

UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA ŠPORT
Športno treniranje
Kondicijsko treniranje

**VPLIV ENKRATNEGA TEKAŠKEGA TRENINGA
V RAZLIČNI OBUTVI NA SPREMEMBO NAČINA POSTAVITVE
STOPALA NA PODLAGO**

DIPLOMSKO DELO

MENTOR

doc. dr. Aleš Dolenc, prof.šp. vzg.

RECENZENT

prof. dr. Vojko Strojnik, prof. šp. vzg.

KONZULTANTKA

doc. dr. Katja Tomažin, prof. šp. vzg.

Avtorica dela

PETRA RADI

Ljubljana, 2014

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju doc. dr. Alešu Dolencu za številne strokovne nasvete in usmerjanje pri diplomskem delu, za pomoč pri raziskavi, za upoštevanje mojih idej in vedno hiter odziv.

Doc. dr. Vojku Strojniku za zanimiva predavanja na fakulteti, za priložnost dela v laboratoriju za kineziologijo in za napisano recenzijo.

Sošolkam iz fakultete, zaradi katerih mi bodo študijska leta ostala v lepem spominu.

Merilcem in merjencem, ki so sodelovali v raziskavi kljub času dopustov.

Blažu in Kristini iz trgovine Amfibija, ki sta nam omogočila izposojlo minimalistične obutve.

Ne znam si predstavljati, da v življenju ne bi imela podpore svojih bližnjih.

Mami Magda, oči Marko in sestra Tina. Čeprav je težko opisati te občutke, se vam neizmerno hvaležna, da ste mi vedno in povsod stali ob strani, me podpirali pri mojem udejstvovanju v športu in tekom študija.

Jona, hvala, ker si bila priden poskusni zajček in za prenašanje.

Jože, zelo velika zahvala gre tebi. Ne samo zaradi tvoje podpore in pomoči med študijem ter pri izdelavi diplomskega dela, ampak predvsem zaradi tvojega iskrenega navdušenja nad športom, s katerim me vedno znova spominjaš, zakaj sem si izbrala to poklicno pot.

Ključne besede: tek v klasični tekaški obutvi, bosni tek, minimalistični tek, postavitve stopala na podlago

VPLIV ENKRATNEGA TEKAŠKEGA TRENINGA V RAZLIČNI OBUTVI NA SPREMEMBO NAČINA POSTAVITVE STOPALA NA PODLAGO

Petra Radi

IZVLEČEK

V diplomskem delu nas je najprej zanimalo ali rekreativni tekači, ki običajno tečejo v klasični tekaški obutvi in ob tem postavljajo stopalo na podlago s peto, spremenijo postavitev stopala (na srednji ali sprednji del) v enkratnem tekaškem treningu, kjer tečejo bosni ali v minimalistični obutvi, in kako se spremeni postavitev stopala, če ob spremenjeni obutvi prejmejo navodilo »kako teči« in kako, če navodila ne prejmejo. Pri tem nas je zanimalo, kateri način treninga je bolj uspešen za trenutno spremembo postavitve stopala na podlago in če je navodilo »kako teči« pomembno za spremembo postavitve stopala na podlago. Nadalje nas je zanimalo, če tekači, ki na treningu izkusijo drugačno postavitev stopala na podlago, ali to »novo« postavitev ohranijo tudi potem, ko ponovno tečejo v klasični tekaški obutvi.

V raziskavi je sodelovalo 39 rekreativnih športnikov, moških in žensk, ki pred raziskavo niso imeli izkušenj z bosnim in minimalističnim tekom, in so običajno postavljali stopalo na podlago s peto. Meritve so potekale na notranji atletski stezi iz tartana. Merjenci so tekli v hitrosti 3,5 m/s. Gledali smo način postavitve stopala na podlago v sagitalni smeri v štirih različnih pogojih.

Ugotovili smo, da je za trenutno spremembo postavitve stopala na podlago (pri rekreativnih tekačih) minimalistični tek brez navodila »kako teči« neučinkovit, bosni tek brez tega navodila je delno učinkovit, medtem ko sta bosni in minimalistični tek, ki ju spremlja navodilo o spremembi postavitve stopala zelo učinkovita. Navodilo »kako teči« je zelo pomembno za spremembo postavitve stopala na podlago. Ko so tekači po treningu ponovno tekli v klasični tekaški obutvi, je postavitev stopala na podlago spremenila samo skupina, ki je v treningu tekla v minimalističnih copatih in je ob tem prejela navodilo »kako teči«.

Key words: shod running, barefoot running, minimalist running, foot strike pattern

THE INFLUENCE OF ONE-TIME RUNNING TRAINING IN DIFFERENT FOOTWEAR ON THE CHANGE IN FOOT STRIKE PATTERN

Petra Radi

ABSTRACT

In the thesis we first wanted to determine whether recreational shod runners who usually land on heel (rear-foot strike) change their foot strike pattern (mid-foot or fore-foot strike) in one-time running training, where running barefoot or in minimalist footwear, and how their foot strike pattern when running with modified footwear changes if they receive instructions "how to run" and how when they do not receive them. In doing so, we wanted to find out which type of training is more effective for the current change in foot strike pattern and if the instruction "how to run" is important for the change in the foot strike pattern. Furthermore, we wanted to know if the runners who while training experienced a mid-foot or fore-foot strike retain this changed foot strike pattern when after the training they run again in classic running shoes.

The study involved 39 recreational athletes, men and women, who before the research had no experience with barefoot and minimalist running and are usually rear-foot strikers. Measurements took place on the inner tartan athletic track. Running speed was 3,5 m/s. We monitored foot strike pattern in the sagittal direction in four different conditions.

In respect with the current change in the foot strike pattern (in recreational runners) we established that minimalist running without instructions "how to run" is inefficient, barefoot running without this guidance is partially effective, while barefoot and minimalist running accompanied by instructions "how to run" is very effective. Providing instruction "how to run" is very important for the change in the foot strike pattern. After the training when runners ran again in classic running shoes only the group which during the training ran in minimalist shoes and received the instructions "how to run" changed the foot strike pattern.

KAZALO

1. UVOD.....	7
1.1. OSNOVE MOTORIČNE (GIBALNE) KONTROLE	8
1.1.1. ŽIVČNI SISTEM.....	8
1.1.2. SENZORIČNI (ČUTILNI) SISTEM.....	9
1.1.3. MOTORIČNI SISTEM.....	10
1.1.4. MODEL GIBANJA	12
1.1.5. OBLIKE MOTORIČNE (GIBALNE) KONTROLE.....	13
1.2. POSREDOVANJE TEORETIČNIH VSEBIN – METODE DE LA PRI ŠPORTNI VADBI.....	15
1.3. NAČINI POSTAVITVE STOPALA NA PODLAGO (ang. foot strike pattern)	18
1.3.1. BIOMEHANSKE RAZLIKE MED RAZLIČNIMI POSTAVITVAMI STOPALA NA PODLAGO	19
1.3.2. DEJAVNIKI, KI VPLIVAJO NA NAČIN POSTAVITVE STOPALA NA PODLAGO.....	25
1.3.2.1. HITROST TEKA.....	25
1.3.2.2. TEKAŠKA PODLAGA	26
1.3.2.3. OBUTEV	26
1.3.2.3.1. KLASIČNA TEKAŠKA OBUTEV.....	26
1.3.2.3.2. ODSOTNOST OBUTVE – BOSI TEK	30
1.3.2.3.3. MINIMALISTIČNA TEKAŠKA OBUTEV.....	35
1.4. PROBLEM, CILJI IN HIPOTEZE.....	40
1.4.1. PROBLEM	40
1.4.2. CILJI.....	41
1.4.3. HIPOTEZE.....	41
2. METODE DE LA	43
2.1. PREIZKUŠANCI.....	43
2.2. PRIPOMOČKI.....	43
2.3. POSTOPEK.....	45
3. REZULTATI	47
3.1. PRIMERJAVA ZAČETNEGA STANJA IN TRENINGA ZA VSAKO SKUPINO POSEBEJ	47
3.2. PRIMERJAVA ZAČETNEGA IN KONČNEGA STANJA ZA VSAKO SKUPINO POSEBEJ.....	49
3.3. PRIMERJAVA SKUPIN GLEDE NA PREJETO NAVODILO.....	50
4. RAZPRAVA	53
5. SKLEP	62
6. VIRI	67

1. UVOD

Vzdržljivostni tek je pridobljena sposobnost rodu Homo, ki izvira izpred 2 milijonov let in naj bi imel ključno vlogo v zgodovini človeštva. Naši predniki naj bi tekaške sposobnosti potrebovali za vztrajnostni lov za živalmi. Bramble in Lieberman (2004) ugotavljata, da naše telo ni bilo narejeno za sprint (v tem je večina živali bolj uspešnih), naša prednost naj bi bila v tem, da smo lahko tekli dolgo časa, za kar pa se je moralo naše telo prilagoditi. Od našega najbližjega živečega sorodnika šimpanza se razlikujemo v prisotnosti Ahilove tetive, zgradbi stopalnega loka, imamo krajše nožne prste, daljše spodnje okončine, ozek pas, široka ramena, nihalni ligament, visoko razvito aerobno sposobnosti, itd. Vse te telesne značilnosti človeku pomagajo, da lahko teče in to zelo dolgo in je edini primat, ki je sposoben vzdržljivostnega teka (Bramble in Lieberman, 2004; Lieberman idr., 2010). Znanstveniki ne vedo, kako so zgodnji človečnjaki postavljali stopalo na podlago, vendar na podlagi zgradbe našega telesa domnevajo, da naše telo ni zgrajeno za tek preko pete ampak za tek preko sprednjega ali srednjega dela stopala. Raziskave nakazujejo, da je bil tek na sprednji ali srednji del stopala verjetno bolj pogost, ko so ljudje tekli bosi ali v minimalistični obutvi in so tako zaščitili stopala in spodnje okončine pred poškodbami, ki so v današnjem svetu značilne za velik del tekačev (Lieberman idr., 2010; Lieberman, 2014).

Dandanes človek ne teče več z namenom lova, vendar je tek vse bolj popularna rekreativna dejavnost. Ljudje tečejo predvsem zaradi zdravja, sprostitve, druženja, itd. Skozi čas se ni spremenil le namen teka, ampak tudi obutev tekačev. Kljub vedno novim izboljšavam tekaške obutve pa delež tekačev, ki se poškodujejo vsako leto, ne pada. Študije kažejo, da je takih med 20 in 80 % tekačev in mnogo od teh poškodb izhaja iz težav, ki se pojavijo v stopalu ali spodnjem delu noge (van Gent idr., 2007). V zadnjih letih vse bolj prevladuje mnenje, da je ravno moderna tekaška obutev glavni krivec za poškodbe med tekači. Problem naj ne bi bil toliko v obutvi sami, kot v tem, da nam omogoča udobno postavljanje stopala na peto, kar povzroča visoke sile, ki delujejo na telo.

Tekači se v zadnjih letih vse bolj obračajo nazaj k bosem in minimalističnem teku, s ciljem zmanjšanja tekaških poškodb. Pri vsem tem je ključnega pomena način postavitve stopala na podlago.

V uvodnem delu diplomskega dela bomo predstavili, kako se oblikuje program gibanja za postavitve stopala na podlago, na kakšen način lahko posredujemo teoretične informacije za spremembo postavitve stopala na podlago in na koncu razložili različne načine postavitve stopala na podlago ter dejavnike, ki vplivajo na to postavitev. V nadaljevanju

diplomskega dela bomo predstavili, kako je naša raziskava vplivala na postavitve stopala pri tekačih, ki običajno postavljajo stopalo na podlago s peto.

1.1. OSNOVE MOTORIČNE (GIBALNE) KONTROLE

Živčno-mišični sistem skupaj s hormonskim sistemom predstavlja temelj kontrole gibanja. Že za najbolj enostavna gibanja je potrebno zapleteno delovanje živčno-mišičnega sistema, ki mora obdelati informacije, ki jih receptorski sistem sprejme iz zunanjega in notranjega okolja, jih nato na podlagi obdelave sporočil organizira in na koncu s pomočjo efektorskega sistema izvede ustrezen gib (Škof idr., 2007; Magill, 2011).

1.1.1. ŽIVČNI SISTEM

Živčni sistem nadzoruje gibanje, dejavnost notranjih organov in omogoča višje živčne dejavnosti, kot so zavest, mišljenje, spomin. Svoje naloge opravlja preko živčnih celic imenovanih nevroni, ki jim daje oporo nevroglia (Štiblar Martinčič, Cvetko, Cör, Marš in Finderle, 2012).

Anatomsko delimo živčevje na:

- centralno (osrednje) živčevje, ki obsega možgane in hrbtenjačo,
- periferno (obrobno) živčevje, ki obsega 12 parov možganskih in 31 parov spinalnih živcev in se nadalje deli na senzorični in motorični živčni sistem.

Glavna naloga **perifernega živčevja** je sprejem in prenos senzoričnih informacij v osrednji živčni sistem (po senzoričnih, aferentnih vlaknih) in prenos motoričnih ukazov (po motoričnih, eferentnih vlaknih) do tarčnih organov – mišic.

Centralni živčni sistem mora prihajajoče podatke obdelati in organizirati ustrezen odgovor ter shraniti informacije za kasnejšo rabo. Zato ga imenujemo tudi asociacijsko ali integracijsko živčevje (Škof idr., 2007).

1.1.2. SENZORIČNI (ČUTILNI) SISTEM

Za oblikovanje učinkovitega gibanja so nujno potrebne informacije iz okolja in notranjosti telesa, ki jih zaznajo številni senzorični receptorji. Njihova osnovna značilnost je, da vsebujejo čutilne celice, ki se odzivajo samo na določene, specifične dražljaje (mehanske, kemične, itd.) že minimalne jakosti in jih s procesom transdukcije pretvorijo v električne signale. Če je dražljaj dovolj intenziven, se v obliki akcijskih potencialov prenese po senzoričnih vlaknih do motoričnih centrov, kjer se oblikuje ustrezní gibalni odgovor (Štrucl, 1999).

Senzorične receptorje delimo (Enoka, 2008):

- **glede na lokacijo** na:
 - eksteroreceptorje (zaznavajo zunanje okolje: vid, tip, sluh),
 - interoreceptorje (zaznavajo notranje okolje: pritisk, prisotnost metabolitov itd.),
 - propioceptorje (posredujejo informacije o gibanju telesa: mišično vreteno, Golgijev kitni organ, sklepni receptorji, kožni receptorji),
- **glede na funkcijo** na:
 - mehanoreceptorje,
 - termoreceptorje,
 - fotoreceptorje,
 - kemoreceptorje,
 - nociceptorje,
- **glede na morfologijo** na:
 - proste živčne končiče (npr. nociceptorji),
 - zaščitene živčne končiče (specializirani receptorji za določen dražljaj).

Senzorične informacije, ki so pomembne za gibanje prihajajo iz somatosenzoričnih receptorjev, kamor sodijo mišično vreteno, Golgijev kitni organ, sklepni receptorji, kožni mehanoreceptorji, nociceptorji in termoreceptorji (Brooke in Zehr, 2006, v Enoka, 2008):

- Mišično vreteno, Golgijev kitni organ in sklepne receptorje imenujemo s skupnim imenom propioceptorji in posredujejo informacijo o gibanju telesa. Med njimi je najpomembnejše mišično vreteno, ki se nahaja v mišicah in posreduje občutek o položaju sklepa, s tem ko meri hitrost ter velikost spremembe dolžine mišičnega vlakna. Golgijev kitni organ, ki se nahaja v kitah in ligamentih, zaznava spremembe velikosti mišične sile. Sklepni receptorji pa posredujejo občutek o gibanju v sklepu (Magill, 2011; Štrucl, 1999).

- Mehanoreceptorji v koži se odzivajo na različne mehanske pritiske, ki jih povzročijo dotik, pritisk in vibracije. Ločimo štiri različne vrste mehanoreceptorjev: Meissnerjeva telesca, Ruffinijevi končiči, Puccinijeva telesca in Markljev disk. Pomembni so za natančnost gibanja in njegovo doslednost, za prilagoditev sile gibanj, ki že potekajo in pomagajo proprioceptorjem pri oceni razdalje gibanja (Enoka, 2008; Magill, 2011).
- Nociceptorji ali receptorji za bolečino so prosti živčni končiči. Odzivajo se na potencialno škodljive dražljaje. Bolečino lahko izzove tako mehanski, temperaturni kot kemični dražljaj (Štrucl, 1999).
- Termoreceptorji so prosti živčni končiči in se odzivajo na temperaturo. Nahajajo se v koži, kjer so posebni receptorji za mraz (bližje površju kože) in posebni za toploto (globlje v koži) (Štrucl, 1999; Štiblar Martinčič idr., 2012).

Za kontrolo gibanja je najpomembnejše čutilo oko, saj zagotavlja vidne informacije iz okolja, v katerem se gibljemo. Ko vid in proprioceptorji hkrati posredujejo informacije, ki se med seboj ne skladajo, se izkaže, da bolj zaupamo vidnim informacijam in na njihovi osnovi nadzorujemo gibanje (Magill, 2011).

Z vidika kontrole in avtomatizma gibanja je zelo pomembno, da se najprej določi vertikala telesa. Pri tem sodelujeta dva sistema: oko in ravnotežni organ v srednjem ušesu. Položaj glave je tako osnovna informacija za zaznavanje telesa, potem pa se preko ostalih somatosenzoričnih receptorjev določi pozicija ostalih delov telesa (Schmidt in Lee, 1999).

Za natančno koordinirano gibanje torej potrebujemo ves čas informacije iz našega telesa, slednje ne velja le za hitre, eksplozivne gibe, kjer je gib prehiter in prekratek, da bi lahko izkoristili informacijo o poziciji našega telesa (Schmidt in Lee, 1999).

1.1.3. MOTORIČNI SISTEM

Naloga motoričnega živčnega sistema je aktivacija skeletnih mišic in natančna koordinacija različnih gibanj: refleksnih, ritmično ponavljajočih (npr. hoja, žvečenje, dihanje) in natančnih zavestnih gibanj (npr. igranje klavirja, kompleksna športna gibanja, itd.) (Štrucl, 1999).

Sestavljajo ga številne strukture osrednjega in perifernega živčevja. Je **hierarhično urejen**, kar pomeni, da glede na zahtevnost dražljajev njihova obdelava in oblikovanje gibalnih odgovorov poteka na različnih ravneh (Štrucl, 1999; Magill, 2011):

- Najnižja raven motorične hierarhije je **hrbtenjača**, ki omogoča izvajanje refleksnih odgovorov na dražljaj. Najpomembnejši spinalni refleksi za kontrolo gibanja so: miotatični refleks (refleks na nateg), Golgijev kitni refleks, recipročna inhibicija, rekurentna inhibicija, refleks umika (fleksor refleks), itd.
- Druga raven je **možgansko deblo**, ki obdeluje informacije, ki prihajajo iz hrbtenjače in združuje motorične ukaze iz višjih središč. Ima pomembno vlogo pri uravnavanju mišičnega tonusa in drže ter omogoča številne supraspinalne refleksne odgovore (npr. orientacijski refleks, tonični refleks vratu).
- Tretja raven je **primarna motorična možganska skorja**. Je vozlišče, kamor se stekajo motorične pobude iz najvišjih centrov motoričnega sistema in od katerega potujejo motorična povelja v možgansko deblo, ostale subkortikalne strukture in v hrbtenjačo do motoričnih nevronov. Pomembna je za začetek gibanja ter koordinacijo finomotoričnih gibanj in drže.
- Četrto, najvišjo raven, predstavlja dejavnost **premotoričnega dela možganske skorje, suplementarnega motoričnega področja in zadnjega dela temenskega režnja**. Premotorični del je odgovoren za organizacijo gibanja še preden se ta začne in za ritem med gibanjem. V suplementarnem motoričnem področju pa se oblikuje strategija gibanja (odločanje o gibanju in izboru načina gibanja), organizacija ter programiranje gibanja.

Pri kompleksnih gibanjih so v oblikovanje gibanja vključeni še (Štrucl, 1999; Magill, 2011):

- **Bazalni gangliji**, ki imajo pomembno vlogo pri nastanku gibanj, kontroli antagonističnih mišic med gibanjem in kontroli sile.
- **Mali možgani** oblikujejo gibanje z vidika gladkosti in natančnosti. Njihova funkcija je tudi kontrola gibanja in njegova korekcija, saj lahko primerjajo gibalna povelja z informacijo o poteku njihovega izvrševanja ter v primeru neskladij ustrezno ukrepajo.
- **Limbični sistem** pa ima pomembno vlogo pri učenju novih gibalnih znanj in kontroli emocij.

1.1.4. MODEL GIBANJA

Model gibanja temelji na **senzorično-motorični integraciji živčevja**. To pomeni, da je dejavnost živčevja in odraz te dejavnosti v vsakem trenutku odvisna od dražljajev zunanjega sveta ali notranjih senzoričnih informacij. Gre torej za usklajenost receptorskega sistema, ki se odziva na zunanje in notranje dražljaje in zajema ter prenaša sprejete informacije, sistema obdelave sporočil in prenašanja gibalnih ukazov in efektorskega sistema, ki na osnovi ukazov izvede ustrezen odziv oz. akcijo (Štrucl, 1999).

V športni pedagogiki je na področju modelov kontrole gibanj največkrat omenjan »Šest-fazni model obdelovanja informacij«. Po tem modelu ločimo naslednje faze v nastajanju gibanja (prirejeno po Škof idr., 2007):

- 1) Zaznava lastnega telesa in okolja, v katerem se gibanje izvaja (receptorski sistem).
- 2) Prenos informacij iz receptorjev v centralni živčni sistem.
- 3) Obdelava vhodnih informacij in oblikovanje gibalnega odgovora.
- 4) Oblikovanje gibalnega ali centralnega ukaza.
- 5) Gibalna akcija – izvedba gibanja.
- 6) Izvajanje nadzora in korekcija gibanja na osnovi primerjav zahtevanega in opravljenega gibanja.

Senzorični receptorji (opisani zgoraj) sprejemajo informacije iz okolja in notranjosti telesa, ki se nato v obliki akcijskih potencialov pa aferentnih vlaknih prenesejo do možganskih centrov, kjer se odvisno od zapletenosti potrebnega gibalnega odgovora oblikuje ustrezeni gibalni odgovor v hrbtenjači, možganskem deblu, primarni motorični možganski skorji, premotoričnem delu možganske skorje ali v suplementarnem motoričnem področju (Škof idr., 2007; Magill, 2011).

Pred oblikovanjem gibalnega odgovora morajo možganski centri opraviti selekcijo dražljajev na podlagi tega, kaj se je trenutno zgodilo v okolju in kakšno je stanje v telesu. Zaznavanje in selekcioniranje dražljajev je vzporedni proces obdelovanja informacij, saj ti v možganske centre pritekajo hkrati iz več različnih receptorjev. Velika količina informacij od športnika zahteva selekcijo svoje pozornosti. To pomeni, da mora športnik usmeriti svojo pozornost samo na dražljaje, ki so zanj v tistem trenutku pomembni. Slednje mu omogoča večjo možnost uspeha. Na percepcijo učinkovito vplivajo prejšnje izkušnje, nakopičeno znanje, pričakovanja, nagnjenost, zaupanje (Škof idr., 2007; Magill, 2011).

Športnik se mora glede na zunanje dražljaje odločiti za zanj najprimernejše gibanje. Kakovost izbire gibalnega odgovora je odvisna od kakovosti ocene okolja, od časa, ki ga ima športnik na voljo, od števila možnih odgovorov, individualnih izkušenj, znanja, sposobnosti predvidevanja, itd. (Škof idr., 2007; Magill, 2011).

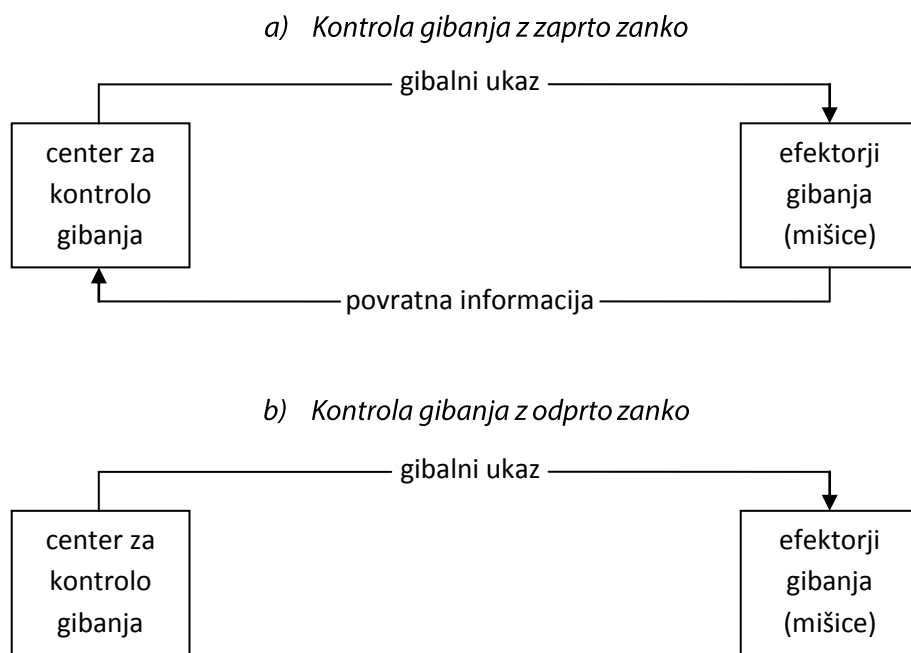
Na podlagi ideje o želenem gibanju se oblikuje program za izvedbo gibanja. To se zgodi v suplementarnem motoričnem področju, premotoričnem področju možganske skorje in zadnjih delih temenskega režnja po predhodni stimulaciji limbičnega sistema (Štrucl, 1999). Osnovni program želenega gibanja se nato prenese v bazalne ganglije in male možgane, kjer se dopolni s časovnimi in prostorskimi razsežnostmi gibanja. Dopolnjeni program, se preko talamusa ponovno vrne v primarno motorično skorjo, kjer se formira gibalni ukaz, ki ga nato izvedejo mišice. Gibalni ukaz hkrati potuje še v male možgane, kjer služi kot referenčna informacija v postopkih primerjave med izvedenim in načrtovanim gibanjem (Škof idr., 2007; Magill, 2011).

Končni učinek delovanja motoričnega sistema je mišična kontrakcija, ki povzroči spremembo dolžine ali napetosti mišice, preko tega spremembo položaja sklepov in s tem načrtovani gib. Izvedba giba oz. gibanja pa ni odvisna samo od načrtovane mišične kontrakcije, ampak tudi od posebnosti notranjega in zunanjega okolja (živčno-mišična utrujenost, vremenske okoliščine, zunanje okoliščine, itd.). Zato živčevje zapletene naloge rešuje le s kompleksnim sistemom kontrole, ki omogoča, da bi bila odstopanja od načrtovanega gibanja čim manjša oz. da v procesu učenja tudi gibanja v zapletenih okoliščinah postanejo natančna in učinkovita (Škof, idr., 2007; Štrucl, 1999; Magill, 2011).

1.1.5. OBLIKE MOTORIČNE (GIBALNE) KONTROLE

Učinkovitost gibanja se povečuje z njegovo kontrolo. Ločimo dva tipa kontrole gibanja (Magill, 2011; Schmidt in Lee, 1999):

- kontrola gibanja z zaprto zanko,
- kontrola gibanja z odprto zanko.



Slika 1: Shema kontrole gibanja z zaprto (a) in odprto zanko (b) (Magill, 2011).

Kontrola gibanja z zaprto zanko (slika 1a) temelji na povratnih informacijah, ki prihajajo iz senzoričnih receptorjev v centre za motorično kontrolo po aferentnih poteh. Na osnovi informacij o izvedenem gibanju in na osnovi primerjav med načrtovanim in izvedenem gibanjem, se na različnih ravneh motoričnega živčevja oblikujejo potrebni popravki, ki izvedbo gibanja približajo načrtovanemu gibanju. Najhitrejša korekcija gibanja se dogaja na nivoju hrbtenjače (spinalni refleksi). Po principu zaprte zanke so nadzorovana predvsem počasna ciklična gibanja (hoja, tek, plavanje, kjer cikel traja več kot 300 ms) in gibanja, ki zahtevajo veliko natančnosti. K optimizaciji izvedenega gibanja močno prispevajo tudi predhodne informacije (npr. navodilo trenerja, vizualne informacije), na osnovi katerih lahko predvidimo okoliščine in se na gib primerneje pripravimo. Ta sistem nadzora imenujemo »predhodna kontrola« (Schmidt in Lee, 1999; Magill, 2011).

Za **nadzor gibanja z odprto zanko** (slika 1b) je značilno, da temelji na predhodnih informacijah (ang. feed-forward control). Uporablja se pri korekciji hitrih in trenutnih gibanj, kot so met, skok, servisni udarec, itd., kjer ni dovolj časa za upoštevanje povratnih informacij in popravljanje giba. Senzorične informacije, ki jih živčevje zazna med izvedbo giba, omogočajo prilagajanje gibalnega programa šele ob naslednji izvedbi giba (Schmidt in Lee, 1999; Magill, 2011).

1.2. POSREDOVANJE TEORETIČNIH VSEBIN – METODE DELA PRI ŠPORTNI VADBI

Pri športni vadbi sodelujejo trije dejavniki: trener, vadeči in vadbene vsebine (Tomić, 1997). Ker je razmerje med naštetimi dejavniki lahko različno, pri vadbi izbiramo med različnimi vadbenimi oblikami (organizacija dela) in metodami dela.

Učne metode so načini učinkovite komunikacije med trenerjem in vadečimi na vseh stopnjah vadbenega procesa (Tomić, 1997). Galeša (1993, v Kovač, 2006) navaja, da so najmanj tako pomembne kot snov, pogostokrat pa so še pomembnejše. Kako bo vadeči dosegel cilj je namreč odvisno od načina dela z njim in ne toliko od težavnosti snovi.

Izbira učnih metod je odvisna od vadbenih ciljev, vsebine in zahtevnosti vadbe, starosti in sposobnosti vadečih, stopnje vadbenega procesa, trenerjeve osebnosti, razpoložljivega časa, učne tehnologije, itd. (Tomić, 1997; Kovač, 2006). Po drugi strani pa je praksa pokazala, da je učni proces uspešen le, če kombiniramo različne metode (Tomić, 1997).

Večina didaktikov loči naslednje učne metode (Kovač, 2006):

- razlaga,
- pogovor,
- prikaz (demonstracija).

Pri **metodi razlage** je govor temeljni način trenerjevega izražanja. Gre za enosmeren pretok informacij, kjer trener razlaga (opisuje, pojasnjuje, pripoveduje, daje navodila, opozarja na napake) in vadeči posluša (dojema učno snov na osnovi slušnih zaznav). Uporabljamo jo za posredovanje novih vsebin (razlaga tehnike, poteka gibanja, itd.), v fazi utrjevanja gibanja pa pogostokrat služi kot povratna informacija, s katero trener opozarja na napake v gibalni izvedbi in jo lahko posreduje med samo izvedbo (pri počasnih cikličnih gibanjih) ali po njej. Dobra razlaga mora biti razumljiva, kratka, pravilna in jasna (Kovač, 2006; Kovač in Jurak, 2012). Prednost te metode je, da je ekonomična glede na čas in da je učna snov posredovana sistematično ter pregledno. Njena največja pomanjkljivost je, da lahko postanejo vadeči preveč pasivni in posledično vadbeni proces neuspešen. Zaradi teh razlogov z metodo razlage ne smemo pretiravati (Tomić, 1997). Večjo učinkovitost razlage bomo dosegli, če jo podkrepimo z demonstracijo (Kovač, 2006).

Medtem, ko je za metodo razlage značilen enosmeren pretok informacij (s strani trenerja), je za **metodo pogovora** (razgovora) značilna dvosmerna komunikacija in se največkrat razvije iz metode razlage. Je način dela, ki poteka v obliki dialoga med trenerjem in

vadečimi (ali med vadečimi) in sestoji iz dveh delov: vprašanja in odgovora (Tomić, 1997). Trener z vadečimi izmenjuje informacije o vsebini, jih spodbuja k razmišljanju, iskanju rešitev. Za uporabo te metode morajo imeti vadeči že nekaj (gibalnih) izkušenj in (športnega) znanja (Kovač, 2006). Prednosti te metode so, da trener neposredno komunicira z vadečimi, z njihovimi odgovori dobiva orientacijo, kako spremljajo učno delo na posamezni stopnji vadbenega procesa, kako dojemajo različne vsebine v vadbenem procesu, itd. Njena slaba stran je, da poteka samo med dvema osebama, drugi pa bolj ali manj spremljajo pogovor (Škof, idr. 2007).

Prikaz ali demonstracija je najučinkovitejša učna metoda pri športni vadbi (Kovač in Jurak, 2012). S to metodo želi trener pri vadečem ustvariti vizualno predstavo o gibanju in s tem podkrepiti gibalno učenje (Škof idr. 2007). Pomembno je, da vadeči demonstracijo opazujejo in ne samo gledajo, saj tako spodbujamo mišljenje. Demonstracija je lahko neposredna, kjer gibanje pokaže trener, ali posredna, kjer gibanje pokaže eden izmed vadečih ali ga prikažemo preko medijev (video posnetek, slika, skica, računalniška aplikacija, itd.). Mora biti nazorna, s poudarkom na pomembnih stvareh, priporočljiv pa je tudi prikaz napak v gibanju. Tu ima demonstracija vlogo povratne informacije, saj omogoča odpravljanje napak. V praksi se največkrat uporablja zaporedna demonstracija, kar pomeni, da gibanje prikažemo večkrat zapored (najprej počasi, nato z normalno hitrostjo). Demonstracija je lahko uspešnejša, če je podkrepljena z razlago trenerja (Kovač, 2006).

Pri posredovanju teoretičnih vsebin je pomemben tudi izbor **didaktičnih korakov**, ki pomenijo zaporedje nalog pri poučevanju posameznih gibalnih nalog. Tako ločimo sintetičen, analitičen ali kombiniran pristop k poučevanju (Škof idr., 2007; Kovač, 2006).

Za **sintetičen pristop** je značilno poučevanje gibalne naloge v celoti. Če ta način uporabimo na začetku vadbenega procesa, je smiselno, da vadeči izvajajo gibalno nalogo v olajšanih okoliščinah, ker je pomembno predvsem zaradi pridobivanja gibalnih občutkov. V fazi izpopolnjevanja in avtomatizacije gibalne naloge je uporaba sintetičnega pristopa nujna (Kovač, 2006; Škof idr., 2007).

Nasprotno je **analitičen pristop** sestavljen iz vadbenih korakov, v katerih vadeči izvajajo le posameznega segmente zapletenega gibanja (npr. posamezne predvaje tekalnega koraka). Uporablja se v začetnih fazah gibalnega učenja zahtevnih kompleksnih gibalnih nalog, v kasnejših fazah pa se uporablja za izpopolnjevanje fines posameznih delov gibanja (Kovač, 2006; Škof idr., 2007).

V športni praksi se sintetični in analitični pristop največkrat prepletata. Tako je najbolj pogost **kombiniran pristop** k učenju in izpolnjevanju gibanja (Škof idr., 2007).

1.3. NAČINI POSTAVITVE STOPALA NA PODLAGO (ang. foot strike pattern)

V 1 km teka tekač povprečno 600-krat udari z nogama ob podlago. Tek je lahko najbolj kritičen za poškodbe v trenutku, ko se stopalo dotakne tal (Lieberman idr., 2010), zato je postavljanje stopala na podlago ključni in najpomembnejši dejavnik optimalne tehnike teka (Škof idr., 2007).

Ločimo **tri načine postavitve stopala na podlago** (slika 2) (Lieberman idr., 2010):

- postavitev stopala **na peto** (rear-foot strike, v nadaljevanju tudi RFS), kjer se peta prva dotakne tal,
- postavitev **na srednji del stopala** (mid-foot strike, v nadaljevanju tudi MFS), kjer peta in stopalne blazinice hkrati pridejo v stik s tlemi,
- postavitev **na sprednji del stopala** (fore-foot strike, v nadaljevanju tudi FFS), kjer se sprednji del stopala prej dotakne tal kot peta.



Slika 2: Ločimo tri načine postavitve stopala na podlago (osebni arhiv).

Cavanagh in Lafortune (1980) sta bolj natančno razdelila načine postavitve stopala na podlago (ang. strike index). Obrisi obuvala sta razdelila na tri enakovredne dele, nato pa sta gledala, v kateri tretjini je bil storjen prvi dotik s podlago. Tako sta določila naslednje postavitve stopala na podlago:

- postavitev stopala na peto (rear-foot strike, RFS), kjer je prvi kontakt izveden s prvo tretjino obuvala,
- postavitev na srednji del stopala (mid-foot strike, MFS), kjer je prvi kontakt izveden s srednjo tretjino obuvala,
- postavitev na sprednji del stopala (fore-foot strike, FFS), kjer je prvi kontakt izveden z zadnjo tretjino obuvala.

Priporočilo Škofa idr. (2007) je, da mora biti postavljanje stopala pri vzdržljivostnem teku takšno, da omogoča elastično delo gležnjev, kolen in kolkov. Stopalo naj postavljamo tako (slika 3), da se tal najprej dotaknemo s srednjim zunanjim delom stopala, nato težo prenesemo na celotni sprednji del stopala (stopalo »povaljamo« od zunanjega dela proti sprednjemu notranjemu delu).





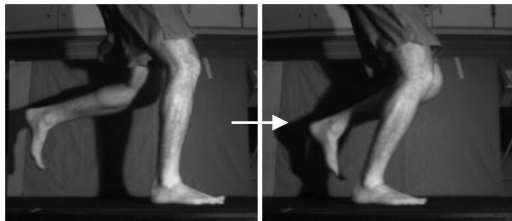
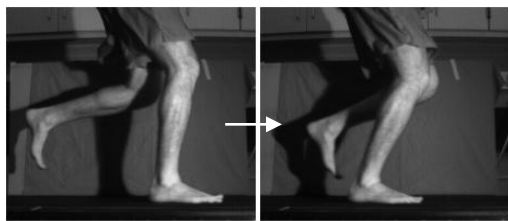
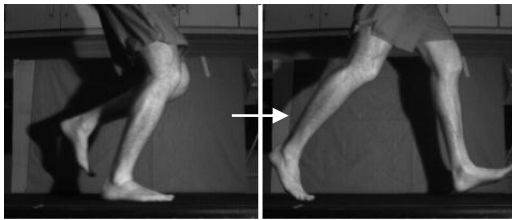
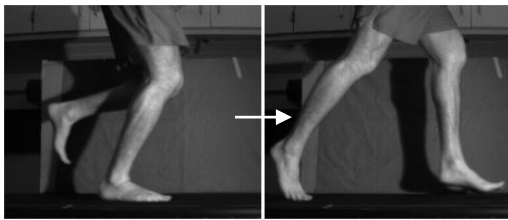
Slika 3: Stopalo na tla postavljamo tako, da ohranjamo prožnost in elastičnost tekalnega koraka (Škof idr., 2007).

1.3.1. BIOMEHANSKE RAZLIKE MED RAZLIČNIMI POSTAVITVAMI STOPALA NA PODLAGO

Za razumevanje problema različnih postavitev stopala na podlago moramo pogledati razlike v biomehaniki. Najprej bomo pogledali kinematične razlike med prevladujočima načinoma. To sta postavitve na peto in postavitve na sprednji del stopala. Razlike so predstavljene samo za oporno fazo tekaškega koraka (ko je tekač v stiku s tlemi). Na koncu tega poglavja bo še kratek opis postavitve stopala na srednji del.

Tabela 1: Kinematične razlike med postavitvijo stopala na peto in sprednjim delom v oporni fazi tekaškega koraka (Mann, Moran in Dougherty, 1986; Lieberman idr., 2010; Lieberman, Venkadesan, Daoud in Werbel, 2014).

	POSTAVITEV NA PETO (RFS)	POSTAVITEV NA SPREDNJI DEL (FFS)
FAZA KONTAKTA S PODLAGO (čas od prvega kontakta s podlago do polne opore stopala na podlagi)	 <p>Slika 4: Trenutek postavitve stopala na peto (Lieberman idr., 2014).</p>	 <p>Slika 5: Trenutek postavitve stopala na sprednji del (Lieberman idr., 2014).</p>
	Kolk in koleno sta upognjena. Ob kontaktu s tlemi je koleno bolj iztegnjeno kot pri postavitvi stopala na sprednji del.	Kolk in koleno sta upognjena. Ob kontaktu s tlemi je koleno bolj pokrčeno kot pri postavitvi stopala na peto.
	Stopalo je v zgornjem skočnem sklepu upognjeno – dorzalna fleksija (slika 4).	Stopalo je v zgornjem skočnem sklepu iztegnjeno – plantarna fleksija (slika 5), v spodnjem skočnem sklepu pa je običajno v rahli inverziji.
	Dotik s tlemi je izveden s srednjim ali zunanjim delom pete.	Dotik s tlemi je izveden z zunanjim robom sprednjega dela stopala (pod 4. in 5. stopalnico).
	Stopalni lok v trenutku kontakta ni obremenjen.	Stopalni lok je obremenjen in se začne raztezati takoj po kontaktu s tlemi.
	Po pristanku se začne plantarna fleksija v gležnju – prsti potujejo proti tlom, dokler ne pride celo stopalo v stik s tlemi.	Po pristanku se začne dorzalna fleksija v gležnju, peta potuje proti tlom pod kontrolo mečnih mišic in Ahilove tetive, ki se raztegujejo.

FAZA SREDNJEGA OPIRANJA (čas od začetka polne opore stopala do začetka plantarne fleksije v skočnem sklepu)	 <p>Slika 6: Faza srednjega opiranja pri RFS (Lieberman idr., 2014).</p>	 <p>Slika 7: Faza srednjega opiranja pri FFS (Lieberman idr., 2014).</p>
	Koleno in gleženj se še naprej upogibata.	
	V gležnju se začne dorzalna fleksija, ker golen potuje v smeri naprej glede na stopalo in stopalo se začne obračati navznoter (everzija) (slika 6 in 7).	
	Ko je celo stopalo na tleh se začne stopalni lok raztezati.	Stopalni lok se še naprej razteza.
Pride do pronacije stopala (kombinacija everzije, dorzalne fleksije in odmika), ki se zgodi v smeri naprej proti prstom.	Pride do pronacije stopala (kombinacija everzije, dorzalne fleksije in odmika), ki se zgodi v obratni smeri kot pri pristanku na peto (od sprednjega dela do pete).	
ODRIV (čas od začetka plantarne fleksije do trenutka, ko stopalo zapusti podlago)	 <p>Slika 8: Faza odziva pri RFS</p>	 <p>Slika 9: Faza odziva pri FFS</p>
	V gležnju pride do plantarne fleksije, peta se dvigne od tal, mečne mišice in Ahilova tetiva se krajšajo (slika 8 in 9).	
	Stopalni lok se sprosti in prsti se upognejo.	
	Odrivna akcija potisne telo naprej in navzgor za naslednji korak.	

Tekači, ki postavljajo stopalo na sprednji del (FFS) tečejo s krajšimi koraki, višjo frekvenco korakov in krajšimi kontaktnimi časi kot tekači, ki postavljajo stopalo na podlago s peto (RFS) (De Wit, De Clercq in Aerts, 2000; Divert, Mornieux, Baur, Mayer in Belli, 2005). Ob trenutku kontakta s podlago imajo bolj upognjena kolena (De Wit idr., 2000; Bonacci idr., 2013), golen postavljeno bolj vertikalno in večjo plantarno fleksijo v gležnju, kot tekači, ki tečejo preko pete. Aktivacija plantarnih fleksorjev stopala se začne 11 % prej in traja v celotnem ciklu koraka 10 % dlje kot pri tekačih, ki postavljajo stopalo na peto (RFS), kar omogoča boljše izkoriščanje elastične energije (Ahn, Brayton, Bhatia in Martin, 2014).

Kinematične razlike med različnimi načini postavitve stopala na podlago povzročajo tudi očitne razlike na grafu sile reakcije podlage – razlike v dinamiki.

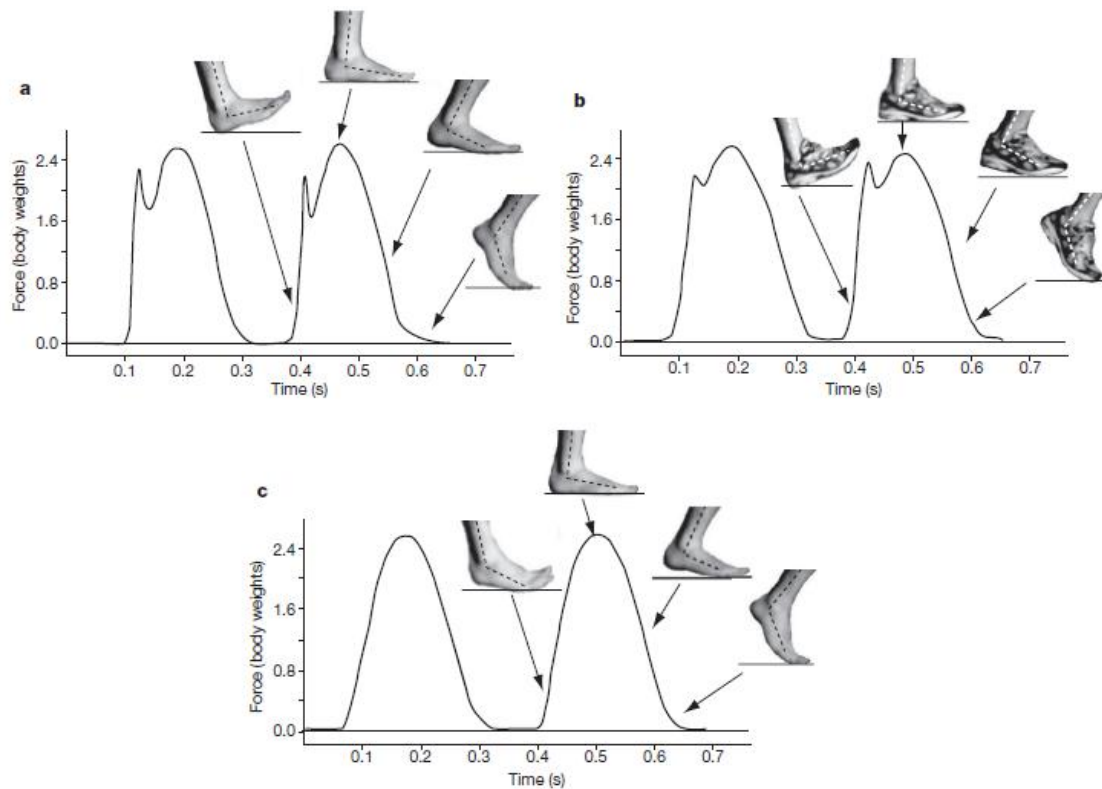
Odriv pri teku je usklajena mišična akcija – razvoj sile, ki potiska tekača v zeleno smer. Odrivna sila pomeni reakcijo podlage – enako velike in nasprotno usmerjene sile, ki jo povzroči mišična aktivnost in telesna masa tekača. Reakcija podlage predstavlja vektor, ki ga definirajo velikost, smer delovanja in točka izhodišča delovanja in jo je mogoče izmeriti na tenziometrijski plošči. Predstavljajo jo tri ortogonalne komponente (Škof, 2001):

- vertikalna komponenta (sila v smeri gor-dol),
- horizontalna oz. zaviralno-pospeševalna komponenta (sila v smeri naprej-nazaj),
- lateralna komponenta (sila v smeri levo-desno).

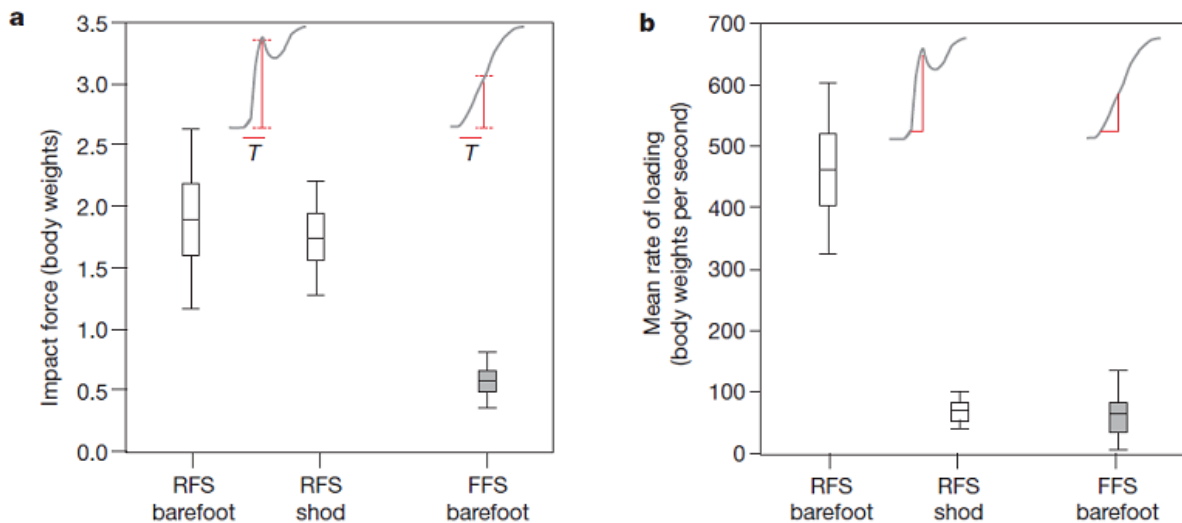
Velikost in oblika vertikalne ter horizontalne komponente sile v zaviralnem delu, sta odvisni od načina postavljanja stopala na podlago (Škof, 2001). V nadaljevanju si pogledjmo razlike med RFS in FFS v vertikalni komponenti sile.

Pri postavitvi stopala na peto (RFS) ima graf sile reakcije podlage dva značilna vrhova (slika 10a). Za prvi vrh je značilna izrazita kratkotrajna vertikalna sila, ki predstavlja udarec pete ob podlago. Ta sila se v zelo kratkem času prenese vzdolž celotnega telesa. V nekaj ms jo lahko izmerimo v golenici ter po 10 ms v glavi. Prvem vrhu sledi drugi vrh, ki predstavlja fazo srednjega opiranja, ko teža celotnega telesa pritisne ob podlago. Za vzdržljivostni tek je tipično, da znaša maksimalna vertikalna sila več kot 2 telesni masi (tudi do 3 TM) (Cavanagh in Lafortune, 1980; Lieberman idr., 2010; Škof, 2001).

Postavitev stopala na sprednji del ali srednji del (FFS ali MFS) povzroči drugačno krivuljo sile reakcije podlage (slika 10c). Prvi vrh je bistveno manjši kot pri teku na peto ali pa ga sploh ni (Cavanagh in Lafortune, 1980; Lieberman idr., 2010; Škof, 2001). Odsotnost prvega vrha, je lahko posledica dobre tehnike teka tudi po najbolj trdih podlagah (Williams, McClay in Manal, 2000).



Slika 10: Sila reakcije podlage in kinematika stopala za tri različne postavitve stopala na podlago pri hitrosti 3,5m/s pri istem tekaču (a) bosí tek RFS; b) tek v obutvi RFS; c) bosí tek FFS) (Lieberman idr., 2010).



Slika 11: Velikost sile (a) in povprečna hitrost prirastka sile (b) izraženo glede na telesno težo za boste tekače, ki tečejo na peto (RFS barefoot), obute tekače, ki tečejo na peto (RFS shod) in boste tekače, ki pristajajo na sprednji del stopala (FFS barefoot) (Lieberman idr., 2010).

Lieberman idr. (2010) so pri hitrosti 3,5 m/s opazovali velikost prvega vrha sile reakcije podlage (slika 11a) in povprečno hitrost prirastka sile (slika 11b) pri različnih postavitvah stopala na podlago v različni obutvi. Rezultati so pokazali, da so sile pri teku preko sprednjega dela stopala kar 3-krat manjše kot pri teku preko pete (velikost prvega vrha pri FFS je znašala $0,58 \pm 0,21$ telesne teže, pri RFS pa $1,89 \pm 0,72$ telesne teže). Tek na prste povzroča manjše sile celo na togi jekleni plošči. Povprečna hitrost prirastka sile je bila pri teku na sprednji del 7-krat nižja, v primerjavi s tekom preko pete. Pri bosih tekačih, ki postavljajo stopalo na sprednji del je znašala $64 \pm 70,1$ telesne teže/s, pri tekačih, ki pristajajo na peto pa kar $463,1 \pm 141,0$ telesne teže/s.

Pri postavitvi stopala na srednji del (MFS) lahko vidimo različne vrednosti sile reakcije podlage. Postavitev stopala na podlago je lahko mehka in je graf sile reakcije podlage podoben kot pri postavitvi na sprednji del stopala, po drugi strani pa so lahko sile tako velike, kot pri pristanku na peto. Kakšna bo sila reakcije podlage pri MFS je odvisno od tega, kje se nahaja točka pritiska ob postavitvi stopala na podlago in kakšna je togost gležnja ter kolena v tem trenutku. Kljub vsemu pa je pri postavitvi stopala na srednji del sila reakcije podlage razporejena po večji površini stopala in to povzroča manjši stres na nogo, kot tek preko pete (Lieberman idr., 2014).

Glavna razlika med postavitvami stopala na podlago je ravno v pojavnosti oz. značilnostih prvega vrha sile reakcije podlage. Nekateri raziskovalci trdijo, da so večje sile reakcije podlage in višja hitrost prirastka sile, ki se zgodijo pri teku preko pete, povezane z večjim tveganjem preobremenitvenih poškodb, kot so tibialna stres fraktura, plantarni fasciitis, anteriorna bolečina v kolenu, tekaško koleno, iliotibialni sindrom, itd. Hkrati svetujejo, če tekači želijo zmanjšati verjetnost za poškodbe, se morajo izogniti prvemu vrhu tako, da ne tečejo preko pete, ampak preko srednjega ali sprednjega dela stopala (Milner, Ferber, Pollard, Hamill in Davis, 2006; Davis, Bowser in Mullineaux, 2010; Daoud idr., 2012; Lieberman idr., 2014).

Tek preko sprednjega dela stopala res povzroča manjše sile na telo, vendar bistveno drugače obremenjuje mišice in skelet kot tek preko pete. Zato naj bi bili tekači, ki tečejo preko sprednjega dela stopala (FFS) zaradi velike ekscentrične aktivnosti mečnih mišic in zaradi velikih obremenitev na stopalo in gleženj (Williams, Green in Wurzinger, 2012), v večjem tveganju za razvoj poškodb Ahilove tetive in mišic meč ter stresnega zloma kosti v stopalu (Giuliani, Masini, Alitz, Owens, 2011; Ridge idr., 2013).

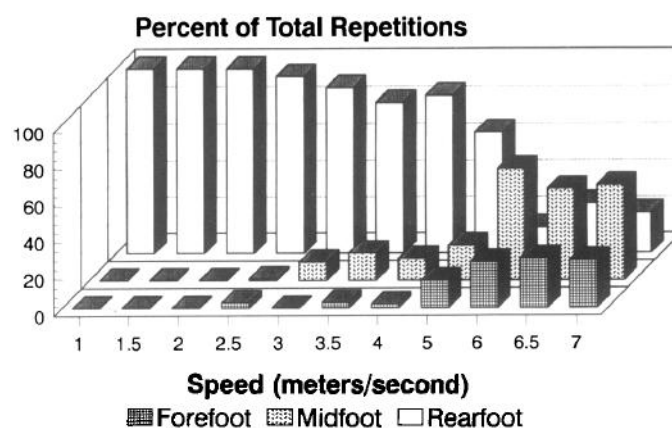
Podatki kažejo, da se letno poškoduje med 20 in 80 % tekačev (van Gent idr., 2007). Do tega trenutka je bilo opravljenih le malo raziskav, ki so proučevale pojavnost poškodb glede na postavitev stopala na podlago. Toda dve retrospektivni študiji sta našli pomembno večjo pojavnost poškodb pri tekačih, ki tečejo preko pete (Daoud idr., 2012; Goss in Gross, 2012).

1.3.2. DEJAVNIKI, KI VPLIVAJO NA NAČIN POSTAVITVE STOPALA NA PODLAGO

Način postavitve stopala na podlago bolj ali manj variira pri vseh tekačih, ker je odvisen od mnogih dejavnikov, kot so hitrost teka, značilnosti tekaške podlage (trdota, grobost, spolzkost, nagib), obutev, stopnja treniranosti, izkušnost z bosim tekom, utrujenost, razdalja teka, itd. (Lieberman idr., 2010; Hatala, Dingwall Wunderlich in Richmond, 2013; Hein in Grau, 2014). V nadaljevanju bomo predstavili, kako na postavitev stopala vplivajo nekateri dejavniki.

1.3.2.1. HITROST TEKA

Postavitev stopala na podlago je povezana s hitrostjo teka. Pri nižjih hitrostih je značilna postavitev na peto. Višja kot je hitrost, bolj pogosta je postavitev na srednji in sprednji del stopala (Hasegawa, Yamauchi in Kraemer, 2007; Hatala, Dingwall, Wunderlich in Richmond, 2013).



Slika 12: Načini postavitve stopala na podlago glede na hitrost (forefoot – postavitev na sprednji del, midfoot – postavitev na srednji del in rearfoot – postavitev na peto). Od hitrosti 3,5 m/s dalje so merjenci tekli, pri nižjih hitrostih so hodili (Keller, Weisberger, Ray, Hasan, Shiavi in Spengler, 1996).

Keller idr. (1996) so na rekreativnih tekačih, ki so tekli v tekaški obutvi, gledali načine postavitve stopala na podlago pri različnih hitrostih. Začetna hitrost teka je bila 3,5 m/s. V raziskavi so ugotovili, da je bilo nad hitrostjo 3 m/s vse več postavitvev na srednji in sprednji del stopala, še vedno pa je večina tekačev tekla na peto pri hitrosti nižji od 5 m/s (slika 12). Način postavitve se je bistveno spremenil iz pete na srednji oz. sprednji del stopala pri hitrosti 6 m/s (86 % tekačev je teklo na tak način).

1.3.2.2. TEKAŠKA PODLAGA

Tudi podlaga po kateri tečemo ima vpliv na način postavitve stopala. Za mehkejšo podlago je značilnejši tek preko pete, za tršo pa tek preko srednjega ali sprednjega dela stopala. To tezo so preizkusile naslednje raziskave, ki so pri ugotavljanju vpliva podlage izločile obutev in opazovale postavitvev stopala na podlago bosih tekačev med tekom po različno trdih podlagah. Herzog (1978, v Nigg, 2010) je ugotovil, da po trdi podlagi 76,7 % tekačev teče na sprednji del stopala (FFS), medtem ko Gruber navaja, da je takih 65 % tekačev. Način postavitve se bistveno spremeni pri teku po mehki podlagi. Herzog (1978, v Nigg, 2010) poroča, da je 54,3 % vseh tekačev izbralo postavitvev na peto, v novejši raziskavi pa je teklo na peto kar 80 % tekačev, (Gruber idr., 2013). Hein in Grau (2014) pa poročata, da so v njihovi raziskavi vsi tekači na mehki podlagi (EVA pena) tekli preko pete.

1.3.2.3. OBUTEV

Od vseh dejavnikov, ki imajo vpliv na način postavitve stopala na podlago, je vpliv obutve verjetno najbolj preučevan. To je deloma posledica povečanega interesa za bosi tek, kot tudi posledica trženja minimalistične obutve, ki ga izvajajo obutvena podjetja.

Najprej bomo predstavili značilnosti posamezne obutve (klasična tekaška obutev, brez obutve – bos, minimalistična tekaška obutev), nato pa razložili, kako posamezna obutev vpliva na postavitvev stopala in zakaj.

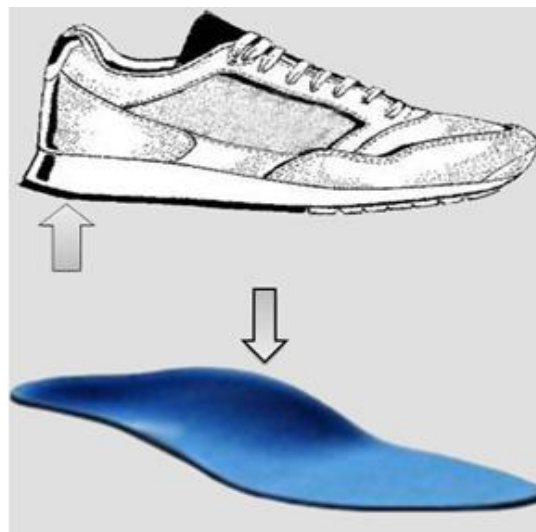
1.3.2.3.1. KLASIČNA TEKAŠKA OBUTEV

Z razliko od sodobnih ljudi so prvi ljudje hodili in tekli bosi. Najstarejše znano obuvalo je staro približno 8300 let in je bilo odkrito v Severni Ameriki (Kuttruff, DeHart in O'Brien,

1998). Posredni anatomske dokazi pa pričajo, da so nekatera ljudstva nosila obutev že približno 50.000 let nazaj (Trinkaus, 2005).

Obutev namenjena teku je relativno nov izum. Prva se je pojavila približno 200 let nazaj v Angliji. Bila je narejena iz usnja, bila je lahka in se je dobro oprijemala tal. Njena pomanjkljivost je bilo pretirano raztezanje v mokrih pogojih. Tekaška obutev se je skozi leta spreminjala tako po obliki kot po funkciji. Leta 1832 so prvič dodali gumijast podplat, leta 1852 je bila izumljena prva šprintarica. Izum vulkanizacije je popolnoma spremenil tekaško obutev, ki je tako postala lažja, tišja in bolj gibljiva ter je zagotavljala dober oprijem na različnih podlagah. Za očeta moderne tekaške obutve velja Adolf Dassler (kasneje ustanovitelj Adidasa). Leta 1920 je prvi pričel z izdelovanjem različnih modelov, ki so bili namenjeni ali sprintanju ali teku dolgih razdalj. Stroka za prelomno obdobje v razvoju tekaške obutve navaja 70. leta 20. stoletja. V tem obdobju je podjetje Nike kot prvo na trg poslalo oblazinjeno tekaško obutev z dvignjenim podplatom pod peto. Kmalu so ponudili tudi različne modele, ki so bili namenjeni trem različnim značilnostim tekačev (za nevtralne tekače, pronatorje in supinatorje). Nadaljnji razvoj tekaške obutve je šel v smer vse večjega blaženja z odebeljenim podplatom, ki je bila namenjena različnim podlagam, tekaškim stilom in telesnim značilnostim tekačev (The history of running shoes, 2014).

V nadaljevanju bomo tovrstno tekaško obutev imenovali »klasična tekaška obutev« (slika 13).



Slika 13: Primer klasične tekaške obutve z dvignjeno peto in podporo stopalnega loka (Lieberman, idr. 2014).

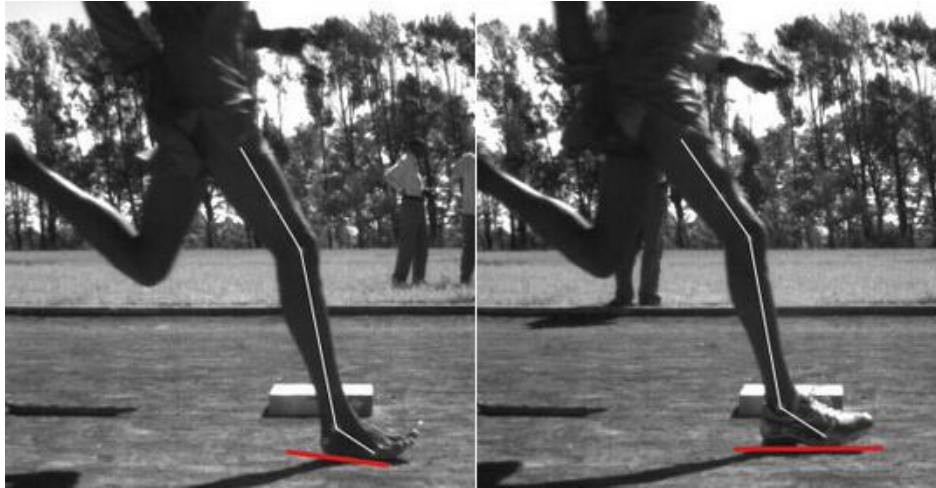
Značilnosti današnje klasične tekaške obutve (McPoil, 2000; Lieberman idr., 2014):

- Čvrst podplat, ki omogoča zaščito podplata stopala pred podlago, ki je lahko groba, ostra in pred neugodnimi vremenskimi razmerami.
- Profil podplata zagotavlja dober oprijem med podplatom obutve in podlago.
- Dobro oblazinjen podplat z dvignjenim petnim delom, omogoča udoben in stabilen pristanek na peto.
- Ojačitveni elementi na notranjem delu obutve s podporo stopalnega loka, ki preprečujejo čezmerno pronacijo ali na zunanjem delu obutve za omejevanje čezmerne supinacije stopala.

Številne raziskave, ki so postavitev stopala opazovale na tekaških tekmovanjih, poročajo o visokem odstotku obutih tekačev, ki tečejo na peto. Njihov delež variira od 74,9 % tekačev na elitnem polmaratonu (Hasegawa idr., 2007), do 88,9 % rekreativnih tekačev na 10 kilometrski preizkušnji (Larson idr., 2011) in celo več kot 93 % rekreativnih tekačev na maratonski preizkušnji (Larson idr., 2011; Kasmer, Liu, Roberts in Valadao, 2013).

Ker ne poznamo točnega razloga, zakaj večina obutih tekačev postavlja stopalo na peto, nam Lieberman idr. (2014) ponujajo nekaj možnih razlag:

- Tek na peto je v tekaški obutvi udoben. Značilnost tekaške obutve je, da ublaži silo udarca na podlago. Na sliki 10 vidimo primerjavo sile reakcije podlage, ko tekač pristane na peto bos (slika 10a) in obut (slika 10b). Ko se peta dotakne tal, pride do velikega, takojšnjega povečanja sile (gledamo prvi vrh sile reakcije podlage). Obutev zmanjša velikost sile za približno 10 %, vendar je ta še vedno višja kot pri bosem teku na sprednji del stopala (slika 11a). Povprečna hitrost prirastka sile (slika 11b) pa je v tekaški obutvi kar 7-krat nižja v primerjavi z bosim tekom na peto in je podobno visoka, kot pri bosem teku na sprednji del stopala (Lieberman idr., 2010). Za udobje je pomembno tudi, da tekaška obutev razdeli silo udarca po večji površini petnega dela stopala.
- Podplat tekaške obutve je debelejši pod peto kot pod prsti. Dvignjene pete spodbujajo tekače, da pristajajo na peto celo, ko je stopalo v rahli plantarni fleksiji (slika 14), povzročajo daljši korak in odpravljajo kontrolirano dorzalno fleksijo, ki jo kontrolirajo plantarni fleksorji med pristankom (Perl, Daoud in Lieberman, 2012).
- Večja stabilnost. Tekiška obutev omogoča nadzor gibanja stopala, s tem ko onemogoča čezmerno pronacijo/supinacijo. Zaradi tega se tekači počutijo stabilnejše, ko imajo obuto klasično tekaško obutev.



BOSI TEK: postavitev na sprednji del

TEK V OBUTVI: postavitev na srednji del

Slika 14: Vpliv obutve na postavitev stopala na podlago. Če bi bosí stopili na sprednji del, bi s čevlji na nogah stopili na srednji del. In če bi bosí stopili na srednji del, bi s čevlji na nogah stopili na peto (Lieberman idr., 2014).

Kljub temu, da klasična tekaška obutev omogoča dobro blaženje, je pri teku preko pete prvi vrh sile reakcije podlage še vedno prisoten. To pomeni, da na tekača kljub blaženju delujejo višje sile, kot če bi pristajal na srednji oz. sprednji del stopala.

V zadnjem času je vse več kritik glede uporabe zgoraj opisane tekaške obutve. Nekateri raziskovalci so mnenja, da je ravno uporaba te obutve glavni krivec za številne tekaške poškodbe (opisane zgoraj pri teku na peto). Poškodbe naj bi se pojavile, ker je stopalo v klasični tekaški obutvi prisiljeno funkcionirati nenaravno in se telo slabo prilagaja na take pogoje (Lieberman, 2012).

Gallant (2013) povzema najpogosteje navajane stranske učinke uporabe klasične tekaške obutve, ki naj bi bila vzrok za številne poškodbe med tekači:

- Atrofija intrinzičnih stopalnih mišic, zaradi podpore stopalnega loka, kar vodi v njegovo sploščitev (opis v nadaljevanju).
- Zmanjšani senzorični občutki v podplatu, kar naj bi vodilo v več napak pri postavitvi stopala na podlago.
- Nenaravna tehnika teka – izrazit tek na peto, ki povzroča visoke sile, ki delujejo na telo.

S ciljem zmanjšanja tekaških poškodb je v svetu vse bolj popularen tek brez obutve – bosí tek. Tekalci se s tem želijo izogniti stranskim učinkom, ki jih povzroča klasična tekaška

obutev. Nekatere raziskave namreč kažejo, da različnih tegob stopal (npr. plosko stopalo), ki so prisotne v t.i. obuti populaciji, v bosih populaciji ni zaznati (Rao in Joseph, 1992; Squadrone in Gallozzi, 2011; Stewart, 1972), prav tako so v teh populacijah redke poškodbe povezane s tekom (Robbins in Hanna, 1987). Zato strokovnjaki vse bolj domnevajo, da lahko bosih tek povzroči pozitivne učinke, ki lahko zmanjšajo tveganje za poškodbe. Manjše tveganje za poškodbe pri bosome teku naj bi bila posledica v povečanju moči intrinzičnih stopalnih mišic, boljši senzorični občutki v podplatu in drugačna tehnika teka (Gallant, 2013).

1.3.2.3.2. ODSOTNOST OBUTVE – BOSI TEK

Nobeni arheološki dokazi ne kažejo, da bi zgodnji pripadniki rodu Homo, ki so se pojavili pred približno 2 milijonoma let, uporabljali obutev. Niti ni dokazov za pripadnike vrste Homo Sapiens, ki so se pojavili pred 200 tisoč leti (Hatala idr., 2013). Medtem pa obstajajo fosilni dokazi, da so ljudje hodili bosih (Bennett idr., 2009).

Tudi danes lahko še srečamo populacije ljudi, ki ne nosijo obutve. V primerjavi z ljudmi, ki so običajno obuti, se njihova stopala razlikujejo v anatomiji (imajo daljše in širše stopalo, bolj razširjene prste) in funkciji stopala (bolj enakomerno porazdeljen plantarni pritisk) (D'Août idr., 2009).

Do pred kratkim je bil tek brez obutve v modernem svetu zelo redek. Njegova popularnost se je močno dvignila leta 2009 s knjigo *Rojeni za tek* (ang. *Born to run*), avtorja Christopherja McDougalla (v slovenščini je izšla leta 2012). Knjižna uspešnica promovira bosih in minimalističen tek, medtem ko govori o avtorjevi zgodbi, kako se je lotil teči dolge razdalje in pri tem iskal načine, da se ne bi poškodoval (McDougall, 2012). Popularnost se še dviguje na podlagi strokovnih člankov, ki nakazujejo na koristnost bosega teka, pri čemer ima veliko zaslug prof. Daniel Lieberman, ki je glavni (kritični) promotor.

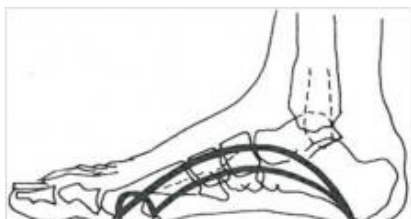
Ker v Sloveniji nismo poznali uradnega termina za tek brez obutve smo za mnenje vprašali Inštitut za slovenski jezik Frana Ramovša. Po mnenju terminološke sekcije je **tek brez vsakršne obutve** primerno imenovati **bosih tek** in ne bosonogi tek, ki se pojavlja pod vplivom angleškega termina »barefoot running« in je v splošnih brskalnikih približno za tretjino pogostejši. Zato bomo v nadaljevanju diplomskega dela dosledno uporabljali termin bosih tek (Sekcija za terminološke slovarje, 2014).

Človeško stopalo je bilo anatomsko dovršeno mnogo pred pojavom obutve in je prilagojeno bosemu gibanju po naravnem površju (D'Août, Pataky, De Clercq in Aerts, 2009). Zgrajeno je tako, da omogoča dušenje velikih sil, senzorični sistem pa nas obvešča o dogajanjih v telesu in nas informira o okolju, v katerem se gibamo.

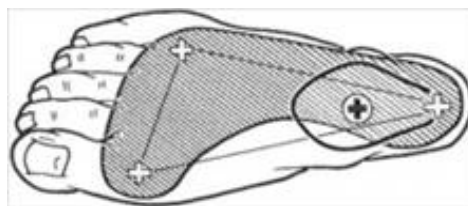
Stopalo je stičišče človekovega telesa s podlago in nosi težo celotnega telesa, zato mora biti statično dovolj čvrsto, dinamično pa se mora prilagoditi podlagi, ublažiti udarce ob podlago s sploščitvijo notranjega stopalnega loka ter omogočiti učinkovito hojo in tek (Ker, Bennett, Bibby, Kester in Alexander, 1987; Kosi, 2000).

Človeško stopalo je sestavljeno iz 26 kosti, 20 mišic in 31 sklepov. Ima tri stopalne loke: dva vzdolžna in enega prečnega (slika 15). Notranji vzdolžni lok poteka od petnice do glavnice prve stopalnice, zunanji vzdolžni lok poteka od petnice do glavnice pete stopalnice, prečni stopalni lok pa povezuje glavnico prve in pete stopalnice. Loki stopalu omogočajo prožnost, ta pa je pomembna pri absorpciji sil, ki delujejo nanj in mu omogočajo, da svojo obliko prilagodi podlagi (Calais-Germain, 2007). Stopalnega loka ne ohranjajo le kosti in ligamenti, ampak tudi močne intrinzične mišice stopala. Stewart (1972) svetuje, da če želimo ohranjati funkcionalen stopalni lok, morajo biti mišice močne, da bodo močne, jih moramo uporabljati. Če mišice oslabijo, to vodi v znižanje stopalnega loka, kar lahko vodi v poškodbe (Robbins in Hanna, 1987). V klasični tekaški obutvi in ostali obutvi s podobnimi značilnostmi ni potrebna velika aktivnost stopalnih mišic za vzdrževanje loka, ker je ta trdno podprt z obuvalom, zato mišice lahko oslabijo in ne opravljajo več svoje funkcije (Gallant, 2013).

Pri postavitvi stopala na peto stopalni lok v trenutku kontakta ni obremenjen in zato ne more blažiti sile udarca, dokler ne pride v stik s tlemi še sprednji del stopala. Drugače je pri postavitvi na sprednji del, kjer se stopalni lok začne raztezati takoj po kontaktu s tlemi in tako učinkovito ublaži sunek sile (Lieberman idr., 2014). Ko pride celo stopalo v stik s tlemi, se nagne navznoter za 4-8 stopinj (pronacija). S tem gibom se sile porazdelijo na celotno stopalo in sunek je naravno ublažen (Bodemer, 2009).



Slika 15: Stopalni loki v stopalu
(Spoznamo svoje noge, 2014).



Slika 16: Oporne točke stopala
(Spoznamo svoje noge, 2014).

Stične točke stopalnih lokov predstavljajo tudi oporne točke stopala. Pri normalnem stopalu so pri stoji tri oporne točke (slika 16): peta, glavica prve in glavica pete stopalnice, pod katerimi so posebne maščobne blazinice, ki blažijo velike pritiske. Zaradi elastičnih kožnih blazinic podplata so te oporne točke na videz med seboj povezane (Kosi, 2000).

Koža na podplatu je čvrsta in približno dvakrat debelejša kot na hrbtišču stopala (do 5 mm). Njena vloga je, da varuje globoke strukture pred mehanskimi, toplotnimi in kemičnimi dejavniki in sprejema dražljaje iz okolja (Tomažič in Brodnik, 2006). Normalno občutljivo stopalo takoj zazna škodljive učinke in se nevarnosti lahko izogne (Kosi, 2000).

Robbins in Gouw (1991) pravita, da je senzorični pretok informacij med perifernim in centralnim živčevjem ključnega pomena pri izogibanju poškodb. Bistveni senzorični občutki, ki vplivajo na postavitve stopala prihajajo iz proprioceptorjev mišic, tetiv in sklepov stopala ter mehanoreceptorjev v koži podplata.

Ko tečemo bosi, se s podplatom direktno dotikamo podlage po kateri tečemo. To pomeni, da lahko mehanoreceptorji v koži podplata neovirano sprejemajo senzorične informacije. Te informacije so uporabljene za primerno postavitve stopala na podlago, za minimiziranje sil in primerno aktivacijo mišic (Robbins in Waked, 1998). Lieberman (2012) je domneval, da bosi tekači bolj verjetno prilagodijo tehniko gibanja in mišično podporo, zato ker zaznajo škodljive obremenitve, ki delujejo na telo.

Medtem, ko je za tek v klasični tekaški obutvi značilna postavitve stopala na peto, so številne raziskave za bosi tek ugotovile pogostejše postavljanje stopala na srednji in sprednji del stopala:

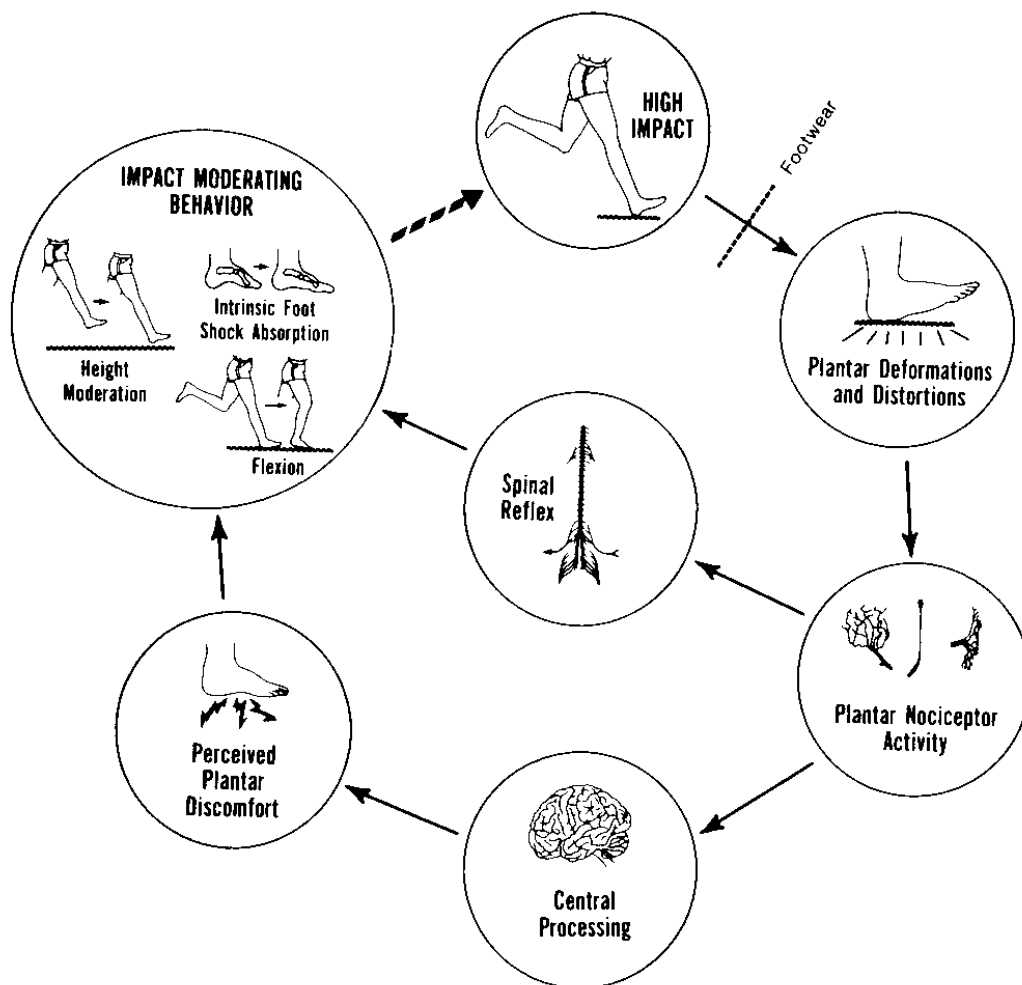
- Lieberman idr. (2010) so ugotovili, da običajno bosi ljudje iz Kenije in občasno bosi tekači iz Amerike tipično postavljajo stopalo na srednji ali sprednji del, ko tečejo bosi, medtem ko običajno obuti Kenijci in Američani tečejo preko pete, ko so obuti in ko so bosi.
- Hatala idr. (2013) so prav tako ugotavljali način postavitve stopala na običajno bosem ljudstvu Daasanach iz Kenije, ki nima močne tekaške tradicije. Ugotovili so, da ti bosi tekači tipično tečejo bolj na sprednji del stopala, vendar se je odstotek postavitve na sprednji del povečeval s hitrostjo teka. Ti so pri nizki hitrosti (2,1-3,00 m/s) večinoma tekli na peto (83 % RFS). Z naraščanjem hitrosti teka, se je povečalo število postavitve na srednji del stopala (60 % MFS pri hitrosti 6,01-7 m/s).

- Hamill, Russell, Gruber in Miller (2011) so ugotovili, da običajno obuti tekači preklopijo na postavitev stopala na srednji del, ko tečejo bosi, medtem ko v obutvi (tudi v minimalistični) pristajajo na peto.
- Larson (2014) je na rekreativni tekaški tekmi, ki je potekala na asfaltu ugotovil, da je 59,2 % bosih tekačev pristajalo na sprednji del stopala (FFS), 20,1 % na srednji del (MFS) in 20,7 % jih je teklo na peto (RFS).

Najpogostejša hipoteza, zakaj bosi tekači med tekom po trdi podlagi manjkrat postavijo stopalo na peto med tekom, je, ker je to brez oblazinjenega podplata lahko zelo boleče (Lieberman idr., 2014). Razlog je v tem, da peta ne more blažiti udarca sile (Chi in Schmitt, 2005) in je ta sila skoncentrirana na majhnem delu pete. De Clercq, Aerts in Kunnen (1994), so nakazali, da se med bosim tekom maščobna blazinica na peti deformira do fizioloških meja. Zato naj bi stopalo postavili bolj ravno na podlago, da bi povzročili manjšo deformacijo maščobne blazinice in s tem preprečili preobremenitev pete. Bosi tekači torej v izogib velikim vertikalnim silam, pristanejo na sprednji ali srednji del stopala (Lieberman idr., 2014).

Možno je, da vertikalna sila reakcije podlage ni edini stimulus za spremembo postavitve stopala na podlago. Robbins in Gouw (1991) kot dodatno možnost omenjata, da je sprememba postavitve pri bosih tekačih lahko delno povezana s horizontalnimi obremenitvami na podplatu. Postavitev stopala na peto namreč močno poveča velikost zaviralne sile v horizontalni smeri (Škof, 2001). Tekači naj bi zato spremenili postavitev tudi zaradi zahteve po zmanjšanju strižnih sil med stopalom in podlago, da bi zaščitili kožo na podplatu (Robbins in Gouw, 1991).

Robbins in Gauw (1991) na podlagi slike 17 pojasnjujeta prirojen gibalni odziv človeka ob bolečem, neprijetnem dražljaju na podplatu. Na osnovi povratne informacije iz nociceptorjev v podplatu naj bi modificiral svoje gibanje v naslednjih ponovitvah giba (korakih). Kontrola povratne zanke je tako učinkovita s ciljem zmanjšanja neudobja. Korekcija gibanja se najprej zgodi na nivoju hrbtenjače, informacije pa potujejo še v najvišje ravni motorične kontrole. Sčasoma naj bi se naučili vnaprejšnjega izogibanja bolečini.



Slika 17: Hipoteza v grafični obliki o prirojenem gibalnem odzivu pri človeku, ko začuti boleč dražljaj na podplatu. Korekcija giba naj bi bila sestavljena iz treh elementov, toda raziskovalci so mnenja, da je zadaj bolj kompleksen sistem nadzora (Robbins in Gouw, 1991).

Ker je stopalo brez obutve izpostavljeno neugodnim vremenskim razmeram (mraz, vročina) in nevarnostim okolja, kot so kamenje, ostre skale, trni, črepinje ter ker v sodobnem svetu ni najbolj družbeno sprejemljivo, da smo bosí (služba, šola, banka, trgovine, itd.) so proizvajalci obutve kot alternativo bosim pogojem na trg poslali t.i. minimalistično obutev.

1.3.2.3.3. MINIMALISTIČNA TEKAŠKA OBUTEV

Hamill idr. (2011) so minimalistično obutev definirali kot lahko obutev, ki ima tanek in prožen podplat, z nič ali malo podložene pete. Ta definicija ustreza tekaški obutvi do leta 1970, v zadnjih 40. letih pa se je njeno oblikovanje zelo odmaknilo od t.i. minimalizma. Leto 2004 je bil nov pomemben mejnik v zgodovini tekaške obutve, saj sta podjetje Nike (slika 18a) in Vivobarefoot na trg poslala prvo moderno minimalistično tekaško obutev (Nike Free, 2014; Vivobarefoot, 2014). Leto kasneje je svoj model predstavilo še podjetje Vibram FiveFingers (slika 18b) (Vibram FiveFingers, 2014). Interes za to obutev se je povečal hkrati s povečanim interesom za bosí tek leta 2009.

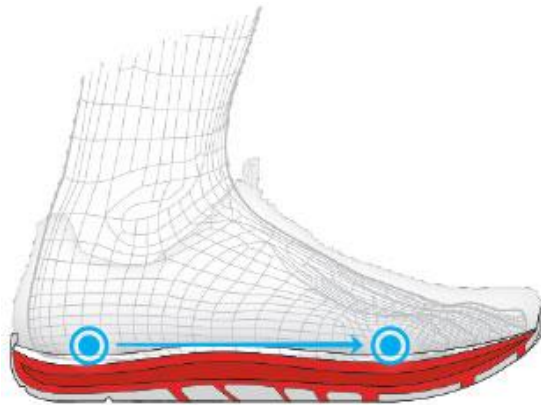


Slika 18: Primeri različnih modelov minimalistične obutve: a) Nike Free b) Vibram FiveFingers c) Altra The ONE. Prva dva modela sta najpogosteje preučevana s strani raziskovalcev minimalističnega teka (Nikefreesalefr, 2014; Vibram FiveFingers, 2014; Altra Zero Drop The ONE Review, 2014).

Minimalistična tekaška obutev naj ne bi imela t.i. negativnih značilnosti klasične tekaške obutve, kot so dvignjena peta, pretirano blaženje, stranske opore, nadzor gibanja, utesnjenost stopala in velika teža. Popolna minimalistična tekaška obutev naj bi dovoljevala stopalu, da se obnaša, kot da bi bil bos, medtem ko bi mu nudila maksimalno zaščito pred okoljem (Saxby, 2011). Oblikovalci minimalistične obutve poskušajo posnemati obliko in občutek bosega gibanja z namenom, da bi prednosti, ki jih prinaša bosí tek, prenesli tudi v obute pogoje (Nigg, 2009). Minimalistična obutev in sprememba tekaškega koraka naj bi tako služila kot nova metoda k zmanjševanju poškodb znotraj tekaške populacije (Rixe, Gallo in Silvis, 2012).

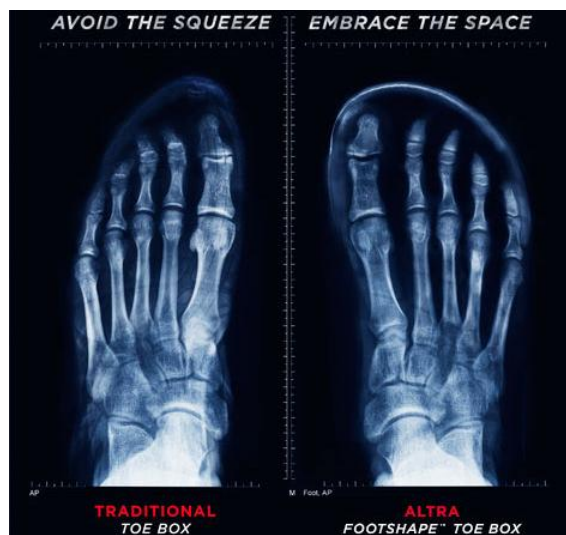
Med posameznimi modeli minimalistične obutve obstajajo velike razlike. Ker ni določenih enotnih kriterijev, ki bi definirali to obutev predstavljamo njihove **osnovne značilnosti**:

- Čim manjša teža.
- Podplat oblikovan tako, da omogoča dobro zaščito stopala pred okoljem in pred ekstremnimi vremenskimi razmerami.
- Podplat je fleksibilen in nima podpore za stopalni lok in drugih ojačitvenih elementov. To naj bi omogočalo, da so intrinzične stopalne mišice med tekom aktivne in posledično ostajajo močne, kar je pogoj za zdravo stopalo.
- Tanek podplat, ki še vedno omogoča sprejem senzornih informacij iz mehanoreceptorjev v podplatu. Debelina podplata zelo variira med različnimi modeli: od 3 mm (npr. Vibram Fivefingers) do 36 mm (npr. Altra The Olympius) in še več.
- Čim bolj raven podplat, ki naj nebi silil v postavitev stopala na peto: nekateri modeli imajo popolnoma raven podplat (t.i. zero-drop, slika 19), drugi imajo še vedno dvignjeno peto v primerjavi z delom pod glavicami stopalnic, vendar je razlika v višini podplata manjša kot v klasični tekaški obutvi.



Slika 19: Enaka debelina podplata (t.i. zero-drop) pod peto in sprednjim delom stopala je značilnost minimalistične obutve, vendar ne vseh modelov (Why Altra, 2014).

- Širok sprednji del obutve (slika 20), ki ne utesnjuje prstov in jim dovoljuje, da so naravno razširijo. Ko se stopalo dotakne tal se prsti razširijo navzven, da pomagajo uravnovežiti korak (Saxby, 2011). Nekateri modeli npr. Vibram FiveFingers, imajo celo vsak prst v svojem »žepku«.



Slika 20: Prikaz poravnave prstov v klasični obutvi (levo) in v minimalistični obutvi (desno). Obutev naj bi bila dovolj široka v sprednjem delu, da ne omejuje naravne pozicije prstov (Why Altra, 2014).

Po mnenju terminološke sekcije lahko tek v minimalistični obutvi imenujemo **minimalistični tek** (Sekcija za terminološke slovarje, 2014).

Do sedaj je bilo opravljenih že mnogo študij, ki so preverjale ali minimalistični tek lahko posnema bosi tek. Raziskovalci so prišli do različnih ugotovitev:

- Squadrone in Gallozi (2009) sta ugotovila, da minimalistični tek (Vibram FiveFingers) učinkovito posnema bosi tek. Študija je bila opravljena na 8 izkušenih atletih, na tekalni stezi in je pokazala podobne kote v gležnju ob prvem kontaktu stopala s podlago za oba pogoja teka.
- Bonacci idr. (2013) so prišli do drugačnih zaključkov. V raziskavi na 22 treniranih atletih so primerjali bosi tek s tekom v minimalistični obutvi Nike Free in tekom v klasični obutvi ter ugotovili, da minimalistična obutev ne posnema mehanike bosega teka. Zaključili so, da njihovo predpisovanje kot mehanizem za spremembo tehnike teka ni možno upravičiti.
- Tudi McCallion, Donne, Fleming in Blanksby (2014) so prišli do ugotovitve, da so prostorsko-časovne spremenljivke minimalističnega teka (Vibram FiveFingers) bolj podobne teku v klasični tekaški obutvi kot bosem teku.
- Hein in Grau (2014) sta ugotovila, da so vsi rekreativni tekači, ki so tekli v minimalistični obutvi (Nike Free 3.0, podlaga tartan) pristajali na peto, vendar so tudi bosi tekači pristajali na peto, med tekom po 1 cm debeli EVA peni. Raziskovalca še vseeno poročata o kinematičnih razlikah med obema pogojem.

Zgornje raziskave so bile opravljene v laboratoriju, zato je naslednje raziskovalce zanimalo kakšno je dejansko stanje na terenu:

- Larson (2014) je na rekreativni tekaški tekmi, ki je potekala na asfaltu, ugotavljal postavitev stopala na podlago za tekače, ki so nosili minimalistično obutev Vibram FiveFingers in jih primerjal z bosimi tekači na isti tekmi. Prišel je do sklepa, da se postavitev stopala na podlago razlikuje med bosimi, ki največkrat postavijo stopalo na sprednji del (59,2 % FFS) in minimalistični tekači, ki gredo največkrat na peto (47,6 % RFS).
- Lieberman (2014) je ugotavljal način postavitve stopala na podlago na ljudstvu Tarahumara iz Mehike, ki imajo močno tekaško tradicijo. Ljudje, ki so običajno obuti v »huarache« sandale (obutev z zelo tankim podplatom, katero si z vrvicami zavežejo na stopalo), med tekom največkrat postavljajo stopalo na srednji (40 % MFS) ali sprednji del (30 % FFS), z razliko od običajno konvencionalno obutih Tarahumar, ki med tekom tipično postavljajo stopalo na peto (75 % RFS).

Če povzamemo, tekači, ki tečejo v minimalistični obutvi se največkrat razlikujejo v postavitvi stopala na podlago od bosih tekačev, kot tudi od tekačev, ki tečejo v klasični tekaški obutvi.

Spodaj predstavljamo možne vzroke, zakaj minimalistični tekači pogosteje postavljajo stopalo na peto kot bosni tekači:

- Larson (2014) predvideva, da je minimalno blaženje, ki ga ponuja minimalistična obutev, mogoče vseeno dovolj veliko, da zmanjša sunek sile reakcije podlage, da se telo ne odzove s spremembo tehnike. Nigg (1997) je namreč izpostavil, da so mogoče sile, ki delujejo na telo med tekom v minimalistični obutvi, v normalnem območju tolerance za človeško telo in zato ni potrebe po spremembi postavitve stopala na srednji ali sprednji del. Jenkins in Cauthan (2011) pa opozarjata, da minimalistična obutev lahko tekaču zagotavlja napačen občutek varnosti, ki je bosni tek nebi dovolil.
- Če je sprememba postavitve stopala pri bosih tekačih povezana tudi s horizontalnimi obremenitvami podplata, kjer tekači spremenijo postavitev, da bi zmanjšali strižne sile in s tem zaščitili kožo na podplatu (Robbins in Gouw, 1990), je logično domnevati, da se to ne zgodi, ko so obuti. Saj podplat obuvava zagotavlja zaščito kože pred podlago in zato tekačem ni treba spremeniti postavitve stopala (Larson, 2014).

Squadrone in Gallozi (2011) pojasnujeta, zakaj tekači v minimalistični obutvi manjkrat postavijo stopalo na podlago s peto v primerjavi s tekači, ki imajo obuto klasično tekaško obutev. Razlog naj bi bil v boljši proprioceptiji, ki naj bi jo omogočala minimalistična obutev.

Raziskovalci opozarjajo, da je na trgu veliko različnih modelov minimalistične obutve z unikatnimi značilnostmi, zato je treba vsak model testirati individualno, da bi lahko določili v kakšni meri omogočajo proprioceptijo in kako so učinkoviti pri posnemanju bosega teka (Jenkins in Cauthon, 2011).

1.4. PROBLEM, CILJI IN HIPOTEZE

1.4.1. PROBLEM

V raziskavi bomo upoštevali naslednja predvidevanja:

- da je imel tek v zgodovini človeštva zelo pomembno vlogo,
- da so naši predniki sprva tekli brez obutve (in kasneje minimalno obuti) ter ob tem manjkrali pristali na peto, kot je to značilno za današnjih 75-95 % tekačev, ki tečejo v klasični tekaški obutvi,
- da je za številne tekaške poškodbe kriva ravno ta tekaška obutev in z njo povezan tek preko pete,
- da je bosí tek ena izmed možnosti, kako zmanjšati tveganje za poškodbe,
- da je alternativa bosemu teku tek v minimalistični obutvi.

Dosedanje raziskave kažejo, da ima minimalistična obutev lahko različen vpliv na postavitev stopala na podlago. Če v njej tečemo na peto in če upoštevamo, da tek na peto povzroča visoke vertikalne sile in s tem večjo možnost za poškodbe, se nam zdi uporaba minimalistične obutve sporna, sploh ker nam ta obutev nudi malo blaženja.

Problem je, ker je danes na trgu veliko modelov minimalistične obutve, ki jo proizvajalci promovirajo tako, da tekačem obljublajo, da jih bo ta obutev silila v tek po sprednjem delu stopala, da se bo njihova tehnika teka izboljšala in da je ta način teka za njih bolj zdrav. Potemtakem naj bi se način postavitve stopala spremenil, čim bi obuli minimalistično obutev. Le majhen delež proizvajalcev te obutve pa svetuje, kako naj tekači spremenijo tekaški korak in jim tudi priporočajo udeležbo na tečaju tekaške tehnike.

Z diplomskim delom se bomo lotili ravno omenjenega problema, ali je za spremembo postavitve stopala na podlago dovolj samo odstraniti obutev (da tečemo bosí) oz. zamenjati klasično obutev z minimalistično ali za spremembo postavitve stopala potrebujemo navodilo o spremembi tehnike teka.

Raziskave nakazujejo (Lieberman idr., 2010), da je tek preko srednjega ali sprednjega dela za človeka bolj naraven in primeren. Zato nas je v nadaljevanju zanimalo, če tekač, ki običajno teče na peto, in na treningu izkusi drugačno postavitev stopala (ko teče bos ali minimalistično obut) ali to »novo« postavitev prepozna kot zanj bolj primerno, zdravo in se jo zato odloči ohraniti tudi potem, ko se vrne v klasično tekaško obutev.

Večina raziskav je primerjala bosi in minimalistični tek na vrhunskih tekačih, ki so že v osnovi imeli tendenco postavljanja stopala bolj na srednji oz. sprednji del stopala, zato nekateri niso odkrili pomembnih razlik v postavitvi stopala na podlago med obema pogojema teka. Zato nas zanima, kako se postavitve stopala na podlago spreminja pri rekreativnih športnikih, ko tečejo bosi ali v minimalistični obutvi.

1.4.2. CILJI

Naš cilj je ugotoviti:

- 1) ali tekači spremenijo način postavitve stopala na podlago v enkratnem tekaškem treningu, kjer tečejo bosi ali obuti v minimalistično obutev in ob tem prejmejo ali pa ne prejmejo navodila kako teči,
- 2) ali tekači spremenijo način postavitve stopala na podlago po enkratnem tekaškem treningu, ko tečejo ponovno v klasični tekaški obutvi,
- 3) kateri način treninga je bolj uspešen za spremembo postavitve stopala na podlago,
- 4) ali je navodilo kako teči, pomembno za spremembo postavitve stopala na podlago.

1.4.3. HIPOTEZE

H1: Med začetnim stanjem in treningom skupine 1 (ki je v treningu tekla bosa, brez navodila kako teči) obstajajo razlike v postavitvi stopala na podlago ($A_1 \neq B_1$).

H2: Med začetnim stanjem in treningom skupine 2 (ki je v treningu tekla bosa in je prejela navodilo kako teči) obstajajo razlike v postavitvi stopala na podlago ($A_2 \neq B_2$).

H3: Med začetnim stanjem in treningom skupine 3 (ki je v treningu tekla v minimalistični obutvi, brez navodila kako teči) obstajajo razlike v postavitvi stopala na podlago ($A_3 \neq B_3$).

H4: Med začetnim stanjem in treningom skupine 4 (ki je v treningu tekla v minimalistični obutvi in je prejela navodilo kako teči) obstajajo razlike v postavitvi stopala na podlago ($A_4 \neq B_4$).

H5: Med začetnim in končnim stanjem skupine 1 (ki je v treningu tekla bosa brez navodila kako teči) obstajajo razlike v postavitvi stopala na podlago ($A_1 \neq C_1$).

H6: Med začetnim in končnim stanjem skupine 2 (ki je v treningu tekla bosa in je prejela navodilo kako teči) obstajajo razlike v postavitvi stopala na podlago ($A_2 \neq C_2$).

H7: Med začetnim in končnim stanjem skupine 3 (ki je v treningu tekla v minimalistični obutvi brez navodila kako teči) obstajajo razlike v postavitvi stopala na podlago ($A_3 \neq C_3$).

H8: Med začetnim in končnim stanjem skupine 4 (ki je v treningu tekla v minimalistični obutvi in je prejela navodilo kako teči) obstajajo razlike v postavitvi stopala na podlago ($A_4 \neq C_4$).

H9: Skupini, ki sta prejeli navodilo, kako teči, se v treningu razlikujeta v postavitvi stopala na podlago, od skupin, ki navodila nista prejeli ($B_{1+3=5} \neq B_{2+4=6}$).

2. METODE DE LA

2.1. PREIZKUŠANCI

V raziskavo je bilo vključenih 46 merjencev, od tega 24 moških in 22 žensk. Pogoji je bil, da so nepoškodovani, da so rekreativni športniki in da nimajo izkušenj z bosim tekom ter tekom v minimalistični obutvi. Ker smo za pogoji postavili še, da morajo teči na peto, smo iz raziskave izključili 7 merjencev.

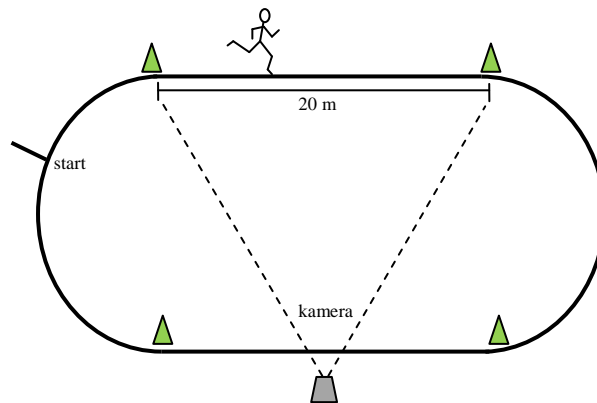
Analizo rezultatov smo delali na 39 merjencih, ki so v osnovi tekli na peto, od tega 19 moških in 20 žensk, povprečne starosti 34,9 let (sd = 6,88, min = 26, max = 61). Povprečna teža vseh merjencev je bila 73,1 kg (sd = 13,8, min = 51,4, max = 100,8) in višina 1,74 m (sd = 0,09, min = 1,58, max = 1,95). Merjence smo ob prihodu naključno razdelili v štiri skupine (tabela 2).

Tabela 2: Razpored merjencev po skupinah in značilnosti vzorcev

številka skupine	skupina	število merjencev	povprečna starost	povprečna teža (kg)	povprečna višina (m)
1	bosi tek – brez navodila	11	32,3	70,3	1,73
2	bosi tek – z navodilom	11	35,1	71,2	1,75
3	minimalistični tek – brez navodila	9	32,9	77,7	1,74
4	minimalistični tek – z navodilom	8	40,3	74,5	1,72

2.2. PRIPOMOČKI

Meritve so potekale na Fakulteti za šport, v dvorani Grintovec, na notranji atletski stezi, katere podlaga je tartan. Merjenci so tekli v krogu dolžine 70 m v smeri urinega kazalca. Snemali smo postavitev stopala na podlago v sagitalni ravnini s kamero Panasonic (model DM-FZ200, Japonska), 100 sličic/s. Posneli smo vse kroge, ki jih je merjenec pretekel, vendar samo na ravnini, ki je bila dolga 20 m (slika 21).



Slika 21: Načrt 70-metrskega kroga s postavitvijo kamere.

Merjenci so del meritev izvajali v predpisani hitrosti 3,5 m/s. Za zagotavljanje hitrosti teka smo na vsakih 5 m postavili stožec in predvajali zvočni posnetek z zvočnim signalom na vsake 1,43 s. Merjenec je moral biti ob stožcu, ko je zaslišal pisk.

Vsak merjenec je moral s seboj prinesiti svojo klasično tekaško obutev (z dvignjenim petnim delom), v kateri je tekkel na začetku in na koncu meritve. Tekaška obutev merjencev je bila različnih znamk in različnih oblik. Vse modele smo slikali s fotoaparatom Canon (model A3400 IS, Kitajska) in z metrom izmerili višino podplata. Povprečna višina podplata pod peto je bila 3,5 cm (sd = 0,43; min = 2,3 cm; max = 4 cm), pod sprednjim delom stopala (pod glavicami stopalnic) pa 2,2 cm (sd = 0,28; min = 1,5 cm; max = 2,5 cm). Povprečna razlika v višini podplata pod peto in pod sprednjim delom stopala je bila 1,3 cm (sd = 0,3; min = 0,6 cm; max = 2 cm).

V treningu je polovica merjencev tekla bosa, druga polovica je tekla v minimalistični obutvi znamke Altra (slika 16c), model Zero Drop The ONE™ (raven podplat, višina podplata 1,8 cm; številke od 39-46) in model The Intuition 2.0™ (raven podplat, višina podplata 2,6 cm, številke 36-38), ki jih je zagotovila trgovina Amfibija.

Polovica merjencev je po koncu ogrevanja prejela navodilo, kako postavljati stopalo na podlago. Uporabili smo metodo razlage in jo podkrepili z demonstracijo. Odločili smo se za sintetičen pristop. Navodilo je bilo, naj ne tečejo preko pete, ampak naj prvi stik s podlago naredijo s srednjim ali sprednjim zunanjim delom stopala. Najprej smo jim pokazali posnetek bosega teka na peto (<https://www.youtube.com/watch?v=SPP7jFiTocQ>, pridobljeno 1.7.2014), nato še posnetek bosega teka preko sprednjega dela stopala, oba s prikazanim potekom sile reakcije podlage (<https://www.youtube.com/watch?v=TjrEyfQC5NQ>, pridobljeno 1.7.2014). Za prikaz kako povaljati stopalo od zunanjega roba na celo stopalo, smo pokazali sliko 3. Merjencem smo

razložili, da raziskave kažejo, da so visoke sile reakcije podlage in višja hitrost prirastka sile, ki se zgodijo pri teku preko pete, povezane z večjim tveganjem preobremenitvenih poškodb in jim zato tek preko pete odsvetovali.

2.3. POSTOPEK

Meritve smo razdelili na tri dele (tabela 3):

- **Ogrevanje (A del)**, v katerem so merjenci tekli v lastni klasični tekaški obutvi. Na koncu tega dela, ko so bili merjenci ogreti, smo preverili začetno stanje – ali postavljajo stopalo na podlago s peto. Za vse merjence je ta del meritev potekal enako.
- **Trening (B del)**. S treningom smo želeli vplivati na merjence, da bi manjkrat stopili na peto in večkrat na srednji oz. sprednji del stopala. Merjenci so tekli v pogojih skupine, v katero so bili izžrebani (tabela 2) in se v skladu s tem pred začetkom sezuli ali preobuli v minimalistično obutev znamke Altra. Skupini 2 in 4, sta pred pričetkom tega dela meritev prejeli navodilo, na kakšen način naj postavljata stopalo na podlago. Ves čas treninga smo jih opozarjali na postavitev stopala in jih spodbujali k pravilni izvedbi. Skupini 1 in 3 nista prejeli nobenih navodil.
- **Končno stanje (C del)**, kjer so merjenci ponovno tekli v lastni klasični tekaški obutvi. Za vse merjence je ta del meritev potekal enako. Nobena skupina ni dobila navodila, kako naj postavlja stopalo, to je bila njihova odločitev. Gledali smo ali so merjenci spremenili postavitev stopala v primerjavi z začetnim merjenjem.

Tabela 3: Točen potek meritev z najpomembnejšimi informacijami. Znotraj posameznega dela meritve je pavza trajala 1 min, med različnimi deli meritev pa vsaj 3 min (po potrebi dlje).

DEL MERITVE	ŠT. KROGOV	HITROST	ANALIZA PODATKOV
A del: OGREVANJE / ZAČETNO STANJE: lastna obutev (klasična tekaška obutev)	10	lastna	ne
	3	3,5 m/s	ne
	3	3,5 m/s	da, 3 kroge
B del: TRENING: bosi tek ali minimalistični tek, z ali brez navodila kako teči	3	lastna	da, 3 kroge
	3	lastna	da, 3 kroge
	3	3,5 m/s	da, 3 kroge
	3	3,5 m/s	da, 3 kroge
	3	3,5 m/s	da, 3 kroge
	3	3,5 m/s	da, 3 kroge
C del: KONČNO STANJE lastna obutev (klasična tekaška obutev)	5	3,5 m/s	da, prve 3 kroge
	5	3,5 m/s	da, prve 3 kroge

S kamero smo posneli vseh 44 krogov, v katerih je merjenec skupaj pretekel 3080 m (A del: 1120 m, B del: 1260 m in C del: 700 m). V analizi nismo upoštevali prvih 13 krogov (prvih 10 krogov je služilo ogrevanju, naslednji trije pa navajanje na predpisano hitrost in lovljenje tempa) in po zadnja dva kroga iz končnega dela meritev. V vsakem krogu smo analizirali le korake, ki so bili izvedeni v ravnini dvajsetih metrov, začenši s prvim desnim korakom (po stožcu), ko ni bilo več vpliva zavoja (slika 21). Pri vseh merjenjih smo analizirali prvih 6 korakov izvedenih z desno nogo. V A delu smo tako analizirali 18 korakov, B delu 108 korakov in C delu 36 korakov. Za primerjavo med posameznimi deli meritev smo število korakov pretvorili v odstotke. Za vsak del meritve (A, B ali C) smo posebej gledali, v koliko odstotkih korakov je posamezni merjenec postavil stopalo na peto (rezultat 100% je pomenil, da je merjenec v vseh korakih stopalo postavil na podlago s peto) in koliko na sprednji ali srednji del stopala (če je merjenec dosegel rezultat npr. 60 %, je to pomenilo, da je v 60 % korakov postavil stopalo na peto in v 40 % korakov izvedel postavitev s sprednjim ali srednjim delom stopala). Postavitve stopala smo določili po prvem kriteriju napisanem v uvodu (Lieberman idr., 2010).

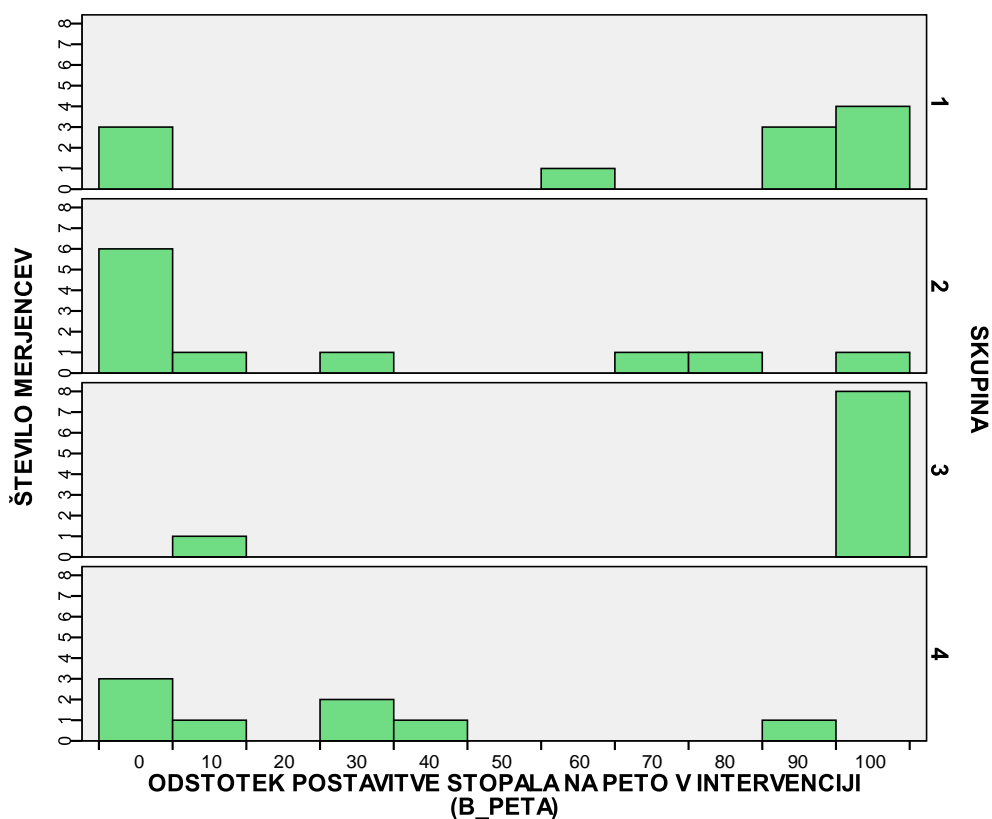
Podatke smo obdelali s programom SPSS Statistics 17.0. Za analizo smo izbrali neparametrične teste za odvisne vzorce: Wilcoxonov signed-rank test in Mann-Whitney test. Kriterij statistične pomembnosti je bil sprejet s 5 % alfa napako (dvosmerno testiranje).

3. REZULTATI

Najprej smo za vsako skupino posebej ugotavljali, ali se je postavitve stopala na podlago spremenila med začetnim stanjem, ko so merjenci tekli na peto (A del) in treningom (B del). Samo v primeru uspešnosti treninga smo lahko pričakovali, da se bo sprememba postavitve stopala zgodila tudi v končnem delu meritev (C del).

3.1. PRIMERJAVA ZAČETNEGA STANJA IN TRENINGA ZA VSAKO SKUPINO POSEBEJ

Zaradi kršenih predpostavk o normalnosti porazdelitve in homogenost varianc smo za analize uporabili neparametrični test za odvisne vzorce – Wilcoxonov Signed Ranks test.



Slika 22: Prikaz odstotka postavitve stopala na peto v treningu glede na število merjencev za vsako skupino posebej. Rezultat 100 % pomeni, da je merjenec v vseh korakih postavil stopalo na peto, medtem ko rezultat 0 % pomeni, da je merjenec vse postavitve izvedel s srednjim ali sprednjim delom stopala.

Skupina 1, ki je tekla bosa in ni prejela navodila kako teči, je pomembno manjkrat stopila na peto, ko je tekla bosa (Mdn = 95,4), kot pri teku v klasični tekaški obutvi (Mdn = 100), $z = -2,371$, $p(0,018) < 0,05$, $r = -0,51$. Na sliki 22 vidimo, da je 27,3 % merjencev popolnoma spremenilo postavitev stopala na podlago, 63,6% merjencev pa je v več kot 90% korakov postavilo stopalo na peto. Hipotezo H1 smo sprejeli in z minimalnim tveganjem lahko trdili, da med začetnim stanjem in treningom skupine 1 obstajajo razlike v postavitvi stopala na podlago.

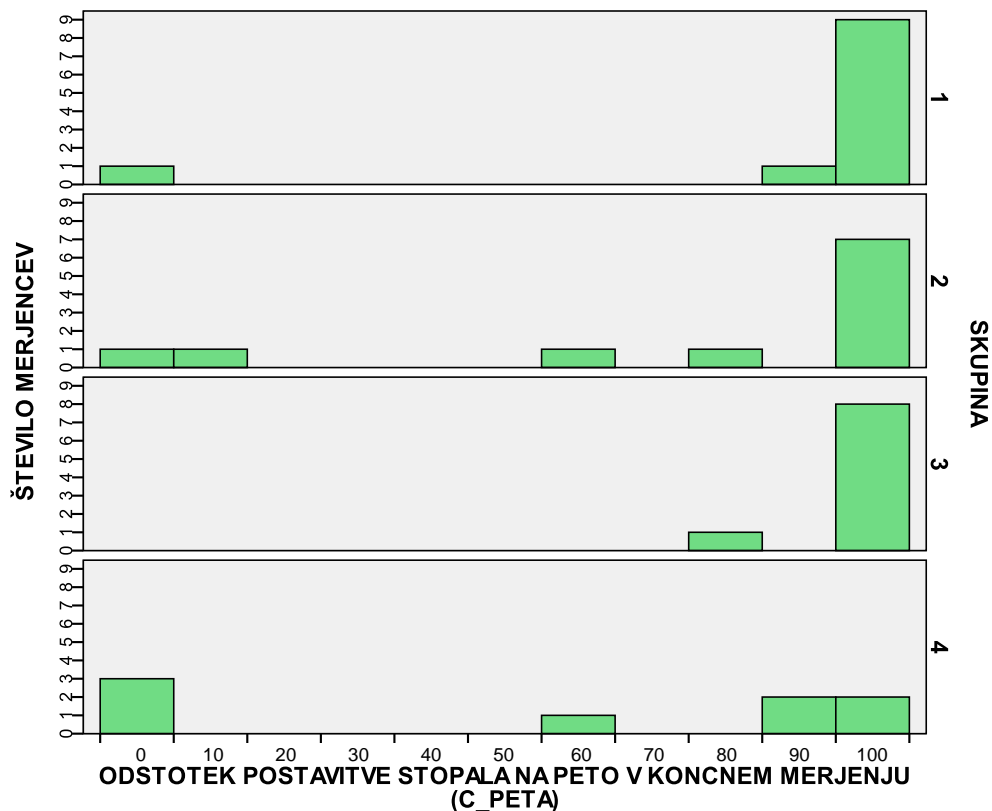
Bosa skupina, ki je prejela navodilo kako teči, **skupina 2**, je pomembno manjkrat stopila na peto pri bosem teku (Mdn = 5,6), kot pri teku v klasični tekaški obutvi (Mdn = 100), $z = -2,840$, $p(0,005) < 0,05$, $r = -0,61$. Slika 22 kaže, da je 27,3 % merjencev v več kot 70% korakov izvedlo postavitev na peto, medtem ko je 72,7 % merjencev spremenilo postavitev stopala na srednji oz. sprednji del stopala. Hipotezo H2 smo sprejeli in tako z minimalnim tveganjem potrdili, da pri skupini 2 obstajajo razlike v postavitvi stopala med začetnim stanjem in treningom.

Skupina 3, ki je tekla v minimalistični obutvi in ni prejela navodila kako teči, se ni razlikovala v postavitvi stopala na podlago med tekom v klasični tekaški obutvi (Mdn = 100) in tekom v minimalistični obutvi (Mdn = 100), $z = -1$, $p(0,317) > 0,05$, $r = -0,24$. 88,9 % merjencev je skozi celoten trening izvedelo vse korake na peto. Izjema je bil le en merjenec (11 %), ki je v več kot 80 % postavitvev stopala stopil na sprednji del (slika 22). Hipotezo H3 smo zavrnil. Z minimalnim tveganjem smo lahko trdili, da med začetnim stanjem in treningom skupine 3 ne obstajajo razlike v postavitvi stopala na podlago.

Skupina 4, ki je tekla v minimalistični obutvi in je prejela navodilo kako teči, je pomembno manjkrat stopila na peto, ko je tekla v minimalistični obutvi (Mdn = 23,6) kot pri teku v klasični tekaški obutvi (Mdn = 100), $z = -2,521$, $p(0,012) < 0,05$, $r = -0,63$. Slika 22 prikazuje, da je 50 % merjencev bistveno spremenilo postavitev stopala (v 80 % vseh korakov so postavili stopalo na srednji oz. sprednji del), še 37,5 % merjencev je šlo večkrat na sprednji oz. srednji del kot na peto, 12,5 % merjencev (tj. en merjenec) pa ni spremenil postavitve stopala na podlago. Hipotezo H4 smo potrdili in z minimalnim tveganjem trdili, da obstajajo razlike v postavitvi stopala na podlago med začetnim stanjem in treningom skupine 4.

3.2. PRIMERJAVA ZAČETNEGA IN KONČNEGA STANJA ZA VSAKO SKUPINO POSEBEJ

Naslednji cilj raziskave je bil preveriti ali se zgodijo spremembe v postavitvi stopala na podlago po enkratnem tekaškem treningu, zato smo primerjali postavitev med začetnim (A del) in končnim stanjem (C del) pri različnih skupinah. Kot smo ugotovili zgoraj, je bila intervencija uspešna pri skupinah 1, 2 in 4, zato smo lahko le pri teh skupinah pričakovali spremembo v postavitvi stopala na podlago tudi v končnem delu meritev.



Slika 23: Prikaz odstotka postavitve stopala na peto v končnem merjenju glede na število merjencev za vsako skupino posebej.

Skupina 1 ni pomembno spremenila postavitve stopala na podlago med začetnim (Mdn = 100) in končnim merjenjem (Mdn = 100), $z = -0,447$, $p(0,655) > 0,05$, $r = -0,1$. Slika 23 nam kaže, da je 90,9 % merjencev obdržalo postavitev na peto iz začetnega dela. Le en merjenec (9,1 %) je v končnem merjenju spremenil način postavitve stopala na podlago. Hipotezo H5 smo tako zavrnil in sprejeli ničelno. S 5 % tveganjem smo lahko trdili, da med začetnim in končnim stanjem skupine 1, ki je v treningu tekla bosa brez prejetega navodila kako naj teče, ni bilo razlik v postavitvi stopala na podlago.

Pri **skupini 2** ni bilo pomembnih razlik v postavitvi stopala med začetnim ($Mdn = 100$) in končnim delom meritev ($Mdn = 100$), $z = -1,826$, $p(0,068) > 0,05$, $r = -0,39$. Le 18,2 % merjencev je spremenilo postavitev stopala na sprednji ali srednji del, medtem ko je 72,7 % merjencev več kot 80 % korakov izvedlo na peto. Alternativno hipotezo H_6 smo zavrnil in sprejeli ničelno, kjer smo lahko s 5 % tveganjem trdili, da med začetnim in končnim stanjem skupine 2, ki je v treningu tekla bosa in je prejela navodilo kako naj teče, ni bilo razlik v postavitvi stopala na podlago.

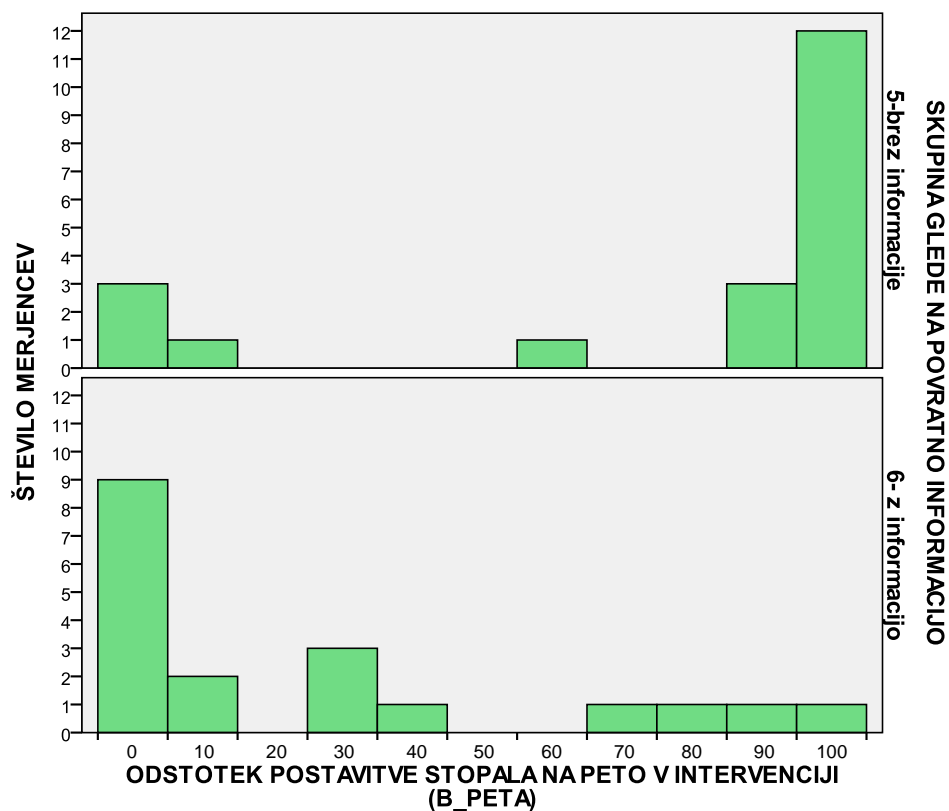
Vsi merjenci **skupine 3** so v končnem merjenju več kot 80 % vseh postavitev stopala izvedli na peto. Ker ni bilo razlik v postavitvi stopala med začetnim ($Mdn = 100$) in končnim merjenjem ($Mdn = 100$), $p(0,317) > 0,05$, $z = -1,826$, $r = 0,39$, smo hipotezo H_7 zavrnil in sprejeli ničelno. Skupina, ki je tekla v minimalistični obutvi in ni prejela navodila kako teči, se ne razlikuje v postavitvi stopala na podlago v začetnem in končnem delu meritev. Ta rezultat je bil pričakovan, po tem ko smo ugotovili, da trening za to skupino ni bil učinkovit.

S 5 % tveganjem smo sprejeli hipotezo H_8 in tako lahko trdili, da se **skupina 4** (ki je v treningu tekla v minimalistični obutvi in je prejela navodilo kako teči) razlikuje v postavitvi stopala na podlago med začetnim ($Mdn = 100$) in končnim stanjem ($Mdn = 79,2$), $z = -2,201$, $p(0,028) < 0,05$, $r = -0,55$. V končnem merjenju je 37,5 % merjencev skoraj popolnoma spremenilo postavitev stopala na podlago (slika 23), medtem pa je 50 % merjencev v več kot 90 % vseh korakov postavilo stopalo na peto.

3.3. PRIMERJAVA SKUPIN GLEDE NA PREJETO NAVODILO

Za to primerjavo smo združili skupini 1 in 3, ki nista prejeli navodila kako teči ter skupini 2 in 4, ki sta prejeli to navodilo. Najprej smo naredili primerjavo med skupinama v treningu in nato še primerjavo v končnem delu.

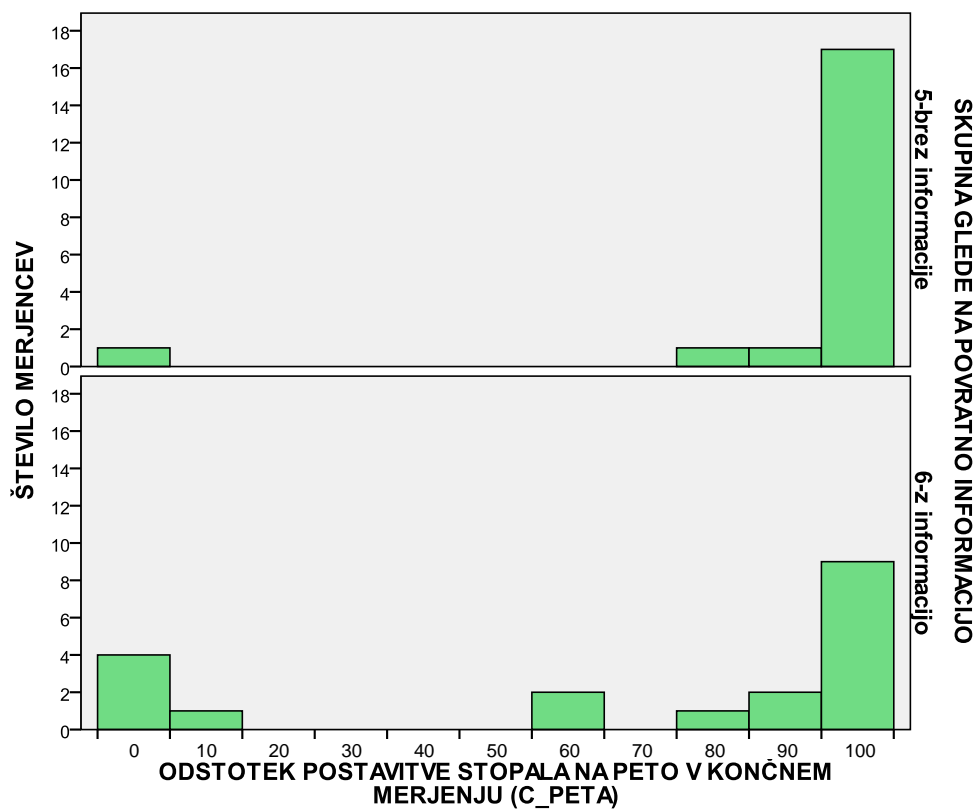
Ker so bile kršene predpostavke o normalnosti porazdelitve, smo namesto T-testa uporabili Mann-Whitney test.



Slika 24: Prikaz odstotka postavitve stopala na peto v treningu glede na število merjencev, za skupino, ki ni prejela navodila, kako teči, in za skupino, ki ga je prejela.

V treningu se je skupina, ki je prejela navodilo kako teči ($Mdn = 15,7$) pomembno razlikovala v postavitvi stopala na podlago od skupine, ki tega navodila ni prejela ($Mdn = 100$), zato smo hipotezo H_9 sprejeli ($U = 64$, $z = -3,619$, $p(0,00) < 0,05$, $r = -0,58$). Na sliki 24 lahko vidimo, da je skupina, ki je prejela navodilo, manjkrat stopila na peto. V skupini, ki ni prejela navodila, kako teči, je 80 % merjencev večino korakov izvedlo na peto, medtem ko je bilo v skupini, ki je prejela navodilo, takih 21 % merjencev. To je pomenilo, da smo lahko tudi v končnem stanju pričakovali spremembo med skupinama.

V končnem stanju se je skupina, ki je prejela navodilo, kako teči ($Mdn = 97,2$), pomembno razlikovala od skupine, ki tega navodila ni prejela ($Mdn = 100$), $U = 114,5$, $z = -2,529$, $p(0,011) < 0,05$, $r = -0,41$. Na sliki 25 vidimo, da je v skupini brez navodila 95 % merjencev več kot 80 % korakov izvedlo postavitev na peto. Tako je postavilo stopalo tudi 63,2 % merjencev skupine, ki je prejelo navodilo.



Slika 25: Prikaz odstotka postavitve stopala na peto v končnem merjenju glede na število merjencev, za skupino, ki ni prejela navodila in za skupino, ki ga je prejela.

4. RAZPRAVA

Z raziskavo na rekreativnih športnikih smo želeli preveriti, ali je za spremembo postavitve stopala na podlago dovolj samo odstraniti obutev oz. zamenjati klasično tekaško obutev z minimalistično ali za spremembo postavitve stopala na podlago nujno potrebujemo navodilo o spremembi tehnike teka. Zanimalo nas je tudi, ali tekač, ki običajno teče na peto, in na treningu izkusi drugačno postavitev stopala (ko teče bos ali minimalistično obut) ali to »novo« postavitev prepozna kot zanj bolj primerno, zdravo in se jo zato odloči ohraniti tudi potem, ko se vrne v klasično tekaško obutev.

Skupina 1 je v treningu tekla bosa, brez navodil »kako teči«, in je pomembno spremenila postavitev stopala na podlago v primerjavi z začetnim delom, ko so merjenci tekli preko pete, vendar ta sprememba ni bila tako velika (le 27,3 % jih je šlo na sprednji oz. srednji del in 63,3 % jih je ohranilo postavitev na peto), kot bi jo lahko pričakovali glede na rezultate Hamilla idr. (2011), Liebermana idr. (2010) in Larsona (2014), ki poročajo, da boski tekači pogosteje pristajajo na srednji oz. sprednji del stopala. Naši boski tekači pa so pogosteje pristajali na peto.

Glede na to, da merjenci niso dobili navodil, kako naj postavljajo stopalo, pa se je sprememba vseeno zgodila pri 27,3 % merjencev, je treba razlog poiskati nekje drugje. Za spremembo postavitve so bile verjetno ključne povratne informacije iz senzoričnih receptorjev v podplatu. Razlog za spremembo postavitve je po mnenju Liebermana idr. (2014), Robbins in Gouw (1999) in De Clercq idr. (1994) v **neprijetnem, bolečem dražljaju** na peti oz. podplatu, ki ga povzročijo visoke vertikalne in horizontalne sile, ki delujejo na telo in ga zaznajo nociceptorji (receptorji za bolečino) v podplatu. Po principu kontrole gibanja z zaprto zanko (na osnovi katere je kontroliran tek) se oblikujejo potrebni popravki gibanja. Nociceptorji najprej izvabijo refleksni odgovor na dražljaj, hkrati pa gredo te informacije v najvišje ravni motorične kontrole, kjer se oblikuje primeren gibalni odgovor za vsak naslednji korak (Schmidt in Lee, 1999; Robbins in Gouw, 1991).

Eden izmed razlogov, zakaj je šlo 63,6 % bosih tekačev na peto, je lahko mehka **podlaga**, po kateri so merjenci tekli. Za tek po mehkih podlagah je namreč značilno, da tekači bolj pogosto postavljajo stopalo na peto, medtem ko na trdih podlagah pogosteje postavljajo stopalo na srednji ali sprednji del (Herzog, 1978, v Nigg, 2010; Gruber idr., 2013). Pri teku po mehki podlagi je vertikalna sila reakcije podlage bistveno manjša, kot pri teku po trdi podlagi. Ker je sila nižja, ne pride do neprijetnega, bolečega občutka na podplatu in tekač lahko teče na peto brez bolečin. Hein in Grau (2014) celo poročata, da so vsi boski tekači, ki

so tekli po mehki podlagi (po 1 cm debeli EVA peni) tekli preko pete. Tako v njuni, kot v naši raziskavi so sodelovali rekreativni športniki, ki pred tem niso imeli izkušenj z bosim tekom in so tekli v podobni hitrosti (naši merjenci so tekli 0,5 m/s hitreje), zato lahko rezultate upravičeno primerjamo. Vendar je v naši raziskavi 27,3 % merjencev spremenilo postavitev stopala iz pete na srednji oz. sprednji del. Tartan je bolj groba podlaga kot EVA pena, kar bi lahko bil razlog za različne rezultate meritev. Robbins in Gouw (1991) namreč omenjata, da je sprememba postavitve stopala lahko povezana tudi z zahtevo po zmanjšanju strižnih sil med stopalom in podlago, da bi zaščitili kožo na podplatu. Mogoče so tekači v naši raziskavi spremenili postavitev stopala ravno zaradi zahtev po zmanjšanju horizontalnih in ne vertikalnih sil. Da je tartan res groba podlaga dokazuje dejstvo, da je veliko tekačev po končani raziskavi poročalo o žuljih na stopalu.

Nedavne raziskave nakazujejo, da je postavitev stopala odvisna tudi od tekačevih **izkušenj z bosim tekom**. Če ima z njim izkušnje, bolj verjetno teče na srednji ali sprednji del kot na peto (Squadrone in Gallozzi, 2009; Lieberman idr., 2010; Hatala idr., 2013; Bonacci idr., 2013; Paquette, Zhang in Baumgartner, 2013; Lieberman, 2014). Merjenci v naši raziskavi pred meritvami niso imeli izkušenj z bosim tekom (to je bil naš pogoj za udeležbo), zato bi bil lahko to eden izmed razlogov, zakaj je med bosim tekom večina merjencev izvedla postavitev stopala na peto in le malo na srednji ali sprednji del stopala. Možno je, da je kakšen merjenec že pred našo raziskavo prejel informacije o koristnosti teka preko sprednjega dela in o značilnostih bosega teka. Če je te informacije imel, jih je mogoče uporabil, zato je tudi to lahko eden izmed vzrokov, zakaj je 27,3 % bosih merjencev spremenilo postavitev stopala.

Tudi **hitrost teka** ima pomemben vpliv na postavitev stopala na podlago (Keller idr., 1996; Hasegawa idr., 2007; Hatala idr., 2013). Pri nižjih hitrostih je značilna postavitev na peto, višja kot je hitrost, bolj pogosta je postavitev na srednji ali sprednji del. Naša izbrana hitrost je bila 3,5 m/s. Keller idr. (1996) so ugotovili, da pri tej hitrosti kar 80 % tekačev teče na peto (v naši raziskavi je bilo takih 63,3 % bosih tekačev). Če bi izbrali višjo hitrost teka, bi verjetno lahko pričakovali, da bodo merjenci bolj očitno spremenili način postavitve, vendar bi se to kot poročajo Keller idr. (1996) zgodilo šele pri hitrosti 6 m/s. Bramble in Lieberman (2004) poročata, da hitrost teka pri rekreativcih variira med 3,2 in 4,2 m/s, zato se nam zdi naša izbrana hitrost 3,5 m/s primerna. Tudi Hein in Grau (2014) za primerjavo bosih in minimalističnih tekačev svetujeta, da mora biti hitrost teka prilagojena treniranosti in spolu tekačev.

Skupina 2 je v treningu tekla bosa, poleg tega pa je prejela še navodilo, naj ne postavlja stopala na peto. Postavitev stopala je uspešno spremenilo 72,7 % merjencev, kar je bistveno več od bose skupine, ki navodila ni prejela. Za spremembo postavitve stopala so bile tako bistvene predhodne informacije, ki so jih merjenci prejeli, verjetno pa so k spremembi prispevale še senzorične informacije iz receptorjev, saj je v skupini 1 samo na osnovi teh informacij spremenilo postavitev 27,3 % merjencev. Program za izvedbo gibanja se je tako oblikoval že pred začetkom teka v suplementarnem motoričnem področju, premotoričnem področju možganske skorje in zadnjih delih temenskega režnja po predhodni stimulaciji limbičnega sistema (Štrucl, 1999), nato pa se je med tekom na osnovi povratnih informacij iz senzoričnih receptorjev in na osnovi povratnih informacij s strani raziskovalcev prilagajal, da je tek preko srednjega ali sprednjega dela postajal bolj učinkovit.

Skupina 3 je v treningu tekla v minimalistični obutvi in ni prejela navodila, kako naj postavlja stopalo med tekom. Kar 88,9 % merjencev ni spremenilo postavitve stopala na podlago in je tudi v obutvi, ki naj bi posnemala bosi tek, vse korake izvedla na peto. Hipotezo H3 smo morali zavrniti in sprejeti novo, da med začetnim stanjem in treningom ne obstajajo razlike v postavitvi stopala. Do podobnih rezultatov so prišli McCallion idr., (2014), Larson (2014), Bonacci idr., (2013) ter Hein in Grau (2014). Prvi dve raziskavi sta bili opravljeni na modelu obutve Vibram FiveFingers, ki naj bi bila najbolj minimalistična obutev, ker je podplat debel le nekaj milimetrov. Zadnji dve pa sta bili opravljeni na modelu NikeFree, ki je bolj podoben minimalistični obutvi Altra, ki smo jo uporabili v naši raziskavi (prvi ima višino podplata 2,1 cm pod peto in 1,7 cm pod prsti, model Altra pa ima debelino podplata 1,8 cm). Ponovno lahko podrobneje omenimo raziskavo Hein in Grau (2014), kjer so merjenci prav tako tekli po tartanu in kjer so vsi tekači postavili stopalo na peto, ko so tekli v minimalistični obutvi, kar je podobno rezultatom naše raziskave. Ugotovili smo, da minimalistični tek torej ne posnema bosega teka, saj ne v načinu postavitve stopala na podlago.

Možni razlogi, zakaj minimalistični tekači niso spremenili načina postavitve stopala na podlago, so:

- Debelina podplata izbranega minimalističnega modela Altra je bila 1,8 cm. To je bilo očitno dovolj, da je ta obutev zmanjšala vertikalno silo reakcije podlage, da se telo ni odzvalo s spremembo tehnike (Larson, 2014). Kot smo lahko videli tudi pri bosi skupini, ki ni prejela navodila, kako teči, vertikalna sila reakcije podlage ni bila ključni dejavnik za spremembo, ker je bila podlaga, po kateri so merjenci tekli (tartan) mehka.

- Če je bila sprememba postavitve pri bosih tekačih povezana s horizontalnimi obremenitvami, kjer so tekači spremenili postavitev, da bi zmanjšali strižne sile in s tem zaščitili kožo na podplatu (Robbins in Gouw, 1990), je logično domnevati, da se to ni zgodilo pri tekačih, ki so obuti, saj podplat obuvala ščiti kožo pred podlago in zato tekačem ni treba spremeniti postavitve stopala na podlago.
- Podplat minimalistične obutve ni imel dvignjene pete. Očitno so merjenci sami od sebe postavljali stopalo na peto, ker jih v tem primeru obutev ni silila v takšno postavitev stopala.
- Prenizka hitrost teka (opisano pri skupini 2).

Rezultati kažejo, da ni dovolj samo »nataktniti« na noge minimalistično obutev in pričakovati, da se bo sprememba postavitve stopala na podlago zgodila sama od sebe. Pri naslednji skupini smo gledali, ali se sprememba postavitve stopala na podlago zgodi, če minimalističnim tekačem damo navodilo kako teči.

Skupina 4, ki je v treningu tekla v minimalistični obutvi in je prejela navodilo kako teči, je pomembno spremenila postavitev stopala na podlago, zato smo hipotezo H4 sprejeli. Skupno je 87,5 % merjencev spremenilo postavitev na sprednji ali srednji del stopala, kar je malo več kot bosa skupina, ki je tudi prejela navodilo, in kjer je 72 % merjencev spremenilo postavitev stopala. Vendar je bosa skupina bolj izrazito spremenila postavitev stopala na podlago. Več kot 80 % postavitev na sprednji del stopala je izvedlo 63,6 % bosih tekačev in 50 % minimalističnih tekačev.

Če primerjamo rezultate tretje in četrte skupine, lahko vidimo, da je imelo navodilo, ki so ga merjenci prejeli, res pomemben vpliv na spremembo postavitve stopala na podlago. Minimalistični tekači, brez informacije, so tekli na peto, medtem ko so tisti s prejeto informacijo, tekli na srednji ali sprednji del stopala. To dejstvo morajo upoštevati vsi proizvajalci in prodajalci obutve, če želijo, da kupec minimalistične obutve izkoristi njene prednosti in se ne poškoduje ob njihovi napačni uporabi.

Ob **primerjavi skupin glede na prejeto navodilo** »kako teči« in brez njega (izločili smo obutev), smo ugotovili, da je postavilo stopalo na peto 80 % tekačev, ki navodila niso prejeli in tudi 21 % tekačev, ki so dobili navodilo, naj ne postavljajo stopala na peto. Hipotezo H9 smo sprejeli in ugotovili, da se skupini bistveno razlikujeta.

Poskušajmo pogledati, zakaj je več kot petina merjencev postavila stopalo na peto, kljub navodilom in povratni informaciji:

- Lahko je bil problem v navodilu, ki smo ga dali merjencem pred začetkom naloge. Naše navodilo je bilo, naj ne postavljajo stopala na peto, ampak naj pristanejo na srednji ali sprednji del stopala – sintetičen pristop. Med meritvami smo lahko opazili, da so imeli nekateri merjenci velike probleme pri postavitvi stopala na sprednji del, ker niso skrajšali koraka. Ker so imeli na voljo več ponovitev se je pri nekaterih način postavitve in tehnika celotnega tekaškega koraka proti koncu meritev izboljšala in so skrajšali korak. Zahtevani gib je bil za nekatere merjence zelo zapleten, zato bi bilo verjetno bolje, če bi bilo naše navodilo analitičnega značaja in bi tako zajemalo tudi informacije o spremembi dolžine koraka.
- Med samim potekom meritev smo se spraševali, če znamo res vsi ljudje teči preko sprednjega dela stopala. Glede na to, da je šla obutev od leta 1970 v smer vse večjega blaženja z dvignjenim podplatom, in da nekateri že od otroštva nosijo obutev, ki nudi udobje ob pristanku na peto, je možno, da bi nekateri to gibanje preprosto pozabili. Ta domneva je zelo drzna in bi jo bilo treba v prihodnje preveriti. Bolj verjetno je, da je bil problem v našem pomanjkljivem navodilu in povratni informaciji.

Glede na začetno stanje, kjer so vsi merjenci tekli na peto, je edina skupina, ki ni spremenila postavitve stopala na srednji ali sprednji del, skupina 3, ki je tekla v minimalistični obutvi in ni prejela navodila, kako teči.

Ugotovili smo, da je za **trenutno spremembo postavitve stopala na podlago** pri rekreativnih športnikih:

- minimalističen tek brez navodila »kako teči« neučinkovit,
- bosi tek brez navodila »kako teči« je učinkovit, vendar sprememba v postavitvi ni tolikšna, kot bi si jo želeli (vsaj ne na mehki podlagi),
- bosi in minimalističen tek, ki ju spremlja navodilo o spremembi postavitve, sta zelo učinkovita.

Vsak kupec minimalistične obutve bi moral biti informiran o njenih značilnostih ter »pravilni uporabi«. Še boljše bi bilo, da bi se udeležil tekaškega treninga, kjer bi bila pozornost usmerjena na tehniko postavljanja stopala na podlago. Žal je trenutna realnost taka, da veliko minimalističnih tekačev, kljub minimalnemu blaženju, teče preko pete.

V zadnjem delu raziskave smo opazovali, če se je postavitve stopala na podlago spremenila (v primerjavi z začetnim stanjem), ko so merjenci ponovno tekli v klasični tekaški obutvi in pri tem niso prejeli navodila za spremembo postavitve stopala na podlago. Torej, če se je sprememba zgodila v treningu, ko so tekli bos ali v minimalistični obutvi, z ali brez navodila kako teči, nas je zanimalo, če se ta izkušnja drugačne postavitve stopala na podlago iz treninga ohrani tudi, ko merjenci ponovno obujejo klasično tekaško obutev.

Pri **skupini »brez navodil«** bi spremembo lahko pričakovali, če bi tekači »novo« postavitve prepoznali, kot za njih bolj primerno gibanje. Hipotezi H5 in H7 smo zavrnil, ker ni bilo spremembe v postavitvi stopala na podlago med začetnim in končnim stanjem skupine 1 in 3. Vendar, ker sploh ni bilo spremembe v treningu pri skupini 3, pri skupini 1 pa so le štirje merjenci spremenili postavitev, v resnici ne moremo ne potrditi, ne zavreči hipotez H5 in H7, ker je bil vzorec merjencev, ki so spremenili postavitev v treningu premajhen. Zato ne moremo ne potrditi niti zavreči možnosti, da tekač, ki izkusi drugačno postavitev stopala na podlago (brez navodila, ampak mu telo samo priredi gib), to prepozna kot zanj bolj primerno in to postavitev stopala poskuša ohranjati v prihodnje ne glede na obutev.

Tudi, če bi bil trening za skupini uspešen (da bi med bosim ali minimalističnim tekom na podlagi lastnih občutkov spremenili postavitev stopala), bi verjetno težko pričakovali spremembo tudi v končnem merjenju, ko so merjenci ponovno tekli v udobni klasični tekaški obutvi. Če običajno tečemo preko pete, je naše telo temu prilagojeno in mu tek preko srednjega ali sprednjega dela predstavlja napor, saj drugače obremenjuje mišice (Ahn idr., 2014; Williams idr., 2012). Za rekreativne športnike pa je težko pričakovati, da imajo tako močne mišice meč, da bi jim bil tak način teka bolj udoben. Ker skupini 1 in 3 nista prejeli navodil o načinu postavitve stopala na podlago, je smiselno domnevati, da sta ves čas tekli tako, kot jima je bilo udobno. Če so senzorični receptorji zaznali bolečino na stopalu so spremenili postavitev na srednji ali sprednji del stopala, ko teh impulzov ni bilo, so tekli na peto.

Zanimivo bi bilo pogledati, če bi rekreativnim športnikom, ki tečejo na peto predhodno okrepili mišice meč in jim ponovno postavili enako nalogo. Tako bi imeli več možnosti, da bi jim bil tek preko sprednjega ali srednjega dela stopala vsaj enako, če ne bolj udoben kot tek preko pete. Na tej osnovi bi se lahko odločali, kateri način postavitve stopala na podlago jim bolj ustreza.

Čeprav merjenci v končnem delu meritev niso prejeli navodil o postavitvi stopala na podlago, smo to vseeno pričakovali od **skupine 2 in 4**, ki sta v treningu poleg navodila o spremembi postavitve na srednji ali sprednji del stopala, prejeli tudi informacije o koristnosti te postavitve. Vendar se sprememba postavitve stopala na podlago, v primerjavi z začetnim delom, ni zgodila pri bosih skupini (skupini 2), saj je šlo kar 72,7 % merjencev na peto. Hipotezo H6 smo zavrnil, medtem ko smo hipotezo H8 sprejeli. Naša pričakovanja so se namreč uresničila le za minimalistično skupino (skupino 4), ki je pomembno spremenila postavitev stopala na podlago v primerjavi z začetnim stanjem. Še vseeno pa bi bila lahko sprememba bolj očitna, saj je v treningu le 12,5 % merjencev stopilo na peto, v končnem delu pa je bilo takih 50 % merjencev.

Možni razlogi, zakaj se prenos ni zgodil oz. se je zgodil v manjši meri (pri skupinah, ki sta v treningu prejeli navodilo, kako teči), so:

- Kot smo omenili že pri skupinah »brez prejetega navodila«, je možen vzrok utrujenost. V treningu so tekači po srednjem ali sprednjem delu pretekli 1260 m. Če tekač nima primerno razvitih mišic meč, je lahko to precej naporno. Kar nekaj tekačev je po raziskavi poročalo o zakasneni mišični bolečini (t. i. muskelfibru) v predelu meč, kar je znak, da jim je bila zadana naloga neobičajna in naporna. Ker so v zadnjem delu meritev lahko sami izbrali način postavitve stopala na podlago, je možno, da so izbrali postavitev na peto, ker jim je bilo to manj naporno in bolj udobno.
- Nekateri tekači so imeli v treningu probleme pri teku na sprednji del ali srednji del stopala, saj niso skrajšali koraka. Tak način teka ne more biti udoben, saj je nenaraven, zato je logično, da takega načina niso prenesli v končno stanje.
- Rezultat je bil verjetno odvisen tudi od osebnostnih značilnosti tekačev (vztrajnost). Kdor je bil po osebnostni naravi bolj vztrajen, je verjetno dlje časa ohranjal postavitev stopala, ki smo mu jo priporočali.
- Možno je, da je na večji delež postavitev na peto vplivala dvignjena peta klasične tekaške obutve. V primeru, da je hotel tekač pristati na srednji (tudi sprednji) del stopala, je zaradi dvignjene pete obuvala pristal na peto.
- Način postavitve na sprednji ali srednji del stopala se jim lahko preprosto ni zdel zanimiv, jih ni prepričal.

Zanimivo je, da so bili minimalistični tekači v končnem stanju uspešnejši od bosih. Glede na rezultat v treningu bi lahko pričakovali, da bodo bosih bolj ali pa vsaj enako uspešni, saj so šli v treningu bolj očitno na sprednji del stopala in so lahko za oblikovanje giba poleg navodila in povratnih informacij s strani raziskovalcev uporabili še senzorične informacije iz

receptorjev. Razlog v različni uspešnosti teh dveh skupin lahko iščemo v 1) osebnostnih značilnostih tekačev v skupini 2) mogoče so se boski tekači bolj utrudili, ker so v treningu bolj pogosto stopili na sprednji oz. sprednji del 3) ali pa so bili bistveni pogoji treninga. Tek v minimalistični obutvi je bližje teku v klasični tekaški obutvi kot boski tek. Zato so minimalistični tekači mogoče lažje prenesli »novo« postavitev stopala v klasično tekaško obutev kot boski tekači.

Če opustimo pomisleke in upoštevamo dobljene rezultate je edini trening, ki je vplival na spremembo postavitve stopala v končnem delu, trening v minimalistični obutvi, ki je vseboval navodilo o spremembi postavitve stopala na podlago.

Za konec si pogledajmo še predloge za izboljšavo raziskave.

Zaključke raziskave bi lahko izboljšali, če bi merjencem po koncu raziskave razdelili **vprašalnike**. Na njihovi podlagi bi morda lahko izvedeli, zakaj ni prišlo do prenosa načina postavitve stopala na podlago v zaključni del.

V večini raziskav (Bonacci idr., 2013; Squadrone in Gallozi, 2009; McCallion, 2014; Hein in Grau, 2014), v katerih so preučevali načine postavitve stopala na podlago na boskih in minimalističnih tekačih, so poleg načina postavitve stopala gledali še **kinematiko teka**. Tudi, če niso ugotovili razlik v načinu postavitve stopala med obema pogojema teka, so ugotovili razlike v kinematiki. Za bolj natančne zaključke naše raziskave, bi morali tudi mi gledati kinematiko teka.

Verjetno bi bili rezultati meritev drugačni, če bi namesto mehke podlage (tartan) izbrali **trdo podlago** (asfalt/beton). Glede na ostale raziskave, bi lahko pričakovali bolj izrazito spremembo postavitve na srednji ali sprednji del stopala pri boskih tekačih, mogoče pa tudi pri minimalističnih tekačih. Če bi se to res zgodilo, bi lahko preverili hipotezi H5 in H7 (ki jih v naši raziskavi nismo uspeli preveriti) in bi tako potrdili ali zavrnil predvidevanja, da tekač, ki izkusi drugačno postavitev stopala na podlago (brez navodila, ampak mu telo samo priredi gib), to prepozna kot zanj bolj primerno in to postavitev stopala poskuša ohranjati v prihodnje ne glede na obutev. Za nadaljnje raziskave na to temo zato priporočamo izbiro trde in ne mehke podlage. Vendar naj spomnimo, da so imeli boski merjenci že na mehki podlagi lažje poškodbe stopal, kot so žulji, pordelost in odrgnine. Izbira podlaga mora biti takšna, da bomo čim manj obremenjevali merjence.

Dvomi se porajajo tudi o značilnostih vzorca, o izbrani hitrosti teka, določeni izkušnosti z bosim tekom, itd. Vendar sta Hain in Grau (2014) priporočila, da je treba za primerjavo teka v bosih in minimalističnih pogojih urediti naslednje kriterije:

- Določiti izkušnost z bosim tekom (da/ne). Naša raziskava: ne.
- Določiti »začeten« način postavitve stopala na podlago (RFS/MFS/FFS). Naša raziskava: tek na peto (RFS).
- Določiti hitrost teka (prilagojeno treniranosti tekačev in spolu). Naša raziskava: smo prilagodili.
- Določiti stopnjo treniranosti (rekreativni/profesionalni športniki). Naša raziskava: rekreativni športniki.
- Določiti trdoto podlage (podlaga mora biti pri bosem teku tako trda, kot pri minimalističnem teku). Naša podlaga je bila tartan, vendar so imeli minimalistični tekači obuto obutev z 1,8 cm debelim podplatom, kar pomeni, da so imeli mehkejšo podlago.

5. SKLEP

Tek naj bi imel ključno vlogo v zgodovini človeštva. Včasih so ljudje hodili in tekli bos, kasneje minimalno obuti, po 70. letih 20. stoletja pa se je obutev spreminjala v smer vse večjega udobja, z dvignjeno peto, blaženim podplatom, stranskimi oporami za nadzor gibanja stopala, itd.

Raziskave kažejo, da 75 do 95 % tekačev, ki tečejo v klasični tekaški obutvi, postavlja stopalo na podlago s peto. To ima za posledico velike sile reakcije podlage, kar naj bi bil eden izmed ključnih dejavnikov za razvoj preobremenitvenih tekaških poškodb. Poleg problematičnega teka na peto naj bi bila posledica uporabe klasične tekaške obutve še atrofija intrinzičnih mišic v stopalu in zmanjšanje senzoričnih občutkov v podplatu.

Ker naj bi se vsako leto poškodovalo od 20 do 80 % tekačev (van Gent idr., 2007) in se ta delež ne zmanjšuje, kljub vse bolj izpopolnjeni klasični tekaški obutvi, je v svetu vse bolj (natančneje od leta 2009, ko je izšla knjiga *Rojeni za tek*) popularen bos tek. Pri bosem teku, naj bi bilo manjše tveganje za poškodbe posledica povečanja moči intrinzičnih stopalnih mišic, boljših senzoričnih občutkih v stopalu in drugačna tehnika teka. Bosi tekači preko senzoričnih receptorjev lahko zaznajo škodljive dražljaje, ki delujejo na telo. Ob bolečem, neprijetnem dražljaju, ki se lahko zgodi pri postavitvi stopala na peto, tekači najprej refleksno, nato pa še zavestno spremenijo postavitev stopala na podlago, da bi se v naslednjih korakih izognili bolečini. Raziskave kažejo, da je za bose tekače tako značilna postavitev stopala na srednji in sprednji del. Tak način postavitve ima za posledico tudi nižje sile reakcije podlage in zato manjšo možnost za razvoj preobremenitvenih tekaških poškodb.

Kot alternativa bosemu teku se je leta 2004 pojavila novodobna minimalistična tekaška obutev. Ta naj bi združila koristnosti obutve, z zaščito stopala pred podlago, in bosega teka – obutev naj bi dovoljevala stopalu, da se obnaša, kot da bi bil bos in mu v čim večji meri omogočala sprejem senzoričnih informacij preko podplata. Zato je potrebna čim manjša teža obutve, čim tanjši, fleksibilen in raven podplat, brez ojačitvenih elementov ter širok sprednji del obuvala. Raziskave kažejo, da se minimalistični tekači največkrat razlikujejo v postavitvi stopala na podlago od bosih tekačev, kot tudi od tekačev, ki tečejo v klasični tekaški obutvi. Na trgu obstaja veliko različnih modelov minimalistične obutve, zato je treba vsak model testirati individualno, da bi lahko določili, v kakšni meri omogočajo propriocepcijo in kako vplivajo na postavitev stopala na podlago.

Proizvajalci minimalistične obutve dobro izkoriščajo trend bosega teka, vendar pri prodaji modelov minimalistične obutve največkrat ne opozarjajo, da je treba za manjše tveganje poškodb zavestno spremeniti tehniko postavitve stopala na podlago, iz pete na srednji ali sprednji del. To obutev največkrat promovirajo tako, da obljublajo, da se bo sprememba postavitve zgodila sama od sebe.

Cilj diplomskega dela je bil preveriti ali rekreativni tekači, ki običajno tečejo na peto spremenijo način postavitve stopala na podlago v enkratnem tekaškem treningu, kjer prvič tečejo bosi ali obuti v minimalistično obutev in ob tem ne prejmejo ali pa prejmejo navodilo kako teči. Zanimalo nas je, kateri način treninga je bolj uspešen za trenutno spremembo postavitve stopala na podlago in, če je navodilo »kako teči« pomembno za spremembo postavitve stopala na podlago. Cilj raziskave je bil tudi preveriti ali tekači spremenijo način postavitve stopala na podlago po končanem enkratnem tekaškem treningu (v katerem so spremenili način postavitve), ko ponovno tečejo v klasični tekaški obutvi.

V raziskavo smo vključili 39 rekreativnih športnikov (19 moških in 20 žensk), ki pred raziskavo niso imeli izkušenj z bosim in minimalističnim tekom ter smo jih naključno razdelili v štiri skupine: 1) bosi tek brez navodila kako teči, 2) bosi tek z navodilom, 3) minimalistični tek brez navodila, 4) minimalistični tek z navodilom. Meritve so potekale na notranji atletski stezi iz tartana in so bile razdeljene na tri dele. V začetnem in končnem delu meritve so merjenci tekli v lastni klasični tekaški obutvi in niso prejeli navodil, na kakšen način naj postavljajo stopalo na podlago, v vmesnem delu, t. i. treningu, pa so tekli v pogojih skupine, v katero so bili izžrebani. Tako so tekli, ali bosi ali v minimalistični obutvi proizvajalca Altra ter pri tem niso prejeli navodila »kako teči« ali pa so navodilo prejeli. Merjenci so tekli v standardizirani hitrosti 3,5 m/s. Gledali smo postavitev stopala na podlago v sagitalni ravnini. Način postavitve stopala na podlago smo določili po kriteriju Liebermana idr. (2010). Število korakov, ki smo jih gledali v posameznem delu meritve smo pretvorili v odstotke in nato analizirali podatke s pomočjo SPSS-a z neparametričnimi testi za odvisne vzorce.

V enkratnem tekaškem treningu so način postavitve stopala na podlago spremenili bosi tekači, ki niso prejeli navodila, kako teči, ter bosa in minimalistična skupina, ki sta prejeli to navodilo. Le minimalistični tekači, ki niso prejeli navodila, niso spremenili postavitve stopala na srednji ali sprednji del. Naši rezultati kažejo, da ni dovolj samo obuti minimalistično obutev in pričakovati, da se bo sprememba postavitve stopala na podlago

zgodila sama od sebe. Zato bi moral biti vsak kupec minimalistične obutve informiran o njenih značilnostih in prejeti »navodila za uporabo«.

O pomembnosti prejetega navodila za spremembo načina postavitve stopala na podlago smo se lahko prepričali pri bosih in minimalistični skupini, ki sta prejeli navodilo kako teči, in sta bistveno spremenili postavitev stopala iz pete na srednji ali sprednji del stopala. Ta rezultat je pričakovan, saj sta skupini poleg informacij iz senzoričnih receptorjev za oblikovanje gibanja lahko uporabili še informacije, ki sta jih prejeli od raziskovalcev pred začetkom teka in med tekom. Vendar smo ugotovili, da navodilo: »Teci na sprednji ali srednji del stopala«, ni zadoščalo za spremembo postavitve stopala pri petini merjencev. Tudi, če prejmemo navodilo o spremembi postavitve stopala na podlago, mora biti to dovolj kakovostno. Mi smo uporabili sintetični pristop, verjetno bi bilo bolje če bi izbrali analitičnega, da bi merjencem bolj postopno razložili zahtevano nalogo.

Tudi če tekač, ki se odloči za bosi tek ali za nakup minimalistične obutve, prejme informacijo, da naj teče na srednji ali sprednji del stopala, vidimo, da to ni nujno dovolj, da bo zares spremenil način postavitve stopala na podlago. Zato tekačem priporočamo trening tehnike teka, kjer bodo izvajali predvaje za tekaški korak, trener pa bo zagotovil še primerno postopnost vadbe.

Pri bosih skupini, ki ni prejela navodil, kako teči, smo glede na rezultate nekaterih raziskav pričakovali bolj izrazito spremembo v postavitvi stopala na podlago. Merjenci so statistično pomembno spremenili postavitev v primerjavi z začetnim stanjem, vendar je še vedno večina postavljala stopalo na peto. Glede na pogoje, v katerih so merjenci tekli (mehka podlaga, neizkušenost z bosim tekom, (nizka) hitrost teka), je rezultat, ki smo ga dobili, pričakovan.

Lahko zaključimo, da je za trenutno spremembo postavitve stopala na podlago pri rekreativnih tekačih:

- minimalističen tek brez navodila »kako teči« neučinkovit,
- bosih tek brez navodila »kako teči« je delno učinkovit,
- bosih in minimalističen tek, ki ju spremlja navodilo o spremembi postavitve stopala sta zelo učinkovita.

V drugem delu raziskave nas je zanimalo, ali se je sprememba postavitve stopala na podlago zgodila tudi, ko so merjenci ponovno tekli v lastni klasični tekaški obutvi (v kateri

so pred tem tekli preko pete), čeprav za to niso prejeli navodila. Merjenci bi v zadnjem delu spremenili postavitev, če bi se ta zgodila v treningu.

Pri skupinah, ki nista prejeli navodila, kako teči, bi spremembo lahko pričakovali, če bi tekači postavitev na srednji ali sprednji del prepoznali, kot za njih bolj primeren način postavitve stopala na podlago. Vendar ker v treningu ni bilo spremembe (minimalistični tekači) oz. je bila premalo številčna (bosi tekači), smo imeli premajhen vzorec, na podlagi katerega bi lahko potrdili ali zavrgli predvidevanja, da tekač, ki izkusi drugačno postavitev stopala na podlago (brez navodila, ampak mu telo samo priredi gib), to prepozna kot zanj bolj primerno in to postavitev stopala poskuša ohranjati v prihodnje, ne glede na obutev. Tudi če bi bil trening za obe skupini uspešen, v smislu spremembe postavitve stopala na podlago, bi težko pričakovali spremembo, ker tekači, ki običajno tečejo na peto verjetno nimajo dovolj močnih mišic, da bi jim bil tek preko srednjega ali sprednjega dela udoben.

V razpravi smo že omenili, da bi bilo zanimivo pogledati, kaj bi se zgodilo, če bi rekreativnim športnikom, ki tečejo na peto predhodno okrepili mišice meč in jim ponovno postavili enako nalogo.

Smo pa spremembo v postavitvi stopala na podlago v zadnjem delu meritve pričakovali za obe skupini, ki sta v treningu prejeli navodilo, kako teči, in informacije o koristnosti postavitve stopala na srednji ali sprednji del, vendar se je ta zgodila le pri minimalistični skupini in ne pri bosih. Možni razlogi, zakaj se sprememba ni zgodila oz. se je zgodila v manjši meri kot v treningu so: utrujenost tekačev, težave pri spremembi postavitve stopala na podlago v treningu, osebne značilnosti tekačev, dvignjena peta klasičnega tekaškega copata, nezainteresiranost za ta način postavitve stopala na podlago, itd.

Edini trening, ki je torej vplival na spremembo postavitve stopala v končnem delu, je bil trening v minimalistični obutvi, ki je vseboval navodilo o spremembi postavitve stopala na podlago.

Zaključke raziskave bi lahko izboljšali, če bi merjencem razdelili vprašalnike in, da bi poleg načina postavitve stopala na podlago, gledali še kinematiko teka. Če bi izbrali tršo tekaško podlago in, če bi pri posredovanju navodil, kako postavljati stopalo, namesto sintetičnega izbrali analitični pristop, pa bi mogoče lahko prišli celo do drugačnih rezultatov meritev.

Za konec naj opozorimo na sledeče. Čeprav se mogoče zdi, da v diplomskem delu spodbujamo k naglemu prehodu iz postavitve stopala na peto na postavitev stopala na

srednji ali sprednji del, temu ni tako. Ker tek preko sprednjega ali srednjega dela stopala bistveno drugače obremenjuje telo tekača kot tek preko pete, smo mnenja, da mora tekač, ki običajno teče na peto in se odloči spremeniti način postavitve stopala na podlago, to spremembo narediti postopoma, da se mišice, vezi in kosti prilagodijo novim zahtevam. Raziskave namreč kažejo (Giuliani idr., 2011; Ridge idr., 2013), da prehitel prehod (tudi deset-tedenski prehod) lahko povzroči različne poškodbe, kot so stresni zlom kosti v stopalu, edem kostnega mozga v stopalnih kosteh, poškodba Ahilove tetive, poškodbe mečnih mišic, itd.

6. VIRI

- Ahn, A. N., Brayton, C., Bhatia, T. in Martin, P. (2014). Muscle activity and kinematics of forefoot and rearfoot strike runners. *Journal of Sport and Health Science*, 3 (2014), 102-112.
- Altra Zero Drop The ONE Review. (28.3.2014). Pridobljeno 7.10.2014, iz <http://minimalistrunningshoes.org/altra-drop-review>.
- Bennett, M.R., Harris, J. W. K., Richmond, B. G., Braun, D. R., Mbua, E., Kiura, P. idr. (2009). Early hominin foot morphology based on 1.5-million-year-old footprints from Ileret, Kenya. *Science*, 323 (5918), 1197-1201.
- Bodemer, J. (2009). *Tek: vitki in zdravi s pravilnim treningom*. Tržič, Učila International.
- Bonacci, J., Saunders, P. U., Hicks, A., Rantalainen, T., Vicenzino, B. T. in Spratford, W. (2013). Running in a minimalist and lightweight shoe is not the same as running barefoot: a biomechanical study. *British Journal of Sports Medicine*, 47 (6), 387-392.
- Bramble, D. M. in Lieberman, D. E. (2004). Endurance running and the Evolution of Homo. *Nature*, 432, 345-352.
- Brooke, J. D. in Zehr, E. P. (2006). Limits to fast-conducting somatosensory feedback in movement control. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 34, 22-28.
- Calais-Germain, B. (2007). *Anatomija gibanja: uvod v analizo telesnih tehnik*. Ljubljana: Zavod EMANAT – zavod za afirmacijo in razvoj umetnosti plesa.
- Cavanagh, P.R. in LaFortune, M.A. (1980). Ground reaction forces in distance running. *Journal of Biomechanics*, 13, 397-406.
- Christopher McDougall (2012). *Rojeni za tek: skrito pleme, ultratekači in največja tekma, ki je svet ni videl*. Ljubljana: Sanje.
- D'Août, K., Pataky, T. C., De Clercq, D. in Aerts, P. (2009) The effects of habitual footwear use: foot shape and function in native barefoot walkers. *Footwear Science*, 1 (2), 81-94.

- Daoud, A. I., Geissler, G. J., Wang, F., Saretsky, J., Daoud, Y. A., Lieberman, D. E. (2012). Foot Strike and Injury Rates in Endurance Runners: A Retrospective Study. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 44 (7), 1325-1334.
- De Almeida, M. O., Saragiotto, B. T., Yamato, T.P., Lopes, A. D. (2014). Is the rearfoot pattern the most frequently foot strike pattern among recreational shod distance runners? *Physical therapy in sport*, Pridobljeno 25. 9. 2014 iz: [http://www.physicaltherapyinsport.com/article/S1466-853X\(14\)00009-1/fulltext](http://www.physicaltherapyinsport.com/article/S1466-853X(14)00009-1/fulltext)
- De Wit, B., De Clercq, D. in Aerts, P. (2000). Biomechanical analysis of the stance phase during barefoot and shod running. *Journal of Biomechanics*, 33 (2000), 269-278.
- Divert, C., Mornieux, G., Baur, H., Mayer, F. in Belli, A. (2005). Mechanical Comparison of Barefoot and Shod Running. *International Journal of Sports Medicine*, 26 (7), 593-598.
- Enoka, R. M. (2008). *Neuromechanics of human movement*. Champaign: Human Kinetics.
- Giuliani, J., Masini, B., Alitz, C., Owens, B. D. (2011). Barefoot-simulating Footwear Associated With Metatarsal Stress Injury in 2 Runners. *Orthopedics*, 34 (7), 320-323.
- Goss, D. L. in Gross, M. T. (2012). Relationships among self-reported shoe type, footstrike pattern, and injury incidence. *The United States Army Medical Department Journal*, 2012 (oct-dec), 25-30.
- Gruber, A. H., Freedman Silvernail, J., Brueggemann, P., Rohr, E., Hamill, J. (2013). Footfall patterns during barefoot running on harder and softer surfaces. *Footwear Science*, 5 (1), 39-44.
- Hamil, J., Russell, E. M., Gruber, A. H. in Miller, R. (2011). Impact characteristics in shod and barefoot running. *Footwear Science*, 3 (1), 33-40.
- Hasegawa, H., Yamauchi, T., Kraemer, W. J. (2007). Foot strike patterns of runners at the 15-km point during an elite-level half marathon. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 21 (3), 888-893.

- Hatala, K. G., Dingwall, H. L., Wunderlich, R. E. in Richmond, B. G. (2013). Variation in Foot Strike Patterns during Running among Habitually Barefoot Populations. *PLoS ONE*, 8 (1).
- Hein, T. in Grau, S. (2014). Can minimal running shoes imitate barefoot heel-toe running patterns? A comparison of lower leg kinematics. *Journal of Sport and Health Science*, 3(2014), 67-73.
- Herzog W. (1978). *The influence of velocity and playing surfaces on the load on the human body in running*. Zurich, Switzerland: ETH Zurich (neobjavljeno delo).
- Jenkins, D. W. in Cauthon, D. J. (2011). Barefoot running claims and controversies: a review of the literature. *Journal of the american podiatric medical association*, 101 (3), 231-46.
- Kasmer, M. E., Liu, X. C., Roberts, K. G. in Valadao, J. M. (2013). Foot-strike pattern and performance in a marathon. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 8 (3), 286-292.
- Keller, T.S., Weisberger, A.M., Ray, J.L., Hasan, S.S., Shiavi, R.G., Spengler, D.M. (1996). Relationship between vertical ground reaction force and speed during walking, slow jogging and running. *Clinical Biomechanics*, 11 (5), 253-259.
- Ker, R., Bennett, M., Bibby, S., Kester, R. in Alexander, R. (1987). The spring in the arch of the human foot. *Nature*, 325 (8), 147-149.
- Kosi, M. (2000). *Spoznajmo svoje noge: Diabetično stopalo*. Ljubljana: Zaloker & Zaloker .
- Kovač, M. (2006). *Didaktika športne vzgoje: predavanja 3. letnik*. Neobjavljeno delo.
- Kovač, M. in Jurak, G. (2012). *Izpeljava športne vzgoje: didaktični pojavi, športni programi in učno okolje*. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport.
- Kuttruff, J. T., DeHart, S. G., O'Brien, M. J. 7500 years of prehistoric footwear from an old research cave. (1998). *Science*, 281 (5373), 72-75.

- Larson P. (2014). Comparison of foot strike patterns of barefoot and minimally shod runners in a recreational road race. *Journal of Sport and Health Science*, 3 (2014), 137-142.
- Larson,P., Higgins, E., Kaminski, J., Decker, T., Preble, J., Lyons, D. idr. (2011). Foot strike patterns of recreational and sub-elite runners in a long-distance road race. *Journal of Sports Sciences*, 29 (15), 1665-1673.
- Lieberman, D. E. (2014). Strike type variation among Tarahumara Indians in minimal sandals versus conventional running shoes. *Journal of Sport and Health Science*, 3 (2014), 86-94.
- Lieberman, D. E., Venkadesan, M., Daoud, A. I., Werbel, W. A. (2014). Pridobljeno 28. 09. 2014, iz <http://www.barefootrunning.fas.harvard.edu/index.html>.
- Lieberman, D. E., Venkadesan, M., Werbel, W. A., Daoud, A. I., D'Andrea, S., Davis, I. S. idr. (2010). Foot strike patterns and collision forces in habitually barefoot versus shod runners. *Nature*, 463 (28), 531-535.
- Logan, S., Hunter, I., Hopkins, J. T., Feland, J.B., Parcell, A. C. (2010). Ground reaction force differences between running shoes, racing flats, and distance spikes in runners. *Journal of Sport Science and Medicine*, 2010 (9), 147-153.
- Lutter, M. D., Mizel, M. S. in Pfeffer, G. B. (1994). *Foot and ankle*. American Academy of Orthopedic Surgeons.
- Magill, R. A. (2011). *Motor learning and control: Concepts and applications*. New York: McGraw-Hill.
- Mann, R., Moran, G., Dougherty, S. (1986). Comparative EMG of the lower extremity in jogging, running and sprinting. *The American Journal of Sports Medicine*, 14, 6.
- McCallion, C., Donne, B., Fleming, N. in Blanksby, B. (2014). Acute Differences in Foot Strike and Spatiotemporal Variables for Shod, Barefoot or Minimalist Male Runners. *Journal of Sport Science and Medicine*, 13 (2), 280-286.

- McPoil, T. G. (2000). Athletic footwear: design, performance and selection issues. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 3 (3), 260-267.
- Milner, C. E., Ferber, R., Pollard, C. D., Hamill, J., Davis, I. S. (2006). Biomechanical factors associated with tibial stress fracture in female runners. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 38 (2), 323-328.
- Nigg, B. M. (1997). Impact forces in running. *Current Opinion in Orthopaedics*, 8 (6), 43-47.
- Nigg, B. M. (2009). Biomechanical considerations on barefoot movement and barefoot shoe concepts. *Footwear science*, 1 (2), 73-79.
- Nigg, B.M. (2010). *Biomechanics of sports shoes*. Calgary: University of Calgary.
- Nike free (2014). Wikipedia The Free Encyclopedia Pridobljeno 7. 10. 2014, iz http://en.wikipedia.org/wiki/Nike_Free.
- Nikefreesalefr. 2014. Pridobljeno, 7. 10. 2014, iz http://www.nikefreesalefr.com/KQdc0051-Nike-Free-Run-5-0-Homme-Running-Chaussures-Royal-Volt_p-61298.html.
- Perl, D. P., Daoud, A. I., Lieberman, D. E. (2012). Effect of Footwear and Strike type on Running Economy. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 44 (7), 1335-1343.
- Rao, U. B. in Joseph, B. (1992). The influence of footwear on the prevalence of flat foot. A survey of 2300 children. *The Journal of bone and joint surgery British volume*, 74, 525-527.
- Ridge, S. T., Johnson, A. W., Mitchell, U. H., Hunter, I., Robinson, E., Rich, B. S. idr. (2013). Foot bone marrow edema after a 10-wk transition to minimalist running shoes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 45 (7), 1363-1368.
- Rixe, J. A., Gallo, R. A. in Silvis M. L. (2012). The barefoot debate: can minimalist shoes reduce running-related injuries? *Current Sports Medicine Reports*, 11 (3), 160-165.
- Robbins, S. E., Gouw, G. J. (1990). Athletic footwear and chronic overloading: a brief review. *Sports Medicine*, 9 (2), 76-85.

- Robbins, S. E. in Gouw, G. J. (1991). Athletic footwear: unsafe due to perceptual illusions. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 23 (2), 217-224.
- Robbins, S. E. in Hanna, A. (1987). Running-related injury prevention through barefoot adaptations. *Medicine and science in sports and exercise*, 19 (2), 148-156.
- Saxby, L. (2011). *Proprioception: making sense of barefoot running*. Terra Plana International.
- Sekcija za terminološke slovarje. (2014). *Terminološki kandidat: minimalistični tek, bosí tek*. Neobjavljeno delo.
- Schmidt, R. A. in Lee, T. D. (1999). *Motor Control and Learning: a behavioral emphasis*. Champaign: Human Kinetics.
- Spoznajmo svoje noge – Diabetično stopalo (1.del). (2014). Pridobljeno 10. 10. 2014, iz <http://www.zaloker-zaloker.si/sl/sladkorna-bolezen/zanimivosti-in-nasveti/spoznajmo-svoje-noge-diabeticno-stopalo-i-del/>
- Stewart, S. (1972). Footgear: Its history, uses and abuses. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 88, 119-130.
- Squadrone, R. in Gallozi C. (2009). Biomechanical and physiological comparison of barefoot and two shod conditions in experienced barefoot runners. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 49 (1), 6-13.
- Squadrone, R. in Gallozzi, C. (2011). Effect of a five-toed minimal protection shoe on static and dynamic ankle position sense. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 51 (3), 401-8.
- Škof, B. (2001). Kinematično-dinamični in anatomsko-fiziološki model teka. V M. Čoh (ur.), *Biomehanika atletike* (str.145-164). Ljubljana: Fakulteta za šport.
- Škof, B., Šarabon, N., Bačanac, L., Kalan, G., Cecić Erpič, S., Žvan, B. idr. (2007). *Šport po meri otrok in mladostnikov*. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport, Inštitut za šport.

Štiblar Martinčič, D., Cvetko, E., Cör, A., Marš, T. in Finderle, Ž. (2012). *Anatomija, histologija in fiziologija*. Ljubljana: Medicinska fakulteta.

Štrucl, M. (1999). *Fiziologija živčevja*. Ljubljana: Medicinski razgledi.

The History of Running Shoes (2014). Pridobljeno 1. 10. 2014, iz <http://www.ransacker.co.uk/home/about-us/manufacturers/the-history-of-running-shoes/>

Tomažič, T. in Brodnik, T. (2006). Funkcionalna anatomija in klinični pregled gležnja in stopala. V *II. Mariborsko ortopedsko srečanje: Gleženj in stopalo v ortopediji, zbornik predavanj* (str. 9-34). Maribor: Splošna bolnišnica Maribor.

Tomić, A. (1997). *Izbrana poglavja iz didaktike*. Ljubljana: Center FF za pedagoško izobraževanje.

Trinkaus, E. (2005). Anatomical evidence for the antiquity of human footwear use. *Journal of Archaeological Science*, 32, 1515-1526.

Van Gent, R. N., Siem, D., van Middelkoop, M., van Os, A. G., Bierma-Zeinstra, S. M. A., Koes, B. W. (2007). Incidence and determinants of lower extremity running injuries in long distance runners: a systematic review. *British Journal of Sports Medicine*, 41, 469-480.

Vibram FiveFingers. (2014). Pridobljeno 7. 10. 2014, iz <http://www.vibramfivefingers.it/storia.aspx>.

Vibram FiveFingers. (2014). Pridobljeno 7. 10. 2014, iz http://www.vibramfivefingers.it/product_details.aspx?model=BIKILA%20LS.

Vivobarefoot – a brief history (2014). Pridobljeno 7. 10. 2014, iz <http://www.vivobarefoot.com/us/discover/our-story/history>.

Williams, D. S. B., Green, D. H., Wurzinger, B. (2012). Changes in lower extremity movement and power absorption during forefoot striking and barefoot running. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 7 (5), 525-532.

Williams, D. S., McClay, I. S. in Manal, K. T. 2000). Lower extremity mechanics in runners with a converted forefoot strike pattern. *Journal of applied biomechanics*, 16, 210-218.

Why Altra. (2014). Pridobljeno 7. 10. 2014, iz

<http://www.altrarunning.com/webapp/wcs/stores/servlet/CompanyView?langId=-1&storeId=15151&catalogId=18952>.