

TARTU ÜLIKOOL
Sporditeaduste ja füsioteraapia instituut

Kristin Valge

**TOIDU SÜSIVESIKUTE SISALDUSEGA MANIPULEERIMISE MÕJU TREENITUD
SÕUDJATE SOORITUSVÕIMELE 2000 m AJASÕIDUS SÕUDEERGOMEETRIL**

**The effect of manipulating dietary carbohydrate intake on 2000 m rowing time trial
performance in trained rowers**

Magistritöö

füsioteraapia õppekava

Juhendajad:
Professor Vahur Ööpik, PhD
Teadur Priit Purge, PhD

Tartu 2026

SISUKORD

KASUTATUD LÜHENDID	3
Töö lühiülevaade.....	4
Abstract	5
1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE.....	6
1.1. Sõudmine on olümpiaala.....	6
1.2. Sõudja saavutusvõimet mõjutavad füsioloogilised ja antropomeetrilised tegurid	6
1.2.1. Energiasüsteemid	6
1.2.2. Maksimaalne hapnikutarbimise võime ja aneroobne lävi	7
1.2.3. Südame minutimaht, hemoglobiini mass ja kopsude ventilatsioon	8
1.2.4. Kehakoostis ja mõõtmised	8
1.3. Sõudja saavutusvõimet mõjutavad toidu ja toitumisega seotud tegurid	9
1.4. Kirjanduse ülevaate kokkuvõte	10
2. UURIMISTÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED	12
3. METOODIKA	13
3.1. Uuritavad.....	13
3.2. Uuringu üldine korraldus	14
3.3. Uurimistöös kasutatud meetodid.....	15
3.3.1. Antropomeetrilised mõõtmised ja kehakoostise uuring.....	15
3.3.2. Maksimaalse hapnikutarbimise võime hindamine	15
3.3.3. Harjumuspärase toitumise analüüs ja dieedimanipulatsioonid	15
3.3.4. 2000 meetri ajasõit	16
3.3.5. Lihasjõu hindamine	16
3.4. Andmete statistiline analüüs.....	16
4. TÖÖ TULEMUSED	18
4.1. Mõõduka ja kõrge süsivesikute sisaldusega dieet.....	18
4.2. 2000 meetri ajasõit	18
4.3. Võimsus ja südame löögisagedus 2000 meetri ajasõidus	19
4.4. Laktaadi ja glükoosi kontsentratsioon veres	20
4.5. Reie nelipealihase maksimaalne isomeetiline jõud ja isokineetiline jõumoment.....	22
5. ARUTELU	23
6. JÄRELDUSED	27
KASUTATUD KIRJANDUS.....	28
Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks.....	32

KASUTATUD LÜHENDID

KSV	kõrge süsivesikute sisaldusega dieet
MSV	mõõduka süsivesikute sisaldusega dieet
RPE	tajutud pingutuse raskusaste
SLS	südame löögisagedus
VO ₂ max	maksimaalne hapnikutarbimise võime

Töö lühiülevaade:

(Toidu süsivesikute sisaldusega manipuleerimise mõju treenitud sõudjate sooritusvõimele 2000 m ajasõidus sõudeergomeetril)

Eesmärk: Käesoleva magistritöö eesmärk oli välja selgitada, kas treenitud meessõudjate toidu süsivesikute sisaldus nelja päeva vältel enne töövõime testi mõjutab nende sooritusvõimet 2000 m ajasõidus sõudeergomeetril.

Metoodika: Uuringus osales 11 meessõudjat vanuses $27,3 \pm 10,2$ a, kelle maksimaalne hapnikutarbimise võime (VO_{2max}) oli $4,54 \pm 0,40$ l/min. Iga uuritav sooritas kokku neli 2000 m ajasõitu sõudeergomeetril: enne ja pärast 4-päevast mõõduka süsivesikute sisaldisega dieeti (MSV) ning enne ja pärast kõrge süsivesikute sisaldusega dieeti (KSV). MSV sisaldas süsivesikuid keskmiselt 4,5 g/kg (grammi kehakaalu kilogrammi kohta) ja KSV 9,3 g/kg päevas. Registreeriti 2000 m läbimise aeg, distantil arendatud keskmine võimsus, südame löögisagedus (SLS) ja pingutuse subjektiivselt tajutud raskusaste (RPE). Kapillaarveres mõõdeti laktaadi ja glükoosi kontsentratsioonid enne ja pärast iga ajasõitu.

Tulemused: Pärast 4-päevast MSV ja KSV järgimist ei erinenud 2000 m läbimise aeg (vastavalt $400,6 \pm 10,8$ s ja $400,4 \pm 12,5$ s), distantil arendatud keskmine võimsus (vastavalt $349,8 \pm 29,2$ W ja $350,6 \pm 33,2$ W) RPE (vastavalt $9,5 \pm 0,5$ ja $9,5 \pm 0,7$). Samuti ei erinenud MSV ja KSV võrdluses olulisel SLS, mis oli ajasõidu vältel keskmiselt vastavalt $95,3 \pm 4,2\%$ ja $97,0 \pm 2,8\%$ uuritavate maksimaalsest SLS-ist. Laktaadi kontsentratsioon veres 2000 m ajasõidu vältel tõusis enne ja pärast MSV ühesugusel määral, kuid pärast KSV oli tõus ulatuslikum võrreldes enne KSV (vastavalt $15,76 \pm 2,10$ ja $14,71 \pm 2,34$ mmol/l; $p=0,043$). Glükoosi kontsentratsioon veres tõusis MSV korral 54% ja KSV puhul 43% võrreldes ajasõidu eelse tasemega.

Kokkuvõte: Toidu süsivesikute sisalduse kahekordne suurendamine neljaks päevaks enne 2000 m ajasõitu sõudeergomeetril ei paranda treenitud sõudjate sooritusvõimet.

Märksõnad: sõudeergomeeter, süsivesikud, laktaat, tajutud pingutuse raskusaste

Abstract:

(The effect of manipulating dietary carbohydrate intake on 2000 m rowing time trial performance in trained rowers)

Aim: The aim of this master's thesis was to determine whether the dietary carbohydrate intake of trained male rowers during four days prior to a performance test affects their performance in a 2000 m time trial on a rowing ergometer.

Methods: Eleven male rowers aged $27,3 \pm 10,2$ years, with a maximal oxygen uptake of $4,54 \pm 0,40$ l/min, participated in the study. Each participant performed a total of four 2000 m time trials on a rowing ergometer: before and after 4-day moderate carbohydrate diet (MCD), and before and after a high carbohydrate diet (HCD). The MCD contained an average of 4,5 g/kg (grams per kilogram of body weight) of carbohydrates and the HCD 9,3 g/kg per day. Time, average power, heart rate, and rating of perceived exertion were recorded during 2000 m time trial. Capillary blood lactate and glucose concentrations were measured before and after each time trial.

Results: After MCD and HCD, 2000 m completion time ($400,6 \pm 10,8$ s and $400,4 \pm 12,5$ s, respectively), average power ($349,8 \pm 29,2$ W and $350,6 \pm 33,2$ W, respectively), and rating of perceived exertion ($9,5 \pm 0,5$ and $9,5 \pm 0,7$, respectively) did not differ. Heart rate was similar between MCD and HCD, which averaged $95,3 \pm 4,2\%$ and $97,0 \pm 2,8\%$ of the participants' maximal heart rate during the time trial, respectively. Blood lactate increased similarly before and after MCD, but the rise was greater after HCD than before HCD ($15,76 \pm 2,10$ and $14,71 \pm 2,34$ mmol/l respectively; $p=0,043$). Blood glucose increased by 54% under MCD and by 43% under HCD compared to pre-time trial levels.

Conclusions: Doubling dietary carbohydrate intake for four days prior to a 2000 m time trial on a rowing ergometer does not improve performance in trained rowers.

Keywords: rowing ergometer, carbohydrates, lactate, rating of perceived exertion

1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

1.1. Sõudmine on olümpiaala

Sõudmine on kuulunud suveolümpiamängude programmi alates 1900. aastast (Yusof *et al.*, 2022). Sõudmine jaguneb kaheks: üksikaerusõudmiseks ja paarisaeusõudmiseks. Paadiklassidena eristatakse üksikaerusõudmises kahe-, nelja- ja kaheksapaati, paarisaeusõudmises aga ühe-, kahe- või neljapaati (Treff *et al.*, 2021). Lisaks on kaks kaalukategooriat, vastavalt kerge- ja absoluutkaal (Boegman & Dziedzic, 2016). Kergekaalus on naiste kaalupiirang 59 kg ja meeste 72,5 kg (Treff *et al.*, 2021). Pariisi 2024. aasta olümpiamängudel oli 2000 m sõudmise keskmine aeg esikolmikusse kuulunud meeste ühepaadil 6,41 min ja kaheksapaadil 5,23 min. Naistel olid vastavad ajad 7,18 min ja 5,57 min (Järvela *et al.*, 2024). Läbitud distantssi aega mõjutavad lisaks sportlase tehnilisele oskusele, treenitusele ja füsioloogilistele näitajatele mitmed tegurid, sealhulgas sportlase sugu, kaalukategooria, paadiklass ja väliskeskkonna tingimused (näiteks õhutemperatuur, õhu suhteline niiskus, sademed, tuule tugevus ja suund) (Blervaque *et al.*, 2022; Kim & Kim, 2020). Eesti sportlaste väljapaistvamad saavutused olümpiamängudel pärinevad 2004. ja 2008. aastast, mil saavutati teine koht vastavalt ühepaadi ja paarisaeulise kahepaadi klassis. 2016. aastal saavutati kolmas koht paarisaeulise neljapaadi klassis (ERR, 2023).

1.2. Sõudja saavutusvõimet mõjutavad füsioloogilised ja antropomeetrilised tegurid

1.2.1. Energiasüsteemid

Sõudmist käsitletakse nii vastupidavus- kui ka jõuvastupidavusalana (ingl.k. *strength-endurance*) (Mikulic & Gulin, 2024), kuid lühikese väga kõrge intensiivsusega võistlussoorituse alusel võib sõudmise liigitada ka võimsusalade (ingl.k. *power sport*) hulka (Stellingwerff *et al.*, 2011). Sõudmise 2000 meetri võistlusdistantstil ulatub kehalise koormuse intensiivsus 89–106%-ni VO_2max tasemest (Astridge *et al.*, 2023; Stellingwerff *et al.*, 2011), mis on märgatavalt kõrgem võrreldes nn klassikaliste vastupidavusaladega. Vaatamata sellele domineerib sõudja töötavate lihaste energiavarustuses aeroobne energiasüsteem osakaaluga 67–88% (Treff *et al.*, 2021). Töö kõrge intensiivsuse tõttu on ka anaeroobsete energiasüsteemide panus ATP taseme säilitamiseks töötavates lihastes oluline (Treff *et al.*, 2021; Winkert *et al.*, 2022). Varasemad ülevaateartiklid on hinnanud anaeroobse laktaatse energiasüsteemi osakaalu ligikaudu 10–12% (Mäestu *et al.*, 2005; Stellingwerff *et al.*, 2011). Anaeroobse alaktaatse energiasüsteemi osakaaluks hindamisel ilmneb teaduskirjanduses märkimisväärne erinevus. Mäestu *et al.* (2005) toovad ülevaateartiklis välja rida uuringuid, kus anaeroobse alaktaatse energiasüsteemi panus võib ulatuda kuni 21%-ni, kuid Stellingwerff *et al.*

(2011) hinnangul jääb selle osakaal alla 1%. Energiasüsteemide osakaalus on täheldatud mõningast erinevust ka veel ja sõudeergomeetril sõudmise vahel. Veel sõudmisel moodustas aeroobne energiasüsteem 87% ja anaeroobne laktaatne energiasüsteem 6% kogu energiapanusest, samas kui sõudeergomeetril olid vastavad näitajad 85% ja 9% (Schünemann *et al.*, 2023).

Anaeroobse laktaatses energiasüsteemi osakaalu pingutusel võimaldab kaudselt hinnata laktaadi kontsentratsioon veres pärast tööd. Maailma parimatel meessõudjatel on sooritusel järgselt laktaadi kontsentratsiooni veres mõõdetud äärmuslikel juhtudel kuni 26 mmol/l (Treff *et al.*, 2021). Teadaolevalt kõrgeim laktaadi tase venoosses veres on tuvastatud ühel maailmaklassi sõudjal pärast 2000 m ajasõitu sõudeergomeetril ja see oli 32 mmol/l (Nielsen, 1999).

1.2.2. Maksimaalne hapnikutarbimise võime ja anaeroobne lävi

Maksimaalne hapnikutarbimise võime võimaldab hinnata aeroobse energiasüsteemi panust kehalisel pingutusel (Diry *et al.*, 2022) peegeldades keha suutlikkust omastada, transportida ja kasutada hapnikku aeroobses energiasüsteemis. VO_{2max} on vaadeldav nii absoluutskaalal (l/min) kui ka suhtelise näitajana kehakaalu kilogrammi kohta (ml/kg/min) (Penichet-Tomas *et al.*, 2023). On leitud, et absoluutne VO_{2max} korreleerub tugevalt sõudja sportliku sooritusvõimega (Cerasola *et al.*, 2020; Lundby *et al.*, 2024; Yusof *et al.*, 2022), samas kui suhtelise VO_{2max} näitaja ja sooritusvõime vahel sageli selget seost ei täheldata (Cerasola *et al.*, 2020; Cosgrove *et al.*, 1999). Rahvusvahelise klassi sõudjatel küündivad VO_{2max} väärtused meestel 5–5,1 l/min ja naistel 3,3–3,6 l/min (Lundby *et al.*, 2024). Harrastussportlase tasemel on vastav näitaja meeste puhul märgatavalt madalam, jäädes keskmiselt 3,67 l/min juurde (Ojeda & Guerra, 2023). Maailma eliitklassis on aga registreeritud väga kõrgeid näitajaid, eliitklassi meessõudjatel võib VO_{2max} ulatuda 6,9–7,09 l/min (Blervaque *et al.*, 2022; Mikulic & Gulin, 2024), naissõudjate puhul on vastav näitaja küündinud 5,5 l/min (Penichet-Tomas *et al.*, 2023).

Eliitklassi meessõudjaid iseloomustab lisaks kõrgele VO_{2max} -le ka väga kõrge VO_2 anaeroobsel lävel, mis ulatub sageli 82–91% VO_{2max} -ist (Mikulic & Gulin, 2024; Treff *et al.*, 2021). Kuigi VO_{2max} on üks olulisemaid aeroobse võimekuse näitajaid, ei saa seda pidada ainsaks edukust määravaks teguriks. Mikulic & Gulin (2024) kirjeldasid pikaajalises uuringus kahte eliitklassi kuuluvat meessõudjat, kelle kõrgeimad VO_{2max} näitajad registreeriti vanuses 22 ja 25 eluaastat, kuid karjääri parimad tulemused 2000 ja 6000 m distantidel saavutati alles pärast 30. eluaastat. Eelnev asjaolu kirjeldab, et aeroobse tippvõimekuse mõningane langus ei pruugi ilmselgelt kaasa tuua võistlustulemuste halvenemist, kuna seda võivad kompenseerida teised tegurid, nagu paranenud sõudmistehnika ja suurem liigutuste ökonoomsus.

1.2.3. Südame minutimaht, hemoglobiini mass ja kopsude ventilatsioon

Südame minutimaht on üks peamisi VO_2max -i määrav tegur, peegeldades südame suutlikkust pumbata hapnikurikast verd töötavatesse lihastesse. Näiteks on täheldatud, et VO_2max väärtuse 7 l/min juures peab südame minutimaht ulatuma tasemeni kuni 40 l/min (Treff *et al.*, 2021). Hapniku transpordivõimet mõjutavad oluliselt erütrotsüütide hulk ja hemoglobiini kogumass, mis määravad vere hapnikukandmise võime ja on tihedalt seotud keha koostisega. Sportlaste seas on leitud tugev seos rasvavaba kehamassi ja hemoglobiini kogumassi vahel, kus naistel vastab 1 kg rasvavaba kehamassile ligikaudu 14 g ja meestel 16 g hemoglobiini. Üldjuhul kehtib füsioloogiline seaduspära, et suurema kehamassiga indiviididel on kõrgemad hemoglobiini näitajad kui väiksema kehamassiga indiviididel (Lundby *et al.*, 2024). Hapniku transport töötavatesse lihastesse ei sõltu ainult kardiovaskulaarsest pumbafunktsioonist, vaid ka kopsuventilatsioonist. Eliitklassi meessõudjate puhul küündib maksimaalse pingutuse korral kopsuventilatsioon 200–270 l/min (Nielsen & Christensen, 2020; Volianitis *et al.*, 2020). Harrastussõudjate puhul jääb see näitaja 137,7–150,1 l/min juurde (Ojeda & Guerra, 2023).

1.2.4. Kehakoostis ja mõõtmed

Antropomeetrilised näitajad on 2000 m ajasõidu sooritusvõime olulised prognoosijad, olles tugevas korrelatsioonis sportlase kehapikkuse, kehamassi ja lihasmassiga (Sebastia-Amat *et al.*, 2020). Eliitklassi meessõudjate keskmine pikkus on 193–194 cm ja kehamass umbes 94 kg (Treff *et al.*, 2021; Volianitis *et al.*, 2020), samas kui kergekaalu meessõudjate vastavad näitajad on 181 cm ja 72 kg (Busta *et al.*, 2023). Naissõudjate puhul on eliitklassi sportlaste keskmine pikkus 181 cm ja kehamass 76–77 kg (Treff *et al.*, 2021; Volianitis *et al.*, 2020), võrreldes kergekaalu naistega, kelle puhul on need väärtused vastavalt 170 cm ja 59 kg (Busta *et al.*, 2023). Suurem kehapikkus võimaldab teostada pikemat tõmbenurka andes eelise tõmbe pikkuses ja kiiruse suurendamises.

Sõudmissooritust mõjutavad oluliselt keha proportsioonid ja lihasmass (Sebastia-Amat *et al.*, 2020). Meessõudjate suurem lihasmass võimaldab arendada suuremat tippjõudu (ingl.k. *peak force*), mistõttu on nende sooritus võrreldes naistega parem (Yusof *et al.*, 2022). Kehakoostise osas on oluline keha rasvaprotsent, mis eliitsõudjatest meestel on ligikaudu 9% ja naistel 14% (Penichet-Tomas *et al.*, 2023). Madalam keha rasvamass korreleerub sõudjatel parema tulemusega 2000 m ajasõidus (Penichet-Tomás & Pueo, 2017).

Eliitklassi sõudjate lihastes domineerivad 70–80% ulatuses I tüüpi ehk aeglased lihaskiud (Treff *et al.*, 2021). Sõudmine on kogu keha haarav pingutus, kus aktiivselt osaleb ligikaudu 46% alajäsemete, 32% kehatüve ja 22% ülajäsemete lihastest (Penichet-Tomas *et al.*, 2023; Sebastia-Amat *et al.*, 2020). Alajäsemete jõud on kriitilise tähtsusega tõmbe algfaasis, mil puusa- ja põlveliigese

sirutuse kaudu saavutatakse maksimaalne võimsus ning antakse paadile esmane kiirendus (Penichet-Tomás & Pueo, 2017). Rahvusvahelise klassi sõudjate keskmine arendatud võimsus 2000 m ajasõidus on ~450 W ja eliitklassi sõudjatel ~502 W (Mäestu *et al.*, 2023).

1.3. Sõudja saavutusvõimet mõjutavad toidu ja toitumisega seotud tegurid

Koormused varieeruvad aastase treeningu- ja võistlusperioodi vältel, vastavalt millele muutub ka sportlase toiduenergiavajadus (Thomas *et al.*, 2016). Rahvusvahelisse klassi kuuluvad sportlased treenivad suurema mahuga ja sageli ka kõrgema intensiivsusega võrreldes madalamal tasemel võistlevate sportlastega, mis tingib suurema vajaduse toiduenergia järele (Boegman & Dziedzic, 2016; Winkert *et al.*, 2022). Olulist rolli mängib ka sportlase kehakaal. Rahvusvahelisel tasemel meessõudjate keskmine päevane energiavajadus on hinnanguliselt ligikaudu 5000 kcal ja naissõudjatel 4000 kcal. Intensiivsetel treeninguperioodidel võistlushooaja keskel võib meessõudjate päevane energiavajadus ulatuda 7000 kcal päevas (Boegman & Dziedzic, 2016).

Winkert *et al.* (2022) uurisid eliitklassi sõudjate toitumisvajadusi sõltuvalt treeningute mahust ja intensiivsusest. Treeningukoormuse suure mahuga nädalal ulatus toidu energiavajadus kuni 6775 kcal päevas, koormuste kõrge intensiivsusega nädalal kuni 5772 kcal päevas. Väiksema mahu ja madalama intensiivsusega nädalal ulatus toiduenergia vajadus kuni 4626 kcal päevas. Isegi kõige väiksema koormusega treeningu korral osutusid peamiseks energiaallikaks süsivesikud, moodustades 46,4–68% kogu energiapanusest. Seega on süsivesikud sõudjale esmatähtsaks energiaallikaks sõltumata treeningukoormuste intensiivsusest ja mahust (Winkert *et al.*, 2022).

Sportlase optimaalse sooritusvõime ja arenguprotsessi tagamiseks on oluline, et toit tasakaalustaks organismi energiakulu ning tagaks optimaalses vahekorras energiat andvad toitained (süsivesikud, valgud ja rasvad) (Thomas *et al.*, 2016). Päevane soovituslik süsivesikute kogus jääb vahemikku 6–12 g/kg, valkude kogus 1,5–1,7 g/kg ja rasvade kogus 0,8–2,0 g/kg (Stellingwerff *et al.*, 2011; Winkert *et al.*, 2022). Tavapärasest madalama intensiivsusega koormuste või peamiselt tehnika parandamisele suunatud treeningu korral võib süsivesikute hulk sõudja toidus jääda vahemikku 3–5 g/kg päevas (Kim & Kim, 2020).

Süsivesikute tähtsust sõudjate treeningu efektiivsust mõjutava tegurina kinnitavad Simonsen *et al.* (1991) uuringu andmed. Nad leidsid, et süsivesikute tarbimine koguses 10 g/kg päevas nelja nädala vältel tõstis lihasglükogeeni taset 65% ja suurendas 2500 m ajasõidus arendatud keskmist võimsust 10,7%. Võrdlusgrupis, kes tarbis süsivesikuid 5 g/kg päevas, glükogeenitase ei muutunud ja võimsus paranes ainult 1,6% võrra.

Burge *et al.* (1993) uuringust selgus, et glükogeeni madalama taseme korral sõudjate reie nelipealihases ($394,7 \pm 26,0$ mmol/kg kuivkaalu kohta) oli 2000 m ajasõidu tulemus nõrgem võrreldes

olukorraga, kus koormuseelne glükogeeni kontsentratsioon oli kõrgem ($606,8 \pm 37,9$ mmol/kg kuivkaalu kohta). Esimesel juhul kulus distantsti läbimiseks $7,38 \pm 0,21$ min ning teisel juhul $7,02 \pm 0,17$ min ($p < 0,05$). Lisaks täheldati, et 2000 m ajasõidus esines väiksema glükogeeni kontsentratsiooni korral madalam glükogeeni kasutamine, mis samuti näitab glükogeenivarude tähtsust sõudmises.

1.4. Kirjanduse ülevaate kokkuvõte

Sõudjad töötavad võistlusdistsantsil intensiivsusega 89–106% VO_{2max} , mistõttu süsivesikud, eelkõige glükogeen, on nende lihastele kõige olulisemaks energiaallikaks selles olukorras (Astridge *et al.*, 2023; Stellingwerff *et al.*, 2011), aga ka treeningul (Winkert *et al.*, 2022). Glükogeeni varu suurust sportlase skeetilihastes ja maksas mõjutavad tugevalt tarbitavad süsivesikute ja toiduenergia kogused (Kim & Kim, 2020; Thomas *et al.*, 2016). Vastupidavusaladel, kus võistlussooritus kestab 90 min või kauem, on keha glükogeeni varu ammendumine oluline saavutusvõimet piirav tegur. Seepärast võib võistluseelne sihipärane nn süsivesikute laadimine (toidu süsivesikute sisalduse suurendamine) tulemust parandada 2–3% (Vitale & Getzin, 2019). Pingutuse võrdlemisi lühiajalise kestuse tõttu võistlustel glükogeeni varu ammendumist sõudja kehas sooritusvõimet piiravaks teguriks üldiselt ei pidada ei saa (Vigh-Larsen *et al.*, 2021). Samas Burge *et al.* (1993) andmed näitavad, et stardieelne glükogeeni kontsentratsioon sõudja lihastes korreleerub tugevalt ($r=0,89$) selle kasutamise määraga soorituse ajal. Ühtlasi näitavad sama uuringu andmed, et isegi kui madal ja kõrgem glükogeeni tase stardi eel jäävad mõlemad enam-vähem normi piiresse, on 2000 m ajasõidu tulemus parem ikkagi viimasel juhul. Seega ei saa välistada võimalust, et rohke süsivesikute sisaldusega toit võib positiivselt mõjutada ka sõudja sooritusvõimet.

Kahe eksperimendi andmed, kus uuritavateks olid noored kehaliselt aktiivsed mehed (Maughan & Poole, 1981) ja keskmaajooksjad (Venckunas *et al.*, 2024), näitavad kõrge süsivesikute sisaldusega dieedi positiivset mõju sooritusvõimele kõrge intensiivsusega tööl. Neis uuringuis osalenud olid 2–3 päeva enne töövõime testi kas kõrge või madala süsivesikute sisaldusega dieedil. Maughan & Poole, (1981) leidsid, et kõrge süsivesikute sisaldusega dieedi järgselt talusid nende uuritavad supramaksimaalse intensiivsusega (105% VO_{2max}) koormust veloergomeetril oluliselt kauem (keskmiselt 6,7 min) kui madala süsivesikute sisaldusega dieedi korral (keskmiselt 3,3 min). Venckunas *et al.* (2024) uuringus osalenud jooksjad läbisid 1500 m sisestaadionil oluliselt kiiremini pärast süsivesikute rohket dieeti (keskmiselt 4,6 min) võrreldes süsivesikute poolest vaese dieediga (keskmiselt 4,7 min). Maughan & Poole, (1981) ja Venckunas *et al.* (2024) tulemused on tähelepanuväärsed ka sõudmise kontekstis, kuna kõrge süsivesikute sisaldusega dieet parandas nende

uuritavate sooritusvõimet kehalistel pingutustel, mis oma intensiivsusest ja kestuselt on võrdlemisi sarnased 2000 m ajasõidule sõudmises.

Käesoleva magistritöö tulemused võimaldavad täita kirjanduse ülevaates esile toodud teadmiste lünka, analüüsides toidu süsivesikute osakaaluga manipuleerimise mõju sõudjate sooritusvõimele 2000 m ajasõidus. Uurimistulemused annavad praktilist väärtust sõudmistreeneritele, toitumisnõustajatele ja füsioterapeutidele, aidates valida efektiivsemaid toitumisstrateegiad sportliku saavutusvõime parandamiseks.

2. UURIMISTÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED

Käesoleva uurimistöö eesmärk oli välja selgitada, kas treenitud meessõudjate toidu süsivesikute sisaldus nelja päeva vältel enne töövõime testi mõjutab nende sooritusvõimet 2000 m ajasõidus sõudeergomeetril.

Töö eesmärgi saavutamiseks püstitati järgnevad ülesanded:

1. Võrrelda MSV ja KSV mõju 2000 m ajasõidu tulemusele.
2. Võrrelda MSV ja KSV mõju 2000 m ajasõidus arendatud võimsusele ja SLS-le.
3. Võrrelda MSV ja KSV mõju laktaadi ja glükoosi kontsentratsiooni muutusele veres 2000 m ajasõidus.
4. Võrrelda MSV ja KSV mõju RPE-le 2000 m ajasõidus.
5. Võrrelda MSV ja KSV mõju reie nelipealihase jõunäitajatele enne ja pärast 2000 m ajasõitu.

3. METOODIKA

Antud magistritöö uuring on üks osa suuremast sõudjate sooritusvõimet käsitlevast uuringust, mille eesmärk oli välja selgitada, kas treenitud meessõudjate toidu süsivesikute sisaldus nelja päeva vältel enne töövõime testi mõjutab nende sooritusvõimet 2000 m ajasõidus sõudeergomeetril. Magistritöö autor kuulus uuringu meeskonda, kus suhtles uuritavatega, koostas süsivesikute sisaldusega manipuleerivaid dieete, osales uuringutestide läbiviimisel ning testide tulemuste protokollimises ja andmete statistilises analüüsis. Uuring on kooskõlastatud Tartu Ülikooli inimuuringute eetikakomiteega protokollid nr 383/T-5 16.10.2023 ja nr 399/M-15 17.03.2025.

3.1. Uuritavad

Uuringus kutsuti osalema meessoost sõudjaid, kes vastasid järgmistele kriteeriumitele:

- 1) sõudmistreeningutel ja -võistlustel osalemine vähemalt 3 aastat;
- 2) treeninguplaanist kinni pidamine vastavalt treeneri seatud ülesannetele;
- 3) vabatahtlik nõusolek uuringus osalemiseks.

Uuringus nõustus osalema 13 meest, kes kinnitasid oma vabatahtlikku osalust allkirjastades vastava nõusoleku vormi. Uuringu käigus arvati sellest välja üks osalenu, kuna ta ei suutnud järgida ettekirjutatud dieedimanipulatsiooni ja veel üks, kes loobus ajapuuduse tõttu. Täies mahus läbis uuringu 11 sportlast ja statistilises analüüsis kasutati ainult nende andmeid. Uuritavate keskmine vanus, pikkus, kehakaal ja kehamassiindeks on esitatud tabelis 1. Osalejate keskmine VO_{2max} oli $4,54 \pm 0,40$ l/min ja VO_{2max} testis saavutatud maksimaalne võimsus $365,1 \pm 25,6$ W.

Tabel 1. Uuritavate vanus ja antropomeetrilised näitajad (n=11)

Näitaja	Keskmine $\pm$ SD	Max	Min
Vanus (a)	$27,3 \pm 10,2$	49	17
Pikkus (cm)	$186,6 \pm 8,3$	202	178
Kehakaal (kg)	$87,7 \pm 8,0$	105,2	76,7
KMI (kg/m^2)	$25,2 \pm 1,9$	28	21,5

SD - standardhälve, Max - maksimaalne näitaja, Min - minimaalne näitaja, KMI – kehamassiindeks

Uuritavate kehakoostise andmed on esitatud tabelis 2.

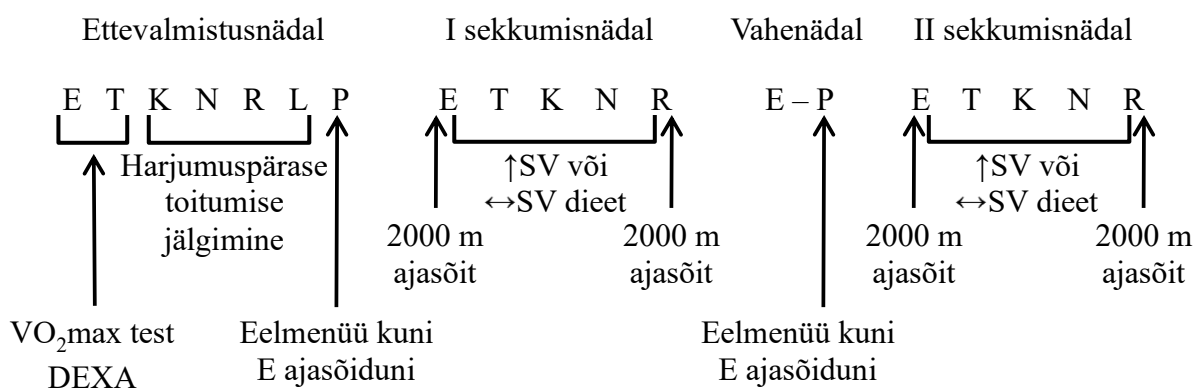
Tabel 2. Uuritavate kehakoostis

Näitaja	Keskmine $\pm$ SD	Max	Min
Keha rasvakaal (kg)	15,13 $\pm$ 2,49	19,15	11,89
Keha rasvaprosent	17,63 $\pm$ 2,10	21,1	15,2
Keha rasvavaba mass (kg)	67,11 $\pm$ 5,31	76,14	59,72

SD - standardhälve, Max - maksimaalne tulemus ja Min - minimaalne tulemus

3.2. Uuringu üldine korraldus

Uuring viidi läbi Tartu Ülikooli spordimeditsiini ja füsioteraapia instituudi laboratooriumis (Ujula 4, Tartu) ajavahemikul jaanuar 2025 kuni aprill 2026. Uuringu kestvus igale uuritavale oli neli nädalat ning see hõlmas ettevalmistusnädalat, kahte sekkumisenädalat ja ühte vahenädalat (joonis 1). Kasutati ristuuringu disaini, mille puhul läbisid uuritavad mõlemad sekkumisperioodid juhuslikus järjekorras. Vahenädalal uuringuga seotud protseduure uuritavatega läbi ei viidud.

**Joonis 1.** Uuringu üldine korraldus

Ettevalmistusnädalal viidi läbi VO₂max test ja kehakoostise uuring DEXA meetodil. Seejärel alustasid uuritavad harjumuspärase toitumise jälgimist. Uuritavatel tuli oma harjumuspärasest toitumist jälgida kokku neljal päeval ning kogutud teave oli aluseks dieedimanipulatsioonide ettevalmistamiseks. Lisaks dieedimanipulatsioonidele koostati uuritavatele enne sekkumisenädala algust 1,5–2 toidusedel, mida järgiti nii enne esimest kui ka teist sekkumisenädalat.

Sekkumisenädala esimesel päeval tulid uuritavad laborisse, nad andsid uriiniproovi, neid kaaluti ja neil paluti hinnata oma subjektiivselt tajutud väsimuse astet. Seejärel sooritasid nad 5-min soojenduse veloergomeetril, millele järgnes lihasjõu mõõtmine isokineetilisel dünamomeetril. Pärast 20-min soojendust sõudeergomeetril sooritasid uuritavad 2000 m ajasõidu. Vahetult enne ja kohe pärast ajasõitu võeti nende näpuotsast kapillaarvere proovid. Koheselt pärast ajasõitu paluti neil hinnata kogetud pingutuse raskusastet. Seejärel mõõdeti uuesti reie nelipealihase jõudu. Pärast

esimest ajasõitu alustasid uuritavad kohe 4-päevast etteantud dieedi järgimist. Sekkumisinädala viiendal päeval korraldati esimesel päeval teostatud uuringu protseduure samas järjekorras.

3.3. Uurimistöös kasutatud meetodid

3.3.1. Antropomeetrilised mõõtmised ja kehakoostise uuring

Uuritavad kaaluti elektroonilisel kaalul täpsusega 1 g (CH3G-150I Combics, Sartorius AG, Goettingen, Germany) ilma jalanõudeta, kandes lühikeste varrukatega pluusi ja lühikesi pükse. Kehapikkus mõõdeti seinale kinnitatud mõõdulindiga täpsusega 1 mm. Kehamassiindeks (KMI) arvutati kehakaalu ja -pikkuse põhjal vastava valemiga. Kehakoostise uuring teostati DEXA meetodil kasutades skannerit Hologic Discovery W (Hologic, Inc., USA). Ligikaudu 7-min uuringu jooksul mõõdeti keha rasvamass, keha rasvaprotsent ning rasvavaba kehamass. Uuritav oli uuringu ajal selili asendis, käed keha kõrval.

3.3.2. Maksimaalse hapnikutarbimise võime hindamine

Uuritavate VO_{2max} hinnati sõudeergomeetril Concept 2 (Concept2. Inc., Vermont, USA). Testi alustati koormusega 40W, mida suurendati iga minuti järel 20W võrra. Test kestis seni, kuni uuritav sportlane ei suutnud järgneval koormusastmel enam tööd jätkata või teatas soovist test lõpetada. Testi vältel registreeriti sportlase väljahingatavas õhus hapniku ja süsihappegaasi sisaldus Metamax 3B (CORTEX Biophysics GmbH, Leipzig, Saksamaa) aparatuuriga. Registreeriti kopsude ventilatsioon ja SLS. Taastumise 2., 5., 10. ja 20. min määrati näpuotsast võetud kapillaarvere proovis laktaadi ja glükoosi kontsentratsioonid (EKF Biosen C-Line; EKF Diagnostics, Cardiff, UK).

3.3.3. Harjumuspärase toitumise analüüs ja dieedimanipulatsioonid

Uuritavatel paluti neljal järjestikusel päeval (kolm nädalasisest ja üks nädalavahetuse päev) üles märkida kõigi tarbitud toitade ja jookide täpsed kogused ja koostis. Iga toidukorda paluti uuritavatel kaaluda ja pildistada. Pakendatud toitade puhul paluti uuritavatel edastada toote pakendil või tootja andmebaasis leiduv toitumisalane teave. Harjumuspärase toitumise analüüsimiseks ja dieedimanipulatsioonide ettevalmistamiseks kasutati Nutridata platvormi. Harjumuspärase toitumise andmete analüüsile tuginedes, valmistati ette kaks dieedimanipulatsiooni:

- 1) MSV 4–5 g/kg päevas;
- 2) KSV 9–10 g/kg päevas.

Dieedimanipulatsioonide läbimise järjekord oli juhuslik ning uuritavad järgisid ettekirjutatud dieeti kahe 2000 m ajasõidu vahelisel 4-päevasel perioodil.

3.3.4. 2000 meetri ajasõit

Enne ajasõitu hinnati uuritavate veestaatust nende uriinitiheduse alusel. Uriinitiheduse mõõtmiseks kasutati digitaalset refraktomeetrit PAL-10S ATAGO (ATAGO, Tokyo, Japan). Seejärel paluti uuritaval hinnata subjektiivse väsimuse astet, milleks kasutati vastavat skaalat (Micklewright *et al.*, 2017). Pärast 20-min mõõduka intensiivsusega soojendust sõudeergomeetril, sooritasid uuritavad 2000 m ajasõitu, mida peetakse treenitud sõudjate seas usaldusväärseks töövõime testiks (Treff *et al.*, 2021). Uuritavatel paluti läbida 2000 m võimalikult lühikese ajaga. 2000 m ajasõidu vältel ergutas testi läbi viiv uurimisgrupi liige verbaalselt sportlast maksimaalselt pingutama. Testi ajal oli osalejatel teada läbitud vahemaa, kuid mitte ajakulu. Kokku sooritas iga uuritav neli 2000 m ajasõitu. Testi ajal registreeriti sõudeergomeetri mälus arendatud võimsus (W) ning vaheajad iga 250 m järel. SLS jälgiti ja salvestati kogu testi vältel Polar Electro monitoriga (Polar Electro OY, Kempele, Finland). Pärast 2000 m ajasõitu paluti uuritaval hinnata RPE-d 10-astmelisel skaalal (Borg, 1998). Vahetult enne 2000 m ajasõitu ja taastumise 1., 3. ja 5. min võeti uuritavate sõrme otsa kapillaarverest 20 µl proov, milles määrati laktaadi ja glükoosi kontsentratsioonid.

3.3.5. Lihasjõu hindamine

Isokineetilisel dünamomeetril Physiomed CON-TREX (Physiomed Elektromedixin AG, Germany) hinnati uuritavate reie nelipealihase isokineetilist ja isomeetrilist jõudu (van der Woude *et al.*, 2022). Uuritavatele selgitati enne testi läbiviimist põhjalikult testi olemust ning neid juhendati verbaalselt kogu testimise vältel. Uuritav istus kinnitusrihmadega fikseerituna reguleeritaval dünamomeetri pingil. Testitava jäsme sääre alaosa oli fikseeritud dünamomeetri liikuva hoova külge. Isokineetilist jõumomenti mõõdeti nurkkiirusel 25°/s, isomeetrilist jõudu 75° põlveliigese painutuse juures (Husmann *et al.*, 2017).

Testimist alustati isokineetilise jõumomendi hindamisega. Uuritav sooritas kolm järjestikust maksimaalse tahtelise jõuga põlveliigese sirutusliigutust liikumisulatuses 5–85°. Pärast viimast isokineetilise jõu testi tehti minutiline paus, mille järel mõõdeti isomeetrilist jõudu. Isomeetrilise testi ajal sooritas uuritav maksimaalse tahtelise jõuga surumist põlve sirutuse suunal 3 s vältel. Isomeetrilist jõudu hinnati kolme katsega, iga katse vahel oli 1-min paus. Mõlema testi puhul kasutati andmeanalüüsis kolmest katsest parimat tulemust.

3.4. Andmete statistiline analüüs

Andmete statistiliseks töötlemiseks kasutati tarkvaraprogrammi Statistica versiooni 13.5.0.17. Andmete normaaljaotust kontrolliti Kolmogorov-Smirnovi testiga. Arvutati erinevate parameetrite aritmeetiline keskmine ja standardhälve ($\pm$ SD). Statistilise olulisuse hindamiseks kasutati

kahefaktorilist (dieet x aeg) või kolmefaktorilist (dieet x test x aeg) korduvmõõtmistega dispersioonanalüüsi (ANOVA), üksikparameetrite korral ka Student'i paaride t-testi. Keskväärtuste paariviisiliseks võrdlemiseks kasutati Tukey HSD testi. Keskmiste väärtuste erinevus loeti statistiliselt oluliseks $p < 0,05$ korral.

4. TÖÖ TULEMUSED

4.1. Mõõduka ja kõrge süsivesikute sisaldusega dieet

KSV sisaldas rohkem toiduenergiat ja süsivesikuid, samas kui MSV sisaldas rohkem rasvu ja valke ($p < 0,05$) (tabel 3).

Tabel 3. Toiduenergia ja makrotoitainete tarbimine MSV ja KSV korral (keskmine $\pm$ SD)

	MSV	KSV	p väärtus
Toiduenergia, kcal/p	3331,25 $\pm$ 555,45	4217,63 $\pm$ 390,73	<0,001
Toiduenergia, kcal/kg/p	38,26 $\pm$ 8,07	48,09 $\pm$ 5,56	<0,001
SV, g/p	391,20 $\pm$ 23,84	822,71 $\pm$ 69,60	<0,001
SV, g/kg/p	4,47 $\pm$ 0,35	9,33 $\pm$ 0,19	<0,001
Rasvad, g/p	127,83 $\pm$ 48,35	55,73 $\pm$ 26,67	<0,001
Rasvad, g/kg/p	1,47 $\pm$ 0,61	0,65 $\pm$ 0,35	<0,05
Valgud, g/p	173,57 $\pm$ 38,36	131,95 $\pm$ 37,87	<0,05
Valgud, g/kg/p	2,00 $\pm$ 0,55	1,52 $\pm$ 0,51	<0,05

MSV – mõõduka süsivesikute sisaldusega dieet; KSV – kõrge süsivesikute sisaldusega dieet; kcal/p – kilokalorit päevas; kcal/kg/p – kilokalorit kehakaalu kilogrammi kohta päevas; SV – süsivesikud; g/kg/p – grammi kehakaalu kilogrammi kohta päevas; g/p – grammi päevas

Enne iga 2000 m ajasõitu olid uuritavate kehakaal, uriini tihedus ja tajutud väsimus sarnased ($p > 0,05$) (tabel 4).

Tabel 4. Kehakaal, uriini tihedus ja tajutud väsimuse aste enne 2000 m ajasõitu (keskmine $\pm$ SD)

	MSV		KSV	
	Enne dieeti	Pärast dieeti	Enne dieeti	Pärast dieeti
Kehakaal (kg)	88,07 $\pm$ 8,40	87,73 $\pm$ 8,11	88,22 $\pm$ 8,09	88,30 $\pm$ 8,03
Uriini tihedus	1,015 $\pm$ 0,009	1,014 $\pm$ 0,009	1,015 $\pm$ 0,010	1,012 $\pm$ 0,009
Tajutud väsimuse aste	3,6 $\pm$ 1,9	3,8 $\pm$ 1,6	2,9 $\pm$ 1,0	3,7 $\pm$ 1,6

MSV – mõõduka süsivesikute sisaldusega dieet; KSV – kõrge süsivesikute sisaldusega dieet

4.2. 2000 meetri ajasõit

Uuringu raames sooritatud nelja 2000 m ajasõidu tulemustes erinevusi ei esinenud ($p > 0,05$) (tabel 5). MSV mõjul paranes 2000 m ajasõidu tulemus 7 uuritaval ja halvenes 4 uuritaval. KSV mõjul paranes 2000 m ajasõidu tulemus 4 uuritaval ja halvenes 7 uuritaval.

Tabel 5. 2000 m ajasõidu tulemused (s) MSV ja KSV korral (keskmine $\pm$ SD)

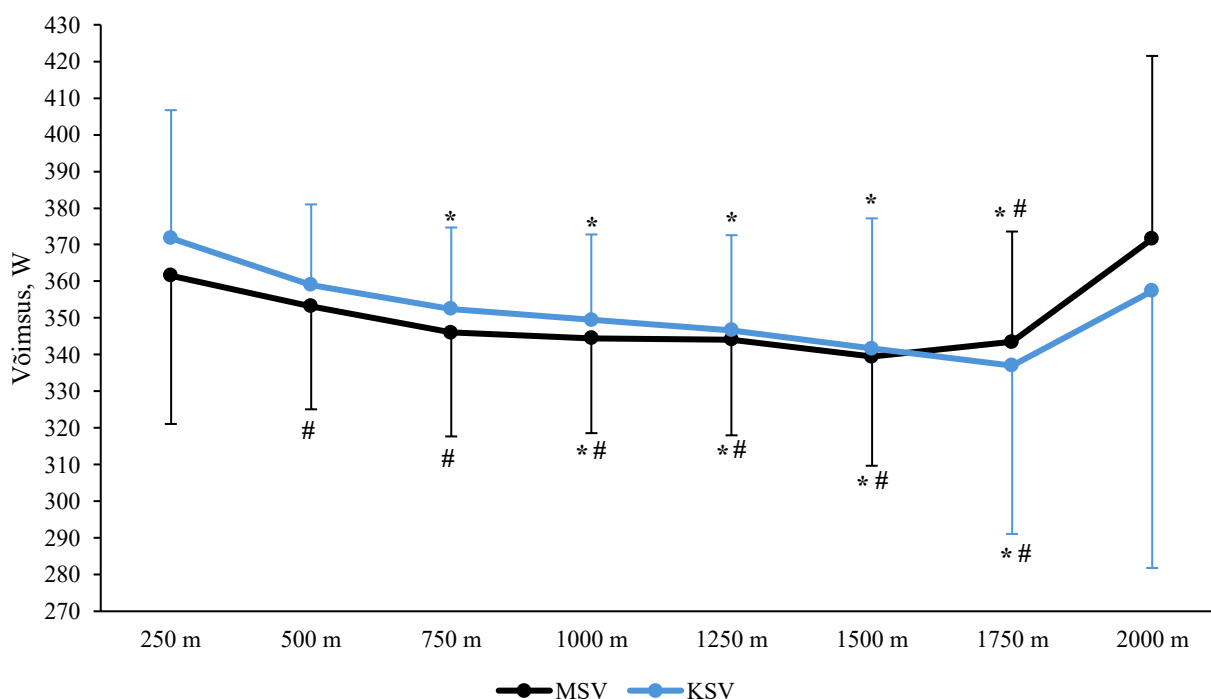
Dieet	Enne dieeti	Pärast dieeti	p väärtus
MSV	400,8 $\pm$ 11,4	400,6 $\pm$ 10,8	0,996
KSV	399,1 $\pm$ 10,8	400,4 $\pm$ 12,5	0,415

MSV – mõõduka süsivesikute sisaldusega dieet; KSV – kõrge süsivesikute sisaldusega dieet

Kõigi nelja 2000 m ajasõidu puhul läbiti esimesed 750 m kiiremini kui distantsti keskosa. Vahemikus 1000–1750 m pikenes 250 m lõikude läbimise aeg võrreldes esimese 250 m läbimise ajaga ($p < 0,05$).

4.3. Võimsus ja südame löögisagedus 2000 meetri ajasõidus

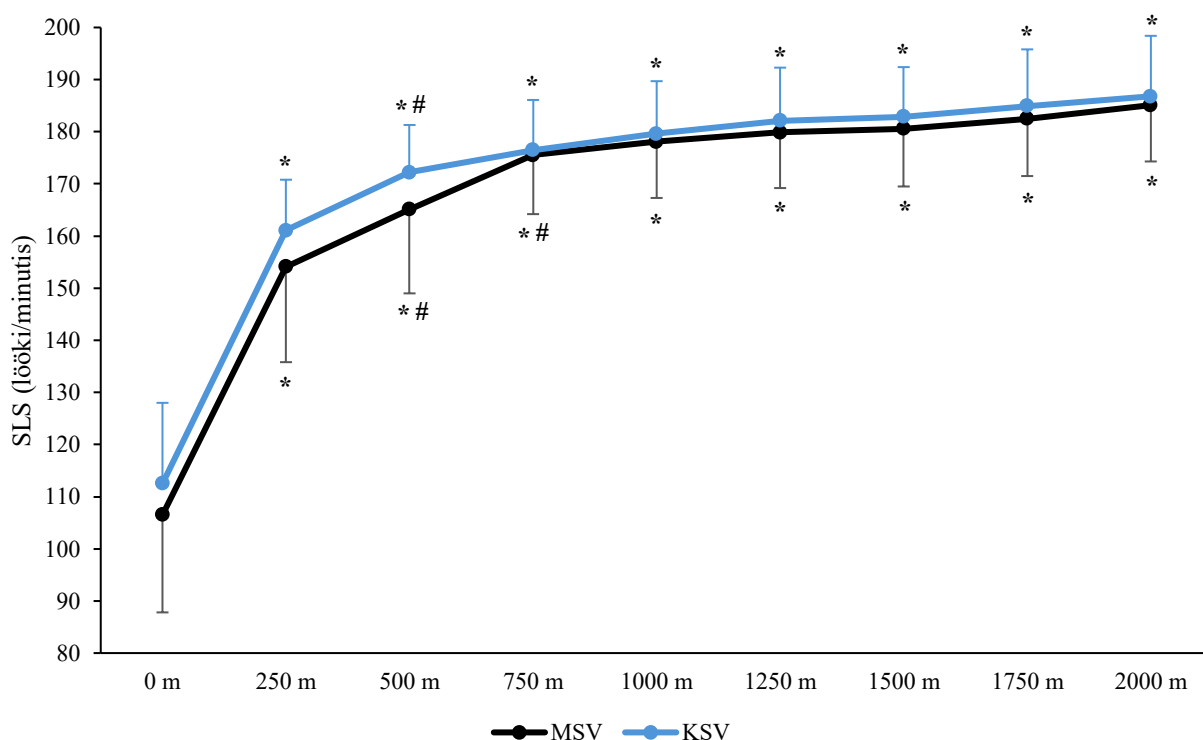
2000 m ajasõidus arendatud keskmine võimsus oli MSV järgselt 349,8 $\pm$ 29,2 W ja KSV järgselt 350,6 $\pm$ 33,2 W ($p > 0,05$). Distantstil arendatud võimsus vähenes järk-järgult MSV korral kuni 1500 m, KSV korral kuni 1750 m võrreldes esimesel 250 m arendatud võimsusega. Viimasel 250 m arendatud võimsus suurenes võrreldes eelviimase sama pika lõiguga ($p < 0,05$) (joonis 2).

**Joonis 2.** MSV ja KSV mõju 2000 m ajasõidus arendatud võimsusele (keskmine $\pm$ SD).

Statistiliselt oluline erinevus ($p < 0,05$): * võrreldes esimese 250 m lõiguga; # võrreldes viimase 250 m lõiguga. MSV – mõõduka süsivesikute sisaldusega dieet; KSV – kõrge süsivesikute sisaldusega dieet

KSV korral oli viimasel 250 m arendatud võimsus madalam kui enne dieedimanipulatsiooni sooritatud 2000 m ajasõidus, vastavalt $378,3 \pm 56,0$ W ja $357,4 \pm 75,6$ W ($p < 0,05$). MSV korral paranes 2000 m distantil arendatud keskmine võimsus 7 uuritaval ja halvenes 4 uuritaval. KSV korral paranes sama näitaja 4 uuritaval ja halvenes 7 uuritaval.

MSV korral jõudis SLS platooni 750 m juures, kuid KSV korral juba esimesel 500 m. Dieedimanipulatsioonide vahel erinevust ei esinenud ($p > 0,05$) (joonis 3). Pärast dieedimanipulatsioone oli keskmine SLS 2000 m ajasõidu vältel MSV korral $95,3 \pm 4,2\%$ ja KSV korral $97,0 \pm 2,8\%$ VO_2max testi ajal mõõdetud maksimaalsest SLS-st ($p > 0,05$).



Joonis 3. MSV ja KSV mõju südame löögisagedusele 2000 m ajasõidus (keskmine $\pm$ SD).

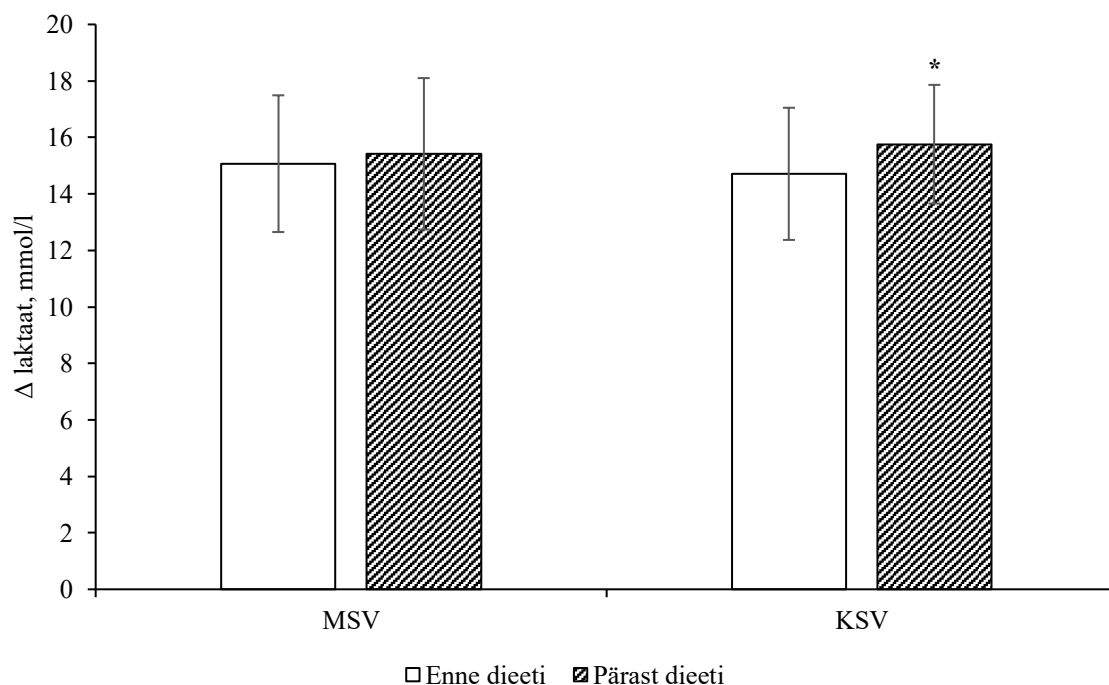
Statistiliselt erinev ($p < 0,05$): * võrreldes lähtetasemega; # võrreldes distantsi eelmise punktiga. MSV – mõõduka süsivesikute sisaldusega dieet; KSV – kõrge süsivesikute sisaldusega dieet

Mõlema dieedimanipulatsiooni järgselt toimunud ajasõidu puhul hindasid uuritavad RPE maksimumile lähedaseks, MSV puhul $9,5 \pm 0,5$ ja KSV korral $9,5 \pm 0,7$ ($p > 0,05$).

4.4. Laktaadi ja glükoosi kontsentratsioon veres

Pärast dieedimanipulatsiooni oli MSV korral laktaadi tase veres enne 2000 m ajasõitu $1,84 \pm 0,68$ mmol/l ja vahetult pärast pingutust $16,06 \pm 2,81$ mmol/l, saavutades maksimaalse taseme ($16,89 \pm 2,52$ mmol/l) taastumise 3. min. KSV korral olid vastavad näitajad $2,02 \pm 0,52$ mmol/l ja $16,91 \pm 2,33$ mmol/l ja $17,52 \pm 2,31$ mmol/l. KSV korral oli laktaadi kontsentratsiooni tööpuhune muutus

veres pärast dieedimanipulatsiooni suurem kui enne seda ($p < 0,05$) (joonis 4). Laktaadi taseme muutuse arvutamisel võeti aluseks laktaadi kontsentratsioon enne 2000 m ning maksimaalne laktaadi kontsentratsioon taastumise ajal pärast pingutust, sõltumata selle ilmnemise ajast.



Joonis 4. Laktaadi kontsentratsiooni muutus veres 2000 m ajasõidus (keskmine $\pm$ SD).

Statistiliselt erinev ($p < 0,05$): * võrreldes enne dieeti näitajaga. MSV – mõõduka süsivesikute sisaldusega dieet; KSV – kõrge süsivesikute sisaldusega dieet

Mõlema dieedi korral tõusis glükoosi kontsentratsioon vere vahetult pärast 2000 m ajasõitu oluliselt võrreldes enne ajasõitu võetud prooviga ($p < 0,01$), saavutades maksimaalse taseme taastumise kolmandal minutil (tabel 6).

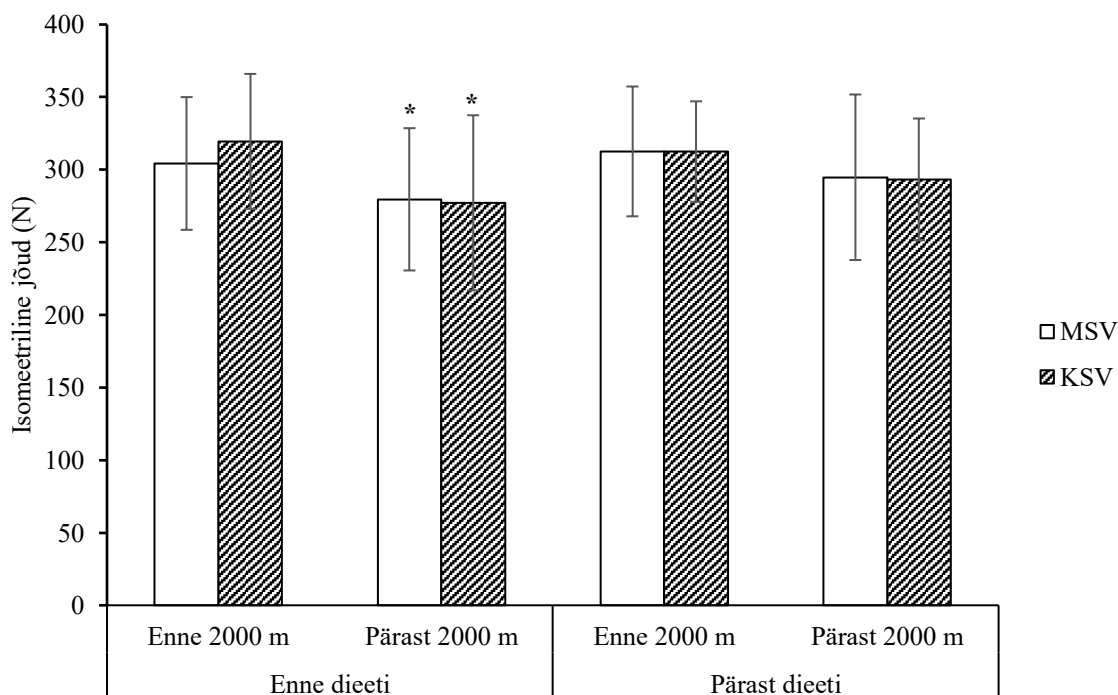
Tabel 6. Glükoosi kontsentratsioon veres (keskmine $\pm$ SD)

	MSV		KSV	
	Enne dieeti	Pärast dieeti	Enne dieeti	Pärast dieeti
Enne testi	4,79 $\pm$ 0,47	4,76 $\pm$ 0,36	4,79 $\pm$ 0,86	5,00 $\pm$ 0,54
Taastumise 1. min	6,21 $\pm$ 0,72*	6,24 $\pm$ 0,78*	6,37 $\pm$ 0,70*	6,32 $\pm$ 0,85*
Taastumise 3. min	7,24 $\pm$ 0,79*#	7,32 $\pm$ 0,81*#	7,10 $\pm$ 0,98*#	7,15 $\pm$ 1,02*#
Taastumise 5. min	7,07 $\pm$ 0,69*	6,91 $\pm$ 1,25*	6,95 $\pm$ 0,90*	6,85 $\pm$ 0,98*

Statistiliselt erinev ($p < 0,01$): * võrreldes enne testi; ($p < 0,05$): # võrreldes eelneva ajapunktiga MSV – mõõduka süsivesikute sisaldusega dieet; KSV – kõrge süsivesikute sisaldusega dieet

4.5. Reie nelipealihase maksimaalne isomeetriline jõud ja isokineetiline jõumoment

Enne dieedimanipulatsioone oli reie nelipealihase maksimaalne isomeetriline jõud pärast 2000 m ajasõitu madalam võrreldes enne ajasõitu mõõdetud tasemega ($p < 0,05$). Pärast dieedimanipulatsioone reie nelipealihase maksimaalse isomeetrilise jõu osas 2000 m ajasõidu mõju ei täheldatud (joonis 6).



Joonis 6. Reie nelipealihase isomeetriline jõud enne ja pärast MSV ja KSV-d (keskmine $\pm$ SD).

Statistiliselt erinev ($p < 0,05$): * võrreldes näitajatega enne testi. MSV – mõõduka süsivesikute sisaldusega dieet; KSV – kõrge süsivesikute sisaldusega dieet

Reie nelipealihase arendatavale isokineetilisele jõumomendile ei avaldanud mõju ei erinevad dieedimanipulatsioonid ega ka 2000 m ajasõit (tabel 7).

Tabel 7. Reie nelipealihase isokineetiline jõumoment (keskmine $\pm$ SD)

Dieet	Enne dieeti		Pärast dieeti	
	Enne 2000 m	Pärast 2000 m	Enne 2000 m	Pärast 2000 m
MSV	241,7 $\pm$ 28,4	231,0 $\pm$ 26,7	237,1 $\pm$ 15,0	233,2 $\pm$ 27,3
KSV	240,1 $\pm$ 26,1	230,8 $\pm$ 37,7	238,1 $\pm$ 23,5	232,1 $\pm$ 31,2

MSV – mõõduka süsivesikute sisaldusega dieet; KSV – kõrge süsivesikute sisaldusega dieet

5. ARUTELU

Käesoleva uurimistöö eesmärgiks oli välja selgitada, kas toidu süsivesikute sisalduse suurendamine mõjutab treenitud meessõudjate sooritusvõimet 2000 m ajasõidus. Sooritusvõime mõjutamiseks kasutatakse vastupidavusaladel erinevaid toitumisstrateegiaid, millest üks enim uuritud on süsivesikute osakaaluga manipuleerimine (Burke *et al.*, 2011). Sõudmises 2000 m ajasõidu tulemus sõltub nii aeroobse kui anaeroobse energiasüsteemi võimsusest (Mäestu *et al.*, 2005; Treff *et al.*, 2021; Winkert *et al.*, 2022) ning suurem süsivesikute osakaal toidus võib tõsta lihasglükogeeni kontsentratsiooni ning seeläbi võimaldada paremat sooritusvõimet (Cerasola *et al.*, 2020; Simonsen *et al.*, 1991). Käesoleva uuringu tulemused näitasid, et lühiajaline süsivesikute osakaalu suurendamine ei mõjutanud treenitud sõudjate sooritusvõimet 2000 m ajasõidus sõudeergomeetril.

Antud uuringus oli sõudjate süsivesikute tarbimine nelja päeva vältel enne 2000 m ajasõitu MSV korral 4–5 g/kg ja KSV puhul 9–10 g/kg päevas. KSV korral võib süsivesikute kogust ja manustamise kestust pidada piisavaks, et saavutada enne 2000 m ajasõitu uuritavate lihastes kõrgem glükogeeni kontsentratsioon võrreldes MSV-ga (Burke *et al.*, 2017; Hearnis *et al.*, 2018). Samas uuritavate lihastes glükogeeni kontsentratsiooni ei mõõdetud. Seega erinevuse puudumine 2000 m ajasõidu tulemuses MSV ja KSV korral võib tuleneda asjaolust, et KSV mõju glükogeeni tasemele uuritavate lihastes ei olnud siiski küllaldane. Kaudselt viitab sellele uuritavate stabiilne kehakaal. Teadaolevalt seob iga gramm glükogeeni 3–5 g vett (Burke *et al.*, 2017), seega oli KSV korral ootuspärane kehakaalu suurenemine ligikaudu 1–2%, mida aga ei täheldatud. Varasemates uuringutes on näidatud glükogeeni taseme ulatuslikumat tõusu süsivesikute mõjul pärast nn tühjenduskooormust, ehk siis glükogeeni väga madala lähtetaseme korral (Burke *et al.*, 2011). Näiteks Venckunas *et al.* (2024) püüdsid tõsta glükogeeni kontsentratsiooni sportlaste lihastes manipuleerides süsivesikute sisaldusega toidus ainult kahe päeva vältel. Arvestades muutusi sportlaste kehakaalus, see neil tõenäoliselt ka õnnestus, kuna nad rakendasid glükogeenivaru tühjendamise protokoll. Käesolevas uuringus tugevat kehalist koormust eesmärgiga viia glükogeeni tase uuritavate lihastes enne dieedimanipulatsioone madalseisu ei rakendatud.

Uuritavate veestaatus enne iga 2000 m ajasõitu oli normaalne, mida kinnitab nende uriinitihedus vahemikus 1,012–1,015 (Popowski *et al.*, 2001). Uuritavate stabiilselt normaalne veestaatus oli käesoleva uuringu kontekstis oluline, kuna hüpo hüdratsiooni seisund võib oluliselt kahjustada sõudja sooritusvõimet 2000 m ajasõidus (Burge *et al.*, 1993). Enne iga 2000 m ajasõitu oli stabiilne ka uuritavate subjektiivne hinnang enda tajutud väsimuse astmele, mis oli 2,9–3,8 palli 10-palli skaalal (Micklewright *et al.*, 2017). Väsimuse taju enne suurt pingutust võib samuti mõjutada soorituse tulemust (Ha *et al.*, 2025; Ihász *et al.*, 2025).

Käesolevas uuringus 4-päevane KSV võrreldes MSV-ga 2000 m läbimise aega ega sõidu ajal arendatud keskmist võimsust ei parandanud. Samas Bottoms *et al.* (2014) leidsid, et süsivesikute manustamine 30-min enne starti tõstis sõudeergomeetril arendatud võimsust ja pikendas 30-min vältel läbitud vahemaad. Mainitud uuringus osalesid harrastaja tasemel sõudjad, kelle VO₂max võib kirjanduse andmetel ulatuda umbes 3,7 l/min (Ojeda *et al.*, 2025), kuid käesolevas uuringus olid kõrgema treenituse tasemega sportlased, kelle keskmine VO₂max oli 4,5 l/min.

Käesolevas uuringus oli keskmine 2000 m tulemus erinevates ajasõitudes ligikaudu 400 s. See jääb alla tippklassi sõudjatele, kes läbivad 2000 m keskmiselt 340–360 s (Tran *et al.*, 2015). Samuti oli käesolevas uuringus osalejate VO₂max keskmiselt 4,5 l/min, samas kui tippklassi sõudjatel on see ligikaudu 6 l/min või enam (Ojeda *et al.*, 2025). Varasem teaduskirjandus süsivesikute laadimise osas on keskendunud peamiselt kõrge treenitusega sportlastele, kelle puhul on suurte glükogeenivarude säilitamine ning nende efektiivne kasutamine eriti oluline (Stellingwerff *et al.*, 2011; Winkert *et al.*, 2022). Antud uuringus võib MSV ja KSV vahelise erinevuse puudumist sooritusvõimele teatud määral seletada ka uuritavate suhteliselt madalama treenituse tasemega.

Käesolevas uuringus ilmnes KSV korral negatiivne mõju lõpuspurdil arendatud võimsusele, kuid mitte võrdluses MSV-ga. KSV osaliselt negatiivne mõju töövõimele oli üllatav, arvestades, et Venckunas *et al.* (2024) ja Maughan & Poole (1981) täheldasid töövõime paranemist pärast 2- ja 3-päevast kõrge süsivesikute sisaldusega dieeti. Tõenäoliselt on uuringus avaldunud KSV osaliselt negatiivne mõju juhuslik leid, mis on seletatav uuritavate võrdlemisi väikese arvuga ning suure individuaalse varieeruvusega lõpuspurdil arendatud võimsuse osas.

Antud uuringus ulatus keskmine SLS 2000 m ajasõidul 95–97% maksimaalsest SLS-ist ning RPE oli pärast sooritust keskmiselt 9,5 palli 10-palli skaalal. Seejuures keskmine SLS ega RPE ei erinenud enne ja pärast KSV-d. Seega ei saa madalamat lõpuspurdi võimsust pärast KSV-d seletada vähema pingutusega. Varasemates uuringutes ei ole samuti kõrgendatud süsivesikute tarbimine mõjutanud RPE-d erinevates koormustingimustes (Bottoms *et al.*, 2014; Scott *et al.*, 2015; Skein *et al.*, 2012).

Antud uuringus tõusis laktaadi kontsentratsioon sõudjate veres pärast pingutust ligikaudu tasemeni 16 mmol/l, mis iseloomustab füsioloogiliselt koormavat pingutust. See tulemus on sarnane Cosgrove *et al.* (1999) ja Nielsen *et al.* (2022) uuringutes täheldatuga. Laktaadi ega glükoosi kontsentratsioonides MSV ja KSV vahelist erinevust ei esinenud, mis näitab, et toidu süsivesikute sisaldusega manipuleerimine ei muutnud ainevahetuse reaktsiooni 2000 m ajasõidule. Ka Cornford & Metcalfe (2019) ja Bottoms *et al.* (2014) leidsid, et erinevused süsivesikute tarbimises ei pruugi mõjutada laktaadi ja glükoosi tasemete muutusi sõudjate veres sõudeergomeetril töötamisel. Siiski väärib tähelepanu asjaolu, et MSV korral laktaadi taseme tõusu ulatus veres 2000 m ajasõidu vältel enne ja pärast dieedimanipulatsiooni ei erinenud, kuid KSV puhul oli see tõus pärast

dieedimanipulatsiooni tugevamalt väljendunud. See nähtus võib olla seotud süsivesikute veidi suurema kasutusega pärast KSV-d anaeroobse laktaatse energiasüsteemi poolt tänu süsivesikute mõnevõrra paremale kättesaadavusele.

Käesolevas uuringus enne dieedimanipulatsioone kutsus 2000 m ajasõit esile reie nelipealihase isomeetrilise jõu olulise vähenemise. Antud tulemus on kooskõlas Husmann *et al.* (2017) poolt täheldatuga ning kinnitab, et 2000 m ajasõit sõudeergomeetril on tugev pingutus, mis kutsub esile nimetatud lihasgrupi märgatava väsimuse. Husmann *et al.* (2017) hinnangul on antud situatsioonis tegemist peamiselt tsentraalse väsimusega. Käesolevas uuringus aga pärast MSV või KSV rakendamist 2000 m ajasõit sõudjate reie nelipealihase isomeetrilise jõu langust esile ei kutsunud. Näib tõenäoline, et mõlemad dieedimanipulatsioonid tagasid piisava süsivesikute kättesaadavuse taastumise varases faasis, mis võis kiirendada isomeetrilise jõu näitajate normaliseerumist pärast 2000 m ajasõitu. Teaduskirjanduse andmetel võib süsivesikute kättesaadavus pärast kõrge intensiivsusega tööd taastumise seisukohalt olla oluline (Henselmans *et al.*, 2022; Knuiman *et al.*, 2015).

Käesolevas uuringus jäi reie nelipealihase arendatav isokineetiline jõumoment muutumatuks nii erinevate dieedimanipulatsioonide kui ka 2000 m ajasõidu puhul. Seevastu Ihász *et al.* (2025) pilootuuringus täheldati isokineetilise jõumomendi langust 2000 m ajasõidu mõjul ligikaudu 20% ulatuses. Lahknevused käesoleva uuringu ja Ihász *et al.* (2025) andmete vahel võivad tuleneda valimi erinevusest, kuna viimasel juhul olid enam kui pool uuritavatest naised. Samas nende uuritavate puhul oli tegemist eliitklassi sportlastega. Tähtsust võib omada ka asjaolu, et sõudmise 2000 m ajasõidus rekruteeritakse peamiselt I ja IIA tüüpi lihaskiude, kusjuures suurem koormus langeb siiski I tüüpi lihaskiududele. Lühiajalise maksimaalse tahtelise pingutuse korral, nagu isokineetilise jõumomendi hindamisel, aktiveeruvad aga suuremal määral II tüüpi lihaskiud (Ian Gee *et al.*, 2016; Volianitis *et al.*, 2020). Sel põhjusel ei pruugi isokineetilise jõutesti tulemused adekvaatselt peegeldada lihase väsimust, mis on tingitud 2000 m ajasõidust sõudeergomeetril. Arvestada tuleb ka asjaoluga, et neuromuskulaarse funktsiooni langus avaldub selgemini siis, kui glükogeeni kontsentratsioon lihases langeb alla kriitilise piiri, mis on ligikaudu 250–300 mmol/kg kuivkaalu kohta (Henselmans *et al.*, 2022; Knuiman *et al.*, 2015). Sõudeergomeetril 2000 m ajasõit on küll väga kõrge intensiivsusega pingutus, aga suhteliselt lühiajaline, mistõttu glükogeeni taseme langust nõnda madalale võib pidada ebatõenäoliseks.

Autorile teadaolevalt ei ole varasemalt uuritud lühiajalise toidu süsivesikute sisaldusega manipuleerimise mõju sõudja sooritusvõimele 2000 m ajasõidus. Käesoleva magistr töö tugevuseks võib pidada asjaolu, et uuring teostati standardsetes laboratoorsetes tingimustes. Samuti kontrolliti uuritavate poolt neile ette kirjutatud dieedi järgimist ning enne iga 2000 m ajasõitu nende veestaatus ja tajutud väsimuse astet. Tugevuseks on ka standardiseeritud ja valideeritud tehniliste

mõõtevahendite ja skaalade kasutamine, mis võimaldab antud töös saadud tulemusi võrrelda teiste uurijate andmetega. Uuringu väärtust tõstab teatud määral ka selles osalenud sõudjate suhteliselt kõrge sportlik kvalifikatsioon.

Siiski on oluline uuringu tulemuste tõlgendamisel arvestada rea limiteerivate teguritega. Esiteks ei mõõdetud glükogeeni kontsentratsiooni uuritavate lihastes tehniliste võimaluste puudumise tõttu. See ei võimalda järelduste tegemist selle kohta, mil määral rakendatud dieedimanipulatsioonid mõjutasid glükogeeni kontsentratsiooni lihastes. Teiseks ei olnud mõnede uuritavate puhul võimalik tõsta süsivesikute osakaalu toidus ilma, et ühtlasi suurenenuks tarbitava toiduenergia üldkogus. See asjaolu raskendab tulemuste tõlgendamist selles osas, kas neid mõjutas rohkem erinev süsivesikute osakaal või summaarne toiduenergia kogus. Kolmandaks ei olnud võimalik tagada pimeuuringu tingimusi, mistõttu võisid toidu koguse ja koostise muutused mõjutada uuritavate ootusi ühe või teise dieedi toime suhtes. Neljandaks, valimi väiksus piiras tulemuste üldistatavust laiemale populatsioonile ja vähendas statistiliselt oluliste muutuste tuvastamise tõenäosust. Valimi väiksus oli tingitud raskustest sobiva kvalifikatsiooniga sportlaste värbamisel seoses asjaoluga, et uuringus oli tegemist märkimisväärselt suurte ja korduvate kehaliste koormustega ning uuritava jaoks suure ajakuluga.

Töö tulemused võivad osutada kasulikuks sõudjatele ja sõudmistreeneritele, kes otsivad võimalusi sportlaste sooritusvõime parandamiseks tuginedes toidu ja toitumise optimeerimisele. Edaspidistes uuringutes on soovitatav kaasata suurem valim, et tulemused oleksid üldistatavad suuremale populatsioonile.

6. JÄRELDUSED

Kõrge süsivesikute sisaldusega dieet võrreldes mõõduka süsivesikute sisaldusega dieediga nelja päeva vältel enne töövõime testi:

1. ei paranda treenitud sõudja tulemust 2000 m ajasõidus sõudeergomeetril;
2. ei mõjuta 2000 m ajasõidus arendatud võimsust ega südame löögisagedust;
3. ei mõjuta laktaadi ja glükoosi kontsentratsiooni muutust veres 2000 m ajasõidus;
4. ei mõjuta subjektiivselt tajutava pingutuse raskusastet 2000 m ajasõidus;
5. ei mõjuta reie nelipealihase jõunäitajaid enne ega pärast 2000 m ajasõitu.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. Astridge, D. J., Peeling, P., Goods, P. S. R., Girard, O., Watts, S. P., Dennis, M. C., & Binnie, M. J. (2023). Shifting the energy toward los angeles: comparing the energetic contribution and pacing approach between 2000- and 1500-m maximal ergometer rowing. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 19(2), 133–141. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2023-0216>
2. Blervaque, L., Bowen, M., Chatel, B., Corbex, E., Dalmais, E., & Messonnier, L. A. (2022). Is the energy cost of rowing a determinant factor of performance in elite oarsmen? *Frontiers in Physiology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.827932>
3. Boegman, S., & Dziedzic, C. E. (2016). Nutrition and supplements for elite open-weight rowing. *Current Sports Medicine Reports*, 15(4), 252–261. <https://doi.org/10.1249/JSR.0000000000000281>
4. Borg, G. (1998). *Borg's Perceived Exertion and Pain Scales*. Esimene väljaanne. Human Kinetics.
5. Bottoms, L., Westhead, R., Evans, J., Blyth, J., Sleet, T., & Sinclair, J. (2014). The effects of carbohydrate ingestion on 30 minute rowing time trial performance. *Comparative Exercise Physiology*, 10(4), 247–252. <https://doi.org/10.3920/CEP140018>
6. Burge, C. M., Carey, M. F., & Payne, W. R. (1993). Rowing performance, fluid balance, and metabolic function following dehydration and rehydration. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 25(12), 1358.
7. Burke, L. M., Hawley, J. A., Wong, S. H. S., & Jeukendrup, A. E. (2011). Carbohydrates for training and competition. *Journal of Sports Sciences*, 29(sup1), S17–S27. <https://doi.org/10.1080/02640414.2011.585473>
8. Burke, L. M., van Loon, L. J. C., & Hawley, J. A. (2017). Postexercise muscle glycogen resynthesis in humans. *Journal of Applied Physiology*, 122(5), 1055–1067. <https://doi.org/10.1152/jap.00860.2016>
9. Busta, J., Hellebrand, J., Kinkorová, I., & Macas, T. (2023). Morphological and hand grip strength characteristics and differences between participants of the 2022 world rowing championship. *Frontiers in Sports and Active Living*, 5. <https://doi.org/10.3389/fspor.2023.1115336>
10. Cerasola, D., Bellafore, M., Cataldo, A., Zangla, D., Bianco, A., Proia, P., Traina, M., Palma, A., & Capranica, L. (2020). Predicting the 2000-m rowing ergometer performance from anthropometric, maximal oxygen uptake and 60-s mean power variables in national level young rowers. *Journal of Human Kinetics*, 75(1), 77–83. <https://doi.org/10.2478/hukin-2020-0038>
11. Cornford, E., & Metcalfe, R. (2019). Omission of carbohydrate-rich breakfast impairs evening 2000-m rowing time trial performance. *European Journal of Sport Science*, 19(1), 133–140. <https://doi.org/10.1080/17461391.2018.1545052>
12. Cosgrove, M. J., Wilson, J., Watt, D., & Grant, S. F. (1999). The relationship between selected physiological variables of rowers and rowing performance as determined by a 2000 m ergometer test. *Journal of Sports Sciences*, 17(11), 845–852. <https://doi.org/10.1080/026404199365407>
13. Diry, A., Ratel, S., Nevill, A., & Maciejewski, H. (2022). What is the physiological impact of reducing the 2,000 m Olympic distance in rowing to 1,500 m and 1,000 m for French young competitive rowers? Insights from the energy system contribution. *Frontiers in Physiology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.896975>
14. ERR. (2023). *100 spordihetke | Eesti sõudjad*. ERR. <https://sport.err.ee/1609169350/100-spordihetke-estti-soudjad>

15. Ha, S.-M., Ha, M.-S., & Lee, M. (2025). Acute endocrine, immune, and muscle damage responses following a 2,000-m rowing time trial in elite male athletes. *Frontiers in Physiology*, 16, 1712471. <https://doi.org/10.3389/fphys.2025.1712471>
16. Hearnis, M. A., Hammond, K. M., Fell, J. M., & Morton, J. P. (2018). Regulation of muscle glycogen metabolism during exercise: implications for endurance performance and training adaptations. *Nutrients*, 10(3), 298. <https://doi.org/10.3390/nu10030298>
17. Henselmans, M., Bjornsen, T., Hedderman, R., & Varvik, F. T. (2022). The effect of carbohydrate intake on strength and resistance training performance: a systematic review. *Nutrients*, 14(4), 856. <https://doi.org/10.3390/nu14040856>
18. Huerta Ojeda, A., & Riquelme Guerra, M. (2023). Six-minute rowing test: A practical tool for training prescription, from ventilatory thresholds and power outputs, in amateur male rowers. *PeerJ*, 11, e16160. <https://doi.org/10.7717/peerj.16160>
19. Husmann, F., Gube, M., Felser, S., Weippert, M., Mau-Moeller, A., Bruhn, S., & Behrens, M. (2017a). Central factors contribute to knee extensor strength loss after 2000-m rowing in elite male and female rowers. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 49(3), 440. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001133>
20. Husmann, F., Gube, M., Felser, S., Weippert, M., Mau-Moeller, A., Bruhn, S., & Behrens, M. (2017b). Central factors contribute to knee extensor strength loss after 2000-m rowing in elite male and female rowers. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 49(3), 440–449. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001133>
21. Ian Gee, T., Caplan, N., Christian Gibbon, K., Howatson, G., & Grant Thompson, K. (2016). Investigating the effects of typical rowing strength training practices on strength and power development and 2,000 m rowing performance. *Journal of Human Kinetics*, 50, 167–177. <https://doi.org/10.1515/hukin-2015-0153>
22. Ihász, F., Takács, J., Alföldi, Z., Kósa, L., Podstawski, R., Ferraz, A., Hincă, B., Barthalos, I., & Katona, Z. B. (2025). A pilot study of the effect of locomotor and mechanical loads on elite rowers during competition days. *Sports*, 13(8), 254. <https://doi.org/10.3390/sports13080254>
23. Järvela, O., Arike, V., Jagomägi, J., Juhkami, K., Juhkami, M., *et al.* (2024). Statistika. Järvela, O., *Pariis 2024: XXXIII olümpiamängud* (355–356). Hea Lugu.
24. Kim, J., & Kim, E.-K. (2020). Nutritional strategies to optimize performance and recovery in rowing athletes. *Nutrients*, 12(6), 1–13. Scopus. <https://doi.org/10.3390/nu12061685>
25. Knuiman, P., Hopman, M. T. E., & Mensink, M. (2015). Glycogen availability and skeletal muscle adaptations with endurance and resistance exercise. *Nutrition & Metabolism*, 12, 59. <https://doi.org/10.1186/s12986-015-0055-9>
26. Lundby, C., Mazza, O., Nielsen, J., Haubro, M., Kvorning, T., Ørtenblad, N., & Gejl, K. D. (2024). Eight weeks of heavy strength training increases hemoglobin mass and $\dot{V}O_{2peak}$ in well-trained to elite female and male rowers. *Journal of Applied Physiology*, 136(1), 1–12. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00587.2023>
27. Mäestu, J., Jürimäe, J., & Jürimäe, T. (2005). Monitoring of performance and training in rowing. *Sports Medicine*, 35(7), 597–617. <https://doi.org/10.2165/00007256-200535070-00005>
28. Mäestu, J., Lelle, R., Mäestu, E., Pind, R., Vahtra, E., Purge, P., & Mikulic, P. (2023). Long-term rowing performance development in male olympic and world championship medal winners compared with nonmedalists. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 37(9), e521. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000004479>
29. Maughan, R. J., & Poole, D. C. (1981). The effects of a glycogen-loading regimen on the capacity to perform anaerobic exercise. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 46(3), 211–219. <https://doi.org/10.1007/BF00423397>
30. Micklewright, D., St Clair Gibson, A., Gladwell, V., & Al Salman, A. (2017). Development and validity of the rating-of-fatigue scale. *Sports Medicine (Auckland, N.z.)*, 47(11), 2375–2393. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0711-5>

31. Mikulic, P., & Gulin, J. (2024). The physiological and performance development of two multiple olympic champion rowers: a 20-year follow-up study. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 56(11), 2211–2219. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000003504>
32. Nielsen. (1999). pH after competitive rowing: The lower physiological range? *Acta Physiologica Scandinavica*, 165(1), 113–114. <https://doi.org/10.1046/j.1365-201x.1999.00485.x>
33. Nielsen, H. B., & Christensen, P. M. (2020). Rower with Danish record in maximal oxygen uptake. *Ugeskrift for Laeger*, 182(8), V10190610.
34. Nielsen, H. B., Volianitis, S., & Secher, N. H. (2022). Dose of bicarbonate to maintain plasma ph during maximal ergometer rowing and consequence for plasma volume. *Frontiers in Physiology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.828708>
35. Ojeda, A. H., Guerra, M. R., Barahona-Fuentes, G. D. F., Yeomans-Cabera, M. M., & Martínez-García, D. (2025). Analysis and stratification of internal and external loads in rowers of different categories, age groups, and sex: A systematic review and metaanalysis. *Motriz Revista de Educação Física*, 31(1), e10230087–e10230087. <https://doi.org/10.5016/s1980-6574e10230087>
36. Penichet-Tomas, A., Jimenez-Olmedo, J. M., Pueo, B., & Olaya-Cuartero, J. (2023). Physiological and mechanical responses to a graded exercise test in traditional rowing. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(4), 3664. <https://doi.org/10.3390/ijerph20043664>
37. Penichet-Tomás, A., & Pueo, B. (2017). Performance conditional factors in rowing. *Retos: Nuevas Tendencias En Educación Física, Deporte y Recreación*, 238–240.
38. Popowski, L. A., Oppliger, R. A., Patrick Lambert, G., Johnson, R. F., Kim Johnson, A., & Gisolfi, C. V. (2001). Blood and urinary measures of hydration status during progressive acute dehydration. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33(5), 747.
39. Schünemann, F., Park, S.-Y., Wawer, C., Theis, C., Yang, W.-H., & Gehlert, S. (2023). Diagnostics of $v_{\text{la,max}}$ and glycolytic energy contribution indicate individual characteristics of anaerobic glycolytic energy metabolism contributing to rowing performance. *Metabolites*, 13(3), 317. <https://doi.org/10.3390/metabo13030317>
40. Scott, A. T., O’Leary, T., Walker, S., & Owen, R. (2015). Improvement of 2000-m rowing performance with caffeinated carbohydrate-gel ingestion. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 10(4), 464–468. Scopus. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2014-0210>
41. Sebastia-Amat, S., Penichet-Tomas, A., Jimenez-Olmedo, J. M., & Pueo, B. (2020). Contributions of anthropometric and strength determinants to estimate 2000 m ergometer performance in traditional rowing. *Applied Sciences*, 10(18), 6562. <https://doi.org/10.3390/app10186562>
42. Simonsen, J., Sherman, W., Lamb, D., Dernbach, A., Doyle, J., & Strauss, R. (1991). Dietary carbohydrate, muscle glycogen, and power output during rowing training. *Journal of applied physiology*, 70(4), 1500–1505. <https://doi.org/10.1152/jappl.1991.70.4.1500>
43. Skein, M., Duffield, R., Kelly, B. T., & Marino, F. E. (2012). The effects of carbohydrate intake and muscle glycogen content on self-paced intermittent-sprint exercise despite no knowledge of carbohydrate manipulation. *European Journal of Applied Physiology*, 112(8), 2859–2870. <https://doi.org/10.1007/s00421-011-2253-0>
44. Stellingwerff, T., Maughan, R. J., & Burke, L. M. (2011). Nutrition for power sports: Middle-distance running, track cycling, rowing, canoeing/kayaking, and swimming. *Journal of Sports Sciences*, 29(sup1), S79–S89. <https://doi.org/10.1080/02640414.2011.589469>
45. Thomas, D. T., Erdman, K. A., & Burke, L. M. (2016). Nutrition and Athletic Performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 48(3), 543–568. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000852>

46. Tran, J., Rice, A. J., Main, L. C., & Gastin, P. B. (2015). Profiling the training practices and performance of elite rowers. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 10(5), 572–580. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2014-0295>
47. Treff, G., Winkert, K., & Steinacker, J. (2021). Olympic rowing – maximum capacity over 2000 meters. *Deutsche Zeitschrift Für Sportmedizin/German Journal of Sports Medicine*, 72(4), 203–211. <https://doi.org/10.5960/dzsm.2021.485>
48. van der Woude, D. R., Ruyten, T., & Bartels, B. (2022). Reliability of muscle strength and muscle power assessments using isokinetic dynamometry in neuromuscular diseases: a systematic review. *Physical Therapy*, 102(10), pzac099. <https://doi.org/10.1093/ptj/pzac099>
49. Venckunas, T., Minderis, P., Silinskas, V., Buliuolis, A., Maughan, R. J., & Kamandulis, S. (2024a). Effect of low vs. High carbohydrate intake after glycogen-depleting workout on subsequent 1500 m run performance in high-level runners. *Nutrients*, 16(16), Article 16. <https://doi.org/10.3390/nu16162763>
50. Venckunas, T., Minderis, P., Silinskas, V., Buliuolis, A., Maughan, R. J., & Kamandulis, S. (2024b). Effect of low vs. High carbohydrate intake after glycogen-depleting workout on subsequent 1500 m run performance in high-level runners. *Nutrients*, 16(16), 2763. <https://doi.org/10.3390/nu16162763>
51. Vigh-Larsen, J. F., Ørtenblad, N., Spriet, L. L., Overgaard, K., & Mohr, M. (2021). Muscle glycogen metabolism and high-intensity exercise performance: a narrative review. *Sports Medicine*, 51(9), 1855–1874. <https://doi.org/10.1007/s40279-021-01475-0>
52. Vitale, K., & Getzin, A. (2019). Nutrition and supplement update for the endurance athlete: review and recommendations. *Nutrients*, 11(6), 1289. <https://doi.org/10.3390/nu11061289>
53. Volianitis, S., Yoshiga, C. C., & Secher, N. H. (2020). The physiology of rowing with perspective on training and health. *European Journal of Applied Physiology*, 120(9), 1943–1963. <https://doi.org/10.1007/s00421-020-04429-y>
54. Winkert, K., Steinacker, J. M., Koehler, K., & Treff, G. (2022). High energetic demand of elite rowing – implications for training and nutrition. *Frontiers in Physiology*, 13. Scopus. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.829757>
55. Yusof, A. A. M., Harun, M. N., Nasruddin, F. A., & Syahrom, A. (2022). Rowing biomechanics, physiology and hydrodynamic: a systematic review. *International Journal of Sports Medicine*, 43(07), 577–585. <https://doi.org/10.1055/a-1231-5268>

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Kristin Valge,

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) minu loodud teose “Toidu süsivesikute sisaldusega manipuleerimise mõju treenitud sõudjate sooritusvõimele 2000 meetri distantsil”, mille juhendajad on Vahur Ööpik ja Priit Purge, reprodutseerimiseks eesmärgiga seda säilitada, sealhulgas lisada digitaalarhiivi DSpace kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.
2. Annan Tartu Ülikoolile loa teha punktis 1 nimetatud teos üldsusele kättesaadavaks Tartu Ülikooli veebikeskkonna, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace kaudu Creative Commons'i litsentsiga CC BY NC ND 4.0, mis lubab autorile viidates teost reprodutseerida, levitada ja üldsusele suunata ning keelab luua tuletatud teost ja kasutada teost ärieesmärgil, kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.
3. Olen teadlik, et punktides 1 ja 2 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
4. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei riku ma teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse õigusaktidest tulenevaid õigusi.

Kristin Valge

18.05.2026