

TARTU ÜLIKOOL
Kehakultuuriteaduskond
Spordipedagoogika ja treeninguõpetuse instituut

REET PALM

**SÕUDEERGOMEETRIL MÄÄRATUD ANAEROOBSE LÄVE KASUTAMISE
VÕIMALUSED SÕUDJATE ÜHEPAADI TREENINGUL**

Magistritöö

Juhendaja: Dotsent Jaak Jürimäe, PhD

Tartu 2006

PUBLIKATSIOONID

1. **Palm R.**, Jürimäe J., Mäestu J., Purge P., Jürimäe T., Hofmann P., Rom K. The validity of physiological variables to assess training intensity in rowers. *Acta Kinesiologiae Universitatis Tartuensis* 10:116-124, 2005.
2. **Palm R.**, Jürimäe J., Mäestu J., Purge P., Jürimäe T., Rom K., Hofmann P. Relationship between body composition and aerobic capacity values in well-trained male rowers. *Acta Kinesiologiae Universitatis Tartuensis* 10: 125-132, 2005.

SISUKORD

Publikatsioonid

| | |
|--|----|
| 1. Sissejuhatus | 4 |
| 2. Kirjanduse ülevaade..... | 6 |
| 2.1 Sõudmise bioloogilised alused..... | 6 |
| 2.2 Anaeroobse läve määramise meetodid..... | 14 |
| 3. Töö eesmärk ja ülesanded..... | 18 |
| 4. Töö teostamise metoodika..... | 19 |
| 4.1 Uuritavad..... | 19 |
| 4.2 Funktsionaalsed testid..... | 19 |
| 4.2.1 Astmeliselt tõusvate koormustega test sõudeergomeetril..... | 19 |
| 4.2.2 Ühtlase koormusega testid ühesel paadil..... | 20 |
| 4.3 Füsioloogilised mõõtmised..... | 20 |
| 4.4 Individuaalse anaeroobse läve määramine..... | 21 |
| 4.5 Võistlustulemuse määramine..... | 22 |
| 4.6 Keha koostise määramine..... | 22 |
| 4.7 Andmete statistiline analüüs..... | 22 |
| 5. Tulemused..... | 24 |
| 6. Arutelu..... | 32 |
| 6.1 Treeningu intensiivsuse määramine sõudjatel..... | 32 |
| 6.2 Võistlustulemust määravad parameetrid rahvusvahelise klassiga sõudjatel.. | 34 |
| 6.3 Keha koostise ja aeroobse võimekuse näitajate vahelised seosed rahvusvahelise klassiga sõudjatel..... | 36 |
| 7. Järeldused..... | 39 |
| 8. Kasutatud kirjandus..... | 40 |
| 9. Summary..... | 51 |

1 SISSEJUHATUS

Akadeemiline sõudmine on jõuvastupidavusala, kus 2000 meetri pikkuse võistlusdistsantsi läbimiseks kulutab sõudja keskmiselt 5,5-7,5 minutit, sõltuvalt tema kvalifikatsioonist, paadiklassist ja ilmastikuoludest. Erinevad uuringud on näidanud, et 2000 meetri võistlusdistsantsi läbimisel kasutab sõudja keskmiselt 70% ulatuses aeroobseid ja 30% ulatuses anaeroobseid energiatootmismehhanisme (Hagerman et al., 1978; Mickelson et al., 1982). Anaeroobse laktaatse energiatootmismehhanismi puhul saadakse energia peamiselt kreatiinfosfaadi arvelt. Seda energiatootmismehhanismi võib jätkuda kuni 10 sekundiks ja ta moodustab ligikaudu 10% kogu võistlusdistsantsi läbimiseks kasutatavast energiast (Roth et al., 1983; Steinacker, 1993). Anaeroobne laktaatne energiatootmismehhanism põhineb glükogeeni anaeroobsel lõhustamisel ja tema osakaal ulatub kuni 20% kogu võistlusdistsantsi läbimiseks vajaminevast energiast (Roth et al., 1983; Steinacker, 1993). Seega sõltub sõudja võistlustulemus põhiliselt aeroobsest töövõimest, kuna anaeroobse laktaatse energia tagavarast piisab ainult 1,5 kuni 2,0 minutiks (Steinacker, 1993). Aeroobne töövõime näitab organismi võimet kindlustada töötavaid organeid, eelkõige lihaseid võimalikult rohke hapnikuga, sealjuures laktaadi produktsiooni ja eliminatsiooni vahetust veres ei muutu (Steinacker, 1993). On selge, et sõudjate treeningu peamiseks eesmärgiks on aeroobse töövõime arendamine ja et erinevate intensiivsustega harjutades treenime erisuguseid energeetilise teenindamise mehhanisme. Uuringud on näidanud, et kui anaeroobne töö määrab kuskil 10-20% võistlustulemusest, siis aeroobse suunitlusega treening moodustab sõudjate aastasest kogu treeningumahust isegi kuni 93 % ning võistlusperioodil vähemalt 70 % (Steinacker, 1993). Seega muutub sõudjate treeningu planeerimisel ja läbiviimisel väga oluliseks eelnev õige treeninguintensiivsuse määramine.

Sõudjate funktsionaalse võimekuse hindamiseks kasutatakse erinevaid teste, erinevas keskkonnas ja erinevate vahenditega. Sõudjate funktsionaalse võimekuse ja erinevate treeninguintensiivsuste kõige objektiivsem määramine oleks vee peal paadis sõudes. Samas ei ole siiani tehtud uuringuid, kus oleks veepeal objektiivselt läbi viidud astmeliselt tõusvate koormustega test, mille abil saaks doseerida treeningukoormusi sõudmises ühesel paadil. Üldiselt on veepeal saadud tulemusi raske hinnata, kuna paljud välised faktorid, nagu lainetus, tuul, vee temperatuur, jne. võivad saadud tulemusi suures ulatuses mõjutada (Jensen, 1994; Shephard, 1998). Selleks, et saadud tulemused ei

sõltuks välistest faktoritest ja oleksid usaldatavad ning seotud spetsiifiliste töövõime näitajatega, on sõudjate funktsionaalse võimekuse teste läbi viidud sõudeergomeetril Concept II (Morrisville, USA). Nii näiteks on mitmed uuringud leidnud, et Concept II sõudeergomeetril sooritatud tõmme on nii biomehhaanilistelt kui ka metaboolsetelt omadustelt sarnane veepeal paadis sooritatud tõmbele (Graven et al., 1993; Mahony et al., 1999; Rodriguez et al., 1990). Seega on sõudeergomeetril Concept II tehtavad testid laialt levinud ja nad võimaldavad hinnata sportlase töövõimet standardsetes tingimustes (Jürimäe et al., 2006; Mäestu et al., 2006).

Käesoleva uurimistöö eesmärgiks oligi hinnata sõudeergomeetril Concept II määratud anaeroobse läve sobivust ühese paadi treeningukoormuse doseerimisel rahvusvahelisel tasemel Eesti meessõudjatel. Samuti leida sõudeergomeetril mitteinvasiivselt määratud anaeroobse läve seosed nii 2000 meetri ühepaadi kui ka sõudeergomeetri võistlustulemustega.

2 KIRJANDUSE ÜLEVAADE

2.1 Sõudmise bioloogilised alused

Akadeemiline sõudmine on oma olemuselt jõuvastupidavusala, kus klassikalise 2000 meetri võistlusdistanti läbimisel tuleb sooritada üle 210 tõmbe. Kui distantsi keskel on tõmbes rakendatav jõud keskmiselt 500-700 N, siis stardis ja finis is võib ühes tõmbes rakendatav jõud ulatuda kuni 1500 N (Steinacker, 1993). Seega hea võistlustulemuse saavutamisel on suur tähtsus jõul, mida suudetakse rakendada igas tõmbes (Mäestu et al., 2005; Steinacker, 1993). Samuti on sõudjate võistlustulemused otseselt seotud jõuvastupidavusega ning treenitud sõudjad kasutavad suuremat lihasjõudu kui teiste vastupidavusalade sportlased (Jürimäe et al., 2006). Sealjuures on lihaskontraktsioon sõudmise käigus võrdlemisi aeglane ning võistlustulemuse saavutamisel mängib suurt rolli aeglase ja kiirete lihaskiudude vahekord töötavates lihastes (Steinacker, 1993).

Sõudjate jalalihases (*m. quadriceps femoris*) võib aeglase oksüdatiivsete lihaskiudude osakaal olla ligikaudu 70% võrreldes mittesportlaste 50% (Secher, 1993; Steinacker, 1993). Sealjuures on leitud, et rahvusvahelise klassiga sõudjatel võib aeglase oksüdatiivsete lihaskiudude osakaal ulatuda isegi 85% ja ülejäänud lihaskiud on põhiliselt oksüdatiiv-glükolüütilised (Bangsbo et al., 1993; Roth et al., 1983; Steinacker, 1993). Tuleb arvestada, et sõudjad, kellel on rohkem aeglaseid oksüdatiivseid lihaskiude, on submaksimaalsetel intensiivsustel võimelised töötama madalama laktaadisisaldusega ja nende lihastöö on sealjuures ökonoomsem võrreldes sõudjatega, kellel on lihastes suurem osakaal kiiretel lihaskiududel (Jürimäe et al., 2006). Samuti on maksimaalne laktaadi kontsentratsioon madalam sõudjatel, kellel on töötavates lihastes suurem aeglase oksüdatiivsete lihaskiudude osakaal (Steinacker, 1993). Samas on sõudjatel rohkem kiireid oksüdatiiv-glükolüütilisi lihaskiude kiirete glükolüütiliste lihaskiudude arvult võrreldes mittesportlastega (Jürimäe et al., 1997). Samuti sõltub sõudjate lihaskiudude kompositsioon nende asukohast paadis (tabel 1). Eessõudjatel on täheldatud rohkem kiiremaid lihaskiutüüpe võrreldes teiste sõudjatega (Roth et al., 1983; Steinacker, 1993). Seda võib seletada sellega, et eessõudjad peavad olema atleetlikumad, mis võimaldaks neil võimalikult kiiret haaret, et saada paat hästi liikuma. Nii sõudjate kiired kui ka aeglased lihaskiud on hüpertrofeerunud ja see ei sõltu sõudjate kohast paadis (Jürimäe et al., 2006; Shephard, 1998; Steinacker, 1993). Samas on aeglase lihaskiudude hüpertroofia suurem rahvusvahelise klassiga sõudjatel võrreldes

vähemedukamate sõudjatega (Roth et al., 1983; Steinacker, 1993). Võib arvata, et pikaajaline vastupidavustreening on sõudjatel põhjustanud kiiremate lihaskiudude transformatsiooni aeglasemateks lihaskiutüüpideks (kiired glükolüütilised lihaskiud → kiired oksüdatiiv-glükolüütilised lihaskiud → aeglased oksüdatiivsed lihaskiud), nii et sõudjate töötavad lihased on muutunud enam väsimusele resistentseteks (Steinacker, 1993).

Tabel 1. Lihaskiudude kompositsioon sõudjatel *m. quadriceps femorises* (Roth et al., 1993 ja Steinacker, 1993 järgi).

| Sõudjad | Aeglased oksüdatiivsed lihaskiud | Kiired oksüdatiiv-glükolüütilised lihaskiud | Kiired glükolüütilised lihaskiud |
|----------------------------------|----------------------------------|---|----------------------------------|
| Kõrge kvalifikatsiooniga (n=24) | 76,2±5,8 | 3,8±0,7 | 20,0±5,7 |
| Madala kvalifikatsiooniga (n=28) | 66,1±9,5 | 11,8±3,0 | 24,5±6,0 |
| Eessõudjad (n=34) | 67,7±9,2 | 8,9±5,4 | 23,4±5,4 |
| Sõudjad (n=31) | 74,4±10,2 | 7,9±5,5 | 17,7±5,5 |

Sõudjad arendavad treeningutel rohkem jõudu kui teiste vastupidavusalade sportlased, tehes seda aga võrdlemisi väikese lihaskontraktsioonijõuga, millega ongi seletatav sõudjate töötavate lihaste suur hüpertroofia (Mäestu et al., 2005). Mitmed uuringud on näidanud, et rahvusvaheliselt edukate sõudjate võistlustulemus ei ole seotud lihaste jõunäitajatega (Secher, 1993; Steinacker, 1993). Tulemuse saavutamisel on seega oluline lihasjõu optimaalne tase. Koos lihaskiudude hüpertroofiaga suureneb ka kapillaaride arv töötavates lihastes, parandades niimoodi töötavate lihaskiudude varustamist hapnikuga (Shephard, 1998; Steinacker, 1993). Koos kapillaaride arvu suurenemisega suureneb töötavates lihaskiududes ka mitokondrite hulk, mis on täheldatav nii aeglastes kui ka

kiiretes lihaskiududes (Shephard, 1998; Steinacker, 1993). Mitokondrite hulga suurenemise tõttu kiiretes lihaskiududes suureneb oluliselt ka kiiretes lihaskiududes oksüdatiivne võimsus (Shephard, 1998; Steinacker, 1993). Rahvusvahelise klassiga sõudjatel on oksüdatiivsete ensüümide aktiivsus töötavates lihastes suurem võrreldes vähemedukamate sportlastega. Samas glükolüütiliste ensüümide aktiivsus erineva tasemega sõudjatel oluliselt ei erine (Shephard, 1998; Steinacker, 1993).

Sõudja võistlustulemus oleneb seega põhiliselt aeroobsest vastupidavusest (Jensen ja Nielsen, 1993; Jürimäe et al., 2000; Mäestu et al., 2000; Steinacker, 1993). Uuringud on näidanud, et sõudjate maksimaalne hapniku tarbimine on statistiliselt usutavalt seotud tiitlivõistlustel saavutatud kohaga (Steinacker, 1993). Seega on selge, et sõudjate treeningu peamiseks eesmärgiks on aeroobse töövõime arendamine (Jensen ja Nielsen, 1993; Mäestu et al., 2005). Sõudjatel on määratud ühed suuremad kopsumahu näitajad, suuremaks tulemuseks on saadud 9,1 liitrit (Secher, 1993). Samuti on 2000 meetri võistlusdistsantsi läbimisel sõudjate minutiventilatsioon suurem kui $200 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ ja võib rahvusvahelise klassiga sõudjatel ulatuda isegi $250 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ (Hagerman, 2000). Treening parandab sõudjate ventilatsiooni, kuid ventilatsioon ei ole sõudjate aeroobse töövõime limiteerivaks faktoriks (Hagerman, 2000).

Üheks peamiseks maksimaalse hapniku tarbimise limiteerivaks faktoriks võib olla südame löögimaht (Hagerman, 2000; Jürimäe et al., 2006). Sõudjatel võib südame minutimaht varieeruda 5 liitrist puhkeolekus kuni enam kui 40 liitrini maksimaalsel pingutusel (Hagerman, 2000). Tavaliselt varieerub sõudjatel südame löögimaht 29 kuni $40 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ (Hagerman, 2000; Jürimäe et al., 2006). Suurimad väärtused on saadud sõudjatel, kes omavad ka väga suuri keha proportsioone: keha pikkus vähemalt 199 cm; keha mass 90 kg, keha rasva% vähem kui 9%, maksimaalne hapniku tarbimine suurem kui $6,7 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ ja keskmine hapniku tarbimine 2000 meetri võistlusdistsantsi läbimisel 98% maksimaalsest hapniku tarbimisest (Hagerman, 2000).

Hapniku transpordi süsteemi oluliseks komponendiks on samuti vere võime transportida hapnikku. Punaste vereliblede arv ja veremaht on põhilised vere parameetrid, mis on tähtsad hapniku transpordil. Punased verelibled sisaldavad omakorda hemoglobiini, mis seob hapnikku. Sõudjatel on suurem absoluutne veremaht ja suurem arv punaseid vereliblesid võrreldes treenimata inimestega (Jürimäe et al., 2006).

Vastupidavustreeningu tulemusena võib sõudjatel puhkeoleku veremaht suurenedagi kuni 15% vereplasma mahu ja punaste vereliblede arvu suurenemise kaudu (Jürimäe et al., 2006). Rahvusvahelise klassiga sõudjate verenäitajad erinevad oluliselt mittetreenitud inimese verenäitajatest (hemoglobiin: 165 vs 150 g.l⁻¹; hematokritt 48 vs 43%; punased verelibled: 3,1 vs 2,4 l; vereplasma maht: 4,8 vs 3,2 l; veremaht: 7,2 vs 5,0 l) (Jürimäe et al., 2006). Sõudjatel on leitud, et hemoglobiini kontsentratsiooni vähenemine ainult 1-2 g.l⁻¹ võib vähendada nende aeroobset töövõimet kuni 10% (Jürimäe et al., 2006).

Sõudjate maksimaalset hapniku tarbimist on aastate jooksul väga palju uuritud. Rahvusvahelise klassiga sõudjatel on maksimaalne hapniku tarbimine keskmiselt 6,0-6,6 l.min⁻¹ (Shephard, 1998; Steinacker, 1993) ning parimaks tulemuseks on saadud 7,0 l.min⁻¹ (Hagerman, 2000). Kuna maksimaalse hapniku tarbimise absoluutsed väärtused on sõudjatel ühed suuremad teiste sportlaste seas, siis need näitajad peegeldavad pigem sõudjate suurt keha ehitust (Hagerman, 2000; Secher, 1993). Kui aga vaadata rahvusvahelise klassiga meessõudjate maksimaalset hapniku tarbimist 1 kg keha massi suhtes, siis on see näitaja väiksem võrreldes teiste vastupidavusalade sportlastega, olles keskmiselt 65-70 ml.min.⁻¹kg.⁻¹ (Hagerman, 2000). Tabelis 2 on toodud rahvusvahelise klassiga meessõudjate maksimaalse hapniku tarbimise näitajad võrreldes samavanuste treenimata meestega ning eliitsõudjate maksimaalne aeroobne võimsus on ligikaudu 1,75 korda suurem võrreldes treenimata meestega (Hagerman, 2000).

Tabel 2. Sõudjate ja treenimata meeste maksimaalsed hapniku tarbimise näitajad (Hagerman, 2000 järgi).

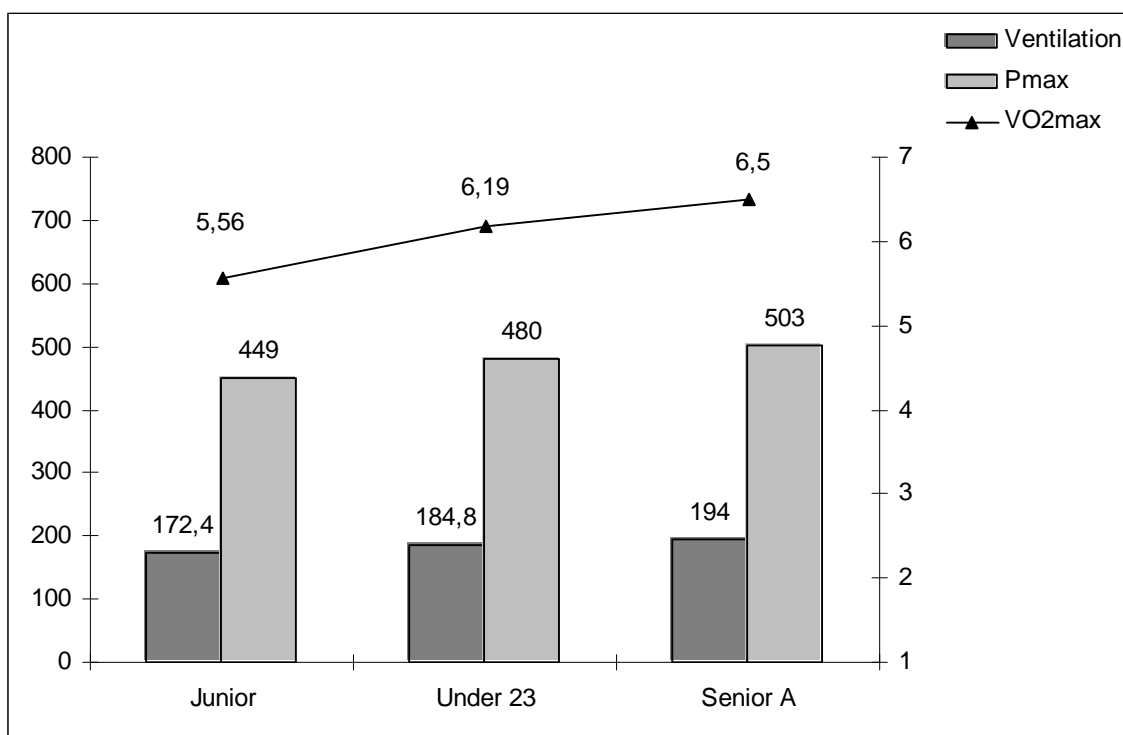
| Uuritavad | Keha mass (kg) | VO ₂ max (l.min ⁻¹) | VO ₂ max/kg (ml.min. ⁻¹ kg ⁻¹) |
|---|----------------|--|--|
| Viis maailma parimat sõudjat (hinnanguliselt) | 95,0 | 7,0 | 73,7 |
| Viis USA parimat sõudjat (hinnanguliselt) | 95,0 | 6,8 | 71,6 |
| USA olümpiakoondis (n=35) | 88,1 | 6,3 | 70,9 |
| Keskmise kehaehitusega treenimata inimene | 72,0 | 3,3 | 45,0 |
| Tugeva kehaehitusega treenimata inimene | 93,0 | 3,9 | 42,0 |

Sõudjate maksimaalne hapniku tarbimine võib aastase treengutsükli jooksul suurenda 5-15 ml.min.⁻¹kg.⁻¹ ehk ligikaudu 10% (Steinacker, 1993). Samas sõltub maksimaalse hapniku tarbimise suhtelise väärtuse suurenemine keha massi muutustest, mis on omane väiksema kvalifikatsiooniga sõudjatele (Hagerman, 2000; Jürimäe et al., 2006). Hagerman (2000) leidis USA olümpiakoondise sõudjatel, et maksimaalne hapniku tarbimine suurenes hooaja jooksul 5,1 kuni 6,0 l.min.⁻¹ Samas osad uuringud ei ole saanud muutusi maksimaalses hapniku tarbimises kogu hooaja jooksul rahvusvahelise klassiga sõudjatel (Secher, 1993; Shephard, 1998). Tuleb arvestada, et maksimaalne hapniku tarbimine väheneb sõudjatel, kellel nädalane sõudekilometraaz langeb alla 100 km nädalas (Steinacker, 1993). Noorsõudjatel suureneb maksimaalne hapniku tarbimine esimeste treeninguaastate jooksul keskmiselt 5-10 ml.min.⁻¹kg.⁻¹ (Secher, 1993). Võib väita, et maksimaalne hapniku tarbimine suureneb koos vanusega, aastase treeningumahu suurenemisega ja kvalifikatsiooni tõusuga (Jürimäe et al., 2006). Kui tavaliselt maksimaalse hapniku tarbimise edasist suurenemist ei toimu pärast 18 aastaseks saamist, siis vastupidavustreeningu tulemusena suureneb eliitsõudjate maksimaalne hapniku tarbimine kuni Senior A klassini (joonis 1). Treeningumahu edasine suurenemine ei suurenda enam maksimaalset hapniku tarbimist (l.min.⁻¹) eliitsõudjatel, küll aga suureneb maksimaalne aeroobne võimsus (W) (Jürimäe et al., 2006).

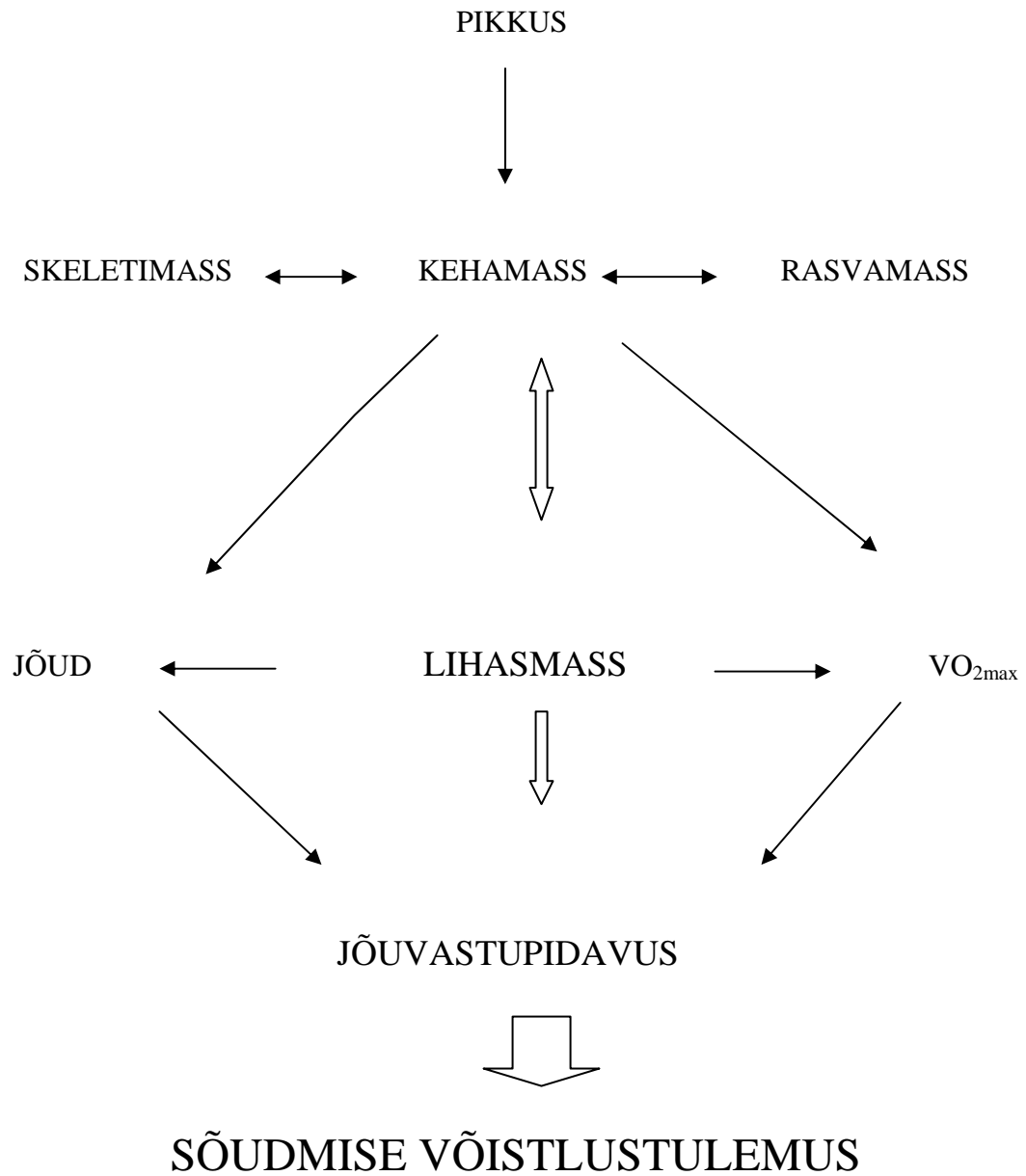
Suured maksimaalse hapniku tarbimise absoluutsed näitajad peegeldavad sõudjate suuri kehaehituse proportsioone. Sõudjate antropomeetrilisi näitajaid on uuritud küllaltki palju ja on leitud, et tippsõudja kehaehitus peab vastama kindlatele nõudmistele, selleks et saavutada häid tulemusi tiitlivõistlustel (Bourgois et al., 2000; Jürimäe et al., 2000; Mäestu et al., 2000). Rahvusvahelise klassiga sõudjad on erinevate andmete järgi 190-192 cm pikad ja kaaluvad 90-95 kg (Bourgois et al., 2000; Russell et al., 1999; Secher, 1993; Shephard, 1998). Secher (1993) leidis, et kui maailmameistrid olid keskmiselt 197,0 cm pikad ja nende keha mass oli 93,0, siis maailmameistrivõistlustest osalenute keskmine pikkus oli 3 cm lühem ja keha mass 9 kg kergem. Kui aastate jooksul sõudjate kehaehituse proportsioonides olulisi muutusi ei ole toimunud, on siiski leitud, et aastate jooksul on suurenenud rahvusvahelistel regattidel osalenud sõudjate keha pikkus ja keha mass (Bourgois et al., 2000; Carter, 1982). Keha rasvaprotsent ei ole oluliselt muutunud või on isegi vähenenud (Bourgois et al., 2000; Jürimäe et al., 2000), seega on keha massi suurenemine toimunud põhiliselt lihasmassi suurenemise arvelt. Siiski on sõudjate keha rasvaprotsent suurem võrreldes teiste vastupidavusalade sportlastega (Jürimäe et al.,

2000; Mäestu et al., 2000; Russell et al., 1998). Kuna sõudjate keha mass on paadis toetatud, siis erinevalt teiste vastupidavusalade sportlastest, kus sportlased peavad oma keha massi edasi viima, omab sõudjate suurem keha mass ja keha rasvamass positiivset mõju võistlustulemusele (Jürimäe et al., 2000). Kuna sõudmises osaleb 70% kõigist skeletilihastest, siis oleks hea, kui sõudja kogu keha massist moodustaks võimalikult suurema osa lihassmass (joonis 2).

Kokkuvõtteks võib öelda, et eliitsõudjaid iseloomustab suhteliselt suur aeglase oksüdatiivsete lihaskiudude hulk töötavates lihastes. Kuna sõudmine on oma olemuselt jõuvastupidavusala, siis on sõudjate keha proportsioonid suhteliselt suured ning võistlustulemust määrab suures ulatuses aeroobne töövõime. Aeroobse töövõime arendamisel on oluline roll treeningutel, mille puhul intensiivsus jääb madalamale kui anaeroobne lävi. Seega on sõudjate anaeroobse läve määramine väga oluline. Järgmine peatükk käsitlebki erinevaid anaeroobse läve määramise võimalusi.



Joonis 1. Maksimaalse hapniku tarbimise (VO_{2max} ; $l \cdot min^{-1}$), ventilatsiooni (l) ja maksimaalse aeroobse võimsuse (P_{max} ; W) arenemine eliitklassi sõudjal junioritest kuni Senior-A klassini (Jürimäe et al., 2006 järgi).



Joonis 2. Keha suuruse ja võistlustulemuse vaheline seos sõudjatel (Jürimäe et al., 2006 järgi). VO_{2max} , maksimaalne hapniku tarbimine.

2.2 Anaeroobse läve määramine

Anaeroobset läve (AnL) võib defineerida, kui suurimat lihastöö intensiivsust, mille puhul tekkiva laktaadi produktsiooni ja eliminatsiooni vahekord on tasakaalus. Levinumaks AnL määramise meetodiks on lihastöö võimsuse määramine 4 mmol.l⁻¹ vere laktaadisisalduse juures (Heck et al., 1985; Mader, 1976; Sjödin et al., 1981). Erinevad uuringud on ka leidnud, et submaksimaalse aeroobse töö võimsus, mis kutsub esile vere laktaadisisalduse tõusu 4 mmol.l⁻¹, on kõige paremaks sõudmise võistlustulemust iseloomustavaks näitajaks, eriti just väikestel paatidel nagu ühene ja kahene paat (Beneke, 1995; Jürimäe et al., 1999; Secher, 1993; Shephard, 1998; Wolf ja Roth, 1987). Teised uuringud on aga näidanud, et sõudjatel, kellel on suurem hapniku tarbimine lihastöö võimsusel, mis kutsub esile vere laktaadisisalduse tõusu 4 mmol.l⁻¹, on parem võistlustulemus sõudeergomeetrial, kui sõudjatel, kellel on madalam hapniku tarbimine 4 mmol.l⁻¹ lihastöö võimsuse juures (Steinacker, 1993). Rahvusvahelise klassiga sõudjatel vastab lihastöö võimsus 4 mmol.l⁻¹ juures ligikaudu 80-85% maksimaalsest võimsusest (Steinacker, 1993) ja hapniku tarbimine 4 mmol.l⁻¹ juures samuti ligikaudu 85% maksimaalsest hapniku tarbimisest (Beneke ja von Duvillard, 1995).

Tänapäeval kasutatakse AnL määramiseks väga erinevaid meetodeid ja kriteeriume. Kõige enam levinumaks on vere laktaadisisalduse tõusu määramine astmeliselt tõusvate koormustega suutlikuseni (Beneke, 1995; Bishop et al., 1998; Bourgois ja Vrijens, 1998; Tokmakidis et al., 1998; Tokmakidis, 1990). Anaeroobse läve määramisel vere laktaadi kontsentratsiooni muutust astmeliselt tõusvatel koormustel kasutatakse väga erinevaid kontseptsioone ja definitsioone (Beneke, 1995; Bishop et al., 1998; Jürimäe et al., 2001; Tokmakidis et al., 1998). Tabelis 3 on ära toodud erinevate meetoditega määratud AnL laktaadi kontsentratsioonid veres. Lisaks on võimalik määrata AnL ka mitteinvasiivselt, kasutades selleks südame löögisageduse (Bourgois ja Vrijens, 1998; Conconi et al., 1982), ventilatsiooni (V_E) (Hofmann et al., 1994, 1997) ja hingamiskoefitsiendi (RER) (Mickelson ja Hagerman, 1982; Solberg et al., 2005) muutust astmeliselt tõusvatele koormustele.

Tabel 3. Laktaadi kontsentratsioonid erinevate meetoditega määratud anaeroobse läve puhul (Jürimäe et al., 2000 järgi).

| Parameter | Keskmine±SD |
|---|-------------|
| LT (mmol.l ⁻¹) | 2,5±0,6 |
| LT ₁ (mmol.l ⁻¹) | 3,2±0,7 |
| LT _{LOG} (mmol.l ⁻¹) | 3,7±0,8 |
| LT _D (mmol.l ⁻¹) | 4,5±1,0 |
| LT _{MOD} (mmol.l ⁻¹) | 5,6±0,9 |

LT-laktaadi kontsentratsiooni tõus üle puhkeoleku taseme; LT₁-laktaadi kontsentratsiooni esimene tõus üle 1 või rohkem mmol.l⁻¹; LT_{LOG}-logaritm laktaadi väärtusest vs. logaritm töö intensiivsuse väärtusest; LT_D-laktaadi kontsentratsioon arvestatud D_{max} meetodil; LT_{MOD}-laktaadi kontsentratsioon määratud modifitseeritud LT_D meetodil.

Invasiivse meetodi puhul iseloomustab AnL laktaadi kontsentratsiooni järsk tõus veres teatud koormusel (Brooks, 1985). Kui näiteks Sjödín ja Jakobs (1981) kasutasid AnL määramiseks lihastöö võimsust 4 mmol.l⁻¹ laktaadi kontsentratsiooni juures, siis Worms et al. (1985) kasutasid seleks lihastöö võimsust 3 mmol.l⁻¹ laktaadi kontsentratsiooni juures. Samas leidsid teised uuringud, et AnL on 2,0 mmol.l⁻¹ (La Fontaine et al., 1981), 2,5 mmol.l⁻¹ (Hurley et al., 1984) või 3,0 mmol.l⁻¹ (Föhrenbach et al., 1987) laktaadi taset esilekutsuva lihastöö võimsuse juures. Yoshida et al. (1987) kasutasid AnL leidmiseks lihastöö võimsust, kus laktaadi kontsentratsioon tõusis üle puhkeoleku taseme, Coyle et al. (1983) pakkusid selleks väärtuseks aga vähemalt 1 mmol.l⁻¹ laktaadi kontsentratsiooni suurenemist üle puhkeoleku taseme. Selleks, et olla täpsem AnL subjektiivselt määramisest, on AnL määramiseks kasutatud ka erinevaid matemaatilisi AnL määramise meetodeid nagu log-log transformatsiooni, kus leitakse log (laktaat) vastav log (võimsus) astmeliselt tõusvatel koormustel (Beaver et al., 1985). Varasemad uuringud meie laboris on näidanud, et invasiivse meetodi puhul sobib sõudjatele AnL määramiseks kõige paremini just log-log meetod, kus AnL sõudeergomeetria määratuna on 3,7±0,8 mmol.l⁻¹ juures (Jürimäe et al., 2001). See väärtus on madalam kui kirjanduses sageli sõudjatele pakutud 4 mmol.l⁻¹ tase (Steinacker, 1993). Bourgois ja Vrijens (1998) leidsid oma uuringus samuti, et AnL 4 mmol.l⁻¹ vere laktaadi kontsentratsiooni juures ei peegelda püsivat laktaadi taset sõudjatel, sest 4 mmol.l⁻¹ juures on töö intensiivsus liiga suur, see kajastub liiga varajases väsimises ning laktaadi kuhjumises verre. Samas on paljud

uuringud näidanud, et AnL 4 mmol.l^{-1} juures on sobiv näit treeningu monitooringuks (Davis, 1985; Steinacker, 1988; Urhausen et al., 1993; Wasserman et al., 1964).

Samuti on leitud, et kui kasutada AnL määramiseks kindlat laktaadi väärtust, siis tõuseb saadava tulemuse objektiivsus, kuid see välistab sportlase individuaalsuse, sest on leitud, et lihastöö võimsus laktaadi püsisaseme juures võib olla kõrgemal või madalamal kui kindla vere laktaadisisalduse juures (Williams et al., 1991). Seetõttu kasutatakse ka individuaalse AnL määramist (Beneke, 1995). Individuaalset AnL määratakse mõnedes laborites, kui puhkeoleku vere laktaadisisaldusele lisatakse $1,5 \text{ mmol.l}^{-1}$ (Roecker et al., 1998; Helgerud et al., 2001), teistes laborites kasutatakse individuaalse AnL määramisel ka taastumise ajal võetud laktaadi väärtusi (Beneke, 1995; Brooks, 1985). Samuti võtab individuaalse AnL määramine arvesse konkreetse sportlase laktaadi produktsiooni ja elimineerimise võimet ning võimaldab täpsemini määrata maksimaalset laktaadi püsiseisundit ja võib seega olla sobivam iseloomustamiseks sõudja submaksimaalset töövõimet (Beneke, 1995). Samuti mõjutab laktaadi väärtusi ka see kas laktaat on määratud venoossest, kapillaarsest või arteriaalsest verest (Yeh et al., 1983). Lisaks on mõned uuringud kasutanud AnL määramiseks kindlat murdepunkti laktaadikõveral. Näiteks Simon et al. (1981) kasutas 51° nurka, Keul et al. (1979) aga 45° nurka. Ülalöeldu kokkuvõtteks tuleb nentida, et astmeliselt tõusvate koormustega testil laktaadiväärtuste määramine ja selle abil usaldusväärse AnL leidmine on äärmiselt keeruline ja ka aeganõudev ning kallis sõudjate igapäevase täpse treeninguintensiivsuste määramiseks.

Mitteinvasiivse meetodina kasutatakse AnL määramises südame löögisagedust ning on leitud, et AnL on keskmiselt 20 lööki allpool maksimaalset südame löögisagedust (Conconi et al., 1982; Bunc et al., 1995). 1982 aastal pakkus Itaalia sporditeadlane Conconi välja testi kaudseks AnL määramiseks jooksjatel (Conconi et al., 1982). See test põhines jooksukiiruse ja südame löögisageduse omavahelisel suhtel. Anaeroobse läve kiirusele vastas kiirus, mille juures kadus lineaarsus jooksukiiruse suurenemise ja südame löögisageduse suurenemise suhtes. Selles defleksioonipunktis määratud südame löögisagedus vastaski AnL taseme südame löögisagedusele. Conconi et al. (1996) leidsid oma uuringus, et vaid 5% nende laboratooriumis läbi viidud testidest ebaõnnestusid. Siiski kritiseeritakse Conconi AnL määramise testi usaldatavust ja korratavust, mis ongi nõrgemateks aspektideks südame löögisageduse defleksioonipunkti uuringutes (Bodner

et al., 2000). Droghetti et al. (1985,1986) kohandasid Conconi AnL määramise meetodi sõudjatele veepeal testimiseks, sest parim meetod sõudjate spetsiifilist töövõimet määrata oleks just veepeal sõudes (Bourgois ja Vrijens, 2002; Shephard, 1998). Erinevad uuringud on leidnud, et sportlaste töövõime hindamiseks tuleks kasutatavad testid hoida võimalikult antud spordiala spetsiifilised. Seda on soovitanud paljud autorid erinevate spordialade nagu rulluisutamise (Verghes et al., 2003), aerutamise (van Someren et al., 2000), sulgpalli (Wonisch et al., 2003), jooksu (Farell, 1979; Kumagai, 1982) ja sõudmise (Coen et al., 2003) kohta. Samas on veepeal sooritatavad testid väga aeganõudvad ning välised faktorid nagu tuul, lainetus ja vool võivad mõjutada paadi kiirust ning saadud tulemust on raske kasutada igapäevase treeningu intensiivsuse doseerimisel (Jensen, 1994). Samas on aga leitud, et jooksuraja ja veloergomeetri kasutamine ei hinda piisavalt täpselt sõudja spetsiifilist töövõimet (Bouckaert et al., 1983). Seega on hetkel parimaks ja levinumaks sõudjate testimise vahendiks sõudeergomeeter. Sõudeergomeetril tehtaval töö on jalgade ja keha liikumised sarnased veepeal tehtava tööga (Lamb, 1989). Samas on leitud erinevus AnL väärtustel, mis on saadud veepeal sõudmisel madalam võrreldes sõudeergomeetril sõudmisega (Steinacker, 1993).

Maksimaalse hapniku tarbimise testi ajal gaasivahetuse näitajaid kasutades iseloomustab AnL järsk ventilatsiooni tõus, süsihappegaasi hulga suurenemine, hapniku omastamise protsendi järsk vähenemine ja hapnikuekvivalendi (V_E/VO_2) järsk tõus (Hofmann et al., 1994,1997). Hofmann et al. (1994) on leidnud, et teine ventilatsioonilävi iseloomustab suhteliselt hästi nii vere laktaadisisalduse murdepunkti kui ka südame löögisageduse murdepunkti veloergomeetril. Solberg et al. (2005) aga näitasid oma töös, et hingamiskoeffitsendi (RER) baasil määratud AnL väärtused korreleeruvad vere laktaadi kontsentratsiooni põhjal määratud AnL väärtustega ja see mitteinvasiivne meetod on parim ventilatsioonil põhinev näitaja AnL määramiseks. Lisaks on teised uuringud ka näidanud, et töötavate lihaste elektromüograafiline aktiivsuse suurenemist astmeliselt tõusvatele koormustele iseloomustab teatud koormusel lineaarsuse kadumine, mida võib ka kasutada AnL iseloomustamiseks (Bearden ja Moffatt, 2001; Hug et al., 2003; Mäestu et al., 2006). Seega on väga erinevaid võimalusi ka mitteinvasiivselt AnL määramiseks sõudjatel.

Kokkuvõtteks võib öelda, et AnL määramine on sõudmises väga komplitseeritud ning õige metoodika leidmine, mis oleks sportlastele lihtne ja samas annaks usaldusväärse tulemuse, ei ole lihtne. Samas moodustavad treeningutest kõige suurema osa sõudmises just allpool AnL tehtavad treeningud. Seega on kogu aastases treeninguprotsessis pidev AnL määramine oluline, et leida treeninguteks õige intensiivsus.

3 TÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED

Nagu kirjanduse ülevaatest selgus on sõudmises võistlustulemust määravateks faktoriteks nii spetsiifilised funktsionaalsed kui ka keha koostise näitajad. Sõudmises tagavad edukuse madala intensiivsusega vastupidavustreeningud, mille osatähtsus kogu aastasest treeningumahust võib olla kuni 93%. Treeningukoormuste intensiivsuse doseerimiseks kasutatakse tavaliselt AnL, mille määramiseks on mitmeid erinevaid meetodeid.

Käesoleva uurimistöö eesmärgiks oli hinnata rahvusvahelisel tasemel Eesti meessõudjate sõudeergomeetril määratud AnL sobivust ühese paadi treeningu koormuse doseerimisel.

Käesolevas uurimistöös püstitati järgmised konkreetset ülesanded:

1. Määrata erinevad hingamisparameetrid (VO_2 , VCO_2 , V_E , f_B , VT) ja südame löögisageduse astmeliselt tõusvate koormustega testil sõudeergomeetril ning saadud tulemuste põhjal anaeroobne lävi.
2. Võrrelda sõudeergomeetril mitteinvasiivselt määratud anaeroobse läve kasutamise sobilikkust treeningu koormuse doseerimisel ühepaadi treeningutel.
3. Leida sõudeergomeetril mitteinvasiivselt määratud anaeroobse läve seosed nii 2000 meetri ühepaadi kui ka sõudeergomeetri võistlustulemustega.
4. Leida võimalikud seosed määratud aeroobse võimekuse ja keha koostise parameetrite vahel rahvusvahelise tasemega sõudjatel.

4 METOODIKA

4.1 Uuritavad

Käesolevas uuringus osales 11 rahvusvahelise tasemega meessõudjat (vanus: $19,1 \pm 3,8$ a.; pikkus: $189,1 \pm 4,6$ cm; keha mass: $86,3 \pm 6,4$ kg; keha rasva%: $9,3 \pm 2,1$ %), kes esindasid Eestit 2005 aasta maailmameistrivõistlustel ja võistlesid vähemalt teises finaalis. Vaatlusalused treenisid regulaarselt ja olid tegelenud sõudmisega viimased $6,5 \pm 3,4$ aastat. Uuring toimus ettevalmistusperioodi lõpus. Ettevalmistusperioodi jooksul treenisid sõudjad keskmiselt 9 korda nädalas ja treeningute põhiline eesmärk oli aeroobse võimekuse suurendamine läbi vastupidavustreeningute. Keskmine treeningukoormus oli 13,5 kuni 20,0 tundi nädalas ja treeningu intensiivsus oli allpool AnL ligikaudu 90% kogu treeningutele kulunud ajast. Iga uuritav läbis keha koostise määramise ja astmeliselt tõusvate koormustega testi sõudeergomeetril. Teine ja kolmas mõõtmine oli 30 minutiline ühtlase koormusega test ühesel paadil individuaalsest AnL kõrgema ja madalama intensiivsusega. Samuti fikseeriti 2000 meetri võistlustulemus nii ühesel paadil kui ka sõudeergomeetril. Kõik vaatlusalused olid terved ja ei tarvitanud uuringu jooksul medikamente. Kõik vaatlusalused olid ka varem osalenud laboratoorsetes tingimustes sooritatud testides. Samuti olid uuritavad teadlikud antud uuringu käigust ja uuringu eesmärkidest ning kõik vaatlusalused andsid kirjaliku nõusoleku antud uuringutes osalemiseks. Käesolevaks uuringuks saadi Tartu Ülikooli inimuuringute eetikakomisjoni luba.

4.2 Funktsionaalsed testid

4.2.1 Astmeliselt tõusvate koormustega test sõudeergomeetril

Laboratoorsetes tingimustes viidi läbi astmeliselt tõusvate koormustega test tuuletakistusel põhineval sõudeergomeetril Concept II (Morrisville, USA). Antud testi eesmärgiks oli määrata vaatlusaluste maksimaalne hapniku tarbimine (VO_{2max}), maksimaalne võimsus (P_{max}) ja individuaalne AnL.

Kõik vaatlusalused olid eelnevalt tuttavad kasutatava sõudeergomeetriga. Vaatlusalused kasutasid Concept II ergomeetrit pidevalt oma treeningutel ja testimistel, seega ei olnud eelnev proovitestimine vajalik. Tõmbe võimsuse ja tempo näitajaid said vaatlusalused pidevalt jälgida sõudeergomeetri tabloolt. Testi standardiseerimiseks oli koormus

sõudeergomeetritel fikseeritud vastavalt treenerite soovitudele 5-ndale astmele kümnest võimalikust. Sportlased istusid 2 minutit rahulikult sõudeergomeetritel enne kui alustasid testi 40 W koormusega. Tõmbe võimsust tõsteti 20 W kaupa iga minuti järel kuni maksimaalse suutlikkuseni. Vaatlusaluseid julgustati ja ergutati saavutamaks maksimaalset tulemust. Test oli üles ehitatud selliselt, et iga vaatlusalune jõuaks oma maksimaalse tulemuseni ligikaudu 15 minuti jooksul (Hoffmann et al., 1994).

Maksimaalne hapniku tarbimine oli saavutatud, kui üks järgmistest kriteerimitest oli täidetud (Messonnier et al., 1997):

1. Platoo tekkimine hapniku tarbimises vaatamata töö intensiivsuse kasvule;
2. Hingamiskoeffitsiendi (RER) kasv 1,1-ni või üle selle;
3. Vaatlusaluse maksimaalse südame löögisageduse (SLS) saavutamine.

4.2.2 Ühtlase koormusega testid ühesel paadil

Ühtlase koormusega testid ühesel paadil toimusid vähemalt 24 tunnise vahega vee peal. Ühtlase koormusega testide eesmärgiks oli leida kas antud meetodikaga määratud AnL lävi kajastab maksimaalset laktaadi püsitaset ühepaadil sõudmisel. Vaatlusalustel tuli sõuda 30 minutit ühtlase koormusega individuaalsest AnL vastavalt kõrgema (+AnL) või madalama (-AnL) intensiivsusega. Testide intensiivsuse järjekorra valik toimus juhuslikkuse printsiibil kasutades SLS keskmist väärtust kas 5 lööki.min⁻¹ madalamal või kõrgemal määratud individuaalse AnL SLSst, mida vaatlusalused ei tohtinud ületada kogu testi jooksul. Testile eelnes individuaalne soojendus. Vaatlusaluseid instrueeriti mitte alustama testi liiga intensiivselt ning saavutama etteantud SLS hiljemalt viiendaks minutiks. Ühtlase koormusega testid sooritati õhutemperatuuril 19-22 °C, keskmise õhuniiskusega 40% ja suhteliselt tuulevaiksetes oludes. Igal 10, 20 ja 30 minutil katkestati test 30-45 sekundiks, mille jooksul toimus vereproovide võtmine vere laktaadisisalduse määramiseks.

4.3 Füsioloogilised mõõtmised

Kõigi kolme testi käigus määrati sportlaste SLS ja vere laktaadisisaldus. Südame löögisageduse määramine toimus testide vältel pidevalt ja salvestati viiesekundiliste intervallidega kasutades sporttestrit Polar Vantage NV (Polar Electro, Kempele, Soome). Vere laktaadisisalduse määramiseks võeti vereproov (20µl) näpu otsast. Vere

laktaadisisaldus määrati nendest proovidest ensümaatilisel portatiivse fotomeetrilise laktaadi analüsaatori (EBIO+, Eppendorf, Saksamaa) abil. Ühtlase koormusega testide käigus võeti vereproovid mootorpaadist, mis saatis sõudjat kogu testi vältel. Ühtlase koormusega testi püsiseisund oli määratletud siis, kui vere laktaadisisaldus ei suurenenud rohkem kui $1,0 \text{ mmol.l}^{-1}$ testi viimase 20 minuti jooksul. Paadi kiirus mõlema testi ajal määrati GPS (eTrex, Garmin, USA) meetodil täpsusega 10 meetrit ja paadi kiirus määrati iga 10 minutilise lõigu jooksul.

Gaasivahetuse näitajaid mõõdeti kõikide testide jooksul kasutades portatiivset gaasianalüsaatorit MetaMax I (Cortex, Saksamaa), mis salvestas andmed 10 sekundiliste intervallidega. Kõikide testide jooksul hingasid vaatlusalused läbi näomaski. Pidevalt määrati vaatlusaluste hapniku tarbimine (VO_2), süsihappegaasi ventilatsioon (VCO_2), minuti ventilatsioon (V_E), hingamise sagedus (f_B) ja hingamismaht (VT). Keskmise hingamiskoeffitsient (RER) ja O_2 (V_E/VO_2) ning CO_2 (V_E/VCO_2) ventilatsiooniparameetrid kalkuleeriti saadud tulemustest. Gaasianalüsaator galibreeriti kindla kontsentratsiooniga kommertsiaalselt saadavate gaaside abil enne kõiki teste. Saadud andmed töödeldi kasutades standardset tarkvara (MetaMax-Analysis, Cortex, Saksamaa) ja Hofmanni et al. (1994) poolt väljatöötatud SLS andmete analüüsi tarkvaraga.

4.4 Individuaalse anaeroobse läve määramine

Vaatlusaluste individuaalse AnL määramiseks kasutati murdepunktide leidmist lineaarsete regressioonide järgi (Hofmann et al., 1994,1995). Südame löögisageduse murdepunkt leiti, kui murdepunkt SLS kõveral võrreldes koormuse kasvamisega (joonis 3). Kaks regressioonisirget arvatati teineteisest sõltumata ning nende sirgete lõikepunkt määratleti kui SLSile vastav AnL (AnL_{SLS}). Samuti arvestati AnL määramisel ka teist ventilatsiooni läve (AnL_{VE2}), mis määrati kui teine järsk suurenemine ventilatsiooni kõveral (l.min^{-1}), millega kaasnes nii V_E/VO_2 kui ka V_E/VCO_2 suurenemine (Beaver et al., 1996). Regressioonisirgete määramisel kasutati spetsiaalset tarkvara (Hofmann et al., 1994).

4.5 Võistlustulemuse määramine

2000 meetri võistlustulemus leiti nii ühesel paadil kui ka sõudeergomeetril Concept II individuaalstardist. Võistlustulemuse määramisele eelnes vähemalt 24 tunnine

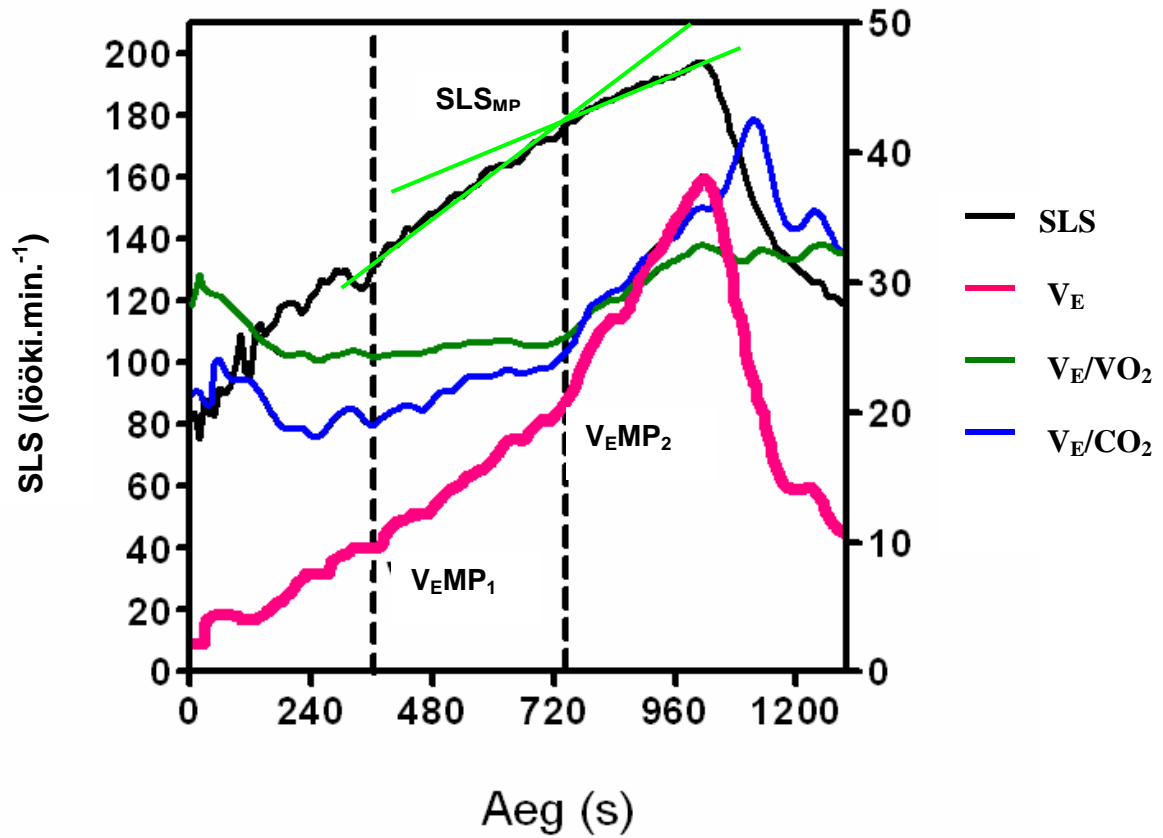
puhkepaus. Uuritavad pidid läbima 2000 meetri distantsi võimalikult kiiresti. Testile eelnes individuaalne 15 minutiline soojendus ning registreeriti 2000 meetri läbimisele kulunud aeg. Ühese paadi test sooritati kõikidel uuritavatel ühel päeval ühesugustes ilmaoludes keskmisel õhutemperatuuril 19-22 °C, keskmise õhuniiskusega 40% ja suhteliselt tuulevaiksetes oludes.

4.6. Keha koostise määramine

Uuritavate keha pikkus (Martini metallantropomeeter) ja keha mass (A&D Instruments Ltd, Oxfordshire UK) mõõdeti vastavalt 0,1 cm ja 0,05 kg täpsusega. Keha koostis määrati kahekordse röntgenkiire meetodil kasutades DPX-IQ densitomeetrit (Lunar Corporation, Madison, WI, USA). Määrati uuritavate keha rasva %, rasvamass ja keha rasvavaba mass.

4.7. Andmete statistiline analüüs

Kõigi määratud parameetrite puhul leiti aritmeetiline keskmine (X) ja standardhälve ($\pm SD$) kasutades SPSS andmetöötlusprogrammi. Erinevused sõudeergomeetril kasvavate koormustega toimunud testi ja ühesel paadil toimunud testide tulemuste vahel ning ühesel paadil toimunud testide tulemuste muutused määrati Friedmani variatsioonianalüüsi (ANOVA) ja Wilcoxon'i *post hoc* testide alusel. Määratud parameetrite vahelisi seoseid hinnati Kendall'i korrelatsioonianalüüsi abil. Astmelise regressioonianalüüsi abil leiti 2000 meetri võistluse tulemust nii ühesel paadil kui ka sõudeergomeetril kõige paremini iseloomustavad näitajad. Regressioonianalüüsi sisestati ainult need keha koostise ja funktsionaalse võimekuse parameetrid, mis eelneva korrelatsioonianalüüsi põhjal olid statistiliselt usutavalt seotud sõudmise võistlustulemusega. Olulisuse nivooks seati kõigi testide puhul $p < 0,05$.



Joonis 3. Anaeroobse läve määramine südame löögisageduse ja ventilatsiooni läve kaudu ühel vaatlusalusel. SLS_{MP} – südame löögisageduse murdepunkt; V_{EMP1} – ventilatsiooni esimene murdepunkt ; V_{EMP2} – ventilatsiooni teine murdepunkt

5. TULEMUSED

Sõudjate keha koostise ja astmeliselt tõusvate koormustega testi maksimaalsed väärtused on esitatud tabelis 4. Tabelis 5 on välja toodud valitud näitajate väärtused individuaalse AnL juures määratuna AnL_{SLS} ja AnL_{VE2} juures ning nende näitajate maksimaalsed väärtused. Statistiliselt usutavaid erinevuse määratud parameetrites AnL_{SLS} ja AnL_{VE2} individuaalse AnL kontseptsioonide vahel ei leitud. Statistiliselt usutav seos esines mõlema kontseptsiooniga määratud AnL võimsuse ($r=0,655$; $p=0,029$) ja SLS ($r=0,724$; $p=0,0012$) vahel. 2000 meetri võistlustulemus sõudeergomeetril ($381,9 \pm 15,1$ s) oli statistiliselt usutavalt ($p=0,003$) parem 2000 meetri võistlustulemusest ühestel paatidel ($436,3 \pm 16,6$ s).

Gaasivahetuse, SLS ja vere laktaadi kontsentratsiooni väärtused konstantse alalävisel koormusega (-AnL) 30 minutilise testi jooksul statistiliselt usutavalt ei muutunud (tabel 6). Alalvisel koormusega testi jooksul registreeritud parameetrid olid statistiliselt usutavalt väiksemad AnL_{SLS} vastavatest näitajatest. Samas ei esinenud statistiliselt usutavaid erinevusi teisel ventilatsiooni lävel (AnL_{VE2}) määratud vastavatest näitajatest. Konstantse ülalävisel koormusega (+AnL) 30 minutilise testi jooksul määratud gaasivahetuse, SLS ja vere laktaadisalduse näitajad püsisid muutumatuna kogu testi jooksul (tabel 7). Samas oli SLS kogu testi vältel statistiliselt usutavalt kõrgem mõlema kontseptsiooni järgi määratud anaeroobse läve SLSist (tabel 7). Samuti ei erinenud antud testi käigus määratud gaasivahetuse näitajad statistiliselt usutavalt AnL tasemel määratud vastavatest näitajatest.

Seosed 2000 meetri ühese paadi ja sõudeergomeetri võistlustulemuste ning sõudeergomeetril määratud AnL näitajate vahel on esitatud tabelis 8. Ühese paadi võistlustulemus oli statistiliselt usutavalt seotud nii mõlema meetodiga määratud AnL (AnL_{SLS} , AnL_{VE2}) võimsuse kui ka VO_2 näitajatega. Samuti oli ühese paadi võistlustulemus statistiliselt usutavalt seotud AnL_{VE2} meetodil määratud AnL $VO_{2/kg}$ ja V_E näitajatega. Samas oli 2000 meetri sõudeergomeetri võistlustulemus statistiliselt usutavalt seotud ainult AnL_{SLS} meetodil määratud VO_2 näitajaga.

Määratud keha koostise ja aeroobse võimekuse vahelised seosed on esitatud tabelis 9. Keha mass ja rasvavaba mass olid statistiliselt usutavalt seotud nii maksimaalse (VO_{2max} , P_{max} , V_E) kui ka AnL_{SLS} (VO_2) tasemel määratud aeroobse võimekuse näitajatega. 2000 meetri võistlustulemus ühesel paadil oli statistiliselt usutavalt seotud keha massi ($r=-0,56$), VO_{2max} ($r=-0,67$), V_E ($r=-0,49$) ja P_{max} ($r=-0,56$) näitajatega. 2000 meetri võistlustulemus sõudeergomeetril oli statistiliselt usutavalt seotud keha massi ($r=-0,55$), keha rasvavaba massi ($r=-0,62$), VO_{2max} ($r=-0,51$), V_E ($r=-0,70$) ja P_{max} ($r=-0,59$) näitajatega. Astmeline regressioonanalüüs näitas, et 2000 meetri võistlustulemust ühestel paatidel iseloomustas kõige paremini VO_{2max} ($R^2=0,636$; $p=0,002$) ja sõudeergomeetril keha rasvavaba massi ($R^2=0,713$; $p=0,001$) näitaja suurus.

Tabel 4. Uuritavate üldiseloomustus (n=11).

| | Keskmine±SD | Miimum-maksimum |
|--|-------------|-----------------|
| Vanus (a) | 19,1±3,8 | 17-29 |
| Pikkus (cm) | 189,1±4,6 | 182-198 |
| Keha mass (kg) | 86,3±6,4 | 75,8-97,3 |
| Keha rasva% | 9,3±2,1 | 6,1-13,2 |
| Keha rasvamass (kg) | 7,6±2,0 | 5,2-11,5 |
| Keha rasvavaba mass (kg) | 74,1±5,2 | 64,7-82,6 |
| VO _{2max} (l.min ⁻¹) | 5,4±0,6 | 4,5-6,3 |
| VO _{2max/kg} (ml.min ⁻¹ kg ⁻¹) | 62,6±3,1 | 58,2-67,0 |
| V _E (l.min ⁻¹) | 167,1±30,3 | 132,1-238,4 |
| P _{max} (W) | 414,3±41,6 | 344-479 |

VO_{2max} - maksimaalne hapniku tarbimine; V_E - ventilatsioon; P_{max} - maksimaalne võimsus.

Tabel 5. Valitud näitajad maksimaalsel võimsusel (Max), südame löögisageduse murdepunkti (AnL_{SLS}) ja teise ventilatsiooni läve (AnL_{VE2}) järgi määratud anaeroobsel lüvel kasvavate koormustega sõudeergomeetri testil (n=11).

| | Max | AnL_{SLS} | AnL_{VE2} |
|---|------------|-------------|-------------|
| Võimsus (W) | 414,4±41,6 | 285,5±24,9 | 265,6±43,1 |
| % võimsus | - | 69,1±4,3 | 63,5±8,4 |
| SLS (lööki.min ⁻¹) | 190,5±9,2 | 170,2±8,6 | 164,2±13,1 |
| VO ₂ (l.min ⁻¹) | 5,4±0,6 | 4,3±0,4 | 4,0±0,6 |
| VO _{2/kg} (ml.min ⁻¹ kg ⁻¹) | 62,6±3,1 | 49,2±2,5 | 46,0±4,4 |
| % VO ₂ | - | 78,8±5,3 | 74,1±5,1 |
| V _E (l.min ⁻¹) | 167,1±30,3 | 104,4±13,3 | 95,3±18,0 |

SLS - südame löögisagedus; VO₂ - hapniku tarbimine; VO_{2/kg} - hapniku tarbimine keha massi suhtes; V_E - ventilatsioon.

Tabel 6. Astmeliselt tõusvate koormustega testil määratud anaeroobne lävi (AnL_{SLS} , AnL_{VE2}) ja konstantse alalävisse koormusega (-AnL) sõidetud testi südame löögisageduse (SLS), hapniku tarbimise (VO_2), ventilatsiooni (V_E) ja laktaadi (La) kontsentratsiooni näitajad (n=11).

| | AnL_{SLS} | AnL_{VE2} | 10 min | 20 min | 30 min |
|-----------------------------------|-------------|-------------|-------------|------------|-------------|
| SLS (lööki.min ⁻¹) | 170,2±8,6 | 164,2±13,1 | 167,6±10,5* | 166,4±9,1* | 166,5±10,5* |
| VO_2 (l.min ⁻¹) | 4,3±0,4 | 4,0±0,6 | 4,0±0,5* | 3,9±0,4* | 3,9±0,4* |
| V_E (l.min ⁻¹) | 104,4±13,3 | 95,3±18,0 | 98,4±12,7* | 93,0±8,7* | 86,7±13,8* |
| La (mmol.l ⁻¹) | - | - | 3,2±0,9 | 3,0±1,1 | 2,4±0,8 |

* Statistiliselt usutav erinevus AnL_{SLS} vastavast näitajast; $p < 0,05$.

Tabel 7. Astmeliselt tõusvate koormustega testil määratud anaeroobne lävi (AnL_{SLS} , AnL_{VE2}) ja konstantse ülalävisel koormusega ($-AnL$) sõidetud testi südame löögisageduse (SLS), hapniku tarbimise (VO_2), ventilatsiooni (V_E) ja laktaadi (La) kontsentratsiooni näitajad (n=11).

| | AnL_{SLS} | AnL_{VE2} | 10 min | 20 min | 30 min |
|-----------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| SLS (lööki.min ⁻¹) | 170,2±8,6 | 164,2±13,1 | 173,3±10,5# | 172,0±9,2*# | 171,1±9,0*# |
| VO_2 (l.min ⁻¹) | 4,3±0,4 | 4,0±0,6 | 4,2±1,2 | 4,0±1,2 | 3,9±0,9 |
| V_E (l.min ⁻¹) | 104,4±13,3 | 95,3±18,0 | 109,7±17,5# | 104,0±10,6 | 100,5±10,2 |
| La (mmol.l ⁻¹) | - | - | 3,8±1,2 | 3,8±0,8 | 3,5±1,1 |

* Statistiliselt usutav erinevus AnL_{SLS} vastavast näitajast; p<0,05.

Statistiliselt usutav erinevus AnL_{VE2} vastavast näitajast; p<0,05.

Tabel 8. Seosed 2000 meetri ühese paadi ja ergomeetri võistlustulemuse ning ergomeetril määratud anaeroobse läve näitajate vahel.

| | Ühene paat | Sõudeergomeeter |
|--|------------|-----------------|
| AnL _{SLS} võimsus (W) | -0,52* | -0,37 |
| AnL _{SLS} SLS (lööki.min ⁻¹) | 0,32 | 0,06 |
| AnL _{SLS} VO ₂ (l.min ⁻¹) | -0,64* | -0,48* |
| AnL _{SLS} VO _{2/kg} (ml.min ⁻¹ kg ⁻¹) | -0,30 | -0,15 |
| AnL _{SLS} V _E (l.min ⁻¹) | -0,45 | -0,44 |
| AnL _{VE2} võimsus (W) | -0,56* | -0,18 |
| AnL _{VE2} SLS (lööki.min ⁻¹) | -0,04 | 0,22 |
| AnL _{VE2} VO ₂ (l.min ⁻¹) | -0,64* | -0,29 |
| AnL _{VE2} VO _{2/kg} (ml.min ⁻¹ kg ⁻¹) | -0,52* | -0,07 |
| AnL _{VE2} V _E (l.min ⁻¹) | -0,64* | -0,28 |

AnL_{SLS} – südame löögisageduse järgi määratud anaeroobne lävi; AnL_{VE2} – teise ventilatsiooniläve järgi määratud anaeroobne lävi.

* Statistiliselt usutav seos; p<0,05.

Table 9. Keha koostise ja aeroobse võimsuse näitajate vahelised seosed sõudjatel.

| | Pikkus | Keha mass | Keha rasva mass | Keha rasvavaba mass |
|------------------------------------|--------|-----------|-----------------|---------------------|
| VO _{2max} | 0,255 | 0,882* | 0,564 | 0,718* |
| VO _{2max/kg} | -0,136 | 0,391 | 0,427 | 0,291 |
| P _{max} | 0,473 | 0,864* | 0,136 | 0,936* |
| V _E | 0,436 | 0,809* | 0,218 | 0,909* |
| AnL _{VE2} VO ₂ | 0,245 | 0,600 | 0,618 | 0,391 |
| AnL _{VE2} võimsus | 0,155 | 0,082 | 0,473 | -0,191 |
| AnL _{SLS} VO ₂ | 0,427 | 0,864* | 0,173 | 0,855* |
| AnL _{SLS} võimsus | -0,164 | -0,245 | -0,518 | -0,027 |

AnL_{SLS} – südame löögisageduse järgi määratud anaeroobne lävi; AnL_{VE2} – teise ventilatsiooniläve järgi määratud anaeroobne lävi.

* statistiliselt usutav seos; p<0,05.

6 ARUTELU

6.1 Treeningu intensiivsuse määramine sõudjatel

Sõltuvalt paadiklassist ja sõidutaktikast võib 2000 meetrisel sõudedistantsil aeroobse energia vajadus tõusta isegi kuni 80%ni (Mäestu et al., 2005; Secher, 1993). Seetõttu moodustab sõudjate treeningu programmis suurima osa pikaajaline ekstensiivne ja ulatuslik mahutreening, kus treeninguintensiivsus jääb alla AnL (Jürimäe et al., 2000; Mäestu et al., 2005; Shephard, 1998). Selleks, et parandada võistlustulemust, stabiliseerida aeroobset võimekust ning hoiduda võimalikust ületreeningust, on hästitreenitud sõudjatele eriti tähtis sobiva treeninguintensiivsuse täpne määramine (Jürimäe et al., 2000; Mäestu et al., 2005; Secher, 1993; Shephard, 1998). Erinevad uuringud on näidanud, et sõudjate individuaalsed AnL näitajad võivad olla väga erinevad (Secher, 1993; Shephard, 1998). Erinevad uuringud on näidanud, et kõrgema kvalifikatsiooniga sõudjate puhul moodustab töö intensiivsus, mis kutsub esile vere laktaadisisalduse tõusu 4 mmol.l^{-1} juures 75-85% nende maksimaalsest aeroobsest võimsusest (Beneke, 1995; Beneke ja von Duvillard, 1995). Samuti on erinevad uuringud näidanud, et treenitud sõudjate, eriti väikeste paatide nagu ühe- ja kahepaatide sõudjate, töö intensiivsus, mis kutsub esile vere laktaadisisalduse tõusu 4 mmol.l^{-1} , on kõige paremaks võistlustulemust iseloomustavaks näitajaks (Steinacker, 1993; Wolf et al., 1983). Seega on sõudmises äärmiselt oluline õige meetodi ja kontseptsiooni kasutamine AnL määramisel.

Erinevad uuringud on näidanud, et astmeliselt tõusvate koormusega testil suutlikkuseni määratud AnL vastava SLS ja vere laktaadi kontsentratsiooni väärtused on heaks treeningu intensiivsust iseloomustavateks markeriteks erinevatel vastupidavusaladel (Bishop, 2004; Bourdin et al., 2004; Koutedakis et al., 1985). Oma uuringus ledis Bishop (2004), et AnL_{SLS} murdepunkt ja mitte vere laktaadisisalduse abil määratud AnL võimsus on sobivaks treeningu intensiivsust iseloomustavaks markeriks aerutajatel. Eeltoodule vastupidiselt näitasid käesoleva uurimistöö tulemused, et AnL määratuna sõudeergomeetrial nii AnL_{SLS} kui ka AnL_{VE2} meetodil ei peegeldanud suhteliselt hästitreenitud sõudjate AnL intensiivsust vee peal ühestes paatides sõudes. Eriti tuleks rõhutada, et mõlemad AnL markerid määratuna sõudeergomeetrial alahindasid tegelikku AnL intensiivsust vee peal ühestes paatides, kuna vere laktaadisisalduses ei täheldatud kontsentratsiooni tõusu 30 minutilise konstantse töö korral. Samas on positiivne, et antud

metoodikaga ei ülehinnatud AnL, mis on treeningute planeerimise seisukohalt palju olulisem. Võib arvata, et sõudeergomeetril sõudmist on metaboolselt raskem taluda kui vee peal ühestes paatides sõudmist. Veepealsel sõudmisel kasutatakse erinevaid tehnilisi oskusi ja kuna käesolevas uurimistöös osalenud sõudjad olid hästitreenitud sportlased, suutsid nad ühestel paatidel töötada läheväärtusest madalama intensiivsusega. Saadud andmete alusel võime oletada, et sõudeergomeetril kasutatakse iga tõmbe korral suuremat lihasvõimsust kui veepealsel treeningul ühestel paatidel. Samuti võivad olulist rolli mängida ühete paatide erinevad seadistused, võrreldes konstantse seadistusega sõudeergomeetril. Töö puuduseks võib märkida, et +AnL koormusel ei suutnud vaatlusalused hoida SLS nõutud 5 lööki kõrgemal tasemel kui AnL_{SLS}. Üheks põhjuseks võib tuua teatud raskused SLS taseme hoidmisel, kuna pulsemeetril määrati SLS piirideks 5 löögi ulatus, siis antud metoodika puhul võib selline situatsioon tekkida.

Meie uurimistöo üheks peamiseks tulemuseks oli sarnaselt Bunc et al. (1995) poolt veloergomeetril saadud tulemustega see, et individuaalne AnL väärtused (SLS, võimsus, VO₂) määratuna nii AnL_{SLS} kui ka AnL_{VE2} ei erinenud statistiliselt usutavalt (vt. tabel 5). Need tulemused on aga vastuolus varasemate tulemustega, mis on saadud jooksjatel (Zacharogiannis ja Farrally, 1993) ja sõudjatel (Bourgois ja Vrijens, 1998). Sellised erinevad tulemused erinevate uuringute vahel võisid olla tingitud metodoloogilistest erinevustest. Tuleb arvestada, et enamus varasemaid uuringuid: 1) ei oma murdepunkti määramiseks objektiivset arvutil baseeruvat meetodit; ja/või 2) kasutavad konstantse koormuse intensiivsuse doseerimisel töö võimsust mitte AnL vastavat SLSi. Samas nõuab Conconi metoodika ajalisel lühikesi koormusi ja suhteliselt väikest koormuse kasvu, mis välistab SLS püsiseisundi tekkimise mingi koonkreetses koormuse juures. Käesoleva uuringu positiivseks tulemuseks oli ka fakt, et AnL_{SLS} oli võimalik määrata kõigil sportlastel, mis on kooskõlas varasemate uuringutega sõudjatel, kus kasutati AnL määramiseks Conconi meetodit (Bourgois ja Vrijens, 1998; Droghetti et al., 1985). Samas on erinevaid uuringuid, mis viitavad raskustele AnL_{SLS} määramisel kõigil sportlastel (Bauder et al., 1994; Bodner ja Rhodes, 2000). Teised uuringud on võrrelnud konstantse koormusega sõudmise testi vee peal laktaadi murdepunkti abil määratud AnL ja saanud käesoleva uuringuga sarnaseid tulemusi (Bourgois ja Vrijens, 1998; Coen et al., 2003). Vastupidiselt antud uuringu tulemustele leidsid Bourgois ja Vrijens (1998) oma uuringus, et konstantse koormusega testil saadi püsiseisund ainult neljal sõudjal kümnest, kui AnL määramiseks kasutati AnL_{SLS} meetodit.

Vaatamata statistiliselt olulisele sarnasusele oli AnL_{VE2} siiski keskmiselt umbes 6 südamelööki madalamal kui AnL_{SLS} . Põhjus, miks AnL_{VE2} ilmneb nii palju enne AnL_{SLS} võib olla põhjustatud sõudjate hingamistsüklite muutustes erinevatel intensiivsustel. Steinaker et al. (1993) leidsid, et enamus tippsõudjaid läheb automaatselt ühelt hingamistsüklilt üle kahele hingamistsüklile ühe tõmbetsükli jooksul, et paremini kohaldada ventilatsiooni efektiivsust suhteliselt ebamugavates tingimustes (ebasoodsad istesendid, sarnased töötavad lihased hingamisel ja kehatüve toetamisel). Sellega on ka seletatavad sõudjate kõrged (70-90 hingamistsüklit minutis) hingamissagedused. Selline hingamissageduse muutus suurendab ventilatsiooni, mis aga ei ole seotud otseselt CO_2 hulga suurenemisest tingitud ventilatsiooni suurenemisest, millel põhineb ventilatsiooniläve fenomen. Seega, antud uuringu tulemustel ei ole ventilatsiooni läve kasutamine sobivaim variant sõudjate AnL ja seeläbi treeningkoormuste määramiseks.

Käesoleva uurimuse tulemused näitasid, et sõudeergomeetrial astmeliselt tõusvate koormustega testi jooksul olid AnL_{SLS} ja AnL_{VE2} statistiliselt usutavalt sarnased. Siiski ei peegeldanud sõudeergomeetrial määratud AnL_{SLS} kui ka AnL_{VE2} antud uuringu tulemuste põhjal hästitreenitud meessõudjatel maksimaalset laktaadi püsitaseme väärtust vee peal ühestes paatides. Antud uuringu tulemustest selgus, et sõudeergomeetrial määratud AnL_{SLS} alahindab AnL intensiivsust, kuna veepealse $+AnL$ harjutuse korral ei tekkinud laktaadi kontsentratsiooni suurenemist.

6.2 Võistlustulemust määravad parameetrid rahvusvahelise klassiga sõudjatel

Absoluutne maksimaalse hapniku tarbimise näitaja on üheks paremaks võistlustulemust iseloomustavaks parameetriks, kuna suur aeroobne võimsus on vajalik paadi kiiruse säilitamiseks 2000 meetri distantsi läbimisel (Jürimäe et al., 1999; Shephard, 1998; Steinacker, 1993). Erinevates uuringutes on leitud, et VO_{2max} on statistiliselt usutavalt seotud nii sõudeergomeetri (Cosgrove et al., 1999; Kramer et al., 1994) kui ka vee peal ühese paadi (Jürimäe et al., 1999) võistlustulemusega. Ka käesolevas uuringus osalenud sõudjate VO_{2max} näitajad olid statistiliselt usutavalt seotud nii sõudeergomeetri kui ka vee peal ühese paadi võistlustulemusega. Astmeline regressioonanalüüs näitas aga, et kõige paremini iseloomustab võistlustulemust vee peal VO_{2max} ja sõudeergomeetrial keha rasvavaba massi näitajad. Käesoleva uuringu tulemused on sarnased Cosgrove et al.

(1999) tulemustele sõudeergomeetril ja Jürimäe et al. (1999) tulemustele ühestel paatidel. Samas on leitud, et VO_{2max} väärtus võistlustulemuse prognoosimisel võib olla erinev (Secher, 1993; Steinacker, 1993). On leitud, et muutused VO_{2max} näitajas aastases sõudmistreeningus on väiksemad kui näiteks P_{max} näitajas (Womack et al., 1996). Ka P_{max} väärtused olid käesolevas uuringus statistiliselt usutavalt seotud võistlustulemusega nii sõudeergomeetril kui ka vee peal ühestes paatides. Need tulemused on sarnased varasemate uuringu tulemustega sõudjatel (Jürimäe et al., 1999), jooksjatel (Morgan et al., 1986), ratturitel (Bishop et al., 1998) ja ujujatel (Hawley et al., 1992). Samas tuleb arvestada, et P_{max} määramine sõltub sportlase motivatsioonist ja ta ei pruugi alati maksimaalselt pingutada kõigi hooaja jooksul sooritatud testide jooksul (Steinacker, 1993).

Olümpiavõitjate keskmiseks VO_{2max} näitajaks on saadud $6,4 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ (Fiskerstrand ja Seiler, 2004). Samas on Petibois et al. (2003) saanud Prantsusmaa eliitsõudjate VO_{2max} väärtuseks $7,73 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$. Kui arvestada tõsiasjaga, et meie uuringus osalenud sportlaste keskmine vanus oli 19 aastat ja VO_{2max} oli $5,4 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$, siis on antud uuringus osalenutel suur potentsiaal mõne aasta pärast konkureerida maailma parematega. Käesoleval ajal näitasid nad head tulemust omavanuste maailmameistrivõistlustel. VO_{2max} näitaja ületas ka kirjanduses toodud juunioridel saadud VO_{2max} näitajaid, mis on keskmiselt $5.0 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ juures (Bourgeois ja Vrijens, 1998; Hagerman, 2000).

Kahe viimase aastakümne jooksul tehtud uuringutes on samuti leitud, et määratud AnL näitajad on usutavalt seotud võistlustulemustega erinevatel vastupidavusaladel (Davis, 1985; Weltman, 1995) ja on arvatud, et vastupidavusaladel võib AnL olla parem näitaja võistlusvormi hindamisel kui VO_{2max} näitaja (Farell et al., 1979; Hagberg et al., 1983; Heck et al., 1985; Yoshida et al., 1987). Sealjuures peetakse AnL võimsust ka kõige efektiivsemaks parameetriks võistlustulemuste prognoosimisel sõudmises, eriti väikestel paatidel nagu ühesed ja kahesed paadid (Steinacker, 1993). Mida kõrgem on AnL võimsus, seda kauem saab sõudja energiat põhiliselt aeroobsetest protsessidest (Jürimäe et al., 2006). Käesolevas uuringus osalenud sõudjate AnL määratuna AnL_{SLS} meetodil oli $285,0 \pm 24,9 \text{ W}$ ja AnL_{VE2} meetodil $265 \pm 43,1 \text{ W}$. See on kõrgem näitaja, kui Belgia meessõudjatel ($n = 10$), kelle AnL võimsuseks oli $234 \pm 31,0 \text{ W}$ (Bourgeois et al., 1997) ja Poola meessõudjatel ($n = 8$), kelle AnL võimsuseks oli $241,9 \pm 20,3 \text{ W}$ (Faff et al., 1993). Käesolevas uuringus kahe erineva meetodiga määratud AnL näitajatest oli ühese paadi

võistlustulemusega statistiliselt usutavalt seotud ainult AnL_{SLS} meetodil määratud parameetrid. Seega võib öelda, et sõudmise võistlustulemust iseloomustab paremini AnL_{SLS} meetod võrreldes AnL_{VE2} meetodiga rahvusvahelise klassiga sõudjatel. Võrreldes hooajal saavutatud võistlustulemusi ja määratud AnL võimsust, siis võib öelda, et käesolevas uuringus osalenud sõudjad olid oma submaksimaalse aeroobse töövõime näitajate poolest võrreldavad teiste maade uuringutes osalenud rahvusvahelise klassiga sõudjate vastavate näitajatega.

Kokkuvõtteks võib öelda, et rahvusvahelise tasemega sõudjate võistlustulemust iseloomustab kõige paremini VO_{2max} ($l \cdot min^{-1}$) maksimaalsetest aeroobse töövõime näitajatest, AnL_{SLS} (W) submaksimaalse aeroobse töövõime näitajatest ja keha rasvavaba mass (kg) keha koostise näitajatest.

6.3 Keha koostise ja aeroobse võimekuse näitajate vahelised seosed rahvusvahelise klassiga sõudjatel

2000 meetri sõudedistantsil parema võistlustulemuse saavutamiseks tuleks ettevalmistusperioodil tehtud ulatuslike vastupidavustreeningutega parandada nii aeroobse töövõime näitajaid, kui ka suurendada keha rasvavaba massi näitajaid (Fiskerstrand ja Seiler, 2004; Mäestu et al., 2005). Rahvusvahelise klassiga sõudjate ettevalmistusperioodi iseloomustab peamiselt madala intensiivsusega suuremahuline treening, mis võib moodustada kogu treeningumahust ligikaudu 90% (Fiskerstrand ja Seiler, 2004; Mäestu et al., 2005; Steinacker, 1993). On selge, et selline suuremahuline treeninguperiood soodustab sportlastel nii spetsiifilist keha koostise kui funktsionaalset kohanemist (Fiskerstrand ja Seiler, 2004; Mäestu et al., 2005; Steinacker, 1993). Käesoleva uurimistöö tulemused näitavad, et kõige paremini peegeldavad rahvusvahelise klassiga meessõudjate sooritusvõimekuse edasist paranemist absoluutse aeroobse võimekuse ja keha rasvavaba massi näitajad, mis on ka omavahel statistiliselt usutavalt seotud (tabel 9).

Aastatel 1970 kuni 2000 rahvusvahelistelt tiitlivõistlustelt 28 medalit võitnud Norra sõudjate saadud andmete põhjal selgub, et viimase kolme aastakümne jooksul on medalivõitnute maksimaalne aeroobne võimekus suurenenud enam kui 10% (Fiskerstrand ja Seiler, 2004). Sealjuures pole rahvusvaheliselt edukate sõudjate

antropomeetrilised parameetrid oluliselt muutunud (Fiskerstrand ja Seiler, 2004). Samas on mitmed erinevad uuringud näidanud, et kuigi sõudjate absoluutsed keha massi väärtused pole oluliselt muutunud, on muutunud keha koostise erinevad parameetrid (Jürimäe et al., 2006; Mäestu et al., 2005; Shephard, 1998). Keha koostise parameetritest on sõudjatel suurenenud töötavate lihaste mass ja selle arvelt on vähenenud keha üldine rasva mass (Jürimäe et al., 2006; Russell et al., 1998). Eelöelduga sarnaselt olid ka käesoleva uurimuse käigus osalend rahvusvahelise klassiga meessõudjatel suured aeroobse võimekuse näitajad (vt. tabel 5). Käesolevas uuringus osalenud meessõudjatel määratud aeroobse võimekuse parameetrid olid sarnased teiste uuringute tulemustele (Messonnier et al., 1997; Russell et al., 1998; Secher et al., 1982; Womack et al., 1996). Kui käesolevas uuringus osalenud sõudjate keha mass sarnanes varasemates uuringutes saadud tulemustele (Jürimäe et al., 2000; Russell et al., 1998; Womack et al., 1996), siis keha rasva mass oli suhteliselt madalam võrreldes varasemate uuringute tulemustega (Secher, 1993; Steinacker, 1993). Käesolev uuring toimus vahetult enne võistlushooaja algust ja Shephardi (1998) ülevaateartiklis toodud uuringute tulemused näitavad, et sõudjate keha rasva mass on viimastel aastatel vähenenud keha lihasmassi suurenemise arvelt. Seega võib väita, et antud uuringus osalenud sõudjad olid nii oma keha koostise kui ka aeroobse võimekuse näitajatele sarnased teistele rahvusvahelise klassiga meessõudjatele.

Käesolevas uurimistöös leidsime, et kui kahel erineval meetodil määratud AnL väärtused olid sarnased (vt. tabel 5), siis sarnaselt VO_{2max} väärtusele oli erinevate keha koostise parameetritega usutavalt seotud ainult AnL_{SLS} meetodiga määratud AnL näitajad (vt. tabel 9). Samas ei olnud AnL_{VE2} meetodil määratud AnL näitajad statistiliselt usutavalt seotud ühegi mõõdetud keha koostise parameetriga. Samas tuleks arvestada, et varasemad uuringud on näidanud VO_{2max} ja AnL näitajate statistiliselt usutavat seost lisaks spetsiifilistele keha koostise näitajatele ka sõudmise võistlustulemustega (Jürimäe et al., 2000; Secher et al., 1982; Womack et al., 1996).

Kokkuvõtteks võib öelda, et viimased muutused sõudetreeningute ülesehituses on tõstnud sportlaste aeroobse võimekuse ja keha massi väärtused suhteliselt kõrgele. Siiski on keha massi suurenemine toimunud põhiliselt lihasmassi suurenemise ja vähenenud keha rasvamassi arvelt. Käesoleva uuringu tulemused näitasid, et AnL parameetrid (SLS;

VO_2 ja võimsus) määratuna AnL_{SLS} meetodil on statistiliselt usutavalt seotud keha rasvavaba massi väärtustega rahvusvahelise klassiga meessõudjatel.

7 JÄRELDUSED

1. Kasutades astmeliset tõusvate koormustega testi on võimalik määrata nii südame löögisageduse murdepunkt kui ka ventilatsiooni murdepunkt rahvusvahelise klassiga meessõudjatel.
2. Sõudeergomeetril määratud AnL_{SLS} kui ka AnL_{VE2} ei iseloomusta maksimaalset laktaadi püsitaseme väärtust veepeal ühestes paatides rahvusvahelise klassiga meessõudjatel. Sõudeergomeetril määratud AnL_{SLS} on madalam kui töö intensiivsus, mis kutsub esile laktaadi püsiseisundi vee peal ühestes paatides sõudes.
3. Anaeroobne lävi määratuna AnL_{SLS} meetodil iseloomustab vee peal sõudmise ühepaadi võistlustulemust paremini võrreldes AnL_{VE2} meetodiga.
4. VO_{2max} maksimaalsetest aeroobse töövõime näitajatest ja AnL_{SLS} submaksimaalse aeroobse töövõime näitajatest on usutavalt seotud keha rasvavaba massi näitajaga rahvusvahelise klassiga meessõudjatel.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. Bangsbo J., Michalic L., Peterson A. (1993) Accumulated O₂ deficit during intense exercise and muscle characteristics of elite athletes. *Int J Sports Med* 14: 207-213.
2. Bearden S., Moffatt R. (2001) Leg electromyography and the VO₂-power relationship during bicycle ergometry. *Med Sci Sports Exerc* 33: 1241-1245.
3. Beaver W., Wasserman K., Whipp B. (1985) Improved detection of lactate threshold during exercise using log-log transformation. *J Appl Physiol* 59: 1936-1940.
4. Beneke R. (1995) Anaerobic threshold, individual anaerobic threshold, and maximal lactate steady state in rowing. *Med Sci Sports Exerc* 27: 863-867.
5. Beneke R., von Duvillard S.P. (1995) Determination of maximal lactate steady state response in selected sports events. *Med Sci Sports Exerc* 28: 241-246.
6. Bishop D., Jenkins D.G., Mackinnon L.T. (1998) The relationship between plasma lactate parameters, W_{peak} and 1-h cycling performance in women. *Med Sci Sports Exerc* 30: 1270-1275.
7. Bishop D. (2004) The validity of physiological variables to assess training intensity in kayak athletes. *Int J Sports Med* 25: 68-72.
8. Bauder K., Kalus V., Schneekluth U., Weiss M., Bärtsch P. (1994) Control of training intensity in single scull rowing by ergometric determination of the Conconi deflection point. *Dtsch.Ztschr. Sport Med* 45: 308-316.
9. Bourdin M., Messonier L., Hager J.-P., Lacour J.-R. (2004) Peak power output predicts rowing ergometer performance in elite male rowers. *Int J Sports Med* 25: 368-373.

10. Bodner M., Rhodes E. (2000) A review of the concept of the heart rate deflection point. *Sports Med.* 30:31-46.
11. Bouckaert J., Pannier L., Vrijens J. (1983) Cardiorespiratory response to bicycle and rowing ergometer exercise in oarsmen. *Eur J Appl Physiol* 51:51-59.
12. Bourgois J., Vrijens J. (1998) Metabolic and cardiorespiratory responses in young oarsmen during prolonged exercise tests on a rowing ergometer at power outputs corresponding to two concepts of anaerobic threshold. *Eur J Appl Physiol* 77: 164-169.
13. Bourgois J., Claessens A.L., Vrijens J., Philippaerts R., van Renterghem B., Thomis M., Janssens M., Loos R., Lefevre J. (2000) Anthropometric characteristics of elite male junior rowers. *Br J Sports Med* 34: 213-217.
14. Brooks G.A. (1985) Anaerobic threshold: review of the concept and directions for future research. *Med Sci Sports Exerc* 17: 22-31.
15. Bunc V., Hofmann P., Leitner H., Gaisl G. (1995) Verification of the heart rate threshold. *Eur J Appl Physiol.* 70: 263-269.
16. Carter J., Ross W., Aubry S., Hebbelinck M., Borms J. (1982) Anthropometry of Montreal Olympic athletes. In *Physical Structure of Olympic Athletes. Human Kinetics, IL.*
17. Coen B., Urhausen A., Kindermann W. (2003) Sport specific performance diagnosis in rowing: An incremental graded exercise test in coxless pairs. *Int J Sports Med* 4:28-432.
18. Conconi F., Ferrari M., Ziglio PG., Droghetti P., Codeca L. (1982) Determination of the anaerobic threshold by a noninvasive field test in runners. *J Appl Physiol* 52: 869-873.

19. Conconi F., Grazzi G., Casoni I., Guglielmini C., Borsetto C., Ballarin E., Mazzoni G., Patracchini M., Manfredini F. (1996) The Conconi test: Methodology after 12 years of application. *Int J Sports Med* 17: 509-519.
20. Cosgrove J., Wilson J., Watt D., Grant F. (1999) The relationship between selected physiological variables of rowers and rowing performance as determined by a 2000 m ergometer test *J Sport Sci* 17:845-852.
21. Coyle E.F., Martin W.H., Ehsani A.A., Hagberg J.M., Bloomfield S.A., Sinacore D.R., Holloszy J.O. (1983) Blood lactate threshold in some well-trained ischaemic heart disease patients. *J Appl Physiol* 54: 18 – 23.
22. Davis JA. (1985) Anaerobic threshold: review of the concept and direction for future research. *Med Sci Sports Exerc* 17:6-18.
23. Droghetti P., Borsetto G., Gasoni I., Cellini M., Ferrari M., Paolini AR., Ziglio PG., Conconi F. (1985) Noninvasive determination of the anaerobic threshold in canoeing, cross-country skiing, cycling, roller and iceskating, rowing and walking. *Eur J Appl Physiol* 53:299-301.
24. Droghetti P. (1986) Determination of the anaerobic threshold on a rowing ergometer by the relationship between work output and heart rate. *Scand J Sci* 8:59-62.
25. Faff J., Biensko A., Jagodinska T., Bukhard K., Borkovski L. (1996) Diagnostic value of indices derived from the critical power test in assessing the aerobic work capacity of rowers. *Biol Sport* 10:9-14.
26. Farrell PA, Wilmore JH, Coyle EF. (1979) Plasma lactate accumulation and distance running performance. *Med Sci Sports Exerc* 11:338-44.
27. Fiskerstrand A, Seiler K. (2004) Training and performance characteristics among Norwegian international rowers 1970-2001. *J Sci Med Sport* 14: 303-310.

28. Föhrenbach R., Mader A., Hollmann W. (1987) Determination of endurance capacity and prediction of exercise intensities for training and competition in marathon runners. *Int J Sports Med* 8: 11-18.
29. Hagberg JM, Coyle EF. (1983) Physiological determinants of endurance performance as studied in competitive racewalkers. *Med Sci Sport Exerc* 15:287 –289.
30. Craven R.P., Kinch R.F.T., Parker D.F., Walter S.J. (1993) Stroke analyses using a modified Concept II rowing ergometer. *J Appl Physiol* 44: 133.
31. Hagerman F. (2000) The Physiology of Competitive Rowing. In: *Exercise and Sport Science*. W. Garrett Jr. And D.T. Kirkendall, eds. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, pp. 843-873.
32. Hagerman, F., Connors, M., Gault, J., Hagerman, G.(1978) Energy expenditure during simulated rowing. *J Appl Physiol* 45: 87-9.
33. Hawley J.A., Williams M.M., Vickovic M.M., Handcock P.J. (1992) Muscle power predicts freestyle swimming performance. *Br J Sports Med* 26: 151-155.
34. Heck H., Mader A., Hess G., Mücke R., Müller R., Hollmann W. (1985) Justification of the 4 mmol/l lactate threshold. *Int J Sports Med* 6: 117-130.
35. Heck H, Mader A.(1985) Comparative study of different lactate threshold concepts. *Dtsch Z Sportmed*; 36:19-25, 40-52.
36. Helgerud J., Engen C., Wilsloff U., Hoff J (2001) Aerobic endurance training improves soccer performance. *Med Sci Sports Exerc* 33,1925-1931.
37. Hofmann P., Bunc V., Leitner H., Pokan R., Gaisl G. (1994) Heart rate threshold related to lactate turn point and steady state exercise on cycle ergometer. *Eur J Appl Physiol* 69: 132-139.

38. Hofmann P., Peinhaupt G., Leitner H., Pokan R. (1995) Evaluation of heart rate threshold by means of lactate steady state and endurance tests in white water kayakers. In: Viitsalo J.T., Kujala U. (eds): The way to win . Proceedings of the International Congress on applied research in sports held in Helsinki, Finland on 9- 11. august 1994, The Finnish Society for research in sport and physical education, Helsinki, Finland, ISBN; 951-8982-32-5, pp.217-220.
39. Hofmann P., Pokan R., Seibert F., Zweiker R., Schmid P. (1997) The heart rate performance curve during incremental cycle ergometer exercise in healthy young male subjects. *Med.Sci.Sports Exerc* 29:762-768.
40. Hug F., Laplaud D., Savin B., Grelot L. (2003) Occurrence of electromyographic and ventilatory thresholds in professional road cyclists. *Eur J Appl Physiol* 90: 643-646.
41. Hurley BF., Hagberg Jm., Allen WK. (1984) Effect of training on blood lactate level during submaximal exercise. *J Appl Physiol* 56:1260-1264.
42. Jensen K. (1994) Test Procedures for Rowing. *FISA Coach*; 5:1-6.
43. Jensen K., Nielsen T. (1993) High altitude training does not increase maximum oxygen uptake or work capacity at sea level in rowers. *Scand J Med Sci Sports* 3: 56-62.
44. Jürimäe J., Abernethy P., Quigley B., Blake K., McEniery M. (1997) Differences in muscle contractile characteristics among bodybuilders, endurance trainers and control subjects. *Eur J Appl Physiol* 75: 357-362.
45. Jürimäe J., Mäestu J., Jürimäe T., Pihl E. (1999) Relationship between rowing performance and different metabolic parameters in male rowers. *Med Sport* 52:119-26.

46. Jürimäe J., Mäestu J., Jürimäe T., Pihl E. (2000) Prediction of rowing performance on single sculls from metabolic and anthropometric variables. *J Hum Mov Studies* 38: 123-136.
47. Jürimäe J., Jürimäe T., Pihl E. (2000) Changes in body fluids during endurance rowing training. *Ann NY Acad Sci* 5: 353-358.
48. Jürimäe J., Mäestu J., Jürimäe T. (2006) Biological basis of rowing. In: Secher N & Volianitis S (eds) *Rowing. IOC Handbook of Sports Medicine and Science*. Blackwell Publishing, UK (In Press).
49. Keul J., Simon G., Berg A. (1979) Bestimmung der individuellen anaeroben Schwelle zur Leistungsbewertung und Trainingsgestaltung. *Dtsch Z Sportmed*; 30: 212-218
50. Koutedakis Y., Sharp C.C. (1985) Lactic acid removal and heart rate frequencies during recovery after strenuous rowing exercise. *Br J Sports Med* 19: 199-202.
51. Kramer J.K., Leger A., Paterson D.H., Morrow A. (1994) Rowing performance and selected descriptive, field and laboratory variables. *Can J Appl Physiol* 19:174-184.
52. Kumagai S., Tanaka K., Matsuura Y. (1982) Relationships of the anaerobic threshold with the 5 km, 10 km and mile races. *Eur J Appl Physiol* 49:13-23.
53. LaFontaine TP., Londeree BR., Spath WK. (1981) The maximal steady state vs selected running events. *Med Sci Sport Exerc* 13: 190-193
54. Lamb D.H. (1989) A kinematic comparison of ergometer and on-water rowing. *Am J Sports Med* 17:367-373.

55. Mader, A., Liesen, H., Heck, H. (1976) Zur Verteilung der sportartspezifischen Ausdauerleistungsfähigkeit im Labor. *Sportarzt und Sportmedizin* 27:80-88, 109-112.
56. Mahony N., Dome B., O'Brien M. (1999) A comparison of physiological responses to rowing on friction-loaded and air-braked ergometers. *J Sports Sci* 17: 143 – 149.
57. Messonnier L.H., Freund H., Bourdin M., Belli A., Lacour J.-R. (1997) Lactate exchange and removal abilities in rowing performance. *Med Sci Sports Exerc* 29: 729-733.
58. Mickelson T.C., Hagerman F.C. (1982) Anaerobic threshold measurements of elite oarsmen. *Med Sci Sports Exerc* 14:440-444.
59. Morgan D.W., Martin P.E., Kohrt W.M. (1989) Relationship between distance running performance and velocity at VO_{2max} in well-trained runners. *Med Sci Sports Exerc* 18: 37.
60. Mäestu J., Jürimäe J., Jürimäe T. (2000) Prediction of rowing performance from selected physiological variables. Differences between lightweight and open class rowers. *Med Sport* 53: 247-254.
61. Mäestu J., Jürimäe J., Jürimäe T. (2005) Monitoring of performance and training in rowing. *Sports Med.* 35: 597-617.
62. Mäestu J., Jürimäe J., Kreegipuu K., Jürimäe T. (2006) Changes in perceived stress and recovery during heavy training in highly trained male rowers. *Sport Psychol.* 20: 24-39.
63. Mäestu J., Cicchella A., Purge P., Ruosi S., Jürimäe J., Jürimäe T. (2006) Electromyographic and neuromuscular fatigue thresholds as concepts of fatigue. *J Strength Cond Res* (In Press).

64. Petibois C.,Cazorla G.,Deleris G. (2003) The Biologic and Metabolic Adaptations 12 Months Training in Elite Rowers. *Int J Sports Med* 24:36-42.
65. Rodriguez R.J., Rodriguez R.P., Cook S.D., Sandborn P.M. (1990) Electromyographic analysis of the rowing stroke biomechanics. *J Sports Med Phys Fit*, 30: 103 – 108.
66. Roecker K., Schotte O., Niess M., Horsmann T., Dickhuth M. (1998) Predicting competition performance in long- distance running by means of treadmill test. *Med Sci Sports Exerc* 30: 1552-1557.
67. Roth W., Hasart E., Wolf E., Pansold B. (1983) Untersuchungen zur Dynamic der Energiebereitstellung während maximaler Mittelzeitausdauerbelastung. *Med Sport* 23: 107-114.
68. Russell A.P., Le Rossignol P.F., Sparrow W.A. (1998) Prediction of elite schoolboy 2000-m rowing ergometer performance from metabolic, anthropometric and strength variables. *J Sports Sci* 16: 749-754.
69. Secher N.H., Vaage O., Jackson R.C. (1982) Rowing performance and maximal aerobic power in oarsmen. *Scand J Sports Sci* 4: 9-11.
70. Secher N.H. (1993) The physiology of rowing. *Sports Med* 15: 23-25.
71. Shephard R.J. (1998) Science and medicine in rowing: a review. *J Sports Sci* 16: 603-620.
72. Simon G., Berg A., Dickhuth H.H. (1981) Bestimmung der anaeroben schwelle in abhangingkeit vom alter und von der leistungshigkeit. *Dtsch Z Sportmed* 32: 7-14.
73. Sjödin B., Jakobs I. (1981) Onset of blood lactate accumulation and marathon running performance. *Int J Sport Med* 2:23-26.

74. Solberg G., Robstad B., Skjonsberg O., Borchsenius F. (2005) *J Sports Sci Med* 4: 29-36
75. Steinacker, J.M (1988) *Methoden für die Leistungsdiagnostik und Trainingssteuerung in Rudern und ihre Anwendung*. Berlin: Springer-Verlag pp. 39-54.
76. Steinacker J.M. (1993) *Physiological aspects o rowing*. *Int J Sports Med* 14:3-10
77. Steinacker J.M., Both M., Whipp B. (1993) *Pulmonary mechanics and entrainment of respiration and stroke rate during rowing*. *Int J Sports Med*14: S15-S19.
78. Steinacker J.M., Lormes W., LehmannM., Altenburg D. (1998) *training of rowers before world championships*. *Med Sci Sports Exerc* 30:1158-1163.
79. Zacharogiannis E., Farrally M. (1993) *Ventilatory threshold, heart rate deflection point and middle-distance running performance*. *J Sports Med Phys Fitness* 33: 337-343.
80. Tokmakidis SP. (1990) *Anaerobic threshold in perspective: Physiological, methodological and practical implications of the concept*. Montreal: Universite de Montreal
81. Tokmakidis S.P., Leger L.A., Piliandis T.C. (1998) *Failure to obtain a unique threshold on the blood lactate curve during exercise*. *Eur J Appl Physiol* 77: 333-334.
82. Urhausen, A., B.Weiler , W Kindermann. *Heart rate, blood lactate, and catecholamines during ergometer and water rowing*. (1993) *Int J Sports Med* 14:20-23.

83. van Someren K., Phillips G., Palmer G., Comparison of physiological responses to open water kayaking and kayaking ergometry. (2000) *Int J Sports Med* 21:2000-2004.
84. Verghes S., Flore P., Favre-Juvin A. Blood Lactate Concentration/Heart rate relationship: Laboratory Running vs. Field Roller Skiing Test. (2003) *Int J Sports Med* 24:446-451.
85. Wasserman, K., McIlroy, M.B. (1964) Detecting the threshold of anaerobic metabolism in cardiac patients during exercise. *Am J Physiol* 14: 844-852.
86. Weltman A. (1995) *The blood lactate response to exercise*. Champaign, IL. Human Kinetics.
87. Williams J.R., Armstrong N. (1991) The influence of age and sexual maturation on childrens blood lactate response to exercise. *Ped Exerc Sci* 3:111-20.
88. Wolf W.V., Roth W. (1987) Validität Spiroergometrischer Parameter für die Weltkampfleistung in Rudern. *Med Sport* 27: 162-166.
89. Womack C.J., Davis S.E., Wood C.M. (1996) Effects of training on physiological correlates of rowing ergometry performance. *J Strength Cond Res* 234-238.
90. Wonisch M., Hofmann P., Schwabberger G., von Duvillard S., Klein W., (2003) Validation of a field test or non-invasive determination of badminton specific aerobic performance. *Br J Sports Med* 37:115-118.
91. Worms F., Kozariszczuk G., Hunger K.L. (1985) Untersuchungen zur herzfrequenz im aerob-anaeroben ubergang bei der fahrradergometrie im mittleren und höheren lebensalter. *Med Sport* 25: 85-91.

92. Yeh P., Gardner M., Adams D., Yanowitz G., Grapo O. (1983) "Anaerobic threshold" problems of determination and validation. *J Appl Physiol* 55: 1178-1186.

93. Yoshida T, Chida M, Ichika M. (1987) Blood lactate parameters related to aerobic capacity and endurance performance. *Eur J Appl Physiol* 56: 7-11.

9 SUMMARY

The aim of the present study was to examine whether the relationship between heart rate and intensity determined a rowing ergometer graded exercise test indicates the maximal lactate steady-state during 30 minutes of constant-intensity on-water exercise on single sculls. Eleven national level male rowers (19.1 ± 3.8 yrs; 189.1 ± 4.6 cm; 86.3 ± 6.4 kg; body fat%: 9.3 ± 2.1 %) performed a graded exercise test on a rowing ergometer and 30 minutes prolonged tests below and above the determined heart rate threshold (HRTP) on-water on single sculls. Expired air and heart rate were measured continuously. During on-water tests blood lactate concentrations were measured after 10, 20 and 30 minutes. HRTP was determined as a deflection point of the heart rate performance curve. Ventilatory threshold was determined by the second deflection point in minute ventilation ($V_{E}TP_2$) associated with the turning points for V_E/VO_2 and V_E/VCO_2 . No significant differences were observed ($p > 0.05$) between measures of different turn point concepts and were significantly related (HR: $r = 0.724$; $p = 0.029$; W: $r = 0.655$; $p = 0.029$). Heart rate, VO_2 and V_E values during on-water exercise below HRTP were significantly lower and similar from HRTP and $V_{E}TP_2$ values, respectively (Table 2). Heart rate values during on-water exercise above HRTP were significantly higher from HRTP and $V_{E}TP_2$ values during the test. In conclusion, the results of present investigation demonstrated that the determination of the HRTP and $V_{E}TP_2$ during graded exercise test on a rowing ergometer are equivalent. However, according to our results, HRTP does not reflect the maximal lactate steady-state threshold in well-trained male rowers.