

UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA ŠPORT

DIPLOMSKA NALOGA

DAVID HAMERŠAK

Ljubljana, 2011

UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA ŠPORT

Športno treniranje
Atletika

**BIOMEHANSKE ZNAČILNOSTI TEKA TER TIPIČNE
TEKAŠKE POŠKODBE IN NJIHOVA PREVENTIVA**

DIPLOMSKA NALOGA

MENTOR

prof. dr. Milan Čoh, prof. šp. vzg.

SOMENTOR

viš. pred. mag. Miroљjub Jakovljević, viš. fiziот., univ. dipl. org.

RECENZENT

doc. dr. Edvin Dervišević, dr. med.

Ljubljana, 2011

ZAHVALA

Mentorju prof. dr. Milanu Čohu in somentorju viš. pred. mag. Miroljubu Jakovljeviću se zahvaljujem za strokovno vodenje in nasvete pri izdelavi diplomske naloge. Zahvala gre tudi recenzentu doc. dr. Edvinu Derviševiću, za pregled in recenzijo diplomskega dela.

Ključne besede: tek, biomehanika teka, tekaške poškodbe, dejavniki tveganja, preventiva

Naslov diplomskega dela: Biomehanske značilnosti teka ter tipične tekaške poškodbe in njihova preventiva

Ime in priimek avtorja: David Hameršak

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport, 2011

Športno treniranje, Atletika

Število strani: 91, število virov: 108.

IZVLEČEK

Predmet diplomskega dela je obravnava biomehanike teka, tekaških poškodb in preventivnih ukrepov. V diplomski nalogi obravnavamo razlike v biomehaniki teka med šprinterskimi teki ter teki na srednje in dolge proge pri vrhunskih tekačih, opisujemo pa tudi tehniko teka, sile pri teku ter vpliv različnih dejavnikov na razvoj sil. Predstavljene so tudi najbolj značilne tekaške poškodbe ter njihova pojavnost pri teku, osredotočili pa smo se na poškodbe spodnjega uda. Pri pojavnosti poškodb smo predstavili vzroke biomehanskih razlik pri teku in značilne tekaške poškodbe pri tekih na srednje in dolge proge ter šprinterskem teku. Prav tako smo predstavili dejavnike, ki poškodbe povzročajo. Poškodbe so predstavljene glede na telesni segment (stopalo, gleženj, koleno, kolk in hrbet). V diplomski nalogi tudi opisujemo preventivne ukrepe, poudarjena pa je pomembnost le-teh. Pri podajanju informacij o omenjeni tematiki se sklicujemo na domačo ter tujo strokovno in znanstveno literaturo, pri podajanju sklepov pa upoštevamo omenjene ugotovitve. Diplomsko delo tako obravnava tek kot atletske disciplino iz različnih strokovnih področij, predvsem biomehanike in medicine športa.

Key words: running, biomechanics of running, running injuries, risk factors, prevention

Graduate thesis: Biomechanical characteristics of the running and the typical running injuries and their prevention

Name and surname of the author: David Hameršak

University of Ljubljana, Faculty of sport, 2011

Sports Training, Athletics

Number of pages: 91, Number of sources: 108.

ABSTRACT

The theme of this diploma work is the discussion of the biomechanics of running, the running injuries and the preventive measures. In this diploma work we are discussing the differences in the biomechanics of running at sprints, medium-distance and long-distance running raced by the topmost runners; we are also describing the running technique, the forces in running and the influence of different factors on the development of the forces. The most typical running injuries are also presented, where we have focused on the injuries of the lower limb. By describing the appearance of the injuries we presented the reasons of biomechanical differences at the running and typical injuries at sprints, medium-distance and long-distance running. We have presented the factors that cause the injuries as well. The injuries are presented in view of a corporal segment (a foot, an ankle, a knee, a hip and a back). In this diploma work we are also describing the preventive measures the importance of which is emphasized. At giving the information about the mentioned themes we refer to the domestic and foreign professional and scientific sources; at giving the conclusions we are considering the mentioned findings. This diploma work deals with the running as an athletic discipline considering different professional fields, especially biomechanics and sports medicine.

Kazalo

1. Uvod.....	8
1. 1 Šprinterski tek	10
1. 2 Tek na srednje in dolge proge	19
1. 2. 1 Kinematična analiza nog pri teku na srednje in dolge proge	23
1. 2. 2 Aktivnost mišic pri teku- elektromiogram	29
1. 3 Sile pri teku	33
1. 3. 1 Vpliv načina postavitve stopala na velikost sile	39
1. 3. 2 Vpliv obutve na velikost sile.....	42
2. Poškodbe v športu	45
2.1 Tekaške poškodbe	46
2.1.1 Poškodbe glede na telesni segment.....	50
2.1.1.1 Poškodbe stopala.....	53
2.1.1.2 Poškodbe gležnja	57
2.1.1.3 Poškodbe goleni	58
2.1.1.4 Poškodbe v področju kolena	60
2.1.1.5 Poškodbe v področju kolka.....	63
2.1.1.6 Poškodbe hrbta.....	65
2.1.2 Poškodbe pri teku na srednje in dolge proge	66
2.1.3 Poškodbe pri šprintu	68
2.2 Preventivni ukrepi proti nastanku poškodb.....	72
3. Metode dela.....	77
4. Sklep in razprava.....	78
5. Viri	81

1. Uvod

Atletika, poznana tudi kot kraljica športa, nima tega naziva zaman. Atletika je še vedno najbližje antični olimpijski tradiciji, saj v vseh pogledih stremi k olimpijskim ciljem – citius, altius, fortius. Tako je tudi zaradi pestrosti in zahtevnosti atletskih disciplin. Atletika je tako sestavni del vseh ostalih športnih disciplin, saj zajema naravne oblike gibanj kot so hoja, teki, meti in skoki.

V diplomski nalogi se bomo ukvarjali predvsem s tekaškimi disciplinami. Tek tako razdelimo na teke na kratke proge (šprinti do 400 m), teke na srednje proge (od 800 do 2000 m), teke na dolge proge (od 3000 do 10000 m) ter teke na ultra dolge proge (od 20 do 100 km) (Čoh, 2002). Najbolj očitno razliko lahko opazimo med šprinterskimi disciplinami na eni strani in ostalimi tekaškimi disciplinami na drugi. Razlike so vidne tako v tehničnem kot biomehanskem smislu.

Čeprav sodi tek med dokaj nenevarne atletske discipline, pa lahko vseeno pride do določenih poškodb. Predvsem gre za različne poškodbe spodnjega uda. Poškodbe se razlikujejo tako po načinu nastanka, kot po trajanju in resnosti le-teh. Do razlik prihaja tudi zaradi samih biomehanskih razlik v teku, predvsem če primerjamo šprinterske preizkušnje z ostalimi tekaškimi preizkušnjami. Biomehanski dejavniki imajo velik vpliv na pojavnost poškodb pri teku, saj gre pri tekih na daljše razdalje za določene ponavljajoče se obremenitve posameznih telesnih segmentov, zato so značilnejše preobremenitvene poškodbe. Za šprint so značilni nenadni in sunkoviti gibi, amplitude gibanja so velike, zato se večkrat pojavijo akutne poškodbe. Pri tekih na srednje in dolge proge tako prevladujejo poškodbe spodnjega uda, najpogosteje poškodovan telesni segment je koleno, pogosto pa so poškodovani tudi stopalo, gleženj in golen. Pri šprinterskih disciplinah so zelo pogosto poškodovane zadnje stegenske mišice, ponavadi pa gre za nateg mišic.

Vrhunski šport predstavlja za posameznika velike telesne obremenitve, ki so mnogokrat za povprečnega posameznika nepredstavljive. Na ta račun so poškodbe reden spremljevalec vrhunskih športnikov, tudi tekači niso nobena izjema. Ker se vsak tekač zaveda, kako mu že

najmanjša poškodba lahko prepreči dosežek vrhunskega rezultata, je pomembno, da pozna preventivne ukrepe s katerimi se izogne morebitnim poškodbam oziroma rehabilitacijske ukrepe, kako nastalo poškodbo čim hitreje in učinkoviteje odpraviti. Poznavanje tega je pomembno za športnika, prav tako pa tudi za njegovo strokovno ekipo.

Tako bomo v diplomski nalogi predstavili biomehanske značilnosti šprinterskega teka, kakor tudi teka na srednje in dolge proge. Predstavljene biomehanske razlike bodo tudi osnova za predstavitev poškodb, ki so posledica biomehanskih dejavnikov. Izvedli bomo tudi primerjavo med pojavnostjo poškodb pri obeh skupinah tekačev ter podali informacije o preventivnih ukrepih. Pri poškodbah se bomo osredotočili samo na poškodbe spodnjega uda, v povezavi s tem bomo omenili tudi poškodbe hrbta. Pri šprinterskem teku bomo obravnavali tek z maksimalno hitrostjo, štartno akcijo bomo z vidika biomehanike in poškodb izključili iz obravnave, saj gre za zelo kompleksno in obširno tematiko.

1. 1 Šprinterski tek

Šprint je tek, kjer tekač teče z maksimalno možno hitrostjo in je najhitrejši način gibanja človeka brez dodatnih pripomočkov (Čoh, 2002). Gre za monostrukturno ciklično gibanje, ki je odvisno od številnih biomehanskih dejavnikov, ki so med seboj soodvisno povezani. Pri šprinterskem teku različni avtorji navajajo različne faze, mnogi izhajajo iz sto-metrške razdalje. Helmick (2003) je šprint razdelil v fazo štarta, fazo pospeševanja, fazo maksimalne hitrosti in fazo upadanja hitrosti. Faze prikazuje slika 1. V našem primeru ne bomo opisovali vseh faz posebej, ampak bomo opisali skupne značilnosti šprinterskega teka. Faze štarta, ki zaradi svoje specifičnosti najbolj odstopa od ostalih faz, ne bomo vključili v predmet razprave.



Slika1. Faze v šprinterskem teku (Horvat, 2008).

Osnovna struktura šprinterskega koraka je dvojni tekaški korak, ki tvori en ciklus tekaškega koraka. V ciklusu se tako izmenjata dobi opore z eno in nato drugo nogo ter dve dobi zamaha (Čoh, 2002). Gibanje vsake noge se nadalje razdeli na 4 faze. Dobo opore razdelimo na fazo sprednje in zadnje opore, dobo zamaha pa na fazo sprednjega in zadnjega zamaha. Po končanem odzivu sledi faza leta. Tako je mogoče pri prehodu iz ene v drugo fazo identificirati štiri momente:

- trenutek zapuščanja podlage z odzivno nogo, ki deli fazo zadnje opore od faze zadnjega zamaha,
- trenutek sprednjega dotika, ki deli fazo sprednjega zamaha od faze sprednje opore,
- trenutek vertikale oporne noge, ki deli fazi sprednje in zadnje opore,
- trenutek vertikale zamašne noge, ki deli fazi zadnjega in sprednjega zamaha (Čoh, 2002).

Faze tekaškega koraka prikazujeta tabela 1 in slika 2.

Tabela 1

Struktura tekaškega koraka (Čoh, 2002).

Faze	Faza zadnjega zamaha	Faza sprednjega zamaha	Faza sprednje opore	Faza zadnje opore
Začetek	Trenutek zapuščanja podlage	Trenutek vertikale zamašne noge	Trenutek sprednjega dotika	Trenutek vertikale odzivne noge
Konec	Trenutek vertikale zamašne noge	Trenutek sprednjega dotika	Trenutek vertikale odzivne noge	Trenutek zapuščanja podlage



Slika 2. Kinogram tekaškega koraka (Jelen, 2008).

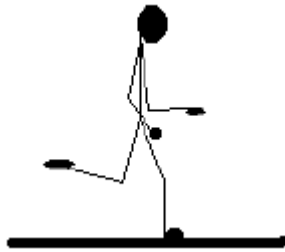
V nadaljevanju bomo podrobneje predstavili strukturo tekaškega koraka. **Faza zadnjega zamaha** se prične, ko stopalo odzivne noge zapusti podlago. Noga se prične pomikati naprej do momenta vertikale. V tej fazi je kolenski sklep močno pokrčen, peta pa je visoko, višje od kolena. Zamašna noga na začetku te faze nekoliko zaostaja za gibanjem tekača, kar je posledica večje hitrosti centralnega telesnega težišča (CTT) tekača (v nadaljevanju CTT).

Faza sprednjega zamaha je nadaljevanje faze zadnjega zamaha in se prične v trenutku vertikale ter konča z dotikom tal. Zamah z zamašno nogo ima obremenilen učinek, ko se koleno zaustavi, pa pride do razbremenilnega učinka. Razbremenilni učinek je odvisen od ostrine blokade kolena zamašne noge v najvišji točki. Ker predstavlja masa zamašne noge okrog 20 odstotkov telesne mase, predstavlja določeno kinetično energijo in vztrajnost, kar je pomemben prispevek k propulzivni sili, ki potiska tekača v smeri naprej. Kriterij učinkovitosti sprednjega zamaha je odprtost kota med obema stegnuma ter kotom med stegnom zamašne noge in horizontalo. Ta kot mora biti čim manjši (Čoh, 2002). Ko se koleno zaustavi je končana prva faza sprednjega zamaha, sledi nihanje v kolčnem sklepu in aktivno grabljenje v smeri nazaj. Aktivno grabljenje je zelo pomembno zaradi zmanjšanja časa oporne faze, nevtralizacije negativne sile podlage in ima ugoden vpliv na frekvenco korakov. Fazo sprednjega zamaha prikazuje slika 3.



Slika 3. Faza sprednjega zamaha (Horvat, 2008).

Faza sprednje opore se prične s prvim dotikom tal in se konča v fazi vertikale odzivne noge. Gre za ključni dejavnik učinkovitosti šprinterskega teka, dotik je zelo odvisen od aktivnega grabljenja v prejšnji fazi. Šprinter postavi stopalo navzdol pred sebe, prvi dotik je z zunanjim sprednjim delom stopala. Razdalja od točke dotike do projekcije točke CTT na podlago mora biti čim krajša, saj v tem delu deluje na tekača negativna sila reakcije podlage, ki ga zavira, zato pade tudi hitrost teka. Krajša je ta razdalja, manjša je sila reakcije podlage. Negativna sila reakcije podlage deluje do trenutka, ko projekcija točke CTT preide točko prvega dotika. Težnja šprinterja je tako čim bližja postavitvev stopala projekciji točke CTT na podlago in pa amortizacija sile reakcije podlage z ekscentričnim delovanjem mišic odzivne noge, kar pomeni, da se koti v skočnem kolenskem in kolčnem sklepu nekoliko zmanjšajo. Pri vrhunskih šprinterjih je razdalja med projekcijo težišča in prvim dotikom okrog 35–45 centimetrov. Kot postavljanja odzivne noge pri vrhunskih šprinterjih znaša 65–70stopinj, kot amortizacije v kolenskem sklepu pa 165–170stopinj (Čoh, 2002). Fazo sprednje opore prikazuje slika 4.



Slika 4. Faza sprednje opore (Horvat, 2008).

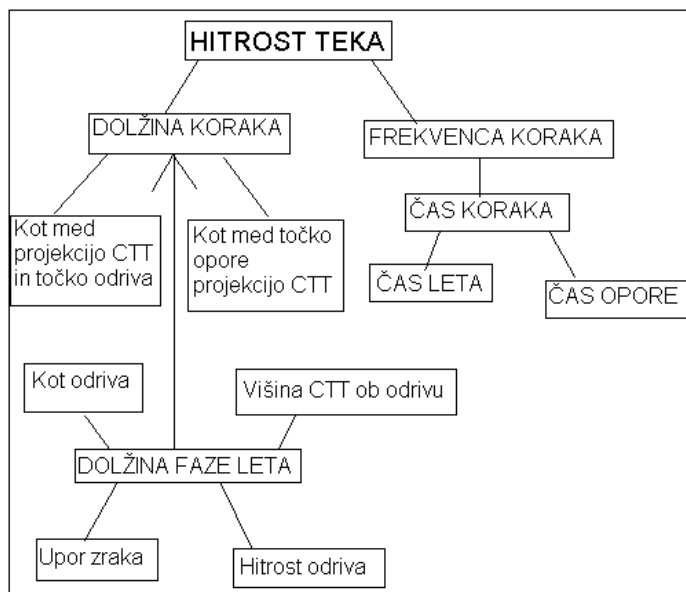
Faza zadnje opore se prične v trenutku vertikale odzivne noge in konča ob zapustitvi podlage. V tej fazi je najpomembnejša velikost in smer sile s katero šprinter deluje na podlago. Sila reakcije podlage vpliva na gibanje tekača v smeri naprej, ima pa vertikalno in horizontalno komponento. Vertikalna komponenta sile reakcije vpliva na gibanje CTT šprinterja v smeri gor-dol, horizontalna pa vpliva na gibanje v smeri naprej. Iz tega dejstva je razvidno, da mora biti horizontalna komponenta čim večja, vertikalna pa čim manjša. Velikost komponent je odvisen od odzivnega kota, ki mora biti čim ostrejši. V normalnih pogojih tako govorimo o najbolj optimalnem kotu odziva, saj je ta odvisen od številnih dejavnikov, kot so antropometrične mere šprinterja, sile trenja in gibljivosti v kolčnem sklepu. V tem delu igrajo pomembno vlogo mišice ekstenzorji skočnega, kolenskega in kolčnega sklepa, ki delujejo koncentrično. Fazo zadnje opore prikazuje slika 5.



Slika 5. Faza zadnje opore (Horvat, 2008).

Pri šprinterskem teku je zelo pomembno razviti veliko silo na podlago. Tek mora biti zelo kontinuiran, pri tem pa sta zelo pomembna dva parametra, in sicer sta to frekvenca in dolžina koraka. Frekvenca in dolžina koraka opredeljujeta maksimalno šprintersko hitrost. Teoretično lahko maksimalno hitrost zagotovimo z maksimalno frekvenco korakov pri maksimalni dolžini korakov. Vendar le optimalno razmerje med frekvenco in dolžino korakov omogoči doseganje maksimalne hitrosti. Na obe komponenti vpliva več dejavnikov, te predstavlja tudi slika 6. Hitrost lahko tako povečamo s povečevanjem enega ali drugega parametra, ali pa obeh hkrati. Obe komponenti sta med seboj odvisni, kar pomeni, da ima povečanje dolžine korakov za posledico zmanjšanje frekvence in obratno. Optimalno razmerje med dolžino in frekvenco koraka je odvisno od nekaterih morfoloških značilnosti tekača, predvsem sta pomembni meri telesna višina in dolžina nog. Višji šprinterji imajo ob daljših nogah praviloma daljši korak, nižji pa imajo krajši korak ob večji frekvenci. Razmerje je individualno pogojeno, saj sta oba

parametra povezana z večimi dejavniki. Dolžina koraka je v največji meri odvisna od velikosti horizontalne sile reakcije podlage, za kar so odgovorne mišice iztegovanke skočnega, kolenskega in kolčnega sklepa. Dolžina koraka je odvisna tudi od gibljivosti kolčnega obroča v sagitalni smeri, od čim večjega kota med stegnoma in od odzivnega kota v fazi zadnje opore. Faza odziva mora biti pri šprinterju čim krajša. Boljši tekači imajo tako krajši oporni čas in daljši čas leta, vendar kljub krajšemu kontaktu razvijejo večjo silo reakcije podlage. Na čas leta vplivajo tako hitrost odziva, kot odziva, višina CTT ob odzivu ter upor zraka.



Slika 6. Prikaz dejavnikov, ki vplivajo na frekvenco in dolžino koraka (Hay, 1993).

Dolžina koraka je vsota faze opore in faze leta. Hay (1993) odstotkovno navaja prispevek posamezne faze k dolžini koraka:

- horizontalna razdalja med projekcijo CTT in točko odziva (26 %),
- dolžina faze leta (57 %),
- razdalja med projekcijo CTT in oporno točko (17 %).

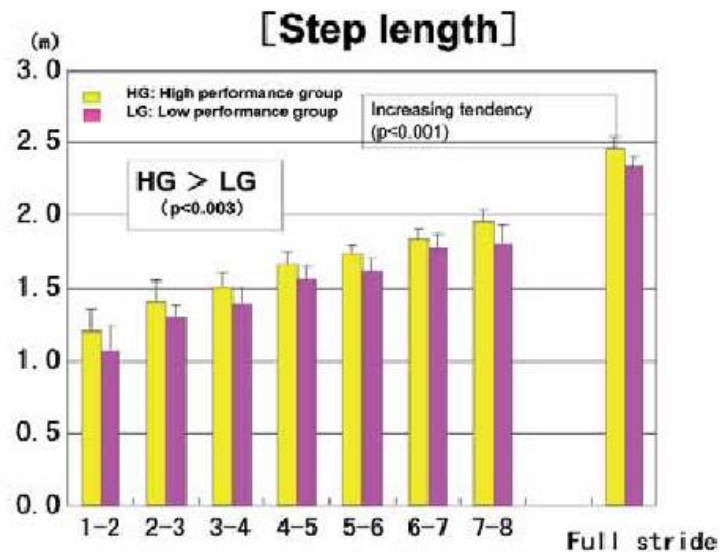
Razvidno je, da k dolžini koraka največ doprinese dolžina faze leta, in sicer 57 odstotkov. Vsak odziv pri teku lahko fizikalno opišemo kot poševni met, za katerega veljajo točno določene fizikalne lastnosti. Za dolžino leta so tako pomembni:

- hitrost odziva,
- kot odziva,
- višina CTT ob odzivu,
- razlika v višini CTT med pri odzivu in pristanku,
- upor zraka.

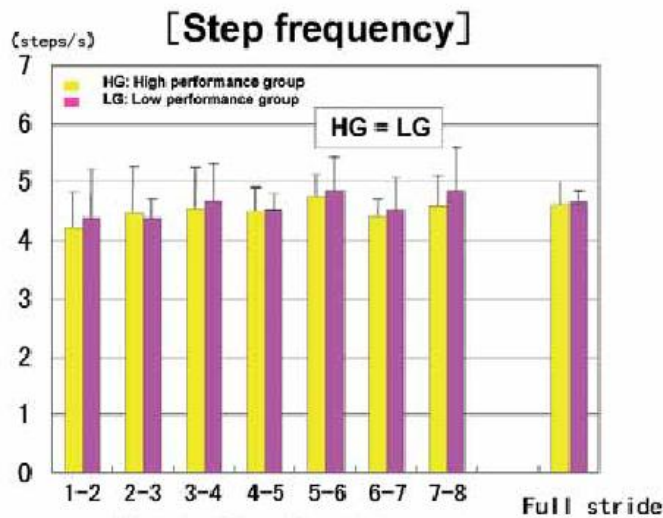
Ker so tekaševe antropometrične značilnosti pomembne za dolžino koraka, se številni strokovnjaki ukvarjajo s vprašanjem, kakšna je optimalna dolžina koraka. Locatteli (1996) navaja formulo za izračun optimalne dolžine koraka. Da dobimo dolžino koraka, izmerimo dolžino noge atleta in pomnožimo s koeficientom 2,4.

Frekvenca korakov ni toliko odvisna od antropometričnih lastnosti šprinterja, temveč od delovanja centralnega živčnega sistema, zlasti prevodnosti živčno-mišičnih sinaps v pogojih maksimalnega vzdraženja. Pri visoki frekvenci gibanja je pomembno hitro in natančno vključevanje in izključevanje antagonističnih in sinergističnih mišic pri šprinterskem teku. Dejavnika visoke frekvence sta kratek odzivni čas in čas trajanja faze leta. Razmerje oporne in letne faze v območju teka s hitrostjo 10 m/s–11 m/s je od 1:1,3 do 1:1,5 (Hay, 1993).

Čoh (2002) navaja, da imajo vrhunski šprinterji zelo kratek čas opore, ta znaša 85–90 milisekund. Boljši šprinterji imajo tudi daljši korak pri višji frekvenci. Ito, Ishikawa, Isolehoto in Komi (2006) so v raziskavi, opravljeni na svetovnem prvenstvu leta 1995, prišli do podobnih ugotovitev. Šprinterje so razdelili na boljše in slabše glede na dosežen čas v teku na 100 metrov. Šprinterji v boljši skupini so dosegli čas med 10,12 in 10,32 sekunde, šprinterji v slabši skupini so dosegli čas med 10,40 in 10,90 sekunde. Izkazalo se je, da so boljši šprinterji dosegli statistično značilno višje vrednosti v dolžini koraka, medtem ko pri frekvenci ni bilo bistvenih razlik. Dolžino in frekvenco koraka prikazujeta sliki 7 in 8. Prikazani sta dolžina koraka in frekvenca v prvih osmih korakih, ter dolžina in frekvenca koraka izmerjeni na razdalji med štiridesetim in osemdesetim metrom na sto-metrski razdalji.



Slika 7. Dolžina koraka v prvih osmih korakih in na razdalji med štiridesetim in osemdesetim metrom (Ito idr., 2006).



Slika 8. Frekvenca koraka v prvih osmih korakih in na razdalji med štiridesetim in osemdesetim metrom (Ito idr., 2006).

Podobne ugotovitve navaja tudi Mačkala (2007). Finalisti teka na 100 metrov na svetovnem prvenstvu v Tokiu leta 1991 so imeli povprečno vrednost dolžine koraka 2,56m, povprečno vrednost frekvence koraka pa 4,57 Hz. Vrednosti so bile izmerjene na 10-metrskih odsekih, predstavljene vrednosti so iz najhitrejšega odseka med 80-im in 90-im metrom. Vrednosti za posameznega atleta so predstavljene v tabeli 2.

Tabela 2

Hitrost, frekvenca in dolžina koraka med 80 in 90 metrom za posameznega šprinterja (Mačkala, 2007).

	Hitrost (m/s)	Frekvenca koraka (Hz)	Dolžina koraka (m)
LEWIS	12,05	4,45	2,71
BURRELL	11,90	4,50	2,64
MITCHELL	11,63	4,60	2,53
CHRISTIE	11,76	4,75	2,48
FREDERICKS	11,76	4,80	2,45
STEWART	11,49	4,50	2,52
DA SILVA	11,49	4,69	2,45
SURIN	11,49	4,23	2,72

1. 2 Tek na srednje in dolge proge

Na učinkovitost teka na srednje in dolge proge ima vzdržljivost zelo pomembno vlogo. Gre za kompleksno sposobnost, ki jo definira učinkovitost funkcionalnih sistemov za produkcijo energije, psihološki dejavniki in optimalna tehnika teka (Škof, 2001).

Pri tekih na srednje in dolge proge lahko prav tako obravnavamo tek v različnih fazah kot pri šprinterskem teku. Ločimo fazo zamaha in fazo opore, nadalje pa razdelimo fazo zamaha na fazo sprednjega in zadnjega zamaha, fazo opore pa prav tako razdelimo na fazo sprednje in zadnje opore. Lastnosti posameznih faz smo opisali že pri poglavju o šprintu.

Ker je vzdržljivost omejena z določenimi fiziološkimi parametri kot so produkcija energije, odpravljanje stranskih produktov, preskrba mišic s kisikom, je težnja pri tekih na srednje in dolge proge čim večja ekonomičnost teka in s tem čim manjša poraba energije. Tekoč postane ekonomičen le z ustrezno tehniko teka, kar mu prinese večjo tekmovalno učinkovitost (Škof, 2001). Isti avtor navaja tudi, da vadba tehnike ne prinese samo izboljšanja učinkovitosti tekalnega koraka, temveč pomeni tudi izboljšanje hitrosti, moči in vzdržljivosti tekača. Seveda pa tudi vadba moči in hitrosti vpliva na izboljšanje tehnike teka.

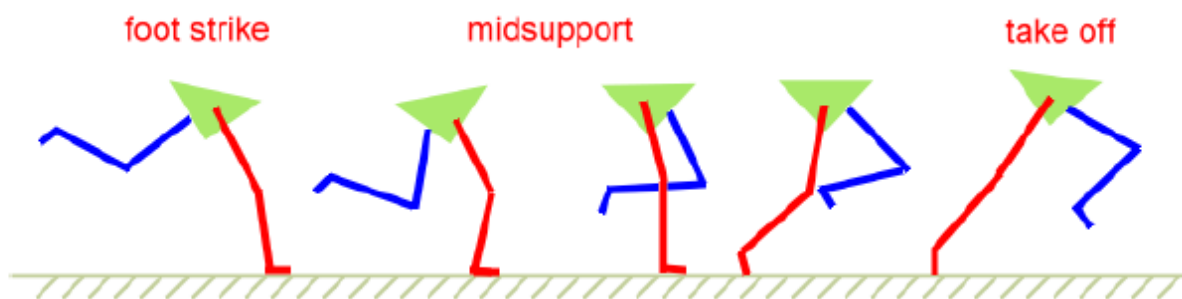
Pri opisovanju pravilne tehnike različni avtorji podajajo zelo podobne napotke (Škof, 2007; Lydiard, 1997). Pri teku naj bo telo vzravnano, položaj glave in trupa naj bo čim bolj miren, brez gibanja naprej nazaj, levo desno ali rotiranja. Boki naj bodo visoko in potisnjeni naprej, saj tako preprečimo t.i. sedeči položaj tekača. Roke naj se sproščeno gibajo ob telesu, v komolcih so pokrčene pod kotom približno 90 stopinj, tudi prsti naj bodo rahlo pokrčeni, a sproščeni. Roke se gibajo skladno s smerjo teka naprej nazaj oziroma spredaj rahlo navznoter, zadaj rahlo navzven, amplituda gibanja v ramenih je sorazmerna s hitrostjo teka. Stopala postavljamo v smeri teka in čim bolj vzporedno. Dotik tal naj bo čim bolj prožen in elastičen. Stremimo k postavljanju stopala na srednji zunanji del stopala, težo pa nato prenesemo na celotni sprednji del stopala. Postavljanje stopal je v veliki meri odvisno od hitrosti teka. Hitreje kot tečemo, bolj postavljamo stopala na sprednji del in višje dvigujemo kolena.

Tek na srednje in dolge proge se od šprinta v največji meri razlikuje v hitrosti gibanja. Gibanje pri tekih na srednje in dolge proge je počasnejše, tudi frekvenca in dolžina koraka sta nižji, gibi pa so manj sunkoviti in izvedeni z manjšimi amplitudami gibanja. Omenjeni parametri so zelo odvisni od razdalje, katero premaguje tekač oziroma hitrosti s katero se tekač giblje ter seveda od tekačevih antropometričnih in motoričnih sposobnosti. Rečemo lahko, da z naraščanjem hitrosti naraščata tako frekvenca kot dolžina koraka, povečuje se tudi amplituda gibanja.

Tek na srednje in dolge proge se od šprintov nekoliko razlikuje tudi v postavljanju stopal. Medtem ko gre pri šprintu izključno za postavljanje stopal na prvi del, prihaja pri počasnejših tekih do postavljanja stopal na srednji del, pri zelo počasnih tekih tudi na celo stopalo ali peto. Zaradi lažjega razumevanja in analize tekalnega koraka, se faza opore in faza leta razdelita na tri pod-faze (Škof 2001). Faze tekalnega koraka prikazujejo slike 9 in 10 ter 11.

Faza opore (slika 9):

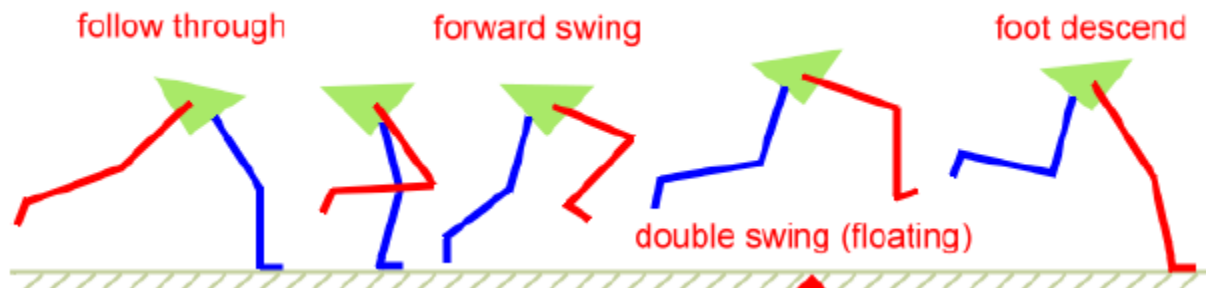
- dotik stopala s podlago (ang. foot strike); čas od prvega kontakta stopala do polne opore stopala na podlagi,
- faza srednjega opiranja (ang. midsupport); čas od začetka polne opore stopala do začetka plantarne fleksije v skočnem sklepu,
- odziv (ang. take off); čas od začetka plantarne fleksije do trenutka, ko stopalo zapusti podlago.



Slika 9. Različne faze opore (Chai, 2003).

Faza leta (slika 10):

- začetna faza leta (ang. follow through); začne se s končanim odzivom in traja do največje iztegnitve v kolčnem sklepu
- osrednja faza leta (ang. forward swinging); traja do trenutka največje upognitve v kolku, do zaključka zamaha zamašne noge
- priprava na dotik s podlago (ang. foot descent); traja zadnjo tretjino časa faze leta in se konča s prvim dotikom noge s podlago



Slika 10. Različne faze opore (Chai, 2003).



Slika 11. Faze tekalnega koraka pri teku na srednje in dolge proge (<http://www.hkpe.net>).

Začetna faza leta (sličica 2,3); osrednja faza leta (4); priprava na dotik s podlago (5); dotik stopala s podlago (6); faza srednjega opiranja (7), odziv(8,9).

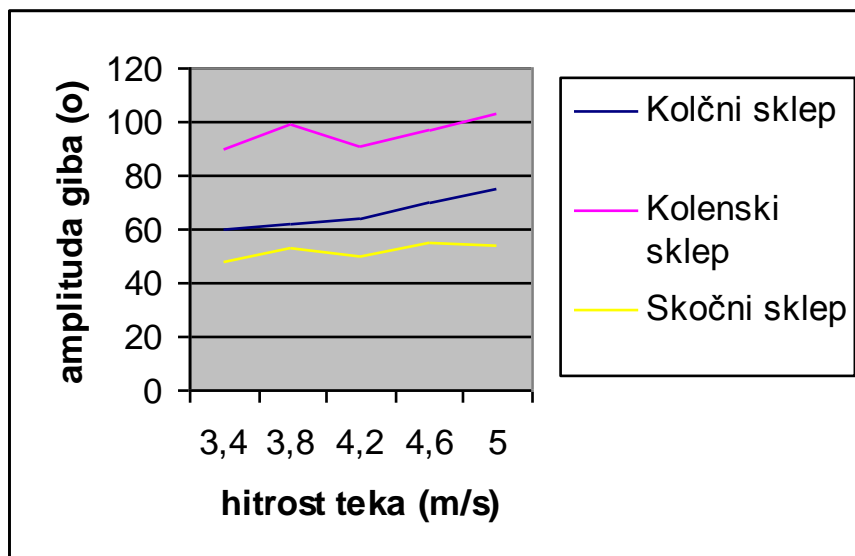
1. 2. 1 Kinematična analiza nog pri teku na srednje in dolge proge

Pri kinematični analizi teka je smiselno obravnavati kolčni, kolenski in skočni sklep ločeno, saj so amplitude gibov zelo različne. Amplitude gibov so odvisne tudi od hitrosti gibanja tekača, praviloma velja, da večja hitrost pomeni večjo amplitudo gibanja v sklepih spodnjega uda. Amplitudo gibanja v kolčnem, kolenskem in skočnem sklepu pri različnih hitrostih teka prikazuje tabela 3 in slika 12.

Tabela 3

Hitrosti teka v povezavi z amplitudami gibanja v posameznih sklepih (Škof, 2001).

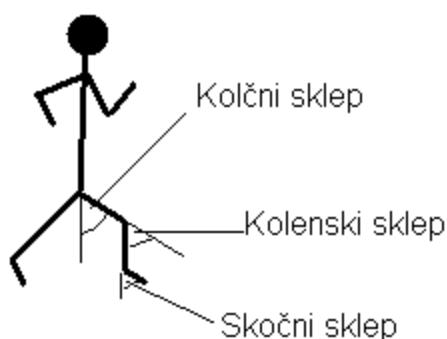
Hitrost (m/s)	3,4	3,8	4,2	4,6	5,0
	Kot (°)				
Kolčni sklep					
Fleksija	39,0	39,9	41,1	44,0	46,7
Ekstenzija	-20,6	-22,0	-23,1	-26,4	-28,0
Celotna amplituda giba	59,6	61,9	64,1	70,4	74,6
Kolenski sklep					
Kot ob dotiku s podlago	13,4	9,9	16,7	15,3	15,5
Kot maks. amortizacije	40,6	38,6	39,4	42,7	42,9
Kot pri odzivu	15,1	13,5	16,8	14,1	14,2
Maks. upognitev v fazi leta	103,9	109,3	108,1	111,5	117,3
Celotna amplituda giba	90,5	99,4	91,4	97,4	103,1
Skočni sklep					
Kot ob dotiku s podlago	91,3	90,0	91,8	92,9	92,5
Maks. dorzalna fleksija	112,4	108,0	108,7	113,0	110,8
Maks. plantarna fleksija	64,2	54,9	58,7	58,3	57,1
Celotna amplituda giba	48,2	53,1	50,0	54,7	53,7



Slika 12. Amplituda giba pri različnih hitrostih teka (Škof, 2001).

Iz grafa je razvidno, da se ob večanju hitrosti večja tudi amplituda giba v posameznem sklepu. Do največjega povečanja amplitude pride v kolčnem in kolenskem sklepu, v skočnem sklepu je amplituda povečanja relativno majhna.

Pri opazovanju kotov se po navadi kot v kolčnem sklepu meri glede na odklon od navpičnice, kot v kolenu se meri med stegnom in golenico na anteriorni strani spodnjega uda, kot v gležnju pa opišemo med namišljenim podaljškom golenice in plantarno stranjo stopala. Opisovanje kotov v posameznem sklepu prikazuje slika 13.

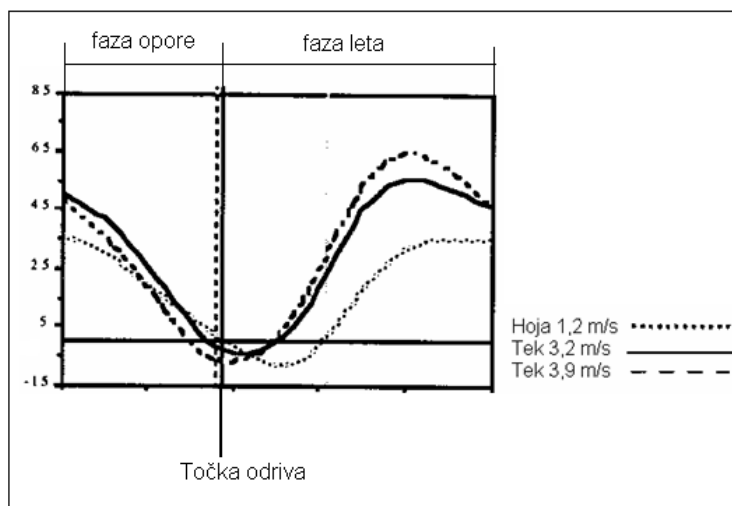


Slika 13. Prikaz meritve kotov v kolčnem, kolenskem in skočnem sklepu.

KOLČNI SKLEP

Ob prvem dotiku s podlago je kot v kolčnem sklepu okrog 25 stopinj(Škof, 2001). Kot se nato ohrani skoraj do zaključka pod-faze srednjega opiranja oziroma do največje fleksije v kolenskem sklepu. V tem položaju pride do največje amortizacije. Sledi iztegovanje v vseh sklepih spodnjega uda. Ob koncu odriva je kolčni sklep v maksimalni ekstenziji. Kot med navpičnico in stegnom je v tem položaju okrog 25 stopinj .

Po odzivni akciji se začne fleksija kolka. Velikost fleksije je zelo odvisna od hitrosti teka. Pri 3,4 m/s je le-ta 39 stopinj, pri hitrosti 5 m/s pa je velikost kota 46,6 stopinje (Škof, 2001). Razvidno je, da se s hitrostjo povečuje predvsem kot kolčnega sklepa v fazi leta. Do podobnih rezultatov je prišel tudi Novacheck (1998), ki sicer navaja nekoliko večje kote kolčnega sklepa pri istih fazah tekaškega koraka, vendar je jasno razvidno, da se koti v kolčnem sklepu v fazi leta povečujejo s hitrostjo teka. Kote v kolčnem sklepu pri hoji in različnih hitrostih teka prikazuje slika 14.



Slika 14. Prikaz kotov v kolčnem sklepu v različnih fazah tekaškega koraka (Novacheck, 1998).

Krivulja se začne ob točki prvega dotika in konča tik pred točko prvega dotika. Pikčasta črta prikazuje kote pri hoji s hitrostjo 1,2 m/s, neprekinjena črta prikazuje kote pri hitrosti teka 3,2 m/s, črtkana črta prikazuje kote pri hitrosti teka 3,9 m/s. Iz slike je razvidno, da se s hitrostjo teka povečuje tudi maksimalna fleksija kolka v fazi leta. Pri teku z večjo hitrostjo prihaja do višjega dvigovanja kolen v fazi sprednjega zamaha, s tem pa se poveča tudi dolžina koraka.

KOLENSKI SKLEP

Pri hitrosti teka med 3,4 m/s in 5 m/s se koleno pri postavitvi noge na tla upogne od 10 do 17 stopinj. Pri prvem delu oporne faze se fleksija povečuje, v fazi srednjega opiranja doseže tudi maksimalno vrednost. V drugem delu oporne faze se kolenski sklep izteguje, ob koncu odriva je kot okrog 170 stopinj. (Škof 2001). Bushnell (2004) v svoji raziskavi navaja kot 161 stopinj ob koncu odriva pri hitrosti teka 5,81 m/s, kar dokaj sovпада z ugotovitvami ostalih avtorjev.

V fazi leta se kolenski sklep začne hitro krčiti in doseže največjo fleksijo, kot je med 100 in 120 stopinj.

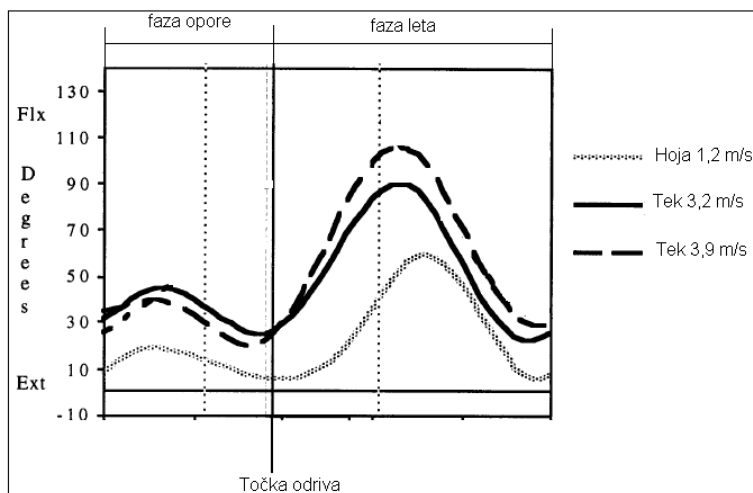
Če se poveča hitrost teka, se poveča tudi amplituda gibanja v kolenu. Grillner (1979, v Škof, 2001) je ugotovil, da se je pri hitrostih 4, 5, 6 in 7 m/s, amplituda gibanja v kolenskem sklepu povečala od 85 na 110 stopinj. Amplitude celotnega gibanja pri različnih hitrostih prikazuje tabela 4.

Tabela 4

Povečevanje celotne amplitude giba v kolenskem sklepu v odvisnosti od povečevanja hitrosti (Škof, 2001).

Hitrost giba (m/s)	Amplituda giba (°)
4	85
5	100
6	105
7	110

Tudi Novacheck (1998) podaja informacije o gibanju v kolenskem sklepu pri različnih hitrostih teka. Kote pri različnih hitrostih prikazuje slika 15.



Slika 15. Gibanje kolenskega sklepa pri tekih z različno hitrostjo (Novacheck, 1998).

Iz grafa je razvidno povečanje amplitude kota v kolenskem sklepu pri hitrejšem teku.

SKOČNI SKLEP

Ob postavitvi noge na tla, je kot v skočnem sklepu okrog 90 stopinj, nato se skozi fazo srednjega opiranja povečuje dorzalna fleksija in doseže najvišjo vrednost okrog 20 stopinj, ko je koleno v največji fleksiji. Zaustavitev dorzalne fleksije in začetek plantarne fleksije označuje začetek pospeševalnega dela faze opore (Škof,2001). Ob zaključku odriva doseže plantarna fleksija najvišjo vrednost in sicer okrog 30 stopinj. Hitrost in s tem uspešnost odriva v veliki meri predstavlja izvedena akcija v skočnem sklepu. Mišice skočnega sklepa morajo s pred-aktivacijo in togostjo zagotoviti, da je amplituda dorzalne fleksije ob prvem dotiku čim manjša, saj je le na tak način možno izvesti ustrezen in hiter odziv, posledica hitrega odriva pa je tudi prenos elastične energije absorbirane pri dotiku v odziv. Kratak in hiter razteg v kratkem času ter velika sila na koncu raztegnitve, ustvarijo dobre pogoje za izkoristek kitno-mišične elastičnosti, posledica pa je koriščenje mehanske energije namesto kemične, ki je pri tekaču omejena in odvisna od fizioloških sposobnosti oz. energijskih procesov, medtem ko izkoriščanje mehanske energije predstavlja bistveno manjšo obremenitev energijskih sistemov. Iz tega lahko povzamemo, da je takšen način teka bolj ekonomičen, v praktičnem smislu pa omogoča tekaču, da teče dlje pri višji hitrosti.

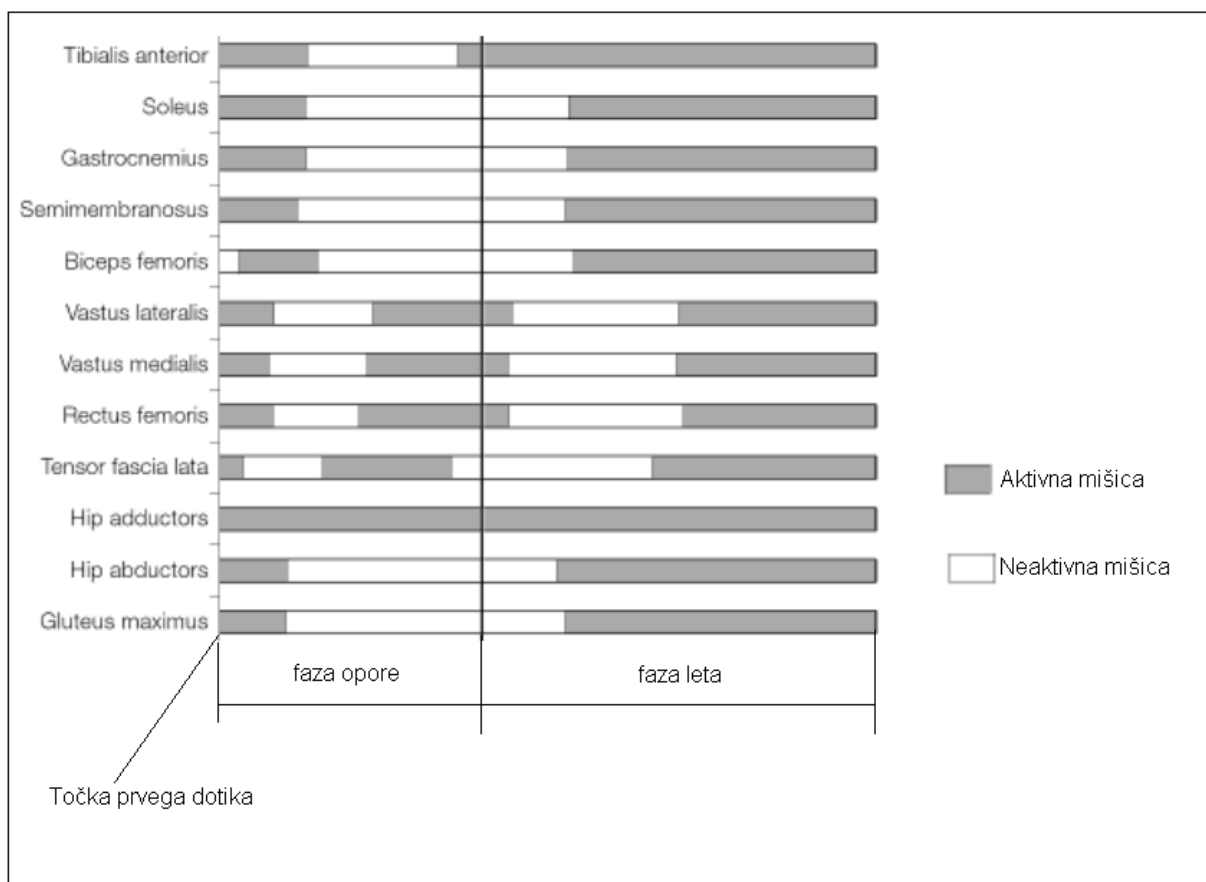
Škof (2001) navaja, da povečanje hitrosti nima bistvenega vpliva na amplitudo gibanja v skočnem sklepu.

1. 2. 2 Aktivnost mišic pri teku- elektromiogram

Za razumevanje tehnike teka je gotovo pomembno razumevanje EMG aktivnosti posameznih mišičnih skupin.

EMG se uporablja za ugotavljanje mišične aktivacije in sicer z merjenjem električne aktivnosti v mišici. Električna aktivnost v mišici je posledica spremembe električnega potenciala na mišični membrani. Na elektrodah, ki sta pritrjeni na površini ali pa notranjosti mišice do razlik v električnem potencialu.

Ko se hitrost tekača povečuje, se EMG aktivnost mišic v oporni fazi znižuje, v fazi leta pa se pri visokih hitrostih povečuje, predvsem velja to za mišice okrog kolčnega sklepa. Aktivnost mišic okrog kolenskega sklepa ostaja enako aktivna pri različnih hitrostih gibanja, pri mišicah skočnega sklepa pa se aktivnost poveča v fazi leta pri počasnejšem gibanju (Škof, 2001). EMG aktivnost posameznih mišic prikazuje slika 16.



Slika 16. Prikaz EMG aktivnosti posameznih mišičnih skupin pri tekaškem koraku pri teku s hitrostjo 4,5 m/s. Prikazan je cikel od prvega dotika stopala skozi fazo opore in fazo leta do naslednjega dotika stopala istega uda. (Grimshaw in Burden, 2006).

Grimshaw in Burden(2006) opisujeta tudi vlogo posameznih mišic ali mišičnih skupin pri tekaškem koraku, kar bo predstavljeno v nadaljevanju.

M. TIBIALIS ANTERIOR

Mišica tibialis anterior je aktivna skoraj ves čas tekaškega koraka. Njena aktivnost je pomembna pri postavitvi stopala na podlago, saj pripomore k stabilnosti sklepa, med fazo leta pa vzdržuje primerno dorzalno fleksijo stopala oziroma preprečuje padanje stopala.

M. SOLEUS in M. GASTROCNEMIUS

Omenjeni mišici delujeta usklajeno. V zaključku odnosa pripomoreta k plantarni fleksiji stopala, med fazo leta skrbita za pravilen položaj sklepa, največjo vlogo pa imata ob dotiku stopala s podlago. Z ekscentrično kontrakcijo poskrbita za amortizacijo in stabilnost sklepa.

M. SEMIMEMBRANOSUS in M. BICEPS FEMORIS

Mišici h katerima spada tudi M SEMITENDINOSUS, imenujemo s skupnim imenom mišice zadnje lože (ang. hamstring). Mišice so aktivne v fazi opore, kjer skrbijo za stabilizacijo pri prvem dotiku, v drugem delu opore pa pripomorejo k pospeševanju. V drugi fazi leta skrbijo te mišice za nadzor fleksije kolčnega sklepa in nadzor ekstenzije kolena. V tem delu delujejo ekscentrično.

M. QUADRICEPS FEMORIS

Ime je skupno ime za štiri mišice, ki ležijo na sprednji strani stegna. Te so M RECTUS FEMORIS, M VASTUS LATERALIS, M VASTUS MEDIALIS in VASTUS INTERMEDIALIS. Osnovna funkcija mišice je ekstenzija kolena, m rectus femoris, ki je dvo-sklepna mišica pa sodeluje tudi pri fleksiji kolka. Mišica se aktivira že v drugi fazi leta, saj ob dotiku s podlago skrbi za stabilnost spodnjega uda in seveda amortizacijo sile, ki nastane ob pristanku, kjer deluje ekscentrično. M rectus femoris sodeluje tudi pri fleksiji kolka v fazi sprednjega zamaha. Mišice so aktivne tudi ob odnosa, kjer s koncentrično kontrakcijo iztegujejo kolenski sklep.

M. TENSOR FASCIAE LATAE

Mišica je aktivna skupaj z mišico quadriceps femoris. Mišica je dvo-sklepna, kar pomeni, da sodeluje pri fleksiji kolka in ekstenziji kolena. Mišica tudi stabilizira medenico v vodoravni legi.

MIŠICE ADDUKTORJI KOLČNEGA SKLEPA

Adduktorji kolčnega sklepa so mišice, ki so aktivne ves čas teka. Mišice ležijo medialno od osi kolčnega sklepa, njihova glavna funkcija je addukcija sklepa. Pri teku je njihova naloga stabilizacija medenice v vseh fazah tekaškega koraka.

MIŠICE ABDUKTORJI KOLČNEGA SKLEPA

Mišice so aktivne v drugi fazi leta in v prvem delu faze opore. Pri teku je njihova funkcija stabilizacija spodnjega uda ob prvem dotiku, delujejo pa skupaj z mišicami tensor fascia lata in gluteus maximus.

M. GLUTEUS MAXIMUS

Aktivnost mišice gluteus maximus se kaže v drugi fazi leta in v začetku oporne faze. V fazi leta mišica ekscentrično zavira sprednji zamah, v fazi opore pa skrbi za stabilizacijo medenice in ekstenzijo v kolčnem sklepu. Njena aktivnost je pri majhnih hitrostih teka zanemarljiva, poveča se pri višjih hitrostih teka (Škof, 2001).

1. 3 Sile pri teku

Za premikanje v smeri naprej mora tekač delovati na podlago z določeno silo, sila reakcije podlage pa se prenese na tekača in ga potisne naprej. Sila podlage deluje na tekača tudi v fazi sprednje opore, v t.i. zaviralni fazi. Sila podlage narašča s hitrostjo, velikost sile pa je odvisna tudi od načina postavitve stopala na podlago in telesne mase tekača (Williams, 2000). Velikost sile je odvisna tudi od zunanjih dejavnikov kot sta vrsta podlage in vrsta obutve (Hreljac, 2004). Sila reakcije podlage, ki deluje na tekačevo nogo, je največja na sredini faze opore. Gre za fazo amortizacije, kjer mišice delujejo ekscentrično in nastaja elastična energija, ki se shrani v kitno-mišični sistem, to energijo pa lahko tekač izkoristi kasneje pri odzivu. Zaradi sil, ki delujejo na tekača, pride do velikih obremenitev mišic in ligamentov stopalnega loka in gležnja, obremenitev pa se prenaša tudi navzgor po telesu. Silo, ki deluje na tekača lahko razdelimo na tri komponente (McGinnis, 2005):

- horizontalna komponenta,
- vertikalna komponenta,
- lateralna komponenta.

Horizontalna komponenta deluje v smeri naprej-nazaj, vertikalna komponenta deluje v smeri gor-dol, lateralna komponenta pa deluje v smeri levo-desno. Največjo silo predstavlja vertikalna komponenta, ki predstavlja tudi največjo obremenitev za mišično tetivni sistem. Pri teku predstavlja največji »problem« tekačeva telesna masa, saj se za njeno premikanje porabi največ mišične energije, doprinese pa največji delež k velikosti vertikalne sile reakcije podlage (Michele, 2008). Komponente sile, ki deluje na tekača prikazuje slika 17.



Slika 17. Delovanje komponent sil na tekača (McGinnis, 2005).

Velikost sile vertikalne komponente znaša pri hitrostih teka med 3 in 6 m/s okrog dva do trikratno vrednost telesne mase (Dugan in Bhat, 2005; Grimshaw in Burden, 2006; Hreljac, 2004; Škof, 2001). Pri tekaču s telesno maso 50 kg pomeni to med 1000 in 1500 N, pri tekaču s telesno maso 60 kg med 1200 in 1800 N, pri tekaču s telesno maso 70 kg pa je velikost sile kar med 1400 in 2100 N.

Vrhunski sprinterji dosegajo še večje vrednosti teh sil. Čoh (1996) navaja, da je velikost te sile med 2900 in 3200 N.

Razvidno je, da so sile reakcije podlage pri šprinterskem teku veliko večje kot pri teku na srednje in dolge proge. Večje sile so gotovo posledica hitrejšega in bolj eksplozivnega teka, prav gotovo pa je to odvisno tudi od antropometričnih lastnosti. Vemo namreč, da imajo šprinterji v večini primerov večjo telesno maso kot pa ostali tekači. Večja telesna masa tako neposredno vpliva na večjo silo reakcije podlage. V raziskavi narejenih pri vrhunskih atletih španske reprezentance se je izkazalo, da je povprečna masa šprinterjev 80 kg, masa tekačev na srednje proge 69,5 kg in masa tekačev na dolge proge 62,5 kg (Pastor, Quintana, Aparicio, Moreno in Sánchez, 2009). Tudi ostali avtorji navajajo podobne podatke za določeno tekaško skupino. Po statistiki Mednarodne atletske zveze (IAAF), je povprečna telesna masa najboljših šprinterjev 77 kg (Uth, 2005). Pri raziskavi vrhunskih kenijskih tekačev, ki so tekli na razdaljah med 800 in 10 000 m, je bila povprečna telesna masa 63 kg (Kong in de Heer, 2008). Telesna masa tekačev je odvisna tudi narodne pripadnosti oz. rase. Tekači vzhodne Afrike, ki veljajo za najboljše tekače na srednje in dolge proge imajo praviloma manjšo telesno maso kot pa tekači ostalih celin. To potrjuje tudi raziskava, ki so jo izvedli Weston, Mbambo in Myburgh (2010), v kateri so primerjali osem vrhunskih tekačev iz vzhodne Afrike z osmimi vrhunskimi tekači iz področja Kavkaza. Vsi so tekmovali na 10 000-metrski razdalji. Ugotovili so, da je povprečna telesna masa afriških tekačev nižja od tistih iz Kavkaza. Pri afriških tekačih je le-ta znašala 61,4 kg, pri Kavkaških pa 64,9 kg. Avtorji navajajo, da velja podoben model tudi za tekače iz ostalih področij sveta, če jih primerjamo s tekači iz Afrike. Nekateri najboljši svetovni tekači imajo še nižjo telesno maso. Prvi trije v teku na 10 000 metrov na svetovnem prvenstvu v Osaki so bili Etiopijca Kenenisa Bekele in Sileshi Sihin ter Kenijec Martin Irungu Mathathi. Enomoto, Kadono, Suzuki, Chiba in Koyama (2008) navajajo, da je njihova telesna masa še nekoliko nižja od ostalih povprečnih vrednosti. Vrednosti telesne mase in telesne višine za posameznega tekača prikazuje tabela 5.

Tabela 5

Prikaz telesne mase in telesne višine za posameznega tekmovalca (Enomoto idr., 2008).

Tekač	Telesna masa (kg)	Telesna višina (m)
Bekele	54	1,60
Sihin	55	1,71
Mathathi	52	1,67

Če povzamemo različne avtorje lahko ugotovimo, da je povprečna telesna masa vrhunskih šprinterjev za približno deset kilogramov višja od tekačev na srednje proge in približno za dvajset kilogramov višja od tekačev na dolge proge. Povzamemo lahko, da je povprečna telesna masa šprinterjev približno osemdeset kilogramov, tekačev na srednje proge sedemdeset kilogramov in tekačev na dolge proge šestdeset kilogramov.

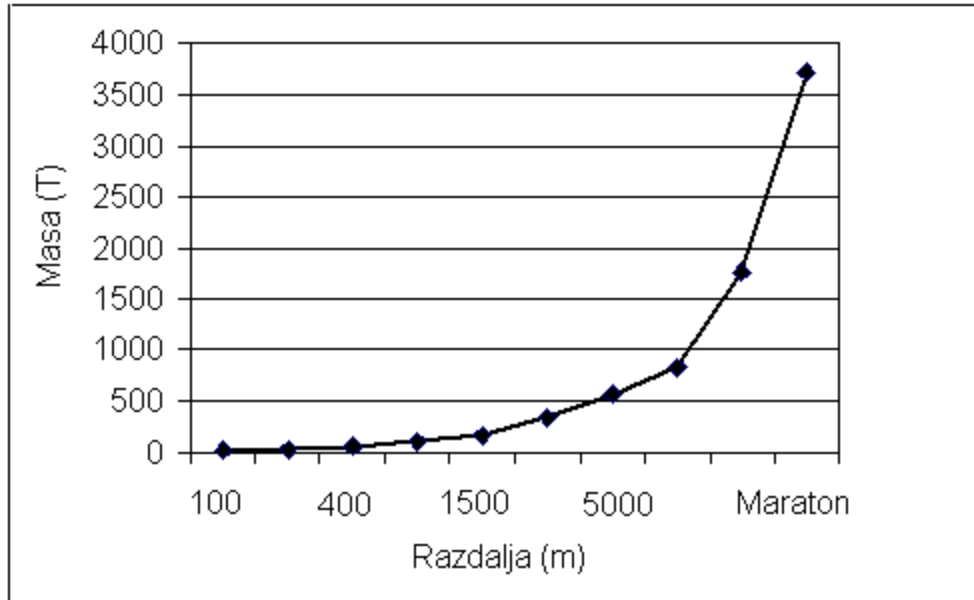
Razlike v telesni masi med različnimi skupinami tekačev se tako odražajo tudi v razvoju sile na podlago in njeni reakciji na tekača. Pri vsakem koraku se sila reakcije podlage prenese skozi celoten spodnji ud vse do glave. Ponavljajoči se pritiski lahko privedejo do raznovrstnih poškodb različnega tkiva v telesu (Hreljac, 2004; Mercer, Vance, Hreljac in Hammil, 2002). Vemo, da tekači pri tekah na krajše razdalje proizvajajo večjo silo kot tekači na srednje in dolge proge, vendar se pri daljših progah poveča število korakov in s tem ponavljajočih se sil na telo. Z daljšanjem pretečene razdalje se manjša tudi hitrost teka, s tem pa se zmanjšuje dolžina koraka. Dolžina koraka pri najboljših šprinterjih je okrog 2,5 m, pri tekačih na srednje proge 2 m, pri tekačih na dolge proge pa med 1,6 in 1,8 m (Enomoto idr., 2008; Ito idr., 2006; Mačkala, 2007). Kot smo že omenili, je dolžina koraka pogojena tudi z antropometričnimi lastnostmi tekača. Navedene vrednosti v tabeli tako predstavljajo povprečne vrednosti glede na poročanje različnih avtorjev. Od dolžine koraka je tako odvisno, koliko korakov tekač naredi na določeni razdalji, vsak pretečen korak pa pomeni absorbcijo sile določene velikosti. Sklepamo lahko, da večje število korakov pomeni večjo vsoto celotne absorbirane sile. Seštevek celotne absorbirane sile na določeni razdalji prikazuje tabela 6.

Tabela 6

Prikaz dolžine koraka, števila korakov, sile reakcije podlage v posameznem koraku ter vsota sil na celotni razdalji za posamezno tekaško disciplino pri vrhunskih tekačih.

Disciplina	Dolžina koraka (m)	Št. korakov	Sila (N)	Vsota absorbirane sile (N)	Vsota absorbirane mase (T)
100	2,5	40	3000	120 000	12
200	2,5	80	3000	240 000	24
400	2,2	180	3000	545 500	54,5
800	2	400	2500	1 000 000	100
1500	1,9	790	2000	1 580 000	158
3000	1,8	1670	2000	3 333 000	333
5000	1,8	2780	2000	5 555 000	555
10000	1,8	5555	1500	8 333 000	833
½ maraton	1,8	11720	1500	17 580 000	1758
Maraton	1,7	24820	1500	37 228 000	3722

Prvi stolpec prikazuje tekmovalno razdaljo, drugi stolpec povprečno dolžino koraka pri posamezni disciplini, v tretjem stolpcu pa je prikazano povprečno število korakov na določeni razdalji. V četrtem stolpcu je prikazana povprečna vrednost reakcije podlage pri enem koraku, v petem stolpcu skupna absorbirana sila v enoti Newton (N), šesti stolpec pa prikazuje skupno absorbirano maso v tonah (T). Povečevanje vsote absorbirane mase glede na povečevanje razdalje prikazuje slika 18. Vrednosti dolžine koraka in sile reakcije podlage predstavljajo povprečne vrednosti, ki smo jih oblikovali glede na povprečno telesno maso v posameznih kategorijah tekačev glede na omenjene raziskave. Iz tabele je razvidno, da je vsota absorbirane mase pri teku na sto metrov 12 ton, pri teku na štiristo metrov naraste na 55 ton, pri teku na deset kilometrov znaša okrog 830 ton, pri maratonu pa kar 3700 ton. V tej razliki gre tudi iskati vzrok poškodb pri določenih skupinah tekačev. Pri tekačih na dolge proge so tako značilnejše preobremenitvene poškodbe oz. kronične poškodbe, ki so posledica ponavljajočih se obremenitev (Hreljac, 2005), pri tekih na krajše razdalje pa so značilnejše akutne poškodbe, za katere gre vzrok iskati v sunkovitih gibih in velikih amplitudah gibanja, ne pa toliko v seštevku absorbirane sile reakcije podlage. Razvidno je, da morajo vrhunski tekači prenašati izjemne obremenitve, kar pomeni, da je primerna telesna pripravljenost zaradi preventive pred poškodbami nujno potrebna.

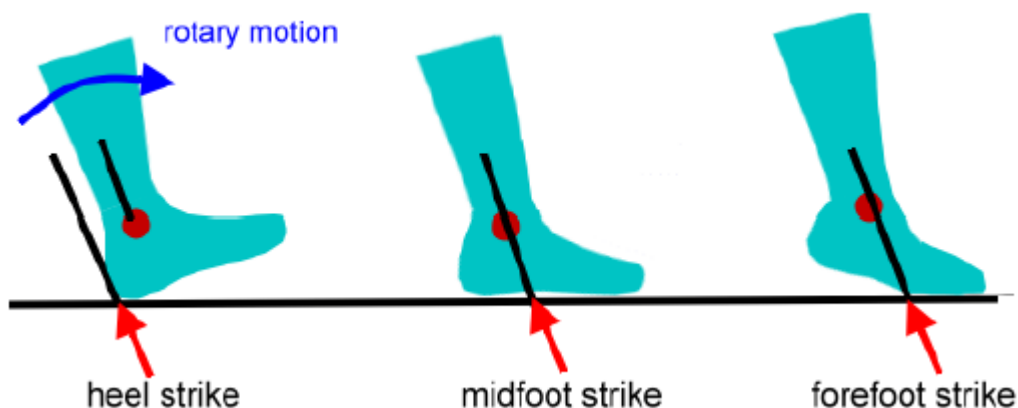


Slika 18. Grafičen prikaz vsote absorbirane mase za posamezno disciplino.

1. 3. 1 Vpliv načina postavitve stopala na velikost sile

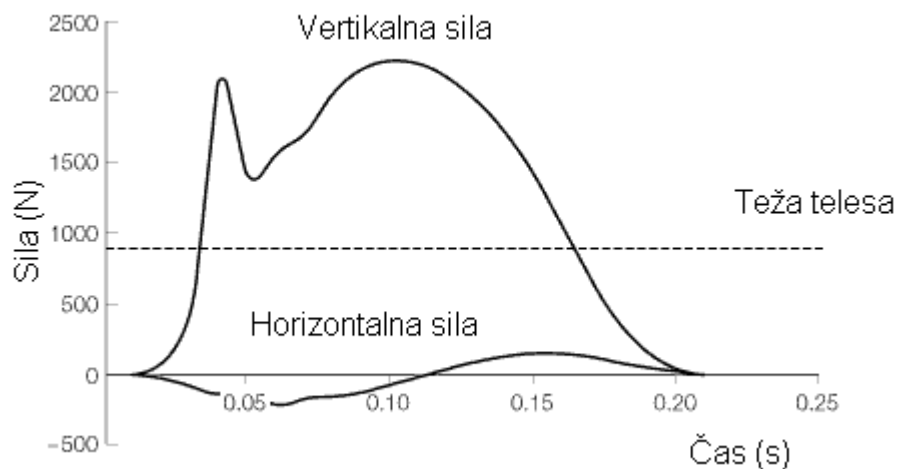
Postavitev stopala na podlago ima velik vpliv na velikost in mesto delovanja sile reakcije podlage (Grimshaw in Burden, 2006). Poznamo tri vrste postavitve stopala na podlago, ki jih prikazuje slika 19:

- postavitev na peto (ang.: heel strike),
- postavitev na srednji del (ang.: midfoot strike),
- postavitev na sprednji del (ang.: forefoot strike).



Slika 19. Postavitev stopala na peto, srednji del in sprednji del (Chai, 2003).

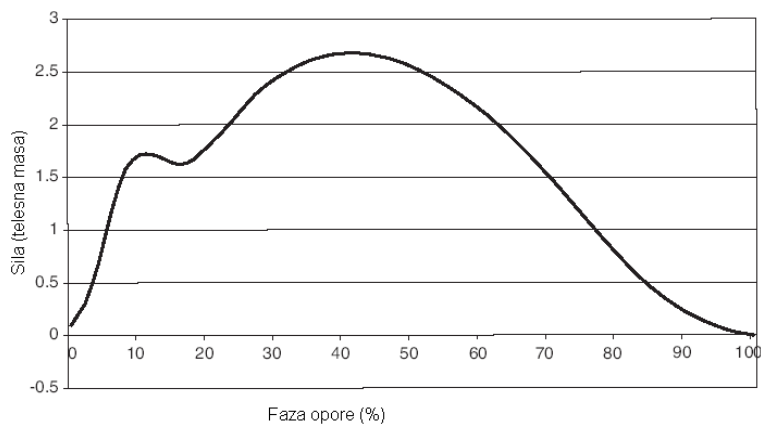
Postavljanje stopala na peto ima za posledico večjo silo reakcije podlage, kar pomeni večji zaviralni moment in pa večje obremenitve za sklepe, mišice in tetive, ki se prenašajo po celotnem spodnjem udu do hrbtenice. Odriv je tako počasnejši in manj ekonomičen, kar za tekača pomeni večjo porabo energije pri nižji hitrosti teka. Pri rekreativnih tekačih lahko kar pri 80 odstotkih posameznikov zasledimo tak način postavljanja stopala ob podlago (Grimshaw in Burden, 2006; Novacheck, 1998). Pri tekačih, ki postavljajo stopalo na srednji in sprednji del je sila reakcije podlage manjša, saj je takšna postavitev bolj elastična mehka. Pri postavitvi stopala na peto, doseže graf sile dva vrhova. Prvi vrh pomeni dokaj veliko silo reakcije podlage v zelo kratkem času, ki se prenese na celotno nogo in trup. Grafičen prikaz sile reakcije podlage prikazuje slika 20.



Slika 20. Grafičen prikaz sile reakcije podlage (Grimshaw in Burden, 2006).

Prvi vrh predstavlja udarec s peto ob tla, drugi vrh predstavlja fazo srednjega opiranja.

Pri dotiku s srednjim ali sprednjim delom ima graf sile reakcije podlage drugačno obliko. Sila ob prvem dotiku je veliko manjša, kar se na grafu kaže kot manj izrazit prvi vrh. Pri nekaterih tekačih, ki tečejo zelo prožno in tekoče, prvega vrha sile sploh ni moč opaziti. Grafični prikaz sile reakcije podlage pri dotiku s srednjim ali sprednjim prikazuje slika 21.



Slika 21. Grafični prikaz sile reakcije podlage pri postavitvi stopala na srednji ali sprednji del stopala (Novacheck, 1998).

Od postavitve stopala pri teku je odvisna tudi obremenitev ostalih sklepov in ob sklepnih struktur. Sila se preko stopala in gležnja prenese na koleno, kolk in hrbtenico, kjer lahko zaradi nepravilne postavitve stopala pride do povečanih pritiskov, kar pa lahko vodi v pojav poškodbe. Vsaka prekomerna pronacija ali supinacija stopala, se odraža s prekomernim odstopanjem gibanja tudi v ostalih telesnih segmentih. Pri dotiku podlage s peto pride do znižanja stopalnega loka in pronacije stopala. Pronacija stopala povzroči zasuk goleni navzven, posledica tega je močna obremenitev kolenskih vezi in neenakomerna porazdelitev sile na sklepnih površinah kolena in s tem možnost povečane obrabe le-teh (Dolenec, 1997).

1. 3. 2 Vpliv obutve na velikost sile

Proizvajalci tekaške obutve se v današnjem času pri razvoju le-te poslužujejo vrhunske tehnologije, z namenom izdelati čim boljše tekaško obutev. Tekaška obutev se tako razlikuje glede na vrsto terena za tek, glede na vrsto postavljanja stopala, glede na težo tekača in seveda glede na raven sposobnosti oziroma udejstvovanja tekača.

Glede na vrsto terena poznamo tekaško obutev za ravne in gladke površine, kot sta asfalt ali tartan, ta obutev je primerna tudi za tek v naravi po urejenih makadamskih in travnatih poteh. Za tek po neurejenih poteh, kot so gozdne poti, kjer je teren zelo razgiban, podlaga pa neravna s številnimi koreninami in kamenjem, je priporočeno uporabiti obutev, ki ima ojačan podplat s povečanim profilom in neдрsečo gumo, ter seveda ustrezno stabilizacijo gležnja.

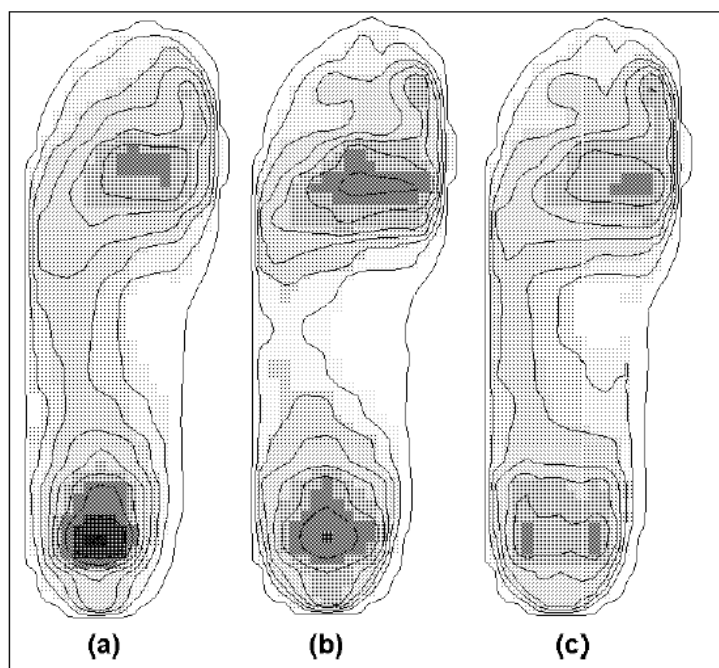
Glede na vrsto postavljanja stopala delimo tekače v tri skupine. Te so tekači z normalnim postavljanjem stopala na podlago, pronatorji in supinatorji. O normalni postavitvi stopala govorimo takrat, ko tekač postavi stopalo na srednji zunanji del stopala in težo nato prenese proti sprednjemu notranjemu delu. Pri pronatorjih je značilen dotik in prenos teže na notranji strani stopala, pri supinatorjih pa na zunanji strani stopala. Glede na opisan način postavljanja stopala, je tekaška obutev prilagojena posameznim skupinam tekačev, tako da poskuša čim bolj nevtralizirati odstopanja od idealnega modela postavitve stopala. To je doseženo z različno porazdelitvijo blaženja in ojačitev pri obutvi (Shorten, 2000).

Glede na težo tekača je obutev prilagojena z večjim oziroma manjšim blaženjem. Težji tekači bi tako naj uporabili tekaško obutev z večjim blaženjem, lažji pa tisto z manjšim oziroma normalnim blaženjem.

Glede na raven udejstvovanja ločimo rekreativne tekače in tekmovalce. Tekmovalni modeli tekaške obutve so veliko lažji od običajnih, blaženje je manjše odzivnost obutve pa večja. Takšna obutev je primerna samo za dobro trenirane tekače, saj lahko pri manj treniranih povzroči pojav poškodb.

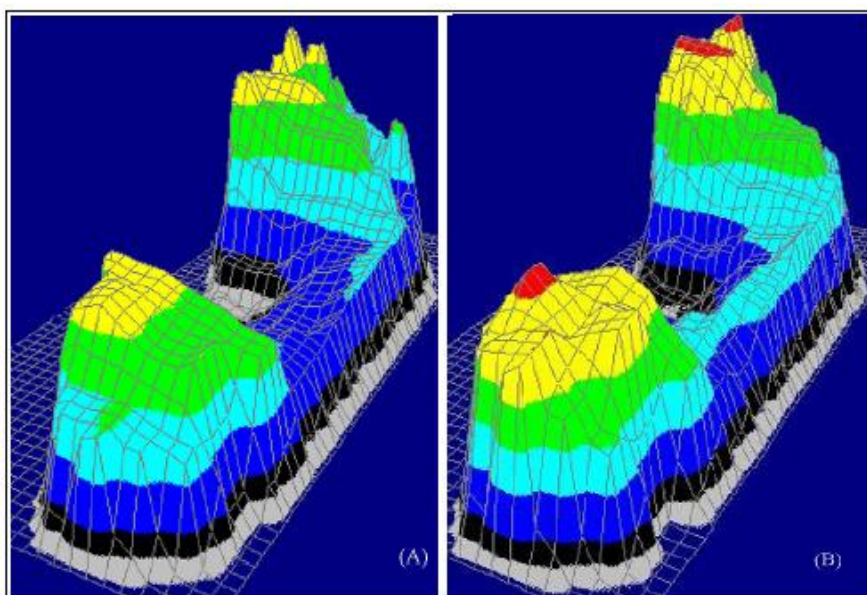
Tekaška obutev štiti tekača pred neugodnimi zunanji vplivi, ki bi lahko imeli negativne posledice za zdravje tekača. Eden izmed teh vplivov je tudi sila, ki nastane ob dotiku s podlago. Številne raziskave so proučevale, kako blaženje vpliva na prenos sile podlage na tekača. Vemo, da večje sile pomenijo večjo obremenitev in s tem večjo možnost poškodb, zato je ena izmed pomembnih nalog tekaške obutve tudi absorbirati nastalo silo. Različni proizvajalci uporabljajo različne načine, kako čim bolj ublažiti silo. Mehkejša tekaška obutev zagotavlja boljše blaženje, vendar pri tem nudi manj stabilnosti. Proizvajalci morajo tako najti optimalno razmerje med blaženjem in stabilnostjo (Novacheck, 1998).

Če se osredotočimo samo na nastalo silo lahko rečemo, da tekaška obutev z boljšim oz. večjim blaženjem bolje absorbira nastalo silo (Shorten, 2000). Prenos sile na stopalo prikazuje slika 22. Do podobnih ugotovitev so prišli tudi Wiegerinck idr. (2009), ki so primerjali obutev za rekreativno in tekmovalno dejavnost istega proizvajalca, kar prikazuje slika 23.



Slika 22. Prenos sile na stopalo pri minimalnem blaženju (a), pri srednjem blaženju (b) in pri velikem blaženju (c) (Shorten, 2000).

Razvidno je da se prenos sile na stopalo manjša z večanjem blaženja.



Slika 23. Prikaz razporeditve sil na stopalo pri dveh različnih tekaških obutvah istega proizvajalca(Wiegerinck idr., 2009).

Sličica A predstavlja obutev za rekreativni tek z večjim blaženjem, sličica B pa predstavlja tekmovalno tekaško obutev z manjšim blaženjem. Iz slike je razvidno, da so sile na stopalo večje pri tekmovalni, manj blaženi obutvi (Wiegerinck idr., 2009).

Na tržišču obstaja mnogo vrst različne tekaške obutve. Težko je govoriti o absolutno najboljši tekaški obutvi, saj je le-ta odvisna od različnih dejavnikov, ki so med seboj zelo povezani. Kakšno obutev naj tekač izbere je odvisno le od njega, saj mora najti primerno razmerje med blaženjem, obliko modela glede na stopalo, stabilnostjo, fleksibilnostjo, zračnostjo in težo (McGrath in Finch, 1996).

2. Poškodbe v športu

Poškodbe v športu so tiste poškodbe, ki nastanejo pri katerikoli kineziološki dejavnosti. Poškodbe nastanejo pri izvajanju določene športne aktivnosti (Vidmar, 1992). Tovrstne poškodbe so v primerjavi s poškodbami, ki ne nastanejo pri športni aktivnosti nekoliko drugačne. Razlikujejo se glede na nastanek, način zdravljenja in zmožnostjo izvajanja nadaljnje športne aktivnosti. Za športnika pomeni poškodba nezmožnost izvajanja športne aktivnosti; če govorimo o profesionalnem športniku, pomeni to nezmožnost opravljanja svojega dela, zato si športniki po poškodbi želijo čim hitreje okrevati in začeti s športno aktivnostjo. Prehiter začetek normalnega trenažnega procesa in s tem skrajšanja zdravljenja lahko včasih vodi v ponovitev poškodbe (Vidmar, 1992).

Poznamo akutne in kronične poškodbe, kronične poškodbe lahko imenujemo tudi okvare. Za akutne poškodbe je značilno, da nastanejo ob enkratnem delovanju vzroka za njen nastanek, torej se zgodijo hipoma, brez predhodnih bolezenskih znakov. Kronične poškodbe so posledica ponavljajočih se mikrotravm. Gre za daljše delovanje določenega vzroka ali večih vzrokov, ki povzročijo postopno okvaro tkiva.

Poškodbe so lahko različne glede na posledice, ki jih pustijo pri športniku. Vidmar (1992) navaja naslednje oblike športnih poškodb:

- neznatne športne poškodbe: kratkotrajna zmanjšana sposobnost za delo in šport,
- lahke športne poškodbe: kratkotrajna nesposobnost za delo in šport,
- srednje in težke športne poškodbe: invalidnosti ni, obstaja pa daljša nesposobnost za delo in šport,
- težke športne poškodbe: končajo se s trajno invalidnostjo, nesposobnostjo za dosedanji šport,
- najtežje – smrtne športne poškodbe: končajo se s smrtjo takoj po poškodbi ali kasneje.

2.1 Tekaške poškodbe

Kot pri vsaki športni aktivnosti se tudi pri teku pojavljajo določene poškodbe. Nekatere so značilne za tekače in so dobile tudi takšno ime, npr. tekaško koleno, druge se spet pojavljajo redkeje in so posledica nepredvidljivih dejavnikov in jih zato ne moremo označevati kot tipično tekaške. Ker smo pri primerjavi šprinta s tekom na srednje in dolge proge ugotovili, da obstajajo nekatere biomehanske razlike pri teku, lahko upravičeno pričakujemo, da tudi poškodbe niso tipično enake za vse vrste tekačev. V nadaljevanju bodo predstavljeni različni pogledi različnih avtorjev na tek in tekaške poškodbe, osredotočili pa se bomo predvsem na poškodbe spodnjega uda.

V atletskih disciplinah je pojavnost poškodb relativno velika, predvsem na račun preobremenitvenih poškodb. Določeno poškodbo, ki je povezana s tekom, utrpi v enem letu treninga med 25 in 80 odstotkov rekreativnih in tekmovalnih tekačev (Edwards, Taylor, Rudolphi, Gillete in Derrick, 2010; Hreljac, 2004; Hreljac, 2005; McGrath in Finch, 1996). Če zajamemo vse atletske discipline, teke, mete in skoke, je pojavnost poškodb največja pri tekih (Alexander, 1996).

Večina poškodb v atletskih disciplinah je kroničnih in so posledica dlje časa trajajoče izpostavljenosti ponavljajočim se obremenitvam (Alexander, 1996). Tovrstne poškodbe se razvijajo dlje časa, najznačilnejši so stresni zlomi kosti, različne vrste tendinitisa (vnetje tetiv), bursitisa (vnetje burz) in apofizitisa. Vzroke kroničnih poškodb gre iskati v preveliki količini treninga in ne-postopnemu povečevanju intenzivnosti obremenitve.

Nasprotne kroničnim poškodbam, glede na nastanek, so akutne poškodbe, ki nastanejo nenadoma, med izvajanjem določene aktivnosti oz. specifičnega gibanja. Alexander (1996) ugotavlja, da so lahko tudi akutne poškodbe posledica ponavljajočih se obremenitev, ki povzročajo majhne spremembe na tkivu, vendar jih športnik ne zazna, v določeni situaciji, ko pride do preobremenitve pa se poškodba pokaže kot nenadna, akutna.

Največkrat poškodovana struktura pri teku so mišice in kite, sledijo pa jim kosti in kite (Tomič, 1998). Isti avtor je do podobnih rezultatov prišel tudi v svoji raziskavi izvedeni med slovenskimi kategoriziranimi tekači. Pri poškodbah mišic poznamo naslednje vrste poškodb – te bodo predstavljene v nadaljevanju (Heimer in Čajavec, 2006).

Obtolčenina (contusio). Gre za blago poškodbo, pri kateri pride do topega udarca na mišico. Resnost poškodbe je odvisna od jakosti udarca, lokacije udarca, napetosti mišice ob udarcu ter okvare okoliških tkiv kot so živci in žile. Poškodovana je površina mišice, če so poškodovane tudi žile pride do pojava hematoma zaradi krvavitve. Posledica hematoma je lahko tudi otekline. Bolečina je odvisna od jakosti in lokacije udarca ter seveda posameznikovega bolečinskega praga. Od velikosti že omenjenih posledic obtolčenine je odvisna tudi omejenost funkcije.

Nateg (distenzio). Pri nategu mišice meja elastičnosti ni presežena zato tudi ne pride do anatomskih sprememb v mišici. Lahko so poškodovani žile in živci. Bolečina je nenadna, vendar po navadi ne zahteva prekinitve aktivnosti. Poškodba običajno ne pušča trajnih posledic, funkcija mišice je le začasno oslABLJENA, zmanjšan je tudi mišični tonus (Vidmar, 1992).

Delna prekinitev (ruptura partialis). Delna prekinitev nastane zaradi giba, kjer se prekine del mišičnih vlaken, ob tem pa se pojavi močna in ostra bolečina. Zaradi krvavitve pride do hematoma in otekline, resnost poškodbe je odvisna od števila pretrganih vlaken, v večini primerov pa nadaljevanje s športno aktivnostjo ni mogoče, kakor tudi ni priporočljivo.

Popolna prekinitev (ruptura totalis). Za popolno prekinitev mišice je potrebno delovanje velike sile na mišico, ki preseže skrajno mejo njene raztegljivosti. Do pretrganja lahko pride kjerkoli na področju telesa mišice ali narastišč mišice na kost. Poškodba se kaže kot vdolbina na površini kože, pri poskusu krčenja mišice pa se le-ta še poveča. Nadaljnja aktivnost ni možna. Pride tudi do krvavitve in nastanka hematoma, funkcija mišice pa je popolnoma onemogočena.

Tudi pri poškodbah sklepov poznamo različne vrste poškodb.

Zveze med dvema ali več kostmi imenujemo sklepi, le-ti pa omogočajo gibanje. Glede na način, kako so kosti zvezane med seboj, delimo sklepe na prave in neprave. Pravi sklepi so dobro gibljive zveze, njihove značilnosti so sledeče (Hlebš, 2007):

- imajo sklepno špranjo,
- sklepne površine so prevlečene s sklepnim hrustancem, ki se prehranjuje z difuzijo,
- sklep obdaja sklepna ovojnica,
- sklepna špranja je zapolnjena s sklepno mažo.

Nepravi sklepi so brez sklepne špranje in so slabo gibljivi, v pravem sklepu pa lahko najdemo še pomožne aparate sklepa:

- sklepna ovojnica, ki jo obdajajo vezi,
- vezivno-hrustančna ploščica,
- burza, ki je kot prožen blazinast vložek in zmanjšuje trenje, njihova votlinica je zapolnjena s sinovio.

Poškodbe sklepov so v športu dokaj pogost pojav, ločimo pa različne oblike poškodb, ki bodo predstavljene v nadaljevanju.

Obtolčenine sklepov so posledica udarca v sklep. Pojavijo se bolečina, oteklina, prizadetost in funkcija sklepa pa sta odvisna od jakosti udarca.

Zvin. Pri zvinu pride do prekomernega giba v sklepu, ta se pokaže kot poškodba sklepne ovojnice, ligamentov ali sklepnih površin. Do zvina lahko pride zaradi nenadnih preforsiranih gibov ali delovanja sile od zunaj. Pojavijo se bolečina in oteklina, omejenost funkcije pa je odvisna od stopnje zvina.

Izpah. Pri izpahu sklepna glavica izstopi iz sklepne ponve, ob tem pa se lahko poškodujejo tudi mehki deli sklepa kot so sklepna ovojnica in sklepne vezi. Pojavijo se močna bolečina, oteklina, deformacija, funkcija pa je popolnoma onemogočena. Sklep se lahko v normalen položaj vrne spontano ali pa je zato potrebna pomoč zdravnika.

V literaturi ni podatkov, v kolikšni meri se pri mišicah in kitah ter sklepih določena vrsta poškodbe pojavlja. Sklepamo lahko, da se obtolčenine kot vrsta poškodbe pri teku pojavljajo zelo redko, saj so le-te bolj značilne za ekipne in kontaktne športe.

Vzroke za razlike pri pojavnosti poškodb pri različnih raziskavah je najbrž moč pripisati razlikam med časom raziskav, raziskovano skupino in definicijo tekaških poškodb. Večina študij pri raziskovanju tudi ne upošteva nivoja usposobljenosti tekača, tako predstavljeni podatki velikokrat dajejo skupno informacijo o rekreativnih in vrhunskih tekačih. Ker se podatki in način obdelave le-teh v različnih študijah zelo razlikujejo in je primerjanje včasih nesmiselno, smo v nekaterih primerih določene podatke, ki niso bistveni za razumevanje problema, izpustili, osredotočili pa smo predvsem na poškodbe spodnjega uda.

2.1.1 Poškodbe glede na telesni segment

Največ, okrog 20 do 30 odstotkov, tekaških poškodb predstavljajo poškodbe kolena (Guten, 1997; Novacheck, 1998; Hamill, van Emmerik, Heiderscheit in Li, 1999). Tudi Van Mechelen (1992, v McGrath in Finch, 1996) je po pregledu različne literature prišel do podobnih ugotovitev. Največ je poškodb kolena (25%), sledijo poškodbe stopala (2-22%), gležnja (9-20%), področja goleni (2-30%), golenice (6-31%), stegenice (3-18%), kolka (2-11%) in hrbta (2-11%). Pojavnost poškodb prikazuje tabela 7.

Tabela 7

Pojavnost poškodb v odstotkih glede na posamezen telesni segment (Van Mechelen, 1992, v McGrath in Finch, 1996).

Poškodba glede na področje	Pojavnost (%)
Koleno	25
Stopalo	2-22
Gleženj	9-20
Področje goleni	2-30
Golenica	6-31
Stegenica	3-18
Kolk	2-11
Hrbet	3-11

Tudi Williams (2000) je po pregledu literature prišel do podobnih ugotovitev, kar prikazuje tabela 8.

Tabela 8.

Pojavnost različnih poškodb v različnih raziskavah (Williams, 2000).

	Študija				
	James (1978)	Clement (1981)	Ballas (1997)	Bennel in Crossley (1996)	Bennell in Crossley (1996)
Tip preiskovancev	tekači	tekači	tekači	tekači	šprinterji
Število preiskovancev	180	1650	860	39	19
Vrsta poškodbe	Odstotek tekačev s poškodbo (%)				
Bolečina v kolenu	29,0	25,8	13,8	15,0	14,0
Poškodbe goleni	13,0	13,2	7,8	13,6	5,0
Vnetje Ahilove tetive	11,1	6,0	2,2		
Plantarni fasciitis	7,0	4,7	4,0		
Vnetje kit gležnja in stopala				13,9	6,0
Stresni zlomi kosti	6,0	5,8	9,3	25,1	18,0
Stresni zlom tibie		2,6			
Stresni zlom stopalnih kosti		3,2			
Vnetje iliotibialnega trakta	5,0	4,3	3,8		
Patelarni tendinitis		4,5	2,2		
Nateg mišic zadnje lože			5,2	4,3	38,0
Nateg mišic adduktorjev kolka			6,0		
Zvin gležnja			4,9	8,9	3,0
Ostale poškodbe			9,4		

Večina raziskav ne podaja podatkov o tem, kdaj med aktivnostjo te poškodbe nastanejo. Pri kroničnih poškodbah je čas nastanka nedoločljiv, saj gre za dolgotrajen proces, posledice pa se lahko pokažejo kadarkoli. Nastanek akutnih poškodb je lažje določljiv. Te po navadi nastanejo na treningu, kar je razumljivo, saj so treningi veliko pogostejši od tekmovanj in tudi količina teka na treningu je bistveno večja od tiste na tekmovanju. Do podobnih ugotovitev je prišel tudi Tomič (1998), ki je opravil raziskavo med slovenskimi kategoriziranimi tekači iz različnih disciplin. Ugotovil je, da največ poškodb (okrog 50 %) nastane na sredini treninga, saj je takrat po navadi tudi intenzivnost največja. Okrog 20 % vseh poškodb nastane na začetku treninga, kar je po navadi posledica nezadostnega ogrevanja. Tudi ob koncu treninga nastane okrog 20 % vseh poškodb. Poškodbe na koncu treninga so velikokrat posledica velike utrujenosti in nezbranosti. Poškodbe na tekmovanju nastanejo po navadi ob koncu tekmovanja, kar je posledica utrujenosti. Ker se večina raziskav povezanih s tekaškimi poškodbami osredotoča na poškodbe spodnjega uda, bodo v nadaljevanju predstavljene najbolj značilne poškodbe za vsak posamezen telesni segment.

2.1.1.1 Poškodbe stopala

Stopalo je med tekom najbolj izpostavljen del telesa, saj mora prenašati velike obremenitve, zato je to področje velikokrat mesto poškodb. Poškodbe so posledica nepravilne tehnike teka, neprimerne obutve in anatomske nepravilnosti stopala. K anatomskim nepravilnostim stopala najpogosteje uvrščamo previsok in prenizek stopalni lok, »hallux valgus« in navzgor obrnjen prst na nogi. Previsok in prenizek stopalni lok povzročata tudi številne druge težave. Študije sicer ne podajajo enotnega mnenja, vendar naj bi bil previsok stopalni lok bolj povezan s poškodbami gležnja, kosti, Ahilove tetive in predvsem s poškodbami na lateralni strani spodnjega uda, medtem ko je nizek stopalni lok bolj povezan s poškodbami kolena in poškodbami na medialni strani spodnjega uda (DeLeo, Dierks, Ferber, Davis, 2004; Kaufman, Brodine, Shaffer, Johnson, in Cullison, 1999; Nagel, Fernholz, Kibele in Rosenbaum, 2008; Williams, McClay in Hamill, 2001; Zifchock, Davis, Higginson, McCaw in Royer, 2008). Značilne poškodbe stopala bodo omenjene v nadaljevanju.

Stresni zlomi stopalnih kosti. Do stresnih zlomov stopalnih kosti pride zaradi ponavljajočih se obremenitev za kosti. Poškodba se lahko kaže kot bolečina v stopalu in ni nujno, da rentgenska slika pokaže zlom. Do poškodbe lahko pride zaradi anatomske nepravilnosti, slabe pripravljenosti stopal mišic ali zmanjšane gostote kosti zaradi nepravilne prehrane ali bolezni. Tudi neprimerna tehnika teka, neprimerna obutev in nenadno povečanje količine treninga lahko privedejo do omenjene poškodbe (Micheli, 1996).

Poškodbe tetiv fleksorjev in ekstenzorjev stopala. Do poškodb tetiv pride po navadi zaradi preobremenjenosti in ponavljajočih se mikropoškodb, v nekaterih primerih pa je vzrok tudi nenadna poškodba zaradi delovanja velikih sil od zunaj. Do poškodb pride na Ahilovi tetivi, dolgem plantarnem ligamentu ter na tetivah mišic peroneus longus in peroneus brevis (Wilder in Sethi, 2004). Ena najbolj tipičnih tekaških poškodb je vnetje Ahilove tetive. Poškodba Ahilove tetive je zelo pogosta preobremenitvena tekaška poškodba. Ker so tetive relativno slabo prekrvavljene se ob velikih obremenitvah hitro poškodujejo. Ahilova tetiva povezuje mišici meč gastrocnemius in soleus ter se narašča na zadnji spodnji del petnice. Mišici izvajata plantarno fleksijo v skočnem sklepu, zato imata zelo pomembno vlogo pri odzivu, pri postavitvi stopala na podlago pa imata vlogo stabilizatorja stopala. Z velikim obremenjevanjem omenjenih mišic in same tetive se pojavijo mikropoškodbe. Nastanejo lahko brazgotine v tetivi ali njeni ovojnici, ki zožijo kanal v katerem drsi tetiva, posledica tega pa je vnetje. Vnetje same tetive imenujemo tendinitis, ovojnice tetive in tkiv okoli nje pa peritendinitis. Če je vnetje zelo močno in dolgotrajno in se športna aktivnost ne prekine, lahko pride do delnega ali popolnega pretrganja tetive. Dejavniki, ki vplivajo na nastanek vnetja so lahko različni. Velikokrat je vzrok pogost in intenziven trening ter neprimerna relaksacija in pa neredno izvajanje razteznih vaj. Tudi velika količina teka v hrib je eden izmed dejavnikov nastanka tovrstne poškodbe. Prekomerna pronacija ali supinacija stopala povzročata dodatne obremenitve za Ahilovo tetivo, možnost nastanka poškodbe pa se poveča tudi pri teku po trdi podlagi (Bučar, 2009; Henriksen, Aaboe, Bliddal in Landberg, 2009; Houshian, Tscherning in Riegels-Nielsen, 1998; Kroesche, 2009; Reinking, 2011). Poškodba se kaže kot bolečina v predelu tetive, prisotna je tudi močna bolečina na dotik, tekač pa lahko tudi občuti škripanje v področju tetive. Zelo huda poškodba je tudi popolno pretrganje tetive. Do pretrganja lahko pride pri zelo sunkovitih in nenadnih gibih, kar se dogaja pri šprinterskem teku, vendar strokovna literatura te poškodbe pri tekačih ne omenja. Sklepamo lahko, da je pretrganje Ahilove tetive pri tekačih zelo redka poškodba, saj je tetiva zaradi rednih obremenitev zelo močna.

Vnetje živcev stopala. Do vnetja živcev v stopalu lahko pride zaradi anatomskih nepravilnosti stopala, ali pa zaradi preozke ter posledično pretesne tekaške obutve. Vnetje se kaže kot bolečina, po navadi se pojavi med tretjim in četrtem prstom na nogi. Za tovrstno vnetje se pojavlja tudi ime Mortonova nevroma ali plantarna nevroma (Micheli, 1996).

Hallux valgus je deformacija palca na nogi, kjer je palec za več kot 10 do 15 stopinj obrnjen v lateralno smer. Vzroki za pojav so lahko različni. Ti so lahko preozka obutev, predvsem v sprednjem delu, ali pa plosko stopalo, ter velika količina teka. Jakovljević in Hlebš (1999) navajata kot vzroke tudi povečano medialno rast glavice prve metatarzale, dislokacijo sklepa in neravnovesje abduktornih in adduktornih mišic palca. Deformacija je pogostejša pri ženskah kot pri moških.

Navzgor obrnjen prst na nogi (ang. hammertoe). Poškodba se po navadi kaže kot upognjen drugi prst v interfalangealnem sklepu, prisotna je tudi bolečina. Vzroki so lahko anatomske nepravilnosti ali pa neprimerna, tesno prilegajoča se tekaška obutev.

Plantarni fasciitis. Gre za vnetje fascie stopala, ki poteka med peto in stopalnicami. Vnetje se kaže kot bolečina v plantarnem delu stopala, po navadi v spodnjem sprednjem delu petnice. Pri tekačih je tretja najpogostejša poškodba (Ribeiro, Trombini-Souza, Tessutti, Lima, João in Sacco, 2011). Vzrok za poškodbo je lahko velika količina teka, plosko stopalo, prekomerna pronacija stopala pri teku, slaba mišična pripravljenost ter tekaška obutev s prekomerno trdim podplatom ali preveč obrabljena tekaška obutev.

K poškodbam stopala prištevamo tudi nekatere ne-ortopedske težave, ki se lahko pojavijo pri tekačih (Micheli, 1996). Te so žulji, odrgnine, kurja očesa, natiski in poškodbe nohtov. Težave se po navadi pojavijo zaradi neprimerne tekaške obutve in velike količine teka.

2.1.1.2 Poškodbe gležnja

Kot tekaška poškodba se v literaturi omenja tudi poškodba gležnja. Med vsemi športnimi poškodbami je gleženj največkrat poškodovan sklep (Warburton, 2001). Najpogostejša poškodba pri teku je zvin gležnja, v literaturi pa se omenja tudi vnetje vezi gležnja.

Zvin gležnja uvrščamo med akutne poškodbe, saj po navadi nastane zaradi neprimerne postavitve stopala na podlago. Neprimerna postavitve stopala je lahko posledica neravnega terena, neprimerne oziroma obrabljene obutve, mišičnega neravnovesja, včasih pa tudi zaradi utrujenosti in nepozornosti tekača. Večina zvinov gležnja nastane pri inverziji stopala, tako pride do poškodb na lateralni strani gležnja (Adams in Depiesse, 2011). Poškodba sklepnih in obsklepnih struktur je odvisna od stopnje zvina. Micheli (1996) opisuje tri stopnje zvina. Pri prvi stopnji zvina gležnja pride do pretegnitve vezi, lahko se pojavita bolečina in rahla oteklina, do nestabilnosti pa ne pride. Tudi izguba funkcije je minimalna. Pri drugi stopnji pride do delnega natrganja vezi in sklepne ovojnice. Kot posledica se pojavi hematoma in oteklina, poškodbo spremlja tudi močna bolečina. Kakršnakoli aktivnost, kot je hoja ali tek, je zelo težavna ali pa je onemogočena. Tretja stopnja predstavlja zelo hudo poškodbo, saj pride do popolnega pretrganja sklepne ovojnice ter ene ali več vezi. Izrazita je močna bolečina, pojavita se hematoma in oteklina, sklep pa je zelo nestabilen, funkcija je onemogočena.

Vnetje vezi gležnja. Do vnetja vezi gležnja lahko pride zaradi prevelikih obremenitev in velikih količin teka, teka po trdi podlagi ali anatomskih nepravilnosti gležnja in stopala. Vnetje se kaže kot bolečina v predelu gležnja, pri težjih oblikah lahko tekač začuti tudi kreptacije. Do vnetja pride po navadi pri daljših vezeh (Micheli, 1996).

2.1.1.3 Poškodbe goleni

Skupno ime za bolečine v sprednjem delu goleni je tekaška golen (ang. shin splints). Različne študije sicer niso popolnoma enotne glede poškodb, ki spadajo v to kategorijo, najpogosteje pa sem prištevamo kompartment sindrom, vnetje pokostnice in tudi stresne zlome mečnice (Thacker, Gilchrist, Stroup in Kimsey, 2002).

Stresni zlomi tibie in fibule. Stresni zlomi kosti so posledica ponavljajočih se obremenitev in velikih količin absorbirane sile. Vsaka kost se na obremenitev odzove s povečanjem gostote, če pa obremenitev preseže kritično vrednost, pride do propadanja kostnih struktur. Ugotovljeno je, da se stresni zlomi pogosteje pojavljajo pri tekačih, ki pri teku dosegajo večje sile zaradi načina teka ali vrste podlage, prav tako je pomemben dejavnik hitrost teka – s hitrostjo se namreč povečuje sila reakcije podlage. Tveganje za zniževanje kostne gostote lahko povečajo nepravilna prehrana, bolezen ali menstrualne težave pri ženskah. Tudi dejavniki kot so veliko povečanje količin treninga, tek po trdi podlagi, tek z neprimerno obutvijo, izrazito postavljanje stopala ob podlago na peto ali nepravilno mišično razmerje lahko privedejo do stresnih zlomov kosti. (Bennell in Brukner, 2005; Clement in Taunton; 1980; Edwards idr., 2010; Friesenbichler, Stirling, Federolf in Nigg, 2011; Hreljac, 2005; Hreljac, 2004; Thacker, Gilchrist, Stroup in Kimsey, 2002; Vossinakis in Tasker, 2000). Zlom tibie se kaže kot bolečina v zgornji tretjini sprednje strani golenice, pri zlomu fibule pa se bolečina pojavi na zunanji spodnji strani goleni. Rentgensko slikanje velikokrat ne pokaže zloma, saj gre za dokaj majhno razpoko na kosti, zanesljivejša metoda za potrditev zloma je scintigrafija.

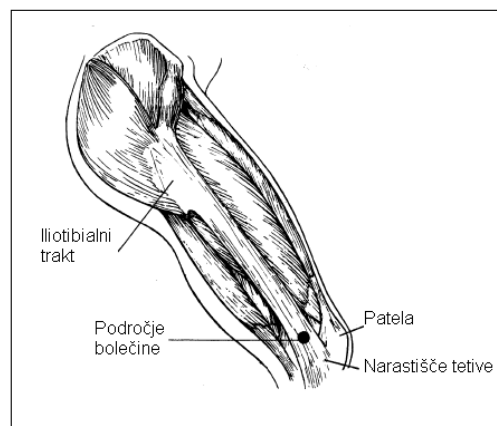
Kompartiment sindrom. Pri kompartiment sindromu privedo utesnitve mišic goleni v mišični loži. Do komplikacij pride zaradi otekanja mišic goleni ob velikih obremenitvah. Zaradi utesnitve je zmanjšan krvni pretok in živčno prevajanje. Po navadi pride do utesnitve v sprednjem delu goleni, kar se kaže kot bolečina in rahlo mravljinčenje v predelu okrog mišice. Pri hujših oblikah je potrebno kirurško zmanjšati pritisk.

Vnetje pokostnice. Vnetje pokostnice se kaže kot bolečina v sprednjem medialnem delu golenice, posebej izrazita je občutljivost na dotik. V angleškem jeziku se velikokrat uporablja izraz »medial tibial pain syndrom«. Velikokrat se pojavi pri tekačih, ki s tekom komaj začnejo ali pri tistih, ki močno povečajo količino treninga. Vzrok je lahko tudi tek po trdi podlagi. Velikokrat pride do vnetja narastišča mišic goleni na med-kostno membrano, ki se razrašča med tibio in fibulo.

2.1.1.4 Poškodbe v področju kolena

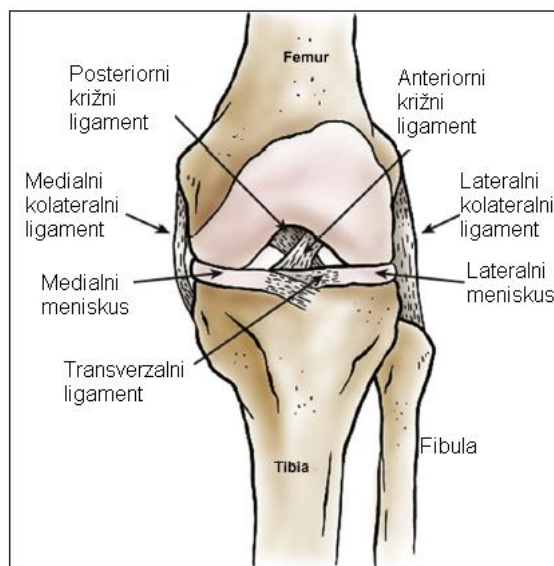
Kot specifične poškodbe kolena se najpogosteje pojavljajo sindrom iliotibialnega trakta, patelofemoralni bolečinski sindrom in poškodbe meniskusov (Ferber, Hreljac in Kendall, 2009; Hreljac, 2005). Kot vzrok za poškodbe kolena se velikokrat omenjajo Q kot večji od 15 do 20 stopinj, pretirana everzija stopala (postavljanje stopala na notranji rob), kot posledica pa se pojavi tudi notranja rotacija golenice, kar vpliva na poškodbe sklepnih struktur v kolenskem sklepu (Dugan in Bhat, 2005; Livingston in Mandigo, 1999; Rose, Birch in Kuisma, 2011; Snyder, Earl, O'Connor in Ebersole, 2009; Stergiou in Bates, 1997; Stacof idr., 2000).

Sindrom iliotibialnega trakta. Gre za vnetje dolge tetive imenovane iliotibialni trakt, ki poteka od medenice po zunanji strani stegna do narastišča na zgornji zunanji strani tibie in je eden od glavnih vzrokov za bolečino v kolenu (Hamill, Miller, Noehren in Davis, 2008). Strokovnjaki niso enotnega mnenja, zakaj pride do poškodbe. Do vnetja naj bi prišlo zaradi drgnjenja tetive ob zunanji del stegenice, druge raziskave pa navajajo, da je vnetje posledica utesnitve tetive v maščobnem tkivu. Poškodba se kaže kot bolečina na zunanji strani kolena. Tetiva sodeluje pri fleksiji kolenskega in ekstenziji kolčnega sklepa, pomaga pa tudi pri stabilizaciji kolčnega in kolenskega sklepa. Ena razlaga je, da se tetiva pri teku ves čas drgne ob stegenico, druga pa, da pride pri fleksiji kolenskega sklepa do utesnitve tetive ob lateralni del stegenice zaradi maščobnega tkiva. Vzroki za pojav sindroma so lahko različni. Lahko gre za prevelike količine teka, teka po neravnih površinah, mišičnega neravnovesja ali slabe raztegljivosti tetive. Tetivo imenovano iliotibialni trakt prikazuje slika 24.



Slika 24. Iliotibialni trakt (Adams in Depiesse, 2011).

Poškodbe meniskusov. Med stegnenico in golenico sta vstavljeni dve vezivno-hrstančni strukturi, imenovani lateralni in medialni meniskus. Meniskusa sta različnih velikosti, zgrajena sta iz vode (72 %) in organskih snovi (28 %). Omenjeni strukturi skrbita za ujemanje sklepnih površin in stabilnost kolenskega sklepa, skrbita pa tudi za blaženje pritiskov, ki nastajajo v kolenskem sklepu (Makris, Hadidi in Athanasiou, 2011). Položaj meniskusov prikazuje slika 25. Zaradi ponavljajočih se obremenitev ali pa zaradi nenadnih sunkovitih gibov lahko pride do poškodbe. Na začetku se poškodba lahko kaže le kot bolečina, kasneje pa lahko pride tudi do odkrušenja dela meniskusa ali celo do raztrganine (Micheli, 1996).

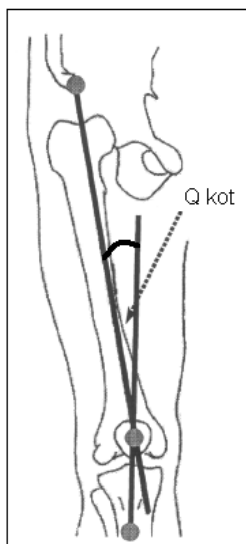


Slika 25. Položaj meniskusov in kolenskih vezi (Makris idr., 2011).

Disekantni osteohondritis. Do poškodbe pride zaradi motnje pri prekrvavitvi kosti, kar privede do odmrtja dela kosti. Odmrta kost in njej pripadajoči hrustanec se postopoma oddvojita od ostale kosti, kot posledica tega pa je nastanek prostega telesa. Poškodba se najpogosteje pojavi na medialnem stegneničnem kondilu in je značilna predvsem za mlajše športnike (Košak in Travnik, 2011). Kaže se kot zmerna bolečina spredaj ali bolj na notranji strani kolena. Stanje je posledica ponavljajočih se mikro-poškodb.

Sindrom OSGOOD – SCHLATTER. Bolezen uvrščamo med osteohondroze, značilnost te skupine bolezni pa je moten normalen proces kostne rasti. Bolezen je značilna predvsem za otroke. Osteohondroza je najpogostejša v predelu apofize golenice (Schara, 2011). Bolečina se pojavlja predvsem pri obremenitvah.

Patelofemoralni bolečinski sindrom. Poimenovanje »patelofemoralni bolečinski sindrom« uporabimo, kadar gre za bolečino v sprednjem spodnjem robu pogačice. V praksi se velikokrat uporablja ime tekaško koleno. Bolečina se pojavi med tekom in se z razdaljo stopnjuje. Pojavlja se tudi pri hoji po stopnicah in pri daljšem klečanju. Gre za preobremenitveno poškodbo, povzročajo pa jo anatomske nepravilnosti kot so plosko stopalo in mišično nesorazmerje sprednjih in zadnjih stegenskih mišic ali nesorazmerje med glavami štiri-glave stegenske mišice, kjer je lateralna glava bistveno močnejša od medialne. Velik dejavnik tveganja je tudi kot Q, v primeru, da presega vrednost 15 do 20 stopinj (Livingston in Mandigo, 1999). Kot Q prikazuje slika 26.



Slika 26. Kot Q (Mandigo, 1999).

Kot Q tvorita rezultanta sil štiriglave stegenske mišice in črta vleka patelarnega ligamenta na vrhu pogačice (Horton in Hall, 1989, v Jakovljević in Hlebš, 1999).

2.1.1.5 Poškodbe v področju kolka

Vzroki za poškodbe kolka so velikokrat odvisni od nepravilnosti v skočnem in kolenskem sklepu zaradi katerih pride do povečanih obremenitev v kolčnem sklepu. Tudi slaba razteznost mišic adduktorjev stegna, nezadostna moč zunanjih rotatorjev stegna in tek po neravni in razgibani podlagi lahko privedejo do poškodb. Med preobremenitvene poškodbe kolka prištevamo vnetje kit mišic, trohanterni burzitis, vnetje interpubičnega diska, pojavlja pa se tudi stresni zlom vrha stegenice.

Vnetje kit mišic kolčnega sklepa. Najpogostejše vnetje se pojavlja pri kitah mišic adduktor longus, iliopsoas in rectus femoris. Do poškodbe pride zaradi velikih količin teka ter preslabe mišične moči in neizvajanja razteznih vaj. Poškodba se kaže kot bolečina pri teku, pri hujših oblikah je prisotna tudi pri vsakdanjih opravilih.

Zelo pogosta poškodba v tem predelu je tudi poškodba mišic zadnje stegenske lože. Zadnjo stegensko ložo tvorijo mišice biceps femoris, m. semitendinosus in m. semimembranosus. V angleškem jeziku se po navadi za to skupino mišic uporablja poimenovanje »hamstrings«. Gre za akutno poškodbo, ki je najpogostejša pri šprintih (Schache , Wrigley, Baker in Pandy, 2009).

Oteitis pubis (vnetje interpubičnega diska). Točen nastanek vnetja ni znan, po navadi se pojavi pri športih, kjer se pojavljajo intervalni šprinti in brcanje, pojavlja se tudi pri tekačih in tekačicah, ki so prestali operacije mehurja ali prostate (Pizzari, Coburn in Crow, 2008). Vnetje se kaže kot bolečina v sramničnem predelu in onemogoča običajno telesno aktivnost.

Stresni zlom vrha stegenice. Tako kot za vse stresene zlome, je vzrok za zlom vrha stegenice ponavljajoči se pritiski na kost. Do zloma lahko pride zaradi prevelikih količin teka in zmanjšane gostote kosti zaradi nepravilne prehrane ali menstrualnih težav pri ženskah.

Trohanterni bursitis. Vnetje burze, ki leži nad velikim trohanтром, se lahko pojavi zaradi trenja, ki nastaja pri drsenju iliotibialnega trakta preko velikega trohantra. Do trenja lahko pride zaradi velike napetosti iliotibialnega trakta, razliki v dolžini spodnjih udov in ohlapnosti mišic, ki obdajajo kolčni sklep. Vnetje se kaže kot bolečina v predelu velikega trohantra in lahko izžareva navzdol po lateralnem delu stegna, včasih je tudi onemogočeno ležanje na prizadeti strani zaradi pritiska na burzo (Baker, Massie, Hurt in Savory, 2007).

2.1.1.6 Poškodbe hrbta

Bolečine v hrbtu predstavljajo velik problem sodobne družbe. Sedeč način življenja, degenerativne spremembe in telesna neaktivnost vodijo do številnih težav povezanih z bolečino v hrbtu. Tudi preobremenitev je eden izmed dejavnikov tveganja. Tek vsekakor predstavlja obremenitev, predvsem kadar gre za tek z nepravilno tehniko ali pa mišično nesorazmerje in anatomske nepravilnosti. Pri poškodbah hrbtenice je zelo težko opredeliti posamezne poškodbe glede na vzrok nastanka. Posledice različnih poškodb so po navadi bolečine, katerih vzrok je velikokrat nejasen (Schache, Benell, Blanch in Wrigley, 1999). Največkrat omenjene poškodbe so zdrsa medvretenčne ploščice, ukleščanje živca in nateg mišic hrbta.

Medvretenčne ploščice so zelo pomembne pri absorbiranju sil, ki nastajajo pri obremenitvah. Elastičnost ploščice je v največji meri odvisna od količine vode v njej. S ponavljajočimi obremenitvami se lahko vsebnost vode v ploščici zmanjša, ploščica postane bolj toga, dodatne obremenitve pa tako privedejo do zdrsa ploščice. Zmanjšana vsebnost vode v medvretenčni ploščici pomeni tudi večjo obremenitev za sklepe med vretenci. Posledica tega dogajanja je tudi sesedanje hrbtenice, kar lahko povzroči ukleščanje živcev, ki izhajajo iz hrbteničnega kanala. Vso opisano dogajanje je med seboj zelo povezano in soodvisno. Posledica so bolečine v področju hrbtenice, pri ukleščanju pa lahko bolečina izžareva tudi v druge dele telesa, odvisno od prizadetega živca. Bolečine v spodnjem delu hrbta so velikokrat posledica preobremenjevanja sklepov, vsako gibanje pa je v tesni povezavi z gibanjem medenice. Zelo pomembni so globoki stabilizatorji trupa, ki potekajo ob hrbtenici in povezujejo posamezna vretenca ali več vretenc skupaj in so zelo pomembni za prožnost hrbtenice. Večina sklepov v tem področju je po funkciji zelo slabo gibljivih, vsako mišično nesorazmerje ali prevelika mišično vezivna ohlapnost lahko povzroča nestabilnost teh sklepov, posledično to pomeni večjo amplitudo gibov in s tem bolečino.

Bolečino oziroma poškodbo hrbta velikokrat povzroči veriga dogodkov, zato je diagnosticiranje primarnega vzroka toliko težje. Vsekakor je potrebno ohranjati primerno mišično ravnovesje, saj s tem zagotovimo primerno telesno držo ter stabilnost sklepov, s tem pa zmanjšamo tveganje za poškodbe.

2.1.2 Poškodbe pri teku na srednje in dolge proge

Raziskave so pokazale, da so pri teku na srednje in dolge proge najznačilnejše preobremenitvene, kronične poškodbe, ki največkrat prizadenejo spodnji ud (Shariatmadari, English in Rothwell, 2010; Williams, McClay in Hamill, 2000; Braunstein, Arampatzis, Eysel in Brüggemann, 2010; Hreljac, 2005). Poškodbe so posledica obremenitev, ki se prenašajo na telo pri vsakem pretečenem koraku. Kot smo ugotovili, sila reakcije podlage pri vsakem koraku znaša dva do trikratno vrednost telesne mase. Pri teku na 10 000 metrov tako najboljši tekači absorbirajo tudi do 830 ton energije. Tkivo, ki sestavlja človeško telo je sicer zelo dobro prilagodljivo in odporno, vendar lahko tako velike količine absorbirane energije povzročijo nastajanje mikropoškodb, ki se po določenem času pokažejo kot preobremenitvena poškodba. Poškodbe so lahko toliko izrazitejše, če tekač ne upošteva postopnosti treninga ali nima ustrezne tehnike teka. Vzroki za poškodbe so lahko zelo različni, v večini primerov je poškodba vzrok večih dejavnikov, ki medsebojno vplivajo na njen pojav. Micheli (1996) deli dejavnike poškodb v dve skupini, in sicer v intrinzične ali notranje ter ekstrinzične ali zunanje, oboji bodo opisani v nadaljevanju.

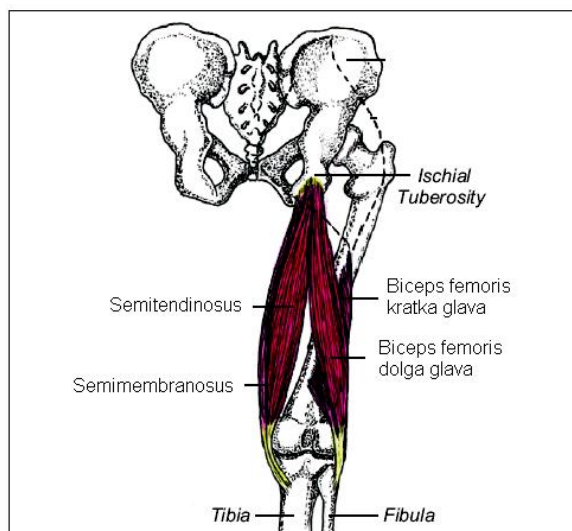
Med notranjimi dejavniki za poškodbe je vsekakor zelo pomemben dejavnik **prejšnja enaka ali podobna poškodba**. Na poškodovanem tkivu vedno ostanejo določene posledice v funkcionalnem smislu. Mehka tkiva izgubijo prvotno prožnost zaradi brazgotin, tudi kosti so lahko na zaceljenih mestih manj trdne. **Slaba telesna pripravljenost in mišično neravnovesje** lahko povzročata težave pri izvedbi pravilne in ekonomične tehnike gibanja, kar samo po sebi vodi v poškodbe. **Nepravilna tehnika** tako tudi sodi med notranje dejavnike za poškodbe. **Slaba psihična pripravljenost** je lahko velikokrat vzrok akutnim poškodbam, do katerih pride zaradi nepazljivosti tekača. Tudi **anatomske nepravilnosti** lahko povzročajo določene težave. Poškodbo lahko tako predstavlja sama nepravilnost, ali pa ta nepravilnost vodi v porušenje tehnike, ali povzroča mišično neravnovesje. Najpogosteje so s tekaškimi poškodbami povezane nepravilnosti stopal in kolen. **Nepravilna prehrana** vpliva na funkcionalni sistem pri človeku. Če je vsebnost potrebnih hranil premajhna, telesno tkivo postane manj odporno na stresne dejavnike iz okolja, kar vodi v pojav poškodb.

Med zunanjimi dejavniki za poškodbe je **nepravilen trening** (prevelika intenzivnost, trajanje in pogostost) ključen razlog za pojav poškodb. Pri treniranju moramo vedno upoštevati načelo postopnosti in individualnosti. To pomeni, da ni vsaka oblika treninga primerna za vsakega posameznika. Pri neupoštevanju metodologije treniranja lahko pri tekaču pride tudi do trajnih posledic. K nepravilnemu treningu lahko prištevamo tudi **neprimerne vaje**, na katere posameznik zaradi svojih telesnih sposobnosti ni pripravljen ali pa zanj niso primerne iz zdravstvenih razlogov. **Neprimerna obutev** ter **neprimeren teren** in **klima** povzročajo pri tekaču povečane obremenitve v smislu večjih sil, neprimerne tehnike teka ali izpostavljenosti vremenskim vplivom kot so velika vročina, mraz in UV sevanje.

2.1.3 Poškodbe pri šprintu

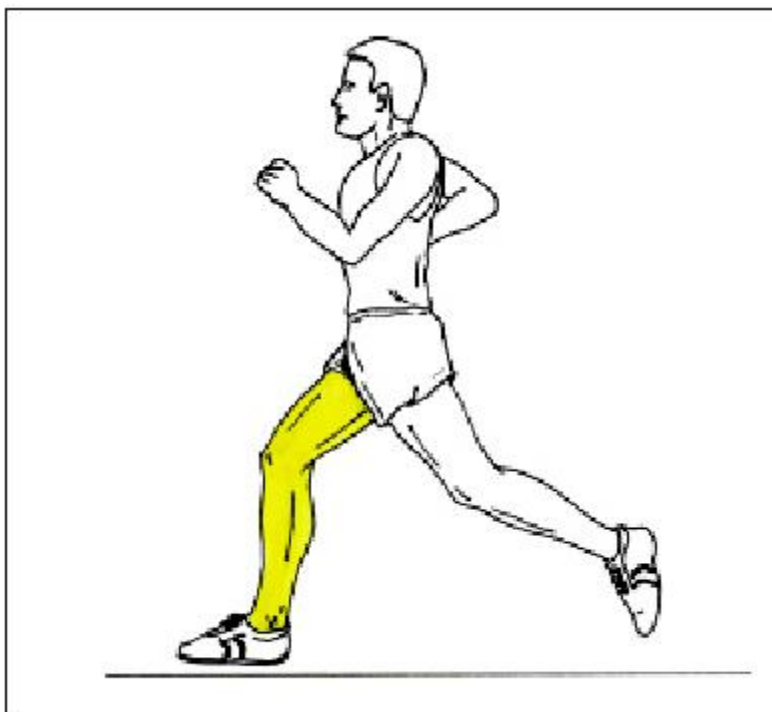
Tudi pri šprintu se lahko pojavljajo poškodbe podobne tistim pri teku na srednje in dolge proge, njihova pojavnost pa je odvisna od vsakega posameznika posebej. Za te poškodbe ne moremo reči, da so značilne za šprinterski tek, posebej če izhajamo iz biomehanskih razlik pri teku na kratke ter srednje in dolge proge. V literaturi se kot značilna šprinterska poškodba omenja nateg mišic zadnje lože (Clark, Bryant, Culgán in Hartley, 2005; Goldman in Jones, 2011; Heynen, 2001; Hoskins in Pollard, 2005; Schache idr., 2009; Yu, Queen, Abbey, Liu, Moorman in Garrett, 2008). Tovrstna poškodba predstavlja med 6 in 29 odstotkov vseh poškodb, ki nastanejo pri športih, ki vključujejo šprinterski tek (Mendiguchia in Brughelli, 2011).

Zadnjo ložo sestavljajo mišice biceps femoris, semitendinosus in semimebranosus, kar prikazuje slika 27. Vse mišice so dvo-sklepne, njihova osnovna funkcija je ekstenzija kolčnega in fleksija kolenskega sklepa. Najpogosteje je poškodovana mišica biceps femoris (Silder, 2010; Šarabon, Fajon, Zupanc in Drakslar, 2005). Vzrok najpogostejšega poškodovanja te mišice je v njeni strukturi. Mišice se namreč najpogosteje poškodujejo na mišično-tetivni povezavi, pri mišici biceps femoris pa ta poteka po celotni dolžini mišice.



Slika 27. Prikaz zadnje lože stegenskih mišic (Dubin, 2002).

Najbolj kritična točka poškodovanja mišic zadnje lože je faza sprednjega zamaha in prvega dotika s podlago, kar prikazuje slika 28. V tem delu tekaškega koraka delujejo mišice zadnje lože ekscentrično saj zadržujejo golen oziroma zavirajo ekstenzijo kolena. Zavedati se je potrebno, da se vse to dogaja pri zelo veliki hitrosti in amplitudi gibanja. Sile, ki delujejo na mišico so zato zelo velike. Ker mišična skupina poteka skozi dva sklepa, se v tem primeru le-ta razteguje zaradi fleksije kolka in ekstenzije kolena, mišične sarkomere se tako neenakomerno in prekomerno raztezajo, to pa vodi v nateg ali natrganje mišičnih vlaken. Omenjen potek dogodkov lahko smatramo kot glavni mehanizem poškodovanja te mišične skupine (Liu, 2007; Morgan-Jones, Cross in Cross, 2000; Wilson in Myers, 2011).



Slika 28. Prikaz faze sprednjega zamaha tik pred prvim dotikom podlage (Dubin,2002).

Vzroki za nastanek tovrstne poškodbe so lahko različni, noben vzrok pa ni prevladujoč. Vzroki za poškodbo zadnje stegenske lože so tako slaba mišična moč in mišično neravnovesje, neprimerna mišična koordinacija, neustrezno ogrevanje pred aktivnostjo, zmanjšan obseg gibljivosti, predhodna poškodba in mišična utrujenost (Clark, 2008; Dervišević, 2005; Foreman idr., 2006; Wilson in Myers, 2011).

Slaba mišična moč in neravnovesje. Slaba mišična moč mišic zadnje lože v primerjavi s štiri-glavo stegensko mišico je dokaj pogost dejavnik za nastanek poškodbe. Da je razmerje primerno, mora zadnja stegenska loža razviti vsaj 60 odstotkov moči štiri-glave stegenske mišice (Coombs in Garbutt, 2002; Heiser, Weber, Sullivan, Clare in Jacobs, 1984).

Mišična koordinacija. Pri mišicah zadnje stegenske lože lahko govorimo o dveh mišičnih skupinah. Mišico biceps femoris oživčuje ishiadični živec, mišici semimembranosus in semitendinosus pa oživčuje tibialis. Zaradi tega je medmišična koordinacija zahtevnejše oziroma vključevanje mišic ni vedno popolnoma sinhronizirano, tako lahko ob prepozni aktivaciji mišice pride do poškodbe (Agre, 1985; Devlin, 2000).

Neustrezno ogrevanje pred aktivnostjo. Povečana temperatura mišic zmanjša možnost poškodb, saj so ogrete mišice manj toge kot neogrete. Tudi viskoznost mišic se zmanjša, izboljšajo pa se elastične lastnosti mišičnih vlaken (Croisier, 2004; Proske in Morgan, 1999). Športnik se z ogrevanjem pripravi na fizično aktivnost v fiziološkem in psihološkem smislu, kar je zelo pomembno pri preprečevanju vseh vrst poškodb.

Zmanjšan obseg gibljivosti. Mišice in kite, ki onemogočajo normalno gibljivost, so veliko bolj podvržene poškodbam kot normalno gibljive mišice. Hiter razteg bo pri togih mišicah prej povzročil poškodbo, saj je meja elastičnosti manjša kot pri normalno gibljivih mišicah. Kite in mišice, ki so preveč toge ne nudijo zadostne podpore za ekscentrično krčenje, medtem ko mišice in kite, ki so bolj gibljive, omogočajo lažji prenos ekscentrične sile na kito mišice (Burkett, 1970; Croisier, 2004).

Predhodna poškodba. Pri vsaki mišični poškodbi ostane na mestu poškodbe brazgotina. Brazgotina zmanjša elastičnost in raztegljivost mišice, zato je ta del ponavadi najšibkejši člen celotne mišice. Tekom rehabilitacije mora tako biti veliko pozornosti posvečene čim večjemu ohranjanju elastičnih lastnosti mišice (Foreman idr., 2006).

Mišična utrujenost. Več kot polovica poškodb se zgodi v zadnjih delih treningov in tekmovanj. Živčno-mišična koordinacija je takrat nekoliko slabša, zaradi utrujenosti pa pride tudi do slabše tehnike teka, kar lahko vodi v nastanek poškodbe (Devlin, 2000; Drezner, 2003).

2.2 Preventivni ukrepi proti nastanku poškodb

Pri preventivnih ukrepih moramo vedno izhajati iz dejavnikov tveganja in načina odpravljanja le-teh. Pomembno je, da dovolj zgodaj prepoznamo morebitne vzroke za nastanek poškodb in takoj ukrepamo. Ukrepi so lahko zelo različni. Včasih je dovolj, če menjamo samo podlago po kateri redno tečemo ali zamenjamo obutev, včasih pa je potreben veliko bolj temeljit pristop, katerega naloge je potrebno izvajati daljše časovno obdobje. Ker so predmet razprave vrhunski tekači, je tudi trenerjeva vloga zelo pomembna, saj je trener velikokrat prvi, ki ima možnost opaziti določeno odstopanje od normalnega v kateremkoli pogledu (Hreljac, 2005; Jegathesan, 1992).

Pri preventivi tekaških poškodb je najpomembnejše prepoznavanje problemov in nato izbira pravih ukrepov za odpravo le-teh. Teoretično gre za zelo preprosto in lahko razumljivo filozofijo, ki pa jo je v praksi veliko težje uresničevati. Vrhunski športniki so v svojem procesu treninga ves čas podvrženi velikemu tveganju za nastanek poškodb, proces treninga in tekmovanje pa ves čas poteka na meji med zdravjem in poškodbo, saj je v današnjem času na žalost ta način tisti, s katerim je možno doseči vrhunski rezultat. Določene manjše in lažje poškodbe so pri določenih športnikih postale stalnica, nekateri tudi več let uspešno nastopajo s ponavljajočo poškodbo, veliko je tudi športnikov, ki ob koncu kariere priznajo, da imajo hude zdravstvene težave ravno zaradi velikih telesnih obremenitev v času tekmovalne kariere. V vrhunskem športu je zato preventiva pred poškodbami še toliko pomembnejša.

Glede na dejavnike tveganja lahko preventivne ukrepe razdelimo na različna področja, ta bodo predstavljena v nadaljevanju. Različni avtorji (Bennell in Brukner, 2005; Clement in Taunton, 1980; Hreljac, 2005; Knutzen in Hart, 1996; McGrath in Finch, 1996; Middleton-Griffin in Ransone, 2011; Novacheck, 1998), navajajo naslednja področja preventivnih ukrepov.

Telesna pripravljenost. Primerna telesna pripravljenost je eden izmed glavnih faktorjev preventivnega delovanja. S primerno fizično pripravljenostjo lahko v veliki meri zmanjšamo tveganje za poškodbe, zmanjšamo resnost poškodb ter s tem škodo, ki jo je potrebno odpravljati. S tem zmanjšamo tudi tveganje za ponovno poškodbo. Ko govorimo o ustrezni telesni pripravljenosti, moramo gledati na posameznika kot kompleksno celoto. Pomembni elementi telesne pripravljenosti so gotovo ustrezna mišična moč, mišična vzdržljivost, splošna fiziološka vzdržljivost, gibljivost, ravnotežje ter živčno-mišična usklajenost. Treniranje mišične moči je nujno potrebno zaradi številnih ugodnih učinkov kot so izboljšana sklepna stabilnost ter povečana odpornost kit in mišic na stresne dejavnike.

Proprioceptivni ali kinestetični občutek je pomemben iz vidika ohranjanja primernih amplitud gibov posameznih telesnih segmentov ali celotnega telesa pri nepredvidenih dražljajih iz okolice. Proprioceptivni trening bi se moral izvajati skozi celotno tekmovalno sezono, največ pozornosti pa mu je potrebno posvetiti v pripravljalnem obdobju. Po poškodbi se priliv informacij iz prizadetega področja spremeni, kar ima negativen vpliv na motorični nadzor. Takrat je nujno potrebno uvesti tovrsten trening, saj se je le-ta izkazal kot zelo pomemben dejavnik pri preprečitvi ponovne poškodbe.

Gibljivost sklepov in mišic je v največji meri odvisna od raztegljivosti mišic in obsklepnih ligamentov. Redno izvajanje razteznih vaj je zelo pomembno iz večih pogledov. Po treningu pomaga k hitrejši regeneraciji, dolgoročno pa primerna raztegljivost mišic preprečuje poškodbe pri ekstremnih in silovitih gibih. Trening gibljivosti mora biti redno vključen v proces treninga. Principi treniranja gibljivosti so zelo različni. Težko je reči, da je kateri boljši od drugega, zato je pri izbiri potrebno upoštevati zahteve športne discipline, v večini primerov športniki izvajajo različne kombinacije treningov za gibljivost.

Vzdržljivost lahko pojmuje na različne načine. Pri človeku označuje sposobnost opravljanja določene aktivnosti daljši čas, ne da bi se intenzivnost vidno zmanjšala ali prekinila. Vzdržljivost lahko pojmuje tudi kot odpornost proti utrujenosti (Škof, 2007). Pri preprečevanju poškodb je pomembno, da kljub veliki utrujenosti ohranimo aktivnost na dovolj visokem nivoju v smislu korektnih tehnik in zbranosti. Veliko poškodb se namreč zgodi zaradi velike utrujenosti, ko gibi postanejo neusklajeni, tehnika se poruši in zaradi tega postaja utrujenost še intenzivnejša, športnik pa se tako znajde v začaranem krogu.

Ustrezne metode treninga. Nepravilen in neprimeren trening lahko povzroči veliko škode, včasih tudi nepopravljive. Pri načrtovanju treninga je potrebno upoštevati številne dejavnike, od katerih je odvisen način treniranja. Pri tem ima veliko vlogo trener, ki mora v svojem varovancu prepoznati katere so tiste metode, ki so zanj primerne. Upoštevati je potrebno načelo sistematičnosti, postopnosti, specifičnosti in individualnosti. V metodologiji treniranja teka obstajajo dokaj jasno določene smernice, na kakšen način je potrebno določen trening stopnjevati. Različni trenerji uporabljajo različne načine, saj je le na ta način mogoče iz posameznika iztisniti največ, pri tem pa se je potrebno zavedati, da so posamezni tekači med seboj lahko zelo različni, zato mora biti tudi pristop k treningu temu primeren.

Počitek in regeneracija sta v procesu treninga pomembna vsaj toliko ali pa še več kot trening sam. Da lahko pride do prilagoditev na trening, je regeneracija nujno potrebna, saj se v tem času obnovijo številni fiziološki produkti, ki so bili porabljeni med treningom. Pri neupoštevanju tega, lahko pride do preutrujenosti ali celo do pretreniranosti, kar pa v procesu treninga pomeni daljšo obdobje, v katerem ni mogoče izvajati predvidenega načrta treninga.

Ustrezna oprema. Pri tekaču predstavljajo glavno opremo tekaški copati. Tekaški copati morajo biti izbrani glede na telesne lastnosti tekača in seveda tudi glede na namen uporabe. Tekaški copati morajo tekaču zagotavljati primerno blaženje in stabilnost, podplat pa mora biti primeren podlagi po kateri se tek izvaja. Značilnosti tekaške obutve smo opisali že pri poglavju o silah. Oblačila tekača morajo biti prilagojena vremenskim razmeram in podnebnim vplivom. Nuditi morajo zaščito pred mrazom ali vročino, pomembno pa je, da so zračna.

Psihološki dejavniki. Tekači morajo biti psihično pripravljen na trening in tekmovanje. Psihološka pripravljenost se sicer velikokrat omenja v povezavi z dobrim rezultatom, velik vpliv pa ima tudi na pojavnost poškodb. Nezbranost je lahko velikokrat vzrok za nastanek akutnih poškodb, do katerih pride zaradi nepozornosti tekača na vplive okolja. Stres ima vpliv na celotno telo, saj vpliva na številne procese v telesu, vendar je potrebno ločiti pozitivni in negativni stres. Pozitivni stres pripomore k boljšemu rezultatu, saj vzpodbudi številne fiziološke procese, ki ugodno vplivajo na izboljšanje posameznikovih telesnih sposobnosti. Tudi negativni stres ima vpliv na fiziološkem nivoju. V tem primeru pride v mišicah do povečane napetosti, kar se kaže kot zmanjšana motorična učinkovitost in motena koordinacija. Večja mišična napetost tudi upočasni reakcijski čas, vse to pa so dejavniki, ki vplivajo na nastanek poškodb (Nideffer, 1983). Pri športnikih, ki kažejo veliko stopnjo negativnega stresa, je tako smiselna strokovno vodena obravnava in odprava le-tega.

Vremenski in okoljski pogoji. Okolje, v katerem tekač trenira in tekmuje, lahko vpliva nanj na različne načine. Pretirana vročina ali mraz lahko imata škodljive učinke na kožo in dihalni sistem, prepogosta izpostavljenost močnim sončnim žarkom lahko povzroča opekline ali kožnega raka, vročina lahko povzroči tudi dehidracijo in vročični udar. Onesnažen zrak lahko dolgoročno povzroča okvare pljuč in vnetja sluznic.

Preprečevanje poškodb pri teku in v tekmovalnem športu nasploh je za tekmovalca izjemnega pomena. Poškodba pomeni za profesionalnega športnika zmanjšano ali celo onemogočeno možnost ukvarjanja s športno dejavnostjo in s tem možnost poklicnega udejstvovanja. Dolgoročno gledano predstavlja vsaka poškodba grožnjo ugodnemu zdravstvenemu statusu, posledice pa se lahko kažejo tudi pri vsakdanjih opravilih. Preventiva pred poškodbami je tako izjemnega pomena. Pri načrtovanju in izvajanju treninga je potrebno upoštevati vse dejavnike tveganja in jih sproti izločiti iz procesa treninga in tekmovanj. Področja preventivnega delovanja so zelo različna in kompleksna, zato mora športnik veliko pozornosti nameniti ravno preprečevanju poškodb. Zelo pomembno vlogo ima tudi trener, saj mora skupaj s športnikom sestaviti tak program treninga, ki bo ob metodah za razvijanje športnikovih sposobnosti vključeval tudi preventivne ukrepe.

3. Metode dela

Metoda dela je deskriptivna, pri podajanju informacij smo se sklicevali na domačo ter tujo strokovno in znanstveno literaturo.

4. Sklep in razprava

Biomehanika teka predstavlja zelo pomembno področje pri proučevanju značilnosti teka, uporaba biomehanskih orodij pa nam omogoča natančno analizo tekaškega koraka in celotne strukture gibanja. Pri primerjavi šprintov s teki na srednje in dolge proge ugotavljamo, da prihaja do nekaterih bistvenih biomehanskih razlik. Pri šprinterskih disciplinah je tek veliko bolj silovit, gibi so izvedeni z večjimi amplitudami, sile, ki pri tem nastajajo pa so zelo velike. Z nižanjem hitrosti teka se zmanjšuje tudi silovitost in amplituda gibanja, sila reakcije podlage pa je manjša pri nižjih hitrostih gibanja.

Poškodbe povezane s tekom so v veliki meri odvisne od biomehanskih razlik pri teku. Pri tekih na srednje in dolge proge se v največji meri pojavljajo preobremenitvene poškodbe, za šprinterski tek pa so bolj značilne akutne poškodbe.

Preobremenitvene poškodbe so posledica dlje časa trajajočih in ponavljajočih se dejavnikov, ki vplivajo na nastanek le-teh. Ugotovili smo, da je pri dolgotrajnejših tekih vsota absorbirane mase zelo velika. Pri teku na deset kilometrov znaša seštevek absorbirane mase okrog 830 ton. Če upoštevamo metodologijo treniranja tekov na srednje in dolge proge lahko ugotovimo, da nekateri najboljši tekači na teden pretečejo tudi sto kilometrov ali več. Obremenitve so zato zelo velike, prav tako je veliko tveganje za poškodbe. Te ponavljajoče obremenitve lahko povzročijo nenormalnost v delovanju telesnih procesov, kar lahko vodi v pojav poškodb. Šprinterji sicer razvijejo večjo silo, vendar je seštevek absorbirane sile relativno majhen v primerjavi z ostalimi tekači, predvsem na račun kratkih razdalj. Sile, ki nastajajo pri teku, so odvisne tudi od antropometričnih lastnosti. Ugotovili smo, da so šprinterji v povprečju za deset kilogramov težji od tekačev na srednje proge, tekači na dolge proge pa so približno še za deset kilogramov lažji od tekačev na srednje proge. Sila reakcije podlage ponavadi znaša dva do trikratno vrednost telesne teže. Če upoštevamo razlike v telesni teži med posameznimi skupinami tekačev lahko ugotovimo, da so razlike v silah reakcije podlage logična posledica različne telesne teže. Pri šprinterju, ki teče na sto-metrski razdalji, je sila reakcije podlage približno 3000 N, pri tekaču na pet tisoč metrov 2000 N, pri maratoncu pa 1500 N.

Sile, ki nastajajo pri teku, pa niso ključnega pomena za nastanek poškodb. Le-te so normalna posledica teka kot gibanja, če ga opazujemo skozi fizikalne zakonitosti. Rečemo lahko, da so sile samo posredni dejavnik za nastanek poškodb, kajti njihov vpliv na telo je odvisen od številnih drugih dejavnikov kot so slaba telesna pripravljenost tekača, nepravilna tehnika teka, slaba psihična pripravljenost, bolezensko stanje, anatomske nepravilnosti, nepravilna izbira tekaške obutve ter napačen pristop k treningu. Vsi ti dejavniki lahko vplivajo na pojavnost poškodb na način, da povečajo vpliv delovanja obremenitev na telo.

Pri teku so najpogostejše poškodbe spodnjega uda, kjer je koleno najpogosteje poškodovan telesni segment, velikokrat pa se poškodujejo tudi stopalo, gleženj, golen, kolk in hrbet. Največkrat so poškodovane mišice in kite, pojavljajo pa se tudi poškodbe kosti in sklepov ter ob sklepnih struktur.

Za šprinterski tek je najbolj značilna poškodba zadnjih stegenskih mišic. V večini primerov gre za nateg ali delno natrganje teh mišic. Tovrstna poškodba je posledica večih dejavnikov, ki so med seboj v tesni povezavi. Velika hitrost in amplituda gibanja zahtevata od mišic veliko prilagodljivost v smislu krčenja in raztezanja. Vzrok poškodb gre iskati tudi v legi mišic, saj potekajo skozi kolčni in kolenski sklep. Najpogosteje se poškodujejo v fazi sprednjega zamaha, ko se raztegujejo v kolčnem in kolenskem sklepu, ob tem pa morajo z ekscentrično kontrakcijo zadrževati gibanje goleni naprej. Dejavniki, ki vplivajo na nastanek poškodb zadnje stegenske lože so največkrat slaba mišična moč in mišično neravnovesje, slaba mišična koordinacija, slabo ogrevanje pred aktivnostjo, zmanjšana gibljivost, predhodna poškodba in mišična utrujenost.

Ker so poškodbe dokaj pogost pojav v tekmovalnem športu, je potrebno stremeti k zmanjšanju le-teh. Star rek pravi, da je bolje preprečiti kakor zdraviti, kar drži še danes. Preventivni ukrepi naj bi bili reden spremljevalec športnega treninga, saj se je le na ta način možno izogniti poškodbam. V praksi to pomeni, da je potrebno pravočasno prepoznati dejavnike tveganja, ki lahko povzročijo poškodbo, poznati pa je potrebno tudi preventivne ukrepe. Tovrstni ukrepi so tesno povezani z odpravljanjem oziroma zmanjševanjem dejavnikov tveganja. V vrhunskem športu je tveganje za poškodbe zelo veliko, zato mora športnik skupaj s trenerjem veliko pozornosti nameniti spremljanju in ocenjevanju učinkov treninga, saj lahko na ta način dovolj

zgodaj zazna morebitno tveganje za poškodbo. Takojšnje ukrepanje je nujno, vendar v praksi velikokrat do tega ne pride. Zahteve v tekmovalnem športu so postale zelo velike, želje športnikov, gledalcev in sponzorjev pa so velikokrat močnejše od bojazni pred poškodbo. Veliko športnikov se na športni teren poda s poškodbo, zavedajoč se, da s tem tvegajo nastanek še večje in težje poškodbe. Športni delavci bi morali tovrstno ravnanje v čim večji meri preprečevati, saj tako narekuje tudi etični kodeks v športu.

Povzamemo lahko, da so poškodbe v teku zelo kompleksen pojav in so odvisne od številnih med seboj prepletenih dejavnikov. Ravno zaradi tega razloga je njihova obravnava zapletena, tako v smislu preprečevanja kot zdravljenja.

5. Viri

Adams, B. in Depiesse, F. (2011). *Specific injuries by anatomic site*. Pridobljeno 1. 10. 2011 iz <http://www.iaaf.org/medical/manual/>

Agre, J. C. (1985). Hamstring injuries: Proposed aetiological factors, prevention, and treatment. *Sports Medicine*, 2 (1), 21–33.

Alexander, M. J. L. (1996). Field Events. V D. J. Caine, C. G. Caine in K. J. Lindner. *Epidemiology of sports injuries*. (str. 196-212). Champaign: Human Kinetics.

Baker, C. L, Massie, R. V., Hurt, W. G. in Savory, C. G. (2007). Arthroscopic Bursectomy for Recalcitrant Trochanteric Bursitis. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic and Related Surgery*, 23(8), 827–832.

Bennell, K in Brukner, P. (2005). Preventing and managing stress fractures in athletes. *Physical Therapy in Sport*, 6 (4), 171–180.

Braunstein, B., Arampatzis, A., Eysel, P. in Bruggemann, G. P. (2010). Footwear affects the gearing at the ankle and knee joints during running. *Journal of Biomechanics*, 43 (11), 2120–2125.

Bučar, M. (2009). Poškodbe ahilove tetive (tendiopatija). *Polet*, 8 (44), 54.

Burkett, L. N. (1970). Causative factors in hamstring strains. *Medicine and science in sports and exercise*, 2 (1), 39-42.

Bushnell, T. D. (2004). *A biomechanical analysis of sprinters vs. distance runners at equal and maximal speeds*. (Raziskovalno poročilo). Brigham: Department of Exercise Sciences, Brigham Young University.

Chai, H. (2003). *Biomechanics of Running*. Taipei: School of Physical Therapy, National Taiwan University.

Clark, A. R. (2008). Hamstring injuries: risk assessment and injury prevention. *Annals of the Academy of Medicine*, 37 (4), 341-346.

Clark R., Bryant, A., Culgan, J. P. in Hartley, B. (2005). The effects of eccentric hamstring strength training on dynamic jumping performance and isokinetic strength parameters: a pilot study on the implications for the prevention of hamstring injuries. *Physical Therapy in Sport*, 6 (2), 67-73.

Clement, D. B. in Taunton, J. E. (1980). A Guide to the Prevention of Running Injuries. *Canadian Family Physician*, 26 (5), 543-548.

Coombs R, Garbutt G. (2002). Developments in the use of the hamstring/quadriceps ratio for the assessment of muscle balance. *Journal of sport sciences*, 1 (3), 56-62.

Croisier J. (2004). Factors associated with recurrent hamstring injuries. *Journal of Sports Medicine*, 34 (7), 681-95.

Čoh, M. (2002). *Atletika*. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport.

Čoh, M. (1996). Povezanost odzivne moči in hitrosti. Kondicijski trening. Gradivo za seminar v Mariboru.

DeLeo, A. T., Dierks, T. A., Ferber, R. in Davis, I. S. (2004). Lower extremity joint coupling during running: a current update. *Clinical Biomechanics*, 19 (10), 983-991.

Dervišević, E. (2005), Preprečevanje in rehabilitacija poškodb mišic zadnje lože stegna pri športnikih. V *Prevenција in rehabilitacija športnih poškodb* (str. 43-45). Ljubljana: Univerza v Ljubljani, FŠ.

Devlin, L. (2000). Recurrent posterior thigh symptoms detrimental to performance in rugby union: Predisposing factors. *Sports Medicine*, 29(4), 273–287.

Dolenec A. (1997). *Analizadelovanja skočnega sklepa pri različnih tehnikah izvedbe vertikalnih poskokov*. Magistrsko delo, Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport.

Donati, A. (1996). Development of stride length and stride frequency in sprint performances. *New Studies in Athletics*, 34 (1), 3–8.

Drezner, J. A. (2003). Practical management: Hamstring muscle injuries. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 13 (1), 48–52.

Dubin, J. C. (2002). Pridobljeno 1. 10. 2011, iz <http://www.dubinhiro.com/>

Dugan, S. A. & Bhat, K. (2005). Biomechanics and Analysis of Running Gait. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*, 16 (3), 603-621.

Edwards, W. B., Taylor, D., Rudolph, T. J., Gillette, J. C. in Derrick, T. R. (2010). Effects of running speed on a probabilistic stress fracture model. *Clinical Biomechanics*, 25(4), 372–377.

Enomoto, Y., Kadono, H., Suzuki, Y., Chiba, T. in Koyama K. (2008). Biomechanical analysis of the medalists in the 10,000 metres at the 2007 World Championships in Athletics. *New Studies in Athletics*, 23, (3), 61-66.

Ferber, R., Hreljac, A. in Kendall, K. D. (2009). Suspected Mechanisms in the Cause of Overuse Running Injuries: A Clinical Review. *Sports Health: A Multidisciplinary Approach*, 1 (3), 242-246.

Foreman, T. K., Addy, T., Baker, S., Burns, J., Hill, N. in Madden, T. (2006). Prospective studies into the causation of hamstring injuries in sport: A systematic review. *Physical Therapy in Sport*, 7, (2), 101–109.

Friesenbichler, B., Stirling, L. M., Federolf, P. in Nigg, B. M. (2011). Tissue vibration in prolonged running. *Journal of Biomechanics*, 44 (1), 116–120.

Galloway, J., (1984). *Od jogginga do marathona*. Zagreb: Gopal.

Goldman; E. F. in Jones, D. E., (2011). Interventions for preventing hamstring injuries: a systematic review. *Physiotherapy*, 97 (2), 91–99.

Grimshaw, P. & Burden, A., (2006). *Sport & Exercise Biomechanics*. New York: Taylor & Francis Group.

Guten, G., (1997). Overview of Leg Injuries. V G. Guten (ur.), *Running Injuries* (str. 61-92). Philadelphia, W. B. Saunders Company

Hamill, J., van Emmerik, R. E. A., Heiderscheit, B. C. in Li, L. (1999). A dynamical systems approach to lower extremity running injuries. *Clinical Biomechanics* 14,(5),297-308.

Hamill, J., Miller, R., Noehren, B. in Davis, I. (2008). A prospective study of iliotibial band strain in runners. *Clinical Biomechanics*, 23 (8), 1018–1025.

Hay, J. G. (1993). *The biomechanics of sports techniques*. Prentice Hall

Heimer, S., Čajavec, R. (2006). *Medicina športa*. Zagreb: Cetus d.d.

Heiser T. M, Weber J, Sullivan G, Clare P, Jacobs R. R. (1984). Prophylaxis and management of hamstring muscle injuries in intercollegiate football players. *American Journal of Sports Medicine*, 12 (5), 368-70.

Helmick, K. (2003). Biomechanical analysis of sprint start positioning. *Track Coach*, 163 (9),5209–5214.

Henriksen, M., Aaboe, J., Bliddal, H., Langberg, H. (2009). Biomechanical characteristics of the eccentric Achilles tendon exercise. *Journal of Biomechanics*, 42 (16), 2702–2707.

Heynen, M. (2001). Hamstring injuries in sprinting. *New Studies in Athletics*, 16, (3), 43-48.

Hlebš, S. (2007). *Zapiski izbranih poglavij pri predmetu Funkcionalna anatomija gibalnega sistema*. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Visoka šola za zdravstvo, oddelek za fizioterapijo.

Horvat, U. (2008). *Tek z največjo hitrostjo po različnih nakloninah*. Diplomsko delo, Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport.

Hoskins, W. in Pollard, H. (2005). The management of hamstring injury—Part 1: Issues in diagnosis. *Manual Therapy*, 10 (2), 96–107.

Houshian, S., Tscherning, T. in Riegels-Nielsen, P. (1998). The epidemiology of achilles tendon rupture in a Danish county. *Injury*, 29, (9), 651-654.

Hreljac, A. (2005). Etiology, Prevention, and Early Intervention of Overuse Injuries in Runners: a Biomechanical Perspective. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America* 16,(3),651-667.

Hreljac, A. (2004). Impact and Overuse Injuries in Runners. *Medicine & Science in Sports & Exercise*,36 (5), 845-849.

Ito, A., Ishikawa, M., Isolehto, J. in Komi P. V. (2006). Changes in the step width, step length and step frequency of the world's top sprinters during the 100 metres. *New Studies in Athletics*, 21, (3), 35-39.

Jakovljević, M. in Hlebš, S. (1999). *Meritve gibljivosti sklepov, obsegov in dolžin udov*. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Visoka šola za zdravstvo.

Jegathesan, M. (1992). The coach and sport medicine. *New Studies in Athletics*, 7, (2), 39-43.

Jelen, U. (2008). *Kinematične značilnosti šprinterskega koraka*. Diplomsko delo, Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport.

Kaufman, K. R., Brodine, S. K., Shaffer, R. A., Johnson, C. W., & Cullison, T. R. (1999). The effect of foot structure and range of motion on musculoskeletal overuse injuries. *American Journal of Sports Medicine*, 27 (5), 585–593.

Knutzen, K. in Hart, L. (1996). Running. V D. J. Caine, C. G. Caine in K. J. Lindner. *Epidemiology of sports injuries*. (str. 357-386). Champaign: Human Kinetics.

Kong, P. W. & de Heer H. (2008). Anthropometric, gait and strength characteristics of Kenyan distance runners. *Journal of Sports Science and Medicine* 7 (3),499-504.

Kroesche, S. (2009). Therapeutic concept and relapse prophylaxis for Achilles tendon problems in athletics. *New Studies in Athletics*, 24, (2), 21-31.

Liu, Y. (2007). Injury Mechanism of Bi-articular Muscle Hamstring during Sprint Running. V *XXV ISBS Symposium 2007*, (str. 14-18).Brazil: Ouro Preto.

Livigston, L in Mandigo, J. (1999). Bilateral Q angle asymmetry and anterior knee pain syndrome. *Clinical Biomechanics*, 14 (1), 7-13.

Locatelli, E. (1996). Dejavniki, ki vplivajo na moč in hitrost. Kondicijski trening. Gradivo za seminar v Mariboru.

Lydiard, A. (1997). *Running to the Top*. Aachen: Meyer & Meyer Verlag

Maćkala, K. (2007).Optimisation of performancethrough kinematic analysis of thedifferent phases of the 100 metres. *New Studies in Athletics*, 22, (2), 7-16.

Makris, E. A., Hadidi, P. in Athanasiou, K. A. (2011). The knee meniscus: Structure and function, pathophysiology, current repair techniques, and prospects for regeneration. *Biomaterials*, 32(4), 7411-7431.

McGinnis, P. M. (2005). *Biomechanics of sport and exercise*. Champaign, Human Kinetics.

McGrath, A. C. & Finch, C. F. (1996). *Running the race against injuries: A review of the literature*. Monash University Accident Research Centre.

Mendiguchia, J. in Brughelli, M. (2011). A return-to-sport algorithm for acute hamstring injuries. *Physical Therapy in Sport*, 12 (1), 2-14.

Mercer, J. A., Vance, J., Hreljac, A. in Hamill, J. (2002). Relationship between shock attenuation and stride length during running at different velocities. *European journal of applied physiology*, 87 (4-5), 403–408.

Michele, R. (2008). *Relationships between running economy and mechanics in middle-distance runners*. (Raziskovalno poročilo). Bologna; Università di Bologna.

Micheli, L., (1996). *Healthy runner's Handbook*. Champaign, Human Kinetics.

Middleton-Griffin, K. in Ransone, J. *Injury prevention*. Pridobljeno 1. 10. 2011 iz <http://www.iaaf.org/medical/manual/>

Mikek, M. (2006). Poškodbe pri teku. Pridobljeno dne 1.10. 2011 iz <http://www.artros.si>

Morgan-Jones, R. L., Cross, T. in Cross, M. J. (2000). Hamstring injuries. *Physical and Rehabilitation Medicine*, 12, (5), 277-282.

Nagel, A., Fernholz, F., Kibele, C. in Rosenbaum, D. (2008). Long distance running increases plantar pressures beneath the metatarsal heads: A barefoot walking investigation of 200 marathon runners. *Gait & Posture*, 27 (1), 152–155.

Nideffer, R. M. (1983). The injured athlete: psychological factors in treatment. *The Orthopedic clinics of North America*, 14 (1), 373-385.

Novacheck, T. (1998). The Biomechanics of Running. *Gait & Posture*, 7 (1), 77–95.

Pastor, G. G., Quintana, M. S., Aparicio, A. G., Moreno, A. C. in Sánchez, S. M. (2009). Dietary intake and anthropometry in elite Spanish athletes. *New Studies in Athletics*, 24, (4), 47-61.

Penca, J. (1987). *Tridest tisoč korakov*. Ljubljana: samozaložba.

Pizzari, T., Coburn, P. in Crow, J. (2008). Prevention and management of osteitis pubis in the Australian Football League: A qualitative analysis. *Physical Therapy in Sport*, 9(3), 117–125.

Proske U, Morgan D. L. (1999). Do cross-bridges contribute to the tension during stretch of passive muscle? *Journal of muscle research and cell motility*, 20 (2), 433-42.

Ribeiro, A., Trombini-Souza, F., Tessutti, V., Lima, F., João, S. in Sacco, I. (2011). The effects of plantar fasciitis and pain on plantar pressure distribution of recreational runners. *Clinical Biomechanics*, 26(2), 194–199.

Reinking, M. (2011). Tendinopathy in athletes. *Physical Therapy in sport*. Članek oddan v objavo.

Rose, A., Birch, I. in Kuisma, R. (2011). (v tisku). Effect of motion control running shoes compared with neutral shoes on tibial rotation during running. *Physiotherapy*.

Schara, K. *Boleče koleno pri otroku*. Pridobljeno 21.9. 2011 iz <http://www.orthops.si>

Schache, A. G., Bennell, K. L., Blanch, P. D. in Wrigley, T. W. (1999). The coordinated movement of the lumbo–pelvic–hip complex during running: a literature review. *Gait and Posture*, 10(1), 30–47.

Schache, A. G., Wrigley, T. W., Baker, R. in Pandy, M. G. (2009). Biomechanical response to hamstring muscle strain injury. *Gait & Posture*, 29(2), 332–338.

Shorten, M. R. (2000). Running shoe design: Protection and performance. V T. Pedoe (ur.), *Marathon Medicine* (str. 159-169), London: Royal Society of Medicine.

Silder, A., Thelen, D. G. in Heiderscheit, B. C. (2010). Effects of prior hamstring strain injury on strength, flexibility and running mechanics. *Clinical Biomechanics*, 25(7), 681–686.

Snyder, K. R., Earl, J. E., O'Connor, K. M. in Ebersole, K. T. (2009). Resistance training is accompanied by increases in hip strength and changes in lower extremity biomechanics during running. *Clinical Biomechanics*, 24 (1), 26–34.

Stacoff, A., Reinschmidt, C., Nigg, B. M., van den Bogert, A. J., Lundberg, A., Denoth, J. in Stuessi, E. (2000). Effects of foot orthoses on skeletal motion during running. *Clinical Biomechanics*, 15 (1), 54-64.

Stergiou, N. in Bates, B. T. (1997). The relationship between subtalar and knee joint function as a possible mechanism for running injuries. *Gait and Posture*, 6(3), 177-185.

Šarabon, N., Fajon, M., Zupanc, O., & Drakslar, J. (2005). Stegenske strune. *Šport*, 53(3), 46.

Škof, B., (2007). Vadba vzdržljivosti. V B. Škof (ur.), *Šport po meri otrok in mladostnikov* (str. 313-365). Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport.

Škof, B., (2001). Kinematično-dinamični in anatomsko-fiziološki model teka. V M. Čoh (ur.), *Biemehanika atletike* (str. 145-164). Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport.

Travnik, L. & Košak, R. *Anatomija in biomehanika kolenskega sklepa*. Pridobljeno 21.9. 2011 iz <http://www.orthops.si>

Thacker, S. B., Gilchrist, J., Stroup, D. F. in Kimsey, C. D. (2002). The prevention of shin splints in sports: a systematic review of literature. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 34 (1), 32-40.

Tomič, A. (1998). *Tekaške poškodbe in načini preprečevanja*. Diplomsko delo, Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport.

Uth, N. (2005). Anthropometric comparison of World-Class Sprinters and Normal Population. *Journal of Sports Science and Medicine*, 4 (1), 608-616.

Vidmar, J. (1992). *Športna travmatologija: skripta za študente FŠ*, Ljubljana: Univerza v Ljubljani, FŠ.

Vossinakis, I. C. in Tasker, T. P. B. (2000). Stress fracture of the medial tibial condyle. *The Knee*, 7(3), 187-190.

Warburton, M. Barefoot running. *Sportscience*, 5, Pridobljeno 2.10. 2011 iz <http://www.sportsci.org/>

Weston, A., Mbambo, Z. in Myburgh, K. (2000). Running economy of African and Caucasian distance runners. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 32 (6), 1130-1134.

Wiegerinck, J. I., Boyd, J., Yoder, Y. C., Abbey, A. N., Nunley, J. A. in Queen, R. M. (2009). Differences in plantar loading between training shoes and racing flats at a self-selected running speed. *Gait & Posture* 29(3), 514–519.

Willder, R. P. in Sethi, S. (2004). Overuse injuries: tendinopathies, stress fractures, compartment syndrome and shin splints. *Clinics in Sports Medicine*, 23(1), 55-81.

Williams; K. R. (2000). *The Dynamics of Running*. V V. M. Zatsiorsky (ur.), Biomechanics in Sport (str. 161-183). London: Blackwell Science Ltd.

Williams, D. S., McClay, I. S. in Hamill, J. (2001). Arch structure and injury patterns in runners. *Clinical Biomechanics*, 16(4), 341–347.

Wilson, A. J. in Myers, P. T. (2011). *Hamstring injuries*. (raziskovalno poročilo). Brisbane: Brisbane Orthopaedic and Sport Medicine Clinic.

Yu, B., Queen, R. M., Abbey, A. N., Liu, Y., Moorman, C. T. in Garrett, W. E. (2008). Hamstring muscle kinematics and activation during overground sprinting. *Journal of Biomechanics*, 41 (15), 3121–3126.

Zifchock, R. A., Davis, I., Higginson, J., McCaw, S. in Royer, T. (2008). Side-to-side differences in overuse running injury susceptibility: A retrospective study. *Human Movement Science*, 27 (6), 888–902.

A Multidisciplinary Approach to Long Distance Running Training. Pridobljeno 25.9. 2011, iz <http://www.hkpe.net>