

TARTU ÜLIKOOL
Sporditeaduste ja füsioteraapia instituut

Rahel Allas

**Murdmaasuusatamise uisusõiduviiaside V1 ja V2 kinemaatiliste
karakteristikute võrdlus Eesti ja edukamate riikide mees- ja
naissportlaste vahel võistlussituatsioonis**

**Cross- country ski skating technique in V1 and V2 comparison of
kinematics characteristics Estonian and male and female athletes of
advanced countries between competition situation**

Magistritöö

Kehalise kasvatuse ja spordi õppekava

Juhendaja: lektor, PhD J. Ereline

Tartu 2016

SISUKORD

KASUTATUD LÜHENDID.....	3
LÜHIÜLEVAADE	3
ABSTRACT.....	5
1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE	6
1.1. Murdmaasuusatamise kujunemine	6
1.2. Paaristõukeline kahesammuline uisusõiduviiis	7
1.3. Paaristõukeline ühesammuline uisusõiduviiis.....	7
1.4. Uisusõiduviiiside V1 ja V2 vahetus rajal	8
1.5. Uisusõiduviiiside V2 ja V1 tsüklilisus	9
1.6. Liikumiskiirus, jõu rakendus ja ökonoomsus.....	10
2. TÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED	12
3. METOODIKA.....	13
3.1. Vaatlusalused	13
3.2. Uuringus kasutatavad seadmed	14
3.3. Uisusõiduviiiside tsüklite ajalised kestvused	14
3.4. Statistiline analüüs	17
4. TÖÖ TULEMUSED	18
4.1. Uisusõiduviiisi V1 näitajate võrdlus mees murdmaasuusatajate vahel.....	18
4.2. Meessuusatajate uisusõiduviiisi V1 näitajate korrelatiivsed seosed.....	20
4.3. Uisusõiduviiisi V1 näitajate võrdlus nais murdmaasuusatajate vahel.....	21
4.4. Naissuusatajate uisusõiduviiisi V1 näitajate korrelatiivsed seosed.....	23
4.5. Uisusõiduviiisi V1 ja V2 näitajate võrdlus mees ja nais murdmaasuusatajate vahel.....	24
4.6. Meeste ja naiste uisusõiduviiisi V1 korrelatiivsete näitajate seosed	28
4.7. Meeste ja naiste uisusõiduviiisi V2 korrelatiivsete näitajate seosed	29
4.8. Uisusõiduviiisi V2 näitajate võrdlus mees murdmaasuusatajate vahel	30
5. ARUTELU	32
5.1. Uisusõiduviiiside V1 ja V2 tsüklite kestvuste näitajate võrdlus	32
5.2. Uisusõiduviiiside V1 ja V2 näitajate statistilised korrelatiivsed seosed	33
5.3. Uisusõiduviiiside V1 ja V2 liigesenurgad.....	34
6. JÄRELDUSED	38
KASUTATUD KIRJANDUS	39

KASUTATUD LÜHENDID

- KMI – kehamassiindeks
- Mp – megapiksel
- V1 – paarisõukeline kaheammuline uisusõiduvii
- V2 – paarisõukeline üheammuline uisusõiduvii

LÜHIÜLEVAADE

Eesmärk: Käesoleva magistritöö eesmärgiks oli vaja välja selgitada murdmaasuusatamise uisutehnikas eestlaste mahajäämust edukamate riikide murdmaasuusatajatest. Selleks võrreldi murdmaasuusatamise tehnikate V1 ja V2 kinemaatiliste karakteristikute Eesti ja välismaa mees- ja naissportlaste vahel võistlussituatsioonis.

Metoodika: Uuringus osales 27 murdmaasuusatajat, kes olid jagatud rahvuste, sooliste tunnuste ning uisusõiduviiside järgi. Vaatlusaluseid filmiti 6% kaldenurgaga tõusul võistlussituatsioonis. Pärast mõõdeti uisusõiduviiside V1 ja V2 parema ja vasaku jala libisemisfaasid, tsüklite ajalised kestvused ja määrati liigesenurgad.

Tulemused: Välismaa mees murdmaasuusatajatel olid I ja II katsel tsüklite ajalised kestvused 2,5% pikemad võrreldes Eesti meestega ning oluline erinevus oli libiseva jala poolsel puusaliigesel, mis oli 12,7° suurem Eesti meestel. Välismaa naistel olid I ja II katsel parema jala libisemisfaasid 0,10 sekundit lühemad võrreldes Eesti naistest, mis tingis tsüklite ajalise kestvused pikema. Samuti täheldati suuremaid liigesenurkasid naiste vahel nii jala tõuke kui libiseva puusaliigese nurga korral, mis olid 12,3° ning 8° suurem Eesti naistel. Mees ja nais murdmaasuusatajate uisusõiduviisi V1 võrdluse korral oli tsükli ajaline kestvus oluliselt lühem võrreldes V2-ga kuid olulisi liigesenurkade erinevusi ei täheldatud nende vahel.

Kokkuvõte: Eesti naissuusatajate uisusõiduviisis V1 parema jala tõukel ja vasaku jala libisemisel esines oluline erinevus puusaliigese nurkades võrreldes välismaa naissuusatajatega. Eesti meessuusatajate uisusõiduviisis V1 esines vasaku jala libisemisel oluline erinevus puusaliigese nurgas võrreldes välismaa meessuusatajatega. Uisusõiduviisis V2 olulisi erinevusi liigesenurkades ei täheldatud. Eesti mees- ja naissuusatajate vähenenud libiseva jala poolne puusaliigese nurk tingib lühema libisemise kestvuse, mis toob kaasa ajalise kaotuse võrreldes välismaa suusatajatega. Meeste kui ka naiste uisusõiduviiside V1 korral oli tsüklite kestus oluliselt lühem võrreldes uisusõiduviisiga V2. Teise tsükli korral oli uisusõidustiilide V1 ja V2 tsükli ajaline kestus meeste ja naiste vastavate näitajate vahel oluliselt erinev, kuid esimese tsükli korral olulist erinevust ei täheldatud. Mees- kui ka naissuusatajate tulemustest nähtus, et uisusõiduviisi V1 korral tagas ökonoomsuse lühem tsükli kestus ning uisusõiduviisil V2 tsükli kestuse pikenemine.

Märksõnad: uisutehnika, uisusõiduviiside V1 ja V2 kinemaatika, uisusõiduviisi tsükli kestvus, liigesenurgad uisusõiduviisil

ABSTRACT

Aim: The aim of this paper was a need to identify cross- country ski skating technique Estonians lagging behind advanced countries cross- country skiers. It is comparison of cross- country skating technique in V1 and V2 kinematic characteristics Estonian and international male and female athletes between competition situation

Methods: The study included 27 cross- country skiers, who were divided by nationality, gender identities and ski skating styles. These skiers were filmed by 6% incline in competition situation. After that was observed V1 and V2 cycle rate/lengths and also determined angulations

Results: A foreign male cross- country skier had first and second tests in cycle rates, which were 2,5% longer compared to men in Estonia and they had a significant difference on gliding leg hip joint, which was larger $12,7^\circ$ in Estonian male. Foreign females had first and second test on right leg gliding phase, which was 0,10 seconds shorter than Estonians, which resulted time between cycles were longer. It was also noted the major joints between females were leg thrust hip joint and gliding leg hip joint, which were $12,3^\circ$ and 8° bigger in women in Estonia. Comparing male and female cross- country skiers, there were V1 cycle rates significantly shorter than V2, but significant differences were not noticed between joint angles.

Conclusions: Estonian female cross- country skiers in skating technique V1, where having right leg thrust and left leg gliding, which was significant difference in hip joint angle, compared foreign female cross- country skiers. Estonian male skiers in V1 showed a significant difference at the same time on left leg gliding in hip joint angle compared foreign male skiers. Ski skating technique V2 haven't got significant differences in angles. Estonian male and female skiers gliding leg hip joint angle results decreased shorter gliding phase, which leads loss of time compared foreign skiers. Male and female in V1 had cycle rates significantly shorter compared to V2 skating technique. The second cycle time, were in V1 and V2 cycle duration in accordance to between male and female substantially different, but first cycle, there was not observed differences. Male and female skiers result showed that the economy in V1 ensured shorter cycle rates and in V2 on the contrary longer cycle rates.

Keywords: skating technique, kinematics of V1 and V2, cycle rate, angles

1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

1.1. Murdmaasuusatamise kujunemine

Inimestel on välja töötatud aastate jooksul erinevad talvevarustused (suusad, uisud, lumesaapad), millega saab hõlpsalt, kergesti ning kiirelt liikuda lume või jääga kaetud pindadel. Skandinaavlased on kasutanud suuski liikumiseks üle lumise maastiku viimased 4000 aastat (Moxnes et al., 2014). 1980. aastate alguses oli peamiseks tehnikaks klassika, mida kasutati võistlustel. Uisutehnika tulekuga, võeti see laialdaselt kasutusele, mida kutsutakse praegusel ajal ka "vabatehnikaks", kus on suusatamine lubatud libisevalt suusalt, kuid klassikalisel tehnikal esineb libisemine peatatult suusalt (Stöggl et al., 2008).

Suusavõistlusi viiakse läbi väga erineval maastikul, kus pidevalt peab muutma oma sõiduviise ja liikumist vastavalt raja kalletele, lume hõõrdumisele ja õhu takistusele (Moxnes et al., 2014). Eesmärgiks on säilitada kõrgeim kiirus. Uisutehnikas kasutatakse erinevaid uisusõiduviise, mida teisisõnu võib kasutada "käikudena". Madalamad käigud võetakse kasutusele tõusudel, samas kõrgemad ehk kiiremad lihtsamatel raja profiilidel. Sõiduviiside variatiivsus sõltub suusatajate tehniliste ja taktikaliste oskuste poolest (Andersson et al., 2010)

Murdmaasuusatamine on biomehaaniliselt kombineeritud spordiala, mis toetub individuaalsusele kasutades käsi ja jalgu koordineeritud viisil, et olla edukas sooritusel ning tehniliselt hea liikumisvõimega (Stöggl et al., 2013). See on väljakutse suusataja üla- ja alakehale erineval määral. Alakeha peetakse peamiseks energia tarbijaks, siis ülakeha näib väga oluline jõu allikas klassikalises kui uisutehnikas aidates läbida distantsi. Jagades töökoormust üla- ja alajäsemete vahel, siis see võib mõjutada energia tarbimist antud tööol (Grasaas et al., 2014). Uisutehnikas kasutatakse käsi ja jalgu, et rakendada keha segmentide poolt arendatav jõud tõukesse. Suusad on sõites paralleelsel pinnaga, mille suusatipp on suunatud liikumise suunda ning kanditud sõltuvalt lume pinnast, mida on raske visuaalselt märgata, sest liikumine toimub suhteliselt kiiresti. Samal ajal rakendatakse edasiliikumisel käsi, mille korral on tähtis, et maha pandud suusakepid oleksid vertikaalsuhtes õige nurga all. See on vajalik selleks, et edasiliikumine oleks lihtsam. Samuti toimub aktiivne liikumine suusakeppidega kui ka puusa- ning põlveliigestes. (Myklebust et al., 2014).

Suusatamises saab uisusõiduviisi tehnikat klassifitseerida sümmeetriliseks ja asümmeetriliseks. Sümmeetrilises tehnikas mõlemad keha pooled töötavad sümmeetriliselt, kus ülakeha poolt genereeritud jõud jaotatakse ühtlaselt paaristõukes. Asümmeetrilisel sõiduviisi korral, keha parem ja vasak pool funktsioneerivad asümmeetriliselt või

asünkroonselt, mille tõttu on tulemus vasakul ja paremal keha poolel jõu rakenduse seisukohast erinev. (Stöggl et al., 2013).

Asümmeetriline uisusõiduviis on paaristõukeline kahesammuline uisusõiduviis (V1), kus jalatõuke ajal toetavaks pooleks on üks keha pool. Sümmeetriline uisusõiduviis on paaristõukeline ühesammuline uisusõiduviis (V2). Sellisel juhul on mõlemal keha poolel toetav jalatõuge (Stöggl et al., 2013).

1.2. Paaristõukeline kahesammuline uisusõiduviis

Paaristõukelist kahesammulist uisusõiduviisi kutsutakse lühendina „V1“ uisusõiduviis. Kasutatakse tõusul asümmeetriliste kepitõugetega igal teisel jalatõukel. Räägitakse, et V1 on ökonoomne 4° -l tõusul (Andersson et al., 2010). Myklebust et al. (2014) töö tulemustest on selgunud, et libiseva tugijala poolne käsi oli 0,05 sekundit pikemalt kontaktis suusakepi kaudu maapinnaga võrreldes teise käega. Ülakeha ja jalad sooritavad erineval ajal tööd, kuna tõuge toimub mõlema käega, kuid ühes tsüklis toimuv tõuge sooritatakse ühe tugijalaga ning teine jalg ainult libiseb kaasa (Myklebust et al., 2014). Seega keppidega tõuge toimub tihedalt samal ajal kui tugijalg puudutab maapinda ning parema või vasaku sõidu poole valib suusataja ise (Marsland et al., 2012). Tavaliselt järsematel tõusul lõpetavad sõitjad paaristõukelise kahesammulise uisusõiduviisiga, sest on tõestatud, et liikumise efektiivsus peaks olema ökonoomsem, kuna keppide ning jalgade tõuke ajad on pikemad. Siis sellevõrra on ka liikumistsükli aeg pikem ning sagedus madalam (Myklebust et al., 2014).

Stöggl et al. (2010) on kirjeldanud oma töös, et tavaliselt tõukab üks jalg tugevamalt ning teine nõrgemalt, ehk mõlema jala libisemisfaasid on erineva pikkusega. Tõugates keppidega suusataja tugevamalt poolelt siis libisemisaeg on pikem, kuid nõrgemalt poolelt, siis jõu rakendus on hoopis väiksem, mis omakorda kajastub libisemise ajas (Stöggl et al., 2010).

1.3. Paaristõukeline ühesammuline uisusõiduviis

Paaristõukelist ühesammulist uisusõiduviisi tuntakse „V2“ uisusõiduviisina (Myklebust et al., 2014). Nimetatud uisusõiduviisi kasutatakse tõusvatel reljeefidel ning keppidega tõuge toimub alati jalatõukega samal ajal. Suusad on asetatud pinnale otse libisema või kergelt pööratud diagonaalselt (Andersson et al., 2010). Suusakeppe kasutatakse iga kord kui sooritatakse jalaga tõuge ning sagedus ülakeha poolt on kaks korda suurem. Myklebust et al. (2014) on kirjeldanud, et libiseva tugijala diagonaalselt oleval käel on suurem kontakt maaga

võrreldes samal poolel oleva käega, milleks on 0,007 sekundiline vahe, kuid tõuke alustamise ajal pannakse mõlemad kepid samaaegselt maha (Myklebust et al., 2014). Keha kaldub sellisel juhul libiseva suusa poole. Sõltuvalt suusataja motoorsest võimest lähtuvalt, võib ta sooritada ka hüppe esimese ning teise tõuke vahel (Andersson et al., 2010).

Andersson et al. (2010) on väitnud enda töös, et 20 meetrit enne finiši joont kasutasid kõik suusatajad V2 uisusõiduviiisi ning esimene ring sõideti 2.9% kiiremini kui teine ring. Nad sooritasid 5.2% vähem liigutustsükleid teisel ringil ning vähenes ka uisusõiduviiiside vahetus. Murdmaasuusatamises võib aega võita või kaotada uisusõiduviiiside vahetamisel. Uisusõiduviiisis V2 kiirus oli seotud tsükli pikkuse ja ajalise kestvuse vähenemisega, kus teisel ringil suusatajad kasutasid 5,9% rohkem uisusõiduviiisi V1. Sellest aspektist lähtuvalt võib algselt ülakeha töötada rohkem ning väsimuse tõttu minnakse üle uisusõiduviiisile V1. See aitab ülakeha lihaseid rohkem taastada ning selle võrra kasutada rohkem jalgu (Andersson et al., 2010).

Olulise seos on leitud uisusõiduviiisil V2 ning paaristõukel, sest kätega tõukamise tehniline element on sarnane ja produtseerivad kõige rohkem tõukesse jõudu, isegi kui jalgade töö natuke erineb. Uisusõiduviiisi V2 korral sõidetakse jalgade poolt kordamööda, kuid paaristõukel libisevad mõlemad jalad korraga. See jalgade töö on uisutehnikaga sarnane, sest hüppe-, põlve- ja puusaliiges toimub samamoodi allaiste tõuke ajal (Losnegard et al., 2014).

1.4. Uisusõiduviiiside V1 ja V2 vahetus rajal

Andersson et al. (2010) on leidnud enda katses, et suusatajad sooritasid 1,43 km sprindi distantsil 21 kuni 34 uisusõiduviiisi vahetust. Kolm kiiremat suusatajat kasutasid veelgi vähem vahetusi, mis võis tuleneda, et säilitati paaristõukeline ühesammuline uisusõiduviiis tõusudel. (Andersson et al., 2010). Myklebust et al. (2014) on selgitanud, et enamus suusatajaid valisid V1 uisusõiduviiisis enda tugevama poole (Myklebust et al., 2014). Uuringud on näidanud, et suusatamise kiirused erinevatel reljeefidel varieeruvad tänu tsükli sageduse muutusele, tsükli pikkusele ning õige uisusõiduviiisi valimisele (Marsland et al., 2012).

Tõusude pikkusest sõltub uisusõiduviiis, kus kõik suusatajad tõusu alguses kasutasid V2-te, kuid lõpetasid teisel poolel uisusõiduviiisiga V1. Edetabelis kõrgemal kohal asetsevad suusatajad on suutelised tõusu läbima ilma, et peaksid uisusõiduviiisi vahetama, kuid see sõltub tõusu kaldest ning pikkusest. Seega paremad suusatajad kasutasid efektiivsemalt võistluse ajal uisusõiduviiisi V2, aeglasemad vahetasid V1-le. Samas võib see seotud olla tsükli kiiruse suurenemisest, kus peab kasutama liikumisel rohkem võimsust. Teise

võimalusena võib suusataja kiirus olla juba piisavalt suur, et enamus tõusu läbida oma keha inertsi kasutades. Ühtlase tempo säilitamiseks tuleb vahetada uisusõiduviise piisavalt, kuid minimaalselt. (Andersson et al., 2010). Vastuväitena on Losnegard ja Hallén (2014) näidanud, et sõites maksimaalsel kiirusel vahelduval reljeefil, siis kiiremad suusatajad kasutasid rohkem erinevaid uisusõiduviise. Liigutuskoodinatsioon oli neil meisterlikum ning maksimaalne kiirus saavutati lühema aja jooksul võrreldes aeglasemate suusatajatega, et sõidukiirust kõrgel hoida, tuligi vahetada uisusõiduviise vastavalt maastikule (Losnegard ja Hallén, 2014).

1.5. Uisusõiduviiside V2 ja V1 tsüklilisus

Paaristõukeline ühesammulise uisusõiduviisi tsükkel koosneb paaristõukest ning kahest jalatõukest. Tsükkel algab kahe kepi ning ühe suusa asetamisega vastu maapinda (Stöggl et al., 2008).

Myklebust et al. (2014) on jaganud uisusõiduviisi V2 tsükli kaheks jalatõukeks, mis omakorda jagunes kaheks faasiks. Esimeses (I) faasis tuuakse libiseva jala kõrvale teine jalg ning asetatakse maha ja suunatakse tõukesse koostöös keppidega. Oluline on sellel hetkel hoida põlv suusa kohal ja tekitada maksimaalne jalatõuge. Teine (II) faas algab samuti keppidega tõukamisest, kuid vahetatakse tugijalga (Myklebust et al., 2014). Iga faasi alguses peaks keha raskuskese asetsema suusaklambrite kohal, mis on soodne järgmisel jalaga tõukel kui ka keppidega tõukamisel (Stöggl et al., 2008)

Uisusõiduviis V1 on sarnane eelmisele, mis koosneb samuti kahest jalaga tõukest, kuid need ei ole sümmeetrilised. Tugevamal poolel suuskade ning keppide paigutus algab üheaegselt tugijala tõukega. Teise jala libisemise ajal jätkavad käed esimeses faasis olevat tõuget. Võrreldes mõlemat keha poolt, siis puusa liikumine üles alla oli märkimisväärselt suurem V1 uisusõiduviisil, mille vahe oli 3,3 cm, seevastu V2 uisusõiduviisil ainult 1 cm (Myklebust et al., 2014). Stöggl ja Holmberg (2015) on selgitanud oma töös, et võrreldi V1-s nõrgemat ja tugevamat keha poolt. Jalatõuke aeg oli pikem nõrgemal keha poolel võrreldes tugevama. Keppidega tõukel tugevama poole käsi oli asetatud paralleelselt sama jala poolsesst hüppeliigesest ettepoole 3,6-6 cm. Nõrgemal poolel olev käsi oli hoopis asetatud sama keha poolsesst hüppeliigesest tahapoole 6,9-15,9 cm (Stöggl ja Holmberg, 2015).

1.6. Liikumiskiirus, jõu rakendus ja ökonoomsus

Smith et al. (2005) on selgitanud oma uuringus, et 5° tõusul V1 uisusõiduviisi tsükli ajaline kestvus vähenes oluliselt, kuid tõusis sõidukiirus. Suusatamisel, lisaks jalgade tööle, moodustab suusakeppidega tõuke tsükkel tervest tsüklist 45-50% (Smith et al., 2005). Samale järeldusele on jõutud ka teise autori poolt, et V1 uisusõiduviis on kiirem alates 5° tõusul võrreldes V2-ga, sest tsükli ühe tsükli sooritamine toimub kiiremini (Sakurai et al., 2016). Mida järsem on nõlv, seda suurem on kasutegur. Sellepärast võib seletada, miks suusatajad liigutavad ennast kiiremini tõusudel, sest tõusud on kõige olulisemad võistlusdistsantsil, mis toob omakorda esile võistlejate otstarbeka jõu rakendus oskuse (Sandbakk et al., 2013).

Andersson et al. (2010) on leidnud oma uuringus, et tõusudel ning laskumistel oli suurim vahe liikumiskiirusel. Olulise järeldusena leiti, et suusatajad peavad oskama uisusõiduviiside üleminekuid, et säilitada või tõsta sõidukiirust (Andersson et al., 2010). Sõltumata sellest, kas on tegemist uisusõiduviisiga V1 või V2, siis suuskade vaheline nurk muutub vastavalt reljeefile väiksemaks või suuremaks. Uisusõiduviisil V2 on suuskade omavahelised nurgad suhteliselt väikesed ja pool liikumiskiirusest produtseerib ülakeha (Kvamme et al., 2005).

Uisusõiduviisidel võib energia kulu kindlasti mõjutada ka ülakeha liikuvus. Kindlasti erinevatel kiirustel muutuvad nii põlve- kui puusaliigeste nurgad. Mida sagedamate tsüklitega sooritab suusataja tõukeid, seda suuremaks muutusid liigeste nurgad (Lindiger ja Holmberg, 2011).

Stöggl et al. (2011) on leidnud enda uuringus aeglasemate ning kiiremate suusatajate vahel seose, et kiiremad suusatajad panid enda suusakepid lumme väiksema nurgaga ehk käe ning keppide vaheline nurk oli väiksem ning rakendasid seeläbi suuremat jõudu tõukesse. Samuti läbisid kiiremad rohkem distantsi ühe kepi tõukega tsükli. Kepid asetati lumme peaaegu sama koha peale, kuhu panid aeglasemad suusatajad, aga sellevõrra sirutati rohkem ette käed, mis soodustas suurema pendeldamise ette ja taha (Stöggl et al., 2011).

Myklebust et al. (2014) on märkinud enda töös, et jalad ja käed peavad töötama sünkroonselt, mitte iseseisvalt ning seetõttu keppidega tõuked teostatakse ülakeha poolt ja aktiivne liikumine alajäsemete poolt toimub koordineeritud oluliselt (Myklebust et al., 2014). Vastasel juhul, väsimuse korral, mitte koordineeritud oluliselt ning suusatajad ei suuda sõita efektiivselt kiiruse tõustes. Jõu vähenemine produtseerimine vähendas ka tehnika kvaliteeti, mis muutis käte ja jalgade jõuvahekorda, mille tulemusel viis see tehnika lagunemiseni. Aeglasemalt sõites või ka väsimuse korral tsükli pikkus vähenes, kuid ajaline kestvus pikenes (Åsan et al., 2014).

Edukas suusatamine sõltub asjaolust, kas suudetakse sõidukiirust tõsta ning ära kasutada lihaste nii potentsiaalne kui ka liikumise kineetiline energia. Uisutehnika areng, mis suurendab suusatamise ökonoomsust ja maksimaalset kiirust on väga oluline võistlustel. Kätega liigutamine sõltub sõitmise kiirusest ning mõjutab tsüklite ajalist kestvust ja taastumisaega. Lihaste kasutegur jala tõuke ajal on seotud treeningutel jooksmisega ja suusatamisel ökonoomsusega. Suurem jõuimpulss on suunatud ülevalt alla otse vastu maapinda jala jõul ning sealt omakorda paindumus alajäsemete poolt, et toimuks tõuge üles (Göpfert et al., 2016).

2. TÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED

Käesoleva magistritöö eesmärgiks oli selgitada Eesti murdmaasuusatajate uisusõiduviiside V1 ja V2 tehnilise võimekuse iseärasusi võrreldes edukamate riikide (välismaa) murdmaasuusatajatega kinemaatiliste karakteristikute baasil.

Töö eesmärgi selgitamiseks püstitati alljärgnevad ülesanded.

1. Määrata ning võrrelda mees ja nais murdmaasuusatajate uisusõiduviiside V1 ja V2 tsüklite ajalist kestvust rahvusvaheliste murdmaasuusatajatega videoanalüüsi alusel.
2. Määrata ning võrrelda videoanalüüsi alusel mees ning nais murdmaasuusatajate rühmades uisusõiduviisil V1 ja V2 tekkivate liigesenurkade iseärasusi.
3. Määrata ning võrrelda mees ning nais murdmaasuusatajate näitajate korrelatiivseid seoseid uisusõiduviisidel V1 ja V2.
4. Videoanalüüsi alusel selgitada, kui suurt kaotusaega põhjustavad tsüklite ajaline kestvus ning liigesenurkade muutus.
5. Selgitada videoanalüüsi tulemuste põhjal, kas uisusõiduviis V1 on ökonoomsem uisusõiduviisist V2.

3. METOODIKA

3.1. Vaatlusalused

Antud uurimustöös osales 27 murdmaasuusatajat (Tabel 1), naissoost suusatajaid oli 11 (Tabel 2) ja meessoost suusatajaid vastavalt 16 (Tabel 3) olid jagatud nelja erinevasse gruppi. Need olid jagatud rahvuste, soolise tunnuse ning uisusõiduviiside järgi.

Tabel 1. Vaatlusaluste (mehed ja naised) vanus ja antropomeetrilised näitajad. ($\bar{X} \pm SD$).

Näitaja	Eesti murdmaasuusatajad (n=11)	Välismaa murdmaasuusatajad (n=16)
Vanus (aastates)	19,4 ±2,0*	24,0 ±3,0
Pikkus (cm)	181,9±9,6*	173,1±8,2
Kehamass (kg)	72,9±8,3*	66,1±7,7
KMI (kg·m ⁻²)	22,0±1,6	22±1,8
Treeningu staaž (aastastes)	6,1±2,0	7,0±2,0

* p<0,01 statistiliselt oluline erinevus välismaa murdmaasuusatajatega.

Tabel 2. Nais vaatlusaluste vanus ja antropomeetrilised näitajad. ($\bar{X} \pm SD$).

Näitaja	Eesti nais murdmaasuusatajad (n=3)	Välismaa nais murdmaasuusatajad (n=7)
Vanus (aastates)	22,3±3,5	25,0±3,0
Pikkus (cm)	169,1±0,2	165,1±2,4
Kehamass (kg)	62,3±5,5	59,0±2,7
KMI (kg·m ⁻²)	21,8±1,9	22,0±0,5
Treeningu staaž (aastastes)	6,1±2,0	7,0±2,0

Tabel 3. Mees vaatlusaluste vanus ja antropomeetrilised näitajad. ($\bar{X} \pm SD$).

Näitaja	Eesti mees murdmaasuusatajad (n=8)	Välismaa mees murdmaasuusatajad (n=9)
Vanus (aastates)	19±1,2*	23,0±2,9
Pikkus (cm)	186,7±5,8*	180,0±4,4
Kehamass (kg)	76,9±5,0	72,1±5,3
KMI (kg·m ⁻²)	22,1±1,6	22,3±1,0
Treeningu staaž (aastastes)	6,2±2,1	6,9±2,0

* p<0,05 statistiliselt oluline erinevus välismaa murdmaasuusatajatega.

Kõik mitte eestlastest vaatlusalused (välismaalased) olid viimaste aastate jooksul osa võtnud rahvusvahelistelt võistlustelt, kaasaarvatud maailmakarika etapid erinevates riikides. Paljud vaatlusalused olid suhteliselt noored, siis olid kaasatud ka U23 maailma-meistrivõistlusel.

Eestlastest vaatlusalused olid piirdunud rohkem riigi siseste võistlustega ning paari rahvusvahelise võistlusega.

Esimesse gruppi kuulusid Eesti ja välismaa mees ja nais murdmaasuusatajad uisusõiduviisi V1 järgi eesmärgiga, võrrelda uisusõiduviisi V1 üldisi näitajaid.. Teise gruppi Eesti ning välismaa nais murdmaasuusatajad uisusõiduviisi V1 järgi. Kolmandasse gruppi kuulusid kõik nais murdmaasuusatajad, keda võrreldi uisusõiduviisi V1 järgi.

3.2. Uuringus kasutatavad seadmed

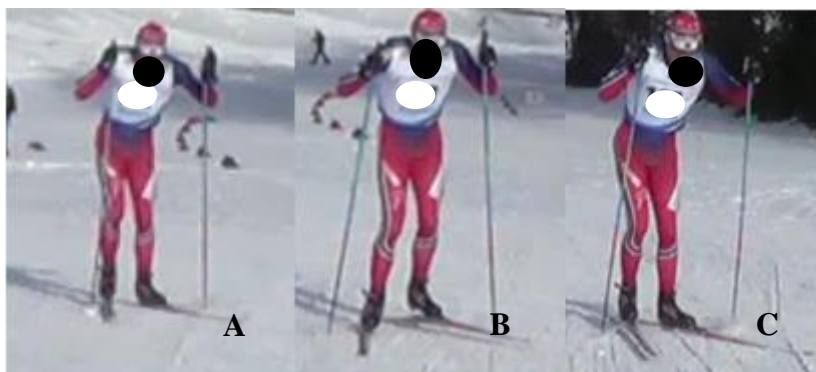
Andmete jäädvustamiseks filmiti Eestis toimuvat rahvusvahelist murdmaasuusatamise Skandinaavia karikavõistluse võistlust, kus sõideti uisutehnikas 6% kaldenurgaga tõusul. Kaks kaamerat (Nikon coolpix P520, 18,1 Mp, HD võte, 3,2" tolline LCD monitor) statiividel asetati ühe tõusu äärde, mis jäädvustas võistlejaid nii eest kui ka küljelt vaadatuna. Kõiki vaatlusaluseid filmiti kahel ringil.

3.3. Uisusõiduviiside tsüklite ajalised kestvused

Eesmärgiks oli filmida suusatajate uisutehnika uisusõiduviise V1 ja V2. Sealhulgas mõõdeti aeg, kui kaua kulub nimetatud tehnikas ühe tsükli tegemiseks. Selleks kasutati videotöötlusprogrammi Kinovea. Tsükli ajalise kestvuse määramist alustati hetkest, kui suusakepid olid kontaktis maaga ja sõideti kindlat uisusõiduviisi kuni jõuti samasugusesse asendisse tagasi nagu tsükli alguses (joonis 1 ja 2), mille tõuke lõpetavad uuesti suusakepid olles kontaktis maaga ja sealt algab jällegi uus tsükkel.



Joonis 1. Uisusõiduviisi V1 tsükli tõuke algus parema poolega (A), uisusõiduviisi V1 tsükkel vasakul jalal libiseva poolega (B), tsükli lõpp paremal poolel (C).



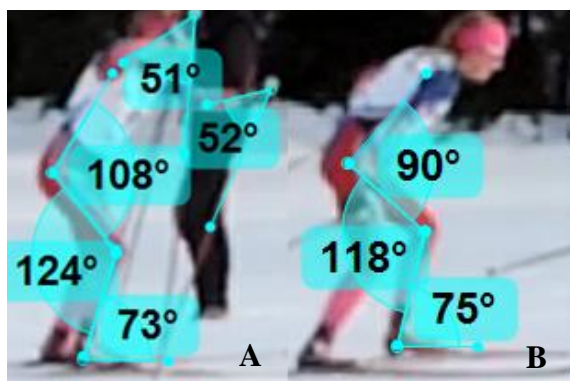
Joonis 2. Uisusõiduviisi V2 tsükli I faasi algus paremalt jalalt tõuge (A), uisusõiduviisi V2 tsükli II faasi algus vasakult jalalt tõuge (B), tsükli lõpp jälle paremalt jalalt tõuge (C).

Mõõtmisse kuulus kolm tsükli, millest arvatati välja keskmine näitaja kahel erineval katsel. Samuti mõõdeti, kui kaua kulub suusatajal aega ühe tsükli jooksul nii paremal kui vasakul jalal libisemiseks (joonis 3).



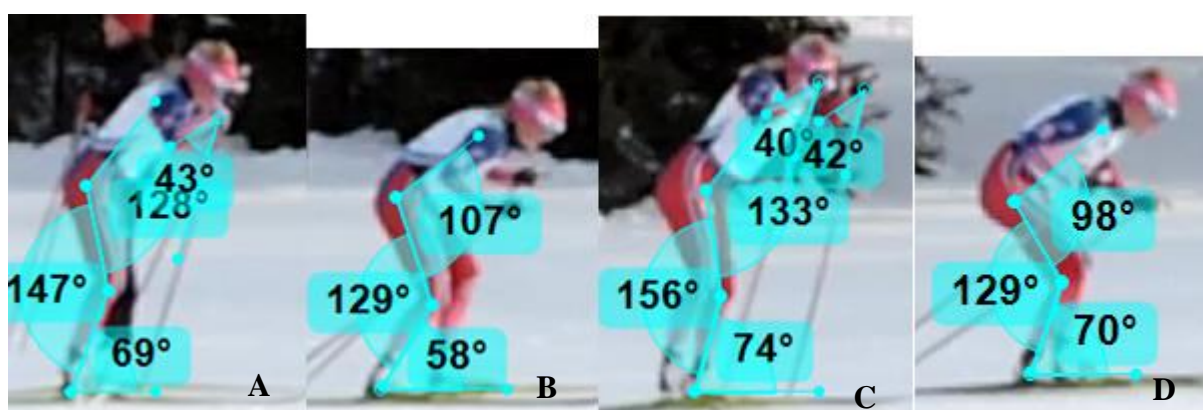
Joonis 3. Uisusõiduviisi V1 tsükli libisemisfaasi pikkus paremal jalal (A), uisusõiduviisi V1 tsükli pikkus vasakul jalal (B), uisusõiduviisi V2 libisemisfaasi pikkus paremal jalal (C), uisusõiduviisi V2 libisemisfaasi pikkus vasakul jalal (D).

Videotöötlusprogrammi Kinovea kasutati murdmaasuusatajate erinevate liigesenurkade määramiseks, mida vaadeldi ühe tsükli vältel. Uisusõiduviisil V1 määrati tõuke alguseks suusakeppide puude vastu maapinda. Tsükli alguses määrati kohe tõuke jala poolsed liigesenurgad. Vaatluse alla kuulusid hüppeliigese -, põlveliigese - ja puusaliigese nurgad ning parema kui ka vasaku käe ja keppide vahelised nurgad. Teise tõuke ajal määrati jällegi libiseva jala poolsed liigese nurgad ehk hüppeliigese -, põlveliigese - ning puusaliigese nurgad (joonis 4).



Joonis 4. Uisusõiduviisi V1 tsükli tõukejala poolsed liigesenurgad (A), uisusõiduviisi tsükli libiseva jala poolsed liigesenurgad (B).

Uisusõiduviisil V2 jagati tsükkel kaheks erinevaks faasiks. Esimene faas algas jälle hetkel, kui suusakepid olid kontaktis maaga. Määrati tõuke jala hüppeliigese -, põlveliigese - ja puusaliigese nurgad ning nii parema kui ma vasaku käe kepi vahelised nurgad. Samuti määrati tõukejala kõige madalam asend edasiliikumisel, mille korral määrati jällegi nurgad



Joonis 5. Uisusõiduviisi V2 tsükli I faasi alguse liigesenurgad (A), tsükli I faasi kõige madalama asendi liigesenurgad (B), tsükli II faasi alguse liigesenurgad (C), tsükli II faasi kõige madalama asendi liigesenurgad (D).

hüppeliiges, põlveliiges ja puusaliiges. Analoogselt toimiti tsükli teises faasis, kus tõukejalaks osutus siis teine jalg, kuid liigesenurkade määramine oli sama skeemi alusel (joonis 5).

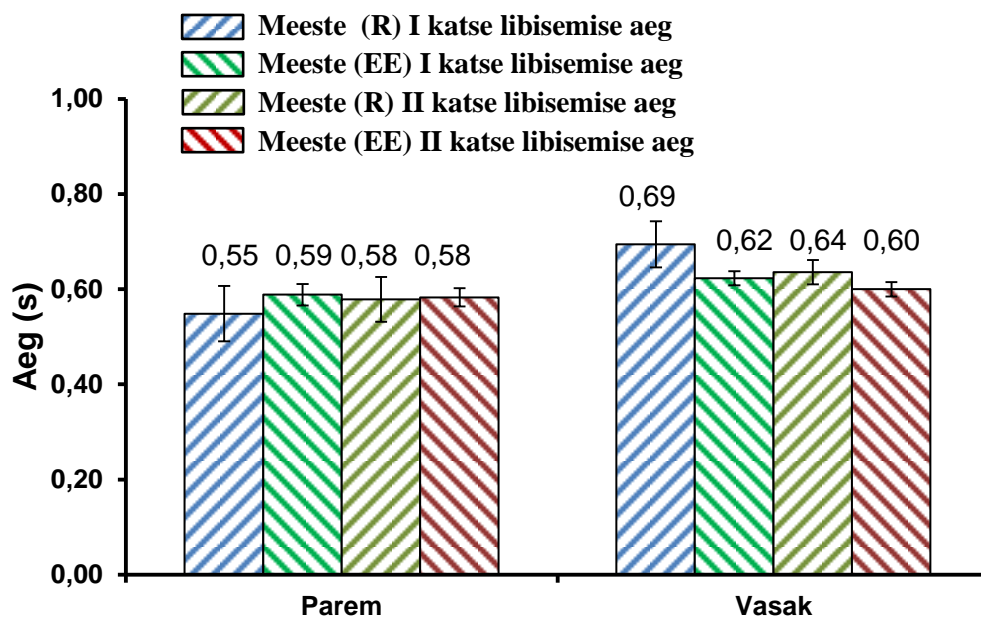
Valikusse osutasid kõik Eesti suusatajad, kes osalesid võistlustel ning välismaalased, kes alustasid stardiprotokollis esimese 30 seas.

3.4. Statistiline analüüs

Vaatlusaluste hindamise tulemusena saadud andmete töötlemiseks kasutati tabelitöötlusprogrammi MS Excel 2010. Arvutati kõikide saadud näitajate aritmeetiline keskmine (\bar{X}), standardhälve ($\pm SD$) ja standardviga ($\pm SE$). Näitajate erinevuse olulisuse kontrolliks nimetatud gruppide vahel kasutati sõltumatute tunnuste Studenti t-testi. Andmete normaaljaotust võrreldi Shapiro-Wilksi testiga ($p \geq 0,05$). Tunnuste vaheliste seoste hindamiseks leiti Pearsoni lineaarsed korrelatsioonikordajad. Madalamaks olulisuse nivooks valiti $p < 0,05$.

4. TÖÖ TULEMUSED

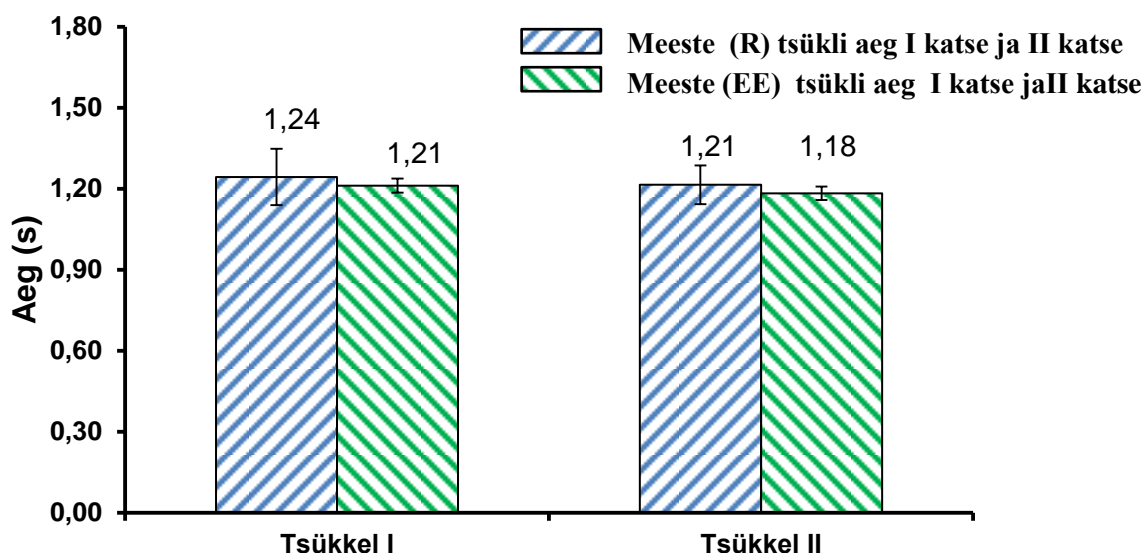
4.1. Uisusõiduviisi V1 näitajate võrdlus mees murdmaasuusatajate vahel



Joonis 6. Mees murdmaasuusatajate uisusõiduviisi V1 I ja II katse jala libisemise ajad.

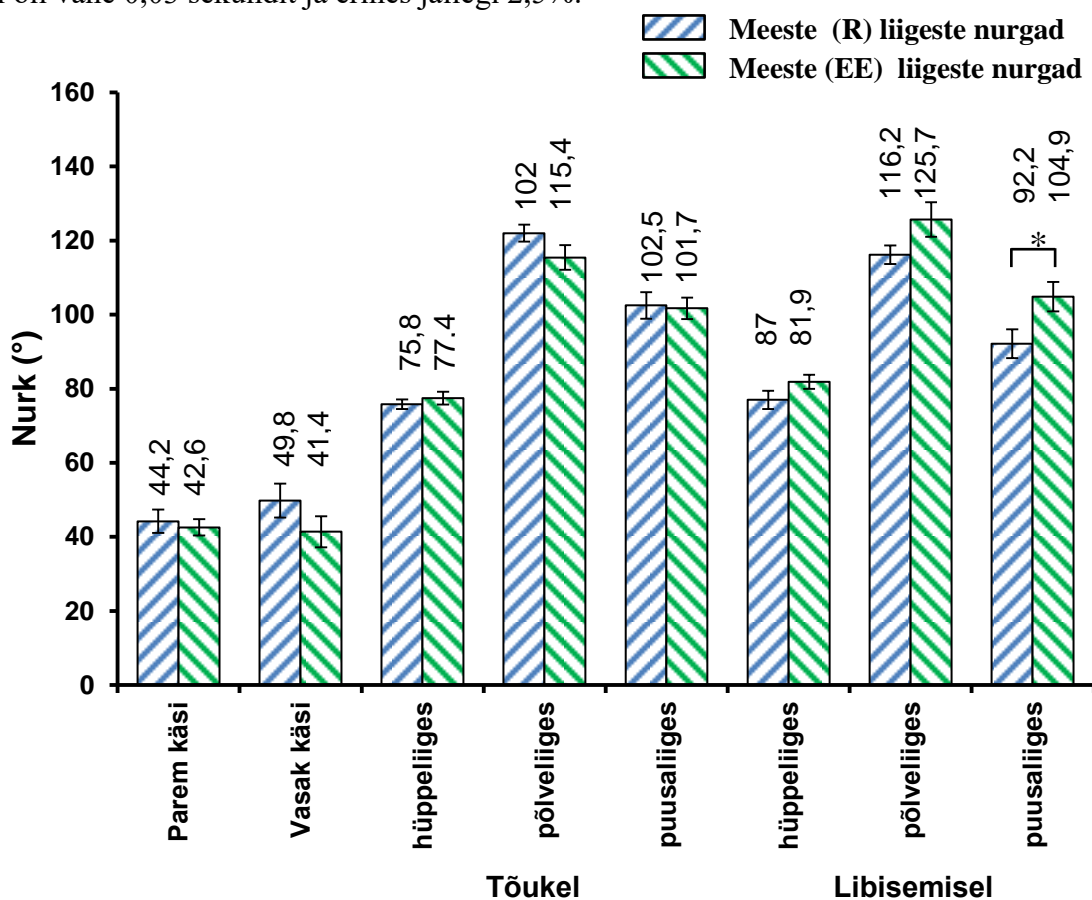
($\bar{X} \pm SE$). R – välismaa murdmaasuusatajad (n=6), EE – Eesti murdmaasuusatajad (n=6).

Uisusõiduviisi V1 I ja II katse nii parema kui vasaku jala libisemisfaaside ajad on kujutatud joonisel 6. Tulemustest selgus, et parema jala tõukel on mõlemal rühmal sarnaselt lühike libisemise aeg, kuid vasaku jala tõukel tulid sisse erinevused. I katsel olid välismaa meestel libisemisfaasid 0,07 sekundit ja II katsel 0,04 sekundit pikemad Eesti meestest. See teeb vasakul jala tõukel 10,1% ning 6,25% erinevuse libisemisfaaside vahel.



Joonis 7. Mees murdmaasuusatajate uisusõiduviisi V1 I ja II katse tsüklite ajalised kestvused. ($\bar{X} \pm SE$). R – välismaa murdmaasuusatajad (n=6), EE – Eesti murdmaasuusatajad (n=6).

Välismaiste murdmaasuusatajate ning Eesti meeste I ja II katse tsüklite ajaline kestvus on kujutatud joonisel 7. I katsel oli meestel tsükli vahe 0,03 sekundit, mis erines 2,5% ning teisel katsel oli vahe 0,03 sekundit ja erines jällegi 2,5%.



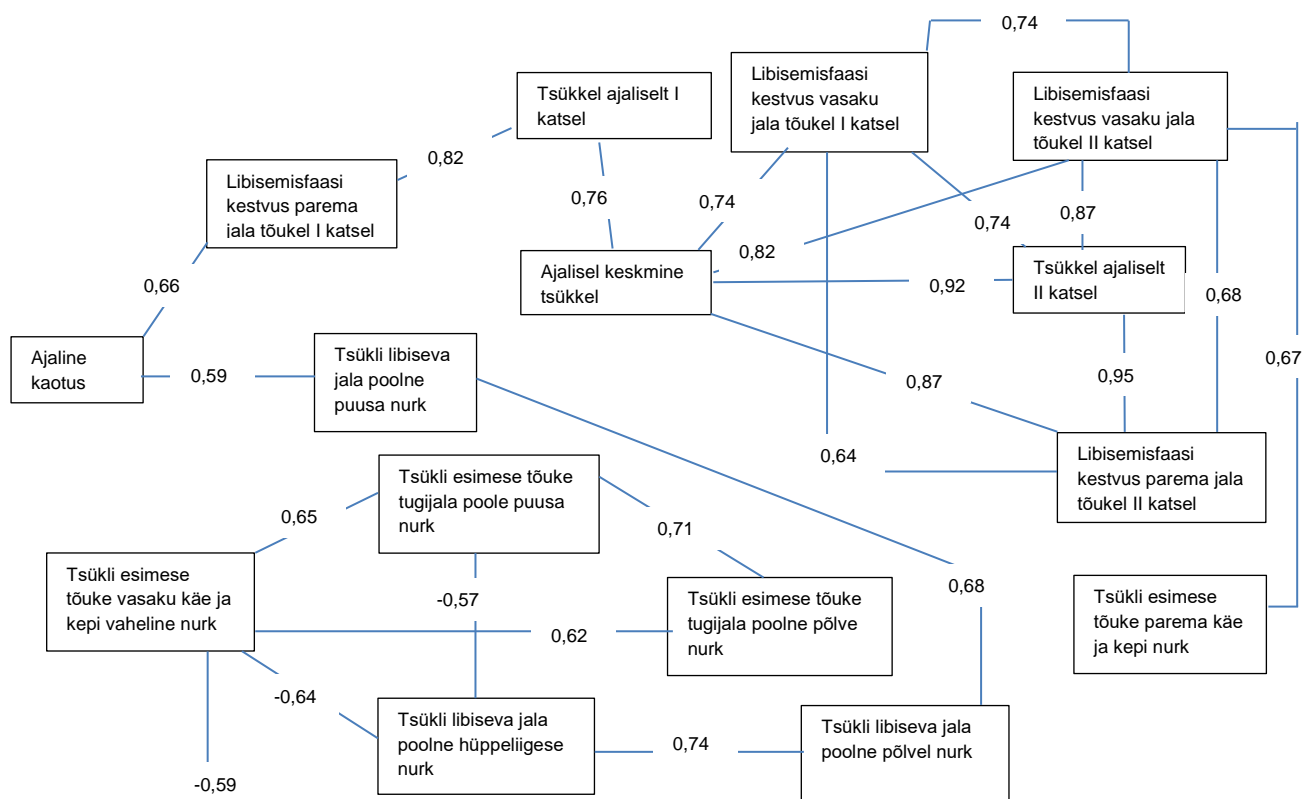
Joonis 8. Mees murdmaasuusatajate uisusõiduviisi VI nurgad suusakepi ja käe vahel ning vastavad liigesenurgad. ($\bar{X} \pm SE$). R – välismaa murdmaasuusatajad (n=6), EE – Eesti murdmaasuusatajad (n=6). * p<0,05.

Uisusõiduviisi V1 liigesenurkade võrdlus ühe tsükli jooksul on kujutatud joonisel 8. Väga suur erinevus tekkis vasaku jala poolse puusaliigese nurga vahel, kus $12,7^\circ$ oli eestlaste puusa nurk suurem. Samuti libiseva jala põlveliigese nurk oli $9,5^\circ$ suurem. Teiste liigesenurkade suurused olid üpris sarnased.

4.2. Meessuusatajate uisusõiduviisi V1 näitajate korrelatiivsed seosed

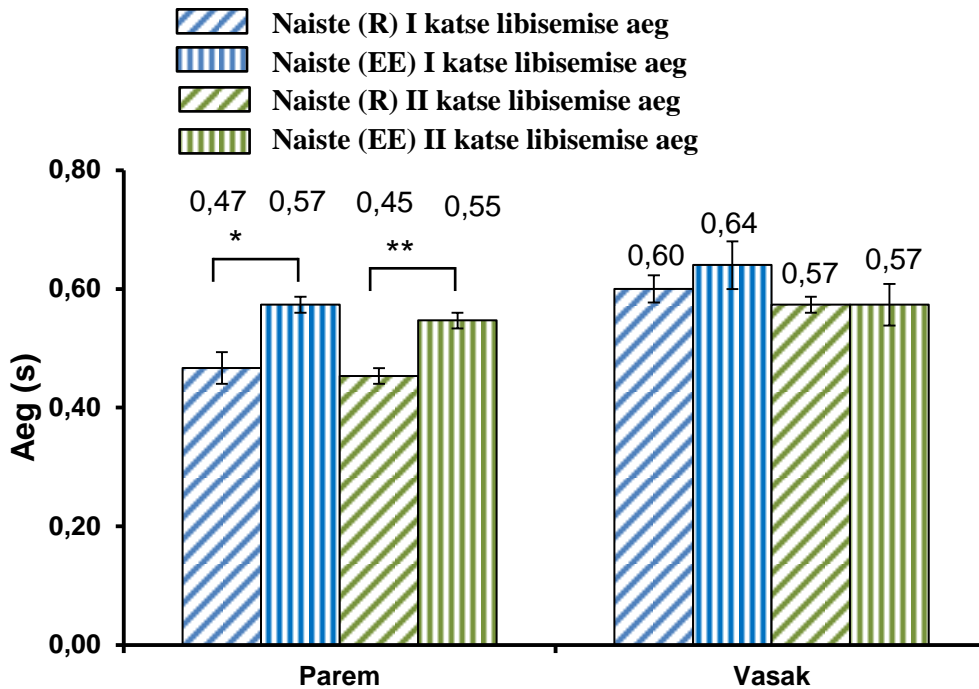
Joonisel 9 on välja toodud meessuusatajate olulised korrelatiivsed seosed vaadeldud näitajate vahel.

Mees murdmaasuusatajatel korreleerusid väga tugevalt uisusõiduviisil V1 libisemisfaasi kestvused paremal ning vasakul jalal kogu tsükli kestvusega I ja II katsel, mis oli nivool $p < 0,001$. Ajaline kaotus oli nõrga statistilise korrelatsiooniga ($p < 0,05$) tsükli libiseva jala poolse puusaliigese nurgaga ning libisemisfaasi kestvusega. Tsükli esimese tõuke vasaku käe ja kepi vaheline nurk korreleerus nõrgalt tsükli libiseva jala poolsete hüppe -, ning põlveliigese nurkadega kui ka tsükli tõuke poolse puusaliigese nurgaga, mis oli nivool $p < 0,05$.



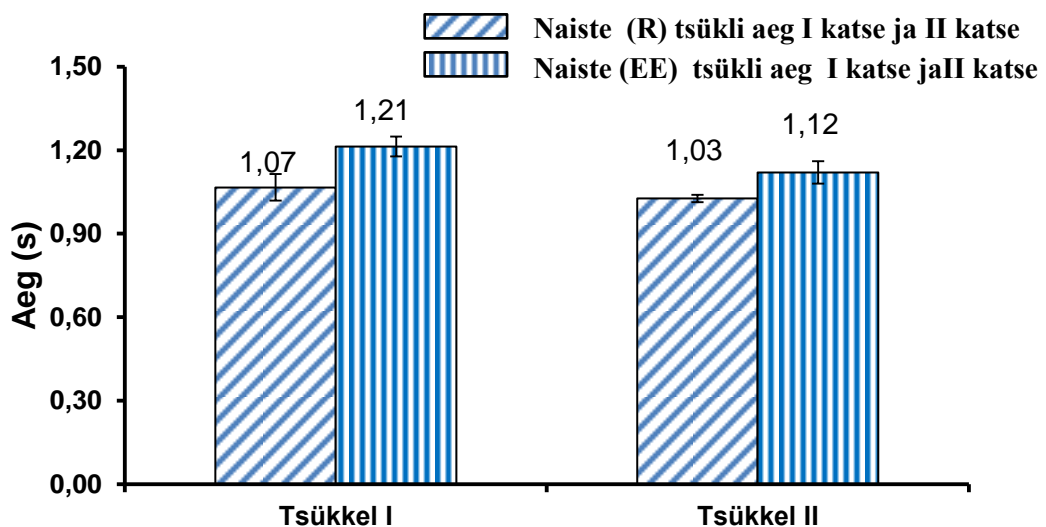
Joonis 9. Eesti mees murdmaasuusatajate ja välismaa mees murdmaasuusatajate mõõdetud näitajate omavahelised korrelatiivsed seosed. $|r_{xy}| \geq 0,59$.

4.3. Uisusõiduviisi V1 näitajate võrdlus nais murdmaasuusatajate vahel



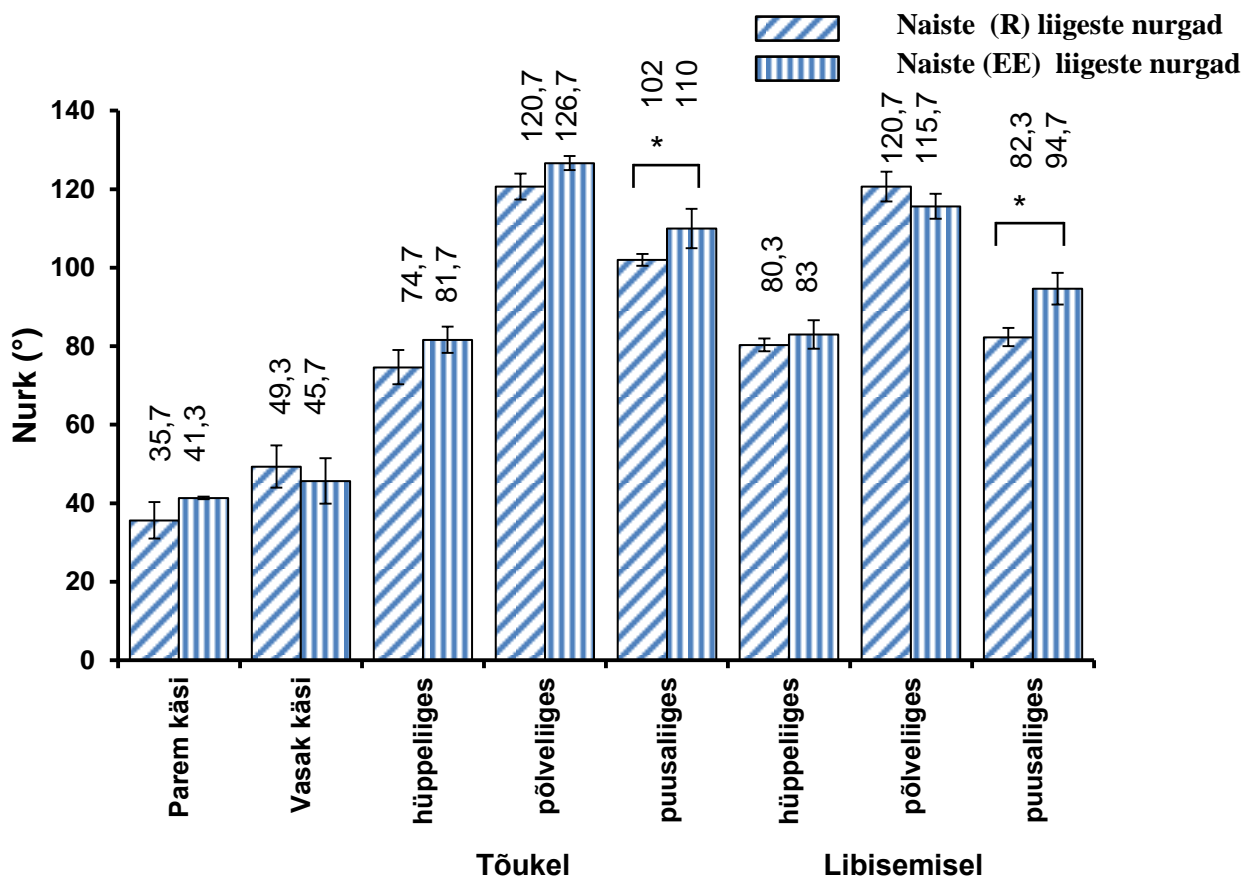
Joonis 10. Eesti naiste ning rahvusvaheliste naiste I ja II katse jalal libisemise ajad. ($\bar{X} \pm SE$). R – välismaa murdmaasuusatajad (n=3), EE – Eesti murdmaasuusatajad (n=3). * p<0,05, ** p<0,01.

Paaristõukeline kahesammulise uisusõiduviisi parema ning vasaku jala libisemisfaasid on toodud välja joonisel 10. Sealt nähtub, et I ja II katsel on libisemisfaasid välismaa suusatajatel lühemad. Vasakul jalal võrreldes paremaga olid libisemisfaasi pikad ja üksteisega sarnasemad. I katsel ainult 0,04 sekundit ja II katsel puudus erinevus. Paremjal jalal mõlemal katsel olid eestlastel libisemisfaasid 0,10 sekundit pikemad.



Joonis 11. Eesti naiste ning välismaa naiste uisusõiduviisi V1 I ja II katse tsüklite kestvus. ($\bar{X} \pm SE$). R – välismaa murdmaasuusatajad (n=3), EE – Eesti murdmaasuusatajad (n=3).

Joonisel 11 on kujutatud tsükli kogu ajalise kestvust nii I ja II katsel. Eesti naistel kulub uisusõiduviiisil V1 kauem aega ühe tsükli soorituseks. Esimese tsükli vahe oli 13,1% ning teisel tsükli 8,3%.

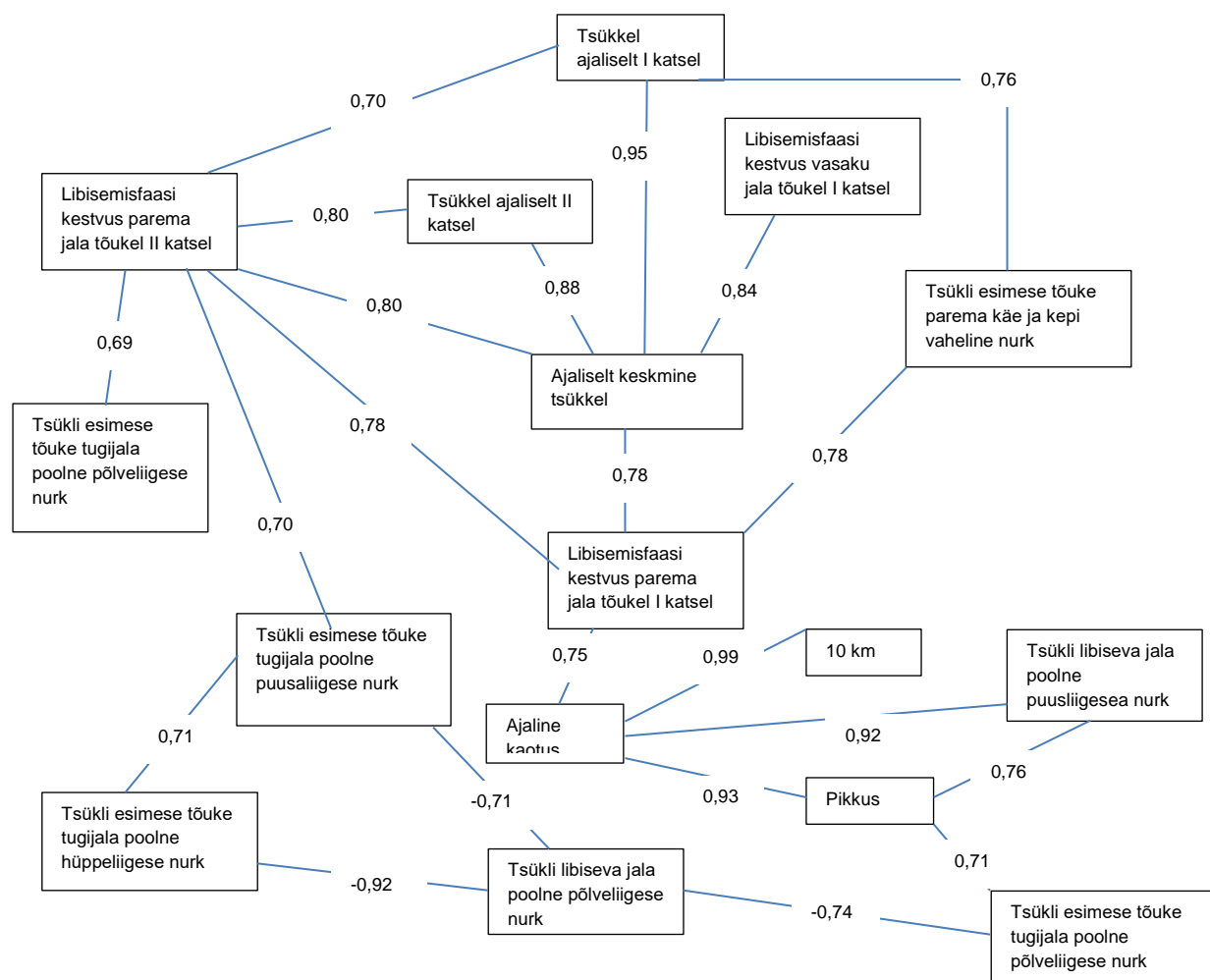


Joonis 12. Nais murdmaasuusatajate uisusõiduviiisil V1 nurgad suusakepi ja käe vahel ning vastavad liigesenurgad. ($\bar{X} \pm SE$). R – välismaa murdmaasuusatajad (n=3), EE – Eesti murdmaasuusatajad (n=3). * p<0,05

Naissuusatajate uisusõiduviiisil V1 erinevate nurkade võrdlus on kujutatud joonisel 12. Enamik liigeste nurkasid on Eesti naistel suuremad. Kõige suurem erinevus osutus vasaku jala poolsele libiseva puusaliigese nurgale, mis oli 12,3° suurem eestlastel. Samuti oli nurkades erinevusi parema jala tõuke hüppeliigesel 7°, põlveliigesel 6° ning puusaliigesel 8°.

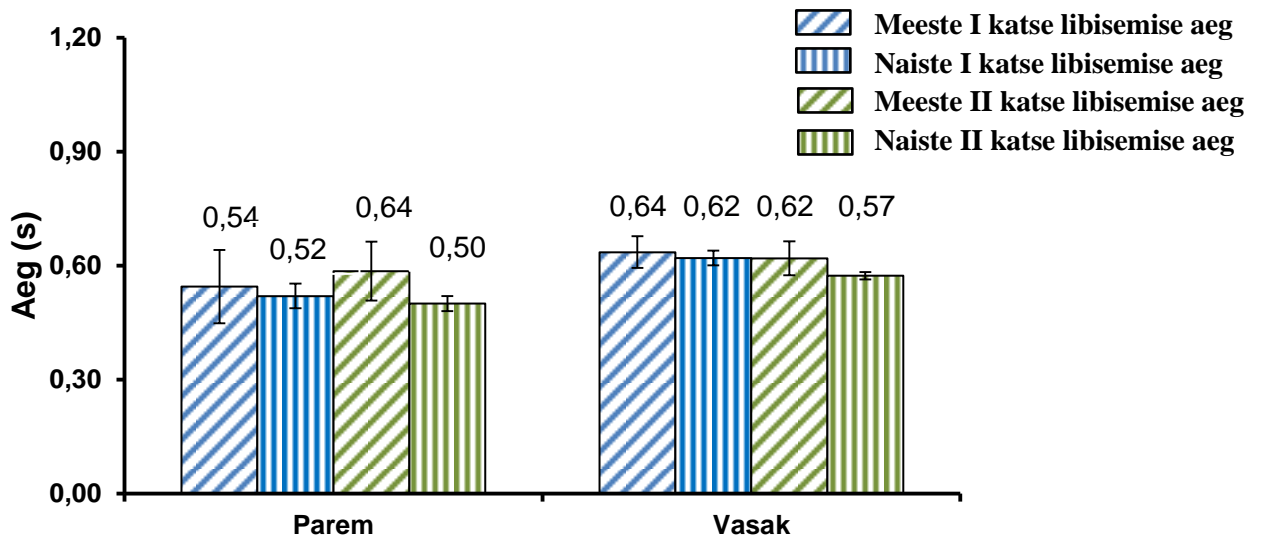
4.4. Naissuusatajate uisusõiduviisi V1 näitajate korrelatiivsed seosed

Naissuusatajate V1 uisusõiduviisis leiti mitmeid statistiliselt olulisi seoseid (joonis 13). Uisusõiduviisi V1 Libisemisfaasi kestvused korreleerusid kogu tsükli kestvusega nii I kui II katsel ($p < 0,05$) kui ka ajaliselt keskmise tsükliga ($p < 0,05$). Ajaline kaotus on tugeva korrelatsiooniga tsükli libiseva jala poolse puusa nurgaga, mis oli olulisuse nivool $p < 0,01$. Tsükli esimese tõuke tugijala poolse puusa – ($p < 0,05$), ja hüppeliigese nurk ($p < 0,01$) on statistiliselt korrelatsioonis tsükli libiseva jala poolse põlveliigese nurgaga.



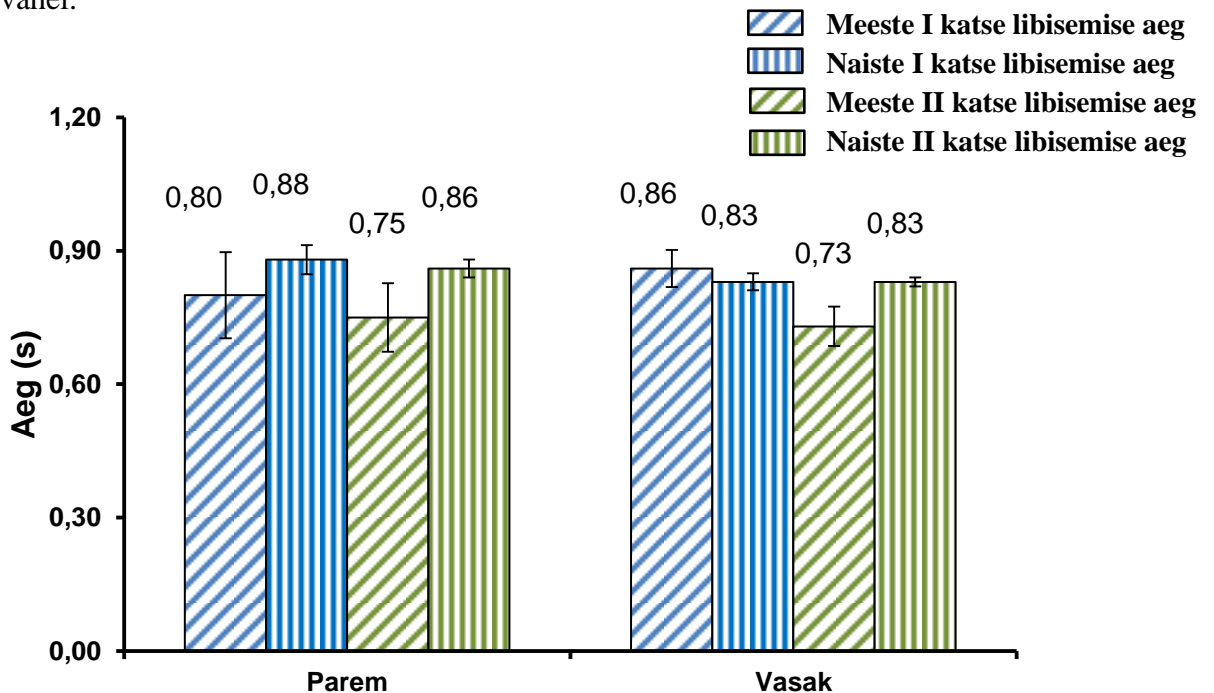
Joonis 13. Eesti nais murdmaasuusatajate ja välismaa nais murdmaasuusatajate mõõdetud näitajate omavahelised korrelatiivsed seosed. . $|r_{xy}| \geq 0,69$.

4.5. Uisusõiduviiisi V1 ja V2 näitajate võrdlus mees ja nais murdmaasuusatajate vahel



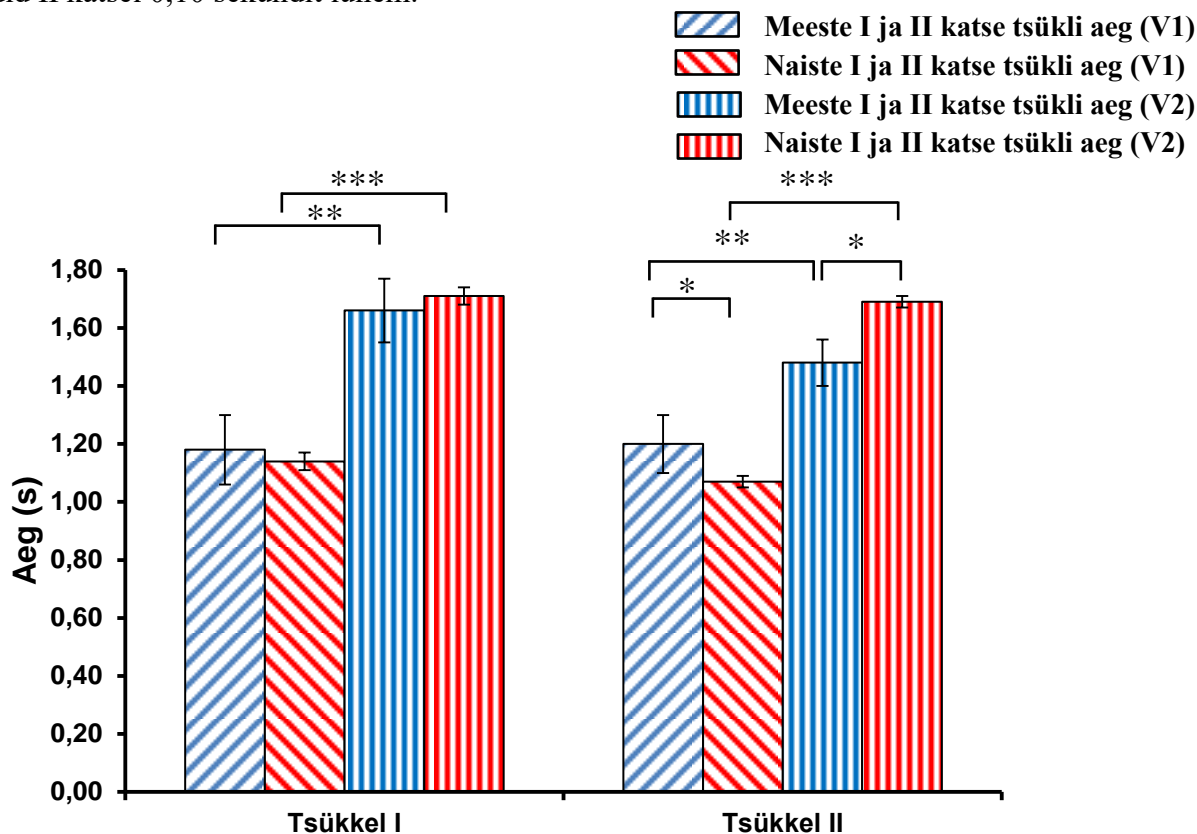
Joonis 14. Uisusõiduviiisi V1 meeste (n=12) ja naiste (n=6) I ja II katse libisemisfaaside ajad. ($\bar{X} \pm SE$).

Uisusõiduviiisi V1 libisemisfaaside meeste ja naiste näitajad on kujutatud joonisel 14. Libisemisfaaside aegadest leidub, et mõlemad libisevad paremal jalal lühemat aega. Naised omakorda meestest libisevad veel lühemalt. Meeste ja naiste aegade vahe tuli paremal jalal I katsel 0,02 sekundit ning II katsel 0,14 sekundit. Vasakul jalal tõuked olid suhteliselt sarnased omavahel.



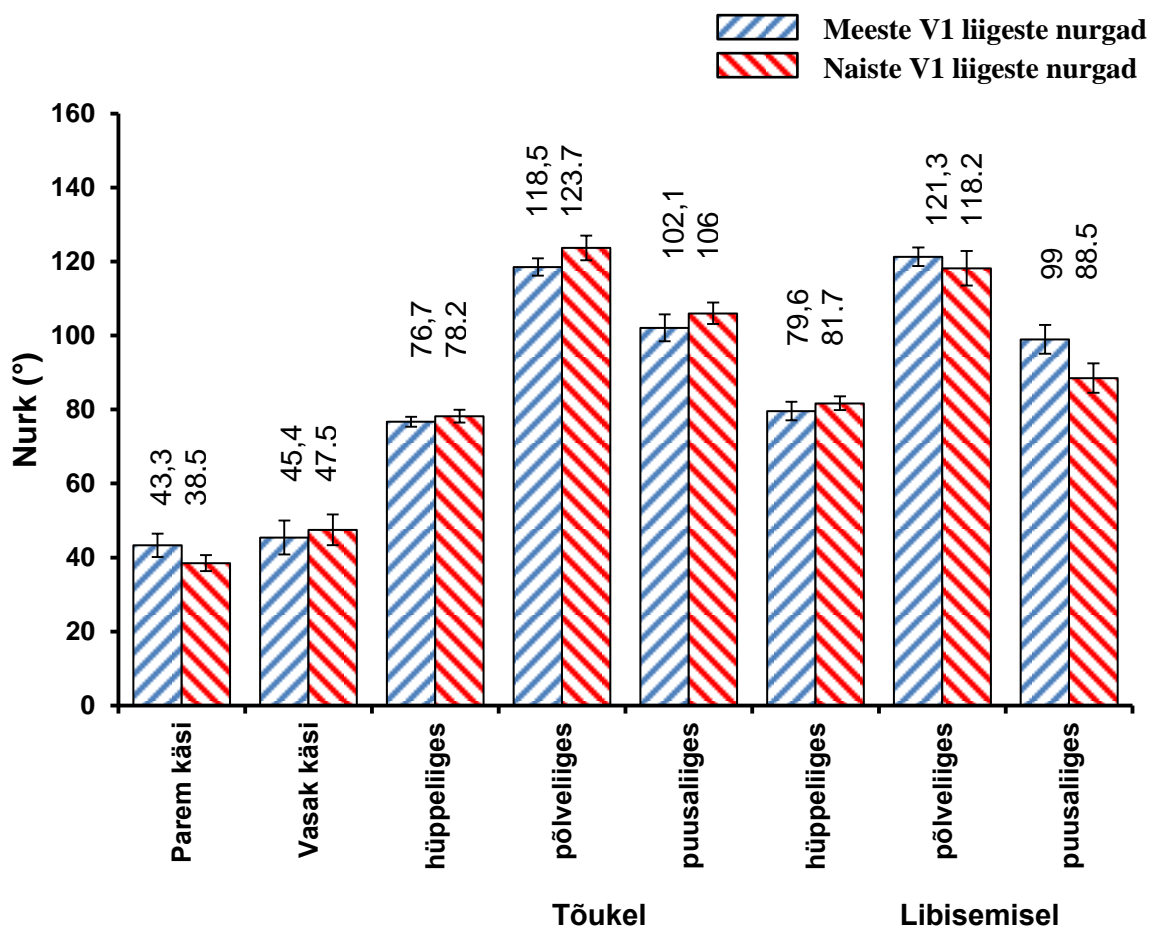
Joonis 15. Uisusõiduviiisi V2 meeste (n=12) ja naiste (n=6) I ja II katse libisemisfaaside ajad. ($\bar{X} \pm SE$).

Joonisel 15 võrreldi meeste ning naiste I ja II katse parema ning vasaku jala libisemisfaasi aegasid. Tulemustest selgus, et naiste libisemisfaasi ajad on pikemad võrreldes meestega. Parema jala libisemisfaas oli naistel I katsel 0,08 sekundit pikem ning II katsel 0,11 sekundit pikem. Vasaku jala libisemisfaas seevastu oli meestel I katsel 0,03 sekundit pikem, kuid II katsel 0,10 sekundit lühem.



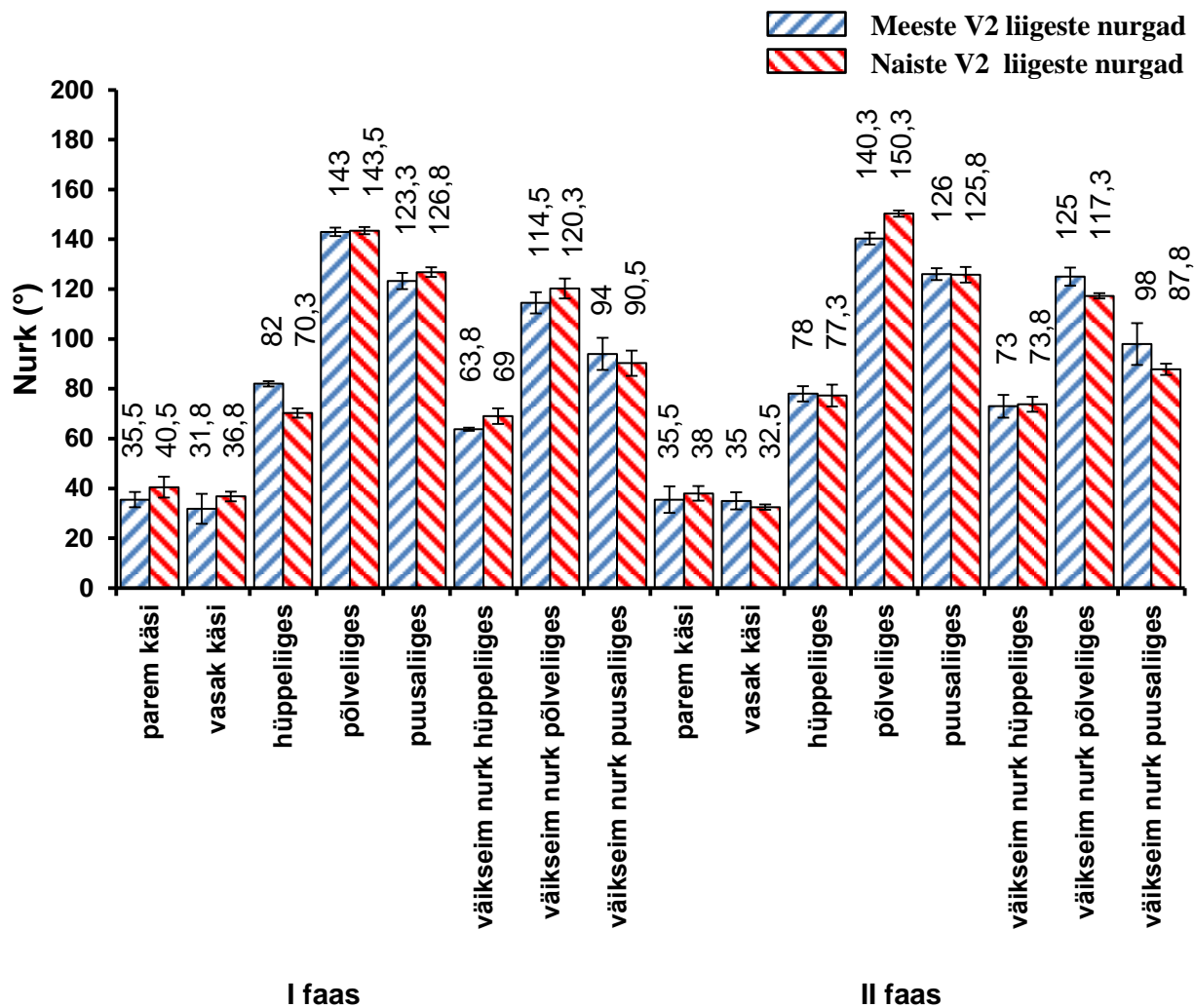
Joonis 16. Mees (n=16) ja nais (n=11) murdmaasuusatajate uisusõiduviiside V1ja V2 I ja II katse tsüklite kestvuse ajad. ($\bar{X} \pm SE$). * p<0,05, ** p<0,01, *** p<0,001.

Mees ja nais murdmaasuusatajate uisusõiduviiside V1 ning V2 tsüklite keskuse ajad on kujutatud joonisel 16. Meeste kui ka naiste uisusõiduviisi V1 korral oli tsüklite kestus oluliselt lühem võrreldes uisusõiduviisiga V2. Teise tsükli korral oli uisusõidustiilide V1 ja V2 tsükli ajaline kestus meeste ja naiste vastavate näitajate vahel oluliselt erinev, mis jällegi tingis V1 tsükli kestvuse lühema võrreldes V2-st.



Joonis 17. Meeste (n=12) ja naiste (n=6) uisusõiduviisi V1 nurgad suusakepi ja käe vahel ning vastavad liigesenurgad. ($\bar{X} \pm SE$).

Uisusõiduviisi V1 meeste ning naiste liigesenurgad on kujutatud joonisel 17. Väga suuri erinevusi ei ole kui ainult vasaku libiseva jala poolisel puusaliigese nurgal, mis on meestel 10,5° suurem.

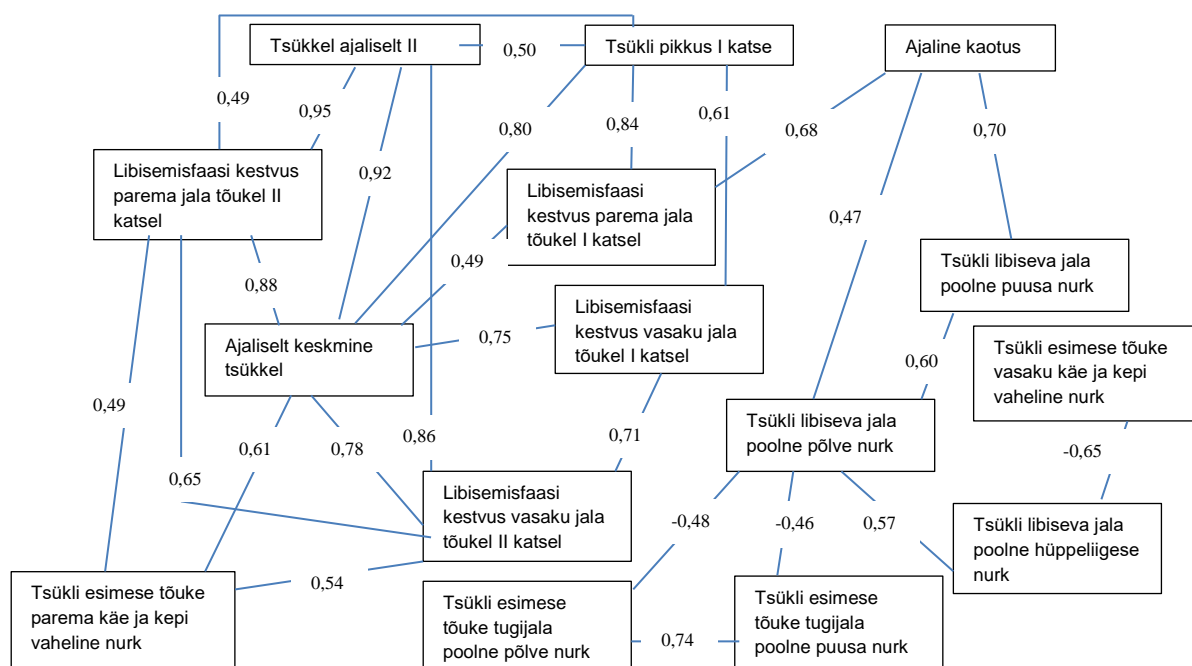


Joonis 18. Meeste (n=4) ja naiste (n=5) uisusõiduviisi V2 nurgad suusakepi ja käe vahel ning vastavad liigesenurgad I faasis (keha paremal pool) ja II faasis (keha vasakul pool). ($\bar{X} \pm SE$).

Murdmaasuusatajate naiste ning meeste liigesenurgad on välja toodud joonisel 18. Tulemustest selgus, et väga suuri erinevusi liigete vahelistel nurkadel jällegi ei ole. Naistel II faasi keha paremal pool põlveliigese nurk oli 10° suurem. Samas meestel oli II faasi kõige väiksem puusaliigese nurk 10,2° suurem naistest.

4.6. Meeste ja naiste uisusõiduviisi V1 korrelatiivsete näitajate seosed

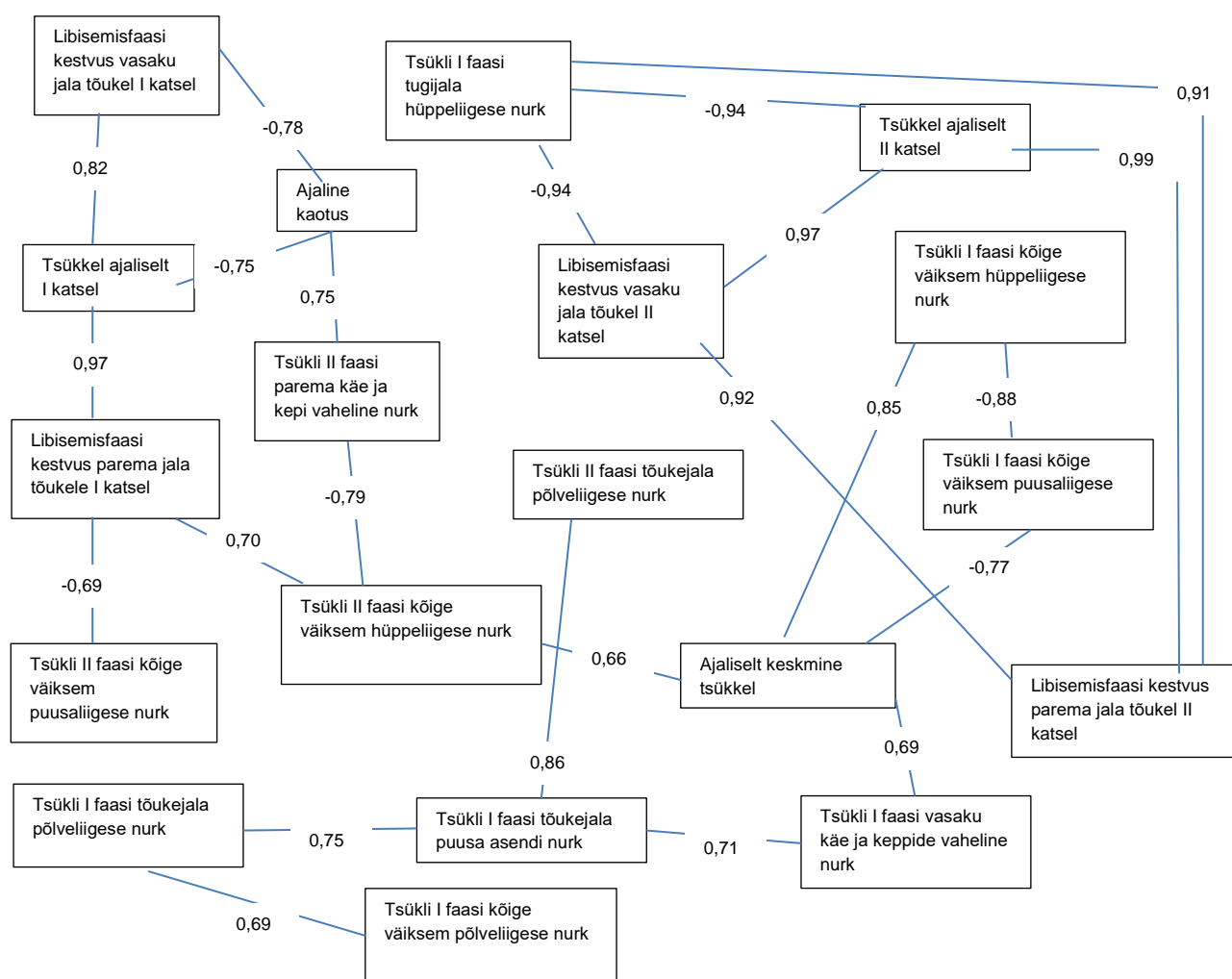
Olulisi korrelatiivseid seoseid uisusõiduviisil V1 (joonis 19) sai leitud mees -, ning naissuusatajate vahel. Meeste ja naiste vahel väga tugeva olulise korrelatsiooniga olid libisemisfaasi kestvused kogu vastava tsükli kestvustega, mis oli olulisuse nivool $p < 0,001$. Ajaline kaotus korreleerus tsükli libiseva jala poolse puusa nurgaga ($p < 0,05$) ning libiseva jala poolse puusa nurgaga ($p < 0,001$). Tsükli libiseva jala poolne põlveliigese nurk oli statistiliselt oluliselt seotud tsükli esimese tõuke tugijala poolse puusa -, ja põlveliigese nurgaga ($p < 0,05$) ning tsükli libiseva jala poolse hüppeliigese nurgaga ($p < 0,01$).



Joonis 19. Mees ning nais murdmaasuusatajate V1 uisusõiduviisi mõõdetud näitajate omavahelised korrelatiivsed seosed. $|r_{xy}| \geq 0,45$.

4.7. Meeste ja naiste uisusõiduviiisi V2 korrelatiivsete näitajate seosed

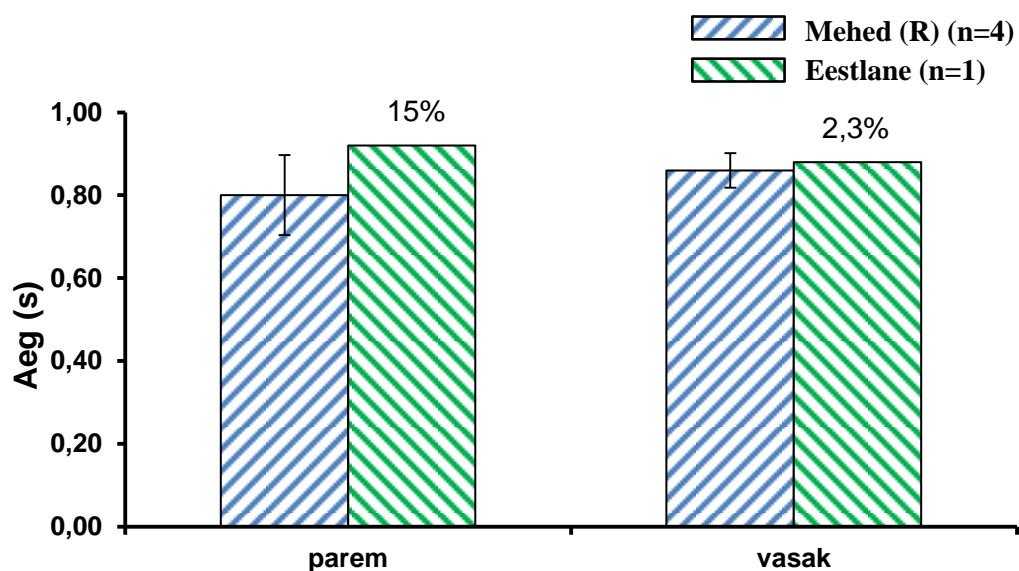
Väga tugevad statistilised seosed on leitud mitmete tunnuste vahel uisusõiduviiisis V2. (joonis 20). Meestel kui naistel väga tugevalt korreleerus libisemisfaaside kestvused paremal ning vasakul jalal kogu tsükli kestvustega, mis oli olulisuse nivool $p < 0,001$. Ajaline kaotus oli samuti statistiliselt seotud libisemisfaasi kestvusega ning tsükli kogu kestvusega ($p < 0,05$). Väga tugev korrelatsioon oli veel tsükli I faasi kõige väiksema puusaliigese nurga ning tsükli I faasi kõige väiksema hüppeliigese nurga vahel ($p < 0,001$). Samuti tsükli I faasi tõukejala põlveliigese nurk korreleerus tsükli I faasi puusaliigese nurga ning kõige väiksema põlveliigese nurgaga, mis oli statistiliselt olulisuse nivool $p < 0,05$.



Joonis 20. Mees ja nais murdmaasuusatajate uisusõiduviiisi V2 mõõdetud näitajate omavahelised korrelatiivsed seosed. $|r_{xy}| \geq 0,66$.

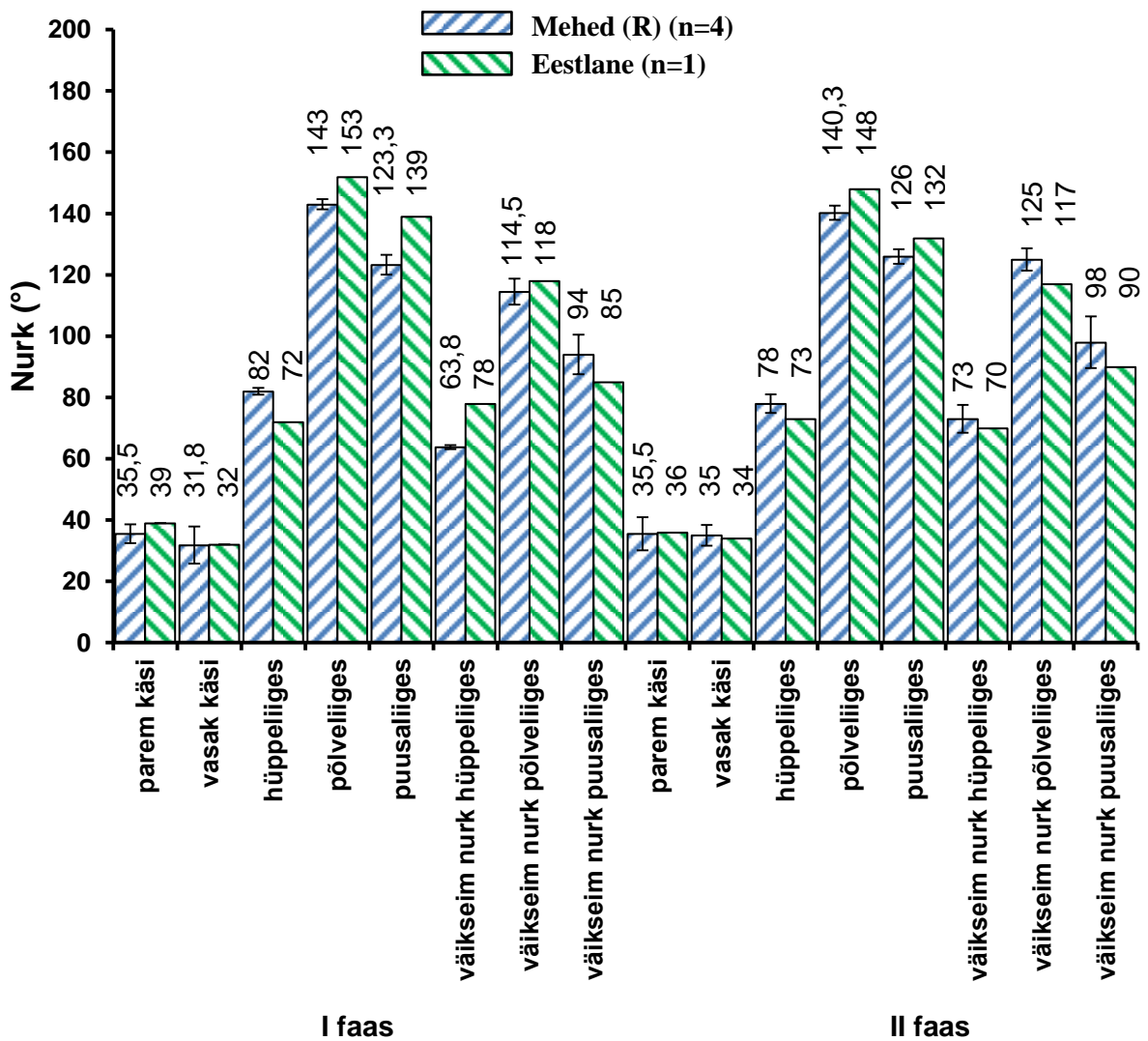
4.8. Uisusõiduviisi V2 näitajate võrdlus mees murdmaasuusatajate vahel

Lisaks eelnevatele gruppidele toon välja töö andmetes, et uisusõiduviisi V2 sõitis ainult üks Eesti sportlane, keda saab võrrelda väismaa murdmaasuusatajatega. Tulemused on välja toodud sportlase treeneri jaoks, et viimane saaks faktidest abi tehnika õpetamisel tulevikus.



Joonis 21. Mees murdmaasuusatajate parema ja vasaku jala libisemisfaaside ajad. Võrdluses oli ainult üks eestlane ning standardviga puudub. ($\bar{X} \pm SE$). R – väismaa murdmaasuusataja.

Parema ja vasaku jala libisemisfaaside ajad on välja toodud joonisel 21. Jooniselt nähtub, et eestlase libiseva jala ajad on pikemad võrreldes väismaa suusatajatega. Parema jala libisemisaeg on 0,12 sekundit pikem ning vasak jalg 0,02 sekundit pikem. Üldiselt kui eestlasel kulus ühe tsükli tegemiseks 1,8 sekundit, siis väismaa suusatajatel 1,66 sekundit.



Joonis 22. Mees murdmaasuusatajate uisusõiduviisi V2 nurgad suusakepi ja käe vahel ning vastavad liigesenurgad I faasis (keha paremal poolel) ja II faasis (keha vasakul poolel). Võrdluses oli ainult üks eestlane ning standardviga puudub. ($\bar{X} \pm SE$). R – välismaa murdmaasuusataja.

Liigesenurkade erinevused välismaa murdmaasuusatajate ning eestlase vahel on välja toodud joonisel 22. Tulemustes väiksemaid nurki on rohkem välismaalastel võrreldes eestlasega. Nii I kui II faasis on põlveliigese nurgad eestlasel suuremad 10° ja $7,8^\circ$ võrra. Vastupidiselt hüppeliigese nurk I ja II faasis, kaasaarvatud viimase kõige väiksemas asendis, oli eestlasel väiksem (10° , 5° , 3°) võrreldes välismaalaste keskmiste nurkade tulemustest. Seevastu mõlema faasi alguses oli puusaliiges $15,8^\circ$ ning 6° väiksem välismaa suusatajatel, kuid kõige väiksemas asendis oli puusaliiges 9° ja 8° suurema nurgaga. I faasi kõige väiksemas asendis oli põlveliiges $3,5^\circ$ ning hüppeliiges $14,3^\circ$ suurem eestlasel võrreldes välismaa suusatajatega. Suusakeppide ja käe vahelised nurgad olid mõlemal suhteliselt sarnased ning olulist erinevust need ei too.

5. ARUTELU

Käesoleva magistritöö eesmärgiks oli selgitada Eesti murdmaasuusatajate uisusõiduviiside V1 ja V2 tehnilise võimekuse iseärasusi võrreldes edukamate riikide murdmaasuusatajatega kinemaatiliste karakteristikute baasil. Uuritavaid oli kokku 27. Neist 11 naissoost ning 16 meessoost.

5.1. Uisusõiduviiside V1 ja V2 tsüklite kestvuste näitajate võrdlus

Eelnevalt on Andersson et al. (2010) artiklis juttu olnud tsüklite kestvustest suusatajate vahel. Peamised sõiduviisid mida tõusul kasutati olid uisusõiduviisid V1 ja V2. Esimesel tõusul kasutati uisusõiduviisi V1, mille tsükli kestvus oli 0,87 sek ning teisel ringil 1,01 sek. Samas uisusõiduviisi V2 kasutades olid tsüklid ajaliselt 1,15 sek ning 1,59 sek (Andersson et al., 2010). Tsükli aegadega on Myklebust et al. (2014) tegelenud uuringuga, kus on samuti meessuusatajatel uisusõiduviis V2 tsükli ajad olnud pikemad võrreldes V1-ga (1,92 sek vs. 1,39 sek) (Myklebust et al., 2014). Sandbakk et al. (2012) kirjeldas uuringus samuti V2 nii meeste kui naiste erinevaid tsüklite kestvuseid. Meeste näitaja oli 1,96 sekundit ning naistel 1,57 sek. Nähtub, et meestel kulus ühe tsükli tegemiseks kauem aega. Selle kompenseerimiseks selgitati, et oluline on ülakeha jõud ning vastupidavus võistluslikus sooritusel. Mehed jõudsid kõrgematele kiirustele võrreldes naistega, mistõttu olid neil sooritusel paremad tulemused (Sandbakk et al., 2012).

Käesolevas uuringus ühtivad tulemused artiklitega ning Millet et al. (2003) oli jõudnud järeldusele, et uisusõiduviis V1 on tsükliliselt lühem võrreldes V2-st. Need kiiruslikud variatsioonid on erinevad, mis tõstatasid ökonoomsuse küsimuse (Millet et al., 2003). Välismaa naiste tsüklite kestvused V1 uisusõiduviisil olid kõige ligilähedasemad I ja II katsel (1,07 ning 1,03 sekundit) ja meestel (1,33 ning 1,28 sekundit). Eesti naistel olid vastavalt ajad 1,21 ja 1,12 sekundit ning meestel 1,21 ja 1,18 sekundit. Saab järeldada, et rahvusvahelistest suusatajatest antud uisusõiduviisil panevad naised rohkem rõhku sagedusele, et säilitada õig rütm tõusul, kuivõrd panna rõhku pikemale libisemisele. Mehed samas panustavad võimsamale keppidega tõugetele ning pikematele libisemisfaasidele, mis annab parema edumaa distantsil ning võimet säilitada suutem kiirus. Hetkel on eestlaste ajad väga keskpäraste näitajatega, et naised peaksid enda tsüklite sagedust tõstma, et konkurentsipüsida ning mehed hoopiski enda tsüklite ajalist kestvust pikendada. Eestlased suusatavad uisusõiduviisi V1 vähem ökonoomsemalt kui rahvusvahelised murdmaasuusatajad, kus

eestlased suusatavad ainult V1-te pikemate tsükli kestvus aegadega, kuid ei suuda säilitada rütmi tõusul ja kaotavad distantsil aega.

Uisusõiduviisi V2 ajad olid väga erinevad, kuid sinna vahemikku mahtusid just käesoleva uuringu ajad. Huvitav leid oli, et seekordses uuringus uisusõiduviisil V2 olid meeste tsüklite kestvused lühemad võrreldes naistega, mis võib põhjustatud olla väikese tõusu kaldenurgast. Sagaduse kasvuga langeb küll paratamatult kiirus, kuid saab oletada, et mehed kasutavad uisusõiduviisi V2 rohkem erinevatel raja reljeefidel, mis muudab lihaste töö režiimi. Võib järeldada, et suurema puusaliigese nurga korral on meestel suusatamise ajal asend kõrgem ning aega kulub omakorda vähem tõuke lõpetamiseks ja uue tsükli alustamiseks. Leirdal et al. (2013) töös on väitnud, et suusatajad tõstsid enda tsüklite sagedust kui kiirus või võimsus tõusis V2 uisusõiduviisis. Nad valisid sõidu kiiruse, mis oli efektiivne ning optimaalsuse lähedane. Uisusõiduviisil V2 ei tasu tsüklite sagedust ajaliselt väga lühikeseks viia, sest see raiskaks rohkem energiat (Leirdal et al., 2013).

Stöggl et al. (2015) uuringus mõõdeti meestel tugeva ja nõrgema jala libisemisfaaside ajad erinevatel kiirustel uisusõiduviisil V1. Tugevama jala libisemisfaasi aeg oli vahemikus 0,64-0,52 sekundit ning nõrgemal 0,71-0,51. See näitas, et mida kiirem oli sõidu kiirus, seda lühemaks läks libisemine ajaliselt. Jalgade ja käte kiire kontakt maaga, tõstis libisemisfaaside kiirust ning sellevõrra oli vaja suusatajal kompenseerida ennast liigesenurkade abil (Stöggl et al., 2015). Siin saab märkusena välja tuua, et artikli autor ei maininud, milline jalg on parem või vasak, kuid ajalised kattuvused olid sarnased, sest aegade amplituud oli suur. Seevastu naiste ajalised tulemused olid erinevad. Rahvusvaheliste naiste uisusõiduviisi V1 jalgade libisemisfaasi ajad I katsel olid 0,47 ning 0,45 sekundit, mis näitab veel lühemat tsükli aega. Vastupidiselt Eesti naistele, kelle ajad olid peaaegu võrdsed meestega saab järeldada, et mida lühem on libiseva jala aeg, seda suurematel kiirustel sõidavad suusatajad ning toimuvad tugevamad, kiiremad tõuked jalgade kui ka suusakeppidega.

5.2. Uisusõiduviiside V1 ja V2 näitajate statistilised korrelatiivsed seosed

Uuringus on Myklebust et al. (2014) väitnud, et puusatöö on tihedalt seotud suusakeppidega tõukamisel uisusõiduviisil V2. Uisusõiduviisil V1 oli puusaliiges rohkem konstantsem suusatamisel, samas V2 oli selgelt näha et puusaliigese nurk liikus sõitmise ajal. Koordinaatsiooni ning tasakaalu saavutamiseks oleks vaja kompenseerida hüppeliigest või puusaliigest. V2 ajal on puusaliigese nurk kõige suurem asendis just enne keppide maha panemist ning väikseim keppidega tõuke ajal. Energia teisele tõukele saavutatakse puusa -, ja

põlveliigese sirutamisel ning lisaks keppidega tõukamine tõstab kiirust veelgi. Suurem puusaliigese nurk enne kepitõukefaasi on eelduseks lõdvestunud lihastele puusapiirkonnas, kõrgemale tugiasendile mida oskuslikult ära kasutades saab sportlane eelise sooritada tugevam kepitõukeimpulss. Jala tõuke lõpetamine puusaliigese plahvatusliku pendel sirutusliigutusega loob eeldused sportlasele kasutada jalatõuke jõule lisaks inertsjõudu ning see saavutab suuskadel suurema edasiliikumise kiiruse. Iga kepitõukega kogutakse rohkem maad distantsi jooksul (Myklebust et al., 2014). Meeste ja naiste vahelises võrdluses uisusõiduviiisil V2 jäävad naised meestele alla jõunäitajate poolest. Eliit suustajate sooline erinevus paaristõugetel erines 17% tõusul. Selles ei mänginud rolli tsüklite ajaline kestvus kuivõrd libisetud vahemaa suuskadel, mida soodustas ülakeha (Sandbakk et al., 2014).

Vastupidiselt käesolevale uuringule statistiliselt korreleerus mees-, ning naissuusatajate vahel uisusõiduviiiside V1 ja V2 korral libisemisfaaside kestvused kogu vastava tsüklite kestvusega, millest saab järeldada, et on olulised on libisemisfaasi pikkused ning liigesenurgad. Libisemisfaasis on jalalihhas pideva pinge all, siis selle võrra sooritatakse kiiremini libiseva faasi tsükkel, et puhkuse moment tuleks kiiremini ning väiksema liigesenurga korral sooritatakse maksimaalne vetrumine puusast ja tõuge maast. Isegi kui suusataja on pikem, siis liigesenurgad tuleks võimalikult väiksed hoida, sest uisutehnikas tõuge oleks võimalikult efektiivne.

5.3. Uisusõiduviiiside V1 ja V2 liigesenurgad

Stögg et al. (2011) on kirjutanud oma uuringus, et 120° oleks põlveliigese ideaalne nurk, millega peaks toimuma jalatõuge suusal (Stöggl et al., 2011), kuid teises uuringus on välja toodud, et uisusõiduviiisi V2 I faasi alguses on suusataja põlveliigese nurk olnud maksimaalselt 160° (Stöggl et al., 2008). Göpfert et al. (2016) uuringus pidid suusatajad sõitma nii keppidega kui ka ilma keppideta ning põlveliigeses oli suurem nurk võrreldes sellega kui suusatajal oleksid kepid käes olnud (Göpfert et al., 2016). Mistõttu treeningutel ilma keppideta sõitmine soodustaks suurema allaiste ja annaks efektiivsema jalatõuke ja tõstaks sõitmisel kiirust. Leirdal et al. (2006) on oma töös märkinud, et mida madalamatel positsioonidel on suusataja jalatõuke alghetkel, seda paremad eelised saadakse pikemaks libisemisfaasiks. Samas madalam positsioon nõuab suuremat lihastööd, et säilitada keha asend. Antud uurimuses tehti katse libiseval laual, kus tuli puusa kõverdada erinevates asendites ning leiti, et mõttekam on olla rohkem allaistes, sest see treeniks rohkem jala tõuke võimsust, mistõttu suudaks suusataja libiseda pikema maa ühel jalal (Leirdal et al., 2006). Hea kontroll puusa üle soodustab parema koordineerimise liikumises. Lihased aitavad

kontrollida liigesnurki, et jalg sõidaks liikumise suunas. Alajäsemed ja puus on oluliseks indikaatoriks uisutehnikas, et puus suudaks liikuda suurema amplituudiga ning keharaskus jõuaks jalale (Suchý ja Kračmar, 2008).

Käesolevas uuringus on näha, et rahvusvaheliste naiste põlveliigese nurk on täiesti ideaalne uisusõiduviisil V1, milleks on $120,7^\circ$ ning Eesti naistel ideaali lähedane $126,7^\circ$. Samas rahvusvahelistel meestel $123,3^\circ$ ning eestlastel $115,4^\circ$, kus viimane võib muutuda juba liiga väikseks nurgaks ja ei anna efekti kogu sooritusele. Uisusõiduviisis V2 ei saadud maksimaalse nurga lähedalegi, mis antud artiklis oli mainitud. Naiste kui ka meeste keskmine tulemus nii I ja II faasi alguses jäi 140° - 150° vahele. Kuna eesmärk on sõita kiiresti kui ka ökonoomselt, siis $115,4^\circ$ või tunduda rohkem energia raiskamisena.

Lindinger et al. (2011) uurimuses on välja toodud paaristõuke liigete nurgad, mida saaks võrrelda ka uisusõiduviisi V2 ja V1-ga, sest sealgi sooritavad käed paaristõuke. Katseid oli kokku kolm, kus sooritati 40 tsüklit minutis, 60 tsüklit minutis ning 80 tsüklit minutis ehk tsüklite sagedus tõusis. Faasi alguses kui sooritati 40 tsüklit minutis, kus kepid puutusid maad oli puusa nurk 149° . 60 tsüklit minutis oli 142° ning 80 tsüklit minutis 143° . Tõuke lõpus olid puusa nurgad 116° , 119° ja 122° . Põlveliigese nurk libisemisfaasi alguses oli 160° , 155° ning 154° . Tõuke lõppu jõudmisel olid nurgad 144° , 145° ja 146° (Lindinger et al., 2011). Võrdluseks saab liigesnurki välja tuua Zoppirolli et al. (2015) uuringust, kus võrreldi kiiremaid suusatajaid nõrgematega. Tõuke alguses kiiremate suusatajate puusa nurk oli 156° ning nõrgematel 137° . Tõuke lõpus 105° ja 85° . Põlveliiges kiirematel tõuke alguses 157° ja nõrgematel 144° , kuid tõuke lõpus 144° ja 129° . Hüppeliigese nurk vastavalt 74° ja 71° ning tõuke lõpus 84° ning 79° . Kiiremad suusatajad näitasid paremat ökonoomsust liigutustegevuses pannes suusakeppe rohkem vertikaalselt vastu maad. Neil on pikem taastumisaeg tänu tsükli ajalise kestvuse pikenedamisele (Zoppirolli et al., 2015).

Käesolevas uuringus on selgelt näha, et uisusõiduviisi V2 puusaliigese nurgad jäävad 123° - 126° vahemikku, mis on väiksemad kui kirjanduses. Tõuke lõpp on võrdväärne puusaliigese kõige väiksema. Nii välismaa meestel kui naistel olid nurgad I faasil $90,5^\circ$ - 94° vahemikus, mis oli sarnane kiiremate suusatajatega. Hüppeliigese nurk jääb samuti 70° - 82° vahemikku. Samas V1 puusaliigese nurgad tõuke alguses olid väiksemad kui 140° ja sarnased uisusõiduviisile V2. Põlveliigete nurgad faaside alguses kui lõpus olid samuti väiksemad. Libisemisfaasi alguses oli V1 välismaa naissuusatajatel $120,7^\circ$ ning faasi lõpus samuti $120,7^\circ$. Võrreldes Eesti naistega, mille tulemused olid $126,7^\circ$ ja $115,7^\circ$. Välismaa meestel 102° , $116,2^\circ$ ning Eesti meestel $115,4^\circ$ ning $125,7^\circ$. Seega lisaks paaristõukelisele liigutusele käte poolt mõjutab palju ka jalaliigete liikuvus, mis muudab nurkade suurust väiksemaks. Oluline on, et suusataja suudab peale põlve -, ja puusaliigese kõverdada maksimaalselt

hüppeliigest. Aastate lõikes on näha, et tehnika muutub spetsiifilisemaks ning liigesenurkade erinevused tulevad rohkem esile.

Kehaosade ajastus võib muutuda vastavalt lume oludest, et säiliks liigutustegevus. Suusataja peab oma hüppeliigest või puusa painduvust kompenseerima põlve painduvusega, et hoida tasakaalu. Puusaliiges peab liikuma nii püstiselt üles-alla ning suunatud libiseva suusa peale (Myklebust et al., 2014). Eelmisest lõigust on tulemustest näha, et uisusõiduviisil V2 on suuremad nurgad võrreldes V1-ga.

Liigesenurkade võrdluses Sandbakk et al. (2013) uurimuses sai leitud samuti nurki kui liikumiskiirus oli 12km/h. Põlve väikseim nurk oli 131° ning suurim nurk 169°. Puusa väikseim nurk 123° ning suurim nurk 169°. Hüppeliigese väikseim nurk 72° ja suurim nurk 96°. Nagu ühes eelmises uuringus oli selgunud, et nurgad muutusid veel väiksemaks kui suusakeppe ei kasutatud sõitmisel. Suusatajad kompenseerivad kiiremate tsüklitega paremaid suusa nurki, lühemat libisemisega ja taastumisaega (Sandbakk et al., 2013).

Käesoleva uuringu puusa ning põlve nurgad ühtivad viimase uuringuga rohkem. Lisandus hüppeliigese nurk, kus uisusõiduviisil V2 oli meeste suurim nurk I faasis 82° ning väikseim nurk 63,8°. Naistel seevastu oli suurim 78° ning väikseim kõige madalamas asendis 70°. See on tegelikult ligilähedane, kuid samas väga individuaalne. Oluline, et läbi hüppeliigese paindumise suudab suusataja enda põlve viia üle varvaste suusa kohale, et jald kõverduks maksimaalselt.

Väga suure kontrastsusena saab välja tuua Smith et al. (1989) aasta töö, kus filmiti uisusõiduviisi V1 põlve nurkasid. Meeste tugevam jala pool 109,7° ning naistel 112,4°. Nõrgemal poolel meestel 108,2° ning naistel 114°. Tulemustest on näha et naised sõitsid väiksema paindega põlvest, kuid pisikese erinevuse poolest on näha, et neil on sarnased keha hoiakud (Smith et al., 1989). Tänapäeva tulemused näitavad, et sõidetakse suuremate liigesenurkadega.

Sandbakk et al. (2015) tööst saab järeldada, et mida kiirem on suusataja, siis kasvab ka keppidega tõukamisel lisaks jalgade töövõime, mis iseloomustab üla- ja alakeha liikumist uisutehnikas ning saab täielikult ära kasutada keha koordineerimist (Sandbakk et al., 2015). Hea harjutus oleks kükist üles hüpped ning jõutrenn, mis oleks potentsiaalne areng vastupidavusaladel (Stöggl et al., 2011). Soovituseks uisusõiduviisil V2 teha tugevaid keppidega tõukeid erinevatel kiirustel lühikese aja jooksul, samuti erinevate sagedustega (Göpfert et al., 2013).

Grasaas et al. (2014) on soovitanud oma uuringus, et keppidega töö ei tohiks olla suunatud küljele. Uisutehnikas on oluline, et suusataja suudaks võimalikult otse liikuda, mitte raisata energiat küljele liikumisel. Nagu eelmises uurimuses soodustab see sümmeetrilisemat

liikumist (Grasaas et al., 2014). Stöggl et al. (2015) tööst saab lisada, et uisusõiduviisi V1 oli tugevama poole suusakepp asetatud maha sirgemalt võrreldes nõrgema poolega.

Uisusõiduviisi V1 ja V2 põhjal on näha, et käed ei tõuka võrdselt ning käe ja kepi vahelised nurkade tulemused on erinevad. Välismaa nais suusatajate uisusõiduviisi V1 parema käe nurk oli 35,7° ja vasakul 49,3°. Eesti naistel 41,3° ja 45,6°. Välismaa mees suusatajatel 49° ja 49,7° ning Eesti meestel 42,6° ja 41,1°. Keppidega tõuked on seotud tsükli ajalise kestvusega, siis välismaa nais suusatajad on endale kohaselt seadnud optimaalsed nurgad, mis on võimalikult efektiivsed, et tõuget sooritada kiirest, et säilitada kiirus. Samas välismaa meestel olid tunduvalt pikemad tsükli ajad, mis omakorda nõudis suuremaid nurki, mida on kajastatud tulemustes. Eesti naistel ja meestel olid üpris keskpärased tulemused ning omakorda on nende käe ja kepi vahelised nurgad samamoodi sarnased, ainult nende jõuvahekord on erinev. Juhul kui suusakepp on asetatud maha sirgemalt, siis see on märk sellest, et suusataja on ülakeha võimsuse poolest tugevam ning suudab edukalt tõuget kiirest lõpuni viia. Samas aegalne suusataja, kes sirgemalt asetab suusakeppi maha, pigem raiskab enda energiat. Siinkohal saab järeldada, et eestlased peaksid enda nurkasid väiksemaks muuta, et suunata potentsiaalne energia tõukesse. Mikkola et al. (2010) soovitas oma uurimuses, et ülakeha treeningutel võiks tähelepanu pöörata ökonoomsusele suurtel liikumiskiirustel. Tuleks säilitada jalatõuke võimsust jõuharjutustega (Mikkola et al., 2010).

Antud magistr töö puuduseks, et mitte ükski Eesti naissuusataja ei sõitnud uisusõiduviisi V2, mida saaks võrrelda rahvusvaheliste nais suusatajatega. Samuti on väga puudulik meestel uisusõiduviisi V2, kuna ühe Eesti meessportlase osaluse korras on väga rutakas teha järeldusi läbi võrdluse.

Käesoleva uuringu tugevuseks on selle praktiline õppeiselooga väärtus murdmaasuusa treeneritele Eestis ja originaalsus- teadaolevalt pole Eestis sarnas uuringut tehtud.

6. JÄRELDUSED

1. Eesti naissuusatajate uisusõiduviisis V1 parema jala tõukel ja vasaku jala libisemisel esines oluline erinevus puusaliigese nurkades võrreldes välismaa naissuusatajatega. Eesti meessuusatajate uisusõiduviisis V1 esines vasaku jala libisemisel oluline erinevus puusaliigese nurgas võrreldes välismaa meessuusatajatega. Uisusõiduviisis V2 olulisi erinevusi liigesenurkades ei täheldatud.
2. Eesti mees- ja naissuusatajate vähenenud libiseva jala poolne puusaliigese nurk tingib lühema libisemise kestvuse, mis toob kaasa ajalise kaotuse võrreldes välismaa suusatajatega.
3. Meeste kui ka naiste uisusõiduviiside V1 korral oli tsüklite kestus oluliselt lühem võrreldes uisusõiduviisiga V2. Teise tsükli korral oli uisusõidustiilide V1 ja V2 tsükli ajaline kestus meeste ja naiste vastavate näitajate vahel oluliselt erinev, kuid esimese tsükli korral olulist erinevust ei täheldatud.
4. Mees- kui ka naissuusatajate tulemustest nähtus, et uisusõiduviisi V1 korral tagas ökonoomsuse lühem tsükli kestus ning uisusõiduviisil V2 tsükli kestuse pikenemine.
5. Meestel kui ka naistel korreleerusid oluliselt (0,66 – 0,78) uisusõiduviiside V1 ja V2 korral libisemisfaaside kestvused kogu vastava tsüklite kestvusega.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. Andresson E, Supej M, Sandbakk Ø, Sperlich B, Stöggl T, Holmberg H.-C. Analysis of sprint cross-country skiing using a differential navigation satellite system. *Eur J Appl Physiol.* 2010. 110(3):585-595
2. Grasaas E, Hegge A.M, Ettema G, Sandbakk Ø . 2014. The effects of poling on physiological, kinematic and kinetic responses in roller ski skating. *Eur J Appl Physiol.* 2014. 114. 1933-1942.
3. Göpfert C, Holmberg H.-C, Stöggl T, Müller E, Lindinger S. J. Biomechanical characteristics and speed adaptation during kick double poling on roller skis in elite cross- country skiers. *Sports biomechanics.* 2013. 12:154-174.
4. Göpfert C, Lindinger S, Ohtonen O, Rapp W, Müller E, Linnamo V. The effect on swinging the arms on muscle activation and production on leg force during ski skating at different skiing speeds. *Human movement science.* 2016. 47:209-219.
5. Kvamme B, Jakobsen V, Hetland S, Smith G. Ski skating technique and physiological responses across slopes and speed. *Eur J Appl Physiol.* 2005. 95: 205-212.
6. Leirdal S, Sandbakk Ø, Ettema G. Effects of frequency on gross efficiency and performance in roller ski skating. *Scand J Med Sci Sports.* 2013. 23: 295-302.
7. Leirdal S, Sætran L, Roeleveld K, Vereijken B, Bråten S, Løset S, Holtermann A., Ettema G. Effects of body position on slide boarding performance by cross- country skiers. *Med Sci Sports Exerc.* 2006. 8(38): 1462-1469.
8. . Lindiger S. J, Holmberg H.- C. How do elite cross- country skiers adapt to different double poling frequencies at low to high speed. *Eur J Appl Physiol.* 2011. 111: 1103-1119.
9. Losnegard T, Hallén J. Physiological differences between sprint- and distance-specialized cross-country skiers. *International journal of sports physiology and performance.* 2014. 9: 25-31.
10. Losnegard T, Schäfer D, Hallèn J. Exercise economy in skiing and running. *Frontiers in physiology.* 2014. 5:1-6.
11. Marsland F, Lyons K, Anson J, Waddington G, Macintosh C, Chapman D. Identification of cross-country skiing movement patterns using micro-sensors. *Sensors.* 2012. 12:5047-5066.

12. Mikkola J, Laaksonen M, Holmberg H.-C, Vesterinen V, Nummela A. Determinants of a simulated cross- country skiing sprint competition using V2 skating technique on roller skis. *J Strength Cond Res.* 2010. 24(4): 920-929.
13. Millet G. P, Boissiere D, Candau R. Energy cost of different skating techniques in cross country skiing. *Journal of sports sciences.* 2003. 21:3-11.
14. Moxnes, J.F, Sandbakk Ø, Hausken K. Using the power balance model to simulate cross-country skiing on varying terrain. *Journal of Sport Medicine.* 2014. 5: 89-98.
15. Myklebust H, Losnegard T, Hallén J. Differences in V1 and V2 ski skating techniques described by accelerometers. *Scand J Med Sci Sports.* 2014. 1-12.
16. Sakurai Y, Fujita Z, Ishige Y. Automatic identification of subtechniques in skating style roller skiing using inertial sensors. *Sensors.* 2016. 2-9.
17. Sandbakk Ø, Ettema G. Gender differences in the physiological responses and kinematic behaviour of elite sprint cross- ountry skiers. *Eur J Appl Physiol.* 2012. 112: 1087-1094.
18. Sandbakk Ø, Ettema G, Holmberg H.-C. Gender differences in endurance performance by elite cross- country skiers are influenced by the contribution from poling. *Scand J Med Sports.* 2014. 24:28-33.
19. Sandbakk Ø, Ettema G, Holmberg H.- C. The physiological and biomechanical contributions of poling to roller ski skating. *Eur J Appl Physiol.* 2013. 113:1979-1987.
20. Sandbakk Ø, Leirdal S, Ettema G. The physiological and biomechanical differences between double poling and G3 skating in world class cross-country skiers. *Eur J Appl Physiol.* 2015. 155:483-487.
21. Smith G. A, Nelson R. C, Feldman A, Rankinen J. L. Analysis of V1 skating technique of olympic cross- country skiers. *International journal of sport biomechanics.* 1989. 185-207.
22. Smith G, Kvamme B, Jakobsen V. Ski skating force comparison across technique and speed. *Medicine and science in sports and exercise.* 2005. 37: 468-468.
23. Stöggl T, Hébert-Losier K, Holmberg H.-C. Do anthropometrics, biomechanics and laterality explain V1 side preference in skiers. *Medicine and science in sports exercise.* 2013. 45(15): 1569-1576.
24. Stöggl T, Holmberg H.- C. Three-dimensional force and kinematic interactions in V1 skating at high speeds. *Med Sci Sports Exerc.* 2015. 47: 1232-1242.
25. Stöggl T, Müller E, Ainegren M, Holmberg H.-C. General strength and kinetics: fundamental to sprinting on cross country skiing. *Scand J Med Sci Sports.* 2011. 21: 791-803.

26. Stöggl T, Kappel W, Müller E, Lindinger S. Double-push skating versus V2 and V1 skating on uphill terrain on cross-country skiing. *Medicine and science in sports exercise*. 2010. 42(1); 187-196.
27. Stöggl T, Müller E, Lindinger S. Biomechanical comparison of the double-push technique and the conventional skate skiing technique in cross-country sprint skiing. *Journal of sport science*. 2008. 26(11): 1225-1233.
28. Stöggl T, Enqvist J, Müller E, Holmberg H.-C. Relationship between body composition, body dimensions, and peak speed in cross country sprint skiing. *Journal of sport science*. 2010. 28(2):161-169.
29. Suchý J, Kračmar B. Analysis of the kinesiology of skate skiing and roller skiing. *Ugdymas kuno kultura sportas*. 2008. 70:81-87.
30. Zoppirolli C, Pellegrini B, Bortolan L, Schena F. Energetics and biomechanics of double poling in regional and high level cross- country skiers. *Eur J Appl Physiol*. 2015. 115:969-979.

Mina Rahel Allas

(sünnikuupäev:18.12.1991)

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose Murdmaasuusatamise uisusõiduviiside V1 ja V2 kinemaatiliste karakteristikute võrdlus Eesti ja rahvusvaheliste mees- ja naissportlaste vahel võistlussituatsioonis,

mille juhendaja on Jaan Ereline

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/Tallinnas/Narvas/Pärnus/Viljandis, 15.05.2016