

TARTU ÜLIKOOL

Sporditeaduste ja füsioteraapia instituut

**Maali Pruul**

**Väsimusmurdude preventatsioon maratonijooksjatel**

**Prevention of fatigue fractures in marathon runners**

**Bakalaureusetöö**

Füsioteraapia õppekava

Juhendaja Janno Jürgenson MSc

Tartu 2017

## SISUKORD

KASUTATUD LÜHENDID .....	4
SISSEJUHATUS .....	5
KIRJANDUSE ÜLEVAADE.....	6
1 VÄSIMUSMURRU PATOFÜSIOLOOGIA .....	6
1.1 Väsimusmuru olemus .....	6
1.2 Väsimusmuru tekkemehhanism .....	6
1.3 Pikamaajooksjate enim vigastatud piirkond.....	7
2 DIAGNOOSIMINE .....	8
2.1 Sümptomid .....	8
2.2 Diagnoosimisprotsess .....	9
3 RAVIMEETODID .....	11
4 RISKIFAKTORID .....	12
4.1 Vale treeningkoormus .....	12
4.2 Jooksutehnika .....	12
4.3 Jooksujalanõud .....	13
4.4 Pinnas .....	14
4.5 Sugu .....	14
4.6 Vanus ja kogemus.....	15
5 PREVENTSIOON .....	16
5.1 Testimine.....	16
5.2 Venitamine .....	17

KOKKUVÕTE .....	18
KASUTATUD KIRJANDUS .....	19
SUMMARY .....	26
AUTORI LIHTLITSENTS TÖÖ AVALDAMISEKS .....	27

## **KASUTATUD LÜHENDID**

ACM – *Acute : Chronic workload monitoring* (akuutse koormuse monitooring)

KT – kompuutertomograafia

MRT – magnetresonantstomograafia

## SISSEJUHATUS

Jooksmine on üks levinumaid tervisespordi alasid ja osalejate arvu kasv rahvaspordi üritustel näitab selle jätkuvat populaarsuse kasvu. Võib-olla on põhjus selles, et joosta saab kõikjal, jooksmine ei vaja kallist lisavarustust ning jooksmine on väga tõhus rasvapõletuseks ja südame tugevdamiseks. Samas on jooksmine ka üks enim ülekoormusvigastusi põhjustav spordiala (Hreljac, 2004; Van Gent et al., 2007). Iga-aastaselt teatavad vigastuste tekkimisest umbes pooled jooksjatest ja enamik vigastusi tuleneb ülekoormusest (van Gent et al., 2007; Fields et al., 2010).

Ülekoormusvigastused tekivad, kui tugiliikumisaparaadile mõjuv pidev koormus ületab sportlase individuaalse taastumise piiri. Üheks ülekoormusvigastuste liigiks on väsimusmurrud. Jooksupordis moodustavad väsimusmurrud ligi 10-31% kõikidest vigastustest. Väsimusmurd võib esineda igas luus, aga 95%-l esineb see alajäsemetes (Spitz & Newberg, 2002; Kiuru et al., 2005). Kahjuks on siiani puudulik ühene strateegia alajäsemete väsimusmurdude ennetamiseks, mida kinnitab ka Cochrane kokkuvõttev süstemaatiline uuring (Gillespie & Grant, 2000; Rome et al., 2005).

Käesoleva töö eesmärk on uurida, millised on levinuimad riskifaktorid väsimusmurdude tekkimiseks ning kas ja kuidas on võimalik väsimusmurdude tekkimist ennetada maratonijooksjatel. Kuna töö autor tunneb isiklikku huvi lühi- ja pikamaajooksu vastu, aga on rohkem tegelenud pikamaajooksuga, siis keskendub töö peamiselt väsimusmurdude ennetamisele maratonijooksjate näidetel.

Märksõnad: väsimusmurd, preventatsioon, maraton

*Keywords: fatigue fracture, prevention, marathon*

## KIRJANDUSE ÜLEVAADE

### 1 VÄSIMUSMURRU PATOFÜSIOLOOGIA

#### 1.1 Väsimusmurrude olemus

Luumurd ehk luu terviklikkuse katkemine tekib, kui luule rakendatav jõud ületab selle tugevuse. Luu võib murduda nii otsese kui kaudse trauma puhul (Eesti Traumatoloogide-ortopeedide Selts & Eesti AO ALUMNI Selts, 2010). Ülekoormusmurd kuulub kaudse mehhanismiga luumurdude alla ja on levinud ülekoormusvigastus vastupidavusalade sportlastel. Ülekoormusmurd jaguneb väsimusmurruks ja nõrgenenud luus tekkinud murruks (Evans, 1961).

Väsimusmurd kujuneb normaalses luus, kui luule mõjub pidev üleliigne mehaaniline koormus. Luus tekkinud mikrotraumad kuhjuvad ning selle tagajärjel ei suuda luu enam pidevast koormusest taastuda ja tekivad fissuurid (Evans, 1961; Wilder & Sethi, 2004; Medicine, 2017). Seda võivad põhjustada mitmed tegurid: loomuomased (sugu, vanus), välised (treeningkoormus, jalanõud, treeningtingimused ja spordiala), biomehaanilised (luude mineraalne koostis, luu ehitus) ja anatoomilised (jalalaba ehitus, jalgade võrdne pikkus, põlvede teljelisus) (Pećina & Bojanić, 2003; Pepper et al., 2006).

Nõrgenenud luus kujuneb murd (inglise keeles „*insufficiency fracture*“) normaalse või normaalsest nõrgema koormuse tagajärjel ja selle põhjused on enamasti hormonaalsed ja/või toitumisalased (nt hilinevad menstruatsioon, madal kaltsiumi- ja D-vitamiini tase, söömishäired, naissportlaste triaad – söömishäire, amenorröa, osteoporoos (Pećina & Bojanić, 2003; Pepper et al., 2006).

#### 1.2 Väsimusmurrude tekkemehhanism

Wolffi seaduse kohaselt võivad korduvad mikrotraumad soodustada luu remodelleerumist, kuid kui mikrotraumadevaheline aeg jääb liiga lühikeseks ja uued luurakud ei ole piisavalt luustunud enne järgnevat koormust, võib tagajärjeks olla fissuur (Chen et al.,

2010). Perioodi, kus luu on juba kuhjunud fissuuridest nõrgestatud, aga kortikaalset murrujoont ei ole veel välja kujunenud, nimetatakse stressi reaktsiooniks (Fredericson et al., 2006). Selles järgus ei ole vigastus röntgenuuringus nähtav ja on diagnoositav ainult magnetresonantstomograafia (MRT) või kompuutertomograafia (KT) uuringuga (Miller et al., 2003). Kui vigastus süveneb (nt sportlane jätkab valust hoolimata treenimist), kujuneb lõpuks välja ka röntgenuuringuga nähtav kortikaalne murrujoon (Pećina & Bojanić, 2003; Shaffer & Uhl, 2006).

### **1.3 Pikamaajooksjate enim vigastatud piirkond**

Pikamaajooksjatel esineb koormusmurde enim sääreluus (*os tibia's*), seejärel viiendas metatarsaalluu põhimikus ning lodiluu (*os naviculare's*) (Iwamoto & Takeda, 2003; Liimatainen et al., 2009). Erinevate andmete põhjal kõigub sääreluu väsimusmurdude esinemissagedus 20-75% vahel jooksjatel esinevatest väsimusmurdude koguarvust (Grimston et al., 1991; Milner et al., 2006).

## 2 DIAGNOOSIMINE

Traditsioonilise luumurru diagnoosimine on lihtne, sest see on enamasti röntgenuuris nähtav. Väsimusmurru diagnoosimine on keerulisem. Esmaste staadiumite diagnoos põhineb peamiselt üksikasjalikul anamneesil (ilma kliinilise leiuta), sest röntgenuuris võib näha olla alles paranemise esimene faas, kus on moodustunud juba esimesed uued luurakud, mitte murd ise (Devas, 1975). Kuna esineb sarnaste tunnuste ja avaldustega patoloogiaid (plantaarfastsiid, nikastused, venitused jms), siis on täpse diagnoosi panemiseks vajalik teha MRT või KT uuring, mis võimaldavad tuvastada ka väsimusmurru esimesed staadiumid (Lin & Lane, 2003). Täpne diagnoos on vajalik sobiliku raviplaani koostamiseks, sest isegi kui periostiidi ja väsimusmurru sümptomid sarnanevad, on ravi erinev. Väsimusmurruga sportlane peab hoiduma paranemisprotsessis jooksmisest, kuid periostiidiga sportlane võib vähendatud koormusega edasi treenida (Craig DI, 2008).

### 2.1 Sümptomid

Hiline arsti poole pöördumine on põhjustatud enamasti sellest, et väsimusmurru esimestes staadiumites puuduvad tüüpilised luumurru tunnused. Nt sääreлуу väsimusmurruga inimene saab liigutada nii jalalaba kui ka varbaid, sest lihaste ja närvide töö ei ole murru tõttu piiratud. Liigutus võib olla valulik, aga kindlasti teostatav. Samuti on võimalik vigastuse algstaadiumis väsimusmurruga jalal kõndida. Vigastatud jalal ei esine ilmingimata ka laiaulatuslikku turset ega hematoomi. Turse võib esineda, aga see on enamasti väike ja lokaalne (Lin & Lane, 2003; Craig DI, 2008; The American College of Foot & Ankle Orthopedics & Medicine, 2017).

Esmane ja peamine kaebus on hiiliv valu, mis ilmneb pikaajalisel jäseme koormamisel (nt jooksmisel) konkreetses piirkonnas ilma eelneva traumata (Pećina & Bojanić, 2003; Shaffer & Uhl, 2006). Väsimusmurru põhjustatud valu/ebamugavustunne on tuntav pigem „sügaval jala sees” kui nahapinnal (The American College of Foot & Ankle Orthopedics, 2017). Vigastuse suurenemisel valu intensiivistub ja hakkab esinema ka puhkeolekus. Tekivad turse ja palpatoorne valulikkus ning võib esineda ka lonkamist (Devas, 1975). Selles staadiumis pöörduetakse enamasti arsti poole.



## 2.2 Diagnoosimisprotsess

Arst uurib lisaks palpeerimisele ja visuaalsele hindamisele põhjalikult ka sportlase tausta. Anamnees peab sisaldama endas patsiendi sportliku tausta uurimist, varasemaid traumasid ja nende ravi, seda, millal sümptomid (enamasti valu) algasid, sümptomite iseloomu ning kas hiljuti on märgatavalt suurendatud treeningute mahtu/raskusi või muudetud treeningu tingimusi (nt pinnasevahetus) (The American College of Foot & Ankle Orthopedics, 2017). Mida ausamalt sportlane vastab, seda adekvaatsema raviplaani saab koostada ja vajadusel lisauuringutele saata.

Röntgen ei ole lisauuringuks parim valik, sest murd võib olla röntgenpildis näha alles 2-3 nädalat pärast esmase valu tekkimist ehk siis, kui uue luu moodustamine algab (Berger et al., 2007). Täpsem uurimisvahend, mis näitab kohe ära ka väsimusmuru algstaadiumi, on MRT, kuid selle kalli hinna ja pikkade järjekordade tõttu ei ole see kõigile kättesaadav (Sofka, 2006).

KT on hea lahendus juhul, kui MRT mingil põhjusel ei sobi (klaustrofoobia, lülisamba piirkonna vigastus, stimulaatoritega patsiendid) või kui murd on MRT-ga diagnoositud, aga soovitakse täpsemat pilti (Berger et al., 2007).

Kui pole võimalik sportlast lisauuringutele saata (nt finantsilised põhjused, pikk ootejärjekord), saab alternatiivina kasutada ka kolme testi:

- 1) Ühel jalal peal hüppamise test (*The hop test*) - patsient hüppab sümptomaatilisel jalal ja koormusmuru korral peaks selle tegevuse tagajärjel tekkima murru piirkonda terav valu (Matheson et al., 1987)
- 2) Helihargi test (*Tuning Fork Test*) – 128 Hz helihark pannakse vibreerima ja asetatakse luumurrukahtlusega piirkonnale. Kui sportlane tunneb lokaliseeritud piirkonnas valu, on suur tõenäosus, et seal esineb murd või fissuur. Testi tundlikkus on ligikaudu 79% ja täpsus 63%. Test leidis 67 murrust üles 53 (Fatima et al., 2012). Test on kergesti ega vaja kalleid lisavahendeid. Kui lisati juurde ka stetoskoop, paranes testi tulemuse

täpsus veelgi. Stetoskoop tuleb asetada luu teisele otsale ja kui 128 Hz helihargi sagedus nõrgeneb, on suur tõenäosus murruks (Moore, 2009)

3) Ottawa hüppeliigese reeglid (*Ottawa ankle rules*) – edasi suunamine edasistele uuringutele on vajalik juhul, kui esineb valu jala peksete (*malleolus*) piirkonnas ja lisaks vähemalt üks järgmistest tunnustest (Physiopedia, 2010):

- a. Luutundlikkus sääreluu alumisel (6 cm ulatuses) välimisel tagumisel osal või keskmise pekse tipul.
- b. Luutundlikkus pindluu alumisel (6 cm ulatuses) välimisel tagumisel osal või külgmise pekse tipul
- c. Luutundlikkus viienda metatarsaalluu põhimikul
- d. Luutundlikkus lodiluul (*os navicular*'l)
- e. Suutmatus kanda keharaskust jalale

### 3 RAVIMEETODID

Väsimusmurd ei ole tõsine ega pikalt paranev vigastus, kui seda varajases staadiumis ravida. Jättes aga vigastuse korrektselt ravimata, võib see valesti paranedes elu lõpuni valu ja probleeme põhjustada. Lisaks suurendab eelneva väsimusmuru, eriti korrektselt välja ravimata murru, olemasolu märgatavalt uue vigastuse tekke riski (Wen DY, 2007; Fields et al., 2010; Wright et al., 2015).

Vigastuse ravi sõltub sellest, mis staadiumis murd avastatakse. Varakult (1.-3. staadiumis) avastatud murru ravi võib piirduda treeningkoormuse vähendamise või 2-3 nädalase pausi tegemisega. Viimases staadiumis (4. staadium), kus on juba tekkinud murd, võib raviplaani ette näha ka kipslahase kandmist ja paranemine kestab kauem. Luumurd paraneb 6-8 nädalat (The American College of Foot & Ankle Orthopedics, 2017) ja pärast seda võib sporti naasta, kuid tuleb jälgida, et koormused oleksid väiksed (Pećina & Bojanić, 2003). Optimaalseks treenigmahu tõstmiseks on 5-10% nädalas, sest siis on oht vigastusele alla 10%. Kasvatades mahtu rohkem kui 10%, on vigastuse tekke risk 21-49% (Craig DI, 2008). Korduva valu esinemine nõuab koormuse vähendamist kaheks nädalaks (Pećina & Bojanić, 2003). Tasub meeles pidada, et isegi kui sobiliku ravi korral hakkab murd kiiresti paranema ja valu vähenema, ei tohi liiga kiiresti sportimise juurde naasta, sest seni, kuni esineb väiksemgi valu, on luu ikkagi veel habras. Liiga vara suurte koormuste juurde naasmine lõppeb tõenäoliselt sama piirkonna murruga (The American College of Foot & Ankle Orthopedics, 2017).

## **4 RISKIFAKTORID**

### **4.1 Vale treeningkoormus**

Bennel, Matheson, Meeuwisse & Brukner (1999) väidavad, et kõik ülekoormusvigastused on vale treeningkoormuse tagajärg, sest püsiva vigastuseni viib järjepidev läbi valu edasi treenimine. Kliinilised uuringud nii absoluutseid väiteid ei toeta, aga kinnitavad, et 60-72% väsimusmurde tekkib tõesti vale treeningülesehituse tagajärjel. Enim on mainitud liiga järsku distantsi või intensiivsuse tõstmist (Hreljack & Ferber, 2006 ; Van Gent et al., 2007; Fields et al., 2010). Seda põhjusel, et kui distants suureneb, suureneb ka sammude arv ja iga sammuga lisandub koormus/põrutus. Intensiivsust tõstes kasvab töötavates lihastes jõud ja jõumoment ning lihas väsib kiiremini. Selle tõttu tuleks distantsi tõstes langetada intensiivsust või vastupidi intensiivsuse kasvades vähendada distantsi (Fields et al., 2010).

On leitud ka, et treeningmahud üle 65 km nädalas suurendavad märgatavalt vigastuste riski (Van Gent et al., 2007; Fields et al., 2010). Maratonlastel on aga treeningmahud keskmiselt 120-180 km nädalas ja mahunädalatel lausa 213 km (Billat et al, 2003; Stellingwerff, 2012).

### **4.2 Jooksutehnika**

Jooksusamm koosneb äratõukefaasist, lennufaasist, maandumisfaasist ja hoofaasist. Pärast äratõuget algavas lennufaasis muutub äsjane tõukejalg hoojalaks ja vastupidi (Lemberg, 2014). Hetkel on kasutusel kolm erinevat maandumistehnikaga jooksustiili: üle kannal, üle kesktalla ja üle päka jooksmine. Üle kesktalla jooksjatel maandub jalg päkale-tallale. Maapinda puudutab ennekõike tallal eesmine osa, seejärel laskutakse kogu tallale. Üle päka jooksjatel ei puutu kand kordagi vastu maad ning säärelihased ei saa lõtvuda. Tulemuseks võib olla säärelihaste ülekoormus. Joostes aga ainult üle kannal, põrutatakse põlve- ja puusaliigeseid, lülisammast ning ka siseelundeid, mille tulemuseks võivad olla mitmesugused vigastused (Zadpoor & Nikooyan, 2011; Lemberg, 2014). Mitmed uuringud on proovinud leida, milline neist kolmest oleks ainuõige vähendamaks ka koormusmurde

tekkimist, kuid ka selles valdkonnas jäävad spetsialistid erinevatele arvamustele. Ainus, milles ollakse ühel meelel, on see, et mida suurem on sammusagedus, seda väiksem on pinnasega kokkupuutel sportlasele mõjuv jõud, mis vähendab vigastuste ohtu (Willems et al., 2007; Heiderscheit et al., 2011; van der Worp et al., 2016).

Harrastajate hulgas on levinuim maandumismuster üle kanna jookmine (93,67%), kuid tippmaratonlaste hulgas on selle mustri eelistajate osakaal väiksem (74,9-80%) (Hasewaga et al., 2007). Analüüsidest erinevaid maratonlasi, leiti, et üle kesktalla jooksmine on kolmest stiilist kõige kiirem. Seda kinnitas fakt, et enamik kiirematest maratonlastest jooksid üle kesktalla (Hasewaga et al., 2007; Kasmer et al., 2013). Jooksukiirus tulenes eelkõige sammusagedusest (Lemberg, 2014) ja üle kesktalla jooksjatel oli samm kõige tihedam. Eliitsportlaste sammusagedus ulatub 170-195 sammuni minutis ja harrastajatel 150-160 sammuni (Daniels JT, 2005; Heiderscheit et al., 2011). Samas pole nendes uuringutes sportlastelt küsitud, kas nad on valinud üle kesktalla jooksmise vigastuste ennetamise eesmärgil või on peamine eesmärk jooksutulemuse parandamine.

### 4.3 Jooksujalanõud

Jooksujalanõude ja sisetaldade peamiseks eesmärgiks peetakse pinnasega kokkupuutel tekkiva kokkupuutejõu vähendamist ning jalalabas ja hüppeliigeses toimuvate liigutuste parema kontrolli tagamist. Sellest tulenevalt valitakse ka materjalid, toetus ja tegumood. 1970ndatel tulid müügile pehmemdusega jooksujalanõud ja hakkas kasvama ka pikamaajooksu populaarsus (Lehman, 1984). Samas pole uuringud leidnud seost pehmemduste ja väsimusmurdude vähenemise vahel (Johnston et al., 2003).

Viimase kümnendi trend on liikunud tagasi minimalistlike jooksujalanõude või lausa paljajalu jooksmise suunas. Paljajalu jooksjatel on täheldatud sammupikkuse vähenemist; sammu sageduse suurenemist; põlve, puusa ja hüppeliigese ebastabiilsuse vähenemist ning suurema plantaarfleksiooniga maandumist. Selle tulemusena on nende plantaarfleksorid (kaksiksääremarjalihhas ehk *m. Gastrocnemius* ja lestlihhas ehk *m. Soleus*) tugevamad ja maaga kokkupuutel tekkiv põrutusjõud väiksem. *Vibram Five Fingers*'ga (minimalistlikud õhukese tallaga jalanõud, mis oma struktuurilt meenutavad varvassokke) jooksmine sarnaneb suuresti

paljajalu jooksmisega, ainult sportlase jalad on mehaaniliste tegurite eest (maapinna hõõrdumine, teravad esmed jne) mõnevõrra rohkem kaitstud (Squadrone & Gallozzi, 2009).

Samas puuduvad ka otsesed tõendid selle kohta, et paljajalu jooksmine ennetaks vigastusi rohkem kui pehmenemise ja jalanõude (Vormittag et al., 2009; Liebermann et al., 2010; Jenkins & Cauthon, 2011; Tam et al., 2014). Seetõttu on otstarbekas soovitada sportlasel valida jalanõu, mis tundub talle jalas kõige mugavam (Johnston et al., 2003; Richards et al., 2009) ja kui juba on leitud mudel/stiil, mis pikemaajalises kasutamises pole probleeme tekitanud, tasub valida edaspidigi sama disainiga jalanõu. Juhul, kui säilib soov mudelit vahetada, tuleb alguses uut jalanõud katsetada vähehaaval ja jälgida jala harjumist (Nigg & Benno 2011; Nigg et al., 2015). Selleks, et jalanõu omadustest kasu oleks, soovivad jalanõu- ja spordiekspertid vahetada jooksujalanõud välja hiljemalt iga 560-800 km täitumisel. Põhjuseks on see, et pärast seda kaotavad enamused mudeleid ligi pooled oma toetavatest omadustest (Johnston et al., 2003; Kong, Candelaria, & Smith, 2008).

#### **4.4 Pinnas**

Pinnast, millel joostakse, on ka pikalt peetud väsimusmurrude teket mõjutavaks teguriks (Ferris et al., 1999; Dixon et al., 2000; Brechue et al., 2005). Betoonil ja asfaldil jooksmist seostatakse riski suurendava ja jooksulindil jooksmist riski vähendava faktorina (Milgrom et al. 2003), kuid ühtegi vettpeidavat seost erinevatel pindadel ja vigastustel pole siiani leitud (Johnston et al., 2003; van Gent et al., 2007). Ühe uuringu tulemusena selgus, et mitme erineva pinna peal jooksmisel esines põrutuse erinevus ainult rohupinnasega, sest asfalt, betoon ja kummipõrand käitusid kõik ühesuguselt. Rohupinnal jooksmisel leiti, et kokkupõrke koormus vähenes teiste pindadega võrreldes 16% (Tessutti et al., 2012).

#### **4.5 Sugu**

Hoffman ja Krishnan (2014) (1212 sportlast); Iwamoto ja Takeda (2003) (196 sportlast); Tenforde, Sayres, McCurdy, Sainani & Fredericson (2013) (748 sportlast) uurisid kõik soo rolli väsimusmurdude tekkele, kuna laialt on levinud arvamus, et naissportlastel on suurem soodumus väsimusmurdude tekkeks. Valimisse kaasatud sportlastel oli kõigil

normaalne luutihedus ega esinenud muid terviseprobleeme (nt naissportlaste triaad, rauavaegus jne). Uuringud ei leidnud, et tervetel naistel oleks suurem risk vigastusele kui meestel.

#### **4.6 Vanus ja kogemus**

Krabak, Waite & Schiff (2011) ning Hoffman ja Krishnan (2014) leidsid oma uuringutes, et alustavatel maratonlastel on suurem risk vigastusele ning vanuse ja kogemuse kasvades risk väheneb. Hoffmani ja Krishnani (2014) andmetel tekkis 45%-l koormusmuruga sportlastest murd pärast pikamaajooksutreeningutega alustamist ning lausa 88,1%-l pärast kolm korda nädalas jooksmas käima hakkamist. Pole teada, kas riski vähenemise põhiteguriks on kogemusega kaasnev teadlikum treeningülesehitus; keha harjumine jooksu koormusega või kuuluvad vanemad sportlased ja harrastajad rohkem oma keha ja muudavad treeninguid vastavalt enesetundele (Taunton et al., 2003).

## 5 PREVENTSIOON

### 5.1 Testimine

Kuna riskifaktoritest selgus, et enamik vigastusi tulenevad valest treeningkoormusest, oleks ennetamiseks vaja testi, mis on kergesti teostatav, aga samas näitaks, millises hetkeseisundis on sportlane ja kas tal on risk väsimusmurrude tekkeks. Juhul, kui vigastusrisk on olemas, siis oleks hea teada, millises piirkonnas või millisest riskifaktorist see tingitud on. Kahjuks sellist testi (või testimise süsteemi) hetkel ei ole, sest pole leitud ühest arvamust, millised parameetrid on kõige olulisemad. Lisaks sõltuvad sportlase individuaalsed võimete piirid juba mitmest erinevast faktorist, mida ei saa üheselt määrata (anatomia, eelnev treenitus, geneetika, eelnevad vigastused jne) (Plastaras et al., 2005).

Üks treeningu monotooring, millest võib väsimusmurdude preventsioonis abi olla, kuid mida on uuritud rohkem meeskonna spordialade (nt ragbi, kriket ja jalgpall) juures, ja mitte nii palju pikamaajooksjate seas, on „*Acute : Chronic workload monitoring*“ (ACM) (Gabbett T. J., 2016). Meetodi eelis teada-tuntud 10% treeningkoormuse nädalase kasvu printsiibi ees on see, et lisaks kilometraažile või treeningu ajalisele kestvusele arvestatakse ka sportlase enesetunnet. Nii väljendab tulemus rohkem seda, millise koormuse sportlane tegelikult treeninguga sai. ACM kasutav sportlane hindab iga treeningu järgselt enda väsimust *Rating of Perceived Exertion* (kogetud koormuse hinnang) skaalal 10 palli süsteemis, kus 1 pall on kõige kergem ja 10 palli kõige raskem. Edasi korrutab ta selle hinde treeningu kestvusega (minutites) ja tulemusena saadud arv väljendab kogetud koormust (Hulin et al., 2016; Gabbett T. J., 2016).

Treener ja sportlane saavad ACM abil näha, milline oli uuritava perioodi treeningu maht ja kuidas see suhestub eelneva (või planeeritava) koormusega. Selle abil on võimalik koostada paindlikum ja mitmekesisem treeningulaan, kuna on teada, kas sportlase eelnev treenitus on piisav mahu tõstmiseks või ühekordseks raskemaks perioodiks (nt mahunädal, võistlustenädal jne). Eelnevaks treenituseks (*chronic*) loetakse viimast 3-6 nädala pikkust perioodi ja ühekordseks (*acute*) enamasti maksimaalselt nädalapikkust perioodi. Kui koormuste suhe (*acute:chronic*) jääb vahemikku 0.85-1.35 on kõige väiksem tõenäosus vigastuse tekkeks (Hulin et al., 2016; Gabbett T. J., 2016).



Koormuse suhe lahti seletatuna (Gabbett T., 2010):

- $\leq 0.85$  – enamasti on sellistel juhtudel tegu puhkenädalaga või taastumistreeninguga. Sportlasel võib olla väga kerge väsimus (väga madal ühekordne koormus) ja hea eelnev treenitus (kõrge eelnev treeningmaht) ning väga väike vigastuste risk.
- $0.85-1.35$  – tegu on põhitreeningutega, kus sportlasel on kerge väsimus (madal ühekordne koormus) ja hea eelnev treenitus (kõrge eelnev treeningmaht) ning selles tsoonis on vigastuse risk väike.
- $\geq 1.35$  – tegu on raske treeningperioodiga, kus sportlase väsimus on kõrge (kõrge ühekordne koormus) ja treenitus ebapiisav (madal eelnev treeningmaht) ehk sportlane on ületreeningu tsoonis ja suure vigastuse riskiga

Ilmnes, et mida treenitum on sportlane, seda suuremale koormusele ta vastu peab (tulemus = väsimus : treenitus) (Hulin et al., 2016). Sportlane võib teha ka ühekordseid (maksimaalselt nädalapikkuseid) väga raskeid treeninguid, kui eelnevad nädalad on pidevalt raskemad olnud ja teda selleks ette valmistanud. Tänu sellele võibki targalt treeninud maratonlase nädalased jooksumahud olla tavapärasest poole suuremad, sest nad on kasvatanud distantsi kogumahtu sujuvalt mahuperioodide käigus (Gabbett 2010 ja 2016).

## 5.2 Venitamine

Erinevad autorid ja uurijad pole leidnud ühest kinnitust treeningueelse venitamise kasulikkusele. Uuring, mis kestis 1997-2002 ja uuris 8806 jooksjat, leidis, et venitamisel on pigem vastupidine toime (Van Mechelen et al, 1993; Thacker et al., 2004). Järelikult on tõenäoline, et enne jooksmist venitamine avaldab mõju vaid osadele jooksjatele. Samas põhineb enamik uuringuid sportlaste enda hinnangul ja kindlamate andmete saamiseks tuleks koostada objektiivsemalt mõõdetavate tulemustega uuring (Fradkin et al., 2006; Krabak et al., 2011). Ei ole ka tõendeid, et painduvuse suurenemine vähendaks vigastuste riski (Twellaar et al., 1997) või suurenenud lihaspinget (Herbert & Gabriel, 2002). Samas usuvad siiani paljud treenerid treeningueelses soojenduses venitusharjutuste kasutamise kasulikkusesse vigastuste ennetamisel (Shehab et al., 2006).

## KOKKUVÕTE

Käesolevast tööst võib järeldada, et peamine riskifaktor väsimusmurru tekkeks on vale treeningkoormusega ja läbi valu edasi treenimine. Vale treeningkoormuse all mõeldakse liiga järsku tõstetavat kilomeetraaži (mahtu) või jooksutempot (intensiivsust). Kõikide teiste riskifaktorite puhul (jooksutehnika, jooksujalanõud, pinnas, vanus, kogemus, sugu) leidub uuringute tulemustes vastakaid andmeid ja seepärast ei saa anda kindlaid soovitusi.

Selgus ka, et hetkel puuduvad laialt tunnustatud ja kodustes tingimustes läbiviidavad testid, mis aitaksid diagnoosida maratonlastel väsimusmurru tekkeriski. Kõik tunnustatud testid eeldavad lisauuringuid ja meditsiinilisi uuringuvahendeid. Tuginedes töö koostamisel kogutud informatsioonile, tundub ACM hetkel potentsiaalseim valik. Samas, kuna siiani on seda meetodit kasutatud peamiselt võistkonnaalade sportlaste treeningplaani koostamisel, kuid maratonlaste treeningplaani on oma olemuselt ja mahtudelt teistsugune, tuleb enne kindlate soovitude andmist läbi viia rohkem uuringuid ka maratonlastega (Hulin et al., 2016; Gabbett, 2016).

Lisaks ilmnes, et enamik uuringuid on tehtud võistlevate sportlastega, kuid kuna rahvaspordiüritustel osalevate harrastussportlaste arv kasvab aasta-aastalt (nagu ka harrastajate treeningmahud) (Hoffman & Wegelin, 2009; Hoffman M. 2010; Hoffman et al., 2010), tuleks uurida edaspidi rohkem ka harrastusjooksjaid.

Kokkuvõtvalt võib käesoleva töö tulemusena väita, et parim viis vigastuste preventiooniks on treenimine optimaalse (kuni 10% nädalas) koormuse kasvu arvestava treeningkava järgi, anda kehale aeg-ajalt puhkust ning eirata „*No pain, no gain!*“ („Pole valu, pole arengut!“) mantrat ehk mitte treenida läbi valu.

## KASUTATUD KIRJANDUS

1. Bennel, K., Matheson, G., Meeuwisse, W., & Brukner, P. (1999). Risk Factors for Stress Fractures. *Sports Med*, 91-122.
2. Berger, F. H., de Jonge, M. C., & Maas, M. (2007). Stress fractures in the lower extremity. The importance of increasing awareness amongst radiologist. *Academic Medical Centre, University of Amsterdam, department of Radiology*.
3. Billat, V., Lepretre, P.-M., Heugas, A.-M., Laurence, M.-H., Salim, D., & Koralsztejn, J. P. (2003). Training and Bioenergetic Characteristics in Elite Male and Female Kenyan Runners. *Med Sci Sports Exerc*, 35(2):297-304.
4. Chen, J-H, Liu, Chao, You, L, Simmons, CA. (2010). Boning up on Wolff's Law: Mechanical regulation of the cells that make and maintain bone. *Journal of Biomechanics*, 43: 108-118
5. Craig DI. (2008). Medial tibial stress syndrome: evidence-based prevention. *J Athl Train*, 43(3): 316.
6. Devas, M. (1975). Stress Fractures.
7. Eesti Traumatoloogide-ortopeedide Selts, & Eesti AO ALUMNI Selts. (2010). Alajäseme enamlevinud traumaatiliste vigastuste ravijuhendi kommenteeritud väljaanne.
8. Evans, F. (1961). Relation of the physical properties of bone to fractures. *Instr Course Lect*, 18:110–121.
9. Fatima, S., Jeilani, A., Mazhar-ud-Duha, Abbasi, N., Khan, A., Khan, K., et al. (2012, Jul-Dec ). Validation of tuning fork test in stress fractures and its comparison with radionuclide bone scan. *J Ayub Med Coll Abbottabad*, 24(3-4):180-2.
10. Fields, K., Sykes , J., Walker, K., & Jackson, J. (2010). Prevention of running injuries. *Curr Sports Med Rep*, 9(3):176.
11. Fradkin, A., Gabbe, B., & Cameron, P. (2006). Does warming up prevent injury in sport? The evidence from randomized controlled trials. *J. Sci. Med. Sport*, 9:214Y20.

12. Fredericson , M., Jennings, F., Beaulieu, C., & Matheson, G. (2006). Stress Fractures in Athletes. *Topics in Magnetic Resonance Imaging*, 17: 309-325.
13. Gabbett, T. (2010). The development and application of an injury prediction model for non-contact, soft-tissue injuries in elite collision sport athletes. *J Strength Con Res*, 24:2593-603.
14. Gabbett, T. J. (2016). The training—injury prevention paradox: should athletes be training smarter and harder? *BMJ Publishing Group*.
15. Gillespie, W., & Grant, I. (2000). Interventions for preventing and treating stress fractures and stress reactions of bone of the lower limbs in young adults. *Cochrane Database Syst Rev*, CD000450.
16. Grimston, S., Engelsberg, J., Kloiber, R., & Hanley, D. (1991). Bone mass, external loads, and stress fractures in female runners. *Int J Sport Biomech*, 7:293-302.
17. Hasewaga, H., Yamauchi , T., & Kraemer, W. (2007). Foot strike patterns of runners at the 15-km point during an elite-level half maraton. *J Strength and Cond Res*, 21:888-893.
18. Heiderscheit, B., Chumanov, E., Michalski, M., Willie, C., & Ryan, M. (2011). Effects of step rate manipulation of joint mechanics during running. *Med Sci Sports Exerc*, 43:296-302.
19. Herbert, R., & Gabriel, M. (2002). Effects of stretching before and after axercising on muscle soreness and risk of injury: systematic review. *Br. Med. J*, 325:468.
20. Hoffman, M. (2010). Performance trends in 161-km ultramarathons. *IntJ Sports Med*, 31(I):31-7.
21. Hoffman, M., & Krishnan, E. (2014). Healt and Exercise-Related Medical Issues among 1,212 Ultramarathon Runners: Baseline Findings from the Ultrarunners Longitudinal TRAcking (ULTRA) Study. *PLoS ONE* , 9(1):e83867.
22. Hoffman, M., & Wegelin, J. (2009). The Western States 100-Mile Endurance Run: participation and performance rends. *Med Sei SportsExerc*, 41(12):2191-8.
23. Hoffman, M., Ong, J., & Wang , G. (2010). Historical analysis of participation in 161 km ultramarathons in North America. *IntJ Hist Sport*, 27(II):1877-91.

24. Hreljac, A. (2004). Impact and overuse injuries in runners. *Med Sci Sports Exercise* , 36 no5 .
25. Hreljack, A., & Ferber, R. (2006). A biomechanical perspective of predicting injury risk in running . *Int Sportsmed J*, 7(2): 98-108.
26. Hulin, B. T., Gabbett, T. J., Lawson, D. W., Caputi, P., & Sampson, J. A. (2016). The acute:chronic workload ratio predicts injury: high chronic workload may decrease injury risk in elite rugby league players. *Br H Sports Med* , 50:231-236.
27. Iwamoto , J., & Takeda, T. (2003). Stress fractures in athletes: review of 196 cases. *Journal of Orthopaedic Science*, 8: 273-278.
28. Jenkins, D. W., & Cauthon, D. J. (2011). Barefoot Running Claims and Controversies A Review of the Literature. *Journal of the American Podiatric Medical Association*, Vol 101 No 3.
29. Johnston , C., Tauton , J., Lloyd-Smith, D., & McKenzie, D. (2003). Preventing running injuries. *Can. Fam. Phys*, 49:1101Y9.
30. Kasmer, M. E., Liu, X.-C., Roberts, K. G., & Valadao, J. M. (2013). Foot-Strike pattern performance in a Marathon. *Journal of Sports Physiology and Performance*, 8:386-292.
31. Kiuru, M., Niva, M., Reponen, A., & Pihlajamaki, H. (2005). Bone stress injuries in asymptomatic elite recruits: a clinical and magnetic resonance imaging study. *Am J Sports Med* , 33:272-6.
32. Kong, P.W, Candelaria, N.G, Smith, D.R. (2009). Running in new and worn shoes: a comparison of three types of cushioning footwear. *The British Medical Journal*, 43:745-749.
33. Krabak , B., Waite , B., & Schiff , M. (2011). Study of injury and illness rates in multi-day ultramarathon runners. *Med Sci Sports Exerc* , 43: 2314 Y20.
34. Lehman, W. (1984). Overuse syndromes in runners. *Am. Fam. Phusician*, 29:157Y61.
35. Lemberg, H. (2014). *Pikamaajooksja treening (mini e-kursus)*. (Tartu Ülikooli kehakultuuriteaduskond; Tartu Ülikooli Akadeemiline Spordiklubi) Retrieved from <https://sisu.ut.ee/jooksmine/avaleht>

36. Liebermann, D., Venkadesan, M., Werbel, W., & et al. (2010). Foot strike patterns and collision forces in habitually barefoot versus shod runners. *Nature* , 463:531Y5.
37. Liimatainen , E., Sarimo, J., Hulkko, A., Ranne, J., & Heikkilä, J. (2009). et al. Anterior mid-tibial stress fractures. Results of surgical treatment. *Scandinavian Journal of Surgery*, 98: 244-249.
38. Lin, J., & Lane, J. (2003). Sacral stress fractures. *J Womens Health*, 12:879-88.
39. Marti , B., Vader, J., & Minder, C. (1988). On the epidemiology of running injuries: The 1984 Bern Grand-Prix study. *Am J Sports Med*, 16: 285-293.
40. Matheson, G., Clement, D., McKenzie, D., Taunton, J., Lloyd-Smith, D., & Macintyre, J. (1987). Stress Fractures in athletes; a study of 320 cases. *Am. J. Sports Med* , 15:46-58.
41. Medicine, T. A. (2017). *ACFAOM.org*. vaadatud aprill 30, 2017, <http://www.acfaom.org/information-for-patients/common-conditions/stress-fractures>
42. Milgrom, C., Finestone , A., Segev S, & et al. . (2003). Are overground or treadmill runners more likely to sustain tibial stress fracture? *Br J Sports Med*, 37:160.
43. Miller, C., Major, N., & Toth, A. (2003). Pelvic stress injuries in athlete: management and prevention. *Sports Med*, 33:1003-12.
44. Milner, C., Ferber, R., Pollard , C., Hamill, J., & Davis, I. (2006). Biomechanical factors associated with tibial stress fracture in female runners. *Med Sci Sports exerc.*, 38(2):323-8.
45. Moore, M. B (2009). The Use of a Turning Fork and Stethoscope to identify Fractures. *Journal of Athletic Training*.
46. Nigg, B., & Benno . (2011). Biomechanics of sports shoes. *University of Calgary*.
47. Nigg, B., Baltich , J., Hoerzer, S., & Enders, H. (2015). Running shoes and running injuries: mythbusting and a proposal for two new paradigms: "Preferred movement path" and "comfort filter". *Br J Sports Med* , 49: 1290.
48. Pećina, M., & Bojanić, I. (2003). *Overuse injuries of the musculoskeletal system. 2nd ed.* Boca Raton (FL): CRC Press.

49. Pepper, M., Akuthota, V., & McCarty, E. (2006). The pathophysiology of stress fractures. *Clin Sports Med*, 25:1-16, vii.
50. Physiopedia.(2017) Ottawa Ankle Rules. [http://www.physio-pedia.com/Ottawa\\_Ankle\\_Rules](http://www.physio-pedia.com/Ottawa_Ankle_Rules), (viidatud: 30 aprill 2017)
51. Plataras, C., Rittenberg, J., Rittenberg KE, & et al. . (2005). Comprehensive functional evaluation of the injured runner. *Phys Med Rehabil Clin Am*, 16: 623-649.
52. Richards, C., Magin, P., & Callister, R. (2009). Is your prescription of distance run-ning shoes evidence-based? *Br. J Sports Med.*, 43:159Y62.
53. Rome, K., Handoll, H., & Ashford, R. (2005). Interventions for preventing and treating stress fractures and stress reactions of bone of the lower limbs in young adults. *Cochrane Database Syst Rev.*, 2:CD000450.
54. Shaffer, S. W., & Uhl, T. L. (2006). Preventing and Treating Lower Extremity Stress Reactions and Fractures in Adults. *J Athl Train*, Oct-Dec; 41(4): 466–469.
55. Shehab, R., Mirabelli, M., Gorenflo, D., & Fetters, M. (2006). Pre-Exercise stretching and sports related injuries: knowlodge, attitudes and practises. *Clin. J. Sports Med.* , 16:228Y31.
56. Sofka, C. (2006). Imaging of stress fractures. *Clin Sports Med*, 25:53-62, viii.
57. Spitz, D., & Newberg , A. (2002). Imaging of stress fractures in the athlete. *Radiol Clin North Am* , 40:313-31.
58. Squadrone, R., & Gallozzi, C. (2009). Biomechanical and physiological comparison of barefoot and two shod conditions in experienced bare foot runners. *Jpurnal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 6-13.
59. Stellingwerff, T. (2012). Case Study: Nutrition and Training Periodization in Three Elite Marathon Runners . *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 22, 392-400.
60. Zadpoor, A., & Nikooyan, A. (2011). The relationship between lower-extremity stress fractures and the ground reaction force: a systematic review. *Clin Biomech* , 26:23.

61. Tam, N., Stephen, J. L., Noakes, T. D., Tucker, R., N, T., & et al. (2014). Barefoot running: an evaluation of current hypothesis, future research and clinical applications. *Br J Sports Med*, 48:349.
62. Taunton, J., Ryan, M., Clement, D., & et al. . (2003). A Prospective study of running injuries: the Vancouver Sun Run “In Training” clinics. *Br J Sports Med*, 37:239-44.
63. Tenforde , A., Sayres , L., McCurdy, M., Sainani , K., & Fredericson , M. (2013). Identifying Sex-Specific Risk Factors for stress fractures in adolescent runners. *Medicine and science in sports and exercise* , 45: 1843-1851.
64. Tessutti, V., Ribeiro, A. P., Trombinisouza, F., & Sacco, I. C. (2012). Attenuation of foot pressure during running on four different surfaces: asphalt, concrete, rubber, and natural grass. *Journal of Sports Sciences*, 30(14):1545-1550).
65. Thacker, S., Gilchrist, J., Stroup, D., & Kimsey, C. (2004). The impact of tretching on sports injury risk: a systematic review of the literature. *Med. Sci. Sports Exerc*, 36:371Y8.45.
66. The American College of Foot & Ankle Orthopedics, &. (2017, April 20). *ACFAOM.org*. Retrieved April 20, 2017, from <http://www.acfaom.org/information-for-patients/common-conditions/stress-fractures>
67. Toney, C., Games , K., Winkelmann, Z., & Ebermann, L. (2016). Using Turning-Fork Test in Diagnosing Fractures. *Journal of Athletic Training*, 2;51(6):498-499.
68. Twellaar, M., Verstappen, F., Hudson, A., & van Mechelen, W. (1997). Physical characteristics as risk factors for sports injuries: a four year prospective study. . *Int. J. Sports Med*, 18:66Y71.
69. van der Worp, H., Vrieling , J., & Breadeweg, S. (2016). Do runners who suffer injuries have higher vertical ground reaction forces than those who remain injury-free? A systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med*, 50:450.
70. van Gent, R., Siem, D., van Middelkoop, M., & et al. (2007). Incidence and determinants of lower extremity running injuries in long distance runners: a systematic review. *Br. J. Sports Med.*, 41: 469 Y80; discussion 480. Epub 2007 May.



71. van Mechelen, W., Hlobil, H., Kremper, H., & et al. (1993). prevention of running injuries by warm.up, cool-down and stretching exercises. *Am. J. Sports Med*, 21:711 Y9.
72. Wen DY. (2007). Risk factors for overuse injuries in runners. *CurrSports Med Rep* , 6:307.
73. Wilder, R., & Sethi, S. (2004). Overuse injuries: tendinopathies, stress fractures, compartme syndrome, and shin splints. *Clin Sports Med.* , 23:55-81.
74. Willems, T., Witvrouw, E., De Cock, A., & De Clercq , D. (2007). Gait-related risk factors for exercise-related lower-leg pain during shod running. *Med Sci Sports Exerc*, 39:330.
75. Vormittag, K., Calonje, R., & Briner, W. (2009). Foot and ankle injuries in the barefoot sports. *Curr. Sports Med. Rep.*, 8:262Y6.
76. Wright , A., Taylor, J., Ford, K., & et al. (2015). Risk factors associated with lower extremity stress fractures in runners: a systematic review with meta-analysis. *Br J Sports Med*, 49:1517.

## **SUMMARY**

### **Prevention of fatigue fractures in marathon and ultramarathon runners**

Running is one of the most popular endurance sport and by watching how the number of participants in different sport events grows rapidly we can say that the popularity still increases. It is mainly because running does not require much expensive equipment (only clothes and running shoes), you can run anywhere and any time and running helps to improve your physical form. Unfortunately runners, especially long-distance runners, have also quite a lot of injuries and most of them are overload injuries like fatigue fractures. The goal of this study was to find out what are the main risk factors for fatigue fractures and what is the best way to prevent them.

Fatigue fracture evolves when there are continuously too big loads on the bone or not enough time for bone to repair itself. At first there will be small cracks on the surface of the bone, but when the athlete keeps on training (through out the pain) the cracks evolve into fracture. When athlete reduce the training loads right after experiencing the first pain symptoms then it's enough for curing the fracture and it will not take a lot of time to return to trainings. But if the athlete keeps on training through out the pain and real fracture evolves then the healing process is longer and returning to the sport takes a lot of time.

Main risk factors mentioned in different studies are: too rapidly increased training loads; running technique; running shoes; soil; sex; age and experience. After examined all the risk factors it turned out that increasing training loads too rapidly had the biggest impact on increasing the risk of injury. All the other risk factors didn't have so big influence. The well known advice is to increase training loads maximum 10% in one week. But because every individual adapts training loads differently then it would be wise to also include every athlete's estimation about the training loads while making new plans. According to my findings the „Acute : Chronic workload monitoring“ seems most potential method for it. But because it is mostly tested on making team sport athletes training plans and not marathon runners plans, then there is a need for further surveys before any general suggestions can be done. Until that the best way to prevent injuries is to increase training loads maximum 10% in a week, let your body rest once in a while and not to follow all known fitness mantra „No pain, No gain“.

## AUTORI LIHTLITSENTS TÖÖ AVALDAMISEKS

Mina, Maali Pruul

(sünnikuupäev: 10.05.1995)

1. Annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose „Väsimusmurdude preventatsioon maratoni jooksjatel“, mille juhendaja on Janno Jürgenson,

1.1.reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace'is lisamise eesmärgil kuni autori õiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2.üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace'i kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. Olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tartus, 16.08.2017