

# Rehabilitacija nogometaša po ozljedi proksimalne tetive stražnje natkoljениčne lože

---

Kos, Krešimir

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:221:827591>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-31**



Repository / Repozitorij:

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



UNIVERSITY OF SPLIT



**SVEUČILIŠTE U SPLITU**  
**KINEZIOLOŠKI FAKULTET**

Stručni prijediplomski studij Kondicijske pripreme sportaša

**Rehabilitacija nogometaša po ozljedi  
proksimalne tetive stražnje natkoljenične  
lože**

(ZAVRŠNI RAD)

**Student:**  
Krešimir Kos

**Mentor:**  
doc.dr.sc. Šime Veršić

Split, 2024

# Sadržaj

|  |    |
|--|----|
| <b>1. Uvod</b> .....   | 2  |
| <b>2. Anatomija miškulature stražnje strane natkoljenice</b> .....                         | 3  |
| 2.1 Opća anatomija stražnje natkoljenične lože .....                                       | 3  |
| 2.2 Anatomija proksimalnih tetiva stražnje natkoljenične lože .....                        | 3  |
| 2.2.1 Podjela tetiva .....   | 4  |
| 2.2.2 Zajednička tetiva duge glave <i>m.biceps femoris</i> i <i>m.semitendinosus</i> ..... | 4  |
| 2.2.3 Proksimalna tetiva <i>m.Semimembranosus</i> .....                                    | 5  |
| 2.4 Arhitekturne karakteristike mišića <i>hamstringsa</i> .....                            | 6  |
| 2.4.1 Mišićna veličina .....   | 6  |
| 2.4.5 Orijentacija mišićnih vlakana i njihova duljina .....                                | 6  |
| 2.4.6 Duga glava <i>m.biceps femoris</i> .....   | 6  |
| <b>3. Zahtjevi nogometne igre</b> .....  | 8  |
| 4.1 O mišićnim ozljedama općenito .....  | 12 |
| 4.2 O ozljedama stražnje natkoljenične lože .....  | 12 |
| 4.3 Re-ozljede.....  | 16 |
| <b>5. Čimbenici rizika za razvitak ozljede</b> .....                                       | 18 |
| 5.1 Nepromjenjivi čimbenici rizika.....  | 18 |
| 5.2 Promjenjivi čimbenici rizika.....  | 19 |
| <b>6. Mehanizmi ozljede stražnje natkoljenične lože</b> .....                              | 23 |
| 6.1 Trčanje pri visokim brzinama .....   | 23 |
| 6.1.1 Faza oslonca .....   | 23 |
| 6.1.2 Faza zamaha .....  | 24 |
| 6.1.3 Kritične podfaze za vrijeme trčanja pri visokim brzinama .....                       | 24 |
| 6.2 Mehanizam ozljede proksimalnih tetiva stražnje natkoljenične lože .....                | 25 |
| <b>7. Klinički pregled</b> .....   | 26 |
| 7.1 Subjektivni pregled .....  | 26 |
| 7.2 Objektivni pregled .....   | 27 |
| 7.2.1 Inspekcija .....   | 27 |
| 7.2.2 Palpacija.....   | 28 |
| 7.2.3 Testovi istezanja.....   | 28 |
| 7.2.4 Testovi jakosti.....   | 30 |
| 7.2.5 Funkcionalni test .....  | 34 |
| 7.2.6 Neurološki testovi.....  | 34 |
| 7.3 Diferencijalna dijagnoza .....   | 35 |
| 7.3.1 Koštano nezreli .....  | 35 |

|   |    |
|---|----|
| <b>8. Radiološka obrada i klasifikacija ozljeda stražnje natkoljениčne lože</b> .....   | 36 |
| 8.1 Radiološka obrada.....  | 36 |
| 8.1.1 Upotreba dijagnostičkog ultrazvuka .....  | 36 |
| 8.1.2 Magnetska rezonanca (MRI – <i>Magnetic resonance Imaging</i> ) .....              | 36 |
| 8.2 Klasifikacija ozljeda stražnje natkoljениčne lože .....                             | 37 |
| 8.3 BAMIC klasifikacija .....   | 38 |
| 8.4 Evaluacija upotrebe BAMIC sustava klasifikacije .....                               | 43 |
| <b>9. Donošenje odluke o vrsti liječenja</b> .....                                      | 49 |
| 9.1 Kirurško liječenje.....   | 51 |
| 9.1.1 Rano kirurško liječenje.....  | 51 |
| 9.1.2 Kasno kirurško liječenje .....  | 51 |
| 9.2 Komplikacije liječenja.....   | 51 |
| <b>10. ERTP</b> .....   | 53 |
| <b>11. Rehabilitacija ozljede proksimalnih tetiva stražnje natkoljениčne lože</b> ..... | 54 |
| 11.1 Karakteristike dobrog plana i programa rehabilitacijskog procesa .....             | 54 |
| 11.1.1 Multidiscipliniran pristup.....  | 54 |
| 11.1.2 Multifkatorijalan pristup i 'obrnuti inženjering' .....                          | 55 |
| 11.1.3 Protokoli .....  | 56 |
| 11.1.4 Optimalna progresija opterećenja .....   | 56 |
| 11.1.5 Kriteriji unutar rehabilitacijskog procesa.....                                  | 56 |
| 11.1.5.2 'Performance' kriteriji.....   | 57 |
| 11.1.6 Faze rehabilitacijskog procesa .....   | 59 |
| <b>12. Rehabilitacijski protokol</b> .....  | 60 |
| 12.1 Akutna faza .....  | 60 |
| 12.1 Prvi post-operativni tjedan (0 do 7 dana) .....                                    | 60 |
| 12.1.1 Imobilizacija .....  | 61 |
| 12.2 Drugi post-operativni tjedan (7 - 14 dana) .....                                   | 61 |
| 12.3 Treći post-operativni tjedan (14 – 21 dana).....                                   | 61 |
| 12.3.1 Druga post-operativna faza.....  | 63 |
| 12.4 Četvrti post-operativni tjedan (21 do 28 dana) .....                               | 63 |
| 12.5 Peti post-operativni tjedan (28 do 35 dana).....                                   | 64 |
| 12.5.1 Vježbe u bazenu .....  | 65 |
| 12.5.2 Izometrijske vježbe .....  | 65 |
| 12.5.3 Primjeri vježbi u drugoj fazi rehabilitacijskog procesa .....                    | 66 |
| 12.5.4 Reakcija na terapijske vježbe.....   | 68 |
| 12.6 Šesti i sedmi post-operativni tjedan (35 do 49 dana) .....                         | 68 |

|            |   |            |
|------------|---|------------|
| 12.6.1     | Primjeri vježbi u šestom i sedmom post-operativnom tjednu .....                                 | 69         |
| 12.6.2     | Potencijalne metode evaluacije na kraju ove faze .....  | 71         |
| 12.7       | Treća post-operativna faza.....   | 73         |
| 12.7.1     | Ciljevi po završetku treće faze rehabilitacijskog procesa .....                                 | 74         |
| 12.8       | Osmi i deveti post-operativni tjedan (56 do 63 dana) .....                                      | 74         |
| 12.9       | Deseti post-operativni tjedan do punog povratka u trening.....                                  | 75         |
| 12.9.1     | Primjeri vježbi u trećoj post-operativnoj fazi .....  | 75         |
| 12.10      | Rehabilitacija na terenu .....  | 81         |
| 12.10.1    | HSR i Sprint .....  | 81         |
| 12.10.2    | Razlike prema pozicijama .....  | 82         |
| 12.10.3    | Progresija trčanja kroz rehabilitaciju.....   | 82         |
| 12.10.4    | Progresija trčanja s obzirom na fazu rehabilitacije .....                                       | 86         |
| 12.10.5    | Evaluacija sprinta pred povratak u sportsku aktivnost .....                                     | 90         |
| <b>13.</b> | <b>Kontinuum povrataka u performans</b> .....   | <b>91</b>  |
| 13.1       | Faza povratka u 'participaciju' .....   | 92         |
| 13.2       | Dodatna preskripcija sprinta ukoliko se ne zadovolji za vrijeme dijela momčadskog treninga..... | 93         |
| 13.3       | Kriteriji za progresiju prema 'participaciji u sportskoj aktivnosti' .....                      | 93         |
| 13.4       | Povratak u punu sportsku aktivnost .....  | 94         |
| 13.5       | Psihološki faktori povratka u sport .....   | 94         |
| 13.6       | Kriteriji za puni povratak u sportsku aktivnost .....   | 95         |
| 13.7       | Povratak u 'Natjecateljsku aktivnost' .....   | 97         |
| 13.8       | Praćenje opterećenja za vrijeme 'kontinuum povratka u performans' .....                         | 98         |
| 13.9       | Tercijarna prevencija .....   | 99         |
| <b>14.</b> | <b>Zaključak</b> .....  | <b>100</b> |
| <b>15.</b> | <b>Literatura</b> .....   | <b>101</b> |



## **Sažetak**

Ruptura proksimalne tetive hamstringsa predstavlja ozbiljan problem za sportaše, a posebno nogometaše koji su izloženi velikom broju čimbenika rizika koji ih predisponiraju za razvitak ovakve vrste ozljede. Ovaj rad opisuje rehabilitaciju nogometaša nakon rupture proksimalne tetive stražnje natkoljениčne lože. Detaljno se analiziraju anatomske karakteristike stražnje natkoljениčne lože, biomehanika nastanka ozljede, metode dijagnostike, vrste liječenja te proces tetivnog cijeljenja i sama rehabilitacija. Poseban naglasak stavljen je na faze rehabilitacijskog procesa, kao i kriterije za povratak sportaša u punu sportsku aktivnost. Cilj rada je pružiti smjernice za multidisciplinarni pristup rehabilitaciji kako bi se osigurao uspješan povratak sportaša na istu natjecateljsku razinu bez povećanog rizika od ponovne ozljede.

## **Abstract**

### **Rehabilitation of a soccer player following a proximal hamstring tendon injury**

The rupture of the proximal hamstring tendon presents a serious issue for athletes, especially football players, who are at high risk for this type of injury. This paper examines the rehabilitation of football players following a rupture of the proximal hamstring tendon. It provides a detailed analysis of the anatomical characteristics of the posterior thigh muscles, the biomechanics of the injury, diagnostic methods, and treatment options, as well as the tendon healing process and the rehabilitation process. Special emphasis is placed on the phases of the rehabilitation process and the criteria for an athlete's return to full sports activity. The aim of the paper is to offer guidelines for a multidisciplinary approach to rehabilitation, ensuring a successful return to sport on the same competitive level without an increased risk of re-injury.

## 1. Uvod

Ruptura proksimalne tetive stražnje lože (*hamstringsa*) jedna je od najčešćih i najtežih ozljeda kod sportaša, a posebno u sportovima visokog intenziteta kao što je nogomet. Ova ozljeda zahtijeva detaljno razumijevanje anatomske strukture mišića, biomehanike pokreta, procesa cijeljenja tetivnog tkiva, te terapijskih i trenažnih modaliteta kako bi se uspješno zaliječila. Nogomet, kao izrazito zahtjevan sport, nameće velik broj čimbenika rizika za natanak ozljeda stražnje natkoljениčne lože općenito a posebno onih koje se javljaju pri sprintu. Upravo zbog toga, rehabilitacija nakon rupture proksimalne tetive hamstringsa mora biti pažljivo planirana i provedena kako bi se na adekvatan način osigurao povratak igrača u punu sportsku aktivnost bez povećanja rizika od ponovnog nastanka ozljede. Ovaj rad usmjeren je na prikaz rehabilitacijskog procesa nakon rupture proksimalne tetive hamstringsa s posebnim naglaskom na faze oporavka, kriterije povratka u sport te ključne čimbenike koji mogu utjecati na uspjeh rehabilitacije.



## 2. Anatomija muskulature stražnje strane natkoljenice

### 2.1 Opća anatomija stražnje natkoljenične lože

Stražnju natkoljeničnu ložu odnosno '*hamstringse*' čine duga i kratka glava *m.biceps femoris*, te mišići *m.semitendinosus* i *m.semimembranosus*. Svi su navedeni mišići stražnje natkoljenične lože osim kratke glave *m. biceps femoris* dvozglubni mišići i stoga obnašaju uloge; *ekstenzije* natkoljenice u kuku, te *fleksije* potkoljenice i unutarnje i vanjske rotacije potkoljenice u koljenome zglobu.

Mišići stražnje natkoljenične lože su 'dualno' inervirani. U prijevodu, svi su dvozglubni mišići inervirani su od strane *tibijalne* grane *n.ischiadicus*, dok je kratka glava *m.biceps femoris* inervirana od strane *n.peroneus communis* (Thelen et al., 2005). Bitno je spomenuti kako postoji konsenzus da je duga glava *m.biceps femoris* inervirana od strane jednog primarnog živca koji inervira sva vlakna istoga, no u trećini 'uzoraka' je u studiji od *Shanahan-a i sur.* dokazano kako je duga glava *m.biceps femoris* inervirana od strane više od jednog živca. Ukoliko je ona zaista i inervirana od strane još jednog živca onda je obično riječ o grani živca koja također inervira *m.adductor magnus* i *m.semimembranosus* (Sunderland et al., 1946).

### 2.2 Anatomija proksimalnih tetiva stražnje natkoljenične lože

Zajednička tetiva duge glave *m.biceps femoris* i *m.semitendinosus* svoje polazište nalazi na *medijalnoj faseti posteromedijalnog aspekta ischialnog tubera* (Sato et al., 2012). Tetiva duge glave *m.biceps femoris* zauzima lateralni dio ove anatomske lokacije i ostvaruje veze sa *lig.sacro tuberale* (Philippon et al., 2015). Funkcionalno je ova poveznica bitna za prijenos sile preko *art. Sacroiliacale* jer se smatra da spomenuti ligament daje dodatno meko-tkivno hvatište za proksimalnu tetivu duge glave *m.biceps femoris* (Vleeming et al., 1989).

*M. semimembranosus* je obično odvojen od zajedničke tetive, no pojedine studije navode kako najproksimalniji dio tetive *m.semimembranosus* ipak ima kontakta sa tetivom duge glave *m.biceps femoris*. Osim što ostvaruje kontakt sa proksimalnom tetivom duge glave

*m.biceps femoris* literatura navodi kako je proksimalna tetiva *m.semimembranosus* također povezana sa *m.adductor magnus*. Riječ je o dodatnoj tetivi čija je uloga raspodjela odnosno disperzija sile sa proksimalne tetive *m.semimembranosus*, također navodi se i kako je upravo ta ‘dodatna tetiva’ razlog manje učestalosti razvitka ozljeda tetive *m.semimembranosus* u odnosu na tetive *m.semitendinosus* i duge glave *m.biceps femoris* (Battermann et al., 2011).

Valja istaknuti kako je kao anatomska varijacija dokumentirana i zajednička tetiva sastavljena od sve tri tetive dvozglavnih mišića *hamstringsa*, a zaključiti kako se općenito smatra se da su i anatomske i arhitekturne mišići stražnje natkoljениčne lože predisponirani za veliki broj ozljeda (Feucht et al., 2015).

### 2.2.1 Podjela tetiva

Svaka *proksimalna* tetiva mišića stražnje natkoljениčne lože ima:

- a) slobodnu tetivu – koja ne posjeduje hvatišta mišićnih vlakana
- b) mišićno-tetivni prijelaz – koji predstavlja dio tetive na kojem mišićna vlakna ostvaruju svoja hvatišta

Bitno je istaknuti kako se smatra da su različitosti u veličini i količini slobodne i intramuskularne tetive također faktor rizika od nastanka ozljede mišića *hamstringsa* (Fiorentino et al., 2014).

### 2.2.2 Zajednička tetiva duge glave *m.biceps femoris* i *m.semitendinosus*

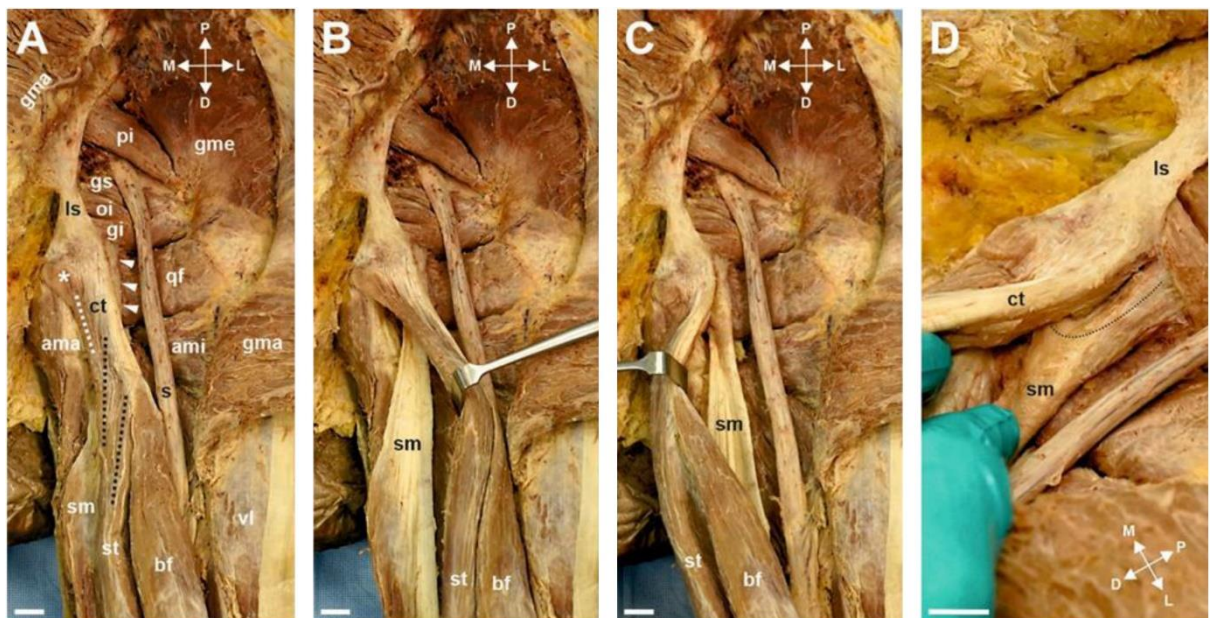
Zajednička tetiva duge glave *m.biceps femoris* i *m.semitendinosus* se odvajaju tek oko 9 do 10cm *distalno* od njihovog *proksimalnog* hvatišta (Philippon et al., 2015). U tom dijelu tetiva duge glave *m.biceps femoris* postaje *intramuskularna*. Tetiva duge glave *m.biceps femoris* se pruža kroz gotovo 60% ukupne mišićne dužine, pritom je slobodna tetiva relativno kratka (5-6cm) dok je mišićno-tetivna komponenta relativno duga (20cm) i pruža se kroz otprilike 45% ukupne mišićne duljine. Smatra se kako tetiva duge glave

*m.biceps femoris* u većoj mjeri preuzima silu za vrijeme sprinta i kako je zbog toga izložena većem riziku od ozljede (Storey et al., 2016).

Proksimalna tetiva *m.semitendinosus* ima 3 polazišta; 2 sa *ischijalnog tubera*, te jedno zajedničko sa tetivom duge glave *m.biceps femoris*. Smatra se da tetiva *m.semitendinosus* čini 30% ukupne duljine mišića, te da je slobodna tetiva izrazito kratka i da je duga svega 1-2cm. *M.semitendinosus* ima najkraći proksimalni mišićno-tetivni prijelaz dug svega 11-12cm okupirajući tako oko 28% ukupne mišićne duljine (Storey et al., 2016).

### 2.2.3 Proksimalna tetiva *m.Semimembranosus*

Najduža je od svih tetiva mišića stražnje natkoljениčne lože i obično okupira 75% ukupne mišićne duljine. Najproksimalnija mišićna vlakna na *m.semimembranosus* obično nalazimo tek oko sredine bedra odnosno značajno niže u odnosu na najproksimalnija vlakna duge glave *m.biceps femoris* i *m.semitendinosus* (Timmins et al., 2016). Ozljede *m.semimembranosus* istezajućeg tipa često ukuljučuju slobodnu tetivu (Lieber et al., 2000).



Slika 1.) Prikaz proksimalnih tetiva stražnje natkoljениčne lože; BF – *Biceps Femoris*, SM – *Semimembranosus*, ST – *Semitendinosus*

(izvor: Schroeter et al., 2022.)

## 2.4 Arhitekturne karakteristike mišića *hamstringsa*

Arhitekturne karakteristike mišića su bitne zato što one utječu na samu mišićnu funkciju kao što su; maksimalna proizvodnja sile, brzina skraćivanja (kontrahiranja) i sklonost razvijanja ozljede. Dvije glavne komponente arhitekture mišića jesu; veličina mišića i orijentacija i duljina mišićnih vlakana (Timmins et al., 2016).

### 2.4.1 Mišićna veličina

Podrazumijeva 'CSA' odnosno '*Cross-Sectional Area*' (popriječni prijesjek) koji se dalje dijeli na 'anatomski CSA' odnosno 'ASCA' ili fiziološki CSA odnosno 'PSCA'. Obje mjere se uzimaju na točno određenom dijelu mišića i podrazumijevaju obim kontraktilnog tkiva na tom dijelu.

'*Anatomical Cross-Sectional Area*' podrazumijeva područje mišića koje se može mjeriti okomito na njegovo pružanje odnosno longitudinalnu os mišića a izražava se u kvadratnim centimetrima. '*Physiological Cross-Sectional Area*' podrazumijeva mjerenje 'pružanja' mišićnog vlakna (fascikla) koja se zanemaruje za vrijeme uzimanje 'ASCA-e'. Ova mjera dobiva na vrijednosti na temelju činjenice da proizvodnja mišićne sile zavisi i o kutu penacije mišićnih vlakana kao i o popriječnom presjeku (Timmins et al., 2016). Volumen mišića jest cirkumferencijalan i izražava se u kubnim centimetrima.

### 2.4.5 Orijentacija mišićnih vlakana i njihova duljina

Kut penacije jest zapravo kut pod kojim se mišićno vlakno spaja sa tetivnom aponeurozom. Arhitekturni tip mišića jest definiran kutem penacije odnosno orijentacijom mišićnih vlakana u odnosu na os mišića po kojoj se proizvodi sila. Orijentacija mišićnih vlakana odnosno 'kut penacije' se smatra glavnom varijablom koja utječe na maksimalnu proizvodnju sile i brzinu kontrakcije samoga mišića (Portier et al., 2009).

### 2.4.6 Duga glava m.biceps femoris

Mišićna vlakna se pružaju od *proksimalne* do *distalne* tetive i pokrivaju 60% duljine mišića, a sam mišić je klasificiran kao '*perasti*'. Proksimalna vlakna duge glave su obično

dulja od onih koje se nalaze na sredini ili distalnom dijelu samog mišića, no studije dokazuju velike varijacije u duljini istih, kao i u njihovoj penaciji (Kellis et al. 2010).

Pojedina literatura govori kako su pronađeni uzorci mišića sa kutem penacije u rasponu od 0° do 28°. Jasno je da pritom da su se studije razlikovale u mjestu procjene, te testirani pojedinci u statusu fizičke aktivnosti (rekreativni sportaš / elitni sportaš) i povijesti ozljeda pojedinca. Ove komponente su zapravo faktori koji sigurno utječu i na duljinu vlakana i na njihov kut penacije (Makihara et al., 2006).

### 3. Zahtjevi nogometne igre

Nogomet je fizički zahtjevan momčadski sport okarakteriziran intermitentnim profilom aktivnosti čije su faze nisko-intenzivnih aktivnosti kao što su hodanje, *jogging* ili stajanje isperpletene sa visoko-intenzivnim aktivnostima kao što su akceleracije, deceleracije, promijenama smjera kretanja te trčanjem umjerenim i visokim brzinama (Stølen et al, 2005). Podaci govore u prilog tome kako se intenzitet igre značajno povećao s godinama, a ogleda se povećanju prijeđenih udaljenosti brzinama između 19.8 i 25.1 km/h odnosno eng. '*High speed running-om*' za 29% i brzinama većim od 25.1 km/h odnosno sprintom za čak 50% (Reynolds et al., 2021). Podrazumijeva se kako bi fizička priprema nogometaša trebala pratiti razvoj same nogometne igre jer se neadekvatnom fizičkom pripremljenošću na zahtjeve koje stoje pred pojedinim nogometašem isti izlaže većem riziku od pojave ozljeda općenito, a među njima i onih stražnje natkoljениčne lože (Reurnik et al., 2014).

Što se stražnje natkoljениčne lože tiče, a s obzirom na to da je najčešći dokumentirani mehanizam ozlijeđivanja iste u nogometu upravo sprint odnosno trčanje visokim brzinama (Ekstrand et al., 2022), i s obzirom na čimbenike rizika koji predisponiraju nogometaša za nastanak iste kao što su sub-optimalno izlaganje nogometaša visokim brzinama (Hägglund et al., 2013) u ovom ćemo se dijelu više fokusirati na HSR i sprint kao parametre nogometne igre koji se registriraju GPS (eng. '*Global Positioning System*') sustavom a koji se koriste i u cilju prevencije nastanka ozljede stražnje natkoljениčne lože (Edouard et al. 2019). Štoviše, upravo su 'HSR' i sprint parametri koji se smatraju ključnima za rezultat u nogometu. Naime, pravolinijski sprintovi su prepoznati kao najčešći motorički zadatak koji prethodi pogotcima u smislu da ga prethodno postizanju pogotka izvodi ili asistent za pogodak ili sam strijelac pogotka (Faude et al., 2012; Martínez-Hernández et al. 2022). Osim što su prepoznati kao ključni za postizanje pogodaka, udaljenosti prijeđene pravolinijskim trčanjem u zonama intenziteta odgovarajućima za HSR i sprint od strane igrača koji igraju na pozicijama krila ili napadača koerliraju sa brojem pobijeđenih utakmica njihove momčadi (Chmura et al., 2018).

Tehnološki napredak je omogućio preciznije kvantificiranje trenažnih i natjecateljskih zahtjeva pa tako i bolje dokumentiranje HSR i sprinta (Beato et al., 2018), ali i raširenu upotrebu GPS sustava u nogometu (Beato et al., 2021). U prošlosti su pragovi (eng. 'threshold') za HSR i sprint bili postavljeni niže nego li su danas (14.4 i 15km/h) zbog loše pouzdanosti nosivih GPS-eva (*Global Positioning System*) koji su u to vrijeme prikupljali podatke frekvencijama nižim od 5Hz (Johnston et al., 2012, 2014; Scott et al., 2016). Unatoč raširenoj upotrebi GPS sustava u današnjici HSR i SD parametri se ne prikupljaju na jednak način iako postoje preporuke i definicije pragova zona intenziteta trčanja koje se koriste u službenim natjecanjima pod okriljem UEFA-e i FIFA-e (Sweeting et al., 2017). Tako je HSR definiran brzinom trčanja između 20 do 25 km/h za muški nogomet i brzinama između 19 do 23 km/h za ženski nogomet, dok je sprint definiran kao brzina trčanja veća od 25 km/h za 'muški' nogomet, te kao brzina trčanja veća od 23 km/h za ženski (FIFA, 2018; FIFA, 2019). Unatoč tome za ulaznu brzinu HSR-a se obično koriste brzine između 12.2 do 15.6 km/h za žene i one između 14.4 i 21.1 km/h za muškarce, dok se ulazna brzina za SD registrira pri brzinama od 17.8 do 22.5 km/h za žene i između 19.8 do 30 km/h za muškarce. Iz navedenih podataka se jasno da isčitati kako su varijacije dokumentiranja ovih podataka velike (Gualtieri et al., 2023).

Najbolje lige Europe, kao što su lige 'petice' okarakterizirane su visokim ritmom igre i intenzivnim fizičkim opterećenjima. U skladu s time su analize dokumentiranih GPS podataka pokazale kako igrači u ovim ligama pokrivaju velike udaljenosti za vrijeme natjecateljskih utakmica, a s prosječnim intenzitetom trčanja koji se često kreće između 90 i 110 pretrčanih metara po minuti, a GPS podatci također pokazuju kako su nogometaši podvrgnuti značajnom broju promjena smjera kretanja koje se ogledaju u parametrima akceleracije i deceleracije. Analizom istih podataka također je zaključeno kako se prosječna udaljenost koju nogometaši pretrče tijekom utakmice u HSR-u obično između 800 i 1200 metara (Bradley et al., 2010; Akenhead et al., 2016). Bitno je istaknuti kako udaljenosti koje u zoni intenziteta koje pripadaju HSR prijeđu bekovi obično iznose između 6-10m, dok nogometaši na drugim pozicijama prelaze između 1 do 5 metara (Baptista et al., 2018). Što se sprinta tiče (SD), prosječna udaljenost koju nogometaši tijekom utakmice pretrče u sprintu može varirati između 100 i 400 metara (Bradley et al., 2010; Akenhead et al., 2016).

Bitno je imati na umu kako će vrijednosti koje će pojedini igrač pretrčati za vrijeme natjecateljske utakmice zavisiti o velikom broju čimbenika:

- Pozicija i taktički zahtjevi igrača
  - Veća varijabilnost je dokumentirana kod centralnih veznih i obrambenih igrača (Altmann et al., 2021)
  - Manja varijabilnost je zamijećena kod krila i napadača (Carling et al., 2016; Gregson et al., 2010)
  - Zbog drugačijih taktičkih zahtjeva igrači na drugačijim pozicijama u različite svrhe trče intenzitetima HSR-a i SD-a
- Period utakmice – dokumentirano je kako su sprintevi maksimalnog intenziteta češći unutar zadnjih 15 minuta utakmice neovisno o poziciji igrača (Oliva-Lozano et al., 2022)
- Specifičnost natjecanja – na različitim klupskim i reprezentativnim natjecanjima su zamijećeni drugačiji zahtjevi među igračima, nominalno, istih pozicija (Soroka A., 2018; Carling et al., 2008)
- Kvaliteta protivničke momčadi – dokumentirane su veće prijeđene udaljenosti u zonama intenziteta HSR-a i SD-a kada je protivnička momčad bila kvalitetnija (Rampinini et al., 2007)
- Trenutačni rezultat utakmice - ukoliko je momčad u rezultatskoj prednosti onda njeni igrači obično prijeđu manje udaljenosti u zonama intenziteta HSR-a i SD-a neovisno o kvaliteti protivničke momčadi, u odnosu na situacije kada je ista momčad u rezultatskom egalu ili deficitu (Miñano-Espin et al., 2017)
- Kongestija rasporeda – iznenađujuće ne utječe na količinu udaljenosti prijeđene unutar zona intenziteta HSR-a, no stručnjaci pozivaju na daljnja istraživanja (Julian et al., 2021)



Tablica 1.) Zahtjevi nogometne igre u vidu 'HSR-a' i Srinta u odraslih nogometaša i nogometašica

| Studies                    | Subjects                             | HSR                           |         | Sprint                   |       |
|----------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|---------|--------------------------|-------|
| Mara et al. 2017           | Women – Elite Australian             | 12.2–19 km·h <sup>-1</sup>    | 2,452 m | >19 km·h <sup>-1</sup>   | 615 m |
| Scott et al. 2020          | Women – Elite United States          | ≥12.5 km·h <sup>-1</sup>      | 2,401 m | ≥22.5 km·h <sup>-1</sup> | 122 m |
| Ramos et al. 2019          | Women – Adult                        | 15.6–20 km·h <sup>-1</sup>    | 756 m   | >20 km·h <sup>-1</sup>   | 307 m |
| Ramos et al. 2019          | Women – U20                          | 15.6–20 km·h <sup>-1</sup>    | 688 m   | >20 km·h <sup>-1</sup>   | 223 m |
| Anderson et al. 2016       | Men – Premier League                 | 19.8–25.1 km·h <sup>-1</sup>  | 706 m   | >25.1 km·h <sup>-1</sup> | 295 m |
| Modric et al. 2019         | Men – Elite Croatian                 | 19.8–25.1 km·h <sup>-1</sup>  | 462 m   | >25.1 km·h <sup>-1</sup> | 156 m |
| Carling et al. 2016        | Men – League 1                       | 19.8–25.2 km·h <sup>-1</sup>  | 587 m   | >25.2 km·h <sup>-1</sup> | 184 m |
| Kelly et al. 2020          | Men – Premier League                 | 19.8–25.2 km·h <sup>-1</sup>  | 620 m   | –                        | –     |
| Miñano-Espin et al. 2017   | Men – La Liga                        | 21.1–24.0 km·h <sup>-1</sup>  | 277 m   | >24 km·h <sup>-1</sup>   | 247 m |
| Wehbe et al. 2014          | Men – Elite Australian               | >19.7 km·h <sup>-1</sup>      | 645 m   | –                        | –     |
| Baptista et al. 2018       | Men – Elite Norwegian                | ≥19.8 km·h <sup>-1</sup>      | 744 m   | –                        | –     |
| Rampinini et al. 2007      | Men – League 1                       | >19.8 km·h <sup>-1</sup>      | 821 m   | –                        | –     |
| Stevens et al. 2017        | Men – Eredivisie                     | >19.8 km·h <sup>-1</sup>      | 738 m   | –                        | –     |
| Dalen et al. 2019          | Men – Elite Norwegian                | >19.8 km·h <sup>-1</sup>      | 747 m   | >25.2 km·h <sup>-1</sup> | 153 m |
| Clemente et al. 2019       | Men – Dutch and Spanish 2nd Division | >20 km·h <sup>-1</sup>        | 730 m   | –                        | –     |
| Asian-Clemente et al. 2020 | Men – U19 elite Spanish              | >21 km·h <sup>-1</sup>        | 414 m   | –                        | –     |
| Altmann et al. 2021        | Men – Bundesliga                     | 17.0–23.99 km·h <sup>-1</sup> | 1,340 m | ≥24 km·h <sup>-1</sup>   | 495 m |

(Izvor: Gualtieri et al., 2023)

Nedavno se predložila upotreba individualnih pragova HSR-a i sprinta kao potencijalna zamijena za trenutne pragove, a u cilju preciznijeg kvantificiranja trenažnih i natjecateljskih opterećenja (Beato et al., 2018), individualni pragovi se pritom definiraju prema individualnoj maksimalnoj dokumentiranoj brzini nogometaša (Gualtieri et al., 2020). Ipak, potrebno je više istraživanja na ovu temu kako bi se dokazala veća učinkovitost ovakvog praćenja opterećenja.

## 4. Epidemiologija ozljeda stražnje natkoljениčne lože u nogometu

Više od dvadeset godina Ekstrand i suradnici prikupljaju podatke o pojavnosti ozljeda na elitnoj razni europskog nogometa. Filtrirajući podatke prikupljene od strane medicinskih djelatnika klubova koji su se unutar tog perioda natjecali u *UEFA Champions League* natjecanju Ekstrand i suradnici su nam dali uvid u incidenciju pojedinih mišićnih ozljeda, njihove mehanizme nastanka, ozbiljnost u vidu broja dana do povratka u punu sportsku aktivnost, razvoj trendova ozljeda u nogometu kroz godine i mnogo drugih korisnih informacija (Ekstrand et al. 2016).

### 4.1 O mišićnim ozljedama općenito

Mišićne ozljede općenito obično spadaju u umjereni raspon ozbiljnosti (eng. *Severity*), zahtijevajući prosječno razdoblje odustnosti od participacije u momčadskim treninzima i utakmicama od 2 do 3 tjedna (Ekstrand et al. 2016), uz primjetan rizik od razvitka re-ozljede unutar iste sezone koji varira između 20% i 30% (Hägglund et al., 2013).

### 4.2 O ozljedama stražnje natkoljениčne lože

Analizom i obradom svih dokumentiranih ozljeda stražnje natkoljениčne lože u dva navrata unutar perioda između 2001. do 2022. Ekstrand i suradnici (Ekstrand et al. 2022) došli su do slijedećih zaključaka:

- dokumentirano je ukupno 2636 ozljeda stražnje natkoljениčne lože kroz 2,131,561 sati izlaganja od sezone 2001/2002 do kraja sezone 2021/2022 (Ekstrand et al. 2022)
- ozljede stražnje natkoljениčne lože su činile 19% od svih 14057 registriranih ozljeda kroz 21 godinu istraživanja (Hägglund et al., 2013)
- ukupan se udio ozljeda dijagnosticiranih kao ozljede stražnje natkoljениčne lože povećao sa 12% iz sezone 2001/2002 na 24% u sezoni 2021/2022
- incidencija ozljeda stražnje natkoljениčne lože je ostala stabilna (nije bilo značajnog povećanja = 0.7% godišnje) kroz 21 godinu istraživanja
- 20% igrača je pretrpilo minimalno jednu ozljedu hamstringsa za vrijeme jedne natjecateljske sezone

- momčad od 25 igrača može očekivati oko 8 ozljeda stražnje natkoljениčne lože svake sezone koje će se odraziti u više od 80 dana izgubljenih zbog ozljeda
- 34% (n= 922) ih se dogodilo za vrijeme trenažnog procesa (ukupno izlaganje treninzima = 1787823 sati)
- 66% (n= 1714) ozljeda se dogodilo za vrijeme utakmica (ukupno izlaganje utakmicama = 343738 sati)
- Ozljede stražnje natkoljениčne lože su se 10 puta češće događale za vrijeme utakmica nego li za vrijeme treninga (4.99 ozljeda na 1000h izlaganja utakmicama u odnosu na 0.52 ozljeda / 1000h izlaganja treninzima)
- Najveći broj ozljeda stražnje natkoljениčne lože se za vrijeme utakmica se dogodio unutar zadnjih 15 minuta svakog poluvremena
- od sezone 2014/2015 do sezone 2021/2022 se incidencija i '*injury burden*' ozljeda stražnje natkoljениčne lože za vrijeme treninga značajno povećala
- od sezone 2014/2015 do sezone 2021/2022 se incidencija i '*injury burden*' ozljeda stražnje natkoljениčne lože za vrijeme utakmica povećala, no ne statistički značajno
- bez obzira na spomenuta povećanja općenito je incidencija i injury burden ozljeda stražnje natkoljениčne lože kroz dvadeset i jednu godinu ostala stabilna
- ozljede koje su se dogodile za vrijeme utakmice su imale znatno značajniji *burden* nego li one koje su se dogodile za vrijeme treninga: 88.5 dana u odnosu na 6.3 dana
- prosječan '*burden*' je iznosio 13 dana na 1000h izlaganja – godišnje povećanje za 4.1%.
- ozljede stražnje lože su činile 14% svih 'dana odsutnosti zbog ozljede ili bolesti' kroz dvadeset i jednu godinu istraživanja
- ukupan broj dana odsutnosti' radi ozljede stražnje natkoljениčne lože se povećao sa 10% iz sezone 2001/2002 na 20% u sezoni 2021/2022
- Unatoč povećanju dana broja odustnosti Ekstrand i sur. nisu zamijetili značajno povećanje '*injury budren-a*' (1.4% porast na godišnjoj razini kroz 21 godinu studije)
- prema podacima iz prvih trinaest godina studije, broj izgubljenih dana zbog ozljede stražnje natkoljениčne lože općenito je varirao od 0 do 395

- nakon prvih trinaest sezona praćenja zastupljenost ozljeda stražnje natkoljениčne lože prema ozbiljnosti je bila (eng. 'severity'); *slight / minimal* = 10%, *mild* = 21%, *moderate* = 54% i *Severe* = 15%
- ozljede medijalne stražnje natkoljениčne lože su prema ozbiljnosti uglavnom bile definirane kao '*minimal*' i '*mild*'
- ozljede stražnje natkoljениčne lože uglavnom događaju unilateralno
- bilateralne su ozljede iste izuzetno rijetke sa svega 0.4% incidencije
- 66% svih ozljeda stražnje natkoljениčne lože su bile akutne (n= 1060)
- 34% svih ozljeda stražnje natkoljениčne lože se razvijalo postepeno (n= 554)
- finansijski teret kluba je iznosio 500 000 eur. na mjesec dana izbivanja jednog prvotimca (Ekstrand et al. 2022)
- ozljede stražnje natkoljениčne lože su najčešće re-ozljede u nogometu
- od svih dokumentiranih ozljeda stražnje natkoljениčne lože 18% (n= 475) su bile re-ozljede
- rane re-ozljede se odnose na ponavljanje ozljede unutar prva dva mjeseca od punog povratka u sportsku aktivnost su i one činile 69% istih (n=325)
- re-ozljede su se devet puta češće javljale za vrijeme utakmica (Hägglund et al. 2018)
- unutar prvih trinaest godina studije se broj re-ozljeda na godišnjoj rzini povećavao za 2.3% (Ekstrand et al. 2020)
- od sezone 2011/2012 do sezone 2021/2022 je dokumentirano 1843 ozljeda stražnje natkoljениčne lože od kojih se 1819 klasificiralo prema '*Munich muscle injury classification system*' (24 ozljede se nije klasificiralo)
- od tih 1843 dokumentiranih ozljeda stražnje natkoljениčne lože njih 1319 (72%) je diferencirano s obzirom na mišić koji je zahvaćen. U 80% slučajeva zahvaćeni mišić je bio *m.biceps femoris* (n= 1054) koji se u 84% slučajeva ozlijeđivao za vrijeme utakmica (n=761)
- većina ozljeda stražnje natkoljениčne lože klasificiranih prema Minhenskom konsenzusus su dokumentirane kao 'strukturalne' (n= 1312 = 71%)
- Igrači čije su ozljede klasificirane kao strukturalne su dulje 'izbivali sa terena' (medijan dana odsutnosti = 17 dana) u odnosu na igrače sa 'funkcionalnim' ozljedama stražnje natkoljениčne lože terena' (medijan dana odsutnosti = 6 dana)

- Najčešći dokumentirani mehanizam ozljede je bio 'trčanje/sprint' i zastupljen je među 61% svih ozljeda klasificiranih kao strukturalnim i 51% svih ozljeda klasificiranih kao funkcionalnim (prema Minhenskoj klasifikaciji)
- ozljede lateralnih *hamstringsa* su se češće događale za vrijeme trčanja / sprinta, dok se manji broj događao kao posljedica istezanja
- ozljede lateralne stražnje natkoljениčne lože su povezane za duljim izbjivanjem sa terena u odnosu na ozljede medijalnih mišića stražnje natkoljениčne lože (Ekstrand et al., 2022)
- Smatra se kako kompletne ruptуре proksimalnih tetiva stražnje natkoljениčne lože čine 9% svih ozljeda iste (Lempainen et al., 2015)

Najznačajniji nalazi najrecentnije studije Ekstranda i suradnika na temu ozljeda stražnje natkoljениčne lože su bili:

- proporcija ozljeda stražnje natkoljениčne lože se povećala sa 12 na 24%
- incidencija ozljeda stražnje natkoljениčne lože, i njihov injury burden, nastalih za vrijeme treninga se značajno povećala
- incidencija ozljeda stražnje natkoljениčne lože, i njihov injury burden, nastalih za vrijeme utakmice se povećala, no ne značajno
- broj dana odustnosti uzrokovanih ozljedom stražnje natkoljениčne lože se također povećao sa 10 na 20% kroz dvadeset i jednu godinu studije
- incidencija i injury burden ozljeda stražnje natkoljениčne lože su kroz dvadeset i jednu godinu ostali stabilni bez obzira na spomenuta povećanja

Pritom je bitno istaknuti kako se proporcija ozljeda stražnje natkoljениčne lože povećala ne samo zbog povećanja broja ozljeda stražnje natkoljениčne lože u odnosu na izlaganje nogometaša treningu ili natjecanju, već i kao posljedica smanjenja drugih tipova ozljeda kao što su ligamentarne.

### 4.3 Re-ozljede

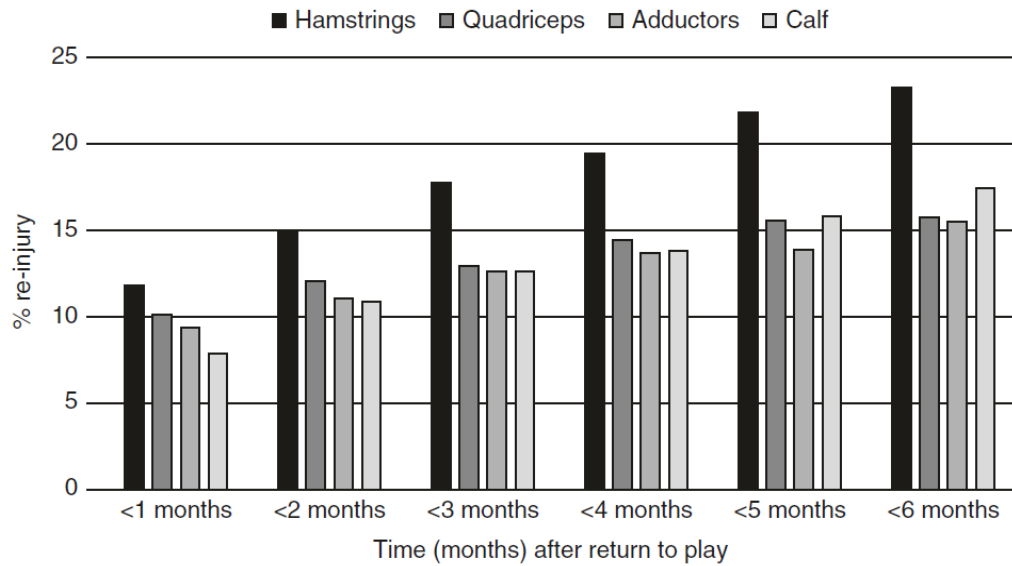
Re-ozljede definiramo kao ozljede iste vrste nastale na istoj anatomskej lokaciji kao i inicijalna ozljeda (eng. termin jest *'index injury'*) koja se dogodi unutar dvanaest mjeseci od punog povratka u sportsku aktivnost (Fuller et al., 2006). Re-ozljede klasificiramo kao 'rane' ukoliko se dogode unutar prva dva mjeseca od punog povratka u sport, te 'kasne' ukoliko se dogode nakon dva mjeseca od igračeva puna povratka u sportsku aktivnost. Prema *'UEFA Champions League'* studiji, među deset najčešćih re-ozljeda s najvećom frekvencijom i najvećim *'injury burden-om'* (brojem dana odsutnosti od treninga ili utakmica zbog ozljede) re-ozljeda zadnje lože je prikazana kao daleko najčešća i najteža što se tiče vremena izbijanja sa terena (Hägglund et al. 2018).

Tablica 2.) Deset najčešće zastupljenih re-ozljeda u nogometu prema pojavnosti i *'injury burden-om'*

| Frequency                  |       | Burden                     |       |
|----------------------------|-------|----------------------------|-------|
| 1. Hamstring injury        | 22.7% | 1. Hamstring injury        | 17.1% |
| 2. Adductor-related injury | 11.6% | 2. Knee cartilage lesion   | 8.4%  |
| 3. Quadriceps injury       | 6.4%  | 3. Adductor-related injury | 8.1%  |
| 4. Calf muscle injury      | 6.1%  | 4. Achilles tendinopathy   | 6.8%  |
| 5. Lateral ankle sprain    | 6.0%  | 5. Quadriceps injury       | 6.5%  |
| 6. Achilles tendinopathy   | 4.3%  | 6. Calf muscle injury      | 4.6%  |
| 7. Knee synovitis/effusion | 4.3%  | 7. Lateral ankle sprain    | 3.5%  |
| 8. Low back pain           | 3.3%  | 8. Knee meniscus tear      | 3.4%  |
| 9. Knee MCL tear           | 3.2%  | 9. Knee synovitis/effusion | 3.1%  |
| 10. Knee cartilage lesion  | 2.9%  | 10. Knee MCL tear          | 3.0%  |

(Izvor: Hägglund et al., 2018)

Rizik od razvitka re-ozljede stražnje natkoljениčne lože najizraženiji je odmah po povratku u igru, pri čemu se otprilike polovica svih ponovnih ozljeda mišića stražnje natkoljениčne lože pojavljuje unutar prvog mjeseca od povratka. Bitno je istaknuti kako sam rizik od re-ozljede nastavlja rasti do 6 mjeseci nakon punog povratka u sportsku aktivnost kako je i prikazano na slici 3 (Hägglund et al. 2018).



Slika 2.) Prikaz veličine rizika za razvitak re-ozljede određene mišićne skupine a s obzirom na vrijeme proteklo od povratka ‘u punu sportsku aktivnost’

(Izvor: Hägglund et al., 2018)

Među ozljedama stražnje natkoljениčne lože u elitnom nogometu, *m.biceps femoris* (BF) je najčešće zahvaćen (84% ozljeda zadnje lože), dok su *m.semimembranosus* (SM) i *m.semitendinosus* (ST) manje uključeni s 12% odnosno 4% ozljeda. Rani razvitak re-ozljeda značajno je veći među ozljedama *m.biceps femoris* (18%) u usporedbi s ozljedama *m.semimembranosus* i *m.semitendinosus* (2%), te je općenito niži, kako je prethodno već istaknuto, kod ozljeda koje pokazuju negativne nalaze na magnetskoj rezonanci odnosno funkcionalnim ozljedama (7%) u usporedbi s ozljedama koje pokazuju vidljivu patologiju poput edema ili strukturalnih poremećaja na magnetskoj rezonanci (17–21%), prema Minhenskom konsenzusu (Hägglund et al. 2018).

## 5. Čimbenici rizika za razvitak ozljede

Dokumentirani su mnogobrojni čimbenici rizika koji pojedinca mogu predisponirati za razvoj ozljede stražnje natkoljениčne lože, radi lakšeg pregleda čimbenika i radi lakšeg razlikovanja onih na koje možemo utjecati ovdje ih dijelimo na nepromjenjive i promjenjive, a promjenjive još na intrinzične i ekstrinzične.

### 5.1 Nepromjenjivi čimbenici rizika

- Spol - muškarci su skloniji ozljedama stražnje natkoljениčne lože (Cross et al., 2013)
- Dob - muškarci stariji od 26 godina imaju dvostruko veći rizik od razvitka ozljede stražnje natkoljениčne lože u odnosu na mlađe muškarce (Svensson et al., 2016)
- Prethodna ozljeda - jedan od najkonzistentnijih i znanstveno dokazanih čimbenika rizika, pojedinci koji su pretrpjeli prethodnu ozljedu stražnje natkoljениčne lože se izlažu do dvanaest puta većem riziku od ponavljanja iste (Hägglund et al., 2006)
- Dominantna noga - nogometaši češće ozljeđuju dominantnu nogu
- Trening / Utaкmica - rizik od nastanka ozljede stražnje natkoljениčne lože jest između četiri do devet puta veći za vrijeme utakmica (Hägglund et al., 2013)
- Dio utakmice - češće u zadnjim četvrtinama pojedinog poluvremena, a najčešće pred kraj utakmice
- Dio natjecateljske sezone - veći je rizik nakon duljih pauza odnosno neposredno nakon ljetne i zimske stanke (Petersen et al., 2010)
- Vremenski uvjeti - nedovoljno su istražen čimbenik rizika (FC Barcelona, 2018)
- Pravila i regulative - većina muskularnih ozljeda u nogometu se događa bez kontakta (Hägglund et al., 2013)
- Vrsta nogometnog terena - nogometaši se izlažu značajno manjem riziku od razvitka mišićnih ozljeda općenito ukoliko treniraju / igraju utakmice na umjetnim terenima (Ekstrand et al., 2006)



## 5.2 Promjenjivi čimbenici rizika

### Intrinzični

- Rezidualna slabost po prethodnoj ozljedi stražnje natkoljениčne lože – smatra se jednim od najbitnijih promjenjivih čimbenika rizika. Smatra se da se za vrijeme neadekvatnog rehabilitacijskog procesa igrača nedovoljno izlaže treningu jakosti i brzine što za posljedicu može ostaviti asimetrije u kapacitetima stražnjih natkoljениčnih loža. Rezidualna slabost posljedično predisponira slab mišić za brže razvijanje umora i izlaže ga većem riziku od ozljede (Green et al., 2020; Opar et al., 2013)
- Neadekvatna mobilnost - smanjena mobilnost zgloba kuka značajno kolerira sa povećanim rizikom za nastanak ozljede stražnje natkoljениčne lože (Henderson et al., 2010)
- Neadekvatna fleksibilnost - smanjena fleksibilnost povećava rizik (Timmins et al., 2016)
- Neadekvatna arhitektura muskulature - kraći fascikuli povećavaju rizik (Ekstrand et al., 2022)
- Neadekvatna jakost mišića stražnje natkoljениčne lože
- Asimetrija jakosti mišića stražnje natkoljениčne lože lijeve i desne noge
- Asimetrija jakosti mišića stražnje natkoljениčne lože u odnosu na jakost mišića prednje natkoljениčne lože (*m. quadricepsa*)
- Neadekvatna stabilnost trupa - igrač za vrijeme trčanja ima tendenciju držati trup u inkliniranome položaju isti će imati povećan rizik od razvitka ozljede muskulature stražnje natkoljениčne lože
- Neadekvatna koordinacija (Higashihara et al., 2015)
- Neadekvatna kardio-vaskularna izdržljivost - igrači koji su neadekvatno izdržljivi nisu u stanju tolerirati akutne i kronične trenažne volumene te su poradi toga izloženi pet puta većem riziku od razvitka ozljede (Malone et al., 2018)
- Neadekvatna biomehanika sprinta – nedavne kvalitativne studije su pokazale kako treneri i drugi involvirani stručnjaci smatraju da je neadekvatna biomehanika sprinta čimbenik rizika (Ekstrand et al., 2022)

- Umor – javlja se radi prevelikog opterećenja stavljenog na igrača / radi prevelikog broja utakmica / kumuliranjem umora kroz vrijeme / premalo specifičnog treninga koji će voditi prema '*underload*-u'. Umor vodi ka kombinaciji centralnih i perifernih mehanizama umora, a vjeruje se kako na fizički performans najviše utječu periferni dok na tehnički performans najviše utječu centralni mehanizmi (Opar et al., 2012)
- Neadekvatna prehrana
- Neadekvatan 'igračev wellness' – obrasci spavanja, međuljudski odnosi i sl. su u Ekstrandovoj studiji percipirani bitnijima među momčadima koje su imale veći broj ozljeda stražnjih natkoljениčnih loža (Ekstrand et al., 2022)
- Psihološki moment - igrači koji su za vrijeme svoje karijere imali tri ili više 'ozbiljnih' ozljeda su 2.6 puta češće prijavljivali psihološki distress u odnosu na igrače koji su pretrpjeli manje takvih ozljeda (Gouttebarga et al., 2016)

## Ekstrenzični

- Natjecateljska razina - na višem natjecateljskom nivou je dokumentirano manje ozljeda stražnje natkoljениčne lože (Bahdru K. et al., 2017)
- Kongestija utakmica - mišićne ozljede se često događaju za vrijeme ili nakon perioda velike kongestije, odnosno kada momčad igra dvije ili tri utakmice tjedno tj. kada preostaje malo vremena za oporavak (Bengtsson et al., 2018)
- Pozicija igrača - najmanje dokumentiranih ozljeda stražnje natkoljениčne lože imaju golmani, a najviše dokumentiranih ozljeda iste lože imaju 'napadači' (Hägglund et al., 2013)
- Nedostatak komunikacije između trenerskog i medicinskog kadra – u Ekstrandovoj je studiji o čimbenicima rizika imenovan najbitnijim ili drugim najbitnijim čimbenikom rizika, a prethodno je i ustanovljena poveznica između broja ozljeda općenito i kvalitete komunikacije unutar samog kluba (Ekstrand et al., 2019)
- Stil vođenja momčadi od strane trenera i njegovih suradnika – treneri su najvažnije osobe u klubu i samim time najviše odgovorne za ozljede u momčadi jer se i same (preventivne) preporuke od strane medicinskog osoblja mogu

implementirati isključivo ukoliko ih trenerski stožer odobri i podupire njihovu implementaciju (Bahr et al., 2015)

- Neadekvatan nadzor nad egzekucijom vježbi – pogrešno izvedene vježbe od strane igrača se smatraju kontraproaktivnima, a na lošu izvedbu se može utjecati samo ukoliko je ona prvenstveno i zamijećena (Ekstrand et al., 2022)
- Nedostatak treninga jakosti (izometrički / koncentrični / ekscentrični trening) – smatra se da se ozljede stražnje natkoljениčne lože razvijaju zbog nedostatka jakosti istih, ukoliko se programi jakosti ne provode uopće ili konzistentno smatra se da se povećava rizik od razvitka ozljede (Nassis et al., 2019)
- Nedostatak izlaganja visokim brzinama za vrijeme trenažnog procesa – smatra se najbitnijim čimbenikom rizika na profesionalnom nivou jer se smatra da konzistentnim izlaganjem visokim brzinama pripremamo stražnje natkoljениčne lože na slične zahtjeve za vrijeme utakmice
- Nedostatak preventivne strategije na razni momčadi ili cijelog kluba
- Nedostatak strategija oporavka
- Loš omjer akutnog i kroničnog opterećenja (Malone et al., 2017)
- Neadekvatan oporavak za vrijeme stanki – stanke su ključan period u kojem je nužno da se pojedinac oporavi i mentalno i fizički
- Neadekvatno opterećenje za vrijeme stanki – ukoliko igrač uzme dulju stanku od trenažnog procesa i premalo se izlaže treningu i održavanju svoje spreme isti se izlaže većem riziku od razvitka ozljede što je izuzetno bitno što se tiče igrača koji su se izlagali manjim opterećenjima za vrijeme prethodne sezone (Nassis et al., 2019)
- Neadekvatan budžet za medicinski sektor kluba
- Neadekvatna stručnost medicinskog osoblja (Ekstrand et al., 2022)

Jako je bitno istaknuti kako je malo vjerojatno da će samo jedan izoliran čimbenik rizika dovesti do pojedine ozljede već je potrebno sagledati kako svi ovi faktori mogu korelirati zajedno i na temelju izvedenih zaključaka pokušati optimizirati opterećenja kojima izlažemo igrače kako oni ne bi bili niti premalo opterećeni niti umorni (Thorborg et al., 2020). Kao izuzetno bitne stavke među čimbenicima rizika valja izdvojiti komunikaciju trenerskog i medicinskog osoblja te zajedničku implementaciju mjera kojima će se

nastojati optimizirati opterećenje na spomenuti način i u konačnici utjecati na prevenciju nastanka ozljeda unutar momčadi (Hägglund M et al., 2013)

## 6. Mehanizmi ozljede stražnje natkoljениčne lože

### 6.1 Trčanje pri visokim brzinama

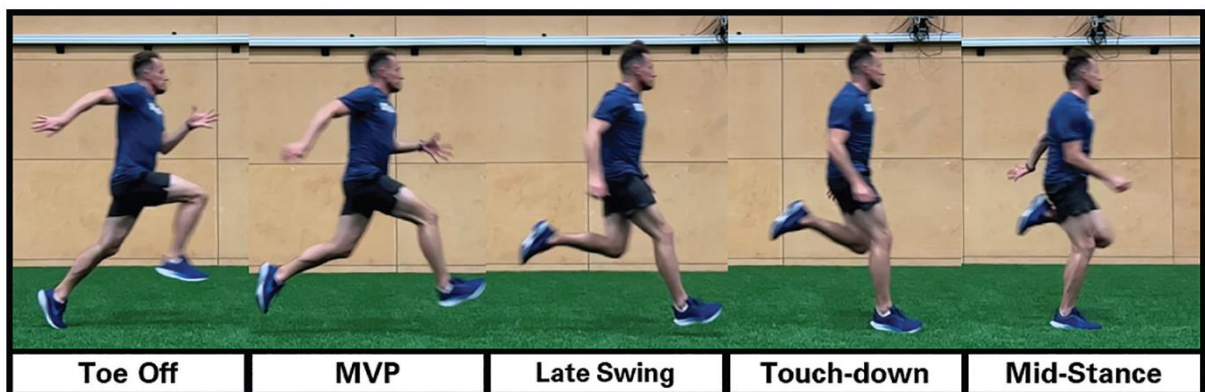
Od svih mehanizama ozljede stražnje natkoljениčne lože u nogometu jest najčešće dokumentirani mehanizam ozljede 'trčanje pri visokim brzinama' odnosno sprint (Ekstrand et al., 2011). Aktivnost mišića stražnje natkoljениčne lože za vrijeme trčanja različitim brzinama jest istraživana različitim metodama, a ponajviše površinskom elektromiografijom i kinematičkim i kinetičkim analizama (Thorborg et al., 2020). Studije koje su se bavile pitanjem aktivnosti i razvojem sile od strane mišića stražnje natkoljениčne lože za vrijeme trčanja su zaključile kako su '*hamstrinzi*' aktivni kroz čitavu fazu '*oslonca*' (od '*heel strike*' do '*toe-off*' faze) i kroz jedan dio faze '*zamaha*' (od '*mid-swing*' do '*late-swing*' faze), te kako se njihova aktivnost i sila koju proizvode povećava sa brzinom trčanja (Schache et al., 2013; Hishigara et al., 2010).

#### 6.1.1 Faza oslonca

Podrazumijeva period za vrijeme kojeg stopalo ostvaruje kontakt sa podlogom. Smatra se da faza oslonca čini 25% punog koraka za vrijeme sprinta. Elektromiografska istraživanja stražnje natkoljениčne lože za vrijeme trajanja faze oslonca prilikom trčanja dokazuju njenu bitnu ulogu kao 'propulzora' tijela kroz prostor (Ekstrand et al., 2011) tako što pokazuju njenu veću aktivnost kako se brzina trčanja povećava. Konkretno govoreći, aktivnost mišića stražnje natkoljениčne lože će se u prosjeku povećati 2.8 do 4.1 puta kako se brzina trčanja povećava sa 50% prema 95% maksimalne brzine pojedinca. Bitno je istaknuti kako su i elektromiografske i kinetičke studije dokazale kako se prilikom trčanja na brzinama jednakim ili većim od 85% maksimalne brzine pojedinca sama aktivnost mišića stražnje natkoljениčne lože neznajno mijenja (Schache et al., 2013). Kinematičke studije su pokazale kako je duljina mišićno-tetivne jedinice za vrijeme '*rane faze oslonca*' (inicijalni kontakt) svega 5% dulja nego li kada pojedinac stoji u uspravnome položaju, a kako pojedinac napreduje kroz fazu oslonca tako se i sama duljina mišićno-tetivne jedinice skraćuje te je ista za vrijeme '*toe-off*' odnosno kasne faze oslonca svega 5% kraća nego li kada pojedinac stoji u uspravnome položaju. Valja istaknuti kako značajnije promijene u ovome nalazu, vezanom za duljinu mišićno-tetivne jedinice, nisu zamijećene neovisno o brzini trčanja (Hishigara et al., 2010).

### 6.1.2 Faza zamaha

Elektromiografske studije su pokazale kako se prosječna aktivnost mišića stražnje natkoljениčne lože za vrijeme kasne faze zamaha, a paralelno sa povećanjem brzine trčanja od 30 do 100% maksimalne brzine pojedinca, povećava za 3.5 do 4.4 puta (Hishigara et al., 2018). Duljina mišićno-tetivne jedinice se skraćuje od 'toe-off' faze oslonca sve do kraja prve trećine ukupne faze zamaha kada se ista počinje izduljivati sve do treuntka kada se noga u zamahu (kasne faze zamaha) počinje spuštati prema tlu i pripremati za 'inicijalni kontakt'. Smatra se kako mišići stražnje natkoljениčne lože od sredine i kroz kasnu fazu zamaha (sve do početka spuštanja noge prema podlozi) prolaze kroz period aktivnog istezanja te kako u tom periodu dolazi do razvitka najveće sile na mišićno-tetivnu jedinicu koja se, naravno, povećava sa brzinom trčanja pojedinca sve do 80% njegove maksimalne brzine nakon čega se sama sila neznajno mijenja (Schache et al., 2013).



Slika 3.) Demarkirane faze trčanja

(Izvor: Bramah et al., 2024)

### 6.1.3 Kritične podfaze za vrijeme trčanja pri visokim brzinama

Kao podfaza koraka u kojoj su mišići stražnje natkoljениčne lože najviše izloženi riziku od nastanka ozljede se navodi faza 'kasnog zamaha' jer se smatra kako su mišićne sile tada najveće nezavisno o brzini trčanja pojedinca (Heiderscheit et al., 2005). No, valja istaknuti kako će sama količina sile itekako zavisiti o brzini trčanja ali i o kojem se mišiću stražnje natkoljениčne lože i radi. Najveću silu tako proizvodi *m.semimembranosus* koju slijedi duga glava *m.biceps femoris* i *m.semitendinosus* (Schache et al., 2013). Kako se brzina trčanja povećava od 80 do 100% brzine pojedinca tako se negativni rad mišića

stražnje lože u prosjeku povećava za 1.6 do 2 puta (Chumanov et al., 2007). Faza '*ranog oslonca*' se također smatra kao podafaza u kojoj potencijalno dolazi do ozljede mišića stražnje lože zbog visoke sile koje mišići stražnje natkoljenične lože razvijaju u toj fazi, a sa ciljem propulzije tijela kroz prostor (Morin J-B. et al., 2015). Bitno je istaknuti kako zbog individualnih razlika između samih pojedinaca, ali i konteksta u kojima ti pojedinci djeluju same kritične faze mogu varirati.

## 6.2 Mehanizam ozljede proksimalnih tetiva stražnje natkoljenične lože

U literaturi se navodi kako do ruptura proksimalnih tetiva stražnje natkoljenične lože najčešće dolazi za vrijeme sportske aktivnosti za vrijeme kojih u jednom trenutku dolazi do velike fleksije natkoljenice u kuku kombinirane sa naglom ekstenzijom potkoljenice u koljenom zglobu. Rupture proksimalnih tetiva su nerijetke za vrijeme sprinta i naglih promijena smjera kretanja, a među nekonvencionalnijim mehanizmima ozljeda je također dokumentirano proklizavanje i nagli gubitak ravnoteže (Lempainen et al., 2015). U četverogodišnjoj studiji koja se bavila evaluacijom upotrebe 'BAMIC'-a (Britanske atletske klasifikacije mišićnih ozljeda) na ozljedama stražnje natkoljenične lože u profesionalnih britanskih atletičara se ističe kako je najčešći prijavljeni mehanizam ozljede bio sprint i kako je najčešće ozlijeđeni mišić za vrijeme sprinta bila duga glava *m.biceps femoris* koja je obično bila ozljeđivana proksimalno (43%) ili distalno (31%), dok se kao posljedica istezanja uglavnom ozljeđivao proksimalni dio *m.semimembranosus*. Također je bitno navesti kako je unutar iste studije dokumentirano kako su se ozljede tetiva stražnje natkoljenične lože unutar iste populacije češće događale za vrijeme natjecanja. Pretpostavlja se da je tome tako iz razloga što se tetivni 'rad' i sile na istoj nelinearno povećavaju sa povećanjem brzine trčanja pojedinca (Schache et al., 2014; Lai et al., 2015), te iz razloga što se za upravo za vrijeme natjecanja sami pojedinci češće izlažu maksimalnim brzinama trčanja (Fiorentino et al., 2014).

## 7. Klinički pregled

Klinička prezentacija ozljede stražnje natkoljениčne lože će ovisiti o ozbiljnosti iste i naravno o tome kada se pojedinac javlja sa problemom (da li u akutnoj ili u kroničnoj fazi ozljede). Primarni je cilj razlikovati pojedince sa teškim ozljedama stražnje natkoljениčne lože koje zahtijevaju kirurško liječenje od onih koji su pretrpjeli ozljedu koja se može liječiti konzervativno (Lempainen et al., 2015).

### 7.1 Subjektivni pregled

#### Osobni podatci

Osim ako prethodno ne poznajemo demografske podatke o ozlijeđenom pojedincu, kao npr. ukoliko s istime radimo unutar nogometnog kluba, prije početka samog pregleda jest potrebno doznati iste. Pod bitne demografske čimbenike podrazumijevamo sve one koje se ujedno i smatraju čimbenikom rizika za nastanak ozljede stražnje natkoljениčne lože kao što su spol, dob, visina i težina...

#### Anamneza

Pojedinci sa težom ozljedom proksimalnog dijela stražnje natkoljениčne lože obično i sami osjećaju da nije došlo do samo manje lezije (Sallay P., 2009). Najčešće se ruptura proksimalnih tetiva stražnje natkoljениčne lože događa prilikom nagle kombinirane hiperfleksije kuka sa ekstenzijom koljena no, kao što je već navedeno, u nogometu su najčešće za vrijeme sprinta, a dokumentirane su i za vrijeme 'proklizavanja' (Atwal et al., 2019), ali i za pokušaja odigravanja 'dugog dodavanja u nogometu' (Sonnerly-Cotteta B., 2012) i biomehanički sličnih aktivnosti.

U svakom će slučaju bol najvjerojatnije nastupiti naglo, a pojedinac opisati kako je osjetio 'kidanje' tkiva u području ozljede ili je istovremeno čuo 'kako tetiva puca'. Nastavak aktivnosti kao što je trčanje je često nemoguć dok je i samo hodanje u ranim fazama ozljede otežano (Sarimo et al., 2008). Ozlijeđeni pojedinac stoga razvija 'anataligčan hod' za vrijeme kojega nastoji 'ukočiti' ozlijeđenu nogu kako bi smanjio fleksiju natkoljениce u kuku i ekstenziju potekoljениce u koljenom zglobu (Askling et al., 2013). Ozlijeđeni



pojedinaac se također može žaliti na nelagodu prilikom sjedenja, napetost u glutealnoj regiji, nelagodu i slabost natkoljenice, slabu kontrolu noge i osjećaj nestabilnosti, a prilikom pokušaja izvođenja pojedinih motoričkih aktivnosti se mogu javiti i grčevi. Simptomi neurološkog karaktera češće su zastupljeni u kroničnoj fazi ozljede (Sarimo et al., 2008; Kujala et al., 1997).

## Povijest bolesti

Kao što je spomenuto, prethodna ozljeda jest najbolji prediktor one buduće, stoga je potrebno pitati ozlijeđenog pojedinca o njegovoj povijesti bolesti odnosno prethodnim ozljedama, i ukoliko se sumnja na ozljedu stražnje natkoljениčne lože da li je prethodno imao bilo kakvu ozljedu iste.

## 7.2 Objektivni pregled

### 7.2.1 Inspekcija

Prilikom inspekcije ozljede moramo imati na umu kako se odsutnost hematoma unutar prva 24 sata ne smije protumačiti kao znak da je ozljeda pojedinca 'mala' iz razloga što se ovaj klinički znak može javiti i danima po težim ozljedama stražnje natkoljениčne lože. Bez obzira na vrijeme kada se pojavi hematoma, ukoliko je isti velik može sugerirati na veliku ozljedu stražnje natkoljениčne lože kao što je ruptura ili avulzija proksimalnih tetiva iako izostanak vidljivog hematoma ne isključuje postojanost slične ozljede (slika 4.) (Sarimo et al., 2008). U kroničnim slučajevima obično ne nailazimo na vidljiv hematoma (Askling et al., 2013). Prilikom inspekcije također treba obratiti pozornost na vidljivu asimetriju u volumenu mišića ozlijeđene i zdrave noge.



Slika 4. Hematom po rupturi proksimalne stražnje natkoljениčne lože

(izvor: Atwal, 2019.)

### 7.2.2 Palpacija

Ukoliko je došlo do ruptуре proksimalnih tetiva stražnje natkoljениčne lože može biti moguće palpatorno detektirati međuprostor distalno od tetivnog polazišta na sjednoj kvrzi iako sam međuprostor može biti ispunjen prethodno spomenutim hematomom (Sarimo et al., 2008).

### 7.2.3 Testovi istežanja

Smatraju se pozitivnima ukoliko pojedinac za vrijeme izvođenja istih osjeti bol ili nelagodu. Razlikujemo tri testa istežanja koji se mogu provesti ukoliko se općenito sumnja na ozljedu stražnje natkoljениčne lože odnosno 'pasivni SLR' test (eng. *'Straight Leg Raise'*), test pasivne ekstenzije koljena' i 'test aktivne ekstenzije koljena'.

#### a) Pasivni *SLR* test

Izvodi se tako da ispitivač uzima nogu pojedinca, koji leži u supiniranom položaju, i vodi istu ka fleksiji natkoljenice u kuku dok je koljeno iste noge u potpunosti opruženo kao što je prikazano na 'slici 5' Ispitivač izvodi pokret sve dokle pojedinac može tolerirati 'istežanje'.



Slika 5. 'pasivni SLR' test (eng. 'Straight Leg Raise')

(Izvor: Thorborg et al., 2020)

b) Test pasivne ekstenzije koljena

Pojedinac leži u supiniranom položaju sa natkoljenicom i potkoljenicom flektiranom pod kutem od 90'. Ispitivač postepeno opruža potkoljenicu testiranog pojedinca do trenutka kada isti više ne može tolerirati istežanje (Reurnik et al., 2020).



Slika 6. Test pasivne ekstenzije koljena

(Izvor: Thorborg et al., 2020)

Za vrijeme izvođenja ovoga testa se može uočiti i klinički znak koji može pripomoći diferencijalnoj dijagnostici, riječ je o tzv. 'Bowstring' znaku odnosno znaku 'tetine na luku'. Pozitivan znak 'Bowstring' znak podrazumijeva nemogućnost palpiranja tenzije distalnih tetiva u distalnom djelu stražnje natkoljениčne lože kada se osobu testira u proniranom položaju sa potkoljenicom flektiranom u koljenu pod 90'. Smatra se kako se ovim kliničkim testom može diskriminirati između parcijalne i potpune avluzije proksimalne tetive stražnje natkoljениčne lože (Sallay P., 2009; Reurnik et al. 2020).

#### c) Test aktivne ekstenzije koljena

Pojedinac leži u supiniranom položaju sa natkoljениicom i potkoljениicom flektiranom pod kutem od 90'. Ispitanik sam postepeno opruža potkoljениicu do trenutka kada isti više ne može tolerirati istežanje.



Slika 7. Test aktivne ekstenzije koljena

(Izvor: Thorborg et al., 2020)

#### 7.2.4 Testovi jakosti

Po nastanku ozljede, a kada se procjeni da je to adekvatno, se obično za testiranje jakosti preferiraju testovi izometrijske jakosti iz razloga što su oni sigurniji nego li testovi koncentrične ili ekscentrične jakosti (VALD, 2024). S obzirom na anatomsku i

funkcionalnu specifičnost mišićne mase stražnje natkoljencične lože testove izometrijske jakosti je potrebno provesti u različitim položajima odnosno pod različitim kutovima opsega pokreta. Razlikujemo 'inner range', 'mid-range' i 'outer range' testove izometrijske jakosti. Svaki se od navedenih testova smatra pozitivnim ukoliko se za vrijeme istoga isprovocira bol za vrijeme kontrakcije.

a) 'Inner range' test izometrijske jakosti

Podrazumijeva testiranje izometrijske jakosti mišića stražnje natkoljencične lože kada pojedinac leži u proniranome položaju, te kada je potkoljenica flektirana u koljenome zglobu pod kutem od 90'.

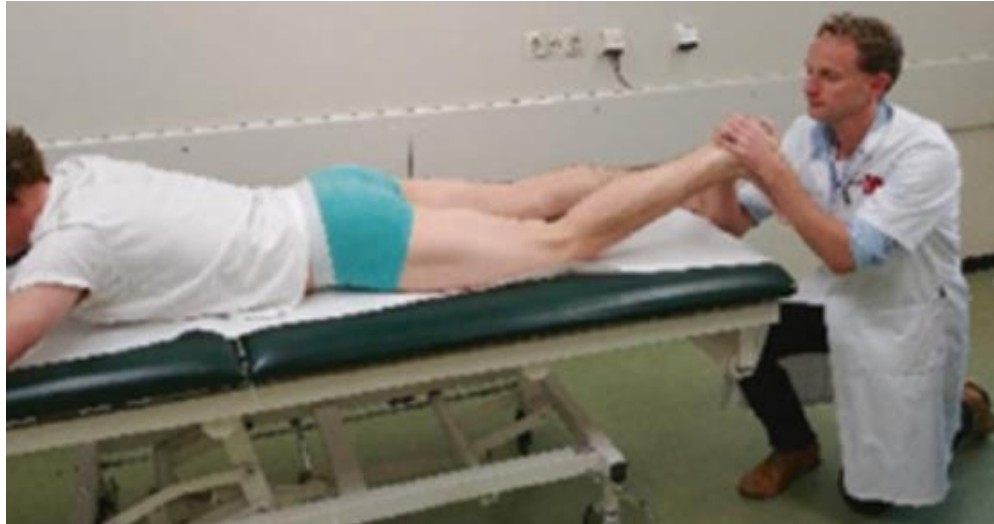


Slika 8. 'Inner range' test izometrijske jakosti za stražnju natkoljencičnu ložu

(Izvor: Thorborg et al., 2020)

b) 'Mid range' test izometrijske jakosti

Podrazumijeva testiranje izometrijske jakosti mišića stražnje natkoljencične lože kada pojedinac leži u proniranome položaju, te kada je potkoljenica flektirana u koljenome zglobu pod kutem od 15' do 30'.



Slika 9. 'Mid range' test izometrijske jakosti za stražnju natkoljениčnu ložu

(Izvor: Thorborg et al., 2020)

c) 'Outer range' test izometrijske jakosti

Podrazumijeva testiranje izometrijske jakosti mišića stražnje natkoljениčne lože kada pojedinac leži u supiniranome položaju, te kada je potkoljenica gotovo maksimalno ekstenzirana u koljenome zglobu.



Slika 10. 'Outer range' test izometrijske jakosti za stražnju natkoljениčnu ložu

(Izvor: Thorborg et al., 2020)

Prilikom avulzije ili rupture proksimalnih tetiva obično je primjetna smanjena aktivna fleksija potkoljenice u koljenu, a ukoliko zamolimo pojedinca da napravi isti pokret protiv

otpora obično ćemo primjetiti kako se rupturirani mišić 'retrahira' distalno i formira 'izbočinu' kao što je vidljivo na slici 12 (Askling et al., 2013).



Slika 11. Deformitet mišića stražnje natkoljenične lože po kompletnoj avulziji tetive iste sa retrakcijom (izvor: Atwal, 2019.)

Također se može testirati i kombinirana fleksija potkoljenice u koljenu sa ekstenzijom natkoljenice u kuku koja će obično biti praćena osjetnom slabošću u slučaju avulzije / rupture proksimalnih tetiva stražnje natkoljenične lože (Askling et al., 2013). Istovremeno je bitno istaknuti kako se tetivne avuzije ili rupturi tetiva sa 'minimalnom retrakcijom' mogu prezentirati sa malim funkcionalnim deficitom zbog ožiljnog tkiva kojim se rupturirana tetiva veže za susjednu fasciju (tenodeza) i/ili zbog prisutnosti neoštećenog okolnog mekog tkiva koje prevenira daljnju retrakciju rupturirane tetive (Sallay P., 2009). Svakako, ukoliko postoji sumnja na dijagnozu magnetska rezonanca će biti od koristi (Atwal et al., 2019).

Važno je istaknuti kako testove izometričke jakosti možemo koristiti za evaluaciju jakosti kroz čitav rehabilitacijski proces kao i po završetku istoga sa ciljem evaluacije napretka pojedinca odnosno njegove spremnosti za povratak u natjecateljsku aktivnost.

### 7.2.5 Funkcionalni test

#### Test 'skidanja obuće'

Za vrijeme skidanja obuće, kao što je prezentirano na slici 13, pojedinac treba aktivirati miškulaturu stražnje lože u 'outer range-u' uz vanjsku rotaciju natkoljenice u kuku. Pojava boli, osjećaja slabosti ili pojava vidljivog defekta ukazuju na pozitivan test.



Slika 12. Prikaz testa 'skidanja obuće'

(Izvor: Thorborg et al., 2020)

### 7.2.6 Neurološki testovi

Navedeno je kako ozlijeđeni pojedinac po nastanku ozljede, bilo akutno ili kronično, može imati neurološke simptome slične 'išijas', upravo poradi toga pri svakoj sumnji na ozljedu proksimalnih tetiva stražnje natkoljenične lože treba funkcionalno testirati i peronealnu granu *n.ischiadicus*. Prepoznavanje ozljede ovog živca se može pokazati korisnom iz razloga što ista može uzrokovati slabost kratke glave *m.biceps femoris* koja može usporiti rehabilitacijski proces. Neuropraksija peronealnog živca se pritom obično manifestira kroz 'foot drop' (pijetleći hod), a u suptilnijim slučajevima sa slabošću everzije stopala u gležnju (Askling et al., 2013).



### 7.3 Diferencijalna dijagnoza

Diferencijalna dijagnoza ozljeda proksimalnog dijela stražnje natkoljениčne lože uključuje patologiju koja je anatomske specifična upravo za proksimalni dio stražnje natkoljениčne lože, ali i za druge strukture u okruženju. Prema tome ona može uključivati bilo koji dio kosti, tetive i mišića stražnje natkoljениčne lože, a sama ozljeda će obično zavisiti o aktivnosti kojom se pojedinac bavi ali i njegovom dobi (Kolouris et al., 2005).

#### 7.3.1 Koštano nezreli

U koštano nezrelih osoba odnosno osoba do 25. godine života, kada se najkasnije vidi zatvaranje koštanih 'zona' rasta, sazrijevanje kosti kasni za brzim povećanjem mišićne jakosti. Sve dok koštano sazrijevanje traje u osoba obično dominiraju patologije koje su vezane za koštano hvatište stražnje natkoljениčne lože. U mlađih se osoba stoga u ovoj regiji obično pronalaze 'stanja' koja variraju od '*apophysitis*', '*bursitis*' sve do koštanih avulzija koje se obično događaju upravo na razini 'zone' rasta. Pritom je važno istaknuti kako se koštane avulzije često događaju u mlađih osoba koje su prethodno imale '*apophysitis*', te da se same koštane avulzije gotovo uvijek događaju isključivo mladim, koštano nezrelim, sportašima (Gidwani et al., 2007).

#### 7.3.2 Koštano zreli

Prilikom postavljanja dijagnoze u koštano zrelih osoba u obzir treba uzeti tendinopatije, parcijalne rupture koje mogu progredirati u potpune rupture sa retrakcijom jedne ili više tetiva i ostala stanja.

## **8. Radiološka obrada i klasifikacija ozljeda stražnje natkoljениčne lože**

Ukoliko se na temelju kliničkog pregleda opravdano sumnja na ozljedu stražnje natkoljениčne lože potrebna je daljnja radiološka obrada kako bi se 'potvrdila' suspektna dijagnoza.

### **8.1 Radiološka obrada**

Dijagnostički ultrazvuk i magnetska rezonanca (MRI) dijagnostičke su metode koje se obično koriste prilikom dijagnosticiranja ozljeda stražnje natkoljениčne lože (Kolouris et al. 2005). Ukoliko se sumnja na ozbiljniju ozljedu proksimalnog dijela zadnje lože MRI predstavlja zlatni standard jer ima izvrsnu međuispitivačku i unutarispitivačku pouzdanost kod akutnih ozljeda zadnje lože i služi kako bi se potvrdila dijagnoza i procijenila količina retrakcije tetive, što može biti važna značajka kada je u pitanju odluka o daljnjem liječenju ozljede (Bencardino et al., 2005).

#### **8.1.1 Upotreba dijagnostičkog ultrazvuka**

Ne smatra se 'zlatnim standardom' za postavljanje dijagnoze po ozljedi mišića jer se dijagnostički ultrazvuk smatra subjektivnom metodom odnosno modalitetom. Upravo je zbog te subjektivne komponente zahtjevno standardizirati nalaze i formirati klasifikacijski sustav (Lempainen et al., 2015).

#### **8.1.2 Magnetska rezonanca (MRI – *Magnetic resonance Imaging*)**

Predstavlja 'zlatni standard' prilikom evaluacije i postavljanja dijagnoze po nastanku mišićne ozljede. MRI je izrazito pouzdan prilikom procjene ozljeda stražnje natkoljениčne lože (Pollock et al., 2022), no MRI nam ne daje pouzdne informacije o potencijalnom povratku sportaša u punu natjecateljsku aktivnost (Pollock et al., 2014). Jednom kada se ozljeda stražnje natkoljениčne lože prepozna na MRI-u idući korak se sastoji od preciznog gradiranja odnosno klasificiranja ozljede.

Pollock i suradnici (2014) ističu kako pojedine radiološke značajke koje vidimo na magnetskoj rezonanci imaju određenu korelaciju sa potencijalnim povratkom u punu sportsku aktivnost, a pojedine će imati utjecaj na odabir daljnjeg liječenja:

- Duljina edema – korelira sa razlikama u vremenu potrebnom za povratak u punu sportsku aktivnost
- Presjek edema – korelira sa razlikama u vremenu potrebnom za povratak u punu sportsku aktivnost
- Popriječni presjek oštećenja tetive - ključan je prognostički radiološki znak
- Duljina zahvaćenosti tetive – ne korelira sa razlikama u vremenu potrebnom za povratak u punu sportsku aktivnost
- Napetost tetive - odnosno gubitak njene napetosti (valovitost) ključan je prognostički radiološki znak
- Integritet mišićno-tetivne jedinice – odražava se longitudinalnim 'rasjedima' unutar tetive, a narušena je sa većim ozljedama popriječnog presjeka tetive
- Broj rupturiranih tetiva – utjecati će na odluku kirurga o tome da li se liječiti neoperativno ili operativno
- Retrakcija tetiva - utjecati će na odluku kirurga o tome da li se liječiti neoperativno ili operativno

Niske stope ponovne ozljede i razumna vremena TRFT-a sugeriraju da je obično prikladno nekirurško liječenje za ozljede opisane kao 2c i 3c (klasifikacija objašnjena naknadno) kako bi se omogućio povratak na elitnu razinu sprintanja. Napominje se kako je potrebno daljnje istraživanje kako bi se utvrdili kirurški kriteriji za visokokvalitetne (posebno 4c) intratendonozne ozljede zadnje lože.

## 8.2 Klasifikacija ozljeda stražnje natkoljениčne lože

Unatoč tome što su Ekstrand i suradnici od sezone 2011/2012 do sezone 2021/2022 predlagali upotrebu i gradiranje ozljeda na temelju 'Minhenskog konsenzusa' treba napomenuti kako isti ima nedostatke koje je 'BAMIC' odnosno '*British athletics Muscle Injury Classification*' pokušao premostiti (Mueller-Wohlfahrt et al., 2013; Pollock et al., 2014). Naime, riječ je o tome da '*Minhenski konsenzus*' klasificira ozljede kao funkcionalne ili kao strukturalne, a da pritom jako velik broj ozljeda koje prema istome

možemo klasificirati kao funkcionalne mogu spadati i među one strukturalne. Također, same strukturalne ozljede su dalje podijeljene na osnovnu podijelu odnosno na male, umjerene i kompletne ozljede koje također mogu imati neke 'funkcionalne' komponente, a i sam je Ekstrand u zasebnoj studiji zaključio da je baš kao i tradicionalno gradiranje ozljeda (od 1 do 3) i strukturalni dio '*Minhenskog konsenzusa*' doprinjeo prognozi ozljeda dok sam funkcionalni aspekt istoga to nije mogao (Ekstrand J. et al., 2013). Problem jest zapravo u tome što široko rasprostranjeni sustavi gradiranja ozljeda nemaju jasno definiranu terminologiju dijagnostičkih entiteta, niti se koriste komponentama koje pružaju prognostičke informacije kao što su; postojanje 'negativne MRI ozljede' (Gibbs et al., 2004), duljina oštećenja mišića (Connell et al., 2004), udaljenost lezije od polazišta mišića (Askling et al., 2006), zahvaćenost njegova popriječnog presjeka, opsežnost edema (Slavotniek et al., 2010; Cohen et al., 2011) i zahvaćenost tetive (Comin J. et al., 2011). Od važnosti je pritom istaknuti kako svaka navedena komponenta ima dokazanu prognostičku vrijednost osim 'udaljenosti lezije od polazišta'. Sam cilj BAGIC-a ('*British athletics Muscle Injury Classification*') jest bio formirati sustav gradiranja koji će stručnjacima koji rade u sportu, a utemeljeno na dotadašnjim dokazima, dati dobru dijagnostičku bazu za prognoziranje tijeka pojedine mišićne ozljede i bolje donošenje odluka vezanih za tretman ali i prevenciju istih (Pollock N. et al., 2013). 'BAGIC' jest sustav koji se bazira na magnetskoj rezonanci, a sadrži pet stupnjeva gradiranja ozljede koji se temelje na mjestu (anatomskoj lokaciji) i opsežnosti iste. BAGIC jest primarno bio baziran na ozljede stražnje natkoljenične lože no danas se koristi i za gradiranje drugih mišićnih ozljeda. Sam sustav pokazuje umjerenu razinu pouzdanosti kako među različitim ocjenjivačima (*inter-rater*), tako i među ponovljenim ocjenama istog ocjenjivača (*intra-rater*) (Patel A. et al., 2015).

### 8.3 BAGIC klasifikacija

#### 'Stupanj 0'

Podrazumijeva nestrukturalne mišićne abnormalnosti koji uglavnom ne mogu biti vidljivi na magnetskoj rezonanci ili odgovaraju 'slici' '*DOMS-a*' odnosno '*Delayed Onset Muscle Soreness-a*' (Meyer et al., 2000; Cermak et al., 2012). Ozljede 0-tog stupnja dodatno dijelimo na ozljede stupnja '0a' i '0b' kojima se može nadodati i '+N' nastavak zavisno o tome smatra li se da je u ozljedu 'umiješana' i neuralna komponenta (Orchard et al., 2004).

Ovaj stupanj ozljede se još naziva 'negativnom MRI ozljedom mišića' i povezan je sa kratkim vremenom izbjivanja odnosno sa brzim povratkom u punu sportsku aktivnost (Ekstrand et al.,2012).

- Stupanj '0a'
  - fokalne neuromuskularne ozljede sa normalnim MRI-em
- Stupanj '0b'
  - Raširena mišićna bol obično nakon neadekvatnog opterećivanja mišića uz normalan MRI nalaz ili MRI sa nalazom odgovarajućim za 'DOMS'

## Stupanj 'I'

Podrazumijevaju rupturu mišića koje na nalazu magnetske rezonance 'zauzimaju' manje od 10% popriječnog presjeka mišića ili manje od 5cm njegove longitudinalne duljine sa disrupcijom vlakana manjom od jednog centimetra. Ozljede 'I'-og stupnja još dijelimo na:

- stupanj 'Ia'
  - podrazumijeva ozljedu fascije mišića, te sama oteklina obično slijedi njeno pružanje
- stupanj 'Ib'
  - podrazumijeva ozljedu mišićnog trbuha ili mišićno-tetivnog prijelaza
- stupanj 'Ic'
  - ne postoji klasifikacija za ozljedu tetive prvog stupnja iz razloga što ona ne daje nikakvu prognostičku vrijednost (Comin J. et al., 2013)

Kod ozljeda prvoga stupnja se na magnetskoj rezonanci obično ne može primijetiti pucanje mišićnih vlakana no bitno je istaknuti kako se ista, a ukoliko su manja od jednog centimetra, i dalje mogu klasificirati prvim stupnjem.

## Stupanj 'II'

Podrazumijeva umjerenu rupturu mišića koja na nalazu magnetske rezonance 'zauzima' između 10% do 50% popriječnog presjeka mišića ili između 5 do 10 (15) cm njegove longitudinalne duljine sa arhitekturalnom disrupcijom vlakana manjom od pet centimetra (Connell D.A. et al., 2004) Ozljede 'II'-og stupnja još dijelimo na:

- stupanj 'IIa'
  - podrazumijeva ozljedu fascije mišića, te sama oteklina obično slijedi njeno pružanje
  - kliničko iskustvo sugerira povijest boli za vrijeme promijene smjera kretanja i bolju očuvanost jakosti mišića u odnosu na 'IIb' i 'IIc' tip ozljede
- stupanj 'IIb'
  - podrazumijeva ozljedu mišićnog trbuha ili češće mišićno-tetivnog prijelaza 35, 36
- stupanj 'IIc'
  - podrazumijeva involviranost tetive koja je duljinom kraća od 5cm i manja od 50% njenog poprečnog presjeka na 'aksijalnim sekvencama' magnetske rezonance
  - ukoliko je tetiva zahvaćena blizu kraja slobodne tetive moguć je gubitak tenzije iste

### Stupanj 'III'

Podrazumijevaju opsežne rupture mišića koje na nalazu magnetske rezonance 'zauzimaju' više od 50% popriječnog presjeka mišića ili više od 15 cm njegove longitudinalne duljine sa arhitekturnom disrupcijom vlakana većom od pet centimetra. Ozljede 'III'-eg stupnja još dijelimo na:

- stupanj 'IIIa'
  - podrazumijeva ozljedu fascije mišića, te sama oteklina obično slijedi njeno pružanje
- stupanj 'IIIb'
  - podrazumijeva ozljedu mišićnog trbuha ili češće mišićno-tetivnog prijelaza
- stupanj 'IIIc'
  - podrazumijeva involviranost tetive koja je duljinom veća od 5cm i veća od 50% njenog poprečnog presjeka
  - ne smije biti dokaza o potpunom defektu, ali postoji mogućnost gubitka tenzije i oblika tetive kao posljedica gubitka njenog integriteta

## Stupanj 'IV'

Podrazumijeva potpunu rupturu po kojoj pojedinac zbog intenzivne i nagle boli odmah prekida aktivnost. Bol može biti manja nego li kod ozljede III-eg stupnja. Za razliku od stupnjeva I do III dijele samo na ozljede:

- stupnja 'IV' – podrazumijeva miofascijalnu, mišićnu ili mio-tendinoznu ozljedu
- stupnja 'IVc' – podrazumijeva tetivnu ozljedu

Rupture proksimalne tetive/a stražnje natkoljениčne lože opisujemo '4c' stupnjem, one se obično događaju oko polazišta na sjednoj kvrzi i oko mišićno-tetivnog prijelaza (Brucker et al., 2005; Lempainen et al., 2006). Prethodno je spomenuto kako se gotovo isključivo u osoba koje nisu dosegle svoju puno koštanu zrelost može dogoditi i avulzijska fraktura sa sjedne kvрге.

Bitno je istaknuti kako se svaka ozljeda neovisno o stupnju kojim se gradira još dijeli na proksimalnu, centralnu ili distalnu zavisno o anatomskoj lokaciji lezije u odnosu na polazište mišića (Drezner J.A. et al., 2003). S obzirom na to da je 'BAMIC' klasifikacija primarno nastala za klasifikaciju ozljeda stražnje natkoljениčne lože unutar iste su jasno definirane granice svake trećine iste (Pollock N. et al., 2014).

Tablica 3. Sažetak gradiranja ozljeda prema 'BAMIC' klasifikaciji

| Stupanj   | Opis   | MRI   |
|-----------|--|---|
| <b>0</b>  | Fokalna ili generalizirana nelagoda u mišićima nakon izlaganja trenažnim stimulusima | Normalan ili nejednak signal u jednom ili više mišića   |
| <b>1a</b> | 'Mala' miofascijalna ozljeda   | Velika promijena signala na fascijalnim rubovima mišića sa pružanjem u mišić ne većim od 10%<br>Kranio-kaudalna duljina manja od 5cm  |
| <b>1b</b> | 'Mala' ozljeda mišićno-tetivnog prijelaza  | Velika promijena signala koja ne zahvaća manje od 10% poprečnog presjeka mišićnog trbuha, obično na mišićno-tetivnom prijelazu<br>Velika promijena signala kranio-kaudalne duljine manje od 5cm, moguća disrupcija vlakana manja od 1cm                         |
| <b>2a</b> | 'Umjeren' miofascijalna ozljeda  | Velika promijena signala na fascijalnim rubovima mišića sa pružanjem u mišić<br>Velika promijena signala poprečnog presjeka između 10 i 50%<br>Velika promijena signala kranio-kaudalne duljine između 5 i 15cm<br>Arhitekturna disrupcija vlakana manja od 5cm |
| <b>2b</b> | 'Umjeren' ozljeda mišićno-tetivnog prijelaza   | Velika promijena signala unutar mišića, a najčešće na samome prijelazu<br>Velika promijena signala poprečnog presjeka između 10% i 50%<br>Velika promijena signala kranio-kaudalne duljine između 10 i 15cm<br>Arhitekturna disrupcija vlakana manja od 5cm     |
| <b>2c</b> | 'Umjeren' ozljeda tetive   | Velika promijena signala koja se pruža u tetivu<br>Longitudinalna involviranost tetive manja od 5cm<br>Involviranost tetivnog poprečnog presjeka manja od polovine ukupnog poprečnog presjeka<br>Nema gubitka napetosti tetive niti diskontinuiteta             |
| <b>3a</b> | 'Opsežna' miofascijalna ozljeda  | Velika promijena signala na fascijalnim rubovima mišića sa pružanjem u mišić<br>Velika promijena signala poprečnog presjeka veća od 50% istoga<br>Velika promijena signala kranio-kaudalne duljine veća od 15cm<br>Arhitekturna disrupcija vlakana dulja od 5cm |
| <b>3b</b> | 'Opsežna' ozljeda mišićno-tetivnog prijelaza   | Velika promijena signala poprečnog presjeka veća od 50%<br>Velika promijena signala kranio-kaudalne duljine veća od 15cm<br>Arhitekturna disrupcija vlakana dulja od 5cm  |
| <b>3c</b> | 'Opsežna' ozljeda tetive   | Velika promijena signala koja se pruža u tetivu<br>Longitudinalna involviranost tetive veća od 5cm<br>Involviranost tetivnog poprečnog presjeka veća od polovine ukupnog poprečnog presjeka<br>Moguć gubitak napetosti tetive, no bez diskontinuiteta           |
| <b>4</b>  | 'Potpuno' puknuće mišića   | Kompletan diskontinuitet mišića sa retrakcijom  |
| <b>4c</b> | 'Potpuno' puknuće tetive   | Kompletan diskontinuitet tetive sa retrakcijom  |



## 8.4 Evaluacija upotrebe BAMIC sustava klasifikacije

Kao što je prethodno navedeno, svaki pojedini mišić stražnje natkoljениčne lože ima različitu arhitekturu i funkciju pa tako i prognozu zavisno o ozljedi te je iz tog razloga od velike važnosti planirati i programirati rehabilitaciju specifično prema pojedinoj ozljedi.

Također je bitno istaknuti, kako neovisno o specifičnom mišiću, i svako tkivo prolazi kroz drugačiji proces cijeljenja. U radu koji je izvještavao o dijagnosticiranju i klasifikaciji ozljeda stražnje natkoljениčne među elitnim britanskim atletičarima prema BAMIC-u u razdoblju od 2015 do 2019 godine se evaluira sama implementacija BAMIC-a kao sustava klasifikacije ozljeda koji je povezan sa prognostičkom vrijednosti što se tiče punog povratka u sportsku aktivnost. Implementacija BAMIC klasifikacije se pokazala pouzdanom za upotrebu kada je riječ o ozljedama stražnje natkoljениčne lože među elitnim atletičarima, a njena je upotreba povezana sa izrazito malom stopom re-ozljeda (svega 2.9% bez re-ozljeda sa 'c' klasifikacijom) elitnih sportaša, pritom su se kao ključne prognostičke varijable na snimkama magnetske rezonance isticala duljina i popriječni presjek edema, involviranost tetive (prema njenom popriječnom presjeku) i gubitak tenzije tetive (Pollock N. et al., 2014).

## 8.5 Monitoring procesa cijeljenja tetive uz pomoć magnetske rezonance

Mišićne ozljede općenito imaju 'zajednički' i stoga predvidiv tijek cijeljenja, također mišići su 'samo-limitirajući' što nam omogućava da ih dobro evaluiramo klinički stoga ni ne čudi da se pojedinci po mišićnoj leziji često vraćaju punim aktivnostima bez da naprave kontrolnu magnetsku rezonancu. S druge strane, u slučajevima kada je rizik od re-ozljede puno veći kao što je kod tetivnih ali i nekih mišićnih ozljeda ponavljanje magnetske rezonance i monitoring tijekom cijeljenja bi mogao biti od dodatne vrijednosti (Kerkhoffs et al., 2013).

Upravo bi na temelju kontrolne magnetske rezonance liječnik trebao evaluirati trenutačni tijek liječenja i odlučiti da li se pojedinac treba nastaviti liječiti po trenutačnom protokolu

ili iz pojedinog razloga sam protokol treba mijenjati, a sve u cilju da se prevenira egzacerbacija ili nastanak re-ozljede odnosno da se na temelju recentnog nalaza donesu odluke koje će voditi prema optimalnijem povratku u punu sportsku aktivnost (Kilsdonk et al., 2021).

### 8.5.1 Proces cijeljenja tetive

Kako bi sam liječnik mogao na kvalitetan način evaluirati značajke magnetske rezonance i sam proces cijeljenja odnosno liječenja, i kako bi fizioterapeut ili kineziolog znao pravilno opteretiti tetivu koja cijeli, isti bi trebao poznavati patofiziologiju procesa cijeljenja tetive koje obično dijelimo u tri faze:

1. Upalna faza:
  - a. Trajanje – 7 do 10 dana
  - b. odstranjenje raspadnutih tvari kroz proces fagocitoze
  - c. angiogeneza
  - d. proliferacija tenocita
2. Proliferativna faza :
  - a. Trajanje – od 1 do 6 tjedana
  - b. Sinteza kolagena tipa III
  - c. Okarakterizirana je visokom koncentracijom vode koja se može odraziti na interpretaciju magnetske rezonance
3. Faza remodeliranja:
  - a. Trajanje – od 6 tjedana sve do godine dana
  - b. Dijeli se na dvije pod faze:
    - i. Konsolidacijska:
      1. Tenociti i kolagen se 'slažu' u smjeru tenzijskih sila
      2. Sinteza veće količine kolagena tipa I
    - ii. Maturacijska:
      1. Fibrozno tkivo sazrijeva kroz 'nekoliko mjeseci'
      2. Dolazi do smanjenja vaskularnosti tetive

(Kilsdonk et al., 2021)

Važno je istaknuti kako je proces cijeljenja jedini čimbenik za koji možemo koristiti vrijeme kao kriterij, za ostale parametre je potrebno koristiti druge kriterije.

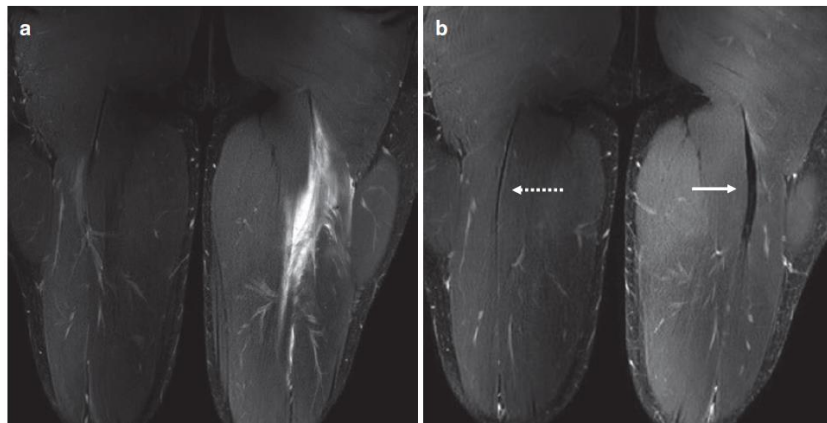
### 8.5.2 Evaluacija procesa cijeljenja tetive

Bitno je istaknuti kako se na konvencionalnome ‘magnetu’ ne mogu vidjeti mikrostrukturalne promijene cijeljućeg tkiva, stoga se radiolozi kod evaluacije procesa cijeljenja služe karakteristikama koje bi prilikom evaluacije kontrolnog magneta trebali opisivati:

1. Regresiju znakova akutne ozljede:
  - a) Smanjenje tekućine oko mjesta lezije. Evaluira se jednostavno, mjerenjem kaudokranijalne duljine iste
  - b) Smanjenje popriječnog presjeka hiperintenziteta signala se također može koristiti kao mjera smanjenja edema
  - c) Smanjenje ‘međuprostora odnosno razmaka’
2. Formacija ožiljnog tkiva – kako se ožiljak razvija tako se intenzitet njegova signala na magnetskoj rezonanci smanjuje. Bitno je prepoznati područja fibroze iz razloga što re-ozljede mogu nastati neposredno (Kolouris et al. 2005). Vjeruje se kako mjesta fibroze utječu na promijenu elastičnosti tkiva i mehanike za vrijeme kretanja što može pridonijeti povećanju rizika od nastanka re-ozljede (Slider et al., 2008)
3. Faze hematoma:
  - a) Akutna (manje od 48 sati) – izointenzivni signal
  - b) Subakutna (manje od 30 dana) – hiperintenzivan signal zbog akumulacije hemoglobina
  - c) Kronična – heterogeni signal sa hipointenzivnim obručem kao posljedica depozita hemosiderina i fibroze. Isti će obruč ‘smanjivati’ leziju kroz vrijeme jer će se produkti degradacije krvi razgraditi i sam hematom posljedično smanjiti i u potpunosti nestati (obično između 6. Do 8. Tjedna nakon ozljede) (Blankenbaker and Tuite, 2010)

Pritom treba istaknuti kako veličina hematoma ne korelira nužno sa kliničkim statusom niti sa funkcionalnim deficitom, te kako kod pojedinih stanja sportaš može i participirati u sportskoj aktivnosti bez obzira na pristunost istog.

4. Prepoznavanje komplikacija – treba istaknuti kako su u nekim slučajevima kronično netretirane rupture proksimalnih tetiva stražnje natkoljениčne lože dokumentirani neurološki ispadi slični ‘išijas’ - kao posljedica vezivanja ožiljnog tkiva na okolne živce (trakcijska neuropatija).



Slika 13.a Devetnaestogodišnji muškarac sa lijevostranom parcijalnom rupturom zajedničke tetive semitendinosusa i bicepsa femorisa neposredno po nastanku ozlijede – na magnetskoj rezonanci je vidljiv signal visokog intenziteta zbog prisutnosti intramuskularnog hematoma i edema

Slika 13.b Magnetska rezonanca istog muškaraca pred puni povratak u sportsku aktivnost – magnetska rezonanca pokazuje potpunu resorpciju edema i zadebljanju fibroznu tetivu po završetku cijeljenja u odnosu na zdravu zajedničku tetivu na desnoj nozi

(Izvor: Kilsdonk et al., 2021)



Slika 14.a Trideset i devetogodišnji muškarac sa kompletnom avulzijom proksimalnih tetiva stražnje natkoljениčne lože. Slika prikazuje rupturu i retrakciju tetive uz prisutan intramuskularni edem

Slika 14.b Slike istog muškarca godinu dana po nastanku ozljede. Slika prikazuje prisutnost zadebljane fibrozne tetive, masnu infiltraciju i atrofiju mišića

(Izvor: Kilsdonk et al., 2021)



Slika 15.a Devetnaestogodišnju muškarac sa potpunom rupturom zajedničke tetive *m.biceps femoris* i *m.semitendinosus*. Slika prikazuje disrupciju tetive, njenu valovitost i hematoma

Slika 15.b Slika prikazuje MRI snimku prilikom povratka u punu sportsku aktivnost. Vidljiva je resorpcija hematoma kao i povratak 'tenzije' tetive

Slika 15.c Slika prikazuje re-rupturu tetive godinu dana nakon ozljede

(Izvor: Kilsdonk et al., 2021)

Treba istaknuti kako nalaz magnetske rezonance ne odražava fizički status sportaša te kako i po punom povratku u sportsku aktivnost sam 'magnet' može pokazivati abnormalnosti signala na mjestu ozljede (Slider et al., 2013; Reurnik et al., 2014), a iz razloga što funkcionalni oporavak pojedinca prethodi potpunom strukturalnom oporavku na magnetskoj rezonanci. Naime, formacija ožiljnog tkiva može potrajati do godine dana po samome povratku u sport (Slider et al., 2008), stoga valja zaključiti kako potpuno povlačenje svih abnormalnosti na magnetskoj rezonanci nije potrebno kako bi se sportaš uspješno vratio u punu sportsku aktivnost. Upravo taj zaključak nameće potrebu pronalaska osjetljivijih značajki 'magneta' u svrhu boljeg praćenja cijeljenja tetive, bolje prognoze i boljeg donošenja odluka na putu prema punom povratku u sportsku aktivnost.

Treba reći kako se trenutačno proces cijeljenja evaluira smo kroz regresiju abnormalnih znakova prisutnih na snimci magnetne rezonance po nastanku ozljede (akutno), prisutnosti komplikacija (Slavotniek et al., 2007), te kroz usporedbu sa zdravom,

'kontralateralnom', stranom., te kako je evaluacija tetive po ozljedi teža nego li npr. mišića zbog manjeg udjela vode u tetivama.

## 9. Donošenje odluke o vrsti liječenja

Odluka o daljnjem liječenju bi se trebala donijeti na temelju većeg broja čimbenika; dobi igrača, ozbiljnosti ozljede, povijesti bolesti i ozljeda igrača, njegovom psihosocijalnom statusu i motivaciji za povratak u punu sportsku aktivnost (Podlog et al., 2011). Neovisno o odabiru vrste liječenja izuzetno je bitno da je igrač detaljno informiran o pozitivnim i negativnim stranama bilo koje opcije. Smatra se kako će puna transparentnost prema samome igraču povećati njegovu motivaciju za vrijeme trajanja procesa (King et al., 2019).

Unatoč nedostatnoj količini dokaza i studija o učinkovitosti kirurškog liječenja proksimalnih ruptura stražnje natkoljениčne lože iste se sve češće liječe kirurški. Prema uobičajenim smjernicama se ‘teže’ akutne rupture/avulzijske frakture proksimalne stražnje natkoljениčne lože klasificirane trećim stupnjem (prema standardnoj klasifikaciji ozljeda, ne prema BAMIC-u) kirurški liječe što ranije moguće, a isto se savjetuje i za one kronične (stare četiri do šest mjeseci) i za ozljede koje su neuspješno liječene neoperativno (Järvinen et al., 2007). Naime, Harris i sur. (2011) su u sustavnom pregledu zaključili kako je kirurško liječenje dovelo do značajno boljih subjektivnih ishoda, boljom jakosti i izdržljivosti i boljom stopom povratka u punu sportsku aktivnost po završetku rehabilitacijskog procesa.

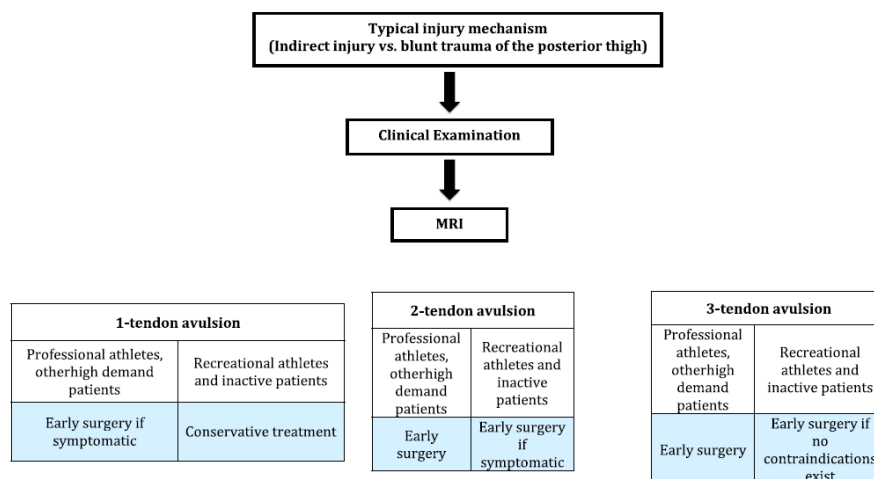
U anketnom ispitivanju kirurga u nordijskim zemljama iz 2022. godine, a vezano za uobičajenu praksu kod avulzija proksimalnih tetiva stražnje natkoljениčne lože, rezultati su pokazali kako su na temelju magnetske rezonance kirurzi u 72% slučajeva savjetovali operativno liječenje ozljede ukoliko je došlo do avulzije sve tri tetive, dok su kod avulzije dvije tetive operativno liječenje savjetovali u 24% slučajeva (Laszlo et al., 2022). Askling i sur. (2012) smatraju kako se u obzir mora uzeti i anatomija i funkcija mišića stražnje natkoljениčne lože. Naime, oni ističu kako je *m. biceps femoris* jedini ‘lateralni hamstring’ te kako niti jedan hamstring ne može preuzeti funkciju LHBF po njegovoj rupturi u odnosu na scenarij kada izolirano rupturira proksimalna tetiva ST ili SM. Upravo na temelju toga Askling i sur. (2013) sugeriraju kiruršku refiksaciju po rupturi proksimalne tetive BFLH unatoč nedostatku dokaza koji bi potkrijepili ovu tezu. Retrakcija tetiva od 2cm po avulziji / rupturi se također smatrala indikacijom za operativno liječenje od strane 39% ispitanika u spomenutom anketnom upitniku, a ukoliko su se tetiva/e retrahirale za

minimalno dodatan centimetar (3cm) 74% ispitanika se izjasnilo kako bi indicirali operativno liječenje.

Sugerira se kako bi se kirurško liječenje trebalo provesti ukoliko je došlo do rupture dvije ili tri tetive neovisno o duljini dokumentirane retrakcije tetiva. S obzirom da nema dovoljno dokaza koji bi potkrijepili ovu sugestiju ona se može smatrati isključivo 'mišljenjem stručnjaka'.

Jako je bitan i trenutak operacije, više od pola ispitanika je smatralo kako postoji vremensko ograničenje za primarno operativno liječenje te da je ono postavljeno na četiri do šest tjedana po nastanku ozljede (Laszlo et al., 2022).

Na temelju iskustva autora je razrađen algoritam za donošenje odluka vezanih za liječenje nepotpunih ruptura proksimalne stražnje natkoljениčne lože (slika 16.) na kojem je preporučeno kako bi se profesionalni sportaši svakako trebali liječiti operativno bez obzira na broj rupturiranih tetiva osim u slučajevima kada za to postoje kontraindikacije (Lempainen et al., 2015).



Slika 16. Algoritam liječenja po avulziji proksimalnih tetiva stražnje natkoljениčne lože  
(Izvor: Lempainen et al., 2015)



## 9.1 Kirurško liječenje

S obzirom na to da će nastavku rada biti objašnjena samo rehabilitacija u slučaju kirurškog liječenja u ovom će poglavlju ukratko biti opisano samo kirurško liječenje.

### 9.1.1 Rano kirurško liječenje

Kirurško liječenje ruptura / avulzija proksimalnih tetiva stražnje natkoljениčne lože se sastoji od mobilizacije reupturiranih tetiva, obrade njihovih krajeva i ponovno spajanje ili ponovne fiksacije istih na *tuber ossis ischii* dok se istovremeno nastoji ne oštetiti *n.ischiadicus* (Bodenfoder et al, 2018).

Kirurško liječenje se obično želi obaviti rano, odnosno najkasnije između šestog i osmog tjedna po nastanku ozljede. Rano kirurško liječenje dokazano vodi ka znatno boljim ishodima po završetku liječenja, a koji se odnose na; zadovoljstvo operiranog pojedinca, manjom učestalošću rezidualne boli, te boljim rezultatima na funkcionalnim testovima u odnosu na pojedince koji su se operirali 'kasno' (Folsom et al., 2018).

### 9.1.2 Kasno kirurško liječenje

U slučaju 'kasnog' kirurškog liječenja potrebna je opsežna mobilizacija retrahiranih tetiva i obrada njihovih krajeva, te neuroliza *n.ischiadicus* prije ponovnog spajanja istih ili fiksacije na *tuber ossis ischii*. Što se kasnije odluči na kirurško liječenje to je veća vjerojatnost da će samo kirurško liječenje biti tehnički zahtjevnije zbog razvoja adhezija. Zbog većih adhezija će sama neuroliza biti zahtjevnija (Bodenfoder et al, 2018), a ponovno spajanje krajeva tetiva odnosno refiksacija na *tuber ossis ischii* biti teža i zbog adhezija ali i veće retrakcije samih tetiva (Wood et al., 2008). U pojedinim slučajevima čak može biti potrebna i upotreba 'graft-a' kako bi se premostio prostor između dva kraja tetive odnosno kraja tetive i *tuber ossis ischii* (Bodenfoder et al, 2018).

## 9.2 Komplikacije liječenja

Re-ozljeda je najčešća komplikacija ozljede stražnje natkoljениčne lože, a rizik od iste zavisno o pojedincu iznosi između 13.9 do 63.3% (de Visser et al., 2012; Mendiguchia et

al., 2012). Navodi se kako ožiljno tkivo, adhezije, promijenjena distribucija sile kroz mišić, tetivu ili aopneurozu utječu na promijenjene mehaničke karakteristike stražnje lože zbog kojih se sam rizik i povećava (Mendiguchia et al., 2012).

Kod avulzije sve tri tetive ili proksimalne rupture stražnje natkoljениčne lože retrahirani mišići zbog masne degradacije mogu utjecati i na istežanje *n.ischiadicus* koje može dovesti do difuzne denervacije mišića stražnje natkoljениčne lože, a koja niti nakon operativnog liječenja tetiva ne pokazuje dobar ishod (Street et al., 2000).

Prema '*Nordijskoj anketi*' oko polovice ispitanih kirurga navodi kako se susrelo sa komplikacijama kirurškog liječenja kao što su perthodno navedene re-ozljede i neurogena bol, ali i sa dubokim infekcijama te boli / nelagodom 'za vrijeme sjedenja'. Upravo je bol / nelagoda za vrijeme sjedenja bila najčešća pritužba pojedinaca, a istu slijede osjećaj slabosti i bol (Laszlo et al., 2022).



## **11. Rehabilitacija ozljede proksimalnih tetiva stražnje natkoljenične lože**

### 11.1 Karakteristike dobrog plana i programa rehabilitacijskog procesa

#### 11.1.1 Multidiscipliniran pristup

Jasno je kako je ozlijeđeni pojedinac centar cijelokupnog rehabilitacijskog procesa, no kako bi se isti priveo kraju na što uspješniji način potrebna je kvalitetna suradnja između različitih stručnjaka koji okružuju pojedinca za vrijeme čitavog trajanja procesa. Multidisciplinarnost bi stoga trebala porazumijevati slijeđenje uputa kojih po završetku operativnog zahvata daje sam kirurg, a u smislu poštivanja ograničenja koje je kirurg nametnuo kako se na bilo koji način ne bi omeo proces cijeljenja tkiva, te predan rad fizioterapeuta i kondicijskog trenera na postupnom izlaganju pojedinca opterećenjima kako bi se na što sigurniji i brži način zadovoljili svi kriteriji za postupan povratak pojedinca u punu sportsku aktivnost. Zavisno o njegovom okruženju pojedinac će potencijalno imati priliku raditi i sa drugim stručnjacima kao što su nutricionist ili sportski psiholog.

Multidisciplinaran pristup za vrijeme rehabilitacijskog procesa dobiva još više na važnosti ukoliko u obzir uzmemo činjenicu kako o 'povratku u sportsku aktivnost' na kraju rehabilitacijskog procesa, a nakon sveobuhvatnog pregleda i testiranja pojedinca, riječ mora dati svaki od spomenutih stručnjaka (Mendiguchia et al., 2020). Pritom je isto tako jasno kako će kvalitetna re-integracija u momčad biti i pod utjecajem glavnog trenera i njegova stožera (Creighton et al., 2010).

Bitno je istaknuti kako je upravo igrač, odnosno ozlijeđeni pojedinac, glavna figura u rehabilitacijskom procesu i kako isti mora biti involviran u proces donošenja odluka za vrijeme trajanja cijelog rehabilitacijskog procesa.

### 11.1.2 Multifkatorijalan pristup i 'obrnuti inženjering'

Dva su pojma koja idu ruku uz ruku prilikom planiranja i programiranja (fleksibilnog) rehabilitacijskog procesa. Prije samog planiranja i programiranja potrebno je uzeti u obzir sve specifičnosti pojedinca i njegove trenutačne ozljede, njegovu čitavu povijest ozljeda (i bolesti) te zahtjeve njegova sporta (i njegove pozicije). Po završenom procesu prikupljanja spomenutih informacija, a na temelju znanja svih stručnjaka involviranih unutar procesa rehabilitacije, potrebno je formirati plan i program cijelog rehabilitacijskog procesa na temelju kojega će se pokušati igrača na što optimalniji, brži i sigurniji način pripremiti na postupan puni povratak u sportsku aktivnost (Askling et al., 2013; Lightsey et al., 2018). 'Obrnuti inženjering' pritom podrazumijeva postupak planiranja i programiranja rehabilitacijskog procesa unatrag, odnosno od 'ERTP-a' (*Estimated Return to Play* datuma) prema polazišnoj točki. Takvim planiranjem nastojimo osigurati da igrač na kraju same rehabilitacije barem približno može zadovoljiti kriterije potrebne za povratak u punu sportsku aktivnost. Bitno je istaknuti kako je od samog početka jasno da rehabilitacija nije linearan proces i kako će se plan i program rehabilitacijskog procesa vrlo vjerojatno u nekom trenutku morati prilagođavati novonastalim situacijama i reakcijama tkiva na trenažne stimuluse. Cilj rehabilitacijskog procesa svakako mora biti smanjivanje rizika od re-ozljede prilikom i nakon povratka u sportsku aktivnost. Rizik je moguće smanjiti ako se u obzir uzmu sve spomenute komponente i ukoliko se plan i program čitavog procesa posveti smanjenju promjenjivih čimbenika rizika.

Multifaktorijalan pristup pritom podrazumijeva uzimanje u obzir:

- specifičnosti samoga pojedinca - nepromijejive čimbenike rizika
- specifičnosti samoga pojedinca - promijejive čimbenike rizika
- specifičnosti same ozljede - tijekom cijeljenja i ograničenja koja se moraju poštovati u pojedinim fazama rehabilitacije kako bi se osiguralo optimalno cijeljenje za vrijeme čitavog procesa bez obzira na aplicirane trenažne stimuluse
- specifičnosti sporta (nogometa)
- ERTP – *Estimated Return to Play*

### 11.1.3 Protokoli

Rehabilitacijski protokoli općenito variraju u svom planiranju i programiranju, ali i u tempiranju komponenti. Ukoliko se za vrijeme rehabilitacijskog procesa vodi kroz već postojeći protokol vjerojatno će se, bar u nekoj mjeri, izgubiti specifičnost pristupa pojedincu. Kako bi se nastojala sačuvati specifičnost potrebno je uzeti u obzir pojedine komponente već postojećeg protokola, ali isto tako pokušati individualizirati cijeli proces. Individualizacijom rehabilitacijskog procesa se igrača na optimalniji način može progredirati (voditi) kroz rehabilitacijski proces.

### 11.1.4 Optimalna progresija opterećenja

Pod optimalnim opterećenjem podrazumijevamo 'aplicirano opterećenje koje utječe na tkivo na način da istovremeno pomaže povratak funkcije tkiva i izaziva najveću moguću fiziološku adaptaciju istoga' (Khan et al., 2009). Optimalno opterećenje se postiže adekvatnom manipulacijom trenažnih varijabli (Slider et al., 2013). Apliciranjem optimalnog opterećenja se istovremeno utječe na smanjenje rizika od 'egzacerbacije' odnosno re-ozljede za vrijeme trajanja rehabilitacijskog procesa. Kako bi se opterećenje moglo prilagoditi pojedincu potrebno je, uz dobro poznavanje trenažnih modaliteta, dobro poznavati i proces cijeljenja ozlijeđenog / kirurški liječenog tkiva i kriterija potrebnih za napredak kroz teoretski definirane faze rehabilitacijskog procesa.

### 11.1.5 Kriteriji unutar rehabilitacijskog procesa

#### 11.1.5.1 Vrijeme kao kriterij

Unutar rehabilitacijskog procesa će se u vidu apliciranog opterećenja moći progredirati između ostalog i na temelju količine vremena koje je prošlo od trenutka operativnog zahvata. Vrijeme je stoga bitan kriterij jer količina proteklog vremena može biti odraz cijeljenja tkiva. Bez obzira na spomenuto, vrijeme nije varijabla u koju se stručnjaci mogu sa sigurnošću pouzdati kada je potrebno progredirati sa apliciranim opterećenjem ili procijeniti spremnost pojedinca za progresiju (Mendiguchia et al., 2011). Upravo je zbog spomenute nepouzdanosti, za vrijeme i na kraju rehabilitacijskog procesa, potrebno radiološki evaluirati mjesto ozljede / kirurškog zahvata.

### 11.1.5.2 'Performance' kriteriji

Praćenje funkcionalnih parametara i potencijalnih reakcija tkiva na aplicirano opterećenje nam omogućava da individualiziramo rehabilitacijski proces pojedinca i progresiju opterećenja nad njime. Kada govorimo o funkcionalnim parametrima bitno je istaknuti kako zapravo govorimo o parametrima koji će odražavati fizičku spremnost pojedinca na trenajne zahtjeve koji ga čekaju prilikom povratka u sportsku aktivnost (Mendiguchia et al., 2011).

Nedostatak progresije rehabilitacijskog procesa bazirane na kriterijima 'performansa' jest što 'zadovoljavanje pojedinog kriterija baziranog na performansu' ne garantira optimalnu progresiju kroz rehabilitacijski proces. Nedostatak također predstavlja izostanak konsenzusa o valjanim objektivnim kriterijima (Kristys et al., 2015) i nedosljednost u pragovima koje treba postići prije povratka u punu sportsku aktivnost (Dunlop et al., 2019; Thomeé et al. 2011). Upravo te nedosljednosti mogu dovesti do neadekvatne rehabilitacije, preuranjenog povratka igri i ponovne ozljede (Buckthorpe et al., 2019; Grindem et al., 2016).

Unatoč nedostacima, jasan i koncizan put oporavka temeljen na dokazima je prijeko potreban okvir za stručnjake kako bi vodili igrače prema što bržem i sigurnijem povratku u punu sportsku aktivnost (Mitchell et al., 2024). Na tome putu se zavisno o uvjetima u svojoj okolini stručnjaci mogu voditi različitim podacima:

#### a) Usporedba sa podacima dobivenim mjerenjima prije ozljede

Ukoliko već postoje podatci dokumentirani za vrijeme pripremnog perioda ili između polusezona, prije nego li se igrač ozlijedio, iste podatke možemo koristiti za usporedbu stanja pojedinca za evaluaciju njegova stanja kroz faze rehabilitacijskog procesa ali i na kraju istog. Osim podataka koji su vezani za jakost i snagu pojedinca, od velike važnosti za bilo koju ozljedu stražnje natkoljениčne lože će također biti i GPS podatci, a među njima osobito podatci koji se odnose na udaljenosti pretrčane u intenzitetu pod koji spadaju HSR (*'High speed running'*) i sprint.

b) Usporedba sa normativnim vrijednostima sa odgovarajućom kohortom

U eventualnoj odsutnosti podataka iz razdoblja prije nastanka ozljede se podatci dobiveni novim mjerenjima, za vrijeme , na kraju i nakon rehabilitacijskog procesa, mogu usporediti sa normativnim vrijednostima skupine koja svojim specifičnostima odgovara kirurški liječenom pojedincu. U tom slučaju će se isti usporediti sa pojedincima koji su istog spola, slične dobi, visine i težine, koji participiraju u istom sportu i na sličnoj poziciji, te na sličnoj razini natjecanja (Barbosa et al., 2024).

c) Usporedba sa kontralateralnim (zdravim) ekstremitetom

Ukoliko nam je dostupna određena aparatura za evaluaciju pojedinih komponenata fizičke pripreme sportaša uvijek je najmanje što možemo napraviti testirati kontralateralnu nogu i uspoređivati rezultate operirane strane sa onom zdravom. U tom slučaju moramo osigurati kako prilikom povratka u sportsku aktivnost deficiti nisu veći od 5% (Wellsandt et al., 2017).

d) Ukoliko ne postoje prethodni podatci

Ukoliko unutar ‘nogometnog kluba’ nije dostupna aparatura pomoću koje možemo evaluirati funkcionalni status ozlijeđenog pojedinca onda se treba voditi kliničkim procjenama, reakcijom tkiva na trenažna opterećenja i prethodno spomenutim vremenskim okvirima.

Ukoliko nema druge opcije što se evaluacije pojedinca tiče, potrebno je pokušati osigurati pojedincu povremena testiranja u sklopu nekog drugog sportskog ili zdravstvenog centra. Neovisno o kojem je slučaju riječ potrebno je pažljivo interpretirati sve dobivene podatke.

U bilo kojoj od navedenih situacija jest bitno voditi evidenciju treninga i njihov sadržaj kako bi se osiguralo da nema prevelikih ‘skokova’ (prebrze progresije) u apliciranom trenažnom opterećenju za vrijeme trajanja čitavog procesa.



### 11.1.6 Faze rehabilitacijskog procesa

Teoretske faze su definirane na temelju vremena proteklog od operativnog zahvata (ili od ozljede u slučaju konzervativnog liječenja) i samih *'performance'* kriterija koji će biti navedeni kroz daljnji tekst.

## 12. Rehabilitacijski protokol

### 12.1 Akutna faza

#### 12.1 Prvi post-operativni tjedan (0 do 7 dana)

Akutno se, po operativom zahvatu, prije svega nastoji zaštititi kirurški liječeno tkivo kako bi se omogućilo optimalno cijeljenje istoga (Mitchell et al., 2024).

Ciljevi u akutnoj fazi jesu:

- Adekvatno zbrinjavanje kirurške rane
- Zaštititi kirurški liječenu tetivu (Schilders, 2016)
  - Kirurški liječena proksimalna tetiva stražnje natkoljениčne lože obično zahtjeva dulje razdoblje ‘zaštite’ u odnosu na ozljede drugih tkiva (Heiderscheit et al., 2010)
- Smanjenje boli i otekline
- Edukacija o ograničenjima (npr. opsega pokreta, sjedenja i sl.)
  - Edukacija o hodu sa štakama i dozvoljenom opterećivanju operirane noge

Ograničenja koja bi trebali poštovati:

- Pojedinaac bi trebao izbjegavati pokrete fleksije natkoljenice u kuku i ekstenzije potkoljenice u koljenu
  - Upravo zbog toga je u nekim slučajevima pojedincu zabranjeno sjediti
    - Ukoliko pojedinac sjedi onda je to na povišenom sjedištu kako bi se zaštitile svježe operirane tetive
    - Ukoliko je i takvo sjedenje bolno preporuča se upotrebljavati specijalizirane jastuke prilikom sjedenja
- Pojedinaac može hodati sa dvije štake
  - Pritom je preporučljivo da operiranom nogom samo ‘dotiče’ podlogu (manje od 20% ukupne tjelesne težine)
    - Poželjno je da se pred operaciju izmjeri tjelesna težina i uz pomoć vage pokuša educirati pacijenta o količini težine koju post-operativno može aplicirati na operiranu nogu
  - Također se preporuča hodanje ‘kratkim’ koracima kako bi se izbjegla nepoželjna tenzija nad operiranim tetivama (Mitchell et al., 2024)

### 12.1.1 Imobilizacija

Ne postoji konsenzus vezan za upotrebu imobilizacije, uglavnom se upotreba bilo kakve imobilizacije ne preporučuje (Schilders, 2016) osim u slučajevima kada postoji velika količina tenzije na operiranu tetivu.

### 12.2 Drugi post-operativni tjedan (7 - 14 dana)

Prema procjeni kirurga, a obično nakon tjedan dana, se mogu skinuti šavi sa kirurške rane. Preporuča se lokalna 'protu-upalna' terapija koja će i dalje utjecati na smanjenje boli i otekline, manualna terapija na ožiljku, te povećanje opterećenja na operiranu nogu za vrijeme hoda sa dvije štake (do 25% ukupne tjelesne težine) (Schilders, 2016).

U ovoj se fazi možemo koristiti akronimom 'RICE' (Rest, Ice, Compression, Elevation) kako bi utjecali na smanjenje boli i otekline (Bleakely et al., 2012).

### 12.3 Treći post-operativni tjedan (14 – 21 dana)

U trećem post-operativnom tjednu se preporuča povećanje opterećenja operirane noge za vrijeme hoda do 50% ukupne tjelesne težine. Istovremeno se za hod i dalje koriste dvije štake i obraća pozornost na duljinu koraka. U ovoj fazi je sjedenje dozvoljeno, no isključivo na povišenim sjedištima kako ne bi došlo do pretjerane fleksije natkoljenice u kuku a time i do neadekvatno velike tenzije na operiranim tetivama.

Moguće je započeti sa pasivnim vježbama opsega pokreta u vidu kombinirane fleksije natkoljenice u kuku i istovremene fleksije potkoljenice u koljenome zglobu, no samo u malim opsezima odnosno do 30' fleksije natkoljenice u kuku.

Istovremeno je moguće krenuti sa opterećivanjem stražnje natkoljenične lože. Preporučuje se koncentrična aktivnost ove grupe i to bez ikakvog dodanog opterećenja, te početak izometričnog opterećivanja iste pod različitim kutevima ('*inner-range*') (Schilders, 2016).

Trenutačno ne postoji konsenzus o tome koliko bi brza ili agresivna trebala biti početna mobilizacija i početno opterećenje. Kod manjih ozljeda stražnje natkoljениčne lože, onih mišićnih, je dokazano kako rani početak opterećivanja može povoljno utjecati na ukupno trajanje rehabilitacijskog procesa bez da se pritom povećava rizik od nastanka re-ozljede. S druge strane, rehabilitacija rupturiranih tetiva će svakako trebati veću ukupnu količinu vremena za rehabilitaciju radi razlika u fiziologiji, odnosno prokrvljenosti tetiva u odnosu na mišić koje se direktno odražava na brzinu njenog cijeljenja. Rano opterećivanje je stoga dobrodošlo, no samo unutar fizioloških okvira cijeljenja tetive odnosno unutar ograničenja koje po operativnom zahvatu postavi sam kirurg. Istovremeno bi se sve vježbe koje odlučimo provesti u ovoj fazi rehabilitacijskog procesa u pravilu trebale provoditi bez ikakve boli ili nelagode (Bleakely et al., 2012).

Dozvoljeno je raditi na održavanju kapaciteta kontralateralne noge, trupa i gornjeg dijela tijela na bilo koji način dokle god se ni na koji način ne ugrožava cijeljenje kirurški liječene noge.



Slika 18. 'Inner-range' izometrijsko jačanje stražnje natkoljениčne lože

(Izvor: K. Kos privatna arhiva, 2024)

### 12.3.1 Druga post-operativna faza

Ciljevi druge faze rehabilitacijskog procesa jesu:

- Sjediti bez restrikcija
- Povratiti puni opseg pokreta u kuku i koljenu bez apliciranja tenzije na tetivu
- Povratiti normalan obrazac hoda
- Zadovoljiti kriterije za početak trčanja
- Početi trčati na terenu
- Postepeno uvođenje rada s loptom i drugog sportu specifičnog sadržaja na terenu
- Postepeno uvođenje pliometrijskog sadržaja
- Povećati trenažni stimulus nad ozliježenom stražnjom ložom kako bi se ista pripremila za narednu fazu
- Povećati trenažne stimuluse nad zdravom nogom i ostatkom tijela
- Raditi na zadovoljavanju narednog seta kriterija koji se odnosi na progresiju iz trčanja u HSR

### 12.4 Četvrti post-operativni tjedan (21 do 28 dana)

U ovoj se fazi možemo koristiti akronimom 'POLICE' (Protection, Optimal Load, Ice, Compression, Elevation) kako bi utjecali na smanjenje boli i otekline i na obnovu funkcije (Bleakley et al., 2012).

Do četvrtog post-operativnog tjedna se očekuje progrediranje hoda u smislu daljnje upotrebe samo jedne štake. Preporuča se nastavak manualne terapije na ožiljku ukoliko je to i dalje potrebno.

Sjedenje je i dalje dozvoljeno samo na povišenom, a opseg pokreta se nastoji održati uz pomoć aktivno-potpomognutih vježbi koje su dozvoljene do 60° fleksije natkoljenice u kuku sa istovremenom ekstenzijom potkoljenice u koljenome zglobu do 30°.

Preporuča se započinjanje vježbi u bazenu kako bi se radilo na re-edukaciji hoda i drugih kretnji ( čučanj, iskorak, mrtvo dizanje, ...) uz nadzor stručne osobe. Osnovne vježbe su

dozvoljene no bez dodatnih opterećenja, uz poštivanje ograničenja u opsegu pokreta i isključivo na stabilnoj podlozi (Schilders, 2016).

Poželjne su vježbe niskog intenziteta sa ciljem vraćanja opsega pokreta, minimiziranja atrofije i ponovnog uspostavljanja neuromuskularne kontrole (Heiderscheit et al., 2010), pritom je izrazito bitno da zbog istih ne dođe do pogoršanja boli (više od 2/10 na vizualnoj analognoj skali boli) ili povećanja otekline (koje možemo provjeriti mjerenjem obujma) (Schilders, 2016). Istovremeno je itekako bitno operiranoj tetivi pružiti adekvatnu količinu odmora kako bi se omogućilo daljnje nesmetano cijeljenje (Glasgow et al., 2015). Povećanje boli i otekline bi u takvom slučaju značilo da se tetivu izložilo pretjeranim opterećenjima. Takvo opterećivanje tkiva je nepoželjno jer može utjecati na neadekvatno cijeljenje tetive dugoročno, pritom ovo objašnjenje vrijedi za nastanak slične reakcije u bilo kojoj fazi rehabilitacijskog procesa.

Uz primjerene vježbe niskog intenziteta za zahvaćenu nogu potrebno je adekvatno opteretiti i kontralateralnu nogu kako bi se prevenirao veći gubitak fizičkih kapaciteta iste (Buckthorpe et al., 2019) dok bi istovremeno takvo opterećivanje zdrave noge moglo povoljno utjecati i na zahvaćeni ud zbog fenomena '*cross-edukacije*'. Također se preporučuju zamjenski treninzi koji ne uključuju zahvaćeni ud već, u ovakvome slučaju, vježbe gornjeg dijela tijela i trupa (Mitchell et al., 2024).

Dozvoljeno je aplicirati minimalna opterećenja na koncentričan tip kontrakcije zahvaćene stražnje natkoljenične lože i (adekvatno) povećanje istoga za izometrijski tip kontrakcije (Schilders, 2016).

## 12.5 Peti post-operativni tjedan (28 do 35 dana)

U ovoj fazi je pojedincu dozvoljeno samostalno hodati bez upotrebe štaka, sjedenje je također oslobođeno svih restrikcija osim ukoliko su restrikcije iz bilo kakvog razloga i dalje potrebne. Jednako vrijedi i za terapiju nad ožiljnim tkivom.

Aktivno potpomognute vježbe opsega pokreta su sada dozvoljene do 90' fleksije natkoljenice u kuku sa istovremenom ekstenzijom koljena. Od ove su faze dozvoljene i aktivne vježbe do 60' fleksije natkoljenice u kuku sa istovremeno ekstenziranom

potkoljenicom u koljenom zglobu. Hodanje u ovoj fazi može progredirati u bazenu, kroz upotrebu anti-gravitacijske trake ili kroz upotrebu eliptične mašine.

U ovoj se fazi može dodatno povećati opterećenje kod izometrijskog tipa vježbi pod različitim kutevima, no i dalje isključivo u ‘*inner range-u*’. Također je dozvoljen početak vježbi na nestabilnim podlogama kao što je npr. balansni jastučić (Schilders, 2016).

Ukoliko se nije započelo u četvrtom post-operativnom tjednu onda bi upravo u ovoj fazi pojedinac mogao započeti trenirati normalne obrasce pokreta i pripremati tijelo na mogućnost dodatnog apliciranja intenziteta na temeljne vježbe kao što su hodanje, čučnjevi, mrtvo dizanje, iskoraci i sl. Kao što je već spomenuto, proces postupne re-edukacije normalnih obrazaca pokreta kod teške ozljede kao što je ruptura proksimalnih tetiva stražnje natkoljениčne lože može započeti u bazenu odnosno u vodi kao rasteretnom mediju te se kasnije nastaviti na tlu.

### 12.5.1 Vježbe u bazenu

U slučaju implementacije vježbi u bazenu trebali bi obratiti pažnju da je isti dovoljno dubok. Smatra se kako bi razina vode trebala dosezati razinu 3cm nižu od xyphoidnog nastavka pojedinca kako bi se sila reakcije tla (eng. ‘*Ground Reaction Force*’ odnosno ‘*GRF*’) smanjila za 50% njegove tjelesne težine (Donoghue et al., 2011). Re-edukacija hoda, hodanje po stepenicama (ili ‘*step-up*’), balansiranje na jednoj nozi i podizanje na prste neki su od primjera vježbi koje se započinju kako bi se radilo na obnovi neuromuskularne kontrole i koordinacije. Kada igrač postane dovoljno siguran u izvedbi spomenutih vježbi (i sličnih) u bazenu, kako je i prije spomenuto, isti može progredirati prema izvođenju istih motoričkih zadataka na tlu (Mitchell et al., 2024). Pritom je bitno je istaknuti kako vježbanje u vodi mora biti indicirano od strane kirurga i kako se iste ne bi se smjele implementirati prije nego li kirurg procjeni kako je kirurška rana dovoljno zacijelila.

### 12.5.2 Izometrijske vježbe

Što se aktivnih vježbi za stražnju natkoljениčnu ložu operirane noge tiče, preporuča se pojedinca izlagati izometrijskom tipu vježbi pod različitim kutevima. Pritom bi pojedinca

postupno trebali dovesti na oko 50% maksimalne voljne izometrijske kontrakcije ('MVIC') na početku druge faze i progredirati prema 80% iste do završetka ove pod-faze (Schilders, 2016). Izometrijsko opterećivanje tetiva se pritom preporučuje kako bi se olakšala prilagoda tetive na opterećenje na progresivno većim duljinama. Sam volumen apliciranih vježbi izometrijskog karaktera bi se progresivno trebao povećavati intenzitetom i ekstenzitetom (Mitchell et al., 2024). Izometrijske vježbe bi se u ovoj fazi rehabilitacijskog procesa trebale izvoditi samo u 'inner-range-u' i 'mid-range-u' (Thistle, 2023). Ovakav plan opterećivanja tetive odgovara onome koji je unutar svog protokola iznio Britanski atletski savez a u kojemu stoji kako se općenito kod ozljeda tetiva preporuča dulje razdoblje zaštite ozlijeđene tetive kroz izbjegavanje ekscentričnih vježbi ili aktivnosti koje zahtjevaju veće opsege pokreta (Guex et al., 2023).

### 12.5.3 Primjeri vježbi u drugoj fazi rehabilitacijskog procesa

U uvodnom dijelu rada objašnjena je anatomija i funkcija mišića stražnje natkoljениčne lože. S obzirom na to da je cilj procesa rehabilitacije upravo obnavljanje potpune funkcije iste jasno je kako se unutar rehabilitacijskog procesa moraju zastupiti vježbe koje će utjecati na obnovu svih njenih funkcija. Vježbe pritom dijelimo na one koje se dominantno izvode u zglobu kuka (eng. 'Hip dominant') i one koje se dominantno izvode u koljenom zglobu (eng. 'Knee dominant').

U stručnoj literaturi je lako pronaći veći broj protokola i smjernica, a samim time i vježbi, koje se koriste za rehabilitaciju ozljeda stražnje natkoljениčne lože. Vježbe koje se koriste unutar procesa rehabilitacije proksimalnih tetiva stražnje natkoljениčne lože neće biti drugačije, već jedino drugačije zastupljene kako bi se dominantno utjecalo na obnovu kapaciteta i funkcija proksimalnih tetiva.





Slika 19. Progresija hodanja na eliptičnoj traci

(Izvor: K. Kos privatna arhiva, 2024)



Slika 20. 'Hamstring curl' vježba u 'mid-range-u' (napomena – u ovoj fazi je opseg pokreta ograničen, a opterećenje na koncentričan tip kontrakcije operirane noge je minimalno)

(Izvor: K. Kos privatna arhiva, 2024)

#### 12.5.4 Reakcija na terapijske vježbe

Prilikom i nakon vježbanja zahvaćenog ekstremiteta je i dalje pratiti razinu boli i eventualnu pojavu bilo kakve reakcije. Ukoliko 24 sata nakon apliciranja specifičnog opterećenja na zahvaćenu nogu izostaju reakcije tkiva može se smatrati kako opterećenje nije bilo pretjerano. 'Dozvoljena razina nelagode nakon apliciranja pojedinog opterećenja, a mjerena Vizualnom Analognom Skalom boli ('VAS') u ovoj fazi bi bila 2/10'.

#### 12.6 Šesti i sedmi post-operativni tjedan (35 do 49 dana)

Hodanje i sjedenje je neograničeno. Hodanje može progredirati u brzo hodanje i 'joggiranje'. Tranzicija od hodanja prema 'joggiranju' se pritom može odviti na anti-gravitacijskoj traci. Preporuča se i početak 'proprioceptivnog' rada u području sjedne kvрге.

Dozvoljene su pasivne i aktivne vježbe u punom opsegu pokreta, preporuča se povećati intenzitet izometrijskih vježbi za stražnju natkoljenu ložu operirane noge sve dok se ne dostigne simetrija u jakosti u odnosu na kontralateralnu nogu ili jednaka jakost kao i prije ozljede. U ovoj fazi bi se stoga pojedinac trebao početi dugotrajnije i/ili intenzivnije opterećivati kroz izometrijski tip kontrakcije.

U ovoj fazi je dozvoljeno započeti implementirati vježbe ekscentričnog tipa kontrakcije, no isključivo sa minimalnim dodatnim opterećenjima (Schilders, 2016). Ovakav pristup je osobito čest kod ozljeda tetive za koje pristup 'BAMIC-a' zagovara odgodu u progrediranju ka upotrebi ekscentričnih vježbi kako bi se izbjeglo elastično naprezanje na tetivu koja cijeli (Pollock et al., 2022). Dozvoljeno je i progredirati prema vježbama balansa na nestabilnijim podlogama.

### 12.6.1 Primjeri vježbi u šestom i sedmom post-operativnom tjednu

Ono što je izrazito bitno raditi unutar procesa kako bi se osigurali dobri rezultati na planiranim testiranjima jest dati igraču motoričke zadatke koji su ili identični, ili slični istome. Ukoliko je u datom trenutku nemoguće dati takav motorički zadatak zbog ograničenja ozljede odnosno kako se ne bi narušilo njeno cijeljenje onda bi se trebalo okrenuti uvježbavanju dozvoljenih sekvenci tih motoričkih zadataka. Kvalitetne sekvence motoričkih zadataka se mogu izvesti iz osnovnih vježbi, a prilagoditi promijenom varijabli istih kao što su: početni položaj, kinetički lanac, kut pod kojim se izvodi vježba, opseg pokreta u kojem će se izvesti zadatak, primjena ili odsutstvo vanjskog opterećenja, ukupni volumen vježbe i sl. Kada je to moguće, kretnje bi trebalo uvježbavati u punom opsegu pokreta.



Slika 21. Aktivna vježba *'Straight Leg Raise'* koja se koristi u pripremnom dijelu rehabilitacijskog treninga

(Izvor: K. Kos privatna arhiva, 2024)



Slika 22. 'Outter-range' vježba jakosti izometrijskog tipa

(Izvor: K. Kos privatna arhiva, 2024)



Slika 23. Početak ekscentričnog opterećivanja zahvaćene stražnje natkoljениčne lože re-  
edukacijom pokreta 'mrtvo dizanje' bez ili sa minimalnim opterećenjima

(Izvor: K. Kos privatna arhiva, 2024)



Slika 24. Tranzicija od hodanja prema ‘joggiranju’ i trčanju se može provesti na anti-gravitacijskoj traci za trčanje

(Izvor: <https://golifeward.com/products/alterg-anti-gravity-systems/>)

#### 12.6.2 Potencijalne metode evaluacije na kraju ove faze



Slika 25. Vježba ekstenzije i fleksije potkoljenice u koljenome zglobu na ‘Biodex’ mašini

(Izvor: K. Kos privatna arhiva, 2024)



Slika 26. 'Nordic ISO test' – test izometrijske jakosti stražnje natkoljениčne lože

(Izvor: K. Kos privatna arhiva, 2024)



Slika 27. 'Hamstring 90° / 90° ISO test' – test izometrijske jakosti stražnje natkoljениčne lože

(Izvor: K. Kos privatna arhiva, 2024)



Slika 28. ‘Hamstring 90’ / 20’ ISO test’ – test izometrijske jakosti stražnje natkoljениčne lože

(Izvor: <https://valdperformance.com/>)

## 12.7 Treća post-operativna faza

Ciljevi treće faze rehabilitacijskog procesa jesu:

- Trening jakosti i snage bez restrikcija
  - Povećati trenažni stimulus nad ozlijeđenom stražnjom ložom kako bi se ista pripremila za narednu fazu
- Povećati trenažne stimuluse nad zdravom nogom i ostatkom tijela
- Progresija iz HSR u sprint i maksimalno izlaganje
- Priprema za ‘return to participation’

### 12.7.1 Ciljevi po završetku treće faze rehabilitacijskog procesa

Ozlijeđeni igrač se, minimalno, mora vratiti na razinu fizičke spremnosti od prije ozljede. Puštanje igrača u sportsku aktivnost bez da je povratio svoje fizičke kapacitete podrazumijeva svjesno preuzimanje rizika za ponavljanje ozljede ili pojavu nove iz razloga što je igrač u takvom scenariju 'fizički manje spreman' nego li prije nastanka ozljede vraća u iste ili slične natjecateljske zahtjeve.

Povratak na 'fizičku spremu prije ozljede' pritom podrazumijeva:

- a) Dostizanje identičnih ili boljih rezultata od onih dobivenih testiranjem prije nastanka ozljede
- b) Rezultati ozlijeđenog igrača spadaju u 95i percentil za sva odrađena testiranja za koja je moguća takva usporedba
- c) Usporedbom rezultata testiranja ozlijeđene noge sa rezultatima testiranja one zdrave se zaključuje da je ozlijeđena noga u najvećem eventualnom deficitu od 5% ili identičnih rezultata (Barbosa et al., 2024)
- d) Ukoliko ne postoje prethodni podatci potrebno je konzultirati centar koji ima odgovarajuću opremu za sveobuhvatno testiranje ozlijeđenog pojedinca
- e) Najvjerojatniji scenarij je da će se stručnjaci na kraju rehabilitacijskog procesa morati referirati na kombinaciju navedenih scenarija

### 12.8 Osmi i deveti post-operativni tjedan (56 do 63 dana)

Pojedinac može progredirati od 80% do maksimalnog koncentričnog opterećenja na zahvaćenoj nozi. Istovremeno je dozvoljeno progredirati prema kompleksnijim vježbama. Kada se dosegne odgovarajuća razina jakosti svih mišićnih skupina dozvoljeno je progredirati prema većem intenzitetu trčanja.

Potrebno je postupno povećati intenzitet trčanja pojedinca od *jogiranja* prema intenzitetima odgovarajućim za 'HSR' odnosno '*High-speed running*' (70 – 85% Vmax.) sa tendencijom da pojedinac do završetka ove faze sakupi dovoljno volumena na istim kako bi se što bolje pripremio za progresiju u sprint. Kompleksnost zadataka koji uključuju trčanje bi trebali postati kompleksniji.



## 12.9 Deseti post-operativni tjedan do punog povratka u trening

Ukoliko je nalaz kontrolne magnetske rezonance, koja se obično preporuča u dvanaestom post-operativnom tjednu, zadovoljavajuć te ako je igrač uspio povratiti svoje funkcionalne kapacitete na zadovoljavajuću razinu isti može postepeno progredirati prema maksimalnim koncentričnim kontrakcijama, maksimalnom ekscentričnom opterećenju i postepeno progredirati prema sprintu.

### 12.9.1 Primjeri vježbi u trećoj post-operativnoj fazi



Slika 29. 'Prikaz vježbe 'jednonožne ekstenzije natkoljenice u kuku sa opterećenjem'

(Izvor: K. Kos privatna arhiva, 2024)



Slika 30. Prikaz vježbe 'Varijacija vježbe 'mrtvo dizanje' na 'K-box' mašini'

(Izvor: K. Kos privatna arhiva, 2024)



Slika 31. Prikaz vježbe 'Sled push' ('Sled pull' je također korisna varijanta)

(Izvor: K. Kos privatna arhiva, 2024)



Slika 32. Prikaz vježbe 'Jednonožna ekstenzija natkoljenice u kuku na 'GHD-u' sa opterećenjem'

(Izvor: K. Kos privatna arhiva, 2024)



Slika 33. Prikaz vježbe iskoraka sa opterećenjem

(Izvor: K. Kos privatna arhiva, 2024)



Slike 34a i 34b. Prikaz vježbe jednonožne 'piramide' na TRX-u za donji dio trupa i *rectus femoris*

(Izvor: K. Kos privatna arhiva, 2024)



Slika 35. Prikaz vježbe 'jednonožnog 'hamstring curl-a'

(Izvor: K. Kos privatna arhiva, 2024)



Slika 36. Prikaz vježbe 'jednonožni hamstring most – pliometrijske se 'kutije' koriste kako bi se igraču omogućio izvedba vježbe u većem opsegu pokreta u kuku

(Izvor: K. Kos privatna arhiva, 2024)



Slika 37. Prikaz vježbe ‘jednonožno mrtvo dizanje sa opterećenjem’  
(Izvor: K. Kos privatna arhiva, 2024)



Slika 38. Prikaz vježbe ‘Copenhagen’  
(Izvor: K. Kos privatna arhiva, 2024)



Slika 39. Prikaz vježbe 'Reverse Copenhagen'

(Izvor: K. Kos privatna arhiva, 2024)

## 12.10 Rehabilitacija na terenu

### 12.10.1 HSR i Sprint

Smatra se kako upotreba prosječnih GPS vrijednosti općenito, a tako i prosječnih HSR i SD vrijednosti, u trenažnom procesu nogometaša može dovesti do 'underload-a' momčadi koju nastojimo fizički pripremiti. Jednako vrijedi i za upotrebu prosječnih GPS podataka unutar procesa rehabilitacije pojedinog igrača. Zašto je tome tako? Naime, studije provedene unutar različitih klupskih i reprezentativnih natjecanja su pokazale kako su razlike između prosječnih GPS vrijednosti i vrijednosti dokumentiranih unutar najintenzivnijih perioda utakmice velike.

Podaci dokumentirani za vrijeme utakmica australske nogometne lige govore kako su vrijednosti HSR-a/minuti unutar najintenzivnijih 5 minuta utakmice bile duplo veće u odnosu na prosječne vrijednosti istog parametra za cijelu utakmicu (Wehbe et al., 2014).

Na norveškim su nogometašima dokumentirane slične razlike za HSR/minuti, dok je SD/min u najintenzivnijih 5 minuta utakmice bio oko 5 puta veći nego li prosječni SD/min dokumentiran za čitavu utakmicu (Dalen et al., 2021).

U španjolskoj 'La Ligi' su vrijednosti unutar najintenzivnije minute utakmice u prosjeku bile  $HSR/min = 49.9 \pm 19.8 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$  i  $SD/min = 16.6 \pm 17.4 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$  (Martín-García et al., 2018).

Upravo se na temelju ovakvih podataka da zaključiti kako se relevantne smjernice za planiranje i programiranje trenažnog procesa nogometaša mogu izvući obračavajući pozornost upravo na te, najintenzivnije, periode utakmica umjesto da u istu svrhu uzimamo prosječne vrijednosti i da na taj način 'podcijenimo' zahtjeve natjecanja (Oliva-Lozano et al., 2022).

### 12.10.2 Razlike prema pozicijama

Za dizajniranje specifičnih rehabilitacijskih treninga na terenu, treba uzeti u obzir poziciju igrača, njegove prethodno dokumentirane GPS podatke i kontekstualne varijable. Važno je istaknuti kako braniči obično sprintaju kako bi presreli loptu, vezni igrači kako bi zatvorili prostor i radili pritisak protivnike, a napadači trče između igrača prema slobodnom / kaznenom prostoru i pokušali poentirati (Oliva-Lozano et al., 2022).

### 12.10.3 Progresija trčanja kroz rehabilitaciju

Postupno izlaganje trčanju ključan je dio procesa rehabilitacije kojim nastojimo obnoviti funkciju i kapacitete pojedinca da ubrza trčanje do maksimalnog intenziteta, održi tu brzinu i uspori. Parametre trčanja bi kao i za vrijeme momčadskog treninga trebali pratiti GPS sustavom, a ukoliko isti nije dostupan stručnjacima na korištenje isti bi se trebali poslužiti drugim alatima kao što su; subjektivan % brzine trčanja od maksimalnog intenziteta, mjerenje vremena potrebnog za prelazak određene udaljenosti i sl.



Cilj rehabilitacijskog procesa jest pokušati igraču povratiti kapacitete trčanja intenzitetima odgovarajućim za HSR i Sprint na razine koje je imao prije nastanka ozljede. Kako bi što uspješnije pripremili igrača u zadanom vremenu na raspolaganju bi trebali imati prosječne i maksimalne vrijednosti GPS-a za svaki pojedini dan u mikrociklusu na razini momčadi i individualne GPS podatke od samog igrača. U početnoj je fazi izlaganja igrača HSR-u i Sprintu bitnije da se igrača postpuno izlaže odgovarajućim intenzitetima, a pred kraj rehabilitacije je poželjno da se igračev raspored treninga i samo izlaganje više pokuša prilagoditi trenažnom izlaganju momčadi.

Ukoliko imamo GPS podatke ali nemamo prethodno dokumentirane podatke igrača kojeg rehabilitiramo poželjno je pretražiti pozicionalne (GPS) zahtjeve lige u kojoj igrač igra.

Kada igrač uspješno napravi tranziciju od hoda prema *joggiranju* na terenu inicijalno bi se trebalo usmjeriti ka prikupljanju dovoljne količine 'TD' (eng. '*Total Distance*') odnosno ukupno prijeđene udaljenosti i fokusirati se na daljnje povećanje fizičkih kapaciteta unutar teretane. Istovremeno je moguće u sličnom intenzitetu trčanja (*joggiranja*) započeti postepeno izlagati igrača elementima nogometa koje će svakako kasnije trebati raditi na većim intenzitetima. Pod 'elemente nogometne igre' pritom podrazumijevamo; ubrzanja i usporavanja, promijene smjera kretanja (od slaloma do promijene smjera pod progresivno većim kutevima), dodavanja loptom i slično.

Varijable progresije koje moramo uzeti u obzir za vrijeme trčanja:

- Udaljenost potrebna za postizanje određene brzine
  - Što je ova udaljenost kraća, to je sam trk eksplozivniji
- Udaljenost potrebna za održavanje pojedine brzine
  - Ovu kvalitetu jest potrebno uvježbavati kako bi se igrač adekvatno pripremio za treninge 'brzinske izdržljivosti' (održavanje brzine prilikom maksimalnog intenziteta trčana)
- Udaljenost rezervirana za deceleraciju odnosno zaustavljanje po završetku trčanja

- Što su udaljenosti rezervirane za deceleraciju kraće to će sama deceleracija biti teža i mehanički zahtjevnija
- Zadane udaljenosti općenito
  - Što je zadana udaljenost veća, to je veći prostor za razvijanje brzine
    - Zadane udaljenosti predstavljaju izuzetno korisnu varijablu ukoliko se igrača rehabilitira bez upotrebe dodatnih pomagala (slika 40.)
- Ulazna brzina prilikom promjene smjera kretanja
  - Što je brzina ulaza u određeni kut veća to će sama promijena smjera biti zahtjevnija

Sjajan su okvirni primjer progresivnog izlaganja trčanju predstavili Slider i sur. (2013). Kao što se vidi na tablici 4., preuzetoj baš iz njihova rada, naglašena je postepenost progresije kroz trčanja. U programu se ističe progresivno smanjenje ‘udaljenosti potrebne za postizanje brzine trčanja 75% od  $V_{max}$ . (maksimalne registrirane brzine trčanja pojedinca / subjektivne percepcije % intenziteta trčanja) i progresivno smanjenje ‘udaljenosti potrebne za deceleraciju’. Ovakvo modeliranje varijabli koje se odnose na udaljenost omogućava igraču da postepeno razvija kapacitete potrebne za sve brži razvoj brzine (na kraćim udaljenostima) i da postepeno razvija kapacitete za sve brže zaustavljanje odnosno za deceleraciju. Nedostatak ovakvog izlaganja HSR-u i sprintu jest što se ne mijenja odnosno ne prilagođava udaljenost na kojoj je potrebno održati brzinu trčanja. Također je bitno istaknuti kako nije dovoljno igrača izlagati samo linearnom HSR-u ili sprintu jer je sasvim jasno kako u nogometnoj igri nisu zastupljena samo linearna trčanja.

Tablica 4. Progresivni protokol trčanja prema *Slider i sur.*

|          | <b>Acceleration distance, m</b> | <b>Constant speed (maximum, 75% speed) distance, m</b> | <b>Deceleration distance, m</b> |
|----------|---------------------------------|--|---------------------------------|
| Level 1  | 40                              | 20   | 40                              |
| Level 2  | 35                              | 20   | 35                              |
| Level 3  | 25                              | 20   | 25                              |
| Level 4  | 20                              | 20   | 20                              |
| Level 5  | 15                              | 20   | 15                              |
| Level 6  | 10                              | 20   | 10                              |
|          | <b>Acceleration distance, m</b> | <b>Constant speed (maximum, 90% speed) distance, m</b> | <b>Deceleration distance, m</b> |
| Level 7  | 40                              | 20   | 40                              |
| Level 8  | 35                              | 20   | 35                              |
| Level 9  | 25                              | 20   | 25                              |
| Level 10 | 20                              | 20   | 20                              |
| Level 11 | 15                              | 20   | 15                              |
| Level 12 | 10                              | 20   | 10                              |

(Izvor: *Slider et al., 2013*)

U studiji Hickey-a i sur. je iznesen sličan protokol (tablica 5.) u kojem se za razliku od protokola ‘Slidera i sur.’ osim samih distanci mijenjaju i brzine trčanja koje su kvalitativno definirane kao ‘hodanje, joggiranje, trčanje i sprintanje’. Također se osim udaljenosti osiguranih za ubrzavanje i usporavanje prilagođava i udaljenost na kojoj je potrebno održati brzinu postignutu za vrijeme akceleracije. Nedostatak ovakvog protokola progresije trčanja jest što se baš kao i protokol ‘Slidera i sur.’ odnosi isključivo na linearno trčanje i subjektivnu percepciju intenziteta trčanja (na koju se ne moramo oslanjati ukoliko na raspolaganju imamo GPS ili slično).

Tablica 5. Progresivni protokol trčanja prema *Hickey i sur.*

| <b>Stage</b> | <b>Acceleration Phase</b> | <b>Hold Phase</b> | <b>Deceleration Phase</b> |
|--------------|---------------------------|-------------------|---------------------------|
| 1            | Walk 20 m                 | Jog 10 m          | Walk 20 m                 |
| 2            | Walk 15 m                 | Jog 20 m          | Walk 15 m                 |
| 3            | Walk 10 m                 | Jog 30 m          | Walk 10 m                 |
| 4            | Jog 20 m                  | Run 10 m          | Jog 20 m                  |
| 5            | Jog 15 m                  | Run 20 m          | Jog 15 m                  |
| 6            | Jog 10 m                  | Run 30 m          | Jog 10 m                  |
| 7            | Run 20 m                  | Sprint 10 m       | Run 20 m                  |
| 8            | Run 15 m                  | Sprint 20 m       | Run 15 m                  |
| 9            | Run 10 m                  | Sprint 30 m       | Run 10 m                  |

(Izvor: *Hickey et al., 2020*)

Itekako je bitno istaknuti da su prethodno opisane preporuke za progresiju trčanja napisane za rehabilitaciju 'HSI' (eng. 'Hamstring strain injury') a ne za rupturu proksimalnih tetiva, treba biti jasno kako se za vrijeme rehabilitacije teže ozljede stražnje natkoljениčne lože mora odvojiti veća količina vremena za samu progresiju i kako nije poželjno progredirati s fazama iz treninga u trening. Poželjno je stoga je ponoviti barem dva puna treninga sličnih opterećenja i to bez praćene reakcije tkiva dan ili dva poslije kako bi mogli progredirati u opterećenju kojem izlažemo pojedinca. Ukoliko se reakcija pojavi u vidu boli, nelagode ili sličnog potrebno je ili se zadržati na istom opterećenju dok se konačno ne postigne željena adaptacija uz adekvatnu količinu odmora ili je potrebno napraviti 'korak nazad' te samog pojedinca bolje pripremiti na zahtjeve kojima smo ga izložili (Mendiguchia et al., 2017). Ovdje se opet treba ispreplitati tzv. 'obrnuti inženjering' kroz koji ćemo od trenutka eventualnog E RTP-a, i maksimalnog izlaganja sprintu za koji igrač mora biti spreman prilikom povratka u sportsku aktivnost, krenuti planirati postupna izlaganja trčanju, HSR-u i sprintu unatrag. Planiranje i programiranje se trebaju usmjeriti na način na koji će se ostaviti dovoljan broj treninga na jednoj razini trčanja i odmora nakon iste kako bi se oigurala kvalitetna adaptacija prije progresije na slijedeću razinu trčanja. Obrnutim inženjeringom nastojimo osigurati da nema prevelikih skokova odnosno da nema prevelike progresije prilikom izlaganja igrača trčanju. Ukoliko se procjeni da je vremenski prozor na raspolaganju nedovoljan, iz bilo kojeg razloga, za optimalnu progresiju kroz trčanje onda valja razmotriti opciju produljivanja rehabilitacijskog procesa odnosno pomicanja E RTP-a kako bi se igraču osiguralo što sigurniji napredak kroz faze trčanja.

#### 12.10.4 Progresija trčanja s obzirom na fazu rehabilitacije

Izrazito je bitno naglasiti kako je od velike važnosti za vrijeme cijelog procesa progrediranja trčanja ka maksimalnom sprintu na kvalitetan način povećavati kapacitete ozlijeđene noge, zdrave noge, ali i ostatka tijela vježbama u teretani. Naglasak na povećanje kapaciteta kroz vježbe jakosti, snage i pliometrije dolazi iz kriterija koje je potrebno zadovoljiti kako bi se na sigurniji način progrediralo u veće intenzitete trčanja. Kako igrač napreduje sa intenzitetima trčanja tako je planiranje i programiranje treninga u teretani i na terenu sve osjetljivije jer je i dalje potrebno raditi na jakosti, snazi i

plimetrijskim kvalitetama dok je istovremeno potrebno održavati igrača svježim pred sve intenzivnije treninge na terenu odnosno sva intenzivnija trčanja.

#### 12.10.4.1 Prva faza ( prvi post-operativni tjedan do kraja trećeg post-operativnog tjedna)

U prvoj fazi trčanje nije dozvoljeno stoga se bitno fokusirati na povratak normalnog obrasca hodanja kako bi se igrača adekvatno pripremilo na tranziciju prema *joggiranju* i trčanju na terenu.

#### 12.10.4.2 Druga faza ( četvrti post-operativni tjedan do kraja sedmog post-operativnog tjedna)

U drugoj fazi se uz pomoć eliptične mašine ili anti-gravitacijske trake može napraviti tranzicija prema brzom hodanju, joggiranju i trčanju na tlu. Istovremeno je izrazito bitno krenuti raditi na niže navedenim vježbama kako bi se do samog početka trčanja na terenu uspješno mogli zadovoljiti i ‘*gym-based*’ kriteriji. Jednom kada je igrač spreman trčati na terenu moguće je postupno raditi na ostvarenju ciljeva zadanih za rani dio druge faze rehabilitacijskog procesa.

Kriteriji koji se moraju zadovoljiti prije početka trčanja

Funkcionalni testovi:

- Jednonožni čučanj – 25 ponavljanja (Mitchell et al., 2024)
- Jednonožni ‘*hamstring*’ most pod kutem od 90° – 30 ponavljanja
- Jednonožni ‘*hamstring*’ most pod kutem od 30° – 30 ponavljanja (Freckelton et al., 2014)
- Jednonožno podizanje na prste (‘*heel raise*’) – 35 ponavljanja
- Jednonožno podizanje na prste sa savijenim koljenom (‘*bent knee heel raise*’) – 35 ponavljanja (Silbernagel et al., 2010)

Za progresiju prema trčanju na terenu potrebna je (gotovo) potpuna simetrija u broju ponavljanja prilikom izvedbe navedenih vježbi.

Testovi izometrijske jakosti:

- Izometrijska jakost stražnje natkoljениčne lože u ‘*inner range*’ i ‘*mid range*’ opsežima pokreta – simetrija između 90 i 100%
- RFD (‘*Rate of Force development*’) odnosno brzina razvoja sile prilikom izometrijskog testiranja stražnje natkoljениčne lože u ‘*inner range*’ i ‘*mid range*’ opsežima pokreta – simetrija između 90 i 100%

#### 12.10.4.3 Ciljevi rada na terenu ranom dijelu druge faze rehabilitacijskog procesa ( šesti i sedmi post-operativni tjedan)

Kriteriji za progresiju iz trčanja u HSR:

- TD (eng. ‘*Total Distance*’) – minimalno 65% od ukupne najveće vrijednosti dokumentirane za igrača u rehabilitaciji za vrijeme utakmice
- Brzina – dosegnuto minimalno 65% od najveće registrirane brzine igrača
- Akceleracije i deceleracije – do 33% od najvećeg registriranog broja akceleracija (može biti zahtjevno zbog načina na koji GPS sustavi registriraju akceleracije i deceleracije)
  - Sigurna i bezbolna izvedba lakih do umjereno teških akceleracija i deceleracija
- Elementi nogometne igre – sigurno i bezbolno driblanje i dodavanje na malom prostoru

#### 12.10.4.4 Ciljevi rada na terenu kasnom dijelu druge faze rehabilitacijskog procesa ( osmi i deveti post-operativni tjedan)

Kriteriji za progresiju iz HSR-a u sprint:

a) Kriteriji vezani za rad u teretani:

- SI Quad Iso test – 90% LSI za jakost i RFD
- SL IMTP – *Isometric Mid-Thigh Pull* – 90% LSI za jakost i RFD
- SL Ankle Iso Push test - 90% LSI za jakost i RFD

- Ham 90°/90° Iso test - 90% LSI za jakost i RFD
- Ham 90°/20° Iso test - 90% LSI za jakost i RFD
- SL Hip Iso push test - 90% LSI za jakost i RFD
- Nordic ISO - 90% LSI za jakost
- IKD (Izokinetička dinamometrija) 90%/LSI za:
  - 1. PT of quadriceps at 60°/s ( $3 \times BW$ ) (Herrington et al., 2021)
  - 2. PT of hamstrings at 60°/s ( $1.8 \times BW$ ) (Whiteley et al., 2012)
  - 3. Total work of quadriceps at 300°/s
  - 4. Total work of hamstrings at 300°/s (Kyritsis et al., 2016)
- Dvonožni testovi skokova:
  - CMJ kao što su CMJ (*‘Countermovement Jump’*) - do 80% simetrije (O’Malley et al., 2018)
  - DJ (*‘Drop Jump’*) - do 80% simetrije (Stratford et al., 2020)
- SL CMJ, SL DJ – GCT (*‘Ground Contact Time’*) <250 ms

b) Kriteriji vezani za rad na terenu:

- TD (eng. *‘Total Distance’*) – minimalno 85% od ukupne najveće vrijednosti dokumentirane za igrača u rehabilitaciji za vrijeme utakmice
- Brzina – dosegnuto minimalno 85% od najveće registrirane brzine igrača
- HSR – minimalno 66% ukupnog volumena maksimalne vrijednosti dokumentirane za vrijeme utakmice
- Akceleracije i deceleracije – do 33% od najvećeg registriranog broja akceleracija (može biti zahtjevno zbog načina na koji GPS sustavi registriraju akceleracije i deceleracije)
  - Sigurna i bezbolna izvedba umjereno teških akceleracija i deceleracija
- Elementi nogometne igre – sigurno i bezbolno ‘dodavanje i pucanje’ na udaljenostima do 40m
- Sprint\* - moguće je da će GPS sustav (ukoliko pragovi nisu individualizirani) u ovoj fazi registrirati i udaljenosti prijeđene u sprintu – u tom slučaju je u redu dosegnuti najviše 33% ukupne prijeđene udaljenosti u ‘sprintu’ dokumentirane za vrijeme utakmice, ali da pritom maksimalna dosegnuta brzina ne prijeđe 85% maksimalne dokumentirane brzine igrača



Slika 40. Prikaz podataka uživo na pametnome satu po završetku jednog rehabilitacijskog treninga

(Izvor: K. Kos privatna arhiva, 2024)

#### 12.10.5 Evaluacija sprinta pred povratak u sportsku aktivnost

S-mas (*'Sprint Movement Assessment Score'*) je alat za kvalitativnu procjenu kretanja koji se sastoji od 12 stavki, a može koristiti se za procjenu kvalitete mehanike trčanja u sprintu putem analize videozapisa. S-mas može pomoći u rehabilitaciji stražnje lože jer omogućuje procjenu mehanike sprinta i identificiranje kinematičkih obrazaca koji mogu povećati rizik od ozljeda stražnje natkoljениčne lože. Korištenjem ovog alata mogu se uočiti tehnički nedostaci koji uzrokuju napetost i pretjerano opterećenje na mišiće stražnje natkoljениčne lože te omogućuje ciljanu rehabilitaciju i korekciju trkačkih tehnika, a pritom smanjujući rizik od ponovnih ozljeda (Bramah et al., 2024).



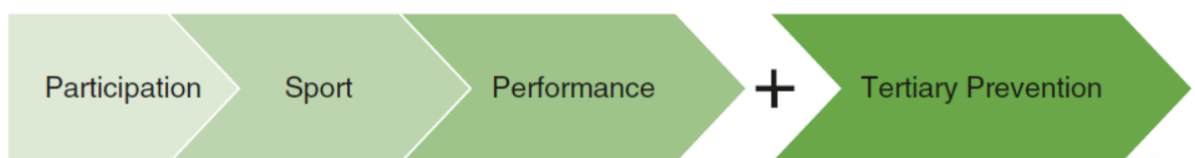
### 13. Kontinuum povratka u performans

Konesenzus međunarodnih fizioterapeuta u sportu je 2016. godine donio *'consensus statement'* kako sam povratak u punu sportsku aktivnost predstavlja proces koji se mora bazirati na sportu i razini sporta u kojem pojedinac participira i na koju se želi povratiti (Arderm et al., 2016).

Isti su tada zaključili kako sam povratak u punu sportsku aktivnost treba predstavljati 'kontinuum' koji se sastoji od:

- povratka u participaciju (modificirani trening)
- povratka u sport (puni trening)
- povratka u natjecateljsku aktivnost (*'performance'*)

Ovakav 'kontinuum' zapravo inzistira na postepenom povratku u natjecateljsku aktivnost i postepenom povratku u funkciji i prepoznaje 'pripremu specifičnu za sport' i specifična trenažna opterećenja kao bitna za povratak u istu. Naravno, sa postepenim povratkom u natjecateljsku aktivnost se istovremeno utječe na smanjenje rizika od nastanka re-ozljede (Arderm et al., 2016). Thorborg i suradnici ističu kako bi se ovom 'kontinuumu' trebala dodati i 'tercijarna prevencija'(slika 41.).



Slika 41. 'Tri + 1' kontinuum povratka igrača

(Izvor: Thorborg et al., 2020)

Upravo se zbog velike pojavnosti re-ozljede dovodi u pitanje ubrzan povratak u punu sportsku aktivnost (Orchard et al., 2002). Re-ozljede utječu na dostupnost igrača, a dostupnost igrača za natjecateljske utakmice dokazano korelira sa uspješnosti momčadi (Ekstrand et al., 2022). Ubrzanim povratkom igrača u punu sportsku aktivnost nastojimo trenutačno utjecati na povećanje dostupnosti igrača i na samu uspješnost momčadi no u takvim situacijama moramo 'balansirati' sa povećanim rizikom od nastanka re-ozljede i smanjenog performansa pojedinca kojega 'ubrzano' vraćamo u istu. U ekipnim sportovima jest lakše nadoknaditi performans igrača koji ne može ispoljiti svoj

maksimum zbog ne-optimalne funkcije njegove stražne natkoljениčne lože po ubrzanom povratku u sportsku aktivnost, no u individualnim sportovima to puno više dolazi do izražaja te s aspekta performansa ubrzani povratak u sportsku aktivnost niti nema puno smisla. Zaključno, puni povratak u sportu aktivnost bi se trebao temeljiti na individualnim specifičnostima, specifičnostima konteksta, ali i na temelju procjenjenog rizika.

### 13.1 Faza povratka u 'participaciju'

Odluku o povratku u momčadski trening, odnosno o ulasku u kontinuum povratka u performans, donose svi članovi stručnog stožera koji su inicijalno svojim znanjima doprinjeli planiranju i programiranju rehabilitacijskog procesa igrača, te sam igrač i glavni trener. Na kraju rehabilitacijskog procesa bi se trebao provesti sveobuhvatan proces evaluacije spremnosti igrača za ulazak u kontinuum povratka prema performansu te bi svaki od spomenutih stručnjaka na temelju dobivenih podataka trebao dati svoje mišljenje o spremnosti igrača za isto. Ukoliko su svi članovi stožera zajedno sa igračem složni da igrač može progredirati prema povratku u performans onda je jasno kako se za što optimalniju i sigurniju tranziciju ka povratku u puni performans mora napraviti adekvatan plan i program. Valja istaknuti kako je povratak u puni performans također fleksibilan i nelinearan proces te kako je plan i program i dalje itekako podložan promijenama.

Cilj povratka u 'participaciju' jest progresivno uvođenje igrača u momčadski trening. Progresivno uvođenje podrazumijeva da igrač inicijalno neće moći participirati u punom momčadskom treningu nego samo u dijelovima istoga, te zavisno o dogovoru stručnog stožera nastavlja individualan rad sa članom istoga ili završava svoj trening. Progresivno će se igrač moći inkluzirati u sve više dijelova momčadskog treninga sve dok u konačnici isti u kontinuitetu ne započne participirati u čitavom momčadskom treningu. Trenutak kada igrač u kontinuitetu krene participirati u momčadskim treninzima predstavlja trenutak tranzicije u fazu 'povratka u punu sportsku aktivnost' (Mitchell et al., 2024).

## 13.2 Dodatna preskripcija sprinta ukoliko se ne zadovolji za vrijeme dijela momčadskog treninga

Ukoliko se igrači za vrijeme trenažnog procesa ne uspiju izložiti dovoljnoj količini HSR-a i Sprinta predlaže se da im se zadaju dodatni zadatci koji uključuju linearna i nelinerana trčanja visokim brzinama ili u sprintu. Prilikom ‘dizajniranja’ takvog zahtjeva treba imati na umu prosječno trajanje sprinta u sekundama i prijeđene udaljenosti. Studija koja je istraživala pozicionalne razlike igrača koji su participirali unutar prve španjolske nogometne lige (La liga-e) je iznijela kako prosječan sprint (trčanje brzinom većom od 30 km/h) u prosjeku traje između 5 i 9 sekundi, te kako za vrijeme istoga igrač prijeđe između 30 do 55 metara udaljenosti (Martín-García et al., 2018). Naravno da su alternativa za bilo kakvo integrirano izlaganje sprintu klasične ‘vježbe trčanja’ a prednost upotrebe istih jest mogućnost precizne perskripcije HSR-a i sprinta.

## 13.3 Kriteriji za progresiju prema ‘participaciji u sportskoj aktivnosti’

Kriteriji vezani za rad na terenu:

- TD (eng. ‘*Total Distance*’) – više 85% od ukupne najveće vrijednosti dokumentirane za igrača u rehabilitaciji za vrijeme utakmice
- Brzina – više od 85% najveće registrirane brzine igrača
- HSR – minimalno 85% ukupnog volumena maksimalne vrijedosti dokumentirane za vrijeme utakmice
- Sprint - minimalno 85% ukupnog volumena maksimalne vrijedosti dokumentirane za vrijeme utakmice
- Akceleracije i deceleracije – minimalno 85% od najvećeg registriranog broja akceleracija i deceleracija (može biti zahtjevno zbog načina na koji GPS sustavi registriraju akceleracije i deceleracije)
  - Sigurna i bezbolna izvedba ‘zahtjevnih’ akceleracija i deceleracija
- Elementi nogometne igre:
  - sigurno i bezbolno izvođenje svih elemenata nogometne igre vezanih za pozicijske i taktičke zahtjeve igrača
  - sigurno i bezbolno ‘dodavanje, dugo dodavanje i pucanje’

Nije neobično da prilikom 'povratka u participaciju' igrač ima jedan ili više kriterija koji do datog trenutka nisu zadovoljeni. Ti deficiti mogu biti povezani sa ozljedom proksimalnih tetiva stražnje natkoljениčne lože ili sa nekom drugom ozljedom ili degenerativnim stanjem koji igrač 'nosi' od prije. U ovoj fazi kontinuuma je bitno da se kroz individualni rad s igračem nastoji smanjiti sve i dalje prisutne deficite kako bi se što više smanjili čimbenici rizika za ponavljanje iste ili nastanak nove ozljede (Mitchell et al., 2024).

### 13.4 Povratak u punu sportsku aktivnost

Kao što je prethodno spomenuto, podrazumijeva trenutak u kojem igrač na svakodnevnoj bazi participirati u punim momčadskim treninzima. Do tranzicije u punu sportsku aktivnost bi se trebalo osigurati da spomenutih 'rezidualnih' deficita više nema (ukoliko je to moguće s obzirom na zdravstveni status igrača). Ključno je da su treneri ti koji ocjenjuju tehničke sposobnosti pojedinca, kondicijski treneri i ostali članovi '*performance departmenta*' oni koji ocjenjuju fizičke sposobnosti i kapacitete igrača, te igrač onaj koji mora jasno definirati svoju razinu spremnosti kako bi progredirao prema participaciji u punom momčadskom treningu. Izuzetno je bitno da su svi sudionici donošenja odluke otvoreni i kritični prema procesu ali i prema informacijama iznesenim prilikom donošenja iste kako se samoga igrača ne bi prerano involviralo u punim momčadskim treninzima. Prerana progresija ka punim momčadskim treninzima utječe na povećanje rizika od ponavljanja inicijalne ozljede za 50% (Mitchell et al., 2024).

### 13.5 Psihološki faktori povratka u sport

Važno je napomenuti kako psihološke reakcije mogu biti pojačane kod igrača koji se vraća nakon teških ozljeda kao što je ruptura proksimalnih tetiva stražnje natkoljениčne lože, a osobito ako se vraća nakon re-ozljede ili ako ima rezidualne boli i simptome po završetku rehabilitacijskog procesa. Anksioznost igrača također spada pod potencijalne prediktore za nastanak re-ozljede u trenutku nakon samog '*RTS-a*'. Preuranjeni '*RTS*' može dovesti do straha, anksioznosti, ponovnih i kasnijih ozljeda, depresije i lošijih performansi. Psihološka spremnost za '*RTS*' je višeslojna, kompleksna i ovisi o nekoliko faktora.

Validirani rezultati mjerenja za praćenje 'psihološke spremnosti' postoje, a informacije dobivene psihološkim testiranjima također mogu biti priložene i razmatrane za vrijeme zajedničkog multidisciplinarnog donošenja odluke o povratku pojedinca u punu sportsku aktivnost odnosno za vrijeme progresije za vrijeme bilo kojeg dijela rehabilitacijskog procesa (Thorborg, 2020).

### 13.6 Kriteriji za puni povratak u sportsku aktivnost

Kriteriji bazirani na vremenu:

- Zadovoljavajući kontrolni nalaz magnetske rezonance i ostalih radioloških pretraga – radiološkim pretragama evaluiramo proces cijeljenja tkiva

Testovi fleksibilnosti:

- SLR
- MHFAKE (*'Maximum Hip Flexion Active Knee Extension'*)
- Askling H-test

Funkcionalni testovi:

- Jednonožni čučanj – 25 ponavljanja - (gotovo) potpuna simetrija u broju ponavljanja prilikom izvedbe
- Jednonožni '*hamstring*' most pod kutem od 90° – 30 ponavljanja - (gotovo) potpuna simetrija u broju ponavljanja prilikom izvedbe
- Jednonožni '*hamstring*' most pod kutem od 30° – 30 ponavljanja - (gotovo) potpuna simetrija u broju ponavljanja prilikom izvedbe
- Jednonožno podizanje na prste (*'heel raise'*) – 35 ponavljanja - (gotovo) potpuna simetrija u broju ponavljanja prilikom izvedbe
- Jednonožno podizanje na prste sa savijenim koljenom (*'bent knee heel raise'*) – 35 ponavljanja - (gotovo) potpuna simetrija u broju ponavljanja prilikom izvedbe

Izometrijski testovi:

- Ham 90° 90° Iso test:
  - razlika u jakosti manja od 5% u odnosu na zdravu nogu
  - razlika u RFD manja od 5% u odnosu na zdravu nogu

- IMTP – '*Isometric Mid-Thigh Pull*':
  - razlika u jakosti manja od 5% u odnosu na zdravu nogu
  - razlika u RFD manja od 5% u odnosu na zdravu nogu
- Hip Iso push:
  - razlika u jakosti manja od 5% u odnosu na zdravu nogu
  - razlika u RFD manja od 5% u odnosu na zdravu nogu
- Calf Iso push:
  - razlika u jakosti manja od 5% u odnosu na zdravu nogu
  - razlika u RFD manja od 5% u odnosu na zdravu nogu
- Nordic Iso:
  - razlika u jakosti manja od 5% u odnosu na zdravu nogu

#### Testovi ekscentrične jakosti:

- Nordic – 100% jakosti u odnosu na vrijednosti dokumentirane prije ozljede
  - Ukoliko nemamo vrijednosti od prije ozljede onda uspoređujemo jakost ozlijeđene noge sa jakosti one zdrave
- Izokinetičko testiranje
  - razlika u jakosti manja od 5% u odnosu na zdravu nogu
  - adekvatan izgled krivulje razvoja sile

#### Testovi skokova:

- Triple hop test – manje od 5% asimetrije u odnosu na zdravu nogu
- '*Countermovement jump test*' – (minimalno) jednake vrijednosti u odnosu na vrijednosti dokumentirane prije ozljede
- '*Drop jump test*' – (minimalno) jednake vrijednosti u odnosu na vrijednosti dokumentirane prije ozljede

#### Testovi na terenu:

- Postizanje odgovarajućih volumena HSR-a – na nivou od prije ozljede
- Postizanje odgovarajućih volumena SD-a – na nivou od prije ozljede
- Postizanje odgovarajućih volumena Akceleracije i Deceleracije u odnosu na vrijednosti dokumentirane prije ozljede
- Postizanje odgovarajućih volumena HSR i SD s obzirom na momčadske trenažne mirkocikluse

- Postizanje odgovarajućeg akutnog i kroničnog volumena s obzirom na momčadske mikrocikluse
- Postizanje maksimalne registrirane brzine dokumentirane prije ozljede
- Uspješno (sigurno i bezbolno) proći kroz sve elemente nogometne igre
- S-mas
- '*Worst case scenario*'

### 13.7 Povratak u 'Natjecateljsku aktivnost'

Igrači bi se u natjecateljsku aktivnost trebali vraćati postupno, što znači da bi u prvim utakmicama u kojima isti participira njegovo izlaganje (u minutama) trebalo biti manje od pola sata te kako bi se s vremenom ono trebalo povećavati sve dok isti nije u stanju odigrati 'svih 90 minuta' utakmice. Bitno je istaknuti kako se u slučaju igrača prvotimaca glavni trener može (taktički) poslužiti i razvojnom momčadi kluba kako bi se igrač prethodno izložio manjem natjecateljskom intenzitetu i manjem psihološkom pritisku. Progresivnim povratkom u natjecateljsku aktivnost se utječe na smanjenje rizika od potencijalne re-ozljede i na povećanje samopouzdanja kod igrača koji se vraća u istu.

Sukladno progresivnom izlaganju natjecateljskim utakmicama, igrač bi se trebao nastaviti izlagati trenažnim stimulusima u teretani i na terenu zajedno sa momčadi te evaluirati kako bi se osigurao njegov što sigurniji nastavak participacije u punoj sportskoj i natjecateljskoj aktivnosti. U konačnici, 'povratak u performans' odnosno u natjecateljsku aktivnost bi trebao podrazumijevati da je igrač spreman nastupati na istoj natjecateljskoj razini kao i prije ozljede sa neograničenom dostupnošću.

Bitno je imati na umu kako se pojedini igrači neće uspjeti vratiti na prethodnu razinu natjecateljske aktivnosti te kako će neuspjeh povratku na istu razinu vjerojatno ovisiti o jednom ili više čimbenika spomenutima unutar ovoga rada.

### 13.8 Praćenje opterećenja za vrijeme 'kontinuumu povratka u performans'

Jednom kada igrač ponovno krene participirati u momčadskim treninzima bi kondicijski treneri trebali pratiti i upravljati parametrima koji se odnose na specifičnu spremnost igrača. Pritom se pojam 'specifična spremnost' odnosi na praćenje '*vanjskog opterećenja*' (eng. '*External workload*') i '*unutarnjeg opterećenja*' (eng. '*Internal workload*'). Pod '*vanjskim opterećenjem*' podrazumijevamo kvantificiranje stvarnog 'rada' koji igrač obavi za vrijeme treninga dok pod '*unutarnjim opterećenjem*' podrazumijevamo fiziološke i psihološke odgovore igrača na '*vanjsko opterećenje*'. '*Vanjsko opterećenje*' se u nogometu kvantificira uz pomoć GPS sustava dok se '*unutarnje opterećenje*' obično prati uz pomoć 'RPE' (eng. '*Rate of Perceived Exertion*' odnosno 'stopom percipiranog napora'). Praćenjem parametara specifične spremnosti se nastoji popratiti kako je sam igrač trenirao za vrijeme trajanja rehabilitacijskog procesa i kontinuumu povratka u natjecateljsku aktivnost te kako je njegovo tijelo reagiralo na trenažne zahtjeve. Praćenjem tih parametara dobivamo mogućnost procijeniti uspješnost prilagodbe igrača na trening, njegova odgovora na isti, umor, oporavak i mogućnost utjecanja na smanjenje rizika od nastanka (re-)ozljede ili pojave bolesti.

Kao još jedna korisna mjera se može koristiti i 'ACWR' odnosno '*Acute Chronic Workload Ratio*'. 'ACWR' zapravo predstavlja indeks akutnog opterećenja igrača u usporedbi sa njegovim kumulativnim (kroničnim opterećenjem). Pod akutno se opterećenje pritom podrazumijeva opterećenje igrača kroz zadnjih 7 dana, a pod kronično tjedni prosjek opterećenja kroz prethodnih 28 dana. Uzimanje u obzir 'ACWR'-a se smatra korisnim kako bi se izbjeglo naglo, akutno, povećanje opterećenja nad igračem koje je povezano sa povećanim rizikom od nastanka ozljeda (Malone et al., 2017). Uzimanje u obzir 'ACWR'-a također utječe na bolje planiranje i programiranje rehabilitacijskih treninga igrača jer kvalitetno tempiranje povratka u natjecateljsku aktivnost zahtjeva adekvatnu količinu opterećivanja igrača četiri tjedna pred eventualni povratak u istu.



### 13.9 Tercijarna prevencija

Jednom kada se igrač vrati u natjecateljsku aktivnost njegova ozljeda tetiva stražnje natkoljenične lože postaje nepromijenjivi čimbenik rizika, od izuzetne je važnosti stoga (ali i zbog velikog postotka re-ozljeda) nastaviti raditi s igračem kako bi se prevenirala re- ili nova ozljeda. Naime, igrači koji su prethodno imali ozljedu stražnje natkoljenične lože u prethodnoj sezoni imaju dva do tri puta veću vjerojatnost novih ozljeda iste mišićne skupine u usporedbi s igračima koji prethodno nisu imali ozljede, a taj rizik raste s brojem prethodnih ozljeda. A važno je napomenuti da prethodna ozljeda drugih mišićnih skupina donjih ekstremiteta također povećava podložnost novim ozljedama mišića (Zambaldi et al., 2017), što naglašava važnost tercijarne prevencije igrača (Ekstrand et al., 2022). Ključni elementi tercijarne prevencije će činiti kontinuirana i redovita evaluacija igrača i njegovih kapaciteta (testovi u teretani, GPS, ...), preventivni rad u teretani (jakost, snaga, pliometrija,...), preventivni rad na terenu (dodatne dionice koje uključuju HSR i Sprint), implementaciju adekvatnih strategija oporavka i drugo. Cilj prevencije na razini momčadi općenito jest povećati dostupnost igrača za momčadske treninge i natjecateljske utakmice koja direktno korelira i sa uspješnosti momčadi dok istovremeno veća dostupnost igrača, naravno, utječe i na smanjenje troškova kluba.

## **14. Zaključak**

Ruptura proksimalne tetive/a stražnje natkoljениčne lože jest teška ozljeda koja zahtjeva kvalitetno poznavanje anatomije, biomehanike, biološkog cijeljenja tetivnog tkiva, terapijskih i trenažnih modaliteta kako bi se osigurala uspješnost povratka igrača, koji je pretrpio istu, u punu natjecateljsku aktivnost. Unutar klupskog okruženja, a zavisno o dostupnom kadru i drugim resursima, zahtjeva multidisciplinarnu suradnju svih članova stručnog stožera i samoga igrača prilikom planiranja, programiranja i modifikacija rehabilitacijskog procesa te odgovornu i discipliniranu provedbu istih.

## 15. Literatura

1. Akenhead, R., Harley, J. A., & Tweddle, S. P. (2016). Examining the external training load of an English Premier League football team with special reference to acceleration. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(9), 2424–2432. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001366>
2. Altmann, S., Forcher, L., Ruf, L., Beavan, A., Groß, T., Lussi, P., et al. (2021). Match-related physical performance in professional soccer: Position or player specific? *PLoS One*, 16(9), e0256695. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0256695>
3. Ardern, C. L., Glasgow, P., Schneiders, A., Witvrouw, E., Clarsen, B., Cools, A., Gojanovic, B., Griffin, S., Khan, K. M., & Moksnes, H. (2016). 2016 consensus statement on return to sport from the first world congress in sports physical therapy, Bern. *British Journal of Sports Medicine*, 50, 853–864.
4. Askling, C. M., Tengvar, M., Saartok, T., & Thorstensson, A. (2006). Acute first-time hamstring strains during high-speed running: A longitudinal study including clinical and magnetic resonance imaging findings. *American Journal of Sports Medicine*, 35, 197–206.
5. Askling, C. M., Koulouris, G., Saartok, T., Werner, S., & Best, T. M. (2013). Total proximal hamstring ruptures: Clinical and MRI aspects including guidelines for postoperative rehabilitation. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 21, 515–533. <https://doi.org/10.1007/s00167-012-2311-0>
6. Proximal hamstring strains of stretching type in different sports: Injury situations, clinical and magnetic resonance imaging characteristics, and return to sport. *American Journal of Sports Medicine*, 36(9), 1799–1804
7. Atwal, N., Wood, D., & Kuah, D. (2019). Surgical management of proximal hamstring rupture. *Aspetar Journal of Sports Medicine*.
8. Bahdur, K., & Pruna, R. (2017). A glance over youth footballers' (soccer) injury profile: Next step required to be professional. *International Journal of Orthopedics*, 4, 819–822.
9. Baptista, I., Johansen, D., Seabra, A., & Pettersen, S. A. (2018). Position specific player load during matchplay in a professional football club. *PLoS One*, 13(5), e0198115. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0198115>
10. Barbosa, O., Kotsifaki, R., Whiteley, R., King, E., & Korakakis, V. (2024). Beware of the “moving target” – Uninvolved limb strength increases to exceed preoperative

- values during rehabilitation after ACL reconstruction in male professional and recreational athletes. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 54, 258–266. <https://doi.org/10.2519/jospt.2023.11961>
11. Battermann, N., Appell, H. J., Dargel, J., & Koebke, J. (2011). An anatomical study of the proximal hamstring muscle complex to elucidate muscle strains in this region. *International Journal of Sports Medicine*, 32(3), 211–215.
  12. Beato, M., Coratella, G., Stiff, A., & Dello, I. A. (2018). The validity and between-unit variability of GNSS units (STATSports apex 10 and 18 Hz) for measuring distance and peak speed in team sports. *Frontiers in Physiology*, 9, 1288. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.01288>
  13. Beato, M., Drust, B., & Iacono, D. A. (2021). Implementing high-speed running and sprinting training in professional soccer. *International Journal of Sports Medicine*, 42(4), 295–299. <https://doi.org/10.1055/a-1302-7968>
  14. Bencardino, J. T., & Mellado, J. M. (2005). Hamstring injuries of the hip. *Magnetic Resonance Imaging Clinics of North America*, 10, 677–690.
  15. Bengtsson, H., Ekstrand, J., & Waldén, M. (2018). Muscle injury rate in professional football is higher in matches played within 5 days since the previous match: A 14-year prospective study with more than 130,000 match observations. *British Journal of Sports Medicine*, 52, 1116–1122.
  16. Blankenbaker, D. G., & Tuite, M. J. (2010). Temporal changes of muscle injury. *Seminars in Musculoskeletal Radiology*, 14(2), 176–193.
  17. Bleakley, C. M., Glasgow, P., & MacAuley, D. C. (2012). PRICE needs updating, should we call the POLICE? *British Journal of Sports Medicine*, 46, 220–221. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2011-09027>
  18. Bodendorfer, B. M., Curley, A. J., Kotler, J. A., Ryan, J. M., Jejurikar, N. S., & Kumar, A., et al. (2018). Outcomes after operative and nonoperative treatment of proximal hamstring avulsions: A systematic review and meta-analysis. *American Journal of Sports Medicine*, 46(11), 2798–2808.
  19. Bradley, P. S., Di Mascio, M., Peart, D., Olsen, P., & Sheldon, B. (2010). High-intensity activity profiles of elite soccer players at different performance levels. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(9), 2343–2351. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181aeb1b3>

20. Bramah, C., Preece, S., & Johnson, A. (n.d.). The Sprint Mechanics Assessment Score: A qualitative screening tool for the in-field assessment of sprint running mechanics. School of Health & Society, University of Salford, Manchester, UK.
21. Buckthorpe, M. (2019). Optimising the late-stage rehabilitation and return-to-sport training and testing process after ACL reconstruction. *Sports Medicine*, *49*, 1043–1058. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01102-z>
22. Buckthorpe, M., & Della Villa, F. (2019). Restoring knee extensor strength after anterior cruciate ligament reconstruction: A clinical commentary. *International Journal of Sports Physical Therapy*, *14*(1), 159-171.
23. Carling, C., Bradley, P., McCall, A., & Dupont, G. (2016). Match-to-match variability in high-speed running activity in a professional soccer team. *Journal of Sports Sciences*, *34*(24), 2215–2223. <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1176228>
24. Cermak, N. M., Noseworthy, M. D., Bourgeois, J. M., et al. (2012). Diffusion tensor MRI to assess skeletal muscle disruption following eccentric exercise. *Muscle & Nerve*, *46*(1), 42–50.
25. Chmura, P., Konefał, M., Chmura, J., Kowalczyk, E., Zajac, T., Rokita, A., et al. (2018). Match outcome and running performance in different intensity ranges among elite soccer players. *Biology of Sport*, *35*(2), 197–203. <https://doi.org/10.5114/biolSport.2018.74196>
26. Chumanov, E. S., Heiderscheit, B. C., & Thelen, D. G. (2007). The effect of speed and influence of individual muscles on hamstring mechanics during the swing phase of sprinting. *Journal of Biomechanics*, *40*(16), 3555–3562.
27. Cohen, S. B., Towers, J. D., Zoga, A., et al. (2011). Hamstring injuries in professional football players: Magnetic resonance imaging correlation with return to play. *Sports Health*, *3*(5), 423–430.
28. Comin, J., Malliaras, P., Baquie, P., et al. (2013). Return to competitive play after hamstring injuries involving disruption of the central tendon. *American Journal of Sports Medicine*, *41*(1), 111–115.
29. Connell, D. A., Schneider-Kolsky, M. E., Hoving, J. L., et al. (2004). Longitudinal study comparing sonographic and MRI assessments of acute and healing hamstring injuries. *American Journal of Roentgenology*, *183*(4), 975–984.
30. Creighton, D. W., Shrier, I., Shultz, R., Meeuwisse, W. H., & Matheson, G. O. (2010). Return-to-play in sport: A decision-based model. *Clinical Journal of Sport Medicine*, *20*(5), 379–385.

31. Cross, K. M., Gurka, K. K., Saliba, S. A., Conaway, M., & Hertel, J. (2013). Comparison of hamstring strain injury rates between male and female intercollegiate soccer athletes. *The American Journal of Sports Medicine*, 41(4), 742–748. <https://doi.org/10.1177/0363546513475342>
32. Dalen, T., Sandmæl, S., Stevens, T. G., Hjelde, G. H., Kjøsnes, T. N., & Wisløff, U. (2021). Differences in acceleration and high-intensity activities between small-sided games and peak periods of official matches in elite soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 35(7), 2018–2024. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003081>
33. de Visser, H. M., Reijman, M., & Heijboer, M. P. (2012). Risk factors of recurrent hamstring injuries: A systematic review. *British Journal of Sports Medicine*, 46(2), 124–130.
34. Donoghue, O. A., Shimojo, H., & Takagi, H. (2011). Impact forces of plyometric exercises performed on land and in water. *Sports Health*, 3(3), 303–309. <https://doi.org/10.1177/1941738111403872>
35. Drezner, J. A. (2003). Practical management: Hamstring muscle injuries. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 13(1), 48–52.
36. Dunlop, G., Ardern, C. L., Andersen, T. E., et al. (2020). Return-to-play practices following hamstring injury: A worldwide survey of 131 Premier League football teams. *Sports Medicine*, 50(4), 829–840. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01199-2>
37. Edouard, P., Mendiguchia, J., Guex, K., Lathi, J., Samozino, P., & Morin, J.-B. (2019). Sprinting: A potential vaccine for hamstring injury? *British Journal of Sports Medicine*.
38. Ekstrand, J., Askling, C., Magnusson, H., et al. (2013). Return to play after thigh muscle injury in elite football players: Implementation and validation of the Munich muscle injury classification. *British Journal of Sports Medicine*, 47(12), 769–774. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-092120>
39. Ekstrand, J., Healy, J. C., Waldén, M., et al. (2012). Hamstring muscle injuries in professional football: The correlation of MRI findings with return to play. *British Journal of Sports Medicine*, 46(2), 112–117. <https://doi.org/10.1136/bjism.2011.090159>

40. Ekstrand, J., Hägglund, M., & Waldén, M. (2011). Injury incidence and injury patterns in professional football: The UEFA injury study. *British Journal of Sports Medicine*, 45(7), 553–558. <https://doi.org/10.1136/bjism.2011.090300>
41. Ekstrand, J., Lundqvist, D., Davison, M., et al. (2019). Communication quality between the medical team and the head coach/manager is associated with injury burden and player availability in elite football clubs. *British Journal of Sports Medicine*, 53(5), 304–308. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-099012>
42. Ekstrand, J., Lee, J. C., & Healy, J. C. (2016). MRI findings and return to play in football: A prospective analysis of 255 hamstring injuries in the UEFA Elite Club Injury Study.
43. Ekstrand, J., Timpka, T., & Hägglund, M. (2006). Risk of injury in elite football played on artificial turf versus natural grass: A prospective two-cohort study. *British Journal of Sports Medicine*, 40(12), 975–980.
44. Ekstrand, J., Bengtsson, H., Waldén, M., Davison, M., Khan, K., & Hägglund, M. (2022). Hamstring injury rates have increased during recent seasons and now constitute 24% of all injuries in men's professional football: The UEFA Elite Club Injury Study from 2001/02 to 2021/22. *British Journal of Sports Medicine*, 57. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2021-105407>
45. Ekstrand, J., Ueblacker, P., Van Zoest, W., et al. (2023). Risk factors for hamstring muscle injury in male elite football: Medical expert experience and conclusions from 15 European Champions League clubs. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*, 9(1), e001461. <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2022-001461>
46. FC Barcelona. (2018). *Muscle injury guide*.
47. FIFA. (2018). *2018 FIFA World Cup Russia report*. Available at: <https://www.fifa.com/tournaments/mens/worldcup/2018russia/news/fifa-technical-study-group-publishes-2018-fifa-world-cup-russia-report>
48. FIFA. (2019). *Physical analysis of the FIFA Women's World Cup France 2019*. Available at: <https://www.fifa.com/news/physical-analysis-of-france-2019-shows-increase-in-speed-and-intensity>
49. Faude, O., Koch, T., & Meyer, T. (2012). Straight sprinting is the most frequent action in goal situations in professional football. *Journal of Sports Sciences*, 30(7), 625–631. <https://doi.org/10.1080/02640414.2012.665940>
50. Feucht, M. J., Plath, J. E., Seppel, G., Hinterwimmer, S., Imhoff, A. B., & Brucker, P. U. (2015). Gross anatomical and dimensional characteristics of the proximal

- hamstring origin. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 23(9), 2576–2582. <https://doi.org/10.1007/s00167-015-3643-5>
51. Fiorentino, N. M., & Blemker, S. S. (2014). Musculotendon variability influences tissue strains experienced by the biceps femoris long head muscle during high-speed running. *Journal of Biomechanics*, 47(13), 3325–3333. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2014.07.022>
52. Fiorentino, N. M., Rehorn, M. R., Chumanov, E. S., et al. (2014). Computational models predict larger muscle tissue strains at faster sprinting speeds. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 46(4), 776–786. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000025>
53. Folsom, G. J., & Larson, C. M. (2008). Surgical treatment of acute versus chronic complete proximal hamstring ruptures: Results of a new allograft technique for chronic reconstructions. *American Journal of Sports Medicine*, 36(1), 104–109. <https://doi.org/10.1177/0363546507307480>
54. Freckleton, G., & Pizzari, T. (2014). The predictive validity of a single-leg bridge test for hamstring injuries in Australian Rules Football players. *British Journal of Sports Medicine*, 48(7), 713–717. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-093260>
55. Fuller, C. W., Ekstrand, J., Junge, A., Andersen, T. E., Bahr, R., Dvorak, J., Hägglund, M., McCrory, P., & Meeuwisse, W. H. (2006). Consensus statement on injury definitions and data collection procedures in studies of football (soccer) injuries. *British Journal of Sports Medicine*, 40(3), 193–201. <https://doi.org/10.1136/bjism.2005.025270>
56. Gibbs, N. J., Cross, T. M., Cameron, M., et al. (2004). The accuracy of MRI in predicting recovery and recurrence of acute grade one hamstring muscle strains within the same season in Australian Rules football players. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 7(2), 248–258.
57. Gidwani, S., & Bircher, M. D. (2007). Avulsion injuries of the hamstring origin: A series of 12 patients and management algorithm. *Annals of the Royal College of Surgeons of England*, 89(4), 394–399. <https://doi.org/10.1308/003588407X183457>
58. Glasgow, P., Phillips, N., & Bleakley, C. (2015). Optimal loading: Key variables and mechanisms. *British Journal of Sports Medicine*, 49(5), 278–279. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-094960>



59. Gouttebauge, V., Aoki, H., Ekstrand, J., et al. (2016). Are severe musculoskeletal injuries associated with symptoms of common mental disorders among male European professional footballers? *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 24(12), 3934–3942. <https://doi.org/10.1007/s00167-015-3729-y>
60. Green, B., Bourne, M. N., van Dyk, N., et al. (2020). Recalibrating the risk of hamstring strain injury (HSI): A systematic review and meta-analysis of risk factors for index and recurrent hamstring strain injury in sport. *British Journal of Sports Medicine*, 54(18), 1081–1088. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2019-100983>
61. Gregson, W., Drust, B., Atkinson, G., & Salvo, D. V. (2010). Match-to-match variability of high-speed activities in Premier League soccer. *International Journal of Sports Medicine*, 31(4), 237–242. <https://doi.org/10.1055/s-0030-1247546>
62. Grindem, H., Snyder-Mackler, L., Moksnes, H., Engebretsen, L., & Risberg, M. A. (2016). Simple decision rules can reduce reinjury risk by 84% after ACL reconstruction: The Delaware-Oslo ACL cohort study. *British Journal of Sports Medicine*, 50(13), 804–808. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096030>
63. Gualtieri, A., Rampinini, E., Dello Iacono, A., & Beato, M. (2023). High-speed running and sprinting in professional adult soccer: Current thresholds definition, match demands, and training strategies. A systematic review. *Frontiers in Sports and Active Living*, 5, 1116293. <https://doi.org/10.3389/fspor.2023.1116293>
64. Guex, K., & Millet, G. P. (2013). Conceptual framework for strengthening exercises to prevent hamstring strains. *Sports Medicine*, 43(12), 1207–1215. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0076-y>
65. Harris, J. D., Griesser, M. J., Best, T. M., et al. (2011). Treatment of proximal hamstring ruptures: A systematic review. *International Journal of Sports Medicine*, 32(7), 490–495. <https://doi.org/10.1055/s-0030-1270483>
66. Heiderscheit, B. C., Hoerth, D. M., Chumanov, E. S., Swanson, S. C., Thelen, B. J., & Thelen, D. G. (2005). Identifying the time of occurrence of a hamstring strain injury during treadmill running: A case study. *Clinical Biomechanics*, 20(10), 1072–1078. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2005.07.005>
67. Heiderscheit, B. C., Sherry, M. A., Silder, A., Chumanov, E. S., & Thelen, D. G. (2010). Hamstring strain injuries: Recommendations for diagnosis, rehabilitation,

- and injury prevention. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 40(2), 67–81. <https://doi.org/10.2519/jospt.2010.3047>
68. Henderson, G., Barnes, C. A., & Portas, M. D. (2010). Factors associated with increased propensity for hamstring injury in English Premier League soccer players. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13(4), 397–402. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2009.09.006>
69. Herrington, L., Ghulam, H., & Comfort, P. (2021). Quadriceps strength and functional performance after anterior cruciate ligament reconstruction in professional soccer players at time of return to sport. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 35(4), 769–775. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002749>
70. Higashihara, A., Nagano, Y., Ono, T., & Fukubayashi, T. (2018). Differences in hamstring activation characteristics between the acceleration and maximum-speed phases of sprinting. *Journal of Sports Sciences*, 36(12), 1313–1318. <https://doi.org/10.1080/02640414.2017.1375545>
71. Higashihara, A., Nagano, Y., Takahashi, K., & Fukubayashi, T. (2015). Effects of forward trunk lean on hamstring muscle kinematics during sprinting. *Journal of Sports Sciences*, 33(13), 1366–1375. <https://doi.org/10.1080/02640414.2014.990489>
72. Higashihara, A., Ono, T., Kubota, J., Okuwaki, T., & Fukubayashi, T. (2010). Functional differences in the activity of the hamstring muscles with increasing running speed. *Journal of Sports Sciences*, 28(10), 1085–1092. <https://doi.org/10.1080/02640414.2010.494308>
73. Häggglund, M., Waldén, M., & Ekstrand, J. (2006). Previous injury as a risk factor for injury in elite football: A prospective study over two consecutive seasons. *British Journal of Sports Medicine*, 40(9), 767–772. <https://doi.org/10.1136/bjism.2006.026609>
74. Häggglund, M., Waldén, M., Bengtsson, H., & Ekstrand, J. (2018). Re-injuries in professional football: The UEFA elite club injury study. *British Journal of Sports Medicine*.
75. Häggglund, M., Waldén, M., & Ekstrand, J. (2013). Risk factors for lower extremity muscle injury in professional soccer: The UEFA injury study. *American Journal of Sports Medicine*, 41(2), 327–335. <https://doi.org/10.1177/0363546512470634>
76. Johnston, R. J., Watsford, M. L., Kelly, S. J., Pine, M. J., & Spurrs, R. W. (2014). Validity and interunit reliability of 10 Hz and 15 Hz GPS units for assessing

- athlete movement demands. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(6), 1649–1655. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000323>
77. Johnston, R. J., Watsford, M. L., Pine, M. J., Spurrs, R. W., Murphy, A. J., & Pruyn, E. C. (2012). The validity and reliability of 5-Hz global positioning system units to measure team sport movement demands. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(3), 758–765. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318225f161>
78. Julian, R., Page, R. M., & Harper, L. D. (2021). The effect of fixture congestion on performance during professional male soccer match-play: A systematic critical review with meta-analysis. *Sports Medicine*, 51(2), 255–273. <https://doi.org/10.1007/s40279-020-01359-9>
79. Järvinen, T. A., Järvinen, T. L., Kääriäinen, M., Aärimaa, V., Vaittinen, S., Kalimo, H., & Järvinen, M. (2007). Muscle injuries: Optimizing recovery. *Best Practice & Research Clinical Rheumatology*, 21(2), 317–331. <https://doi.org/10.1016/j.berh.2006.12.004>
80. Kellis, E., Galanis, N., Natsis, K., & Kapetanios, G. (2010). Muscle architecture variations along the human semitendinosus and biceps femoris (long head) length. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 20(6), 1237–1243. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2010.08.003>
81. Kerkhoffs, G. M. M. J., van Es, N., Wieldraaijer, T., et al. (2013). Diagnosis and prognosis of acute hamstring injuries in athletes. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 21(2), 500–509. <https://doi.org/10.1007/s00167-012-2176-7>
82. Khan, K. M., Scott, A. (2009). Mechanotherapy: How physical therapists' prescription of exercise promotes tissue repair. *British Journal of Sports Medicine*, 43(4), 247–252. <https://doi.org/10.1136/bjism.2008.054239>
83. Kilsdonk, I., Dalili, D., van der Made, A. D., & Maas, M. (2021). Monitoring of muscle and tendon repair. In *Medical Radiology* (pp. 783-793). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. [https://doi.org/10.1007/174\\_2020\\_264](https://doi.org/10.1007/174_2020_264)
84. King, J., Roberts, C., Hard, S., & Ardern, C. L. (2019). Want to improve return to sport outcomes following injury? Empower, engage, provide feedback and be transparent: 4 habits! *British Journal of Sports Medicine*, 53(8), 526–527. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-099109>
85. Koulouris, G., & Connell, D. (2005). Hamstring muscle complex: An imaging review. *Radiographics*, 25(3), 571–586. <https://doi.org/10.1148/rg.253045710>

86. Kyritsis, P., Bahr, R., Landreau, P., Miladi, R., & Witvrouw, E. (2016). Likelihood of ACL graft rupture: Not meeting six clinical discharge criteria before return to sport is associated with a four times greater risk of rupture. *British Journal of Sports Medicine*, *50*(15), 946–951. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095908>
87. Lai, A., Lichtwark, G. A., Schache, A. G., et al. (2015). In vivo behavior of the human soleus muscle with increasing walking and running speeds. *Journal of Applied Physiology*, *118*(10), 1266–1275. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00128.2015>
88. Laszlo, P., & Nilsson, G. (2022). Proximal hamstring tendon avulsions – A survey of orthopaedic surgeons' current practices in the Nordic countries.
89. Lefevre, N., Bohu, Y., Naouri, J. F., Klouche, S., & Herman, S. (2013). Returning to sports after surgical repair of acute proximal hamstring ruptures. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, *21*(2), 534–539. <https://doi.org/10.1007/s00167-012-1954-6>
90. Lempainen, L., Sarimo, J., Heikkilä, J., et al. (2006). Surgical treatment of partial tears of the proximal origin of the hamstring muscles. *British Journal of Sports Medicine*, *40*(8), 688–691. <https://doi.org/10.1136/bjism.2006.026732>
91. Lempainen, L., Banke, I. J., Johansson, K., Brucker, P. U., Sarimo, J., Orava, S., & Imhoff, A. B. (2015). Clinical principles in the management of hamstring injuries. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, *23*(8), 2449–2456. <https://doi.org/10.1007/s00167-014-3443-0>
92. Lieber, R. L., & Fridén, J. (2000). Functional and clinical significance of skeletal muscle architecture. *Muscle & Nerve*, *23*(11), 1647–1666. [https://doi.org/10.1002/1097-4598\(200011\)23:11<1647::AID-MUS1>3.0.CO;2-M](https://doi.org/10.1002/1097-4598(200011)23:11<1647::AID-MUS1>3.0.CO;2-M)
93. Lightsey, M., Guillen, J., & Almazan, A. (2018). Variability of United States online rehabilitation protocols for proximal hamstring tendon repair. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, *6*(7), 1–10. <https://doi.org/10.1177/2325967118785487>
94. Makihara, Y., Nishino, A., Fukubayashi, T., & Kanamori, A. (2006). Decrease of knee flexion torque in patients with ACL reconstruction: Combined analysis of the architecture and function of the knee flexor muscles. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, *14*(4), 310–317. <https://doi.org/10.1007/s00167-005-0685-3>

95. Malliaropoulos, N., Isinkaye, T., Tsitas, K., et al. (2011). Reinjury after acute posterior thigh muscle injuries in elite track and field athletes. *The American Journal of Sports Medicine*, 39(2), 304–310. <https://doi.org/10.1177/0363546510382857>
96. Malone, S., Owen, A., Mendes, B., et al. (2018). High-speed running and sprinting as an injury risk factor in soccer: Can well-developed physical qualities reduce the risk? *Journal of Science and Medicine in Sport*, 21(3), 257–262. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2017.05.016>
97. Malone, S., Owen, A., Newton, M., et al. (2017). The acute: chronic workload ratio in relation to injury risk in professional soccer. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 20(6), 561–565. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2016.10.014>
98. Martín-García, A., Casamichana, D., Díaz, A. G., Cos, F., & Gabbett, T. J. (2018). Positional differences in the most demanding passages of play in football competition. *Journal of Sports Science & Medicine*, 17(4), 563–570.
99. Martínez-Hernández, D., Quinn, M., & Jones, P. (2022). Linear advancing actions followed by deceleration and turn are the most common movements preceding goals in male professional soccer. *Science and Medicine in Football*. <https://doi.org/10.1080/24733938.2022.2030064>
100. Mendiguchia, J., Alentorn-Geli, E., & Brughelli, M. (2012). Hamstring strain injuries: Are we heading in the right direction? *British Journal of Sports Medicine*, 46(2), 81–85. <https://doi.org/10.1136/bjsm.2010.081695>
101. Mendiguchia, J., et al. (2017). A multifactorial, criteria-based progressive algorithm for hamstring injury treatment. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 49.
102. Meyer, R. A., & Prior, B. M. (2000). Functional magnetic resonance imaging of muscle. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 28, 89–92.
103. Mitchell, T., et al. (2024). A return-to-performance pathway for professional soccer: A criteria-based approach to return injured professional players back to performance. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*.
104. Miñano-Espin, J., Casáis, L., Lago-Peñas, C., & Gómez-Ruano, M. Á. (2017). High-speed running and sprinting profiles of elite soccer players. *Journal of Human Kinetics*, 58(1), 169–176. <https://doi.org/10.1515/hukin-2017-0086>
105. Morin, J.-B., Gimenez, P., Edouard, P., Arnal, P., Jiménez-Reyes, P., Samozino, P., & others. (2015). Sprint acceleration mechanics: The major role of hamstrings in horizontal force production. *Frontiers in Physiology*, 6, 404. <https://doi.org/10.3389/fphys.2015.00404>

106. Mueller-Wohlfahrt, H.-W., Haensel, L., Mithoefer, K., et al. (2013). Terminology and classification of muscle injuries in sport: The Munich consensus statement. *British Journal of Sports Medicine*, *47*, 342–350. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2012-091750>
107. Nassis, G. P., Brito, J., Figueiredo, P., et al. (2019). Injury prevention training in football: Let's bring it to the real world. *British Journal of Sports Medicine*, *53*, 1328–1329. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2019-100601>
108. Oliva-Lozano, J. M., Fortes, V., López-Del Campo, R., Resta, R., & Muyor, J. M. (2022). When and how do professional soccer players experience maximal intensity sprints in LaLiga? *Science and Medicine in Football*. <https://doi.org/10.1080/24733938.2022.2100462>
109. Opar, D. A., Williams, M. D., Timmins, R. G., et al. (2013). Knee flexor strength and biceps femoris electromyographical activity is lower in previously strained hamstrings. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, *23*, 696–703. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2012.11.005>
110. Opar, D. A., Williams, M. D., & Shield, A. J. (2012). Hamstring strain injuries: Factors that lead to injury and re-injury. *Sports Medicine*, *42*, 209–226. <https://doi.org/10.2165/11596520-000000000-00000>
111. Orchard, J. W., & Best, T. M. (2002). The management of muscle strain injuries: An early return versus the risk of recurrence. *Clinical Journal of Sport Medicine*, *12*, 3–5. <https://doi.org/10.1097/00042752-200201000-00002>
112. Orchard, J. W. (2004). Lumbar spine region pathology and hamstring and calf injuries in athletes: Is there a connection? *British Journal of Sports Medicine*, *38*, 502–504. <https://doi.org/10.1136/bjsm.2003.008182>
113. O'Malley, E., Richter, C., King, E., et al. (2018). Countermovement jump and isokinetic dynamometry as measures of rehabilitation status after anterior cruciate ligament reconstruction. *Journal of Athletic Training*, *53*, 687–695. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-480-16>
114. Patel, A., Chakraverty, J., Pollock, N., Chakraverty, R., Suokas, A. K., & James, S. L. (2015). British athletics muscle injury classification: A reliability study for a new grading system. *Clinical Radiology*, *70*(12), 1414–1420. <https://doi.org/10.1016/j.crad.2015.08.009>
115. Petersen, J., Thorborg, K., Nielsen, M. B., et al. (2010). Acute hamstring injuries in Danish elite football: A 12-month prospective registration study among 374

- players. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 20, 588–592.  
<https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2009.00986.x>
116. Philippon, M. J., Ferro, F. P., Campbell, K. J., Michalski, M. P., Goldsmith, M. T., & Devitt, B. M. (2015). A qualitative and quantitative analysis of the attachment sites of the proximal hamstrings. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 23, 2554–2561. <https://doi.org/10.1007/s00167-015-3643-5>
117. Podlog, L., Dimmock, J., & Miller, J. (2011). A review of return to sport concerns following injury rehabilitation: Practitioner strategies for enhancing recovery outcomes. *Physical Therapy in Sport*, 12, 36–42.  
<https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2010.07.005>
118. Pollock, N., James, S. L. J., Lee, J. C., & Chakraverty, R. (2014). British athletics muscle injury classification: A new grading system. *British Journal of Sports Medicine*, 48(18), 1347–1351. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-093302>
119. Pollock, N., Kelly, S., Lee, J., et al. (2022). A 4-year study of hamstring injury outcomes in elite track and field using the British Athletics rehabilitation approach. *British Journal of Sports Medicine*, 56, 257–263.  
<https://doi.org/10.1136/bjsports-2021-104641>
120. Potier, T. G., Alexander, C. M., & Seynnes, O. R. (2009). Effects of eccentric strength training on biceps femoris muscle architecture and knee joint range of movement. *European Journal of Applied Physiology*, 105(6), 939–944.  
<https://doi.org/10.1007/s00421-009-1095-4>
121. Rampinini, E., Coutts, A. J., Castagna, C., Sassi, R., & Impellizzeri, F. M. (2007). Variation in top-level soccer match performance. *International Journal of Sports Medicine*, 28(12), 1018–1024. <https://doi.org/10.1055/s-2007-965158>
122. Reurink, G., Goudswaard, G. J., Tol, J. L., et al. (2014). MRI observations at return to play of clinically recovered hamstring injuries. *British Journal of Sports Medicine*, 48, 1370–1376. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-093263>
123. Reurink, G., de Vos, R. J., Purdam, C., Pollock, N., Hamilton, B., & Thorborg, K. (2020). Diagnosis and prognosis of hamstring injury. *British Journal of Sports Medicine*, 54(13), 769–779.
124. Reynolds, J., Connor, M., Jamil, M., & Beato, M. (2021). Quantifying and comparing the match demands of U18, U23, and 1st team English professional soccer players. *Frontiers in Physiology*, 12, 706451.  
<https://doi.org/10.3389/fphys.2021.706451>

125. Sallay, P. I. (2009). Diagnosis, classification, and management of acute proximal hamstring avulsion injuries. *Operative Techniques in Sports Medicine*, 17, 196–204.
126. Sarimo, J., Lempainen, L., Mattila, K., et al. (2008). Complete proximal hamstring avulsions: A series of 41 patients with operative treatment. *American Journal of Sports Medicine*, 36, 1110–1115.
127. Schache, A. G., Dorn, T. W., Wrigley, T. V., Brown, N. A., & Pandy, M. G. (2013). Stretch and activation of the human biarticular hamstrings across a range of running speeds. *European Journal of Applied Physiology*, 113(11), 2813–2828.
128. Schilders, E. (2016). Accelerated rehabilitation protocol for the post-surgical repair to the hamstrings. *Specialist in Shoulder & Hip Arthroscopy, Groin, & Sports Injuries*.
129. Scott, M. T., Scott, T. J., & Kelly, V. G. (2016). The validity and reliability of global positioning systems in team sport: A brief review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(5), 1470–1490. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001221>
130. Silbernagel, K. G., Nilsson-Helander, K., Thomeé, R., Eriksson, B. I., & Karlsson, J. (2010). A new measurement of heel-rise endurance with the ability to detect functional deficits in patients with Achilles tendon rupture. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 18, 258–264. <https://doi.org/10.1007/s00167-009-0889-7>
131. Silder, A., Heiderscheit, B. C., Thelen, D. G., et al. (2008). MR observations of long-term musculo-tendon remodeling following a hamstring strain injury. *Skeletal Radiology*, 37, 1101–1109.
132. Silder, A., Sherry, M. A., Sanfilippo, J., et al. (2013). Clinical and morphological changes following 2 rehabilitation programs for acute hamstring strain injuries: A randomized clinical trial. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 43, 284–299.
133. Slavotinek, J. P. (2010). Muscle injury: The role of imaging in prognostic assignment and monitoring of muscle repair. *Seminars in Musculoskeletal Radiology*, 14, 194–200.
134. Slavotinek, J. P. (2007). Monitoring of muscle, tendon, and ligament repair. In *Imaging of Orthopedic Sports Injuries* (pp. 1–15). Springer, Berlin, Heidelberg.



135. Sonnery-Cottet, B., Archbold, P., Thauinat, M., Fayard, J.-M., Canuto, S. M. G., & Cucurulo, T. (2012). Proximal hamstring avulsion in a professional soccer player. *Orthopaedic Surgical Center*.
136. Soroka, A. (2018). The locomotor activity of soccer players based on playing positions during the 2010 World Cup. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 58(6), 837–842. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.17.04323-7>.
137. Storey, R. N., Meikle, G. R., Stringer, M. D., & Woodley, S. J. (2016). Proximal hamstring morphology and morphometry in men: An anatomic and MRI investigation. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 26(12), 1480–1489.
138. Stølen, T., Chamari, K., Castagna, C., & Wisløff, U. (2005). Physiology of soccer: An update. *Sports Medicine*, 35(6), 501–536. <https://doi.org/10.2165/00007256-200535060-00004>
139. Stratford, C., Dos’Santos, T., & McMahon, J. J. (2020). Comparing drop jumps with 10/5 repeated jumps to measure reactive strength index. *Professional Strength and Conditioning*, 57, 23–28.
140. Street, C. C., & Burks, R. T. (2000). Chronic complete hamstring avulsion causing foot drop: A case report. *American Journal of Sports Medicine*, 28, 574–576.
141. Sunderland, S., & Hughes, E. S. (1946). Metrical and non-metrical features of the muscular branches of the sciatic nerve and its medial and lateral popliteal divisions. *Journal of Comparative Neurology*, 85(2), 205–222.
142. Svensson, K., Alricsson, M., Karneback, G., et al. (2016). Muscle injuries of the lower extremity: A comparison between young and old male elite soccer players. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 24, 2293–2299.
143. Sweeting, A. J., Cormack, S. J., Morgan, S., & Aughey, R. J. (2017). When is a sprint a sprint? A review of the analysis of team-sport athlete activity profile. *Frontiers in Physiology*, 8, 432. <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00432>
144. Thelen, D. G., Chumanov, E. S., Hoerth, D. M., Best, T. M., Swanson, S. C., Li, L., et al. (2005). Hamstring muscle kinematics during treadmill sprinting. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 37(1), 108–114. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000147453.24721.c7>
145. Thistle, M. (2023, September 6). Measuring what matters in hamstring rehab: Pain, strength at length, and movement. *Sportsmith*.

146. Thomeé, R., Kaplan, Y., Kvist, J., et al. (2011). Muscle strength and hop performance criteria prior to return to sports after ACL reconstruction. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, *19*, 1798–1805. <https://doi.org/10.1007/s00167-011-1387-2>
147. Thorborg, K., et al. (2020). Prevention and rehabilitation of hamstring injuries. Springer.
148. Timmins, R. G., Bourne, M. N., Shield, A. J., et al. (2016). Short biceps femoris fascicles and eccentric knee flexor weakness increase the risk of hamstring injury in elite football (soccer): A prospective cohort study. *British Journal of Sports Medicine*, *50*(24), 1524–1535. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095352>
149. Timmins, R. G., Shield, A. J., Williams, M. D., Lorenzen, C., & Opar, D. A. (2016). Architectural adaptations of muscle to training and injury: A narrative review outlining the contributions by fascicle length, pennation angle, and muscle thickness. *British Journal of Sports Medicine*, *50*(23), 1467–1472. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096229>
150. VALD. (2024). *Practitioner's guide to isometrics*. VALD Performance.
151. Vleeming, A., Stoeckart, R., & Snijders, C. J. (1989). The sacrotuberous ligament: A conceptual approach to its dynamic role in stabilizing the sacroiliac joint. *Clinical Biomechanics*, *4*(4), 201–203. [https://doi.org/10.1016/0268-0033\(89\)90029-4](https://doi.org/10.1016/0268-0033(89)90029-4)
152. Wehbe, G. M., Hartwig, T. B., & Duncan, C. S. (2014). Movement analysis of Australian national league soccer players using global positioning system technology. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *28*(3), 834–842. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182a35dd1>
153. Wellsandt, E., Failla, M. J., & Snyder-Mackler, L. (2017). Limb symmetry indexes can overestimate knee function after anterior cruciate ligament injury. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, *47*, 334–338. <https://doi.org/10.2519/jospt.2017.7285>
154. Werner, S., & Best, T. M. (2013). Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, *21*, 515–533. <https://doi.org/10.1007/s00167-012-2311-0>
155. Whiteley, R., Jacobsen, P., Prior, S., Skazalski, C., Otten, R., & Johnson, A. (2012). Correlation of isokinetic and novel hand-held dynamometry measures of knee

- flexion and extension strength testing. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 15, 444–450. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2012.01.003>
156. Wood, D. G., Packham, I., Trikha, S. P., & Linklater, J. (2008). Avulsion of the proximal hamstring origin. *Journal of Bone and Joint Surgery*, 90(11), 2365–2374. <https://doi.org/10.2106/JBJS.H.00208>
157. Zambaldi, C. F., et al. (2017). Return to play criteria after hamstring muscle injury in professional football: A Delphi consensus study. *British Journal of Sports Medicine*, 51.