

TARTU ÜLIKOOL
Kehakultuuriteaduskond
Spordipedagoogika ja treeninguõpetuse instituut

Mikola Misjuk

**KIIRJOOKSU KINEMAATILINE ANALÜÜS JA
KIIRJOOKSJATE KEHALISTE VÕIMETE TESTIMINE**

Magistritöö
Liikumis- ja sporditeadused

Juhendaja: dots. Mehis Viru

Tartu 2009

AVALDATUD PUBLIKATSIOONID	3
KASUTATUD LÜHENDID	4
SISSEJUHATUS	5
I KIRJANDUSE ÜLEVAADE.....	6
1. Kiirjooksu üldiseloostus	6
2. Kiirjooksu faaside iseloostus	7
3. Sammu faasid maksimaalkiirusega jooksul	10
4. Kinemaatiline analüüs.....	11
4.1 Sprindijooksu sammusagedus ja sammupikkus.....	12
4.2 Erineva sammupikkuse mõju sammusagedusele ja jooksukiirusele.....	15
4.3 Maksimaalkiirusega jooksu kontakiaeg rajaga.....	19
5. Sprinterite kehaliste võimete hindamine.....	20
5.1 Kiirjooksjate hüppetestid	21
5.2 Kiirjooksjate jooksutestid	23
5.3 Kiirjooksu võistlustulemuse prognoosimine hüppe- ja jooksutestide põhjal	24
II TÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED	27
III TÖÖ METOODIKA	28
1. Vaatlusalused ja uuringu korraldus.....	28
2. Kehaliste võimete määramine.....	29
3. Statistiline andmetöötlus	30
IV TÖÖ TULEMUSED	31
1. Sammuanalüüs	31
2. Jooksukiiruse ja kehaliste võimete testide vahelised seosed	34
V TULEMUSTE ARUTELU	39
VI JÄRELDUSED	46
KASUTATUD KIRJANDUS	47
SUMMARY	51
LISAD.....	52

AVALDATUD PUBLIKATSIOONID

Misjuk, M.; Viru, M. The relationships between jumping tests and speed abilities among Estonian sprinters. *Acta Academiae Olympicae Estoniae*. Vol. 15, No. ½, Tartu 2007.

Misjuk, M.; Viru, M.; Espe, V. Eesti mees- ja naissprinterite sprindijooksu kinemaatiline analüüs. *Teadus, sport ja meditsiin VIII*. Tartu 2009.

KASUTATUD LÜHENDID

VKÜH – Vertikaalne kükist hüpe

VAIH – Vertikaalne allaistega hüpe

VAIKH – Vertikaalne allaistega käte hooliigutustega hüpe

VAHH – Vertikaalne allahüppega hüpe

VKH – Vertikaalne kordushüpe

HKÜH – Horisontaalne kükist hüpe

HAIH – Horisontaalne allaistega hüpe

HKH – Horisontaalne kordushüpe

LL – lendlähe

PL – püstilähe

ML – madallähe

SISSEJUHATUS

Kergejõustikus omab paljudel aladel väga suurt tähtsust liikumise kiirus. Lisaks kiirjooksu aladele, annavad head kiiruslikud võimed eelduse pikkadeks hüpeteks kaugus- ja kolmikhüppes ning teivashüppes. Samuti paistavad silma heitjad kiirete aegade poolest lühikeses sprindis. Üha rohkem räägitakse kiiruse üha suurenevast tähtsusest kesk- ja pikamaajooksus.

Kiirjooksu vaadates jälgitakse tavaliselt ainult seda, kes võitis ja kes kaotas, st. hinnatakse ainult sportlase liikumise kiirust. Süvenedes kiirjooksu, näeme et igal jooksjal on oma isikupärane kiirjooks. Kaks sportlast, kes jooksevad sama aja või vähemasti väga lähedase aja, võivad saavutada selle väga erineval moel lähtudes biomehaanika seisukohalt. Üks sportlane võib joosta pikema sammuga ning tihti on tema sammusagedus ka väiksem. Teine jooksja aga jookseb väiksema sammupikkusega, kuid tema sammusagedus on suurem. Kuid palja silmaga ei saa me täpselt fikseerida sammupikkust ja sammusagedust ega muid biomehaanilisi parameetreid, selleks on vaja spetsiaalset aparatuuri, mis võimaldaks saada täpset informatsiooni. Saadud informatsioonile toetudes, saab sportlane, treener või teadlane kõrvutada erinevaid jooksjaid ning jõuda lähemale põhjustele, miks üks või teine sportlane saavutab sprindis parema tulemuse kui teine.

Treeningprotsessi lahutamatu osa on kehaliste võimete testimine, mis on heaks tagasisideks eelnenud ettevalmistusele. Kehaliste võimete testimisel esineb mitmeid probleeme. Kriitiliselt tuleb vaadata, milliseid kehaliste võimete teste kasutatakse st. kas need testid on sobilikud sprinterile. Lisaks tuleb kiirjooksjate kehaliste võimete testide puhul tähelepanu pöörata, milliseid kehalisi võimeid valitud testid hindavad.

Käesolev uurimistöö vaatlleb eelpool kirjeldatud probleemistikku: sprindijooksu sammuanalüüsi ja sprinteri kehaliste võimete testimist Eesti parimate kiir- ja tõkkejooksjate näitel. Samuti võrreldakse Eesti parimaid sprintereid maailma tipp sprinteritega. Sprindijooksualast kirjandust on Eestis vähe ilmunud ning antud uurimistöö on viimase aastate jooksul ainus magistritöö, mis käsitleb Eesti kiirjooksu hetkeseisu.

I KIRJANDUSE ÜLEVAADE

1. Kiirjooksu üldiseloostus

„Lühimaa- ehk kiirjooksuks (sprindiks) nimetatakse maksimaalkiirusega (maksimaalse intensiivsusega) jooksu distantsidel kuni 200m ja kuni 200m pikkuste etappidega teatejookse. Samuti võib arvata siia naiste tõkkejooksu kuni 100m, meestel kuni 110m distantsidel “ (Torim, 1987).

Kiirjooksu klassikaliseks alaks on 100m. Maailma parimad meessprinterid läbivad 100m alla 10 sekundi ja naissprinterid alla 11 sekundi. Keskmiseks kiiruseks meessprinterite 10 m/s ja naissprinteritel 9 m/s. Distantsil teevad meessprinterid 43-46 sammu ja naissprinterid 47-52 sammu (IAAF, 2009).

Sprindi eesmärgiks on läbida distants võimalikult lühikese ajaga, selleks tuleb (Torim, 1987):

1. pärast lähtesignaali võimalikult kohe alustada jooksu;
2. saavutada võimalikult lühikese ajaga maksimaalne jooksukiirus;
3. säilitada saavutatud maksimaalset jooksukiirust võimalikult kaua.

100m jooksus eristatakse järgmisi faase (IAAF, 2009; Saunders, 2004; Torim, 1987):

1. reaktsiooni faas
2. kiirenduse faas (kiirus tõuseb)
3. maksimaalse kiiruse faas (kiirus säilib)
4. aeglustumise faas (kiirus langeb)
5. finiš.

Vastavalt eelpool toodud 100m jooksu faasidele eristatakse kiiruse liike 100m jooksu näitel (Torim, 1987):

1. reaktsioonikiirus (reaktsiooni faas)
2. stardikiirendus (kiirenduse faas)
3. maksimaalne kiirus (maksimaalse kiiruse faas)
4. kiiruslik vastupidavus (aeglustumise faas).

Erinevad sprindi distantsid nõuavad sprinteritelt erinevaid kiiruslikke võimeid. Järgnevas tabelis (tabel 1) on toodud 100, 200 ja 400m distantsile vajalike võimete

tähtsuse järjekord. Hinnang on antud 1-5 palli süsteemis. Kõige suuremat tähtsust omavat võimet hinnatakse 5-ga ja kõige väiksema tähtsusega võimet 1-ga.

Tabel 1. Erinevatele sprindidistantsidele vajalikud võimed tähtsuse järjekorras (Bowerman *et al.*, 1991).

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

2. Kiirjooksu faaside iseloomustus

Reaktsiooni faas – kõikidel parimatel sprinteritel jäävad reaktsiooniajad alla 200ms (Dostal, 1982). See väide leidis 1987a. Rooma MMil kinnitust üle 95% ulatuses (Moravec *et al.*, 1988). Parimatel jääb reaktsiooniaeg 0,12-0,18 sekundi vahele, mis moodustab 1-2% 100m läbimise koguajast (Moravec *et al.*, 1988). Keskmine reaktsioonikiirus meessprinterite 100m jooksu MM finaalides oli järgmine: Roomas (1987) 0,176±0,047s; Ateenas (1997) 0,133±0,007s; Sevillas (1999) 0,141±0,014s. Naissprinterite tulemused olid järgmised: Roomas 0,196±0,035s; Ateenas 0,142±0,018s; Sevillas 0,134±0,016s (Ferro *et al.*, 2001; Muller ja Hommel, 1997; Moravec *et al.*, 1988). Arvatakse, et naissprinterite reaktsiooniaeg on pikem, kui meessprinterite oma. Keskmine naissprinterite reaktsiooniaeg oli pikem kui meessprinteritel Roomas 0,02s (Moravec *et al.*, 1988); Ateenas 0,009s (Muller ja Hommel, 1997). Kuid vastupidiselt oli naissprinterite keskmine reaktsiooniaeg lühem 0,007 sekundi võrra, kui meessprinteritel Sevilla MM finaalis (Ferro *et al.*, 2001). Uuringutes (Moravec *et al.*, 1988) leiti, et reaktsiooniajad ei korreleeru tulemuste tasemega. Moravec ja kaasautorid (1988) kontrollisid oma uuringus väidet, et kiirematel sprinteritel on parem reaktsiooniaja stabiilsus, kuid see väide ei leidnud kinnitust Rooma kergejõustiku MMil (Moravec *et al.*, 1988).

Kiirenduse faas – enamikes meeste jooksudes on see etapiks, kus jooks kas kaotatakse või võidetakse. Rooma MMil meeste 100m finaalis olid mehed 50ndal meetril samas järjestuses nagu ka 100m finišis (Moravec *et al.*, 1988).

Korrelatsioonanalüüs Rooma ja Ateena MM põhjal näitas järgmist (Moravec *et al.*, 1988; Ferro *et al.*, 2001) - hinnates stardikiirenduse ja lõpptulemuse vahelist seost, võeti stardikiirenduse aluseks distantsti osa 0-30m ning lõpptulemuseks distantsti läbimise aeg (Coh & Tomazin, 2005; Moravec *et al.*, 1988). Nii mees- kui naissprinterite puhul leiti statistiliselt oluline seos distantsti 0-30m osa ja 100m lõpptulemuse vahel.

Distantsti sellel osal tõstetakse iga sammuga sammusagedust ja -pikkust eesmärgiga saavutada kiirem horisontaalne liikumine. Selles faasis tehakse 4,6-4,8 sammu sekundis. Kiirendusfaasi pikkus sõltub sportlase tasemest. Mida kõrgema meistrliikkuse taseme sportlane saavutab seda pikemaks antud faas läheb. Meessprinteritel kestab see faas 60-70m ja naissprinteritel 50-60m (IAAF, 2009). Enamus sprinterid saavutavad maksimaalse kiiruse 30m-60m vahel, sinnamaani kestab kiirendusfaas. Selle osa all mõeldakse distantsti lähtesignaalist kuni ligikaudse (92-95%) täiskiiruse saavutamiseni.

Maailmameistrivõistlustel meeste 100m finaalis oli 0-30m läbimise keskmine aeg (ilma reaktsioonikiirusega): Roomas $3,76 \pm 0,07s$, Ateenas $3,71 \pm 0,03s$, Sevillass $3,70 \pm 0,03s$. Naissprinteritel oli see näitaja järgmine: Roomas $4,01 \pm 0,03s$, Ateenas $4,03 \pm 0,05s$, Sevillass $4,10 \pm 0,03s$ (Ferro *et al.*, 2001; Muller ja Hommel, 1997; Moravec *et al.*, 1988).

Maksimaalse kiiruse faas – see faas kestab 60-90 meetrini. Sprinterid jooksevad maksimaalse kiirusega 20-30m 100m distantstist. Meessprinterid saavutavad selles faasis kiiruse 12m/s ja naissprinterid 11m/s (IAAF, 2009). Tippsprinterid suudavad suhteliselt ühtlast maksimaalset jooksukiirust säilitada umbes 40m, see faas kestab 100m jooksus 40 meetrist kuni 80 meetrini 100m jooksus (Torim, 1987).

Rooma MMil meeste 100m finaalis saavutas 71% jooksjatest oma maksimaalse kiiruse etapil 50-60m. Keskmiseks 10m läbimise ajaks maksimaalsel kiirusel oli $0,87 \pm 0,02s$ ja kiiruseks $11,53 \pm 0,22m/s$ (Moravec *et al.*, 1988). Sevilla MMil 100m meeste finaalis saavutas 100% meessprinteritest oma maksimaalse kiiruse etapil 50-60m. Keskmiseks 10m läbimise ajaks maksimaalsel kiirusel oli $0,86 \pm 0,01s$ ja kiiruseks $11,65 \pm 0,17m/s$ (Ferro *et al.*, 2001).

Rooma MMil naiste 100m finaalis saavutas 87,5% sprinteritest maksimaalse kiiruse 50-60 meetril. Keskmiseks 10m läbimise ajaks maksimaalsel jooksukiirusel oli

0,94±0,1s ja kiiruseks 10,61±0,15m/s (Moravec *et al.*, 1988). Sevilla MMil saavutas 62,5% naissprinteritest maksimaalse kiiruse etapil 40-50m ja 75% etapil 50-60m (Ferro *et al.*, 2001). Ateena MM 100m finaaljooksude andmed võimaldavad veel täpsemalt määrata distantssi osa millal saavutati maksimaalne kiirus (tabel 2) (Muller ja Hommel, 1997).

Tabel 2. Ateena MM (1997) 100m finaaljooksudes saavutatud maksimaalne kiirus (m/s) ja distantssi (m) osa, millal saavutati maksimaalne kiirus (Muller ja Hommel, 1997).

Mehed	V _{max} (m/s)	V _{max} (m)	Naised	V _{max} (m/s)	V _{max} (m)
Greene	11,87	58,10	Jones	10,68	58,80
Bailey	11,87	62,30	Pintusevich	10,72	54,10
Montgomery	11,67	60,20	Arron	10,65	56,70
Fredericks	11,74	59,20	Miller	10,34	52,40
Boldon	11,66	60,80	Paschke	10,29	55,00
Ezinva	11,56	61,90	Ottey	10,47	45,40

Rooma 100m naiste tulemuste põhjal leiti otsene seos maksimaalse kiiruse ja lõpptulemuse vahel, meessprinterite puhul ei korreleerunud finaalis maksimaalne kiirus lõpptulemusega. Kõik meesfinalistid olid võimelised saavutama kiirust 11m/s (Johnsonil ja Lewisel 11,76), samuti oli eeljooksudes sportlasi, kes suutsid saavutada kiiruse 11m/s, kuid kes ei jooksnud paremini kui 10,50. Maksimaalne kiirus ei taga veel head tulemust, vaid on hea tulemuse saavutamise eelduseks (Moravec *et al.*, 1988).

Ateena (Muller ja Hommel, 1997) ja Sevilla (Ferro *et al.*, 2001) MMi 100m jooksu finaalis, leiti mees- ja naissprinterite puhul statistiliselt oluline seos maksimaalse kiiruse ja lõpptulemuse vahel.

Aeglustumise faas – kestab viimased 10-20m. Selles faasis hakkab langema kesknärvisüsteemi väsimuse tõttu sammusagedus, mida püütakse kompenseerida sammupikkuse tõusuga (IAAF, 2009) See osa algab umbes 80 meetrist ja kestab distantssi lõpuni (Torim, 1987).

Meeste 100m MM finaaljooksudes olid viimase 20m (80-100m) läbimise keskmised ajad järgmised: Roomas $1,76 \pm 0,05$ s (Moravec *et al.*, 1988); Ateenas $1,79 \pm 0,03$ s (Muller ja Hommel, 1997); Sevillass $1,78 \pm 0,04$ s (Ferro *et al.*, 2001) Võrreldes eelneva 20m (60-80m) läbimise ajaga on tulemused järgmised: Roomas jäi kiirus muutumatuks (Moravec *et al.*, 1988), Ateenas oli aeg 0,06s aeglasem (Muller ja Hommel, 1997) ning Sevillass 0,02 sekundit aeglasem (Ferro *et al.*, 2001).

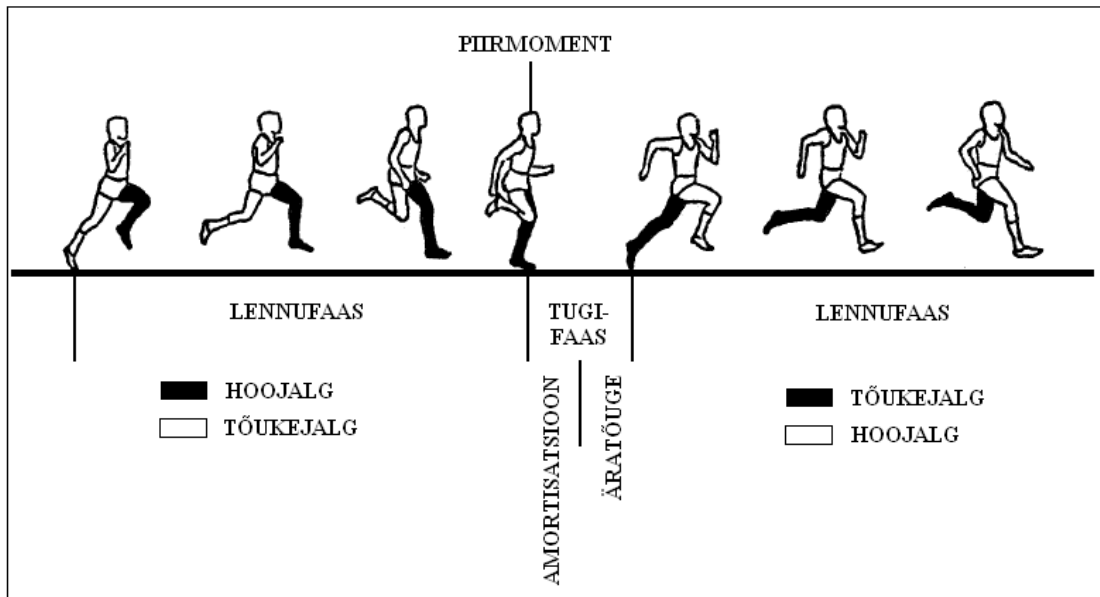
Naiste 100m finaaljooksus olid viimase 20m ajad järgmised: Roomas 1,98s (Moravec *et al.*, 1988); Ateenas $1,95 \pm 0,04$ s (Muller ja Hommel, 1997), Sevillass $1,82 \pm 0,06$ s (Ferro *et al.*, 2001). Võrreldes eelneva 20m läbimise ajaga on tulemused järgmised: Roomas oli aeg 0,06s; Ateenas 0,1s ning Sevillass 0,17s aeglasem.

Üheks olulisemaks faktoriks on meessprinterite võime suuta säilitada maksimaalset kiirust pikemat aega. Tänapäeva treeningus võib täheldada kiirusliku vastupidavuse võimete olulisuse tõusu. Nais- ja meessprinterite võrdluses on ilmekalt näha, et kui naissprinterid jooksevad 94% kiirusega meessprinterite omast pärast esimest 20m, siis pärast viimast 20m on kiirus langenud 85% peale. Ära ei tohi unustada ka fakti, et naiste sprint kestab 10% kauem, ning seetõttu peavad treenerid rohkem panustama kiiruslikule vastupidavusele just naiste treeningus (Moravec *et al.*, 1988).

3. Sammu faasid maksimaalkiirusega jooksul

Maksimaalkiirusega (intensiivsusega) jooksu liigutuste süsteemis võib eristada kahte samaaegset elementaarset liigutustegevust: äratõuget ja hooliigutusi (Torim, 1987).

Jooksusamm koosneb kahest faasist: tugi- ja lennufaasist (joonis 1). Lõppeva tugifaasi ja algava lennufaasi kinemaatiliseks piirmomendiks on äratõuke kontakti lõpphetk. Samaaegselt äratõukega lõpeb ka seda toetanud teise jala hooliigutus. Sel hetkel vahetavad jalad oma funktsiooni. Kui äratõuge on lõppenud, algab lennufaas, äsjane tõukejalg muutub hoojalaks – algab tema ettetõmbamine, hooliigutus. Samaaegselt algab vastlõppenud hooliigutusega ette-üles ning on pidurdunud äsjase hoojala maksimaalselt energilise alla rajale sirutamiseega äratõukeliigutus. Nüüd kannab see jalg tõukejala nimetust (Torim, 1987).



Joonis 1. Maksimaalkiirusega jooksusammu faasid.

4. Kinemaatiline analüüs

Kinemaatika on mehaanika haru, mis käsitleb kehade liikumise geomeetrisi aspekte, arvestamata nende massi ja kehadele mõjuvaid jõude (Pääsuke ja Ereline, 1999).

Kinemaatiline analüüs on biomehaanikas üks kvalitatiivsetest liigustegevuse analüüsi liikidest. Kinemaatiline analüüs uurib liigutustegevuse välist pilti. Analüüsi käigus selgitatakse, millistest liigutustest ja liikumisfaasidest koosneb kehaline harjutus ning milline on nende sooritamise järjekord. Kinemaatilise analüüsi käigus registreeritakse liigutustegevuse kinemaatilised karakteristikud (ruumilised, ajalised, ruumilis-ajalised). Tsüklilistel aladel võimaldab kinemaatiline analüüs hinnata liigutustegevuse efektiivsust (Pääsuke ja Ereline, 1999).

Kinemaatilised karakteristikud kirjeldavad kvantitatiivselt liikumise välist, silmaga nähtavat osa, võimaldades määrata inimese keha ja selle osade asukohta ruumis ning ajalisi aspekte (Pääsuke ja Ereline, 1999).

Kinemaatilised karakteristikuid võib jaotada alljärgnevalt:

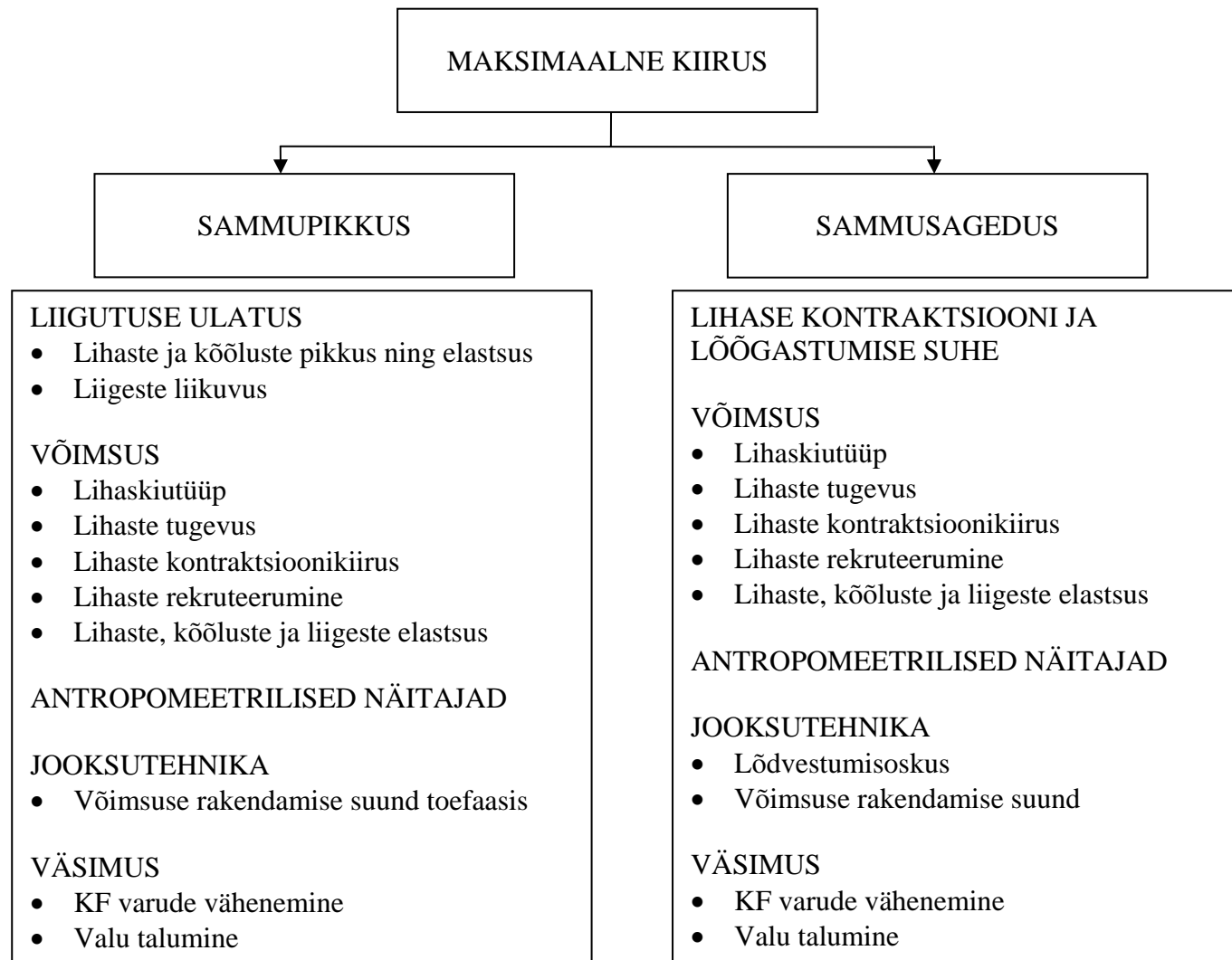
1. ruumilised karakteristikud,
2. ajalised karakteristikud,
3. ruumilis-ajalised karakteristikud.

Töö eksperimentaalses osas käsitletakse edaspidi ruumilisi (sammupikkus), ajalisi (sammusagedus, kontakttiaeg) ja ruumilis-ajalisi karakteristikuid (kiirus).

Inimese liigutustegevuse kinemaatilise pildi uurimisel kasutatakse tänapäeval kõige enam videotehnikat, mis võimaldab komplekselt määrata liigutustegevuse nii ruumilisi, ajalisi kui ka ruumilis-ajalisi karakteristikuid. Süsteemi kuuluvad videokaamera, digitaal-analoogmuundur ja personaalarvuti. Lisaks kasutatakse fotoelektrilisi elemente, millest saadakse ajamõõtesüsteeme, mille abil registreeritakse liikumise üksikute faaside või koguliikumise ajaline kestvus (Pääsuke ja Ereline, 1999).

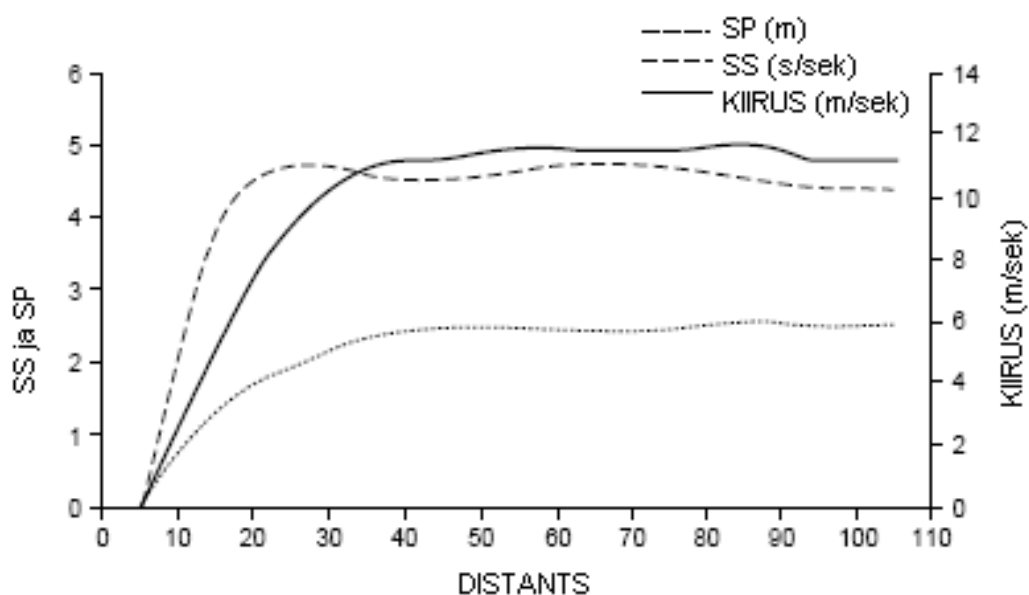
4.1 Sprindijooksu sammusagedus ja sammupikkus

Jooksukiirus on sammupikkuse ja sammusageduse korrutis (Hunter *et al.*, 2004; Kivi, 1997). Mida suurem on (optimaalse sammupikkuse juures) sammusagedus, seda suurem on jooksukiirus (Dintiman & Ward, 2003; Torim, 2002). Maksimaalse kiiruse saavutamiseks peavad sportlase sammupikkus ja sammusagedus olema proportsioonis (Babic *et al.*, 2007; Gagua, 2001). Sammupikkus ja sammusagedus on üksteisest sõltuvad parameetrid. Kui proovitakse suurendada ühte parameetrit, siis teine parameeter võib langeda, mis võib viia kiiruse languseni, kuna need parameetrid on pöördvõrdeliselt seotud (Hunter *et al.*, 2004; Gagua, 2001). Uuringud on näidanud, et eliitsprinteritel on hea suhe sammupikkuse ja sammusageduse vahel (Paruzel-Dyja *et al.*, 2006). Maksimaalne kiirus tähendab sprinteri jaoks individuaalset optimaalset suhet sammupikkuse ja sammusageduse vahel (Coh *et al.*, 2001; Donati, 1995). Osa autoreid peab oluliseimaks parameetriks sammusagedust maksimaalse kiirusega juures (Mero *et al.*, 1981; Ballreich, 1976 viidatud Babic *et al.*, 2007 vahendusel). Samas peab osa autoreid jooksukiiruse kirjeldamisel olulisemaks sammupikkust (Delecluse *et al.*, 1998). Sammused ja sammupikkus sõltuvad järgmistest faktoritest (skeem 1). Coh ja kaasautorid (2001) pakuvad välja, et sammupikkus on enam mõjutatud keha ja jalgade pikkusest ning jalgade sirutajate lihaste võimsusest kontakti faasis. Sammused on aga enam mõjutatud kesknärvisüsteemi talitlusest.



Skeem 1. Sammupikkust ja -sagedust mõjutavad tegurid (Ross *et al.*, 2001).

Järgneval joonisel 2 on toodud sammupikkuse, sammusageduse ja kiiruse dünaamika 100m jooksus. Jooksu algfaasis näeme, et kiiruse kasv on enam seotud sammusageduse tõusuga, mis saavutab oma maksimumi 20-30m vahel. Sammupikkuse kasv jooksu vältel on ühtlasem kui sammusageduse puhul. Sammupikkus saavutab maksimumi või maksimumi lähedase väärtuse 40ndal meetril.



Joonis 2. Keskmiised sammupikkused (SP) ja sammusagedused (SS) 1991. aasta 100m MM finalistidel (Ross *et al.*, 2001).

Täpsema 100m analüüsi aluseks on 1987. aasta Rooma MM meeste 100m finaaljooksu kahe kiirema (Ben Johnsoni ja Carl Lewise) andmed (lisa 1).

Mõlemad sportlased saavutasid väga märkimisväärsed tulemused ning võitjat, Johnsoni, ning hõbemedali võitjat, Lewist, jäi lahutama 0,10 sekundit. Jooksu analüüs aga näitab suuri erinevusi nende kahe sprinteri jooksus. Ben Johnson läbis distantssi suurema sammusagedusega, Lewis seevastu suurema sammupikkusega. Analüüs keskendub sammusageduse ja sammupikkuse dünaamika muutustele distantssi vältel (Moravec *et al.*, 1988):

- Carl Lewisel oli keskmiseks sammupikkuseks 2,36m (maksimum 2,74) ja Johnsonil 2,22m (maksimum 2,47).
- Ben Johnsoni sammusageduse keskmine näitaja oli 4,79s/s (maksimum 5,19s/s), Lewisel aga 4,53s/s (maksimum 4,82s/s).

- Carl Lewis saavutas oma trumpparameetri, sammupikkuse, maksimaalse väärtuse etapil 90-100m. Johnson seevastu saavutas maksimaalse sammusageduse juba 10-20m distantisi osal.
- Mõlemad saavutasid maksimaalseks kiiruseks 11,76m/s (Johnsonil 50-60m; 60m-70m; Lewisel 80-90 meetril). Antud etapil saavutas Johnson maksimaalse kiiruse ning sel hetkel oli tema sammupikkuseks 2,44m ja sammusageduseks 4,82s/s. Lewis saavutas Johnsonist hiljem maksimaalse kiiruse, tema sammupikkuseks oli sel hetkel 2,53m ja sammusagedus 4,65s/s.
- Mõlemal sportlasel oli tema dominantne parameeter madalam maksimaalsest väärtusest sel hetkel kui saavutati maksimaalne jooksukiirus. Johnsonil oli sammusagedus 9% madalam ja Lewisel sammupikkus 8% madalam. Johnsoni sammupikkus oli seevastu maksimumi lähedane, olles maksimaalsest väärtusest vaid 1% madalam. Lewise sammusagedus sarnaselt Johnsoni sammupikkusega langes vähem kui dominantne parameeter, vaid 4%.

4.2 Erineva sammupikkuse mõju sammusagedusele ja jooksukiirusele

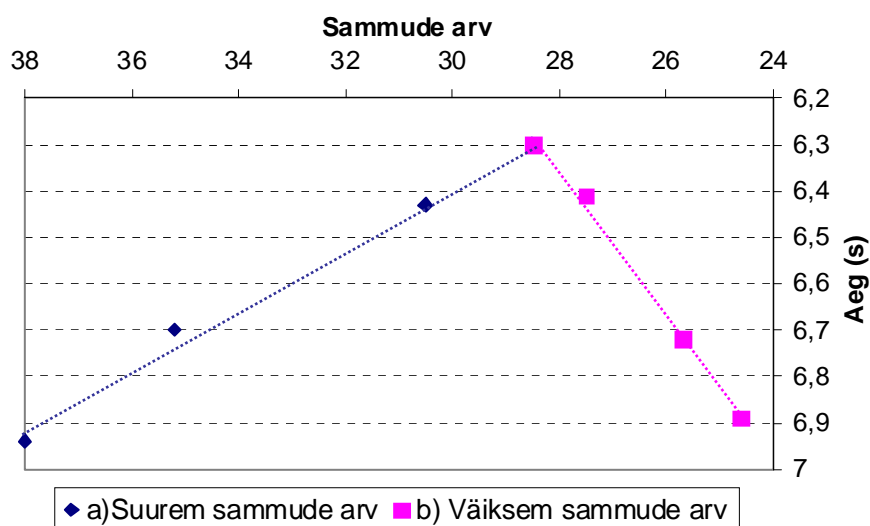
Kaks jooksjat: jooksja A ja jooksja B võivad saavutada sama kiiruse erinevate sammupikkuste ja sammusageduste juures. Näiteks jooksja A võib joosta 100m ajaga 10,00s, kui tema sammude arv distantisi läbimisel on 50 (keskmine sammupikkus on 2m ja keskmine sammusagedus on 5 sammu sekundis). Jooksja B võib saavutada sama aja, kui ta teeb 45 sammu (keskmine sammupikkus on 2,2m ja keskmine sammusagedus on 4,5 sammu sekundis). Neid kahte sportlast eristab sammupikkuse ja sammusageduse vaheline erinev suhe. Igal sportlasel on optimaalne sammusageduse ja -pikkuse suhe, mille korral saavutab ta individuaalse maksimaalse kiiruse. Nende kahe parameetri vahelise vale suhte korral kiirus langeb. Kõige rohkem on sammupikkus sõltuvuses rakendatavast jõu tasemest rajale, sammusagedus aga kesknärvisüsteemist tulenevatest impulssidest (Donati, 1995; 1994).

Donati (1994) uuris sammupikkuse ja sammusageduse vahelist seost ning nende omavahelise suhte mõju jooksukiirusele. Sportlane jooksis 60m ajaga 6,30s, tehes distantasil 28,5 sammu. Pärast küllaldast pausi oli ülesandeks joosta sama distant maksimaalse kiirusega, kuid teha 2-3 sammu rohkem kui eelmises jooksus. Ajaks oli 6,43s ja sammude arvuks 30,5. Pärast järgmist pausi jooksis sportlane ajaks 6,70s,

sammude arv oli 35,2 ning viimases 4ndas jooksus oli ajaks 6,94s ja sammude arvuks 38.

Eksperimendi teises etapis uuriti normaalsest pikema sammu mõju jooksukiirusele. Selleks jooksis katsealune sarnaselt eelmise eksperimendiga 60m, kuid ülesandeks oli joosta normaalsest pikemate sammudega. Esimeses jooksus saavutati ajaks 6,41s ja jooksusammude arv oli 27,5, teises jooksus 6,72s ja 25,7 ning kolmandas 6,89s ja 24,6 sammu.

Donati (1994) kandis graafikule sammude arvu ja jooksude tulemused (joonis 3). Seejärel tõmbas lineaarse joone läbi kahe eksperimentaalgrupi: a) jooksud, mille puhul tehti distantsti läbimiseks rohkem samme ja b) jooksud, mille puhul tehti distantsti läbimiseks vähem samme võrreldes tavalise algse jooksuga.



Joonis 3. Seosed jooksukiiruse ja sammusageduse vahel 60m jooksus (Donati, 1994).

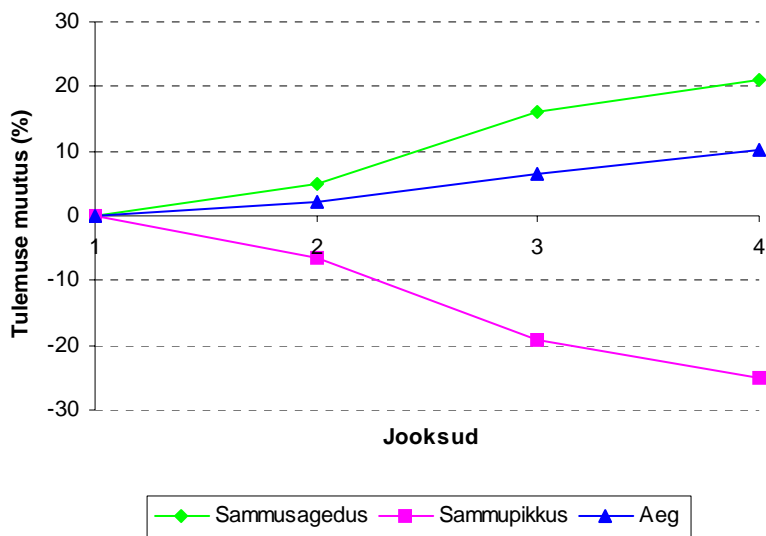
Mõlema sirge ristumiskoht näitab optimaalset sammusageduse ja sammupikkuse suhet, mille korral saavutab sportlane parima jooksutulemuse. Joonis 3 näitab seda, et kui liikuda optimaalsest punktist vasakule poole st sammupikkust vähendades, kaotatakse jooksu tulemusel vähem, kui liikudes optimumist paremale, kus suurendati sammupikkust. Teisisõnu, kui joosta optimaalsest pikema sammuga, siis on kiiruse kadu suurem, kui joosta optimaalsest suurema sammusagedusega, siis on kiiruse kadu väiksem. Praktilise treeningu seisukohast peab olema ettevaatlik püüdlusega

pikendada sammu, sest minnes üle sportlase optimaalse piiri, on kiiruse kadu suurem, kui situatsioonis, kus sportlane jookseb optimaalsest suurema sammusagedusega.

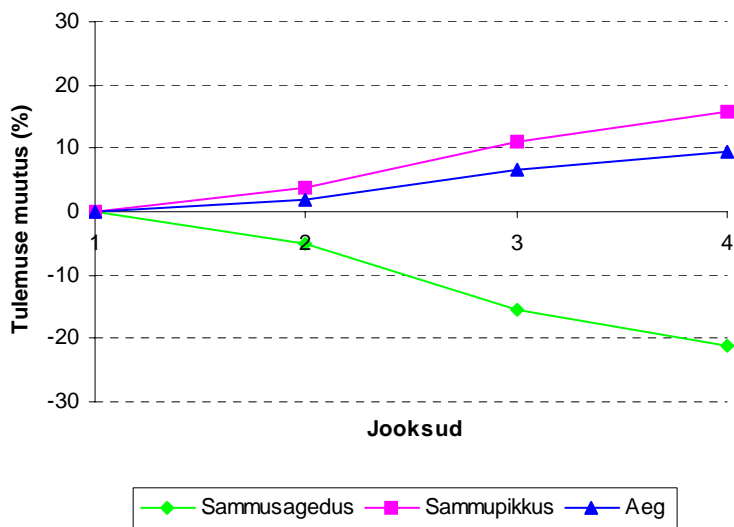
Jooksude tulemused, mille korral tehti distantisi läbimiseks rohkem (2-4. jooks) ja vähem (5-7.) samme olid järgmised:

1. Teises jooksus oli sportlase sammupikkus 6,5% normaalsest lühem, tõusis sammusagedus 4,7% ja jooksu kiirus langes 2%.
2. Kolmandas jooksus oli sportlase sammupikkus 19% lühem, siis tõusis sammusagedus 16,1% ja jooksukiirus langes 6,3%.
3. Neljandas jooksus langes sportlase sammupikkus 25% ning sammusagedus kasvas 21% ja jooksukiirus langes 10%.
4. Viiendas jooksus, kus sportlane jooksis normaalsetest pikemate sammudega, kasvas sammupikkus 3,6%, langes sammusagedus 5,1% ning jooksu kiirus langes 1,7%.
5. Kuuendas jooksus, kui sammupikkus kasvas 10,7%, siis sammusagedus langes 15,5% ja jooksu kiirus langes 6,2%.
6. Seitsmendas jooksus kui sammupikkus kasvas 15,9%, siis sammusagedus vähenes 21% ning jooksukiirus vähenes 8,9%.

Need tulemused näitavad, et vähendatud sammupikkus põhjustab proportsionaalselt väiksema tõusu sammusageduses ning protsentuaalne vähenemine jooksuajal on palju väiksem kui vähenemine sammupikkuses (joonis 4). Need tulemused näitavad, et suurendatud sammupikkus põhjustab proportsionaalselt suurema languse sammusageduses ning protsentuaalne vähenemine jooksu ajal on palju väiksem kui suurenemine sammupikkuses (joonis 5) (Donati, 1994).



Joonis 4. Sammupikkuse, sammusageduse ja aja muutus jooksu ajal, kus distantsti läbimisel tehti rohkem samme (Donati, 1994).



Joonis 5. Sammupikkuse, sammusageduse ja aja muutus jooksu ajal, kus distantsti läbimisel tehti vähem samme (Donati, 1994).

Mõlema manipulatsiooni tulemusena saadi sarnane kiiruse vähenemine. Esimese testi esimeses jooksus 2%, teise testi esimeses jooksus 1,7%, esimese testi teises jooksus 6,3%, teise testi teises jooksus 6,2%, esimese testi kolmandas jooksus 10%, teise testi kolmandas jooksus vähenes jooksukiirus 8,9%.

Mõlema manipulatsiooni puhul saadi sarnased tulemused sammupikkuse ja sammusageduse omavahelistes suhetes. Uuringu tulemusena saab väita, et sammusageduse ja sammupikkuse muutused ei ole üks-ühesed. Sammupikkust langetades oli tõus sammusageduses 25-30% väiksem kui sammupikkuse langus. Sammupikkust tõstes oli langus sammusageduses 25-30% suurem, kui sammupikkuse tõus. See tähendab seda, kui sammupikkus langeb 10%, siis samal ajal sammusagedus ei tõuse 10%, vaid 7,5-8%. Samuti vastupidi, kui sammupikkus tõuseb 10%, siis samal ajal langeb sammusagedus 12,5-13%. Uuringus joostud kuuest jooksust kinnitavad antud tendentsi viis jooksu. Esimene manipulatsioon: 1 jooks 28%, 2 jooks 16%, 3 jooks 25%; teine manipulatsioon 1 jooks 30%, 2 jooks 31%, 3 jooks 75%. Erandiks on esimese manipulatsiooni teine jooks, kus muutuste ulatus pikendatud sammupikkuse ja tõusnud sammusageduse vahel on 16%, st väiksem kui teistel jooksudel.

4.3 Maksimaalkiirusega jooksu kontakttiaeg rajaga

Jala kontakttiaeg rajaga on levinud parameeter, mida analüüsitakse kiirjooksu uuringutes lisaks sammupikkusele ja sammusagedusele. Sammused ja kontakttiaja vahel on väga tihe seos, mida lühem on kontakttiaeg, seda suurem on sammusagedus (Torim, 1987).

Kiirjooksu tulemus sõltub erinevatest faasidest (reaktsiooniajast, stardikiirendusest, maksimaalsest kiirusest ja kiiruse vähenemisest). Biomehaanika seisukohast sõltub jooksukiirus neis faasides sammupikkuse, sammusageduse ja kontakttiaja muutustest distantse vältel (Bellotti, 1991; Brüggemann et al. 1997; Delecluse 1998, Müller Hommel, 1997). Uuringutes on leitud, et kontakttiaeg on üks olulisemaid faktoreid, mis mõjutab sammusagedust ja sammupikkust ning seeläbi ka maksimaalset jooksu kiirust (Locatelli ja Arsac, 1995; Mero *et al.*, 1992)

Jala kontakttiaeg on aeg, mis koosneb kahest faasist: pidurdusfaasist ja äratõuke faasist, nende mõlema kestvuse summast moodustub kontakttiaeg (Coh *et al.*, 2001; 1998; Komi & Luhtanen 1980).

Ökonoomset sprinti iseloomustab pidurdusfaasi ja äratõukefaasi suhe. Optimaalne suhe nende faaside vahel on 40:60, mida lühem on pidurdusfaas, seda väiksem on keha raskuskeskme horisontaalne kiiruse kadu (Coh *et al.*, 2001; 1998). Suhe

kontakiaja faaside vahel, on väga heaks kiirjooksu tehnika hindamise näitajaks (Coh *et al.*, 2008).

Pidurdusimpulss peab olema nii lühike kui võimalik, äratõuke impulss nii suur kui võimalik (Coh *et al.*, 2008).

Kontakiaeg eliit meessprinteritel on 0,07-0,09s (Hay ja Reid, 1988; Mero *et al.*, 1986). Kontakiaeg Rooma MM finaalis maksimaalse kiirusega jooksul oli Carl Lewisel 0,082s ja Ben Johnsonil 0,080s (Moravec *et al.*, 1988). Kontakiaeg eliit meessprinteritel oli 0,089s (20m lendlähtest jooksul) (Coh *et al.*, 2001). Sprinteritel, kes saavutasid maksimaalse kiiruse 10,20-11,60m/s, oli kontakiaeg rajaga 85-95ms (Bruggeman ja Glad 1990). Uuringus Coh *et al.* (2008) leiti, et sprinter kes näitas kõige kõrgemat maksimaalset kiirust, sellel sprinteril oli ka kõige lühem kontakiaeg. Naissprinteritel oli maksimaalkiirusega jooksul (100m 11,91±0,54s) kontakiaeg 0,108s (Coh *et al.*, 1998).

Uuringus (Coh *et al.*, 2001) leiti statistiliselt oluline erinevus kahe erineva tasemega sprinterite grupi vahel nivool $p < 0,01$. Parema tasemega sprinterid näitasid lühemat kontakiaega.

5. Sprinterite kehaliste võimete hindamine

Treeningprotsessi tähelepanelik monitooring on väga vajalik selleks, et selgitada välja, milliseid muudatusi tuleb teha treeningprogrammis. Treeningprotsessi jälgimiseks kasutatakse spordialaspetsiifilisi kehaliste võimete teste. Testi tulemusi analüüsides saame hinnata treeningu mõju sportlasele. Sportlase monitooring peab andma vastuse kahele küsimusele: kas treeninguga on esile kutsutud oodatud muutused ning kas nende muutuste ulatus on piisavalt suur, et saavutada püstitatud lõppeesmärke (Vittori, 1995).

Testimiste rakendamine võimaldab (Kalam ja Viru, 1973):

1. määrata üldist treenitust;
2. määrata erialast treenitust;
3. määrata sportliku saavutusvõime arengu dünaamikat mitmeaastases treeningprotsessis;
4. leida pidepunkte treeningu planeerimise ja treeningplaanide korrigeerimiseks;

5. andekaid noorsportlasi välja selgitada;
6. treeningut ratsionaliseerida;
7. võimaldab täiustada sportlase teadlikkust ja enesekontrolli treeningul;
8. kontrollida teoreetilisi tõekspidamisi praktikas;
9. tagasisidet sportlase tervisliku seisundi kohta;
10. määrata erinevate treeningetappide jaoks kontrollnormatiive.

Kirjanduses pakutakse välja erinevaid sprinteritele sobilikke kehaliste võimete teste. Enamlevinud testidena kasutatakse sprinteritel hüppeteste (Babic *et al.*, 2007; Cuncha, 2005; Maulder ja Cronin, 2005; Markovic *et al.*, 2004; Kukulj *et al.*, 1999; Nesser *et al.*, 1996; Vittori, 1995; Young *et al.*, 1995; Dick, 1989) ning jooksuteste (Coh *et al.*, 2001; Donati, 1995; Vittori, 1995; Dick 1989; Dare & Kearney 1988).

5.1 Kiirjooksjate hüppetestid

Hüppetestidega seonduvad kaks suuremat probleemi – kas hüppetest peaks olema vertikaalne või horisontaalne ning tsükliline või atsükliline. Eristatakse nelja erinevat liiki hüppeteste:

1. vertikaalne tsükliline
2. vertikaalne atsükliline
3. horisontaalne tsükliline
4. horisontaalne atsükliline

Peamised vertikaalsed atsüklilised testid on:

- Vertikaalne kükist hüpe (VKÜH) – sportlasel on käed puusal ning jalad on põlveliigesest kõverdatud umbes 120°. Sportlane võtab asendi sisse ja hoiab seda 4 sekundit. Katse läbiviija loeb neljani ning seejärel hüppab sportlane nii kõrgele kui võimalik. Sportlane maandub peale hüpset samasse asendisse nagu enne hüpset (nurk põlveliigeses) (Maulder ja Cronin, 2005; Young, 1995).
- Vertikaalne allaistega hüpe (VAH) – sportlasel on käed puusal, jalad põlveliigesest sirged, seejärel istub sportlane kiirelt alla (umbes 120° põlveliigesest) ning seejärel tõukab kiirelt nii kõrgele kui võimalik (Maulder ja Cronin, 2005).
- Vertikaalne allaistega käte hooliigutustega hüpe (VAIKH) – sportlane seisab jalad põlveliigesest sirged, käed on vabalt külgedel. Seejärel istub sportlane kiirelt alla

(umbes 120°) ning tõukab kiirelt nii kõrgele kui võimalik ja samal ajal teeb kätega hooliigutuse (Vittori, 1995).

- Vertikaalne allahüppega hüpe (VAHH) – sportlane seisab jalad põlvedest sirged ja käed puusal kõrgemal alusel (umbes 40cm). Seejärel hüppab kõrgemalt aluselt alla ja kohe kiirelt üles (Cuncha, 2005).

Peamised vertikaalsed tsüklilised testid on järgmised vertikaalsed kordushüpped (VKH):

- Sportlane seisab jalad põlvedest sirged ja käed puusal. Märkuande peale hüppab ta 5 korda põlvest sirgete jalgadega, kasutades säärelihaseid ning hüpates maksimaalselt kõrgele minimaalse kontaktiajaga (Maulder *et al.*, 2006).
- Sportlane seisab jalad põlveliigesest kõverdatud käed puusal. Seejärel kõverdab ta jalgu põlveliigesest umbes 120° ja hüppab 3 korda maksimaalselt kõrgele minimaalse kontaktiajaga (Maulder ja Cronin, 2005).

Peamised horisontaalsed atsüklilised testid on:

- Paigalt kaugushüpe – sportlane seisab jalad põlveliigesest sirged, käed kõrval. Sportlane kõverdab jalgu põlveliigesest ja tõukab jalgadega maksimaalselt kaugele, samal ajal teevad käed hooliigutuse.
- Kükist paigalt kaugushüpe – sportlane seisab jalad põlveliigesest kõverdatud ja käed puusal. Sportlane tõukab jalgadega maksimaalselt kaugele.

Horisontaalsete tsükliliste testidena kasutatakse mitmikhüppeid. Sportlane seisab jalad põlveliigesest sirged, käed kõrval. Seejärel kõverdab ta jalgu põlveliigesest ja tõukab jalgadega, samal ajal teevad käed hooliigutuse. Sportlane tõukab ära kahe jalaga, seejärel hüppab ühelt jalalt teisele, liivakasti maandub kahele jalale. Enamlevinud variandid on kolmik-, viisik- ja kümnikhüpe.

Vähesed uuringud on kasutanud horisontaalseid hüppeteste hindamaks mõju horisontaalsele võimekusele (Nesser *et al.*, 1996). Enamus uuringutest on kasutatud atsüklilist tegevust (VKÜH, VAIH, vertikaalsed hüpped ja VAHH). See võib selgitada, miks on leitud ainult mõõdukas seos ($r=-0,46$ kuni $r=0,77$) atsükliliste (vertikaalsete) ja tsükliliste (sprint) tegevuste vahel (Kukolj *et al.*, 1999; Nesser *et al.*, 1996; Young, 1995).

Tekib küsimus, miks enamusi uuringuid kasutatakse vertikaalset atsüklilist hüpet hindamaks jalgade võimsust? Kas seda on kergem mõõta ja kas see on

usaldusväärsem? Kas sellel on kõrgem prognoosimise võime kui horisontaalhüpetel? Millise suunaga ja millist laadi hüppetest omab sprinteritele suuremat tähtsust kas vertikaalne või horisontaalne ning kas atsükliline või tsükliline?

Uuringus (Maulder ja Cronin, 2005) kasutati kiirus- ja hüppetestide vaheliste seoste hindamiseks järgmisi teste: VKÜH, VAIH, VKH, HKÜH, HAIH ning HKH. Jooksutestiks kasutati 20m jooksutesti. Kõikide hüppetestide ja jooksukiiruse vahel leiti statistiliselt oluline seos.

Statistiliselt oluline seos leiti ($r=-0,46$ kuni $r=-0,81$) jooksu tulemuse ja erinevate hüppetestide vahel (Kukolj *et al.*, 1999; Nesser *et al.*, 1996; Young, 1995; Mero *et al.*, 1983).

Maulder ja Cronini uuringus (2005) leiti horisontaalsete hüppetestide ($r=-0,73$ kuni $r=-0,86$) ja jooksukiiruse vahel tugevam seos kui kõikide vertikaalsete hüppetestide ($r=-0,52$ kuni $r=-0,73$) vahel. Kõige tugevam seos saadi horisontaalse tsüklilise hüppetesti ja jooksukiiruse vahel ($r=-0,86$).

Teises uuringus (Mero *et al.* 1983) leiti statistiliselt oluline seos meessprinteritel VKÜH ($r=-0,65$), VAIH ($r=-0,70$) ja 10m kiirendus faasi kiiruse vahel.

Young jt. (1995) leidsid statistiliselt oluline seose sprindikiiruse (kiireim 10m löik) ja VAIH ($r=-0,77$), lisaks VAIH ja 20m sprindi kiiruse vahel ($r=-0,73$). Nesser jt. (1996) leidsid viisikhüppe ($r=-0,81$) ja 40m jooksu kiiruse vahel tugev statistiline seos.

5.2 Kiirjooksjate jooksutestid

Jooksutestidena kasutatakse põhimõtteliselt kahte testi sõltuvalt lähtest: madal- või lendlähe. Samuti võib eristada testi pikkust aluseks võttes. 100m kiiruse hindamiseks saame eristada järgmisi teste. Testid, millega hinnatakse stardikiirenduse võimekust 10m (Young, 1995; Mero *et al.*, 1983); 20m (Coh *et al.*, 2001); 30m (Vittori, 1995; Dick, 1989; Dare & Kearney, 1988) test. Testid, millega hinnatakse maksimaalset kiirust. Enamlevinud neist on 30m lendlähe (Vittori, 1995; Dick, 1989; Dare & Kearney, 1988) ja 60m madallähtest (Dick, 1989; Dare & Kearney, 1988). Testid, millega hinnatakse alaktaatset kiiruslikku vastupidavust, mis ületavad juba distantssi pikkust – näiteks 150m jooks (Dick, 1989).

Sprinterile tähendab 100m läbimine kiirendust, maksimaalse kiiruse saavutamist ning selle võimalikult kaua hoidmist, siis lõppaja vaatamine ei anna treenerile piisavalt informatsiooni. Vaadelda tuleb kõiki kolme jooksufaasi eraldi. Luis Cunha (2005) viis läbi uuringu, mille eesmärgiks oli leida seoseid erinevate 100m jooksufaaside ja erinevate testide vahel. Sprinterid (n=10) jooksid 90m, kus fikseeriti 0-30m (stardikiirendus), 30m-60m (maksimaalne kiirus), 60-90m (kiiruslik vastupidavus) aeg. Uuringu tulemusena leiti kõikide jooksuosade (0-30, 30-60, 60-90m) ja jooksu lõpptulemuse vahel (90m) statistiliselt oluline seos nivool ($p < 0.001$). Kõige tugevam seos leiti 30-60m lõigu ($r = 0,992$) ja 90m lõpptulemuse vahel.

5.3 Kiirjooksu võistlustulemuse prognoosimine hüppe- ja jooksutestide põhjal

Sõltuvalt testi tulemustest pakuvad erinevad autorid välja sprinteritele võistlustulemuse prognoose.

Välja pakutud standardid (Dare & Kearney, 1988; Borzov, 1983) prognoosivad testide põhjal 100 ja 200m tulemusi (tabel 3). Valentin Petrovski kasutas Valeri Borzovi testimiseks samu teste ja põhimõtteid, nimelt kõigi kolme testi tulemused peavad olema samal tasemel, kui see nii ei ole, siis viitab see mõne kiirusliku võime nõrkusele või tugevusele ning lõpptulemust prognoosida ei saa. Probleem võis olla näiteks halvas stardikiirendusvõimes või hoopis kiiruslikus vastupidavuses.

Tabel 3. Kiirjooksu testide põhjal võistlustulemuse prognoosimine (Dare & Kearney, 1988).

30m LL	30m PL	60m PL	100m PL	200m PL
3,3s	4,3s	7,6s	12,0s	24,5s
3,2s	4,2s	7,4s	11,6s	23,8s
3,1s	4,1s	7,2s	11,3s	23,2s
3,0s	4,0s	7,0s	11,1s	22,5s
2,9s	3,9s	6,9s	10,9s	22,0s
2,8s	3,8s	6,8s	10,7s	21,4s
2,7s	3,7s	6,7s	10,5s	21,0s
2,6s	3,6s	6,6s	10,3s	20,4s
2,5s	3,5s	6,5s	10,1s	20,2s

LL – lendlähe; PL – püstilähe.

Frank W. Dick (1989) pakub välja hüppe ja jooksu kontrolltestide tulemused, mis peaks tagama vastavad 100m ja 200m võistlustulemused. Lisas 2 on toodud tabel, mis annab informatsiooni jooksetestide tulemustest, mis peaks tagama vastavad 100m ja 200m võistluse tulemused. Jooksetestid on järgmised: 30m madallähtest, 30m lendlähtest, 60m madallähtest, 150m püstilähtest, 250m püstilähtest. Kontrolltestide tulemused on mõõdetud käsiajavõtuga, võistlustulemused elektrilise ajavõtu süsteemiga. Lisaks tuleb tähelepanu pöörata asjaolule, et osa teste on joostud ilma starteri lähteta. Sarnaselt tabeliga 3 võimaldab lisa 2 määrata vajalikud jooksetestide tulemused alates algajatest kuni tippklassini välja.

F. W. Dick (1989) pakub lisaks jooksetestidele välja viie hüppetesti väärtused, mille alusel saab prognoosida 100m lõpptulemust. Tabelis 4 on toodud viis paigalt hüppetesti: kaugushüppe, üleshüppe, kolmikhüppe, viisikhüppe ja kümnikhüppe tulemused ning nende testide põhjal eeldatav 100m jooksu tulemus. Tabel annab informatsiooni nii algajale 13.20 sekundiga sprinterile kui ka tipptasemel 10,20 sekundiga jooksjale.

Tabel 4. 100m tulemuse prognoosimine hüppetestide tulemuse põhjal (Dick, 1989).

100m aeg (s)	Paigalt kaugushüppe (m)	Paigalt üleshüppe (cm)	Paigalt kolmikhüppe (m)	Paigalt viisikhüppe (m)	Paigalt kümnikhüppe (m)
10,20-10,65	2,90-3,20	76-85	9,20-10,00	15,90-17,10	29,50-39,50
10,70-11,10	2,70-3,00	68-77	8,50-9,10	14,60-15,60	27,00-37,00
11,20-11,70	2,60-2,90	60-69	7,90-8,50	14,00-15,00	25,00-35,00
11,80-12,20	2,50-2,80	53-61	7,50-8,10	13,40-14,40	23,00-33,00
12,30-12,70	2,40-2,70	46-54	7,20-7,80	12,80-13,80	21,00-31,00
12,80-13,20	2,30-2,60	39-47	6,80-7,40	12,20-13,20	19,00-29,00

Tabelis 5 on toodud Vittori (1995) välja pakutud viie hüppetesti ja kahe jooksetesti tulemused, mis peaksid tagama vastava 100m võistlustulemuse. Kolm hüppetesti on vertikaalsed atsüklilised ja kaks hüppetesti on horisontaalsed tsüklilised. Jooksetestidest on üks jooksu test lendlähtest ja teine püstilähtest. Tabel 5 annab informatsiooni erinevalt eelmistest tabelitest vaid kõrge tasemega 100m jooksjale.

Tabel 5. 100m tulemuse prognoosimine hüppe- ja jooksutestide põhjal (Vittori,

100m (s)	Hüpe 1 (cm)	Hüpe 2 (cm)	Hüpe 3 (cm)	Kolmik- hüpe (m)	Viisik- hüpe (m)	30m PL (s)	30m LL (s)
10,60/ 10,40	40/45	48/53	60/65	9,00/9,50	15,50/ 16,20	3,70/3,60	2,88/2,78
10,20/ 10,00	52/58	60/68	72/80	10,00/10,50	17,00/ 17,90	3,50/3,40	2,70/2,62

1995).

Hüpe 1- vertikaalne hüpe, jalad põlvedest kõverdatud, käes puusal; hüpe 2-vertikaalne hüpe, alla istega, käed puusal; hüpe 3-vertikaalne hüpe, alla istega ja käte hooga.

PL – püstilähe; LL – lendlähe.

II TÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED

Käesoleva töö eesmärgiks on teostada Eesti parimate sprinterite kiirjooksu kinemaatiline analüüs ning määrata nende erialase kehalise võimekuse ja jooksukiiruse vahelised seosed.

Eesmärgi lahendamiseks püstitati järgmised uurimisülesanded:

1. Määrata, milline kiirjooksu kinemaatiline parameeter (sammupikkus, sammusagedus või kontakiaeg rajaga) mõjutab Eesti parimatel sprinteritel kõige enam maksimaalse kiirusega jooksu tulemust;
2. Leida rajaga kontakiaja, sammupikkuse ning sammusageduse vahelised seosed;
3. Võrrelda Eesti parimate ja maailma tipp sprinterite sammupikkuse ja sammusageduse näitajaid maksimaalse kiirusega jooksul;
4. Määrata erialase kehalise võimekuse testide näitajate ja jooksukiiruse vahelised seosed.

III TÖÖ METOODIKA

1. Vaatlusalused ja uuringu korraldus

Uuringus osalesid Eesti parimad mees- ja naiskiir- ja tõkkejooksjad. Sportlased olid kutsutud uuringusse Eesti Kergejõustikuliidu kiir- ja tõkkejooksu vanemtreeneri Valter Espe poolt. Kehalised katsed toimusid aastatel 2005-2008, neljal korral talvel sisetingimustes ja ühel korral suvel välistingimustes. Testimine toimus vastavalt jaanuaris ja mais vahetult enne võistlushooaja algust. Testimises osalejate arv: 2005. a. talvel 29 ja suvel 21, 2006. a. 34, 2007. a. 23 ja 2008. a. 30. Kehaliste katsete tulemused on avalikult kasutatavad ja esitatud Eesti Kergejõustikuliidu kodulehel (vt Eesti Kergejõustikuliit, 2009). Nende katsete tulemuste kasutamiseks on saadud nõusolek Eesti Kergejõustikuliidu sprindi- ja tõkkejooksu alarühma vanemtreenerilt Valter Espelt.

Uuringus osales 33 naissprinterit ja 38 meessprinterit. Uuringus osalenud naiste vanus oli $20,8 \pm 4,1$ ja meestel $21,1 \pm 3,8$ aastat. Tabelis 6 on toodud kehaliste võimete testimine aastate lõikes koos igal testimise korral osalenud sportlaste arvuga.

Tabel 6. Uuringus läbi viidud testid ja neis osalejate arv, 2005-2008.

Test	2005 talv		2005 kevad		2006 talv		2007 talv		2008 talv	
	N	M	N	M	N	M	N	M	N	M
Paigalt viisikhüpe	13	12	8	10	14	13	7	13	12	13
Paigalt üleshüpe	13	14	-		15	16	9	14	13	15
Kuuliheide	13	0	7	10	14	17	9	14	13	13
Reaktsiooniaeg	12	11	-		14	18	-		-	
10m madallähtest	12	11	-		14	19	9	14	12	14
30m madallähtest	12	11	-		14	19	9	14	12	14
30m lendlähtest	12	13	9	12	15	19	9	13	15	14
Sammusagedus	12	13	9	12	15	19	9	13	15	14
Sammupikkus	12	13	9	12	15	19	9	13	15	14
Kontaktiaeg	12	13	9	12	15	19	9	13	15	14
150m jooks	12	13	9	12	15	19	9	13	15	14

2. Kehaliste võimete määramine

Uuringus kasutati hüppe-, jooksu- ja heiteteste.

Hüppetestideks olid paigalt viisikhüpe ja paigalt üleshüppetest. Paigalt viisikhüpe sooritati kaugushüppekasti raja tasapinnalt. Paigalt üleshüpe sooritati allaiste ja kätehooga. Paigalt viisikhüppe tulemus mõõdeti mõõdulindiga. Paigalt üleshüppe tulemuse mõõtmiseks kasutati mõõtesüsteemi MicroMuscleLab (Ergotest, Norra), mis kasutab infrapuna mõõteandureid.

Jooksutestideks olid 30m lendlähtest jooks, 30m madallähtest jooks ja 150m madallähtest jooks. Lendlähtest 30m jooksu testil fikseeriti lisaks jooksu ajale, rajaga kontaktiaeg, sammusagedus ja sammupikkus. 30m lendlähtest jooksuks valisid sportlased ise vabalt kiirendusdistanti pikkuse. Iga jooksutesti sooritasid sportlased kaks kuni kolm korda, millest arvestati parimat tulemust.

Madallähtest 30m jooksutest sooritati kahe kaupa stardipakkudel ja starteri käsklustega. Lisaks jooksuajale fikseeriti 10m jooksuaeg ning reaktsioonikiirus. Mõlema 30m jooksutesti parameetrite määramiseks kasutati Ivar Krause mõõtesüsteemi „Ivar” (Eesti) (lisa 3-5).

150m jooksutest sooritati stardipakkudel sisetringimustes 200m ringil kolmandal ja neljandal rajal. Korruga sooritas testi kaks sportlast. Jooksu tulemus fikseeriti stopperitega.

Kuuliheitetest sooritati kuulitõukeringi pakult eest alt ette. Mehed sooritasid heitetesti 5kg, naised 3kg kuuliga. Katsete arv oli 3, millest arvestati parimat tulemust. Tulemus mõõdeti mõõdulindiga.

Ivar Krause poolt loodud mõõtesüsteemi kuulusid järgmised komponendid (lisa 3-5):

1. Andurid:

- 1) infrapuna fotoandurid – millega fikseeriti 30m lend- ja madallähtest jooksude ajad
- 2) infrapuna mattandurid – millega fikseeriti sammuanalüüsi parameetrid
- 3) heliandurid – millega fikseeriti stardisignaali 30m madallähtest jooksul

2. Andurilt tulnud signaal saadeti telemeetriliselt mõõtekeskusesse.

3. Arvuti – mõõtekeskusest saadud andmed töödeldi arvutis mõõtesüsteemi tarkvaraga „Ivar”.

3. Statistiline andmetöötlus

Uuringu andmete töötlemisel kasutati Microsoft Exceli tarkvara, millega arvutati aritmeetilised keskmised, standardvead ning teostati korrelatsioonanalüüs. Korrelatsioonanalüüsis kasutati Pearsoni korrelatsioonikordajat (Gratton ja Jones, 2004). Uuringus kasutati iga testimise korral sportlase parimat tulemust, kui sportlane osales mitmel testimisel, siis arvutati testimiste parimate tulemuste põhjal aritmeetiline keskmine.

IV TÖÖ TULEMUSED

1. Sammuanalüüs

Tabelis 7 on toodud naissprinterite 30m lendlähtest jooksutesti aeg ja testi ajal fikseeritud sammusageduse, sammupikkuse ja rajaga kontaktiaja näitajad.

Tabel 7. Naissprinterite 30m lendlähtest jooksutesti tulemused, $X \pm SD$.

Test	Sportlaste arv	Tulemus
30m aeg (s)	n = 32	3,45 ± 0,09
Sammusagedus (samm/s)	n = 32	4,30 ± 0,20
Sammupikkus (m)	n = 32	2,01 ± 0,09
Kontaktiaeg (s)	n = 32	0,118 ± 0,008

Tabelis 8 on toodud meessprinterite 30m lendlähtest jooksutesti aeg ja testi ajal fikseeritud sammusageduse, sammupikkuse ja rajaga kontaktiaja näitajad.

Tabel 8. Meessprinterite 30m lendlähtest jooksutesti tulemused, $X \pm SD$.

Test	Sportlaste arv	Tulemus
30m aeg (s)	n = 38	2,98 ± 0,08
Sammusagedus (samm/s)	n = 38	4,41 ± 0,20
Sammupikkus (m)	n = 38	2,27 ± 0,09
Kontaktiaeg (s)	n = 38	0,112 ± 0,008

Tabelis 9 on toodud nais- ja meessprinterite 30m lendlähte jooksuaja ja sammusageduse, sammupikkuse ning rajaga kontaktiaja vahelised seosed. Nii nais- kui meessprinterite puhul leiti 30m lendlähtest jooksuaja ja sammusageduse vahel statistiliselt oluline negatiivne seos (vastavalt $p < 0,05$ ja $p < 0,01$). Samas 30m lendlähtest jooksuaja ja sammupikkuse vahel statistiliselt olulist seost ei leitud nii nais- ega ka meessprinterite puhul. 30m lendlähtest jooksuaja ja kontaktiaja vahel leiti nii nais- kui meessprinterite puhul statistiliselt oluline positiivne seos (vastavalt $p < 0,05$ ja $p < 0,001$).

Tabel 9. Nais- ja meessprinterite 30m lendlähtest jooksu ja sammusageduse, sammupikkuse ja rajaga kontaktiaja vahelised seosed.

30m LL	Sammusagedus	Sammupikkus	Kontaktiaeg
Naised	-0,3507*	-0,2275	0,3786*
Mehed	-0,4653**	-0,1967	0,6124***

* p<0,05 **p<0,01 ***p<0,001

Tabelis 10 on toodud nais-ja meessprinterite sammupikkuse ja sammusageduse vahelised seosed 30m lendlähtest jooksul. Nii nais- kui meessprinterite tulemused näitavad tugevat negatiivset korrelatsiooni sammupikkuse ja sammusageduse vahel.

Tabel 10. Mees- ja naissprinterite sammupikkuse ja sammusageduse vahelised seosed.

Sammusagedus	Sammupikkus
Naised	-0,8297***
Mehed	-0,7716***

***p<0,001

Tabelis 11 on toodud seosed nais- ja meessprinterite kontaktiaja ja sammusageduse ning sammupikkuse vahel. Kontaktiaja ja sammusageduse vahel leiti nii nais- kui meessprinterite puhul statistiliselt oluline positiivne seos nivool p<0,001. Kontaktiaja ja sammupikkuse vahel leiti nii nais-kui meessprinterite puhul statistiliselt oluline positiivne seos (vastavalt p<0,01 ja p<0,05)

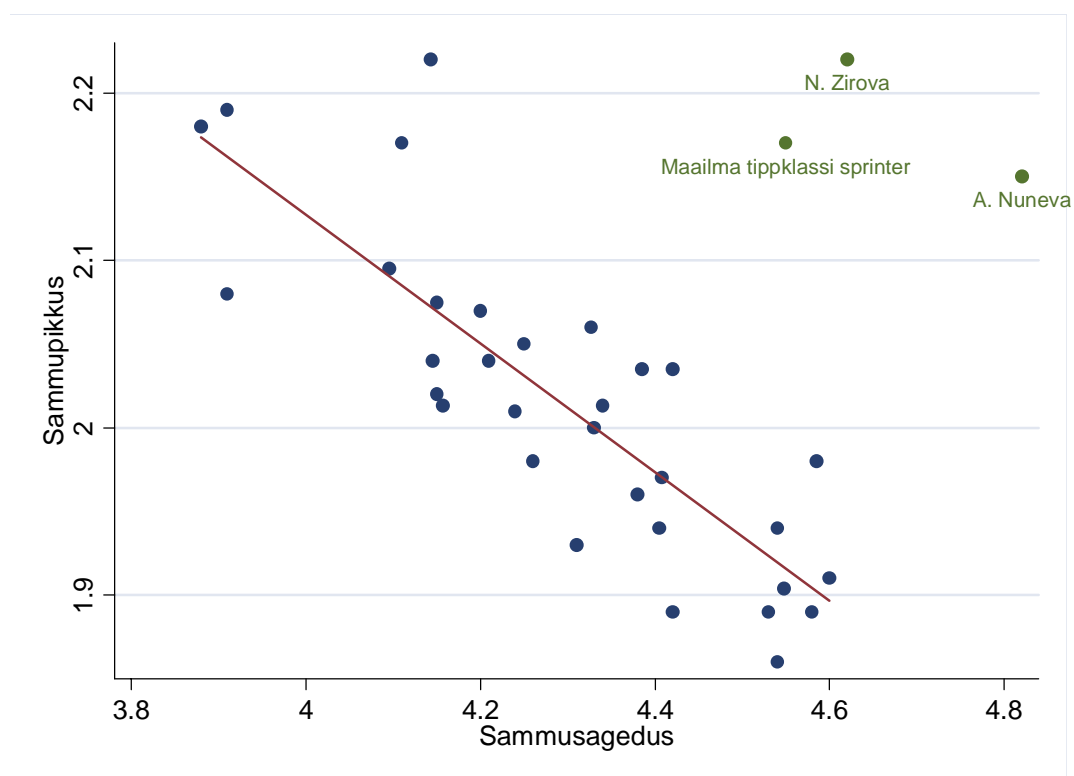
Tabel 11. Nais- ja meessprinterite kontaktiaja ja sammusageduse ning sammupikkuse vahelised seosed.

Kontaktiaeg	Sammusagedus	Sammupikkus
Naised	0,7260***	0,5279**
Mehed	0,7037***	0,3499*

* p<0,05 **p<0,01 ***p<0,001

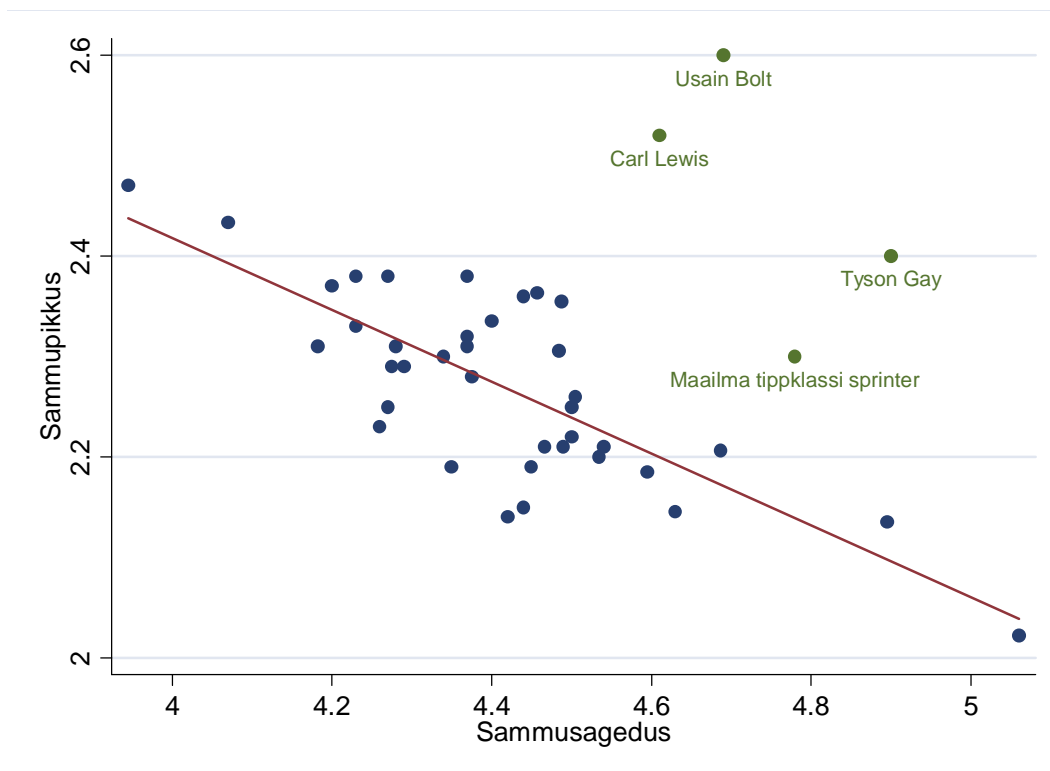
Joonisel 9 on toodud Eesti ja maailma parimate naissprinterite sammusageduse ja sammupikkuse võrdlus maksimaalse kiirusega jooksul. Võrdluseks on toodud

maailma tippklassi sprinterite keskmised parameetrid ja lisaks näitena kahe sprinteri (N. Zirova, A. Nuneva) samad parameetrid.



Joonis 9. Eesti parimate ja maailma tippklassi naissprinterite sammuparameetrid maksimaalse kiirusega jooksul (maailma tippklassi sprinteri andmed Mero *et al.* 1986; Zirova ja Nuneva andmed Levtshenko, 1988).

Joonisel 10 on toodud Eesti ja maailma parimate meessprinterite sammusageduse ja sammupikkuse näitajate võrdlus maksimaalse kiirusega jooksul, lisaks Carl Lewise ning Usain Bolti ja Tyson Gay vastavad näitajad.



Joonis 10. Eesti parimate ja maailma tippklassi meessprinterite sammuparameetrid maksimaalse kiirusega jooksul (Lewise andmed Moravec *et al.*, 1988; maailma tippklassi sprinteri andmed Brüggeman *et al.*, 1997; Bolt ja Gay andmed Espe, 2009).

2. Jooksukiiruse ja kehaliste võimete testide vahelised seosed

Tabelis 12 on toodud naissprinterite paigalt üleshüppe, paigalt viisikhüppe, kuuliheite ja 150m jooksu tulemused.

Tabel 12. Naissprinterite hüppetestide, kuuliheite ja 150m jooksutesti tulemused, $\bar{X} \pm SD$.

Test	Sportlaste arv	Tulemus
Paigalt üleshüpe (cm)	n = 30	53,5 ± 5,60
Paigalt viisikhüpe (m)	n = 30	12,38 ± 0,60
Kuuliheide (m)	n = 32	13,52 ± 1,50
150m jooks (s)	n = 22	19,28 ± 0,52

Tabelis 13 on toodud naiste 30m madallähtest jooksu tulemused. Lisaks 30m jooksu ajale fikseeriti ka esimese 10 meetri läbimise kiirus ja sportlase reaktsiooniaeg.

Tabel 13. Naissprinterite 30m madallähtest jooksutesti tulemused.

Test	Sportlaste arv	Tulemus
Reaktsiooniaeg (s)	N = 23	0,219 ± 0,024
10m (s)	N = 35	2,21 ± 0,05
30m (s)	N = 35	4,69 ± 0,09

Tabelis 14 on toodud naissprinterite 30m lendlähtest jooksu tulemused, jooksu ajal fikseeritud sammusagedus, sammupikkus ja kontakttiaeg.

Tabel 14. Naissprinterite 30m lendlähtest jooksutesti tulemused.

Test	Sportlaste arv	Tulemus
30m aeg (s)	n = 32	3,45 ± 0,09

Tabelis 15 on toodud meessprinterite paigalt üleshüppe, paigalt viisikhüppe, kuuliheite ja 150m jooksu tulemused.

Tabel 15. Meessprinterite hüppetestide-, kuuliheite ja 150m jooksutesti tulemused, $X \pm SD$.

Test	Sportlaste arv	Tulemus
Paigalt üleshüpe (cm)	n = 36	69,9 ± 8,3
Paigalt viisikhüpe (m)	n = 33	14,85 ± 0,66
Kuuliheide (m)	n = 32	15,10 ± 1,69
150m jooks (s)	n = 20	16,67 ± 0,42

Tabelis 16 on toodud meessprinterite 30m madallähtest jooksu tulemused. Lisaks 30m jooksu ajale fikseeriti ka esimese 10 meetri läbimise aeg ja sportlase reaktsiooniaeg.

Tabel 16. Meessprinterite 30m madallähtest jooksutesti tulemused, $X \pm SD$.

Test	Sportlaste arv	Tulemus
Reaktsiooniaeg (s)	n = 23	0,216 \pm 0,026
10m (s)	n = 35	2,03 \pm 0,05
30m (s)	n = 35	4,21 \pm 0,10

Tabelis 17 on toodud meessprinterite 30m lendlähtest jooksu tulemused, jooksu ajal fikseeritud sammusagedus, sammupikkus ja kontakttiaeg.

Tabel 17. Meessprinterite 30m lendlähtest jooksutesti tulemused, $X \pm SD$.

Test	Sportlaste arv	Tulemus
30m aeg (s)	n = 38	2,98 \pm 0,08

Kiirjooksu tulemuste ja kehaliste võimete vaheliste seoste leidmiseks kasutati korrelatsioonanalüüsi. Naissprinterite puhul leitud seosed on toodud tabelis 18. Korrelatsioonanalüüsi tulemusena leiti naissprinterite 10m madallähtest jooksu aja ja paigalt viisikhüppe ($p < 0,01$), kuuliheite ($p < 0,01$) tulemuste ning reaktsiooniaja ($p < 0,05$) vahel statistiliselt oluline negatiivne seos. Sarnaselt 10m madallähtest jooksuga, leiti 30m madallähtest jooksu ja paigalt viisikhüppe ning kuuliheite vahel statistiliselt oluline negatiivne seos ($p < 0,01$). 30m lendlähtest jooksu aja ja paigalt viisikhüppe, kuuliheite tulemuse vahel leiti statistiliselt olulised negatiivsed seosed nivool ($p < 0,001$) ning paigalt üleshüppe vahel nivool $p < 0,01$. 150m jooksu ja paigalt viisikhüppe ($p < 0,01$) ning paigalt üleshüppe vahel leiti statistiliselt olulised negatiivsed seosed ($p < 0,01$). Naissprinterite puhul leiti kõikide jooksutestide tulemuste ja paigalt viisikhüppe tulemuse vahel statistiliselt oluline negatiivne seos.

Meessprinterite puhul leitud seosed on toodud tabelis 19. Korrelatsioonanalüüsi tulemusena leiti meessprinterite 10m madallähtest jooksu aja ja reaktsiooniaja vahel statistiliselt oluline positiivne seos ($p < 0,01$). Lisaks leiti statistiliselt oluline negatiivne seos 10m madallähtest jooksu aja ja paigalt üleshüppe, paigalt viisikhüppe ja kuuliheite tulemuse vahel ($p < 0,05$). 30m madallähtest jooksu ja reaktsiooniaja vahel ($p < 0,001$), kuuliheite ($p < 0,01$) ning paigalt viisikhüppe ($p < 0,05$) vahel leiti

statistiliselt oluline seos. Samuti leiti 30 m lendlähtest jooksuaja ja reaktsioonaja ning paigalt üleshüppe vahel statistiliselt oluline seos ($p < 0,01$). 150m jooksu ja paigalt üleshüppe ($p < 0,01$) ning kuuliheite ($p < 0,05$) vahel leiti statistiliselt oluline negatiivne seos.

Tabel 18. Naissprinterite jooksu ja kehaliste võimete testide vahelised seosed.

	Paigalt üleshüpe	Paigalt viisikhüpe	Kuuliheide	Reaktsiooniaeg
10m ML	-0,3654	-0,5129**	-0,5112**	0,5059*
30m ML	-0,2876	-0,5393**	-0,4930**	0,2889
30m LL	-0,5302**	-0,6363***	-0,5662***	0,1996
150m ML	-0,5028*	-0,5774**	-0,5028	

* p<0,05 **p<0,01 ***p<0,001

Tabel 19. Meessprinterite jooksu ja kehaliste võimete testide vahelised seosed.

	Paigalt üleshüpe	Paigalt viisikhüpe	Kuuliheide	Reaktsiooniaeg
10m ML	-0,3576*	-0,3696*	-0,4300*	0,6229**
30m ML	-0,2981	-0,3693*	-0,4570**	0,6628***
30m LL	-0,1921	-0,3234	-0,3012	0,5469**
150m ML	-0,5657**	-0,4122	-0,4734*	

* p<0,05 **p<0,01 ***p<0,001

V TULEMUSTE ARUTELU

Käesoleva töö eesmärgiks oli analüüsida Eesti kiirjooksjate erialaseid kehalisi võimeid ning püüda välja selgitada, mille poolest nad jäävad maha maailma tippprinteritest. Töös on kasutatud andmeid, mis on saadud Eesti kiirjooksu koondise kandidaatide kontrollpäevadel läbi viidud testimistel. Kuna nendele testimistele oli kutsutud suhteliselt heterogeenne kontingent, oli nii hea tasemega sprintereid, kui ka noori andekaid aga vähem treenivaid, siis kindlasti mõjutas see saadud keskmisi tulemusi. Samas aga oligi töö üheks mõtteks anda ülevaade Eesti kiirjooksjate keskmisest võimekusest viimastel aastatel ning leida, kuhu suunas edasi liikuda.

Töös kasutatud andmed ei võimalda anda põhjalikke ja sügavuti minevaid vastuseid, miks esinevad ühed või teised korrelatiivsed seosed või mis on Eesti sprinterite võimekuse mahajäämise täpsed põhjused. Kuid üldisemad tendentsid said kindlasti selgemaks.

Kiirjooksu tulemuse ning sammupikkuse ja sammusageduse tasemete vahelised seosed

Käesolevas uuringus leiti statistiliselt oluline positiivne seos nii naissprinterite kui ka meessprinterite maksimaalse jooksukiiruse ja sammusageduse tasemete vahel. Maksimaalse jooksukiiruse ja sammupikkuse tasemete vahel statistiliselt olulist seost ei esinenud. Sarnaselt antud töö tulemustega leiti Paruzel-Dyja jt. uuringus (2006) statistiliselt oluline negatiivne seos naissprinterite sammusageduse taseme ja 100m jooksu tulemuse vahel ($r=-0,39$, $p<0,01$). Statistiliselt olulist seost ei leitud sammupikkuse ja 100m jooksu tulemuse vahel. Vastupidiselt naissprinteritele, leiti samas uuringus meessprinterite puhul statistiliselt oluline negatiivne seos sammupikkuse ja 100m jooksu tulemuse vahel ($r=-0,43$, $p<0,01$) (Paruzel-Dyja *et al.*, 2006). Need andmed ei ühti käesoleva uuringu andmetega, kus meessprinterite puhul ei leitud statistiliselt olulist seost sammupikkuse ja maksimaalse kiiruse tasemete vahel. Käesoleva ja eelneva Paruzel-Dyja jt. uuringu (2006) andmete võrdlemise puuduseks on, et käesolevas uuringus arvestati vaid maksimaalse kiirusega joostavat osa. Coh jt. (1998) leidsid sarnaselt käesoleva uuringuga, et naiste kiirjooksu tulemuse ja sammupikkus vahel ei esine statistiliselt olulist seost. Meie uuringu tulemused ühtivad ka nende varasemate uuringutega (Mero *et al.*, 1981; Ballreich, 1976 viidatud

Babic et al., 2007 vahendusel), kus leiti, et sammusagedus omab suuremat mõju kui sammupikkus jooksutulemusele kiirjooksus.

Rajaga kontaktiaja ning sammupikkuse, sammusageduse ja jooksukiiruse tasemete vahelised seosed maksimaalse kiirusega jooksul

Nii mees- kui naissprinterite puhul leiti kontaktiaja ja jooksukiiruse vahel olulised seosed. Uuringu tulemused ühtivad varasema Coh jt. uuringu (2001) tulemustega, kus leiti, et kõige olulisem sprindi kinemaatiline parameeter on rajaga kontaktiaeg, mis mõjutab jooksukiirust. Lisaks leiti käesolevast uuringust, et nii nais- kui meessprinterite puhul rajaga kontaktiaeg on väga tugevas negatiivses seoses sammusagedusega. Samuti esines statistiliselt oluline seos kontaktiaja ja sammupikkuse vahel, kuid seos oli nõrgem kui kontaktiaja ja sammusageduse vahel. Uuringu tulemus ühtib eelnevate uuringutega (Locatelli ja Arsac, 1995; Mero *et al.*, 1992), mis väidavad, et rajaga kontaktiaeg on üks olulisemaid näitajaid, mis mõjutab sammusagedust ja sammupikkus ning seeläbi maksimaalset jooksukiirust.

Lisaks ühtivad antud uuringu tulemused Hans Torimi väitega (1987), et sammusageduse ja rajaga kontaktiaja vahel on väga tihe seos - mida lühem on kontaktiaeg, seda suurem on sammusagedus. Seega saab väita, et mida kiirem on sprinteri kontakt rajaga, seda suuremat sammusagedust suudab sprinter näidata ja läbi suurema sammusageduse saavutab sprinter suurema maksimaalse jooksukiiruse.

Sammupikkuse ja sammusageduse vahelised seosed

Sarnaselt eelnevate uuringutega (Hunter *et al.*, 2004, Babic *et al.*, 2007) leiti käesolevas töös statistiliselt oluline negatiivne seos kiirjooksjate sammupikkuse ja sammusageduse vahel. Hunter ja kaasautorid (2004) leidsid negatiivse seose sammupikkuse ja sammusageduse vahel ($r=-0,70$, $p<0,01$). Babic ja kaasautorid (2007) leidis samuti sammupikkuse ja sammusageduse vahel negatiivse korrelatsiooni. Sellest tulenevalt peab sprinter arvestama, et kui ta tahab jooksus suurendada sammupikkust või sammusagedust, siis ta võib kaotada vastavalt kas sammusageduses või -pikkuses. Nagu Donati uuring (1994) näitas, peab olema ettevaatlik püüdlusega pikendada jooksusammu, sest minnes üle sportlase

individuaalselt optimaalse sammupikkuse, on kiiruse kadu suurem, kui minnes üle individuaalselt optimaalse sammusageduse.

Eesti ja maailma parimate mees- ja naissprinterite sammuparameetrite võrdlus maksimaalse kiirusega jooksul

Eesti parimatel naissprinteritel oli keskmine sammusagedus 4,30 sammu/s ja sammupikkus 2.01m. Maailma eliit naissprinteritel on keskmiseks sammusageduseks 4,55 sammu/s (Mero *et al.*, 1986). Rahvusvahelise tasemega naissprinterite sammupikkus varieerub sõltuvalt sprinteri antropomeetristest ja kehalistest eripäradest ning on Levtsenko (1988) andmetel keskmiselt 2.17m. Näitena võib tuua maailma tippasemel naissprinterite sammupikkuse maksimaalse kiirusega jooksul - A. Nuneval 2.15m ja sammusagedus 4.82sammus/s; N. Ziroval vastavalt 2.22m ja 4.62sammus/s (vt joonis 9). Eesti ja maailma eliiti kuuluvate naissprinterite võrdlusest selgub, et Eesti parimate naissprinterite sammupikkus moodustab 93% ja sammusagedus 95% maailma tippprinterite vastavatest näitajatest. Seega mõlema maksimaalset jooksukiirust oluliselt mõjutava parameetri puhul jäädakse selgelt alla maailma parimatele.

Eesti parimatel meessprinteritel olid sammuparameetrid järgmised: keskmine sammusagedus 4,41 sammu/s ja keskmine sammupikkus 2,27m. Maailma parimatel meessprinteritel on keskmine sammupikkus maksimaalse kiirusega jooksul 2,30m ja sammusagedus 4,78sammus/s (Brüggemann *et al.*, 1997). Carl Lewis näitas 1986. aasta kergejõustiku maailmameistrivõistluste 100m finaali jooksus järgmisi sammuparameetrite näitajaid maksimaalse kiirusega jooksu ajal: sammupikkus 2,52m ja sammusagedus 4,61s/s (Moravec *et al.*, 1988) (vt joonis 10). Viimaste aastate kiiremate sprinterite, Usain Bolti ja Tyson Gay, sammuparameetrid maksimaalsel kiirusel jooksul on järgmised: maailmarekordi püstitamisel (100m 9,69s) oli Bolti sammupikkus 2,60m ja sammusagedus 4,69s/s; Gay jooksis lubatust tugevama taganttuulega 100m ajaga 9,68s näidates sammupikkust 2,40m ja sammusagedust 4,90s/s (Espe, 2009) (vt joonis 10). Eesti ja maailma parimate meessprinterite (Brüggeman *et al.*, 1997) võrdlusest selgub, et Eesti parimate meessprinterite sammupikkus moodustab 99%, kuid sammusagedus ainult 92% maailma tippprinterite näitajatest. Seega võib väita, et Eesti meessprinterite kaotus maailma

tasemel kiirjooksjatele tuleneb sellest, et nad suudavad küll joosta maailma parimatele sprinteritele lähedase sammupikkusega, kuid seejuures oluliselt madalama sammusagedusega.

Kuna Eesti nais- ja meessprinterid kaotavad maailma tippprinteritele oluliselt sammusageduses, siis treeningul peaks pöörama rohkem tähelepanu sammusageduse arendamisele. Oluline on teada asjaolu, et maksimaalse kiirusega jooksul ei ole sammusagedus maksimaalne (Moravec *et al.*, 1988.).

Sammusageduse arendamisel tuleb valida sellised harjutused, mis keskenduvad vaid sammusageduse arendamisele, jättes kõrvale sammupikkuse arendamise, kuna neid mõlemaid ei ole võimalik samaaegselt efektiivselt arendada. Selliste harjutuste kasutamisel suudab sportlane näidata võrreldes tavapärase kiirjooksuga kõrgemat sammusagedust, mis on heaks stiimuliks sammusageduse tõusuks võistlusolukorras.

Erinevalt meestest näitasid Eesti naissprinterid lisaks madalamale sammusagedusele ka lühemat sammupikkust võrreldes maailma tippprinteritega. Sellise tulemuse põhjuseks võib olla asjaolu, et uuringus osales palju noori naissprintereid, kes olid vähesel määral kokku puutunud jõutreeninguga. Kuna sammupikkus sõltub peale antropomeetriliste näitajate ka jalgade sirutajate lihaste jõust, siis jõuvõimete madal tase võib olla lühema sammupikkuse üheks põhjuseks.

Jooksukiiruse ja hüppetestide vahelised seosed

Sprinterite jooksutestid saab jaotada vastavalt kiiruslikele võimetele kolmeks. Madallähtest 30m jooksu (k.a esimese 10m läbimine) saab interpreteerida kui stardikiirenduse taseme määramise testi; lendlähtest 30m jooksu, kui maksimaalset jooksukiiruse testi ning 150m jooksu kui alaktaatset kiiruslikku vastupidavuse testi.

Naissprinterid

Antud töös leiti stardikiirenduse (10m ja 30m läbimise aeg) ja paigalt viisikhüppe tulemuse vahel statistiliselt oluline negatiivne seos. Stardikiirenduse ja paigalt üleshüppe ning paigalt kaugushüppe tulemuste vahel statistiliselt olulist seost ei leitud.

Maksimaalse jooksukiiruse taseme (30m lendlähtest jooksu aeg) ja paigalt viisikhüppe, paigalt üleshüppe ning kuuliheite tulemuste vahel leiti statistiliselt

olulised seosed. Statistiliselt olulist seost ei leitud maksimaalse jooksukiiruse taseme ja reaktsioonaja vahel.

Käesoleva uuringu naissprinterite tulemused ühtivad enamuses Maulder ja Cronin (2005) uuringu tulemustega, kus leiti horisontaalsete hüppetestide ja jooksu kiiruse vahel tugevam seos ($r=-0,73$ kuni $r=-0,86$) kui kõikide vertikaalsete hüppetestide ja jooksukiiruse vahel ($r=-0,52$ kuni $r=-0,73$). Kõige tugevam seos leiti horisontaalse tsüklilise hüppetesti ja jooksu kiiruse vahel ($r=-0,86$). Antud uuringus leiti naissprinterite puhul paigalt viisikhüppe (horisontaalne tsükliline test) ja kõikide jooksutestide vahel statistiliselt olulised seosed. Samas paigalt üleshüppe (vertikaalse tsüklilise) testi ja stardikiirenduse vahel ei leitud statistiliselt olulist seost. Sarnaselt eelneva uuringuga (Maulder ja Cronin, 2005) leiti kõige tugevam seos paigalt viisikhüppe ja 30m lendlähtega jooksu puhul ($p<0,001$). Lisaks ühtivad käesoleva uuringu tulemused Nesser ja kaasautorite (1996) uuringu tulemustega, kus leiti viisikhüppe ja 40m jooksu kiiruse vahel tugev statistiline seos ($r=-0,81$).

Vertikaalsete testide osas ühtivad maksimaalse kiirusega jooksu ja hüppetestide vahelised seosed naissprinterite puhul varasema uuringuga (Young *et al.*, 1995), kus leiti statistiliselt oluline seos sprindikiiruse (kiireim 10m lõik) ja VAIH ($r=-0,77$) vahel.

Alaktaatse kiirusliku vastupidavuse taseme ja paigalt viisikhüppe, paigalt üleshüppe tulemuste vahel leiti statistiliselt oluline seos.

Meessprinterid

Stardikiirenduse taseme (madallähtest esimese 10m läbimise aeg) ja paigalt viisikhüppe, paigalt üleshüppe ja reaktsioonaja vahel leiti statistiliselt olulised seosed. Pikema stardikiirenduse taseme (madallähtest 30m läbimise aeg) vahel leiti samasugused seosed nagu distantse esimese 10m läbimise tulemuse ja kehaliste võimete testide vahel.

Maksimaalse jooksukiiruse ja reaktsioonaja vahel leiti statistiliselt oluline negatiivne seos. Samas maksimaalse jooksukiiruse ja paigalt viisikhüppe, paigalt üleshüppe vahel ei leitud statistiliselt olulisi seoseid. Alaktaatse kiirusliku vastupidavuse taseme ning paigalt üleshüppe tulemuse vahel leiti statistiliselt oluline positiivne seos.

Maksimaalse jooksukiiruse ja hüppetestide vaheliste seoste hindamiseks kasutasid Maulder ja Cronin (2005) järgmisi teste: VKÜH; VAIH; VKH; HKÜH; HAIH; HKH.

Erinevalt käesolevast uuringust kasutati maksimaalse kiirusena 20m jooksu. Kõikide hüppetestide ja maksimaalse jooksukiiruse vahel leiti statistiliselt olulised seosed. Käesolevas uuringus leiti meessprinterite puhul statistiliselt oluline seos stardikiirenduse (10m ja 30m) ja viisikhüppe vahel ning stardikiirenduse (10m) ja üleshüppe vahel. Eesti meessprinterite tulemused ühtivad eelnevate uuringute tulemustega ainult stardikiirenduse osas, kus leiti statistiliselt oluline seos 10m ja 30m madallähtest jooksu ning paigalt viisikhüppe testi vahel.

Käesoleva uuringu tulemused ühtivad ka Mero ja kaasautorite uuringu (1983) tulemustega. Selles uuringus leiti statistiliselt oluline seos VKÜH ($r=-0,65$), VAIH ($r=-0,70$) ja 10m kiirendusfaasi kiiruse vahel meessprinterite puhul. Käesolevas uuringus kasutati veidi erinevat testi võrreldes Mero jt. uuringuga (1983), nimelt kasutati meie uuringus käte hoogu vertikaalsel hüppel.

Meessprinterite osas käesolevas uuringus vertikaalse atsüklilise hüppetesti ja maksimaalse jooksukiiruse vahel seost ei leitud. Paigalt üleshüppe puhul väärrib tähelepanu asjaolu, et oma struktuurilt on atsükliline vertikaalne hüpe sooritajale lihtne.

Markovici ja kaasautorite uuringus (2004) on leitud, et VKÜH ja VAIH testi puhul on testi korratavus kõige suurem. Test on sobilik just algajamatele sprinteritele, kes on puutunud vähem kokku hüppetreeninguga, kuna tsüklilised hüppetestid võivad osutada oma struktuurilt liiga rasketeks ning tulemus sõltub liialt soorituse tehnilisest meisterlikkusest.

Stardikiirenduse ja maksimaalse jooksukiiruse ning kuuliheite tulemuse vahelised seosed

Naissprinterid

Stardikiirenduse taseme (10m ja 30m läbimise aeg) ja kuuliheite tulemuse vahel leiti statistiliselt oluline positiivne seos. Tugev positiivne seos leiti kuuliheite tulemuse ja maksimaalse jooksukiiruse vahel. Need andmed näitavad kiirusliku jõu olulisust nii stardikiirenduse kui ka maksimaalse jooksukiiruse taseme tõstmisel.

Kuuliheite tulemuse ja alaktaatse kiirusliku vastupidavuse taseme vahel statistiliselt olulist seost ei leitud.

Meessprinterid

Stardikiirenduse taseme ja kuuliheite tulemuse vahel leiti statistiliselt oluline positiivne seos. Maksimaalse jooksukiiruse ja kuuliheite tulemuse vahel ei leitud statistiliselt olulist seost. Statistiliselt oluline positiivne seos leiti alaktaatse kiirusliku vastupidavuse taseme ja kuuliheite tulemuse vahel.

Paigalt hüpete ja kuuliheite test on väga levinud praktilises treeningprotsessis. Uuringu tulemused kinnitavad nende testide sobilikkust sprinterite kehalise võimekuse testimiseks. Oluline on asjaolu, et nende testide läbiviimine ei nõua keerulist aparatuuri ega testimispaika. Jooksutestide läbiviimine esitab juba oluliselt suuremaid nõudmisi mõõtmisaparatuurile ja testimispaigale. Ilma spetsiaalse mõõtesüsteemita pole võimalik täpselt mõõta 30m lendlähtest jooksu tulemust, seega maksimaalset kiirust on kõige keerulisem testida. Stardikiirenduse hindamiseks võib kasutada sportlase omalähtest jooksu testi distantsil 20-40m olenevalt vanusest, soost ja tasemest. Testi tulemuse fikseerimiseks võib kasutada käsiajavõttu. Käsiajavõtt ei ole küll nii täpne kui elektriline ajavõtt, kuid paremate võimuluste puudumisel on see paratamatu. Jälgida tuleks, et test oleks läbiviidud konstantsetes tingimustes, mis annab treeningprotsessis võimaluse hinnata testimiste tulemuste dünaamikat. Kiirusliku vastupidavuse testide läbiviimine on testi mõõtmise seisukohast kõige lihtsam, sest käsiajavõttu kasutades on mõõtmisviga väike. Seega töös käsitletud sprinterite kehaliste võimete hindamise testid on sobilikud ja igapäevases treeningtöös kasutatavad ning kättesaadavad.

VI JÄRELDUSED

1. Jala kontakiaeg rajaga mõjutab kõige enam Eesti kiirjooksjate maksimaalse kiirusega jooksu tulemust.
2. Eesti kiirjooksjate rajaga kontakiaja ja sammuparameetrite vahel eksisteerib statistiliselt oluline seos, kõige tugevam on seos kontakiaja ja sammusageduse vahel.
3. Eesti kiirjooksjate sammusageduse ja jooksu kiiruse vahel on positiivne korrelatiivne seos, kuid sammupikkuse ja jooksu kiiruse vahel statistiliselt olulist seost ei esine.
4. Eesti mees- ja naissprinterid kaotavad maailma tippsprinterite oluliselt sammusageduse tasemes.
5. Eesti naissprinterid kaotavad maailma tippsprinteritele oluliselt lisaks sammusagedusele ka sammupikkuse tasemes.
6. Paigalt viiskhüppe test on kõige informatiivsem hüppetest sprinterite erialase kehalise võimekuse määramiseks.
7. Kuuliheite test on sobilik stardikiirenduse hindamiseks sprinterile.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. **Babic, V.; Harasin, D.; Dizdar, D.** Relations of the variables of morphological characteristics to the kinematic indicators of maximal speed running. *Kinesiology*, 2007, Vol. 39, No. 1, lk. 28-39.
2. **Ballreich, R.** Model for estimating the influence of stride length and stride frequency on the time in sprinting events. 1976. Viidatud **Babic, V.; Harasin, D.; Dizdar, D.** Relations of the variables of morphological characteristics to the kinematic indicators of maximal speed running. *Kinesiology*, 2007, Vol. 39, No. 1, lk. 28-39 Vahendusel.
3. **Borzov, V.** Training procedures in sprinting."10 seconds-a Lifetime", *Kehakultuur*, 1983, No. 4, 5.
4. **Bowerman, W., J.; Freeman, W., H.** High-Performance Training for Track and Field. Leisure Press, Champaign, Illinois: 1991.
5. **Brüggemann, G., P.; Koszevski D.; Müller, H.** Biomechanical research project Athens 1997 – Final Report. IAAF, Monaco: 1997.
6. **Coh, M.; Colja, I.; Dolonec, A.; Štuhnac, S.** Correlation of kinematic and dynamic characteristics of the maximal velocity sprinting stride female sprinters. *ISBS Proceedings II*, 1998.
7. **Coh, M.; Dolonec, A.; Jost, B.** Kinematic, kinetic and electromyographic characteristics of the sprinting stride of top female sprinters. *Coachesinfo: Articles: Athletics: Track Athletics*, 2008. http://www.coachesinfo.com/index.php?option=com_content&view=article&id=357:kinematic-article&catid=99:track-athletics&Itemid=184 Viidatud 24.05.2009
8. **Coh, M.; Milanovic, D.; Kampmiller, T.** Morphological and kinematic characteristics of elite sprinters. *Collegium Antropologicum*, 2001, Vol 25, No. 2, lk. 605-610.
9. **Coh, M.; Tomazin, K.** Biomechanical characteristics of female sprinters during the acceleration and maximum speed phases. *Modern Athlete and Coach*, 2005, Vol. 43, No. 4, lk. 3-8.
10. **Cunha, L.** The relation between different phases of sprint run and specific strength parameters of lower limbs. *ISBS*. Beijing: 2005.
11. **Dare, B.; Kearney, B.** Speed training. *Track Coach*, 1988, No. 103.

12. **Delecluse, C.; Ponnet, H.; Diels, R.** Stride Characteristics related to running velocity in maximal sprint running. ISBS Proceedings II, 1998.
13. **Dick, F., W.** Development of maximum sprinting speed. Track Coach, 1989, No. 109.
14. **Dintiman, G.; Ward, B.** Sports Speed. Third Edition. Human Kinetics, 2003.
15. **Donati, A.** Development of stride length and stride frequency in sprint performances. XIII Conference of International Track and Field Coaches Association in Paris, 1994.
16. **Donati, A.** The development of stride length and stride frequency in sprinting. New Study of Athletics, 1995, Vol. 10, No. 1, lk. 51-66.
17. Eesti Kergejõustikuliit. Alarühmad: Kiirjooksjate tegemistest: Kontrollkatsed ja mõõtmised: Tallinn 2005, Türi 2005, Tallinn 2006, Tallinn 2007, Tartu 2008.
18. **Espe, V.** Eesti Kergejõustikuliit: Alarühmad: Kiirjooksjate tegemistest: 60m ja 60m tõkkejooksu mõõtmised eesti sise-MV (14.02.2009, Tallinn) Midagi huvitavat Pekingi OM-i meeste 100m jooksust, 2009. http://www.ekjl.ee/est/uudiseid/kiired_ajad.valter_espe.doc Viidatud 04.08.2009
19. **Ferro, A.; Rivera, A; Pagola, I; Ferreruela, M; Martin, À; Rocandio, V.** Biomechanical analysis of the 7th World Championships in Athletics Seville 1999. New Study of Athletics, 2001, Vol. 16, No. 1/2, lk. 25-60.
20. **Gagua, J.** The Structure of Sprint Training. Modern Athlete and Coach, 2001, Vol. 39; No. 1, lk. 13-17.
21. **Gratton, C.; Jones, I.** Research Methods for Sport Studies. Routledge. London, New York: 2004.
22. **Hay, J., G.; Reid, J., G.** Anatomy, Mechanics and Human Motion. 2nd Edition, 1988. http://www.ekjl.ee/est/alaryhmad/kiirjooks/alaryhma_tegevustest Viidatud 07.06.2009
23. **Hunter, J., P.; Marshall, R., N.; McNair, P., J.** Interaction of Step Length and Step Rate during Sprint Running. Medicine and Science in Sports and Exercise, 2004, Vol. 36, No. 2, lk. 261-271.
24. IAAF. 100 m – For the Expert. <http://www.iaaf.org/community/athletics/trackfield/newsid=4666.html> Viidatud 24.05.2009
25. **Kalam, V.; Viru, A.** Kehaliste võimete testid. Eesti Raamat, Tallinn: 1973.

26. **Kivi, D., M., R.** A Kinematic Comparison of the Running A and B Drills with sprinting. Faculty of Physical Education and Recreation Studies. The University of Manitoba, 1997.
27. **Kukolj, M.; Ropret, R.; Ugarkovic, D.; Jaric, S.** Anthropometric, strength and power predictors of sprinting performance. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 1999, Vol. 39, No. 2, lk. 120-122.
28. **Levtshenko, A.** Some questions and answers on women's sprinting. The Canadian Athletics Coaching Centre: Sport Science: Theory and Methodology: Speed: Sprints. Tõlgitud: Legkaya Atletika, No. 6, Juuni 1988. <http://www.athleticscoaching.ca/UserFiles/File/Sport%20Science/Theory%20&%20Methodology/Speed/Sprints/Levtshenko%20Some%20Q%20and%20A%20on%20Womens%20sprinting.pdf> Viidatud 07.06.2009
29. **Locatelli, E.; Arsac, L.** The mechanics and energetics of the 100m sprint. *New Studies in Athletics*, 1995, Vol. 10, No. 1, lk. 81-87.
30. **Markovic, G.; Dizdar, D.; Jukic., I; Cardinale, M.** Reliability and factorial validity of squat and countermovement jump test. *J Strength Cond Res*, 2004, Vol. 18, No. 3, lk. 551-555.
31. **Maulder, P., S; Bradshaw, E., J.; Keogh, J.** Jump kinematic determinants of sprint acceleration performance from starting blocks in male sprinters. *Journal of Sports Science and Medicine*, 2006, Vol. 5, lk. 359-366.
32. **Maulder, P.; Cronin, J.** Horizontal and vertical jump assessment: reliability, symmetry, discriminative and predictive ability. *Physical Therapy in Sport*, 2005, Vol. 6, lk. 74-82.
33. **Mero A., Komi P., V., Gregor M., J.** Biomechanics of sprint running, *Sport Medicine*, 1992, Vol. 3, No. 6, lk. 376-392.
34. **Mero, A.; Luhtanen, P.; Komi, P., V.** A biomechanical study of the sprint start. *Scandinavian Journal of Sports Science*, 1983, Vol. 5, No. 1, lk 20-28.
35. **Mero, A.; Luhtanen, P.; Komi, P., V.** Segmentelle Krafterzeugung und Geschwindigkeit des Körperschwerpunkts in den Kontaktphasen beim Sprint. *Leistungssport*, 1986.
36. **Mero, A.; Luhtanen, P.; Viitasalo, J., T.; Komi, P., V.** Relations between the maximal running velocity, muscle fiber characteristics, force production and force

- relaxation of sprinters. *Scandinavian Journal of Sports Sciences*, 1981, Vol. 3, No. 1, lk. 16-22.
37. **Moravec, P.; Ruzicka, J.; Susanka, P.; Dostal, E.; Kodejs, M.; Nosek, M.** The International Athletic Foundation/IAAF Scientific Project Report: Time analysis of the 100 Metres events at the II World Championships in Athletics. *New Study of Athletics* 1988, Vol. 3, lk. 61-96.
 38. **Muller, H.; Hommel, H.** Biomechanical research project at VI th world championships in athletics, Athens 1997 – sprints.
 39. **Nesser, T., W.; Latin, R., W.; Berg, K.; Prentice, E.** Physiological determinants of 40-meter sprint performance in young male athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 1996, Vol. 10, No. 4, lk. 263-267.
 40. **Paruzel-Dyja, M.; Walaszczyk, A.; Iskra, J.** Elite male and female sprinters body build, stride length and stride frequency. *Studies in Physical Culture and Tourism*, 2006; Vol. 13, No 1, lk 33-37.
 41. **Pääsuke, M.; Ereline, J.** Inimese liigutustegevuse biomehaanilised alused. Tartu: 1999.
 42. **Ross, A.; Leveritt, M.; Riek, S.** Neural Influences on Sprint Running. *Sports Med*, 2001, Vol. 31, No. 6, lk. 409-425.
 43. **Saunders, R.** Five Components of the 100m sprint. *Modern Athlete and Coach*, 2004, Vol. 42, No. 4, lk. 1-3.
 44. **Torim, H.** Kiir- ja tõkkejooksust. Tallinn: 2002.
 45. **Torim, H.** Kiirjooks – tehnikast ja ettevalmistusest noorteklassis. Tallinn: 1987.
 46. **Vittori, C.** Monitoring the training of the sprinter. *New Study of Athletics*, 1995, Vol. 10, No. 3, lk. 39-44.
 47. **Young, W.** A simple method for evaluating the strength qualities of leg extensor muscles and jumping abilities. *Strength and Conditioning Coach*, 1995, Vol. 2, No. 4, lk. 5-8,
 48. **Young, W.; McLean, B.; Ardagna, J.** Relationships between strength qualities and sprinting performance. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 1995, Vol. 35, No. 1, lk. 13-19.

SUMMARY

Sprint running kinematic analysis and physical ability testing of sprinters

The aim of this thesis is to carry out kinematic analysis of sprint running and analyse the relation between various physical ability tests and sprint running performance on the sample of Estonian sprinters. The researched sample consists of 33 female and 38 male Estonian best sprint runners and hurdle sprint runners. These athletes participated in sprint and physical ability testing within the period of 2005-2008. The following tests were used to measure the physical ability: jumping tests (standing long jump, countermovement jump and standing five-step jump), running tests (30m from blocks, 30m from flying start, 150m from blocks) and throwing test (shot throwing). The stride frequency and length and contact time were measured based on 30m flying start running.

The thesis finds that the foot contact time, stride frequency and length and running speed are strongly correlated; the strongest correlation is between the foot contact time and stride frequency ($p < 0.001$ for male and female sprinters). The stride frequency is more important kinematic characteristic than stride length in maximal speed sprinting. The stride frequency and stride length are strongly negatively correlated. Estonian male and female sprinters lose substantially to world top level sprinters in stride frequency. Estonian female sprinters lose also substantially in stride length. The standing five-jump test is the most informative physical ability test for the assessment of athlete's sprinting ability. The shot throw test is the most informative test to assess the acceleration speed ability.

LISAD

Lisa 1. Ben Johnsoni ja Carl Lewise 100m jooksu parameetrid 1987. aasta Rooma MM finaaljooksus.

Muutuja	Nimi	0-10m	10-20m	20-30m	30-40m	40-50m	50-60m	60-70m	70-80m	80-90m	90-100m
Aeg	Johnson	1,73	2,86	3,80	4,67	5,53	6,38	7,23	8,10	8,96	9,83
	Lewis	1,74	2,96	3,91	4,78	5,64	6,50	7,36	8,22	9,07	9,93
10m lõigu aeg	Johnson	1,73	1,02	0,94	0,87	0,86	0,85	0,85	0,87	0,86	0,87
	Lewis	1,74	1,02	0,95	0,87	0,86	0,86	0,86	0,86	0,85	0,86
Keskmine kiirus	Johnson	5,78	9,80	10,64	11,49	11,63	11,76	11,76	11,49	11,63	11,49
	Lewis	5,75	9,80	10,53	11,49	11,63	11,63	11,63	11,63	11,76	11,63
Sammude arv	Johnson	7,30	5,30	4,50	4,40	4,30	4,10	4,10	4,05	4,05	4,10
	Lewis	6,95	4,80	4,35	4,20	4,10	3,90	3,90	3,90	3,95	3,65
Tugiaasi kestus	Johnson	86	99	111	113	122	127	122	122	128	138
	Lewis	90	113	121	124	124	133	134	138	135	162
Sammupikkus	Johnson	1,37	1,89	2,10	2,27	2,32	2,44	2,44	2,47	2,47	2,44
	Lewis	1,44	2,08	2,30	2,38	2,44	2,56	2,56	2,56	2,53	2,74
Sammusagedus	Johnson	4,22	5,19	4,77	5,05	5,00	4,82	4,82	4,65	4,70	4,71
	Lewis	3,99	4,70	4,58	4,82	4,77	4,53	4,53	4,53	4,65	4,24

Allikas: Moravec *et al.*, 1988.

Lisa 2. Testide kontrollajad 100m ja 200m võistlustulemuse prognoosimiseks.

30m pakkudelt*	30m lendlähe*	60m pakkudelt*	150m püstilähe *	250m püstilähe*	60m*	100m**	200m**
3.58-3.61	2.48-2.51	6.22-6.27	14.87-14.97	25.47-25.72	6.49-6.53	10.09-10.16	20.17-20.32
3.62-3.65	2.52-2.55	6.28-6.33	14.98-15.08	25.73-25.98	6.54-6.58	10.17-10.24	20.33-20.48
3.66-3.69	2.56-2.59	6.34-6.39	15.09-15.19	25.99-26.24	6.59-6.63	10.25-10.32	20.49-20.64
3.70-3.73	2.60-2.63	6.40-6.45	15.20-15.30	26.25-26.50	6.65-6.68	10.33-10.40	20.65-20.80
3.74-3.77	2.64-2.67	6.46-6.51	15.31-15.42	26.51-26.76	6.69-6.73	10.41-10.48	20.81-20.96
3.78-3.81	2.68-2.71	6.52-6.57	15.43-15.54	26.77-27.02	6.74-6.78	10.49-10.56	20.97-21.12
3.82-3.85	2.72-2.75	6.58-6.63	15.55-15.66	27.03-27.28	6.79-6.83	10.57-10.64	21.13-21.28
3.86-3.89	2.76-2.79	6.64-6.68	15.67-15.79	27.29-27.54	6.84-6.88	10.65-10.72	21.29-21.44
3.90-3.93	2.80-2.83	6.70-6.75	15.80-15.92	27.55-27.80	6.89-6.93	10.73-10.80	21.45-21.61
3.94-3.98	2.84-2.88	6.76-6.81	15.93-16.06	27.81-28.06	6.94-7.00	10.81-10.90	21.62-21.88
3.99-4.03	2.89-2.93	6.82-6.87	16.07-16.20	28.07-28.31	7.01-7.06	10.91-11.00	21.89-22.09
4.04-4.08	2.94-2.98	6.88-6.93	16.21-16.35	28.32-28.55	7.07-7.12	11.01-11.09	22.10-22.30
4.09-4.13	2.99-3.03	6.94-6.99	16.36-16.51	28.56-28.80	7.13-7.18	11.10-11.19	22.31-22.50
4.14-4.18	3.04-3.08	7.00-7.05	16.52-16.68	28.81-29.06	7.19-7.25	11.20-11.29	22.51-22.72
4.19-4.24	3.09-3.14	7.06-7.12	16.69-16.86	29.07-29.34	7.26-7.32	11.30-11.40	22.73-22.95
4.25-4.30	3.15-3.20	7.13-7.19	16.87-17.05	29.35-29.63	7.33-7.39	11.41-11.51	22.96-23.19
4.31-4.36	3.21-3.26	7.20-7.26	17.06-17.25	29.64-29.91	7.40-7.46	11.52-11.62	23.20-23.43
4.37-4.42	3.27-3.32	7.27-7.33	17.26-17.46	29.92-30.19	7.47-7.53	11.63-11.73	23.44-23.69
4.43-4.48	3.33-3.38	7.34-7.40	17.47-17.67	30.20-30.50	7.54-7.61	11.74-11.85	23.70-23.95
4.49-4.54	3.39-3.44	7.41-7.50	17.68-17.88	30.51-30.91	7.62-7.71	11.86-12.01	23.96-24.27
4.55-4.60	3.45-3.50	7.51-7.60	17.89-18.09	30.92-31.32	7.72-7.81	12.02-12.17	24.28-24.64
4.61-4.70	3.51-3.60	7.61-7.70	18.10-18.30	31.33-31.74	7.82-7.91	12.18-12.33	24.65-24.98
4.71-4.80	3.61-3.70	7.71-7.80	18.31-18.55	31.75-32.15	7.92-8.02	12.34-12.49	24.99-25.30
4.81-4.90	3.71-3.80	7.81-7.90	18.56-18.81	32.16-32.56	8.03-8.12	12.50-12.65	25.31-25.65
4.91-5.00	3.81-3.90	7.91-8.00	18.82-19.12	32.57-33.06	8.13-8.25	12.66-12.85	25.65-25.99

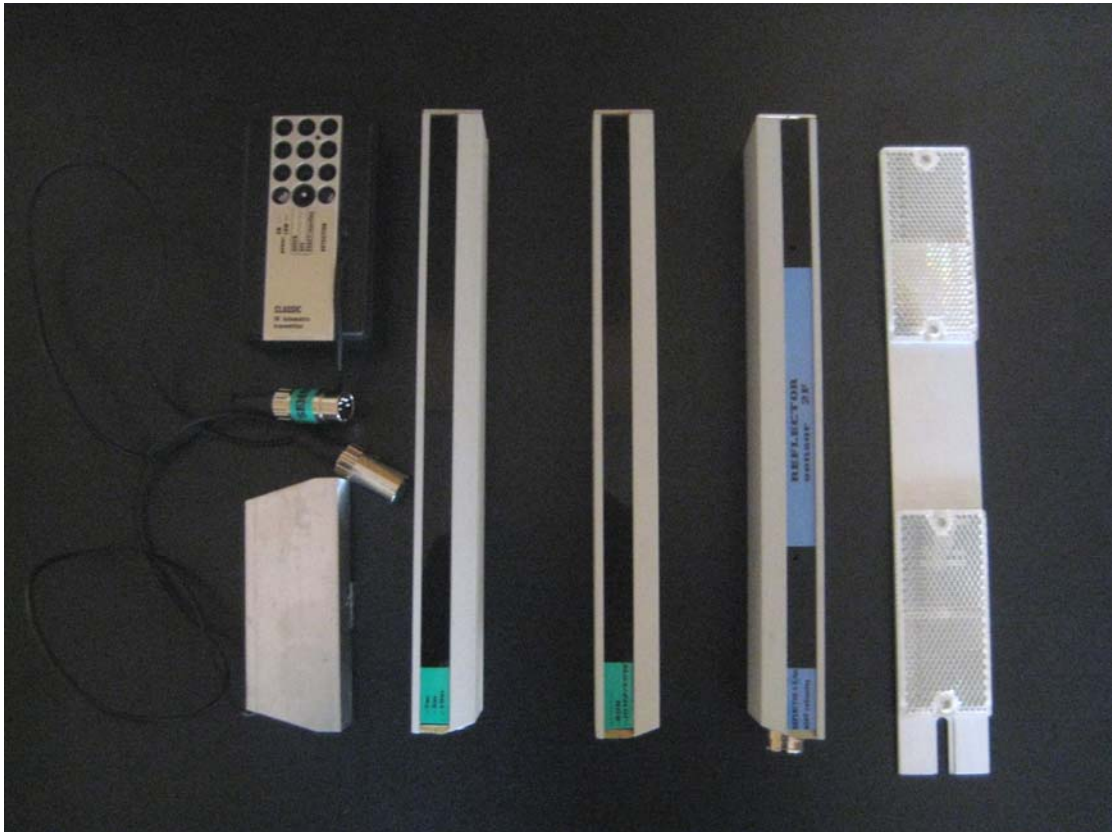
* käsiajavõtt; ** elektriline ajavõtt; 150m ja 250m aeg on mõõdetud hetkest, mil esimene jalg kontakteerub üle stardijoone rajaga.

Allikas: Dick, 1989.

Lisa 3. Ivar Krause mõõtesüsteemi „Ivar” põhiblokk.



Lisa 4. Ivar Krause mõõtesüsteemi „Ivar” andurid.



Lisa 5. Ivar Krause mõõtmisüsteem „Ivar”.

