glutealnih mišića ležeći na leđima 30" svaka noga</p> <p>Dinamičko istezanje prednje strane natkoljenice ležeći na boku sa promjenom noge 30" svaka noga</p> <p>Zasuci u stranu u ležanju na boku, torakalni dio kralježnice 30" svaka strana</p> <p>Podizanje i spuštanje kralježnice (mačka) 2x20"</p> <p>Dinamičko istezanje abdominalnih mišića (zebra) 2x20"</p> <p>Dinamičko istezanje skupine aduktornih mišića u raskoračnom sjedu 30"</p> <p>Dinamičko istezanje stražnje strane kin. lanca dok je koljeno suprotne noge na podu, prsti unutra – van 30" svaka noga</p> <p>Dinamičko istezanje prednje i stražnje strane potkoljenice 30" svaka noga (Slika 8.)</p>
<b>Ravnoteža</b>	<p>Propriocepcija sa otvorenim očima 2x20"</p> <p>Propriocepcija sa zatvorenim očima 2x20"</p> <p>Propriocepcija na balans dasci sa naglaskom na veću aktivaciju (TA) m. Tibialis anterior tako da je centar težišta stopala postavljeno malo unaprijed 2x20"</p> <p>Propriocepcija naskokom na jastučice 2x8</p> <p>Propriocepcija naskokom na jastučice, zatvorene oči 2x8</p>
<b>Snaga</b>	<p>Prednja plank pozicija sa predručenjem 2x20"</p> <p>Bočna plank pozicija uz podizanje noge (abduktori) 2x20" obje strane</p> <p>Stražnja plank pozicija uz podizanje noge 3x20"</p> <p>Povlačenje prsti prema sebi dok je guma napeta te postavljena na prednji dio stopala, noga je opružena u koljenu 2x12 (Slika 9.)</p> <p>Bočna plank pozicija s naglaskom na aktivaciju VM (m. Vastus medialis) (2 varijante) 2x20" (Slika 10. i Slika 11.)</p> <p>Vježbe sa trbušne i leđne mišiće 2 serije</p> <p>Čučanj sa šipkom ili bučicama do 20kg 8x</p> <p>Jednonožni čučanj sa bučicama do 5kg 5x svaka noga</p>



Slika 8. Primjer dinamičkog istezanja prednje i stražnje strane potkoljenice  
(izvor: [www.crossfitinvictus.com](http://www.crossfitinvictus.com), 2021.)



Slika 9. Primjer povlačenja prsti prema sebi dok je guma napeta te postavljena na prednji dio stopala, noga je opružena u koljenu (izvor: [www.duncraigphysio.com](http://www.duncraigphysio.com), 2021.)



*Slika 10. Primjer bočne plank pozicije s naglaskom na aktivaciju m. Vastus medialis, varijanta sa nogom na povišenju (2021.)*



*Slika 11. Primjer bočne plank pozicije s naglaskom na aktivaciju m. Vastus medialis, varijanta sa nogom na podu (2021.)*

## 8. ZAKLJUČAK

Kondicijski trening zahtjeva usklađenost sa tehničko – taktičkim treningom, te je od presudnog značaja da kondicijski trener odlično poznaje nogomet i njegove zahtjeve.

U nogometnoj igri postoje specifične kretnje kojima igrač tijekom igre pristupa određenom nogom, neovisno o dominantnosti. Na temelju provedenog istraživanja na profesionalnim nogometašima možemo zaključiti kako ne postoji funkcionalni mišićni disbalans prednjeg kinetičkog lanca. Isto tako, s obzirom na provedeno istraživanje možemo zaključiti kako su statistički ne značajno opterećena dominantna i nedominantna noga i kako nogometna igra nije dominantno unilateralna aktivnost iako se sastoji od unilateralnih kretnji.

Iako navedeni rezultati istraživanja ukazuju da gledajući veliki broj ispitanika (nogometaša profesionalaca) funkcionalni mišićni disbalans prednjeg kinetičkog lanca ne postoji, moramo biti oprezni i ne generalizirati ovakve rezultate. Bez obzira što ukupni rezultati istraživanja ne ukazuju na postojanje funkcionalnog mišićnog disbalansa prednjeg kinetičkog lanca, on ipak postoji kod pojedinih igrača.

Kondicijska pripremljenost igrača mora biti na visokoj razini ukoliko želi biti siguran od potencijalnih ozljeda te ukoliko želi svladavati sve postavljene izazove bez većih poteškoća. Ukoliko organizam igrača nije spreman na svim razinama kondicijske pripreme, tijelo se nalazi u potencijalnoj opasnosti od ozljeda. Iako su one nezaobilazni dio za svakog profesionalca pa i rekreativca, treningu od samog početka treba preventivno pristupiti i u svakom trenutku sportske pripreme razmišljati o mogućnosti spriječavanja nastanka ozljeda. Također je potrebno adekvatno intervenirati kada se ozljeda dogodi kako bi se nogometaš u što kraćem roku vratio na teren. Smanjenje rizika od ozljeda postiže se specifičnim, programiranim i usmjerenim preventivnim treningom.

Iz toga razloga, zaključujemo da je TMG izrazito koristan alat za praćenje neuromuskularnog statusa tijekom cijele sezone i procjene potencijalno većeg rizika od ozljede mišića za profesionalne igrače. Na temelju dobivenih rezultata mogu se kreirati specifični i individualizirani programi za nogometaše s različitim ciljevima: nadziranje oporavka od ozljede, procijeniti jeli nogometaš spreman za



povratak u natjecanje, poboljšanje sportskih performansi nogometaš, te vrlo bitno preveniranje ozljede.

## 9. LITERATURA

1. Ahmad, C.S. Redler, L., Ciccotti, M., Maffulli, N., Longo, U., Bradley, J. (2013). Evaluation and Management of Hamstring Injuries. *The American J of Sports Med*, 20(10): 1-14.
2. Alvarez-Diaz, P., Alentorn-Geli, E., Ramon, S., Marin, M., Steinbacher, G., Rius, M., Seijas, R., Ballester, J., Cugat, R. (2016). Comparison of tensiomyographic neuromuscular characteristics between muscles of the dominant and non-dominant lower extremity in male soccer players. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 24(7):2259-63.
3. Arnason, A., Andersen, T.E., Holme, I., Engebretsen, L., Bahr, R. (2008). Prevention of hamstring strains in elite soccer: an intervention study. *Scand J Med Sci Sports*, 18(1):40-48.
4. Bašić, D., Barišić, V., Jozak, R., Dizdar, D. (2015). Notacijska analiza nogometnih utakmica. Zagreb: Leonardo Media.
5. Boyle, M. (2016). New functional training for sports. *Human Kinetics*.
6. Cohen, S.; Bradley, J. (2007). Acute proximal hamstring rupture. *J Am Acad Orthop Surg*, 15(6):350-355.
7. Di Salvo, V., Baron, R., Tschan, H., Calderon Montero, F., J., Bach, N., Pigozzi, F. (207). Performance Characteristics According to Playing Position in Elite Soccer. *International Journal of Sports Medicine*, 222-227.
8. Ekstrand, J., Gillquist, J. (1983). Soccer injuries and their mechanisms: a prospective study. *Med Sci Sports Exerc.*, 15:267-270.
9. Ekstrand, J., Hagglund, M., Walden, M. (2011). Epidemiology of muscle injuries in professional football (soccer). *Am J Sports*. 39(6):1226-32.
10. Ekstrand, J., Hägglund, M., Waldén, M. (2011). Injury incidence and injury patterns in professional football: the UEFA injury study. *Br J Sports Med.*, 45:553–558.
11. Foreman, T.K., Addy, T., Baker, S., et al. (2006). Prospective studies into the causation of hamstring injuries in sport: a systematic review. *Phys Ther Sport*; 7 (2): 101-9.

12. Functional training for soccer players. Preuzeto sa: <https://trustmycoach.com/soccer-fitness/functional-training-for-soccer-players/>
13. Gabrijević, M. (1964). Nogomet – teorija igre. Zagreb: Sportska štampa.
14. Gabrijević, M. (1986). Osnove teorije i metodike treninga nogometaša. Zagreb: Fakultet za fizičku kulturu.
15. Gil, S., Loturco, I., Tricoli, V., Ugrinowitsch, C., Kobal, R., Cal Abad, C. C., & Roschel, H. (2015). Tensiomyography parameters and jumping and sprinting performance in Brazilian elite soccer players. *Sports biomechanics*, 14(3), 340-350.)
16. Häggglund, M., Walden, M., Ekstrand J. (2009). Injuries among male and female elite football players. *Scand J Med Sci Sports*, 19 (6): 819–827.
17. Hawkins, RD., Hulse, MA., Wilkinson, C., Hodson, A., Gibson, M., Hoskins, W., Pollard, H., (2005). The management of hamstring injury – part 1: issues in diagnosis. *Man Ther*, 10 (2): 96–107.
18. Janković, S. (2004) Ozljede u nogometu. Zagreb : Medicinska naklada.
19. Jerković, S. (1991). Relacije između situacijsko-motoričkih sposobnosti i elemenata tehnike u nogometu. *Kineziologija* 23, (1-2), 33-40
20. Keros, P. (1992). Temelji anatomije čovjeka. Zagreb: Medicinski fakultet sveučilišta u Zagrebu.
21. Križaj, D., Simunic, B., Zagar, T. (2008). Short-term repeatability of parameters extracted from radial displacement of muscle belly. *J Electromyogr Kinesiol*, 18:645–651
22. López-Segovia, M., Marques, M.C., van den Tillaar, R., González-Badillo, J.J. (2011). Relationships between vertical jump and full squat power outputs with sprint times in U21 soccer players. *Journal of human kinetics*, 30 135-144.
23. Loturco, I., Pereira, LA., Kobal, R., Kitamura, K., Ramirez-Campillo, R., Zanetti, V., Abad, CC., Nakamura, FY. (2016). Muscle Contraction Velocity: A Suitable Approach to Analyze the Functional Adaptations in Elite Soccer Players. *J Sports Sci Med.*, 15(3):483-491.
24. Marković, G., Bradić, A. (2008). Nogomet – integralni kondicijski trening. Zagreb: Kineziološki fakultet.
25. Mihačić, V., Ujević, B. (2014). Kondicija nogometaša. Zagreb.

26. Milanović, D. (2010). Teorija i metodika treninga. Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
27. Milanović, D. (2013). Teorija i metodika treninga. Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
28. Rey, E., Lago-Peñas, C., Lago-Ballesteros, J. (2012). Tensiomyography of selected lower limb muscles in professional soccer players. *J of Electromyogr Kinesiol*, 22(6):866-72.
29. Rey, E., Lago-Peñas, C., Lago-Ballesteros, J., Tensiomyography of selected lower-limb muscles in professional soccer players, *Journal of Electromyography and Kinesiology*, Volume 22, Issue 6, 2012, Pages 866-872.
30. Rusu, L. D., Cosma, G. G., Cernaianu, S. M., Marin, M. N., Rusu, P. A., Ciocănescu, D. P., & Neferu, F. N. (2013). Tensiomyography method used for neuromuscular assessment of muscle training. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*, 10(1), 67.
31. Stolen, T., Chamari, K., Castagna, C., Wisloff, U. (2005). Physiology of soccer: An update. *Sports Medicine*, 35(6), 501-536.
32. Šimek, S., Jukić, I., Trošt, T. (2006). Preventivni trenažni program. U Jukić, I., Milanović, D., Šimek, S. (ur.), *Kondicijska priprema sportaša*, Zbornik radova 4. godišnje međunarodne konferencije, Zagreb, 24.25.02.2006. (str.119-129). Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu; Udruga kondicijskih trenera Hrvatske.
33. Šimunić, B. (2012). Between-day reliability of a method for non-invasive estimation of muscle composition. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 22(4), 527-530.
34. Šimunić, M. (2018). Primjena treninga jakosti i snage u nogometu (Doctoral dissertation, University of Zagreb. Faculty of Kinesiology).
35. Woods, C.; Hawkins, R.D.; Maltby, S.; Hulse, M.; Thomas, A.; Hodson, A. (2004). The Football Association Medical Research Programme: an audit of injuries in professional football—analysis of hamstring injuries. *Br J Sports Med*; 38:36-41.

## 10. POPIS SLIKA

Slika 1. Kritične zone lokomotornog sustava kod nogometaša (Jonath i Krempel, 1987.)

Slika 2. TMG se sastoji od: 1. Električni stimulator, 2. Digitalni senzor pomaka (TMG), 3. Tronožac sa manipulativnom rukom, 4. Mišićne elektrode (izvor: [www.tmg-bodyevolution.com](http://www.tmg-bodyevolution.com), 2013.)

Slika 3. Princip TMG metode: linearni senzor pomaka (a) se podese na opušten mišić (b) čiji se trbuh zadeblja tijekom elektrostimulacije te vertikalno potisne senzor pomaka (c) i izmjeri mehanički odgovor na električnu stimulaciju (Šimunič i sur., 2010.)

Slika 4. Promjena mehaničkog odgovora mišića u odnosu na vrijeme (izvor: [www.freelapusa.com](http://www.freelapusa.com), 2019.)

Slika 5. Primjer izvještaja testiranja oba mišića stražnje strane natkoljenice (BF), kao i jednostavno uspoređivanje lijeve i desne testirane noge sa referentnim vrijednostima (izvor: [www.freelapusa.com](http://www.freelapusa.com), 2019.)

Slika 6. Primjer mjerenja mišića RF (2019.)

Slika 7. Primjer mjerenja mišića RA (izvor: [www.freelapusa.com](http://www.freelapusa.com), 2019.)

Slika 8. Primjer dinamičkog istezanja prednje i stražnje strane potkoljenice (izvor: [www.crossfitinvictus.com](http://www.crossfitinvictus.com), 2021.)

Slika 9. Primjer povlačenja prsti prema sebi dok je guma napeta te postavljena na prednji dio stopala, noga je opružena u koljenu (izvor: [www.duncraigphysio.com](http://www.duncraigphysio.com), 2021.)

Slika 10. i slika 11. Primjer bočne plank pozicije s naglaskom na aktivaciju m. Vastus medialis, varijanta sa nogom na povišenju (vlastiti izvor, 2021.)