

# UTJECAJ FIFA 11+ PREVENTIVNOG PROGRAMA NA IZOMETRIČKU SNAGU MIŠIĆA EKSTENZORA KOLJENOG ZGLOBA I BALANSA KOD NOGOMETAŠA

---

Valenčić, Lucijan

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Rijeka, Faculty of Health Studies / Sveučilište u Rijeci, Fakultet zdravstvenih studija**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:184:057554>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-16**

Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Health Studies - FHSRI Repository](#)



SVEUČILIŠTE U RIJECI  
FAKULTET ZDRAVSTVENIH STUDIJA  
PRIJEDIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ FIZIOTERAPIJE

Lucijan Valenčić

UTJECAJ FIFA 11+ PREVENTIVNOG PROGRAMA NA IZOMETRIČKU SNAGU  
MIŠIĆA EKSTENZORA KOLJENOG ZGLOBA I BALANSA KOD NOGOMETAŠA

Završni rad

Rijeka, 2024.

UNIVERSITY OF RIJEKA  
FACULTY OF HEALTH STUDIES  
UNDERGRADUATE PROFESSIONAL STUDY OF PHYSIOTHERAPY

Lucijan Valenčić

INFLUENCE OF FIFA 11+ PREVENTIVE PROGRAM ON ISOMETRICAL STRENGTH  
OF KNEE JOINT EXTENSOR MUSCLES AND BALANCE IN SOCCER PLAYERS

Final thesis

Rijeka, 2024.

Mentor rada: doc. dr. sc. Hrvoje Vlahović, prof. reh.

Završni rad obranjen je dana \_\_\_\_\_ na Fakultetu zdravstvenih studija Sveučilišta  
u Rijeci, pred povjerenstvom u sastavu:

1. \_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_

3. \_\_\_\_\_

## Izvješće o provedenoj provjeri izvornosti studentskog rada

## Opći podatci o studentu:

Sastavnica	Fakultet zdravstvenih studija Sveučilišta u Rijeci
Studij	Prijediplomski stručni studij Fizioterapija
Vrsta studentskog rada	Završni rad
Ime i prezime studenta	Lucijan Valenčić
JMBAG	0351013106

## Podatci o radu studenta:

Naslov rada	Utjecaj FIFA 11+ preventivnog programa na izometričku snagu mišića ekstenzora koljenog zgloba i balansa kod nogometaša
Ime i prezime mentora	Hrvoje Vlahović
Datum predaje rada	14.6.20240
Identifikacijski br. podneska	2402341189
Datum provjere rada	14-Jun-2024 11:24AM (UTC+0200)
Ime datoteke	Zavr_ni_rad_-_Lucijan_Valen_i.docx
Veličina datoteke	1,014.28K
Broj znakova	78545
Broj riječi	13225
Broj stranica	50

## Podudarnost studentskog rada:

Podudarnost (%)	5%
-----------------	----

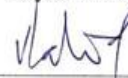
## Izjava mentora o izvornosti studentskog rada

Mišljenje mentora	
Datum izdavanja mišljenja	
Rad zadovoljava uvjete izvornosti	<input checked="" type="checkbox"/>
Rad ne zadovoljava uvjete izvornosti	<input type="checkbox"/>
Obrazloženje mentora (po potrebi dodati zasebno)	

Datum

21.6.2024.

Potpis mentora



# SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b> .....	1
1.1. <i>Nogomet</i> .....	1
1.1.1. <i>Najčešće ozljede u nogometu</i> .....	1
1.3. <i>Anatomija i biomehanika koljenog zgloba</i> .....	3
1.3.1. <i>Građa koljenog zgloba</i> .....	4
1.3.1.2. <i>Zglobna čahura</i> .....	8
1.3.2. <i>Aktivni stabilizatori koljenog zgloba</i> .....	11
1.3.2.1. <i>Četveroglavi mišić natkoljenice</i> .....	11
1.3.3. <i>Biomehanika koljenog zgloba</i> .....	12
1.5. <i>Propriocepcija i balans</i> .....	16
1.5.1 <i>Proprioceptori u mišiću i tetivi</i> .....	17
1.5.1.1. <i>Mišićno vreteno</i> .....	17
1.5.1.2. <i>Golgijev tetivni organ</i> .....	18
1.5.2. <i>Osjetni putovi</i> .....	18
1.5.2.1. <i>Vidni ili optički put</i> .....	18
1.5.2.2. <i>Slušni ili akustični put</i> .....	19
1.5.2.3. <i>Vestibularni ili statički put</i> .....	19
1.5.3. <i>Mali mozak</i> .....	19
1.2. <i>FIFA 11+ preventivni program</i> .....	20
<b>2. CILJEVI I HIPOTEZE</b> .....	21
<b>3. ISPITANICI I METODE</b> .....	21
3.1. <i>Ispitanici</i> .....	21
3.2. <i>Postupak i instrumentarij</i> .....	21
3.3. <i>Statistička obrada podataka</i> .....	25
3.4. <i>Etički aspekti istraživanja</i> .....	25
<b>4. REZULTATI</b> .....	26
<b>LITERATURA</b> .....	36

## **POPIS KRATICA**

Art. – articulation, zglobni spoj

AS – aritmetička sredina

ATP – adenzin trifosfat

BMI – body mass indeks, indeks tjelesne mase

cm – centimetri

EMG - elektromiografija

FIFA – Fédération Internationale de Football Association

Lig. – ligament

Kg - kilogram

m. – musculus, mišić

m – metar, mjerna jedinica

N – njušn

n. – nervus, živac

SEBT – Star Excursion Balance test, test ravnoteže zvjezdanog izleta

SIAS – Spinae Iliace Anterior Superior, prednji gornji ilijačni greben

SIAI – Spinae Iliace Anterior Inferior, prednji donji ilijačni greben

s – sekunde

TnC – troponin C

TnI – troponin I

YBT – y balance test, y balans test

## SAŽETAK

**Uvod:** Nogomet se smatra jednim od najpopularnijih sportova današnjice, a s obzirom da je okarakteriziran kao visoko intenzivna aktivnost, gdje dolazi do mnogih dinamičkih i eksplozivnih kretnji nerijetko dolazi i do ozljeda. Zbog svega navedenoga, krovna nogometna organizacija izdala je svoj preventivni program nazvan FIFA 11+, tim programom djeluje se na stabilnost trupa, ravnotežu i snagu sportaša. Drugim riječima, djeluje se na sposobnosti koje su bitne za smanjenje rizika od nastanka ozljede. **Cilj istraživanja:** Ovo istraživanje provodi se s ciljem ispitivanja utjecaja FIFA 11+ preventivnoga programa na balans te na izometričku snagu mišića ekstenzora koljenog zgloba kojeg čini *m. quadriceps femoris*, zbog velikog utjecaja tih segmenata na rizik od ozljeda kod nogometaša. **Ispitanici i metode:** U ispitivanju se koristio prigodan uzorak od 25 muških igrača Nogometnog kluba „Orijent“, oni koji pripadaju seniorskoj dobnoj skupini (od 18 do 35 godina). Cjelokupna provedba istraživanja provodila se u prostorima Nogometnog kluba „Orijent“, odnosno na stadionu „Krimeja“. Prvotno su se provodila mjerenja balansa s pomoću jednostavnog y – balans testa. Zatim mjerenja izometričke snage ekstenzora koljenog zgloba s pomoću prijenosnog fiksnog dinamometra EasyForce, uređaj tvrtke Meloq AB, Švedska. Nakon početnih mjerenja, u trajanju od 14 dana provodio se FIFA 11+ preventivni program koji obuhvaća razne vježbe trčanja, vježbe snage, balansa i pliometrije. Nakon provođenja programa, ponovila su se mjerenja u istim uvjetima kao i tokom prvotnog testiranja. **Rezultati:** Rezultati ovog istraživanja u smislu mjerenja balansa, pomoću y – balans testa, govore o tome kako je razlika statistički značajna u svim smjerovima te s obje noge, osim kod odlaska lijeve noge u posterolateralnome smjeru. Nadalje, mjerenjem izometričke snage mišića ekstenzora koljenog zgloba postoji statistički značajna razlika u povećanju prosječne sile, odnosno prosječne jakosti. Dok gledajući vršnu silu, odnosno maksimalnu dostignutu silu jakosti mišića ekstenzora koljena, ne postoji statistički značajna razlika. **Zaključak:** Istraživanje je pokazalo da FIFA 11+ preventivni program u kratkome vremenskom razdoblju ima učinka na balans i izometričku snagu ekstenzora koljena. Također, ovim istraživanjem nastoji se povećati razina informacija o prevenciji samih ozljeda nogometaša, kojih zbog napora sportaša ne manjka.

Ključne riječi: balans, FIFA 11+ preventivni program, izometrička snaga ekstenzora koljena, nogometaši



## ABSTRACT

**Introduction:** Today soccer is considered one of the most popular sports, it is characterized as a highly intensified activity where because of dynamic and explosive movements injuries occur very often. Because of all mentioned, leading soccer organization published their own program called FIFA 11+, the exercises from the program works the best for the core stability, balance and strength. In other word, it has influence on all the abilities which are important to prevent the risk of possible injuries. **Objectives:** The goal of the research is to analyze the influence of the FIFA 11+ prevention program on the balance and isometric strength of knee joint extensor muscles which makes m. quadriceps femoris, because of big influence of this segments on the risk of injuries in soccer players. **Subjects and methods:** Subjects of the research were 25 soccer players from the Soccer team „Orijent“. They belong in the senior group from 18 till 35 years old. The research was held in the club premises of „Orijent“, at the stadium „Krimeja“. Firstly, balance measurements were carried out using a simple y – balance test. Then we also get measurements of isometric strength of knee extensor muscles with the help of a portable fixed dynamometer EasyForce, device of company Meloq AB, Sweden. After first measurements, for 14 days FIFA 11+ preventive program was carried out, the exercises in the program includes various running exercises, strength exercises, balance and plyometric exercises. After the program, the measurements were repeated in the same conditions like first time. **Results:** Findings from this research in the sense of measuring balance while using the y – balance test, have shown how there is a statistically significant difference in all directions from both legs, except when the left leg moves in the posterolateral direction. Moreover, measuring isometric strength of knee extensor muscles there is a significant statistical difference increase of the average force or average strength. While studying peak force of the knee joint extensor muscles, there is no statistically significant difference. **Conclusion:** Research has shown that the FIFA 11+ preventive program in short term period has an effect on balance and isometric strength of the knee extensors. Additionally, this research aims to increase the level of information about prevention of football player injuries, which are not lacking due to the efforts of athletes.

Key words: balance, FIFA 11+ preventive program. isometric strength of the knee joint extensor muscles, soccer players

## 1. UVOD

### *1.1. Nogomet*

Nogomet se smatra najpopularnijim sportom na svijetu te kako bi ga muškarci nazvali „najbitnijom sporednom stvari u životu“. Njegova povijest seže još u 1872. godinu kada je odigrana prva službena nogometna utakmica međunarodnoga karaktera između Engleske i Škotske. Naravno tada se nogomet nije igrao po određenim pravilima, no s obzirom na rast njegove popularnost bilo je potrebno uvesti određena ograničenja, kako bi igra imala smisla (1).

Danas nogometna utakmica u pravilu traje 90 minuta. Dvije ekipe od jedanaest igrača natječu na pravokutnom igralištu dužine od sto metara te je cilj zabiti čim više golova od suparničke ekipe i time pobijediti utakmicu. Svaki od igrača, s obzirom na svoje sposobnosti, ima svoju ulogu u momčadi te su stoga podijeljeni na određene pozicije. Razlikujemo vratara, obrambenog, veznog i napadačkog igrača gdje svaki od njih ispunjava svoju zadaću i time nastoji doprinijeti ekipi ka pobjeđivanju utakmice. Samim time, smatramo ga visoko intenzivnom aktivnošću, punom kontakta između suparnika, gdje dolazi do mnogih dinamičkih i eksplozivnih kretnji te je stoga veoma bitna tjelesna sprema samoga sportaša (2). Također, gledajući rekreativno, nogomet se uz rekreativno trčanje smatra kao jednom od najboljih aktivnosti u svrhu poboljšanja sveukupnoga zdravlja i funkcije (3). Poboljšava se kardiovaskularno i metaboličko zdravlje te se smanjuje rizik od određenih bolesti koje su uzrokovane načinom života, kao primjerice dijabetes i hipertenzija (4).

#### *1.1.1. Najčešće ozljede u nogometu*

Nogomet kao sport zahtjeva visoku sposobnost izdržljivosti, snage i kondicije. Samim time što uključuje razne dinamičke kretnje, promjene smjera, ubrzanja i skokove veliki je napor na strukturu donjih ekstremiteta te je stoga i veliki rizik njihovog ozljeđivanja (5). Obično do ozljeda dolazi prvih i zadnjih 15 minuta utakmice i to najčešće bez kontaktno (58%), odnosno gdje nema utjecaja protivničkoga igrača, nego sportašu do ozljede dolazi zbog nepravilnoga zagrijavanja ili umora, slabosti određenih mišića ili mišićnog disbalansa (5,6). U visokom postotku slučajeva (70%) dolazi do ozljeda donjih udova, pogotovo gležanj te koljeno, dok rjeđe (15%) dolazi do ozljeda glave i vrata (7). Provedeno je istraživanje u nogometnoj akademiji, engleskog kluba „Newcastle United“, koje je trajalo 5 godina. Od 210 mlađih

sportaša prepoznato je 685 ozljeda gdje su 542 ozljede donjih udova. Sveukupno gledano, najčešće su to bile ozljede mekoga tkiva (mišići, tetive i ligamenti) u obliku sindroma prenaprezanja (37%), uganuća zgloba (5,8%) te kontuzija (5,9%), dok je učestalost ozljeda kod pojedinca po sezoni iznosila 0,6 (8). Isto tako, s obzirom da je nogomet kontaktni sport, moguće su i ozljede koje su nastale zbog ne namjernog ili čak namjernog ozljeđivanja suparničkog igrača. Stoga su Ergun M i sur. proveli trogodišnje istraživanje kojim su nastojali istražiti učestalost i prirodu ozljeda u elitnom nogometu mladih. Na 52 igrača dokazali su pet puta veću učestalost ozljeda tokom utakmice nego na treningu. Tokom utakmica učestalije su ozljede traumatske prirode, dok su tokom treninga bile dva puta učestalije ozljede kao posljedice sindroma prenaprezanja (9).

Dva su osnovna tipa ozljeda:

### 1. Akutne ozljede

- prijelom – prekid kontinuiteta kosti
- kontuzija – najčešće mišića, nastaju kada je mišić izložen naglom djelovanju velike kompresijske sile, primjerice kod izravnog udarca (10)
- istegnuće, djelomično puknuće ili puknuće mišića – uslijed djelovanja vlačne sile, ukoliko sila djeluje iznad granice koju mišić dopušta, dolazi do pucanja mišićnih vlakana i to najčešće u blizini mišićno-tetivnog spoja (10)
- nagnječenje, uganuće i iščašenje – odnosi se na zglobove
- ogrebotine ili razderotine

### 2. Kronična oštećenja ili sindromi prenaprezanja

- dolazi do niza ponavljanih trauma na tetivu, kost, hrskavicu, sluznu vreću ili mišić (11)

Gledajući prevenciju ozljeda kod nogometaša te općenito sportaša, postoje razni promjenjivi faktori na koje se može utjecati da bi smanjili rizik od ozljeda. No, također postoje i oni nepromjenjivi, primjerice spol, dob i određene genetske predispozicije na koje ne možemo utjecati (12).

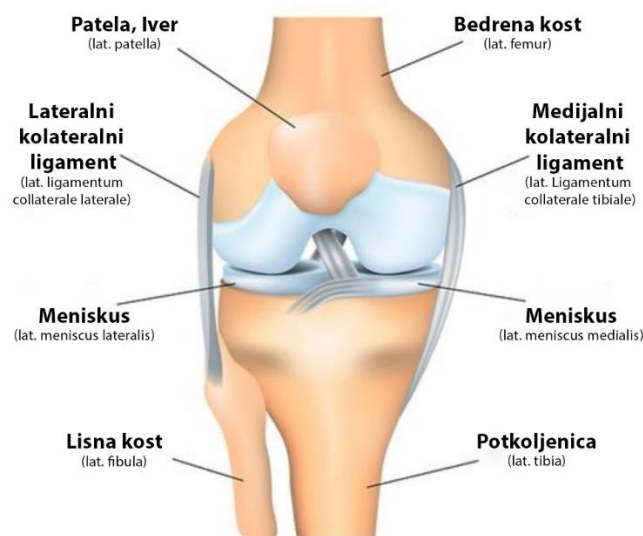
Ukoliko želimo smanjiti rizik i prevenirati ozljede potrebno je djelovati na faktore koji su promjenjivi. Upravo fizička snaga, mišićna i kardiorespiratorna izdržljivost, koordinacija, fleksibilnost i balans promjenjivi su faktori te određene studije prikazuju da sportaši sa smanjenom razinom fizičkih sposobnosti najčešće bivaju ozlijeđeni (13). Također, studije pokazuju da poboljšanjem fizičkog statusa smanjujemo rizik od ozljeda, gdje sportaši koji su

bolje fizičke spreme mogu izdržati veće napore kroz duže vremensko razdoblje (14). Nadalje, takvi sportaši puno se sporije umaraju tokom aktivnosti te se nakon aktivnosti puno brže oporave. Kako je fizička pripremljenost bitna za bolju sportsku izvedbu tako njome također i preveniramo određene ozljede i smanjujemo rizik od njihove pojavnosti (13).

### 1.3. Anatomija i biomehanika koljenog zgloba

Koljeni zglob, *art. genus*, smatra se najvećim zglobom u ljudskome tijelu te je ujedno zbog svojih statičkih i dinamičkih zadaća vrlo složene građe (slika 1.). Od kostiju čine ga bedrena kost ili *femur* te goljenična kost ili *tibia*, a isto tako unutar zgloba se nalazi i najveća sezamska kost u ljudskome tijelu iver ili *patella* (19). Glavni spoj koljenog zgloba čini tibiofemoralni zglob, gdje dolazi do uzglobljavanja bedrene i goljenične kosti, dok se bedrena kost usto uzglobljava i s iverom te time čini patelofemoralni zglob (slika 3.). Također, da bi spoj između kostiju bio što čvršći, umetnuti su i izrazito jaki površni i dubinski ligamenti koji svojom čvrstoćom osiguravaju stabilnost zgloba u svim pozicijama. Prilikom stajanja koljeni je zglob prenositelj težine tijela s natkoljenice na potkoljenicu te time obavlja svoju statičku funkciju, dok prilikom hodanja te kretanjem osobe u prostoru obavlja svoju dinamičku zadaću.

## LJUDSKO KOLJENO



Slika 1. koljeni zglob, *art. genus*

Izvor: <https://acuraflex.hr/zglobovi/>

### 1.3.1. Građa koljenog zgloba

Unutar koljenog zgloba, glavni spoj čine bedrena i goljenična kost te njihovom spajanju služe određene ploštine na kondilima obaju kosti. Bedrenu kost s razlogom smatramo najvećom i najtežom kosti u ljudskome tijelu, cjevasta je kost te je na svojim krajevima zadebljala dok je njezin trup izgledom poput valjka (20). Proksimalni dio kosti, koji se ne spaja unutar koljenog zgloba, tvori glava bedrene kosti te ona zajedno s acetabulumom na zdjeljenoj kosti čini zglob kuka. Glava bedrene kosti kuglastoga je oblika, a s trupom je povezuje vrat bedrene kosti koji je ponešto spljošten gledajući od naprijed prema natrag. Gledajući osi, os vrata natkoljenične kosti s osi središnjeg dijela kosti zatvara kut od  $125^\circ$  te ga nazivamo kolodijafiznim kutem, a on sam otvoren je prema medijalno. Položaj zdjelice i kut pod kojim se natkoljenica pruža prema koljenu uvelike je bitan, a nazivamo ga Q – kut. Po tome, osobe koje imaju širu zdjelicu i veći kut do koljena imaju i veću šansu za ozljedu prednjeg križnog ligamenta unutar koljena te su samim time žene naspram muškaraca pod puno većim rizikom (21).

Na distalnom dijelu bedrene kosti mogu se opaziti dva široka valjkasta čvora, gdje se jedan nalazi s medijalne, a drugi s lateralne strane, *condylus medialis et lateralis*. Na obje valjkaste izbočine nalaze se konveksne zglobne ploštine koje služe za artikulaciju s goljeničnom kosti (19). Također, između navedenih zglobnih ploština mogu se pronaći određene razlike. Jedna od razlika je to što se zglobna ploština lateralnoga kondila proteže ravno odostraga prema naprijed, dok ploština medijalnoga kondila zavija oko interkondilarne jame, *fosse intercondylaris*. Sama duboka interkondilarna jama, nalazi se sa stražnje strane te ona razdvaja oba kondila. Gledajući prednju stranu ploština obaju kondila nalazimo zglobna plohu koja služi za zglobni spoj sa sezamskom kosti, *facies patellaris*. Na samim kondilima, s bočne strane nalaze se hrapava izbočenja, *epicondylus medialis et lateralis* koja su potrebna ljudskom organizmu za pripajanje određenih mišića i ligamenata.

Nadalje, zglobne ploštine na kondilima natkoljenične kosti konveksne su u poprečnom te također i u sagitalnom smjeru gdje konveksnost nije u potpunosti jednaka na svim dijelovima. S prednje strane je spomenuta zakrivljenost slabija, dok idući prema straga ona postaje sve jača, drugim riječima radijus zakrivljenosti postaje sve kraći (19). Zatim gledajući od prednjeg dijela plohe prema stražnjem, svaki odsječak ima svoj zasebni radijus i svoj zasebni centar zakrivljenosti te ukoliko nastojimo spojiti sve centre zakrivljenosti u jednu liniju, dobiti će se krivulja zvana evoluta. Rezultat evolute, odnosno same sagitalne zakrivljenosti cijele zglobne ploštine odgovara pojmu evolventa. Također, zglobne plohe na kondilima natkoljenične kosti

izrazito su zakrivljene i u poprečnome smjeru, te zajedno gledajući sa sagitalnim smjerom oni imaju veliku ulogu u mehanici zgloba koljena (19).

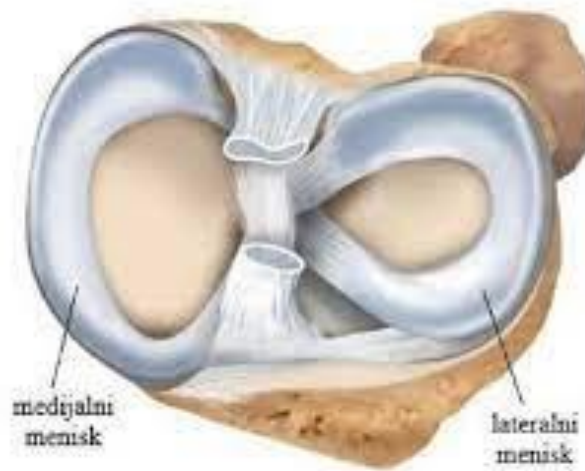
Skelet unutar potkoljenice čine veća goljenična kost ili *tibia* te manja lisna kost ili *fibula*. Lisna kost je znatno tanja od goljenične i nalazi se s lateralne strane potkoljenice. Ona ne sudjeluje izravno u spoju koljenog zgloba, dok se goljenica koja se nalazi s medijalne strane uzglobljava u navedenome zglobu (19). Goljenica je na svom proksimalnome dijelu zadebljala te također čini dva kondila, *condylus medialis et lateralis*. Na gornjem dijelu oba zadebljanja nalaze se zglobne plohe koje služe za zglobni spoj s kondilima na natkoljeničnoj kosti, pod nazivom *facies articulares superiores*. Nalazimo plohu s medijalne strane, koja je sagitalno gledano ovalna i udubljena te zglobnu plohu s lateralne strane koja je uglavnom ravna, no sa stražnje strane konveksna i svojim oblikom podsjeća na trokut (20). Između spomenutih zglobnih ploština, u sredini izdiže se *eminentia intercondylaris* koju čine dvije kvržice ili izbočine, *tuberculum intercondylare mediale* i *tuberculum intercondylare laterale*. Također, s prednje i stražnje strane tih kvržica nalaze se hrapavi, plitki konkaviteti, *area intercondylaris anterior et posterior*, koji služe za pripajanje meniska i određenih dubokih veza koljenog zgloba (19).

S obzirom da zglobna tijela, na obje kosti nisu kongruentna, između su umetnute vezivno hrskavične pločice u obliku srpa, zvane *meniscus medialis et lateralis* (slika 2.). Polumjesečaste su strukture te se kao što je navedeno, nalaze s medijalne i lateralne strane između femoralnog kondila i tibijalnog platoa (10). Oba meniska oblikom podsjećaju na slovo C, gdje je njihov konveksni rub podosta širok te je srastao s zglobnom čahuricom. Unutarnji rub je konkavan te svojom oštrinom podsjeća na oštricu srpa. Također je slobodan te se nalazi na samoj granici kraj ploštine na kojoj se goljenica i natkoljenična kost izravno dodiruju. S obzirom da povećavaju kongruentnost između zglobnih ploha, na taj način povećavaju i poboljšavaju kontakt između zglobnih tijela. Usto smanjuju pritisak na hrskavicu unutar zgloba te pridonose prijenosu opterećenja, stabilnosti i raspodjeli sinovijalne tekućine (10).

Medijalni menisk polukružnoga je oblika te izgledom podsjeća na otvoreno slovo C. Cijelim svojim donjim dijelom vezan je za goljeničnu kost. Njegov prednji kraj hvata se sprijeda u predjelu hrapavog konkaviteta, *area intercondylaris anterior*, dok se njegov stražnji kraj hvata netom iza *eminentie intercondylaris*. U usporedbi s lateralnim meniskom, njegova su hvatišta udaljenija te samim time njegova će pokretljivost biti smanjena, dok su hvatišta lateralnog meniska podosta blizu te je time puno pokretljiviji. Također, medijalni menisk srastao je uz medijalnu kolateralnu vezu koja pojačava zglobnu čahuru i time uvelike ograničuje kretnje

meniska. Suprotno tome, lateralni menisk ima puno manje hvatišta s okolnim strukturama što mu omogućuje bolju pokretljivost (19).

Lateralni menisk također je polumjesečastog oblika te podsjeća na zatvoreno slovo C, u prijevodu gotovo je kružan. Za njega je specifično da je prisutan samo kod čovjeka, jer je u uskoj vezi s razvojem uspravnog stava i posljedičnim promjenama na distalnom dijelu femura i patelofemoralnog zgloba. Distalni, lateralni dio femura evolucijski se promijenio, gdje je kod ostalih primata u sagitalnoj ravnini cirkularnog oblika, a kod ljudi se evolucijski razvio eliptični oblik koji omogućuje punu ekstenziju (10). S prednje strane on se hvata neposredno ispred *eminentie intercondylaris*, dok se sa stražnje strane on hvata na samoj *eminentiji intercondylaris*. Menisci su s prednje strane međusobno povezani s pomoću poprečne veze, *lig. transversum genus*, a osim toga sa stražnjeg dijela lateralnog meniska pruža se i *lig. meniscomemorale posterius*, poznat i kao „Wrisbergov ligament“ koji odlazi sve do medijalnog kondila natkoljениčne kosti (slika 2.) (10).



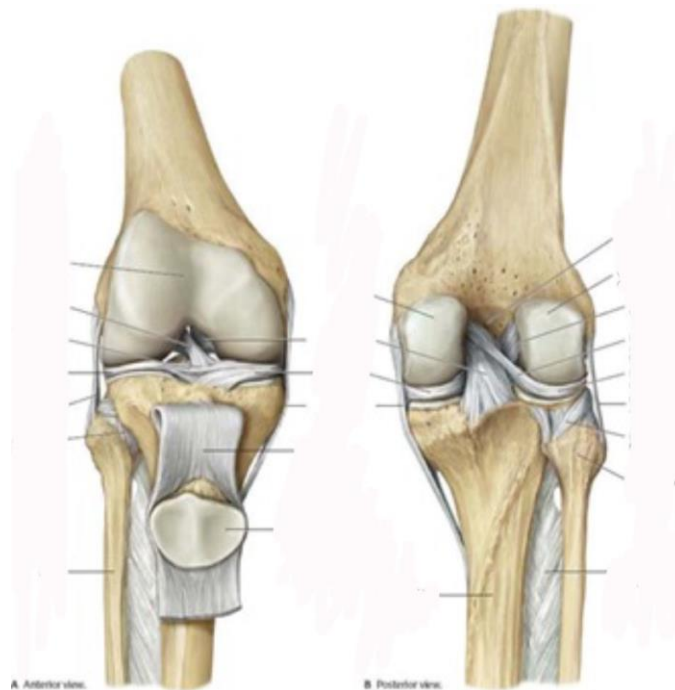
Slika 2. vezivnohrskavične pločice u koljenu

Izvor: <https://repositorij.unizg.hr/islandora/object/fsb%3A10427/datastream/PDF/view>

Kako bismo jednostavnije objasnili mehaniku i pokretanje koljenog zgloba učinjena je podjela na dva dijela, a to su: meniskofemoralni i meniskotibijalni dio. S obzirom da se može razlikovati medijalna i lateralna polovica, tako svaki od njih za sebe predstavlja „jednostavni“ zglob pa ih tako možemo i nazvati. Dakle, u koljenu nalazimo dva meniskofemoralna zgloba, jedan s medijalne, a drugi s lateralne strane i dva meniskotibijalna zgloba, također jedan s medijalne, a drugi s lateralne strane (19).

### 1.3.1.1. Patelofemoralni zglob

Na prednjem dijelu natkoljениčne kosti u području oba kondila nalazi se zglobna ploština koja služi za artikulaciju s iverom, zvana *facies patellaris*. Ona omogućuje da iver može neometano kliziti prilikom pokretanja koljena (slika 3.). Ploha koja služi za uzglobljivanje s iverom izgledom je veoma plitka te je brazdom koja je postavljena u sagitalnom smjeru podijeljena u dva dijela, onaj medijalni i lateralni (19). Lateralni dio je puno veći, dok je medijalni dio manji te nadalje gledajući u smjeru brazde te ploštine postaju konveksne (19).



Slika 3. Prikaz zglobnih ploha patelofemoralnog zgloba

Izvor: <https://doctorlib.info/medical/anatomy/27.html>

S druge strane umetnuta je *patella* te se ona smatra najvećom sezamskom kosti u ljudskome tijelu. Uložena je u tetivu *m. quadricepsa femorisa* te ima bitnu funkciju u mehanici i zaštiti koljenog zgloba. Svojom oblikom podsjeća na trokut, gdje se baza, *basis patellae*, nalazi više kranijalno, dok se vrh, *apex patellae* nalazi kaudalno, odnosno više distalno. Stražnja strana ivera služi za uzglobljivanje s bedrenom kosti te se na njoj nalazi zglobna ploština, *facies articularis* (slika 3.). Zglobna ploština podijeljena je na dva dijela, odnosno na dvije *fasete* od kojih se jedna nalazi s medijalne, a druga s lateralne strane te njima iver klizi po brazdi koja se nalazi na bedrenoj kosti (19). Jedna od spomenutih bitnih funkcija u mehanici koljena je da poboljšava mehaničku funkciju mišića ekstenzora na način da osigurava adekvatan kut prilikom



pokretanja tetive četveroglavog natkoljениčnog mišića prema svome hvatištu (22). Drugim riječima, njegova uloga je da centralizira pojedine sile te na taj način poveća efikasnost kontrakcije mišića. Nadalje, njezina uloga je i da štiti zglob s prednje strane i onemogućuje njegovo oštećenje uslijed djelovanja mehaničke sile na prednji dio zgloba.

#### 1.3.1.2. Zglobna čahura

Općenito, koljeni zglob najveći je zglob ljudskoga tijela te on ima veoma bitnu funkciju u njegovu pokretanju, samim time biti će i složenije građe. Njegova zglobna čahura sastoji se od dvaju dijelova, sinovijalne i fibrozne membrane koja omeđuje i pruža potporu samom zglobo. Fibrozna membrana se na goljениčnoj kosti hvata uz rub gornjeg dijela njegova proksimalnoga okrajka, dok se na natkoljениčnoj kosti hvata iznad zglobne hrskavice. Prije spomenuti epikondili, s kojih polaze određeni mišići i ligamenti, nalaze se izvan same fibrozne membrane te oni u nju nisu uključeni. Nadalje, ligamenti i mišići koji prelaze preko zgloba učvršćuju zglobnu čahuru i time sprječavaju bilo kakva nefiziološka pomicanja.

S unutarnje strane, nalazi se medijalni kolateralni ligament koji je za razliku od lateralnog srasao s fibrozim dijelom zglobne čahure. Medijalni kolateralni ligament, *lig. collaterale tibiale*, predstavlja široku vezivnu traku koja polazi s dva dijela. Prvi duži dio, polazi s medijalnoga epikondila bedrene kosti te se pruža horizontalno sve do *tuberositasa tibie*, odnosno na medijalnu plohu goljениčne kosti (slika 4.). Dok njegov kraći dio također polazi s medijalnoga epikondila, no hvata se na menisk s medijalne strane te ispod njega na kondil goljениčne kosti (19).

S druge strane, usporedno s medijalnom kolateralnom svezom, nalazi se lateralna kolateralna sveza, zvana *lig. collaterale fibulare*. Ona nije srasla s zglobnom čahurom te polazi s lateralnoga epikondila *femura* i hvata se na glavicu lisne kosti (slika 4.).

Kolateralne veze zategnute su kada je koljeno ispruženo, primjerice kod uspravnoga stava te time osiguravaju zglob u ekstenziji. Kako je koljeno „zakočeno“ u tome položaju onemogućene su kretanje unutarnje i vanjske rotacije te adukcije i abdukcije, jer se ligamenti nalaze s bočnih strana zgloba (19). Sama mehanika koljenog zgloba, uloga pasivnih i aktivnih stabilizatora tokom pokretanje biti će detaljnije opisana u poglavlju 1.3.2. Biomehanika koljenog zgloba.

Kako je koljeni zglob učvršćen sa sviju strana, tako s prednje strane nalazimo spljoštenu, debelu i 2-3 cm široku vezu koja se pruža od ivera pa sve do *tuberositasa tibie*. Zapravo, ta veza je

produžetak tetive četveroglavog bedrenog mišića, pod nazivom, *lig. patellae*. Prilikom ispružanja koljena ona se može čak i vidjeti te napipati (19).

Također, sa obiju strana *lig. patellae* nalaze se vanjski dijelovi tetive četveroglavog bedrenog mišića, *retinaculum patellae mediale et laterale*. Pružaju se sve do kondila tibije te također nastoje poduprijeti iver da stoji u svojoj poziciji tokom pokretanja koljena.

Isto tako, koljeni je zglob pojačan i sa stražnje strane, pa tako postoji *lig. popliteum obliquum*, kojem se vlakna pružaju u kosom smjeru. Njegova bitna funkcija je dakle da pojačava zglobnu čahuru sa stražnjega dijela te se smatra produžetkom tetive *m. semimembranosus*, odnosno jednog od mišića stražnje strane natkoljenice (19).

U posljednje vrijeme, kako se sport sve više razvija, tako se razvija i sportska medicina koja kao grana medicine nastoji čim više pomoći sportašu ka ostvarivanju svojih ciljeva. Samim time, došlo je do puno boljeg poznavanja funkcionalne anatomije, biomehanike i kinematike zglobova te se u slučaju koljena uočila velika važnost prednjih i stražnjih križnih ligamenata, *anterior et posterior cruciate lig.* (10). Križni ligamenti unutar koljena tako se nazivaju zbog toga što su međusobno ukriženi te su njihova vlakna spiralno zavijena (20). Oni imaju veliku ulogu u stabilnosti koljena i to ne samo u sagitalnoj ravnini već u svim ravninama pokretanja. Također, osiguravaju djelomično klizanje i valjanje zglobnih tijela (10).

Prednji križni ligament, *lig. cruciatum anterius*, polazi s unutrašnjeg dijela lateralnoga kondila natkoljenične kosti, a zatim se pruža koso prema naprijed te dolje i medijalno, dok hvatište mu predstavlja *area intercondylaris anterior* na goljeničnoj kosti (slika 4.). U njegovoj građi razlikujemo dva snopa, anteromedijalni koji više stabilizira koljeno u sagitalnoj ravnini. Također i posterolateralni koji stabilizira koljeno više u transverzalnoj ravnini, u prijevodu oba sprječavaju rotacijsku nestabilnost (10). Naravno njegova dva snopa konstantno su napeta, no u određenim položajevima se jedan djelomično zateže, a drugi djelomično opušta. S obzirom na to, kada se koljeno ispruži, posterolateralni snop se više zategne, dok anteromedijalni snop postaje umjereno labav. Obrnuto tome, prilikom pregibanja koljena anteromedijalni snop se zateže više, dok se posterolateralni djelomično opušta (23).

Stražnji križni ligament, *lig. cruciatum posterius*, započinje s unutrašnjeg dijela medijalnoga kondila *femura* te se također pruža koso prema dolje, no on odlazi straga i lateralno (slika 4.). Podosta je kraći od prednjeg križnog ligamenta te se hvata na *aree intercondylaris posterior* (19). Također, s obzirom na pružanje njegovih vlakana ograničavati će pokret pregibanja koljena.



Slika 4. Prikaz ligamenata unutar koljenog zgloba

Izvor: <https://repositorij.unizg.hr/islandora/object/fsb:8463/datastream/PDF/view>

Naveli smo kako se zglobna čahura sastoji od svog fibroznog i sinovijalnog dijela, gdje se sama *membrana synovialis* pruža usporedo s fibroznim dijelom zglobne čahure. Također, ona se nalazi unutar većine struktura koljenog zgloba, pa tako oblaže i križne ligamente, dok određene strukture poput zglobnih ploha i meniska ne oblaže (20). Ispod *lig. patellae* te također ispod ivera, nalazimo *corpus adiposum infrapatellare*, odnosno nakupinu masnoga tkiva. Uloga masnoga tkiva je da stabilizira sezamsku kost tokom pokretanja te da štiti koljeni zglob od određenih mehaničkih udaraca u tome predjelu (24).

Također, jako bitnu funkciju unutar koljenog zgloba imaju i sluzne vreće, *bursae synoviales*. Općenito, to su vrećaste tvorbe koje se smještaju između kosti i tetive mišića te na taj način omogućuju smanjenje trenja između tih dviju struktura prilikom pomicanja (20). U koljenu ih ima mnogo, upravo zbog toga što je koljeno pod stalnim utjecajem sila tokom hodanja. Postoje one koje su u stalnoj komunikaciji s zglobnom šupljinom i one koje rijetko kada ili gotovo nikada ne komuniciraju s njom. Glavna sluzna vreća koja gotovo konstantno komunicira s zglobnom šupljinom naziva se *bursae suprapatellaris*, koja se nalazi tik iznad sezamske kosti. Ostale sluzne vreće nalaze se dijelom na prednjoj strani zgloba te također dijelom i na stražnjoj strani između mišića i unutar zglobnih struktura (19).

### 1.3.2. Aktivni stabilizatori koljenog zgloba

Koljeni zglob, kao i svaki drugi zglob, uz svoje pasivne stabilizatore sadrži i one aktivne. Aktivni stabilizatori unutar zglobova su mišići, gdje oni svojim kontrakcijama tokom pokretanja zgloba sprječavaju njegovo izvrtanje. Gledajući koljeni zglob, on je okružen svojim aktivnim stabilizatorima sa svih strana. Sa stražnje strane nalazi se mali mišić, *m. popliteus* koji bez obzira na svoju veličinu ima bitnu funkciju u stabilizaciji koljena tokom njegova pokretanja (25). Zatim, mišići koji se nalaze sa stražnje strane natkoljenice, a zglobu svojim tetivama pristupaju medijalnu su *m. semimembranosus*, *m. semitendinosus*, *medijalna glava m. gastrocnemiusa*, *m. gracilis* te *m. sartorius* (slika 5.). Nadalje, mišiće s lateralne strane zgloba predstavljaju *m. biceps femoris*, *m. plantaris*, *m. tensor fasciae latae* te *lateralna glava m. gastrocnemiusa*. Dok svojom površinom najveći mišić, *m. quadriceps femoris*, koljenom zglobu pristupa s prednje strane (19).

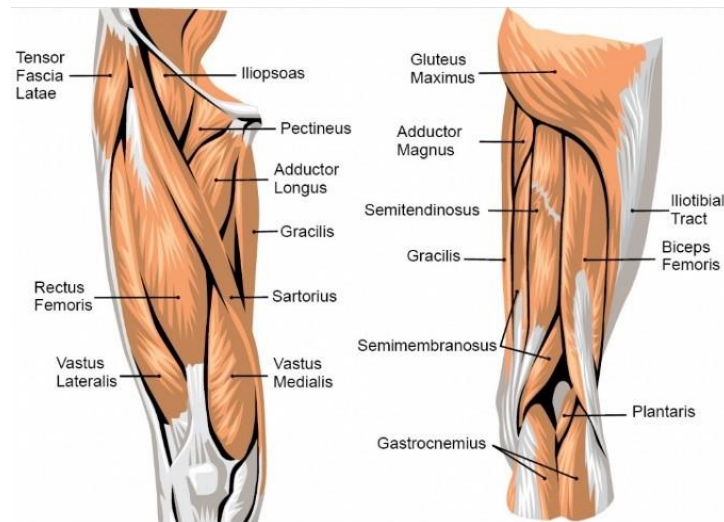
#### 1.3.2.1. Četveroglavi mišić natkoljenice

*M. quadriceps femoris*, mišić je koljenog zgloba koji svojom kontrakcijom izvodi pokret ispružanja, odnosno ekstenzije, dok jedna od njegovih glava izvodi i pokret fleksije unutar zgloba kuka. Navedeni pokreti odgovaraju uspravnom stavu ljudskoga tijela te je stoga i sam mišić sukladno *m. gluteusu maximusu*, jako razvijen. Svojom građom vrlo je voluminozan i snažan mišić te koljenom zglobu pristupa s prednje strane (19). Sastoji se od četiri glave koje nazivamo mišićima: *m. rectus femoris*, *m. vastus medialis*, *m. vastus lateralis* te *m. vastus intermedius* (slika 5.).

*M. rectus femoris*, mišić je koji uz to što prelazi preko zgloba koljena, također prelazi i preko zgloba kuka. Njegovim polazištem smatra se SIAI te je jedini mišić koji ne polazi s natkoljenične kosti. Nadalje se, svojom perastom građom, pruža distalno prema iveru gdje se zajedno s ostalim glavama udružuje u zajedničku tetivu (19).

Ostale tri glave polaze s natkoljenične kosti, gdje medijalna glava polazi s *labium mediale lineae asperae*, a lateralna s *labium laterale lineae asperae*. Posljednja, ali ne i manje bitna glava, *m. vastus intermedius*, počinje s prednje i lateralne površine na trupu bedrene kosti.

Sve glave zajedno čine tetivu unutar koje je uložen iver, kao sezamska kost. Sama tetiva pruža se prema distalno te se hvata na *tuberositas tibiae*, a njen krajnji odsječak naziva se *lig. patellae* (19).



Slika 5. Prikaz aktivnih stabilizatora koljenog zgloba

Izvor: <https://archviewclinic.ie/patellofemoral-pain-syndrome-pfps/knee-muscle-anatomy/>

### 1.3.3. Biomehanika koljenog zgloba

Unutar koljenog zgloba moguće su kretnje fleksije i ekstenzije, što je tipično za kutne zglobove te rotacije prema unutra i prema van, koje su karakteristične za obrtne zglobove. S obzirom na to zglob je njihova kombinacija te ga stoga po svojoj funkciji nazivamo *art. trochoginglymus* (19).

Fleksija i ekstenzija, kretnje su koje se izvode oko poprečne osi koja prolazi kroz kondile bedrene kosti. Fleksija je kretnja koja se izvodi u posteriornome smjeru, gdje je tokom mjerenja potrebno u potpunosti flektirati zglob kuka, kako bi izbjegli ograničenja opsega pokreta, zbog napetosti *m. rectus femoris* (26). Opseg pokreta fleksije trebao prosječno iznosi 140°. Suprotno tome, ekstenzija je kretnja koja se izvodi u anteriornome smjeru sve do pozicije kada je noga u potpunosti ispružena. Kut koji potkoljenica čini s bedrom iznosi 180°, odnosno možemo također reći da je to 0° fleksije. Prilikom mjerenja zglob kuka ne smije biti u fleksiji kako bi izbjegli napetost mišića stražnje lože (26).

Nadalje, ukoliko je koljeno u položaju ekstenzije, dolazi do zatezanja *lig. collateralia* i time koljeno postaje „zaključano“, odnosno kretnje rotacija više nisu moguće. Dok ukoliko je koljeno u položaju fleksije, kolateralni ligamenti postaju opušteni jer se tada nalaze na stražnjoj strani kondila bedrene kosti gdje je radijus zakrivljenosti kraći i inercije su im bliže. Time se omogućuju pokreti rotacija prema unutra i prema van oko uzdužne osi (26). Rotacije se

uglavnom izvode u meniskotibijalnim zglobovima, gdje maksimalna ekscurzija za unutarnju rotaciju iznosi 10°, a za vanjsku rotaciju iznosi 40°. Također, obje kretnje ograničene su zatezanjem kolateralnih ligamenata (19).

Prilikom opisivanja pokreta unutar koljenog zgloba, potrebno je malo detaljnije opisati ponašanje zglobnih tijela te zglobnih struktura tokom kretanja. U početku fleksiju obilježava to što dolazi istodobno do obrtanja te to nazivamo početnom rotacijom. Početna rotacija se odnosi na rotaciju potkoljenice prema unutra i to u jako malom opsegu. Ukoliko fleksiju izvodimo u zatvorenom kinetičkom lancu, odnosno da flectiramo potkoljenicu na nozi na kojoj stojimo, dolazi do kretanje u natkoljenici, gdje natkoljenica odlazi u vanjsku rotaciju. Početnom rotacijom olabave se strukture, koje su bile zategnute tokom ekstenzije i tada je koljeno „otkočeno“, drugim riječima pokretljivost mu se uvelike povećava (19).

Također, prilikom izvođenja pokreta fleksije, dolazi do karakterističnih pomicanja zglobnih tijela, koje opisujemo kao valjanje i klizanje. Opisujemo ih zbog toga što se time lakše može shvatiti pomicanje zglobnih tijela tokom pokretanja. Ukoliko pratimo pomicanje bedrene kosti nad goljeničnom koja miruje, kondili natkoljenične kosti se tokom fleksije valjaju prema natrag po ploštinama goljenice. Pritom, oni kližu u suprotnome smjeru, gdje to možemo usporediti s kotačima koji se na zaleđenome tlu vrte u mjestu (19).

Zatim, kada potkoljenica dođe do krajnjeg položaja fleksije, odnosno kada se iz tog položaja nastoji ispružiti događa se suprotno. Kondili bedrene kosti valjaju se prema naprijed, a kližu prema natrag, dok u zadnjoj fazi ispružanja dolazi do vanjske rotacije goljenice ili unutarnje rotacije bedrene kosti ukoliko je goljenica učvršćena. Taj krajnji položaj naziva se završna rotacija te u tom položaju sam koljeni zglob je „zakočen“ (19).

Gledajući i prateći vezivnohrskavične pločice, odnosno strukture koje se nalaze unutar zgloba, pri fleksiji se oni pomiču prema natrag, a pri ekstenziji odlaze naprijed (19).

Također, prilikom pokretanja potrebno je opisati i gibanje unutar patelofemoralnoga zgloba. Prilikom pregibanja i ispružanja, naravno dolazi i do pomicanja ivera, koji se pomiče prema gore i dolje, odnosno u kranio – kaudalnom smjeru. Kada je zglob ispružen iver odlazi prema gore, dok pri fleksiji on kliže prema dolje gdje prekriva međučvornu jamu. Sva ta pomicanja sezamske kosti omogućuje *bursae suprapatellaris*, odnosno sluzna vreća koja se nalazi iznad ivera te je u stalnoj komunikaciji s zglobovom koljena (19).

#### *1.4. Mišićna kontrakcija*

Mišići koji sudjeluju u izvođenju kretnji unutar koljenog zgloba pod svjetlosnim mikroskopom građeni su od cilindričnih mišićnih stanica s brojnim miofibrilama u sarkoplazmi. Njihova struktura i građa daje efekt poprečne ispruganosti te ga time nazivamo poprečnoprugastim mišićnim tkivom. Građeno je od dugačkih mišićnih stanica koje su cilindričnog oblika te su time dobile naziv mišićno vlakno (27). Mišićno vlakno je na svojim krajevima povezano s tetivom, te se svako od njih pruža od tetive do tetive, gdje se tetive spajaju s kosti. Na vanjskom dijelu mišićnog vlakna nalazimo staničnu membranu ili sarkolemu, koja je građena od dvaju slojeva, unutrašnjeg i vanjskog. Unutar stanične membrane nalazi se sarkoplazma, mitohondriji i brojne jezgre. Dok se unutar sarkoplazme paralelno pružaju mišićna vlakanca ili miofibrile koje su građene od tankih aktinskih niti i debelih miozinskih niti. One su organizirane u sarkomere te su nam bitne za izvođenje mišićne kontrakcije. Također, miofibrile su okružene mrežom sarkoplazmatskog retikuluma i sustavom T tubula (27).

Sam mehanizam kontrakcije započinje iz stanja relaksacije, zatim se ATP energija veže na miozinske glavice, dok se na aktinskom mjestu za miozin nalazi TnI, te se miozinska glavica ne može povezati sa aktinom. Nadalje, kada dolazi do otpuštanja kalcija, dolazi do njegova vezanja za TnC koji mijenja strukturu troponinskih segmenata i oslobađa se mjesto za miozin. Miozinska se glavica tada hvata za taj dio i otpušta energiju, dolazi do deformacije štapićastog dijela miozina te zatim dolazi do povlačenja aktina. Pri završetku dolazi do toga da se za miozinske glavice ponovno hvata ATP i dolazi do otpuštanja kalcija natrag u sarkoplazmatski retikulum.

Pojam mišićne kontrakcije označuje kontrakcije koje su brze, snažne, isprekidane i obično su pod utjecajem vlastite volje. One nastaju međusobnim djelovanjem tankih aktinskih te debelih miozinskih filamenata, odnosno dolazi do njihova „klizanja“.

Motorne živčane stanice inerviraju skeletno mišićje čiji se trup nalazi u središnjem živčanom sustavu. Nadalje, živčano vlakno dolazi do mišića te se razgranjuje i time svaka grana inervira jedno mišićno vlakno. Broj ogranaka ovisiti će o tome koliko tih mišićnih vlakana inervira jedna živčana stanica, gdje sva mišićna vlakna koja su inervirana od strane jedne živčane stanice tvore motoričku jedinicu. Motorička jedinica radi po zakonu „sve ili ništa“, što bi govorilo u prilog tome da će živčani impuls dovesti do kontrakcije svih vlakana jedne motoričke jedinice. Snaga mišića biti će razmjerna broju aktiviranih motoričkih jedinica, gdje valja napomenuti da se nikada ne mogu kontrahirati kompletno sve motorne jedinice, već dolazi do kontrakcije samo

u njih 80%, dok ostalih 20% predstavlja obrambeni mehanizam organizma. Kompletno sve motorne jedinice, odnosno njih 100% biti će aktivirano jedino uslijed djelovanja nekog straha ili panike (22). Također, sam broj mišićnih vlakana unutar jedne motorne jedinice ovisiti će i o funkciji mišića, gdje ukoliko gledamo primjerice mišića oka oni imaju malo mišićnih vlakana unutar jedne motorne jedinice i time će njihovo pokretanje biti precizno, ali podosta slabo. Suprotno tome, *m. quadriceps femoris*, mišić je koji unutar jedne motorne jedinice ima jako puno mišićnih vlakana te mu to omogućuje snažnu kontrakciju, no ta kontrakcija će biti neprecizna (22).

Nadalje, ima puno segmenata koji će utjecati na mišićnu snagu, odnosno na sposobnost svladavanja različitog otpora, a to su: zamor mišića, izduženost mišića, zagrijanost mišića te vrsta mišićnih vlakana.

Gledajući vrstu mišićnih vlakana razlikujemo crvena ili mišićna vlakna tipa I te bijela mišićna vlakna tipa II. Crvena mišićna vlakna, sporu su vlakna koja imaju mnogo mitohondrija te su bogati sarkoplazmom koja sadržava mioglobin. Takva vlakna su crvena upravo iz tog razloga jer imaju puno mioglobina koji im daje tamnocrvenu boju, a njegova je funkcija da za sebe veže kisik. S obzirom da su to vlakna koja su aktivna prilikom aktivnosti koje zahtijevaju izdržljivost te njihova kontrakcija nije snažna već može duže trajati, nazivamo ih „mišićima za maraton“ (28).

Bijela mišićna vlakna su vlakna koja se brzo kontrahiraju, ali isto tako i brzo umaraju. Sadržavaju manje mitohondrija i mioglobina te su stoga svijetlije boje od ovih prethodnih. Između bijelih mišićnih vlakana razlikujemo one tipa IIa, tipa IIb i tipa IIx, gdje su ona tipa IIa najmanje osjetljiva na zamor mišića. Vlakna tipa IIx su brža od njih te se smatraju najbržim vlaknima u ljudskome tijelu, ali nisu toliko otporna na zamor (22).

Nije čak ni svaka kontrakcija ista, odnosno ne mora u svakome od pokreta doći do pomicanja i približavanja mišićnih hvatišta. S obzirom na to, razlikujemo izotoničku mišićnu kontrakciju u kojoj dolazi do promjene duljine mišića, a nju bi podijelili na koncentričnu i ekscentričnu kontrakciju. Kod koncentrične kontrakcije dolazi do skraćivanja mišića, odnosno približavanja mišićnih hvatišta, dok kod ekscentrične kontrakcije dolazi do njegovog produljenja, odnosno udaljavanja mišićnih hvatišta. Nadalje, razlikujemo i izometričku mišićnu kontrakciju ili drugim riječima statičku kontrakciju mišića u kojoj se samo povećava mišićni tonus, a njegova se duljina ne mijenja (27).



U slučaju izometričke mišićne kontrakcije, sila otpora jednaka je snazi kontrakcije mišića te se taj određeni dio tijela zadržava u tom položaju. Ukoliko se sila otpora poveća, potrebno je povećati i snagu kontrakcije mišića da bi se dio tijela i dalje održao u tome položaju (22).

### *1.5. Propriocepcija i balans*

Pod pojmom propriocepcija podrazumijevamo osjet koja nam omogućuje doživljavanje određenih položaja, pokreta te djelovanja cijeloga tijela u prostoru. Osjeti nam dolaze iz određenih osjetnih receptora koji se mogu nalaziti unutar zglobova, mišića, u koži pa čak i u središnjem živčanom sustavu (29). S obzirom na položaj tijela u prostoru te ovisno koji pokret želimo izvesti, proprioceptori to registriraju te prosljeđuju informaciju koja nam omogućuje da pokret bude kontroliran i precizan. Također, propriocepcija nam je jako bitna kod motoričkog učenja pokreta te kod prevencije ozljeda, zbog toga što je njome tijelu omogućeno da se kontrolira položaj za njegovo optimalno kretanje.

Kao što je navedeno, proprioceptori se nalaze unutar mišića, pa čak i unutar tetiva gdje izazivaju duboke osjete, odnosno osjete napetosti unutar struktura, osjet smjera pokreta i opsega kretanja. Pa tako razlikujemo, mišićno vreteno koje se nalazi unutar mišića te Golgijev tetivni organ koji je smješten u tetivi blizu mjesta gdje se spajaju mišićno tetivna vlakna (27).

Propriocepcija je općenito širok pojam te je stoga podijeljena u svoja tri aspekta. To su: agilnost, balans i koordinacija, odnosno poznato po nazivu „ABC propriocepcije“ (30). Što se tiče agilnosti, ona podrazumijeva sposobnost kontrole smjera tijela prilikom izvođenja brzih i snažnih pokreta. Balans bi označavao sposobnost tijela da održava tijelo u željenom položaju te da se time suprotstavi sili gravitacije. Dok se sposobnost tijela da upravlja pokretima određenih dijelova tijela ili cijeloga tijela, a usto se manifestira brзом i preciznom izvedbom složenih motoričkih zadataka naziva koordinacija (31).

Gledajući balans, da bi bio čim bolji potrebno je normalno i usklađeno funkcioniranje senzomotornoga sustava te maloga mozga (27). Pod senzomotorni sustav podrazumijevamo optički, akustični i vestibularni put. Za mali mozak bitno je reći da je dio središnjeg živčanog sustava te da njegova funkcija nije ključna samo u ravnoteži. Mali mozak bitan je također i kod usklađivanja mišićnog tonusa, fine motorike te pripomaže u koordinaciji pokreta (20).

Svaki od aspekata koji je bitan za normalan balans i ravnotežu te za propriocepciju detaljnije će biti objašnjen u sljedećim poglavljima.

### *1.5.1 Proprioceptori u mišiću i tetivi*

Proprioceptori su živčani završeci koji se nalaze unutar zglobova, mišića, tetiva i ligamenata. Oni prilikom primanja podražaja reagiraju na način da šalju informacije o položaju tijela u središnji živčani sustav. Zatim, mozak i leđna moždina obrade te informacije te šalju „naredbu“ strukturama unutar lokomotornog sustava da izvedu pokret. Oni mozgu šalju informaciju o osjetu napetosti mišića i tetiva, osjetu smjera i opsega kretanja te o osjetu položaja dijelova tijela u prostoru (27).

Dvije vrste proprioceptora koje su izrazito bitne kod uspostavljanja normalne ravnoteže i proprioceptije su mišićno vreteno i Golgijev tetivni organ.

#### *1.5.1.1. Mišićno vreteno*

Mišićno vreteno predstavlja duboki receptor za osjet napetosti u mišiću koja se mijenja sukladno kontrakciji mišićnih vlakana (27). Vretenastog je oblika te se nalazi unutar cijelog mišićnog trbuha između mišićnih vlakana, gdje će broj samih mišićnih vretena ovisiti o tipu mišićnoga tkiva. Unutar mišića koji izvode brze i precizne pokrete naravno, ima ih puno više, dok ih unutar posturalnih, toničkih mišića ima manje. Njihova funkcija da registriraju svaku promjenu dužine i napetosti mišića je u potpunosti ispod razine svijesti te su oni neophodni za pravilno povezivanje mišića i središnjeg živčanog sustava (27).

Stimuliranjem mišićnog vretena izaziva se kontrakcija mišića agonista, koji je istegnut te se istovremeno inhibira funkcija antagonista (miotatski refleks, refleks na istezanje mišića).

Zahvaljujući njegovoj funkciji mišić se kontrahira točno kako zahtijeva određena situacija, pa tako primjerice kad bi podigli praznu ili punu čašu, mišićna kontrakcija biti će različita. U suprotnome, da je došlo do njegove disfunkcije, mišići će se kontrahirati, no ta kontrakcija biti će nesvršishodna (27).

### 1.5.1.2. Golgijev tetivni organ

Golgijev tetivni organ ili tetivno vreteno je proprioceptor kojeg nalazimo u tetivi, odnosno u blizini spoja s mišićem. Sastoji se od malih snopova kolagenih vlakana koji su obavijeni tankom ovojnicom. Za razliku od mišićnog vretena on je smješten serijski u odnosu na mišićna vlakna, dok je mišićno vreteno smješteno usporedo s njima (27).

Tetivno vreteno je inervirano senzibilnim živčanim vlaknima te reagira na istezanje tetive koje se događa prilikom kontrakcije mišića i time će središnjem živčanom sustavu poslati informaciju o napetosti u mišiću. Nadalje, što je kontrakcija mišića agonista snažnija to je istezanje i pritom stimulacija Golgijevog tetivnog organa veća.

### 1.5.2. Osjetni putovi

Osjetni putovi izgrađeni su od sustava koji čine živčane stanice i živčana vlakna, gdje se tim putovima prenosi podražaj s periferije u veliki mozak. Prilikom prenošenja signala, odnosno podražaja duž sustava neurona on se prenosi s jednoga na drugi neuron poput štafete, dok bi mjesto predaje živčanog impulsa predstavljala sinapsa (20). Od osjetnih putova razlikujemo nespecifične i specifične koji su nam bitni za ravnotežu, posebno optički, akustični i vestibularni put.

#### 1.5.2.1. Vidni ili optički put

Vidni put provodi podražaj od mrežnice unutar oka sve do primarnog vidnog područja koje se nalazi u kori velikoga mozga. Unutar mrežnice nalaze se tri prva neurona, redom fotoreceptivne stanice, bipolarne stanice i velike multipolarne stanice iz kojih izlaze vlakna kao *n. opticus*, nadalje se živac križa u području bijele pločice i oblikuje dva snopa, *tractus opticus*. Snopovi zatim završavaju na stanicama četvrtih neurona, od kojih dio vlakana uzlazi do gornjeg kolikikula srednjega mozga te čini refleksno vidno središte. Ono je odgovorno za nesvjesne pokrete glave i vrata na svjetlost. Drugi dio vlakna sa stanica četvrtih neurona oblikuje snop, *radiatio optica* koji prenosi podražaje do primarnog vidnog područja koje se nalazi u zatiljnome režnju velikoga mozga (20).

Vidno središte i susjedno asocijativno područje omogućuje vid i razumijevanje onoga što vidimo, a time nam je bitan za uspostavu normalne ravnoteže i propriocepcije.

#### 1.5.2.2. Slušni ili akustični put

Slušni put provodi podražaj od Cortijeva organa koji se nalazi u pužnici unutrašnjeg uha, sve do primarnog slušnog područja koje se nalazi u kori sljepoočnoga režnja velikoga mozga. Trup prvoga neurona se nalazi u spiralnome gangliju u modiolusu pužnice. Zatim se podražaj putem perifernog vlakna provodi od receptora do ganglija, a središnje vlakno čini osmi moždani živac, *n. statoacusticus* (20).

U ovome slučaju, bitno nam je unutarnje uho, *auris interna*, u kojem se nalaze osjetila za sluh te osjetilo za ravnotežu.

#### 1.5.2.3. Vestibularni ili statički put

Vestibularni put značajan je po tome što prenosi osjet ravnoteže. Vestibularni ganglij čine stanice prvih neurona te se on nalazi na samom dnu unutrašnjeg slušnog hodnika. Prvi neuroni također imaju svoje aksone koji tvore *n. statoacusticus* te on sam provodi podražaj do drugih neurona unutar mosta i produljene moždine. Unutar kore maloga mozga završavaju aksoni drugih neurona (20).

#### 1.5.3. Mali mozak

Mali mozak, *cerebellum*, nalazi se ispod stražnjega dijela velikoga mozga, te je oblikom dosta sličan velikome mozgu. Građen je od dvije simetrične polutke, *hemispheria cerebelli*, i na središnji neparni dio, *vermis cerebelli*. Za razliku od velikoga mozga, njegovu površinu čini siva tvar koja se naziva korom maloga mozga, dok gledajući u dubinu, tu se nalazi bijela tvar. Funkcionalno, on nam sudjeluje u usklađivanju mišićnoga tonusa, uspostavlja finu motoriku, pripomaže u koordinaciji pokreta i regulira ravnotežu (20).

## 1.2. FIFA 11+ preventivni program

S obzirom na visoki postotak ozljeda krovna nogometna organizacija izdala je svoj preventivni program nazvan FIFA 11+. Ovaj program uključuje posebne vježbe kojima se nastoji poboljšati balans, unaprijediti sposobnost skokova i doskoka te se nastoji povećati snaga mišića. Samim time, dolazi do smanjenja rizika od ozljeda jer ukoliko je prisutna slabost mišića i nestabilnost zglobova rizik se povećava (15).

Povećanjem mišićne snage, poboljšanjem statičke i dinamičke stabilnosti sportaša smanjuje se rizik od ozljeda tako što otežano dolazi do oštećenja i uganuća zgloba. Također, dolazi do značajnog jačanja mišića stražnje strane natkoljenice, odnosno mišića pregibača potkoljenice, gdje se time smanjuje mogućnost istegnuća samih mišića i mogućnosti ligamentarnih ozljeda donjih ekstremiteta (16).

2016. godine provedeno je određeno istraživanje koje je proučavalo i analiziralo 6 studija o spomenutom preventivnom programu i njegovom utjecaju na rizik od ozljeda (17). Dokazali su da program ima veliki utjecaj na smanjenje rizika od ozljeda u nogometu za čak 39%. Rizik od ozljeda gležnja se smanjuje za 32%, zatim za ozljede koljena 48%, za ozljede u području prepone i kuka 41% te kod ozljeda stražnje lože za 60% (17). Također, istraživanje koje su proveli Bizzini M. i sur. dokazuju da ženske mlade momčadi koje izvode FIFA 11+ preventivni program minimalno dva puta tjedno imaju 29% manje ozljeda tokom utakmica i 37% manje ozljeda tokom nogometnih treninga (18)

Vježbe koje FIFA 11+ preventivni program uključuje izvode se sveukupno 20 minuta, gdje se u početku treninga izvode vježbe trčanja u trajanju od 10 minuta. Vježbama trčanja nastojimo aktivirati kardiovaskularni sustav, ubrzati frekvenciju disanja i frekvenciju rada srca, odnosno zagrijati sportaša za sportsku aktivnost. Zatim nakon trčanja ili nakon treninga provode se vježbe snage, vježbe jačanja trupa, jačanja donjih ekstremiteta te vježbe skokova i balansa, također u trajanju od 10 minuta. Sam program je vrlo jednostavan, potrebno je malo vremena za njegovo provođenje i nije potrebna nikakva posebna oprema, osim lopti i štapova koji se koriste za oznaku teritorija (17)

Nadalje, istraživanje će se provesti s ciljem ispitivanja utjecaja FIFA 11+ preventivnoga programa na balans te na izometričku snagu mišića ekstenzora koljenog zgloba kojeg čini *m. quadriceps femoris*, zbog velikog utjecaja tih segmenata na rizik od ozljeda kod nogometaša (15). Također je cilj širiti saznanja o utjecaju samoga preventivnoga programa na nastanak ozljeda, zbog toga što mnogi klubovi u današnje vrijeme posebice oni amaterski ne pridaju

veliku pažnju samoj prevenciji. Stoga se povećava broj ozlijeđenih igrača i time se pogoršavaju sportski rezultati momčadi, kao i financijski trošak igrača zbog njegovog odlaska na rehabilitaciju.

## 2. CILJEVI I HIPOTEZE

Ciljevi ove studije su:

C1: Ispitati utjecaj FIFA 11+ preventivnoga programa na izometričku snagu ekstenzora koljenog zgloba kod nogometaša

C2: Ispitati utjecaj FIFA 11+ preventivnoga programa na balans nogometaša

S obzirom na postavljene ciljeve, definirane su sljedeće hipoteze:

H1: FIFA 11+ preventivni program povećava izometričku snagu ekstenzora koljenog zgloba kod nogometaša

H2: FIFA 11+ preventivni program poboljšava balans kod nogometaša

## 3. ISPITANICI I METODE

### 3.1. Ispitanici

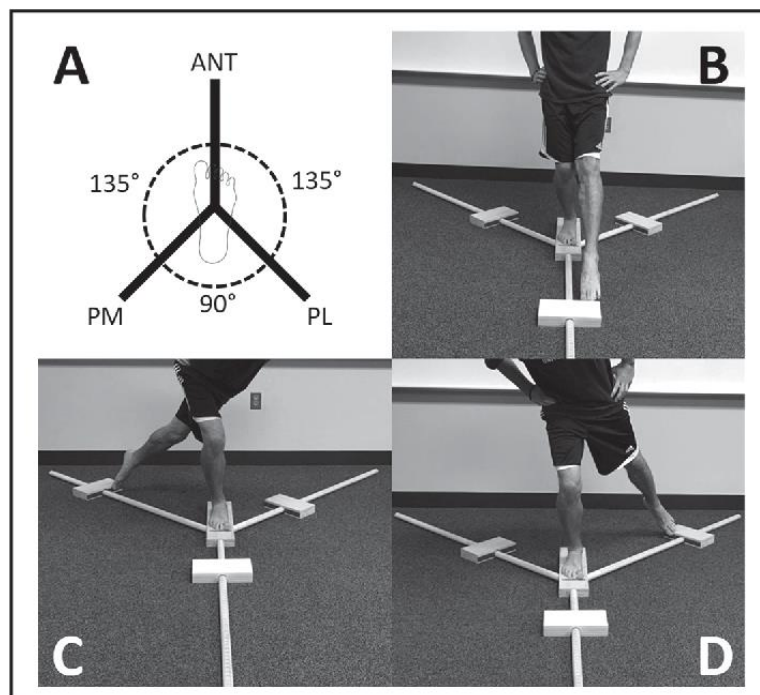
Ispitanici u istraživanju muški su igrači Nogometnog kluba „Orijet“, oni koji pripadaju seniorskoj dobnoj skupini (od 18 do 35 godina). U istraživanju se koristio prigodan uzorak od 25 igrača, te se cjelokupna provedba istraživanja provodila u prostorima Nogometnog kluba „Orijet“, odnosno na stadionu „Krimeja“. Prvo mjerenje provodilo se prije početka programa, dok se završno mjerenje provelo nakon dva tjedna, koliko se i sam FIFA 11+ program provodio.

### 3.2. Postupak i instrumentarij

Prije samoga mjerenja od ispitanika su uzeti osnovni podatci o visini, masi, BMI, nedavnim ozljedama, vremenu bavljenja sportom, zatim podatci o dominantnoj nozi te su im uzete mjere duljine donjih udova. S pomoću centimetarske vrpce odredila se duljina njihovih donjih udova i to tako da je ispitaniku noga ispružena u ležećem supiniranom položaju te je izmjerena udaljenost od *Spine Iliace Anterior Superior* (SIAS) sve do vrha *malleolus medialis tibiae*.

Kod mjerenja balansa koristio se y-balans test. Y-balans test (YBT) je podosta jednostavno testiranje kojim se koristimo ukoliko želimo izmjeriti dinamičku ravnotežu te nam uvelike

ukazuje na rizik od nastanka ozljede osobe. YBT zahtijeva od osobe da stoji i balansira na jednoj nozi, dok drugom nogom doseže što je više moguće u smjeru prema naprijed, zatim posteromedijalno i posterolateralno. Test ne zahtijeva posebnu opremu, već su dovoljne tri centimetarske vrpce koje se postavljaju na tlo, gdje je kut između dvije stražnje vrpce  $90^\circ$ , a kut između prednje centimetarske vrpce i stražnjih  $135^\circ$  sa svakom posebno (slika 6.). Bitne stavke tokom izvođenja testa su da ispitanik položi ruke na kukove te se spušta u koljenu stajne noge, dok suprotnom nogom odlazi što je više moguće prema napomenutom smjeru, a da je pritom stajna noga cijelom svojom površinom na podlozi. Kada se odlazi prema naprijed potrebno je da stopalo stajne noge bude iza sredine svih triju vrpca, dok kad se odlazi prema natrag stopalo je ispred sredine traka. Tokom izvođenja testa ispitanik ukoliko je pao, odnosno izgubio balans pokušaj je okarakteriziran kao neuspješan. Iz dobivenih rezultata izračunala se apsolutna udaljenost doseganja u centimetrima za svaki smjer, a nakon toga i relativna (normalizirana) udaljenost doseganja (%) (32). U našem istraživanju, postupak se ponavljao tri puta u svakom smjeru. Ispitivanje se provodilo sljedećim redoslijedom: desna noga naprijed, lijeva noga naprijed, desna noga posteromedijalno, lijeva noga posteromedijalno, desna noga posterolateralno i lijeva noga posterolateralno.



Slika 6. Prikaz izvođenja y-balans testa

Izvor: <https://itssa.co.kr/sports/10349870>

Za mjerenje izometričke snage ekstenzora koljenog zgloba, koristio se prijenosni fiksni dinamometar marke EasyForce, tvrtke Meloq AB, proizveden u Švedskoj (slika 7.). Glavne značajke samog uređaja su da mjeri vrijednost mišićne jakosti u njutnima (N) te je dinamometar tipa *pull* (22).

Od dodatne opreme bila je potrebna i manžeta s kukicom koja se postavila oko donjeg dijela potkoljenice te se za kraj prikačio dinamometar, dok se na drugi dio dinamometra kukicom prikačio učvršćeni lanac. Prije nego li smo krenuli ispitanik je zauzeo sjedeću poziciju te mu je koljeno bilo potrebno dovesti u 90° fleksije, odnosno da je okomito na podlogu. Također, ispitaniku se fiksirala zdjelica u slučaju da ne bi došlo do podizanja, uz to bilo je potrebno osigurati da ne dolazi do pomicanja u koljenu iz razloga što bilo kakvi pomaci u vidu kuta, mogu dovesti do promjena u rezultatima. Ispitanik je zatim izvodio čim snažniju izometričku kontrakciju mišića ekstenzora koljena kroz 5 sekundi jer se upravo u tom vremenskom periodu omogućuje stvaranje maksimalne napetosti i proizvodi se maksimalna sila mišića. Obje noge su testirane tri puta u tome položaju i na kraju smo očitali prosječnu i vršnu proizvedenu silu.



Slika 7. Fiksni dinamometar

Izvor: <https://meloqdevices.com/products/digital-dynamometer-easyforce>



Nadalje, preventivni FIFA 11+ program sastoji se od niza raznih vježbi koje traju 20 minuta te je podijeljen na dva dijela. Prvi dio izvodio se kao uvodni dio treninga, primjerice za zagrijavanje organizma za trening, gdje nam te vježbe služe kako bi ubrzali frekvenciju disanja, rada srca te općenito kako bi zagrijali organizam za napore koji slijede. Drugi dio programa sastoji se od vježbi snage, jačanja trupa, vježbi za ravnotežu te vježbi pliometrije.

Za uvodni dio provedbe programa potrebni su čunjevi koji su se postavili paralelno na svakih 5 metara udaljenosti te na sveukupnih 25 metara. Igrači su se postavili tako da izvode vježbu u paru jedan s jedne, a drugi s druge strane. Svaka od vježbi izvodila se dva puta, što je trajalo 10 minuta (Tablica 1.) (17).

Tablica 1. Prikaz vježbi uvodnoga dijela

1. vježba	Trčanje od prvog sve do posljednje postavljenog čunja.
2. vježba	Trčanje od prvog do svakog idućeg postavljenog čunja, zatim podizanje koljena i rotacija zgloba kuka prema van (kruženje nogom prema van).
3. vježba	Trčanje od prvog do svakog idućeg postavljenog čunja, zatim podizanje koljena i rotacija zgloba kuka prema unutra (kruženje nogom prema unutra).
4. vježba	Trčanje prema naprijed do prvog para paralelno postavljenih čunjeva. Na čunju bočno kretanje ka suigraču. Napravi se krug oko suigrača i zatim se vraća natrag bočnom kretanjom na svoj čunj. Prelazimo na idući čunj i ponavljamo kretanje.
5. vježba	Trčanje prema naprijed do prvog para paralelno postavljenih čunjeva. Na čunju bočno kretanje ka suigraču s kojim se je potrebno sastati u sredini. Zatim se izvodi bočni skok i sudaranje sa suigračem rame o rame. Prelazimo na idući čunj i ponavljamo kretanje. Napomena – potrebno doskočiti na noge, koje trebaju biti flektirane u zglobovima kuka i koljena.
6. vježba	Trčanje za dva čunja prema naprijed i zatim trčanje unatrag za jedan čunj.
7. vježba	Trčanje 40 metara, na 75 – 80% maksimalne brzine po subjektivnom osjećaju ispitanika.
8. vježba	Trčanje 25 metara, tokom trčanja podizati koljena visoko. Napomena – potrebno izjednačiti pokrete ruku i nogu, odnosno da se istodobno podiže suprotna ruka i suprotna noga.
9. vježba	Trčanje do dijagonalno postavljenog čunja. Zatim doskočiti na vanjsku nogu i promijeniti smjer kretanja ka dijagonalno postavljenom čunju na drugoj strani gdje isto to ponavljamo suprotnom (vanjskom) nogom.

Izvor: <https://www.rebalancephysiotherapy.ie/post/injury-prevention-in-football-introducing-the-fifa-11-programme>

Nakon nogometnog treninga izvodio se drugi dio vježbi. Također i ove vježbe provodile su se 10 minuta te su se provodile u paru. Podijeljene su u tri razine ovisno o težini samih vježbi, a u ovome se istraživanju provodila treća razina (Tablica 2.). Kao što je spomenuto, ovim vježbama radi se na snazi muskulature, balansu, snazi trupa te skočnosti (17).

Tablica 2. Prikaz vježbi snage, pliometrije i balansa

1. vježba	3 serije po 30 sekundi (pauza između serija 30 sekundi)	Zadržavanje pozicije „plenka“ s odignutom jednom nogom
2. vježba	3 serije, 30 sekundi (pauza između serija 30 sekundi)	Zadržavanje pozicije bočnog „plenka“ gdje su obje noge ispružene, dok je gornja noga uz to i abducirana u zglobu kuka
3. vježba	1 serije, 12-15 ponavljanja (prije prelaska na iduću vježbu pauza 30 sekundi)	„nordic hamstring curl“ Početna pozicija izgleda tako da je ispitanik oslonjen na koljena i partner mu pridržava noge. Zatim se ispitanik spušta u koljenom zglobu prema dolje, dok spuštanje kontrolira mišićima stražnje lože. Kako se spušta prema dolje, kada više ne može održati taj položaj, oslanja se na dlanove.
4. vježba	2 serije, 30 sekundi (pauza između serija 30 sekundi)	Održavanje ravnoteže na jednoj nozi nasuprot partnera. Kako oboje pokušavaju održati ravnotežu jedan drugoga rukom poguravaju u različitim smjerovima.
5. vježba	2 serije, 10 ponavljanja (pauza između serija 30 sekundi)	Spuštanje u čučanj na jednoj nozi, uz pridržavanje za rame partnera.
6. vježba	2 serije, 30 sekundi (pauza između serija 30 sekundi)	Ispitanik je u položaju čučnja, gdje su koljena i kukovi lagano flektirani te zatim izvodi skokove u različitim smjerovima

Izvor: <https://www.rebalancephysiotherapy.ie/post/injury-prevention-in-football-introducing-the-fifa-11-programme>

### 3.3. Statistička obrada podataka

Prikupljeni podaci obrađeni su računalnim programom Statistica 14.0.0.15 (TIBCO Software Inc.). Nominalni podaci (nedavne ozljede i podatak o dominantnoj nozi) obrađeni su metodama deskriptivne statistike, a omjerni podaci (visina, masa, BMI, duljina donjih udova) te intervalni podatak (vrijeme bavljenja sportom) obrađeni su i analizirani metodama inferencijalne statistike. Zavisne varijable (balans i izometrička snaga mišića ekstenzora koljenog zgloba) opisane su aritmetičkom sredinom i standardnom devijacijom, dok se normalnost distribucije dobivenih podataka ispitala statističkim testom Shapiro - Wilk. Obje hipoteze su provjerene statističkim t-testom za male zavisne uzorke, na razini značajnosti  $p < 0,05$ .

### 3.4. Etički aspekti istraživanja

Sudionici u ovome istraživanju detaljno su upoznati s provedbom istraživanja te s informacijama koje su povezane s etičnosti studije. Prije početka istraživanja ispitanici su

potpisali Informirani pristanak za sudjelovanje te su njihovi osobni podaci prikupljeni u skladu s bioetičkim načelima i standardima. Rezultati sudionika bili su i ostati će anonimni te je osigurana njihova zaštita i privatnost njihovih podataka. Također, prikupljena je suglasnost. Nogometnog kluba Orijent za provođenje istraživanja te je Povjerenstvo odlučilo da metodologija rada i istraživanja u etičkom smislu nisu dvojbene.

#### 4. REZULTATI

Tablica 3. Deskriptivna statistika

	Broj ispitanika	Minimum	Maksimum	A.S.	Std. Devijacija
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	25	20,5	26,2	22,868	1,1926
Vrijeme bavljenja sportom (u godinama)	25	10	26	16,52	3,970
Duljina donjih udova (desna), u centimetrima	25	84	104	94,64	4,949
Duljina donjih udova (lijeva), u centimetrima	25	84	104	94,48	4,797
Visina (centimetri)	25	173	192	183,00	6,103
Masa (kilogrami)	25	66	87	76,60	5,538

Tablica 3. prikazuje ukupni broj ispitanika te antropometrijske mjere i vrijeme bavljenja sportom. Minimalni indeks tjelesne mase od svih ispitanika je 20,5 kg/m<sup>2</sup>, a maksimalno 26,2 kg/m<sup>2</sup>, dok su aritmetička sredina i standardna devijacija iznosili  $22,868 \pm 1,1926$ . Zatim od ukupnog broja ispitanika, najmanje koliko se netko od ispitanika dugo bavio sportom je 10 godina, dok je najviše 26 godina. Aritmetička sredina i standardna devijacija u ovome slučaju iznose  $16,52 \pm 3,970$ . Nadalje, minimalna duljina nogu iznosi jednako 84 centimetara, dok je i maksimalna vrijednost također jednaka i iznosi 104 centimetara. U slučaju desne noge aritmetička sredina i standardna devijacija iznose  $94,64 \pm 4,949$ , dok aritmetička sredina i standardna devijacija suprotne lijeve noge iznosi  $94,48 \pm 4,797$ . Minimalna visina nogometaša iznosi 173 centimetara, dok je maksimalna 192 centimetra. Aritmetička sredina i standardna devijacija u ovome slučaju iznose  $183,00 \pm 6, 103$ . Posljednje prikazani podatak u tablici 3. prikazuje kako je minimalna masa iznosila 66 kilograma, a maksimalna 87 kilograma. Aritmetička sredina i standardna devijacija iznose  $76,60 \pm 5,538$ .

Tablica 4. Prikaz ozljeda ispitanika kroz karijeru

	Frekvencija	Postotak (%)
Nema ozljede	9	34,6
Ozljeda gležnja	7	26,9
Ozljeda koljena	5	19,2
Ozljeda mišića stražnje lože	3	11,5
Ozljeda aduktora	1	3,8
Ukupno	25	96,2

Od ukupnih 25 ispitanika 9 njih kroz svoju sportsku karijeru nije imalo ozljeda, što u postotku znači njih 34,6%. 7 ispitanika imalo je ozljedu gležnja, što u postotku znači 26,9%. Ozljeda koljena bilo je 5, dok bi u postotku to iznosilo 19,2%. Ozljeda mišića stražnje lože bilo je 3, u postotku 11,5% te je bila samo 1 ozljeda mišića u predjelu aduktorne regije (Tablica 4.).

Tablica 5. Dominantne noge pojedinog ispitanika

	Frekvencija	Postotak (%)
Desna	19	73,1
Lijeva	6	23,1
Ukupno	25	96,2

U tablici 5. vidljivo je da unutar 25 ispitanika 19 njih dominantno koristi desnu nogu, dok je kod njih 6 lijeva dominantna noga.

Tablica 6. Test normalnosti distribucije u prvom mjerenju balansa i izometričke snage *m. quadricepsa femorisa* kod oba ekstremiteta

	Shapiro-Wilk test		
	statistika	ss	p
AS, YBT, desne noge anteriorno	,933	25	,100
AS, YBT, Lijeve noge anteriorno	,918	25	<b>,046*</b>
AS, YBT, desne noge posteromedijalno	,975	25	,772
AS, YBT, lijeve noge posteromedijalno	,977	25	,816
AS, YBT, desne noge posterolateralno	,974	25	,753
AS, YBT, lijeve noge posterolateralno	,956	25	,340
AS dinamometrija, vršna sila, desna noga	,952	25	,277
AS dinamometrija, vršna sila, lijeva noga	,968	25	,589
AS dinamometrija, prosječna sila, desna noga	,963	25	,488
AS dinamometrija, prosječna sila, lijeva noga	,940	25	,152

\* statistički značajna razlika ( $p < 0,05$ )

U tablici 6. prikazani su rezultati testa normalnosti distribucije u prvome mjerenju balansa i izometričke snage *m. quadricepsa femorisa* kod oba ekstremiteta. Gotovo sve varijable u oba testa su normalno distribuirane, što bi značilo da je njihov  $p > 0,05$ . Jedina iznimka je aritmetička sredina kod pokretanja lijeve noge anteriorno u  $y -$  balans testu, gdje ona nije normalno distribuirana te je prisutna statistički značajna razlika ( $p = 0,046$ ).

Tablica 7. Test normalnosti distribucije u drugome mjerenju balansa i izometričke snage *m. quadricepsa femorisa* kod oba ekstremiteta

	Shapiro-Wilk		
	statistika	ss	p
AS, YBT, anteriorno, desna noga	,941	25	,153
AS, YBT, lijeva noga, anteriorno	,953	25	,298
AS, YBT, desna noga, posteromedijalno	,992	25	,999
AS, YBT, lijeva noga, posteromedijalno	,960	25	,413
AS, YBT, desna noga, posterolateralno	,939	25	,141
AS, YBT, lijeva noga, posterolateralno	,969	25	,630
AS, dinamometrija, vršna sila, desna noga	,974	25	,750
AS, dinamometrija, vršna sila, lijeva noga	,932	25	,097
AS, dinamometrija, prosječna sila, desna noga	,981	25	,906
AS, dinamometrija, prosječna sila, lijeva noga	,874	25	<b>,005*</b>

\* statistički značajna razlika ( $p < 0,05$ )

Nadalje, u tablici 7. također je prikazan test normalnosti distribucije u drugome mjerenju balansa i izometričke snage *m. quadricepsa femorisa* kod oba ekstremiteta. Slično prvome mjerenju, gotovo sve varijable, u oba testa normalno su distribuirane, što bi značilo da je njihov  $p > 0,05$ . Jedina iznimka je aritmetička sredina kod mjerenja prosječne sile dinamometrom i to na lijevoj nozi. Ona u ovome slučaju nije normalno distribuirana te je prisutna statistički značajna razlika ( $p = 0,005$ ).

Tablica 8. Statistika zavisnih uzoraka kod mjerenja balansa i izometričke snage *m. quadricepsa* femorisa oba ekstremiteta

		broj	AS	Std. Devijacija
Par 1	AS, YBT, desne noge, anteriorno (1)	25	61,920	8,97800
	AS, YBT, desne noge, anteriorno (2)	25	68,780	8,73116
Par 2	AS, YBT, lijeve noge, anteriorno (1)	25	63,280	8,14761
	AS, YBT, lijeve noge, anteriorno (2)	25	68,867	8,84538
Par 3	AS, YBT, desne noge, posteromedijalno (1)	25	81,467	7,13510
	AS, YBT, desne noge, posteromedijalno (2)	25	86,187	6,54407
Par 4	AS, YBT, lijeve noge, posteromedijalno (1)	25	83,560	7,34388
	AS, YBT, lijeve noge, posteromedijalno (2)	25	86,847	8,05937
Par 5	AS, YBT, desne noge, posterolateralno (1)	25	85,593	6,80347
	AS, YBT, desne noge, posterolateralno (2)	25	89,473	5,77264
Par 6	AS, YBT, lijeve noge, posterolateralno (1)	25	85,800	6,59668
	AS lijeve noge posterolateralno (2)	25	86,840	8,57449
Par 7	AS, dinamometrija, vršna sila, desna noga (1)	25	633,493	130,22310
	AS, dinamometrija, vršna sila, desna noga (2)	25	664,347	110,12659
Par 8	AS, dinamometrija, vršna sila, lijeva noga (1)	25	617,507	189,69000
	AS, dinamometrija, vršna sila, lijeva noga (2)	25	634,453	145,52284
Par 9	AS, dinamometrija, prosječna sila, desna noga (1)	25	444,933	118,01671
	AS, dinamometrija, prosječna sila, desna noga (2)	25	511,253	86,68046
Par 10	AS, dinamometrija, prosječna sila, lijeva noga (1)	25	436,960	148,30872
	AS, dinamometrija, prosječna sila, lijeva noga (2)	25	487,680	140,89560

Tablica 8. prikazuje statistiku zavisnih uzoraka, gdje je prikazano deset parova, odnosno jedan par predstavlja prvo i drugo mjerenje određenog pokreta. Unutar zagrada prikazano je koje mjerenje je u pitanju. Uglavnom, u svakome paru prikazan je broj ispitanika, aritmetička sredina i standardna devijacija.

Tablica 9. Rezultati t – testa kod mjerenja balansa i izometričke snage *m. quadricepsa femorisa* kod oba ekstremiteta

		AS	Std.dev.	t	ss	p
Par 1	AS, YBT, desne noge, anteriorno	-6,86000	6,48854	-5,286	24	<b>,000</b>
Par 2	AS, YBT, lijeve noge, anteriorno	-5,58667	5,93134	-4,709	24	<b>,000</b>
Par 3	AS, YBT, desne noge, posteromedijalno	-4,72000	5,19654	-4,541	24	<b>,000</b>
Par 4	AS, YBT, lijeve noge, posteromedijalno	-3,28667	5,44958	-3,016	24	<b>,006</b>
Par 5	AS, YBT, desne noge, posterolateralno	-3,88000	4,70877	-4,120	24	<b>,000</b>
Par 6	AS, YBT, lijeve noge, posterolateralno	-1,04000	8,08180	-,643	24	,526
Par 7	AS, dinamometrija, vršna sila, desna noga	-30,85333	94,95062	-1,625	24	,117
Par 8	AS, dinamometrija, vršna sila, lijeva noga	-16,94667	103,33309	-,820	24	,420
Par 9	AS, dinamometrija, prosječna sila, desna noga	-66,32000	85,73222	-3,868	24	<b>,001</b>
Par 10	AS, dinamometrija, prosječna sila, lijeva noga	-50,72000	72,90504	-3,478	24	<b>,002</b>

Tablica 9. prikazuje rezultate t – testa, gdje gledajući prvi par, postoji statistički značajna razlika u y balans testu za anteriorni pokret desne noge u drugom mjerenju u odnosu na prvo. Također, postoji statistički značajna razlika u drugom mjerenju u odnosu na prvo i u y balans testu za anteriorni pokret lijeve noge, desne noge posteromedijalno, lijeve noge posteromedijalno i desne noge posterolateralno. Mjerenjem y balans testa kod pokreta lijeve noge posterolateralno ne postoji statistički značajna razlika. Također, kod testiranja s pomoću dinamometra, odnosno kod mjerenja vršne sile kod obje noge ne postoji statistički značajna razlika. Kod dinamometrije, postoji statistički značajna razlika jedino u prosječnoj sili gledajući obje noge.



## 5. RASPRAVA

Glavni cilj ovoga istraživanja je ispitati djeluje li FIFA 11+ preventivni program na izometričku snagu mišića ekstenzora koljenog zgloba te na balans kod nogometaša.

U istraživanju je sudjelovalo 25 ispitanika koji se profesionalno bave nogometom te svakodnevno treniraju. Svi ispitanici nogometom se bave 10 ili više godina. Kroz svoju karijeru devet njih nije imalo nikakvu ozljedu, sedam ih je imalo ozljedu gležnja, petero ih je imalo ozljedu koljena, dok su samo trojica imala ozljedu mišića stražnje lože, a jedan ozljedu mišića aduktora. Nadalje, od 25 ispitanika, kod 19 njih je dominantna desna noga, a kod njih 6 dominantna noga je lijeva.

Rezultati istraživanja ukazuju na to da nakon samo dva tjedna provođenja FIFA 11+ preventivnog programa dolazi do statistički značajnog poboljšanja balansa kod y – balans testa u gotovo svim smjerovima (Tablica 9.). Također, dolazi do statistički značajnog poboljšanja prosječne sile na obje noge, odnosno sile jakosti mišića ekstenzora koljena (desna noga,  $p=0,001$  i lijeva noga,  $p=0,002$ ), no gledajući vršnu silu tu nije utvrđeno statistički značajno poboljšanje.

Analiziranjem prve hipoteze „FIFA 11+ preventivni program povećava izometričku snagu ekstenzora koljenog zgloba kod nogometaša“, ne dolazi do statistički značajnog povećanja vršne sile prilikom izvođenja izometričke kontrakcije mišića ekstenzora koljena. Drugim riječima, maksimalna jakost ili apsolutna snaga kojom je ispitanik gurao dinamometar nije se odveć promijenila, dok se prosječna sila povećala. Kada govorimo o prosječnoj sili, govorimo o tome da je ispitanik kroz određeno razdoblje od 5 sekundi uspio duže vrijeme držati veći nivo jakosti.

Istovjetno našem istraživanju, Zhou X. i sur. proveli su istraživanje s ciljem ispitivanja ima li upravo FIFA 11+ preventivni program ikakav učinak na snagu mišića donjih ekstremiteta. Uzeli su uzorak od dvadeset mladih nogometaša, gdje je deset od njih bilo unutar intervencijske skupine, a ostalih deset unutar kontrolne skupine. Prevencijski program se provodio u vremenskom periodu od dva mjeseca, tri puta tjedno. Naposljetku, identično nama, stigli su do zaključka da ne dolazi do povećanja izometričke snage *m. quadricepsa femorisa*, odnosno njegove vršne sile. Upravo suprotno, dokazali su da čak dolazi do smanjenja njegove vršne sile kroz vremenski period od osam tjedana. Suprotno tome, isto istraživanje pokazuje da dolazi do povećanja vršne sile mišića fleksora koljena, odnosno mišića stražnje lože (33). Vrlo vjerojatno

zbog vježbe „Nordic hamstring curls“ koja uključuje ekscentričnu kontrakciju, a provodi se u ovom protokolu.

Sale D.G. još je 1988. godine proveo istraživanje s ciljem ispitivanja neuronske adaptacije na trening s otporom, gdje je tim istraživanjem došao do zanimljivih zaključaka. Rezultati govore u prilog tome da ekscentričnom kontrakcijom dolazi do stvaranja specifičnih živčanih promjena. One mogu poboljšati efekt mišićne aktivacije i potaknuti stvaranje novih motornih jedinica, što se smatra glavnim mehanizmom poboljšanja mišićne snage u kratkom vremenskom razdoblju (34). Samim time, kako dolazi do povećanja u snazi mišića stražnje lože dolazi i do smanjenja rizika od njezinog ozljeđivanja, što su također Thorborg. i sur. dokazali. Gdje su oni uspoređivali šest provedenih istraživanja koji su imali cilj ispitati efekt FIFA 11+ preventivnoga programa na rizik od ozljeda. Na temelju toga stigli su do zaključka da FIFA 11+ program smanjuje rizik od ozljede *hamstringsa* za 60 % (17).

Zbog sportskih karakteristika nogometa, mišići prednje strane natkoljenice trebaju nositi masu tijela tijekom vertikalnih skokova, uzleta i doskoka, zbog čega su puno jači od mišića stražnje lože (35). Smatrajući taj mišićni disbalans kao jednim od glavnih uzroka ozljeda koljena, Dauty M. i sur. proveli su određeno istraživanje. Cilj istraživanja bio je predvidjeti ozljede tetiva stražnje lože kod profesionalnih nogometaša. Testiranje su provodili s pomoću izokinetičkoga uređaja, na uzorku od 136 profesionalnih nogometaša. Mjerenjima došli su do rezultata da je upravo zbog tog mišićnog disbalansa puno veći rizik od ozljede koljena tijekom natjecateljske sezone (36).

Spomenutim istraživanjem Zhoua i sur. nastojali su uvidjeti imali li program FIFA 11+ ikakav učinak na mišićni disbalans između mišića s prednje i stražnje strane natkoljenice. Došli su do zaključka da dolazi do statistički značajnog poboljšanja mišićnog balansa u snazi između spomenutih mišića (33). Kako dolazi do tog poboljšanja tako se naravno smanjuje i rizik od ozljeda.

Nadalje, analiziranjem druge hipoteze „FIFA 11+ preventivni program poboljšava balans kod nogometaša“, dolazi do statistički značajnih poboljšanja gotovo u svim smjerovima.

Tokom izvođenja testa, odlaskom i lijeve i desne noge u anteriornom smjeru, odnosno prema naprijed dolazi do statistički značajnog poboljšanja rezultata. Također, uspoređujući prvo i drugo mjerenje odlaska noge u posteromedijalnome smjeru dolazi do statistički značajnog poboljšanja rezultata u obje noge. Slične rezultate u svom istraživanju imali su i Steffen i sur. Oni su tijekom nogometne sezone 2011. godine na uzorku od 226 nogometašica proveli

istraživanje s ciljem ispitivanja učinka FIFA 11+ programa na funkcionalni balans. Testiranja koja su proveli su *Star Excursion balance test* (SEBT), jednonožni balans test, test tri skoka i test preskakanja preko šipke. S pomoću tih testova došli su do zaključka da nakon provedbe FIFA 11+ preventivnog programa dolazi do statistički značajnog poboljšanja funkcionalnog balansa (37). Sve to objašnjava program FIFA 11+ koji je u pravilu i smišljen s ciljem da poboljša neuromuskularnu kontrolu, a ona nam je bitna za održavanje ravnoteže (38). S obzirom na to, Impellizzeri i sur. nastojali su kroz vremenski period od 9 tjedana ispitati dolazi li uopće do poboljšanja neuromuskularne kontrole nakon provedbe ovog programa. Tri puta tjedno, kroz devet tjedana provodili su program na 41 ispitaniku, dok je njih 39 spadalo u kontrolnu skupinu. Također, došli su do rezultata da postoji statistički značajna razlika u poboljšanju neuromuskularne kontrole u ispitanika koji su provodili program u odnosu na kontrolnu skupinu (38).

U našem istraživanju jedino za odlaženje lijeve noge u posterolateralnome smjeru ne postoji statistički značajna razlika u poboljšanju ( $p = 0,526$ ), dok kod suprotne noge postoji ( $p = 0,000$ ). Razlog tome mogao bi biti to što je u istraživanju puno manje ljevaka kojima je desna noga stajna noga.

Samim time, kako ima više dešnjaka, odnosno onih koji dodavaju i šutiraju loptu desnom nogom, njima je lijeva noga stajna noga te time oni puno bolje balansiraju na toj lijevoj nozi. Tome bi govorilo u prilog istraživanje koje su proveli Gstöttner M. i sur. s ciljem razmatranja balansa i mišićne aktivnosti u dominantnoj i ne dominantnoj nozi. Uzeli su uzorak od 21 nogometaša, koji se bave sportom amaterski. Provodili su dva različita balans testa, *Biodex Stability System* i *the Tetrax System*. Prilikom izvođenja testova s pomoću EMG-a se također provjeravala i mišićna aktivnost. U tome istraživanju nije pronađena statistički značajna razlika između dominantne i ne dominantne noge u pogledu balansa i mišićne aktivnosti. Međutim, uočena je određena tendencija bolje ravnoteže u ne dominantnoj nozi, odnosno stajnoj nozi prilikom šutiranja lopte (39).

## 6. ZAKLJUČAK

S obzirom da su se današnji sportovi podigli na jednu novu razinu, gdje dolazi do velikih fizičkih napora tokom treninga i natjecanja, povećala se i učestalost ozljeda sportaša. Jedan od tih sportova je i nogomet, pa je tako krovna nogometna organizacija FIFA, izdala svoj preventivni program nazvan FIFA 11+. Kako taj preventivni program djeluje na mnoge tjelesne sposobnosti sportaša tako se ovim istraživanjem nastojao ispitati utjecaj preventivnog programa na balans i izometričku snagu mišića ekstenzora koljena. Navedene tjelesne sposobnosti uvelike su bitne kao prevencija od ozljeda te njihovim poboljšanjem rizik od ozljeda se smanjuje.

Ispitivanjem utjecaja preventivnog programa na izometričku snagu mišića ekstenzora koljenog zgloba ne postoji statistički značajna razlika u vršnoj sili kod mjerenja dinamometrom. Dok mjerenjem prosječne sile jakosti dolazi do statistički značajnih razlika.

Nadalje, ispitivanjem utjecaja preventivnog programa na balans, dolazi do poboljšanja tokom izvođenja y – balans testa gotovo u svim smjerovima. Svi su rezultati statistički značajni kod obje noge te u svim smjerovima, osim izvođenje pokreta lijevom nogom u posterolateralnom smjeru gdje ne dolazi do statistički značajne razlike u poboljšanju rezultata.

Ovo istraživanje također se provelo s ciljem širenja saznanja o mogućnostima prevencije ozljeda i utjecaja FIFA 11+ preventivnog programa na smanjenje rizika od ozljeda. Zbog toga što u današnje vrijeme mnogi klubovi posebice oni amaterski ne pridaju veliku pažnju samoj prevenciji. Stoga se povećava broj ozlijeđenih igrača, pogoršavaju se sportski rezultati momčadi i posljedično opada kvaliteta sporta.

## LITERATURA

1. Popović N. Football Medicine. 3rd ed. Doha: Aspetar Orthopaedic and Sports Medicine Hospital; 2023.

2. Alexandre Dellal, Karim Chamari, Del p. Wong, Said Ahmaidi, Dominique Keller, Ricardo Barros et al. Comparison of physical and technical performance in European soccer match-play: FA Premier League and La Liga. Eur. J. Sport Sci. 2011 Jan 17, 11(1): 51-59.

Dostupno na: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1080/17461391.2010.481334>

3. Oja P, Titze S, Kokko S, Kujala UM, Heinonen A, Kelly P, Koski P, Foster C. Health benefits of different sport disciplines for adults: systematic review of observational and intervention studies with meta-analysis. Br J Sports Med. 2015 Apr;49(7):434-40. doi:10.1136/bjsports-2014-093885. Epub 2015 Jan 7. PMID: 25568330.

Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25568330/>

4. Krstrup P, Bangsbo J. Recreational football is effective in the treatment of non-communicable diseases. Br J Sports Med. 2015 Nov;49(22):1426-7. doi: 10.1136/bjsports-2015-094955. Epub 2015 May 19. PMID: 25990758; PMCID: PMC4680157.

Dostupno na: <https://bjsm.bmj.com/content/49/22/1426>

5. Seyedi M, Zarei M, Daneshjoo A, Rajabi R, Shirzad E, Mozafaripour E, Mohammadpour S. Effects of FIFA 11 + warm-up program on kinematics and proprioception in adolescent soccer players: a parallel-group randomized control trial. Sci Rep. 2023 Apr 4;13(1):5527. doi: 10.1038/s41598-023-32774-3. PMID: 37016130; PMCID: PMC10073194.

Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37016130/>

6. Ekstrand J, Hägglund M, Waldén M. Injury incidence and injury patterns in professional football: the UEFA injury study. Br J Sports Med. 2011 Jun;45(7):553-8. doi: 10.1136/bjism.2009.060582. Epub 2009 Jun 23. PMID: 19553225.

Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19553225/>

7. Junge A, Dvorak J. Injury surveillance in the World Football Tournaments 1998-2012. Br J Sports Med. 2013 Aug;47(12):782-8. doi: 10.1136/bjsports-2013-092205. Epub 2013 Apr 30. PMID: 23632746; PMCID: PMC3717759.

Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23632746/>

8. Deehan DJ, Bell K, McCaskie AW. Adolescent musculoskeletal injuries in a football academy. *J Bone Joint Surg Br.* 2007 Jan 1;89-B(1):5-8.

Dostupno na: <https://doi.org/10.1302/0301-620X.89B1.18427>

9. Ergün M, Denerel HN, Binnet MS, Ertat KA. Injuries in elite youth football players: a prospective three-year study. *Acta Orthop Traumatol Turc.* 2013 Sept;47(5):339-46.

Dostupno na: <https://doi.org/10.3944/aott.2013.3177>

10. Pećina M. *Sportska medicina.* Zagreb: Medicinska naklada; 2019.

11. Pećina M. *Sindromi prenaprezanja.* Zagreb: Globus; 1992.

12. Zarei M, Namazi P, Abbasi H, Noruzyan M, Mahmoodzade S, et al. The Effect of Ten-Week FIFA 11+ Injury Prevention Program for Kids on Performance and Fitness of Adolescent Soccer Players. *Asian J Sports Med.* 2018;9(3):e61013

Dostupno na: <https://doi.org/10.5812/asjasm.61013>

13. Maffulli N, Longo UG, Spiezia F, Denaro V. Sports injuries in young athletes: long-term outcome and prevention strategies. *Phys Sportsmed.* 2010 Jun;38(2):29-34. doi: 10.3810/psm.2010.06.1780. PMID: 20631461.

Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20631461/>

14. Injuries in youth soccer: a subject review. American Academy of Pediatrics. Committee on Sports Medicine and Fitness. *Pediatrics.* 2000 Mar;105(3 Pt 1):659-61. PMID: 10699129.

Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10699129/>

15. Barengo NC, Meneses-Echávez JF, Ramírez-Vélez R, Cohen DD, Tovar G, Bautista JE. The impact of the FIFA 11+ training program on injury prevention in football players: a systematic review. *Int J Environ Res Public Health.* 2014 Nov 19;11(11):11986-2000. doi: 10.3390/ijerph11111986. PMID: 25415209; PMCID: PMC4245655.

Dostupno na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4245655/>

16. Arsenis S, Gioftsidou A, Ispyrlidis I, Kyranoudis A, Pafis G, Malliou P, et al. Effects of the FIFA 11+ injury prevention program on lower limb strength and balance. *J. Phys. Educ. Sport.* 2020 March 03. 20 (2): 592-598.

Dostupno na: <https://efsupit.ro/images/stories/martie2020/Art%2087.pdf>

17. Thorborg K, Krommes KK, Esteve E, Clausen MB, Bartels EM, Rathleff MS. Effect of specific exercise-based football injury prevention programmes on the overall injury rate in football: a systematic review and meta-analysis of the FIFA 11 and 11+ programmes. *Br J Sports Med.* 2017 Apr;51(7):562-571. doi: 10.1136/bjsports-2016-097066. Epub 2017 Jan 13. PMID: 28087568.

Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28087568/>

18. Bizzini M, Junge A, Dvorak J. Implementation of the FIFA 11+ football warm up program: how to approach and convince the Football associations to invest in prevention. *Br J Sports Med.* 2013 Aug;47(12):803-6. doi: 10.1136/bjsports-2012-092124. Epub 2013 Jun 27. PMID: 23813485; PMCID: PMC3717809.

Dostupno na: <https://bjsm.bmj.com/content/47/12/803.long>

19. Križan Z. Kompendij anatomije čovjeka III. Dio: Pregled građe grudi, trbuha, zdjelice, noge i ruke. 3. izd. Zagreb: Školska knjiga; 1997.

20. Bajek S, Bobinac D, Jerković R, Malnar D, Marić I. Sustavna anatomija čovjeka. Rijeka: Digital point tiskara d.o.o.; 2007.

21. Epstein D. Sportski gen. New York: Penguin Group; 2013. Chapter 4, Zašto muškarci imaju bradavice; p. 56-74.

22. Sović I. USPOREDBA STANDARDNOG RUČNOG I FIKSNOG DINAMOMETRA TIJEKOM ISPITIVANJA MIŠIĆNE JAKOSTI ČETVEROGLAVOG NATKOLJENIČNOG MIŠIĆA [Završni rad]. Rijeka: Sveučilište u Rijeci, Fakultet zdravstvenih studija; 2022. 54 p.

Dostupno na: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:184:759853>

23. Petersen W, Zantop T. Anatomy of the anterior cruciate ligament with regard to its two bundles. *Clin Orthop Relat Res.* 2007 Jan;454:35-47. doi: 10.1097/BLO.0b013e31802b4a59. PMID: 17075382.

Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17075382/>

24. Belluzzi E, El Hadi H, Granzotto M, Rossato M, Ramonda R, Macchi V, De Caro R, Vettor R, Favero M. Systemic and Local Adipose Tissue in Knee Osteoarthritis. *J Cell Physiol.* 2017 Aug;232(8):1971-1978. doi: 10.1002/jcp.25716. Epub 2017 Mar 3. PMID: 27925193.

Dostupno na: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jcp.25716>

25. Hyland S, Varacallo M. Anatomy, Bony Pelvis and Lower Limb: Popliteus Muscle. 2023 Jun 5. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 Jan–. PMID: 30252340.

Dostupno na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK526084/>

26. Kendall FP, McCreary EK, Provance PG, Rodgers MM, Romani WA. Muscles: Testing and Function with Posture and Pain. 5th ed. Philadelphia: Lippincot Williams and Wilkins; 2005.

27. Bobinac D, Dujmović M. Osnove anatomije. 3. izd. Rijeka: Glosa; 2011.

28. Plotkin DL, Roberts MD, Haun CT, Schoenfeld BJ. Muscle Fiber Type Transitions with Exercise Training: Shifting Perspectives. Sports (Basel). 2021 Sep 10;9(9):127. doi: 10.3390/sports9090127. PMID: 34564332; PMCID: PMC8473039.

Dostupno na: <https://www.mdpi.com/2075-4663/9/9/127>

29. Taylor JL. Encyclopedia of Neuroscience. California: Academic press; 2009.

30. Norris CM. Managing Sports Injuries. 4th ed. London: Churchill Livingstone; 2011.

31. Medved R. Sportska medicina. Zagreb: Jumena; 1987.

32. Chimera NJ, Smith CA, Warren M. Injury History, Sex, and Performance on the Functional Movement Screen and Y Balance Test. J. Athl. Train. 2015;50(5):475–485.

Dostupno na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4495982/>

33. Zhou X, Luo A, Wang Y, Zhang Q, Zha Y, Wang S, Ashton C, Andamasaris JE, Wang H, Wang Q. The Effect of FIFA 11+ on the Isometric Strength and Running Ability of Young Soccer Players. Int J Environ Res Public Health. 2022 Oct 13;19(20):13186. doi: 10.3390/ijerph192013186. PMID: 36293765; PMCID: PMC9603440.

Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36293765/>

34. Sale DG. Neural adaptation to resistance training. Med Sci Sports Exerc. 1988 Oct;20(5 Suppl):S135-45. doi: 10.1249/00005768-198810001-00009. PMID: 3057313.

Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3057313/>



35. Peek K, Gatherer D, Bennett KJM, Fransen J, Watsford M. Muscle strength characteristics of the hamstrings and quadriceps in players from a high-level youth football (soccer) Academy. *Res Sports Med.* 2018 Jul-Sep;26(3):276-288. doi: 10.1080/15438627.2018.1447475. Epub 2018 Mar 5. PMID: 29506423.

Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29506423/>

36. Dauty M, Menu P, Fouasson-Chailloux A, Ferréol S, Dubois C. Prediction of hamstring injury in professional soccer players by isokinetic measurements. *Muscles Ligaments Tendons J.* 2016 May 19;6(1):116-23. doi: 10.11138/mltj/2016.6.1.116. PMID: 27331039; PMCID: PMC4915450.

Dostupno na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4915450/>

37. Steffen K, Emery CA, Romiti M, Kang J, Bizzini M, Dvorak J, Finch CF, Meeuwisse WH. High adherence to a neuromuscular injury prevention programme (FIFA 11+) improves functional balance and reduces injury risk in Canadian youth female football players: a cluster randomised trial. *Br J Sports Med.* 2013 Aug;47(12):794-802. doi: 10.1136/bjsports-2012-091886. Epub 2013 Apr 4. PMID: 23559666.

Dostupno na: <https://bjsm.bmj.com/content/47/12/794.long>

38. Impellizzeri FM, Bizzini M, Dvorak J, Pellegrini B, Schena F, Junge A. Physiological and performance responses to the FIFA 11+ (part 2): a randomised controlled trial on the training effects. *J Sports Sci.* 2013;31(13):1491-502. doi: 10.1080/02640414.2013.802926. Epub 2013 Jul 16. PMID: 23855764.

Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23855764/>

39. Gstöttner M, Neher A, Scholtz A, Millonig M, Lemberg S, Raschner C. Balance ability and muscle response of the preferred and nonpreferred leg in soccer players. *Motor Control.* 2009 Apr;13(2):218-31. doi: 10.1123/mcj.13.2.218. PMID: 19454781.

Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19454781/>

## PRIVITCI

### Privitak A: Popis ilustracija

#### Popis slika

Slika 1. koljeni zglob, art. genus.....	3
Slika 2. vezivnohrskavične pločice u koljenu.....	6
Slika 3. Prikaz zglobnih ploha patelofemoralnog zgloba.....	7
Slika 4. Prikaz ligamenata unutar koljenog zgloba.....	10
Slika 5. Prikaz aktivnih stabilizatora koljenog zgloba.....	12
Slika 6. Prikaz izvođenja y – balans testa.....	22
Slika 7. Fiksni dinamometar.....	23

#### Popis tablica

Tablica 1. Prikaz vježbi uvodnoga dijela.....	24
Tablica 2. Prikaz vježbi snage, pliometrije i balansa.....	25
Tablica 3. Deskriptivna statistika.....	26
Tablica 4. Prikaz ozljeda ispitanika kroz karijeru.....	27
Tablica 5. Dominantne noge pojedinog ispitanika.....	27
Tablica 6. Test normalnosti distribucije u prvom mjerenju balansa i izometričke snage <i>m. quadricepsa femorisa</i> kod oba ekstremiteta.....	28
Tablica 7. Test normalnosti distribucije u drugome mjerenju balansa i izometričke snage <i>m. quadricepsa femorisa</i> kod oba ekstremiteta.....	29
Tablica 8. Statistika zavisnih uzoraka kod mjerenja balansa i izometričke snage <i>m. quadricepsa femorisa</i> oba ekstremiteta.....	30
Tablica 9. Rezultati t-testa.....	31

## KRATKI ŽIVOTOPIS

Zovem se Lucijan Valenčić i rođen sam u Rijeci 14.01.2003. godine. Osnovnu školu završio sam u Klani te s obzirom na odlične ocjene upisao sam srednju Medicinsku školu, smjer fizioterapeutske tehničar. Srednju školu sam završio 2021. godine, a kako je fizioterapija i sport središte mog zanimanja odlučio sam nastaviti dalje i upisati prijediplomski stručni studij Fizioterapije u Rijeci. Također, kako me stručno, ali i privatno posebno interesiraju sam trening i proces rehabilitacije, već dvije godine radim u fizioterapeutskim timovima NK Oriješta i HMNK Rijeke. U sklopu neformalnog obrazovanja tokom fakulteta prisustvovao sam i na određenim tečajevima, poput „Dijagnostika i rehabilitacija tendinopatija: znanost i praksa“ u sklopu Motus Melior akademije. Također, u sklopu firme Higeja završio sam tečaj pod nazivom „Spinal manipulation techniques“. Nadalje, na fakultetu sam prisustvovao raznim radionicama i volonterskim akcijama te sam bio student demonstrator na kolegiju „Klinička kineziologija“. Uz sve to, posjedujem znanje iz engleskog i talijanskog jezika.