

**UNIVERZITET U NOVOM SADU**  
**FAKULTET SPORTA I FIZIČKOG VASPITANJA**



**MASTER RAD**  
**UTICAJ RAZLIČITIH METODA TRENINGA SNAGE NA PREVENCIJU POVREDA**  
**KOD REKREATIVNOG TRČANJA**

**Mentor:**

**Doc. Dr Valdemar Štajer**

**Kandidat:**

**Bojan Kockarević M31/22**

**Novi Sad, 2024.**

## SADRŽAJ

1.0 UVOD .....	3
1.1 Biomehanika trčanja.....	5
1.2 Najrasprostranjenije povrede.....	6
1.3 Sindromi prenaprezanja.....	8
1.3.1 Trkačka potkolenica (shin splints).....	8
1.3.1.1 Sindrom m. tibialis anterior i sindrom m. tibialis posterior.....	9
1.3.2 Sindrom prenaprezanja u području kolena .....	10
1.3.2.1 Iliotibijalni sindrom (sindrom ilijotibijalnog traktusa).....	11
1.3.3 Plantarni fascitis.....	12
2.0 PROBLEM, PREDMET I CILJ RADA .....	14
3.0 METOD RADA .....	15
4.0 ZNAČAJ ZA TEORIJU I PRAKSU .....	16
5.0 REZULTATI.....	17
6.0 ZAKLJUČAK.....	24
7.0 REFERENCE.....	25

## 1.0 UVOD

Svedoci smo da u poslednjim godinama raste trend i popularnost trčanja kao takmičarskog sporta. Trčanje i hodanje su najpopularniji vidovi aerobne aktivnosti. Aerobne aktivnosti podrazumevaju cikličan rad većih mišičnih grupa i utiču na aerobnu sposobnost koja nam govori koliko organizam može da primi kiseonika iz vazduha i preko sistema pluća i krvnih sudova iskoristi za dobijanje energije za rad mišića. Ovo je jednostavno rečeno najbolji pokazatelj aerobne forme koja je najznačajniji deo zdravstvene forme. Veoma su poznati benefiti aerobnog treninga kao što je smanjenje rizika od koronarnih bolesti srca, gojaznosti, dijabetesa, smanjuje smrtnost bez obzira na uzrok, bolja kardiorespiratorna forma, smanjen rizik od hipertenzije, nekih vrsta kancera.. Ljudi postaju sve više svesni ovih benefita i počinju da se bave trčanjem. To uzrokuje sve veću popularnost takmičenja koja se održavaju u skoro svakom većem gradu. Trčanje je aktivnost koja je lako priuštiva, ne zahteva skupu opremu i relativno je lako dostupna. Iz tog razloga je mnogo ljudi koji započinju da se bave trčanjem. Međutim, ne poseduju svi potrebno znanje da naprave bezbedan plan i posledično se javljaju povrede. Povrede pri trčanju i njihov razvoj odvijaju se u početku relativno neprimetno, a postoje mnoge povrede koje su zajedničke za sve tipove trčanja U ovom radu istraživaćemo povrede koje se javljaju kod trčanja kako na duže tako i na kraće relacije. Razmotrićemo i povrede koje se javljaju pri trčanju po planini ili neravnom terenu (trail trčanje) s obzirom da se ne razlikuju mnogo od povreda koje se javljaju i kod trkača na ravnom terenu.

Negativni efeketi trčanja manifestuju se najčešće u vidu prenaprezanja koji često dovodi do povreda. Najčešći spoljni uzroci sindroma prenaprezanja su: nepravilna motorna priprema, tehnika trčanja, nagle promene u intenzitetu treninga, neadekvatna konfiguracija terena, često jednostrano opterećenje, neadekvatan odmor i oporavak, neadekvatni klimatski uslovi i neodgovarajuća oprema. (Čoh, 2012). Najveći problem sa trčanjem ostaje visoka stopa povreda. Postoji mnogo faktora koji utiču, međutim jaki dokazi za prevenciju postoje samo za modifikaciju treninga prvenstveno smanjenjem nedeljne kilometraže. Potrebni su dokazi za preventivne strategije, jer opšteprihvaćeni brojevi sugerišu da oko 50% trkača doživi povredu na godišnjem nivou, a 25% je povređeno u bilo kom trenutku. (Fields et al., 2010)

Čovek je trčao i hodao bos tokom velikog dela evolucije, više od 4 miliona godina. Specijalno dizajnirane patike za trčanje krenule su da se proizvode tek oko 1970te godine. Ovakve patike su krenule da menjaju tehniku trčanja. Bosonog čovek je trčao više na prednjem delu stopala iskorišćavajući elastičnost tetiva, mišića i ligamenata. (Lieberman i sar., 2010)

Današnji moderni trkač spušta stopalo na tlo na petu i iskorišćava elastičnost donjeg dela patika za trčanje. Osnovne funkcije patike za trčanje su apsorpcija uticaja sila tla na stopalo, stabilizacija skočnog zgloba i stopala i pružanje dobrog prijanjanja (trenja). Važno je da je prednji deo đona dovoljno čvrst što sprečava razvoj prekomerne supinacije i plantarnog fascitisa stopala. (Lieberman i sar., 2010)

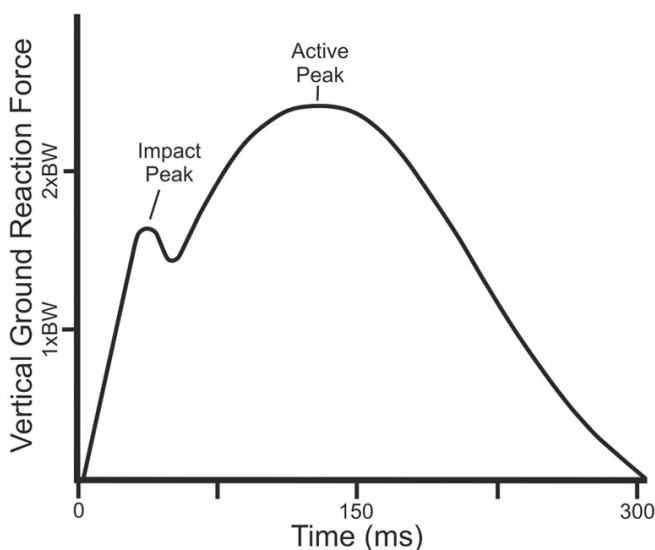
Cilj ovog rada je da istražimo sa kojom vrstom povreda se trkači najčešće susreću i da li postoje naučno istražene metode treninga za prevenciju tih povreda. Biće opisana dva najčešća bolna stanja koja se javljaju kako kod rekreativnih tako i kod profesionalnih trkača. Ta dva stanja su najpoznatija pod imenom trkačka potkolenica i trkačko koleno. Pod pojmom trkačka potkolenica, medicinska literatura podrazumeva sindrom stresa unutrašnjeg dela golenjače ili MTSS (medial tibial stress syndrome), a u američkoj literaturi poznatije kao "shin splints". Istraživanja sugerišu da rekreativni trkači i ljudi koji tek počinju sa trčanjem imaju stopu povreda od 13,2% do 17,2% (Menéndez i sar., 2020).

Drugi pojam je trkačko koleno za koji se najčešće vezuje patelofemoralni sindrom, gde se bol pojavljuje sa prednje strane između patele i butne kosti i sindrom traktusa iliotibialisa, gde se bol pojavljuje sa lateralne strane kolena. Otprilike 20% trkačkih povreda pripada ovim sindromima (Habrlin, N., 2021).

## 1.1 Biomehanika trčanja

Osvrnucemo se na osnovne principe biomehanike i uticaja sila na trčanje. Ona obuhvata različite aspekte koji utiču na ekonomiju trčanja, odnosno što efektivnijem korišćenju energije i na bezbednost trkača i zaštitu od povreda.

Osnovna razlika, kao što znamo između trčanja i hodanja je što kod trčanja postoji faza leta. Zbog toga je reakcija podloge tri puta veća kod trčanja tj. Vertikalna reakciona sila podloga. Stopalo zbog toga mora da apsorbuje izuzetno veliku silu, ono je jedno od najopterećenijih segmenata lokomotornog sistema tokom trčanja (Čoh, 2012). Maksimalno opterećenje stvaraju prva i poslednja faza oslonca (Slika 1). Stopalo ima 26 kostiju, 19 mišića i više od sto ligamenata. Tokom trčanja na 10 km, stopalo dotakne tlo 5.000 puta pri prosječnoj dužini koraka od 2 m. Sa prosječnom masom trkača (70 kg) i sa pethodnim brojem koraka možemo zaključiti da je ukupna reakcija apsorpcije snage podloge 3430 kN po svakom stopalu (Čoh, 2012).



Slika 1: Vertikalna reakciona sila podloge u fazama kontakta i odraza (Izvor: *Foot strike in runners: Influence on injury risk*, 2012).

Pri udaru u zemlju stopalo mora odraditi dve stvari. Prvo se mora prilagoditi površini na koju je sleteo, a drugo, mora razrešiti deo uticaja šoka tj. udarca. Bates P. (1985). Zato se stopalo mora kretati od položaja supinacije gde je postavljeno visoko lučno i kao čvrsta poluga pa zatim u pronaciju da bi apsorbivalo „šok“ prilikom udara. Pronirana pozicija (stopalo je invertirano) se dešava tokom srednje faze (MFS) i time daje maksimalnu fleksibilnost i apsorpcionu moć. U ovom položaju je najviše izražena dorzifleksija stopala i to je trenutak kada je centar gravitacije ispred stopala. Nakon toga sledi „odgurivanje“, stopalo ponovo kreće u supinaciju i mora postati čvrsta poluga i time se razrešava uticaj šoka. Česta greška kod početnika je što kod prve faze kontakta snažno udaraju petom o podlogu. Stopalo treba postaviti ravnomerno i blago ispod tela jer to smanjuje opterećenje na zglobove a time i mogućnost povrede od stres fraktura ili upala tetiva (Bates, 1985).

## **1.2 Najrasprostranjenije povrede**

Pregledni rad (Kakouris i sar, 2021) obuhvatio je analizu velikog broja radova da bi utvrdio učestalost i rasprostranjenost povreda mišićno-skeletnog sistema povezanim sa trčanjem prema anatomskoj lokaciji i specifičnoj patologiji.

Najveća proporcija učestalosti povreda kod ultramaratonaca utvrđena je u kolenu, skočnom zglobu i potkolenici. Povrede koje su imale najveću učestalost su sledeće: ahilova tendinopatija (10,3%), sindrom stresa unutrašnjeg dela potkolenice (9,4%), bol u čašično-butnom zglobu (6,3%), plantarni fasciitis (6,1%), uganuća skočnog zgloba (5,8%). Povrede sa najvećom rasprostranjenošću su: bol u čašično-butnom zglobu (16,7%), sindrom stresa unutrašnjeg dela potkolenice (9,1%), plantarni fasciitis (7,9%), sindrom iliotibijalne trake (7,9%), ahilova tendinopatija (6,6%)

Jedna studija je obuhvatila sve forme „off-road“ (na neravnom terenu) trčanja (Vincent et al., 2022) uključujući i trke na duge distance. Cilj ove studije je identifikovanje tipova i mehanike akutnih i hroničnih (sindrom prenaprezanja) mišićno-skeletnih povreda u trail trčanju, zatim mere prevencija povreda relevantne za trail trkače i na kraju istražiti bezbedne metode za učestvovanje i rehabilitacije u trčanju.

Većina akutnih i hroničnih povreda vezanih za trail trčanje javljaju se u donjim delovima noge, najviše u kolenu i članku. Više od 70% je izazvano prenaprezanjem, a uganuća članka su najčešće akutne povrede. Ključni mehanizmi u osnovi povreda i njihove progresije uključuju neadekvatnu neuromotornu kontrolu, koordinaciju i balans, trčanje tokom umora i kroz abnormalne terene koji su dosta promenljivi. Da bi se podstaklo kontrolisano i stabilno kretanje po stazama potrebni su kompletni programi rehabilitacije kinetičkog lanca koji se sastoje od dinamičke fleksibilnost, neuromotorne snage i balansa kao i pliometrijske vežbe (Vincentet i sar., 2022).

Povrede potkolenice i skočnog zgloba najčešće nastaju usled pretreniranosti. Samo povrede golenjače čine 20% svih povreda izazvanih trčanjem. Sindrom stresa unutrašnjeg dela golenjače karakteriše bol u prednjem delu potkolenice (Higgins i sar, 2009). Prilikom trčanja, u fazi udara stopalom o podlogu, dolazi do blagog savijanja golenjače, a sile udara se apsorbuju upravo na unutrašnjoj strani ove kosti. Telo odgovara na opterećenje kostiju njenim remodelovanjem tako da kost postaje posledično jača i deblja. Za ovaj proces je potrebno nekoliko nedelja do nekoliko meseci, zbog čega je potrebno za to vreme prilagoditi intenzitet i učestalost treninga. Anamnezom se utvrđuje iznenadna promena trenažnog intenziteta ili površine. U početnom stadijumu, nelagodnost nastaje na početku vežbanja i povećava se tokom zagrevanja. U jednom studijskom protokolu (Mattock i sar, 2018) pristupili su analizi morfologije i funkcije mišića potkolenice da bi identifikovali da li to doprinosi razvoju sindroma stresa unutrašnjeg dela golenjače. Krajnji cilj je da se identifikuju potencijalni faktori rizika za ovaj sindrom koji mogu biti meta budućih istraživanja kako bi se bolje upravljalo povredom ili po mogućnošću sprečilo da pojedinci razviju sindrom. Ova studija je bila perspektivna u dizajnu i angažovala je asimptomatične trkače na daljinu. Svi učesnici su bili testirani u početnom stadijumu i njihovi podaci su se longitudinalno pratili u periodu od 12 meseci da bi se procenile sve osobe koje razviju sindrom stresa središnjeg dela potkolenice (MTSS-medial tibial stress syndrome). Na početku testiranja rezultati merenja su uključivali bilateralna merenja antropometrije donjih ekstremiteta; površinu poprečnog preseka i debljinu prednjeg golenjačnog mišića, peronealni mišići, dugi pregibač prstiju, dugi pregibač palca i debljina troglavog mišića lista. Brzina zvuka kroz golenjaču, obim pokreta dorzalne fleksije skočnog zgloba, snaga svih pomenutih mišića, poravnatost stopala i izdržljivost plantarne fleksije članka će biti procenjena. Učesnici su takođe završili protokol merenja na traci

za trčanje gde su sakupljeni podaci trodimenzionalne kinematike, distribucija pritiska stopala i skupljeni su podaci elektromiografije. (Mattock et al,2018)

### **1.3 Sindromi prenaprezanja**

Sindrom prenaprezanja vrsta povreda koja se javlja usled hroničnog naprezanja lokomotornog sistema. Hronična povreda je u početku veoma neprimetna i simptomi koji su jasno vidljivi javljaju se nažalost veoma kasno. Prvi znaci hronične povrede najčešće se pripisuju nepovoljnim spoljašnjim uticajima, lošem zagrevanju, preteranom opterećenju. Uprkos tome trkači nastavljaju sa sportskim aktivnostima jer problemi nisu teški i nepostoje jasni znakovi povrede. Posledice nepravilno raspoređenog kontinuiranog opterećenja su mikrottraume i mikrostrres na krvne sudove, tetive, ligamente i mišiće. Najčešći spoljni uzroci su nepravilna tehnika trčanja, jednostrano opterećenje, nepravilna motorna priprema, nagle promene u intenzitetu treninga, neadekvatna konfiguracija terena, nepravilan odmor i oporavak, kao i neadekvatna obuća ili klimatski uslovi. (Čoh, 2012).

U rekreativnim aktivnostima se često sreće sindrom prenaprezanja i postoji više vrsta ove povrede, kao što su trkačka potkolenica (shin splints), sindrom m. tibialis posteriora, hronični sindrom prednjega fascijalnog prostora te prelomi zamora. Iz razloga što je to najčeća i glavna pojava koja se sreće kod rekreativnih trkača, daćemo kratak pregled svake podvrste od ovih povreda.

#### **1.3.1 Trkačka potkolenica (shin splints)**

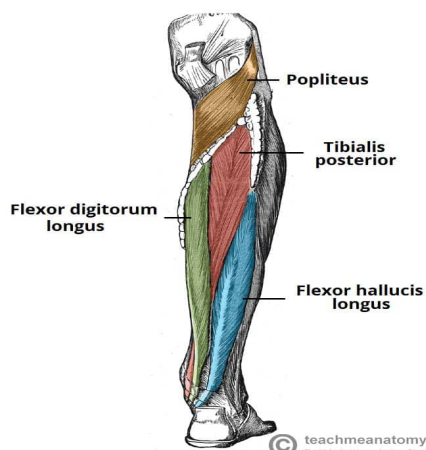
U američkoj literaturi se najčešće sreće izraz „shin splints“, (tzv. trkačka potkolenica), a u medicinskoj: MTSS i to označava pojavu boli u potkolenici. Najčešće je zastupljena kod trkača i hodača, a takođe nije retkost i u drugim profesijama su vojnici i plesači. Istraživanja ukazuju da je MTSS zastupljen 10 – 16% kod svih trkačkih povreda (Bennett i sar., 2001).

Najčešći faktori rizika su: ženski pol, prethodna povreda MTSS, premalo trkačkog iskustva, povećan indeks telesne mase (BMI), spušten svod stopala, povećana plantarna fleksija i povećana spoljašnja rotacija u kuku (Reinking i sar.,2017).

### 1.3.1.1 Sidrom m. tibialis posterior i sidrom m. tibialis posterior

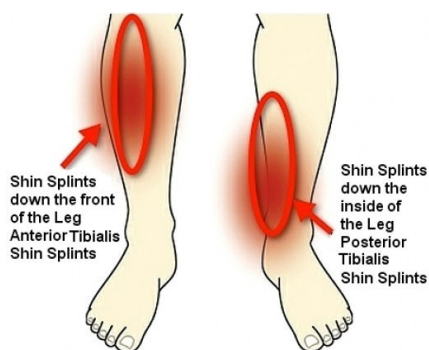
Glavni simptom je bol koja se javlja najpre nakon trčanja, zatim ako se ne tretira na pravi način, javlja se i tokom trčanja a kasnije i na samom početku da bi na kraju bol bila prisutna i tokom. Bol lokalizovana na medijalnoj strani donje polovine potkolenice govori u prilog sindroma m. tibialis posteriora, a bol duž anterolateralne strane znak je za sindrom prednjeg dela (sindrom m. tibialis anterior), a pojava boli u srednjem delu potkolenice karakteristična je za stres frakturu. Ako se bol uvek pojavljuje određeno vreme posle trčanja, to upućuje na sindrom u prednjem delu dok bol koja se pojavljuje na početku trčanja i potom prestaje, da bi se ponovno javila nakon trčanja, upućuje na sindrom m. tibialis posteriora (Smerdelj i sar. 2001).

M. tibialis posterior (Slika 2) ima izuzetno važnu ulogu u održavanju uzdužnog svoda stopala. Kad je stopalo u proniranom položaju duže vreme i time spušten svod, dolazi do prenaprezanja mišića te postepeno i do stvaranja parcijalnih ruptura i separacije mišićnih vlakana na pripoju mišića na zadnjoj strani golenjače (Smerdelj i sar. 2001).



Slika 2.

Karakteristična je bol iza medijalnog ruba golenjače u srednjoj i distalnoj trećini potkolenice (Slika 3). Samom palpacijom na navedenom mestu se neće izazvati bol ali zavlacenjem prsta iza samog medijalnog ruba te pomicanjem prsta od proksimalno prema distalno izazvaće se bol u srednjoj i distalnoj trećini tibije u dužini od 8 do 12 cm. Bol se takođe može pojaviti prilikom plantarne fleksije i inverzije stopala protiv otpora (Smerdelj i sar. 2001).



Slika 3.

### 1.3.2 Sindrom prenaprežanja u području kolena

Kako navode Pećina i sar., dva najčešća sindroma naprežanja su: skakačko koleno ili patelar tendinitis i sindrom trenja ilitibialnog traktusa ili trkačko koleno. Oni u svom radu predstavljaju jasnu etiologiju, kliničku sliku i način lečenja ove povrede.

Trkačko koleno ili u medicinskoj literaturi patelofemoralni sindrom, smatra se da oko 40% sindromaa nastalim pri trčanju čine sindromi prenaprežanja u području kolena. U zglobu kolena postoji mnogo pripoja tetiva, a petelofemoralni zglob spada u celinu kolenog zgloba. Poznate povrede prenaprežanja se dešavaju zbog hronično kumuliranih mikrotraumatskih oštećenja. S obzirom na anatomsku lokalizaciju patelofemoralni zglob se može podeliti u četiri grupe: prednju, medijalnu, lateralnu i zadnju. (Pećina i sar., 2001)

Simptomi su bol u prednjem delu kolena koja se pogoršava tokom trčanja, hodanja uz stepenice, čučnjeva. Faktori rizika mogu biti: Q ugao, snaga kvadricepsa i slabost mišića kukova.

Slabost kod abduktora kukova dovodi do prekomerne adukcije natkolenice u početnoj fazi oslonca što može dovesti do valgus pozicije koljena. Veruje se da valgus koljena povećava lateralna sila koja djeluje na patelu (Habrlin, 2021).

U jednom pregledom radu su došli do zaključka da je najefikasniji tretman progresivni režim dnevnog vežbanja u period od 6 nedelja gde je fokus na kombinaciji jačanja i istežanja donjih ekstremiteta. Vežbe koje su uglavnom u zatvorenom kinetičkom lancu. (Harvie i sar., 2011). Dierks i sar. navode da trkači sa PFS (patelofemoralni sindrom) pokazuju slabost u mišićima abduktora kuka što dovodi do prekomerne adukcije u kukovima tokom trčanja. (Dierks i sar., 2008)

Najčešće intervencije kod PFS-a su manualna terapija, otvoreni i zatvoreni kinetički lanac, jačanje kvadricepsa, kinezi tejpung patele, edukacija pacijenta, ortopedski ulošci. (Habrlin, N. 2021).

Prema Ferretti i sar., dva faktora utiču na pojavu patelarne tendinopatije (skakačko koleno). Oni se dele na intrizične – morfologija sportiste i biomehanika donjih ekstremiteta i ekstrizične – vrsta sporta i trenažnog metoda. Analizom literature utvrđeno je da ekstrizični faktori više doprinose pojavi povreda. Ovaj autor takođe navodi da skakačko koleno predstavlja 28% svih povreda u odbojci.

“Skakačko koljeno” pojavljuje se učestalije u sportovima gdje su prisutni skokovi i duža trčanja. Smatra se da je to najučestalija povreda među sportistima i javlja se kod različitih vrsta skokova. Maksimalno mehaničko opterećenje tetiva i ligamenata nastaje kod deceleracije u fazi doskoka što znači da je ekstenzorni sistem pod najvećim naprežanjem (Ferretti i sar., 1986)

### **1.3.2.1 Iliotibijalni sindrom (sindrom iliotibijalnog traktusa)**

Iliotibijalna traka (ITB) je distalni fascijalni nastavak „tensor fascia lata“, gluteus mediusa i gluteal makimusa. To je mišićno – tetivna struktura koja se pruža duž spoljašnje strane noge, od karlice (tačnije ilijačne kosti) do golenjače (kost potkolenice, lat. tibia). Pomeranjem noge, traktus prelazi preko spoljašnje koštane kvržice tj. kondila na dnu butne kosti. Veruje se da

tokom produžene fleksije i ekstenzije dolazi do frikcije ITB i lateralnog epikondila što dovodi do upalnog procesa na kontaktnoj površini. Kontakt ITB i lateralnog epikondila se dešava na uglu fleksije od 30 stepeni, što je ugao fleksije kolena tokom trčanja. (Hadeed & Tapscott, 2023).

Kao i za većinu ovih povrede potrebno je strpljenje i posvećenost oporavku. Za početak, u akutnoj fazi potrebno je da se odmori od trčanja. Obično se upala smanjuje krio terapijom i ultrazvukom. Kasnije se kreće sa vežbama otpora za abduktore natkolenice u antigravitacionom položaju. Cilj je da se uz pomoć fizioterapije ponovo izgradi stabilnost kolena, najviše putem zatvorenog kinetičkog lanca i ritmičke stabilizacije. Vežbe visokog intenziteta se trebaju izbegavati. (Habrlin, 2021).

### **1.3.3 Plantarni fascitis**

Predstavlja zapaljenje plantarne fascije. Plantarna fascija je vlaknasta aponeurosa koja se sa jedne strane pripaja na unutrašnjoj strani petne kosti (calcaneus), a sa druge strane na poprečnim ligamentima metatarzalnih kostiju i na tetivama pregibača prstiju stopala. Najčešći uzroci plantarnog fascitisa su: povećanje težine, projena obuće ili ne menjanje istrošene obuće te povećanje nedeljne kilometraže. Bol se često javlja kada opteretimo nogu nakon perioda bez opterećenja . Pacijenti se često žale na nesnosnu bol kada ujutro ustanu iz kreveta te se bol smanjuje sledećih 30-40 minuta (Habrlin, 2021).

Izuzetno bitna uloga u prevenciji povreda pripada dubokim mišićima stopala („foot core“) koji direktno utiču na bolju funkciju plantarne fascije. Prvenstveno šta je foot core? U ljudskom stopalu nalazi se 29 mišića koji su dalje podeljeni na površne i duboke mišiće. Foot core se odnosi na te duboke mišiće stopala.

Ekstrinzični mišići kreću sa noge i zaduženi su za pokrete kao što je okretanje noge ka unutra i spolja, pokreti prilikom susreta noge sa podlogom, pomeranje prstiju itd.

Duboki mišići stopala zaduženi su za finu motoriku stopala kao što je pomeranje individualnih prstiju. Podeljeni su na one koji se nalaze na gornjoj strani stopala kojih ima samo 2 i one koji su na tabanu, kojih je 10.

Gornji mišići su najviše odgovorni za pomaganje prilikom ekstenzije prstiju. Mišići sa donje strane imaju veoma važnu ulogu: Imaju ključnu ulogu u stabilnosti i fleksibilnosti stopala i proizvode senzorni input za različite statičke i dinamičke aktivnosti podržavajući luk stopala. Zajedno sa plantarnom fascijom učestvuju, učvršćuju sile koje deluju pri odgurivanju stopala tj, propulzivne sile, tako što pravi efikasnu polugu i stabilnost stopala. Može se napraviti analogija sa mišićima cora tj trbuha koji daju čvrstinu i veliku stabilnost okolnoj strukturi kičme, najviše kod podizanja velikog terete uticaju većih sila.

U jednoj follow up studiji koja je trajala 12 meseci utvrđeno je da su vežbe snage sa velikim opterećenjem za stopala i pasivno istezanje dovele do poboljšanja kod pacijenata iako je trening snage bio za nijansu efektivniji, sa značajnijim poboljšanjem posle 3 meseca programa treninga snage (Rathleff i sar., 2015). (Slika 4)



Slika 4

## **2.0 PROBLEM, PREDMET I CILJ RADA**

### **Problem rada**

Problem ovog rada je analiza istraživanja na temu preventivnih mera za povrede koje se javljaju prilikom trčanja.

### **Predmet rada**

Predmet rada predstavljaju trčanje, povrede kod trkača i različite metode treninga snage kao mera prevencije.

### **Cilj rada**

Primarni cilj ovog rada je da identifikujemo koje se povrede najčešće javljaju kod trčanja i da pregledom i analizom dosadašnjih radova utvrdimo najefektivnije strategije za prevenciju i smanjenje rizika od povreda. Fokus će nam biti na ulozi treninga snage kao efektivne preventivne mere za prevenciju povreda u trčanju.

### **3.0 METOD RADA**

Za izradu ovog preglednog rada koristila se analiza postojećih znanja i istraživanja iz perioda od 2013. do 2024. godine. Pretraga literature se svela na PubMed internet domen i uključuje literaturu na engleskom jeziku

Za pretragu korišćene su ključne reči na engleskom jeziku: „running“, „injuries“, „prevention“, „strenght training“ OR „training“.

Metoda korišćena za analiziranje je deskriptivno-opisna, metoda teorijske analize i uopštavanje.

## 4.0 ZNAČAJ ZA TEORIJU I PRAKSU

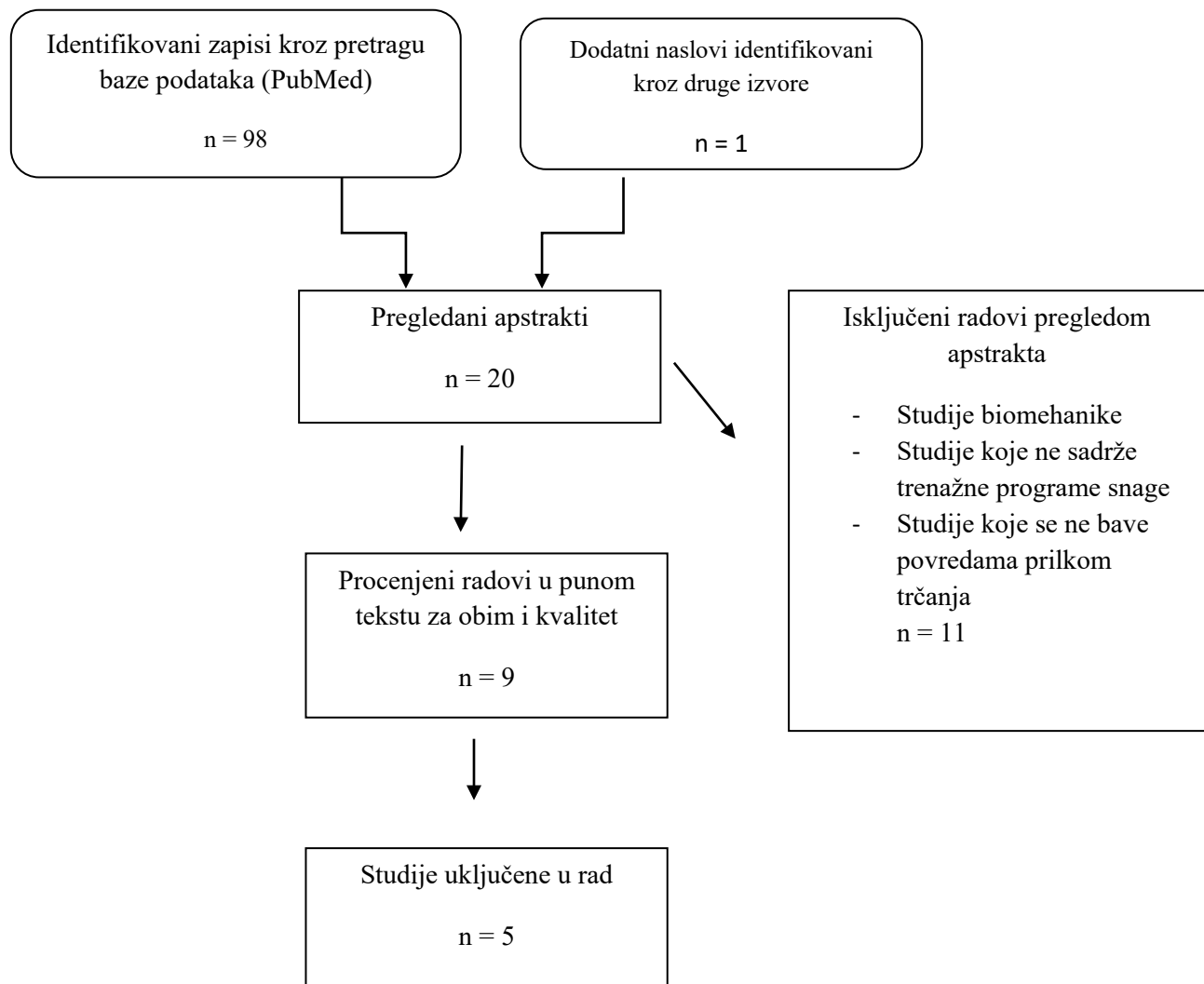
Istraživanja koja su navedena ističu značajan uticaj biomehaničkih faktora, hroničnog naprezanja i nepravilno raspoređenog trenažnog opterećenja i manjkom odmora u formiranju povreda kod trkača. Postoji sve veći broj dokaza da implementiranje treninga snage može imati ključnu ulogu u smanjivanju rizika. Prema istraživanjima Svetske zdravstvene organizacije, tipovi fizičke aktivnosti koje se najviše upražnjavaju, pored šetanja koje je na prvom mestu, su upravo trčanje i vožnja bicikla. To nam ističe koliko je važno bolje razumevanje preventivnih mera za povrede koje se javljaju u ovim aktivnostima.

Cilj ovog rada bi trebalo da doprinese boljem sagledavanju kako usmeren trening snage može da poboljša biomehaniku trčanja, jačanju mišićnih grupa ključnih za mehaniku trčanja, stabilnost zglobova pri različitim tipovima trčanja, kako po asfaltu tako i po neravnim terenima.

U praksi proširivanje znanja iz ove oblasti može pomoći stručnim licima kao što su fizioterapeuti, kondicioni treneri i profesori sporta i fizičkog vaspitanja kao i trkači kojima nedostaje znanje iz biomehanike trčanja i teorije treninga snage povezanim sa povredama.

## 5.0 REZULTATI

Tokom pretrage internet domena PubMed, poštujući uključujuće i isključujuće faktore i koristeći ključne reči identifikovano je 98 radova, od kojih je pregledano 20 apstrakta. U celosti je pročitano 9 radova. Na kraju ukupno 5 studija koje su smatrane relevantnim su uključene u rad.



## 5.1 Uticaj različitih vežbi na prevenciju povreda

U sledećoj tabeli su odabrane studije koje su uključene u rad i koje će biti detaljnije analizirane u daljem tekstu.

**Tabela 1. Radovi uključeni u analizu trenažnih metoda na prevenciju povreda**

Redni br. studije	Autori	Tip studije
1	Taddei i sar. (2020)	RCT
2	Brett G. i sar. (2020)	RCT
3	Tyler i sar. (2020)	Cross-sectional study
4	McKay i sar. (2011)	Blok RCT
5	Willy i sar. (2020)	Pilot RCT

Legenda: RCT – randomizovana kontrolisana studija; Cros-sectional study – studija preseka;

**Tabela 2. Primenjene metode treninga snage**

R.Br.S.	Intervencija
1	Trening snage za duboke mišiće stopala
2	Trening snage mišića kvadricepsa,abduktora kukova i trbušnog zida
3	1RM na zadnjem čučnju i maksimalnom voljnom izometrijskom kontrakcijom ekstenzora kolena i kukova.
4	Trening snage za mišiće kukova i edukacija o pokretu u eksperimentalnoj grupi
5	3 programa za intervenciju u 3 grupe: grupa A – vežbe istežanja ITB (iliotibial band), grupa B – konvencionalne vežbe , grupa C – vežbe za jačanje mišića kukova

**Tabela 3. Varijabile**

R.Br.S.	Uzorak ispitanika	Trajanje programa	Uzrast	Efekti programa na prevenciju povreda
1	Rekreativnih trkača (n = 118)	12 M	Muškarac n=61 Žena n=57	U.Br.Povreda, n = 28 Kon. Grup n = 20 Eks. Grupa n = 8 P = Sig.
	Eks. grupa (n = 57)	TS 8N / 3xN		
	Kon. grupa (n = 61)			
720 trkača (n = 720)				
2	Kon. grupa n = 368	TS 12N/3xN	Muškarac n= 220 Žena n=500	Br. Povreda n = 61 Kon. Grupa n = 26 Eks. Grupa n = 23 P= No. Sig.
	Eks. grupa n = 352			
3	Studenti trkači na duge distance (n = 36)	NP	Muškarac n= 26 Žena n=10	1RM- Č. M.V.I.K P = no.sig
	Trkačica n=24			
4	A - Grupa (n = 8)	8N	Žena n=24	Uticaj programa na ITBS između grupa: P = no. Sig
	B - Grupa (n = 8)			
	C - Grupa (n = 8)			
5	Trkačica (n = 20)	TS 6N / 3xN	Žena n=20	Uticaj programa na J.K P = sig.
				Uticaj programa na M.T P = no. sig

**Legenda:** P.G – prosek godina; M – meseci; N – nedelje; TS – trening snage; 1RM Z.Č – jedan ponavljajući maksimum na zadnjem čučnju; M.V.I.K – maksimalna voljna izometrijska kontrakcija; P – statistička značajnost (sig- statistički značajno; no sig. – nije statistički značajno); ITBS – sindrom iliotibialnog trakta; J.K – jačina kukova; M.T – mehanika povreda; A – grupa: istežanje ITB (iliotibialni tetiva); B – grupa: konvencionalne vežbe za jačanje kukova; C – eksperimentalne vežbe za jačanje kukova

Ističući važnost dubokih mišića stopala, Taddei i sar. (2020) su istraživali efikasnost uticaja vežbi za ove mišiće da bi se smanjila incidencija povreda povezanih sa trčanjem kod rekreativnih trkača na duge distance. Služili su terapijskim takozvanim “ground – up pristupom, što znači da je fokus na jačanju distalnih segmenata donjih ekstremiteta. Studija je trajala tokom perioda od godinu dana. Tokom ciklusa hoda i trčanja, stopalo mora biti stabilno pri udaru o pod i odgurivanju. Tokom srednje faze ciklusa, stopalo se mora adaptirati silama i ublažiti opterećenja. Zato stopalo poseduje karakteristike opruge, skladišti i oslobađa elastičnu energiju pri udaru noge (McKeon i sar., 2015).

Uzorak ispitanika od 118 rekreativnih trkača ( $n = 118$ ) na duge i srednje distance su podeljeni u dve grupe. Prva je bila eksperimentalna ( $n = 57$ ) a druga kontrolna ( $n = 61$ ). Eksperimentalna grupa je podvrgnuta trenažnom programu od 8 nedelja, 3 x nedeljno koji se sastoji iz vežbi za jačanje dubokih mišića stopala. Posle svake nedelje vršene su određene procene kao što su biomehaničke evaluacije snage i posture stopala i pravljeni su izveštaji o nedeljnoj kilometraži, tempu i eventualnim povredama. Rezultati nakon godinu dana su pokazali da su ispitanici u kontrolnoj grupi 2.42 puta više doživljavali RRI (running related injuries) odnosno povredu povezanu sa trčanjem nego eksperimentalna grupa ( $P = .035$ ) tokom perioda od 12 meseci. Ovi rezultati su pokazali da je program trening snage dubokih mišića stopala efikasan za smanjenje rizika od RRI kod rekreativnih trkača. Preporučuju se dodatna istraživanja na ovu temu kako bismo bolje razumeli biomehaničke mehanizme koji stoje iza povreda, tipove povreda kao i koje kategorije trkača mogu izvući najviše koristi.

Pored pravilne tehnike i biomehanike trčanja, snaga mišića donjih ekstremiteta bi trebalo da takođe igra značajnu ulogu u prevenciji povreda. U jednoj studiji (Brett i sar., 2019) koja je sprovedena među Njujorškim maratoncima postavljena je hipoteza da će program treninga snage u trajanju od 12 nedelja smanjiti učestalost sindroma prenaprezanja koji za posledicu ima da takmičari ne završe maraton i koji će poboljšati vreme završetka trke.

Dvanaest nedelja pre maratona, rekreativni trkači koji prvi put učestvuju u maratonu su nasumično podeljeni u 2 grupe. Jedna eksperimentalna, kojoj su data uputstva da rade program treninga snage mišića kvadricepsa, abduktora kukova i “core” (trbušni zid). Program je trajao 10 min po 3 puta nedeljno. Na nedeljnom nivou su pravljeni izveštaji o povredama.

Učestvovalo je 720 trkača (prosek godina,  $35.9 \pm 9.4$ ; 69.4% žene) od kojih 583 je počelo maraton i 579 završilo. Učestalost većih povreda je bilo 8,9%, a manjih je bilo 48,5%. 52 od 64 povrede je bio sindrom prenaprezanja od čega su 20 bile stres povrede kostiju. Učestalost sindroma prenaprezanja koji je rezultirao u nezavršenom maratonu je bio 7,1% u grupi koja je sprovodila trening snage i 7,3% u kontrolnoj grupi. Srednje vreme završetka bilo je 5 sati  $1 \pm 60$  minuta u grupi koja je radila trening snage i 4 sati  $58 \pm 55$  minuta u posmatračkoj grupi ( $P = 0.35$ ).

Rezultat ovog istraživanja ukazuje da je velika učestalost povreda među maratoncima početnicima. Međutim ovaj samostalni program treninga snage nije smanjio učestalost sindroma prenaprezanja koji rezultira u nezavršetku maratona. Utvrđeno je da sitne povrede doživi 1 od 6 učesnika tokom trke a skoro polovina ih doživi tokom treninga. Intervencija treningom snage nije statistički značajno rezultirala u manjoj stopi „overuse“ povreda koji doprinose nezavršetku maratona ili prosečno bržim vremenom završetka.

Poznato je da se trening snage koristi za poboljšanje performansi i prevenciju povreda ali još uvek je malo poznato koliko maksimalna snaga i biomehanika kod trčanja na duge staze povezana. Cilj studije koju su sprovedi Tyler i sar.(2020) na kalifornijskom univazitetu bio je da se odredi povezanost između maksimalne snage ekstenzora kolena, kukova i biomehanike trčanja koju karakterišu učestale povrede. Uzorak ispitanika su bili 36 studenata trkača na duge distance. Maksimalna snaga je procenjivana uz pomoć 1RM na zadnjem čučnju i maksimalnom voljnom izometrijskom kontrakcijom ekstenzora kolena i kukova. Što se tiče biomehanike trčanja tri dimenzije su se procenjivale. Vertikalna projekcija sile na podlogu, ugao pri najvećoj nagnutosti trupa, zatim uglovi fleksije u kolenu, ugao unutrašnje rotacije sa abdukcijom, ugao ekstenzije kukova.

Rezultati ove studije nam pokazuju da veći repetitivni maksimum (1RM) kod zadnjeg čučnja može biti povezan sa većim uglom fleksije u kolenu i manjim momentom unutrašnje rotacije i uglom unutrašnje rotacije u kolenu. Uključeni su i faktori kao što je pol, indeks koraka, brzina. Nije pronađena povezanost sa opterećenjem vertikalne sile, nagnutošću trupa i kinetikom i kinematikom kukova. Iako je slaba povezanost između većeg 1RM kod zadnjeg čučnja sa fleksijom u kolenu i momentu unutrašnje rotacije u kukovima kod ovog uzorka ispitanika, trkači koji su slabiji u izvođenju zadnjeg čučnja mogu ispoljiti biomehaniku trčanja povezanu sa povredama kolena.

Kao što je navedeno ITBS (ilitibial band syndrome) je među najčešćim povredama prenaprezanja kolena. McKay i sar. (2020) sprovedi su studiju na uzorku ispitanika od 24 žena (19 – 45 godina) koje se bave rekreativnim trčanjem. Nedeljna kilometraža koju su prelazile je bila u proseku minimum 15 km. Sve su imale ITBS u periodu ne kraćem od 3 meseca. Cilj studije je bio da se proceni efikasnost 3 različita programa za prevenciju i redukciju simptoma ITBS-a. Grupa A je bila podvrgnuta programu istezanja ITB, grupa B je radila konvencionalne vežbe za mišiće kukova i eksperimentalna grupa C koja je radila eksperimentalne vežbe za jačanje mišića kukova. Korišćen je ANOVA statistički model da bi se procenile varijabile i to: brojčana skala ocene bola (svake nedelje), skala funkcionalnosti donjih ekstremiteta (LEFS – “lower extremity functional test”, svake dve nedelje), dinamometar (0,2,4,6,8 nedelja), jednonožni mini čučanj kao varijabila funkcionalnosti donjih ekstremiteta (SLMS) i Y-balans test (YBT). Ova studija je imala za cilj takođe da proceni odnos između jačanja mišića kukova i sledećih pojava: bol povezan sa ITBS, YBT ishodom, SLMS kao funkcionalnim ishodom i sa LEFS. Studija je dalje ispitala razlike između grupe kojima je dodeljeno istezanje ITB, konvencionalne vežbe i eksperimentalne vežbe za jačanje kukova i njihove efekte na gore navedene mere ishoda. Pored toga, razlike u sve tri interventne grupe su upoređivane i u odnosu na nepovređenu nogu.

Iako nije pronađena statistički značajna razlika među grupama, ovaj rad ističe da primenjene eksperimentalne vežbe za jačanje kukova mogu imati rezultata u snižavanju bola i poboljšanju snage i funkcionalnost kod osoba sa ITBS.

Veliki broj istraživanja je pokazao da su abnormalnosti u mehanici kukova i kolena povezani sa određenim brojem povreda povezanih sa trčanjem. Te povrede su sve koje su i

prethodno navedene i to: stres frakture tibije, sindrom iliotibijalnog trakta i patelofemorani sindrom. Utvrđeno je da prevelika adukcija u zglobu kuka, unutrašnjom rotacijom kukova, spoljašnjom rotacijom u zglobu kolena i kontralateralni nagib karlice može biti povezan sa mnogim povredama kod trčanja a naročito sa patelofemoralnim sindromom (PFPS) (Tracy i sar., 2008).

U poslednjoj analiziranoj studiji Willy i sar. (2011) hteli su da analiziraju da li trening snage za mišiće kukova sa fokusom na aduktore, spoljašnje rotatore može da promeni gore navedenu mehaniku trčanja povezanu sa pojavom povreda i tehniku izvođenja jednonožnog čučnja. Uzorak ispitanika od 20 žena koje se rekreativno bave trčanjem raspoređen je u kontrolnu i eksperimentalnu grupu. Ispitanici su odabrani na osnovu kriterijumima nedeljne kilometraže trčanja i prema godinama. Instrumentalnom analizom pokreta utvrđeno je da imaju prekomernu adukciju u zglobu kuka tokom trčanja. Eksperimentalnoj grupi je dodeljen program treninga snage za mišiće kukova u trajanju od 6 nedelje. Vežbe su izvođene 3 puta sedmično. Kontrolnoj grupi nije dodeljena trening intervencija ali su zadržali nedeljnu distancu trčanja. Koristeći dinamometar i standardne procedure praćenja pokreta, jačina kukova i mehanika trčanja i jednonožnog čučnja su procenjivane pre i posle intervencije trening programa. Rezultati su pokazali da se snaga mišića aduktora i spoljašnjih rotatora kukova značajno povećala ( $P < .005$ ) međutim nije došlo do značajne promene u mehanici kolena i kukova tokom trčanja. Rezultati sugerišu da ako trening nije podređen konkretno mehanici trčanja, ova trening intervencija ne dovodi do smanjenja abnormalnosti. Autori navode da trening za jačanje kukova treba biti kombinovan sa specifičnim neuromuskularnim re-treningom da bi se otklonili šabloni povezani sa patologijom tokom trčanja.

## 6.0 ZAKLJUČAK

Na osnovu dosadašnjih istraživanja, najčešće povrede kod trkača na duge distance javljaju se u predelu potkolenice i kolena.

Najčešće povrede su izazvane neadekvatnim planom treninga i manjkom odmora što dovodi do sindroma prenaprezanja. Od akutnih povreda najčešća su uganuća skočnog zgloba. Međutim daleko učestalije su povrede nastale usled prenaprezanja.

Pregledom literature zaključujemo da u strukturama donjih ekstremiteta često dolazi do upalnog procesa izazvanog nisko intenzivnim ponavljanjem pokreta koje često predugo traje i kulminiše povredom ali tačan uzrok i specifičnu povredu teško je odrediti. Zato se mnoge pojave stavljaju pod okrilje sindroma trkačke potkolenice npr. stresnog preloma zamora tibije, hronični sindrom fascijalnog prostora, periostitisa tibije, preterane pronacije stopala. Čest je i sindrom trkačkog kolena koji označava upalne procese u predelu između patele i glave butne kosti

Ponavljanje istih pokreta, tj. iste udarne sile za vreme trčanja često izazivaju bol u potkolenici. Takva bol ponekad nastaje zbog specifične povrede (npr. stresnog preloma zamora tibije, hronični sindrom fascijalnog prostora, periostitisa tibije, preterane pronacije stopala), ali tačan se uzrok često ne može utvrditi, te se svi zajedno opisuju izrazom “trkačka potkolenica”. Analizom rezultata predstavljenih istraživanja možemo zaključiti da izolovane vežbe snage za mišiće kukova i kolena nemaju veliki uticaj na mehaniku trčanja povezanu sa povredama. Daleko efikasnije rezultate daje kombinacija treninga snage sa neuromuskularnim treningom.

Da bi se predupredilo nastajanje hroničnog stresa trkači bi najčešće trebali da smanje obim trčanja. Uvideli smo i da vežbe snage i programi rehabilitacije kinetičkog lanca imaju veliku ulogu u bezbednom trčanju i smanjenju razvoja povreda. Trkači koji su slabiji u izvođenju zadnjeg čučnja mogu imati problema sa biomehanikom trčanja što će posledično uticati na povrede kolena Međutim potrebna su dodatna istraživanja da bi se utvrdili programi treninga snage u prevenciji povreda kod trkača na duge distance. Program rehabilitacije kinetičkog lanca, iako važan za sve vrste trkača, posebno igra veliku ulogu kod trail trkača. Oni bi trebalo u svoj program da uvrste pliometrijske vežbe, vežbe neuromotorne kontrole i dinamičke fleksibilnosti.

## 7.0 REFERENCE

1. Bates P. (1985). Shin splints--a literature review. *British journal of sports medicine*, 19(3), 132–137. <https://doi.org/10.1136/bjism.19.3.132>.
2. Bennett, J. E., Reinking, M. F., Pluemer, B., Pentel, A., Seaton, M., & Killian, C. (2001). Factors contributing to the development of medial tibial stress syndrome in high school runners. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*, 31(9), 504–510. <https://doi.org/10.2519/jospt.2001.31.9.504>.
3. Čoh, M.. (2012) SINDROM PRENAPREZANJA U TRČANJU, Fakultet za sport , Univerzitet Ljubljana Slovenija.
4. Dierks, T. A., Manal, K. T., Hamill, J., & Davis, I. S. (2008). Proximal and distal influences on hip and knee kinematics in runners with patellofemoral pain during a prolonged run. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*, 38(8), 448–456. <https://doi.org/10.2519/jospt.2008.2490>
5. Ferretti A. (1986). Epidemiology of jumper's knee. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 3(4), 289–295. <https://doi.org/10.2165/00007256-198603040-00005>
6. Fields, K. B., Sykes, J. C., Walker, K. M., & Jackson, J. C. (2010). Prevention of running injuries. *Current sports medicine reports*, 9(3), 176–182. <https://doi.org/10.1249/JSR.0b013e3181de7ec5> Kakouris N, Yener N, Fong DTP. A systematic review of running-related musculoskeletal injuries in runners. *J Sport Health Sci*. 2021 Sep;10(5):513-522. doi: 10.1016/j.jshs.2021.04.001. Epub 2021 Apr 20. PMID: 33862272; PMCID: PMC8500811.
7. Habrlin, N. (2021). Fizikalna terapija kod sindroma prenaprezanja u trkača dugoprugaša (Završni rad). Koprivnica: Sveučilište Sjever. Preuzeto s <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:122:096894>
8. Hadeed, A., & Tapscott, D. C. (2023). Iliotibial Band Friction Syndrome. In StatPearls. StatPearls Publishing.
9. Harvie, D., O'Leary, T., & Kumar, S. (2011). A systematic review of randomized controlled trials on exercise parameters in the treatment of patellofemoral pain: what works?. *Journal of multidisciplinary healthcare*, 4, 383–392. <https://doi.org/10.2147/JMDH.S24595>

10. Lieberman, D. E., Venkadesan, M., Werbel, W. A., Daoud, A. I., D'Andrea, S., Davis, I. S., Mang'eni, R. O., & Pitsiladis, Y. (2010). Foot strike patterns and collision forces in habitually barefoot versus shod runners. *Nature*, 463(7280), 531–535.  
<https://doi.org/10.1038/nature08723>.
11. Mattock J, Steele JR, Mickle KJ. A protocol to prospectively assess risk factors for medial tibial stress syndrome in distance runners. *BMC Sports Sci Med Rehabil*. 2018 Nov 22;10:20. doi: 10.1186/s13102-018-0109-1. PMID: 30479774; PMCID: PMC6251115.
12. McKay, J., Maffulli, N., Aicale, R., & Taunton, J. (2020). Iliotibial band syndrome rehabilitation in female runners: a pilot randomized study. *Journal of orthopaedic surgery and research*, 15(1), 188. <https://doi.org/10.1186/s13018-020-01713-7>
13. McKeon PO, Hertel J, Bramble D, et al., 2015 The foot core system: a new paradigm for understanding intrinsic foot muscle function, *British Journal of Sports Medicine* 2015;49:290
14. Menéndez, C., Batalla, L., Prieto, A., Rodríguez, M. Á., Crespo, I., & Olmedillas, H. (2020). Medial Tibial Stress Syndrome in Novice and Recreational Runners: A Systematic Review. *International journal of environmental research and public health*, 17(20), 7457. <https://doi.org/10.3390/ijerph17207457>
15. Moffit TJ, Montgomery MM, Lockie RG, Pamukoff DN. Association Between Knee- and Hip-Extensor Strength and Running-Related Injury Biomechanics in Collegiate Distance Runners. *J Athl Train*. 2020 Dec 1;55(12):1262-1269. doi: 10.4085/1062-6050-0532.19. PMID: 33196827; PMCID: PMC7740053.
16. Pećina, M., Bojanić, I. i Hašpl, M. (2001). Sindromi prenaprezanja u području koljena. *Arhiv za higijenu rada i toksikologiju*, 52 (4), 429-439.
17. Rathleff, M.S., Mølgaard, C.M., Fredberg, U., Kaalund, S., Andersen, K.B., Jensen, T.T., Aaskov, S. and Olesen, J.L. (2015), HL strength training and plantar fasciitis. *Scand J Med Sci Sports*, 25: e292-e300. <https://doi.org/10.1111/sms.12313>
18. Rathleff, M.S., Mølgaard, C.M., Fredberg, U., Kaalund, S., Andersen, K.B., Jensen, T.T., Aaskov, S. and Olesen, J.L. (2015), HL strength training and plantar fasciitis. *Scand J Med Sci Sports*, 25: e292-e300. <https://doi.org/10.1111/sms.12313>

19. Reinking, M. F., Austin, T. M., Richter, R. R., & Krieger, M. M. (2017). Medial Tibial Stress Syndrome in Active Individuals: A Systematic Review and Meta-analysis of Risk Factors. *Sports health*, 9(3), 252–261. <https://doi.org/10.1177/1941738116673299>.
20. Richard Higgins , Peter Brukner , Bryan English, (2009), *Osnove sportske medicine. Data status*
21. Smerdelj, M., Madjarević, M., Oremuš, K.(2001) Sindromi prenaprezanja na potkoljenici i stopalu. *Arh Hig Rada Toksikol* 2001;52:451-46
22. Taddei, U. T., Matias, A. B., Duarte, M., & Sacco, I. C. N. (2020). Foot Core Training to Prevent Running-Related Injuries: A Survival Analysis of a Single-Blind, Randomized Controlled Trial. *The American journal of sports medicine*, 48(14), 3610–3619. <https://doi.org/10.1177/0363546520969205>
23. Toresdahl, B. G., McElheny, K., Metzl, J., Ammerman, B., Chang, B., & Kinderknecht, J. (2020). A Randomized Study of a Strength Training Program to Prevent Injuries in Runners of the New York City Marathon. *Sports health*, 12(1), 74–79. <https://doi.org/10.1177/1941738119877180>
24. Tracy A. Dierks, Kurt T. Manal, Joseph Hamill, and Irene S. Davis, Proximal and Distal Influences on Hip and Knee Kinematics in Runners With Patellofemoral Pain During a Prolonged Run, *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* 2008 38:8, 448-456
25. Vincent HK, Brownstein M, Vincent KR. Injury Prevention, Safe Training Techniques, Rehabilitation, and Return to Sport in Trail Runners. *Arthrosc Sports Med Rehabil*. 2022 Jan 28;4(1):e151-e162. doi: 10.1016/j.asmr.2021.09.032. PMID: 35141547; PMCID: PMC8811510.
26. Willy, R. W., & Davis, I. S. (2011). The effect of a hip-strengthening program on mechanics during running and during a single-leg squat. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*, 41(9), 625–632. <https://doi.org/10.2519/jospt.2011.3470>