

TARTU ÜLIKOOL

Spordipedagoogika ja treeningõpetuse instituut

Rauno Laumets

**Jooksu ökonoomsus ja seda mõjutavad faktorid Eesti tipptasemel kesk- ja
pikamaajooksjatel**

**Factors affecting running economy of high level Estonian middle - and long distance
runners**

Magistritöö

Kehalise kasvatuse ja spordi õppekava

Juhendajad:

PhD Martin Mooses

MSc Kerli Mooses

Tartu 2015

Sisukord

Kasutatud lühendid	3
Lühiülevaade	4
Abstract.....	5
1. Kirjanduse ülevaade	6
1.1 Jooksu ökonoomsuse ja maksimaalne aeroobne võimekus	6
1.2 Jooksu ökonoomsus ja antropomeetria	7
2. Töö eesmärk ja ülesanded	8
3. Metoodika.....	9
3.1 Eetikakomitee luba ja isikuandmete kaitse	9
3.2 Uuringu disain ning uuringus osalejad	9
3.3 Koormustest maksimaalse hapnikutarbimise ja jooksu ökonoomsuse mõõtmiseks....	9
3.4 Kehakoostise määramine DXA meetodiga.....	10
3.5 Antropomeetria	11
3.6 Andmete analüüs.....	11
4. Tulemused	12
5. Arutelu.....	16
5.1 Antropomeetria jooksu ökonoomsuse mõjutajana.....	17
5.2 Jooksu ökonoomsuse seos võistlustulemustega.....	18
5.3 Uuringu piirangud.....	19
6. Järeldused	20
Kasutatud kirjandus	21
Autori lihtlitsents töö avaldamiseks	25

Kasutatud lühendid

DXA (*dual - energy X- ray absorptiometry*) - kahekordse röntgenkiire meetod keha koostise mõõtmiseks

IAAF (*IAAF scoring tables of athletics*) (p) - Rahvusvahelise Kergejõustikuliidu punktitablel

KMI - kehamassiindeks

RE16 (*running economy 16 km·h⁻¹*) - jooksuökonoomsus kiirusel 16 km·h⁻¹

t_{\max} (*max time on treadmill*) - maksimaalne aeg jooksulindil

VO_2 (*oxygen consumption*)- submaksimaalne hapnikutarbimine

$VO_{2\max}$ (*maximal oxygen consumption*) - maksimaalne hapnikutarbimine

Lühiülevaade

Eesmärk: Käesoleva töö põhieesmärgiks on leida seosed jooksu ökonoomsuse, võistlustulemuste ning füsioloogiliste- ja antropomeetriliste parameetrite vahel Eesti tipptasemel kesk- ja pikamaajooksjatel.

Metoodika: Uuringus osales 14 Eesti tipptasemel meesoost kesk- ja pikamaajooksjat (vanuses 24.8 ± 3.1 a; pikkusega 182.8 ± 7.0 cm; kehamassiga 70.6 ± 5.3 kg ja VO_{2max} väärtusega 67.1 ± 2.9 ml·kg⁻¹·min⁻¹). Maksimaalse aeroobse võimekuse (VO_{2max}) ja jooksu ökonoomsuse (RE) määramiseks viidi läbi astmeliselt tõusvate koormustega test liikuval jooksurajal. Lisaks teostati antropomeetrilised mõõtmised ning määrati keha koostis DXA meetodiga.

Tulemused: Uuringus osales 14 tipptasemel Eesti kesk- ja pikamaajooksjat olid kõrge sportliku tasemega (IAAF) ning hea ökonoomsusega (RE 14, 191.3 ± 13.5 ; RE 16, 190.0 ± 12.5 ; RE 18, 188.6 ± 11.4 O₂ml·kg⁻¹·km⁻¹). Jooksjate sportlik tase IAAF punktitablei alusel korreleerus ökonoomsusega väljendatuna submaksimaalse hapnikutarbimises kiirusel 14 km·h⁻¹ ($p = 0.046$), kuid mitte kiirustel 16 ja 18 km·h⁻¹. Puudus seos IAAF punktide ning ökonoomsuse vahel väljendatuna O₂ ml·kg⁻¹·km⁻¹. VO_{2max} ei olnud seotud kummalgi viisil väljendatud ökonoomsusega ($p > 0.05$). RE14 ($p = 0.009$), kuid mitte RE 16 ja 18, näitas tugevat seost testi pikkusega (t_{max}). KMI oli seotud ökonoomsusega kõikidel mõõdetud kiirustel: RE14 ($r = 0.616$; $p = 0.019$), RE16 ($r = 0.624$; $p = 0.017$) ja RE18 ($r = 0.616$; $p = 0.019$). Lisaks korreleerus sääre pikkus RE14, RE16 ja RE18-ga (vastavalt $p = 0.055$; $p = 0.035$; $p = 0.034$).

Kokkuvõte: Paremate võistlustulemustega sportlastel on väiksem energiakulu submaksimaalsel kiirusel joostes. Pikemad sääred ja väiksem kehamassiindeks aitab saavutada paremat jooksu ökonoomsust.

Märksõnad: jooksu ökonoomsus, kesk- ja pikamaajooks, maksimaalne hapnikutarbimine, antropomeetria.

Abstract

Aim: The aim of the present study was to find relations between running economy, anthropometric, physiological parameters and running performance in Estonian high level middle- and long - distance runners.

Methods: 14 male Estonian high level middle - and long distance runners participated in this study. To determine maximal oxygen consumption (VO_{2max}) and running economy (RE), participants of this study performed an incremental running test on a treadmill until voluntary exhaustion. In addition, there was performed anthropometric measurements and using DXA to determine body composition.

Results: A total of 14 competitive (IAAF 909 ± 119) Estonian middle- and long - distance runners with high oxygen consumption (VO_{2max} 67.1 ± 2.9 ml·kg⁻¹·min⁻¹) and good economy (RE 14, 191.3 ± 13.5 ; RE 16, 190.0 ± 12.5 ; RE 18, 188.6 ± 11.4). Athletes performance compared with IAAF pointtable was assessed economy, expressed submaximal running speed on 14 km·h⁻¹ ($p = 0.046$), but not 16 and 18 km·h⁻¹. There were no relations between running performance and running economy expressed O₂ ml· kg⁻¹· km⁻¹. Maximal oxygen consumption (VO_{2max}) was not associated running economy ($p > 0.05$). RE14 ($p = 0.009$), but not RE 16 ja 18, was correlated maximal running time on treadmill (t_{max}). BMI was important determinant of all measured speeds: RE14 ($r = 0.616$; $p = 0.019$), RE16 ($r = 0.624$; $p = 0.017$) ja RE18 ($r = 0.616$; $p = 0.019$). In addition length of lower leg correlate RE14, RE16 ja RE18 (respectively $p = 0.055$; $p = 0.035$; $p = 0.034$).

Conclusions: Present findings indicate that RE was assessed some of anthropometrical parameters. Runners with better performance was more economical on treadmill test.

Keywords: running economy, middle- and long - distance running, maximal oxygen consumption, anthropometric.

1. Kirjanduse ülevaade

1.1 Jooksu ökonoomsuse ja maksimaalne aeroobne võimekus

Füsioloogilisi faktoreid, millest sõltub vastupidavusalade sportlaste võistlustulemus on mitmeid. Olulisemad neist on maksimaalne hapnikutarbimine (VO_{2max}), anaeroobne lävi ja jooksu ökonoomsus (RE) (Fletcher, *et al.*, 2009; Joyner & Coyle, 2008; Midgley, *et al.*, 2007). Neid võib nimetada kolmeks olulisemaks parameetriks, millest sõltub enam kui 70% jooksjä võistlustulemusest (Pate & Branch, 1992). Tipptasemel jooksjatel võib jooksu ökonoomsus varieeruda 20-30% ulatuses (Raichlen, *et al.*, 2011; Scholz, *et al.*, 2008), mõnedel andmetel ka koguni 30-40% (Joyner & Coyle, 2008). Varasemalt on välja toodud, et parem jooksu ökonoomsus on seotud otseselt jooksjä kõrgema võistlustulemusega (Fletcher, *et al.*, 2009), kuid seda seost ei ole alati kinnitust leidnud (Mooses, *et al.*, 2013; Foster, *et al.*, 1977; Santos -Concejero, *et al.*, 2013; Williams & Cavanagh, 1987).

Jooksu ökonoomsuse mõõtmine toimub laboratoorses tingimustes kasutades selleks liikuvat jooksurada. Ökonoomsuse mõõtmise käigus joostakse submaksimaalsel kiirusel ning mõõdetakse energiakulu, mis kulub organismil töö tegemiseks. Jooksu ökonoomsust väljendatakse 2 erineval viisil. Neist levinum on tarbitud hapniku hulk ühes minutis kilogrammi kehakaalu kohta ($O_2ml \cdot kg^{-1} \cdot km^{-1}$). Harvemini kasutatakse läbitud distantsi hapniku mahuühiku kohta ($ml/kg/km$) (Saunders, *et al.*, 2004).

Uuringutes (Lucia, *et al.*, 2006; Weston, *et al.*, 2000) on kasutatud ökonoomsuse mõõtmiseks kõigi jooksjäte puhul sama kiirust. Valitseb märkimisväärne varieeruvus jooksuökonoomsuses, seda ka tipptasemel jooksjatel - näiteks $16 km \cdot h^{-1}$ kiirusel joostes võib ökonoomsuse väärtus olla vahemikus 45 - 60 $mL \cdot kg^{-1}$ (Sjodin & Svedenhag, 1985; Smith *et al.*, 2000). Kiirust $16 km \cdot h^{-1}$ kasutatakse, kuna seda kasutatakse treeningutel sageli ja see jääb submaksimaalse kiiruse tsooni. Kui ökonoomsust väljendatakse ühikutes $mL \cdot kg^{-1} \cdot km^{-1}$ on pandud paika ökonoomsuse keskmine väärtus, milleks on 200 $mL \cdot kg^{-1} \cdot km^{-1}$. Mida madalam on antud väärtus, seda ökonoomsem on sportlane. Üldiselt on pikamaajooksjad osutunud uuringutes ökonoomsemateks, kui keskmaajooksjad (Sjodin & Svedenhag, 1985). Selle põhjuseks võib olla nii geneetiline taust kui ka erinevate treeningmahtude ja intensiivsustega kohanemine (Scrimgeour *et al.*, 1986).

1.2 Jooksu ökonoomsus ja antropomeetria

Varasemalt läbiviidud uuringutes on leitud kõrged, kuid sarnaseid VO_{2max} väärtused nii Euroopa kui ka Kenya kesk- ja pikamaajooksjatel (Prommer *et al.*, 2010; Saltin *et al.*, 1995) ja seetõttu on uuemad uuringud pööranud tähelepanu ka teistele potentsiaalsetele faktoritele, millel on oma osa kõrgel tasemel tulemuste saavutamisel. Üheks olulisemaks näitajaks selle juures RE-d ning see on olulisel määral seotud antropomeetriliste parameetritega (Billat *et al.*, 2001; Larsen, 2003; Tam *et al.*, 2012), samuti morfoloogiliste ja füsioloogiliste näitajatega (Scholz *et al.*, 2008). Põhjused, miks Ida-Aafrika sportlased domineerivad kesk- ja pikamaajooksu on olnud oluline arutelu teema juba aastakümneid. On viidatud sellele, et Aafrika jooksjatel on unikaalne kehaehitus ja ideaalilähedased parameetrid vastupidavuslike aladel tipptulemuste saavutamisel, eelkõige kesk- ja pikamaajooksus (Foster & Lucia, 2007; Lucia *et al.*, 2006, 2008; Wilber & Pitsiladis, 2012). Antropomeetrilised parameetrid nagu kehamassiindeks, reie ja sääre ümbermõõdud on olulised jooksu ökonoomsuse mõjutajad. See tähendab, et jooksuökonoomsus pole seotud ainult ühe parameetriga, vaid seda mõjutavad komplekselt nii antropomeetrilised, füsioloogilised kui ka keha koostise näitajad. Jooksja, kellel on peenemad ja seetõttu kergemad jalad, kulutab vähem energiat edasilikumiseks. Kehamassi jaotumine keha erinevate osade vahel on RE seisukohast üks tähtsamaid tunnuseid, kuna on leitud, et energiakulu jooksmisel suureneb 1% võrra iga lisa kilogrammi kohta (Myers & Steudel, 1985). See toimub aga ainult juhul, kui see 1 kg paigutub kehatüve ümber, lisades sama raskus jalanõudesse suureneb energiakulu koguni 10% (Myers & Steudel, 1985). Erinevates teadusuuringutes on tähelepanu pööratud jooksuökonoomsusele, mis on seotud inimese erinevate antropomeetriliste parameetritega (Billat, *et al.*, 2001; Larsen, 2003; Tam, *et al.*, 2012; Mooses, *et al.*, 2013). Kenya jooksjate kõrget sportliku taset on põhjendatud madalama ökonoomsuse väärtusega, mis tähendab efektiivsemat ja säästlikumat energia kasutamist jooksmisel (Lucia, *et al.*, 2006). Mitmed varasemad uuringud, kus on uuritud kesk- ja pikamaajooksjaid on leitud, et parem jooksuökonoomsus on seotud vähemalt osaliselt antropomeetriliste parameetritega (Kong & de Heer, 2008; Lucia, *et al.*, 2006; Saltin, *et al.*, 1995). Uuringus (Lucia, *et al.*, 2006), kus osalesid tipptasemel Euroopa (Hispaania) ja Ida-Aafrika (Eritrea) jooksjad saavutasid parema jooksuökonoomsuse näitaja Eritrea jooksjad. Selle üheks põhjuseks võib-olla madalam kehamassiindeks ja pikem ja saledam kehaehitus.

2. Töö eesmärk ja ülesanded

Töö eesmärgiks on uurida Eesti tipptasemel meessoost kesk- ja pikamaajooksjate RE-d mõjutavaid füsioloogilisi, antropomeetrilisi ning keha koostise parameetreid.

Lähtuvalt eesmärgist püstitati järgmised ülesanded:

- 1) Leida seosed Eesti tipptasemel kesk- ja pikamaajooksjate jooksu ökonoomsuses kiirustel 14, 16 ja 18 km·h⁻¹ ja võistlustulemuste vahel.
- 2) Leida seoseid Eesti tipptasemel kesk- ja pikamaajooksjate jooksu ökonoomsuses kiirustel 14, 16 ja 18 km·h⁻¹ ja maksimaalse hapnikutarbimise võime vahel.
- 3) Leida seosed Eesti tipptasemel kesk- ja pikamaajooksjate jooksu ökonoomsuses kiirustel 14, 16 ja 18 km·h⁻¹ ja antropomeetriliste parameetrite ja kehakoostise näitajate vahel.

3. Metoodika

3.1 Eetikakomitee luba ja isikuandmete kaitse

Uuringu protseduurid ja metoodika on heaks kiidetud Tartu Ülikooli inimuuringute eetika komitee poolt (protokolli nr 240/T-9). Kõikidele uuringus osalejatele tutvustati uuringu läbiviimisel tehtavaimõõtmisi, protseduure ja võimalikke riske ning nad kinnitasid enda teadlikku nõusolekut allkirjaga. Iga vaatlusalune sai endale unikaalse koodi, mis märgiti uuringu protseduurilehtedele. Antud koodi võtithoitolukustatult eraldi uuringu andmebaasist, mis välistab uuritavate isikute ja tema andmete tuvastamise. Kõikide andmete sisestamisel ja analüüsimisel kasutati vastavat koodi.

3.2 Uuringu disain ning uuringus osalejad

Uuringus osales 14 Eesti tiptasemel meesoost kesk- ja pikamaajooksjat. Kõik mõõtmised ja testimised viidi läbi Tartu Ülikooli kehakultuuriteaduskonna laborites. Ühe külastamise käigus teostati kõik vajalikud mõõtmised ja testimised: (i) astmeliselt tõusvate koormustega test liikuvale jooksurajal VO_{2max} ning RE määramiseks; (ii) antropomeetrilised mõõtmised; (iii) keha koostise määramine DXA meetodiga. Jooksjate tulemuste hindamiseks ja võrdlemiseks, kasutati IAAF punktitabletit (Spiriev, 2011), mis annab võimaluse võrrelda omavahel sportlaste saavutatud tulemuste väärtusi erinevatel kergejõustikualadel.

3.3 Koormustest maksimaalse hapnikutarbimise ja jooksu ökonoomsuse mõõtmiseks

Kõik uuringus osalejad sooritasid astmeliselt tõusvate koormustega testi liikuvale jooksurajal (Viasys LE 300 C 175/65, HP Cosmos Quasar Sports & Medical GmbH Nussdorf - Traunstein, Saksamaa). Testi läbiviimine toimus jooksjate maksimaalse suutlikuseni. Koormustesti eesmärk oli individuaalse VO_{2max} väärtuse saavutamine. Kõigil uuringus osalenud jooksjatel kasutati VO_{2max} testi sooritamiseks sama protokoll (tabel 1). Kogu testi vältel salvestati sportlase südamelöögisagedus (Polar RS400, Polar Electro Oy, Kempele, Soome) ja gaasivahetuse näitajad seadmega Master Screen CPX (Viasys Healthcare GmbH,

Hoechberg, Saksamaa), mis kalibreeriti enne iga testi algust vastavalt tootja juhendile. $\dot{V}O_{2max}$ registreeriti kui maksimaalne $\dot{V}O_2$ väärtused 30 sekundi jooksul ning koormuse kasvades $\dot{V}O_2$ näitajate platoo saavutamine (Wasserman *et al.*, 2005). Kui sportlane ei saavutanud $\dot{V}O_2$ näitajate platood, registreeriti see kui tipp hapnikutarbimine VO_{2peak} .

Tabel 1. VO_{2max} testi protokoll.

Tempo ($\text{min}^{-1} \cdot \text{km} \cdot \text{h}^{-1}$)	Tõusunurk (%)	Aeg (min)
7:30	1	3
6:00	1	6
5:00	1	9
4:17	1	12
3:45	1	15
3:32	1	18
3:32	2	21
3:32	3	22
3:32	4	23
3:32	5	24
3:32	6	25
3:32	7	26

Ökonoomsust mõõdeti viimase 2 minuti jooksul kiirustel 14, 16 ja 18 $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$. Ökonoomsust väljendatakse kui kasutatud hapniku hulka ($\text{O}_2 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{km}^{-1}$), mis arvutati järgmiselt:

$$RE = \frac{1000 \cdot \dot{V}O_2}{v},$$

kus $\dot{V}O_2$ on antud kiiruse juures sportlase saavutatud püsiseisundi hapnikutarbimine ($\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) ja v on jooksu kiirus ($\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$) (Bragada *et al.*, 2010; Mooses *et al.*, 2015). Püsiseisundiks loetakse olukorda, kus koormusastme viimase 2 minuti vältel ei tõuse sportlase $\dot{V}O_2$ rohkem kui 100 ml (Fletcher *et al.*, 2009).

3.4 Kehakoostise määramine DXA meetodiga

Keha koostis mõõdeti kahekordse röntgenkiire meetodiga *Dual Energy X-ray Absorptiometry DXA* (Hologic QDR Discovery, HologicInc, Bedford, USA). Protseduuri ajal

lamab sportlane selili asendis (Hetland, *et al.*, 1998). Mõõdeti kogu keha, reie-, sääreluu-, rasva- ja lihasmassid.

3.5 Antropomeetria

Uuringus osalejate pikkus (Altimetro, Gima Spa, Gessate, Itaalia) ja kehamass (Sartorius Combics 3, Sartorius AG, Goettingen, Saksamaa) mõõdeti vastavalt 0.1 cm ja 0.01 kg täpsusega. Lisaks mõõdeti jalgadelt 4 ümbermõõtu (*tight, mid-tight, calf, ankle*) ja 3 pikkust (*trochanteriontibiale - laterale, trochanterion, tibiale mediale-sphyrion tibiale*) kasutades Centurion Kit mõõteriistade komplekti (Rosscraft, Surrey, BC, Kanada). Kõik antropomeetrilised mõõtmised teostati järgides rahvusvaheliselt standardiseeritud mõõtmistehnikat, mis on välja töötatud *International Society for the Advancement of Kinanthropometry* (Norton & Olds, 1996) poolt. Kõik mõõtmised teostati keha paremalt küljelt. Lisaks arvutati reie ning kogu jala pikkus järgnevalt:

$$\text{reie pikkus} = \text{iliospinale} - \text{tibiale laterale}, \quad (1)$$

ja

$$\text{kogu jala pikkus} = \text{reie pikkus} +$$

$$\text{tibiale mediale sphyrion tibiale (sääre pikkus)}. \quad (2)$$

3.6 Andmete analüüs

Andmete analüüsil kasutati tabelarvutusprogrammi Microsoft Excel 2007 ja statistikaprogrammi IBM SPSS v. 20 (SPSS Inc, Chicago, IL, USA). Statistiliselt oluliseks loeti tulemused, mille olulisusenivoo on $p < 0.05$. Normaaljaotust kontrolliti Shapiro Wilk's testiga ja tunnustevaheliste seoste uurimisel kasutati korrelatsioonanalüüsi.

4. Tulemused

Uuringus osalenud 14 tipptasemel (IAAF 909 ± 119) Eesti jooksjat olid kõrgel tasemelaeroobse võimekusega (VO_{2max} $67.1 \pm 2.9 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) ning hea ökonoomsusega (tabel 2).

Tabel 2. Uuringus osalejate üldandmed (keskmine \pm SD)

	Eesti jooksjad (n = 14)
Vanus (a)	24.8 \pm 3.1
Pikkus (cm)	182.8 \pm 7.0
Kaal (kg)	70.6 \pm 5.3
KMI ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$)	21.1 \pm 0.7 * # \$
IAAF (p)	909 \pm 119

KMI - kehamassiindeks; IAAF - Rahvusvahelise Kergejõustikuliidu punktitableile vastavad punktid; * - statistiliselt oluline seos RE14-ga; # - statistiliselt oluline seos RE16-ga; \$ - statistiliselt oluline seos RE18-ga

Jooksjate sportlik tase IAAF punktitablei alusel korreleerus RE- ga väljendatuna submaksimaalse hapnikutarbimises kiirusel 14 (VO_{214}) ($r = -0.54$, $p = 0.046$), kuid mitte kiirustel 16 ja 18 $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ ($p > 0.05$). Puudus seos IAAF punktide ning RE vahel väljendatuna $O_2 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{km}^{-1}\cdot VO_{2max}$ ei olnud seotud kummalgi viisil väljendatud ökonoomsusega ($p > 0.05$). RE14 ($r = -0.689$; $p = 0.009$), kuid mitte RE 16 ja 18 ($p > 0.05$) näitas tugevat seost testi pikkusega (t_{max}).

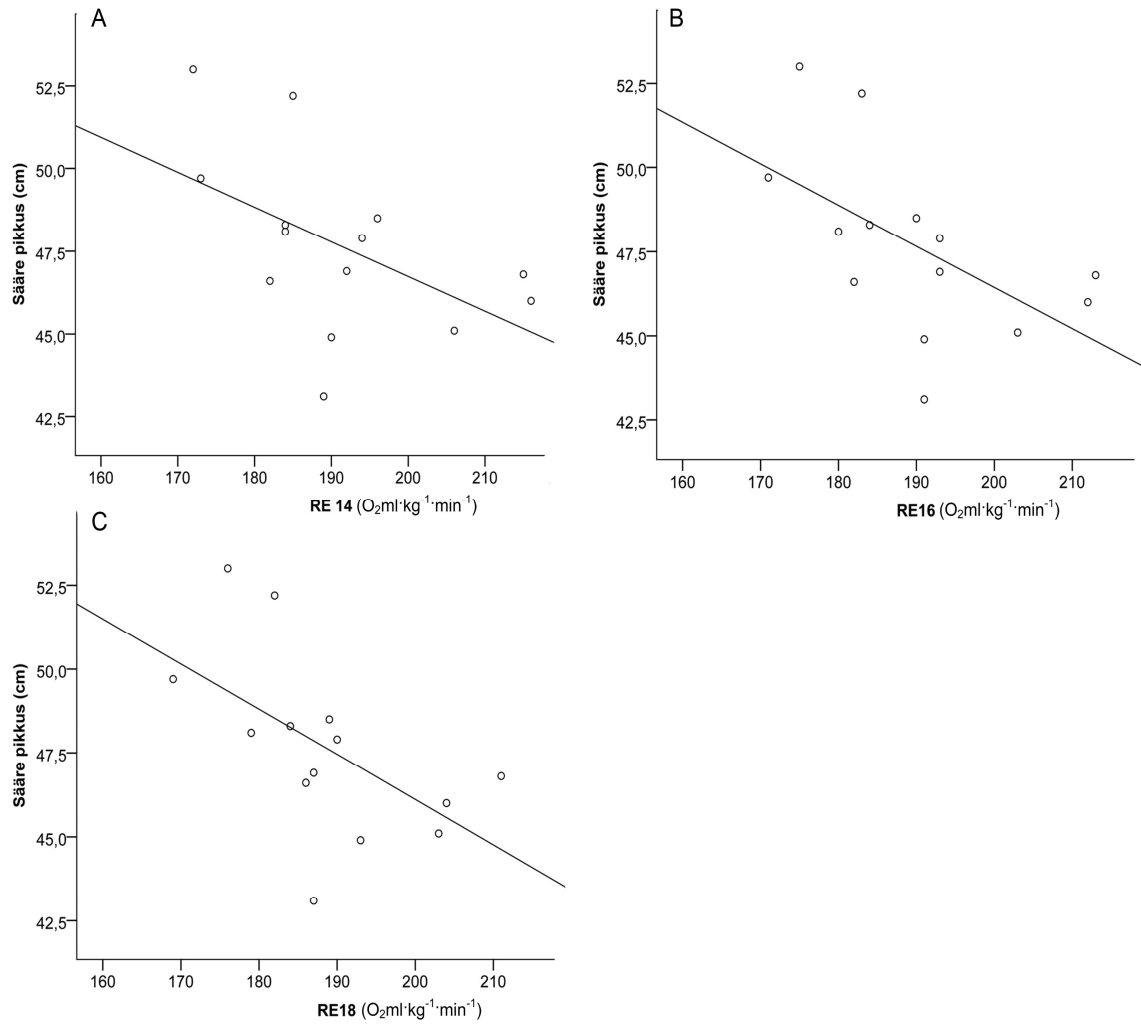
Tabel 3. Hapnikutarbimine ja jooksu ökonoomsus Eesti tipptasemel meesoost kesk- ja pikamaajooksjatel (keskmine \pm SD)

	Eesti jooksjad (n = 14)
t_{\max} (s)	1590 \pm 143 *
$VO_{2\max}$ (ml \cdot kg $^{-1}$ \cdot min $^{-1}$)	67.1 \pm 2.9
VO_{214} (ml \cdot kg $^{-1}$ \cdot min $^{-1}$)	44.6 \pm 3.2
VO_{216} (ml \cdot kg $^{-1}$ \cdot min $^{-1}$)	50.6 \pm 3.3
VO_{218} (ml \cdot kg $^{-1}$ \cdot min $^{-1}$)	56.4 \pm 3.9
RE14 (O ₂ ml \cdot kg $^{-1}$ \cdot km $^{-1}$)	191.3 \pm 13.5
RE16 (O ₂ ml \cdot kg $^{-1}$ \cdot km $^{-1}$)	190.0 \pm 12.5
RE18 (O ₂ ml \cdot kg $^{-1}$ \cdot km $^{-1}$)	188.6 \pm 11.4

t_{\max} - maksimaalne aeg jooksulindil; RE14, RE16 ja RE18 - jooksu ökonoomsus vastavalt kiirustel 14, 16 ja 18 km \cdot h $^{-1}$; VO_{214} , VO_{216} ja VO_{218} - submaksimaalse hapnikutarbimise näitaja vastavalt kiirustel 14, 16 ja 18km \cdot h $^{-1}$; * - statistiliselt oluline seos RE14-ga.

KMI oli seotud RE-ga kõikidel mõõdetud kiirustel: RE14 ($r= 0.616$; $p = 0.019$), RE16 ($r = 0.624$; $p= 0.017$) ja RE18 ($r= 0.616$; $p = 0.019$). Lisaks korreleerus sääre pikkus RE14, RE16 ja RE18-ga (vastavalt $r = -0.524$, $p = 0.055$; $r = -0.566$, $p = 0.035$; $r= -0.567$, $p = 0.034$) (joonis 1).

Kui arvesse võtta sportlase võistlustulemust, siis muutusid sääre pikkuse ja RE vahelised seosed statistiliselt ebaoluliseks, kuid RE16 ja RE18 puhul säilis trend (vastavalt $r = -0.532$, $p = 0.061$ ja $r = -0.530$, $p = 0.062$). Sarnase võistlustulemuse puhul on tendents, et sääre pikkus on seotud RE-ga (joonis 1).



Joonis 1. Sääre pikkuse ja jooksu ökonoomsuse seos kiirustel $14\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ ($r = -0.524$; $p = 0.055$) (A), $16\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ ($r = -0.566$; $p = 0.035$) (B) ja $18\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ ($r = -0.567$; $p = 0.034$) (C).

Uuringus osalejate peamised antropomeetrilised parameetrid on toodud väja tabelis 4.

Tabel 4. Eesti jooksjate peamised antropomeetrilised parameetrid (keskmine \pm SD)

	Eesti jooksjad (n = 14)
Übermõõdud (cm)	
Reis ülevalt	52.2 \pm 1.6
Reis keskelt	49.2 \pm 1.5
Säär	36.7 \pm 1.2
Hüppeliiges	22.0 \pm 1.1
Pikkused (cm)	
Kogu jalg	91.2 \pm 4.3
Reis	43.5 \pm 3.0
Säär	47.7 \pm 2.7

Tabel 5. Eesti jooksjate pikkuste ja masside suhted (keskmine \pm SD)

	Eesti jooksjad (n = 14)
Pikkuste suhted (%)	
Jala pikkuse suhe keha pikkusesse	49.9 \pm 1.3
Reie pikkuse suhe keha pikkusesse	23.9 \pm 1.5
Sääre pikkuse suhe keha pikkusesse	26.1 \pm 0.8
Sääre pikkuse suhe reie pikkusesse	109.9 \pm 9.0
Masside suhted (%)	
Jala massi suhe keha massiga	20.3 \pm 0.5
Reie massi suhe keha massiga	14.4 \pm 0.5
Sääre massi suhe keha massiga	5.9 \pm 0.3
Sääre massi suhe reie massiga	41.0 \pm 3.0

Antropomeetrilised suhted pikkuste ja masside osas ei olnud seotud RE-ga ($p > 0.05$).

5. Arutelu

Käesoleva magistr töö eesmärgiks oli uurida Eesti tipp tasemel meessoost kesk- ja pikamaajooksjate RE-d mõjutavaid füsioloogilisi, antropomeetrilisi ning keha koostise parameetreid. Varasemalt on Eesti jooksjate RE-d küll uuritud (Mooses *et al.*, 2013; Mooses *et al.*, 2013a), kuid mitte niivõrd kõrgel tasemel kesk- ja pikamaajooksjatel. Käesolevas uuringus osales 14 Eesti tipp tasemel kesk- ja pikamaajooksjat (sh 2012, 2014 ja 2015.a Euroopa Meistrivõistlustel startinud jooksjad). Sportlaste grupp oli homogeenne nii sportlike tulemuste (IAAF punktid 909 ± 119) kui ka VO_{2max} ($67.1 \pm 2.9 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) väärtuste poolest. Uuringus osalenud jooksjate üldine sportlik tase oli kõrgem kui varasemalt Eesti jooksjatega läbi viidud uuringutes (Mooses, *et al.*, 2013; Mooses, *et al.*, 2015) ning võrreldav uuringutega, kus on osalenud kõrgel tasemel Euroopa jooksjad (Lucia *et al.*, 2008; Legaz, *et al.*, 2007; Weston *et al.*, 2000).

VO_{2max} ei olnud antud uuringus seotud võistlustulemustega. Sarnased tulemusi on leidnud (Weston, *et al.*, 2000), kus osalesid sportlased, kelle 10 km keskmine tulemus (IAAF punktid 799) oli mõnevõrra madalam meie poolt läbiviidud uuringus Eesti jooksjatega. Kuigi Kenya jooksjatel oli 13% madalam VO_{2max} , oli nende RE 5% parem kui Euroopa jooksjatel. Seda, et VO_{2max} ei olnud seotud võistlustulemusega ega ka ühegi antropomeetrilise parameetriga, kinnitab ka varasem sarnane uuring (Conley & Krahenbuhl, 1980), kus uuriti homogeen set gruppi tipp tasemel jooksjatega. Selles uuringus, kus RE oli seotud 10 km jooksu tulemusega, ei esinenud seal olulist seost VO_{2max} ja võistlustulemuse vahel. Noakes, Myburgh ja Schall (1990) leidsid, et olulisem parameeter kui VO_{2max} oli hoopis maksimaalne aeg astmeliselt tõusvate kiirustega jooksutestil. Faktorid, mis on seotud RE-ga, erinevad nendest, mis on seotud võistlustulemustega. Vaatamata sellele, et ei leitud seoseid ökonoomsuse ja võistlustulemuste vahel selles uuringus, esines vastandlik seos VO_{2max} ja RE vahel (Mooses, *et al.*, 2014). Ehk jooksjad, kes olid väga hea ökonoomsusega olid pigem madalama VO_{2max} näitajaga. Seda esmapilgul vastuolulist seost on leitud ka teistes uuringutes (Pate *et al.*, 1992), kus osalesid harrastusportlased ja teine uuring, kus osalesid tipp tasemel 10km jooksjad (Morgan & Daniels, 1994). Jooksu ökonoomsuse ja VO_{2max} seoseid võistlustulemustega on uuritud maailma parimal naismaratoonaril- Paula Radcliffe'1 aastatel 1992 - 2003 (Jones, 2006). Tema saavutatud VO_{2max} väärtused on väga kõrged, aga muutusid suhteliselt vähe võrreldes võistlustulemustega. Kuid selle ajaga (13 aastat) toimus märkimisväärne ökonoomsuse paranemine submaksimaalsel kiirusel. 1992. aastal mõõdetud tulemus oli $205 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{km}^{-1}$ ja aastal 2003. $175 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{km}^{-1}$. Toimus 15% paranemine ökonoomsuse

arvelt. RE parandamine võimaldas joosta samal VO_2 tasemel oluliselt kiirema tempoga. Nendest tulemustest võib järeldada, et jooksu tulemuslikkuse seisukohast on olulisem just RE näitaja, kui seda on $\text{VO}_{2\text{max}}$ väärtus (Jones, 2006).

Jooksu ökonoomsusel on leitud oluline seos võistlustulemustega ning seetõttu peetakse seda parema võistlustulemuse saavutamise seisukohast efektiivsemaks vahendiks kui maksimaalset hapnikutarbimist eriti tippjooksjate puhul, kellel on sarnased ja ühtlasi ka väga kõrged $\text{VO}_{2\text{max}}$ väärtused (Saunders *et al.*, 2004).

5.1 Antropomeetria jooksu ökonoomsuse mõjutajana

Antropomeetrilised näitajaid nagu pikkust, jäsemete mõõtmeid, keha rasva ja rasvavaba massi on seostatud kui potentsiaalsete ökonoomsuse mõjutajatena (Saunders *et al.*, 2004). Mida pikem ja raskem on sportlane, seda rohkem kulub tal energiat oma keha liigutamiseks, ehk jooksja on ebaökonoomsem. Käesolevas töös oli KMI ja sääre pikkus seotud ökonoomsusega kõigil kolmel kiirusel.

Pikkust ja kehakaalu (Maldonado, *et al.*, 2002), rasva ja rasvavaba massi (Winter & Hamley, 1976), õlavarre übermõõtu (Knechtle, *et al.*, 2008), on seostatud kesk- ja pikamaajooksu võistlustulemustega. Üheks suurimaks erinevuseks võrdluses Eesti ja Kenya jooksjate puhul on see, et Aafrika jooksjad erinevad oluliselt mitmete antropomeetriliste parameetrite poolest. Käesolevas töös läbiviidud sportlaste keskmine pikkus oli 182.8 ± 7.0 siis Vernillo, *et al.*, 2013 puhul, kus uuringugruppi kuulusid tiptasemel Kenya maratoni jooksjad olid sportlased keskmiselt 10 cm lühemad 171.2 ± 6.1 ja üle 10kg kergemad 70.6 ± 5.3 vs 57.7 ± 4.0 kg. Kuna kehakaal ja pikkus on otseselt seotud kehamassiindeksiga saab järeldada seda, et Kenya jooksjad on ökonoomsemad kui Eesti kesk- ja pikamaajooksjad.

Kesk- ja pikamaajooksjad paistavad silma oma suhteliselt väikese kehamassi ja pikkuse poolest. Sellel on otsene seos energiakuluga ehk jooksjad, kes on keskmisest kergemad, kulutavad vähem energiat enda keha liigutamiseks jooksmisel (Myers & Steudel, 1985). Uuring (Kong & de Heer 2008; Larsen, 2003) näitas, et väiksem sääre massi suhe reie massi oli seotud võistlustulemustega keskmaajooksus, kuid mitte pikamaajooksus. Vähendades keha ja jalgade massi peaks see omakorda aitama kaasa kineetilise energia kulu vähenemisele, mis on vajalik jalgade liigutamiseks (Fudge, *et al.*, 2006). Seejuures jalgade mass ja selle jaotumine on oluline parameeter, mis on jooksja võistlustulemusega seotud.

Hoolimata arvukatest uuringutest, mis kirjeldavad erinevaid antropomeetrilisi parameetreid, mis on seotud jooksja võimel saavutada kõrgel tasemel tulemusi kesk- ja pikamaajooksus (Knechtle, *et al.*, 2008; Kong & de Heer, 2008; Arrese & Ostariz, 2006; Legaz & Eston, 2005; Maldonado, *et al.*, 2002; Tanaka & Matsuura, 1982), on suhteliselt vähe uuringuid, mis vaatleksid seoseid spetsiifiliste antropomeetriliste suhetega jäsemete omavaheliste pikkuste ja kehapiikkusega. Käesoleva uuringu üheks olulisemaks tulemuseks on see, et jooksu ökonoomsuse korreleerus negatiivselt sääre pikkusega ning positiivselt KMI-ga viidates, et pikemate säärite ning madalama pikkuse ja kaalu suhtega jooksjatel on parem RE. Seega, mida pikem on sportlase sääär, seda madalam on ökonoomsuse väärtus ehk ta kulutab submaksimaalsel jooksukiirusel vähem energiat edasiliikumiseks.

Mitmeid antropomeetrilisi ja keha koostise parameetreid on seostatud võistlustulemusega tipp tasemel Euroopa kesk- ja pikamaajooksjatel (Arrese & Ostariz, 2006). Varasemas uuringus Eesti jooksjatega on leitud, et sääre massi suhe reie massi ning kogu keha rasvavabamass on seotud keskmaajooksjate võistlustulemusega (Mooses *et al.*, 2013). Uuringus (Mooses, *et al.*, 2014) leiti märkimisväärsed suhted jooksu ökonoomsuse ja kehamassiindeksi ja reie ümbermõõdu ning sääre ümbermõõdu vahel. Seosed, mis valitsesid võistlustulemuste ja reie pikkuse, samuti ka kogu jalapiikkuse ning jalapiikkuse suhtega kogu keha pikkusesse näitavad, et keskmisest pikemad jalad on eeliseks kesk- ja pikamaajooksus. Suurendades sammu pikkust on see efektiivsem, kui seda kompenseerida lühema sammupikkusega, sellisel viisil kulub vähem energiat jalgade tööle. Kokkuvõttes pikemad jalad aitavad kaasa sammupikkuse suurenemisele ja seeläbi aitavad parandavad RE-d (Anderson, 1996; Rahmani, *et al.*, 2004; Sleivert & Rowlands, 1996).

5.2 Jooksu ökonoomsuse seos võistlustulemustega

Eesti tipp tasemel kesk- ja pikamaajooksjate võistlustulemus korreleerus negatiivselt jooksu ökonoomsusega kiirusel 14 km·h⁻¹ ehk need jooksjad, kes olid kõrgemal sportlikul tasemel eelneva hooaja võistlustulemuse põhjal (IAAF punktitablel) kasutasid kiirusel 14 km·h⁻¹ vähem hapnikku. Submaksimaalne hapnikutarbimine kiirusel 14 km·h⁻¹ on seotud jooksja parema võistlustulemusega (p = 0,046). See tähendab, et jooksja kelle sportlik tase on IAAF punktitablel alusel parem on ökonoomsem kiirusel, mis vastab uuringus osalejate rahuliku jooksu tempole aeroobse läve tasemel (~4:17 min/km). Käesolevas töös leitud seos,

et kõrgemal tasemel sportlane, on ökonoomsem kinnitab uuring, kus võrreldi omavahel Euroopa ja Aafrika tippjooksjaid (Lucia *et al.*, 2008). Väga madala ökonoomuse väärtuse (150 ml O₂/kg/km) saavutas hetkel kehtiva poolmaratoni maailmarekordi (58m 23s) omanik Zerisenay Tadesse (Eritrea). Tema RE oli märgatavalt parem nii tipptasemel Kenya jooksjatest, kes olid võitnud medaleid Olümpiamängudelt kui ka Euroopa meistrivõistlustel medaleid võitnud sportlastest.

5.3 Uuringu piirangud

Käesoleva uurimustöö puhul saadud $\dot{V}O_{2max}$ näitajad võivad olla madalamad ja ökonoomsuse näitajad paremad võrreldes varasemate Eesti jooksjatega tehtud uuringutega (3 artiklit) uuringutega, sest varem on kasutatud MetaMax 3B seadet, mis hindab $\dot{V}O_2$ näitajaid 10% ulatuses kõrgemaks, kui seda on "kuldne standard" ehk Douglase koti meetod (Macfarlane & Wong, 2012; Vogler *et al.*, 2010; Mooses, *et al.*, 2013).

6. Järeldused

- 1) Kesk- ja pikamaajooksu võistlustulemused olid seotud energiakuluga submaksimaalsel kiirusel. Kõrgema sportliku tasemega kesk- ja pikamaajooksjad on submaksimaalse kiirusega jookstes ökonoomsemad. Tipptasemel Eesti kesk- ja pikamaajooksjad, kes olid paremate võistlustulemustega, näitasid madalamat O_2 kulu submaksimaalsel kiirusel.
- 2) Kõrgem VO_{2max} väärtus ei olnud seotud parema RE-ga ja IAAF punktidega. Antud uuringu tulemused kinnitavad seda, et RE on tähtsam parameeter kõrgel tasemel võistlustulemuste saavutamiseks kui seda on VO_{2max} .
- 3) Pikemate sääritega ja madalama KMI-ga jooksjatel on parem ökonoomsus. Pikemad sääred aitavad kaasa parema jooksuökonoomsuse saavutamisele. Kesk- ja pikamaajooksjad, kes on väiksema kehakaalu- ja kehamassindeksiga on ökonoomsemad.

Kasutatud kirjandus

1. Anderson, T. Biochanics and running economy (1996). *Sports Medicine*, 22, 76 - 89.
2. Arrese, A.L., & Ostariz, E.S. Skinfold thicknesses associated with distance running performance in highly trained runners (2006). *Journal of Sports Sciences*, 24(1), 69-76.
3. Billat, V., Demarle, A., Slawinski, J., Paiva, M., Koralsztein, J. P. Physical and training characteristics of top - class marathon runners (2001). *Medicine & Science in Sport & Exercise*, 33(12), 2089–97.
4. Bragada, J. A., Santos, P. J., Maia, J. A., Colaco, P. J., Lopes, V. P. *et al.* Longitudinal study in 3000 m male runners: relationship between performance and selected physiological parameters (2010). *Journal of Sports Science & Medicine*, 9(3), 439–44.
5. Conley, D. L. & Krahenbuhl, G. S. Running economy and distance running performance of highly trained athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 12, 357 - 360
6. Fletcher, JR., Esau, SP., MacIntosh, BR. Economy of running: beyond the measurement of oxygen uptake (2009) . *Journal Of Applied Physiology*; 107, 1918–1922 .
7. Foster, C., Daniels, J., & Yarbrough, R. A. Physiological and training correlates of marathon running performance (1977). *Australian Journal of Sports Medicine*, 9, 58–62.
8. Foster, C., Lucia, A. Running economy: the forgotten factor in elite performance (2007). *Journal of Sports Medicine*; 37 : 316 – 9.
9. Fudge, BW., Klaas, RW., Kiplamai, FK., Onywera, VO., Boit, MK., *et al.* Evidence of negative energy balance using doubly labelled water in elite Kenyan endurance runners prior to competition (2006). *The British Journal of Nutrition*, 95(1): 59-66.
10. Hetland, M.L., Haarbo, J., & Christiansen, C. Regional body composition determined by dual-energy x-ray absorptiometry. Relation to training, sex hormones, and serum lipids in male long-distance runners (1998). *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 8(2), 102-108.
11. Jones, AM. The Physiology of the World Record Holder for the Women 's Marathon (2006). *International Journal of Sports Science & Coaching*, 1(2), 101 - 116.
12. Joyner, M. J., & Coyle, E. F. Endurance exercise performance: the physiology of champions (2008). *The Journal of Physiology*, 586(1), 35–44.
13. Knechtle, B., Knechtle, P., Schulze, I., Kohler, G. Upper arm circumference is associated with race performance in ultra-endurance runners (2008). *British Journal of Sports Medicine*, 42(4), 295–9.
14. Kong, P. W., & de Heer, H. Anthropometric, gait and strength characteristics of Kenya distance runners (2008). *Journal of Sports Science & Medicine*, 7(4), 499–504.

15. Larsen, H. B. Kenyan dominance in distance running (2003). *Comparative Biochemistry & Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 136(1),161–70.
16. Legaz, A., & Eston, R. Changes in performance, skin fold thicknesses and fat patterning after three years of intense athletic conditioning in high level runners (2005). *British Journal of Sports Medicine*, 39(11), 851-856.
17. Legaz-Arrese A, Munguía-Izquierdo D, Nuviala A, Serveto-Galindob O, Moliner Urdialesa D. Average VO_{2max} as a function of running performances on different distances (2007). *Reverter Masíaa Science & Sports*, 22: 43–49.
18. Lucia, A., Esteve-Lanao, J., Oliván, J., Gomez-Gallego, F., San Juan, A. F. *et al.* Physiological characteristics of the best Eritrean runners – exceptional running economy (2006). *Applied Physiology, Nutrition, & Metabolism*, 31(5), 530–40.
19. Lucia, A., Oliván, J., Bravo, J., Gonzalez-Freire, M. and Foster C. The key to top-level endurance running performance: a unique example (2008). *British Journal of Sports Medicine*; 42;172-174.
20. Macfarlane DJ, Wong P. Validity, reliability and stability of the portable Cortex Metamax 3B gas analysis system (2012). *European Journal of Applied Physiology*; 112(7), 2539-47.
21. Maldonado, S., Mujika, I., & Padilla, S. Influence of body mass and height on the energy cost of running in highly trained middle- and long-distance runners (2002). *International Journal of Sports Medicine*, 23(4), 268-272.
22. Midgley, A. W., McNaughton, L. R., Jones, A. M. Training to enhance the physiological determinants of long-distance running performance (2007). Can valid recommendations be given to runners and coaches based on current scientific knowledge? *Sports Medicine*, 37(10), 857–80.
23. Mooses, M., Jürimäe, J., Mäestu J., Purge P., Mooses K., *et al.* Anthropometric and physiological determinants of running performance in middle- and long - distance runners (2013a). *Kinesiology*; 45(2): 130-8.
24. Mooses, M., Jürimäe, J., Mäestu, J., Mooses, K., Purge, P. Running economy and body composition between competitive and recreational level distance runners (2013). *Acta physiologica Hungarica*, 100(3), 340 - 346.
25. Mooses, M., Mooses, K., Haile, D.W., Durussel, J., Kaasik, P. Dissociation between running economy and running performance in elite Kenyan distance runners (2014). *Journal of Sport Sciences*, 11, 1 - 9.
26. Mooses, M., Tippi, B., Mooses, K., Durussel, J., Mäestu, J. Better economy in field running than on the treadmill. evidence from high - level distance runners (2015). *Biology of Sport*, 32, 155 - 159.

27. Morgan, D. W., & Daniels, J. T. Relationship between VO₂max and the aerobic demand of running in elite distance runners. *International Journal of Sports Medicine*, 15, 426 - 429.
28. Myers, M., & Steudel, K. Effect of limb mass and its distribution on the energetic cost of running (1985). *Journal of Experimental Biology*, 116, 363–73.
29. Noakes, T. D., Myburgh, K. H., & Schall, R. Peak treadmill running velocity during the VO₂max test predicts running performance. *Journal of Sports Sciences*, 8, 35 - 45
30. Norton, K., Olds, T. *Antropometrica: A textbook of body measurement for sports and health courses* (1996). Sydney: University of New South Wales Press.
31. Pate, R. R., & Branch, J. D. Training for endurance sport (1992).. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 24(9), 304–43.
32. Prommer, N., Thoma, S., Quecke, L., Gutekunst, T., Völzke, C. *et al.* Total hemoglobin mass and blood volume of elite Kenyan runners (2010). *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 42(4), 791–7.
33. Rahmani, A., Locatelli, E., & Lacour, J. R. Differences in morphology and force/velocity relationship between Senegalese and Italian sprinters. *European Journal of Applied Physiology*, 91, 399 - 405.
34. Raichlen, D. A., Hunter, A., Lieberman, D. E. Calcaneus length determines running economy: Implications for endurance running performance in modern humans and Neandertals (2011). *Journal of Human Evolution*, 60(3), 299–308.
35. Saltin, B., Larsen, H., Terrados, N., Bangsbo, J., Bak, T. *et al.* Aerobic exercise capacity at sea level and at altitude in Kenyan boys, junior and senior runners compared with Scandinavian runners (1995). *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 5(4), 209–21.
36. Santos - Concejero, J., Granados, C., Irazusta, J., Bidaurrezaga-Letona, I., Zabala-Lili, J. *et al.* Differences in ground contact time explain the less efficient running economy in north African runners (2013). *Biology of Sport*, 30, 181–187.
37. Saunders, P.U., Pyne, D.B., Telford, R.D., and Hawley, A. Factors affecting running economy in trained distance runners (2004). *International Journal Of Sports Medicine*; 34: 465-485.
38. Scholz, M. N., Boobert, M. F., van Soest, A. J., Clark, J. R., van Heerden, J. Running biomechanics: shorter heels, better economy (2008). *Journal of Experimental Biology*, 211(20), 3266–71.
39. Scrimgeour, A. G., Noakes, T. D., Adams, B. & Myburgh, K., The Influence of Weekly Training Distance of Fractional Utilization of Maximum Aerobic Capacity in Marathon and Ultramarathon runners (1986), *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 55, 202-209.

40. Sjodin, B. & Svedenhag, J., Applied Physiology of Marathon Running (1985). *Sports Medicine*, 2, 83-99.
41. Sleivert, G. G., & Rowlands, D. S. Physical and physiological factors associated with success in the triathlon. *Sports Medicine*, 22, 8 - 18.
42. Smith, D., Telford, R., Peltola, E., Tumilty, D., Protocols for the Physiological Assessment of High - Performance Runners, in: Gore, C. J., ed, Physiological tests for elite athletes (2000), *Australian Sports Commission, Human Kinetics, Champaign IL*, 334-344
43. Spiriev, B. IAAF Scoring Tables of Athletics 2011. Monaco: Multiprint.
44. Tam, E., Rossi, H., Moia, C., Berardelli, C., Rosa, G. *et al* Energetics of running in top - level marathon runners from Kenya (2012). *European Journal of Applied Physiology*, 112(11), 3797–806.
45. Tanaka, K., & Matsuura, Y. A multivariate analysis of the role of certain anthropometric and physiological attributes in distance running (1982). *Annals of Human Biology*, 9(5), 473-482.
46. Wasserman, K., Hansen, J. E., Sue, D. Y., Stringer, W. E., Whipp, B. J. Measurements during integrative cardiopulmonary exercise testing (2005). In K.Wasserman, E. Hansen, Y. Sue, E. Stringer, J. Whipp, *Principles of exercise testing and interpretation. Including pathophysiology and clinical applications*. 4th ed. (pp.100–105). Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
47. Vernillo, G., Schena, F., Berardelli, C., Rosa, G., Galvani, C. *et al*. Anthropometric characteristics of top - class Kenyan marathon runners (2013).*The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, August, 53 (4), 403 - 408.
48. Vogler AJ, Rice AJ, Gore CJ. Validity and reliability of the Cortex MetaMax3B portable metabolic system (2010). *Journal of Sports Sciences*; 28(7), 733-42.
49. Weston, A. R., Mbambo, Z., Myburgh, H. K. Running economy of African and Caucasian distance runners (2000). *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 32(6), 1130–4.
50. Wilber, R., & Pitsiladis, Y. Kenyan and Ethiopian distance runners: What makes them so good? (2012). *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 7, 92–102.
51. Williams, K. R., & Cavanagh, P. R. Relationship between distance running mechanics, running economy, and performance (1987). *Journal of Applied Physiology*, 63, 1236–1245.
52. Winter, E.M., & Hamley, E.J. Submaximal oxygen uptake related to fat free mass and lean leg volume in trained runners (1976). *British Journal of Sports Medicine*, 10(4), 223-225.

Autori lihtlitsents töö avaldamiseks

Mina: Rauno Laumets

(sünnikuupäev: 14.05.1990)

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose

Jooksu ökonoomsus ja seda mõjutavad faktorid Eesti tippasemel kesk- ja pikamaajooksjatel,

mille juhendaja on _____ Martin Mooses ja Kerli Mooses _____,

1.1. reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace-is lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse 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.

Tartu, 20.05.2015