

TARTU ÜLIKOOL
Sporditeaduste ja füsioteraapia instituut

Marielle Kleemeier

**Maailma parimate 400m naistõkkejooksjate võistlustulemust määravad
karakteristikud Tokyo 2020 olümpiamängudel**

**Factors determining the result in elite level women's 400m hurdles in Tokyo 2020 Olympic
Games**

Magistritöö

Kehalise kasvatuse ja spordi õppekava

Juhendaja:
Lektor, Mehis Viru

Tartu, 2022

SISUKORD

KASUTATUD LÜHENDID	4
TÖÖ LÜHIÜLEVAADE.....	5
ABSTRACT	7
1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE.....	7
1.1 400 meetri tõkkejooksu üldiseloostus.....	7
1.2 Tõkke ületamine 400m tõkkejooksus	8
1.3 400m tõkkejooksu kurvis jooksmise eripära	9
1.4 400m tõkkejooksu sammumuster	10
1.5 Naiste 400m tõkkejooksu karakteristikud.....	11
2. TÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED	13
3. METOODIKA.....	14
3.1 Vaatlusaluste iseloostus	14
3.2 Uurimismeetodid	15
3.3 Tulemuste statistiline analüüs	16
4. TÖÖ TULEMUSED	17
4.1 400m tõkkejooksu finalistide ja poolfinalistide jooksutulemus	17
4.2 400m tõkkejooksu finalistide ja poolfinalistide stardikiirendus	17
4.3 400m tõkkejooksu kiireim tõkete vaheline aeg ja selle sammude arv.....	18
4.4 400m tõkkejooksu distantsi kaheks jaotamine: 0-200m ja 200-400m.....	19
4.5 400m tõkkejooksu finalistide ja poolfinalistide sammude arv	20
4.6 400m naistõkkejooksjate rütmimuutused kogu distantsi vältel	21
4.7 400m naistõkkejooksjate antropomeetriselised näitajad	21
4.8 Korrelatiivsed seosed uuritud näitajate vahel	22
5. ARUTELU	23
6. JÄRELDUSED.....	28
KASUTATUD KIRJANDUS	29
LISA 1. Tokyo 2020 olümpiamängude finaali fotofiniš	32
LISA 2. Tokyo 2020 olümpiamängude eeljooksude tulemuste ametlik raport.....	33

LISA 3. Tokyo 2020 olümpiamängude poolfinaali tulemuste ametlik raport.....	34
LISA 4. Tokyo 2020 olümpiamängude finaali tulemuste ametlik raport.....	35
LISA 5. Positiivne korralatsioon 400m tõkkejooksu ajaga finaalis	36
LISA 6. Positiivne korralatsioon 400m tõkkejooksu ajaga poolfinaalis	37
LISA 7. Finalistide sammumuster Tokyo 2020 olümpiamängudel.....	38
AUTORI LIHTLITSENTS TÖÖ AVALDAMISEKS.....	39

KASUTATUD LÜHENDID

F – finaal;

F 1-4 – finaaljooksus 1-4 koha saavutanud sportlased;

F 5-8 – finaaljooksus 5-8 koha saavutanud sportlased;

PF – poolfinaal;

PF 9-16 – poolfinaaljooksus 9-16 koha saavutanud sportlased;

PF 17-24 – poolfinaaljooksus 17-24 koha saavutanud sportlased;

v – tõkkevahe.

TÖÖ LÜHIÜLEVAADE

Eesmärk: Käesoleva magistritöö eesmärgiks oli välja selgitada maailma parimate 400m naistökkejooksjate võistlustulemust määravad peamised tegurid lähtudes Tokyo 2020 olümpiamängude jooksude videoanalüüsist.

Metoodika: Uuringus võeti vaatluse alla 24 naissoost sportlast – 400m tõkkejooksjat vanuses 22 - 35 eluaastat. Kõik vaatlusalused kuulusid oma sportliku taseme poolest maailma paremikku ja osalesid Tokyo 2020 olümpiamängude 400m tõkkejooksus. Uuringus võeti vaatluse alla poolfinaalide jooksud ja finaaljooks. Vaatlusalused jagati kuude gruppi – esiteks olid ühes grupis need 8 jooksjad, kes pääsesid finaaljooksu ja teises grupis need 16 jooksjad, kes saavutasid poolfinaalides 9-24 koha. Täpsemaks analüüsiks jagati mõlemad grupid kaheks – finaaljooksus 1-4 koha ja 5-8 koha saanud jooksjad ning poolfinaalis 9-16 koha ja 17-24 koha saanud jooksjad.

Analüüsimiseks valiti välja jooksudest videofilmid Rahvusvahelise Olümpiakomitee kodulehelt. Jooksude videofilmide analüüsimiseks kasutati videotöötamise programmi Wondershare Filmora (USA) (v.11.0.10.2), mis võimaldas täpselt määrata 400m tõkkejooksu ajalised ja sammurütmi karakteristikud.

Tulemused: Kõigil 400m tõkkejooksjatel finaaljooksus ja poolfinaaljooksudes jooksukiirus distantsti teisel poolel vähenes. Finaaljooksus läbiti esimene ja ka teine 200m kiiremini kui poolfinaaljooksudes. Finaaljooksu kõige kiiremini läbitud tõkkevahe oli kiirem kui poolfinaaljooksudes. Kõige kiiremini läbitud tõkkevahed nii finaaljooksus kui ka poolfinaaljooksudes olid esimene ja teine tõkkevahe. Finaaljooksus oli tõkete vahel tehtud sammude arv väiksem kui poolfinaaljooksudes. Finaaljooksu kiirematel distantsti teisel poolel erinevalt aeglasematest sammude arv oluliselt ei muutunud. 400m tõkkejooksu finaali jooksjate tulemus oli positiivses seoses distantsti esimese ja teise 200m läbimise ajaga, stardikiirenduse ajaga, kiireima tõkkevahe läbimise ajaga ning jooksja 400m isikliku rekordiga.

Kokkuvõte: Antud uurimus näitas, et maailma tipptasemel on 400m tõkkejooksus oluline maksimaalne jooksukiirus ja ka kiiruslik vastupidavus (400m jooksu aeg). Paremad jooksjad

suudavad distantsi läbida vähema arvu sammudega ning nende jooksukiirus ei lange ja sammude arv tõkete vahel ei tõuse distantsi teisel poolel sellise ulatusega kui see on aeglasematel jooksjatel.

Märksõnad: 400m tõkkejooks, tõkkejooksu kiirus, tõkkejooksu sammumuster, naistippjooksjad.

ABSTRACT

Aim: The aim of this master's thesis was to find out the main factors that determine the competition results of the best women's 400m hurdles in the world, based on video analysis of the Tokyo 2020 Olympic Games.

Methods: The study looked at 24 female athletes - 400m hurdlers between the ages of 22 and 35. All of the subjects were among the best in the world in terms of their professional level and all of them took part in the 400m hurdles race at the Tokyo 2020 Olympic Games. The study looked at the semi-finals and the finals. The subjects were divided into six groups – the first group consisted of 8 runners who made it to the finals and the other group consisted of 16 runners who won places 9-24 in the semi-finals. For a more detailed analysis, both groups were divided into two - runners who took places 1-4 and 5-8 in the final race, and runners who took places 9-16 and 17-24 in the semi-finals.

Video films from races on the International Olympic Committee's website were selected for analysis. The video processing program Wondershare Filmora (USA) (v.11.0.10.2) was used to analyze the video films of the runs, which allowed to determine the time and step characteristics of the 400m hurdlers.

Results: The running speed decreased in the second half of the distance for all of the runners in the 400 m hurdles finals and semi-finals. In the finals the first and the second 200 m were both completed faster than in the semi-finals. The fastest hurdle gap in the finals was faster than in the semi-finals. The first and the second hurdle gap were the fastest in both the finals and the semi-finals. In the finals the step count between the hurdles was smaller than in the semi-finals. There was no significant change in the step count for the fastest runners, unlike the runners that were slower. The result of the runners in the finals of the 400m hurdles was positively related to the time it took to complete the first and second 200 m of the race, the time of the start acceleration, the time of the fastest hurdle gap and the personal record of the 400 m hurdler.

Conclusions: This study showed that in the world's top 400 m hurdles races the maximum running speed and endurance (400m running time) are very important. Better runners will be able to cover

the distance with fewer steps, their running speed will not decrease and the number of steps between obstacles will not increase to the same extent as for slower runners.

Keywords: 400 m hurdles, hurdle speed, hurdle step pattern 400 m hurdles, hurdle speed, hurdle step pattern, top women hurdlers

1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

1.1 400 meetri tõkkejooksu üldiseloostus

400m tõkkejooks ja 400m sprint on unikaalsed kergejõustikualad, kuna need nõuavad anaeroobsete energiasüsteemide kasutamist võimekuse piiril ja samuti märkimisväärset aeroobset võimekust (Spencer et al 1996). Senised uurimused on näidanud, et ennetada väsimuse kuhjumist 400m jooksu ajal on oluline säilitada jooksu lõpuni nii jooksukiirust, sammusagedust kui ka sammupikkust (Hobara et al., 2010; Iskra & Pietrzak, 2016). Seetõttu peetakse 400m tõkkejooksu füüsiliselt üheks kõige raskemaks ja keerulisemaks kergejõustikualaks (Dolgij 1982; Lindeman, 1995; Iskra et al., 2022; Rovniy 2017). See ala hõlmab endas kümne tõkke ületamist ühel staadioniringil, mis nõuab väga head tõkete ületamise tehnilist oskust ning väga head kiiruslikku vastupidavust (Carr, 1999).

400m tõkkejooksus algab jooks madallähtest ning iga sportlane jookseb omal rajal (IAAF, 2017). Nii meestel kui ka naistel on distants stardijoonest esimese tõkteni 45m, tõkete vaheline ala on 35m ja viimasest tõkkest finišini on 40m. Erinev on tõkete kõrgus - meestel on tõkete kõrgus 91,44 cm ja naistel on tõkete kõrguseks 76,20 cm (Jolly, 1989; McFarlane, 1980).

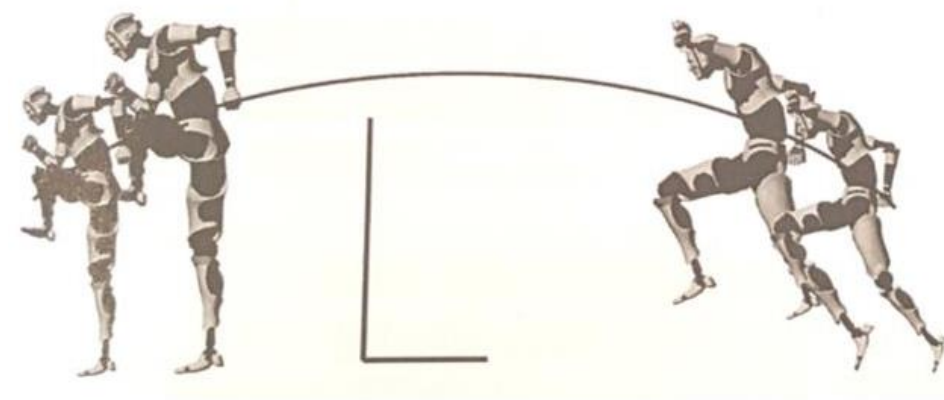
Tabel 1. Kehaliste võimete osatähtsus sprindis (Bowerman & Freeman, 1991)

Kehaline võime	100m	200m	400m
Reaktsiooniaeg	3	4	4-5
Kiirendus	2	3	3
Maksimaalne kiirus	1	1-2	2
Kiiruslik vastupidavus	4	1-2	1
Üldine vastupidavus	5	5	4-5

400m tõkkejooks ja 400m sprint on oma olemuselt väga sarnased. Kõige olulisem sportlase kehaline võime on kiiruslik vastupidavus (vt Tabel 1). Teisel kohal on maksimaalne kiirus ning sellele järgnevad stardikiirendus, reaktsiooniaeg ja viimasel kohal on üldine vastupidavus (Bowerman & Freeman, 1991). Lisaks kehalistele võimetele seisneb 400m tõkkejooksu eripära tõkke ületamises kurvis, rütmihetkedes ning sammumustri omandamises (Ozaki et. al, 2019).

1.2 Tõkke ületamine 400m tõkkejooksus

400m tõkkejooksus on oluline säilitada jooksukiirus kuni lõpuni tehes seda võimalikult energiasäästlikult (Jolly, 1989). Pika sprindi tõkkejooksja keha on püstisem ja tõkke ületamise ajal on keha ettekalle väiksem kui 100m/110 tõkkejooksus (Carr, 1999; Rash et. al, 1990). Tõkke ületusele eelnev samm on pikem kui jooksusamm tõkete vahel (Jolly, 1989; Krzeszowski et al., 2014). Viies keha kergelt ettekallutusse, tuleks hoiduda üleliigsest hüppamisest üle tõkke. Tõkke ületus peab olema võimalikult madal ja ökonoomne (vt Joonis 1) (Mann & Murphy, 2015).



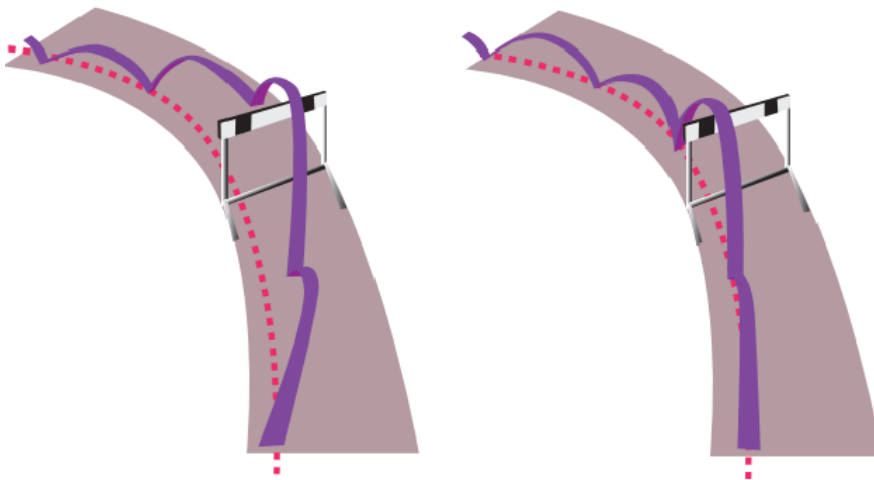
Joonis 1. Tõkke ületamine 400m tõkkejooksus (Mann & Murphy, 2015)

400m tõkkejooksu jälgida on pinev, kuna võitja selgub üldjuhul viimasel tõkkel. Tõkke ületamise tehnikat pärsib kõige enam väsimus (Iskra, 2012b; Mathis, 1989; Przednowek K, 2016). Ozaki & Ueda (2022) hiljutisest uurimusest selgus, et eliittasemel võistlevad nais- kui ka meestõkkejooksjad suudavad isegi väsimuse tekkimisel tõkke ületamise aega säilitada võimalikult lühikese. Kuid keskpäraseel tasemel võistlevate tõkkejooksjate puhul võib tõkke ületuse aeg nii meestel kui ka naistel varieeruda lausa 0,4s. Boyd (2011) peab oluliseks viimase tõkke ületamist

võimalikult kontrollitud lõdvestunud liigutuste kaudu ning võitja on see, kes pärast viimast tõket kõige kiiremini on võimeline üle finišijoone sprintima.

1.3 400m tõkkejooksu kurvis jooksmise eripära

400m tõkkejooksu eripäraks on kahes kurvis tõkete ületamine (Quinn, 2010). Tõkete ületamise kurvides teeb keeruliseks see, et tsentrifugaaljõud tõukab sportlase raja rajalt välja. Lindeman (1985) ja Iskra et. al (2011) väitel minimeerib tsentrifugaaljõu negatiivset efekti vasaku hoojala kasutamine kurvides. Lindeman (1995) leiab, et eeliseks on väiksema distantssi läbimine ning sportlane ei pea tegema suuremaid korrekture kehaasendi suhtes. Tõkke ületamine parema hoojalaga võib tekitada kehaasendis ebastabiilsuse ning sportlase rajalt välja tõugata (vt Joonis 2). Aftalion & Matinon (2019) uurimustulemuste põhjal võib väita, et see on ka üks põhjustest, miks sportlased eelistavad joosta keskmistel radadel.



Joonis 2. Tõkke ületamine kurvis 400m tõkkejooksus parema hoojalaga (vasakul) ja vasaku hoojalaga (paremal) (McFarlane, 2000)

1.4 400m tõkkejooksu sammumuster

400m tõkkejooksja stardikiirendus ja kontrollitud sammumuster kuni esimese tõkkeni on väga olulised, kuna need määravad edasise sammurütmi järgmistel tõketel (Lindeman, 1995; Mann & Murphy, 2015). 400m tõkkejooksja madallähe ei erine paljuski 400m jooksjast (McFarlane, 1980). Tõkkejooksja kiirus ja rütm on natukene aeglasem, kuna tema sammumuster stardist on rohkem kontrollitud (Boyd, 2011; Paradisis et. al, 2001).

Madallähteasendi liikumise algfaasis jooksja tõukab pakkudelt end välja ning kiirendusfaasis suurendab kiirust, mines üle kontrollitud sammustrile (Boyd, 2011; Carr, 1999). Tõkkejooksja stardipakkude asetus sõltub jooksja sammude arvust esimese tõkkeni ning hoojala valikust esimese tõkke ületamisel. Paaritu sammude arvu puhul asetatakse hoojalg tagumise lähtepaku peale ning paaris arvu korral asetatakse hoojalg eesmise stardipaku peale (Lindeman, 1995).

Tabel 2. Sammude arv esimese tõkkeni ja tõkete vaheline sammumuster (Lindeman, 1995)

Sammude arv esimese tõkkeni	Sammumuster tõkete vahel
20	13
21	13
22	13-14
22	13-14
23	14-15

Optimaalse sammumustri on Lindeman (1985) seletanud lahti oma uurimuses, mis on väljatoodud Tabelis 2. Sammude arv esimese tõkkeni määrab suuresti järgneva rütmi järgmistel tõketel. Naissportlaste sammude arv esimese tõkkeni on 22 – 25 (McFarlane, 1992). Sammude arv oleneb sportlase kiirusest ja tugevusest ning hoojala valikust esimesel tõkkel. Enamik

tõkkejooksjad eelistavad kurvis tõkete ületamisel hoojalana vasakut jalga, sel juhul jätkub jooks sirgjoonelisemalt (Kerr, 1992).

Jooksukiirus oleneb sportlase sammupikkusest ja sammusagedusest (Iskra, 2011; Nagasawa 2011; Tamura, 2012). 400m naistõkkejooksja keskmine sammupikkus on 2,13m (Prendergast, 1997). Tõkete vahelise sujuva edasiliikumise peab pikema jooksusammuga. Üldjuhul on vähema sammu arvuga sportlane tõkete vahel kiirem (Iskra, 2011; Lindeman, 1995; Mann & Murphy, 2015). Iskra et. al (2015) on leidnud omavahelise seose sammupikkuse, tõkete vahelise sammude arvu ja sammude arvu esimese tõkkeni vahel (vt Tabel 3).

Tabel 3. Sammupikkus, tõkete vaheline sammude arv ja sammude arv esimese tõkkeni 400m tõkkejooksus (Iskra et al., 2015)

Sammupikkus	Tõkete vaheline sammude arv	Sammude arv esimese tõkkeni
2.68	12	20 (21)
2.45	13	20-21
2.27	14	22 (23)
2.13	15	22-23
1.98	16	23
1.85	17	23 (24)
1.72	18	23-24
1.60	19	24

1.5 Naiste 400m tõkkejooksu karakteristikud

Naistõkkejooksjate sportlik tase on viimastel aastatel jõudsalt kasvanud. Edukaks 400m tõkkejooksjaks võib pidada heade antropomeetriliste näiteajatega sportlast (Iskra & Coh 2008). Kerr (1992) uurimusest tuleb välja, et ideaalse naistõkkejooksja pikkus on 170 – 180 cm ning kehakaal on vahemikus 60 – 70 kg. Tänu headele antropomeetrilistele näitajatele sportlane

omandab hea sammupikkuse kui ka erialast jõudu, et joosta viimast 100m võimalikult kiiresti (Iskra 2012; Kerr 1992; Tamura 2012). Naistõkkejooksjate puhul ei peeta tõkke ületuse tehnikat kõige esmatähtsamaks. Naiste tõkke kõrgus 400m tõkkejooksus on tunduvalt madalam meeste tõkke kõrgusest, seepärast ei pea tõkke ründamine olema ülemäära agressiivne (Iskra, 1991; Kerr, 1992; Mann & Murphy, 2015).

Naisjooksjate tõkke ületamise tehnika tähtsus seisneb tõkke ründamises, jooksukiiruse säilitamisel tõkkelt maha tulles, mis omakorda aitab säilitada sujuvat jooksurütmi (Kerr, 1992). Korrektne tehnika aitab kaasa ka jooksu viimases osas, kui väsimus hakkab mõju avaldama (Bailey 1982; Kerr, 1992). Maailma tasemel jooksjad on võimelised jooksma esimese tõkkeni 22 – 24 sammuga, mis tagab hea kiiruse esimesel 100m. Küll aga standartne sammumuster esimese tõkkeni on 23 – 25 sammu (Kerr, 1992).

Naissportlaste sammumustri puhul on märgata, et kiiruse püsivust ei arendata nii palju kui võiks. Seepärast on suur hulk naisjooksjaid, kes suudavad 15 sammu säilitada seitsmenda tõkkeni, kuid lõpuni seda teha ei suuda (Iskra et al., 2015; Kerr, 1992; Mann & Murphy, 2015).

2. TÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED

Käesoleva magistritöö eesmärgiks oli välja selgitada maailma parimate 400m naistökkejooksjate võistlustulemust määravad peamised tegurid lähtudes Tokyo 2020 olümpiamängude jooksude videoanalüüsist.

Tulenevalt töö eesmärgist püstitati järgmised ülesanded:

1. Määrata 400m naistökkejooksjate jooksude ajalised näitajad.
2. Määrata 400m naistökkejooksjate jooksude sammumustri karakteristikud.
3. Võrrelda 400m tõkkejooksus finaalis ja poolfinaalis võistelnud jooksjate näitajaid.
4. Välja selgitada seosed 400m tõkkejooksu tulemuse ja erinevate jooksu karakteristikute vahel.

3. METOODIKA

3.1 Vaatlusaluste iseloomustus

Käesolevas uuringus võeti vaatluse alla 24 naissoost sportlast – 400m tõkkejooksjat vanuses 22 – 35 eluaastat. Uuritavate keskmine (\pm SD) vanus oli $27,6 \pm 4,2$ a, kehapikkus $173,9 \pm 5,3$ cm, kehamass $58,9 \pm 3,7$ kg. Need andmed on võetud rahvusvahelise kergejõustikuliidu (www.worldathletics.org), rahvuslike olümpiakomiteede (www.teamusa.org) ja sportlaste kodulehtedelt.

Kõik vaatlusalused kuulusid oma sportliku taseme poolest maailma paremiku ja osalesid Tokyo 2020 olümpiamängude 400m tõkkejooksus. Algselt toimus 5 eeljooksu, igas jooksus osales 8 sportlast. Neist 24 paremat jooksid kolmes poolfinaaljooksus ning edasi 8 kõige paremat võistlesid finaalis. Uuringus võeti vaatluse alla poolfinaalide jooksud ja finaaljooks.

Vaatlusalused jagati kuute gruppi – esiteks olid ühes grupis need 8 jooksjad, kes pääsesid finaaljooksu ja teises grupis need 16 jooksjad, kes saavutasid poolfinaalides 9-24 koha. Täpsemaks analüüsiks jagati mõlemad grupid kaheks – finaaljooksus 1-4 koha ja 5-8 koha saanud jooksjad ning poolfinaalis 9-16 koha ja 17-24 koha saanud jooksjad (tabel 2). Selline gruppidesse jagamine kindlustab uurijatele, et analüüsitakse iga sportlase parimat sooritust Tokyo 2020 olümpiamängudel. Parimad jooksjad võivad võtta eelringide jookse veidi kergemalt, kuna nad on kindlad oma edasipääsust järgmisse jooksu (poolfinaali või finaali).

Tabel 4. Vaatlusaluste jooksjate gruppideks jagunemine

Grupi nimi	Grupi iseloomustus
F	Finaaljooksus 1-8 koha saavutanud sportlased
PF	Poolfinaaljooksus 9-24 koha saavutanud sportlased
F 1-4	Finaaljooksus 1-4 koha saavutanud sportlased
F 5-8	Finaaljooksus 5-8 koha saavutanud sportlased
PF 5-8	Poolfinaaljooksdes 9-16 koha saavutanud sportlased
PF 17-24	Poolfinaaljooksdes 17-24 koha saavutanud sportlased

3.2 Uurimismeetodid

Tokyo 2020 olümpiamängude 400m poolfinaaljooksu ja finaaljooksu analüüsimiseks valiti välja jooksudest videofilmid Rahvusvahelise Olümpiakomitee kodulehelt (www.olympics.com). Jooksude videofilmide analüüsimiseks kasutati videotöötuse programmi *Wondershare Filmora* (USA) (v.11.0.10.2), mis võimaldas täpselt määrata 400m tõkkejooksu ajalised ja rütmilised karakteristikud.

Vaatluse alla võeti järgmised näitajad, mis määrati kõigis jooksudes:

1. 400m tõkkejooksu distantsi esimese ja teise 200m lõigu läbimise aeg
2. Stardikiirenduse aeg (aeg kuni esimese tõkke ületamiseni, mõõtekoht oli hoojala kontakt rajaga esimese tõkke taga)
3. Stardikiirendusel tehtud sammude arv (sammud kuni esimese tõkkeni)
4. Sammumuster (sammude arv eraldi kõigi tõkete vahel)
5. Kõigi tõkkevahede läbimise ajad (mõõtepunktiks on hoojala kontakt rajaga tõkke taga)
6. Finišikiirenduse aeg (aeg viimasest tõkkest finišini)
7. Sammude arv viimasest tõkkest (10. tõke) finišini
8. Kõige kiiremini joostud tõkkevahe läbimise aeg
9. Kõige kiiremini joostud tõkkevahe läbimiseks kulunud sammude arv
10. Sammumustri muudatuste arv distantsi vältel (mitu korda tõkkejooksja suurendas või vähendas sammude arvu tõkete vahel)
11. Hoojala valik kurvijooksu ajal (parema või vasaku jala valimine hoojalaks kurvis tõkete ületamisel)

Lisaks videoanalüüsil määratud näitajatele otsiti välja rahvusvahelise kergejõustikuliidu (www.worldathletics.org), rahvuslike olümpiakomiteede (www.teamusa.org) ja sportlaste kodulehtedelt sportlaste antropomeetrilised näitajad (kehakaal ja kehapikkus), sportlaste isiklikud rekordid 400m jooksus ja Tokyo 2020 olümpiamängude 400m tõkkejooksu finaaljooksu ja kolme poolfinaali jooksude tulemused.

3.3 Tulemuste statistiline analüüs

Andmete statistiline töötlus toimus programmi Microsoft Excel 2013 abil ning kasutati ühefaktorilist dispersioonanalüüsi (ANOVA). Parameetrite vaheliste seoste hindamiseks kasutati Pearsoni korrelatsioonanalüüsi. Kirjeldava statistika vahenditena arvutati grupikeskmised ja standardhälbed ning gruppide keskmiste väärtuste erinevuse hindamiseks kasutati t-testi, võttes statistilise olulisuse nivooks $p < 0,05$.

4. TÖÖ TULEMUSED

4.1 400m tõkkejooksu finalistide ja poolfinalistide jooksutulemus

400m tõkkejooksu finaali ja poolfinaali tulemused gruppide kaupa on esitatud tabelis 3. Finaaljooksu keskmine tulemus oli oluliselt parem kui poolfinaali keskmine tulemus ($p < 0,001$). Finaaljooksu nelja parema jooksja keskmine tulemus oli parem, kui 5-8 koha jooksjate keskmine tulemus ($p < 0,05$). Poolfinaalis 9-16 koha saanud jooksjate keskmine tulemus oli parem kui 17-24 koha saanud sportlaste keskmine tulemus ($p < 0,01$).

Tabel 5. 400m tõkkejooksu finalistide ja poolfinalistide jooksutulemus (keskmine \pm SD)

	F	F 1-4	F 5-8	PF	PF 9-16	PF 17-24
Tulemus	53,04 \pm 1,54	52,04 \pm 0,74	54,37 \pm 1,28	56,49 \pm 1,64	55,32 \pm 0,47	57,84 \pm 1,45

F – finaali, F 1-4 – finaaljooksus 1-4 koha saavutanud sportlased, F 5-8 – finaaljooksus 5-8 koha saavutanud sportlased, PF – poolfinaal, PF 9-16 – poolfinaaljooksus 9-16 koha saavutanud sportlased, PF 17-24 – poolfinaaljooksus 17-24 koha saavutanud sportlased

4.2 400m tõkkejooksu finalistide ja poolfinalistide stardikiirendus

Stardikiirenduse ajalised parameetrid on esitatud tabelis 4. Stardikiirenduse ajas ei olnud statistiliselt olulist erinevust finaalis jooksnud ja poolfinaalis 9-24 koha saanud jooksjate vahel. Samas olid finaalis kiiremad sportlased oluliselt paremad ka stardikiirenduses ($p < 0,05$). Poolfinaalis statistilist erinevust ei esinenud.

Tabel 6. 400m tõkkejooksu finalistide ja poolfinalistide Stardikiirendus 1. tõkkeni (keskmine \pm SD)

	F	F 1-4	F 5-8	PF	PF 9-16	PF 17-24
Stardikiirendus 1. tõkkeni	6,02 \pm 0,23	5,85 \pm 0,14	6,20 \pm 0,13	6,18 \pm 0,12	6,16 \pm 0,12	6,21 \pm 0,14

F – finaali, F 1-4 – finaaljooksus 1-4 koha saavutanud sportlased, F 5-8 – finaaljooksus 5-8 koha saavutanud sportlased, PF – poolfinaal, PF 9-16 – poolfinaaljooksus 9-16 koha saavutanud sportlased, PF 17-24 – poolfinaaljooksus 17-24 koha saavutanud sportlased

400m tõkkejooksu keskmine sammude arv stardijoonest 1. tõkkeni on esitatud tabelis 5. Finaalis jooksnud sportlased tegid stardikiirendusel vähem samme kui poolfinaalis 9-24 koha saanud ($p < 0,01$). Samas nii finaalis kui ka poolfinaalis gruppide vahelist erinevust ei leitud.

Tabel 7. 400m tõkkejooksu sammude arv stardijoonest 1. tõkkeni (keskmine \pm SD)

	F	F 1-4	F 5-8	PF	PF 9-16	PF 17-24
Sammude arv 1. tõkkeni	22,25 \pm 0,46	22,50 \pm 0,58	22,00 \pm 0	23,07 \pm 0,8	23,00 \pm 1,07	23,14 \pm 0,38**

F – finaali, F 1-4 – finaaljooksus 1-4 koha saavutanud sportlased, F 5-8 – finaaljooksus 5-8 koha saavutanud sportlased, PF – poolfinaal, PF 9-16 – poolfinaaljooksus 9-16 koha saavutanud sportlased, PF 17-24 – poolfinaaljooksus 17-24 koha saavutanud sportlased. ** statistiliselt oluline erinevus $p < 0,01$

4.3 400m tõkkejooksu kiireim tõkete vaheline aeg ja selle sammude arv

Võrdlus kiireima tõkete vahelisel ajal finaalis ja poolfinaalis on esitatud tabelis 6. Keskmine kiireim aeg tõkete vahel oli finaalis jooksnud tõkkejooksjatel oluliselt parem kui poolfinaali sportlastel ($p < 0,01$). Finaalis jooksjad näitasid parema lõpptulemusega ka kiiremat tõkkevaheaega võrreldes 5-8 koha saanutega ($p < 0,05$). Poolfinaalis sellist erinevust ei täheldatud.

Tabel 8. 400m tõkkejooksjate kiireim aeg tõkete vahel (keskmine \pm SD)

	F	F 1-4	F 5-8	PF	PF 9-16	PF 17-24
Kiireim aeg tõkete vahel	4,05 \pm 0,08	3,99 \pm 0,05	4,11 \pm 0,06	4,20 \pm 0,11	4,16 \pm 0,11	4,25 \pm 0,11

F – finaali, F 1-4 – finaaljooksus 1-4 koha saavutanud sportlased, F 5-8 – finaaljooksus 5-8 koha saavutanud sportlased, PF – poolfinaal, PF 9-16 – poolfinaaljooksus 9-16 koha saavutanud sportlased, PF 17-24 – poolfinaaljooksus 17-24 koha saavutanud sportlased

Võrdlus kiireima tõkkevahel on esitatud tabelis 7. Nii finaalis kui ka poolfinaalis jooksnud sportlased jooksid kõige kiiremini esimese, teise või kolmanda tõkkevahe.

Tabel 9. 400m tõkkejooksu kiireim tõkkevahe

	F 1-4	F 5-8	PF 9-16	PF 17-24
Kiireim tõkkevahe	1x1v; 2x2v; 1x3v	2x1v; 2x2v	4x1v; 4x2v	4x1v; 2x2v; 1x3v

F 1-4 – finaaljooksus 1-4 koha saavutanud sportlased, F 5-8 – finaaljooksus 5-8 koha saavutanud sportlased, PF 9-16 – poolfinaaljooksus 9-16 koha saavutanud sportlased, PF 17-24 – poolfinaaljooksus 17-24 koha saavutanud sportlased, v - tõkkevahe

Paremad sportlased jooksid kiireima tõkkevahe väiksema arvu sammudega, finaalis jooksnud sportlased tegid vähem samme kui poolfinaali sportlased ($p < 0,01$). Kiireima tõkkevahe sammude arv on väljatoodud tabelis 8. Nii finaalis kui ka poolfinaalis gruppide vahelist erinevust sammude arvus ei täheldatud.

Tabel 10. Kiireima tõkkevahe sammude arv (keskmine \pm SD)

	F	F 1-4	F 5-8	PF	PF 9-16	PF 17-24
Kiireima tõkkevahe sammude arv	14,63 \pm 0,11	14,50 \pm 0,58	14,75 \pm 0,50	15,34 \pm 0,14	15,25 \pm 0,71	15,43 \pm 0,53

F – finaali, F 1-4 – finaaljooksus 1-4 koha saavutanud sportlased, F 5-8 – finaaljooksus 5-8 koha saavutanud sportlased, PF – poolfinaali, PF 9-16 – poolfinaaljooksus 9-16 koha saavutanud sportlased, PF 17-24 – poolfinaaljooksus 17-24 koha saavutanud sportlased

4.4 400m tõkkejooksu distantsi kaheks jaotamine: 0-200m ja 200-400m

Finalistide ja poolfinalistide esimese 200m ja teise 200m aegade võrdlus on väljatoodud tabelis 9. 400m tõkkejooksu distantsi esimese poole ja teise poole aegade võrdlus näitas, et kõigis gruppides joosti esimene 200m oluliselt kiiremini kui teine 200m.

Finaalis jooksid paremad sportlased kiiremini nii esimese kui ka teise 200m kui 5-8 kohad saanud sportlased. Poolfinaalis jooksid mõlema grupi sportlased esimesed 200m võrdselt, teisel 200m olid aga 9-16 koha saanud oluliselt kiiremad ($p < 0,01$).

Tabel 11. Finalistide ja poolfinalistide 0-200m ning 200-400m aegade võrdlus (keskmine \pm SD)

	F	F 1-4	F 5-8	PF	PF 9-16	PF 17-24
0-200m	24,54 \pm 0,64	24,06 \pm 0,52	25,02 \pm 0,28	25,48 \pm 0,46	25,38 \pm 0,54	25,58 \pm 0,37
200-400m	28,55 \pm 0,93	27,98 \pm 0,28	29,31 \pm 0,99	30,97 \pm 1,68	29,87 \pm 0,52	32,23 \pm 1,67

F – finaal, F 1-4 – finaaljooksus 1-4 koha saavutanud sportlased, F 5-8 – finaaljooksus 5-8 koha saavutanud sportlased, PF – poolfinaal, PF 9-16 – poolfinaaljooksus 9-16 koha saavutanud sportlased, PF 17-24 – poolfinaaljooksus 17-24 koha saavutanud sportlased

4.5 400m tõkkejooksu finalistide ja poolfinalistide sammude arv

Finalistide ja poolfinalistide sammumuster on esitatud tabelis 10. Finaalis jooksnud sportlastel oli sammude arv tõkete vahel väiksem kui poolfinaalis 9-24 koha saanud jooksjatel ($p < 0,01$). Finaalis osalenutel oli sammude arv keskmiselt 15,02 \pm 0,41 ning poolfinaalis jooksjate sammude arv oli keskmiselt 15,96 \pm 0,62.

Finaali parimatel distantisi esimese ja teise poole keskmine tõketevaheline sammude arv ei olnud statistiliselt oluliselt erinev. Samas finaalis 5-8 koha saanud jooksjad tegid distantisi teisel poolel oluliselt rohkem samme ($p < 0,05$). Poolfinaalis tegid nii 9-16 kui ka 17-24 koha saanud jooksjad distantisi teisel poolel tõkete vahel rohkem samme ($p < 0,01$ ja $p < 0,001$).

Tabel 12. Finalistide ja poolfinalistide sammude arv kokku kahe tõkke vahel; sammude arv 1-5 tõkkel; sammude arv 6-10 tõkkel (keskmine \pm SD)

	F	F 1-4	F 5-8	PF	PF 9-16	PF 17-24
Sammude arv kokku	15,02 \pm 0,41	14,94 \pm 0,46	15,11 \pm 0,26	15,96 \pm 0,62	15,76 \pm 0,71	16,16 \pm 0,52
Sammude arv 1-5 tõkkel	14,72 \pm 0,43	14,63 \pm 0,48	14,81 \pm 0,38	15,28 \pm 0,53	15,13 \pm 0,63	15,43 \pm 0,44
Sammude arv 6-10 tõkkel	15,33 \pm 0,30	15,25 \pm 0,44	15,4 \pm 0,16	16,64 \pm 0,70	16,38 \pm 0,79	16,89 \pm 0,60

F – finaal, F 1-4 – finaaljooksus 1-4 koha saavutanud sportlased, F 5-8 – finaaljooksus 5-8 koha saavutanud sportlased, PF – poolfinaal, PF 9-16 – poolfinaaljooksus 9-16 koha saavutanud sportlased, PF 17-24 – poolfinaaljooksus 17-24 koha saavutanud sportlased

4.6 400m naistökkejooksjate rütmimuutused kogu distantsi vältel

Finalistide ja poolfinalistide rütmimuutuste kogu arv on esitatud alljärgnevas tabelis 11. Finaalis jooksnud sportlased vahetasid sammurütmi keskmiselt $1,5 \pm 0,93$ korda ning poolfinalistid vahetasid sammurütmi keskmiselt $1,93 \pm 0,59$ korda.

Tabel 13. 400m naistökkejooksjate rütmimuutused 400m distantsil (keskmine \pm SD)

	F	PF
Rütmimuutuste arv	$1,5 \pm 0,93$	$1,93 \pm 0,59$

F – finaaljooksus 1-8 koha saavutanud sportlased, PF – poolfinaaljooksus 9-24 koha saavutanud sportlased

4.7 400m naistökkejooksjate antropomeetrilised näitajad

Naistökkejooksjate antropomeetrilised näitajad – kehakaal ja pikkus – on välja toodud alljärgnevas tabelis 12. Antropomeetriliste näitajate iseloomustamiseks määratud karakteristikutes ei esinenud statistiliselt olulisi erinevusi vaadeldud gruppide vahel.

Finaalis jooksnud naistökkejooksjate keskmine pikkus oli $175,8 \pm 4,83$ ning kehakaalu keskmine oli $60,3 \pm 4,50$. Poolfinaalis osalenute keskmine pikkus oli vahemikus $173,9 \pm 5,29$ ning kehakaal oli $58,9 \pm 3,74$. Mingeid statistiliselt olulisi erinevusi jooksjate pikkuse ja kehakaalu näitajates vaadeldud gruppide vahel ei esinenud.

Tabel 14. Finalistide ja poolfinalistide antropomeetrilised näitajad (keskmine \pm SD)

	F	F 1-4	F 5-8	PF	PF 9-16	PF 17-24
Pikkus	$175,8 \pm 4,83$	$176,8 \pm 4,92$	$174,8 \pm 5,25$	$173,9 \pm 5,29$	$173,9 \pm 6,31$	$173,9 \pm 4,49$
Kehakaal	$60,3 \pm 4,50$	$61,0 \pm 4,55$	$59,5 \pm 5,00$	$58,9 \pm 3,74$	$59,1 \pm 5,28$	$58,6 \pm 1,41$

F– finaali, F 1-4 – finaaljooksus 1-4 koha saavutanud sportlased, F 5-8 – finaaljooksus 5-8 koha saavutanud sportlased, PF – poolfinaal, PF 9-16 – poolfinaaljooksus 9-16 koha saavutanud sportlased, PF 17-24 – poolfinaaljooksus 17-24 koha saavutanud sportlased

4.8 Korrelatiivsed seosed uuritud näitajate vahel

Lisas 5 on tabelid, kus parameetrite vahelisi seoseid uuriti Pearsoni korrelatsioonianalüüsi kasutades. Korrelatsioonianalüüs teostati kahes grupis: finaali edasipääsenud sportlased ja poolfinaalis jooksnud sportlased.

Positiivne korralatsioon 400m tõkkejooksu ajaga finaalis:

1. Esimene ja teine 200m aeg ehk distantisi mõlema poole aeg ($p < 0,001$; $p < 0,001$)
2. Stardijooksu aeg (esimese tõkkeni) ($p < 0,01$)
3. Kiireima tõkkevahe aeg ($p < 0,001$)
4. 400m aeg ($p < 0,01$)
5. Sammude arv distantisi esimesel poolel oli seotud kiireima tõkkevahe sammude arvuga. ($p < 0,001$)

Positiivne korrelatsioon 400m tõkkejooksu ajaga poolfinaalis:

1. Ainuke statistiliselt oluline seos oli distantsi teise poole ajaga (teine 200m) ($p < 0,001$). Muid olulisi seoseid ei esinenud. Kas see näitab, et poolfinaalis tehti nii palju tehnilisi ja rütmilisi vigu, et need varjutasid jooksjate kehalised võimed?
2. Jooksjate pikkus on negatiivses seoses sammude arvuga distantsi esimesel ($p < 0,05$) ja ka distantsi teisel poolel ($p < 0,05$).

5. ARUTELU

Käesoleva uurimistöo peamine eesmärk oli välja selgitada maailma parimate 400m naistökkejooksjate võistlustulemust määravad peamised tegurid lähtudes Tokyo 2020 olümpiamängude jooksude videoanalüüsist. Sealhulgas määrata 400m naistökkejooksjate jooksude ajalised näitajad, jooksude sammumustri karakteristikud, võrrelda 400m tõkkejooksus finaalis ja poolfinaalis võistelnud jooksjate näitajaid ning välja selgitada seosed 400m tõkkejooksu tulemuse ja erinevate jooksu karakteristikute vahel.

Töö autor valis uurimuse teema lähtuvalt isiklikust huvist, et paremini mõista 400m tõkkejooksu eri tahke ning kasutada uuringus saadud teadmisi oma treeningutel.

Eestis on 400m tõkkejooksu temaatilisi uuringuid tehtud väga vähe ning ka teadusartikleid napib. Selle põhjuseks võib pidada ala keerukust, kuna pikk sprint tõketel hõlmab endas 10-ne tõkke ületamist kogu staadioniringil ning täpsemate uuringute läbiviibimine nõuaks vastavat teaduslikku aparatuuri. Küll aga pakub 400m tõkkejooks üha enam suuremat huvi mujal maailmas, kuna tõkkeid joostakse kiiremini kui ealeski varem. Tokyo 2020 olümpiamängud olid erilised just seetõttu, et seal joosti kaks uut maailmarekordit 400m tõkkejooksus – Sydney McLaughlin (51.46s) ja Karsten Warholm (45.94s) (World Athletics, 2022).

Teadaolevalt viimane põhjalikum videoanalüüs viidi läbi Doha maailmameistrivõistlustel 2019. aastal, kus kasutati tõkkejooksu karakteristikute hindamiseks kolme erinevat kaamerat staadioniringil (Lopez et al. 2019). Kergejõustiku maailmameistrivõistlustel Londonis 2017a kasutasid inglise sporditeadlased 11 kaamerat 400m jooksu analüüsimiseks (World Athletics, 2017). Sellised uurimused on abiks tõkkejooksu treeningmetoodika taseme tõstmiseks, kuna ilma täiendavate abivahenditeta oleks treeneripoolne vaatlus taolise mitmetahulise spordiala juures vajalike parameetrite vaatlemisel keeruline ja ebapiisav.

Antud uurimuse läbiviijad ei viibinud Tokyo olümpiamängudel ja seetõttu võeti videoanalüüsi teostamiseks 400m tõkkejooksude videosalvestused Rahvusvahelise Olümpiakomitee kodulehelt (www.olympics.com). 400m tõkkejooksu videoanalüüs viidi läbi videotöötuse programmi Wondershare Filmora (U.S.A.) abil, mis võimaldas saada jooksudes piisavalt detailseid andmeid mõistmaks paremini tipptõkkejooksjate soorituste detaile – millised on jooksjate taktikalised lähenemised nii ajaliste kui ka sammurütmi karakteristikute suhtes.

Viimastel aastatel jooksevad naistökkejooksjad oluliselt kiiremini kui varasemalt. Esmakordselt jooksis Sydney McLaughlin esimese naistökkejooksjana 400m tõkkejooksu alla 52

sekundi 2021. aasta juunis. Tokyo olümpiamängudel jooksis nii kuld- kui ka hõbemedali saanud sportlane alla 52 sekundi (Sydney McLaughlin 51,46s ja Dalilah Muhammad 51,48s). Tokyo olümpiamängude esineliku jooksutulemus (keskmine \pm SD) oli 52,04 \pm 0,74s. Võrdlusena oli Rio 2016 olümpiamängude võitja Dalilah Muhamadi tulemus 53,13s ja esineliku tulemus (keskmine \pm SD) 53,58 \pm 0,43s (World Athletics, 2017).

Antud uurimistöös võrdlesime 400m tõkkejooksjate isiklike rekordeid nii 400m tõkkejooksus kui ka 400m jooksus. Selgus, et parimad jooksjad, kes saavutasid 1-4 koha olid 400m jooksus oluliselt kiiremad nii 5-8 koha saanud jooksjatest (50,55 \pm 0,47s vs. 52,22 \pm 0,93s) kui ka poolfinalistidest (50,55 \pm 0,47s vs. 52,58 \pm 0,91s). Seega 400m jooksukiirus on olulisel kohal, et 400m tõkkejooksus edu saavutada. Siiski ei ole see 400m tõkkejooksus ainus määrav faktor, mida kinnitab asjaolu, et Tokyo olümpiamängudel finaalis 5-8 koha saanud jooksjate ja poolfinaalis 9-16 ja 17-24 koha saanud jooksjate 400m isiklikud rekordid oluliselt ei erinenud (52,22 \pm 0,93s vs. 52,49 \pm 1,14s vs. 52,68 \pm 0,84s).

Teadusuuringud on näidanud, et aastatel 1986 – 1999 oli 400m naistõkkejooksjatel valdavalt teine 200m pool domineerivam osa distantist (Iskra, 2015). Iskra et. al (2022) poolt läbiviidud uurimuses selgus, et tänapäeval jooksevad maailma parimad naistõkkejooksjad esimesed 200m maksimaalse kiiruse lähedaselt ning distantsi teine 200m on oluliselt aeglasem. Antud töö tulemustest selgus, et kõigis vaatlusalustes gruppides joosti esimene 200m oluliselt kiiremini kui teine pool. Seega peavad 400m tõkkejooksjad arvestama, et kohe distantsi alguses tuleb hakata kiiresti jooksuma ning ei ole efektiivne selline lähenemine, et alguses tuleb rahulikumalt joosta, et distantsi teisel poolel tugevalt kiirendada.

Tokyo olümpiamängude finaalis jooksid paremad sportlased (1-4 koht) kiiremini nii esimese kui ka teise 200m kui 5-8 kohad saanud sportlased. Poolfinaalis jooksid mõlema grupi sportlased esimesed 200m võrdselt, teisel 200m olid aga 9-16 koha saanud kiiremad ning see tõi neile ka paremad kohad.

Kiire distantsi alguse tähtsust kinnitab ka antud uuringus leitud fakt, et kõige kiiremini läbitud tõkkevahed olid nii finaalis kui ka poolfinaalis jooksnud sportlastel esimene, teine ja kolmas tõkkevahe. Keskmine kiireim aeg tõkete vahel oli finaali tõkkejooksjatel oluliselt parem kui poolfinaali sportlastel (4,05 \pm 0,08s vs. 4,20 \pm 0,11s). Finaalis näitasid parema lõpptulemusega jooksjad ka kiiremat tõkkevaheaega võrreldes 5-8 koha saanutega. Poolfinaalis sellist erinevust ei täheldatud. Seega on finaalis esimesi kohti saavutanud jooksjatel lisaks paremale kiiruslikule

vastupidavusele, mida näitab nende 400m jooksu isiklik rekord, ka parem maksimaalne jooksukiirus (Iskra, 2022).

400m tõkkejooksja hea stardikiirendus stardist kuni esimese tõkkeni määrab jooksu esimese 200m edukuse (Arnold, 1985; Boyd, R 2011). Antud uurimuses ei ilmnenud stardikiirenduse ajas statistiliselt olulist erinevust finaalis jooksnud ja poolfinaalis jooksnud sportlaste vahel. Samas olid finaalis kiiremad sportlased (1-4 koht) oluliselt paremad ka stardikiirenduses võrreldes 5-8 koha saanud jooksjatega. Poolfinaalis sellist erinevust kiiremate ja aeglasemate sportlaste vahel ei leitud.

Finalistide ja poolfinalistide erinevus leiti sammude arvus stardijoonest kuni esimese tõkkeni. Finaalis jooksnud sportlased tegid stardikiirendusel vähem samme kui poolfinaalis 9-24 koha saanud ($22,25 \pm 0,46s$ vs. $23,07 \pm 0,8s$). Kiirendus esimesele tõkkele on seotud suuresti maksimaalse kiiruse võimekusega. Üldine suunitlus selle juures on asjaolu, et tänu kiirele algusele hakkab sportlase kiirus langema juba pärast esimest või teist tõket (Iskra, 2022; Morioka et. al 2005).

400m tõkkejooksu üldine suund on läbida 10 tõket võimalikult vähese sammude arvuga (Brejzer ja Brublevzkij, 1982; Iskra et. al 2022; Mann & Murphy, 2015; McFarlane, 2000). Ka antud töö tulemused näitavad, et võimalikult vähene sammude arv 400m tõkkejooksus tagab edu. Vähene sammude arv muudab jooksu sujuvamaks ning 14/15 sammustrit kasutavad maailma eliiti kuuluvad sportlased (Iskra et. al 2022). Sama tendentsi võib näha ka antud uurimuse tulemustest. Finaalis jooksjate sammude arv (keskmine \pm SD) oli $15,02 \pm 0,41$, kuid poolfinaalis 9 – 24 koha saanud jooksjate sammude arv (keskmine \pm SD) oli oluliselt suurem - $15,96 \pm 0,62$. Võrdlusena tegid Berliini 2009 maailmameistrivõistluste 400m tõkkejooksu finaalis jooksjad keskmiselt 15,33 sammu, esinelik keskmiselt 15,08 ja 5-8 koha saanud 15,58 sammu (World Athletics, 2017).

Tokyo 2020 olümpiavõitja ja maailmarekordiomanik Sydney McLaughlin tegi kogu distantsi vältel kokku 152 sammu, seevastu paremuselt teine jooksja Dalilah Muhammad tegi kokku 157 sammu. Kuid märkimisväärne on see, et kui finaali esinelikul teises pooles sammude arv oluliselt ei suurenenud, siis finaalis 5-8 koha ja poolfinaalis 9-16 kui ka 17-24 koha saanud jooksjad tegid distantsi teisel poolel oluliselt rohkem samme. See näitab, et nad väsisid distantsi vältel tunduvalt rohkem kui esimesed jooksjad.

Iskra et. al (2022) ning Ohnuma et. al (2014) sõnul on maailma parimate naistõkkejooksjate standardiks kujunenud 15-sammuline tõkkejooks, kus sammurütmi muudetakse pärast 5-ndat või 6-ndat tõket. Üldjuhul lisatakse juurde üks samm, et vältida kiiruse suurt langust ning edasi

joostakse tõkkevahesid 16 sammulise rütmiga. See tähendab tõkkejooksja jaoks, et ta peab olema tehniliselt suuteline ületama tõkkeid nii parem kui ka vasak jalga ees hoojalana (vt Lisa 7). Ka Lopez et al (2015) on väitnud, et väsimusest tingituna muudavad enamik 400m tõkkejooksjaid kogu distantsi vältel vähemalt ühe korra oma sammurütmi. Tavaliselt lisavad ühe jooksjad ühe sammu, harvemini kaks sammu. Antud uurimusest selgus, et nii finalistid kui ka poolfinalistid muutsid üks, kaks või koguni kolm korda sammurütmi kogu distantsi jooksul. Kui keskmise tasemega jooksjad muudavad sammurütmi 6. tõkkel, siis maailma eliiti kuuluvad jooksjad vahetavad sammurütmi pigem 8. või 9. tõkkel (Iskra, 2015). Tokyo olümpiamängude finaalis jooksis võitja Sydney McLaughlin kuus tõkkevahet 14-sammulise rütmiga, siis vahetas 15-sammulisele rütmile, üheksanda tõkkeni jooksis 16 sammuga ja kümnenjärele 15 sammuga. Samas jooksis kolmanda koha saanud Fenke Bol kõik tõkkevahed 15 sammulise rütmiga.

Vaadeldes eraldi finalistide poolfinaaljooksu ja finaaljooksu, siis ei leitud seost ühel sportlasel ühe kindla sammumustri kasutamisel. Sammude arv oleneb konkreetsest võistlusolukorrast. Lisaks toob Lopez et al. (2019) välja selle, et maailma eliiti kuuluvatel sportlastel ei pruugi olla välja kujunenud kindel sammumuster. Siinkohal saab tuua võrdluseks välja Doha 2019 maailmameistrivõistlused, kus 24-st sportlasest kasutas nii eeljooksus, poolfinaalis kui ka finaalis ühte kindlat sammumustrit ainsana Sydney McLaughlin (Lopez et al. 2019)

Iskra et al (2022) toob välja, et senised uuringud peavad 400m tõkkejooksus oluliseks vaid tõkke ületamise tehnikat, kiiruslikku vastupidavust ja 400m sprindi isiklikku rekordit. Kuid nende kolme omavaheline korrelatsioon puudub. Hiljutine uurimus näitab, et treeningutel tuleks rõhuda tõketega kurvis jooksmisele ja selle õpetamisele. Pidades oluliseks võistlustingimustes just 5-6 ja 8-9 tõket, kuna need asetsevad kurvis. Seetõttu võtsime antud uuringus vaatluse alla ka sellise kurvijooksu näitaja – milline on tõkkejooksja hoojalga stardikurvis. Kuna kurvijooksul on tehniliselt efektiivsem joosta vasak jalga ees hoojalana (Ohnuma et al 2014; Przednowek et al. 2014; Quinn 2010), siis oleks võinud arvata, et tõkkejooksjad nii ka teevad. Jooksude analüüs näitas, et finaaljooksus kasutas esimese kurvis vasakut jalga hoojalana 5 sportlast ning paremat 3 sportlast. Poolfinaaljooksudes oli see näitaja – 9 korda vasak jalga hoojalana ja 6 korda parem jalga. Seega selget eelistust hoojala valikul sportlaste seas ei olnud.

Maailma parimate naistõkkejooksjate jooksude tulemuste võrdlemisel eeljooksus, poolfinaalis ja finaalis oli näha, et parimad sportlased jooksevad eeljookse ja poolfinaali tunduvalt kergemalt, et energiat säästa. Samas ei jookse liiga aeglaselt, et edasipääs järgmisse vooru oleks riskantne. Küll aga on parimatel jooksjatel oluline eeljooksu võit kui aeg ise, kuna eeljooksu võit tagab

järgmise jooksu keskmistel radadel (4-6) (Aftalion & Matinon, 2019). Keskmisi radasid peetakse kõige paremateks, kuna siserajad on liiga järsud (1-3) ning välisradadel (7-9) võib sportlasel tekkida negatiivne psühholoogiline efekt, kui tal pole kedagi taga ajada ega pole teised sportlased nägemisulatuses. Aftalion & Matinon (2019) uurimuses tuli välja, et enamik tiitlivõistluste kuld- ja hõbemedallistid võitsid oma eeljooksud, kuid nad ei pingutanud maksimaalselt, tagades finaalskeskmise rada. Antud uuringus me soovisime analüüsida tõkkejooksjate parimat sooritust Tokyo Olümpiamängudel. Teades, et parimad võivad eelringides mitte maksimaalselt pingutada, valisime analüüsimiseks finaaljooksu ja poolfinaaljooksud nende sportlaste puhul, kes finaali ei jõudnud.

Huvitavad tulemused andis korrelatsioonanalüüs, kus oli vaatluse all, millised tulemust mõjutavad faktorid on statistiliselt olulises seoses 400m tõkkejooksu tulemusega. Finaaljooksus leidsime mitmeid seoseid – eelkõige olid olulised jooksja kiiruslikud ja kiirusvastupidavuse võimed nagu stardikiirenduse aeg, kiireima tõkkevahe aeg, esimene ja teine 200m aeg ja 400m isikliku rekordi aeg. Poolfinaaljooksude analüüsil leiti, et ainuke statistiliselt oluline seos 400m tõkkejooksu tulemusega oli distantse teise poole (200m) läbimise aeg. Põhjuseks, miks ei leitud rohkem seoseid poolfinaaljooksudes võib olla asjaolu, et poolfinaalides tegid jooksjad rohkem tehnilisi ja sammurütmilisi vigu, mis oluliselt halvendasid nende tulemust.

Tõkkejooksjate antropomeetriliste näitajate (kehakaal ja pikkus) võrdlus näitas, et erinevate vaatlusgruppide sportlaste näitajates ei olnud olulisi erinevusi – finaaljooksjate vs. poolfinaali jooksjad – pikkus ($175,8 \pm 4,83$ cm vs. $173,9 \pm 5,29$ cm) ja kehakaal ($60,3 \pm 4,50$ kg vs. $58,9 \pm 3,74$ kg). Kuna sammude arv on 400m tõkkejooksus oluline näitaja siis võiks arvata, et domineerivad pikakasvulised jooksjad, kellel on lihtsam läbida tõkkevahesid väiksema sammude arvuga, siis reaalsuses see nii ei ole. Tokyo 400m tõkkejooksu finaalis ja poolfinaalis oli kõige pikem sportlane kolmanda koha saanud Femke Bol, kes on 184cm pikk.

Lõpetuseks võib öelda, et antud uurimistööl on praktiline väljund ja loodetavasti pakub see huvi nii tõkkejooksjatele kui ka kergejõustikutreeneritele, et muuta tõkkejooksjate treeningud efektiivsemateks.

6. JÄRELDUSED

1. Finaaljooksus ja poolfinaaljooksudes jooksukiirus distantsti teisel poolel vähenes.
2. Finaaljooksus läbiti esimene ja ka teine 200m kiiremini kui poolfinaaljooksudes.
3. Finaaljooksu kõige kiiremini läbitud tõkkevahe oli kiirem kui poolfinaaljooksudes. Kõige kiiremini läbitud tõkkevahed nii finaaljooksus kui ka poolfinaaljooksudes olid esimene ja teine tõkkevahe.
4. Finaaljooksus oli tõkete vahel tehtud sammude arv väiksem kui poolfinaaljooksudes. Finaaljooksu kiirematel distantsti teisel poolel erinevalt aeglasematest sammude arv oluliselt ei muutunud.
5. 400m tõkkejooksu finaali jooksjate tulemus oli positiivses seoses distantsti esimese ja teise 200m läbimise ajaga, stardikiirenduse ajaga, kiireima tõkkevahe läbimise ajaga ning jooksja 400m isikliku rekordiga.
6. Poolfinaalide jooksjate tulemus oli positiivses korrelatiivses seoses distantsti teise 200m läbimise ajaga.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. Aftalion A, Martinon P. Optimizing running a race on a curved track. PLoS ONE 2019; 14(9): 1–23.
2. Arnold M. Hurdling. British Amateur Board. 1985.
3. Boyd, R. 400m hurdles: the components. Modern Athlete and Coach, 2011; 49(3), 26-31.
4. Bowerman W J, Freeman WH. High-performance training for track and field. Illinois: Leisure Press; 1991
5. Brown, G. Conditioning for the 400m hurdles Modern Athlete and Coach 1992; 30(2), 8-11.
6. Brejzer A, Brublevzkij E. The 400m meters hurdles: A summary of information. Modern Athlete and Coach. 1983; Vol 20: No. 11.
7. Carr G. Fundamentals of Track and Field Second Edition. Human Kinetics Publishers Inc; 1999.
8. Ditroilo M, Marini M. Analysis of the race distribution for male 400m hurdlers competing at the 2000 Sydney Olympic Games. New Studies in Athletics, 2001; 16: 15–30
9. Dolgij M. 400m Hurdles Factors. Modern Athlete and Coach 1982; Vol. 20: no. 3
10. International Association of Athletics Federations (IAAF). Competition Rules of 2010-2011; 2010.
11. Hobara H, Inoue K, Gomic K, Sakamoto M, Muraokad T, Iso S, Kanosue K. Continuous change in spring-mass characteristics during a 400m sprint. Journal of Science and Medicine in Sport 2010; 13: 256–261.
12. Iskra J, Čoh M. Biomechanical studies on running the 400 m hurdles. Hum Mov, 2011; 12: 315-323
13. Iskra J, Pietrzak M. Flat versus rhythm endurance in 400 m hurdle training. Atletika, 2016; 39-44
14. Iskra J, Przednowek K, Domaradzki J, Coh M, Gwiazdo P, Mackala K. Temporal and Spatial Characteristics of Pacing Strategy in Elite Women’s 400 Meters Hurdles Athletes. Int. J. Environ. Res. Public Health 2022; 19, 3432.
15. Iskra Janusz, Pietrzak Michal, Paruzel-Dyja Marzena. The 400 meters hurdles event and the changes in the tactical race strategies in men prior and after the 2000. Atletika 2015; 32–38
16. Jolly S. 400m hurdles. The Athletics Congress’s Track and Field Manual 1989; 89–92.

17. Karube S, Hirai T, Watanabe C. Research in the subjective estimation that Athlete in 400mHurdles. Bulletin of sports and physical education research center, Hosei University, 2003; 21: 15–21
18. Lindeman R. 400m hurdle theory. Track Coach 1995; 4169–4171, 4196.
19. Lopez, J. L, Casal N, Pena I, Rodriguez C, Olivan J , Mateos C, Balada A, Planas A. Biomechanical analysis of the women’s 400m hurdles at the IAAF World Athletics Championships Doha 2019: Rhythmic structure and effort distribution. Journal of Science and Medicine in Sport 2019; 13: 256–261.
20. Mann V. R, Murphy A. The Mechanics of Sprinting and Hurdling. Great Britain: CreateSpace Independent Publishing Platform; 2015.
21. Mathis F. The Effect of Fatigue on Running Strategies. SIAM review. 1989; 31(2): 306–309.
22. McFarlane B. The science of hurdling and speed. Ontario: Athletics Canada; 2000.
23. Morioka Y, Enomoto Y, Sugita M, Matsua A, Ae M, Kobayashi K. Analysis of the race-pattern for elite male 400-m hurdlers. Jpn J Biomechanics Sports Exercise, 2005; 9: 196-204
24. Nagasawa M. An Analysis of the 400m Hurdle Race for Novices. Memoirs of the Faculty of Education. Educational science, 2019; 48: 49-60
25. Ohnuma H, Hirano Y, Tachi M. The changes of left and right leg movement on curved path during the latter half of 400m sprint. Jpn J Phys Fitness Sports Med, 2014; 63: 269-278
26. Ozaki Y, Ueda T. Do different hurdle heights alter important spatiotemporal variables in hurdle clearance? Frontiers in Sports and Active Living, 2022; 48: 1–8
27. Paradisis, G. P., and Cooke, C. B. Kinematic and postural characteristics of sprint running on sloping surfaces. J. Sports. Sci 19, 2001; 149–159.
28. Prendergast K. Some aspects of the 400m hurdles. The Hurdles: Contemporary Theory, Technique and Training 1997; 101–103.
29. Przednowek K, Iskra J, Krzeszowski T, Walaszczyk A. Optimization of training loads developing strength in 400-metres hurdles. Scientific Review of Physical Culture vol. 4 no. 1 2014; 8:122–127
30. Quinn, M. D. External effects in the 400m hurdles race. Journal of Applied Biomechanics, 2010; 26(2), 171-179.
31. Rash G.S., Garrett J., Voisin M., Kinematic analysis of top American female 100-meter hurdles. Int J Sport Biomech, 1990; 4: 386–393.

32. Rovniy, A; Pasko, V; Stepanenko, D; Grebieniuk, O. Hypoxic capacity as the basis for sport efficiency achievements in the men's 400-meter hurdling. *J. Phys. Educ. Sport* 2017, 45, 300–305.
33. Spencer, MR, Gastin, PB, and Payne, WR. Energy system contribution during 400 to 1500 meters running. *New Stud Athl (IAAF)* 1996; 11: 59–65.
34. Tamura Y, Yuasa K, Ishimura K, Usui S. Regulation of stride length during the approach run in the pole vault. *Japan J Phys Educ Hlth Sport Sci*, 2012; 57: 47-57
35. Winckler G. Hurdling. In: V. Gambetta, *The Athletics Congress's Track and Field Manual* 1989; 73–87
36. Winckler G. 400m hurdles. *USA Track & Field Coaching Manual* 2000; 75–91
37. Yasui T, Hondo S, Rui T. Aoyama K, Ichikawa D, Endo T. The study of race analysis about each performance level in 400 m hurdle sprint. *Research quarterly for athletics*, 2008; 75: 12–20
38. IAAF (International Association of Athletics Federations). World rankings <https://www.iaaf.org/disciplines/hurdles/400-metres-hurdles> 19.04.2022
39. IAAF (International Association of Athletics Federations). Competition rules 2018–2019, International Association of Athletics Federations, <http://athleticssa.com.au/Portals/54/Documents/Rules/IAAF%20Competition%20Rules%202018-2019.pdf> 04.05.2022
40. World Athletics. Research Centre 2017. <https://www.worldathletics.org/about-iaaf/documents/research-centre> 23.04.2022

LISA 1. Tokyo 2020 olümpiamängude finaali fotofiniš

WOMEN'S 400M HURDLES FINAL
OLYMPIC STADIUM

1	USA	S. McLAUGHLIN	51.46
2	USA	D. MUHAMMAD	51.58
3	NED	F. BOL	52.03

Ω OMEGA

LISA 2. Tokyo 2020 olümpiamängude eeljooksude tulemuste ametlik raport



Olympic Stadium
オリピックスタジアム
Stade olympique
SAT 31 JUL 2021

Athletics
陸上競技 / Athlétisme
Women's 400m Hurdles
女子400mハイル / 400 m haies - femmes
Round 1
予選 / 1er tour



Results 結果 / Résultats

WORLD RECORD	51.90	McLAUGHLIN Sydney	USA	Eugene, OR (USA)	26 JUN 2021
OLYMPIC RECORD	52.64	WALKER Melaine	JAM	Beijing (CHN)	20 AUG 2008

Heat 1 Start Time: 9:00

Rank	Athlete Bib	Name	NOC Code	Date of Birth	Lane	Reaction Time	Result
1	3766	TKACHUK Viktoriya	UKR	8 NOV 1994	9	0.256	54.80 Q
2	1536	GONZALEZ Melissa	COL	24 JUN 1994	3	0.146	55.32 Q NR
3	3836	COCKRELL Anna	USA	28 AUG 1997	7	0.213	55.37 Q
4	1414	WATSON Sage	CAN	20 JUN 1994	8	0.176	55.54 Q
5	2405	PEDROSO Yadisleidis	ITA	28 JAN 1987	6	0.186	55.57 q SB
6	3075	IUEL Amalie	NOR	17 APR 1994	5	0.129	55.65 q
7	1347	JAMAL Aminat	BRN	27 JUN 1997	2	0.208	55.90 SB
8	1175	CLAES Hanne	BEL	4 AUG 1991	4	0.174	56.38 SB

Heat 2 Start Time: 9:08

Rank	Athlete Bib	Name	NOC Code	Date of Birth	Lane	Reaction Time	Result
1	3757	RZYHYKOVA Anna	UKR	24 NOV 1989	2	0.191	54.56 Q
2	2513	RUSSELL Janieve	JAM	14 NOV 1993	7	0.159	54.81 Q
3	1176	COUCKUYT Paulien	BEL	19 MAY 1997	9	0.182	54.90 Q NR
4	2403	OLIVIERI Linda	ITA	14 JUL 1998	8	0.130	55.54 Q =PB
5	1896	LEHIKONEN Viivi	FIN	27 AUG 1999	6	0.155	55.67
6	1402	MONTCALM Noelle	CAN	3 APR 1988	3	0.197	55.85 SB
7	1996	BEESELEY Meghan	GBR	15 NOV 1989	5	0.165	55.91
8	1288	da SILVA Chayenne	BRA	5 FEB 2000	4	0.165	57.55

Heat 3 Start Time: 9:16

Rank	Athlete Bib	Name	NOC Code	Date of Birth	Lane	Reaction Time	Result
1	3870	McLAUGHLIN Sydney	USA	7 AUG 1999	5	0.180	54.65 Q
2	3122	WOODRUFF Gianna	PAN	18 NOV 1993	7	0.268	55.49 Q
3	1659	PETERSEN Sara Stott	DEN	9 APR 1987	9	0.161	55.52 Q
4	4015	QUACH Thi Lan	VIE	18 OCT 1995	8	0.150	55.71 Q SB
5	2400	MARCHIANDO Eleonora	ITA	27 SEP 1997	3	0.166	56.82
6	3751	MYKOLENKO Mariya	UKR	4 APR 1994	4	0.200	57.86 YC
	2009	KNIGHT Jessie	GBR	15 JUN 1994	2	0.160	DNF
	2508	NUGENT Leah	JAM	23 NOV 1992	6	0.240	DQ TR 17.3.1

Heat 4 Start Time: 9:24

Rank	Athlete Bib	Name	NOC Code	Date of Birth	Lane	Reaction Time	Result
1	2987	BOL Femke	NED	23 FEB 2000	8	0.194	54.43 Q
2	1149	BELLE Tia-Adana	BAR	15 JUN 1996	7	0.166	55.69 Q SB
3	3383	NEL Wenda	RSA	30 JUL 1988	3	0.194	56.06 Q
4	2028	TURNER Jessica	GBR	8 AUG 1995	5	0.186	56.83 Q
5	1049	CARLI Sarah	AUS	5 SEP 1994	6	0.167	56.93 SB
6	3502	GIGER Yasmin	SUI	6 NOV 1999	9	0.165	57.03
	2525	WHYTE Ronda	JAM	6 NOV 1990	2		DQ F ¹ TR 16.8
	3619	McKNIGHT Sparkle	TTO	21 DEC 1991	4		DNS

Heat 5 Start Time: 9:32

Rank	Athlete Bib	Name	NOC Code	Date of Birth	Lane	Reaction Time	Result
1	3876	MUHAMMAD Dalliah	USA	7 FEB 1990	3		53.97 Q
2	2114	KRAFZIK Carolina	GER	27 MAR 1995	5	0.189	54.72 Q PB
3	3516	SPRUNGER Lea	SUI	5 MAR 1990	9	0.186	54.74 Q SB
4	3172	LINKIEWICZ Joanna	POL	2 MAY 1990	8	0.130	54.93 Q PB
5	1584	HECHAVARRIA Zurian	CUB	10 AUG 1995	6	0.181	54.99 q PB
6	3538	ZAPLETALOVA Emma	SVK	24 MAR 2000	7	0.166	55.00 q
7	3076	KLOSTER Line	NOR	27 FEB 1990	2	0.151	56.45
8	1005	BENHADJA Loubna	ALG	11 FEB 2001	4	0.200	57.19 PB

Qualification: First 4 in each heat (Q) and the next 4 fastest (q) advance to the Semifinals

LISA 3. Tokyo 2020 olümpiamängude poolfinaali tulemuste ametlik raport



Olympic Stadium
オリンピックスタジアム
Stade olympique

MON 2 AUG 2021

Athletics
陸上競技 / Athlétisme
Women's 400m Hurdles
女子400mハードル / 400 m haies - femmes
Semi-Final
準決勝 / Demi-finales



Results Summary

結果概要 / Résumé des résultats

REVISED
2 AUG 22:24

WORLD RECORD	51.90	McLAUGHLIN Sydney	USA	Eugene, OR (USA)	26 JUN 2021
OLYMPIC RECORD	52.64	WALKER Melaine	JAM	Beijing (CHN)	20 AUG 2008

Rank	Athlete Bib	Name	NOC Code	Heat	Lane	Position	Time
1	3870	McLAUGHLIN Sydney	USA	2	5	1	53.03 Q
2	3876	MUHAMMAD Dalilah	USA	1	7	1	53.30 Q
3	2987	BOL Femke	NED	3	5	1	53.91 Q
4	2513	RUSSELL Janieve	JAM	1	6	2	54.10 Q
5	3836	COCKRELL Anna	USA	3	8	2	54.17 Q
6	3122	WOODRUFF Gianna	PAN	2	4	2	54.22 Q NR
7	3757	RYZHYKOVA Anna	UKR	2	6	3	54.23 q
8	3766	TKACHUK Viktoriya	UKR	3	7	3	54.25 q
9	1176	COUCKUYT Paulien	BEL	1	5	3	54.47 NR
10	2114	KRAFZIK Carolina	GER	1	4	4	54.96
11	3516	SPRUNGER Lea	SUI	3	6	4	55.12
12	1584	HECHAVARRIA Zurian	CUB	2	3	4	55.21
13	1414	WATSON Sage	CAN	1	8	5	55.51
14	3172	LINKIEWICZ Joanna	POL	2	9	5	55.67
15	3538	ZAPLETALOVA Emma	SVK	2	2	6	55.79
16	2405	PEDROSO Yadisleidis	ITA	3	2	5	55.80
17	3383	NEL Wenda	RSA	2	8	7	56.35
18	4015	QUACH Thi Lan	VIE	1	3	6	56.78
19	2403	OLIVIERI Linda	ITA	1	9	7	57.03
20	1536	GONZALEZ Melissa	COL	3	4	6	57.47
21	3075	IUEL Amalie	NOR	1	2	8	57.61 YC
22	1149	BELLE Tia-Adana	BAR	2	7	8	59.26
23	2028	TURNER Jessica	GBR	3	3	7	1:00.36
	1659	PETERSEN Sara Slott	DEN	3	9		DQ TR 22.6

Qualification: First 2 in each heat (Q) and the next 2 fastest (q) advance to the Final

LISA 4. Tokyo 2020 olümpiamängude finaali tulemuste ametlik raport



Olympic Stadium
オリンピックスタジアム
Stade olympique

WED 4 AUG 2021
Start Time: 11:30

Athletics
陸上競技 / Athlétisme
Women's 400m Hurdles
女子400mハードル / 400 m haies - femmes
Final
決勝 / Finale



Results 結果 / Résultats

WORLD RECORD	51.90	McLAUGHLIN Sydney	USA	Eugene, OR (USA)	26 JUN 2021
OLYMPIC RECORD	52.64	WALKER Melaine	JAM	Beijing (CHN)	20 AUG 2008

Rank	Athlete Bib	Name	NOC Code	Date of Birth	Lane	Reaction Time	Result	
1	3870	McLAUGHLIN Sydney	USA	7 AUG 1999	4	0.163	51.46	WR,OR
2	3876	MUHAMMAD Dalilah	USA	7 FEB 1990	7	0.200	51.58	PB
3	2987	BOL Femke	NED	23 FEB 2000	5	0.165	52.03	AR
4	2513	RUSSELL Janieve	JAM	14 NOV 1993	6	0.136	53.08	PB
5	3757	RYZHYKOVA Anna	UKR	24 NOV 1989	2	0.177	53.48	
6	3766	TKACHUK Viktoriya	UKR	8 NOV 1994	3	0.206	53.79	PB
7	3122	WOODRUFF Gianna	PAN	18 NOV 1993	9	0.235	55.84	
	3836	COCKRELL Anna	USA	28 AUG 1997	8	0.167	DQ	TR 17.3.1

LISA 5. Positiivne korralatsioon 400m tõkkejooksu ajaga finaalis

POOLFINAALID	400m ti	0-200m	200-400m	S arv, 1-5rök	S arv, 6-10rök	Aeg start-1rök	S arv start-1rök	Kiireim t.vale	400m is.rek	Jooksia pikkus
400m ti	1									
0-200m	0,104	1								
200-400m	0,960	-0,165	1							
S arv 1-5rök	0,339	0,319	0,254	1						
S arv 6-10rök	0,471	0,198	0,424	0,826	1					
Aeg start-1rök	0,389	0,432	0,245	0,384	0,222	1				
S arv start-1rök	0,293	0,013	0,256	0,742	0,736	0,457	1			
Kiireim t.vale	0,322	0,490	0,162	0,323	0,123	0,510	0,228	1		
Kiireima t.vale										
s arv	0,272	0,235	0,178	0,896	0,658	0,471	0,821	0,357	1	
400m is.rek	0,085	0,187	0,031	0,649	0,672	0,325	0,704	0,320	0,567	1
Jooksia pikkus	0,221	-0,012	0,208	-0,584	-0,517	0,200	-0,468	0,004	-0,467	-0,491
										1

LISA 6. Positiivne korralatsioon 400m tõkkejooksu ajaga poolfinaalis

POOLFINAALID	400m t _{ij}	0-200m	200-400m	S.aax.1-5iök	S.aax.6-10iök	Aeg start-i iök	S.aax start-i iök	Kiireim t.vahel	Kiireim t.vahel s.aax.	400m is.rek.	Jooksia pikkus
400m t _{ij}	1										
0-200m	0,104	1									
200-400m	0,960	-0,165	1								
S.aax.1-5iök	0,339	0,319	0,254	1							
S.aax.6-10iök	0,471	0,198	0,424	0,826	1						
Aeg start-i iök	0,389	0,432	0,245	0,384	0,222	1					
S.aax start-i iök	0,293	0,013	0,256	0,742	0,736	0,457	1				
Kiireim t.vahel	0,322	0,490	0,162	0,323	0,123	0,510	0,228	1			
Kiireim t.vahel s.aax.	0,272	0,235	0,178	0,896	0,658	0,471	0,821	0,357	1		
400m is.rek.	0,085	0,187	0,031	0,649	0,672	0,325	0,704	0,320	0,567	1	
Jooksia pikkus	0,221	-0,012	0,208	-0,584	-0,517	0,200	-0,468	0,004	-0,467	-0,491	1

LISA 7. Finalistide sammumuster Tokyo 2020 olümpiamängudel

22	22	23	23	22	22	22	22
14	14	15	15	14	15	15	15
14	14	15	15	14	15	15	15
14	15	15	15	14	15	15	15
14	15	15	15	15	15	15	15
78	80	83	83	79	82	82	82
14	15	15	15	15	15	15	15
14	15	15	15	15	15	15	15
15	15	15	16	15	16	15	16
16	16	15	16	15	16	16	15
15	16	15	17	16	16	16	16
74	77	75	79	76	78	77	77

AUTORI LIHTLITSENTS TÖÖ AVALDAMISEKS

Mina, Marielle Kleemeier (14.05.1996),

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

Maailma parimate 400m naistökkejooksjate võistlustulemust määravad karakteristikud Tokyo 2020 olümpiamängude võistluse näitel,

mille juhendaja on Mehis Viru.

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.

Tartus, 20.05.2022