

Tallinna Ülikool

Loodus- ja Terviseteaduste Instituut

Kehakultuur

Anastasia Gorohova

**NAIS- JA MEESTÕKKEJOOKSJATE 100 M JA 110 M  
TÕKKEJOOKSU DISTANTSI LÄBIMISE VÕRDLEV  
ANALÜÜS JA DISTANTSI OSADE SEOS TULEMUSEGA**

Bakalaureusetöö

Juhendaja: Mikola Misjuk

.....

Tallinn 2019

## **AUTORI KINNITUS**

Mina, Anastasia Gorohova, kinnitan, et olen lõputöö teinud iseseisvalt ning seda ei ole keegi teine varem kaitsmiseks esitanud. Kõigi teiste autorite uurimistööde ja mujalt pärinevate andmete kasutamisel on allikale viidatud.

Annan Tallinna Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) oma lõputööd säilitada ja üldsusele kättesaadavaks teha Tallinna Ülikooli Akadeemilise Raamatukogu digihoidlas. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Töö autor: \_\_\_\_\_

Kuupäev, allkiri

## RESÜMEE

**Gorohova, Anastasia. Nais- ja meestökkejooksjate 100 m ja 110 m tõkkejooksu distantsti läbimise võrdlev analüüs ja distantsti osade seos tulemusega. Bakalaureusetöö. Tallinna Ülikool, Loodus- ja Terviseteaduste Instituut. Tallinn, 2019.**

Uuringu eesmärk on välja selgitada maailma parimate mees- ja naistökkesprinterite distantsti läbimise dünaamika ja seostada distantsti osade läbimist tõkkejooksu tulemusega. Eesmärgi lahendamiseks püstitati kolm uurimisülesannet. Esiteks, selgitada välja seosed naiste 100 m tõkkejooksu aja ja distantsti osade läbimise vahel. Teiseks, selgitada välja seosed meeste 110 m tõkkejooksu aja ja distantsti osade läbimise vahel. Kolmandaks, võrrelda nais-ja meestökkejooksjate distantsti osade läbimise kiiruse dünaamikat 100 m ja 110 m tõkkejooksul.

Uuringus on kasutatud 2017. aastal toimunud maailmameistrivõistluste parimate mees- ja naistökkesprinterite andmeid 110 meetri ja 100 meetri tõkkejooksus. Bakalaureusetöö läbiviimiseks olid distantsti osade parameetrid jaotatud üheteistkümneks osaks. Üheksa tõkkevahet oli omakorda jaotatud kolmeks osaks: algus-, kesk- ja lõpposa. Võrreldud on naiste 100 m ja meeste 110 m tõkkejooksu suhtelist keskmist kiirust.

Uuringu tulemustest leiti, et naistökkejooksjate tulemus seostub distantsti läbimise keskosaga, mis viitab maksimaalse kiiruse olulisusele tõkkejooksus. Meestökkejooksjate tulemus seostub distantsti kõikide osadega, kuid kõige tugevamini seostub jooksu algusosaga tõkete vahel, mis viitab stardikiirenduse olulisusele. Naistökkejooksjad läbivad distantsti keskosa meestest suhteliselt kiiremini võrreldes enda distantsti läbimise keskmise kiirusega.

**Võtmesõnad:** kergejõustik, 100 m tõkkejooks, 110 m tõkkejooks, distantsti osad, kiiruse dünaamika

## **ABSTRACT**

**Gorohova, Anastasia. Comparative Analysis of Men's 110 m and Women's 100 m Hurdles Distance and the Relation of Distance Parts with Final Result. Bachelor Thesis. Tallinn University, School of Natural Sciences and Health, Movement, Health and Sports Sciences, Physical Education. Tallinn, 2019.**

The aim of this study is to investigate world's best men 110 m hurdlers and women 100 m hurdlers distance passing dynamics and to correlate distance parts with the final result. For this, three criteria were set up. Firstly, to find out the relation between women's 100 m hurdles final time and distance parts. Secondly, to find out the relation between men's 110 m hurdles final time and distance parts. And thirdly, to compare the velocity dynamics for parts of distances among men and women hurdle race.

The data about world's best men and women hurdlers is derived from the biomechanical report of London's 2017 World Championships. For conducting the bachelor thesis, the distance was divided to eleven parts. Nine run-in hurdle distances were divided to three sections: first, middle and last section. Relative average velocities of men's 110 m hurdles and women's 100 m hurdles were compared.

The study shows that women's final time is related to the middle part of distance which is the part where hurdlers achieve their maximum velocity. Men's final time is related to all distance parts, but the most significant correlation is at the first section of the race between hurdles where they gather maximum speed. Compared to their own average speed women hurdlers run the middle part of the distance relatively faster than men hurdlers.

**Key words:** track and field, 100 m hurdles, 110 m hurdles, the parts of distance, dynamics of velocity

## SISUKORD

AUTORI KINNITUS .....	2
RESÜMEE.....	3
SISUKORD .....	5
SISSEJUHATUS .....	6
1 KIRJANDUSE ÜLEVAADE.....	7
1.1 Naiste 100 m ja meeste 110 m tõkkejooksu iseloomustus.....	7
1.2 Naiste 100 m ja meeste 110 m tõkkejooksu distansti läbimise analüüs ja seos võistlustulemusega .....	9
2 EESMÄRK JA ÜLESANDED.....	14
3 METOODIKA .....	15
3.1 Vaatlusalused .....	15
3.2 Uuringu korraldus .....	15
3.3 Mõõdetud parameetrid .....	16
3.4 Andmete statistiline analüüs .....	16
4 TULEMUSED .....	17
5 ARUTELU .....	20
JÄRELDUSED .....	23
KASUTATUD KIRJANDUS.....	24

## SISSEJUHATUS

Tõkkejooks, eriti kõrgete tõkete ületamisel, on kergejõustiku üks nõudlikemadest aladest. Meestõkkejooksjatel peavad olema lisaks sprinteri kiiruslikele omadustele ka kõrgetasemelised tehnilised oskused, et joosta kümme tõket kõrgusega 1,067 m. (McLean, 1994). Meeste tõkked on alates 19. sajandist jäänud samaks – tõkke kõrgus 1,06 m ja tõkete vahe 9,14 m (Stein, 2000). Naiste esimene tõkkejooks toimus aastal 1932 Olümpiamängudel, mis koosnes kaheksast tõkkest kõrgusega 0,762 m ja tõkkevahega 8 m ning distantsi pikkuseks oli 80 m. Aastal 1969 oli naiste tõkkejooksu distantsi pikkuseks 100 m ja joosti 10 tõket kõrgusega 0,84 m ning tõkkevaheks sai 8,50 m, mis on jäänud siiani kehtima (Francis, et al., 2004).

Paremaks tõkkejooksu treeningprotsessi korraldamiseks on treeneritel lisaks detailsetele biomehaanilistele parameetritele, mis kirjeldavad tõkke ületuse faasi, vaja ka kõikehõlmavaid parameetreid. Neid parameetreid – tõkke ületamise ajad, kiirus, tõketevahelised ajad – kasutatakse treeningprotsessi planeerimiseks. Distsants on ära jaotatud üheteistkümneks osaks: stardist esimese tõkkeni (naistel 13 m; meestel 13,72 m), üheksa tõkkevahet (naistel 8,50 m; meestel 9,14 m) ja kümnendast tõkkest finišini (naistel 10,50 m; meestel 14,02 m). Üheksa tõkkevahet on omakorda jaotatud kolmeks: algus-, kesk- ja lõpuosa. Tõkkejooksu algusosa nõuab kiiruslikke omadusi, keskosas on vaja saavutada maksimaalne kiirus ja lõpposa nõuab kiiruslikku vastupidavust, et säilitada maksimaalselt kaua kõrgeimat saavutatud kiirust.

Käesoleva uurimistöo autor leidis vaid kaks artiklit – Tsiokanos et. al (2017) ja Vazel (2011), kus uuriti seoseid distantsi osade ja lõpptulemuse vahel naiste 100 m ja meeste 110 m tõkkejooksus. Uuringu eesmärk on välja selgitada maailma parimate mees- ja nais tõkkesprinterite distantsi läbimise dünaamika ja seostada distantsi osade läbimist tõkkejooksu tulemusega. Eesmärgi lahendamiseks on püstitatud kolm uurimisülesannet. Esiteks, selgitada välja seosed naiste 100 m tõkkejooksu aja ja distantsi osade läbimise vahel. Teiseks, selgitada välja seosed meeste 110 m tõkkejooksu aja ja distantsi osade läbimise vahel. Kolmandaks, võrrelda nais- ja meestõkkejooksjate distantsi osade läbimise kiiruse dünaamikat 100 m ja 110 m tõkkejooksul.

# 1 KIRJANDUSE ÜLEVAADE

## 1.1 Naiste 100 m ja meeste 110 m tõkkejooksu iseloomustus

Tõkkejooks kuulub sprindi kategooriasse – eristatakse kõrgeid tõkkeid ehk 100 m tõkkejooks naistel ja 110 m tõkkejooks meestel ning madalad tõkked ehk 400 m tõkkejooks (Lima, et al., 2013). Tõkkejooks on kombinatsioon tsüklilisest jooksust tõkete vahel ja atsüklilisest kümne tõkke ületusest kõrgusega 1,067 m meestel (Sidhu & Bahadur, 2015) ja 0,84 m naistel.

Tõkkesprint, kus on kõrged tõkked on üks tehniliselt nõudlikumaid kergejõustiku alasid (Ali & Ahmed, 2009). Sportlane peab omama kõrgetasemelist sprintimise oskust, erilist painduvust puusaliigesest, kiirusjõudu ja head tehnilised teadmised. Tõkke ületamisel peab kiiruse kadu olema minimaalne. Efektiivseks tõkke ületuseks on äratõuke ja maandumise koht tõkke taha väga olulised (Coh, et al., 2000). Saavutamaks optimaalset tasakaalu tõkete vahel jooksu ja nende ületamisega, läheb vaja tehniliselt õigeid liigutusi terve distantsi jooksul (Hücklekemkes, 1990).

110 meetri tõkkejooksja ei saa vabalt joosta tõkete vahel nagu tavalises sprindis. Terve jooksu ajal peab korrigeerima kehahoiakut, puusade kõrgust maapinnast ja sammu pikkust sõltuvalt jooksust, mida dikteerivad tõkke ületuse tagajärg, kaugus järgmise tõkkeni ja väsimus jooksu teises pooles. Kõik eelmainitud mõjutab jooksukiirust eriti distantsi teises osas. Lõpuosa edu võtmeks on tehnika, mida sportlane kasutab jooksusammu kohandamiseks ja sammu sageduse säilitamiseks (Bedini, 2012).

Naiste 100 m tõkkejooks on sprindi ala, kus joostakse rütmiliselt kümme tõket võrdsete vahemaadega tõkete vahel. Tõkkejooksja peab olema väga heade tehniliste oskustega, eriti tõkke ületamisel, et säilitada kiirust. Naiste tõkkejooksu paremaks korraldamiseks ja treeningprotsessi kontrollimiseks on treeneritel, lisaks detailsetele biomehaanilistele parameetritele, on vaja ka kinemaatilisi parameetreid. Need parameetrid on vajalikud sportlase pingutuse jaotamise planeerimiseks distantsil (Tsiokanos, et al., 2017).

Nii pika- kui ka lühimaa tõkkejooks on rütmiline sprindi ala. Kiirus ja kiiruslik vastupidavus on põhilised nõudmised sellel alal, kuid kõige tähtsam on võime kooskõlastada need kaks kehalist võimet rütmiga, mida tuleb säilitada tõkke peale jooksul ning tõkete vahede jooksmisel. Algajad kalduvad nägema tõket kui barjääri ja kipuvad

tõketest üle hüppama, mitte jooksuma, kuid tõkkes pole mõeldud hüppamiseks. Seega esimese asjana tuleb selgeks saada, et tõkke ületamine on vaid pikendatud jooksusamm, mis ei tohi väga palju kõrvale kalduda tavapärasest sprindist (Schiffer, 2012).

Teadlane ja edukas treener Roberto Bedini usub, et paljud treenerid panevad suurt rõhku jooksu esimesele poolele, kasutades treeningutes ainult viit kuni kuut tõket. Selle tõttu ei ole sportlased adekvaatselt ette valmistatud jooksuma õige rütmiga distantsi teist poolt, kus paratamatult toimub jooksu aeglustumine. Ta soovib teha treeninguid, mis keskenduvad jooksusammu sageduse säilitamisele (Bedini, 2012).

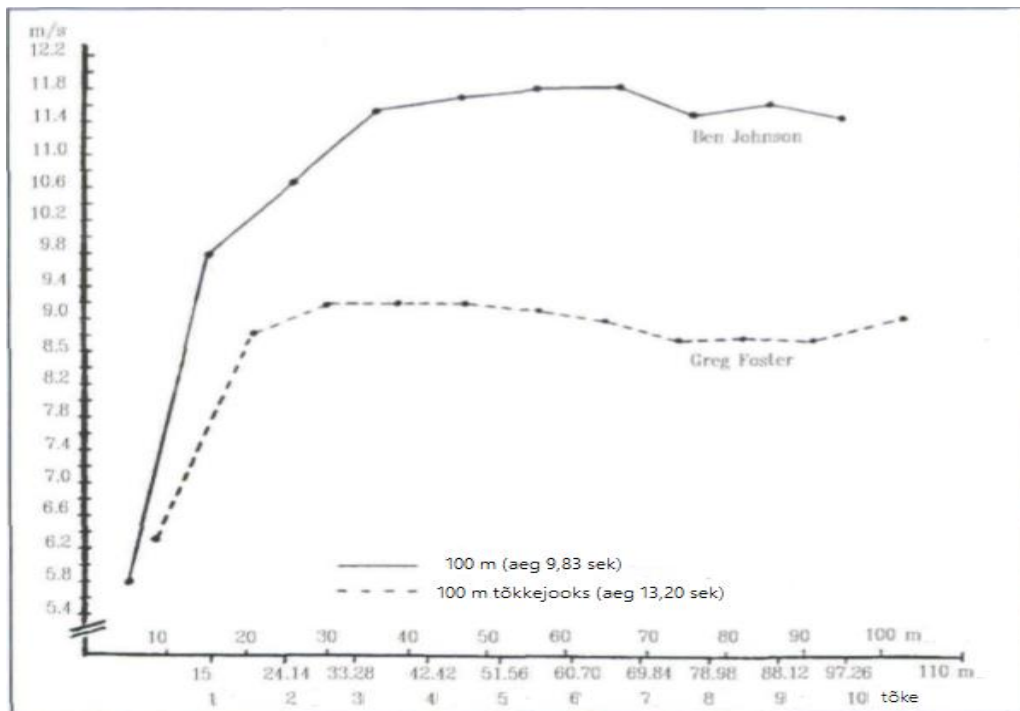
Keha ja jala pikkus on olulised kriteeriumid, et tõkke ületamine oleks võimalikult madala keharaskuskeskmega 110 meetri tõkkejooksu distantsil. Vastavad uuringud rõhutavad selgelt, et pikkus on väga oluline aspekt – ainult üks tõkkejooksja top 50-st kõigi aegade parimatest jooksjatest on pikkuselt alla 1,80 m. Üldiselt jääb tõkkejooksjate pikkus vahemikku 1,78 m kuni 1,94 m ja keskmine pikkus on 1,87 m (Tidow, 1991). Samas on tänapäeval näha, et tõkkejooksjatel nagu Roger Kingdom, Greg Foster (USA), Lu Xiang (CHN) ja Dayron Robles (CUB), kel kehapikkus üle 1,88 m, on raskusi kolme sammu mahutamiseга tõketevahelisele distantsile, milleks on 9,14 m.

Meile on teada, et kõrgetasemeliste meestõkkejooksjate äratõuke kaugus on 2,10 – 2,20 m enne igat tõket ja tõkke taha maandumise pikkus jääb vahemikku 1,30 – 1,40 m ning siit on näha, kui raske on jooksjatel allesjäänud distantsil (umbes 5,60 m) avaldada kiiruslikke võimeid. Teada on ka see, et tõkete vahe joostakse kolme sammuga, mis on kõik erinevate pikkustega. Esimene jooksusamm pärast tõkke taha maandumist on kõige lühem ja stabiliseeriv, sellele järgneb teine piirangute vaba ja pikem samm ning kolmas samm on eelmisest jooksusammust lühem, kuid esimesest pikem (Bedini, 2012).

Varasemad tippjooksjate treeningprogrammide analüüsid näitavad, et treeningkoormuse mahu ja intensiivsuse tõstmise ei ole seotud tulemuste paranemisega. Uuringu tulemused viitavad sellele, et ülemäärane treeningkoormus ning vale treeningu jaotus võib põhjustada arengu seisakut või langetada sporditulemust. 110 m tõkkejooksu distants on võrdselt sõltuv nii mootorsetest võimetest kui ka korrektsest tehnikast. Kõrgete tõkete kasutamine treeningus on õigustatud, sest arenemist vajavad nii kiirus, vastupidavus, spetsiifiline jõud kui ka tõkketehnika (Iskra & Rygula, 2001).



100 meetri sprindi kiiruse kõver (Joonis 1) toob selgelt välja jooksusammu erinevust – samal ajal kui tiip tasemel sprinterid saavad vabalt tõsta või varieerida sammu tihedust või pikkust distantsi jooksul, on tõkkejooksja samm paika pandud vastavalt nende pikkusele.



**Joonis 1.** 1987. a maailmameistrite kiiruse kõverad 100 m sprindi ja 110 m tõkkejooksus (Tidow, 1991).

Tõkkejooksja jooksukiirus tõuseb esimesest tõkkest alates kuni viimase tõkkeni välja. Joonisel on näha, et pärast viendat tõket hakkab kiirus langema. Mõlemal on suurim kiiruse langus pärast 70 m distantsi. Tõkkejooksja puhul on näha, et pärast viimase tõkke ületamist on suudetud finiši jooneni veel kiirendada, samas kui sprindijooksja kiirus on pidevalt langenud (Tidow, 1991).

## 1.2 Naiste 100 m ja meeste 110 m tõkkejooksu distantsi läbimise analüüs ja seos võistlustulemusega

2017. aastal uuriti Londoni maailmameistrivõistlustel parimaid nais- ja meestõkkejooksjaid sprindi distantsil 100 m ja 110 m tõkkejooks. Uuringu läbiviimiseks oli raja peale paigutatud 17 kaamerat, mis võimaldasid filmida suuri kiirusi (Pollitt, et al., 2017).

Tabelis 1 on välja toodud mees – ja naistõkkejooksjate erinevate distantsi osade keskmised ajad stardist kuni finišini. Meeste ja naiste keskmine jooksuaeg tõkete vahel ei erine

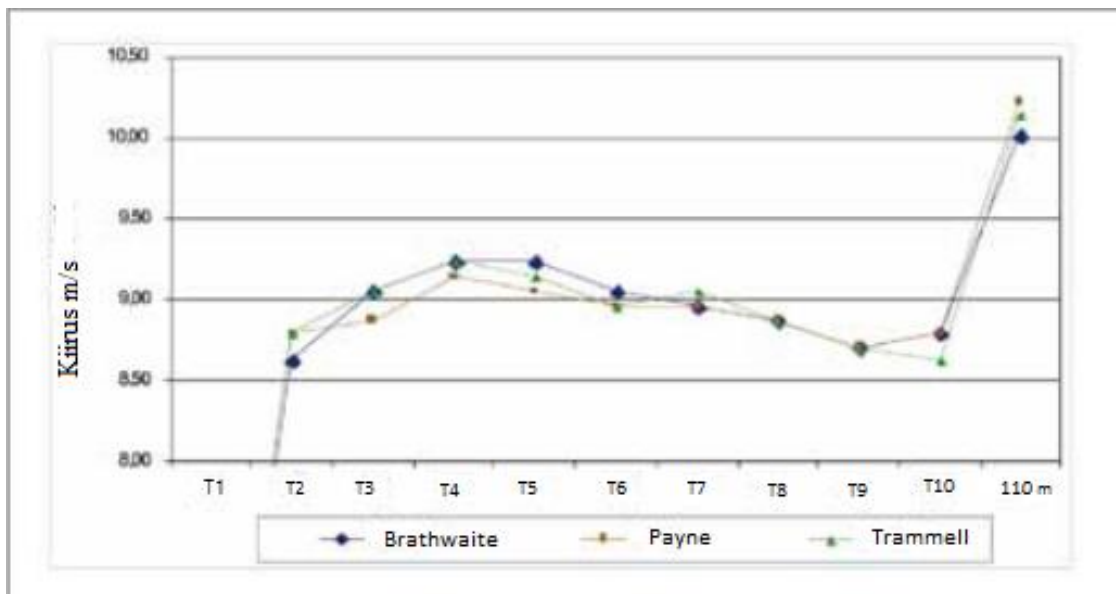
oluliselt. Suurim erinevus on märgata jooksu viimases faasis – finišeerimises, meestel on oluliselt suurem kiirus võrreldes naistega.

**Tabel 1.** Meeste ja naiste erinevate etappide ajad (Iskra, et al., 2015).

Parameetrid	Mehed (s)	Naised (s)	Keskmine aeg (s)
t1	2,42	2,44	2,43
t2 – t1	1,06	1,05	1,06
t3 – t2	1,02	1,01	1,02
t4 – t3	1,03	0,99	1,01
t5 – t4	1,02	0,99	1,01
t6 – t5	1,02	1,00	1,01
t7 – t6	1,02	0,99	1,01
t8 – t7	1,02	1,00	1,01
t9 – t8	1,04	1,01	1,03
t10 – t9	1,06	1,04	1,05
110/100 m – t10	1,57	1,27	1,42

t – tõke, s – sekund, m – meeter.

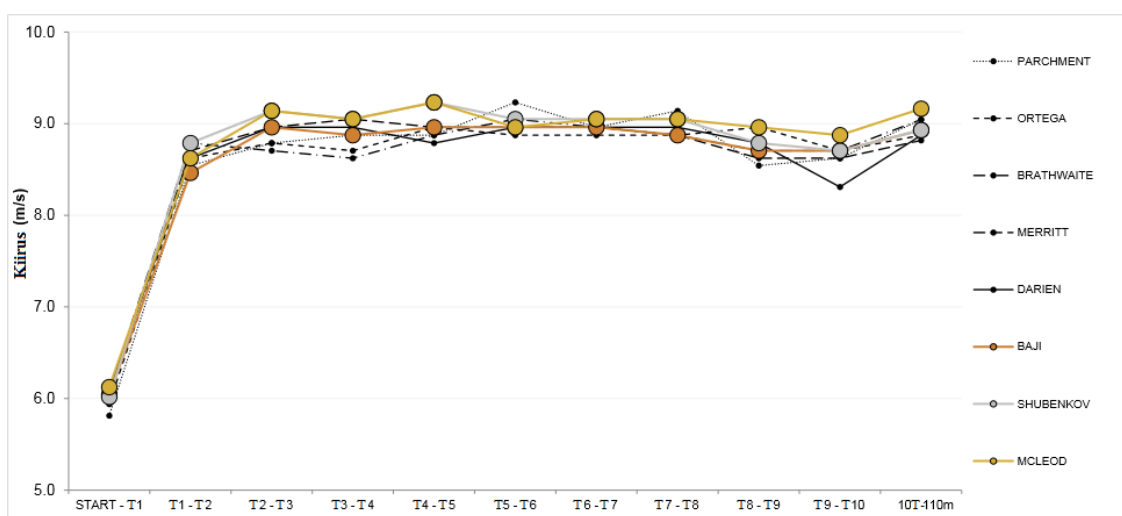
2009. aastal IAAF maailmameistrivõistlustel kergejõustikus tekkis Saksamaa sporditeadlastel suurepärane võimalus analüüsida maailma parimaid sportlasi. Kuuest erinevast akadeemilisest asutusest pärit 18 teadlast planeerisid, organiseerisid ja viisid läbi suurima biomehaanikat uurivat projekti meistrivõistlustel IAAF ja Saksamaa Kergejõustiku Föderatsiooni toetusel (Graubner & Nixdorf, 2011). Joonisel 2 on toodud medalistide kiiruse dünaamika.



**Joonis 2.** Meestõkkejooksjate medalistide kiiruse dünaamika 110 m tõkkejooksus Berliinis 2009 (Graubner & Nixdorf, 2011). T – tõke, m – meeter.

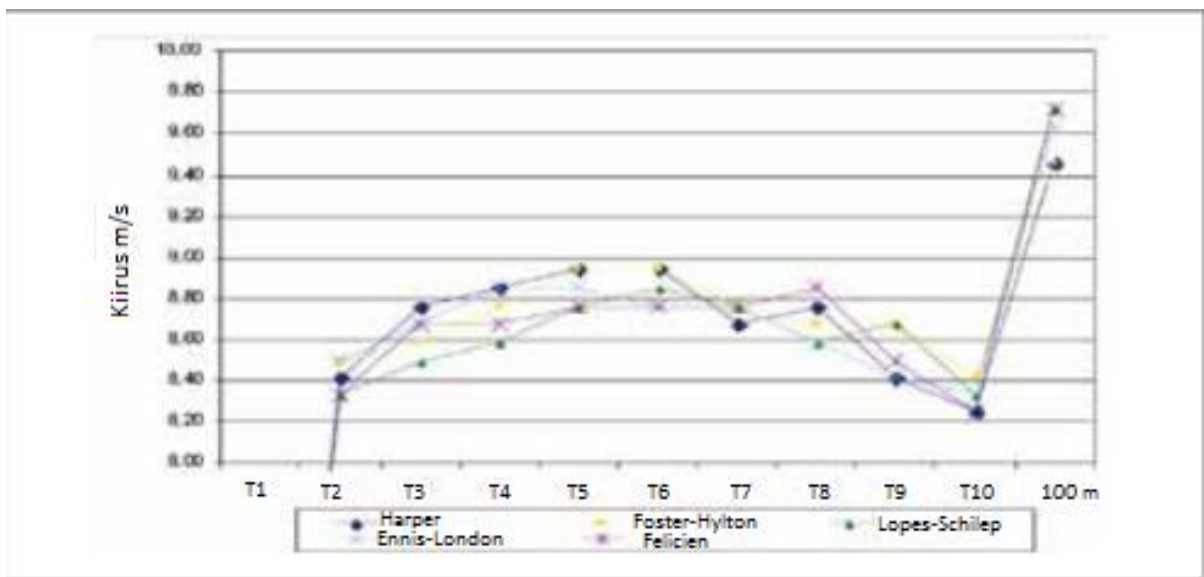
Võrreldes Londoni maailmameistrivõistlustega aastal 2017, on 110 m tõkkejooksu finaali tulemused Berliinis üsna kesised. Londonis finaalis jooksnud medalistide McLeod (13,04 s), Shubenkov (13,14 s) ja Baji (13,28 s) kiiruse kadu on minimaalne võrreldes Berliini finalistidega Brathwaite (13,14 s), Trammell (13,15 s) ja Payne (13,28 s) nagu on näha joonisel 2 ja 3.

Joonisel 3 on medalistid tähistatud vastavate kohtade medalivärvidega ehk kuldse, hõbeda ja pronksiga.



**Joonis 3.** London 2017 meeste 110 m tõkkejooksu kiiruse dünaamika (Pollitt, et al., 2017). T – tõke, m – meeter.

2009. aasta Berliini meistrivõistlustel näitasid naised võrreldes Londoni maailmameistrivõistlustega (2017) paremaid tulemusi. Joonisel 4 on näha, et naised suutsid kiirust hoida kuni kuuenda tõkkeni ja pärast seda toimus kiiruse langus kuni viimase tõkkeni, mille ületamisel toimus järsk kiiruse kasv. Jooksu võitja – Foster-Hylton – kiirendas veidi aeglasemalt võrreldes teiste finalistidega, kuid saavutas maksimaalse kiiruse 5ndal tõkkel, mis aitas tal võita jooksu ajaga 12,51 s. Teiseks jäänud Lopes-Schliep ajaga 12,54 s ja kolmandaks tulnud Ennis-London 12,55 s jooksid tõkete vahel aeglasemalt. (Graubner & Nixdorf, 2011).



**Joonis 4.** Naistõkkejooksjate medalistide kiiruse dünaamika 100 m tõkkejookus, Berliin 2009 (Graubner & Nixdorf, 2011). T – tõke, m – meeter.

2017. aastal viidi läbi uuring, kus analüüsiti 2004. ja 2008. aasta olümpiamängude 100 m naistõkkejooksjaid. Kahe erineva võistluse keskmistes aegades ei täheldatud erilisi erinevusi. Korrelatsioonanalüüsi (tabel 2) käigus leiti, et reaktsiooniaeg ja tõkete vaheline aeg ei oma suurt tähtsust jooksu lõpptulemusel. Samuti ei leitud seost stardist kuuenda tõkkeni kiirendamise ja jooksu lõpptulemuse vahel.

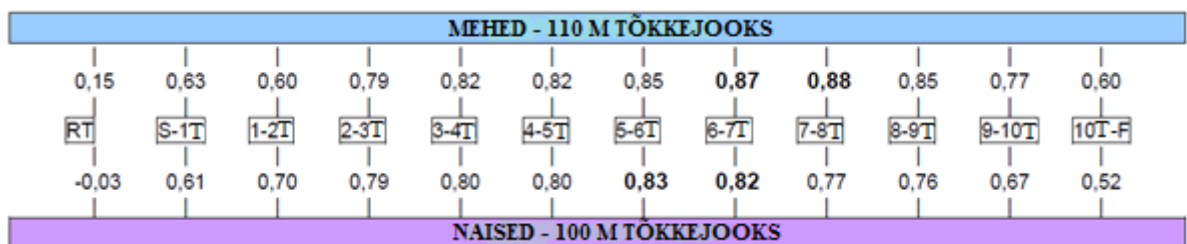
**Tabel 2.** Kahte olümpiamängu võrdlev korrelatsioonanalüüs.

	RT	TH1	TH2	TH3	TH4	TH5	TH6	TH7	TH8	TH9	TH10	tar	trin
<b>Ateena 2004</b>	0,10	0,54	0,60	0,61	0,66	0,77*	0,82*	0,86*	0,89*	0,95**	0,98**	0,61	0,79
<b>Peking 2008</b>	-0,05	0,51*	0,66**	0,68**	0,78**	0,80**	0,82**	0,86**	0,89**	0,95**	0,97**	0,57**	0,07

RT – reaktsiooni aeg, TH<sub>i</sub> – aeg stardist maandumiseni tõkke taha jne (1,2,3...), tar – aeg stardist esimese tõkke taha maandumisega, kus reaktsiooniaeg on maha arvestatud, trin – aeg kümenda tõkke taha maandumisest kuni finišini. \*p<0,05, \*\*p<0,001.

Leiti, et pärast kuuendat tõket on 67% -line ja pärast viimast tõket on 96% -line võimalus kindlaks määrata jooksu lõpptulemust. Tähtsaim leid selles uuringus on ühise jooksumustri olemasolu kõrgetasemelisel sooritusel, olenemata lõppsooritusest erinevatel võistlustel. Esimesele tõkkele peale jooksmise aeg moodustab tervest jooksust 19%, tõkete vaheline jooks algusest lõpuni 71% ja distants pärast viimast tõket 10%. Esimene pool jooksust ei erine olulisel määral teisest poolest, nende ajaline vahe on vastavalt 51,6% ja 48,4% (Tsiokanos, et al., 2017).

Vazel on uurinud tõkkejooksu erinevaid distantsi osasid. Vaadates, milline distantsi osa seostub kõige rohkem lõpptulemusega leiame, et kiireimad jooksu osad, mis on joonisel 5 tumedalt välja toodud, on suurima tähtsusega naiste 100 meetri tõkkejooksu tulemusele. Naistõkkejooksjatel on kõik seosed, välja arvatud reaktsiooniaeg, statistiliselt olulised, kuid kõige tugevam seos lõppajaga on viies ja kuues tõkkevahe. Naistõkkejooksja, kes suudab saavutada kõrgeima maksimaalse kiiruse viiendaks või kuuendaks tõkkeks, võidab suurema tõenäosusega jooksu. Samas meestel seostub lõpptulemus distantsi teise poolega, viidates kiirusliku vastupidavuse olulisusele. Meestõkkejooksjate puhul on kõige tugevam statistiline seos lõpptulemusega kuues ja seitsmes tõkkevahe (joonisel 5 tumedalt välja toodud). Meeste kõrgemad tõkked on neile täiendavaks väljakutseks, kuna jooksu võidab kõige parema kiirendusega sportlane, kes suudab säilitada nõutavat kiirust distantsi lõpuni. (Vazel, 2011).



**Joonis 5.** Korrelatsioonanalüüs distantsi erinevate osade aegadega meeste 110 m ja naiste 100 m tõkkejooksus.

T – tõke, RT – reaktsiooniaeg, F – finiš.

## **2 EESMÄRK JA ÜLESANDED**

Uuringu eesmärk on välja selgitada maailma parimate nais- ja meestõkkesprinterite distantsi läbimise dünaamika ja seostada distantsi osade läbimist tõkkejooksu tulemusega.

Eesmärgi lahendamiseks püstitati järgmised uurimisülesanded:

1. selgitada välja seosed naiste 100 m tõkkejooksu aja ja distantsi osade läbimise vahel
2. selgitada välja seosed meeste 110 m tõkkejooksu aja ja distantsi osade läbimise vahel
3. võrrelda nais- ja meestõkkejooksjate distantsi osade läbimise kiiruse dünaamikat 100 m ja 110 m tõkkejooksul.

## **3 METOODIKA**

### **3.1 Vaatlusalused**

Uuringus on kasutatud 2017. aastal toimunud maailmameistrivõistluste parimate mees- ja naistõkkesprinterite andmeid 110 meetri ja 100 meetri tõkkejooksus. Naistõkkejooksjate keskmine vanus oli  $27 \pm 3$  aastat, keskmine pikkus  $168 \pm 4$  cm ja keskmine kehakaal  $59 \pm 4$  kg. Meestõkkejooksjate keskmine vanus oli  $27 \pm 3$  aastat, keskmine pikkus  $187 \pm 6$  cm ja keskmine kehakaal  $77 \pm 7$  kg. Naiste 100 meetri tõkkejooksu distantsi läbimise keskmine aeg oli  $12,76 \pm 0,14$  sekundit ja meeste 110 meetri tõkkejooksu läbimise keskmine aeg  $13,27 \pm 0,12$  sekundit.

### **3.2 Uuringu korraldus**

Uuringu andmed pärinevad 2017. aasta Londoni IAAF maailmameistrivõistlustelt, mis toimusid 04. - 13. augustil 2017. aastal. Nendel võistlustel viidi läbi teaduslik projekt, kus tehti biomehaanilised analüüsid erinevatel aladel, sealhulgas 100 meetri ja 110 meetri tõkkejooksus. Nais- ja meestõkkejooksjate andmed, mida on käesolevas töös kasutatud, pärinevad finaaljooksudest Pollitt et al. (2017) artiklist.

2017. aasta IAAF maailmameistrivõistlustel Londonis kasutati kokku 17 kõrge kiirusega kaamerat, et salvestada 100 m ja 110 meetri tõkkejooksu finaali. Viis Sony RX10 M3 kaamerat, mis opereerisid 100 Hz juures, olid strateegiliselt paigutatud piki rada, mille optilised teljed olid jooksu suunaga risti, et jäädvustada liikumine sagitaalsel tasandil ning tagamaks filmimaterjali tõkkevahe aegade analüüsiks. Sportlaste liikumise filmimiseks läbi kalibreeritud keskala kasutati nelja Sony PXW-FS7 kaamerat (150 Hz)..Iga Sony PXW-FS7 kaamerale oli igaks juhuks lisatud Sony RX10 M3 kaamera (100 Hz) välistamiseks salvestatud materjali kadu. Kaks Fastec TS3 kaamerat (250 Hz) ja kaks Sony RX10 M3 kaamerat (100 Hz), mis töötasid kahe erineva paarina, olid paigutatud filmima distantsi lõpposa liikumist (Pollitt, et al., 2017).

### 3.3 Mõõdetud parameetrid

Tõkkesprindi distants oli jagatud 11. osaks:

100 m tõkkejooksu puhul:

- stardist esimese tõkkeni – 13 meetrit
- üheksa tõkkevahet – 8,50 meetrit
- kümnest tõkkest finišini – 10,50 meetrit

110 m tõkkejooksu puhul:

- stardist esimese tõkkeni – 13,72 meetrit
- üheksa tõkkevahet – 9,14 meetrit
- kümnest tõkkest finišini – 14,02 meetrit

Üheksa tõkkevahet oli omakorda jaotatud kolmeks osaks: algus-, kesk- ja lõpposa. Algososa on esimesest tõkkevahet kolmandani. Keskosa on neljandast tõkkevahet kuuendani. Lõpposa on seitsmendast tõkkevahet üheksandani (Tsiokanos, et al., 2017).

Uuringus kasutati lisaks suhtelise kiiruse näitajat, kus arvutati distantsi läbimise keskmine kiirus ning selle põhjal arvutati, mitu protsenti moodustab iga distantsi osa läbimise kiirus distantsi keskmisest kiirusest.

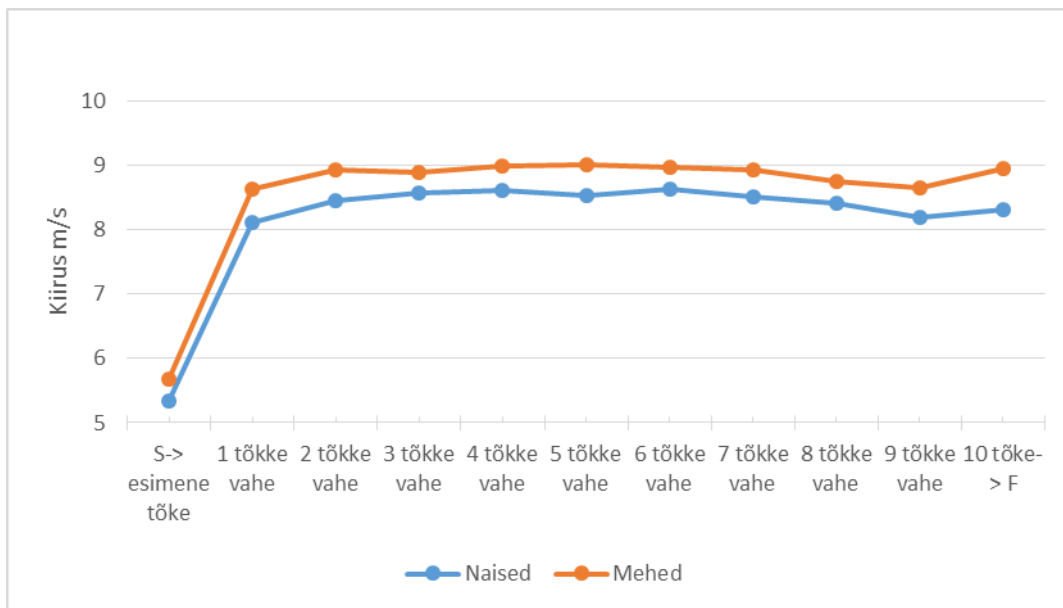
### 3.4 Andmete statistiline analüüs

Arvutuste tegemiseks on kasutatud Microsoft Excel programmi, millega arvutati tulemuste aritmeetiline keskmine, standardhälve ning tehti korrelatsioonanalüüs ja paaris Studenti t-test (sõltumatud valimid). Usaldusväärse nivooks seati  $p < 0,05$ .



## 4 TULEMUSED

Joonisel 6 on toodud nais- ja meestõkkejooksjate distantsi osade keskmised kiirused. Jooniselt on näha, et maksimaalne kiirus saavutatakse viiendal tõkkel ja pärast seda hakkab kiirus langema nii naistel kui meestel.



**Joonis 6.** Nais- ja meestõkkejooksjate distantsi osade keskmise kiiruse algandmed.

Joonisel on näha, et meestõkkejooksjatel langeb kiirus ühtlasemalt kui naistõkkejooksjatel. Pärast kümnendat tõket saavutavad mehed maksimaalsele kiirusele lähedase kiiruse finišeerides. Naistel aga kiirus ei tõuse maksimaalse kiiruse tasemeni, vaid jääb veidi alla.

Korrelatsioonanalüüs on teostatud distantsi osa aegade põhjal nii nais- kui meestõkkejooksjatele. Korrelatsioonanalüüsi põhjal on näha, kuidas tõkkejooksu lõpptulemus seostub distantsi erinevate osade aegadega (tabel 3).

**Tabel 3.** Nais- ja meestõkkejooksjate korrelatsioonanalüüs.

	Naised (aeg)	Mehed (aeg)
S-> esimene tõke	0,354	0,693
1. tõkke vahe	0,480	0,205
2. tõkke vahe	0,333	0,850*
3. tõkke vahe	0,249	0,605
4. tõkke vahe	0,446	0,867*
5. tõkke vahe	0,728*	-0,156
6. tõkke vahe	0,676	0,862*
7. tõkke vahe	0,031	0,363
8. tõkke vahe	0,658	0,516
9. tõkke vahe	0,720*	0,482
10. tõke -> F	0,966*	0,496
Jooksu algusosa	0,441	0,770*
Jooksu keskosa	0,889*	0,755*
Jooksu lõpposa	0,680	0,720*

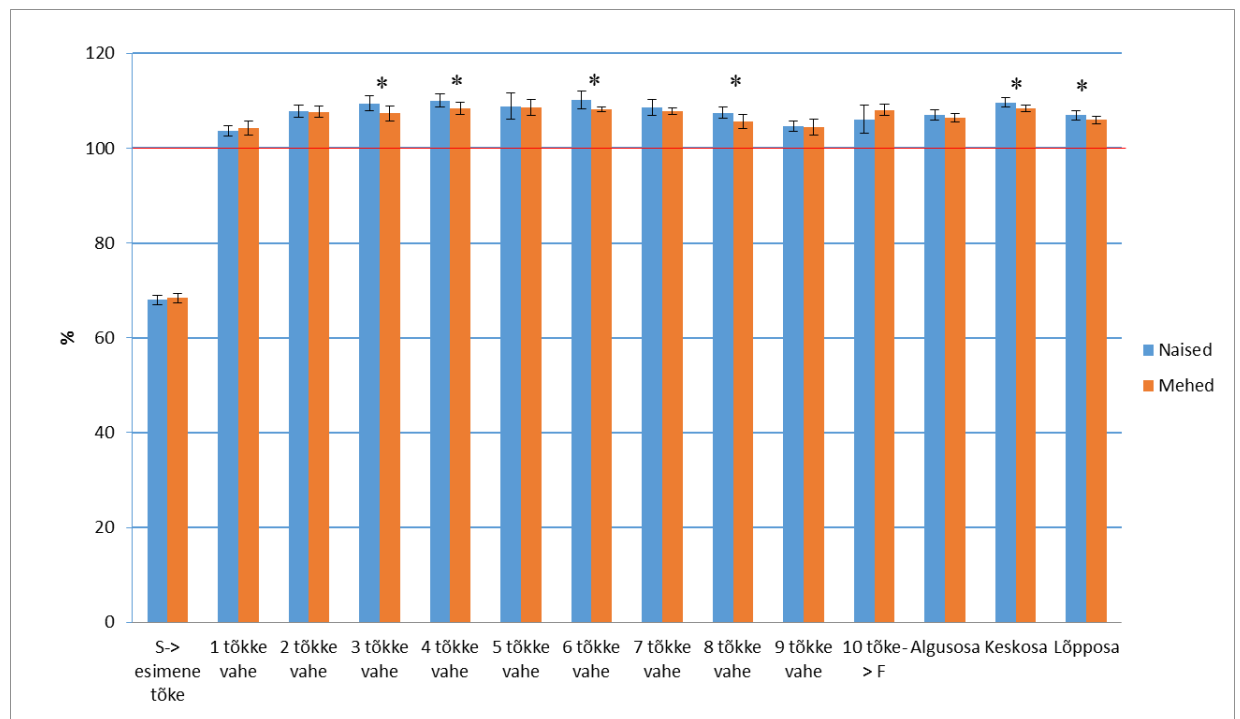
\* $p < 0,05$  – statistiliselt oluline seos

Naistõkkejooksjate seas leiti statistiliselt oluline seos 100 meetri tõkkejooksu läbimisel aja ja viienda, üheksanda tõkkevahe ja kümnendast tõkkest kuni finišini vahel. Stardist kuni neljanda ja kuuendast kuni kaheksanda tõkkevahe läbimisel statistiliselt olulist seost ei leitud. Meestõkkejooksjate seas leiti statistiliselt oluline seos 110 meetri tõkkejooksu läbimisel aja ja teise, neljanda ning kuuenda tõkkevahe vahel. Statistiliselt oluline seos stardist kuni esimese, kolmanda, viienda tõkkevahe ja seitsmendast tõkkevahest kuni finišini meestõkkejooksjatel puudus.

Naistõkkejooksjate seas leiti statistiliselt oluline seos distantsi osade ja lõppaja vahel jooksu keskosas, kuid jooksu algus- ja lõpposa vahel seos puudub. Meestõkkejooksjatel

leiti statistiliselt oluline seos distantsi osade ja lõppaja vahel nii jooksu algus-, kesk- kui ka lõpposas.

Joonisel 7 on toodud distantsi osade kiirused distantsi läbimise keskmisest kiirusest protsentides. Analüüsi käigus selgus, et võrreldes enda distantsi läbimise keskmise kiirusega läbivad naistõkkejooksjad meestõkkejooksjatest statistiliselt oluliselt kiiremini kolmanda, neljanda, kuuenda ja kaheksanda tõkkevahe. Distantsi algusosa jooksevad nii mees- kui naistõkkejooksjad suhteliselt võrdselt. Kesk- ja lõpposa jooksevad aga naised statistiliselt oluliselt kiiremini kui mehed võrreldes enda distantsi läbimise keskmise kiirusega. Statistiliselt olulisi erinevusi ei leitud lõikudel stardist teise tõkkevaheni, viiendal ja seitsmendal tõkkevahel ning üheksandast tõkkevahest finišini.



\* $p < 0,05$ ; S- start; F- finish

**Joonis 7.** Nais- ja meestõkkejooksjate keskmised kiirused protsentides.

## 5 ARUTELU

Võrreldes varasemate maailmameistrivõistlustega on 2017. aasta Londoni maailmameistrivõistluste naistõkkejooksjate esikolmiku lõppajad aeglasemad. Vaadates jooksude keskmisi aegu joosti Moskva MM-I 2013. aastal kõige paremini (12,66) ning Londoni 2017. aasta (12,76) ja Pekingi 2015. aasta (12,77) keskmised ajad olid sarnased. Meestõkkejooksjate seas joosti parim tulemus eelpool toodud andmetest Pekingis (13,16) ning Londoni ja Moskva keskmised ajad olid võrdselt joostud (13,27) (IAAF).

Käesoleva uuringu käigus selgus naiste 100 meetri tõkkejooksu statistiliselt oluline seos aja ning viienda ja üheksanda tõkkevahe ning distantsi vahel kümnendast tõkkest finišini. Analüüsi ka kolme distantsiosa, mille käigus selgus, et statistiliselt oluliselt kiiremini joostakse distantsi keskosa, kus saavutatakse maksimaalne kiirus. Naistõkkejooksjatel algus- ja lõpposa suhtes statistiliselt olulist seost ei leitud. Käesoleva uuringu tulemused langevad osaliselt kokku Tsiokanose uuringuga, kus leiti statistiliselt oluline seos aja ja distantsi vahel neljandast üheksanda tõkkevaheni (Tsiokanos, et al., 2017). Sarnase uuringu on teinud ka Vazel (2011), kelle teostatud korrelatsioonanalüüs näitas, et naiste 100 meetri tõkkejooksu lõpptulemust mõjutab kõige enam viies ja kuues tõkkevahe, mis osaliselt langeb kokku käesoleva uuringuga. Sellest tulenevalt on tõkkejooksjatel, kes suudavad saavutada kõrgema maksimaalse kiiruse viiendaks või kuuendaks tõkkeks, suurem tõenäosus jooks võita (Vazel, 2011). Teostatud uuringu järgi võib öelda, et naistõkkejooksjatel on distantsi edukal läbimisel määrava tähtsusega jooksu keskosa.

Meestõkkejooksjate seas leiti, et lõpptulemus seostub distantsi kõikide osadega, kuid kõige tugevamini seostub jooksu algusosaga tõkete vahel, kus kogutakse kiirust maksimaalse kiiruse saavutamiseks. Käesoleva uuringu meestõkkejooksjate seas leiti statistiliselt oluline seos 110 meetri tõkkejooksu läbimisel aja ning teise, neljanda ja kuuenda tõkkevahe vahel. Käesoleva uuringu tulemused langevad osaliselt kokku Vazeli uuringuga, kus leiti statistiliselt oluline seos lõpptulemusega jooksu teises pooles ehk kuues ja seitsmes tõkkevahe on kõige tugevamini seotud jooksu lõpptulemusega. Meeste kõrged tõkked on neile täiendavaks väljakutseks. Parimatel meestõkkejooksjatel hakkab tavaliselt kiirus langema seitsmenda ja kaheksanda tõkke juures, mis on oluline murdepunkt jooksu võitmiseks. Meeste tõkkejooksu edukaks läbimiseks on vajalik väga hea kiiruslik vastupidavus (Vazel, 2011).

Mees- ja naistõkkejooksjate distantssi osade kiiruse dünaamikat võrreldes tuleb silmas pidada, et võrreldakse distantssi osade kiiruse suhtelisi näitajaid. See tähendab, et vaadatakse, mitu protsenti moodustab vastava distantssi osa läbimise kiirus distantssi keskmisest kiirusest. Teisisõnu, vastava distantssi osa kiiruse näitaja ei ole mõjutatud ainult vastava distantssi osa läbimisest, vaid sõltub lisaks distantssi kui terviku läbimisest. Seega meeste ja naiste suhtelise kiiruse võrdluses peab alati mõtlema kahele aspektile – nii kindla distantssi osa suhtelisele näitajale kui ka kogu ülejäänud distantssile, mille põhjal leitakse baaskiirus, kust omakorda hakatakse arvutama vastava distantssi osa läbimise kiirust.

Naiste ja meeste võrdluses jooksevad mehed suhteliselt kiiremini distantssi osa, kus puuduvad tõkked ehk stardist esimesele tõkkele peale joostes ja finišeerides pärast viimast tõket, kuid erinevus ei ole statistiliselt oluline. Eelpool toodud asjaolu põhjuseks on kaks võimalikku seletust. Esiteks mehed jooksevad naistest kiiremini, kuna esimese tõkkeni joostes ei ole piiranguid tõkete näol ning nad suudavad saavutada suurema kiiruse. Teiselt poolt aga, kui mehed jooksevad distantssi osa, kus on tõkked, siis see osa võiks rohkem takistada kõrgema kiiruse saavutamist kui naistel. Kergejõustiku ringkondades on räägitud viimased aastakümned võimalikust võistlusmääruste muutusest, et muuta naiste tõkkekõrgust seniselt 84 cm 91 cm kõrgusele, põhjendades seda sellega, et arvestades naiste antropomeetriat, on nende jaoks tõkkekõrgus (84 cm) suhteliselt madalam kui meeste jaoks (106,7 cm). Seega kui naiste tõkked on suhteliselt madalamad kui meestel, tõstab see erinevalt meestest nende distantssi läbimise keskmist kiirust. Meeste ja naiste kiiruse vahe tuleneb sellest, et mehed jooksevad ilma tõketeta osa tulenevalt parematest kehalistest eeldustest paremini ja tõkete osa, mis moodustab enamuse distantssi osast suhteliselt aeglasemal.

Distantssi osades, kus joostakse tõkkeid ületades, leiti statistiliselt oluline erinevus naiste ja meeste suhteliste kiiruste võrdluses tõkkejooksu distantssi kesk- ja lõpposas. Erinevuse põhjuseks võib pidada asjaolu, mida kirjeldas autor juba eespool, kus naiste puhul on näha, et nad saavad kasvatada kiirust tõkete vahel joostes, mida võimaldab madalam tõkke kõrgus. Meeste puhul on olulisem saavutada stardist võimalik maksimaalne kiirus, sest kõrged tõkked nõuavad lisaks väga headele tehnilistele omadustele ka kiiruslikku vastupidavust. Statistiliselt olulised erinevused mees- ja naistõkkejooksjatel leiti kolmanda, neljanda, kuuenda ja kaheksanda tõkkevahe vahel, mis näitab, et naised suudavad suhteliselt paremini koguda kiirust tõkete vahel kui mehed.

Praktika seisukohast peavad naistõkkejooksjad rohkem tähelepanu pöörama distantssi keskosale, kus saavutatakse maksimaalne jooksukiirus. Seega tuleb treeningutes kasutada vähemalt viie-kuue tõkke jooksmist, mitte piirduda ainult esimeste tõkete jooksmisega. Meeste puhul seostub kõige tugevamalt distantssi esimene, tõketega joostav osa, kus joostakse esimest nelja tõket. Tulemused viitavad, et mehed peaksid tähelepanu pöörama eelpool toodud osale, kus tavaliselt kiirjooksult minnakse üle esimesele tõkkele, mis on tehniliselt raske ja mida võib pidada üheks võtmekohaks tõkkejooksu tehnikas. Järgmistel tõketel peab tõkkejooksja leidma õige jooksurütmi ja samal ajal suurendama kiirust. Distantssi alguse osa on oluline ka seetõttu, et kui esimeste tõkete ületamine ebaõnnestub, siis on raske leida õiget rütmi ülejäänud jooksuks ning eespool olevate jooksjate rütm võib hakata häirima taga olevate jooksjate rütmi.

Käesoleva uuringu suurimaks piiranguks on vaatlusaluste väike hulk. Sarnaselt käesolevale uuringule oli ka varasemas uuringus (Tsiokanos, et al., 2017) vaatlusaluste arv piiratud. Erinevaid tiitlivõistlusi analüüsidis oli vaatlusaluste arvuks võistlustel 6 ja 14. Põhjuseks miks vaatlusaluste arvud on väikesed Nii selle kui varasema viidatud uuringu vaatlusaluste väikse arvu põhjuseks on, et eeljooksude tulemusi on keeruline kasutada, kuna jooksjad läbivad mitu ringi, mis tähendab, et osa jooksjaid ei pinguta eeljooksudes maksimaalselt. Seega finaali on ainus jooks tiitlivõistluste puhul, kus me saame olla kindlad, et antud jooks on sooritatud maksimaalse pingutusega.

## JÄRELDUSED

1. Naistõkkejooksjate tulemus seostub distantsti läbimise keskosaga, mis viitab maksimaalse kiiruse olulisusele tõkkejooksus.
2. Meestõkkejooksjate lõpptulemus seostub distantsti kõikide osadega, kuid kõige tugevamini seostub jooksu algusosaga tõkete vahel, mis viitab stardikiirenduse olulisusele.
3. Naistõkkejooksjad läbivad distantsti keskosa meestest suhteliselt kiiremini võrreldes enda distantsti läbimise keskmise kiirusega.

## KASUTATUD KIRJANDUS

- Ali, M. A. B. & Ahmed, S. M. b., 2009. Kinematic analysis of the hurdle clearance techniques and the first stride after clearance in 110m sprint hurdles: Comparative study under real competition between elite hurdles specialists and elite decathletes. *Sport Science in the Heart of the Arab Spring Hurghada*, pp. 73-85.
- Bedini, R., 2012. Drills for Top-Level Hurdlers. *New Study in Athletics*, pp. 79-83.
- Coh, M. & Iskra, J., 2012. Biomechanical studies of 110 m hurdle clearance technique. *Sport Science* 5, pp. 10-14.
- Coh, M., Jošt, B. & Škof, B., 2000. Kinematic and dynamic analysis of hurdle clearance technique. *18 International Symposium on Biomechanics in Sports*.
- Francis, J., Finch, A. & Ariel, G., 2004. Kinematic alterations in women's 100 m hurdle technique over current 84 cm hurdle and proposed 91 cm hurdle heights. pp. 237-240.
- Graubner, R. & Nixdorf, E., 2011. Biomechanical Analysis of the Sprint and Hurdles Events at the 2009 IAAF World Championships in Athletics. *New Study in Athletics*, pp. 19-53.
- Hücklekemkes, J., 1990. Model technique analysis sheets for the hurdles Part VI: The Women's 100 metres Hurdles. *New Study in Athletics*, pp. 33-58.
- IAAF, n.d. [Online]  
Available at: <https://www.iaaf.org/results/iaaf-world-championships-in-athletics>
- Iskra, J., Pietrzak, M. & Paruzel-Dyja, M., 2015. The 400 meters hurdles event and the changes in the tactical race strategies in men prior and after the 2000. *Česka Kinantropologie*, Volume 19, pp. 75-84.
- Iskra, J. & Rygula, I., 2001. The optimization of training loads in high class hurdlers. *Journal of human kinetics*, pp. 59-72.
- Lima, M. d. S. et al., 2013. Comparative biomechanical analysis of hurdle techniques on 110 m and 400 m in elite athlete. *XV Brazilian Congress of Biomechanics*.



- Lopez Del Amo, J. L., Rodriguez, M. C., Hill, D. W. & Gonzales, J. E., 2018. Analysis of the start to the first hurdle in 110 m hurdles at the IAAF World Athletics Championships Beijing 2015. *Journal of human sport & exercise ISSN 1988-5202*, pp. 1-14.
- McLean, B., 1994. The biomechanics of hurdling: force plate analysis to assess. pp. 333-335.
- Pollitt, L., Walker, J. & Bissas, A., 2017. Biomechanical report for the IAAF World Championships 100 m hurdles women's. *IAAF world championships London 2017*, pp. 1-50.
- Pollitt, L., Walker, J. & Bissas, A., 2017. Biomechanical report for the IAAF World Championships London 2017 110 m Hurdles men's. *IAAF world championships London 2017*, pp. 1-49.
- Schiffer, J., 2012. The 400 m Hurdles. *New Study in Athletics*, pp. 9-24.
- Sidhu, A. S. & Bahadur, S. S. J., 2015. Relationship Among the Technique of Hurdle Clearance Over the Different Hurdles in 110 m Race. *International Journal of Science and Research*, pp. 1591-1595.
- Stein, N., 2000. Reflections on a change in the height of the hurdles in the women's sprint hurdles event. *New Study in Athletics*, pp. 15-19.
- Tidow, G., 1991. Model technique analysis sheets for the hurdles Part VII: high hurdles. *New Study in Athletics*, pp. 51-66.
- Tsiokanos, A., Tsaopoulos, D., Giavroglou, A. & Tsarouchas, E., 2017. Race Pattern of Women's 100-m Hurdles: Time Analysis of Olympic Hurdle Performance. *International Journal of Kinesiology & Sports Science*, pp. 56-64.
- Ward-Smith, A. J., 1997. A mathematical analysis of the bioenergetics of hurdling. *Journal of Sports Sciences*, pp. 517-526.
- Vazel, P.-J., 2011. Sprint hurdle races: a kinematic analysis. pp. 1-10.