

TARTU ÜLIKOOL
sporditeaduste ja füsioteraapia instituut

Marie Lindepuu

**JALALIHASTE JÕU, KEHA KOOSTISE JA AEROOBSE TÖÖVÕIME SEOSSED
VÕISTLUSTULEMUSTEGA 15–18-AASTASTEL MEESUJUJATEL**

**Relationships Between Lower Limb Muscle Strength, Body Composition, and Aerobic
Capacity and Competitive Performance in 15–18-Year-Old Male Swimmers**

Magistritöö

kehalise kasvatus ja spordi õppekava

Juhendajad:

Teadur L. Remmel, PhD

Professor J. Jürimäe, PhD

Tartu, 2026

SISUKORD

1. LÜHENDID.....	3
2. LÜHIÜLEVAADE.....	4
3. ABSTRACT.....	5
4. KIRJANDUSE ÜLEVAADE.....	6
4.1. Ujumissooritust mõjutavad tegurid noorujumatel.....	7
4.2. Ujujate antropomeetrilised näitajad ja keha koostis.....	8
4.3. Jalalihaste jõud ja selle roll ujumissoorituses.....	9
4.4. Aeroobne tövõime ja selle seos ujumissooritusega.....	10
4.5. Soorituse hindamine võistlusujumises.....	11
5. TÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED.....	12
6. METOODIKA.....	13
6.1. Uuritavad.....	13
6.2. Uuringu üldine korraldus.....	13
6.3. Antropomeetrilised mõõtmised.....	13
6.4. Keha koostise määramine.....	14
6.5. Kehalise tövõime määramine.....	14
6.6. Jõunäitajate hindamine.....	14
6.7. Võistlustulemuste analüüs.....	15
6.8. Andmete statistiline analüüs.....	15
6.9. Autori roll uuringuprotsessis.....	15
7. TÖÖ TULEMUSED.....	17
8. ARUTELU.....	20
8.1. Jalalihaste jõu seos ujumise võistlustulemusega.....	20
8.2. Keha koostise näitajate seos ujumise võistlustulemusega.....	22
8.3. Maksimaalse hapnikutarbimise seos ujumise võistlustulemusega.....	24
8.4. Uuringu tugevused ja võimalikud puudujäägid.....	25
9. JÄRELDUSED.....	27
10. KASUTATUD KIRJANDUS.....	28
Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks.....	32

1. LÜHENDID

KMI – kehamassiindeks

SD – standardhälve (standard deviation)

VO₂max – maksimaalne hapnikutarbimine

WA – World Aquatics

2. LÜHIÜLEVAADE

Eesmärk: Käesoleva magistritöö eesmärgiks oli analüüsida 15–18 aastaste meesujajate jalalihaste jõu, keha koostise ja aeroobse töövõime seoseid 100 ja 400 meetri vabaujumise võistlustulemustega pikaraja basseinis.

Metoodika: Uuringus osales 17 noormeest vanuses 15–18 eluaastat, kes on ujumises Eesti tiptasemel ja kes treenisid regulaarselt keskmiselt 15 h nädalas, mis sisaldas ujumis- ja jõusaalitreeninguid. Uuring viidi läbi Tartu Ülikooli Sporditeaduste ja füsioteraapia instituudis. Uuritavatel mõõdeti antropomeetrilised näitajad ja keha koostise näitajad DXA (*dual energy X-ray absorptiometry*) aparaadiga. Sooritati ka kasvava koormusega test veloergomeetril kuni suutlikkuseni, kus mõõdeti ujujate kehalise töövõime näitajad. Jalalihaste maksimaalne isokineetiline jõud määrati 60°/s ja 180°/s nurkkiirusel ning jalalihaste isokineetiline jõu-vastupidavus määrati reie nelipealihase 20 korduse jooksul nurkkiirusel 200°/s. Uuringus on kasutatud noormeeste 100 ja 400 meetri pikaraja vabaujumise võistlustulemusi, mis on arvesse võetud 31.12.2025 seisuga. Suurim World Aquatics (WA) punktisumma on uuringus osalejate seas 806, mis näitab kõrgetasemelist valimit.

Tulemused: Uuringus leiti statistiliselt oluline seos reie nelipealihase isokineetilise kogutöö ja 100 m vabaujumise tulemuse vahel ($r = 0,518$; $p = 0,033$). Teiste määratud füsioloogiliste näitajate ning WA punkt tulemuste vahel seoseid ei leitud. 400 m vabaujumise tulemuse ja ühegi uuritud näitaja vahel samuti statistiliselt olulisi seoseid ei leitud ($p > 0,05$).

Kokkuvõte: Saadud tulemused viitavad sellele, et maksimaalset ujumissooritust mõjutavad tegurid on distantsispetsiifilised ning mitmefaktorilised. Üksikute füsioloogiliste näitajate ja võistlustulemuste vahel valdavalt statistiliselt olulisi seoseid ei ilmnenud. See tähendab, et enamik uuritud näitajaid ei olnud ei 100 m ega 400 m vabaujumise tulemuste seisukohalt määrava tähtsusega.

Märksõnad: ujumised, keha koostis, aeroobne töövõime, jalalihaste jõud, võistlustulemus

3. ABSTRACT

Aim: The aim of this Master's thesis was to analyze the relationships of lower limb muscle strength, body composition, and aerobic capacity with competitive performance in 100 m and 400 m freestyle events in a long-course pool among 15–18-year-old male swimmers.

Methods: A total of 17 male swimmers aged 15–18 years participated in the study. The participants competed at the national elite level in Estonia and trained on average 15 hours per week, including both swimming and strength training sessions. The study was conducted at the Institute of Sport Sciences and Physiotherapy, University of Tartu. Anthropometric characteristics and body composition were assessed using a DXA (*dual-energy X-ray absorptiometry*) device. In addition, an incremental exercise test to exhaustion was performed on a cycle ergometer to evaluate the swimmers' physical work capacity. Isokinetic performance of the lower limbs was characterized by measuring peak torque at angular velocities of 60°/s and 180°/s, as well as the total work of the quadriceps femoris muscle during 20 repetitions at an angular velocity of 200°/s. The study used the male swimmers' 100 m and 400 m long-course freestyle competition results, recorded as of 31.12. 2025. The highest World Aquatics (WA) score among the participants was 806, indicating a high-level sample.

Results: A statistically significant relationship was found between the isokinetic total work of the quadriceps femoris muscle and 100 m freestyle performance ($r = 0.518$; $p = 0.033$). No statistically significant relationships were observed between the other investigated physiological variables and WA points. Similarly, no statistically significant relationships were found between 400 m freestyle performance and any of the measured variables ($p > 0.05$).

Conclusion: The results indicate that competitive swimming performance is related to distance-specific and multifactorial determinants and is not related to measured individual physiological variables alone. Accordingly, most of the investigated physiological variables were not decisive factors in relation to either 100 m or 400 m freestyle performance.

Keywords: swimmers, body composition, aerobic capacity, lower limb muscle strength, performance

4. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

Ujumine on üks enim harrastatavaid spordialasid maailmas ning sellel on oluline roll nii tippspordis, tervisespordis kui ka taastusravis. Rahvusvahelisel tasandil tõusis võistlusujumine esile pärast selle lisamist kaasaegsete olümpiamängude kavasse 1896. aastal (The Editors of Encyclopaedia Britannica, 2026). Eestis on ujumine samuti laialt levinud – ujumise harrastajaid on ligi 20 000 ning tegevorganisatsioone üle saja (Spordiregister, 29.03.2026). Ujumises eristatakse nelja põhiujumisstiili ning kombineeritult moodustavad need kompleksujumise võistlusala. Erinevate ujumisstiilide energiakulu on väga varieeruv. Kõige ökonoomsem stiil on vabaujumine (kõhuli kroom), millele järgnevad seliliujumine, liblikujumine ja kõige vähem ökonoomsem on rinnuliujumine (Pyne & Sharp, 2014).

Võistlusujumine on mitmefaktoriline spordiala, kus sooritust mõjutab erinevate kehaliste, tehniliste ja antropomeetriliste näitajate koosmõju (Price et al., 2024; Barbosa et al., 2010). Erinevate ujumisdistsantside ja vanusegruppide puhul võivad nende tegurite suhteline tähtsus ja omavahelised seosed oluliselt erineda. Eriti oluline on see noorujujate puhul, kelle organism on arengufaasis ning kelle kehalised võimed muutuvad kiiresti (Moraes et al., 2017). On leitud, et noortel kasvavatel ja küpsevatel ujujatel määravad biomehaanilised tegurid kuni 90,3% 100 m vabaujumise tulemuse varieeruvusest (Barbosa et al., 2010). Barbosa et al. (2010) on kirjeldanud oma uuringus, et ujumissooritust mõjutav ahel on järgmine:

1. biomehaanika
2. energeetika
3. sooritus.

Kuigi varasemad uuringud on käsitletud üksikute kehaliste näitajate mõju ujumissooritusele, on nende tegurite seost võistlustulemusega noorujujate seas endiselt piiratud koguses uuritud (Price et al., 2024). Noorujujate sooritusvõimet mõjutavad lisaks treenitusele ka organismi individuaalsed arenemis- ja küpsemiserinevused (Malina et al., 2015). Samuti on vähe uuringuid, mis käsitleksid samaaegselt mitme kehalise näitaja ja ujumise võistlustulemuse vahelist korrelatsiooni just noorukieas sportlaste seas.

Varasemates uurimustes on suurem tähelepanu suunatud sprindidistsantsidele, eelkõige 100 m vabaujumisele (Lätt et al., 2010). Vähem on käsitletud 400 m distantsi ja sellega seotud füsioloogiliste näitajate rolli. Lisaks on piiratud uuringud, mis analüüsiks kehaliste

näitajate seoseid standardiseeritud World Aquatics punktitledustega, mis võimaldavad võrrelda erinevate distantside ja tulemuste taset.

Sellest tulenevalt pakub huvi täiendavalt uurida noorujate jalalihaste jõu, keha koostise ja aeroobse töövõime seoseid ujumissooritusega nii sprindi- kui ka keskmaadistantsidel. Käesolev magistritöö keskendub 15–18-aastaste tiptasemel meesujate võistlustulemuste ja valitud füsioloogiliste näitajate seoste analüüsimisele pikaraja basseinis.

4.1. Ujumissooritust mõjutavad tegurid noorujatel

Ujumissooritust mõjutavad mitmed omavahel seotud füsioloogilised, antropomeetrilised, psühholoogilised ning tehnilised omadused. Noorte ujude puhul mängivad kesket rolli nende pidev kasv ja bioloogiline küpsemine, mis avaldavad otsest mõju nii nende kehalistele võimetele kui ka tehniliste oskuste kujunemisele (Morais et al., 2017). Täiskasvanutega võrreldes on noorte areng pidevas muutumises. Nende kehalised proportsioonid ja ainevahetussüsteemid arenevad kiiresti, mistõttu on sooritusvõime prognoosimine keerulisem (Lätt et al., 2010; Price et al., 2024).

Costa et al. (2012) uuringus on välja toodud, et ujumissooritus on tugevalt seotud organismi energeetiliste muutujatega. Need omakorda sõltuvad ujuja antropomeetriast ja tehnilisest efektiivsusest. See tähendab, et ujuja võistlustulemust mõjutavad otseselt tema tehniline sooritus, mis määrab ka sportlase organismi energiakulu suuruse. Selline käsitus toetab käesolevas töös kasutatud lähenemist, kus vaadeldakse paralleelselt erinevate tegurite seoseid võistlustulemusele.

Teadusuuringud on leidnud, et noorujate võistlustulemusele on kõige mõjusam roll ujumise biomehaanilistel näitajatel. Lätt et al., (2010) uuringus on välja toodud, et biomehaanilised tegurid olid peamised 100 m vabaujumise tulemuse varieeruvuse selgitajad, hõlmates sellest 90,3%. Sellele järgnesid antropomeetrilised (45,8%) ja füsioloogilised (45,2%) näitajad. Parimaks üksikuks võistlustulemuse ennustajaks osutus tõmbeindeks, samas kui käte siruulatus ja laktaadinäit olid vastavalt parimad antropomeetrilised ja füsioloogilised indikaatorid (Lätt et al. 2010). Morais et al. (2021) uuring leidis sarnaseid tulemusi, kus viitas samuti ujumise tõmbesageduse ja tõmbepikkuse olulisusele.

Ujumise sprindidistantsidel (kuni 100 m) on tulemus tugevamalt seotud lihasjõu ja -võimsusega, samas kui pikematel distantsidel omab suuremat olulisust aeroobne töövõime (Price et al., 2024). Samuti võivad võistlussooritust mõjutada biomehaanilise efektiivsuse ja liikumisökonoomsuse kaudu ujuja keha koostis ja antropomeetrilised näitajad. Noorukieas ujujate puhul tuleb arvestada bioloogilise küpsuse ja vanuseliste erinevustega, mis võivad mõjutada nii kehaliste näitajate taset kui ka nende seoseid võistlustulemustega (Price et al., 2024; Sokołowski et al., 2022).

Kokkuvõtteks võib öelda, et noorujujate arengus on oluline mõista, et ükski näitaja ei toimi eraldiseisvalt. See muudab noorte sooritusvõime hindamise väljakutseks, kus esmatähtis on vaadelda ujuja arengut kui tervikut, mitte eraldiseisvaid parameetreid üksikult.

4.2. Uujate antropomeetrilised näitajad ja keha koostis

Edukaks tiptasemel soorituseks vajab ujuja spetsiifilisi antropomeetrilisi omadusi (Shahidi et al., 2023). Võrreldes varasemate aastakümnete eliitujujatega, on tänapäeval rahvusvahelise tasemega sprinterujujad suurema pikkuse, kehamassi ning lihasmassi osakaaluga (Dopsaj et al., 2020; Barbosa et al., 2010). Samuti on ujujatel sageli suur käte siruulatus, mis võimaldab sooritada pikemaid tõmbeliigutusi (Pyne & Sharp, 2014). Need omadused toetavad tugevamat tõmbe-efektiivsust ja kiirust (Alves et al., 2022). Näiteks on 17-aastaste meesujujate keskmine kehapikkus tõusnud üle 185 cm (Dopsaj et al., 2020). On leitud, et antropomeetrilised tegurid võivad selgitada ligikaudu 45,8% 15-aastaste meesujujate sooritusest 100 m vabaujumises (Ferraz et al., 2020). Dassanayake et al. (2016) on võrrelnud noori ujujaid mitte-ujujatest eakaaslastega ning toonud välja, et puberteediealistel ujujatel on laiemad õlad ja kitsamad puusad. See kehaehitus on ujumises voolujoonelisuse eeliseks (Dassanayake et al., 2016).

Lisaks näitasid tulemused, et keha rasvamass oli ainus kogu keha koostisest, mis oli negatiivselt seotud kiirusega kõigis neljas ujumisstiilis. Suurem rasvamass viitab vajadusele suurema rasvavaba massi ja lihasjõu järele, et ujuja suudaks vees kiiremini edasi liikuda (Sammoud et al., 2018; Nevill et al., 2020). Samal ajal võib suurem rasvamass suurendada keha ristlõikepindala ning seeläbi kogutakistust (Alves et al., 2022). Need tulemused saadi uuringute analüüsimisel, kus osalesid 9–18 aastased noored ujujad.

Ujumises pööratakse erilist tähelepanu ülakeha lihasmassile ja -jõule, kuna just ülakeha jõud on olulisem ja määrab ujumiskiiruse võrreldes alakehaga. Uuringud on näidanud tugevat seost ($r = 0,93$; $p < 0,05$) ülakeha tugevuse ja sprindisoorituse vahel ujumises (Crowley et al., 2017). Seetõttu on jõutreeningu üks eesmärke saavutada kiirete lihaskiudude hüpertroofia, mis võimaldab arendada maksimaalset lihasvõimsust. Samas tuleb jälgida, et liigne lihahüpertroofia ei hakkaks ujumissooritust piirama, sest üks probleemidest võib olla sellisel juhul liigete liikumisulatus vähenemine (Crowley et al., 2017).

4.3. Jalalihaste jõud ja selle roll ujumissoorituses

Ujumine on tsükliline spordiala, kus on korraga töösse haaratud kõik lihasgrupid. Jalalihaste jõud ja plahvatuslik võimsus väljendavad ujuja võimet arendada lühikese ajavahemiku jooksul maksimaalne pingutus. Plahvatuslikkus on kriitilise tähtsusega eelkõige ujumise sprindi distantside startides ja pööretes, sest moodustavad märkimisväärse osa kogu võistlusajast (García-Ramos et al., 2016; Price et al, 2024).

Teadusuuringud on leidnud, et ujuja alakeha dünaamiline võimekus on oluline biomehaaniline eeldus, mis mõjutab otseselt tehniliste elementide (näiteks startide ja pöörete) sooritust. García-Ramos et al. (2016) uuringus leiti, et stardikiirust iseloomustavad kõige paremini lisaraskusega kükest hüpped, kus kasutati 25–100% ujuja kehakaalust. Testis sooritati kõik hüpped Smithi masinal, kus on kang fikseeritud asendis ning võimaldab liikuda otse vertikaalselt üles (García-Ramos et al., 2016)

Hoolimata jalalihaste jõu olulisest seosest stardiga, on nende roll üldises ujumistulemuses vaieldav. Leitud on ka vastupidiseid tulemusi, mis viitavad statistiliselt olulise seose puudumisele kuivamaa jõunäitajate ja võistlussoorituse vahel. Selvamoorthy et al. (2024) viitavad oma uuringus olulisele vastuolule: tavapärased jõusaalis tehtavad 1 kordusmaksimumi jõutestid (kukk, hüpped) ei ole head WA punktide ennustajad eliitujujate seas. See viitab sellele, et kuigi jalalihaste jõud on oluline konkreetsetes faasides, ei pruugi see automaatselt tähendada kõrgemat taset standardiseeritud punktis tabelis, mis hõlmab erinevaid ujumistiile ja -distantse.

4.4. Aeroobne töövõime ja selle seos ujumissooritusega

Ujumine on eelkõige vastupidavuslike alade juurde liigituv spordiala. Maksimaalne hapnikutarbimine (VO_2max) on oluline võistlustulemust iseloomustav näitaja enamikul vastupidavusaladel, sealhulgas võistlusujumises. Eriti suurt rolli mängib see distantsidel, mis on pikemad kui 100 meetrit (de Haan et al., 2024). Kuigi lühiajalistes pingutustes domineerib anaeroobne energiatootmine, panustab aeroobne mehhanism isegi 15-sekundilise maksimaalse ujumise ajal vähemalt 15–20% ulatuses (Ogita, 2006). Ujumisdistsantsi pikenemisega kasvab aeroobse süsteemi tähtsus kiiresti. 100 meetri distantsil on aeroobne panus ligikaudu 40–50%, 200 meetri puhul 60–69%, 400 meetri puhul 80–85% ning 800–1500 meetri distantsidel juba üle 94% kogu energiavajadusest (Ogita, 2006). Seega on aeroobne töövõime kriitiline komponent, mis määrab sportlase suutlikkuse säilitada suurt liikumiskiirust distantsi teises pooles, kus anaeroobsed varud ammenduvad

Rahvusvahelise tasemega eliitujujate puhul on VO_2max tavaliselt vahemikus $75,1 \pm 8,7$ ml/kg/min meestel ning $62,7 \pm 5,8$ ml/kg/min naistel (Fernandes & Vilas-Boas, 2012). Dassanayake et al. (2016) uuringu kohaselt on rahvusliku tasemega noorukite meesujujate (vanuses 13–19 aastat) keskmine VO_2max $47,9 \pm 7,6$ ml/kg/min. Võistlusujumise edu ei sõltu aga ainult hapnikutarbimise maksimaalsest tasemest, vaid ka ujuja ökonoomsusest ehk tehnilisest efektiivsusest.

Tippujujate puhul toimub suurim aeroobse töövõime areng hooaja esimestel kuudel, kus lihased on treeningstiimulitele tundlikumad. Seda arvestades on aeroobse fookusega treeningud kasulikud enne spetsiifilisema ja suure intensiivsusega treeningutega alustamist ehk ettevalmistusperioodil (Costa et al., 2012). Sealt edasi püsib aeroobne võimekus hooaja lõpuni peaaegu stabiilsena, kus treeningmahu suurendamine ei too enam kaasa märkimisväärsed muutusi (Costa et al., 2012). Ogita (2006) uuringus sooritati 6-nädalast ühtlast vastupidavustreeningut, mis tõstis VO_2max taset 53 ml/kg/min pealt 58 ml/kg/min. Treeningud koosnesid vastupidavus- ning intervalltreeningutest, mida tehti 5 päeva nädalas 6 nädala jooksul. Kirjeldatud vastupidavustreeningute intensiivsus oli 70% VO_2max -ist ning kestvus 60 minutit treeningu kohta ning intervalltreening koosnes 7–8 seeriast, kus iga harjutus kestis 20 sekundit intensiivsusega 170% VO_2max -ist, millele järgnes 10-sekundiline paus iga korduse vahel (Ogita, 2006). Seega näitas antud uuring, et kombineerides mõõduka intensiivsusega vastupidavustreeningut ülikõrge intensiivsusega intervallmeetodiga, on

võimalik saavutada oluline aeroobse läve tõus lühikese aja jooksul, mis on vajalik vundament spetsiifilisemaks ettevalmistuseks.

4.5. Soorituse hindamine võistlusujumises

Ujumises registreeritakse iga võistlustulemusena distantssi läbimiseks kulunud aeg ning selle juurde tuleb kindla valemi põhjal lisaks WA punktisumma. WA punktitablel võimaldab võrrelda ujumistulemuste tasemeid erinevate alade ja distantside vahel. Punktiväärtus näitab ujumistulemuse tugevust maailmatasemel, kus suurem punktisumma tähendab kõrgema tasemega võistlustulemust. Punktitableli väärtused määratakse igal aastal eraldi lühiraja ja pikaraja tulemuste jaoks. Baasajad määratakse kõikide individuaalalade ja teatevõistluste ujumisdistantide jaoks, eraldi meeste/naistele ning pikale- ja lühirajale. Baasajad määratakse igal aastal, tuginedes Maailma Ujumisliitu kinnitatud viimasele maailmarekordile. (World Aquatics, 2024; Selvamoorthy et al., 2024). Nii tuli näiteks 16-aastase meesujuja 400 m vabaujumise tulemuseks pikaraja basseinis ajaliselt 3:59.93, mis on WA punktides 771.

Käesolevas magistritöös kasutatakse WA punkte füsioloogiliste näitajatega võrdluses just seetõttu, et need võimaldavad standardiseeritud võrdlust erinevate tulemuste vahel. See on kokkuvõttes täpsem kui ainult ujumisdistanti läbimiseks kulunud aja jälgimine (Selvamoorthy et al., 2024).

5. TÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED

Magistritöö eesmärk on analüüsida 15–18-aastaste meesujate jalalihaste jõu, keha koostise ja aeroobse töövõime seoseid 100 ja 400 meetri vabaujumise võistlustulemustega pikaraja basseinis.

Eesmärgi saavutamiseks püstitati järgmised ülesanded:

1. Hinnata 15–18-aastaste meesujate jalalihaste isokineetilist jõudu erinevatel nurkkiirustel;
2. Hinnata uuritavate keha rasvaprotsenti ja lihasmassi;
3. Hinnata uuritavate aeroobset töövõimet;
4. Koguda ja analüüsida 100 ja 400 meetri vabaujumise võistlustulemusi pikaraja basseinis;
5. Analüüsida erinevate füsioloogiliste näitajate (jalalihaste jõud, keha koostis ja aeroobne töövõime) seoseid 100 m vabaujumise tulemustega;
6. Analüüsida füsioloogiliste näitajate (jalalihaste jõud, keha koostis ja aeroobne töövõime) seoseid 400 m vabaujumise tulemustega.

6. METOODIKA

6.1. Uuritavad

Käesolev uuring on kvantitatiivne läbilõikeline uuring. Uuringus osalesid 15–18-aastased meessoost ujumised (n=17), kelle treeningmaht oli vähemalt 9 h nädalas. Sportlased treenisid igapäevaselt kõrgel tasemel ning osalesid nii Eesti-sisestel kui ka rahvusvahelistel ujumisevõistlustel. Samuti oli sportlaste tervislik seisund hea ning ei olnud vastunäidustusi osalemiseks. Enamik uuritavatest olid Tartus elavad ning treenivad noormehed, kuid kaks osalejat olid ka Ida-Virumaalt ning Tallinnast. Valimi tugevuseks on asjaolu, et noormehed olid Eesti tipptasemel sportlased, mitte harrastustasemel ujumised. Sageli ei leia tippsportlased oma tiheda graafiku juures aega uuringutes osalemiseks. Käesolev uuring pakkus aga kasulikku tagasisidet kõikidele osapooltele ning ei olnud treeninguid suuresti mõjutav.

6.2. Uuringu üldine korraldus

Käesolev magistr töö on osa Tartu Ülikooli sporditeaduste ja füsioteraapia instituudi doktorandi Ave Kängsepa doktoritöö projektist, mille teemaks on „Energiatasakaalu iseloomustavad vere biokeemilised markerid noorsportlastel: seosed treeningukoormuse, kehalise võimekuse ja keha koostise näitajatega“. Uuringu läbiviimiseks saadi luba Tartu Ülikooli Inimuuringute eetikakomiteelt (luba number 371/T-6).

Uuringus osalemine oli vabatahtlik ning kõik osalejad andsid kirjaliku informeeritud nõusoleku. Alaealiste puhul koguti lisaks lapsevanema või seadusliku eestkostja kirjalik nõusolek. Ujumised osalesid uuringus ajavahemikus 2024. aasta novembrist kuni 2025. aasta aprillini.

6.3. Antropomeetrilised mõõtmised

Uuritavate mõõtmised viidi läbi Tartu Ülikooli sporditeaduste ja füsioteraapia instituudi laboritingimustes. Esmalt sooritati antropomeetrilised mõõtmised. Vaatlusaluste kehapiikkus mõõdeti Seca antropomeetriga täpsusega 0,1 cm. Kehamassi mõõtmiseks kasutati

A&D Instruments Ltd. seadet täpsusega 0,05 kg. KMI arvutati valemi alusel: kehamass (kg) jagatud pikkuse ruuduga (m²).

6.4. Keha koostise määramine

Antropomeetriliste mõõtmistele järgnes keha koostise määramine, mille käigus määrati keha rasvaprotsent, lihas- ja luumass. See toimus DXA (ingl Dual-energy X-ray absorptiometry) meetodil, kasutades Hologic Discovery W (DPX-IQ densitomeeter, USA) seadet. Protseduuri viis läbi kvalifitseeritud töötaja. Mõõtmise ajal viibis uuritav umbes 10 minutit liikumatult seliliasendis, mille käigus seade skaneeris kogu keha.

6.5. Kehalise töövõime määramine

Maksimaalse hapnikutarbimise (VO₂max) määramiseks viidi uuritavatel läbi kasvavate koormustega test veloergomeetril. Koormustest viidi läbi astmelise protokollina, kus iga aste kestis 1 minut ning koormus suurenes 20 W astmetena. Esimene koormus oli 40 W. Test toimus maksimaalse pingutuseni ning lõpetamine oli uuritava soovil. Kuna ujumise energiakulu ja liikumise efektiivsus sõltuvad muuhulgas ujuja kehamassist ja kehaasendist vees, on VO₂max vaatlemine kilogrammi kohta (ml/kg/min) füsioloogiliselt põhjendatum kui absoluutväärtuste (l/min) kasutamine (Sousa et al., 2014).

6.6. Jõunäitajate hindamine

Reie nelipealihase jõunäitajate hindamiseks kasutati isokineetilist dünamomeetrit CON-TREX® WS. Mõõtmiste käigus määrati maksimaalne isokineetiline jõud nurkkiirustel 60°/s ja 180°/s (Nm) ning sooritati 20 kordusega test nurkkiirusel 200°/s, mille põhjal arvutati kogu tehtud töö (J).

Uuritavatel paluti vähemalt 24 h jooksul enne testimist hoiduda intensiivsest treeningkoormusest ning võimalusel täielikult ära jätta testimise päeval hommikune treening. Testide toimumise ajal anti uuritavatele ühtsed juhised ning mõõtmiseid viis läbi sama uurimisrühm, et tagada tulemuste võrreldavus.

6.7. Võistlustulemuste analüüs

Ujumises registreeritakse iga võistlustulemusena distantsti läbimiseks kulunud aeg ning selle juurde tuleb kindla valemi (1) põhjal lisaks WA punktisumma. Uuritavate võistlustulemused koguti avalikust rahvusvahelisest ujumistulemuste andmebaasist Swimranking.net (Swimranking, 2025). Iga uuringus osalenud ujuja kohta otsiti andmebaasist tema isiklikud rekordid 100 m ja 400 m vabaujumise distantssidel pikaraja (50 m) basseinis. Analüüsis kasutati tulemusi, mis olid kättesaadaval seisuga 31.12.2025. Objektiivsema tulemuste võrdlemise saavutamiseks võeti uurimusse tulemuste arvestus WA punktides.

(1)

$$P = 1000 \cdot \left(\frac{B}{T}\right)^3$$

kus:

P - punktide arv

B - vastava ala 1000 punkti baasaeg sekundites

T - ujuja võistlustulemus sekundites

6.8. Andmete statistiline analüüs.

Andmete statistiliseks analüüsiks kasutati programmi JASP. Arvutati uuritavate parameetrite aritmeetilised keskmised ja standardhälbed (SD) ning minimaalsed ja maksimaalsed väärtused. Andmete normaaljaotust kontrolliti Shapiro–Wilki testiga. Määratud parameetrite omavaheliste seoste hindamiseks kasutati Pearsoni korrelatsioonanalüüsi. Statistilise olulisuse nivooks määrati $p < 0,05$.

6.9. Autori roll uuringuprotsessis

Magistritöö autori ülesandeks oli sobivas vanusegrupis ja tasemel ujujate leidmine ning nende kaasamine uuringusse. Kõikide osapooltega kooskõlastati sobivad testimise ajad ning osalejad said uuringule tulla selliselt, et see ei takistanud nende igapäevaseid treeninguid ega õppetööd.

Autor osales uuringupäevadel laboritöös ning aitas uuritavate mõõtmisi teostada. Tööd laboris juhtisid käesoleva magistritöö juhendajad. Edasine töö oli andmete korrastamine ning sisestamine kokkuvõtvasse andmebaasi. Samuti tegeles autor infovahetusega, kus said toimunud uuringute kohta tagasisidet sportlased ning nende treenerid.

7. TÖÖ TULEMUSED

Uuritavate antropomeetrilised ja keha koostise näitajad on esitatud tabelis 1. Füsioloogilised näitajad tabelis 2 ning võistlustulemused tabelis 3. 400 m vabaujumise tulemus pikaraja basseinis oli kättesaadav 13 sportlasel.

Füsioloogiliste näitajate seosed 100 m ja 400 m vabaujumise tulemustega on esitatud vastavalt tabelites 4 ja 5.

Tabel 1. Antropomeetrilised ja keha koostise näitajad (keskmine $\pm$ SD)

Parameeter	n	Keskmine $\pm$ SD	Min–Max
Vanus (a)	17	16,8 $\pm$ 1,5	15–18
Pikkus (cm)	17	183,3 $\pm$ 7,4	170,5–201,5
Kehamass (kg)	17	76,1 $\pm$ 10,7	60–103
KMI (kg/m ²)	17	22,6 $\pm$ 2,1	20,2–28,7
Keha rasvaprotsent (%)	17	15,6 $\pm$ 3,1	12–24,4
Keha rasvavaba mass (kg)	17	61 $\pm$ 7,2	47,63–75,34
Jala rasvavaba mass (kg)	17	19,6 $\pm$ 2,7	15,1–26,9

KMI – kehamassiindeks

Uuritavate keskmine vanus oli 16,8 $\pm$ 1,5 aastat. Keskmine kehapikkus oli 183,3 $\pm$ 7,4 cm ning kehamass 76,1 $\pm$ 10,7 kg (Tabel 1). Kehamassiindeksi keskmine väärtus oli 22,6 $\pm$ 2,1 kg/m².

Rasvaprotsendi keskmine väärtus oli 15,6 $\pm$ 3,1%, varieerudes vahemikus 12–24,4%. Kogu keha rasvavaba massi keskmine väärtus oli 61 $\pm$ 7,2 kg ning jalgade rasvavaba mass 19,6 $\pm$ 2,7 kg.

Tabel 2. Füsioloogilised näitajad (keskmine $\pm$ SD)

Parameeter	n	Keskmine $\pm$ SD	Min–Max
Isok 60 (Nm)	17	204,5 $\pm$ 30,5	159,9–262,7
Isok 180 (Nm)	17	160,5 $\pm$ 35,3	119,4–232,9
Isok 200 töö (J)	17	2326 $\pm$ 475,1	1572–3394
VO ₂ kg (ml/kg/min)	17	52,1 $\pm$ 7,1	34–61

Isokineetilise maksimaalse jõu keskmised väärtused olid 204,5 $\pm$ 30,5 Nm (60°/s) ja 160,5 $\pm$ 35,3 Nm (180°/s). Reie nelipealihase kogutöö keskmine väärtus oli 2326 $\pm$ 475,1 J. Maksimaalne hapnikutarbimine (VO₂kg) oli keskmiselt 52,1 $\pm$ 7,1 ml/kg/min.

Tabel 3. Ujujate võistlustulemused (keskmine $\pm$ SD)

Parameeter	n	Keskmine $\pm$ SD	Min–Max
100 m vab WA (p)	17	595,4 $\pm$ 127,2	235–806
400 m vab WA (p)	13	571,8 $\pm$ 111,5	381–771

WA - World Aquatics

Uuritavate keskmine 100 m vabaujumise tulemus oli 595,4 $\pm$ 127,2 WA punkti ning 400 m distantsil 571,8 $\pm$ 111,5 WA punkti (Tabel 3).

Tabel 4. Füsioloogiliste näitajate seos 100 m vabaujumise tulemusega

Muutuja	n	r	p
Keha rasvaprotsent (%)	17	-0,421	0,092
Jala rasvavaba mass (kg)	17	0,199	0,444
Keha rasvavaba mass (kg)	17	0,451	0,07
VO ₂ kg (ml/kg/min)	17	-0,073	0,781
Isok 60 (Nm)	17	0,314	0,219

Isok 180 (Nm)	17	0,466	0,059
Isok 200 töö (J)	17	0,518	0,033*

* Statistiliselt oluline; $p < 0,05$

100 m vabaujumise tulemuse ja uuritud füsioloogiliste näitajate vahel ilmnes statistiliselt oluline seos ainult reie nelipealihase isokineetilise kogutöö (Isok 200 töö) ja tulemuse vahel ($r = 0,518$; $p = 0,033$) (Tabel 4). Lisaks ilmnesid statistilise olulisuse piiril olevad tendentsid isokineetilise maksimaalse jõu (Isok 180) ja tulemuse vahel ($r = 0,466$; $p = 0,059$) ning keha rasvaprotsendi puhul ($r = -0,421$; $p = 0,092$). Teiste näitajate puhul statistiliselt olulisi seoseid ei leitud ($p > 0,05$)

Tabel 5. Füsioloogiliste näitajate seos 400 m vabaujumise tulemusega

Muutuja	n	r	p
Rasvaprotsent (%)	13	-0,010	0,973
Jala rasvavaba mass (kg)	13	-0,229	0,452
Keha rasvavaba mass (kg)	13	-0,258	0,395
VO ₂ kg (ml/kg/min)	13	0,200	0,511
Isok 60 (Nm)	13	-0,098	0,750
Isok 180 (Nm)	13	0,044	0,886
Isok 200 töö (J)	13	-0,138	0,654

400 m vabaujumise tulemuse ja ühegi uuritud füsioloogilise näitaja vahel statistiliselt olulisi seoseid ei ilmnenud ($p > 0,05$) (Tabel 5).

8. ARUTELU

Käesoleva magistritöö eesmärk oli analüüsida 15–18-aastaste meesujujate jalalihaste jõu, keha koostise ja aeroobse töövõime seoseid 100 ja 400 meetri vabaujumise võistlustulemustega pikaraja basseinis. Uuringus osales 17 tiptasemel noormeest, kes on ujumises Eesti tiptasemel ja kes treenisid regulaarselt keskmiselt 15 tundi nädalas.

Tulemused näitasid statistiliselt olulist seost isokineetilise reie nelipealihase kogutöö (Isok 200 töö) ja 100 m ujumistulemuse ($r = 0,518$; $p = 0,033$) vahel. Samas ei ilmnenud seoseid teiste uuritud füsioloogiliste näitajatega. Ühtegi statistiliselt olulist seost ei leitud 400 m distantsiga, mis viitab sellele, et ujumise võistlussooritust mõjutavad tegurid on distantsispetsiifilised ning ei ole üheselt määratavad.

Uuritavate antropomeetrilised näitajad (keskmine pikkus $183,3 \pm 7,4$ cm ja mass $76,1 \pm 10,7$ kg) osutusid võrreldavateks rahvusvahelisel tasemel noorujujate näitajatega (Dopsaj et al., 2020). Alves et al. (2022) on välja toonud, et keha pikkus on üks olulisemaid antropomeetrilisi ennustajaid noorte ujujate sooritusel, mõjutades otseselt tõmbe pikkust ja hüdrodünaamilist efektiivsust. Käesoleva valimi pikkusnäitajad viitavad sportlaste heale kehalisele potentsiaalile. Kehamassiindeksi (KMI) tulemused näitasid, et keskmiselt olid uuritavad normaalkaalus (vahemik $18,5\text{--}25,0$ kg/m²), kuigi üksikjuhtudel esines ka kõrgemaid väärtusi. Siinkohal tuleb arvestada, et sportlaste puhul ei pruugi KMI olla täpne indikaator, kuna see ei erista rasv- ja lihasmassi, mistõttu võib suure lihasmassiga meesujujate tulemus näidata näilist ülekaalulisust (Wu et al., 2024). Keskmine rasvaprotsent oli $15,6 \pm 3,1\%$ (varieerudes $12,0\text{--}24,4\%$), mis viitab sportlaste suhteliselt madalale rasvasisaldusele. Kogu keha rasvavaba massi keskmine väärtus oli $61 \pm 7,2$ kg ning jalgade rasvavaba mass $19,6 \pm 2,7$ kg, mis on oluline eeldus veetakistuse minimeerimiseks ja jõu rakendamiseks. Seega võib väita, et meie uuritud noored meesujujud omasid head kehalist potentsiaali. Antropomeetriliste näitajate ja keha koostise poolest on uuritavad võrreldavad rahvusvahelise taseme noorujujatega.

8.1. Jalalihaste jõu seos ujumise võistlustulemusega

Varasemad uuringud on näidanud, et sprindidistantsidel on ujumissooritus tugevalt seotud lihasjõu ja -võimsusega (Lätt et al., 2010). Jalalihaste jõud on eriti oluline sprindidistantsidel, kuna see mõjutab stardi- ja pöördefaase, mis moodustavad olulise osa

kogu võistlusajast (García-Ramos et al., 2016). Peulić et al. (2023) artiklis on välja toodud, et lühematel distantidel võivad lihasjõud ja motoorsed võimed olla olulisemad kui antropomeetrilised näitajad. Veetakistuse ületamiseks on oluline nii ala- kui ka ülajäsemete jõud. (Peulić et al., 2023)

Samas on leitud, et erinevad jõutestid ei pruugi olla head ujumistulemuse ennustajad, eriti eliittasemel sportlaste puhul, sest ujumine on oma veekeskkonna tõttu spetsiifiline spordiala. Uuringud on näidanud, et jalalihaste plahvatusliku jõu ja võimsuse hindamiseks läbiviidud hüppetestid ning kangiga kükkimine, ei andnud tugevaid statistilisi seoseid WA punktidega (Selvamoorthy et al., 2024). Costa et al. (2012) toovad välja, et meestel on jõutreeningu mõju ujumissooritusele otsesem kui naistel. Selle põhjuseks on meeste suurem soodumus lihasmassi kasvuks ning jõunäitajate ülekandumiseks vees rakendavasse jõusse. Price et al. (2024) on samuti märkinud, et meessoost ujujatel on lihasmassi kasv tihedalt seotud jõunäitajate paranemisega, mis on otseses korrelatsioonis ujumiskiirusega.

Käesoleva töö tulemused näitasid, et 100 m vabaujumise tulemus oli statistiliselt seotud ainult jalalihaste isokineetilise kogutööga (Isok 200 töö (J)), samas kui teised füsioloogilised näitajad ei osutunud oluliseks. Kuigi statistiliselt oluline seos ilmnes vaid isokineetilise kogutööga, näitasid tulemused statistilise olulisuse piiril olevat positiivset trendi ka maksimaalse isokineetilise jõu (Isok 180 Nm) ja 100 m tulemuse vahel ($r = 0,466$; $p = 0,059$).

See tendents viitab sellele, et suurem liigutuskiirusel ($180^\circ/\text{s}$) arendatav tippjõud võib toetada sprindisooritust, kuid antud valimi suuruse juures ($n=17$) ei leidnud see seos lõplikku statistilist kinnitust. Saadud tulemus on osaliselt kooskõlas varasemate uuringutega, mille kohaselt on sprindidistantidel oluline roll lihasjõul ja -võimsusel (Lätt et al., 2010). Samuti on näidatud, et jalalihaste võimekus mõjutab otseselt stardi- ja pöördefaase, mis on sprindivõistlustel ajaliselt olulised (García-Ramos et al., 2016). Samas ei ilmnenu käesolevas töös seoseid maksimaalse isokineetilise jõu näitajatega, mis viitab, et mitte kõik jõu aspektid ei ole võrdselt olulised ujumissoorituse seisukohalt. See on kooskõlas Selvamoorthy et al. (2024) järeldustega, mille kohaselt erinevad jõutestid ei pruugi otseselt ennustada ujumise võistlustulemust.

Käesoleva töö tulemused toetavad Price et al. (2024) seisukohta, et ujumises on keskmine dünaamiline võimsus olulisem näitaja kui maksimaalne staatiline jõud. Autorid selgitavad seda ujumisliigutuse spetsiifikaga. Ujumine toimub korduvate liigutustsüklitega

submaksimaalse takistuse tingimustes. Oluline on suutlikkus säilitada propulsiivset jõudu kogu distantssi vältel (Price et al., 2024). Samuti märgivad García-Ramos et al. (2016), et isomeetrilised testid ei pruugi korreleeruda ujumise tulemustega, kuna neil puudub dünaamiline spetsiifilisus, mis on vajalik veetakistuse ületamiseks suurel kiirusel. Isokineetiline kogutöö nurkkiirusel 200°/s imiteerib paremini ujumisele omast korduvat dünaamilist pingutust, hinnates lihase suutlikkust teha tööd kogu liigutusulatuse vältel, mitte ainult hetkelist tippjõudu.

Sarnaselt sprindidistantide kohta kirjeldatud uuringutele on ka 400 m vabaujumise puhul tulemused näidanud, et jalalihaste jõu- ja võimsusnäitajate ning WA punktide vahel puudub statistiliselt oluline seos. See tähendab, et parem tulemus jõutestides ei prognoosi otseselt paremat 400 m võistlustulemust (Selvamoorthy et al., 2024). See võib tuleneda sellest, et 400 m vabaujumine on keskmää distantina eelkõige aeroobset vastupidavust ja ujumise ökonoomsust nõudev ala. Plahvatusliku jõu testid mõõdavad lühiajalist maksimaalset võimsust. 400 m distantil muutub aga määravaks lihasvastupidavus ning võime säilitada tehniline efektiivsus väsimuse tingimustes, mitte ainult maksimaalse jõu tase.

Kokkuvõttes võib öelda, et jalalihaste jõud on oluline komponent ujuja üldises kehalises ettevalmistuses, kuid selle mõju sõltub distantist ja rakendatava jõu iseloomust. Sprindidistantidel on suurem tähtsus dünaamilisel ja korduvat tööd võimaldaval jõuliigil. 400 m vabaujumises ei ole jalalihaste maksimaalne jõud peamine tulemust määrav tegur. Seal sõltub edukus pigem aeroobsest võimekusest, tehnilisest meisterlikkusest ning suutlikkusest rakendada jõudu efektiivselt vees kogu distantssi vältel. See toetab arusaama, et ujumissooritus on mitmefaktoriline ning sõltub erinevate füüsiliste ja tehniliste tegurite koosmõjust (Price et al., 2024).

8.2. Keha koostise näitajate seos ujumise võistlustulemusega

Varasemad uuringud on leidnud, et ujumissooritus võib olla negatiivselt seotud keha rasvamassi suurusega (Nevill et al., 2015; Sammoud et al., 2018). Alves et al. (2022) ülevaateuuring leidis, et keha rasvamass on ainus kogu keha suurust iseloomustav tunnus, mis on negatiivselt seotud ujumiskiirusega kõigis neljas ujumistehnikas. Suurem rasvamass võib põhjustada keha ristlõikepindala suurenemist, mis omakorda suurendab ujuja liikumist

mõjutavat üldist takistust. (Alves et al., 2022) Madalam rasvamass tähendab sageli ka väiksemat keha frontaalset pindala ja seetõttu ka takistuse vähenemist (Espada et al., 2023).

Samas on Price et al. (2024) ülevaateartikli kohaselt keha rasvaprotsendi ja ujumissoorituse vaheline seos nüansirohke. See tuleneb veekeskkonna eripärast, kus keha rasvkoel on korraga kaks vastandmõjulist funktsiooni. Ühelt poolt on keha rasvamass veetakistust suurendav, kuid samas võib parandada keha ujuvust. Parema ujuvusega sportlane püsib veepinnal kõrgemal, mis vähendab vajadust kulutada energiat vertikaalse asendi säilitamiseks ning võimaldab suunata kogu jõu horisontaalseks edasiliikumiseks. Dopsaj et al. (2020) artiklis on välja toodud, et edukamatel ujujatel on optimaalne tasakaal keha lihasmassi ja rasvamassi vahel, mis võimaldab säilitada kõrget intensiivsust kogu võistlusdistsantsi vältel. Need tulemused viitavad sellele, et keha koostise mõju ujumiskiirusele ei ole lineaarne ning madalaim võimalik keha rasvaprotsent ei pruugi tähendada parimat tulemust. Madalam keha rasvaprotsent võib kaasa tuua sportlase ujuvuse kahanemise või ka energieetiliste varude piiratuse. Oluline on saavutada funktsionaalne keha koostis, kus keha lihasmass on piisav suure võimsuse arendamiseks, kuid keha rasvamass on optimeeritud selliselt, et see toetaks ujuvust, tekitamata samal ajal liigset takistust.

Käesolevas uuringus ei ilmnenud rasvaprotsendi ja 100 m vabaujumise tulemuse vahel statistiliselt olulist seost. Samas korrelatsioonikordaja väärtus ($r = -0,421$; $p = 0,092$) viitab mõõdukale negatiivsele tendentsile. See võib osutada asjaolule, et suurem rasvaprotsent on seotud kehvema sooritusega. Siin uuringus osalenud valimi põhjal seda aga statistiliselt ei kinnitata. Selline tulemus on kooskõlas Price et al. (2024) tähelepanekutega, et paljudes uuringutes ei olegi rasvaprotsent osutunud oluliseks tulemuste ennustajaks.

Ferraz et al. (2020) tuvastasid oma uuringus olulised positiivsed lineaarsed korrelatsioonid kehapikkuse, kehamassi ning käte siruulatuse ja 400 m vabaujumise tulemuse vahel. Espada et al. (2023) tulemused osutavad aga keha koostise väiksemale mõjule, kus ei leitud seost 400 m ujumiskiiruse ja keha koostise vahel. Ujuja hüdrodünaamilise asendi kujunemisel mängivad küll rolli keha kuju ja proportsioonid, kuid keha koostise otsest mõju ei ole kinnitatud (Peulic et al., 2023).

Käesolevas uuringus ei leitud statistiliselt olulisi seoseid ühegi keha koostise näitaja ja 400 m vabaujumise tulemuste vahel. See tulemus on kooskõlas Espada et al. (2023) leidudega, viidates sellele, et pikematel ujumisdistsantsidel ei pruugi keha koostis olla peamine sooritust määrav tegur.

Kokkuvõttes võib öelda, et keha rasvaprotsent mõjutab ujuja hüdrodünaamikat ja jõu-massi suhet. Samas ei ole see 100 m vabaujumises peamine tulemusega korreleeruv näitaja. Käesolevas uuringus leitud mõõdukas negatiivne korrelatsioon ($r = -0,421$) viitab asjaolule, et madalam rasvamass võib toetada sprindikiirust läbi väiksema veetakistuse. Statistilise olulisuse puudumine kinnitab Price et al. (2024) seisukohta keha koostise ja soorituse vahelise seose keerukusest.

8.3. Maksimaalse hapnikutarbimise seos ujumise võistlustulemusega

Ujumises peetakse võistlustulemuse üheks oluliseks mõjutajaks sportlase hapnikutarbimise võimekust. Lihaste varustatus hapnikuga ning selle efektiivne kasutamine on määrava tähtsusega ujumissoorituse kujunemisel (Sousa et al., 2014). Varasemad uuringud on välja toonud, et VO_{2max} on üks peamisi füsioloogilisi näitajaid, mis eristab eliitsportlaste sooritusastemeid erinevatel ujumisdistsididel (Espada et al., 2023). Samuti on aeroobse võimekuse olulisust kinnitatud 100 m distantsil, kus aeroobne panus energiatootmisesse võib ulatuda kuni 45–50%-ni (Peulic et al., 2023; Sousa et al., 2014).

Käesolevas uuringus ei leitud statistiliselt märkimisväärset seost 100 m vabaujumise WA punktide ning VO_{2kg} vahel ($r = -0,073$; $p = 0,781$). See viitab aeroobse töövõime piiratud rollile sprindidistsididel, mis on kooskõlas varasemate uuringutega, mille kohaselt on 100 m distantsil energiavarustus suuresti anaeroobne ning sooritus sõltub eelkõige sportlase võimest rakendada suurt lihasvõimsust ja säilitada tõmbe tehnilist efektiivsust (Price et al., 2024). Espada et al. (2023) uuringu tulemused näitasid, et 400 m vabaujumise kiirus ei olnud statistiliselt seotud aeroobsete näitajatega. Nimetatud uuringus leiti aga selged seosed nii 200 m, 800 m kui ka 1500 m ujumise ja aeroobsete näitajate vahel. See viitab asjaolule, et 400 m distantsi puhul võib tulemuse edukus sõltuda eelkõige muudest teguritest, nagu näiteks ökonoomsus või anaeroobne võimekus (Espada et al., 2023). Käesolevas uuringus ei leitud samuti olulist seost maksimaalse hapnikutarbimise ja 400 m vabaujumise WA punkt tulemuse vahel.

Kokkuvõtvalt näitavad saadud tulemused, et maksimaalne hapnikutarbimine ei ole 100 m vabaujumise tulemuse peamine ennustaja. Samuti on Price et al. (2024) ülevaates kirjeldatud, et sprindidistsididel on anaeroobne võimsus ja lihasjõud olulisemad komponendid kui maksimaalne hapnikutarbimine. Seose puudumine võib viidata ka sellele,

et lühemal distant sil suudavad ujumised kompenseerida aeroobse süsteemi puudujääke suurema lihaskõuet ja parema ujumise ökonoomsusega, mis muudab VO_2max näitaja sprindis pigem toetavaks kui tulemust otseselt mõjutavaks teguriks.

8.4. Uuringu tugevused ja võimalikud puudujäägid

Kokkuvõtteks saab öelda, et ujumise jõuetestide tulemused ei olnud korrelatsiooniga World Aquatics punktisulemustega. Näiteks veloergomeetriga määratud VO_2max ja vees ujutud sooritus on küllaltki erinevad ning nende otsene võrdlemine ei pruugi alati anda selgeid seoseid (Shahidi et al., 2023). See erinevus tuleneb eelkõige keskkonna spetsiifilisusest ja kaasatud lihaskruppidest. Veloergomeetriga sooritatud testis on koormus peamiselt alajäsemetel ning toimub fikseeritud asendis. Ujumine on aga terve keha skeletilihaste töösse kaasav ala, kus liikumine toimub horisontaalselt veekeskkonnas. Lisaks ei arvesta veloergomeetri test ujumise tehnilist efektiivsust ehk ökonoomsust. Isegi väga kõrge aeroobse potentsiaaliga sportlane ei pruugi saavutada kiiret võistlusulemust, kui tema tehnika ei võimalda seda energiat efektiivselt edasiliikumiseks rakendada.

Selliseid teste võiks kasutada pigem treeningu kvaliteedi hindamiseks ja vigastusriskide jälgimiseks. Testide kasutamist kitsendab mitu asjaolu. Esiteks võivad tulemusi mõjutada tegurid, mida uuringus ei hinnatud, näiteks liigeste liikuvus, antropomeetrilised eripärad ning tehniline täpsus. Teiseks jäetakse jõuetestide ja punktisummade analüüsis puudutamata veespetsiifilised tegurid (Selvamoorthy et al., 2024).

Käesoleva uuringu piiranguks võib olla ka suhteliselt väike valim ($n = 17$) ning 400 m WA võistlusulemus pikaajalises basseinis oli kättesaadav veelgi väiksemal valimil ($n = 13$). See võib suuresti piirata tulemuste üldistatavust. Väike valim võib lisaks üldistatavuse piirangutele vähendada ka statistilist võimsust, mistõttu võisid olemasolevad seosed tuvastamata jääda. Samas on valimi suurus võrreldav varasemate sarnaste sihtühkade käsitlevate uuringutega. Näiteks Läht et al. (2010), kus uuriti noorujumise sprindisoorituse ennustajaid, või Espada et al. (2023), kes analüüsisid noorte treenitud ujumise keha koostist ja sooritust.

15–18-aastaste meesujumise puhul tuleks arvestada, et nende füsioloogiliste näitajate ja soorituse vahelised seosed võivad olla ebastabiilsed. Noorte organism on aktiivses arengufaasis, kus bioloogiline küpsemine, hormonaalsed muutused ja treeningkoormuse kasv

mõjutavad oluliselt nii kehalisi võimeid kui ka nende seoseid sportliku sooritusega. Seetõttu võivad noorte puhul ilmned erinevad mustrid võrreldes täiskasvanud sportlastega.

Käesoleva magistritöö tugevusteks on Eesti tipptasemel ujujatest valim, objektiivsed mõõtmised ning kontrollitud laborikeskkonnas ühtsetel tingimustel läbiviidud uuringud. Need tugevused tagavad andmete usaldusväärsuse ja võrreldavuse.

Täpsemate tulemuste saavutamiseks tuleks edasistes uuringutes kasutada ujumise spetsiifilisi mõõtmismeetodeid, kus toimuks näiteks VO_2 mõõtmine veekeskkonnas ning sportlaste põhidistantsil. Lisaks võiks kaasata biomehaanilisi näitajaid, et paremini hinnata aeroobse töövõime ja tehnilise efektiivsuse koosmõju. Samuti oleks soovitatav uurida suuremaid ja mitmekülgsemaid valimeid, et suurendada statistiliste seoste tuvastamise tõenäosust.

9. JÄRELDUSED

Käesoleva magistritöö uuringu tulemuste põhjal võib teha järgmised järeldused:

1. Eesti tipptasemel noorujate jalalihaste võimekust iseloomustab pigem hea dünaamiline vastupidavus kui suur maksimaalne tippjõud;
2. Uuritavate funktsionaalne keha koostis on võrreldav rahvusvahelise tasemega ning loob soodsad eeldused efektiivseks edasiliikumiseks vees;
3. Sportlaste aeroobne töövõime on kõrge, kuid individuaalselt varieeruv, mis viitab erinevatele füsioloogilistele võimalustele tipptaseme saavutamiseks;
4. Kõrged WA punktisummad kinnitavad uuringus osalenud valimi ühtlaselt kõrget sportlikku taset;
5. 100 meetri vabaujumise edukus on statistiliselt seotud just jalalihaste suutlikkusega säilitada dünaamilist tööd;
6. 400 meetri vabaujumise sooritus ei ole prognoositav füsioloogiliste näitajate ega jõutestide tulemuste põhjal, kuna sellel distantstil domineerivad veespetsiifilised tegurid.

10. KASUTATUD KIRJANDUS

1. Alves, M., Carvalho, D. D., Fernandes, R. J., Vilas-Boas, J. P. (2022). How Anthropometrics of Young and Adolescent Swimmers Influence Stroking Parameters and Performance? A Systematic Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(5): 2543. <https://doi.org/10.3390/ijerph19052543>
2. Barbosa, T. M., Costa, M. J., Marinho, D. A., Silva, A. J. (2010). Modeling the links between young swimmers' performance: Energetic and biomechanical profiles. *Pediatric Exercise Science*, 22(3): 379–391.
3. Crowley, E., Harrison, A. J., Lyons, M. (2017). The impact of resistance training on swimming performance: A systematic review. *Sports Medicine*. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0730-2>
4. Costa, M. J., Marinho, D. A., Reis, V. M., Silva, A. J., Barbosa, T. M., et al. (2012). Longitudinal analysis of elite swimmers. *Journal of Sports Science & Medicine*, 11(2): 244–252.
5. Dassanayake, T. D. M. S. B., Rajaratne, S. A., & Rajaratne, A. A. J. (2016). Comparison of cardio-respiratory fitness and anthropometric characteristics between teenage swimmers and non-swimmers. *International Journal of Diabetes & Metabolic Disorders*, 1(2). <https://doi.org/10.33140/IJDMD/00013>
6. de Haan, M., van der Zwaard, S., Schreven, S., Beek, P. J., Jaspers, R. T. (2024). Determining $\dot{V}O_{2max}$ in competitive swimmers: Comparing the validity and reliability of cycling, arm cranking, ergometer swimming, and tethered swimming. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 27(7): 499–506. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2024.03.015>
7. Dopsaj, M., Zuoziene, I. J., Milić, R., Cherepov, E., Erlikh, V., Masiulis, N., di Nino, A., & Vodičar, J. (2020). Body composition in international sprint swimmers: Are there any relations with performance? *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(24), 9464. <https://doi.org/10.3390/ijerph17249464>
8. Espada, M. C., Ferreira, C. C., Gamonales, J. M., Massini, D. A., Hernández-Beltrán, V., Macedo, A. G., Almeida, T. A. F., & Pessoa Filho, D. M. (2023). Body Composition Relationship to Performance, Cardiorespiratory Profile, and Tether

- Force in Youth Trained Swimmers. *Life*, 13(9): 1806.
<https://doi.org/10.3390/life13091806>
9. Fernandes, R. J., & Vilas-Boas, J. P. (2012). Time to exhaustion at the $\dot{V}O_{2\max}$ velocity in swimming: A review. *Journal of Human Kinetics*, 32, 121–134.
<https://doi.org/10.2478/v10078-012-0029-1>
 10. Ferraz, R., Branquinho, L., Loupo, R., Neiva, H. P., & Marinho, D. A. (2020). The relationship between anthropometric characteristics and sports performance in national-level young swimmers. University of Beira Interior; Research Center in Sports, Health and Human Development.
 11. García-Ramos, A., Tomazin, K., Feriche, B., Strojnik, V., de la Fuente, B., Argüelles-Cienfuegos, J., Strumbelj, B., & Štirn, I. (2016). The relationship between the lower-body muscular profile and swimming start performance. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(2).
<https://doi.org/10.3390/ijerph14020137>
 12. Lätt, E., Jürimäe, J., Mäestu, J., Purge, P., Rämson, R., Haljaste, K., Keskinen, K. L., Rodriguez, F. A., & Jürimäe, T. (2010). Physiological, biomechanical and anthropometrical predictors of sprint swimming performance in adolescent swimmers. *Journal of Sports Science and Medicine*, 9, 398–404
 13. Malina, R. M., Rogol, A. D., Cumming, S. P., Coelho e Silva, M. J., & Figueiredo, A. J. (2015). Biological maturation of youth athletes: Assessment and implications. *British Journal of Sports Medicine*, 49(13), 852–859.
<https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-094623>
 14. Morais, J.E., Silva, A.J., Marinho, D.A., Lopes, V.P., Barbosa, T.M. (2017). Determinant factors of long-term performance development in young swimmers. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(2), 198–205. doi: 10.1123/ijsp.2015-0420
 15. Morais, J. E., Barbosa, T. M., Forte, P., & Nevill, A. M. (2021). Stability of elite swimmers' performance. *Sports Biomechanics*, 20(1): 1–15.
<https://doi.org/10.1080/14763141.2019.1675412>
 16. Nevill, A. M., Negra, Y., Myers, T. D., Sammoud, S., & Chaabene, H. (2020). Key somatic variables associated with, and differences between the 4 swimming strokes. *Journal of Sports Sciences*, 38(7), 787–794.
<https://doi.org/10.1080/02640414.2020.1738226>

17. Ogita, F. (2006). Energetics in competitive swimming and its application for training. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto*, 6(Suppl. 2), 117–182.
18. Peulić, J., Obradović, A., Vukadinović Jurišić, M., & Obradović, J. (2023). The influence of anthropometric characteristics on swimming speed in adolescent swimmers. Faculty of Sport and Physical Education, University of Novi Sad.
19. Price, T., Cimadoro, G., Legg, H.S. (2024). Physical performance determinants in competitive youth swimmers: a systematic review. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 2. doi: 10.1186/s13102-023-00767-4
20. Pyne, D. B., & Sharp, R. L. (2014). Physical and energy requirements of competitive swimming events. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 24(4), 351–359. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2014-0047>
21. Sammoud, S., Nevill, A. M., Negra, Y., Bouguezzi, R., Chaabene, H., & Hachana, Y. (2018). Allometric associations between body size, shape, and 100-m butterfly speed performance. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 58(5), 630–637. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.17.07236-5>
22. Selvamoorthy, R., Macgregor, L. J., Donald, N., & Hunter, A. M. (2024). Dryland performance tests are not good predictors of World Aquatics points in elite male and female swimmers. *Sports*, 12(4).
23. Shahidi, S. H., Al-Gburi, A. H., Karakas, S., & Taşkıran, M. Y. (2023). Anthropometric and Physical Performance Characteristics of Swimmers. *International Journal of Kinesiology*, 3(1): 1–10. <https://doi.org/10.34256/ijk2311>
24. Sokołowski, K., Strzała, M., & Żegleń, M. (2022). Study of talented young male swimmers: Scientific approach to the kinematic and physiological predictors of 400-m front crawl race. *Acta of Bioengineering and Biomechanics*, 24(1). <https://doi.org/10.37190/ABB-01964-2021-02>
25. Sousa, A., Figueiredo, P., Pendergast, D., Kjendlie, P.-L., Vilas-Boas, J. P., & Fernandes, R. J. (2014). Critical Evaluation of Oxygen-Uptake Assessment in Swimming. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9(2): 190–202. <https://doi.org/10.1123/IJSP.2013-0374>
26. Spordiregister (2026, 29. märts). Ujumine; <https://www.spordiregister.ee/et/spordiala/13/ujumine>
27. Swimrankings (29.03.2026); <https://www.swimrankings.net/index.php>

28. The Editors of Encyclopaedia Britannica. (2026). Swimming.
<https://www.britannica.com/sports/swimming-sport>
29. World Aquatics (2026, 29. märts). World Aquatics points;
<https://www.worldaquatics.com/swimming/points>
30. Wu, Y., Li, D., & Vermund, S. H. (2024). Advantages and limitations of the body mass index (BMI) to assess adult obesity. International Journal of Environmental Research and Public Health, 21(6), 757. <https://doi.org/10.3390/ijerph21060757>

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Marie Lindepuu,

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose
“Jalalihaste jõu, keha koostise ja aeroobse töövõime seosed võistlustulemustega
15–18-aastastel meesujujatel”,

mille juhendajad on Liina Remmel ja Jaak Jürimäe

reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil,
sealhulgas digitaalarhiivi DSpace-is lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse
tähtaja lõppemiseni.

2. Annan Tartu Ülikoolile loa teha punktis 1 nimetatud teos üldsusele kättesaadavaks
Tartu Ülikooli veebikeskkonna, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace kaudu Creative
Commonsi litsentsiga CC BY NC ND 3.0, 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.

Marie Lindepuu

Tartus, 18.05.2026