

TARTU ÜLIKOOL

Kehakultuuriteaduskond
Spordipedagoogika ja treeninguõpetuse instituut

Allar Kivil

**STAATILIS-DÜNAAMILISTE JÕUHARJUTUSTE KASUTAMINE NOORTE
MURDMAASUUSATAJATE TREENINGUS**

Magistritöö

Liikumis- ja sporditeaduste erialal

Juhendaja: prof. Ants Nurmekivi

Tartu 2004

Avaldatud publikatsioonid

1. Kivil A., Nurmekivi A., Ereline J., Gapeyeva H., Pääsuke M. Effect of low-resistance strength training on neuromuscular function in young male cross-country skiers. *Acta Kinesiologiae universitatis Tartuensis*, 2003, 8: 140-154.
2. Kivil A., Nurmekivi A., Karelson K., Ereline J., Gapeyeva H., Pääsuke M. Staatilis-dünaamiliste jõuharjutuste kasutamine noorte murdmaasuusatajate treeningus. *Kehakultuuriteaduskonna teadus- ja õppemetoodiliste tööde kogumik*, 2003, 11: 85-98.

SISUKORD

SISSEJUHATUS	4
1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE	5
1.1. Olulisemad kehalised ja funktsionaalsed võimed murdmaa- suusatamises	5
1.2. Aeroobne töövõime	6
1.3. Jõutreeningu spetsiifika	8
1.4. Jõu- ja vastupidavustreeningu seostamine	10
1.5. Sportlaste lihaskiudude kompositsioon	11
1.6. Aeglaste lihaskiudude jõuomaduste arendamine	12
1.7. Lihaste kontraktsiooniomaduste uurimine	14
2. TÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED	17
3. METOODIKA	18
3.1. Vaatlusalusalused	18
3.2. Treening	18
3.3. Uurimismeetodid	19
3.3.1. Aeroobse töövõime määramine	19
3.3.2. Alajäsemete sirutajalihaste jõu- ja kontraktsiooniomaduste määramine	20
3.4. Uuringu korraldus	22
3.5. Statistika	23
4. TÖÖ TULEMUSED	24
4.1. Lihaste jõu- ja kontraktsiooniomaduste näitajad	24
4.2. Aeroobse töövõime näitajad	25
5. ARUTELU	28
5.1. Lihaste jõu- ja kontraktsiooniomadused	28
5.2. Aeroobne töövõime	33
5.3. Kokkuvõte	38
6. JÄRELDUSED	39
Summary	40
Kasutatud kirjandus	41

SISSEJUHATUS

Vastupidavus ja jõud kui liigutuslikud võimed on murdmaasuusatajate töövõime põhilised näitajad. Vastupidavusharjutuste energeetilisel kindlustamisel kuulub domineeriv osa aeroobsetele protsessidele. Aeroobse vastupidavuse baasiks on aerobse ja anaeroobse läve kiiruste tõstmine, mis seostub eelkõige aeglase lihaskiudude jõu- ja oksüdatiivsete omaduste tasemega. Kaasaegsetes sportliku töövõime tõstmise füsioloogilistes mudelites on oluline koht lihasvõimsusel ja lihaste elastsusomadustel. Samal ajal mitmed uuringud (Medbo et al., 1988; Spencer et al., 1996; Hill, 1999) näitasid veenvalt, et aeroobse energiasüsteemi suhtelist panust energiatootmisse ka suure intensiivsusega harjutuse sooritamisel on kestvalt alahinnatud. Järelikult on vaja aeroobse vastupidavuse arendamisele pöörata veel suuremat tähelepanu ja kasutada kompleksset lähenemist, arvestades sportlase lihaste kontraktiivsete ja oksüdatiivsete omaduste optimaalset, seostatud arendamist. Seni on suusatajate jõuvõimete arendamisel kasutatud põhiliselt dünaamilisi jõuharjutusi. Jõuvastupidavuse ja plahvatusliku jõu arendamise suunitlusega jõuharjutused mõjutavad eelistatult kiireid lihaskiude. Zatsiorski (1995) väidab, et vastupidavusalade sportlaste jõuvõimete taseme tõstmine peab olema suunatud eelkõige aeglase lihaskiudude mõjustamisele, järelikult lihasvastupidavuse arendamisele. Seega on vaja jõuharjutuste õige valikuga luua eeldused vajalike lihaskiudude eelistatud mõjustamiseks. Mitmete valikuvõimaluste juures peetakse üheks alternatiivseks ja perspektiivikaks treeninguvahendiks aeglase lihaskiudude jõu- ja lihasvastupidavuse arendamiseks staatilis-dünaamilisi ehk aeglases tempos sooritatud jõuharjutusi. Kirjanduse põhjal selgus, et staatilis-dünaamilisi jõuharjutusi on suusatajate treeningus vähe uuritud.

Jõuharjutuste sooritamine vastupidavusaladel nõuab nende optimaalset seostamist vastupidavusharjutustega nii mikro-, meso- kui ka makrotsükliks. Seejuures on oluline vältida vastuolu lihasjõu arengu ja aeroobset töövõimet peegeldava anaeroobse läve kiiruse arengu vahel (Suslov, 1996). Ülemäärase jõutreeninguga kaasneb anaeroobse läve kiiruse langus ja vastupidi. Järelikult on eelnimetatud suhte jälgimine oluline kriteerium treeningu juhtimisel. Eriline tähtsus on sellel baastreeningu perioodil.

Tuginedes eeltoodule püstitati käesoleva uuringu eesmärgiks staatilis-dünaamiliste jõuharjutuste kasutamise võimaluste selgitamine noorte murdmaasuusatajate treeningus.

1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

1.1. Olulisemad kehalised ja funktsionaalsed võimed murdmaasuusatamises

Murdmaasuusatamist on varasemast ajast nimetatud tüüpiliseks vastupidavusalaks, kuid kaasajal on üha enam hakatud sellest rääkima ka kui jõuvastupidavusalast. Kantola ja Rusko (1984) andmetel on saavutusvõime murdmaasuusatamises määratud 40% ulatuses vastupidavusest, 35% tehnikast, 20% jõust ja 5% kiirusest. See sõltub aga suures osas võistlusdistsantsi pikkusest ja raja ning tingimuste iseloomust. Kaasajal on murdmaasuusatamises et üha rohkem hakatud suusataja treeningus tähelepanu pöörama just jõukomponendile. Hoolimata sellest on murdmaasuusatamine siiski vastupidavusala, mis esitab sportlase organismile väga kõrged nõudmised aeroobse võimsuse ja mahtuvuse osas (Rusko, 2003).

Spordialadel, mis nõuavad eelistatult head vastupidavust saab morfofunktsionaalne spetsialisatsioon alguse närvi-lihasaparaadist, mis sisuliselt on lihaste jõu- ja oksüdatiivsete omaduste sihipärane arendamine. See seisneb (Verhoshanski, 1988):

- 1) mõõdukas lihahüpertroofias – suureneb lihase läbimõõt ja paraneb kapillarisatsioon, mis toimub eelkõige sarkoplasma mahu suurenemise ja lihase oksüdatsiooniomaduste paranemise arvel;
- 2) lihasesisese ja lihastevahelise regulatsiooni paranemises, lihasjõu tõusus (mootorsete ühikute rekruteerimine, impulsatsiooni tugevnemine ja sünkroniseerimine ajas);
- 3) metaboolsete protsesside intensiivistumises (VO₂ max, aeroobne ja anaeroobne lävi);
- 4) paremas tööaegses laktaadi utilisatsioonis lihastes;
- 5) hemodünaamika täiustumises (efektiivsem vereringe ja vere ümberjaotumine).

Vastupidavuse määravad järgmised olulisemad komponendid: maksimaalne hapnikutarbimine, aeroobse ja anaeroobse läve tase (Rusko, 2003), organismi biomehaaniline ja funktsionaalne ökonoomsus ja ainevahetuslikult aktiivsete lihaste jõuomadused (Nurmekivi jt., 1992). Kuna võistlustegevuses ei suudeta VO₂ max hoida maksimaalsel tasemel pikka aega, siis on oluline ka võime säilitada VO₂ võimalikult kõrgel tasemel kogu distantsi vältel ja väsimusresistentsus (Rusko, 2003). Suusataja kehalist võimekust mõjutavad ka muud tingimused nagu erinevad kõrgused

merepinnast (võistlused kuni 1800 m ja treeningud ka 2500-3000 m) ja erinevad õhu temperatuurid võistlustel (-20°c - +10°c). See näitab, et murdmaasuusataja töövõimet mõjutavad väga paljud erinevad alaspetsiifilised tegurid.

1.2. Aeroobne töövõime

Maksimaalne hapnikutarbimine ($VO_2\max$) on aeroobse töövõime integraalne näitaja (Bosquet jt., 2002), mis väljendab suurimat hapniku hulka, mida suudetakse omastada kehalisel töö. $VO_2\max$ on tihedas seoses südame minutimahuga (Rusko, 2003). Arvatakse, et geneetiline tegur $VO_2\max$ arendamisel on 50-60% (Bouchard jt., 1984) või isegi kuni 70% (Kantola, Rusko 1984). Maksimaalne hapnikutarbimine jagatuna kehakaaluga on kõige sagedamini kasutatav füsioloogiline parameeter võistlustulemuse ennustamiseks nii murdmaasuusatamises kui ka teistel vastupidavusala sportlastel (Rusko jt., 1978; Ingjer, 1991; Bunc jt., 1997; Valk, 2003). Palju on kasutatud uuringutes ka maksimaalse hapnikutarbimise näitajat jagatuna 2/3 kehakaaluga (Ingjer, 1992; Bergh, 1987), kuid see pole praktikas laiemat kasutust leidnud.

Aeroobne töövõime oleneb eelkõige südame-veresoonkonna funktsionaalsest seisundist, kus olulised on südame funktsionaalne võimsus, vere maht ja hemoglobiini koguhulk veres, perifeerse vere jaotumine organite ja kudede vahel, lihaste kapillaarvõrgustiku tihedus ning mitokondrite hulk lihasrakus. Treeningu tulemusena võib $VO_2\max$ suureneda 6-35% oma lähtetasemest. Selle suurenemise võimaluste ammendumisel võib jätkuda suusataja areng energia tootmises oksüdatiivse fosforüülimise arvel. Tõuseb anaeroobse läve tase ja suureneb töö ökonoomsus (Viru, 1990).

Murdmaasuusatajatel on teiste spordialadega võrreldas suhteliselt kõrgemad $VO_2\max$ näitajad, olles meestel enamasti 80 ml/kg/min või üle selle. Naiste murdmaasuusatajate vastavad näitajad on samuti kõrged, kuid on tavaliselt 10 ühikut madalamad, võrreldes meestega (Saltin, 1997). Aerutajatel ja arvatavasti ka ratturitel ning ujujatel on suusatajatega võrdsed $VO_2\max$ näitajad, kui väljendada absoluutsetes ühikutes (l/min), kuid tavaliselt on neil suurem keha mass (Secher, 1992; Gullstrand, 1992) ning seetõttu väiksem $VO_2\max$ /kg. Murdmaasuusatamises määravad lumeolud ja raja profiil, kumb on olulisem töövõime näitaja, kas suhteline või absoluutne

VO₂max. Raske rada ja kehvad libisemisolud soosivad kergemaid sportlasi, tasane rada ja hea libisemine sobib enam pikematele ja raskematele suusatajatele. Uisutehnikas arvatavasti ei mängi suusatajate keha suurus nii suurt rolli ning on leitud, et uisutehnikas ennustab sportlase saavutusvõimet l/min paremini kui ml/kg/min (või ml/kg^{2/3}/min) (Saltin, 1997; Rusko, 2003). Seda näitab fakt, et kuni 1989. aastani said vaid üksikud suusatajad tiitlivõistlustelt medali ilma, et nende VO₂max oleks 6 l/min või rohkem (Bergh, Forsberg, 1992). Kaasaja eliitmurdmaasuusatajatel on see näitaja 5,5-6,5 l/min meestel ja 4,0-5,0 l/min naistel. Ajaloos on registreeritud aga ka selliseid VO₂max näitajaid kui 7,42 l/min meestel ja naistel 5,2 l/min (Rusko, 2003).

Kaasajal on üha suuremat tähtsust tippsuusatamises omandanud ülakeha töövõime ja selle VO₂max ning jõumadused ning on saadud kõrge korrelatsioon (0,60-0,89) ülakeha VO₂max-i ja võistlustulemuste vahel.. Tippsuusatajaid iseloomustavad kõrged ülakeha VO₂max näitajad, mis on saadud isegi 70-75 ja 60-65 ml/kg/min vastavalt meestel ja naistel paaristõuke ergomeetril. On leitud samuti, et ülakeha ja üldise VO₂max suhe paraneb seoses suusataja taseme tõusuga. Tavaliselt on see tippsuusatajatel 90% lähedal, kuid on saadud ka tulemus 95%, kiud noorsuusatajatel jääb see näitaja enamasti oluliselt alla täiskasvanute tulemustele (Rusko, 2003).

Allpool aeroobset läve tehtav töö arendab põhivastupidavust (Kantola jt., 1984; Alaver, 1994). Selle ülesandeks on oksüdatiivse fosforüülimise efektiivsuse suurendamine. Samas suureneb ka töö ökonoomsus, kuna rohkem kasutatakse oksüdatsioonil vabanevat energiat ATP taastootmiseks ja vähem muutub seda soojuseks, glükogeeni varusid kasutatakse aeglasemalt ja rasvade oksüdeerimise osatähtsus üldises energiabilansis tõuseb (Viru, 1990). Lisaks sellele suureneb oksüdatiivsete ensüümide aktiivsus ning müoglobiini võime siduda hapnikku, lihaste glükogeeni sisaldus, mitokondrite arv, areneb kapillaaristik ja südame löögimaht (Viru, 1988). Murdmaasuusatajatel, pikamaajooksjatel ja maanteeratturitel on leitud teiste aladega võrreldes suurimad lihase kapillaaristiku tiheduse näitajad (Saltin, 1997).

Suusatamises on olulised anaeroobse läve tase ja selle % VO₂max-st (Rusko, 2000). Pikamaasuusatamises muutub ökonoomsuse osatähtsus oluliselt suuremaks võrreldes VO₂max-ga (Noakes jt., 1990). Murdmaasuusatamises võistleb suusataja suurema %-ga oma VO₂max-st, kui võrrelda näiteks jooksjaga, kuna töösse on

haaratud suurem lihasmass (Saltin, 1997). Anaeroobne lävi on funktsionaalse ökonoomsuse näitaja, kuna selle tasemel saadakse suurem osa energiast aeroobsetest energiaallikatest ning säilitatakse piiratud glükogeeni varusid (Nurmekivi jt., 1995). Anaeroobne lävi näitab eelkõige laktaadi eemaldamise mehhanismide võimsust (Viru, 1988). Treeninguga anaeroobse läve tasemel paraneb südame minutimaht, sest tõuseb südamelihase kontraktiilsus (Vuorimaa jt., 1986). Kõrge anaeroobse läve tase on otseseks aluseks kõrgetele tulemustele vastupidavusaladel. Anaeroobse läve järkjärguline ja pidev tõus loob eeldused aeroobse töövõime tõusuks. Lävikoormuste kasutamise mõju avaldub kõige efektiivsemalt selliste töövõime näitajate kaudu nagu VO_2max ja aeroobse mahtuvuse kasv, mõjutades samaaegselt positiivselt ka töö ökonoomsuse mehhanisme (Matsin jt., 2000).

On selge, et testimine, mis hõlmab ainult organismi töövõime integraalsed näitajaid, ei ole efektiivne, vaid alati tuleb arvestada ka teisi võimalikke näitajaid, et saada tervikpilt sportlase seisundist. Seda näitab ka fakt, et tippsuusatajad sõidavad 5-10 km distantzil 92-98% oma VO_2max -st, madalama tasemega suusatajad aga ainult 50-55% (Hoff jt., 1999). Samasugused tulemused on saadud ka teises uuringus, kus 10-15 km distantzil võistlevad sportlased keskmiselt 90-95% oma VO_2max -st ning 30 ja 50 km on vastavad näitajad 90-95% ning 85-90% (Saltin, 1997). Tänapäeva tippmurdmaasuusatajad ei ole seega tõstnud mitte ainult oma VO_2max , vaid ka selle säilitamise võimet pikematel distantssidel võimalikult kõrgel tasemel. Näiteks võivad pikematel distantssidel nagu 30 ja 50 km VO_2max -st hoopis olulisemad olla sellised näitajad, kui kapillaaride ja mitokondrite arv lihastes ning lihaste oksüdatiivne mahtuvus (Rusko, 2003).

1.3. Jõutreeningu spetsiifika

Pampus jt. (1989) on leidnud, et jõu suunitlusega vastupidavuslik sooritus, mis on üle 50% maksimaalsest tahtelisest jõust, sõltub suure osas sportlase maksimaaljõust. See näitab, et maksimaaljõu treening parandab ka jõuvastupidavust.

F. Suslov (1996) peab erinevate jõutreeningu komponentide optimaalseks suhteks kesk- ja pikamaajooksjatel järgmist vahekorda: jõuvastupidavus 70%, kiirusjõud 20%, maksimaaljõud 10%. Seejuures arendatakse jõuvastupidavust

aastaringelt, kiirusjõudu ühtlaselt, kuid mõningate aktsentidega läbi aasta ning maksimaaljõudu makrotsükli algul kontsentreeritult (blokkidena).

Suusataja jõutreening peaks olema väikese jõu juurdekasvuga (kuni 1,5% nädalas), et säiliks lihaste oksüdatiivsed omadused ning vältida tuleks ka ülemäära lihaste hüpertroofiat (Verhoshanski, 1993), kuna suurenenud lihasmassiga kaasneb madalam aeroobne võimekus (Rusko, 2003).

Isomeetiline maksimaaljõud on murdmaasuusatajatel peaaegu võrdne mittetreenitud inimestega, kuid olulisemaks on siin lihaste vastupanu väsimusele ja võime kiireks jõuarenduseks (Rusko, 2003). Kiire jõuarendus on eriti oluline klassikalise tehnika paaristõukeliste sõiduviiside ja uisutehnika puhul. Käte ja ülakeha lihaste jõud on suusatajatel aga oluliselt suurem kui mittetreenitud inimestel. Enamusel suusatajatel on piisav lihasmass olulisemate lihasgruppide osas. Puudusi võib olla maksimaaljõus ja lihasmassi osas mõnedel nais- ja juuniorieas suusatajatel, eriti just nende ülakeha lihastel. Suuremat tähelepanu põhijõu arendamisele tulekski pöörata just noorukieas, mil on oluline lihasmassi optimaalne suurendamine. Maksimaaljõudu soovib Rusko (2003) arendada 2-4 korda nädalas ja 6-10 nädala jooksul. Esimesel 3-4 nädalal suureneb lihasjõud peamiselt ainult paranenud närviregulatsiooni arvelt ja seejärel enamasti lihasmassi suurenemise arvel. Samas on ka Pampus jt (1989) uuringus leitud, et esimese kolme nädala jooksul suureneb lihasjõud valdavalt paranenud motoorsete ühikute talitluse koordinatsiooni arvel. Naistele sobivad paremini lühemad jõutreeningu perioodid: 4-6 nädalat, mida korratakse pärast mõnenädalast puhkeperioodi. Piisava lihasmassi ja maksimaaljõu näitajatega suusatajad peaksid keskenduma lihasvastupidavuse treenimisele. Lihasvastupidavuse treeninguks soovib Rusko (2003) tähelepanu pöörata järgmistele momentidele:

- 1) valida harjutused võimalikult alaspetsiifilised, eriti võistlushooaja lähenedes;
- 2) teha etteantud aja jooksul nii palju kordusi kui võimalik, taastuda ja korrata harjutust;
- 3) imiteerida suusatamise liigutuste kiirust niipalju kui võimalik;
- 4) vaheldada treeningul lihasgruppe, et tagada taastumist seeriatega vahel;
- 5) edukamatel suusatajatel on lühem jõu rakendusfaas äratõukel ja pikem libisemisfaas, mida tuleb jälgida ka jõutreeningul.

1.4. Jõu- ja vastupidavustreeningu seostamine

Viimase aastakümne uuringud on näidanud, et aeroobse energiasüsteemi osatähtsust ka kõrge intensiivsusega harjutuste sooritamisel on kestvalt alahinnatud (Medbo, Tabata, 1989; Gastin jt., 1995). Aeroobse vastupidavuse baasiks on aeroobse ja anaeroobse lävikiiruste järkjärguline suurendamine (Nurmekivi, 2001), mis moodustab aeroobse töövõime baasi. Lävikiiruste tõus on aga otseselt seotud aeglase lihaskiudude jõu tasemega (Konrad, Selujanov, 1988; Zatsiorski, 1995). Sellest järeldub, et vastupidavusalade võimekuse struktuuris on jõuvastupidavusel otsustav roll (Reiss, 1996). Ainult tavaline aeroobne treening viib aga lihasjõu vähenemisele (Mjakintšenko jt. 1999). Matsin ja Alaver (1999) on samuti väitnud, et saavutusvõime arendamine murdmaasuusatamises ei saa olla efektiivne, kui sellega ei kaasne kiirus- ja jõuharjutuste sooritamine. Treenerite ülesanne on leida sobiv tasakaal jõu- ja vastupidavustreeningu vahel. Suusataja teeb võistluse ajal tuhandeid dünaamilisi kontraktsioone jõurakendusega 10-25% isomeetrisest ja 20-50% dünaamilisest maksimaaljõust (Rusko, 2003). Et energiatootmine jääks aeroobsetesse piiridesse, ei tohiks jõurakendus treeningul ületada 20-30% sportlase maksimaaljõust (Hollmann, Mader, 2000). Kui see saavutab aga ca 50%, siis käivituvad ulatuslikud anaeroobsed energiatootmise protsessid. Samuti võib lihaskiudude tunduv hüpertrofeerumine viia lihase oksüdatiivse potentsiaali vähenemisele (Holloszy jt., 1979; Gollnick jt., 1984). Suure vastupanuga jõutreening põhjustab lihaskiudude olulise hüpertroofia, kuid vaid nende minimaalse kapillariseerumise (Dudley jt., 1986). Lihaskiudude ja anaeroobse läve testide kasutamisega saab vältida vastuolu lihasjõu ja anaeroobse lävikiiruse arengu vahel (Suslov, 1996). Kui anaeroobse läve kiirus alaneb, on põhjust arvata, et jõuharjutuste osa treeningus on olnud liiga suur. Jõuvastupidavuse üldisel ja spetsiaalsel treeningul on reeglilik, et prevaleeruma peaksid aeroobsed ja anaeroobsed alaktaatsed treeningvahendid (Reiss, 1996). Samas on mitmetel vastupidavusaladel (murdmaasuusatamine, jalgrattasport jne.) väga oluline tööaegne laktaadi eemaldamine, mis toimub spetsiaalsete laktaadi transpordi valkude, monokarboksülaattrasporterite (MCT₁₋₇) abil (Brooks jt., 1999; Bonen, 2000). Nende kontsentratsiooni tõusu soodustab aga submaksimaalsete intensiivsustega glükoolüütiliste koormuste kasutamine. Suusavõistlusel tõuseb laktaadi kontsentratsioon kiiresti 5-10 minuti jooksul 5-10 mmol/l ja seejärel suureneb aeglaselt kuni finišini ning enamasti tekib see tõusudel sõites. Raja allamäge lõikudel

kõrvaldatakse laktaati enamasti liigutustegevuses vähemtähtsates lihastes, südamelihases ning maksas, et hoida organismi happelisus taluvuse piirides (Rusko, 2003).

Enne kui suurendada lihaskontraktsioonide võimsust vastupidavustreeningu käigus, peab tõstma ka lihase maksimaaljõudu, mis tagab ka kõrgemal tasemel lihasvastupidavuse. Seetõttu peab vastupidavusala sportlase treening olema kompleksne, kuid jälgima rangelt konkreetse ala nõudeid.

Maksimaaljõu ja aeroobse võimekuse samaaegne arendamine ei ole otstarbekas. Sel juhul tekiks energoplastilise reservi pidev ümberjaotumine ja võitlus selle pärast ning optimaalset arengut ei saavutata. Seetõttu kasutatakse treeningaasta planeerimisel spetsiaalseid etappe, mis on suunatud ühe ja sama süsteemi erinevate külgede arendamisele. Kontsentreeritud jõutreeningu perioodil tuleks vastupidavuslikke võimeid vaid säilitada (Rusko, 2003).

1.5. Sportlaste lihaskiudude kompositsioon

On teada, et inimese närvi-lihasaparaadis on kolme tüüpi motoorseid ühikuid: 1) aeglased (S) motoorsed ühikud väikeste ja madala rekrutatsioonilävega motoneuronite ning suure oksüdatiivse potentsiaaliga lihaskiududega; 2) kiired kiirelt väsivad (FF) motoorsed ühikud suurte ja kõrge rekrutatsioonilävega motoneuronite ja madala oksüdatiivse potentsiaaliga lihaskiududega; 3) kiired väsimusresistentsed (FR) motoorsed ühikud keskmiste karakteristikutega (Burke, 1981). Kehaline treening põhjustab erinevaid adaptatsiooni protsesse olenevalt treeningu tüübist. On leitud, et intensiivne pikka aega kestvate kontraktsioonidega vastupidavustreening põhjustab biokeemilisi muutusi nii aeglastes kui kiiretes lihaskiududes, suurendades vastupidavust. Plahvatusliku iseloomu ja kiirete kontraktsioonidega kiirusjõu treening põhjustab ainult väikesi muutusi aeglaste ja kiirete lihaskiudude biokeemilistes omadustes, kuigi see parandab lihaste võimsust (Casabona jt., 1990).

Soodne lihaskiudude kompositsioon on üheks eelduseks kõrgete sportlike tulemuste saavutamisel. See kujuneb geneetiliste eelduste ning väliskeskkonna mõjutuste tulemusel, kus üheks mõjuriks on kehaline treening. Vastupidavusala sportlastel, kelle treeningstaaž ületab 10 aastat, jääb aeglaste lihaskiudude

proportsioon 51-100% vahele. Normaalsetes tingimustes võivad toimuda muutused skeletilihaskiudude kompositsioonis 10-15% ulatuses (Puhke jt., 2000).

Rusko jt. (1983) leidsid oma uuringus, et vastupidavustreening suurendas statistiliselt oluliselt VO₂max (8,7%) ja anaeroobset läve neil sportlastel, kellel oli suur aeglaste lihaskiudude protsent *m. vastus lateralis*'es 56-76%. Väiksema aeglaste lihaskiudude protsendiga (40-55%) grupil suurenes VO₂max aga ainult 3,8%. Samuti on leitud, et aeroobne ja anaeroobne lävi ning VO₂max korreleeruvad aeglaste lihaskiudude protsendiga lihastes (Rusko, 1992). Seega on vastupidavustreeningu efekt seda väljenduslikum, mida suurem on oksüdatiivsete lihaskiudude protsent lihastes.

Murdmaasuusatajatel on ülekaalus aeglased lihaskiud nii jalalihastes (*vastus lateralis*'es 68-74%; *m. gastrocnemius*'es 61-75 %) kui ka ülakeha lihastes (*m. deltoideus*'es 75-61%; *triceps brachii*'s 48-54%) (Saltin, 1997; Rusko, 2003). Samas ei ole see nii äärmuslik kui näiteks maratonijooksjatel, kelle jalalihastes võib aeglaste kiudude osakaal olla üle 80%. Ei ole täpselt teada, kui suures ulatuses on selline lihaskiudude kompositsioon treeningust põhjustatud, sest ei ole tehtud piisavalt pikaajalisi uuringuid tugevalt treenivate murdmaasuusatajatega, et uurida millises ulatuses toimub lihaskiudude transformatsioon ühest tüübist teise. Ühes sellesuunalises uuringus leiti, et 8-aastase treeningu tulemusena suurenes murdmaasuusatajate aeglaste lihaskiudude osakaal statistiliselt oluliselt 57%-lt kuni 68%-ni ning samal ajal sportlaste treeningmaht kahekordistus ning oluliselt paranes ka VO₂max (Rusko, 2003). Murdmaasuusatajatel on suhteliselt suur lihaskiudude läbimõõt jala- ja käelihastes ning seda nii meestel kui ka naistel. Erinevalt lihaskiu tüübi mõjustamisest on see suhteliselt hästi treenitav (Dudley jt., 1986). Üheksakümnendate aastate tippsuusatajatel on leitud 15-25% suuremad lihaskiudude ristlõikepindalad kui 70.-te aastate edukatel suusatajatel. See tuleneb arvatavasti kõrgemast jõu rakenduse vajadusest teatud raja osadel kaasaja murdmaasuusatamises. Seejuures suurenenud läbimõõduga on just aeglased lihaskiud (Saltin, 1997).

1.6. Aeglaste lihaskiudude jõuomaduste arendamine

Geneetilisel teguril on oma osa suusataja saavutusvõimes, kuid olemasoleva potentsiaali ärakasutamine sõltub ikkagi treeningust (Viru, 1988). Kõige tundlikumad

treeningule on oksüdatiiv-glükolüütilised kiud, vähemtundlikud on oksüdatiivsed kiud (Seene jt., 2002).

Selujanov (2001) soovib aeglase lihaskiudude arendamiseks nn. staatilis-dünaamilist jõutreeningut, sest see on efektiivne aeglase lihaskiudude jõuvõimete tõstmise treeningvahend. Sellise harjutuse sooritamisel ei lasta lihasel kordagi lõtvuda ning sooritus peab olema aeglane (20-30 kordust minutis). Koormus peab olema selline, et 30-40 s jooksul lihas väsiks ja tekiks isegi valuaisting. Sellisel tööil ei rakendata oluliselt kiireid lihaskiude ja happelisus lihasrakkudes tuleneb sellest, et kapillaarid surutakse kokku ning verevool on takistatud, mistõttu tekib isheemia ja mõõdukas laktaadi tõus lihastes. Maksimaaljõud suureneb seejuures valdavalt aeglase lihaskiudude arvelt. Optimaalseks töö kestuseks peab Selujanov ühte minutit. Kui seejuures valuaistingut ei teki, on vaja koormust suurendada. Alustama peaks väiksema koormuse ja seeriade arvuga. Pampus jt. (1989) on samuti leidnud, et kestvate aeglase liigutustega kvaasiisotooniline (*quasi-isotonic*) treeningmeetod koormusega 60% maksimaalsest jõust on väga sobilik maksimaaljõu ja jõuvastupidavuse arendamiseks.

Turajev ja Selujanov (1999) annavad järgmised soovitusel aeglase lihaskiudude jõu arendamiseks:

- 1) harjutused isotoonilises (staatilis-dünaamilises) režiimis, s.o. vere ringvoolu häirumisega;
- 2) harjutused sooritatakse suutlikkuseni, kuid nende kestus on 30-60 s (reguleeritakse välise koormuse või kehaasendi muutmisega);
- 3) aeglane harjutuse sooritamise tempo (30-60 liigutust minutis);
- 4) koormus 40-80% maksimaalsest tahtelisest jõust, pikamaajooksjatel 10-30%;
- 5) puhkepaus 5-12 min sõltuvalt laktaadi eemaldamise kiirusest;
- 6) seeriade arv kuni 10 ühes treeningus (piiravaks teguriks on vere laktaadi eemaldamise võime ja adaptatsioon jõukoormusele);
- 7) puhkeintervall treeningute vahel 2-4 päeva ning pärast jõutreeningut ei tohiks teha kõrge energieetilise kulutusega treeningut (näiteks pikka kestusjooksu).

Samuti soovivad nad valida iga võistlustegevuses osaleva olulisema lihasrühma jaoks harjutuse. Seejuures ei pea see olema täpselt dünaamilises ja kinemaatilises vastavuses võistlustegevusega, kuna sellised harjutused on suunatud eelkõige müofibrillide sünteesiks aga mitte närvi-lihasaparaadi koordinatsiooni täiustamiseks.

Mjakintšenko jt. (1999) said statodünaamilise jõutreeningu kasutamisel keskmaajooksjatel paranemise nii jõu- kui ka aeroobsetes näitajates.

1.7. Lihaste kontraktsiooniomaduste uurimine

On leitud, et treening ei põhjusta mitte ainult lihaste adapteerumist vastavalt koormusele, vaid ka perifeerse ja kesknärvisüsteemi kohanemist sellega (Perot jt., 1991). Viimasel ajal on tehtud mitmeid uuringuid lihaste kontraktsiooniomaduste uurimiseks elektrostimulatsiooni abil nii erinevate gruppide võrdlemisel kui ka treeningu mõju uurimisel. Treeninguga seoses on uuritud lihaste H-refleksi ja M-vastuse amplituudide suhet (Maffioletti jt., 2001), H-refleksi pärast treeningprogrammi (Perot jt., 1991), pingutusejärgset lihaste kontraktsiooniomaduste potentseerumist (Vandervoort jt., 1986; Rice jt., 1993; Pääsuke jt., 1999; Hamada jt., 2000). Mitmed uuringud keskenduvad väsimuse uurimisele seoses lihase vastusega elektriärritusele (Millet jt., 2002), venitusrefleksi uurimisele erineva treeningtaustaga sportlastel (Kyröläinen jt., 1994) jm. Enamasti on uuritavateks kas üliõpilased, täiskasvanud või vanemaalised inimesed. Uuringuid noorte ja lastega on tehtud harva (Pääsuke jt., 2000).

Väga täpselt ei ole teada sellise fenomeni mehhanism nagu lihase pingutusejärgse potentseerumise (PAP) muutumine sportlastel erineva treeningu tulemusena. Inimesel saab PAP võimekust mõõta, kasutades kombinatsiooni elektriliselt esile kutsutud supramaksimaalsest isomeetrisest kontraktsioonist ja maksimaalsest tahtelisest kontraktsioonist (Pääsuke jt., 1998). Seda näitajat on kasutatud ka eri vanuses sportlaste jõu- ja võimsuse treeninguga kohanemise uurimisel (Vandervoort jt., 1986; Rice jt., 1993; Pääsuke jt., 1999). Mitmetes uuringutes on tõestatud PAP näitaja vähenemine seoses vanusega (Vandervoort jt., 1986; Petrella jt., 1989; Pääsuke jt., 1999), mida seostatakse ka kiirete lihaskiudude arvu vähenemisega lihases vananedes. Pääsuke jt. (2000) leidsid oma uuringus, et postpuberteedi eas on poistel elektrostimulatsiooniga esile kutsutud üksikkontraktsiooni jõud (PT) puhke- ja potentseerunud olekus oluliselt suurem, võrreldes prepuberteedieas poistega. See on seotud lihaskiudude diameetri suurenemisega kasvueas, sarkomeeride arvu ja lihase pikkuse suurenemisega ja Ca²⁺-pumba aktiivsuse tõusuga. Samas ei saadud PAP näitaja osas erinevusi pre- ja

postpuberteedieas poiste ja noorte meeste vahel (Belanger jt., 1989; Pääsuke jt., 2000). On teada, et PAP on suurem kiiretes lihaskiududes (Vandervoort jt., 1983), mistõttu on kiirusjõu alade sportlastel suurem PAP kui vastupidavusala sportlastel. See on põhjustatud nende erinevast lihaskiudude kompositsioonist ja treeningstaatusest (Pääsuke jt., 1998). Hästi on teada tiptasemel kiirusjõu alade esindajate suur kiirete lihaskiudude osakaal. Mõnedes uuringutes on leitud lihaskiudude valikuline hüpertroofia vastavalt treeningu tüübile (Burke, 1981; Tihanyi, 1997). Leiti mõningane suurem PAP (Hamada jt., 2000) ka vastupidavusala sportlastel, võrreldes mittetreenitute ja nendes lihastes, mis vastaval alal on töös ning järeldati, et selline kohanemine aitab vastu seista väsimusele vastupidavussoorituse käigus.

On tõestatud, et vastupidavustreening kutsub esile biokeemilisi muutusi nii aeglastes kui ka kiiretes lihaskiududes, suurendades vastupidavust (Saltin jt., 1983). Samas plahvatusliku iseloomuga kiirete lihaskontraktsioonidega treening põhjustab vaid väikesi muutusi biokeemilistes karakteristikutes kiiretes ja aeglastes lihaskiududes, kuigi võimsus paraneb (Thorstensson jt., 1976). Sellest lähtuvalt oletatakse, et kiirusjõu treening põhjustab saavutusvõime kasvu adaptatiivsete muutuste näol lihas-närvisüsteemis (Häkkinen jt., 1985).

Uuringutes on leitud, et madala erutusläävega aeglased lihaskiud rekruteeruvad esimesena, võrreldes kiirete lihaskiududega (Kyröläinen jt., 1994). Spinaalsete mootorsete reflekside ajal rekruteeruvad motoneuronid vastavalt Hennemanni suuruse printsiibile (Hennemann, Olson, 1965). Sarnaselt rekruteeruvad madala intensiivsusega aeroobsel tööl valdavalt aeglased motoorsed ühikud ning intensiivsemal tegevusel kaasatakse ka kiired motoorsed ühikud (Rusko, 2003).

H-refleksi kasutatakse uuringutes, et hinnata alfa-motoneuronite erutuvust vastavalt progresseeruvale motoneuronpuuli aktivatsioonile perifeerse närvi Ia kiudude transkutaansel stimulatsioonil (Casabona jt., 1990). M-vastus on põhjustatud motoneuronpuuli aksonite aktivatsioonist ning see kutsutakse esile närvi supramaksimaalse elektrostimulatsiooniga, mis põhjustab kõigi mootorsete ühikute, kaasa arvatud kiirete, aktiveerumise (Maffioletti, jt., 2001). Siit tulenevalt on kasutusel ka H-refleksi M-vastuse amplituudide suhe kui sobilik näitaja illustreerimaks motoneuronpuuli reflektorse erutuvuse taset, mis omakorda sõltub Ia lihaskiudude ja alfa-motoneuronite seosest. On leitud, et see suhe on oluliselt suurem aeroobsete spordialade esindajatel ning madalam anaeroobsete alade sportlastel

võrreldes mittetreenitute (Casabona jt., 1990; Maffioletti, jt., 2001). See suhe suureneb ka pärast vastupidavustreeningut, mida põhjustab lihaskiudude muutumine oma omadustelt aeglase kiudude suunas (Perot jt., 1991; Maffioletti jt., 2001). Sellist muutust nimetatakse ka neuuraalseks adaptatsiooniks (Komi, 1986; Sale, 1988). Refleksi alanemine on saadud ka rottidel, kes tegid plüomeetrilist treeningut, mis oli põhjustatud aeglase lihaskiudude protsendi alanemisest (Almeida-Silveira jt., 1996). Järelikult H/M amplituudi väärtuse määramisega on võimalik hinnata, kas vastupidavusala sportlase treening on mõjutanud sportlase lihase omadusi soovitud suunas. Eriti oluline on hinnata vastupidavusala sportlase jõutreeningu toimet nii jõu kui ka vastupidavuse näitajatele, et mitte ülemäärase jõutreeninguga liigselt pärssida vastupidavuslikke võimeid.

Supramaksimaalse elektriärritusega saadud kontraktsiooniomadused on samuti erinevad kiirusjõualade, vastupidavusalade sportlastel ja mittetreenitud inimestel (Pääsuke jt., 1999). Esimesel grupil on suurim kontraktsioonijõud ja jõu arendamise kiirus (jõugradient) ja lühem lõõgastusfaasi kestus. Samas on tehtud vähe uuringuid, et hinnata erineva iseloomuga treeningu mõju H-refleksi karakteristikute muutustele. Pääsuke jt. (1998) leidsid oma uuringus, et kiirusjõu treening võrreldes vastupidavustreeninguga, annab suurema muutuse nii lihaste elektriliselt esile kutsutud üksikkontraktsiooni jõu ja selle potentseerumise võimes kui ka lihaskontraktsiooni ajalistes karakteristikutes.

2. TÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED

Käesoleva uuringu eesmärgiks oli staatilis-dünaamiliste jõuharjutuste kasutamise võimaluste selgitamine noorte murdmaasuusatajate treeningus. Uuringu hüpoteesiks oli, et staatilis-dünaamiliste harjutuste kasutamisega on võimalik mõjustada noorte suusatajate aeglase lihaskiudude jõuomadusi ilma oluliste negatiivsete mõjudeta aeroobse töövõime näitajatele, kusjuures selline aktsenteeritud jõutreeningu etapp sobib üleminekuperioodi lõppu ja ettevalmistava perioodi algusesse. Lähtudes sellest, seati uuringu ette järgmised ülesanded:

1. Selgitada staatilis-dünaamiliste jõuharjutuste toimet eelkõige aeglase lihaskiudude kontraktsiooniomadustele.
2. Jälgida aeroobse töövõime põhikomponentide (aeroobne ja anaeroobne lävi, VO₂max, funktsionaalne ökonoomsus) dünaamikat staatilis-dünaamiliste jõuharjutuste aktsenteeritud kasutamise etapil.
3. Hinnata staatilis-dünaamiliste jõuharjutuste kasutamise sobivust noorte murdmaasuusatajate treeningu ülemineku perioodil.

3. METOODIKA

3.1. Vaatlusalused

Vaatlusalusteks oli 18 noorsuusatajat, kes olid suusatreeninguga tegelenud vähemalt 4 aastat. Pedagoogilise eksperimendi läbiviimiseks moodustati 2 gruppi – eksperimentaal- ja kontrollgrupp. Vaatlusaluste gruppide üldandmed on toodud tabelis 1. Eksperimendi alustamisel gruppide vahelisi statistiliselt usaldusväärseid erinevusi uuritud näitajates ei olnud (Tabel 2,3).

Tabel 1. Vaatlusaluste gruppide üldandmed ($X \pm SD$) uuringu algul.

Grupp	n	Vanus (aastat)	Kasv (cm)	Kehamass (kg)
Eksperimentaalgrupp	9	15,5 ± 1,09	173,1 ± 7,4	61,8 ± 7,0
Kontrollgrupp	9	15,8 ± 1,87	171,7 ± 10,6	59,0 ± 10,3

3.2 Treening

Mõõtmised viidi läbi esmakordselt murdmaasuusatamise kevadisel üleminekuperioodil (aprilli keskel) ja kordustestimine üldettevalmistava perioodi algul (juuni keskel) pärast 8 nädalat kestnud jõusuunitlusega treeningetappi. Treeningute maht oli sel ajal suhteliselt madal (keskmiselt 7.3±1.7 h ja 5-6 korda/nädalas). Eksperimentaalgrupi (n=9) jõutreening sisaldas 4 erinevat staatilis-dünaamilist jõuharjutust:

kaldpinnal seistes kõrgele põiale tõusmine-laskumine lisaraskusega 10 kg, kusjuures alla laskudes ei tohtinud kand maad puudutada ning harjutus sooritati vaheldumisi paremal ja vasakul jalal,

kahel jalal kükid põlveliigese 90° nurga suhtes: liikumine üles ca 25° ja laskumine alla ca 10°, 12-18 kg raskusega turjal,

1 m kõrgusel toepinnal toenglamangus käte kõverdamine küünarliigese 90° nurga suhtes 20 cm üles-alla,

toetudes reite eesmise ülemise osaga võimlemishobusele, jalad fikseeritud varbseina vahele, ülakeha väikese ulatusega tõstmine-langetamine, kasutades 5-10 kg lisaraskust õlgadel.

Treenimiseks valiti suusatamisele olulisemad, suuremad lihasrühmad. Harjutuste sooritamisel tuli silmas pidada, et need sooritatakse pideva liikumisega suutlikkuseni, harjutuse sooritamise tempo aeglane (30-60 liigutust minutis), puhkepaus 5 min seeriade vahel. Esimese 4 nädala jooksul toimusid treeningud 3 ja 5.-8. nädal 4 korda nädalas. Sooritati 3-4 seeriat kestusega 45-60 sek iga seeria. Üldine treeningkoormus uuritavaal treeningetapil oli eksperimentaalgrupil keskmine, kuid jõutreeningu koormust uuritavatele võib hinnata tugevaks.

Kontrollgrupp (n=9) staatilis-dünaamilisi jõuharjutusi ei teinud. Need asendati erinevate samadele lihasgruppidele suunatud dünaamiliste ja hüppeharjutustega, mis sooritati ajaliselt samas mahus.

3.3. Uurimismeetodid.

3.3.1. Aeroobse töövõime määramine

Noorsuusatajate aeroobse töövõime uuringud teostati TÜ spordifüsioloogia laboris. Kasutati firma *Technogym* (Itaalia) liikurrada *Runrace 1400* ja *Parvomedics* (USA) gaasianalüsaatorite süsteemi *Truemax 2400* ning spetsiaalselt murdmaasuusatajatele loodud programmi, kus lindi kaldenurk ja kiirus suurenesid. Koormuse aegsed südame löögisageduse näitajad registreeriti firma *Polar* sporttestri *Vantage NV* abil. Tõusvate koormusega testil määrati järgmised aeroobse töövõime näitajad:

- suhteline ja absoluutne maksimaalne hapnikutarbimine, $VO_2\max$ (ml/min/kg ja l/min);
- testi maksimaalne kestus (s);
- aeroobse ja anaeroobse läve südame löögisagedus (lööki/min);
- aeroobse ja anaeroobse läve saavutamise aeg testil (s);

- submaksimaalse koormuse (12. min) südame löögisagedus (lööki/min) ja VO₂ (ml/min/kg);
- maksimaalne hingamiskoeffitsent RQ.

Anaeroobne lävi määrati hingamiskoeffitsendi (RQ), ventilatsiooni ja väljahingatava CO₂ sisalduse näitajate põhjal ja aeroobne lävi ventilatsiooni, hapnikutarbimise ja väljahingatava CO₂ sisalduse näitajate põhjal.

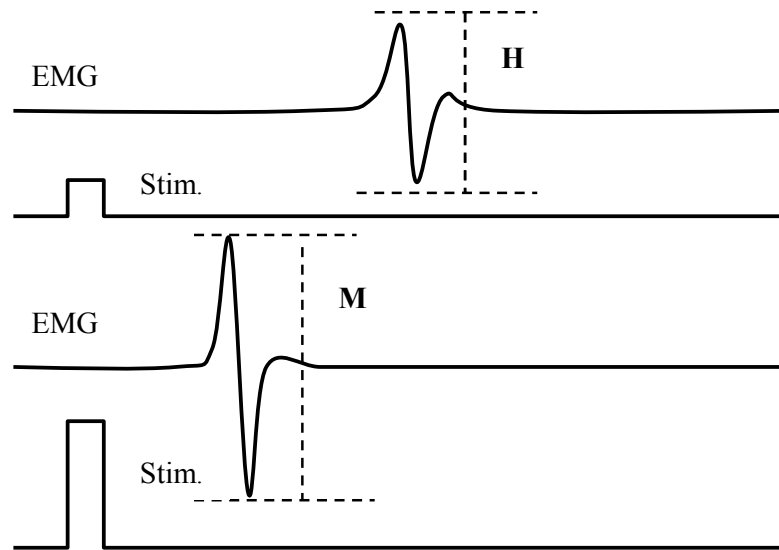
3.3.2. Alajäsemete sirutajalihaste jõu- ja kontraktsiooniomaduste määramine

TÜ kinesioloogia ja biomehaanika laboris määrati sääre kolmpealihase (SKL, *triceps surae*) ja reie nelipealihase (RNL, *musculus quadriceps femoris*) jõu- ja kontraktsiooniomadused, kasutades isomeetrilise dünamomeetria ja elektromüostimulatsiooni meetodeid.

SKL uurimisel fikseeriti vaatlusalune spetsiaalselt konstrueeritud dünamomeetrilisele pingile nii, et nurk uuritava parema jala põlve- ja puusaliigeses oli 90°. Labajalg fikseeriti pedaalile 85° nurga all manseti ja kannatoe abil ning pedaal telg asetati kohakuti ülemise hüppeliigese teljega. Säär fikseeriti põlvest toestaja abil. SKL kontraktsioonil tekkiva labajala plantaarflektsiooni surve pedaalile registreeriti elektromehaanilise dünamomeetri abil. SKL tahtelise isomeetrilise maksimaaljõu ($F_{t_{säär}}$, N) määramisel tuli vaatlusalusel 2-3 s jooksul maksimaalselt tugevalt suruda pedaalile. Sooritati 3 katset ja arvestati parimat tulemust. SKL kontraktiilsete omaduste määramisel asetati elektriärritust andev elektrood sääreluunärvi projektsioonile põlveõndlas ja maanduselektrood sääre distaalsele osale. Elektriline üksikkontraktsioon kutsuti esile alalisvoolu impulsiga, mille kestus oli 1 ms ja ärritustugevus oli lihase suhtes supramaksimaalne nii puhkeolekus kui ka vahetult pärast 5 s kestnud maksimaalset tahtelist pingutust (potentseerunud seisundis). Määrati järgmised näitajad:

- maksimaaljõud ($PT_{säär}$, N),
- lihasjõu potentseerumine pärast 5 s kestvat maksimaalset tahtelist pingutust ($PAP_{säär}$, %),
- kontraktsioonifaasi kestus ($CT_{säär}$, ms),

- poole lõõgastuse aeg ($HRT_{säär}$, ms),
- maksimaalne jõugradient kontraktsioonifaasis ($RFD_{säär}$, N/s) ja lõõgastusfaasis ($RR_{säär}$, N/s),
- sääre lestlihase H-refleksi ja M-vastuste maksimaalsete amplituudide suhe (H/M ,%; joonis 1).



Joonis 1. H-refleksi ja M-vastuse amplituudide määramine.

RNL kontraktsiooniomaduste määramiseks kasutati spetsiaalset isomeetrilist dünamomeetrit, kus vaatlusalune fikseeriti istuvas asendis mansettide abil seljatoe külge nii, et nurk põlveliigeses oli 90° ja puusaliigeses 110° . Sääre distaalsele osale kinnitati dünamomeetriga ühendatud mansett. Lihase isomeetriline kontraktsioon toimus sääre sirutusliigutusena vastu dünamomeetri mansetti. RNL tahtelise isomeetrilise maksimaaljõu ($F_{t_{reis}}$, N) määramisel tuli vaatlusalusel 2-3 s jooksul maksimaalselt tugevalt sirutada säärt vastu dünamomeetri mansetti. Sooritati 3 katset ja arvestati parimat tulemust. RNL kontraktiilsete omaduste määramiseks asetati elektriärritust andev elektrood reienärvi projektsioonile reiekolmnurgas ja maanduselektrood asetati reie keskosale. Elektriline üksikkontraktsioon kutsuti esile alalisvoolu impulsiga, mille kestus oli 1 ms ja ärritustugevus oli lihase suhtes supramaksimaalne (130-150 V). Üksikkontraktsioon kutsuti esile nii puhkeolekus kui ka vahetult pärast 5 s maksimaalset tahtelist pingutust (potenseerunud olekus). Määrati järgmised näitajad:

- maksimaaljõud (PT_{reis} , N),
- lihasjõu potentseerumine pärast 5 s kestvat maksimaalset tahtelist pingutust (PAP_{reis} , %),
- kontraktsioonifaasi kestus (CT_{reis} , s),
- poole lõõgastuse aeg (HRT_{reis} , s)
- maksimaalne jõugradient kontraktsioonifaasis (RFD_{reis} , N/s) ja lõõgastusfaasis (RR_{reis} , N/s).

3.4. Uuringu korraldus

Töös püstitatud eesmärkide ja ülesannete lahendamiseks määrati TÜ spordifüsioloogia laboris aeroobse töövõime näitajad liikurajal spetsiaalselt suusatajaile loodud programmi alusel. Jooksmine oli testi jooksul keelatud. Testile eelnes 5 min. soojendus ja venitusharjutused jalalihastele.

Maksimaalse aeroobse võimekuse määramisele ülejärgneval päeval sooritati looduslikes tingimustes kontrollvõistlusena imitatsioonijooks, kus fikseeriti sportlase saavutatud aeg (s). Uuritavad lähetati rajale intervallstardist 30 s intervalliga. Läbida tuli 3 km ring murdmaastikul, kusjuures jooksu ajal kasutasid uuritavad suusakeppe.

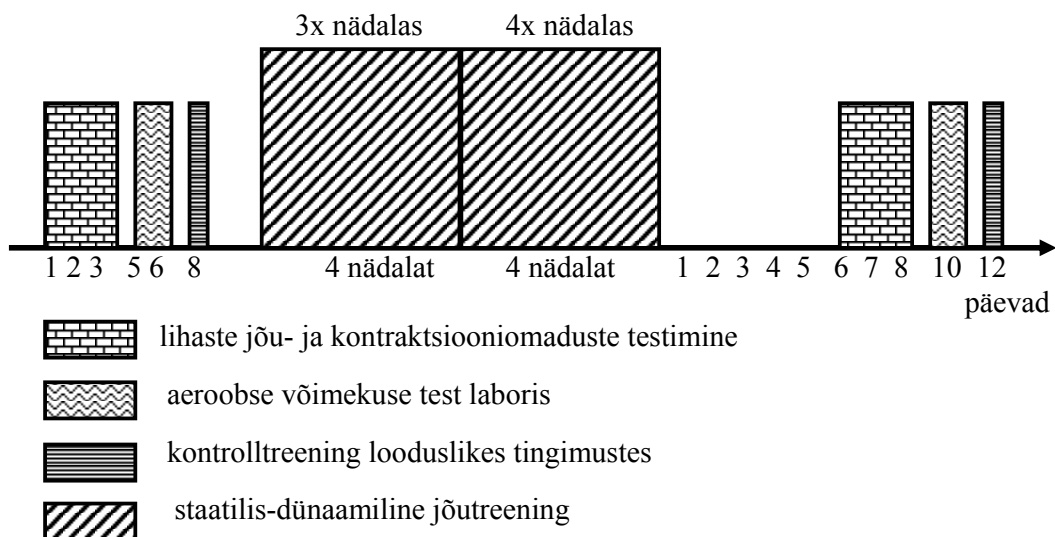
TÜ kinesioloogia ja biomehaanika laboris määrati noorsuusatajate alajäsemete lihaste jõu- ja kontraktsiooniomaduste näitajad kindlas järjekorras:

- reie nelipealihase maksimaalne isomeetiline jõud (N),
- RNL elektrostimulatsiooniga esile kutsutud isomeetrilise üksikkontraktsiooni jõud (PT) (N), ning selle potentseerumine pärast 5 sek kestvat maksimaalset tahtelist pingutust (PAP) protsentides,
- sääre kolmpealihase maksimaalne isomeetiline jõud (N),
- SKL elektrostimulatsiooniga esile kutsutud isomeetrilise üksikkontraktsiooni jõud (PT) (N), ning selle potentseerumine pärast 5 sek kestvat maksimaalset tahtelist pingutust (PAP) protsentides,
- lestlihase H-refleksi ja M-vastuste suhe (H/M) protsentides.

Mõõtmistel registreeriti ka SKL ja RNL elektrostimulatsiooniga esile kutsutud isomeetrilise üksikkontraktsiooni kestus (CT) (ms), poole lõõgastuse aeg (HRT) (ms) ning jõuimpulsid V_{max} ja V_{rt} (N/s).

Mõõtmiste läbiviimiseks koostati kindel ajaline skeem (joonis 1.), mille eesmärgiks oli võimalikult standardsete tingimuste loomine kahel testimiskorral ning taastumisperioodi võimaldamine peale jõutreeningu etappi. Sel perioodil kumbki grupp jõutreeningut ei teinud.

Joonis 1. Kehalise võimekuse mõõtmiste ajaline paiknevus uuringu jooksul.



3.5. Statistika.

Arvutati näitajate aritmeetiline keskmine (\bar{X}) ja standardhälve (SD). Tulemuste võrdlemine toimus ühefaktorilise ANOVA abil koos Scheffe *post hoc* testiga. Statistilise olulisuse nivooiks võeti $p < 0,05$.

4. TÖÖ TULEMUSED

4.1. Lihaste jõu- ja kontraktsiooniomaduste näitajad

Kaheksanädalase pedagoogilise eksperimendi tulemused on esitatud tabelites 2 ja 3.

Tabel 2. Uuritavate reie nelipealihase ja sääre kolmpealihase jõu ja kontraktsiooniomaduste näitajad enne ja pärast 8-nädalast jõutreeningu etappi ($X \pm SD$).

	EKSPERIMENTAALGRUPP		KONTROLLGRUPP	
	enne	pärast	enne	pärast
Ft _{reis} (N)	459,9±122,0	481,9±155,0 *	476,6±114,5	488,7±110,5 *
Ft _{säär} (N)	831,1±178,8	877,8±143,8 *	855,9±194,9	862,2±208,3
PAP _{reis} (%)	13,7±6,5	14,3±6,2	11,8±8,3	15,9±8,0
PAP _{säär} (%)	31,0±10,7	34,3±13,3	17,3±9,4	24,0±7,1 *
H/M _{säär}	57,7±25,2	63,6±13,6	56,9±8,1	55,2±8,5
PT _{reis} (N)	87,2±13,9	86,0±15,0	77,6±13,6	70,0±9,4 *
PT _{säär} (N)	108,2±17,9	108,8±19,3	115,1±31,0	121,3±26,6
CT _{reis} (ms)	94±10	96±10	95±8	91±11
CT _{säär} (ms)	72±5	70±2	69±3	68±3
HRT _{reis} (ms)	92±17	87±7	91±10	90±15
HRT _{säär} (ms)	93±14	91±12	89±19	93±16
RFD _{reis} (N/s)	837,9±177,1	796,4±207,3	699,4±203,9	586,8±128,7 *
RFD _{säär} (N/s)	1867,8±360,1	1966,9±398,8 *	2036,3±560,2	2158,9±462,2
RR _{reis} (N/s)	380,4±77,7	386,9±110,1	321,7±92,1	279,9±73,7
RR _{säär} (N/s)	921,7±185,4	911,1±155,1	1025,6±293,5	923,6±250,5 *

* $P < 0,05$ võrreldes treeningueelse seisundiga

Mõõtmistulemused näitasid, et jõutreeningu etapi tulemusena toimus eksperimendigrupil statistiliselt oluline juurdekasv ($p < 0,05$) tahtelises isomeetrilises maksimaaljõus nii SKL-l kui ka RNL-l. Samal ajal saadi kontrollgrupil statistiliselt oluline suurenemine vaid RNL maksimaaljõu näitajas, mis oli aga madalam kui eksperimendigrupil, kuid SKL maksimaalne isomeetiline jõud jäi

peale 8-nädalast treeningetapi usaldusväärselt muutumatuks, kuigi samuti toimus väike nihe paranemise suunas.

Lihaste H/M maksimaalsete amplituudide väärtuste suhtega saab hinnata aeglaste lihaskiudude mõjutuse ulatust ning osatähtsust lihase jõu võimekuses. Sääre lestlihasel suurenes nimetatud näitaja mõnevõrra võrreldes lähtetasemega peale staatilis-dünaamilist jõutreeningut eksperimentaalgrupil (10,3 %, $p > 0,05$) ning langes veidi kontrollgrupil (3,0 %, $p > 0,05$), kuigi need muutused ei olnud statistiliselt olulised.

Kontrollgrupil toimus SKL-l määratud pingutuse järgse potentseerumise näitaja $PAP_{säär}$ suurenemine ($p < 0,01$), samas eksperimentaalgrupil selle tulemus oluliselt ei muutunud 8-nädalase treeningetapi järgselt. RNL-l registreeritud pingutusjärgse potentseerumise näitaja PAP_{reis} ei muutunud treeningu mõjul oluliselt kummaski grupis, kuigi kontrollgrupil oli antud näitaja juurdekasv pärast 8-nädalast treeningetappi võrreldes lähtetasemega mõnevõrra suurem kui seda saadi eksperimentaalgrupil.

Nii SKL kui ka RNL puhul määratud kontraktsioonifaasi kestuse ja poole lõõgastusaja näitajates ei toimunud olulisi muutusi kummaski grupis. Jõugradientide näitajatest saadi eksperimentaalgrupil oluline suurenemine pärast treeningut SKL kontraktsioonifaasi $RFD_{säär}$ näitajas ($p < 0,05$) võrreldes lähtetasemega. Kontrollgrupil aga olid RNL kontraktsioonifaasi jõugradiendi näitaja RFD_{reis} ning SKL lõõgastusfaasi jõugradiendi näitaja $RR_{säär}$ oluliselt vähenenud ($p < 0,05$) pärast treeningetappi võrreldes lähtetasemega. Teiste jõugradientide puhul jäid muutused statistiliselt mitteolulisteks, kuigi kontrollrühmal puhul võis nimetatud näitajate osas täheldada suuremat tendentsi languse suunas võrreldes eksperimentaalrühmaga.

4.2. Aeroobse töövõime näitajad

Aeroobse töövõime näitajate hindamisel leiti, et eksperimentaalgrupil toimus statistiliselt oluline langus ($p < 0,05$) maksimaalse O_2 tarbimise absoluutsetes ja suhtelistes näitajates. Samal ajal kontrollgrupi samade näitajate mõningane langus ei olnud aga statistiliselt oluline. Teiste aeroobse töövõime näitajate osas, nagu aeroobse ja anaeroobse läve saavutamise aeg, lävede puhused ja maksimaalsed südame löögisageduse väärtused, kummaski grupis olulisi nihkeid ei ilmnunud. Siiski saadi

eksperimentaalrühmal mõningane suurem lävede saavutamise aja vähenemine testil võrreldes kontrollgrupiga. Standardsel submaksimaalsel koormusel testi 12. minutil fikseeritud O₂ tarbimise näitaja langes eksperimentaalgrupil statistiliselt oluliselt ($p < 0,001$) ning hingamiskoefitsiendi (RQ) maksimaalne näitaja suurenes oluliselt ($p < 0,05$), kuid kontrollrühma vastavad näitajad jäid usaldusväärselt muutumatuks peale 8-nädalast treeningetappi. Testil samal ajal fikseeritud südame löögisageduse väärtused jäid aga oluliselt muutumatuks võrreldes lähtetasemega mõlemas grupis (Tabel 3.).

Tabel 3. Uuritavate aeroobse võimekuse näitajad enne ja pärast 8-nädalast jõutreeningu etappi ($X \pm SD$).

	EKSPERIMENTAALGRUPP		KONTROLLGRUPP	
	enne	pärast	enne	pärast
VO ₂ max (ml/min/kg)	66,4±3,96	63,8±3,34 *	66,6±4,49	65,3±4,38
VO ₂ max (l/min)	4,15±0,44	4,03±0,55 *	3,91±0,58	3,87±0,66
Testi aeg (s)	1297±118	1285±99	1327±66	1281±111
Aer. läve SLS (lööki/min)	165±6,5	163±10,3	162±5,1	160±7,2
Anaer. läve SLS (lööki/min)	187±6,2	183±11,5	180±5,2	181±6,0
Maks. SLS (lööki/min)	207,3±7,4	207,0±5,3	199,3±5,1	198,3±8,0
Aer. läve aeg testil (s)	557±70,0	536±100,7	631±31,1	622±67,9
Anaer. läve aeg testil (s)	867±99,1	803±113,4	929±68,1	925±82,3
Testi 12. min SLS (lööki/min)	179,6±8,2	179,6±10,4	171,3±5,7	169,2±10,0
Testi 12. min VO ₂ (ml/min)	41,8±3,4	35,7±4,3 ***	38,0±4,9	33,0±8,4
RQ	1,14±0,03	1,17±0,03 *	1,12±0,03	1,11±0,05
Imitatsioonijooksu aeg(s)	1006±144	992±146	910±62	890±53

* $p < 0,05$; *** $p < 0,001$ võrreldes treeningueelse seisundiga

Suusatajate spetsiifilise töövõime hindamiseks looduslikes tingimustes läbiviidud imitatsioonijooksu kontrolltest raskel maastikul näitas, et nii eksperimentaal- kui kontrollgrupil paranes mõningal määral spetsiaalne töövõime, kuigi nihked ei olnud statistiliselt usaldusväärsed. Seda näitab imitatsioonijooksu aegade väike nihe paranemise suunas, mis oli keskmiselt 14 s eksperimentaal- ja 20 s kontrollgrupi puhul.

5. ARUTELU

Kärsoleva uuringu eesmärgiks oli uurida jõu- ja vastupidavusomaduste seostatud arendamist ehk lihaste oksüdatsiooni- ja kontraktsiooniomaduste tasakaalustatud mõjustamist. Uuriti 8-nädalase aeglase liigutuste iseloomuga staatilis-dünaamilise jõutreeningu mõju noorsuusatajate SKL ja RNL jõu- ja kontraktilsetele omadustele ning aeroobsele võimekusele..

5.1. Lihaste jõu- ja kontraktsiooniomadused

Käesolevas uuringus saadi 8-nädalase jõutreeningu tulemusena oluline juurdekasv tahtelise isomeetrilise maksimaaljõu osas eksperimentaalrühmal nii SKL-l kui ka RNL-l (vastavalt 4,8 ja 5,6%), kuid kontrollrühma puhul saadi oluline suurenemine vaid RNL-l (2,5%) (joonis 3), mis on mõnevõrra madalam kui eksperimentaalrühma tulemus. Varasemates uuringutes on leitud, et väikese koormuse ja kiirusega jõuharjutused mõjutavad eelkõige aeglasi motoorseid ühikuid ning põhjustavad adaptatiivseid muutusi eelkõige aeglase lihaskiudude omadustes. Need muutused on eelduseks lihase mitokondriaalse mahtuvuse ja aeroobse võimekuse tõusule (Kraemer jt., 1988). Suure koormusega jõutreeninguga on vastupidavusala sportlastel saadud juurdekasv 15-34% maksimaalses tahtelises jõus (Hoff jt., 1999; Millet jt., 2002). Sellisel juhul aga mõjutati treeninguga nii kiireid kui ka aeglasi lihaskiude, mis võib viia lihase oksüdatiivse võimekuse langusele. Nn. *superslow-resistance* (ingl. k.) treeninguga sai Albertti jt. (2003) maksimaalse jõu juurdekasvu 8-16% 8-nädalase treeningu tulemusena. Mjakintshenko jt. (1999) said oma uuringus suurenemise maksimaaljõus ja aeroobse ning anaeroobse lävede südame löögisagedustes staatilis-dünaamiliste jõuharjutuste tulemusena ning nad väitsid, et kasutades sellist treeningmeetodit ei teki vastuolu lihase vastupidavuslike ja jõunäitajate vahel. Liow ja Hopkins (2003) leidsid oma uuringus, et aeglase liigutustega jõutreening oli efektiivsem aerutajate sprindivõimekusele kui plahvatusliku iseloomuga treening, kuigi maksimaalne jõud suurenes mõnevõrra rohkem plahvatusliku iseloomuga jõutreeningu tulemusena. Nad järeldasid, et aeglase iseloomuga jõutreening sobib just nendele spordialadele, kus jõu rakenduse faas on suhteliselt pikk ja koormus suur. Nii on ka murdmaasuusatamises käe- ja jalatõuke faasi kestus suhteliselt pikem võrreldes näiteks jooksu või aerutamisega.

Kuna jõutreening sportlikus ettevalmistuses peab andma juurdekasvu lihasjõus, siis käesolevas uuringus saadud tahtelise isomeetrilise jõu juurdekasv eksperimentaal- kui kontrollgrupil näitab treeningu positiivset toimet. Sääre kolmpealihase jõus saadi oluline jõu juurdekasv vaid eksperimentaalgrupil (5,6%) (831,1 N enne ja 877,8 N pärast treeningut). Saadud tulemused oli mõnevõrra madalamad, kui seda saadi teises uuringus 16-aastastel poistel – 1070 N, kuid suurem kui 11-aastastel poistel 700 N (Pääsuke jt. 1999), mis näitab et noorte murdmaasuusatajate sääre kolmpealihase maksimaalne jõud ei ole oluliselt erinev või jääb isegi mõnevõrra alla teiste sama vanade sportlaste tulemustele. Kontrollgrupi SKL maksimaaljõu usaldatava juurdekasvu puudumine võib olla põhjustatud ka asjaolust, et traditsiooniliselt ei pööra suusatajad väga suurt tähelepanu säärelihaste jõu spetsiaalsele arendamisele. Enamasti toimub see vastupidavusliku jõu arendamisena vastupidavustreeningute käigus raskel maastikul liikudes. Samas ei puudunud aga noorte treeningust ka mitmesugused hüppeharjutused, mis oleks pidanud positiivselt mõjuma ka maksimaalsele jõuvõimekusele, kuid arvata võib, et nende maht ei olnud piisav positiivse efekti saavutamiseks.

Käesolevas uuringus suurenes lestlihase H/M-vastuste maksimaalsete amplituudide suhe mitteoluliselt eksperimentaalrühmal (10,3%) ja langes kontrollrühmal (3,0%) pärast treeningu perioodi (joonis 3). Järelikult võib öelda, et kasutatud treeningumetoodika mõjutas rohkem aeglasi lihaskiude just eksperimentaalgrupil võrreldes kontrollgrupiga, kuna nimetatud suhe iseloomustab aeglaste lihaskiudude osakaalu kogu jõu rakenduses. Mitmetes varasemates uuringutes on leitud selle näitaja olulist suurenemist vastupidavustreeningu tulemusena (Perot jt., 1991; Maffioletti jt., 2001), kuigi Aagaard jt. (2002) ei täheldanud sellist muutust pärast jõutreeningut. H-refleks kutsutakse esile närvi submaksimaalse stimulatsiooniga, mis põhjustab eelkõige aeglaste mootorsete ühikute aktivatsiooni (Narodone, Schiepati 1988). Maksimaalne M-vastus kutsutakse esile närvi supramaksimaalse stimulatsiooniga, mis põhjustab kõikide lihaskiudude sünkroonse aktivatsiooni uuritavas lihases. H/M-vastuste amplituudide suhet saab kasutada ka motoneuronpuuli erutuvuse hindamiseks (Narodone, Schiepati, 1988; Jusic jt., 1995). Seega ei mõjutanud käesolevas uuringus sooritatud staatilis-dünaamiline treening oluliselt noorsuusatajatel sääre lestlihase motoneuronpuuli erutuvust. H/M väärtus suureneb samuti seoses vastupidavustreeninguga, mis näitab seost vastupidavuse ja võimekuse vahel rekruteerida suurt hulka Ia afferente vastuseks

elektriärritusele (Pero jt., 1991; Maffiuletti jt. 2001). Casabona jt. (1990) said oma uuringus samuti oluliselt väiksema H/M tulemuse plahvatusliku liigutuste iseloomuga spordialade (võrkpallurid, sprinterid) esindajatel võrreldes mittetreenituteaga. Kuna on leitud, et vastupidavustreening suurendab ja jõutreening alandab motoneuronite arvu, mida aktiveeritakse elektrostimulatsiooniga Ia afferentide kaudu, siis käesolevas uuringus saadud jõutreeningu tagajärjel toimunud maksimaalse isomeetrilise jõu ja ka H/M väärtuse mõningane suurenemine näitab vastupidavusala sportlastele positiivset muutust lihase siseselt ning vastava jõutreeningu kasutamise sobivust noortel murdmaasuusatajatel. Perot jt. (1991) leidsid oma uuringus samuti, et maksimaalne aeroobne töövõime ja H/M suhte muutus toimus samas suunas.

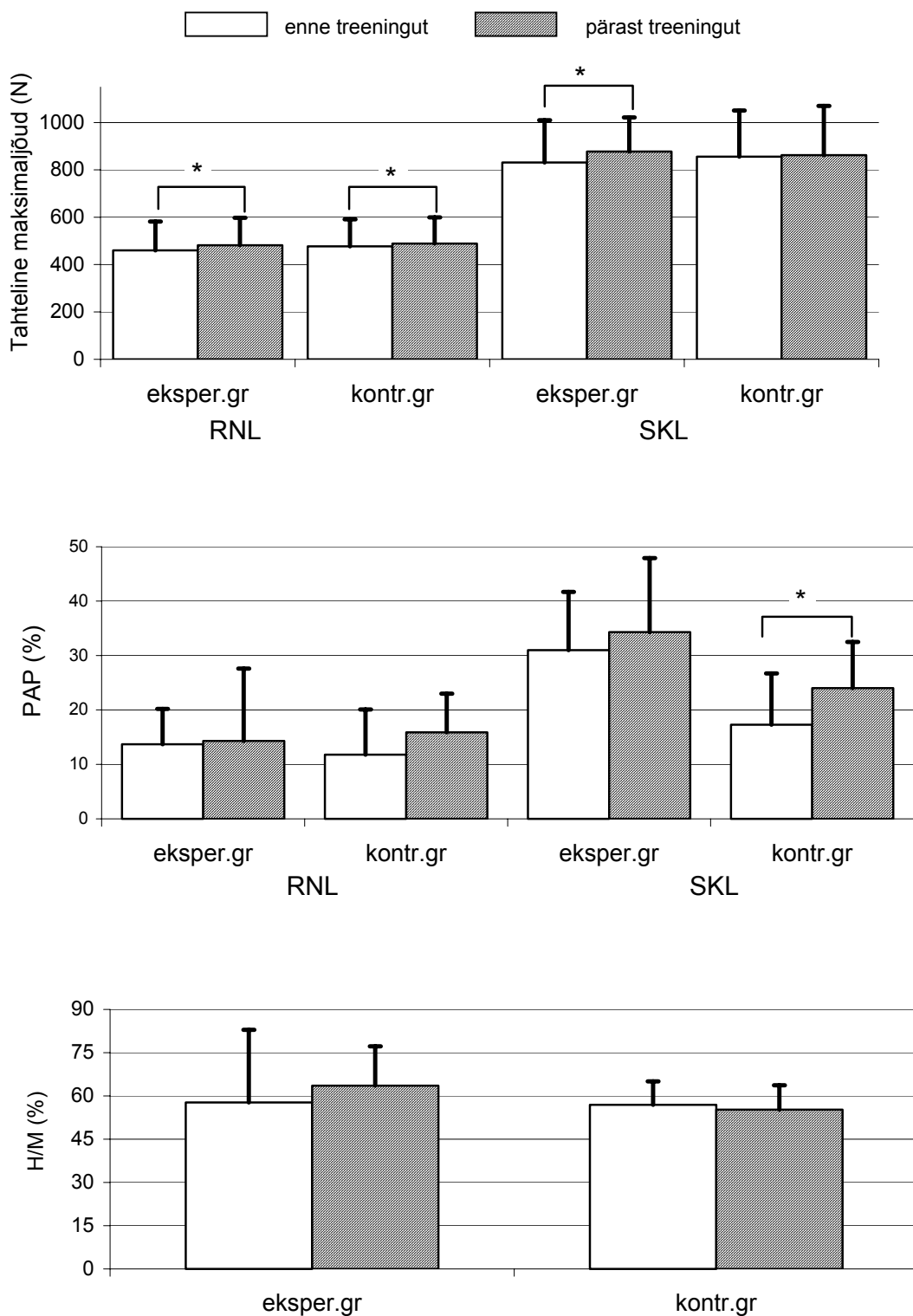
Antud uuringus ei saadud eksperimentaalrühmal olulist suurenemist üksikkontraktsiooni PAP väärtuses pärast treeninguetappi SKL-I ja RNL-I (vastavalt 0,6 ja 3,3%). Kontrollgrupi vastava näitaja muutus RNL-I ei olnud samuti statistiliselt oluline (4,1%), kuid SKL-I oli see näitaja oluliselt suurenenud pärast treeningut (6,7%) (joonis 1). Noorsuusatajatel oli sääre kolmpealihase PAP väärtus (17-34%) oluliselt madalam võrreldes väärtusega, mis on saadud ühes varasemas uuringus samaealistel poistel (42%) (Pääsuke jt., 2000). On leitud, et inimestel, kellel on suurem kiirete lihaskiudude protsent, on lühemad CT ja HRT ning ka suurem PAP näitajad (Vandervoort jt., 1983; O'Leary jt., 1997). SKL-I on varasemalt saadud suuremad PAP näitajad võimsusalade sportlastel, võrreldes vastupidavusalade esindajatega ja mittetreenitud inimestega, kusjuures viimaste tulemuste vahel ei ole leitud olulist erinevust (Pääsuke jt., 1999). Seega võib kontrollgrupi PAP tõus viidata kiirete lihaskiudude osatähtsuse tõusule lihasjõu näitajates ning eksperimentaalgrupi näitajate mitteoluline muutus näitab, et elektrostimulatsiooniga esile kutsutud kontraktsioonil ei suurenenud kiirete lihaskiudude osatähtsus lihase jõu rakenduses.

Kaheksanädalase staatilis-dünaamilise treeningu tulemusena ei leitud olulisi muutusi eksperimentaalrühma järgmistes isomeetrilise üksikkontraktsiooni ajalistes näitajates: PT, CT, HRT ja RR kummalgi lihasel. Oluliselt suurenes vaid sääre kolmpealihase jõugradiendi RFD näitaja pärast treeningut. Kontrollrühmal leiti aga sääre kolmpealihase RR ning reie nelipealihase RFD jõugradientide näitajate oluline langus ja elektrostimulatsiooniga esile kutsutud kontraktsioonijõu PT näitaja oluline langus pärast suusatajatele traditsiooniliselt treeningut üleminekuperioodil. Seega põhjustas 8-nädalane treeningetapp eksperimentaalrühmal elektriliselt esile kutsutud üksikkontraktsiooni ajalistes näitajates ainult mõningasi väikeseid muutusi. See on

kooskõlas Maffiuletti ja Martini (2001) saadud andmetega, kes samuti ei leidnud olulisi muutusi elektrilise üksikkontraktsiooni näitajates pärast progresseeruvat isomeetrilise vastupanuga treeningut. On leitud, et suhteliselt lühikese jõutreeningu tsükli korral on lihase jõu juurdekasv põhjustatud eelkõige närvisüsteemi kohastumisest treeninguga ilma olulise hüpertroofiata (neuraalsest adaptatsioonist) ja seda just vastupidavusalade sportlastel (Hickson jt., 1988). Tulemused näitavad, et võistlushooaja järgne ülesanne, säilitada ja parandada noorte suusatajate jõuvõimeid ülemineku perioodil, sai täidetud eksperimentaalgrupil, samal ajal kui kontrollgrupi sportlastel ilmnes lihase kontraktsiooni mõnedes ajalistes karakteristikutes olulised langused.

Kuna käesolevas uuringus lihase kontraktsiooniomaduste osas suuri muutusi ei saadud, siis tahtelise jõu suurenemine viitab just närvisüsteemi kohanemisele vastava treeninguga ilma olulise lihase hüpertroofiata seejuures (Hickson jt., 1988). See langeb kokku Maffiuletti ja Martin (2001) uuringu tulemustega, kus ei saadud samuti olulisi muutusi elektrilise kontraktsiooni näitajates progressiivse isomeetrilise jõutreeningu tulemusena. Kontraktsioonaja (CT) ja poole lõdgastusaja (HRT) näitajad on leitud lühemad ning jõugradientide ja PAP näitajad suuremad võimsuse ja kiirusalade sportlastel, võrreldes vastupidavusalade esindajatega (Vandervoort jt., 1983; O'Leary jt., 1997), kuna esimestel domineerivad enamasti kiired lihaskiud. Mida rohkem on lihases kiireid lihaskiude, seda kiiremini suudab lihas kontraheeruda ja seda suuremat pinget ta genereerib ajaühikus, s.t. seda suurem on jõugradient (Proosa jt., 2002). Skeletilihaste elektrostimulatsiooniga esile kutsutud kontraktsiooni karakteristikute uurimine võimaldab hinnata lihaste funktsionaalset seisundit sõltumatult kesknärvisüsteemist (Pääsuke jt., 2000).

Kuna antud treeningu tulemusena paranes nii jalalihaste maksimaalne jõud kui ka lihasesisene neuromuskulaarne koordinaatsioon, siis võib arvata, et ühesuunaline staatilis-dünaamiline jõutreening avaldab positiivset toimet ka treenitavate lihase plahvatuslikule jõule ja võimsusele. Sellise tulemuseni jõudis ka Selujanov (2001) oma uurimuses, kus leiti, et ka 800 m jooksjate ettevalmistuses on efektiivne kasutada nimetatud jõutreeningut, kuna ka sellel distantil on oluline maksimaalne hapnikutarbimine ja aeglase lihaskiudude jõuvõimed. Veelgi enam, on leitud, et aeglase lihaskiudude jõumadustel võib olla oluline roll isegi sprinteritele ning soovitatatakse seda arendada statodünaamilise jõutreeninguga (Turajev jt., 1999).



Joonis 3. Tahteline isomeetriline maksimaaljõud ja pingutuse järgne potentsierumine reie nelipea- (RNL) ja sääre kolmpealihasel (SKL) ning lestlihase H/M vastuste suhe eksperimentaal ning kontrollrühmal enne ja pärast treeningperioodi. * $p < 0,05$

5.2. Aeroobne töövõime

Eksperimentaalgrupil toimus pärast 8-nädalast jõu suunitlusega treeningu perioodi oluline langus maksimaalse hapnikutarbimise absoluutses ja suhtelises näitajas (2,9 ja 3,9% vastavalt) erinevalt kontrollrühmast, kus muutus ei olnud statistiliselt oluline (1,0 ja 2,0% vastavalt) (joonis 4). See võib viidata tehtud jõutreeningu mõningasele aeroobset vastupidavust vähendavale toimele. Samas on saadud samaealistel noorsuusatajal võistlushooaja järgne langus maksimaalse hapnikutarbimise näitajates isegi 5,6-9,8 ja 7,1-12,7% vastavalt absoluutse ja suhtelise VO₂max näitajates (Valk, 2003). Sega võib langus maksimaalses aeroobses võimekuses olla seotud treeningperioodile spetsiifilise muutusega. Funktsionaalsete võimete langust võistlusperioodi lõpuks on leidnud mitmed uuringud (Rusko, Rahkila 1981; Kantola, Rusko 1984; Rusko, 2003; Valk, 2003). Suhteliselt stabiilseid VO₂max näite treeningu makrotsükliks on saadud kõrge kvalifikatsiooniga sportlaste testimisel ning suurem kõikumine esineb noortel ja madalama tasemega sportlastel (Viru, 1990). Kantola jt. (1984) andmetel muutub suusataja VO₂max treeningaasta siseselt 8%. Käesolevas uuringus oli oluliselt langenud ka uuritavate noorte treeningu aeroobse töö maht, mis võib olla samuti üks põhjus maksimaalse aeroobse võimekuse langusele. Selle taustal on aga üllatav, et laboris sooritatud tõusva koormusega suutlikkuseni testi kestus jäi statistiliselt oluliselt muutumatuks mõlemal grupil. Noorsportlastele on iseloomulik, et peale ulatuslikke organismi energiaga kindlustavate anaeroobsete protsesside sisselülitumist, ei suuda nad enam oluliselt kauem töötada suurematel kiirustel ja sellega tõsta oma VO₂max-i, mille peamiseks limiteerivaks faktoriks on perifeerne lihasväsimus ning seda oluliselt enam kui südame-hingamissüsteem. Siin on nähtavasti olulisemaks põhjuseks suhteliselt madal lihassüsteemi võimekus (Noakes, 1988). Kuna aga käesolevas uuringus maksimaalne testi kestus ei vähenenud, siis langenud VO₂max foonil kompenseeriti see tõenäoliselt parema lihasvastupidavuse arvelt.

Seetõttu ei tohiks noorsuusatajate üleminekuperiood olla ülemäära pikk ega liiga väikse koormusega, et nende funktsionaalsed näitajad ei langeks liiga madalale, kuna saavutatud taset on lihtsam säilitada, kui oluliselt langenud taset endisele tasemele tõsta. Samas on aga taastava eesmärgiga üleminekuperiood vajalik, sest uuritavatel oli vahemikus detsember kuni märts 18-25 võistlust ning nende

treeningmaht - 350-400 tundi eeldab treeningu planeerimisel juba mõningast lainelisust. Noorte puhul ei tähenda see aga passiivset puhkust, vaid madala intensiivsusega mitmekülgsete treeningvahendite kasutamist aprillis ja mais, milles väga oluline koht on jõutreeningul.

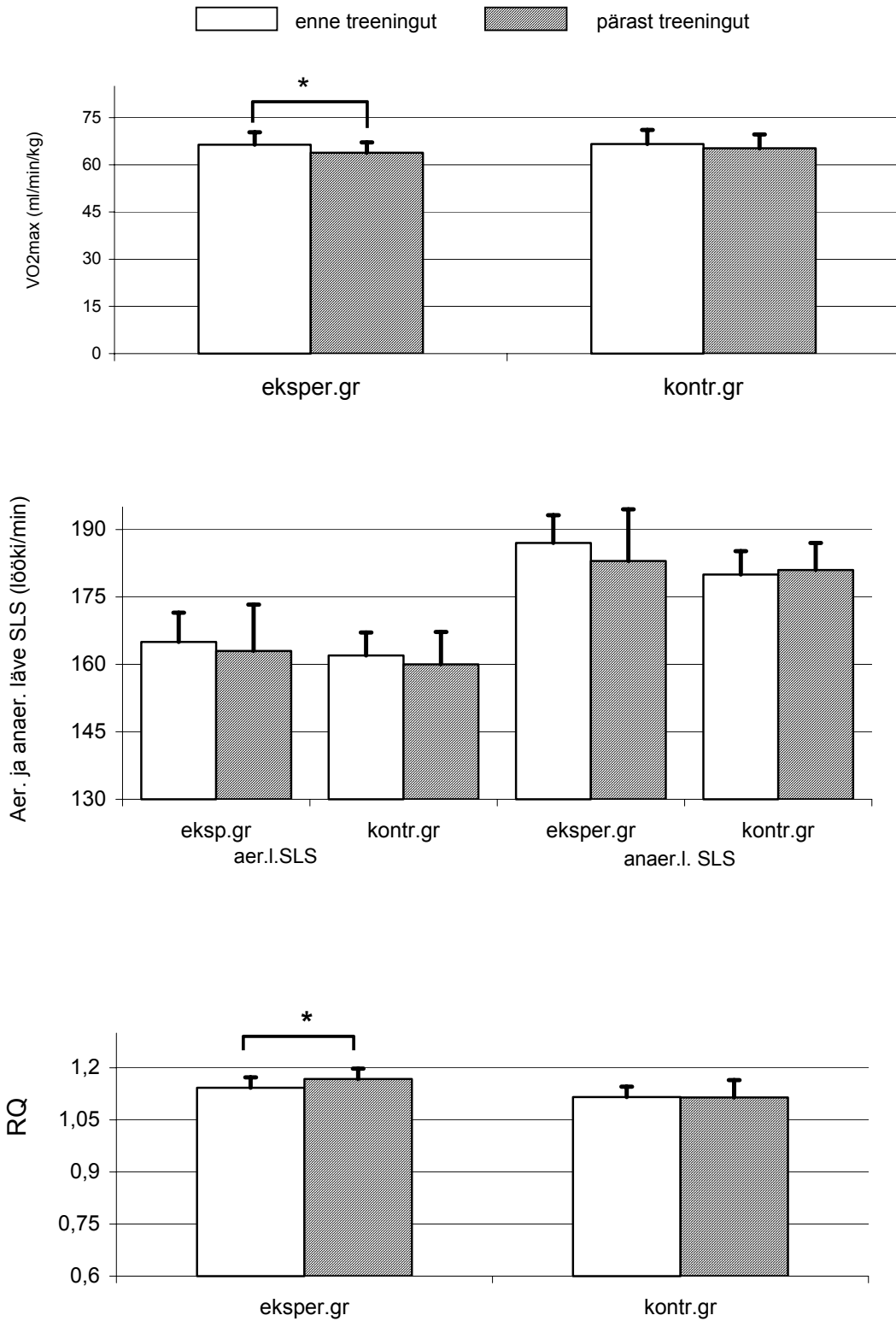
Maksimaalset hapnikutarbimist loetakse olulisemaks integraalseks näitajaks aeroobses töövõimes ja see on kõige sagedasem parameeter, mis võetakse vaatluse alla suusatajatega tehtavates füsioloogilistes uuringutes. Käesolevas uuringus oli vaatlusaluste keskmine $VO_2\max$ tase enne jõutreeningut 66,4 ja 66,6 ning pärast 63,8 ja 65,3 ml/kg/min, vastavalt eksperimentaal- ja kontrollrühmal, mis küllaltki täpselt langeb kokku sama vanade murdmaasuustajate üleminekuperioodi näitajatega ühes varasemas uuringus (Valk, 2003). Eesti suusakoondise peatreeneri M. Alaveri hinnangul peaks noorsuusataja $VO_2\max$ ulatuma võistlushooajal vahemikku 60-65 ml/kg/min (Alaver, 1994). Käesolevas uuringus jäid noorte näitajad selle ülemise piiri lähedale. Enne treeningprogrammi ületasid nelja ja pärast treeningut kahe vaatlusaluse näitajad 70 ml/kg/min piiri, mida loetakse noorte hulgas heaks tulemuseks. 65-70 ml/kg/min on Vuorimaa jt. (1990) hindamise kriteeriumite järgi noorsuusatajatel keskmine tulemus. Talendikateks võib lugeda poisse, kelle näitaja ületab 74 ml/kg/min piiri (Bunch jt., 1997), millise ületas vaid ühe poisi näitaja esimesel testimisel. Samas võib loota, et ettevalmistaval ja võistlusperioodil suudavad uuritavad näidata olulisemalt kõrgemaid $VO_2\max$ näitajaid seoses aeroobse treeningkoormuse tunduva suurenemise ja paranenud lihaste jõu potentsiaaliga. Maksimaalse hapnikutarbimise absoluutsed näitajad sõltuvad oluliselt ka sportlase keha mõõtmetest, mistõttu see suureneb seoses kasvamisega. Larsson jt. (2002) soovivad meesmurdmaasuustajate võistlustulemuste ennustamisel kasutada just $VO_2\max$ absoluutseid näitajaid. Käesolevas uuringus saadud nimetatud keskmised näitajad olid eksperimentaalrühmal 4,15 ja 4,03 ning kontrollrühmal 3,91 ja 3,87 l/min, vastavalt enne ja pärast treeningprogrammi, mis on võrreldavad teistes uuringutes saadud andmetega, kus on saadud 14-15 aastastel suusatajatel vastav näit 3,9 l/min (Valk, 2003) ja 15-aastastel noorsuusatajatel 4,4 l/min (Tummavuori, 2000), kusjuures viimane näitaja ei ole saadud üleminekuperioodil, mil vastavad näitajad on tavaliselt treeningaasta madalaimad. Maksimaalse hapnikutarbimise tase ja areng lastel on määratud aeroobse töövõimega, mille tagab treeningute alustamise vanus, intensiivsus, kestus ja sagedus.

Hingamiskoefitsendi RQ maksimaalne näitaja suurenes oluliselt eksperimentaalgrupil, kuid jäi muutumatuks kontrollgrupil (joonis 4), mis võib viidata sellele, et esimesed jõudsid töö aega testil pikendada anaeroobse energiatootmise arvelt. Samal ajal sai Valk (2003) noorsuusatajatel maksimaalse RQ tulemuse olulise languse pärast võistlushooaega. See näitab, et staatilis-dünaamiline jõutreening mõjutas soodsalt ka anaeroobsete energiaprotsesside mobilisatsioonile, kuigi otseseks treeningu eesmärgiks see sellel treeningu etapil ei olnud.

Submaksimaalsel testkoormusel laboris oli oluliselt langenud O₂ tarbimise näitaja eksperimentaalrühmal (14,6%), erinevalt kontrollrühmast, kus langus ei olnud statistiliselt oluline (13,2%). See viitab eksperimentaalrühma ökonoomsuse tõusule, sest antud submaksimaalsel testkoormusel vajab sportlase organism vähem hapnikku. Morgan ja Craib (1992) on leidnud kõrgema tasemega sportlastel väiksemad submaksimaalse hapnikutarbimise tulemused võrreldes madalama tasemega sportlastega. Südame löögisagedus samal koormusel jäi aga oluliselt muutumatuks mõlemas grupis. Miakinchenko jt. (1999) said erinevalt, aga oma uuringus olulise südame löögisageduse languse submaksimaalsel koormusel täiskasvanute grupil, kes tegi kombineeritult aeroobset treeningut ja staatilis-dünaamilist jõutreeningut, mis võib viidata noorte ja täiskasvanute organismi mõningasele erinevale reaktsioonile staatilis-dünaamilisele jõutreeninguga kohanemisel. Käesoleva uuringuga sarnaselt on saadud teises töös samasugune tulemus, kus noortel murdmaasuusatajatel ei saadud olulist muutust anaeroobse läve südame löögisageduse ega selle saabumise aja näitajas tõusva koormusega testil võistlusperioodi ja üleminekuperioodi võrdlemisel (Valk, 2003). Submaksimaalsel koormusel südame löögisageduse alanemine näitab treeningu positiivset mõju organismile. Anaeroobse läve kiiruse muutumise põhjal saab hinnata, kas jõutreening on olnud ülemäärane ning selle mõju vastupidavuslikule võimekusele. See on ka funktsionaalse ökonoomsuse ja laktaadi eemaldamise mehhanismide võimsuse näitaja. Käesolevas uuringus ei saadud usaldusväärset muutust anaeroobse ega aeroobse lävede südame löögisageduse näitajates. On teada, et sportlase lihaskiudude transformatsioon aeglase kiudude suunas treeningu tulemusena võib viia anaeroobse läve tõusule. Võistlustingimustes peab suusataja olema võimeline sõitma pikka aega kõrge protsendiga oma VO₂max-st ehk anaeroobne lävi peaks olema võimalikult kõrgel tasemel maksimaalsest aeroobsest võimsusest. Hapnikutranspordisüsteem töötab suusavõistlustel harva alla 90% maksimaalsest. Lävede saabumise aja näitajates ilmnes eksperimentaalrühmal

mõningane tendents langusele, mis näitab, et aeroobse energiatootmise mehhanismi osatähtsus oli veidi langenud. Kuna kontsentreeritud jõusuunitlusega treeningut ning suuremahulist vastupidavustreeningut ei ole otstarbekas samaaegselt kasutada, mida ka antud uuringus ei tehtud, siis on põhjust arvata, et ettevalmistaval perioodil paranevad ka uuritavate aeroobse töövõime näitajad. Selleks annab alust jõutreeningperioodi eesmärgi täitmine, et säilitada aeroobne töövõime ja parandada lihasjõudu. Ka ökonoomsuse tõstmisele avaldab positiivselt mõju spordialale spetsiifiliste lihaste jõuomaduste parandamine.

Erialase kontrolltestina looduslikes tingimustes murdmaastikul läbiviidud imitatsioonijooksu tulemus küll paranes mitteoluliselt mõlemas grupis, mis näitab head erialase aeroobse töövõime säilitamist noorsportlastel võistlushooaja järgselt. Loomulikes tingimustes läbiviidud imitatsioonijooksu ja laboris suutlikkuseni sooritatud testi aegade näitajad on mõlemad kasutatavad noorte murdmaasuusatajate töövõime hindamisel.



Joonis 4. Maksimaalse hapnikutarbimise, aeroobse ja anaeroobse läve SLS-e ning hingamiskoefitsendi RQ näitajad eksperimentaal- ja kontrollgrupil enne ja pärast treeningperioodi. * $p < 0,05$

5.3. Kokkuvõte

Uuringu tulemustest selgus, et noorte murdmaasuusatajate jõu- ja vastupidavusomaduste dünaamika kasutatud staatilis-dünaamiliste jõuharjutuste kasutamise etapi toimetel vastab igati nendele nõuetele, mis seisavad üleminekuperioodi ja ettevalmistava perioodi esimese poole ees. Soodsad nihked lihasjõu näitajates ja eelkõige aeglase lihaskiudude mõjutamise osas, loovad head eeldused vastupidavusomaduste järgneva efektiivsemaks arendamiseks. Staatilis-dünaamilised jõuharjutused on üheks alternatiivseks ja vaheldust pakkuvaks treeninguvahendiks murdmaasuusataja aastase treeningu vahendite arsenalis.

Kokkuvõttes näitas teostatud uuring, et 8-nädalane staatilis-dünaamiline jõutreening suurendas eksperimentaalgrupi noortel murdmaasuusatajatel alajäsemete sirutajalihaste maksimaalset tahtelist jõudu. Mõnevõrra suurem H/M-vastuste amplituudide suhe ja väiksem lihaste aktiivsuse järgne potentseerumine näitas aeglase lihaskiudude suuremat mõjutamist eksperimentaalgrupil võrreldes kontrollgrupiga. Staatilis-dünaamilise jõutreeningu etapi tulemusena toimus eksperimentaalgrupil aeroobse võimsuse statistiliselt oluline langus, kuid samas nähtus funktsionaalse ökonoomsuse ja anaeroobse töövõime mobiliseerimise usaldusväärne tõus. Nimetatud nihked on kooskõlas uuritud treeninguetapi spetsiifikkaga. Läbiviidud pedagoogiline eksperiment kinnitas staatilis-dünaamiliste jõuharjutuste kasutamise etapi sobivust noorte murdmaasuusatajate treeningus üleminekuperioodil ja ettevalmistava perioodi esimesel poolel.

6. JÄRELDUSED

1. Süstemaatiline staatilis-dünaamilise jõutreeningu etapp põhjustas eksperimentaalgrupi noorsuusatajatel suuremaid muutusi aeglaste lihaskiudude omadustes võrreldes dünaamilist jõutreeningut teinud kontrollrühmaga.
2. Kaheksanädalane staatilis-dünaamilise iseloomuga jõutreening suurendas noorsuusatajatel maksimaalset tahtelist jõudu, kuid ei põhjustanud olulisi muutusi lihaskontraktsiooni ajalistes karakteristikutes.
3. Üleminekuperioodil sooritatud 8-nädalane kontsentreeritud staatilis-dünaamilise jõutreeningu perioodi järgselt saadi langus noorsuusatajate maksimaalses aeroobses töövõimes.
4. Staatilis-dünaamilise jõutreeningu etapi järgselt toimus mõningane paranemine noorsuusatajate aeroobse töövõime ökonoomsuse näitajates, anaeroobses töövõimes ja looduslikes tingimustes sooritatud maksimaalse vastupidavuse testi tulemustes.
5. Aktsenteeritud staatilis-dünaamilise jõutreeningu etappi on sobilik kasutada noortel murdmaasuusatajatel uuritud kevadisel üleminekuperioodil või ettevalmistava perioodi algul.

**APPLICATION OF STATIC-DYNAMIC RESISTANCE EXERCISES IN
TRAINING OF YOUNG CROSS-COUNTRY SKIERS**

Allar Kivil

SUMMARY

The main purpose of the study was an evaluation of the effect of static-dynamic strength exercises on the contraction and oxydative properties of skeletal muscles in young cross-country skiers. 18 young (15-16-year-olds) cross-country skiers participated in the study. They were divided into 2 groups – experimental (n=9) and control group (n=9). Enhancement of the strength of slow-twitch muscle fibres were determined by H/M-response ratio and post-activity potentiation of the quadriceps femoris and plantaflexor muscles. Maximal O₂ uptake, aerobic and anaerobic thresholds and functional economy were determined with increasing loads work on treadmill. Study revealed an increase of maximal voluntary strength of the skiers of experimental group. Increased H/M-amplitudes ratio and smaller post-activation potentiation demonstrated better influence of static-dynamic exercises on strength properties of slow-twitch muscle fibres in experimental group skiers. Also statistically significant enhancement of the functional economy and mobilization of anaerobic energy production was established as well. These changes are in good accordance with specific tasks in the investigated training stage. Results of the 8-week pedagogical experiment showed that accented usage of static-dynamic strength exercises are appropriate in the beginning of the preparatory period of young cross-country skiers.

Kasutatud kirjandus:

1. Aagaard P., Simonsen E.B., Andersen J.L., Magnusson D., Dyhre-Paulsen P. Neural adaptation to resistance training: changes in evoked V-wave and H-reflex responses. *J Appl Physiol*, 2002, 92: 2309-2319.
2. Alaver M. Taliolümpiamängud Lillehammeris. Ettevalmistus, esinemine, perspektiivid. Tartu, 1994.
3. Alberti G., Pizzini G., Gadina G., La Torre A. Comparison between two resistance training regimes: superslow vs. traditional training. Proceedings of the 8th Congress of the ECSS, 2003, 61.
4. Almeida-Silveira M.I., Perot C., Goubel F. Neuromuscular adaptations in rats trained by muscle stretch-shortening. *Eur J Appl Physiol*, 72: 261-266, 1996.
5. Bakulin C.A. Dinamika maksimalnogo potreblenja kislороda na raznõh etapah trenirovki võsokokvalifitsirovannõh sportsmenov. XII Vsesojuznaja nautõnaja konf. Po Fiziologi, Morfologi, Biomehanike i Biohimi mõõsetsnoi dejatelnosti, 93-94, Lvov, 1972.
6. Belanger A.Y., McComas A.J. Contractile properties of human skeletal muscle in childhood and adolescence. *Eur J Appl Physiol*, 58: 563-567, 1989.
7. Bergh U. The influence of body mass in cross-country skiing. *Med Sci Sports Exerc*, 19: 324-331, 1987.
8. Bergh U., Forsberg A. Cross-country ski racing. In: *Endurance in Sport*, 570-581, 1992.
9. Bonen A. Lactate transporters (MCT proteins) in heart and skeletal muscles. *Med Sci Sports Exerc*, 2000, 32: 778-789.
10. Bosquet L., Leger L., Legros P. Methods to determine aerobic endurance. *Sports Med*, 38-64, 1984.
11. Bouchard C., Malina R. Genetic and olympic athletes. *Med Sports Sci*: 18, 28-38, 1984.
12. Brooks G.A., Brown M.A., Butz C.E., Sicurello J.P., Dubouchaud H. Cardiac and skeletal muscle mitochondria have a monocarboxylate transporter MCT1. *J Appl Physiol*, 1999, 87: 1713-1718.
13. Bunch V., Heller J., Krejci P. Physiological characteristics of top young czech cross-country skirrs of both sexes. *Science and Skiing*, 540-548, 1997.

14. Burke R.E. Motor units: anatomy, physiology, and functional organisation. *Handbook of physiology*, 2: 345-422, 1981.
15. Casabona A., Polizzi C.M., Perciavalle V. Differences in H-reflex between athletes trained for explosive contractions and non-trained subjects. *Eur J Appl Physiol*: 61, 26-32, 1990.
16. Dudley G.A., Tesch P.A., Fleck S.J., Kraemer W.J., Baechle T.R. Plasticity of human muscle with resistance training. *Anatomical record*, 4: 214, 1986.
17. Engelhardt V.A. Transformatsia energii v biologitšeskih sistemah. *Nauka i žisn*, 1969, 6: 36.
18. Gustin P.B., Costill D.L., Lawson D.L., Krzeminski K., McConell G.K. Accumulated oxygen deficit during supramaximal all-out and constant intensity exercise. *Med Sci Sports Exerc*, 1995, 27: 255-63.
19. Gollnick P.D., Matoba H. The muscle fiber composition of skeletal muscle as a predictor of athletic success. An overview. *Am J Sports Med*, 1984, 12: 212-217.
20. Gullstrand L. Swimming as an endurance sport. In *Endurance in Sport*, 531-541, 1992.
21. Hamada T., Sale D.G., MacDougall J.D., Tarnopolsky M.A. Postactivation potentiation, fiber type, and twitch contraction time in human knee extensor muscles. *J. Appl. Physiol.*, 2000, 88: 2131-2137.
22. Henneman E., Olson C.B. Relations between structure and function in the design of skeletal muscles. *J Neurophysiol*, 1965, 28: 81-98.
23. Hickson R.C., Dvoran B.A., Gorostiaga E.M., Kurowski T.T., Foster C. Potential for strength and endurance training to amplify endurance performance. *J Appl Physiol*, 1988, 65: 2285-2290.
24. Hill D.W. Energy system contribution in middle-distance running events. *J Sports Sci*, 1999, 17, 6: 477-483.
25. Hirvonen J., Aura O. Voimaa ja sen harjoittaminen. *Suomalainen valmennusoppi. Harjoittelu*. Helsinki, Urheilu Syke OY, 1989, pp. 220-276.
26. Hoff J., Helgerud J., Wisløff U. Maximal strength training improves work economy in trained female cross-country skiers. *Med Sci Sports Exerc*, 1999, 31: 870-877.
27. Hollmann W., Mader A. Limits of human performance capacity from a physiological viewpoint. *Leistungssport*, 30, 2000.

28. Holloszy J.O., Winder W.W. Induction of delta-aminolevulinic acid synthetase in muscle by exercise or thyroxine. *Am J Physiol*, 1979, 236: 180-183.
29. Häkkinen K., Komi P.V., Alen M. Effect of explosive type strength training on isometric force- and relaxation-time, electromyographic and muscle fibre characteristics of leg extensor muscles. *Acta Physiol Scand*, 125: 587-600, 1985.
30. Ingjer F. Development of maximal oxygen uptake in young elite cross-country skiers: a longitudinal study. *J Sports Sci*, 10: 49-63, 1992.
31. Ingjer F. Maximal oxygen uptake as a predictor of performance ability in women and men cross-country skiers. *Scand J of Med and Sci in Sports*, 1: 25-30, 1991.
32. Johnston R.E., Quinn T.J., Kertzer R., Vroman N.-B. Strength training in female distance runners – Impact on running economy. *J Strength Cond Res*, 11: 224-229, 1997.
33. Jusic A., Baraba R., Bogunovic A. H-reflex and F-wave potentials in leg and arm muscles. *Electromyogr Clin Neurophysiol*, 1995, 35: 471-478.
34. Kantola H., Rusko H. *Hiihto sydämen asiaksi*. Suomen hiihtovalmennus, Jyväskylä, 1984.
35. Komi P.V. Training of muscle strength and power: Interaction of neuromotoric, hypertrophic and mechanical factors. *Int J Sports Med*, 7: 10-15, 1986.
36. Konrad A., Selujanov V. *Issledovanie vliania silovoi trenirovki na aerobnõie vozmožnosti sportsmenov*. Tezisõ XII regionalnoi nautšno-praktitšeskoï konferentsii Pribaltiki po problemam sportivnoi trenirovki, Tallinn, 1988, 88-90.
37. Kraemer W.J., Deschenes M.R., Fleck S.J. Physiological adaptations to resistance exercise implications for athletic conditioning. *Sports Med*, 1988, 6: 246-256.
38. Kunz H., Unold E. *Ziegelgerichtetes Krafttraining: Bergiffe, Methoden, Trainingsmittel*. Magglingen, 1986.
39. Kyroläinen H., Komi P.V. Stretch Reflex Responses Following Mechanical Stimulation in Power- and Endurance-trained Athletes. *Int J Sports Med*, 15: 290-294, 1994.
40. Larsson P., Olofsson P., Jakobsson E., Burlin L., Henriksson Larsen K. Physiological predictors of performance in cross-country skiing from treadmill tests in male and female subjects. *Scand Journal of Med and Sci in Sports*: 12, 347-353, 2002.
41. Liow D.K., Hopkins W.G. Velocity Specificity of Weight Training for Kayak Sprint Performance. *Med Sci Sports Exerc*, 2003, 35, 7: 1232-1237.

42. Maffiuletti N.A., Martin A.A. Progressive versus rapid rate of contraction during 7-wk of isometric resistance training. *Med Sci Sports Exerc*, 2001 33: 1220-1227.
43. Maffiuletti N.A., Martin A.A., Babault A.N., Pesini N.M., Lucas M.B., Schieppati B.M. Electrical and mechanical Hmax-to Mmax ratio in power- and endurance-trained athletes. *J Appl Physiol*, 90: 3-9, 2001.
44. Matsin T., Alaver M. Jõu ja vastupidavuse seosed suusatamise treeningu ideoloogias. *Sportpedagoogika instituudi teadus- ja õppemetoodiliste tööde kogumik* 7, 1999, lk. 87-89.
45. Matsin T., Pihl E., Karelson K., Zilmer M. Kehalise töövõime näitajad ja kohanemisreaktsioonid tugeval aeroobsel pingutusel. *Konverents: Teadus, sport ja meditsiin*, 54-56, Tartu, 2000.
46. Medbo J., Tabata I. Relative importance of aerobic and anaerobic energy release during short-lasting exhausting bicycle exercise. *J Appl Physiol*, 1989, 67: 1881-1886.
47. Medbo J., Mohn A.C., Tabata I., Bahr R., Vaage O., Sejersted O.M. Anaerobic capacity determined by maximal accumulated O₂ deficit. *J Appl Physiol*, 1988, 64: 50-60.
48. Millet G.Y., Lepers R., Maffiuletti N.A., Babault N., Martin V., Lattier G. Alterations of neuromuscular function after an ultramarathon. *J Appl Physiol*, 2002, 92: 486-492.
49. Mjakintshenko E., Kholodniak D., Obukhov S., Selujanov V. Change of aerobic and anaerobic thresholds as a result of combination of aerobic and strength training. *Abstracts of the 4th Annual Congress of the European College of Sport Science*. 1999, p. 598.
50. Mjakintshenko E.B., Tšesnokov N.N., Kvatš J.V., Murzin E. Printsipõ podgotovki junõh begunov. II. Võbor sredstv i metodov, organizatsia mikrotsiklov. *Nautšnõi Atletitšeskii Vestnik*, 2000, 2: 51-55.
51. Morgan D.W., Craib M. Physiological aspects of running economy. *Med Sci Sport Exerc*, 1992, 24: 456.
52. Narodone A., Schieppati M. Shift to activity from slow to fast muscle during voluntary lengthening contractions of the triceps surae muscles in humans. *J Physiol*, 1988, 395: 363-381.
53. Noakes T. Implications of exercise testig for prediction of athletic performance: a contemporary perspective. *Med Sci Sport Exerc*, 1988, 20: 319-330.

54. Noakes T. Physiological models to understand exercise fatigue and adaptations that predict or enhance athletic performance. *Scand J Med Sci Sports*, 2000, 10: 123-145.
55. Noakes T., Myburgh K.H., Schall R.J. Peak treadmill running velocity during the VO₂max test predicts running performance. *Sport Sci*: 8, 35-45, 1990.
56. Nurmekivi A., Lemberg H. On the harmonious developing of middle-distance runner's muscles oxydative and contractile properties during the preparatory period. *Coaching Sport Sci J*, 1997, 2, 4: 21-27.
57. Nurmekivi A. Vastupidavustreeningu energeetilised ja adaptatiivsed aspektid. Kaasaegse vastupidavustreeningu põhialused ja arengusuunad, Olympic Solidarity rahvusvaheline seminar, Tartu, 2001.
58. Nurmekivi A., Lemberg H. 1500 m jooksu võistlustulemuse seosest funktsionaalse võimsuse ja ökonoomsuse näitajatega. Treeninguõpetuse instituudi teadus- ja õppemetoodiliste tööde kogumik III, Tartu, 1995.
59. Nurmekivi A., Lemberg H. Local Muscular Endurance in Middle Distance Running. *Modern Athlete and Coach*, 30: 4, 1992.
60. O'Leary D.D., Hope K., Sale G. Posttetanic potentiation of human dorsiflexors. *J Appl Physiol*, 1997, 83: 2131-2138.
61. Paavolainen L., Häkkinen K., Härmäläinen I., Nummela A., Rusko H. Explosive strength training improves 5-km running time by improving running economy and muscle power. *J Appl Physiol*, 1991, 86: 1527-1533.
62. Pampus B., Lehnertz K., Martin D. Die Wirkung unterschiedlicher Belastungsintensitäten auf die Entwicklung von Maximalkraft und Kraftausdauer. *Leistungssport*, 1989, 4: 5-10.
63. Pampus B., Lehnertz K., Martin D. The Effect of Different Load Intensities on the Development of Maximal Strength and Strength endurance. *Leistungssport*, 19: 20-25, 1989.
64. Perot C., Goubel F., Mora I. Quantification of T- and H-responses before and after period of endurance training. *Eur J Appl Physiol*, 1991, 63: 368-375.
65. Petrella R.J., Cunningham D.A., Vandervoort A.A., Paterson D.H. Comparison of twitch potentiation in the gastrocnemius of young and elderly men. *Eur J Appl Physiol*, 58: 395-399, 1989.

66. Proosa M., Ereline J., Gapeyeva H., Pääsuke M. Reie nelipealihase kontraktiilsed omadused erinevas vanuses kehaliselt aktiivsetel naistel. Konverents: teadus, sport ja meditsiin, Tartu, 2002.
67. Puhke R., Alev K., Aunola S., Rusko H. Sportlase lihaskiudude kompositsioon-eelduste ning treeningu tulemus, Konverents: Teadus, sport ja meditsiin, Tartu, 2000.
68. Pääsuke M., Ereline J., Gapejeva, J. Twitch contraction properties of plantar flexor muscles in pre- and post-pubertal boys and men. *Eur J Appl Physiol*, 2000, 82: 459-464.
69. Pääsuke M., Ereline J., Gapeyeva H. Twitch contractile properties of plantar flexor muscles in power and endurance trained athletes. *Eur J Appl Physiol*, 1999, 80: 448-451.
70. Pääsuke M., Ereline J., Gapejeva J. Lihase isomeetrilise ja isokineetilise jõu ning hüppevõime näitajad Eesti kahevõistlejail. *Spordipedagoogika instituudi teadus- ja õppemetoodiliste tööde kogumik*, 161-175, Tartu, 1999.
71. Pääsuke M., Ereline J., Gapejeva J. Sääre kolmpealihase kontraktsiooniomadused per- ja postpuberteedialistel poistel ning meestel. *Spordipedagoogika instituudi teadus- ja õppemetoodiliste tööde kogumik*, 177-188, Tartu, 1999.
72. Pääsuke M., Ereline J., Gapejeva J., Sirkel S., Sander P. Sääre kolmpealihase kontraktiilsed omadused noortel, kesk- ja vanemaealistel naistel. Konverents: Teadus, Sport ja Meditsiin, Tartu, 2000.
73. Pääsuke M., Ereline J., Gapeyeva H. Comparison of twitch contractile properties of plantarflexor muscles in young and middle-aged men. *Acta Kinesiol Univ Tartu*, 4: 161-170, 1999.
74. Pääsuke M., Ereline J., Gapeyeva H. Twitch potentiation capacity of plantarflexor muscles in endurance and power athletes. *Biol of Sport*, 15: 171-178, 1998.
75. Reiss M. Development of Strength Endurance capacities through Effective Strength Endurance Training. *Leistungssport*, 1996, 26: 5.
76. Rice C.L., Cunningham D.A., Paterson D.H., Dickinson J.R. Strength training alters contractile properties of the triceps brachii in men aged 65-78 years. *Eur J Appl Physiol*, 66: 275-280, 1993.
77. Rusko H. Effect of training on aerobic power characteristics of young cross country skiers. *J Sports Sci*, 1987, 5: 273-286.

78. Rusko H., Rahkila P. Effect of increased intensity of training maximum oxygen uptake and muscular performance of young female cross-country skiers. *Med Sport*, 1981, 14: 187-194.
79. Rusko H. Cross Country Skiing. *Handbook of Sports Medicine and Science*. Blackwell Science Ltd., 2003.
80. Rusko H. Development of aerobic power in relation to age and training in cross-country skiers. *Med Sci Sport Exerc*, 24: 1040-1047, 1992.
81. Rusko H. Testing of Power for Endurance Performance. *Proceedings of the 5th Annual Congress of the Eur. College of Sport Sci.*, 90, Jyväskylä, 2000.
82. Rusko H., Havu M., Karvinen E. Aerobic performance capacity in athletes. *Eur J Appl Physiol*, 44: 17-23, 1978.
83. Rusko H., Rahkila P. Effects of training on aerobic capacity of female athletes differing in muscle fibre composition. *Sports Sci*, 1: 185-194, 1983.
84. Sale D.G. Neural adaptation to resistance training. *Med Sci Sports Exerc*, 20: 135-145, 1988.
85. Saltin B. The physiology of competitive c.c. skiing across a four decade perspective; with a note on training included adaptations and role of training at medium altitude. *Skiing and science*, 435-469, 1997.
86. Saltin B., Gollnick P.D. Skeletal muscle adaptability: significance for metabolism and performance. In. *Handbook of Physiology*, 555-631, 1983.
87. Secher N.H. Rowing. In. *Endurance in Sport*, 563-569, 1992.
88. Seene T., Kaasik P., Alev K., Pehme A., Riso E.M. Mahu paradigma vastupidavustreeningus. *Konverents: Teadus, sport ja meditsiin, tartu*, 2002, 128.
89. Selujanov V. Medlennõje ili bõstrõje? *Legkaja atletika*: 3, 30-31, 2001.
90. Spencer M.R., Gatin P.B., Payne W.R. Energy system contribution during 400 to 1500 metres running. *New Studies in Athletics*, 1996, 11: 59-65.
91. Suslov F. How much strength is needed in endurance events? *A collection of Sports Science Translations V*, Adelaide, Hyde Park Press, 1996, 77-80.
92. Zatsiorski V. *Science and Practice of Strength Training*. Champaign, Ill., Human Kinetics, 1995.
93. Thorstensson A., Hulten B., Doblén W., Karlsson J. Effect of strength training of enzyme activities and fibre characteristics in human skeletal muscle. *Acta Physiol Scand*, 96: 392-398, 1976.

94. Tihanyi J. Lihaskiudude ja selle treening sõltuvalt rakendatavate lihaskiudude tüübist. Olümpiatreenerite, arstide ja sportlaste seminar: "Lihaskiudude ja selle treening ja testimine", Tartu, 1997, 4-12.
95. Tummavuori M., Rusko H. Do muscle fibre and endurance training influence the development of heart size and maximal oxygen uptake? Proceedings of the 5th Annual Congress of the European College of Sport Science: 753, Jyväskylä, 2000.
96. Turajev V., Selujanov V. Vklad medlennõh mõõsetsnõh volokn v moštност, razvivajemuju sprinterom v bege s maksimalnoi skorostju. Nautšnõi atletitšeskii vestnik: 1, 7-13, 1999.
97. Valk H. Noorsuusatajate aeroobse töövõime dünaamika mitmeaastase treeningperioodi jooksul. Magistritöö TÜ, Spordibioloogia ja füsioloogia instituut, Tartu, 2003.
98. Vandervoort A., McComas A. A comparison of the contractile properties of the human gastrocnemius and soleus muscles. Eur J Appl Physiol, 1983, 51: 435-440.
99. Vandervoort A., McComas A. Contractile changes in opposing muscles of the human ankle joint with aging. J Appl Physiol, 1986, 61: 361-367.
100. Welde B., Vikander N.O. Effect of training on dry land and on snow: training intensity and aerobic power of male junior cross country skiers. Acta Kinesiol Univ Tartuensis, Tartu, 2000, 5: 44-66.
101. Verhoshanski J.V. Osnovõ spetsialnoi fizitšeskoj podgotovki sportsmenov. Moskva, FIS, 1988.
102. Verhoshanski J. spetsiaalse jõuettevalmistuse meetoodika. Tartu, 1993.
103. Viru A. Sportlik saavutusvõime. Tartu, 1990.
104. Viru A. Sportlik treening. Tln., Eesti Raamat, 1988.
105. Vuorimaa T., Hakkinen K., Mero A. Lasten ja nuorten harjoittelu. Jyväskylä, 1990.
106. Vuorimaa T., Seppänen L. Kestävyydsuoksuvalmennus. Helsinki, 1986.