

# FUNKCIONALNI DISBALANS STRAŽNJEG KINETIČKOG LANCA KOD PROFESIONALNIH NOGOMETAŠA

---

**Bušljeta, Dino**

**Master's thesis / Specijalistički diplomski stručni**

**2022**

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:117:667235>

*Rights / Prava:* [Attribution 4.0 International](#)/[Imenovanje 4.0 međunarodna](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-14**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Faculty of Kinesiology, University of Zagreb - KIFoREP](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

KINEZIOLOŠKI FAKULTET

Specijalistički diplomski studij / Kondicijska priprema sportaša

**FUNKCIONALNI DISBALANS STRAŽNJEG  
KINETIČKOG LANCA KOD PROFESIONALNIH  
NOGOMETAŠA**

(završni rad)

Student:  
Dino Bušljeta

Mentor:  
doc. dr. sc. Vlatko Vučetić

Zagreb, 2021.

## SADRŽAJ

1. UVOD .....	3
1.1. OSNOVNI POJMOVI .....	5
1.1.1. Mišići .....	5
1.1.2. Mišićno vlakno .....	6
1.1.3. Teorija klizanja filamenata–mišićna kontrakcija.....	7
1.1.4. Tipovi mišićnih vlakana .....	8
2. ANALIZA NOGOMETNE IGRE .....	9
2.1. Strukturalna analiza nogometne igre .....	9
2.2. Fiziološka analiza nogometne igre .....	11
2.3. Anatomska analiza nogometne igre .....	12
3. TENZIOMIOGRAFIJA (TMG) .....	18
4. DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA .....	22
5. PROBLEM ISTRAŽIVANJA .....	26
5.1. Cilj istraživanja .....	26
5.2. Hipoteze istraživanja .....	26
5.3. Uzorak ispitanika .....	26
5.4. Uzorak varijabli .....	27
5.5. Opis eksperimentalnog postupka .....	28
5.6. Statistička analiza podataka.....	30
6. REZULTATI I DISKUSIJA.....	31
7. ZAKLJUČAK.....	34
8. LITERATURA .....	37

## SAŽETAK

Današnji nogomet na profesionalnoj razini zahtijeva od igrača iznimne napore te izvrsnu pripremljenost kako bi mogli pružiti vrhunsku izvedbu iz utakmice u utakmicu, a sportska dijagnostika može nam pomoći u prevenciji ozljeda i optimizaciji treninga. Cilj je ovog istraživanja utvrditi postoji li funkcionalni disbalans mišića stražnjeg kinetičkog lanca kod profesionalnih igrača u nogometu. U istraživanju se koristilo uzorcima 52 zdrava profesionalna nogometaša: seniora HNK-a Rijeka, NK-a Lokomotiva i nogometnog kluba FK Titograd. Prosjek godina iznosi  $22,88 \pm 5,11$  godina, težine  $76,57 \pm 6,31$  kg, a visine  $182,30 \pm 5,81$  cm. Metoda kojom se koristilo u istraživanju jest tenziomiografija, a korišteni parametri tenziomiografije bili su vrijeme kontrakcije ( $Tc$ ) i maksimalni pomak trbuha mišića ( $Dm$ ), a testirani mišići jesu: biceps femoris (BF), erector spinae (ES), gluteus maximus (GT), semitendinosus (ST). Iz dobivenih rezultata možemo zaključiti kako postoji funkcionalni mišićni disbalans stražnjeg kinetičkog lanca kod profesionalnih nogometaša u ovom istraživanju. Smatra se kako je regija stražnjeg kinetičkog lanca kod nogometaša jedna od najpogođenijih ozljedama, što je, u principu, i točno, a ovo istraživanje dokazuje postojanje funkcionalnog mišićnog disbalansa stražnjeg kinetičkog lanca kod profesionalnih nogometaša. Možemo zaključiti kako je potrebno provoditi kvalitetne preventivne programe te kontrolno-dijagnostičke postupke u cilju smanjenja broja i težine ozljeda.

Ključne riječi: mišićni disbalans, mišićne ozljede, tenziomiografija, nogomet.

## SUMMARY

Professional football nowadays requires exceptional effort and excellent physical condition from players to be able to provide top performance from game to game, and sports diagnostics can help us prevent injuries and optimize training routines. The goal of this research is to determine whether there is a functional posterior kinetic chain muscle imbalance associated with professional football players. The study used a sample of 52 healthy professional football players from HNK Rijeka, NK Lokomotiva and FK Titograd. The average age of players was  $22,88 \pm 5,11$  years, weight  $76,57 \pm 6,31$  kg, and height  $182,30 \pm 5,81$  cm. The method used in the study was tensiomyography, and its parameters were time of contraction (Tc) and maximal muscle displacement (Dm). Tested muscles are: biceps femoris (BF), erector spinae (ES), gluteus maximus (GT), semitendinosus (ST). From the obtained results we can conclude that there is functional muscle imbalance of the posterior kinetic chain in professional footballers in this research. The region of the posterior kinetic chain in footballers is considered to be one of the most affected, which is in principle correct, and this research shows that there are functional muscle imbalances in professional football players. We can conclude that it is necessary to implement good prevention programs and control-diagnostic procedures in order to reduce the number and severity of injuries.

Key words: muscle imbalance, muscle injuries, tensiomyography, football.

## 1. UVOD

Nogomet je najpopularniji, najgledaniji i najprofitabilniji sport današnjice te kao takav budi velik interes i zanimanje u svim dijelovima svijeta. Financijska korist i zarade u svijetu nogometa u današnje su vrijeme premašile sva očekivanja i prognoze koje su se mogle i zamisliti u prošlosti. Samim time povećale su se i investicije u svim područjima sporta. Jedno je od tih područja i prevencija, odnosno rehabilitacija ozljeda kod nogometaša. Zahtjevi sporta, a tako i nogometa, mijenjali su se kroz vrijeme te je nogomet po svojim fizičkim zahtjevima danas postao potpuno drugačiji sport nego što je to bio prije, recimo, 20 godina. Broj pretrčanih kilometara, strukture kretanja kroz utakmicu, intenzitet trčanja, duel igra, kalendar natjecanja i učestalost utakmica te brojni drugi parametri idu tomu u prilog. Samim time povećao se i broj različitih ozljeda, broj dana kada klub mora igrati utakmice bez važnih igrača, a povezano s time dolazi i do značajnih financijskih gubitaka.

U istraživanju iz 2009. godine (Fernandez i sur.), koje je obuhvaćalo 16 ekipa iz Španjolske Prve lige te 11 ekipa iz Španjolske Druge lige, autori su došli do zaključka da su tijekom sezone 2008.-2009. u Španjolskoj Prvoj ligi, u okviru 16 ekipa, registrirana 24 360 dana odsustva od nogometnih obaveza, u prosjeku 16,23 % radnih dana. U slučaju Španjolske Druge lige, odnosno u uzorku od 11 ekipa, broj je dana odsustva zbog ozljeda 15 946 dana, što je u prosjeku 15,44 % radnih dana. Do konkretnih brojki, odnosno procjena ekonomske štete koju donose ozljede, autori su došli tako što su pomnožili postotak izostanka s nogometnih obaveza s količinom novca kojom klub raspolaže, odnosno s budžetom koji je predviđen za plaće. Na kraju su došli do zaključka da su na razini Prve i Druge Španjolske lige u sezoni 2008.-2009. ekonomski gubitci, odnosno ekonomska šteta za klubove u iznosu od 188 058 072 mil. €.

Jedna je od najčešćih ozljeda danas ozljeda mišića stražnje strane natkoljenice, koja može biti teža, u vidu potpune rupture mišićnih vlakana i do nekoliko centimetara, te može biti i lakša, poput istegnuća ili parcijalne rupture. Maksimalnom aktivacijom sila koja se razvija najmanja je tijekom skraćivanja, srednja kada je duljina mišića fiksna, a najveća tijekom kontrakcija kada je mišić u produljenom stanju. Tijekom kontrakcija mišića u produljenom stanju, kada je sila velika, mišići mogu biti ozlijeđeni prilikom kontrakcije. Razlozi i faktori koji utječu na ozljeđivanja mišića stražnje strane natkoljenice mogu biti razni; poput loše biomehanike, prevelikog opterećenja na lokomotorni aparat uslijed velikog broja utakmica, mišićnog disbalansa prednje i stražnje strane natkoljenice, mišićnog disbalansa cijelog stražnjeg kinetičkog lanca ili neki drugi.

Pregled istraživanja (Faude i sur., 2013.), koje je obuhvaćalo 21 istraživanje povezano s ozljedama u nogometu kod djece i adolescenata, iznosi zanimljive, ali i zabrinjavajuće podatke. Naime, incidencija ozljeđivanja igrača u treningu u dobi između 13 i 19 godina varira između 1 do 5 ozljeda na 1000 sati treninga. Incidencija ozljeđivanja igrača na utakmicama povećava se paralelno s godinama igrača, i to u prosjeku 15-20 ozljeda na 1000 sati igre u utakmicama kod igrača starijih od 15 godina. Također se ne može zanemariti ni podatak da je 40 % ozljeda urokovano sindromima prenaprezanja, a većina ozljeda (60-90 %) locirana je na donjim ekstremitetima.

Iz navedenih istraživanja možemo zaključiti da postoji potreba za dobrim i kvalitetnim protokolima za prevenciju ozljeda i njihovu dijagnostiku kako bi se broj, učestalost i težina ozljeda smanjio na najmanju moguću razinu. Cilj je ovog rada utvrditi mišićne disbalanse stražnjeg kinetičkog lanca kod profesionalnih nogometaša pomoću tenziomiografije.

## 1.1. OSNOVNI POJMOVI

### 1.1.1. Mišići

Mišići su pokretači ljudskog tijela. Oni, pomoću energije koju dobivamo iz hrane, imaju zadaću da prenose silu na kosti te nam time omogućuju izvođenje pokreta, odnosno kretanje u prostoru. Mišićni sustav sastoji se od više od 600 mišića koji funkcioniraju zajedno kako bi omogućili svim funkcijama u ljudskom tijelu da se odvijaju nesmetano.

Mišićno tkivo proizvodi silu putem interakcije svojih osnovnih kontraktilnih elemenata – miofilamenata, koji su pretežito sastavljeni od proteina. Različite vrste mišića imaju različite funkcije. Sila prilikom kontrakcije, koju mišići mogu proizvesti, može služiti za pokret poput ljudske lokomocije, kretanje tvari kroz tjelesne šupljine, npr. probavni trakt ili kroz krvne žile, ili za kontrakcije, odnosno pumpanje srca (Plowman i Smith, 2011.). Zbog toga možemo zaključiti kako mišići imaju za život vrlo važne funkcije poput: govorenja, žvakanja, disanja, probave itd.

Razlikujemo tri vrste mišića: glatke, srčane i poprečno-prugaste.

Glatki mišići poglavito oblikuju organe i u pojedinom se organu često razlikuju od onih u drugim organima, i to: veličinom, ustrojem mišićnih snopova, reakcijama na pojedine vrste podražaja, načinom podražavanja pa i djelovanjem.

Srčani su mišići oni koji grade srce, a građeni su od poprečno-prugastih, međusobno spojenih mišićnih vlakana koji se stežu cijeloga života i nisu pod utjecajem naše volje već autonomnog živčanog sustava. Uloga je srčanog mišića da potiskuje krv po tijelu.

Poprečno-prugasti mišići, koji sudjeluju pri pokretanju dijelova tijela, odnosno njihova kostura, zovu se još i skeletni mišići. Skeletni mišići pokreću kosti u zglobovima i aktivni su dio pokretačkog sustava, dok su kosti i zglobovi njegov pasivni dio. Skeletne mišiće oblikuju manje ili veće skupine prugastih mišićnih stanica koje zbog njihova oblika nazivamo mišićnim vlaknima (Matković i Ružić, 2009.).



Jedinstvene karakteristike mišića specifično su „dizajnirane“ za njegovu primarnu funkciju: pretvarati električni signal u mehaničku akciju (kontrakcija mišićnih vlakana). Te karakteristike uključuju iritabilnost, kontraktilnost, elastičnost i sposobnost izduživanja mišića. Iritabilnost je sposobnost mišića da primi i reagira na podražaj. Podražaj je najčešće kemijska poruka (od neurotransmitera), a odgovor je generiranje električne struje (akcijski potencijal) uzduž stanične membrane. Kontraktilnost se odnosi na sposobnost mišića da se skрати kao odgovor na podražaj. To skraćivanje proizvodi silu. Mišićno je tkivo jedino tjelesno tkivo koje može proizvesti silu. Elastičnost je sposobnost mišića da se vrati u svoju normalnu dužinu nakon što je došlo do rastezanja. Zadnja je sposobnost mišića da se izduži ili istegne, a to se događa kada je mišić pod utjecajem neke druge sile (Plowman i Smith, 2011.).

### 1.1.2. Mišićno vlakno

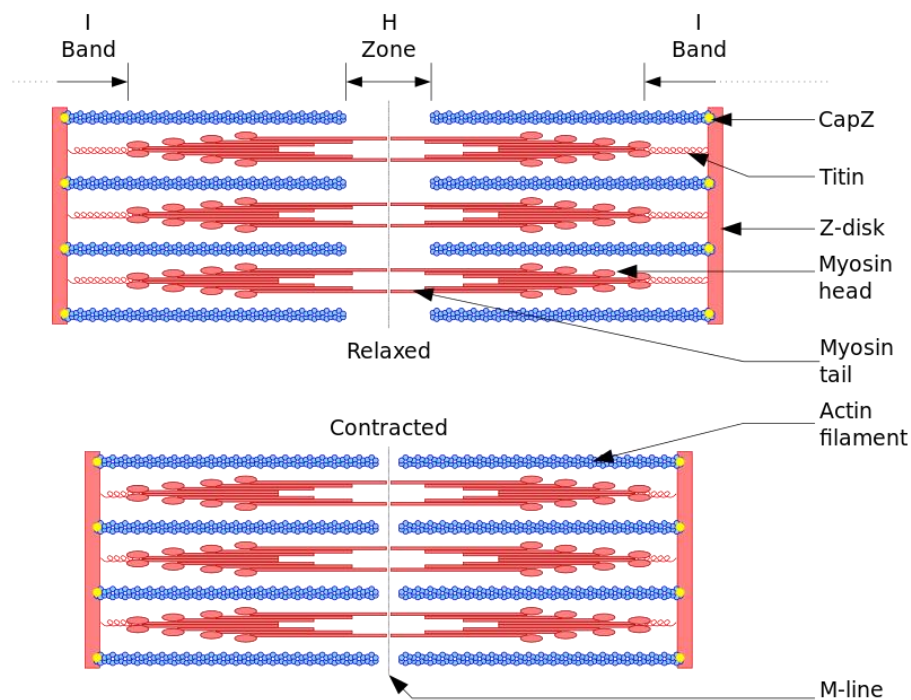
Mišićna vlakna ili, drugim nazivom, mišićne stanice, dugačke su stanice u obliku cilindra veličine 10-100  $\mu\text{m}$  u promjeru i 1-400 mm u dužini (Hunter., 2000.; Marieb i Hoehn., 2007.; Vander i sur., 2001.). Skeletno mišićno vlakno sadrži mnogo jezgri koje su locirane malo ispod stanične membrane. Polarizirana plazma membrane mišićne stanice naziva se sarkolema, čija su svojstva odgovorna za iritabilnost mišića. Sarkoplazma mišićne stanice slična je citoplazmi ostalih stanica, ali ima specifičnu adaptaciju da služi funkcionalnim potrebama mišićnih stanica, to jest povećanim količinama glikogena i proteina koji na sebe vežu kisik – mioglobina. Mišićno vlakno sadrži iste organele koje se mogu naći i u drugim stanicama, ali i neke specijalizirane organele. Jedna od organela specifičnog značaja jest miofibrila. Miofibrile su sastavljene od proteina miofilamenata i odgovorne su za kontraktilna svojstva mišića. Miofilamenti su kontraktilni proteini (debeli i tanki) i čine većinu proteina u mišiću. Miofibrile su tipično smještene paralelno na dugačku os mišićne stanice i protežu se cijelom dužinom stanice. Miofibrile čine otprilike 80 % volumena mišićnog vlakna (Plowman i Smith, 2011.).

### 1.1.3. Teorija klizanja filamenata – mišićna kontrakcija

Teorija klizanja filamenata mišićne kontrakcije rabi se da bi se opisalo kako mišićna kontrakcija generira silu. Ova teorija dobro i pouzdano opisuje produkciju sile tijekom koncentrične kontrakcije. Međutim, postoje neke nedoumice u kojem opsegu, odnosno koliko točno teorija klizanja filamenata adekvatno objašnjava generiranje sile tijekom ekscentrične kontrakcije.

Osnovni su principi ove teorije:

1. Sila kontrakcije generirana je procesom u kojem filamenti aktina „kližu“ preko filamenata miozina.
2. Dužina debelih i tankih niti filamenata ne mijenja se tijekom mišićne kontrakcije.
3. Dužina sarkomere skraćuje se kako filamenti aktina „kližu“ preko filamenata miozina i povlače Z diskove prema središtu sarkomere.



Slika 1. Teorija klizanja filamenata (David Richfield. Wiki Journal of Medicine 1)

### 1.1.4. Tipovi mišićnih vlakana

Relativni udio različitih vrsta vlakana nevjerojatno varira među vrstama, a kod ljudi pokazuje značajnu varijabilnost među pojedincima (Schiaffino i Reggiani, 2011.). Svaka osoba ima specifičnu raspodjelu tipova mišićnih vlakana od koje su joj građeni mišići na tijelu i od toga zavisi kako će koja osoba reagirati na podražaje različitim trenažnim sadržajima ili aktivnostima. Upravo zbog toga neke osobe mogu trčati duže, odnosno izdržljivije su od nekih drugih, dok u drugom slučaju, npr., neke osobe lakše mogu izgraditi veću mišićnu masu od drugih. U principu, ljudi imaju 3 različita tipa mišićnih vlakana.

	Tip I	Tip II A	Tip II B
Brzina kontrakcije	spora	umjereno brza	vrlo brza
Veličina motoričkog neurona	mala	srednja	vrlo velika
Otpornost na umor	velika	prilično velika	niska
Vrsta aktivnosti pogodna za tip	aerobna	dugotrajna anaerobna	kratkotrajna anaerobna
Maksimalna dužina aktivnosti	višesatna	< 30 minuta	< 1 minute
Produkcija sile	mala	srednja	vrlo velika
Mitohondrijska gustoća	visoka	visoka	niska
Kapilarna gustoća	visoka	srednja	niska
Oksidativni kapacitet	visoki	visoki	niski
Glikolitički kapacitet	mali	visoki	visoki
"Pogonski spojevi"	trigliceridi	CPh, glikogen	CPh, glikogen

Tablica 1. Tablica karakteristika tipova mišićnih vlakana

Za Tip I (spora vlakna) karakteristično je sporo vrijeme kontrakcije i visoka otpornost na umor. Strukturalno ona imaju mali motorički neuron, visoku mitohondrijsku i kapilarnu gustoću i visok sadržaj mioglobina. Energetski imaju nizak sadržaj kreatin fosfata (CP), nizak sadržaj glikogena i bogate zalihe triglicerida. Sadrže nekoliko enzima koji su uključeni u glikolizu, ali sadrže mnoge enzime koji sudjeluju u oksidacijskim procesima (Krebsov ciklus, transport lanaca elektrona). Funkcionalno, vlaknima tipa I koristi se za aerobne aktivnosti koje zahtijevaju nisku razinu proizvodnje sila, kao što su hodanje i održavanje posture. Većina svakodnevnih aktivnosti koristi se vlaknima tipa I (J. R. Karp, 2001.).

Tip II (brza vlakna) karakterizira brzo vrijeme kontrakcije i niska otpornost na umor. Mišićna vlakna tipa II dijele se na vlakna tipa II A i II B. Vlakna tipa II A imaju umjerenu otpornost na umor i predstavljaju prijelaz između dviju krajnosti tipa I i vlakna tipa II B. Strukturalno, vlakna tipa II A imaju veliki motorički neuron, veliku mitohondrijsku gustoću, srednje su kapilarne gustoće i imaju srednje veliku količinu udjela mioglobina. Ona su bogata kreatinfosfatom (CP) i glikogenom i imaju srednju razinu zaliha triglicerida. Oboje imaju visoku glikolitičku i oksidativnu aktivnost enzima. Funkcionalno, njima se koristi za produžene anaerobne aktivnosti s relativno visokom proizvodnjom sile, poput dužeg trčanja visokim intenzitetom i nošenja teških predmeta. S druge strane, vlakna tipa II B vrlo su osjetljiva na umor i služe za kratke anaerobne aktivnosti gdje je proizvodnja sile jako velika, kao što su maksimalni sprint, skokovi i dizanje vrlo teškog predmeta. Vlakna tipa II B kontrahiraju se otprilike 10 puta brže od vlakana tipa I. Ova vlakna također su sposobna proizvesti veću snagu od vlakana tipa I. Poput vlakana tipa II A, tipa II B vlakna imaju veliki motorički neuron, ali nisku gustoću mitohondrija i kapilara te nizak sadržaj mioglobina. Ona također imaju visok udio kreatinfosfata (CP) i glikogena, ali nisku razinu zaliha triglicerida. Sadrže mnogo glikolitičkih enzima, ali malo oksidativnih enzima (J. R. Karp, 2001.).

Uz ove glavne podjele tipova mišićnih vlakana postoje još i hibridne forme ovih tipova vlakana koje se sastoje od kombinacija sporih i brzih miozinskih izoformi.

Postoji velika varijabilnost u postotku tipova mišićnih vlakna kod ljudi. Sportaši iz sportova izdržljivosti imaju veći udjel vlakna tipa I, odnosno sporih mišićnih vlakna, dok sprinteri imaju veći udjel vlakna tipa II, odnosno brzih mišićnih vlakna. Upravo su te razlike potaknule rasprave između ljudi s pitanjem je li mišićna struktura genetski uvjetovana ili je izgrađena kroz neku vrstu rada s osobom. Istraživanje koje su proveli Simoneau i Bouchard 1995. pokazalo je kako je 40 % fenotipske varijante pod utjecajem okolinskih faktora, dok je 45 % objašnjeno nasljednim faktorima, a 15 % pripada komponenti pogreške pri uzimanju uzorka.

## 2. ANALIZA NOGOMETNE IGRE

Uzimajući u obzir sve aspekte nogometa direktno ili faktora povezanih s nogometom, možemo reći kako je nogomet već dugo vremena najpopularniji sport današnjice. To potvrđuje broj publike na stadionima, broj gledatelja ispred TV ekrana, astronomski iznosi transfera igrača, nagradni fondovi natjecanja, cijene ulaznica, količina kupljenih dresova i suvenira te mnoge druge činjenice koje nogomet svrstavaju u sami vrh sporta. Njegova popularnost seže jako daleko i u sve krajeve svijeta, odnosno igra se u svakoj zemlji svijeta, na različitim razinama i u različitim rangovima natjecanja. Kondicijska priprema usko je povezana s nogometom i neizostavan je segment pripreme igrača za treninge, utakmice i natjecanja. Kako bismo unaprijedili nogomet i kondicijsku pripremu u nogometu, a samim time i lakše analizirali etiologiju nastanka ozljeda te kako bismo kreirali bolje preventivne i rehabilitacijske programe, važno je napraviti i razumjeti analizu nogometne igre.

### 2.1. Strukturalna analiza nogometne igre

Nogomet možemo opisati kao momčadski sport u kojem igra 11 igrača na svakoj od dvije strane. To je aktivnost acikličkog intervalnog karaktera u kojoj se izvede veliki broj nepredvidivih aktivnosti sa i bez lopte, različita intenziteta i različita trajanja. Tako, primjerice, tijekom jedne nogometne utakmice vrhunski nogometaši oba spola u prosjeku izvedu 1200 do 1400 različitih promjena aktivnosti (uglavnom kratkotrajnih), mijenjajući ih svakih 4-6 sekundi (Marković i Bradić, 2008.). Većina aktivnosti tijekom nogometne utakmice događa se na razini niskog ili vrlo visokog, odnosno maksimalnog intenziteta. Te brze i eksplozivne kretnje, poput driblinga, duela ili utrčavanja u prazan prostor u maksimalnom sprintu, kretnje su koje čine razliku u nogometnoj utakmici te ekipa koja radi više takvih uspješnih kretnji ima veće šanse pobijediti u utakmici.

Igrači uglavnom moraju trčati umjerenom brzinom ili sprintati svakih 30 s, ali napraviti maksimalni sprint samo jednom u 90 s. Iako su profili rada (aktivnosti za vrijeme utakmice)

relativno dosljedni za igrače od utakmice do utakmice, upravo je izvođenje aktivnosti visokog intenziteta ono najstabilnije obilježje (Bangsbo, 1994.).

U današnjem nogometu igrači pretrče otprilike 10-13 km na jednoj utakmici, a zbog veličine terena, broja igrača i pravila igre, većina je tih pretrčanih kilometara bez lopte, dok igrači u prosjeku provedu samo 2 % vremena tijekom utakmice s loptom. Po najnovijim istraživanjima iz elitnog nogometa vrhunski nogometaš u prosjeku u igri provede stojeći 15 % vremena, hodajući 43 %, oko 30 % vremena trčkara (jogging; 7-14 km/h), oko 8 % vremena trči umjerenom brzinom (15-19 km/h), oko 3 % vremena trči velikom brzinom (20-25 km/h), te samo oko 1 % sprinta maksimalnom brzinom. Tijekom utakmice vrhunski nogometaš u prosjeku napravi oko 30-35 sprinteva, pri čemu svaki sprint prosječno traje oko 2 sekunde. Najčešća je udaljenost koju nogometaš prevaljuje u pojedinom sprintu 10-15 m. Pored sprinta igrač na utakmici izvede prosječno 15-20 duela s protivnikom, oko 10 skokova i udaraca glavom, oko 40-50 kontakata s loptom te oko 20 driblinga i 30 dodavanja lopte. Ono što posebno iznenađuje jest činjenica da nogometaš u igri prosječno napravi između 600 i 800 različitih okreta, od toga njih preko 80 % okreti su za manje od 90° (Marković i Bradić, 2008.).

Vrlo je važan segment u strukturalnoj analizi nogometne igre i pozicija igrača unutar momčadi, između kojih se razlikuje broj i količina određenih kretnji tijekom utakmice. Tako, npr., u istraživanju Altavilla i sur. iz 2017., koje je obuhvaćalo 20 profesionalnih talijanskih nogometaša koji su praćeni kroz 10 prijateljskih utakmica u predsezoni, za vrijeme sezone možemo zaključiti kako različite pozicije imaju različite profile aktivnosti tijekom nogometne utakmice. Naime, uzimajući u obzir rezultate izmjerene tijekom sezone, centralni obrambeni igrači pretrče u prosjeku 9 510,8 metara, bočni igrači 10 735,2 metara, centralni vezni igrači 10 586,6 metara, ofenzivni vezni igrači 10 294,2 metara, a napadači 8 656,8 metara. Broj visoko intenzivnih kretnji, odnosno ubrzanja također varira; centralni obrambeni igrači imaju 117 takvih kretnji, bočni igrači 127, srednji vezni 116, ofenzivni vezni 123 te napadači 107. Zanimljiv je i podatak o pređenoj udaljenosti pri visokim brzinama (u ovom je radu to > 20 km/h); za centralne je obrambene igrače to 865,5 metara, za bočne 578,8 metara, za centralne vezne igrače 893,5 metara, za ofenzivne vezne 846,8 metara, a za napadače 338,8 metara. Zaključak ovog rada isti je kao što sam i prije spomenuo, kako je važno kreirati trenažne programe u skladu sa zahtjevima koji se stavljaju pred igrača ovisno o njegovoj poziciji u momčadi.

## 2.2. Fiziološka analiza nogometne igre

Moderan nogomet u današnje je vrijeme fizički vrlo naporan i zahtijeva od igrača vrlo dobru fizičku pripremljenost kako bi mogli odgovoriti na zahtjeve igre te uspješno izvoditi sve tehničko-taktičke segmenete za uspješan ishod utakmice. Za nogomet je karakteristično da je to aktivnost diskontinuiranog opterećenja visokog intenziteta koje se događa nepredvidljivo i konstantno tijekom cijele utakmice. To znači da je bitna zastupljenost aerobnog i anaerobnog treninga. Nogomet uključuje brze promjene smjera i kratke brze pokrete, što znači da je trening agilnosti također važan. Nogometaši moraju biti jaki i snažni kako bi se uspješno nosili s duelima i uspijevali zaustavljati protivničke igrače te moraju biti eksplozivni zbog brojnih skokova i sprinteva za vrijeme utakmice. Snaga i jakost također su važni u cilju sprječavanja nastanka ozljeda. Trening fleksibilnosti također je važan za zagrijavanje prije ulaska u glavni dio treninga te kako bi se povećao opseg pokreta. Sve te sposobnosti, bitne za uspjeh, u nogometu kontroliraju i reguliraju složeni tjelesni procesi.

Zbog trajanja utakmice nogomet uglavnom ovisi o aerobnom metabolizmu. Prosječni intenzitet rada, mjereno kao postotak maksimalnog broja otkucaja srca (HR<sub>max</sub>), tijekom 90-minutne nogometne utakmice blizu je anaerobnog praga (najveći intenzitet napora gdje je proizvodnja i uklanjanje laktata jednaka; obično između 80-90 % HR<sub>max</sub> u nogometaša). Fiziološki nije moguće zadržati veći prosječni intenzitet tijekom duljeg vremenskog razdoblja zbog nakupljanja laktata u krvi. Tijekom nogometne utakmice igrači se nalaze u brojnim situacijama, odnosno aktivnosti za vrijeme utakmice takve su da nije moguće izbjeći pojavu nakupljanja laktata. Stoga su igračima potrebna razdoblja aktivnosti niskog intenziteta kako bi „odstranili“ laktate iz mišića. Aktivnosti maksimalnog intenziteta, koje traju između 45 i 60 sekundi, mogu povećati koncentraciju laktata u krvi kod sportaša čak na 20 mmol/l. Ovisno o periodu igre u kojem se mjere laktati kod igrača, vrijednosti za vrijeme nogometne utakmice kreću se između 2 i 10 mmol/l.

Uspostavljanje odnosa između frekvencije srca (HR) i VO<sub>2</sub> tijekom igre omogućuje indirektno mjerenje VO<sub>2</sub> tijekom nogometnih utakmica. Uspostavljanje odnosa između HR i VO<sub>2</sub> (odnos HR-VO<sub>2</sub>) kod svakog igrača može točno odražavati potrošnju energije u kontinuiranom režimu vježbanja. Međutim, neki autori dovode u pitanje odnos HR-VO<sub>2</sub> u



diskontinuiranom, odnosno intervalnom načinu vježbanja. Statičke kontrakcije, vježbe koje aktiviraju male mišićne skupine i psihički i toplinski stres, povisit će HR na određenom VO<sub>2</sub>; tj. promijenit će liniju HR-VO<sub>2</sub>. Međutim, u nogometu, u dinamičnom radu gdje su aktivirane velike mišićne skupine, moglo bi se očekivati da linija HR-VO<sub>2</sub> bude dobra procjena potrošnje energije (Stolen i sur., 2005.). Bangso je u svojim istraživanjima dokazao da je HR-VO<sub>2</sub> linija validna u diskontinuiranom, odnosno intervalnom načinu vježbanja, uspoređujući diskontinuirani, odnosno intervalni i kontinuirani način vježbanja u laboratorijskom testu na pokretnoj traci.

Energetske sustave u vježbanju, odnosno u nogometu možemo podijeliti na one koji vrše proizvodnju energije uz prisutstvo kisika i one bez prisutstva kisika. Ta proizvodnja energije potrebna je da bi mišići mogli izvršiti neki rad, a ta se energija dobiva razgradnjom kemijskih tvari. Prvi je način dobivanja energije od pohranjenog ATP-a i CP-a u mišiću. To je energetske sustav koji osigurava brzo dobivanje energije za vrlo kratke i intenzivne aktivnosti u trajanju do otprilike 15 sekundi. Razgradnjom ATP-a na ADP s enzimom ATP-azom dobiva se energija. Drugi način podrazumijeva anaerobnu razgradnju ugljikohidrata u citoplazmi stanice do pirogrogđane kiseline (anaerobna glikoliza). Ta anaerobna razgradnja glukoze ima za nusprodukt mliječnu kiselinu, tj. laktate. Anaerobni metabolizam dominantno osigurava energiju za obavljanje rada između 1-2 minute. Unutar anaerobne komponente osiguravanja energije za rad, što opterećenje, odnosno obavljanje rada traje duže, to je veći udio, odnosno veća je relativna važnost laktatnog sustava u odnosu na fosfageni. Prva dva načina opisuju anaerobne energetske sustave, dok je treći onaj aerobni, odnosno oksidativni, koji postaje dominantan nakon druge minute vježbanja i, kako vrijeme odmiče, ima sve veću važnost. Taj aerobni način funkcionira na principu obnove ATP-a u mitohondrijima uz prisutstvo kisika, a aerobno se razgrađuju pohranjeni ugljikohidrati i masti. Taj je način dobivanja energije dominantan kod aktivnosti nižeg intenziteta i dužeg trajanja.

### 2.3. Anatomska analiza nogometne igre

Kada govorimo o anatomskej analizi nogometne igre, ne možemo samo staviti fokus na mišiće donjih ekstremiteta, premda oni imaju najveću ulogu u realizaciji nogometnih aktivnosti i izvršavanju zadaća na terenu. Vrlo su bitan faktor u nogometnoj igri, npr., mišići gornjih ekstremiteta i mišići trupa koji imaju veliku važnost u promjeni smjera kretanja i duelima s protivničkim igračima. Zbog mnogih različitih vrsta kretnji s loptom ili bez lopte, različiti mišići cijelog tijela mijenjaju svoju ulogu tijekom igre, bilo kao agonisti, antagonisti ili sinergisti. Tako mišići trupa (m. rectus abdominis, vanjski i unutarnji bočni mišići) imaju zadaću fleksije, laterofleksije i rotacije trupa. Mišići leđa, među kojima je najvažniji m. erector spinae, koji se proteže od sakruma do glave, ima zadaću ekstenzije, laterofleksije i rotacije trupa i vrata. Jedni su od važnijih mišića u nogometu mišići gluteusa (minimus, medius i maximus) koji vrše abdukciju i lateralnu rotaciju zgloba kuka te možda i najvažniju funkciju, a to je ekstenzija kuka. Velik se broj mišića važnih za nogomet nalazi na natkoljenici, na prednjem i stražnjem dijelu. Tako m. psoas i m. iliacus vrše fleksiju kuka. Mišići kvadricepsa (m. rectus femoris, m. vastus medialis, m. vastus lateralis i m. vastus intermedius) snažni su ekstenzori koljenog zgloba, dok m. rectus femoris također vrši fleksiju u zglobu kuka. Aduktori su skupina od pet mišića koji vrše adukciju natkoljenice; neki mišići djeluju i kao rotatori i slabi fleksori natkoljenice. Oni dovode abducirani donji ekstremitet natrag u neutralan položaj, npr. pri bočnom trčanju, a pokret se nastavlja kada se jedna noga križa s drugom, pri udaranju lopte unutrašnjim dijelom stopala. Mišići stražnje strane natkoljenice (m. biceps femoris, m. semimembranosus i m. semitendinosus) fleksori su koljenog zgloba i ekstenzori zgloba kuka. Na potkoljenici ima mnogo važnih mišića koji imaju različite uloge u nogometu, a jedni su od važnijih m. tibialis anterior i posterior, m. extensor digitorum longus, m. extensor hallucis, m. gastrocnemius medialis i lateralis, m. soleus te peronealni mišići. Svi ovi mišići imaju svoju ulogu kod različitih nogometnih kretnji koje se događaju tijekom nogometne utakmice ili treninga, poput onih najčešćih, a to su trčanje, udaranje lopte nogom, glavom ili nekim drugim dijelom tijela, skokovi, doskoci i mnoge druge kretnje.

### 3. TENZIOMIOGRAFIJA

Tenziomiografija, ili skraćeno TMG, znanstveno je validirana metoda funkcionalnog testiranja mišića koja je potvrđena na više od 50 nezavisnih istraživanja i 190 znanstvenih objava. Ovom metodom možemo dobiti konkretne informacije o kontraktilnim svojstvima odabranih mišića na vrlo lak i neinvazivan način. Metodom tenziomiografije možemo precizno i u kratkom vremenu izmjeriti više od 50 površinskih mišića na ljudskom tijelu pomoću elektrostimulacije mišića te odmah dobiti izvještaj i analizu rezultata u digitalnom obliku.

Ova metoda služi nam kao sredstvo u kontrolnoj dijagnostici, selekciji sportaša i prevenciji ozljeda. Važno je napomenuti da ova neinvazivna metoda ne procjenjuje voljnu, nego elektrostimuliranu (izazvanu) kontrakciju, te se stoga može rabiti za procjenu disbalansa između različitih mišićnih skupina tijekom provođenja trenažnih, ali i rehabilitacijskih protokola (Rusu i sur., 2013.). Analizom rezultata testiranja TMG-om dobivamo informacije o funkcionalnim karakteristikama mišića, lokalnom zamoru mišića, atrofiji, inhibiciji mišića, tonusu i spastičnosti mišića. Također, dobivamo i informacije o bilateralnoj asimetriji te asimetrijama između agonističkih i antagonističkih mišića koje smo izmjerili.

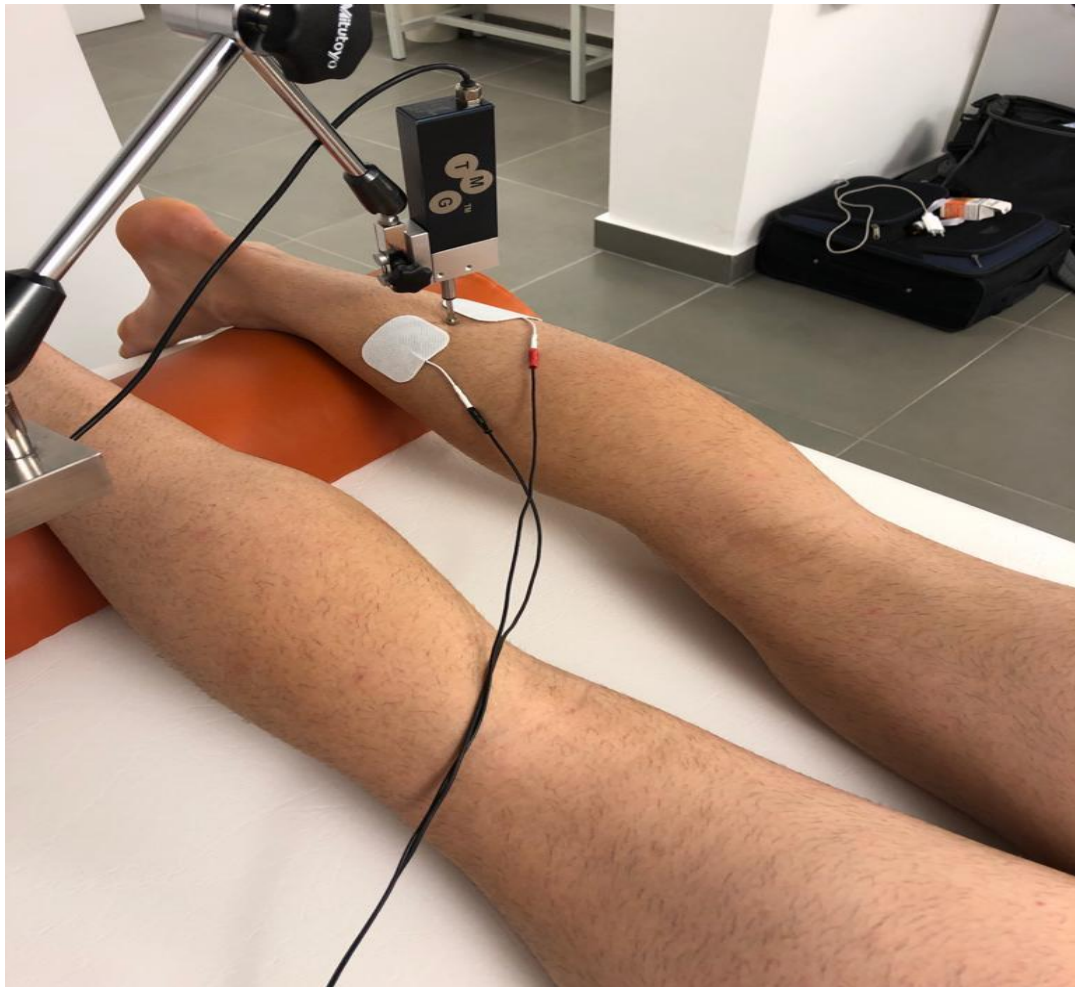
Zbog svoje široke primjenjivosti, neinvazivnosti, brzine provedbe mjernog postupka i analize rezultata, osim u sportu, tenziomiografija može naći svoje mjesto u raznim granama, poput ortopedije, reumatologije, neurologije, medicine rada ili u različitim istraživačkim projektima.

#### *Postupak mjerenja*

Pacijent se stavlja u ležeći ili sjedeći položaj, pogodan za mjerenje, prema unaprijed određenom protoklu zavisno od mišića koji se mjeri te se odabrani mišić mora nalaziti u opuštenom stanju i neutralnom položaju. Elektrode se stavljaju bipolarno na kožu iznad svake strane trbuha mišića, a senzor postavljamo između elektroda na trbuh mišića i okomito na

točku mjerenja koju mjeritelj vizualno identificira. Osoba mora biti potpuno opuštena te mišići ne smiju biti u kontrakciji.

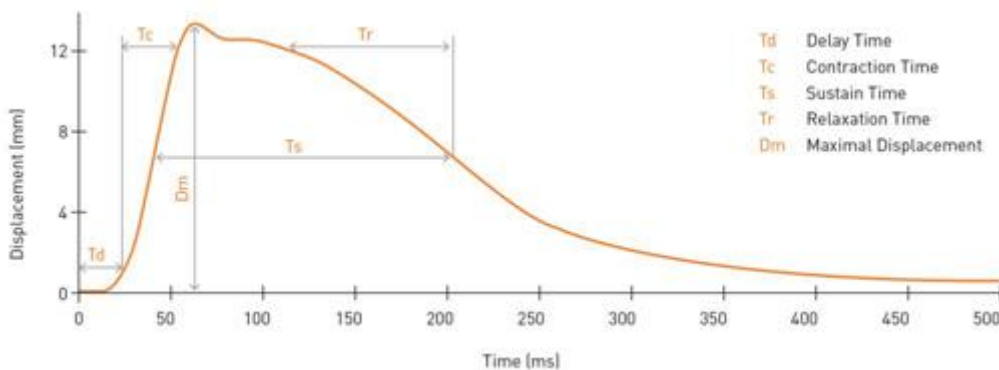
Električna stimulacija sastoji se od jednog električnog podražaja u trajanju od 1 ms. Njegova je amplituda supramaksimalne vrijednosti. Stimulator se napaja iz unutarnjih baterija. Podražaji se ponavljaju tri do pet puta s najmanje 5 s pauze između njih. Mišićni se odgovori pohranjuju i analiziraju pomoću algoritma.



Slika 2. TMG dijagnostika(izvor:privatna arhiva)

Iz analize TMG-om možemo dobiti sljedećih pet parametara:

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



Slika 3. Parametri dobiveni testiranjem tenziomiografijom

Standardna izlazna informacija TMG mjerenja jesu tablice rezultata koje su uključene u izvješće. Rasprava o izmjerenim rezultatima temelji se na usporedbi između izmjerenih podataka o subjektu i bazi podataka o prosjeku odgovora za svaki mišić ili bazi podataka za specifičan sport.

#### 4. DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA

Do danas je povedeno više od 190 istraživanja povezanih sa sportom i rehabilitacijom koja su uključivala metodu tenziomiografije. Istraživači su proučavali različite parametre i utjecaj trenajnih efekata na kontraktilna svojstva mišića. U sljedećim natuknicama spomenut ću radove i napraviti pregled nekih istraživanja povezanih s temom ovog rada:

- Vrijeme kontrakcije odabranih skeletnih mišića izmjereno metodom tenziomiografije kod elitnih nogometaša (Šimunič B.)
- Tenziomiografski pokazatelji izabranih mišića donjih ekstremiteta kod profesionalnih nogometaša (Rey E., Lago-Peñas C., Lago-Ballesteros J.)
- 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.)
- Brzina mišićne kontrakcije: Odgovarajući pristup za analizu funkcionalne adaptacije kod elitnih nogometaša (Loturco I., Pereira L. A., Kobal R., Kitamura K., Ramírez Campillo R., Zanetti V., Abad C. C., Nakamura F. Y.)

Istraživanje Šimuniča (2011.) imalo je za cilj analizirati (u odabranim mišićima) tenziomiografsko vrijeme kontrakcije u različitim aspektima: (1) trendove razvojne prilagodljivosti slovenskih nogometnih reprezentacija, (2) usporedbu između različito kvalitetnih nogometnih ekipa, (3) prilagodljivost tijekom jednog makrociklusa u elitnoj nogometnoj momčadi. Mjerenja su izvedena u skladu sa sva tri cilja studije. Za prvi cilj izmjerili su sedam muških nogometnih reprezentacija Slovenije (U-13, U-15, U-16, U-17, U-18, U-21, seniori) s najmanje 18, a maksimalno 26 igrača po reprezentaciji. Za drugi cilj koji su imali, izmjerili su dvije elitne momčadi iz Slovenije, jednu elitnu momčad iz Španjolske i pet elitnih momčadi iz Italije s minimalno 21 i najviše 30 igrača po momčadi. Za treći cilj izmjerili su jednu elitnu talijansku momčad od 22 igrača u četiri navrata tijekom jedne sezone.

Ukupno je izmjereno 408 nogometaša (u dobi od 12 do 38 godina). Sva mjerenja izvršena su u vremenskom razdoblju od 2007. do 2010. Tenziomiografska mjerenja provedena su najmanje 24 sata nakon vježbanja visokog intenziteta kako bi se izbjegao umor mišića. Izmjereni mišići bili su: vastus lateralis (VL), vastus medialis (VM), rectus femoris (RF), biceps femoris (BF), semitendinosus (ST), gastrocnemius lateralis (GL), gastrocnemius medialis (GM), tibialis anterior (TA), erector spinae (ES) i adductor longus (AL). Sudionici su se odmarali u ležećem položaju i maksimalna amplituda električne stimulacije (pravokutni monofazni impuls, širina 1 milisekunda) rabljena je za izazivanje maksimalnog mišićnog odgovora trzanja koja je izmjerena pomoću senzora pomaka (TMG). Iz krivulje vremena pomaka trzanja kao odgovor izračunato je vrijeme kontrakcije (vrijeme između 10 % i 90 % maksimalnog pomicanja, Valenčić i Knez, 1997.). Na kraju su došli do sljedećih rezultata: prvo, trendovi kontrakcije kod djece jako ovise o njihovoj dobi i postaju sve duži u RF-u, BF-u i VM-u; drugo, postoje značajne razlike između timova ovisno o njihovoj kvaliteti, odnosno razini elitnosti, uglavnom u RF-u, BF-u, GL-u, TA-u i AL-u; treće, tijekom jednog makrociklusa skeletni se mišići prilagođavaju specifičnostima nogometnih pokreta, gdje je najviše promjena očito u ST-u, TA-u i GL-u.

Rey i sur. (2012.) proveli su istraživanje s ciljem da analiziraju razlike u odgovoru mišića i mehaničkim karakteristikama dva glavna mišića (rectus femoris i biceps femoris) donjih ekstremiteta u velikoj skupini španjolskih nogometaša prema igračkoj poziciji, te su odredili grupne norme prema kojima se mogu usporediti klinički nalazi. Podaci su prikupljeni od 78 profesionalnih nogometaša (dob  $26,6 \pm 4,4$  godina; visina:  $179,2 \pm 5,3$  cm; tjelesna masa:  $75,8 \pm 5,3$  kg). Tenziomiografijom je izmjeren rectus femoris (RF) i biceps femoris (BF) nakon 2 dana bez sudjelovanja u bilo kojem naporom vježbanju ili treningu. Analizirano je pet tenziomiografskih parametara: maksimalni pomak mišića (Dm), vrijeme kontrakcije (Tc), vrijeme trajanja kontrakcije (Ts), vrijeme odgode (Td) i vrijeme relaksacije (Tr). Uočena je velika korelacija ICC-a (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. Nisu primijećene značajne razlike između igrača bilo koje pozicije u apsolutnim vrijednostima BF-a. Međutim, uočene su značajne razlike za Tc, Tr i Ts između različitih pozicija igranja na RF-u ( $P < 0,05$  effect size po Cohnu kretao se od 1,3 do 1,6). U ovom je istraživanju zaključeno da postoje neke razlike između izmjerenih parametara i pozicija igrača u nogometnoj ekipi. Stoga je zadaća kondicijskih trenera, medicinskog i stručnog osoblja da

pokušaju dobiti efikasne, validne i pouzdane indikatore neuromuskularnog profila koji su specifični za nogomet. Specifičnost je jako bitna, pogotovo za timske sportove kao što je nogomet, te bi programi treninga morali biti kreirani zavisno od pozicije u ekipi i karakteristika igrača.

U istraživanju Rusu i sur. (2013.), u studiju su bile uključene dvije grupe nogometaša. Svaka grupa brojala je 15 igrača, prosječne dobi 16 godina ( $\pm 0,4$  mjeseca), težine 52 kg, visine 170 cm, bmi-18, juniorskog uzrasta. Postojale su dvije grupe, Grupa 1 – eksperimentalna grupa i Grupa 2 – kontrolna grupa. Svaka je grupa stavljena u određenu od dvije situacije treniranja mišića: kombinacija izometrično-koncentrične kontrakcije za 1. grupu i koncentrične kontrakcije za 2. grupu. Parametri koji su procijenjeni kroz TMG testiranje bili su vrijeme kontrakcije ( $T_c$ ) i maksimalni pomak mišića ( $D_m$ ) mišića rectus femoris (RF) i uspoređivane su vrijednosti predtesta ( $T_1$ ) i post testa ( $T_2$ ). Motorički testovi primijenjeni za potvrdu neuromuskularnih rezultata TMG-a bili su skok u dalj iz mjesta, ponavljajući skokovi po duplim stepenicama na nogometnom stadionu i udarac lopte dominantnom i nedominantnom nogom. Rezultati su istraživanja sljedeći: smanjenje  $T_c$ -a i povećanje  $D_m$ -a pokazuje dobar odgovor nakon treninga mišića. Za 1. grupu napredak kod  $T_c$ -a iznosi 22,54 ms / 22,45 ms ( $T_1$  /  $T_2$ ) za desni RF i 22,65 ms / 23 22,26 ms za lijevi RF, dok za 2. grupu rezultira napretkom  $T_c$ -a od 24,33 ms / 28,57 ms ( $T_1$  /  $T_2$ ) za desni RF i 25,74 ms / 28,61 ms za lijevi RF.  $D_m$  za 1. grupu rezultira 6,57 mm / 6,85 mm ( $T_1$  /  $T_2$ ) za desni RF i 6,92 mm / 7,06 mm za lijevi RF, dok za 2. grupu napredak  $D_m$ -a pokazuje 7,45 mm / 5,83 mm ( $T_1$  /  $T$ ) za desni RF i 7,41 mm / 6,26 mm za lijevi RF. Također, evaluacija motornog testa pokazala je bolje rezultate na post testu ( $T_2$ ) za eksperimentalnu skupinu. Analizirajući 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 je istraživanja kako ova metoda (TMG – tenziomiografija) ima svoju primjenu u kontroliranju i praćenju trenažnog opterećenja te u kreiranju regeneracijskih i rehabilitacijskih programa.



Istraživanje Loturca i sur. (2016.) obuhvaćalo je dvadeset i dva muška brazilska elitna nogometaša (dob:  $23,8 \pm 4,2$  godina, visina:  $1,77 \pm 0,07$  cm, tjelesna masa:  $76,2 \pm 8,0$  kg) iz istog profesionalnog nogometnog tima. Ovo je bilo istraživanje s ponovljenim mjerenjima koje je procjenjivalo sposobnosti skoka i sprinta kod elitnih nogometaša, zajedno s kontraktilnim svojstvima mišića putem TMG-a prije i nakon 8-tjednog perioda treninga. Promatrane su dvije mišićne grupe: rectus femoris (RF) i biceps femoris (BF). I prije i poslije testovi su provedeni sljedećim redoslijedom: 1) mjerenje TMG-om 2) squat jump (SJ), counter movement jump (CMJ) i drop jump (DJ); 3) jump squat (JS); 4) linearni sprint od 20 m i 5) change of direction (COD) sprint. Tijekom 8 tjedana treninga sportaši su u prosjeku odradili 8 treninga tjedno, koji su se sastojali od 6 tehničko-taktičkih treninga (trening baziran na igrama) i 2 treninga snage (npr. vertikalni i vodoravni skokovi bez opterećenja). Jednostavnija i lakša krajnja informacija korištenja TMG-a koju možemo dobiti jest i brzina kontrakcije ( $V_c$ ).

Brzina kontrakcije može se izračunati sljedećim putem:  $V_c = D_m / (T_d + T_c)$ . Ovaj je indeks praktičan i koristan način za procjenu mehaničke funkcionalnosti mišića. Dobiveni rezultati pokazali su da je brzina kontrakcije ( $V_c$ ) u ovom istraživanju iznosila: pred test  $V_c = 0.10 \pm 0.03 \text{ mm} \times \text{ms}^{-1}$ , dok su rezultati post testa iznosili  $V_c = 0.16 \pm 0.06 \text{ mm} \times \text{ms}^{-1}$ . Rezultati govore da je ovakav trenažni program, proveden u svrhu ovog istraživanja, pokazao pozitivne efekte u smislu povećanja brzine kontrakcije mišića.

## 5. PROBLEM ISTRAŽIVANJA

### 5.1. Cilj istraživanja

Cilj je istraživanja utvrditi postojanje funkcionalnog mišićnog disbalansa stražnjeg kinetičkog lanca kod profesionalnih nogometaša.

### 5.2. Hipoteze istraživanja

H1: Postoji statistički značajan funkcionalni mišićni disbalans stražnjeg kinetičkog lanca kod profesionalnih nogometaša.

### 5.3. Uzorak ispitanika

Uzorak ispitanika predstavlja 52 profesionalna nogometaša najvišeg ranga natjecanja nacionalnih saveza. U ispitivanju su sudjelovali zdravi nogometaši nogometnog kluba Rijeka, člana Prve hrvatske nogometne lige, nogometaši nogometnog kluba Lokomotiva, člana Prve hrvatske nogometne lige te nogometaši nogometnog kluba Titograd, člana Prve crnogorske nogometne lige. Svakom ispitaniku koji je sudjelovao u mjerenjima bila je objašnjena studija, postupak mjerenja te je bio upoznat sa svrhom i ciljevima mjerenja te mjernim protokolom, a svaki je ispitanik pristupio mjerenju dobrovoljno.

### 5.4. Uzorak varijabli

*Morfološke karakteristike:*

- dob.
- visina.
- težina.

Varijable tenziomiografije:

BFTCREF	Referentna vrijednost vremena kontrakcije mišića
BFTCL	Izmjerena vrijednost vremena kontrakcije mišića na lijevoj nozi
BFTCR	Izmjerena vrijednost vremena kontrakcije mišića na desnoj nozi
BFTCBD	Bilateralni disbalans mišića u odnosu na vrijeme kontrakcije
BFTCLFD	Funkcionalni disbalans mišića na lijevoj nozi u odnosu na vrijeme kontrakcije
BFTCRFD	Funkcionalni disbalans mišića na desnoj nozi u odnosu na vrijeme kontrakcije
BFTC%DB	Bilateralni disbalans mišića izražen u postotku u odnosu na vrijeme kontrakcije
BFTC%DL	Disbalans na lijevoj nozi izražen u postotku u odnosu na vrijeme kontrakcije
BFTC%DD	Disbalans na desnoj nozi izražen u postotku u odnosu na vrijeme kontrakcije
BFDMREF	Referentna vrijednost maksimalnog pomaka mišića
BFDML	Izmjerena vrijednost maksimalnog pomaka mišića na lijevoj nozi
BFDMR	Izmjerena vrijednost maksimalnog pomaka mišića na desnoj nozi
BFDMBD	Bilateralni disbalans mišića u odnosu na maksimalni pomak mišića
BFDMLFD	Funkcionalni disbalans mišića na lijevoj nozi u odnosu na maksimalni pomak mišića
BFDMRFD	Funkcionalni disbalans mišića na desnoj nozi u odnosu na maksimalni pomak mišića
BFDM%DB	Bilateralni disbalans mišića izražen u postotku u odnosu na maksimalni pomak mišića
BFDM%DL	Disbalans na lijevoj nozi izražen u postotku u odnosu na maksimalni pomak mišića
BFDM%DD	Disbalans na desnoj nozi izražen u postotku u odnosu na maksimalni pomak mišića

Tablica 2. Varijable tenziomiografije za mišić – biceps femoris

ESTCREF	Referentna vrijednost vremena kontrakcije mišića
ESTCL	Izmjerena vrijednost vremena kontrakcije mišića na lijevoj nozi
ESTCR	Izmjerena vrijednost vremena kontrakcije mišića na desnoj nozi
ESTCBD	Bilateralni disbalans mišića u odnosu na vrijeme kontrakcije
ESTCLFD	Funkcionalni disbalans mišića na lijevoj nozi u odnosu na vrijeme kontrakcije
ESTCRFD	Funkcionalni disbalans mišića na desnoj nozi u odnosu na vrijeme kontrakcije
ESTC%DB	Bilateralni disbalans mišića izražen u postotku u odnosu na vrijeme kontrakcije
ESTC%DL	Disbalans na lijevoj nozi izražen u postotku u odnosu na vrijeme kontrakcije
ESTC%DD	Disbalans na desnoj nozi izražen u postotku u odnosu na vrijeme kontrakcije
ESDMREF	Referentna vrijednost maksimalnog pomaka mišića
ESDML	Izmjerena vrijednost maksimalnog pomaka mišića na lijevoj nozi
ESDMR	Izmjerena vrijednost maksimalnog pomaka mišića na desnoj nozi
ESDMBD	Bilateralni disbalans mišića u odnosu na maksimalni pomak mišića
ESDMLFD	Funkcionalni disbalans mišića na lijevoj nozi u odnosu na maksimalni pomak mišića
ESDMRFD	Funkcionalni disbalans mišića na desnoj nozi u odnosu na maksimalni pomak mišića
ESDM%DB	Bilateralni disbalans mišića izražen u postotku u odnosu na maksimalni pomak mišića
ESDM%DL	Disbalans na lijevoj nozi izražen u postotku u odnosu na maksimalni pomak mišića
ESDM%DD	Disbalans na desnoj nozi izražen u postotku u odnosu na maksimalni pomak mišića

Tablica 3. Varijable tenziomiografije za mišić – erector spinae

GTTCREF	Referentna vrijednost vremena kontrakcije mišića
GTTCL	Izmjerena vrijednost vremena kontrakcije mišića na lijevoj nozi
GTTCR	Izmjerena vrijednost vremena kontrakcije mišića na desnoj nozi
GTTCBD	Bilateralni disbalans mišića u odnosu na vrijeme kontrakcije
GTTCLFD	Funkcionalni disbalans mišića na lijevoj nozi u odnosu na vrijeme kontrakcije
GTTCRFD	Funkcionalni disbalans mišića na desnoj nozi u odnosu na vrijeme kontrakcije
GTTC%DB	Bilateralni disbalans mišića izražen u postotku u odnosu na vrijeme kontrakcije
GTTC%DL	Disbalans na lijevoj nozi izražen u postotku u odnosu na vrijeme kontrakcije
GTTC%DD	Disbalans na desnoj nozi izražen u postotku u odnosu na vrijeme kontrakcije
GTDMPREF	Referentna vrijednost maksimalnog pomaka mišića
GTDML	Izmjerena vrijednost maksimalnog pomaka mišića na lijevoj nozi
GTDMPR	Izmjerena vrijednost maksimalnog pomaka mišića na desnoj nozi
GTDMPBD	Bilateralni disbalans mišića u odnosu na maksimalni pomak mišića
GTDMLFD	Funkcionalni disbalans mišića na lijevoj nozi u odnosu na maksimalni pomak mišića
GTDMPRFD	Funkcionalni disbalans mišića na desnoj nozi u odnosu na maksimalni pomak mišića
GTDMP%DB	Bilateralni disbalans mišića izražen u postotku u odnosu na maksimalni pomak mišića
GTDMP%DL	Disbalans na lijevoj nozi izražen u postotku u odnosu na maksimalni pomak mišića
GTDMP%DD	Disbalans na desnoj nozi izražen u postotku u odnosu na maksimalni pomak mišića

Tablica 4. Varijable tenziomiografije za mišić – gluteus maximus

STTCREF	Referentna vrijednost vremena kontrakcije mišića
STTCL	Izmjerena vrijednost vremena kontrakcije mišića na lijevoj nozi
STTCR	Izmjerena vrijednost vremena kontrakcije mišića na desnoj nozi
STTCBD	Bilateralni disbalans mišića u odnosu na vrijeme kontrakcije
STTCLFD	Funkcionalni disbalans mišića na lijevoj nozi u odnosu na vrijeme kontrakcije
STTCRFD	Funkcionalni disbalans mišića na desnoj nozi u odnosu na vrijeme kontrakcije
STTC%DB	Bilateralni disbalans mišića izražen u postotku u odnosu na vrijeme kontrakcije
STTC%DL	Disbalans na lijevoj nozi izražen u postotku u odnosu na vrijeme kontrakcije
STTC%DD	Disbalans na desnoj nozi izražen u postotku u odnosu na vrijeme kontrakcije
STDMPREF	Referentna vrijednost maksimalnog pomaka mišića
STDML	Izmjerena vrijednost maksimalnog pomaka mišića na lijevoj nozi
STDMPR	Izmjerena vrijednost maksimalnog pomaka mišića na desnoj nozi
STDMPBD	Bilateralni disbalans mišića u odnosu na maksimalni pomak mišića
STDMLFD	Funkcionalni disbalans mišića na lijevoj nozi u odnosu na maksimalni pomak mišića
STDMPRFD	Funkcionalni disbalans mišića na desnoj nozi u odnosu na maksimalni pomak mišića
STDM%DB	Bilateralni disbalans mišića izražen u postotku u odnosu na maksimalni pomak mišića
STDM%DL	Disbalans na lijevoj nozi izražen u postotku u odnosu na maksimalni pomak mišića
STDM%DD	Disbalans na desnoj nozi izražen u postotku u odnosu na maksimalni pomak mišića

Tablica 5. Varijable tenziomiografije za mišić – semitendinosus

*Izmjereni mišići:*

- m. semitendinosus (ST).
- m. biceps femoris (BF).
- m. gluteus maximus (GT).
- m. erector spinae (ES).

## 5.5. Opis eksperimentalnog postupka

Mjerenja su provedena u siječnju 2019. godine u zimskoj pauzi klubova. Svi su ispitanici pristupili mjerenju u početnom tjednu zimskih priprema prvog tjedna treninga. Dan prije provedbe testiranja igrači su imali slobodan dan kako bi mišićni i živčani sustav bio odmoran i spreman na podražaje testiranja. Testiranje igrača provedeno je u više grupa radi lakše organizacije posla. Subjekt na kojem se izvodilo testiranje bio je u unaprijed definiranom položaju. Zglobovi se stavljaju u prirodni fiziološki položaj – flektirani od 5-30 stupnjeva. Obje elektrode postavljene su na izolirani trbuh mišića; pozitivna elektroda (anoda) postavlja se proksimalno, a negativna elektroda (katoda) distalno. Površine su elektroda samoljepljive. Mjerni senzor pritisnut je na kožu iznad trbuha mišića, radijalno na površinu. Pozicioniranje senzora utvrđuje se voljnom ili električno stimuliranom kontrakcijom mišića uz palpaciju.

## 5.6. Statistička analiza podataka

Funkcionalni disbalans izračunali smo kao odstupanje izmjerene vrijednosti od referentne vrijednosti svakog pojedinog mišića. Deskriptivnom statistikom dobili smo podatke o aritmetičkoj sredini (*AS*), standardnoj devijaciji (*Std*), minimalnoj (*Min*) i maksimalnoj vrijednosti (*Max*), koeficijent asimetričnosti, koeficijent spljoštenosti za 52 nogometaša. T-testom utvrdili smo postoji li statistički značajna razlika između lijeve i desne strane. Pogreška prve vrste postavljena je na  $\alpha = 5\%$ . Svi su rezultati izračunati korištenjem softvera Statistica 13.0.

## 6. REZULTATI I DISKUSIJA

U Tablici 6. vidimo da prosjek godina iznosi  $22,88 \pm 5,11$  godina, težine  $76,57 \pm 6,31$  kg, a visine  $182,30 \pm 5,81$  cm. Minimalna je dob igrača 16 godina, a maksimalna 36 godina, minimalna je visina igrača 168 centimetara, a maksimalna 193 centimetra, minimalna je težina igrača 60 kilograma, a maksimalna 87 kilograma.

VARIJABLE	AS	SD	MIN	MAX
DOB	<b>22,88</b>	<b>5,11</b>	<b>16</b>	<b>36</b>
VISINA	<b>76,57</b>	<b>6,31</b>	<b>168</b>	<b>193</b>
MASA	<b>182,30</b>	<b>5,81</b>	<b>60</b>	<b>87</b>

Tablica 6. Parametri deskriptivne statistike: (*AS* – aritmetička sredina, *SD* – standardna devijacija, *MIN* – minimalni rezultati, *MAX* – maksimalni rezultati)

Funkcionalni disbalans pojava je adaptacije mišića kao odgovor na aktivnost mišića u detaljnim kretnim strukturama, uključujući nejednake vrijednosti jakosti ili fleksibilnosti antagonističkih mišićnih skupina, najčešće primjetno kod sportaša iz različitih sportova, od nogometa do bejzbola (Page i sur., 2010.). Smatra se kako se odstupanja  $\leq 10$  % mogu objasniti biološkom razlikom, odnosno disbalansom, što nije zabrinjavajuće. Odstupanja  $\leq 20$  % mogu biti uzrokovana specifičnim strukturama i podražajima određenog sporta, ali treba se obratiti posebna pažnja na njih kako ne bi doveli do ozljeda igrača. Takvu razinu disbalansa treba pratiti te korektivnim i preventivskim treningom dovesti na zadovoljavajuću razinu. Sva odstupanja koja su veća od 30 % zabrinjavajuća su te možemo govoriti o potrebi za hitnom intervencijom određenim trenažnim programom zbog mogućnosti ozljede.

U tablici 7. prikazani su deskriptivni pokazatelji dobiveni mjerenjem m.-a biceps femoris

Var.	N	Mean	Min	Max	Std.Dev	Skewness	Kurtosis
BFTcREF	52	25.80	25.80	25.80	0.0000		
BFTcL	52	33.28	11.88	67.88	14.01	0.79	-0.13
BFTcR	52	32.34	15.37	71.99	13.58	1.05	0.60
BFTcBD	52	9.04	0.47	49.67	10.89	1.93	3.60
BFTcLFD	52	11.77	0.51	42.08	10.59	1.41	1.07
BFTcRFD	52	10.78	0.14	46.19	10.46	1.67	2.45
BFTc%BD	52	35.06	1.82	192.52	42.22	1.93	3.60
BFTc%DL	52	32.82	1.94	117.17	20.85	1.36	3.84
BFTc%DD	52	29.92	0.54	67.86	18.51	0.41	-1.01
BFDmREF	52	4.99	4.99	4.99	0.0000		
BFDmL	52	5.15	0.82	10.77	2.34	0.34	-0.47
BFDmR	52	4.80	0.89	10.14	1.92	0.64	0.86
BFDmBD	52	1.72	0.01	8.09	1.58	1.90	4.85
BFDmLFD	52	1.89	0.02	5.78	1.35	0.76	0.03
BFDmRFD	52	1.49	0.06	5.15	1.20	1.34	1.47
BFDm%DB	52	34.51	0.20	162.12	31.67	1.90	4.85
BFDm%DL	52	55.44	0.40	508.54	84.38	3.75	16.81
BFDm%DD	52	45.49	1.22	460.67	73.28	4.26	21.37

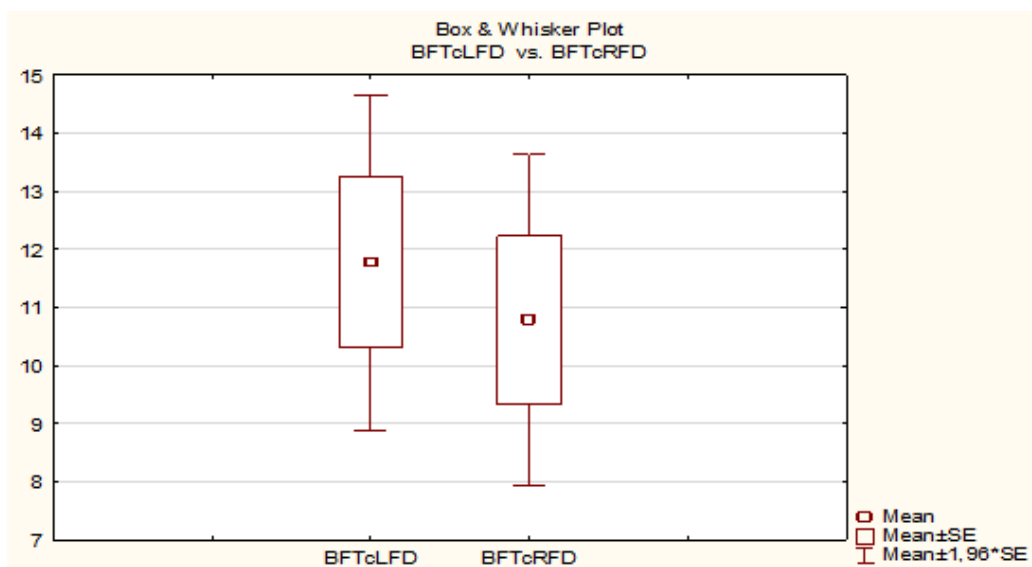
Tablica 7. Deskriptivni pokazatelji za m. biceps femoris

Iz tablice 7. vidimo da je referentna vrijednost brzine kontrakcije BFTcRef=25,80, dok je prosječna izmjerena vrijednost za lijevu nogu BFTcL=33,28 ± 14,01, a za desnu nogu BFTcR=32,34 ± 13,58. Bilateralni je disbalans BFTcBd=9,04 ± 10,89, što iznosi 35,06 %. Funkcionalni je disbalans lijeve noge BFTcLfd=11,77 ± 10,59, što iznosi 32,82 %, a desne BFTcRfd=10,78 ± 10,46, što iznosi 29,92 %.

Referentna je vrijednost maksimalnog pomaka mišića BFDmRef= 4,99, dok je prosječna izmjerena vrijednost za lijevu nogu BFDmL=5,1 ± 2,34, a za desnu nogu BFDmR=4,8 ± 1,92. Bilateralni je disbalans BFDmBd=1,72 ± 1,58, što iznosi 34,51 %. Funkcionalni je disbalans lijeve noge BFDmLfd=1,89 ± 1,35, što iznosi 55,44 %, a desne BFDmRfd=1,49 ± 1,20, što iznosi 45,49 %.

Var.	Mean	Mean	t-value	df	p	Valid N	Valid N	Std.Dev.	Std.Dev.	F-ratio	p
BFTcLFD vs. BFTcRFD	11.77019	10.78577	0.476662	102	0.634623	52	52	10.59333	10.46774	1.024141	0.932454

Tablica 8. Podaci T-testa za m. biceps femoris (Tc)

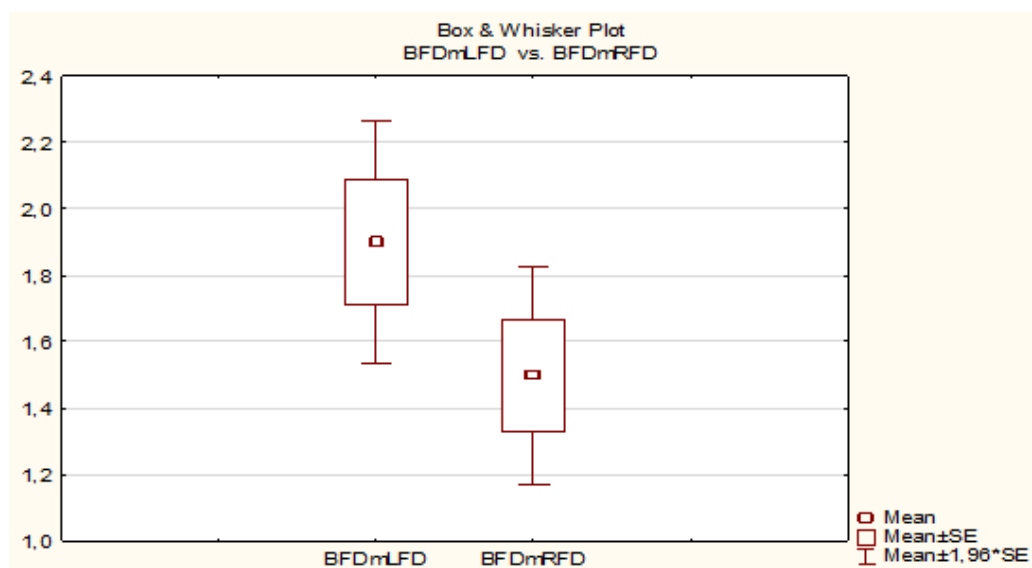


Iz tablice 8. vidimo kako nema statistički značajne razlike između funkcionalnog disbalansa brzine kontrakcije m. biceps femoris lijeve i desne noge. Dobivene rezultate možemo objasniti činjenicom kako u nogometu dominiraju cikličke aktivnosti trčanja u kojem su podjednako opterećene obje strane.  $T_v=0,476$ ,  $p=0,63$ .



Var.	Mean	Mean	t-value	df	P	Valid N	Valid N	Std.Dev.	Std.Dev.	F-ratio	p
BFDmLFD vs. BFDmRFD	1.899808	1.497308	1.603399	102	0.111939	52	52	1.353331	1.202211	1.267205	0.400638

Tablica 9. Podaci T-testa za m. biceps femoris (Dm)



Iz tablice 9. vidimo kako nema statistički značajne razlike između funkcionalnog disbalansa maksimalnog pomaka trbuha mišića biceps femoris lijeve i desne noge. Dobivene rezultate možemo objasniti činjenicom kako u nogometu dominiraju cikličke aktivnosti trčanja u kojem su podjednako opterećene obje strane.  $T_v=1,603$ ,  $p=0,11$ .

U tablici 10. prikazani su deskriptivni pokazatelji dobiveni mjerenjem m.-a erector spinae

Var.	N	Mean	Min	Max	Std.Dev.	Skewness	Kurtosis
ESTcREF	52	18.86	18.86	18.86	0.0000		
ESTcL	52	17.78	11.46	51.05	5.58	4.35	25.00
ESTcR	52	18.16	11.38	29.38	4.19	0.82	0.50
ESTcBD	52	2.61	0.02	21.67	3.67	3.26	13.90
ESTcLFD	52	3.39	0.07	32.19	4.53	5.19	32.74
ESTcRFD	52	3.37	0.15	10.52	2.54	0.93	0.28
ESTc%DB	52	13.86	0.11	114.90	19.50	3.26	13.90
ESTc%DL	52	18.89	0.37	64.57	15.59	1.05	1.01
ESTc%DD	52	19.77	0.79	65.73	15.89	1.06	0.56
ESDmREF	52	5.38	5.38	5.38	0.0000		
ESDmL	52	4.89	1.03	10.37	1.84	0.26	0.45
ESDmR	52	4.97	1.92	8.74	1.63	0.30	-0.46
ESDmBD	52	1.34	0.06	5.78	1.15	1.68	3.51
ESDmLFD	52	1.49	0.04	4.99	1.15	1.05	0.75
ESDmRFD	52	1.38	0.01	3.46	0.93	0.51	-0.65
ESDm%DB	52	24.93	1.12	107.43	21.48	1.68	3.51
ESDm%DL	52	47.82	0.74	422.33	73.95	3.48	14.25
ESDm%DD	52	35.45	0.19	180.21	36.40	1.99	4.63

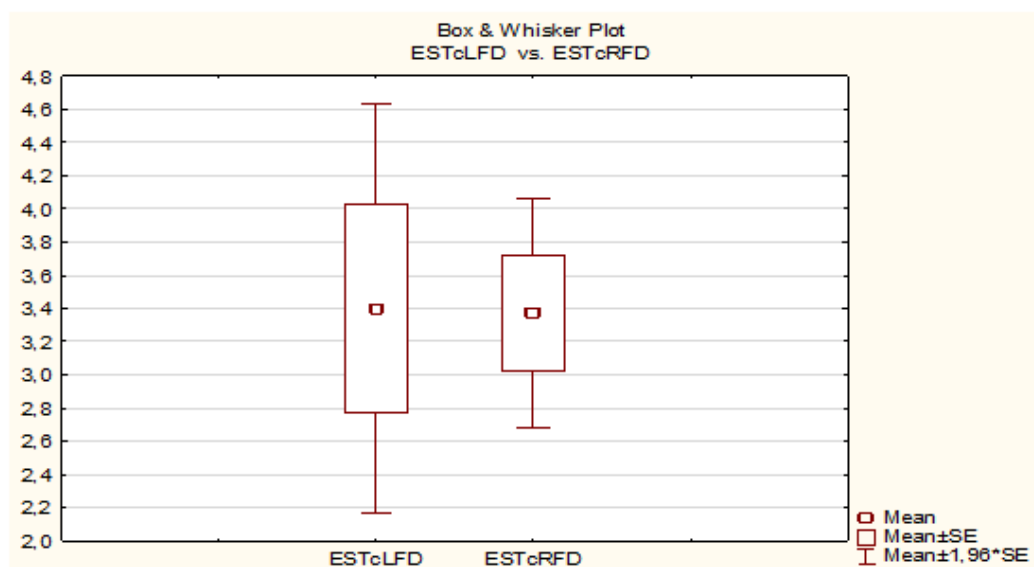
Tablica 10. Deskriptivni pokazatelji za m. erector spinae

Iz tablice 10. vidimo da je referentna vrijednost brzine kontrakcije ESTcRef=18,86, dok je prosječna izmjerena vrijednost za lijevu nogu ESTcL=17,78 ± 5,58, a za desnu nogu ESTcR=18,16 ± 4,19. Bilateralni je disbalans ESTcBd=2,61 ± 3,67, što iznosi 13,86 %. Funkcionalni disbalans lijeve je noge ESTcLfd=3,39 ± 4,53, što iznosi 18,89 %, a desne ESTcRfd=3,37 ± 2,54, što iznosi 19,77 %.

Referentna je vrijednost maksimalnog pomaka mišića ESDmRef= 5,38, dok je prosječna izmjerena vrijednost za lijevu nogu ESDmL=4,89 ± 1,84, a za desnu nogu ESDmR=4,97 ± 1,63. Bilateralni je disbalans ESDmBd=1,34 ± 1,15, što iznosi 24,93 %. Funkcionalni disbalans lijeve je noge ESDmLfd=1,49 ± 1,15, što iznosi 47,82 %, a desne ESDmRfd=1,38 ± 0,93, što iznosi 35,45 %.

Var.	Mean	Mean	t-value	df	P	Valid N	Valid N	Std.Dev.	Std.Dev.	F-ratio	p
ESTcLFD vs. ESTcRFD	3.396154	3.372115	0.033321	102	0.973484	52	52	4.536123	2.547021	3.171792	0.000064

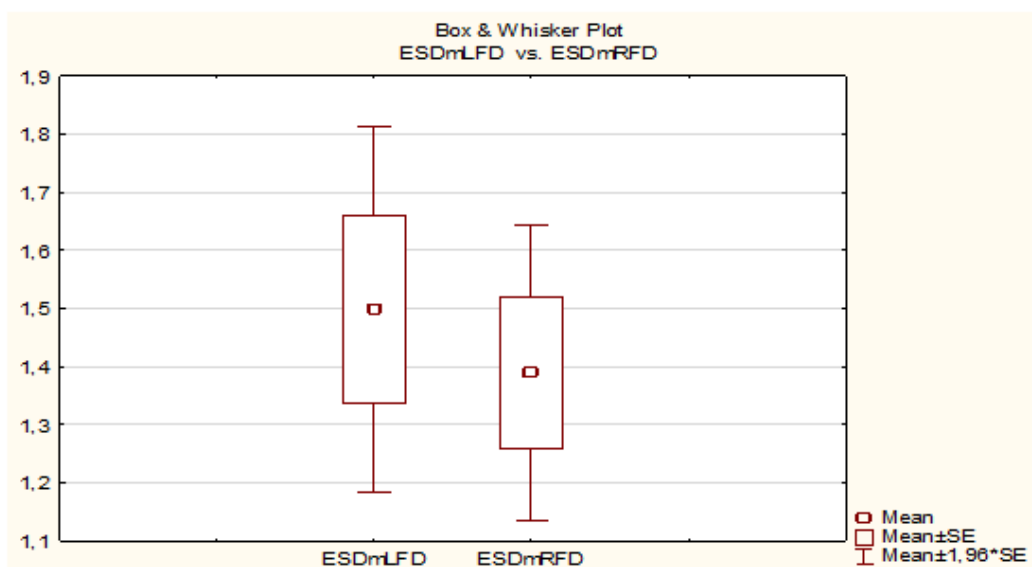
Tablica 11. Podaci T-testa za m. erector spinae (Tc)



Iz tablice 11. vidimo kako nema statistički značajne razlike između funkcionalnog disbalansa brzine kontrakcije m.-a erector spinae lijeve i desne strane. Dobivene rezultate možemo objasniti činjenicom kako u nogometu dominiraju cikličke aktivnosti trčanja u kojem su podjednako opterećene obje strane.  $T_v=0,033$ ,  $p=0,97$ .

Var.	Mean	Mean	t-value	df	P	Valid N	Valid N	Std.Dev.	Std.Dev.	F-ratio	p
ESDmLFD vs. ESDmRFD	1.498654	1.389615	0.528034	102	0.598623	52	52	1.158535	0.935506	1.533645	0.130067

Tablica 12. Podaci T-testa za m. erector spinae (Dm)



Iz tablice 12. vidimo kako nema statistički značajne razlike između funkcionalnog disbalansa maksimalnog pomaka trbuha mišića erector spinae lijeve i desne strane. Dobivene rezultate možemo objasniti činjenicom kako u nogometu dominiraju cikličke aktivnosti trčanja u kojem su podjednako opterećene obje strane.  $T_v=0,528$ ,  $p=0,59$ .

U tablici 13. prikazani su deskriptivni pokazatelji dobiveni mjerenjem m.-a gluteus maximus

Var.	N	Mean	Min	Max	Std.Dev.	Skewness	Kurtosis
GTTcREF	52	47.58	47.58	47.58	0.0000		
GTTcL	52	42.10	31.17	61.44	6.34	0.78	0.71
GTTcR	52	39.75	26.94	66.53	7.89	1.15	2.26
GTTcBD	52	5.42	0.17	17.55	4.60	1.08	0.33
GTTcLFD	52	7.20	0.08	16.41	4.23	0.28	-0.90
GTTcRFD	52	9.56	0.63	20.64	5.61	0.14	-1.23
GTTc%DB	52	11.41	0.36	36.89	9.68	1.08	0.33
GTTc%DL	52	18.50	0.17	52.65	12.81	0.70	-0.27
GTTc%DD	52	26.74	1.34	76.61	18.90	0.60	-0.49
GTDmREF	52	9.14	9.14	9.14	0.0000		
GTDmL	52	11.60	3.27	19.63	3.73	-0.01	-0.07
GTDmR	52	10.99	1.61	18.21	3.93	-0.35	-0.50
GTDmBD	52	2.42	0.03	6.01	1.85	0.27	-1.32
GTDmLFD	52	3.66	0.10	10.49	2.54	0.98	0.59
GTDmRFD	52	3.54	0.01	9.07	2.48	0.23	-1.06
GTDm%DB	52	26.55	0.33	65.75	20.26	0.27	-1.32
GTDm%DL	52	33.25	1.08	179.51	28.02	3.09	14.20
GTDm%DD	52	42.58	0.11	467.70	68.60	5.03	29.78

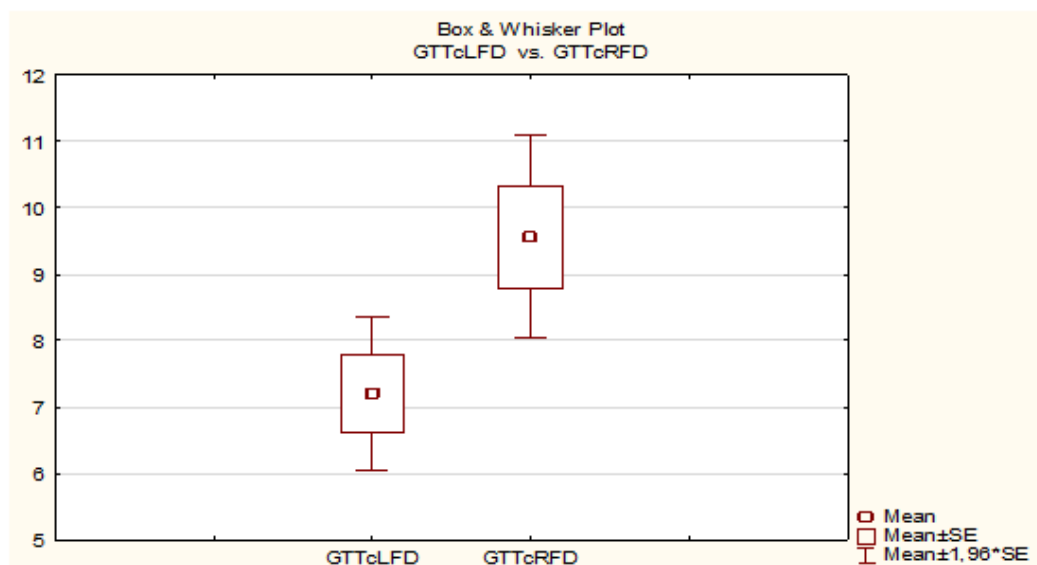
Tablica 13. Deskriptivni pokazatelji za m. gluteus maximus

Iz tablice 13. vidimo da je referentna vrijednost brzine kontrakcije GTTcRef=47,58, dok je prosječna izmjerena vrijednost za lijevu nogu GTTcL=42,10 ± 6,34, a za desnu nogu GTTcR=39,75 ± 7,89. Bilateralni je disbalans GTTcBd=5,42 ± 4,60, što iznosi 11,41 %. Funkcionalni disbalans lijeve je noge GTTcLfd=7,20 ± 4,23, što iznosi 18,50 %, a desne GTTcRfd=9,56 ± 5,61, što iznosi 26,74 %.

Referentna je vrijednost maksimalnog pomaka mišića GTDmRef= 9,14, dok je prosječna izmjerena vrijednost za lijevu nogu GTDmL=11,60 ± 3,73, a za desnu nogu GTDmR=10,99 ± 3,93. Bilateralni je disbalans GTDmBd=2,42 ± 1,85, što iznosi 26,55 %. Funkcionalni je disbalans lijeve noge GTDmLfd=3,66 ± 2,54, što iznosi 33,25 %, a desne GTDmRfd=3,54 ± 2,48, što iznosi 42,58 %.

Var.	Mean	Mean	t-value	df	P	Valid N	Valid N	Std.Dev.	Std.Dev.	F-ratio	p
GTTcLFD vs. GTTcRFD	7.201538	9.561154	-2.42137	102	0.017228	52	52	4.231995	5.609970	1.757239	0.046573

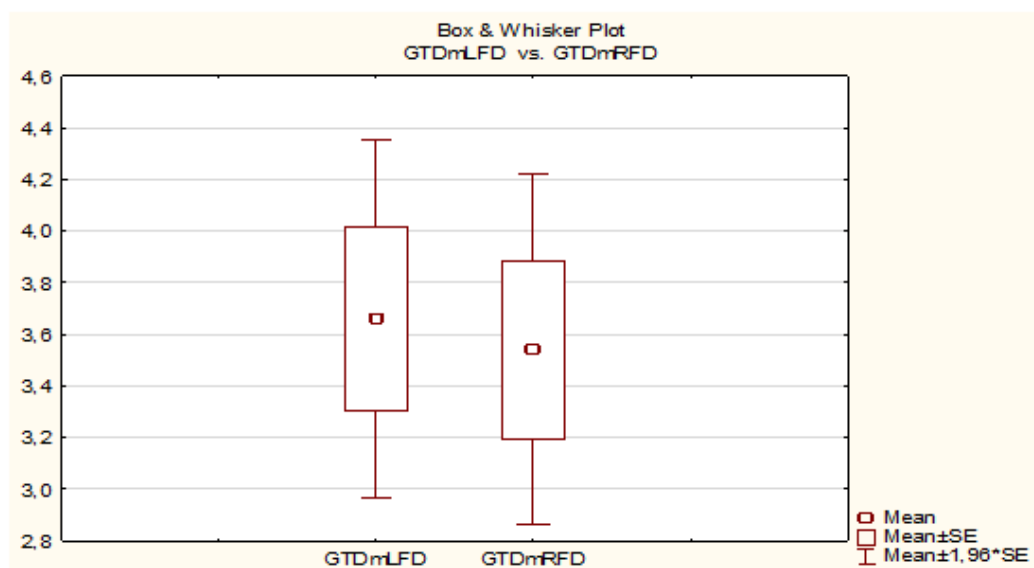
Tablica 14. Podaci T-testa za m. gluteus maximus (Tc)



Iz tablice 14. vidimo kako postoji statistički značajna razlika između funkcionalnog disbalansa brzine kontrakcije m.-a gluteus maximus lijeve i desne strane. Razlika može biti posljedica različitog opterećenja, odnosno unilateralno opterećenje koje se javlja prilikom tehničkih elemenata dodavanja i šutiranja lopte kod kojih jedna strana zgloba kuka ima funkciju stabilizatora (stajna noga), dok druga strana ima gotovo maksimalne amplitude pokreta.  $T_v = -2,421$ ,  $p = 0,01$ .

Var.	Mean	Mean	t-value	df	P	Valid N	Valid N	Std.Dev.	Std.Dev.	F-ratio	p
GTDmLFD vs. GTDmRFD	3.660000	3.541154	0.240749	102	0.810233	52	52	2.544480	2.489491	1.044665	0.876617

Tablica 15. Podaci T-testa za m. gluteus maximus (Dm)



Iz tablice 15. vidimo kako nema statistički značajne razlike između funkcionalnog disbalansa maksimalnog pomaka trbuha mišića m.-a gluteus maximus lijeve i desne strane. Dobivene rezultate možemo objasniti činjenicom kako u nogometu dominiraju cikličke aktivnosti trčanja u kojem su podjednako opterećene obje strane.  $T_v=0,240$ ,  $p=0,81$ .

U tablici 16. prikazani su deskriptivni pokazatelji dobiveni mjerenjem m.-a semitendinosus

Var.	N	Mean	Min	Max	Std.Dev.	Skewness	Kurtosis
STTcREF	52	40.25	40.25	40.25	0.0000		
STTcL	52	51.10	19.48	75.19	10.51	-0.62	0.75
STTcR	52	53.71	33.08	71.47	10.06	-0.20	-0.63
STTcBD	52	8.65	0.14	51.99	9.33	2.50	8.58
STTcLFD	52	12.84	0.26	34.94	7.90	0.20	-0.30
STTcRFD	52	14.41	0.95	31.22	8.61	0.25	-1.02
STTc%DB	52	21.50	0.35	129.17	23.19	2.50	8.58
STTc%DL	52	24.63	0.64	106.62	16.54	2.16	10.84
STTc%DD	52	24.95	2.31	43.68	11.54	-0.23	-0.88
STDmREF	52	5.76	5.76	5.76	0.0000		
STDmL	52	9.02	0.90	16.52	2.92	-0.29	0.91
STDmR	52	8.92	2.08	14.73	2.44	0.06	0.55
STDmBD	52	1.81	0.01	6.37	1.54	1.29	1.47
STDmLFD	52	3.80	0.13	10.76	2.15	0.94	0.95
STDmRFD	52	3.38	0.21	8.97	2.13	0.71	0.00
STDm%DB	52	31.52	0.17	110.59	26.75	1.29	1.47
STDm%DL	52	49.14	2.31	540.00	71.04	6.70	47.08
STDm%DD	52	36.65	3.52	176.92	24.51	3.65	20.83

Tablica 16. Deskriptivni pokazatelji za m. semitendinosus

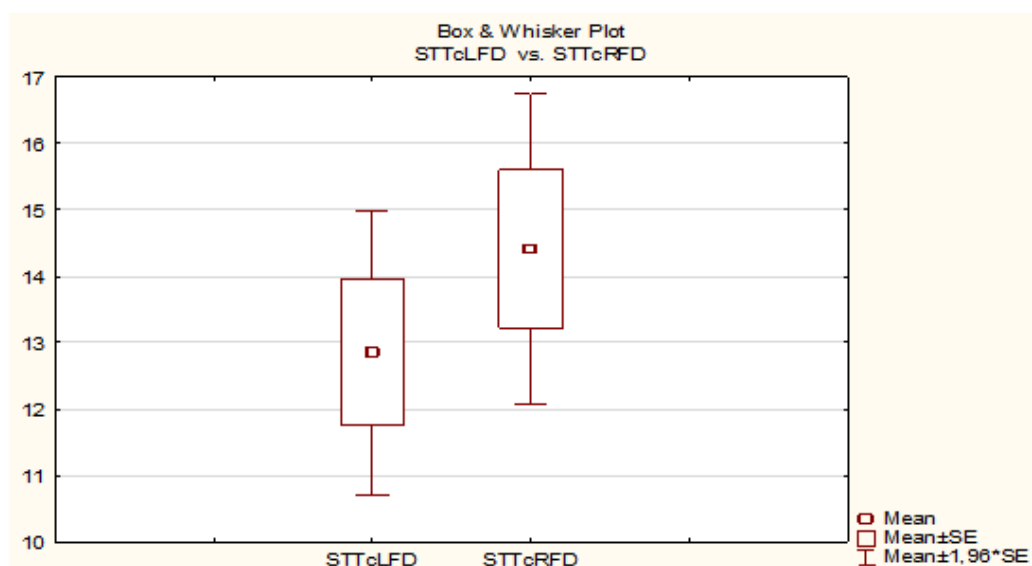
Iz tablice 16. vidimo da je referentna vrijednost brzine kontrakcije STTcRef=40,25, dok je prosječna izmjerena vrijednost za lijevu nogu STTcL=51,10 ± 10,51, a za desnu nogu STTcR=53,71 ± 10,06. Bilateralni je disbalans STTcBd=8,65 ± 9,33, što iznosi 21,50 %. Funkcionalni je disbalans lijeve noge STTcLfd=12,84 ± 7,90, što iznosi 24,63 %, a desne STTcRfd=14,41 ± 8,61, što iznosi 24,95 %.

Referentna je vrijednost maksimalnog pomaka mišića STDmRef=5,76, dok je prosječna izmjerena vrijednost za lijevu nogu STDmL=9,02 ± 2,92, a za desnu nogu STDmR=8,92 ± 2,44. Bilateralni je disbalans STDmBd=1,81 ± 1,54, što iznosi 31,52 %. Funkcionalni disbalans lijeve je noge STDmLfd=3,80 ± 2,15, što iznosi 49,14 %, a desne STDmRfd=3,38 ± 2,13, što iznosi 36,65 %.



Var.	Mean	Mean	t-value	df	P	Valid N	Valid N	Std.Dev.	Std.Dev.	F-ratio	p
STTcLFD vs. STTcRFD	12.84923	14.41462	-0.965695	102	0.336481	52	52	7.901429	8.614145	1.188538	0.539642

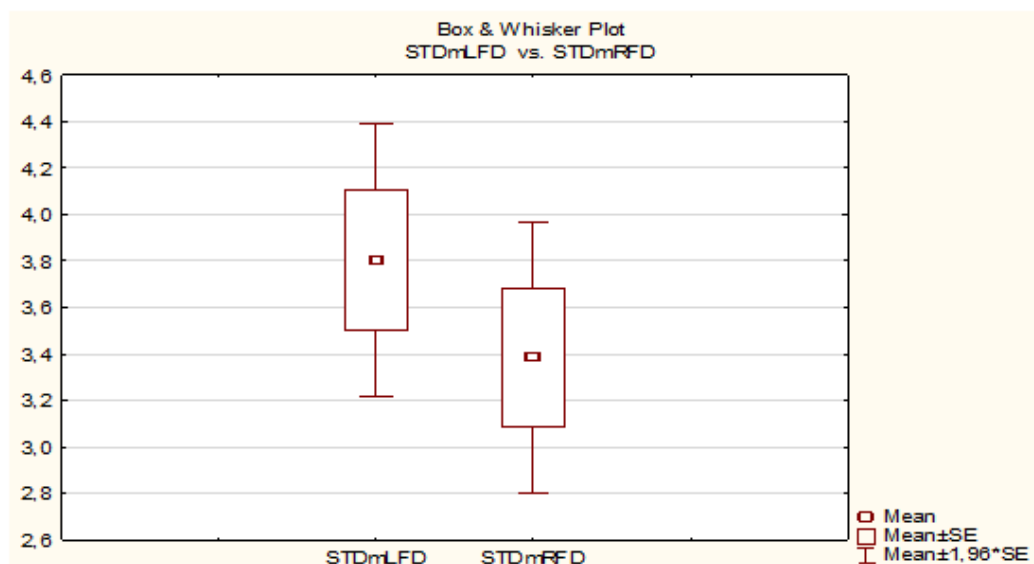
Tablica 17. Podaci T-testa za m. semitendinosus (Tc)



Iz tablice 17. vidimo kako nema statistički značajne razlike između funkcionalnog disbalansa brzine kontrakcije m.-a semitendinosus lijeve i desne strane. Dobivene rezultate možemo objasniti činjenicom kako u nogometu dominiraju cikličke aktivnosti trčanja u kojem su podjednako opterećene obje strane.  $T_v = -0,965$ ,  $p = 0,33$ .

Var.	Mean	Mean	t-value	df	P	Valid N	Valid N	Std.Dev.	Std.Dev.	F-ratio	p
STDmLFD vs. STDmRFD	3.804615	3.384038	1.000033	102	0.319661	52	52	2.155974	2.132883	1.021770	0.939002

Tablica 18. Podaci T-testa za m. semitendinosus (Dm)



Iz tablice 18. vidimo kako nema statistički značajne razlike između funkcionalnog disbalansa maksimalnog pomaka trbuha mišića semitendinosus lijeve i desne strane. Dobivene rezultate možemo objasniti činjenicom kako u nogometu dominiraju cikličke aktivnosti trčanja u kojem su podjednako opterećene obje strane.  $T_v=1,000$ ,  $p=0,31$ .

Metoda tenziomiografije uvelike nam može pomoći u optimizaciji i kreiranju trenažnih planova i programa te rehabilitacijskih protokola. Daje nam dobar uvid u realno stanje pacijenta koje možemo pratiti periodično, po potrebi, zbog konkretnih, brojčano izraženih podataka. Velik je broj ozljeda u profesionalnom nogometu koje se tiču stražnjeg kinetičkog lanca, konkretno ozljeda stražnje strane natkoljenice. Postoje mnoga istraživanja povezana s tenziomiografijom koja imaju fokus na funkcionalnim disbalansima većinom prednje strane natkoljenice, odnosno koljenog zgloba, dok je manji broj onih koji se tiču funkcionalnog disbalansa stražnjeg kinetičkog lanca. Provedeno istraživanje pokazuje kako postoji statistički značajan funkcionalni mišićni disbalans stražnjeg kinetičkog lanca kod profesionalnih nogometaša. Zasiurno da zahtjevi na utakmicama i treninzima koji su stavljeni pred igrače doprinose stvaranju određenih mišićnih disbalansa. Mnogo je faktora koji mogu objasniti ovakve rezultate istraživanja, neki od ranije spomenutih su: specifične i zahtjevne kretno strukture nogometne igre, gust raspored utakmica, nedovoljno vremena za oporavak i mnogi drugi.

Jedan od razloga može biti i stanje koje se zove glutealna amnezija. U velikoj većini sportova, a pogotovo u nogometu, glutealni mišići imaju vrlo važnu ulogu, npr. gluteus medius kod održavanja stabilnosti koljenog zgloba ili gluteus maximus koji je vrlo važan u pokretu ekstenzije kuka kod trčanja, a naročito kod visoko intenzivnih aktivnosti kao što je sprint koji je vrlo česta aktivnost u nogometu i u kojoj se događa velik broj ozljeda stražnje strane natkoljenice.

Glutealna amnezija može se opisati kao stanje u kojem osoba nema sposobnost maksimalne kontrakcije, odnosno prisutna je nemogućnost aktivacije glutealnog mišića, a u većini slučajeva radi se o gluteusu maximusu, ali može postojati i glutealna amnezija gluteusa mediusa. Fizička pozadina ovog stanja opisuje se kao stanje u kojem neurološki obrasci kompleksa glutealnih mišića nisu dovoljni za aktivaciju mišićnih vlakana, uzrokujući da mišići lumbalnog dijela leđa i mišići stražnje strane natkoljenice preuzimaju silu na sebe kako bi savladali opterećenje. Simptomi nedovoljne aktivacije glutealnih mišića uzrokuju napetost mišića stražnje strane natkoljenice nakon tjelesne aktivnosti, stanje poznato kao “anterior pelvic tilt“ i valgus koljena tijekom vježbe čučnja ili iskoraka. To može dovesti do kompenzacijskih ozljeda poput ozljede lumbalnog dijela leđa, koljenog zgloba i skočnog zgloba (Gilpin i sur., 2020.). Postoje metode i testovi kojima možemo ispitati kako se i kojim

redosljedom aktiviraju mišići stražnjeg kinetičkog lanca prilikom pokreta ekstenzije kuka. Jedan je od jednostavnijih testova test ekstenzije kuka dok osoba leži okrenuta potrbuške, odnosno „posterior kinetic chain muscle firing pattern“ test. Test se izvodi tako da se osoba okrene na trbuh te opruža nogu u kuku dok osoba koja provodi test postavlja vrhove prstiju na trbuh mišića; erector spinae, biceps femoris i gluteus maximus. Tako možemo dobiti dobru informaciju o redosljedu aktivacije mišića stražnjeg kinetičkog lanca na jednostavan način. U teoriji, smatra se kako u testu aktivacija mišića, prilikom pokreta ekstenzije kuka u ležećem položaju, simulira aktivaciju mišića u ekstenziji kuka prilikom hoda. Teorija sugerira da bi se temporalna aktivacija mišića stražnjeg kinetičkog lanca trebala odvijati sljedećim redosljedom (kada testiramo desnu nogu): desni gluteus maximus, desni biceps femoris, lijevi lumbalni erector spinae, desni lumbalni erector spinae, lijevi torakolumbalni erector spinae i na kraju desni torakolumbalni erector spinae (V. Janda., 1991.).

Također, jedan od mogućih faktora rizika kod ozljeda jednog od segmenata stražnjeg kinetičkog lanca može biti i lumbalna lordoza, odnosno hiperlordoza, što je česta pojava kod profesionalnih nogometaša. Moguće su posljedice bolovi u lumbalnom dijelu leđa, napetost mišića stražnje strane natkoljenice, odnosno ozljede mišića stražnje strane natkoljenice. Povezana je s tim i posturalna anomalija, koja se pojavljuje kod sportaša pod nazivom „anterior pelvic tilt“, a može uzrokovati i samu pojavu hiperlordoze. „Anterior pelvic tilt“, jednostavnije rečeno, znači da je kod osobe, odnosno sportaša zdjelica nagnuta prema naprijed što može povećati rizik od ozljede mišića stražnje strane natkoljenice jer povećava napetost te skupine mišića. Kut kukova određen je četirima mišićima koji su povezani s njim, oboma fleksorima kuka s prednje strane te dvama glutealnim mišićima sa stražnje strane. Nagib zdjelice prema naprijed uzrokovan je manjkom fleksibilnosti fleksora kuka te nedovoljno aktivnim gluteusima, što stavlja zdjelicu u položaj nagiba prema naprijed.

U programima prevencije ili rehabilitacije ozljeda stražnje strane natkoljenice vrlo su često zapostavljeni mišići ekstenzora donjeg dijela leđa: mišići erector spinae i gluteus maximus. To su mišići koji su vezani na stražnji dio kralježnice i omogućavaju nam, prije svega, osnovne pokrete poput ustajanja i podizanja, a imaju još veću važnost i njihova je funkcija još i važnija u sportu. Stoga bi u svim trenažnim programima trebale biti zastupljene vježbe aktivacije i vježbe jakosti za te mišićne skupine.

Nakon ovakve analize može se primijetiti kako je ljudsko tijelo, odnosno tijelo sportaša vrlo složeno, te kako mnogo faktora utječe na različite promjene u organizmu sportaša. Ovo istraživanje obuhvatilo je samo 3 mišića stražnjeg kinetičkog lanca kod profesionalnih nogometaša i zasigurno ne daje kompletan uvid u različite disfunkcionalnosti koje mogu uzrokovati različite funkcionalne mišićne disbalanse. Bez obzira na manjak informacija i nepotpunu sliku o posturalnim deficitima, informacijama o prijašnjim ozljedama ili drugim faktorima koji mogu utjecati na ovakve rezultate, ovo istraživanje pokazalo je da postoji funkcionalni mišićni disbalans kod profesionalnih nogometaša. Rezultati su očekivani zbog činjenice da profesionalni sport sam po sebi, zbog svojih zahtjeva i kompleksnosti, mora stvoriti određene mišićne disbalanse, zbog kojih vrlo često dolazi do ozljeda.

## 7. ZAKLJUČAK

Podrazumijeva se i neminovno je da kod osoba koje se bave sportom, naročito profesionalnim, mora postojati određenih mišićnih disbalansa. Nogomet je zasigurno jedan od sportova koji zbog svoje strukture, specifičnih kretnji, specifičnosti pozicija, modernog rasporeda natjecanja s velikim brojem utakmica i nedovoljno vremena za oporavak mora uzrokovati određene disbalanse u organizmu sportaša.

Na temelju ovog istraživanja možemo zaključiti kako funkcionalni mišićni disbalansi stražnjeg kinetičkog lanca kod profesionalnih nogometaša postoje. Zbog ovakvih rezultata vrlo je važno dobro definirati opterećenja u treningu, provoditi kvalitetne dijagnostičke postupke, prilagoditi prema svakom sportašu individualizirane preventivske treninge, voditi računa o kvalitetnoj prehrani i suplementaciji te oporavku nakon treninga i utakmica. Ovakvi rezultati govore nam koliko je važno imati dobar pregled kompletnog stanja svakog sportaša te kvalitetno kontrolirati svaki segment trenažnog procesa ili rehabilitacije.

Sasvim je očekivano da postoje određeni funkcionalni mišićni disbalansi kod sportaša, no uz pomoć tenziomiografije možemo imati kvalitetnu kontrolu stanja te mogućnost korekcije neželjena stanja. Metoda tenziomiografije daje nam mogućnost uvida u kontraktilna svojstva svakog pojedinog mišića. To nam omogućuje da kontinuirano i kvalitetno pratimo svakog igrača tijekom čitave sezone, a može nam pomoći u kreiranju rehabilitacijskih, preventivskih i trenažnih programa.

## LITERATURA

1. Fernandez, I., Gomez, P.M., Sillero, M., Noya, J., Arnaiz, J., Pastor, A. (2009.) Economic cost estimation of soccer injuries in first and second Spanish division professional teams.
2. Faude, O., Rößler, R., Junge, A. (2013.) Football injuries in children and adolescent players: are there clues for prevention? *Sports Med.* 2013 Sep;43(9):819-37.
3. Matković, B., Ružić, L. *Fiziologija sporta i vježbanja* (2009.).
4. S. A. Plowman, D. L. Smith. *Exercise physiology for health, fitness and performance: Third edition* (2011.).
5. J.M. Squire. *Muscle contraction: sliding filament theory, sarcomere dynamics and the two Huxleys* (2016.).
6. J.R., Karp (2001.) *Muscle Fiber Types and Training. Strength and Conditioning Journal*, October 2001 - Volume 23 - Issue 5 - p 21.
7. Bergh, U., A. Thorstensson, B. Sjodin, B. Hulten, K. Piehl, J. Karlsson. Maximal oxygen uptake and muscle fiber types in trained and untrained humans. *Medicine and Science in Sports and Exercise.* 10(3):151-154 (1978).
8. E. Abazović, E. Kakazović, E. Kovačević, M. Vrcić, J. Nakić, A. Paravalić (2018) *Tenzimografija i njena uporaba.*
9. 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.
10. T. Hunter (2000.) *Signaling—2000 and Beyond.*
11. E.N. Marieb, K.N. Hoehn. *Human anatomy and physiology (7th Edition)* (2007.).
12. S. Schiaffino, C. Reggiani (2011.) *Fiber Types in Mammalian Skeletal Muscles.* American Physiological Society.
13. Janković, S. (2004) *Ozljede u nogometu.* Zagreb : Medicinska naklada.

- 14.** A.J.Vander i sur. Human Physiology: The Mechanisms of Body Function(2000.)
- 15.** Faulkner,JA.,Larkin,LM.,Claflin,DR.,Brooks,SV.,(2007.).Age-related changes in the structure and function of skeletal muscles.Australian Physiological society.
- 16.** Huxley,HE.,(2004.)Fifty years of muscle and the sliding filament hypothesis
- 17.** 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.
- 18.** 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.
- 19.** Šimunić, B., Križaj, D., Narici, M., Pišot, R. (2010). Twitch parameters in transversal and longitudinal biceps brachii response.
- 20.** 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.
- 21.** Šimunić,B. (2011.) Tensiomyographic contraction time of selected skeletal muscles in elite football players.
- 22.** 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.
- 23.** Djordjević, S., Rozman, S., Pišot, R. (2015.) Monitoring of Biceps Femoris (BF) Activation Pattern Changes between Maximal and Supramaximal Sprints.
- 24.** Marković, G., Bradić, A. (2008). Nogomet – integralni kondicijski trening. Zagreb: Kineziološki fakultet.
- 25.** Reilley, T., (2003). Science and Soccer. Liverpool: Taylor & Francis e-Library.



- 26.** Altavilla, G., Riela, L., Pio Di Tore, A., Raiola, G. (2017.) The physical effort required from professional football players in different playing positions. *Journal of Physical Education and Sport (JPES)*, 17(3), Art. 200, pp. 2007 – 2012.
- 27.** Sporiš, G. (2002.) Analiza nogometne igre u funkciji planiranja i programiranja fizičke pripreme.
- 28.** Kujala, U., Orava, S., Jarvinnen, M. (2012.) Hamstring Injuries Current Trends in Treatment and Prevention. *Sports Medicine* 23, 397-404.
- 29.** Ekstrand, J., Hagglund, M., Walden, M. (2011.) Epidemiology of Muscle Injuries in Professional Football (Soccer).
- 30.** Arnason, A., Sigurdsson, S., Gudmundsson, A., Holme, I., Engebretsen, L., Bahr, R. (2004.) Risk Factors for Injuries in Football.
- 31.** O Stolen, T., Chamari, K., Castagna, C., Wisloff, U. (2005.) Physiology of Soccer. *Sports Medicine*, 35(6):501/36
- 32.** Bangsbo, J. (1994) The physiology of soccer-with special reference to intense intermittent exercise.
- 33.** P. , Page., C., Frank., R., Lardner. (2010.) Assessment and treatment of muscle imbalance. The Janda Approach.
- 34.** Simoneau, J.-A., Bouchard, C. Genetic determinism of fiber type proportion in human skeletal muscle. *FASEB J.* 9, 1091-1095 (1995).



