

TARTU ÜLIKOOL  
Kehakultuuriteaduskond  
Spordipedagoogika ja treeningõpetuse instituut

Ott Riisenberg

Maksimaal- ja lihasvastupidavustreeningu mõju vananeva organismi  
jõuvõimetele ja kehakaalule loommudeli näitel

**Magistritöö**

Kehalise kasvatuse ja spordi õppekava

Juhendaja: PhD A. Pehme

Tartu 2014

## Sisukord

SISSEJUHATUS.....	3
I KIRJANDUSE ÜLEVAADE .....	4
1.1 Treeningu mõju organismile.....	4
1.2 Maksimaaljõu treeningu mõju skeletilihastele .....	5
1.3 Vastupidavusjõu treeningu mõju skeletilihastele .....	6
1.4 Ülepingutus .....	7
1.5 Hüpertroofia.....	8
1.6 Treeningu mudelid.....	9
1.7 Jõuvõimed vananeval organismil.....	10
1.8 Töövõime .....	10
1.9 Väsimus kehalisel tööl.....	11
II TÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED .....	12
2.1 Töö eesmärk.....	12
2.2 Töös püstitatud ülesanded.....	12
III TÖÖ METOODIKA .....	13
IV TÖÖ TULEMUSED .....	19
V ARUTELU .....	29
VI JÄRELDUSED .....	32
VII KASUTATUD KIRJANDUS.....	33
VIII SUMMARY .....	37
LISAD.....	38

## SISSEJUHATUS

Maksimaal- ja lihasvastupidavusjõu treeningutel on oluline osa kehalises ettevalmistuses ja lihaste toonuses hoidmisel. Maksimaaljõu treening hõlmab tööd kõrge intensiivsusega. Lihasvastupidavustreeningus sooritatav konkreetne harjutus on madalama intensiivsuse ja võimsusega, kuid korduste ning seeriade arv on võrreldes maksimaaljõu treeninguga suurem. Korduste arvu rohkus tähendab suurt tehtava töö mahtu, mille treenimisel ja arendamisel suudab organism sooritada vastavat liigutust palju kordusi järjest. Maksimaaljõu treeningu tulemusena kohaneb organism suurima maksimaalse jõu rakendamisele teatud liigutuslikus tegevuses, kuid on võimeline sooritama oluliselt vähem kordusi, võrreldes lihasvastupidavusjõu treeningu tulemiga.

Kuna maailmas on väga levinud erinevate spordialade harrastamine erinevas vanuses inimeste poolt, aitab läbiviidav uuring mõista üldkehalise ettevalmistuse- ja taastumise üldisi seaduspärasusi vananevas organismis ning neid teadlikult rakendada treeneritöös. Näiteks sportmängud on tempokad ja dünaamilised spordialad, mis nõuavad mängijalt arenenud liigutusoskusi, jõumadusi, kiiret kohanemist erinevate olukordadega ja painduvust (Aydos *et al.* 2012). Sportmängualadest on näiteks võrkpallis oluline arvestada üldkehalises ettevalmistuses mängule iseloomulikult sarnaste liigutuste korduva sooritamisega. Võistlusmängul tuleb tippründajatel sooritada ainuüksi ründelööki 40-50 korda, sellele lisanduvad blokihüpped ja kaitsemäng.

Vananevate organismide treenimisel on oluliselt tähtis teada protsessidest, mis skeletilihastes vananemisel aset leiavad. Skeletilihastes toimub vananemisel lihasmassi vähenemine, millega kaasneb madalam jõugenererimise võime. Kuigi lihase müofibrillide degeneratsioon on peamisi faktoreid, mis seostub muutustega jõu näitajates, toimuvad vananemisel muutused näiteks ka ATP-aasi aktiivsuses ja lihase ainevahetuses. Uuringud on näidanud, et vananemisel toimub skeletilihaste jõu genereerimise võimes 13-20 %-line langus (Zhang *et al.* 2014).

Käesolevas uuringus käsitletakse ka taastumist, mis on mõjutatud pingutuse mahust ja intensiivsusest. Taastumise käigus toimuvate protsesside tulemusena toimub organismi kohanemine olukorrale ning muutub võime teha vastavamahulist tööd.

# I KIRJANDUSE ÜLEVAADE

## 1.1 Treeningu mõju organismile

Kehalise ja liigutusliku võimekuse paranemine on ühed peamised komponendid, mille läbi paraneb organismi treeningharjutuse sooritus (Nešic *et al.* 2013). Lisaks soorituse täiustumisele suureneb treeningharjutuste tagajärjel jõugenerereerimise võime ning vastavalt treeningu iseloomule toimuvad muutused luu- ja lihasmassis (Chen *et al.* 2011).

Treeningu mõju organismile on väga erinev, mõju olemus sõltub treeningu iseloomust. On mitmeid erinevaid meetodeid, kuidas treeninguga organismi kohandada, kuid intensiivsusest ja mahust sõltuvalt toimub kas maksimaaljõu või lihasvastupidavuse arendamine. Harjutuse mõju ulatus organismile sõltub treeningharjutuste intensiivsusest ja korduste arvust (Schumann *et al.* 2014).

Paljude erinevate spordialade treeningutel on oluline pöörata tähelepanu nii aeroobsele kui anaeroobsele lihastööle. Erinevatel spordialadel on intensiivsus vahelduv- lühikesed ja väga intensiivsed pingutused asenduvad madalama intensiivsusega pingutustega. Näiteks sportmängudes on olulisematel võistlusmängudel intensiivsuse dünaamika väike, pingutuse intensiivsuse tase võib olla kogu mängu vältel ühtlaselt kõrge. Taoliste kõrgete pingutusliku tasemetega mängudes on tähtis sportlaste eelnev aeroobne ja anaeroobne ettevalmistus (Milic *et al.* 2012). Näiteks võrkpallis peab harjuma pidevate lühikeste sprintidega, hüpetega (blokk, ründelöök) ja muude erinevate liikumistega omal väljakupoolel (hõlmavad tavaliselt mängus taktikalist tegutsemist). Olenevalt heast füüsilisest vormist tuleb mängijal olla hästi ettevalmistatud ka tehniliselt ja taktikaliselt (Milic *et al.* 2012). Oluline osa treeningu ettevalmistusest on konkreetsele ülesandele kohanemine mängus, mis nõuab suuremahulist intensiivset treeningut (Hap *et al.* 2011).

Marqueti *et al.* (2008) leidsid, et madala intensiivsusega kehaline pingutus (40%  $VO_2$ max-ist) ei muuda metalloproteiinide aktiivsust skeletilihastes. Samas suure intensiivsusega kehalisel aktiivsusel (70%  $VO_2$ max-ist) suurenes skeletilihastes metalloproteiinide aktiivsus hüppeliselt. Metalloproteiinide aktiivsuse tõusuga kaasneb uute müofibrillide teke, mis eeldab intensiivset lihasvalkude sünteesi ja on jõutreeninguga otseselt seotud.

Treeningu mõju vananemisele on igapäevaelus kasutusel kui püsiva liigutusvõime parandamine. Vananevale organismile sobiliku treeningviisi kasutamisel välditakse lihase atrofeerumisel kaasnevat kehalise võimekuse järsku langust (Avila *et al.* 2010).

## 1.2 Maksimaaljõu treeningu mõju skeletilihastele

Maksimaaljõu treeningul toimub töö organismi jõuvõimete piiril, püüdes maksimaalselt pingutades sooritada suure raskusastmega harjutust.

Maksimaaljõu rakendamine tähendab lihasele võimetepiiril tehtavat pingutust, kusjuures pingutuse sooritamiseks vajaminev aeg pole oluliselt piiratud. Maksimaalne jõud paneb paika organismi funktsionaalse ülempiiri, mille puhul on pingutus võimetekohane. Tavapäraselt rakendatakse maksimaaljõudu sooritusel, mis ei vaja reflektorset käitumist ja on etteaimatav (Tillin *et al.* 2013). Maksimaaljõu arendamiseks peetakse kõige sobivamaks harjutusi 1 kordusmaksimumi (KM) lähedaste raskustega (Campos *et al.* 2002).

Maksimaaljõutreeningu tagajärjel suurenevad skeletilihaste võimekus, lihasjõud ja lihasmass, samal ajal väheneb mitokondrite ja kapillaaride suhteline tihedus lihases. Maksimaaljõu treeningu mõjud skeletilihastele on oma arengusuundades vastupidised vastupidavustreeningu mõjuga (Cantrell *et al.* 2014). Jõuvõimete arendamise meetodilised soovitusel väidavad, et korduste arv 1-6, intensiivsusega 85-100% KM-st, võimaldavad maksimaaljõu olulist suurendamist (Weiss *et al.* 1999)

Maksimaaljõutreeningul leiti katseloomadel, et haardejõu osas suuri erinevusi 4-nädalase treeningperioodi tulemusena ei esinenud. Statistiliselt oluline haardejõu tõus saabus taastumise 3-nädalal (Rückenberg, 2009).

### 1.3 Vastupidavustreeningu mõju skeletilihastele

Vastupidavustreeningu puhul sooritatakse teatud liigutusi palju kordi, töö intensiivsus on vähemuutuv ning tööd tehakse enamjaolt madalama pulsisagedusega. Organismi skeletilihaste vastupidavuslikule töövõimele panevad aluse aeglase lihaskiudude rohkus, mille omapära on pikemaajalise pingutuse sooritamine (Guderley *et al.* 2006).

Vastupidavusspordialadega tegelevad sportlased kasutavad tavaliselt lihasvastupidavust arendavaid harjutusi, kus raskused on väikesed ja korduste arv on suur. Vähemuutuva liigutusliku omapäraga harjutustega suudab organism kiirelt kohaneda ning treeningu efekti mõju avaldub kiiremini. Vastupidavusliku eripäraga harjutuste kombineerimisel tekitatakse organismile suuremamahuline kurnatus. Taolisel treeningviisil on pika treeningperioodi vältel koos piisava taastumisajaga avalduv mõju suurem (Walker *et al.* 2013).

Duncan *et al.* (1998) uuringu eesmärk oli tõestada jõuvastupidavuse mõju roti jõuvõimetele. Uurijate arvates võib 26-nädalase treeningperioodi kestel tekitada taolise treeninguga loomade organismile suuremamahulisi mõjustusi. Peale treeningperioodi olid rotid võimelised ronima 140%-lise (800grammi) lisaraskudega. Antud juhul on olnud kohanemine töö raskusega piisav ning pidev töö raskusastme suurendamisel on viinud oodatud positiivsetele muutustele.

Vastupidavustreeningu mõju skeletilihasele ja lihasmassile on sõltuv treeningu intensiivsusest ja mahust. Treeningu tagajärjel tekib mõningane lihashüpertroofia, kuid võrreldes maksimaaljõu treeninguga on lihasmass ja –mõõtmed väiksemad. Pigem toimub kohandumine lihasesiseselt, kui areneb lihases kapillaarvõrgustik ja mitokondrite tihedus suureneb. Seeläbi on lihasel hapniku omastamine kergem ja paraneb oluliselt võime pikaajalise koormuse puhul pingutust taluda (Gasier *et al.* 2011).

Jõuvastupidavustreeningu tulemusena leiti katseloomadel statistiliselt oluline haardejõu tõus treeningujärgse taastumise 1-nädalal (Sagim, 2008).

## 1.4 Ülepingutus

Väga aktuaalne on treeningutes ülepingutus ja kohati ka ületreening. Erinevad treeningprogrammid kutsuvad lihasrakus esile spetsiaalsele pingutusele orienteeritud kohanemisreaktsioonid, mille tulemusena antakse maksimaalne panus konkreetse kehalise pingutuse teostamiseks. Taastumisperioodi lühidus, pingutuse ja pingutuse intensiivsuse põhjendamatu tõus ning pingutusele järgnev ebapiisav taastumine kutsuvad organismis esile kurnatusseisundi. See tekitab organismis stressiseisundi ning füsioloogilises ja hormonaalses disproportsioonis püüavad vastavad protsessid üha enam tasakaalu poole, võttes esmasuunaks primaarsete struktuuride tavapärase töö taastamise ning käigus hoidmise. Seetõttu tekivad organismis liigsele kehalisele pingutusele reageerimisel tõrked, mis väljenduvad lihaskiududesisesest muutustes ning jõu vähenemises. On leitud, et ületreenitud organismis leidub peale treeningut rohkem aminohappeid ja vähem valke vere koostises kui normaalseisundis treenitaval (De Souza *et al.* 2011). Seene *et al.* (2000) on leidnud, et ületreeningu korral on suurenenud kehas lihasvalkude degradatsioon ja vähenenud süntees, mille tulemusena väheneb lihasmass, seda kõige rohkem kiirete lihaskiudude arvelt.

De Souza *et al.* (2011) ületreeningu uuringus olid uuritavateks katseloomad, kes jaotati kontroll- ja treeninggruppi. Treeninggrupile rakendati 12- nädalane ebapiisava taastumisega kõrge intensiivsusega treeningprogramm. Peale treeningperioodi leiti, et treenitava grupi loomadel tekkisid lihastes atroofilised muutused, *m. plantaris* I ja II tüüpi lihaskiudude läbimõõt oli märgatavalt väiksem kui kontrollgrupil (läbimõõt vähenes tüüp I-a-s 15,6% ja tüüp II-d-s 19,2%). Treenitud loomadel vähenes ka müosiini raske ahela I ja II suhteline sisaldus, kuid müosiini raske ahela IIb protsentuaalne sisaldus suurenes. Aeglase ja kiirete lihaskiudude suhtes võis näha muutusi, kus domineerivamad olid kiired lihaskiud.

Erinevates uuringutes on leitud, et ületreenituse nähuga skeletilihases vähenes märgatavalt kapillaaride hulk, mille tagajärjel häirus normaalne hapniku transport lihaskudedesse. Lihase hapnikutarbimise olulise vähenemise tulemusena on lihase võime reageerida korduvale pingutusele madalam (De Souza *et al.* 2011).

Loomkatsed on tõestanud, et ületreenituse tagajärjel väheneb lihaskiude ümbritsevate satelliitrakkude arv. Satelliitrakkude vähesus takistab skeletilihase normaalset arengut, millega kaasneb lihasatroofia (De Souza *et al.* 2011).

## 1.5 Hüpertroofia

Skeletilihase on heterogeenne ja hästi plastiline kude, mis koosneb erinevatest raku- ehk kiutüüpidest. Lihase kiuline kompositsioon on suure varieeruvusega ja varieeruvus haarab nii erinevaid liike lihaseid kui ka sama liiki lihaseid (Hämäläinen *et al.* 1993). Varieeruvust suurendab ka ealine areng (Pehme *et al.* 2004). Vastavad lihaskiud on võimelised reageerima konkreetsele pingutusele. Lihaskiudude paljusus on lihastes erinev nende funktsiooni tõttu. Lihaskude on võimeline kohanema vastavatele muutustele kehalises töös ja reageerima erinevatele stiimulitele. Kohanemisel muutub lihase töö- ja kontraktsioonivõime. Treeningu tagajärjel kahjustuvad lihaskius müosiinifilamendid ja Z-liini korrapärasus sarkomeeris häirub. Selle tagajärjel aktiveeruvad erinevad sünteesiprotsessid ja saab võimalikuks lihaskoe areng (Seene *et al.* 2000).

Lihaskiu hüpertroofia saavutatakse lihasvalkude suurenemise arvelt, samuti tekib juurde uusi sarkomeere (Goldspink *et al.* 1992). Eelkõige on aga hüpertroofia üksikute lihasrakkude ristlõikepindala suurenemise tulemus (Kraemer *et al.* 1996). On teada, et jõutreening mõjutab lihasvalkude sünteesi nii noortel kui vanadel organismidel ning sünteesi intensiivsus ja ajaline kestvus sõltuvad harjutuse iseloomust (Pehme *et al.* 2004).

Lihaskude on võimeline reageerima erinevatele sisemistele ja välistele stiimulitele nagu hormonaalsed muutused, harjutused, toitumine, elektristimulatsioon. Tänu oma kohanemisvõimele on lihaskude võimeline kohanema normaalsetele või ka väga muutuvatele tingimustele, vastandades end vastavalt olukorrale nii morfoloogiliselt kui funktsionaalselt. Mehaanilise mõjustuse tulemusena stimuleeritakse lihaskoe kasvu, millega kaasneb ka sarkomeeride arvu kasv. Lihaskoele on võimalik muudatusi tekitada lühikese ajaga. Rottide näitel on 7-10 päeva piisav, et tekitada olulisi morfoloogilisi muutusi säärelihastes. Taolisest treeningust on võrreldes tüüp II lihaskiuga rohkem mõjutatud tüüp I lihaskiud kuna sel on aeglasem kohanemisvõime pingutustele (Silva *et al.* 2013).



## 1.6 Treeningu mudelid

Loomuuringute läbiviimisel rottide peal pingutuse omapära väljaselgitamiseks on mitmeid erinevaid treeningu mudeleid, näiteks jooksmine rattas, ronimine vertikaalsel jooksurajal, kükist tõus koos lisaraskusega ja hüppetreening vees (Timson *et al.* 1990).

Rottide füüsilise võimekuse mõjutamine rattas jooksmise kaudu tekitab muutusi eelkõige lihaste tasandil. Kõige paremini on erinevuse teket näha tagajalgade lihastes, kus tekib lihasmassi vähenemine, kuid mitokondriaalsete ensüümide arv/mass suureneb. Guderley *et al.* (2006) eksperimendis uuriti, kuidas avaldab mõju roti treenimine jooksurattal skeletilihaskiu mõõtmetele ning struktuurile. Eelnenud treeningperioodi tulemusel olid roti tagajalgade lihased, eelkõige säärelihased, massilt väiksemad, kuid mitokondriaalsete ensüümide arv oli märgatavalt suurenenud. Säärelihastes toimus müosiini raske ahela IIB vähenemine, sealjuures suurenes müosiini raske ahela IIA osakaal. Treeningu tagajärjel oli mitokondrite tegevus oluliselt suurem aeglastes lihaskiududes kui kiiretes. Jooksuratta treeningu mõju on pigem suunatud vastupidavusliku jõuvõimekuse parandamisele.

Tamaki *et al.* (1992) uuringus sooritasid rotid kükist tõusu. Selleks oli loomadele selga pandud spetsiaalne vest, mille külge oli kinnitatud väikesemõõduline puidust konstruktsioon. Konstruktsioonile saab vastavalt vajadusele asetada lisaraskusi. Algselt paigutati rotid istuli asendisse ning seejärel anti sabaotsa elektriimpulss, mille tagajärjel sooritas rott kükisarnase liigutuse, tõustes püsti. Taolise harjutusega on võimalik treenida tagumise jala lihaseid.

Maksimaaljõu ja lihasvastupidavuse treenimiseks kasutatakse loomuuringutes vertikaalset jooksurada. Vertikaalse jooksuraja liikumiskiirus on 18m/min ja kaldenurk aluse suhtes 80°. Katseloom asetatakse pleksiklaasist ümbritsetud puuri, kus juhatatakse elektristimulatsiooni abil jooksurajale. Ühe harjutuse kestvus on orienteeruvalt 5 sekundit, mille jooksul läbib loom 1,5 meetrit (Pehme 2004).

Katseloomade jooksuharjutust on kasutatud erinevate füsioloogiliste seisundite esilekutsumiseks. Kadaja *et al.* (2010) ületreeningu uuringus teostati loomade treening jooksurajal. Loomi treeniti horisontaalsel jooksurajal kuue nädala jooksul. Treeningperioodi algul kestis treening 5-10 minutit ning jooksukiirus oli 35 m/min. Treeningu intensiivsus tõusis järk-järgult ning neljandal nädalal kestis jooksutreening 2 tundi ja 20 minutit.

## 1.7 Jõuvõimed vananeval organismil

Vananemisel vähenev lihasmass toob endaga kaasa organismi maksimaaljõu genereerimise võime vähenemise 30-50%. Kuigi skeletilihaste atrofeerumisel jõu rakendamise võimekus väheneb, paraneb lihase väsimustaluvus kuna aeglaste lihaskiudude arv ei vähene (Holviala *et al.* 2011). Avin *et al.* (2011) leidsid, et vananedes väheneb oluliselt kiirete lihaskiudude osakaal, kuid suureneb aeglaste (oksüdatiivsete) lihaskiudude osakaal. Seetõttu on lihastöö ökonoomsem ja võrreldes noore organismi skeletilihastega on vananeva organismi skeletilihas vastupidavusliku iseloomuga tööle paremini kohanenud.

Skeletilihaskiudude vähenemine on seostatav organismi vananemisega. Lihasmassi olulisem vähenemine saab alguse keskikka jõudmisel. Enamjaolt toimub lihasmassi vähenemine kiirete lihaskiudude arvelt ja kiirete II tüüpi müosiini raskete ahelate isvormide arvu kahanemisel. Vastavate vananemisega kaasnevate muutuste ilmnemisega on näidatud, et ka vana organismi skeletilihas on vastuvõtlik jõutreeningule (Pehme *et al.* 2004).

Kehakaal vananeval organismil sõltub organismi seisundist ja kehalisest aktiivsusest. Lihasmassi vähenemisel suureneb keha rasvaprosent, mis vähese kehalise aktiivsuse korral suurendab kehakaalu (Avila *et al.* 2010).

## 1.8 Töövõime

Olenevalt treeningust reageerib organism sellele ning tulemuseks on töövõime muutus. Treeningu tulemusena tekivad muutused lihaskiudude arvul, hapniku omastatavuses ja tarbimises töö ajal (Furrer *et al.* 2013). Töövõime paranemine treeningu tagajärjel on väga individuaalne. Suurt rolli mängivad sealjuures geneetiline erinevus ning keskkond, kus organism viibib ja on varasemalt viibinud (Koch *et al.* 2013 ).

Furrer *et al.* (2013) läbiviidud uuringus käsitleti katsealustena 30- rott. Loomade suunatud jaotus toimus vastavalt kontroll-, vastupidavus- ja kombineeritud treeningu iseloomuga (maksimaaljõu-vastupidavuse) treeninggruppidesse. Kombineeritud treeninggrupiga viidi läbi kõrge intensiivsusega pingutusi ning lisaks vastupidavusliku eripäraga pingutusi. Vastupidavuse treeninggrupp sooritas katseperioodil ainult vastupidavusliku eripäraga pingutusi. Uuringu tulemusena kasvas maksimaalne jõudlus mõlemal treeninggrupil 13,5%, kuid säärelihaste võimsuse näitajad olid kombineeritud treeninggrupil 10% suuremad. Selgus,

et kombineeritud treeninggrupil toimusid kohanemisreaktsioonid lihasvastupidavusliku iseloomuga pingutusele terviklikumalt, seega on maksimaaljõu- ja vastupidavusharjutuste kombineerimine sportlase töövõime paranamiseks oluliselt tähtis.

Katseloomadel läbiviidud maksimaaljõutreening (Rückenberg, 2009) ja jõuvastupidavustreening (Sagim, 2008) näitavad noorte katseloomade töövõime suurenemist treeningperioodi vältel ja töövõime säilimist taastumisperioodi järgselt. Neljanädalane taastumine (Sagim, 2008; Rückenberg, 2009) näitas töövõime langust võrreldes treeningperioodi järgse tasemega.

## 1.9 Väsimus ja taastumine kehalisel tööl.

Treening on organismi viimine kõrgendatud stressiseisundisse. Treeningul lülitub ümber vereringe nii, et suurema osa verevoolust hoomab endale skeletilihaskond. Erinev on treeningul tehtav pingutus, mis oleneb konkreetsest harjutusest ja selle intensiivsusest. Kuna treeningviise on palju, on ka nendest taastumine erinev. Olenevalt pingutuse mahust ja intensiivsusest toimub organismil peale treeningut pulsi langus ja taastumine, mis kestab seda intensiivsemalt ja pikemalt, kui kõrgesse stressiseisundisse organism sai viidud. Väsimus treeningul on skeletilihaste ressursside ammendumine ning organismi kaitsevõime säilitada primaarsed funktsioonid keha elus hoidmiseks (Ferri *et al.* 2006). Lihaskõhustus tekib kui teatud lihasgrupp (-id) on suure intensiivsusega sooritanud korduvaid konkreetseid pingutusi, millega kaasnevad lihaskõhustuse ja kontraktsioonikiiruse vähenemine, harjutuste sooritusel tehakse rohkem vigu ja suurem on ka oht saada vigastada (Murphy *et al.* 2014).

Väsimusseisundit mõjutavaid faktoreid saab jagada kaheks suureks grupiks. Ühte gruppi kuuluvad organismi sisemiselt mõjutavad tegurid: vanus, sugu, motivatsioon, eelnev liigutuslik kogemus ja treenitus. Teise grupi moodustavad väliselt mõju avaldavad tegurid: treeningmaht, treeningu intensiivsus, kontraktsiooniline eripära ja harjutus (Salvador *et al.* 2009).

## **II Töö eesmärk ja ülesanded**

### **2.1 Töö eesmärk**

Käesoleva töö eesmärgiks on uurida maksimaaljõu- ja lihasvastupidavustreeningu mõju jõuvõimetele ja kehakaalule vananeva organismi näitel loomeksperimentis.

### **2.2 Töös püstitatud ülesanded**

1. Selgitada katseloomade maksimaalse jõugenererimise näitajate dünaamika treeningu ja taastumise perioodil.
2. Katseloomade töövõime määramine treeningperioodil ja taastumise järgselt.
3. Määrata kehakaalu dünaamika jõutreeningul ja järgneval taastumisperioodil

### III TÖÖ METOODIKA

Uuringu läbiviimisel kasutati kaheksat (n=8) 60-65 nädala vanust Wistari liini rott (tabel 1). Katseloomad jaotati kolme gruppi: kontrollgrupp (n=4), lisaraskusega treenivad loomad (G1) (n=2) ja keharaskusega treenivad loomad (G2) (n=2). Loomade gruppidesse jaotamisel arvestati looma kohanemist harjutustega vertikaalsel jooksurajal ning kehakaalu. Vaatlusperioodi vältel olid keskkonnatingimused kõigil loomadel sarnased: ööpäevane valguse ja pimeduse tsükkel oli 12/12h, toidu ja vee kättesaadavus *ad libitum* hea, sisetemperatuur jäi vahemikku 21-22 C°.

Käesolev uuring on teostatud rahvusvaheliselt tunnustatud seisukohtadega loomkatsete läbiviimiseks ja kooskõlas Tartu Ülikooli loomkatsete läbiviimise korraga.

**Tabel 1.** Vaatlusalused katseloomad.

	Kehakaal(g)	Haardejõud (g)	Suhteline jõud (g/g-kk)
Arv	n=8	n=8	n=8
Keskmine	544+/-60	1000+/-69	1,9+/-0,2

1. Kontrollgrupp (K) - haardejõu määramine toimus iga nädala algul (n=5), loomi kaaluti 12-tunnise intervalliga (LISA 1).
2. Lisaraskusega treeninggrupp (G1) - jõutreening lisaraskusega. Haardejõu ja kehakaalu mõõtmised toimusid 12-tunnise intervalliga (LISA 1, LISA 2).
3. Keharaskusega treeninggrupp (G2) - jõutreening kehakaaluga. Haardejõu ja kehakaalu mõõtmised toimusid 12-tunnise intervalliga (LISA 1, LISA 2).

Rotte treeniti spetsiaalsel vertikaalsel jooksurajal, mille liikumiskiirus on 18m/min ja kaldenurk aluse suhtes 80°. Üks harjutus hõlmas 1,5 meetri jooksu 5 sekundi jooksul (Pehme 2004).

Loomade kaalumise viidi läbi täpsusega  $\pm 0,001$  kg.

Haardejõu mõõtmiseks kasutati spetsiaalselt laboratoorsetele katseloomadele konstrueeritud dünamomeetrit (Columbus Instruments, Columbus, Ohio, USA), haardejõud määrati täpsusega  $\pm 0,005$ kg (tabel 1).

Uuringu läbiviimise kohaks oli Tartu Ülikooli kehakultuuriteaduskonna funktsionaalse morfoloogia labor.

Treeningperioodile eelnenud loomade kohanemisel selgitati välja katseloomade kehakaal ja haardejõu näitajad. Kohanemisperioodil paigutati rotid vaatlusperioodi ülesandeid järgides puuridesse.

Treeningperioodil arvutati katseloomade tehtud töö, võimsus ja võimsustaluvus (tabel 2).

**Tabel 2.** Katseloomade töö

Treening	Töö (J)	
	G1	G2
1	22,5+/-1,5	30+/-1
2	33+/-2	44,3+/-2,3
3	38+/-3	44+/-2
4	23+/-1	59,2+/-2,8
5	34,3+/-1,8	66,5+/-2,5
6	45,5+/-2,5	110,8+/-4,3

Treening	Võimsus (W)		Võimsustaluvus ( <sup>w</sup> /kg)	
	G1	G2	G1	G2
1	2,3+/-0,1	1,5+/-0,1	3,7	2,9
2	2,2+/-0,1	1,5+/-0,1	3,6	2,9
3	2,2+/-0,1	1,5+/-0,1	3,7	2,9
4	2,3+/-0,1	1,5+/-0,1	4	2,9
5	2,3+/-0,1	1,5+/-0,1	4	2,9
6	2,3+/-0,1	1,5+/-0,1	4	2,9

**Töö arvutamine:**

$$A = m_1 + m_2 \times 9,82 \frac{m}{s} \times h \times \cos \alpha \text{ (J)}$$

A-Töö

Ühik J-dzaul

$m_1$ -looma kehakaal (kg)

$m_2$ -lisaraskus (kg)

$g$ (raskuskiirendus)- $9,82 \frac{m}{s}$

$h$ -läbitud teepikkus (1,5m)

$\cos \alpha$ -0,98

**Võimsuse arvutamine:**

$$P = \frac{A}{t} \text{ (W)}$$

P- võimsus

Ühik W-watt

A-Ühekordne töö (J)

t-aeg (5 sek)

**Võimsustaluvuse arvutamine:**

$$P = \frac{P}{kk}$$

P-Võimsustaluvus

Ühik ( $\frac{W}{kg}$ )-watti kilogrammi kohta

kk- kehakaal (kg)

Harjutustes pingutasid katseloomad suutlikkuseni, märkimata jäeti sooritus kui loom ei püsinud vertikaalsel jooksurajal 5 sekundit. G1 treeninggrupile tehti maksimaalsele pingutusele eelnevalt soojendusseeria ilma lisaraskuseta, mida töö arvutamisel (tabel 2) ei arvestatud (tabelid 3A ja 3B).

G1 treeninggrupil oli esimesel treeningnädalal lisaraskuseks 160 grammi. Esimesel treeningul sooritasid katseloomad vastava lisaraskusega 2 seeriat, iga järgneva treeninguga lisandus 1 seeria (n=2, n=3, n=4). Teisel treeningnädalal oli lisaraskuseks 215 grammi. Seeriade arv imiteeris esimese nädala treeninguid (tabel 3A).

G2 treeninggrupil oli sooritatavate seeriade arv stabiilselt kasvav. Seeriade arv kasvas vastavalt katseloomade jõudlusele neid sooritada (pingutus toimus maksimaalse töövõime lähedasetl). Esimesel nädalal kasvas seeriade arv 4-lt 6-le (n=4, n=6, n=6). Teise nädala vastav seeriade arv oli samuti pidevalt kasvav (n=8, n=9, n=15) (tabel 3B).

**Tabel 3A.** Treeningu režiim (G1).

Treening	Keskmine kehakaal (g)	Lisaraskus (g)	Korduste arv
1	620g	160g	2x
2	608g	160g	3x
3	595g	160g	4x
4	583g	215g	2x
5	582g	215g	3x
6	570g	215g	4x

**Tabel 3B.** Treeningu režiim (G2).

Treening	Keskmine kehakaal (g)	Korduste arv
1	522g	4x
2	511g	6x
3	509g	6x
4	512g	8x
5	511g	9x
6	511g	15x



Treeningperioodi lõpul, 72 tundi peale viimast treeningut, viidi läbi maksimaalse jõuvõimekuse määramine ja järgneva 2-nädalase taastumise perioodi lõpus taastumise järgne maksimaalse jõuvõimekuse määramine (tabelid 4B ja 4C).

Katseloomade pingutused olid maksimaalsed ning vastavalt kehakaalule ja lisaraskusele arvutati maksimaalne jõuvõimekus (tabelid 4A; 4B ja 4C).

**Tabel 4A.** Lisaraskuse protsentuaalne osakaal katseloomade kehakaalust jõutreeningul (G1).

Treening	Kehakaal (g)	Lisaraskus (g)	% kehakaalust
1.	619	160	25,8
2.	608	160	26,3
3.	594	160	26,9
4.	583	214	36,7
5.	581	214	36,8
6.	570	214	37,5

**Tabel 4B.** Lisaraskuse osakaal kehakaalust töövõime määramisel treeningperioodi lõpus

G1

Kehakaal (g)	568	568	568
Lisaraskus (g)	214	255	319
% kehakaalust	37,7	44,9	56,2

G2

Kehakaal (g)	509	509	509	509	509
Lisaraskus (g)	161	214	255	319	366
% kehakaalust	31,6	42	50,1	62,7	71,9

**Tabel 4C.** Lisaraskuse osakaal kehakaalust töövõime määramisel taastumisperioodi lõpus.

G1

Kehakaal (g)	588,5	588,5	588,5	588,5
Lisaraskus (g)	109	160	210	250
% kehakaalust	18,5	27,2	35,7	42,5

G2

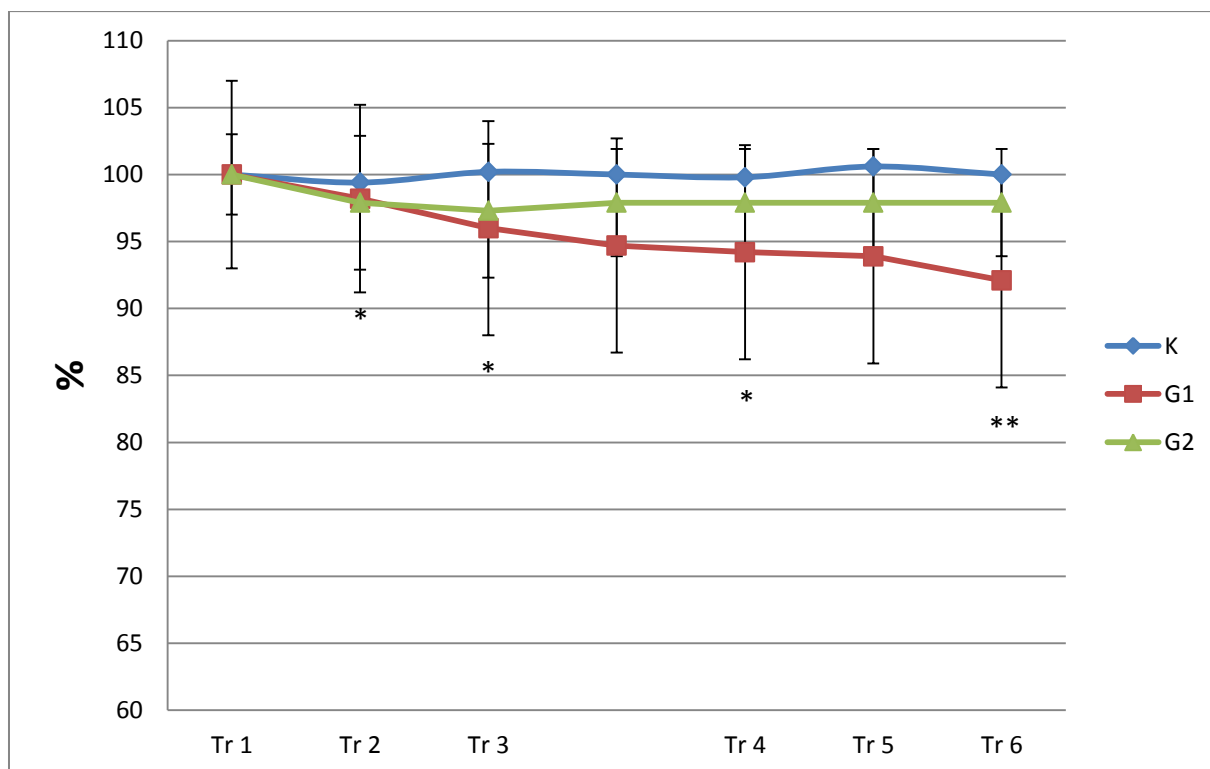
Kehakaal (g)	509,5	509,5	509,5	509,5	509,5
Lisaraskus (g)	109	160	210	250	319
% kehakaalust	21,4	31,4	41,2	49,1	62,6

### Statistiline analüüs

Kogutud andmed töödeldi statistiliselt, arvutati aritmeetiline keskmine ja standarthälve. Katseloomade andmed analüüsiti statistiliselt. Keskmiste näitajate võrdlus toimus Student'i kriteeriumi järgi (olulisuse nivoo  $p < 0,05$ ).

## IV TÖÖ TULEMUSED

Katseperioodi jooksul langes lisaraskusega treenivate loomade (G1) kehakaal 8% ( $p < 0,01$ ). Esimese nädala kolme treeninguga langes kehakaal 4%, seejärel peale pikka, 72-tunnist taastumist kaalu langus stabiliseerus, kuid oli algnäitajast 5,8% madalam ( $p < 0,05$ ). Teisel nädalal langes kehakaal järsult peale viendat treeningut (1,9%) (Tr 5). Kontrollrühmal (K) ja keharaskusega treenivate loomade (G2) kehakaal katseperioodi jooksul oluliselt ei langenud (joonis 1).



**Joonis 1.** Kehakaalu dünaamika treeningul ja taastumisel.

K - Kontrollgrupp

G1 - Lisaraskusega treeninggrupp

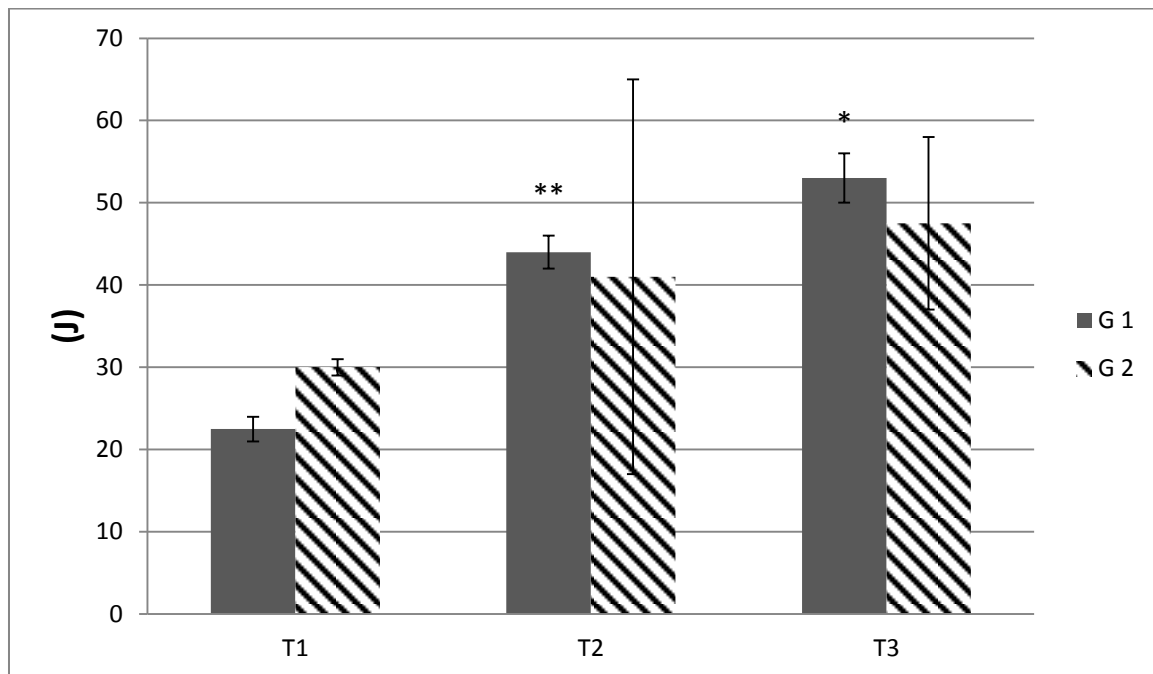
G2 - Keharaskusega treeninggrupp

Tr 1, Tr 2, ..., Tr 6- Treening 1, treening 2, ..., treening 6

\*-Muutus võrreldes algnäiduga

\*- $P < 0,05$ ; \*\* $P < 0,01$

Jõutreeningu tulemusena suurenes töövõime 49% katseloomade G1 grupil ( $p < 0,01$ ). Kahenädalase taastumisperiodi jooksul jäi G1 loomade töövõime endisele tasemele, oluliselt kõrgemaks algsest töövõimest 56% ( $p < 0,05$ ). G2 grupi töövõime vaatlusperiodil suurenes, kuid mitte oluliselt (joonis 2).



**Joonis 2.** Jõutreeningu mõju katseloomade töövõimele.

T1 - Treeningperioodi algus

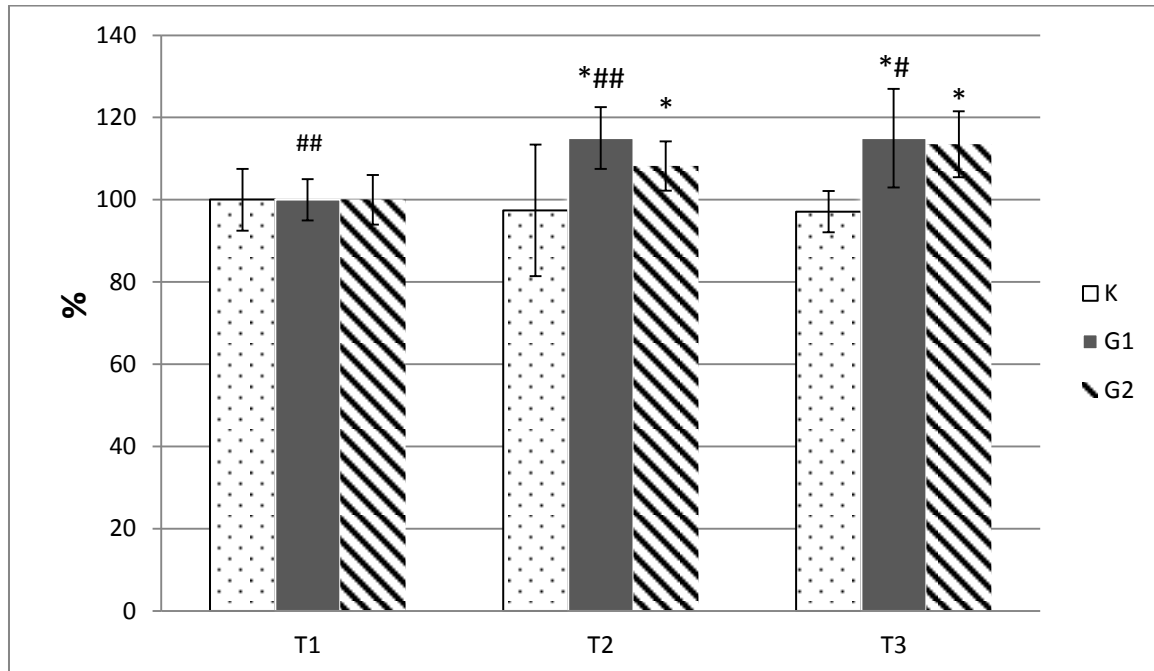
T2 - Treeningperioodi lõpp

T3 - Taastumisperioodi lõpp

\*-Muutus võrreldes algnäiduga

\*- $P < 0,05$ ; \*\* $P < 0,01$

Jõugenerereerimise võime suurenes haardejõu näitel oluliselt jõutreeningul võrreldes algtasemega G1 grupil 15% ( $p < 0,05$ ) ja G2 grupil 8% ( $p < 0,05$ ). Lisaraskusega treeningu tulemusena oli haardejõu suurenemine oluliselt suurem kui kehakaaluga treeningul (7%,  $p < 0,01$ ) (joonis 3).



**Joonis 3.** Jõutreeningu mõju katseloomade haardejõule treening- ja taastumisperioodi järgselt.

T1 - treeningperioodi algul

T2 - treeningperioodi lõpul

T3 - taastumisperioodi lõpul

K - kontrollrühm

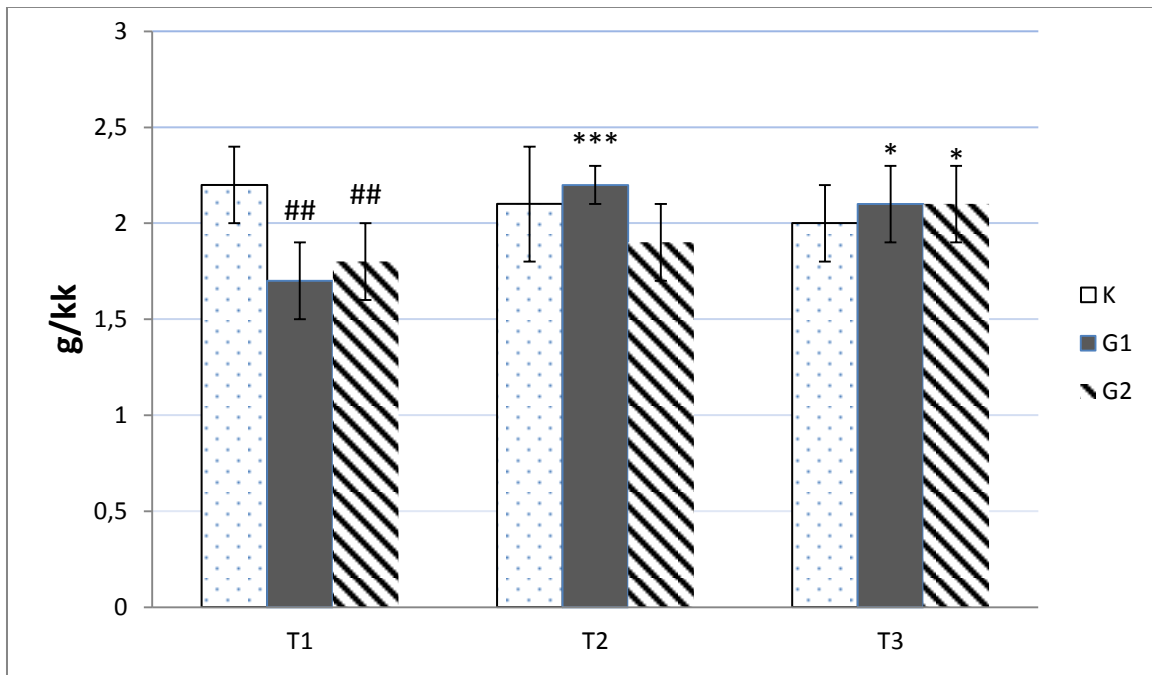
\*-Muutus võrreldes algnäiduga

\*- $P < 0,05$

#-G1 ja G2 vaheline võrdlus

##- $P < 0,01$

Suhteline haardejõud varieerus treenimata vanadel loomadel oluliselt  $p < 0,01$ . Suhtelise haardejõu näitaja suurenes võrreldes vaatlusaluse grupi algtasemega oluliselt treeningperioodi lõpuks ainult G1 grupil 33% ( $p < 0,001$ ). Kahenädalase taastumisperioodi jooksul G1 grupil suhteline haardejõud ei vähenenud ja säilitas oluliselt kõrgema taseme 23% ( $p < 0,05$ ) algnäidust. G2 grupil suurenes suhteline haardejõud oluliselt taastumisperioodil võrreldes treeningu järgsega ja saavutas oluliselt kõrgema taseme algnäidust (14%,  $p < 0,05$ ) (joonis 4).



**Joonis 4.** Jõutreeningu mõju katseloomade suhtelisele haardejõule treening- ja taastumisperioodi järgselt.

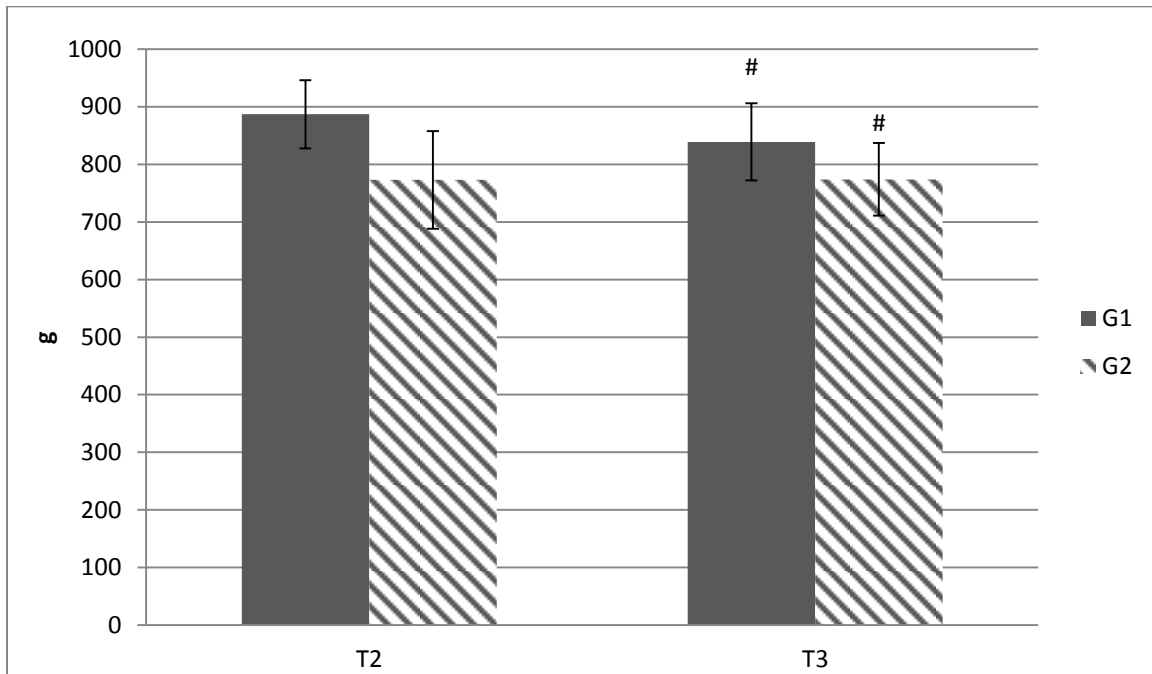
\*-Muutus võrreldes algnäiduga

\*- $P < 0,05$ ; \*\*\* $P < 0,001$

#-Võrreldes kontrollrühmaga

##- $P < 0,01$

Maksimaaljõuvõimekus treeningperioodi lõpus saavutas G1 grupil statistiliselt olulise ( $p < 0,05$ ) erinevuse võrreldes G2 grupiga ja säilitas statistiliselt oluliselt kõrgema taseme ka kahe nädalase taastumisperioodi järel ( $p < 0,05$ ) (joonis 5).



**Joonis 5.** Maksimaaljõu võimekus

T2 - treeningperioodi lõpul

T3 - taastumisperioodi lõpul

#-G1 ja G2 vaheline võrdlus; #- $P < 0,05$

Esimese treeningu järgselt hinnati treenimata loomade taastuvust jõuiseeloomuga pingutusel. G1 grupi loomade haardejõu näitajates esines treeningujärgselt 12- tunni jooksul languse tendents ja näitajad suurenesid oluliselt taastumise 24- tunniks võrreldes treeningujärgselt langenud tasemega ning ületasid taastumise lõpuks algtaset. G2 grupi loomadel tõusis haardejõud oluliselt esimese 12- tunnise taastumise järgselt ( $p < 0,05$ ) ja säilitas kõrgema taseme, kuid mitte statistiliselt oluliselt 48-tunnise taastumisperioodi lõpuks (tabel 5).

**Tabel 5.** Treenimata katseloomade haardejõu taastumine ajalisel dünaamikas 48 tunni jooksul ühekordsest jõutreeningust.

1.nädal	Algnäit	12h	24h	36h	48h
Grupp 1	1061+/-52	1002+/-47	1197+/-2,5 #	1102+/-107	1122+/-32
Grupp 2	847,5+/-55	1007+/-32,5*	940+/-60	892+/-2	1017+/-67

\*-muutus algnäidu suhtes

#-muutus 12h suhtes

\*-  $P < 0,05$ ; #- $P < 0,05$

Jõutreeninguga kohanenud loomadel järgis taastumise dünaamika (tabel 6) gruppide vahel sarnast joont. G1 grupil oli haardejõu lõppnäit madalam algnäidust, kuid statistiliselt mitte oluliselt. Suurem tõus toimus 12 tundi peale treeningut, kuid 36 ja 48 tunni vahel toimus statistiliselt oluline ( $p < 0,05$ ) haardejõu langus. G2 grupi haardejõu näitajad olid pidevalt suurenevad. 24 ja 36 tunni vahel toimus statistiliselt oluline haardejõu tõus ( $p < 0,05$ ), seejärel toimus taastumise dünaamika lõpuks näitajate langus, kuid mitte oluliselt. G2 lõppnäit oli algnäiduga võrreldes kõrgem (tabel 6).

**Tabel 6.** Jõutreeninguga kohanenud katseloomade haardejõu taastumine 48 tunni jooksul jõutreeningust.

2.nädal	Algnäit	12h	24h	36h	48h
Grupp 1	1167+/-103	1392+/-282	1065+/-22	1250+/-25	1095+/-5 ×
Grupp 2	1026+/-80	1062+/-17,5	1212+/-70	1282+/-82 □	1145+/-160

□- Muutus 24h suhtes, □- $P < 0,05$ ;

×- Muutus 36h suhtes, ×- $P < 0,05$



Vanadel kohanenud loomadel toimus nädalase mikrotsükli järgsel taastumisel haardejõu taastumine üldises dünaamikas sarnaselt nii lisaraskusega kui ka kehakaaluga treeninud loomadel. Esiolguks toimus haardejõu vähenemine, mis taastus 72 tunni jooksul (tabel 7).

G1 grupil toimus treeningujärgselt oluline jõugenereerimise võimekuse langus esimese 12 tunni jooksul ( $p < 0,05$ ), G2 grupis langes haardejõud oluliselt 24 tunni jooksul ( $p < 0,05$ ). G2 grupp saavutas taastumisperioodi lõpuks olulise haardejõu suurenemise ( $p < 0,05$ ) võrreldes algnäiduga, G1 grupi haardejõu näitajad olid taastumise lõpuks algtasemega võrreldes madalamal (tabel 7).

**Tabel 7.** Vähetreenitud katseloomade haardejõu taastumine treeninguga kohanemise esimese mikrotsükli järgselt 72 tunni jooksul ajalises dünaamikas pärast viimast treeningut.

1. nädal	Grupp 1	Grupp2
Algnäit	1207+/-52	920+/-5
12h	965+/-65 *	867+/-17
24h	1027+/-2,5	822+/-2,5 *
36h	1177+/-42 #	1030+/-85
48h	1177+/-187	1000+/-135
60h	1100+/-20	892+/-17
72h	1167+/-103 □	1027+/-80 *##□□°°

#-Muutus 12h suhtes, ##-  $P < 0,01$

°-Muutus 60h suhtes, °°- $P < 0,01$

\*-Muutus algnäidu suhtes, \*- $P < 0,05$ ;

□-Muutus 24h suhtes, □- $P < 0,05$ ; □□- $P < 0,01$

Katseloomade haardejõu taastumise dünaamika vähetreenitud loomadel ei erine nädalase treeningu järgselt 72 tunni jooksul treeninguga kohanenud ja pidevalt treenivate loomade dünaamikaga (tabelid 7 ja 8).

**Tabel 8.** Katseloomade haardejõu taastumine 2-nädalase treeningtsükli järgselt 72 tunni jooksul ajalises dünaamikas.

1. nädal	Grupp 1	Grupp2
Algnäit	1455+/-100	1242+/-7
12h	1217+/-182	945+/-65
24h	1300+/-80*	940+/-105
36h	1182+/-82	1222+/-57 □
48h	1275+/-85 *	945+/-20 *×
60h	1240+/-100	1100+/-75 □×
72h	1247+/-92	980+/-58 ***×

\*-muutus algnäidu suhtes; \*-P<0,05; \*\*\*-P<0,001

□-muutus 24h suhtes; □-P<0,05

×-muutus 36h suhtes; ×-P<0,05

Pärast esimest treeningut määrati kehakaalu taastumist ühekordsest treeningust 48-tunnise taastumise järel 12-tunnise intervalliga. Treenimata loomadel langes kehakaal oluliselt esimese 12-tunnise treeningujärgse aja jooksul ja ei taastunud 48 tunni jooksul (tabel 9).

**Tabel 9.** Treenimata katseloomade kehakaalu dünaamika 48 tunni jooksul jõutreeningust.

1.nädal	Algnäit	12h	24h	36h	48h
G 1	620+/-44	614+/-45 *	614+/-44	609+/-48	608+/-45 *#
G 2	522+/-16	514+/-17 *	515+/-20	510+/-22	511+/-25

\*-Muutus algnäidu suhtes; \*-P<0,05

#-Muutus 12h suhtes; #-P<0,05

Jõutreeninguga kohanenud loomadel langes kehakaal treeningujärgselt oluliselt, kuid taastus lähtetasemele 48 tunni jooksul (tabel 10).

**Tabel 10.** Jõutreeninguga kohanenud katseloomade kehakaalu dünaamika 48 tunni jooksul jõutreeningust.

2.nädal	Algnäit	12h	24h	36h	48h
G 1	583+/-46	573+/-45 *	580+/-41	573+/-43	582+/-44 #×
G 2	512+/-22	499+/-20 *#	511+/-20	500+/-20*□	511+/-19 #×

\*-Muutus algnäidu suhtes;  $P < 0,05$

#-Muutus 12h suhtes;  $P < 0,05$

□-Muutus 24h suhtes;  $P < 0,05$

×-Muutus 36h suhtes;  $P < 0,05$

Esimese treeningnädala järgselt G1 grupi kehakaal langes ja jäi madalamaks ka 72 tunni järgselt, kuid mitte statistiliselt oluliselt. G2 grupi kehakaal langes samuti, kuid taastus 72 tunni jooksul (tabel 11).

**Tabel 11.** Vähetreenitud katseloomade kehakaalu dünaamika esimese mikrotsükli järgselt 72 tunni jooksul jõutreeningust.

1. nädal	Grupp 1	Grupp2
Algnäit	595+/-48	509+/-24
12h	584+/-43	503+/-25
24h	586+/-44	508+/-23
36h	583+/-45 □	503+/-23 □
48h	586+/-45	512+/-21
60h	577+/-44 #×	500+/-20 α
72h	583+/-46	512+/-22

#- muutus 12h suhtes; #- $P < 0,05$

×-muutus 36h suhtes; ×- $P < 0,05$

□-muutus 24h suhtes; □- $P < 0,05$

α-muutus 48h suhtes; α- $P < 0,05$

Treenitud katseloomade kehakaal kahenädalase treeningu järgselt langes, kuid taastus 72 tunni järgselt mõlemas grupis (tabel 12).

**Tabel 12.** Treenitud katseloomade kehakaalu dünaamika teise mikrotsükli järgselt 72 tunni jooksul jõutreeningust.

2. nädal	Grupp 1	Grupp2
Algnäit	570+/-43	511+/-21
12h	560+/-42	500+/-21
24h	566+/-43	512+/-19 #
36h	559+/-43	500+/-17 ☐
48h	566+/-42 #	511+/-21 ##
60h	560+/-40	502+/-21 *
72h	568+/-40	509+/-20

\*-muutus algtaseme suhtes; \*-P<0,05

#- muutus 12h suhtes; #-P<0,05; ##-P<0,01

☐-muutus 24h suhtes; ☐-P<0,05

## V ARUTELU

Vananemisega kaasnevad muutused organismis väljenduvad ulatuslikus jõuvõimekuse languses (Holviala *et al.* 2011). Samas on uuringutes näidatud, et skeletilihaskude on treenitav ka vanas eas ja lihashüpertroofia ning jõuvõimekus võivad areneda ka vananevas organismis (Pehme *et al.* 2004).

Käesolevas uuringus selgitati, et vanadel katseloomadel nii lisaraskusega maksimaaljõutreeningul (Grupp 1) kui ka kehakaaluga lihasvastupidavustreeningul (Grupp 2) saavutati kahe nädalase treeningu tulemusena haardejõu oluline suurenemine (joonis 3). Vananemisega kaasnev lihasmassi vähenemine ja asendumine rasvamassiga ning sellega kaasnev kehakaalu tõus (Avila *et al.* 2010) selgitavad käesolevas uuringus esinenud suhtelise haardejõu suure variatiivsuse treeningu algul (joonis 4). Jõutreeningu mõju vanemaealiste katseloomade kehakaalule käesolevas uuringus näitas Avila ja kaasautorite (2010) seisukoha paikapidavust.

Vaatlusperioodil toimus G1 grupi loomadel oluline kaalulangus juba esimese treeningu järgselt ja jätkus nii treening- kui taastumisperioodi lõpuni (joonis 1). Kehakaaluga treeninud loomade (G2) kehakaal langes, kuid mitte oluliselt ja säilitas oma taseme taastumisperioodi lõpuni. Võrreldes noorte katseloomadega (Sagim, 2008; Rückenberg, 2009), kus noorte loomade (nii treeninggrupil kui ka kontrollgrupil) kehakaal kogu treening- ja taastumisperioodi jooksul tõusis, vanadel loomadel kontrollgrupis kaal säilis ning intensiivse pingutusega treeninggruppide vanadel loomadel oli aga kehakaal pidevas languses (joonis 1).

Varasemates uuringutes on näidatud treeningu tulemusena katseloomadel lihasjõu paranemist ja hapniku ainevahetuse intensiivistumist (Furrer *et al.* 2013). Käesolevas uuringus selgus katseloomade töövõime oluline paranemine treeningperioodi lõppedes kui ka jätkuvalt taastumise lõpul (joonis 2). Töövõime tõus ilmnes statistiliselt oluliselt G1 grupis, lisaraskusega maksimaaljõudu arendavatel loomadel (joonis 2). Ka Furreri ja kaasautorite (2013) uuringust selgus maksimaaljõutreeningu olulisus töövõime tõusule.

Varasemad uuringud on näidanud (Duncan *et al.* 1998) pikaajalisel kohanemisel laborirottidel hämmastavaid tulemusi, kus pikaajalise treeningperioodi jooksul on saavutatud märgatav jõuvõime tõus. Käesolevas uuringus õnnestus vanadel loomadel 2- nädalase treeningu jooksul saavutada oluline haardejõu suurenemine nii lisaraskusega treeningul kui keharaskusega tööl (joonis 3 ja 4). Maksimaalne jõuvõimekus saavutas märkimisväärse

paranemise ja oluliselt suurem oli tõus lisaraskusega treeningul (joonis 5), mis seostub otseselt ka haardejõu suurenemisega (joonis 3).

Noortel katseloomadel (Sagim, 2008) langes suhteline haardejõud kogu vaatlusperioodi jooksul kuna noorte loomade kehakaal kasvas. Käesolevas uuringus seevastu suhteline haardejõud vanadel loomadel demonstreerib tõusu (joonis 4) kuna kehakaal on pidevalt madalam treeningueelsest tasemest (joonis 1).

Olulised näitajad treeningu mõjust organismile on esialgse, treeningu eelse taseme taastumine ja ületaastumine treeningujärgselt. Treeninguga kaasnev väsimus viib liigutustegevuse häirumisele ning väsimuse ulatus on seotud treeningpingutuse mahu ja intensiivsusega (Ferri *et al.* 2006). Käesolevas uurimistöös selgus, et vanadel treenimata loomadel toimub intensiivse pingutuse järgselt (G1-treening lisaraskusega) nii haardejõu langus (tabel 5) kui ka kehakaalu langus (tabel 9). Treeninguga kohanenud loomadel nii ulatuslikke langusi haardejõu ja kehakaalu osas ei toimunud.

Organismi eripärast sõltuvalt võivad taastumisprotsessid organismis toimuda erinevalt. Uurijad on näidanud, et vanus ja eelnev treenitus on küllaltki olulised tegurid seisundi muutustes (Salvador *et al.* 2009). Antud uuringus selgus, et vähetreenitud vanadel loomadel oli taastumiseks piisav aeg 72 tundi, et saavutada nädalasest treeningtsüklist taastumine haardejõu näitajate osas (tabel 7). Kahenädalase treeningujärgselt ei piisanud 72-tunnist haardejõu taastumiseks (tabel 8). Treeningtsükli algul oli siis veel treenimata loomadel (tabel 5) ühest treeningust piisav taastumine 48 tundi ja teisel nädalal, treeninguga kohanenutena, saavutati 48- tunni jooksul taastumine ilma vahepealse haardejõu languseta (tabel 6). Kehakaalu taastumine treenimata loomadel ühekordsest koormusest näitas pidevat langust (tabel 9). Treeninguga kohanenud loomade kehakaal 48-tunni jooksul muutus, kuid saavutas lõpuks siiski algtaseme (tabel 10).

Nädalasest koormusest taastumisel saavutas kehakaal juba esimese nädala järgselt 72-tunni jooksul viimase treeningueelse taseme (tabel 11). Oluliselt ei erinenud kehakaalu taastumise dünaamika esimesest nädalast ka teise nädala lõpus (tabel 12).

Käesolevast uuringust võib järeldada, et kahenädalane jõuiseloomuga treening kutsub esile jõuvõimete tõusu ja langetab oluliselt kehakaalu vanadel katseloomadel. Kahenädalase treeningu tulemusena saavutab kehakaalu treeningujärgne taastumisdünaamika teatud

stabiilsuse, kuid kaheädalane taastumisperiood ei ole piisav saavutamaks kehakaalu taastumist (tabelid 11 ja 12).

Kahenädalane treeningperiood tekitas organismis muutusi, mis viisid töövõime, maksimaalse jõuvõimekuse ja haardejõu tõusule vanadel katseloomadel. Erinevad uuringud on veenvalt näidanud kehaliste harjutuste mõju vananevale organismile, suurendades lihasvalkude sünteesi ja jõuvõimete arengut (Pehme *et al.* 2004).

## VI JÄRELDUSED

1. Vananenud katseloomadel viib lisaraskusega jõutreening olulisele kehakaalu langusele.
2. Maksimaaljõutreening vananevatel loomadel viib olulisele töövõime tõusule, mis säilib ka taastumisperioodi jooksul.
3. Jõutreeningu tulemusena paraneb oluliselt vanade loomade jõugenereerimise võime haardejõu näitel, seejuures lisaraskusega treeningul oluliselt rohkem kui kehakaaluga treeningul.
4. Suhteline haardejõud suurenes oluliselt lisaraskusega treeningul ja säilis taastumisperioodi jooksul. Kehakaaluga treeningul saavutas suhteline haardejõud oluliselt kõrgema taseme võrreldes lähtetasemega taastumise lõpul.
5. Treenimata loomadel viib kõrge intensiivsusega jõutreening haardejõu langusele pingutuse järgselt, taastumise esimese 12-tunni jooksul. Madala intensiivsusega jõutreening viib treeningujärgselt taastumise esimese 12-tunni jooksul haardejõu tõusule.
6. Treeninguga kohanenud katseloomade haardejõud treeningujärgselt, esimese 12-tunni jooksul ei langenud ja taastumise dünaamikas gruppidevaheliselt ei erinenud.
7. Maksimaaljõu võimekus suureneb oluliselt lisaraskusega treeningul ja säilitab ka taastumisel kõrgema taseme võrreldes kehakaaluga treeningul.
8. Kehakaalu taastumisel koormusest ilmnes, et treenitavate ja treeninguga kohanenud loomade kehakaal langes oluliselt treeningujärgselt, treenimata loomadel ei taastunud kehakaal 48-tunni jooksul, kuid treeninguga kohanenud loomadel kehakaal taastus.



## VII KASUTATUD KIRJANDUS

1. **Avila J. J., Gutierrez J. A., Sheehy M. E., Lofgren I. E., Delmonico M. J.** Effect of moderate intensity resistance training during weight loss on body composition and physical performance in overweight older adults. *European Journal of Applied Physiology*, vol 109, issue 3, p517-9p, 2010.
2. **Avin K., Law L. A. F.** Age-related differences in muscle fatigue vary by contraction type: a meta-analysis. *Physical Therapy*, Vol. 91 Issue 8, p1153-13p, 2011.
3. **Aydos L., Ahmet U., Metin K., Ulunay K., Erdinc E., Serdar U.** The effect of volleyball on the sole contact areas and maximal forces of female volleyball players. *Homo Sporticus*, Vol. 14 Issue 1, p5 2012.
4. **Campos G. E., Luecke T. J., Wendeln H. K., Toma K., Hagerman F. C., Murray T. F., Ragg K. E., Ratamess N. A., Kraemer W. J., Staron R. S.** Muscular adaptations in response to three different resistance-training regimens: specificity of repetition maximum training zones. *European Journal of Applied Physiology*, 88(1-2): p50-60, 2002.
5. **Cantrell G., Schilling B., Paquette M., Murlasits Z.** Maximal strength, power, and aerobic endurance adaptations to concurrent strength and sprint interval training. *European Journal of Applied Physiology*, Vol. 114 Issue 4, p763-9p, 2014.
6. **Chen Y., Wang S., Bu S., Wang Y., Duan Y., Yang S.** Treadmill training prevents bone loss by inhibition of PPAR $\gamma$  expression but not promoting of Runx2 expression in ovariectomized rats. *European Journal of Applied Physiology*. 10.1007/s00421-010-1820-0, 2011.
7. **De Souza R. W. A., Aguiar A. F., Carani F. R., Campos G. E. R., Padovani C. R., Silva M. D. P.** High-intensity resistance training with insufficient recovery time between bouts induce atrophy and alterations in myosin heavy chain content in rat skeletal muscle. *The Anatomical Record* 294: p1393-1400, 2011
8. **Duncan N. D., Williams D. A., Lynch G. S.** Adaptations in rat skeletal muscle following long-term resistance exercise training. *European Journal of Applied Physiology* 77: p372-378. 1998.
9. **Ferri A., Narici M., Grassi B., Pousson M.** Neuromuscular recovery after a strength training session in elderly people. *European Journal of Applied Physiology*, 2006.
10. **Furrer R., Jaspers R. T., Baggerman H. L., Bravenboer N., Lips P., De Haan A.** Attenuated increase in maximal force of rat medial gastrocnemius muscle after

- concurrent peak power and endurance training. Biomedicine Research Institute 935671, 2013.
11. **Gasier H. G., Riechman S. E., Wiggs M. P., Buentello A., Previs S. F., Fluckey J. D.** Cumulative responses of muscle protein synthesis are augmented with chronic resistance exercise training. *Acta Physiology* 201, p381-389, 2011.
  12. **Goldspink G., Harridge S.** Cellular and molecular aspects of adaptation in skeletal muscle. In: Komi PV, (Ed). *Strength and power in sport*. Oxford, England: Blackwell, p211-229, 1992.
  13. **Guderley H., Houle-Leroy P., Diffie G. M., Camp D. M., Garland T.** Morphometry, ultrastructure, myosin isoforms, and metabolic capacities of the “mini muscles” favoured by selection for high activity in house mice. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part B* 144 271–282, 2006.
  14. **Hap P., Stejskal P., Jakubec A.** Volleyball players training intensity monitoring through the use of spectral analysis of heart rate variability during a training microcycle. *Acta Universitatis Palackianae Olomucensis. Gymnica*, Vol. 41 Issue 3, p33 6p, 2011.
  15. **Holviala J., Kraemer W. J., Sillanpää E., Karppinen H., Avela J., Kauhanen A., Häkkinen A., Häkkinen K.** Effects of strength, endurance and combined training on muscle strength, walking speed and dynamic balance in aging men. *European Journal of Applied Physiology*, vol 112, issue 4, p1335-1347, 2012.
  16. **Hämäläinen N., Pette D.** The histochemical profiles of fast fiber types IIB, IID and IIA in skeletal muscles of mouse, rat and rabbit. *Journal of Histochemical & Cytochemical* 41: p733-743, 1993.
  17. **Kadaja L., Eimre M., Paju K., Roosimaa M., Põdramägi T., Kaasik P., Pehme A., Orlova E., Mudist M., Peet N., Piirsoo A., Seene T., Gellerich F. N., Seppet E. K.** Impaired oxidative phosphorylation in overtrained rat myocardium. *Experimental & Clinical Cardiology*, 15(4): p116-127, 2010.
  18. **Koch L. G., Pollott G. E., Britton S. L.** Selectively bred rat model system for low and high response to exercise training, *International Journal of Sports Medicine*, 2013.
  19. **Marqueti R. C, Prestes J., Stotzer U. S., Paschoal M., Leite R. D., Perez S. E. A., Selistre de Araujo H. S.** MMP-2, Jumping Exercise and Nandrolone in Skeletal Muscle. *International Journal of Sports Medicine*; 29: 559–563, 2008.
  20. **Milic V., Nešić G., Trajkovic N., Radenkovic O.** Differences in the situational-motor skills (precision) and effectiveness of serbian volleyball players of the first and

second league. *Facta Universitatis: Series Physical Education & Sport*, Vol. 10 Issue 3, p267-9p, 2012.

21. **Murphy J. R., Button D. C., Chaouachi A., Behm D. G.** Prepubescent males are less susceptible to neuromuscular fatigue following resistance exercise. *National Center of Medicine and Science in Sports*, 2014.
22. **Nešić G., Ilić D., Majstorović N., Grbić V., Osmankac N.** Training effects on general and specific motor skills on female volleyball players 13-14 years old. *SportLogia*, Vol 9 issue 2. p 201, 2013.
23. **Pehme A.** Effect of mechanical loading and ageing on myosin heavy chain turnover rate in fast-twitch skeletal muscle. *IK 23-24. Tartu Ülikooli Kirjastus* 2004.
24. **Pehme A., Alev K., Kaasik P., Seene T.** Age-related changes in skeletal-muscle myosin heavy-chain composition: effect of mechanical loading. *Journal of Aging and Physical Activity* 12(1): 29-44, 2004.
25. **Rückenberg S.** Jõu- ja detreeningu mõju maksimaaljõu näitajatele. Magistritöö, Tartu Ülikool 2009.
26. **Sagim J.** Jõuvastupidavustreeningu ja taastumise mõju jõunäitajatele ja skeletilihastele. Magistritöö, Tartu Ülikool 2008.
27. **Salvador E. P., Dias R. M. R., Gurjao A. L. D., Avelar A., Pinto L. G., Gyriño E. S.** Effect of eight weeks of strength training on fatigue resistance in men and women. *Isokinetics & Exercise Science*, Vol. 17 Issue 2, p101, 2009.
28. **Schumann M., Walker S., Izquierdo M., Newton R. U., Kraemer W. J., Häkkinen K.** The order effect of combined endurance and strength loadings on force and hormone responses: effects of prolonged training. *European Journal of Applied Physiology* 10, 1007/s00421-013.2813-6, 2014.
29. **Seene T., Umnova M., Kaasik P.** Skeletilihaste tsütoarhitektuur. Tartu Ülikool ISBN 9985-4-0151-4 p 3-7, 55, 2000.
30. **Silva L. I., Merireles A., Nascimento M., Rocha B. P., Rosa C. T., Ribeiro L. F. C., Brancalhão R. M. C., Bertolini G. R. F.** Exercise and evaluation of histomorphometric parameters of sports sciences rat's soleus, submitted to jump remobilization in the aquatic environment. *Rev Brazilian Medicine Esporte*, Vol. 19, No 3- May/Jun, 2013
31. **Tamaki T., Uchiyama S., Nakano S.** A weight-lifting exercise model for inducing hypertrophy in the hindlimb muscles of rats. *Medicine Science of Sports Exercise*. 24: p881-886, 1992.

32. **Tillin N. A., Folland J. P.** Maximal and explosive strength training elicit distinct neuromuscular adaptations, specific to the training stimulus. *European Journal of Applied Physiology*, 2013.
33. **Timson B. F.** Evaluation of animal models for the study of exercise-induced muscle enlargement. *Journal of Applied Physiology* 69(6): p1935-1945, 1990.
34. **Walker S., Hulmi J. J., Wembom M., Nyman K., Kraemer W. J., Ahtiainen J. P., Häkkinen K.** Variable resistance training promotes greater fatigue resistance but not hypertrophy versus constant resistance training. *European Journal of Applied Physiology*. 10.1007/s00421-013-2653-4, 2013.
35. **Weiss L. W., Coney H. D, Clark F. C.** Differential functional adaptations to short-term low-, moderate- and high-repetition weight training. *Journal of Strength Conditioning Research*, 13: p236-241, 1999.
36. **Zhang C., Gao Y.** Effects of aging on the lateral transmission of force in rat skeletal muscle. *Journal of biomechanics*, vol. 47, issue 5, p944-948, 2014.

## **VIII SUMMARY**

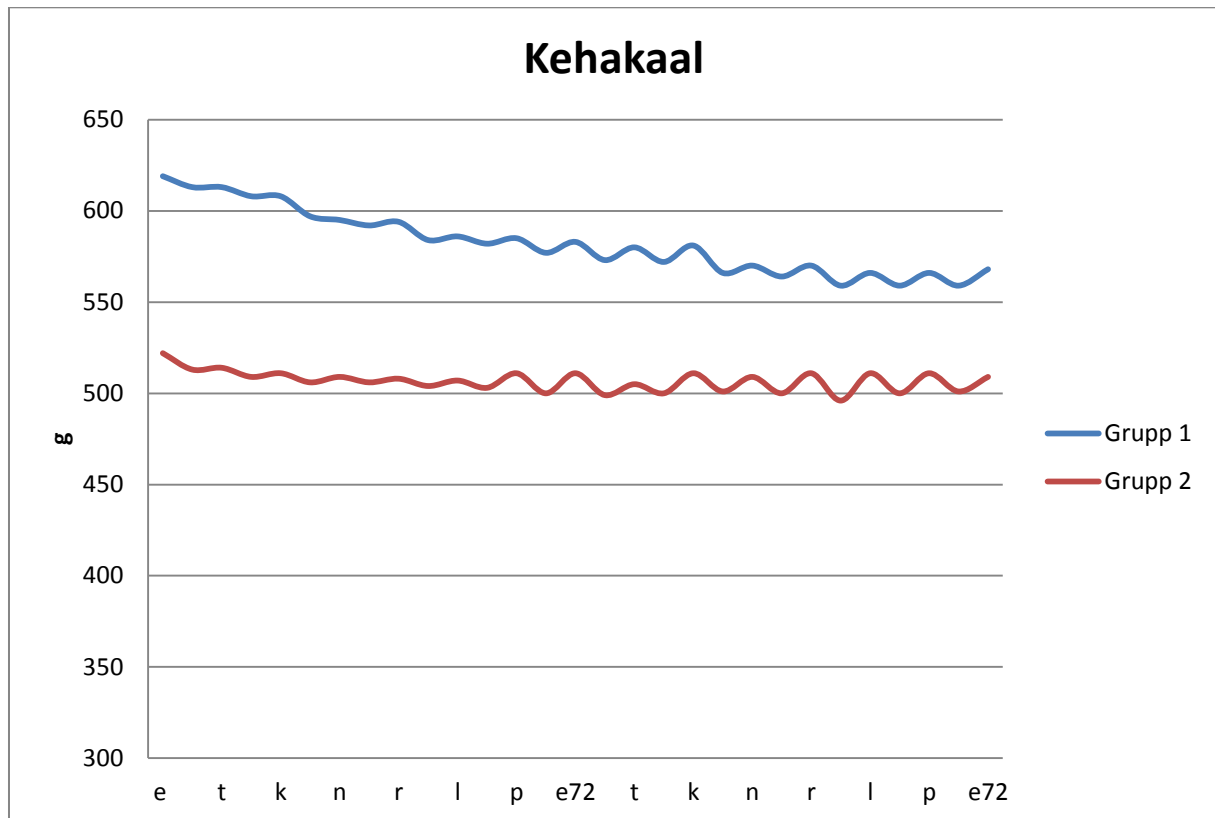
### **Effect of maximal- and resistance strength training in aging organism strength abilities and body weight- animal experimental study.**

The propose of this experimental study is to investigate the effects of maximal strength and resistance training in aging rats. Maximal strength training is defined as high-intensity training with weight carried on rats` tail. Resistance training means that rat has high-intensity training without any added weight. Difference of these two training method is critical to understand physical changes and give the best treatment to make physical shape in concrete sport better, even aging organism.

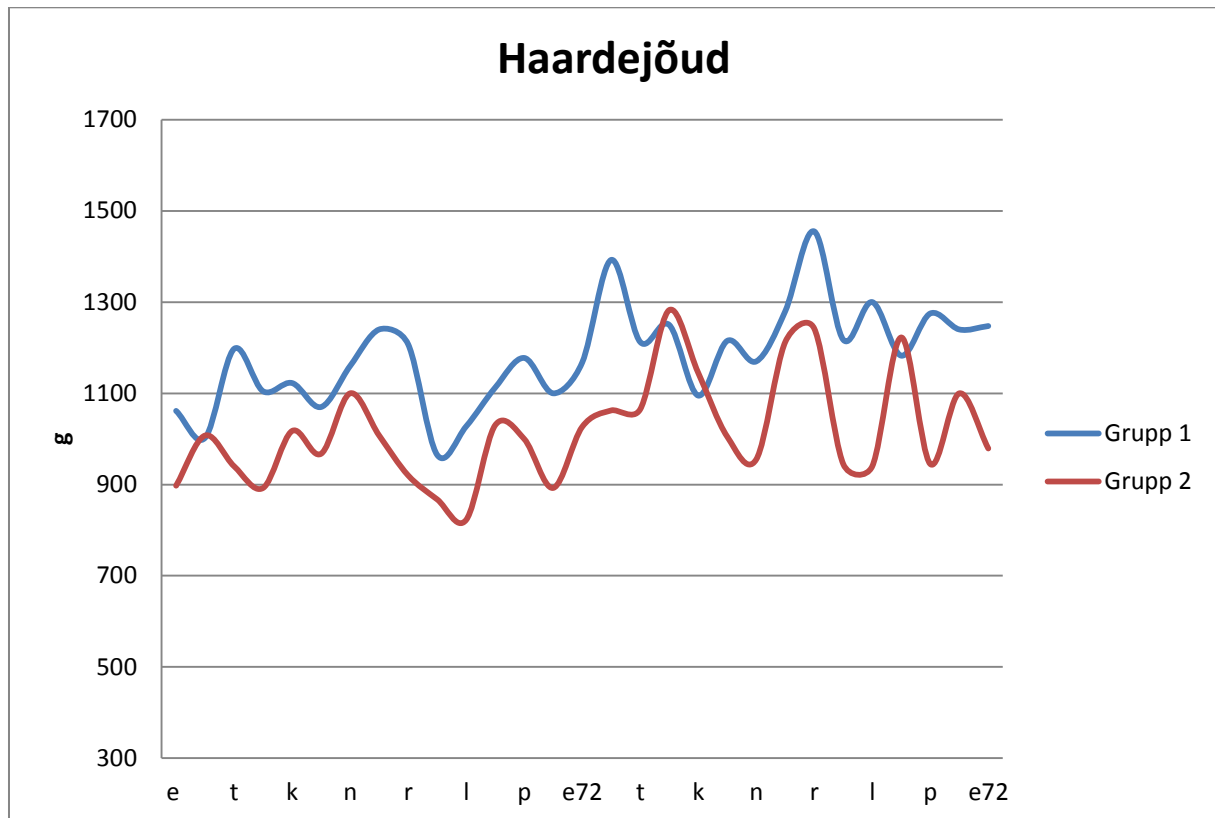
In this study the rats` strength indicates and body composition was examined. It`s important to know aging organism individuality like muscle atrophy and increase of body-weight. Processes what takes over then training period begins are mostly different than in young organism.

The goal of this study is to show that maximal strength- and resistance strength training improves body skeletal muscles and recovery differences in aging rats.

# LISA 1



## LISA 2



## **Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks**

Mina, Ott Riisenberg

(sünnikuupäev: 07.09.1989)

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose

„Maksimaal- ja lihasvastupidavustreeningu mõju vananeva organismi jõuvõimetele ja kehakaalule loomumudeli näitel“,

mille juhendaja on PhD Ando Pehme,

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

1.2. üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace'i kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tartus, 20.05.2014 (*kuupäev*)