

VOIMAOMINAISUUKSIEN MUUTOKSET 76–83 -VUOTIAILLA MIEHILLÄ

Nanne-Mari Luukkainen

Pro Gradu -tutkielma

Liikuntafysiologia

Liikuntabiologian tieteenalaryhmä

Jyväskylän yliopisto

Kevät 2018

Työnohjaaja: Juha Ahtiainen

Seminaarinohjaaja: Heikki Kainulainen

TIIVISTELMÄ

Luukkainen, Nanne-Mari. 2018. Voimaominaisuuksien muutokset 76–83 -vuotiailla miehillä. Liikuntabiologian tieteenala, Jyväskylän yliopisto, liikuntafysiologian pro gradu -tutkielma, 70 s.

Johdanto. Ikääntyminen tuo mukanaan erilaisia haasteita. Tällöin luut alkavat haurastua sekä aistit heikentyä. Ikääntymisen on huomattu vaikuttavan fyysisen suorituskyvyn muuttujiin. Iän myötä voimatasojen sekä toimintakyvyn on havaittu laskevan, mutta on myös huomattu, että erilaisella harjoittelulla voidaan parantaa suorituskykyä myös ikääntyessä. Voimaharjoittelun on havaittu parantavan muun muassa lihasten laatua ja voimatasoja. Harjoittelun on myös havaittu parantavan päivittäisistä askareista suoriutumista. Ikääntymisen muutosten nopeuteen vaikuttaa muun muassa perimä ja näin ollen ikääntyminen tapahtuu jokaisella omaa tahtia. Tässä työssä tutkittiin ikääntymisen ja voimaharjoittelun vaikutuksia ikääntyvillä miehillä 10 vuoden aikana.

Menetelmät. Tutkittavat olivat Jyväskylässä asuvia iäkkäitä miehiä, jotka olivat osallistuneet ensimmäisiin mittauksiin vuonna 2007. Tällöin heidät oli jaettu voimaharjoitteluryhmään, joka harjoitteli vuoden, sekä kontrolliryhmään. Ensimmäisen vuoden ohjatun voimaharjoittelujakson jälkeen osa tutkittavista jatkoi voimaharjoittelua koko kymmenen vuoden seurantajakson ajan. Kymmenenvuotismittauksiin osallistui 24 tutkittavaa (ikä 78.8 ± 2.1 vuotta). Mittaukset suoritettiin samalla tavalla jokaisena mittausvuotena (2007, 2008, 2009, 2011, 2014 ja 2017). Tutkittavien kehonkoostumusta tarkasteltiin eri mittausmenetelmillä kuten DXA:lla, ultraäänellä, bioimpedanssilla, ihopoimiumittauksella sekä heiltä mitattiin vartalon ympäryys, paino sekä pituus. Veriarvot otettiin laskimoverinäytteestä ja suorituskykymuuttujilla tarkasteltiin voimatasojen sekä muiden fyysisten ominaisuuksien muutoksia. Näitä mittauksia oli porrasjuoksu, tuolilta nousu, isometriset voimastetit, dynaaminen jalkaprässi ja staattinen hyppy. Aineisto analysoitiin tilastollisesti käyttäen IBM SPSS Statistics 22.0 -ohjelmaa.

Tulokset: Ikääntymisen havaittiin vaikuttavan suorituskykymuuttujiin. Suorituskykymuuttujat laskivat ikääntymisen myötä. Voimaharjoittelu paransi porrasjuoksun aikaa tilastollisesti merkitsevästi ilman lisäpainoja ja viiden kilogramman lisäpainoilla suoritettuina ($p < 0.05$). Kymmenen vuoden aikajaksolla tarkasteltaessa ilman painoja, viiden sekä 10 kilogramman lisäpainoilla tehdyt porrasjuokset kuitenkin hidastuivat tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0.001$). Myös muilla voima-/suorituskykymuuttujilla havaittiin sekä tulosten parantumista voimaharjoittelun myötä että tulosten heikkenemistä ikääntymisen myötä. Testosteronipitoisuus ei muuttunut ikääntymisen myötä merkitsevästi, mutta SHBG kasvoi 10 vuodessa ($p < 0.001$).

Pohdinta. Tässä pro gradu -tutkimuksessa selvitettiin ikääntyvillä miehillä kymmenen vuoden aikana tapahtuneita muutoksia kehon koostumuksessa, lihasten voimatasoissa sekä muissa suorituskykymuuttujissa. Tulokset osoittavat, että voimaharjoittelu on merkityksellistä myös vanhemmalla iällä. Voimaharjoittelulla pystytään estämään voima-arvojen ja suorituskyvyn heikkenemistä. Tulokset heikkenivät seurantajaksolla eniten heillä, jotka olivat aiemmin harjoitelleet, mutta olivat joutuneet joko lopettamaan harjoittelun tai vähentämään sitä.

Avainsanat: ikääntyminen, voimaharjoittelu, testosteroni

ABSTRACT

Luukkainen, Nanne-Mari. 2018. Changes in the strength properties of 76–83 years men. Faculty of Sport and Health Sciences, University of Jyväskylä, Master's thesis, 70pp.

Introduction. Several challenges arise when getting older. Bones become perish and senses weaken. Aging affects the physical performance: strength levels and functional capacity decline. However, it has been noted that different training can improve the physical performance even in older people. Strength training has been shown to improve also the quality and strength of the muscles. Daily living activities are also improved as a result of training. The speed of aging process is individual, since genome among other things has an effect on it. In this study, the effects of aging and strength training in the elderly were investigated over a 10-year period.

Methods. The subjects were elderly men living in Jyväskylä. They had participated in the measurements first time already in 2007. They were divided into a strength-training group and to a control group. After a first year instructed strength-training period some of the trainees continued their strength training throughout the ten years follow-up period. There were 24 subjects taken part in 10-year measurements. The measurements were performed in the same manner each year of measurements (2007, 2008, 2009, 2011, 2014 and 2017). The subjects' body composition was studied by using different measurement methods, such as DXA, ultrasound, bioimpedance, skinfold measurement. Body circumference, weight and length were also measured. Blood samples were taken from the venous blood sample and the changes of performance variables were observed. The performance variables included stairs rise, chair rise, isometric strength tests, dynamic leg press and static jump. The data was statistically analyzed by using the IBM SPSS Statistics 22.0 program.

Results. Aging did affect on performance variables. The performance variables decreased with aging. Strength training improved statistically significantly the time of the stair rise with no additional weight and with the extra weight of five kilograms ($p < 0.05$). However, the time of the stair rise with and without extra weight decreased statistically significantly ($p < 0.001$) during the ten-year period. Similar changes were also observed in other strength and performance variables. Testosterone levels did not change significantly with age but SHBG (sex hormone-binding globulin) increased during the 10-year period ($p < 0.001$).

Discussion. This master's thesis investigated the changes in body composition, muscle strength and other performance variables in old men for ten years. The results show that strength training is relevant to older men, too. Strength training can prevent weakening of force values and performance. In the followed-up period, the results were most affected by those who had previously been trained but had had to stop or reduce training.

Key words: aging, strength training, testosterone

KÄYTETYT LYHENTEET

ACSA	anatomical cross-sectional area, anatominen poikkipinta-ala
ADL	activities of daily living, päivittäiset aktiviteetit
ALST	appendicular lean soft tissue
BIA	bioimpedance, bioimpedanssi
BMI	body mass index, painoindeksi
CRF	cardiorespiratory fitness, hengitys- ja verenkiertoelimistön kunto
CSA	cross-sectional area, poikkipinta-ala
DXA	dual-energy X-ray absorptiometry, kaksiennergisen röntgensäteen absorptiometria
EWGSOP	European Working Group on Sarcopenia in Older People
FAT%	percentage of fat, rasvaprosentti
FFM	fat free mass, rasvaton kehonpaino
FM	fat mass, rasva massa
LEP	leg extensor power, jalan ojennusteho
LM	lean mass, rasvaton massa
MNA-SF	Mini Nutritional Assessment-Short Form
MQ	muscle quality as relative strength, lihasten laadun suhteellinen vahvuus
MQI	muscle quality index, lihaksen laadun indeksi
MRI	magnetic resonance imaging, magneettikuvaus
REI	muscle quality as strength relative to echo intensity
SHBG	sex hormone-binding globulin, sukupuolihormoneja sitova globuliini
SRH	self-rated health, itse koettu terveys
TB-SM	total body skeletal muscle, koko kehon luurankolihakset
THL	terveyden ja hyvinvoinnin laitos
Vo	shortening velocity
VO _{2 max}	maksimaalinen hapenottokyky
VO _{2 peak}	hapenottokyvyn huippuarvo
1 RM	one repetition maximum, yhden toiston maksimi

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

1 JOHDANTO	1
2 IKÄÄNTYMISEN AIHEUTTAMAT MUUTOKSET	3
2.1 Mitä on ikääntyminen?.....	3
2.1.1 Ravinto	4
2.1.2 Miesten ja naisten erot.....	6
2.2 Ikääntymisen vaikutukset toimintakykyyn sekä suorituskykymuuttujiin	7
2.3 Sarkopenia.....	9
2.4 Muutokset luurankolihasessa	11
2.4.1 Muutokset lihaksen rakenteessa	11
2.4.2 Muutokset voimantuotossa	12
3 LIIKUNNAN VAIKUTUKSET IKÄÄNTYMISEEN.....	14
3.1 Voimaharjoittelun aiheuttamat muutokset ikääntymiseen	16
4 TESTOSTERONI JA IKÄÄNTYMINEN	21
4.1 Testosteronin yhteys liikuntaan.....	21
4.2 Testosteronin ja sukupuolihormoneja sitovan globuliinin (SHBG) välinen yhteys.....	23
5 TUTKIMUSONGELMAT JA HYPOTEESIT.....	24
6 MENETELMÄT.....	26
6.1 Tutkimusasetelma	26
6.1.1 Tutkittavat.....	26
6.2 Koeasetelma	27
6.3 Mittaukset.....	28
6.3.1 Terveystarkastus	28
6.3.2 Suorituskykymittaukset	30
6.3.3 Kehonkoostumusmittaukset	35

6.3.4 Verinäytteet	39
6.4 Aineiston analysointi.....	39
6.5 Tilastollinen analysointi	40
7 TULOKSET.....	42
7.1 Suorituskykymittaukset.....	43
7.2 Kehonkoostumusmittaukset	49
7.3 Verinäytteet	49
7.4 Korrelaatiot	50
7.5 Voimaharjoitteluiden ja harjoittelemattomien tutkittavien muutokset.....	51
8 POHDINTA	54
LÄHTEET	60

1 JOHDANTO

Väestöt ympäri maailmaa ovat nopeasti ikääntyviä (WHO 2017). Suomi on nopeimmin ikääntyvä maa Euroopassa. Vuoteen 2040 mennessä arvioidaan yli 65-vuotiaiden osuuden kasvavan nykyisestä 17 prosentista 27 prosenttiin. (Valtion liikuntaneuvosto 2013.) Terveiden ja Hyvinvoinnin Laitos (THL) on arvioinut, että iäkkäiden henkilöiden määrä Suomessa tulee tulevaisuudessa nousemaan. On arvioitu, että vuonna 2050 jo joka neljäs suomalainen olisi täyttänyt 65 vuotta ja että 80 vuotta täyttäneiden osuus olisi 11 % koko väestöstä. Tämä tarkoittaisi sitä, että 80 vuotta täyttäneiden määrä olisi kaksinkertainen nykypäivään verrattuna. (THL 2016.)

Väestön vanhentuessa myös toimintarajoitteisten määrä tulee kasvamaan (THL 2016). Ikääntymisestä aiheutuvien julkisten kustannusten osuus Suomen valtion vuosittaisesta bruttokansantuotteesta kasvaa ennusteen mukaan vuoteen 2060 mennessä yli kaksinkertaiseksi EU:n keskiarvoon nähden (Valtion liikuntaneuvosto 2013). Näin ollen on myös yhteiskunnallisesti kannattavaa, että iäkkäät pyrkivät ylläpitämään ja kehittämään toimintakykyään, koska se vahvistaa arjessa selviytymistä sekä vähentää riskiä tapaturmille (THL 2017). ”Terve ikääntyminen” määritellään prosessiksi ylläpitää ja kehittää toimintakykyä. Se mahdollistaa hyvinvoinnin myös vanhemmalla iällä. (WHO 2017.) Liikkumattomuus lisää sosiaali- ja terveystalouksella muun muassa erilaisten loukkaantumisten myötä. Esimerkiksi Suomessa tapahtuu vuosittain yli 7 000 lonkkamurtumaa, joista suurin osa johtuu kaatumisesta. Tähän säännöllinen tasapaino- ja voimaharjoittelu iäkkäillä on tehokkain yksittäinen keino ehkäistä näitä kaatumisia. (Valtion liikuntaneuvosto 2013.) Kuitenkin iäkkäiden henkilöiden toimintakyky on koko ajan parantunut 1970-luvulta lähtien (THL 2016).

Liikunnallisesti aktiiviset ikääntyneet ennustavat itselleen selvästi parempaa terveyttä kuin vähemmän liikkuvat (Beyer ym. 2015). Erityisesti voimaharjoittelun on havaittu parantavan ikääntyvien (70–75 v.) tutkittavien funktionaalista autonomiaa sekä vähentävän kaatumisriskiä (Castro ym. 2016). Liikunnalla on havaittu olevan myös muita vaikutuksia ikääntyneiden toimintakykyyn ja näin ollen on tärkeää pyrkiä selvittämään millä tavoin harjoittelu ja erityisesti voimaharjoittelu vaikuttaa ikääntyneiden toimintakykyyn. Näin pystytään paremmin ehkäisemään ikääntymisen vaikutuksia ja pidettyä ikääntyneet toimintakuntoisina kauemmin.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on tarkastella kymmenen vuoden aikana tapahtuvia muutoksia kehon koostumuksessa, lihasten voimatasoissa sekä suorituskykymuuttujissa ikääntyvillä miehillä. Lisäksi tarkastellaan testosteronipitoisuuksien muutoksia ikääntymisen myötä sekä sen vaikutuksia voimatasoihin. Tutkimuksessa myös tarkastellaan fyysisen aktiivisuustason muutoksia voimaharjoitelleilla sekä harjoittelemattomilla ikääntyvillä. Näin pyritään havaitsemaan säännöllisen voimaharjoittelun avulla tapahtuvia muutoksia ja sitä, miten ne mahdollisesti ehkäisevät ikääntymisen tuomia muutoksia.

2 IKÄÄNTYMISEN AIHEUTTAMAT MUUTOKSET

2.1 Mitä on ikääntyminen?

Ikääntyminen tuo mukanaan monenlaisia muutoksia elimistöön. Näistä yksi merkittävimmistä on fyysisen toimintakyvyn lasku iän myötä (Jancova-Vseteckova ym. 2015). Vanheneminen tapahtuu kaikilla omaa tahtia, koska perinnölliset tekijät vaikuttavat siihen. Iäkkäillä on huomattu sydämen maksimaalisen lyöntitiheyden pienenemistä ja lihaksen voimatasojen heikkenemistä. (Nienstedt ym. 2006, 596–597.) Suorituskyvyn heikkenemistä on havainnollistettu muun muassa yleisurheilun maailmanennätysaikojen heikkenemisellä, mitä vanhemmasta ikäryhmästä on kysymys (Rosenbloom 2014). Lisäksi tapahtuu heikkenemistä näön ja kuulon osalta, erityisesti korkeiden äänien kuulemisessa. Myöskään haju- ja makuaisti eivät välttämättä ole enää yhtä teräviä kuin ennen. Vitaalikapasiteetin, perusaineenvaihdunnan ja munuaisten toiminnassa on havaittu tapahtuvan tasaista heikkenemistä. Kehon koostumuksessa on havaittu muutoksia luiden mineraalien vähentymisestä, elimistön rasvamäärän lisääntymistä ja nestemäärän vähentymistä. Myös aivoissa on havaittu ikääntymisen merkkejä. Tällöin aivojen paino pienenee, solut vähenevät, aivokammiot suurenevät ja muisti heikkenee. (Nienstedt ym. 2006, 597–598.)

Lisäksi hengitys- ja verenkiertoelimistön kunto (cardiorespiratory fitness, CRF) laskee aikuisilla iän myötä, mihin vaikuttaa suuresti myös elintavat. Matala CRF on liitetty sairauksien riskiin ja ikääntyvien henkilöiden kykyyn toimia itsenäisesti. Jacksonin ym. (2009) tutkimuksessa CRF:n lasku suhteutettuna ikään ei ollut lineaarinen vaan 45 ikävuoden jälkeen CRF laski kiihtyvällä nopeudella. CRF on myös liitetty positiivisesti itse raportoituun liikuntaan. Korkeampia CRF arvoja koko aikuisen eliniän ajan huomattiin heillä, jotka ylläpitivät matalaa painoindeksiä (BMI, body mass index), olivat fyysisesti aktiivisia ja tupakoimattomia. Miehillä huomattiin myös korkeampia CRF arvoja kuin naisilla. Lisäksi miehet olivat pidempiä ja painavampia kuin naiset. (Jackson ym. 2009.)

Iän myötä merkittäviä ($p < 0.05$) muutoksia on havaittu käsien puristusvoimassa ja kehon rasvaprosentissa sekä rasvattomassa massassa (Chin ym. 2012). Myös Sillanpää ym. (2014) sekä McPhee ym. (2013) havaitsivat tutkimuksessaan käden puristusvoiman heikkenevän,

mitä vanhemmasta tutkittavasta oli kysymys. Näiden lisäksi myös yhden toiston maksimi (one repetition maximum, 1 RM) voimissa on havaittu olevan nuorempien (< 45 v.) sekä vanhempien (> 65 v.) tutkittavien välillä eroja voimatasojen ollessa merkittävästi parempia nuoremmilla (Ahtiainen ym. 2016).

Myönteiset käsitykset ikääntymisestä ovat yhteydessä parempaan koettuun terveyteen (Beyer ym. 2015). Itse koettu terveys (self-rated health, SRH) on terveydentila, jonka on osoitettu ennustavan toiminnan heikkenemistä, kipua ja kuolleisuutta (Quail ym. 2007). Itse koetulla terveydellä taas on havaittu olevan merkitsevä yhteys liikunta-aktiivisuuteen. Tällä ei ole havaittu olevan vaikutusta siihen, tapahtuuko liikunnan harrastaminen ulko- vai sisätiloissa. (Kerr ym. 2012.) Hyvän terveydentilan raportointi liittyi voimakkaasti korkeampiin fyysisen aktiivisuuden tasoihin, vaikka fyysinen aktiivisuus laskeekin merkittävästi iän myötä (Persson & While 2011). Iäkkäillä on havaittu 12 vuoden seurantatutkimuksen aikana lääkkeiden määrän sekä itseraportoidun terveysongelmien kasvavan iän myötä merkitsevästi ($p < 0.05$) (Frontera ym. 2000).

2.1.1 Ravinto

Yleisesti ottaen energiantarve laskee ikääntymisen myötä. Tämä johtuu lihasmassan laskun aiheuttavasta perusaineenvaihdunnan pienenemisestä. Lisäksi kokonaisenergiankulutuksen, ruuan lämpövaikutuksen sekä fyysisen aktiivisuuden on havaittu laskevan ikääntyessä. (Rosenbloom 2014.) Mero ym. (2013) tutkimuksessa huomattiin kokonaisenergian saannin olevan vanhemmilla miehillä pienempää kuin nuoremmilla miehillä. Lisäksi nuoremmat miehet nauttivat merkittävästi enemmän hiilihydraatteja, proteiineja ja rasvaa kehon massaansa nähden 21 viikon voimaharjoittelun aikana.

Ikääntyvillä hiilihydraattien saannin tulisi olla harjoittelun aiheuttaman tarpeen mukaista. Eli varsinkin urheilua harrastavien ihmisten tulee huolehtia riittävästä hiilihydraattien saannista. Matala intensiteettistä tai kevyttä harjoittelua varten hiilihydraattien saanniksi riittää 3–5 g/kg/pv, kun taas kovatehoisemmassa, esimerkiksi kovaa kestävyyttä vaativissa kovalla intensiteetillä menevissä kolmen-neljän tunnin harjoituksessa päivässä, hiilihydraattien saanti on monta kertaa suurempaa kuin normaalisti (8–12 g/kg/pv). Proteiinin saannin tulisi olla ikään-

tyvillä urheilijoilla 1.0–1.7 g/kg/pv, jolloin tulisi nauttia vähärasvaista puhdasta proteiinia ruokailun ajoituksen ollessa tärkeää suoritukseen nähden. Rasvan saannin suositus on 20–35 % kokonaisenergiansaannista. (Rosenbloom 2014.) Erityisesti ravinnon riittävyys, monipuolisuus ja laatu ovat tärkeitä kaikille olit sitten liikunnan harrastaja tai et (Ilander 2014).

Joidenkin mikroravintoaineiden tarve muuttuu ikääntymisen aikana. Ikääntyminen kasvattaa D-vitamiinin, B6-vitamiinin, B12-vitamiinin sekä kalsiumin tarvetta. D-vitamiinia tarvitaan ikääntymisen myötä lisää, koska iholla tapahtuva D-vitamiinin synteesi on heikompaa sekä sen pitoisuudet ovat pienemmät verenkierrossa. (Rosenbloom 2014.) D-vitamiinin alhaiset tasot on myös yhdistetty huonompaan fyysiseen suorituskyykyyn ja suurempaan suorituskyyvyn laskuun vanhemmilla miehillä ja naisilla (Wicherts ym. 2007). B6-vitamiinin tarpeeseen vaikuttaa ikä ja sukupuoli. Näin ollen miehillä ikääntymisen myötä B6-vitamiinin tarve nousee hieman enemmän kuin naisilla. Osalla ikääntyvistä on myös imeytymishäiriöitä B12-vitamiinin suhteen ja näin on yleistä sen nauttiminen lisänä. Lisäksi kalsiumin imeytyminen heikkenee iän myötä. Muutamia mikroravintoaineiden tarvetta ikääntyminen kuitenkin vähentää. Tällaisia ovat esimerkiksi rauta, koska naisilta loppuu kuukautiset sekä kromi, energiantarpeen vähenemisen myötä. (Rosenbloom 2014.)

Ikääntyvillä on myös erityinen haaste nesteytyksen kanssa, koska esimerkiksi lämpimässä harjoittelevilla ikääntyneillä on vähentynyt janon tunne. Myös heidän hikoilunsa on muuttunut ikääntymisen myötä. Lisäksi osa lääkkeistä voi vaikuttaa nestetasapainoon. Näin ollen ikääntyvien tulee juoda suunnitellusti, että he saavat tarpeeksi nestettä eivätkä toisaalta kärsi liiallisesta nesteytyksestä. Kunnollisen nesteytyksen takaamiseksi voidaan käyttää apuna seuraavia toimenpiteitä. Painoa voi mitata ennen ja jälkeen harjoituksen. Jos huomataan nestevaajausta, on se korvattava 1.2–1.5 litralla nestettä per menetetty kilogramma. Virtsan määrää ja väriä on hyvä tarkkailla. On siis muistettava nesteen nauttiminen ennen harjoitusta ja sen aikana. Lisäksi nestepitoisten ruokien nauttiminen, diureettisten aineiden välttäminen ja nesteen juominen ruokailun yhteydessä vähentää nestehukkaa. (Rosenbloom 2014.)

Elintavat ovat kehittyneet pitkällä aikavälillä niin kuin nuoremman aikuisväestön osalta. Ruokatottumukset ovat muuttuneet terveellisimmiksi, voin käyttö on vähentynyt, rasvattoman

maidon käyttö yleistynyt ja kasvien sekä marjojen käyttö on lisääntynyt. Vuoden 2009 jälkeen voi-kasviöljyseoksen käyttö on kuitenkin lisääntynyt. (Helldán & Helakorpi 2014.)

2.1.2 Miesten ja naisten erot

Yli 74 -vuotiaiden naisten toimintakyvyn on havaittu olevan keskimäärin heikompi kuin saman ikäisillä miehillä. Kuitenkaan nuoremmilla eläkeikäisillä ei havaittu toimintakyvyssä muutosta sukupuolten välillä. (Helldán & Helakorpi 2014.) Fyysinen aktiivisuus alkoi laskea aikaisemmin ja nopeammin vanhemmalla iällä naisilla verrattuna miehiin (Shaw ym. 2010). Fyysinen aktiivisuus oli korkeampi 65–94 -vuotiailla miehillä verrattuna naisiin (Autenrieth ym. 2013). Lisäksi iän myötä fyysisen toimintakyvyn ongelmat yleistyivät jyrkemmin naisilla kuin miehillä. Esimerkiksi puolen kilometrin kävelyssä vuonna 2011 oli vaikeuksia 75 vuotta näyttäneistä naisista jopa puolella ja miehistä kolmanneksella. Kävelynopeus oli tällöin hitaampi kuin liikennevalojen mitoitukseen käytetty 1.2 m/s aika. (THL 2017.)

Iäkkäämmillä miehillä ja naisilla on havaittu olevan lihasten voimatasojen muutosten suhteen eroavaisuuksia. Miesten huomattiin menettävän voimaa melkein kaksi kertaa enemmän kuin naisten (70–79 v.). Suhteellinen voiman menetys olikin suurempi miehillä. Toisin miehet olivat alussa vahvempia kuin naiset. Lisäksi miehet menettivät enemmän jalkojen rasvatonta massaa kuin naiset. (Goodpaster ym. 2006.) Myös miesten absoluuttisen rasvattoman massan on havaittu olevan suurempi miehillä (Gouveia ym. 2016). Toisaalta myös miesten voimantuotto kehittyi naisia suuremmaksi miessukupuolihormonien vaikutuksesta (Häkkinen & Ah-tiainen 2016).

Fiibereiden lyhenemisnopeuteen (shortening velocity, V_0 , fiibereiden pituus/sekunti) vaikuttaa sekä ikä että sukupuoli. V_0 laskee iän myötä tyyppin I lihasfiibereissä naisilla ja tyyppin IIA fiibereissä miehillä. Tyyppin IIA fiibereissä oli hitaampi V_0 vanhemmilla naisilla kuin vanhemmilla miehillä ($p < 0.05$). (Krivickas ym. 2001.)

2.2 Ikääntymisen vaikutukset toimintakykyyn sekä suorituskykymuuttujiin

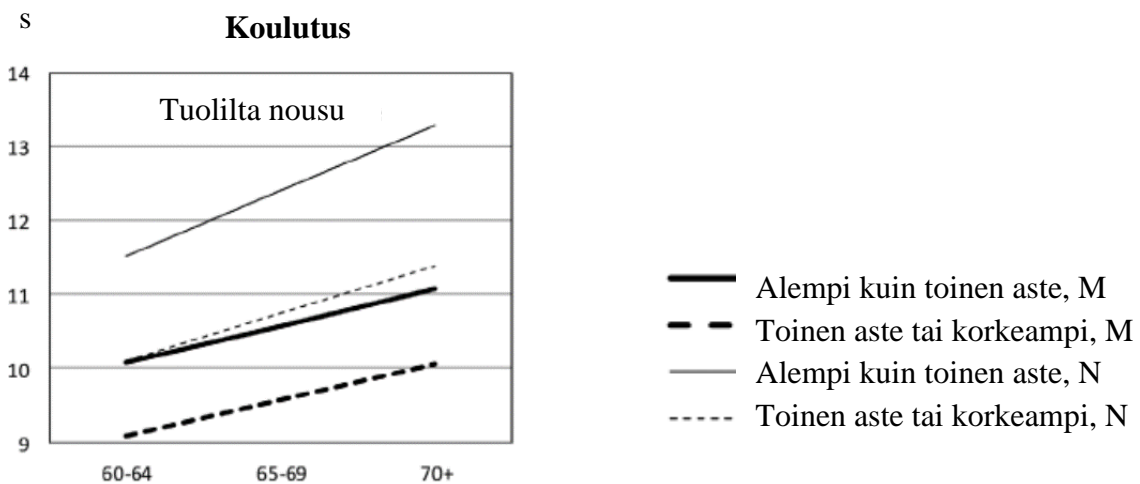
Vanhempien ihmisten kyky toimia itsenäisesti riippuu suurelta osin siitä, että pystytään ylläpitämään riittävää aerobista kapasiteettia ja voimaa päivittäisissä aktiviteeteissa. Aerobisen kapasiteetin tunnetaan yleisesti laskevan iän myötä. Flegin ym. (2005) tutkimuksessa havaittiin laskua VO_{2peak} -arvossa jokaisessa kuudessa ikävuosikymmenessä, joita he olivat tutkineet. Laskua havaittiin niin naisilla kuin miehillä. Laskun huomattiin kiihtyvän 3 %:sta 6 %:iin kymmenen vuoden aikana 20- ja 30-vuotiailla, mutta kymmenen vuoden aikana 70-vuotiailla ja vanhemmilla lasku oli jo suurempi kuin 20 %:a. Näin ollen VO_{2peak} -arvon lasku ei ole vakio terveillä henkilöillä koko eliniän ajan, vaan se kiihtyy yhä enemmän korkeammalla iällä. Tämä on havaittu tapahtuvan molemmilla sukupuolilla. Jokaisen vuosikymmenen aikana lasku VO_{2peak} -arvossa oli miehillä suurempaa kuin naisilla 40-vuotiaasta eteenpäin. Toki naisilla absoluuttiset arvot olivat hieman pienemmät. (VO_{2peak} per kilogramma noin 17 % alempi naisilla kuin miehillä, mutta kun se indeksoitiin FFM:lle niin ero oli enää < 4 %.) (Fleg ym. 2005) VO_{2max} -arvon havaittiin myös laskevan iän myötä (Jackson ym. 2009). VO_{2max} -arvossa laskua on havaittu tapahtuvan noin 10 % per vuosikymmenen 30-vuotiaasta eteenpäin (Rosenbloom 2014). Lihasvoiman heikkenemistä on myös havaittu kolmenkymmenen ikävuoden jälkeen noin 1 % verran vuodessa (Nienstedt ym. 2006, 597). Kuitenkin tämä lasku on huomattavasti pienempää (5 % per kymmenen vuotta), jos on kyse kestävyysurheilijoista. (Rosenbloom 2014).

Hapenottokyvyn lisäksi myös fyysinen aktiivisuus laskee iän myötä niin naisilla kuin miehilläkin (Hawkins ym. 2009; Shaw ym. 2010; Persson & While 2011; Fan ym. 2013). Lasku ei kuitenkaan ole lineaarista koko eliniän ajan vaan esimerkiksi 75 ikävuodesta eteenpäin on havaittu esiintyvän merkittävää vähenemistä useimmissa eri liikunta-aktiviteeteissa naisilla. Huomattiin myös, että ennen 55–64 ikäryhmää ei tapahtunut merkitsevää vähenemistä fyysisessä aktiivisuudessa, vaikka sitä ennenkin aktiivisuus vähentyi. Lisäksi tutkimuksessa havaittiin kaksi kriittistä ikä-periodia, jossa fyysinen aktiivisuus laski merkittävästi; 55–64 ja 75+ (Fan ym. 2013.)

Nuorempiin verrattuna vanhemmissa ikäluokissa on suurempi osuus henkilöitä, jotka eivät pysty ollenkaan harrastamaan liikuntaa. Suomalaisista 80–84 vuotiaista miehistä 14 % ja nai-

sista 29 % ilmoitti kyselytutkimuksessa, ettei pysty lainkaan harrastamaan liikuntaa. On kuitenkin huomattu, että eläkeikäisten toimintakyky on parantunut selvästi viime vuosikymmenten aikana. (Helldán & Helakorpi 2014.)

Yleisesti ottaen korkeampi intensiteettiset aktiviteetit vähenevät aiemmin kuin matalaintensiteettiset aktiviteetit (Fan ym. 2013). Lisäksi istumisajoissa on eroavaisuuksia. Maantieteellisesti suuriakin eroja istumisaikojen suhteen on havaittu tutkittaessa 32 Euroopan maata ja aikuisten istumisaikojen esiintyvyyttä. Luoteis-Euroopan maat yleisesti raportoivat korkeampia istumisaikoja kuin Kaakkois-Euroopan maat. (Bennie ym. 2013.) Myös koulutustasojen on havaittu vaikuttavan fyysiseen toimintakykyyn. Korkeimman koulutuksen saaneet miehet ja naiset olivat noin kaksi sekuntia nopeampia tuolilta nousutestissä kuin alhaisemmin koulutetut (kuva 1). Lisäksi huomattiin yhtäläisyyksiä koulutustason ja kävelynopeuden kanssa, mutta puristusvoimaan se ei vaikuttanut. Sosioekonomisten ryhmien väliset erot olivat myös samanlaisia eri ikäluokissa. Koulutusmuuttujalla pystytään myös hyvin pitkällä aikavälillä arvioimaan terveyteen liittyvää eriarvoisuutta. (Jancova-Vseteckova ym. 2015.) Asuinalueen on myös huomattu vaikuttavan fyysiseen aktiivisuuteen ja siihen, mitä harjoitellaan (Persson & While 2011; Dafna ym. 2012). Asuminen alueella, jossa on hyvät virkistysmahdollisuudet liittyvät merkittävästi siihen, että on fyysisesti aktiivinen suositeltavilla tasoilla. (Persson & While 2011.)

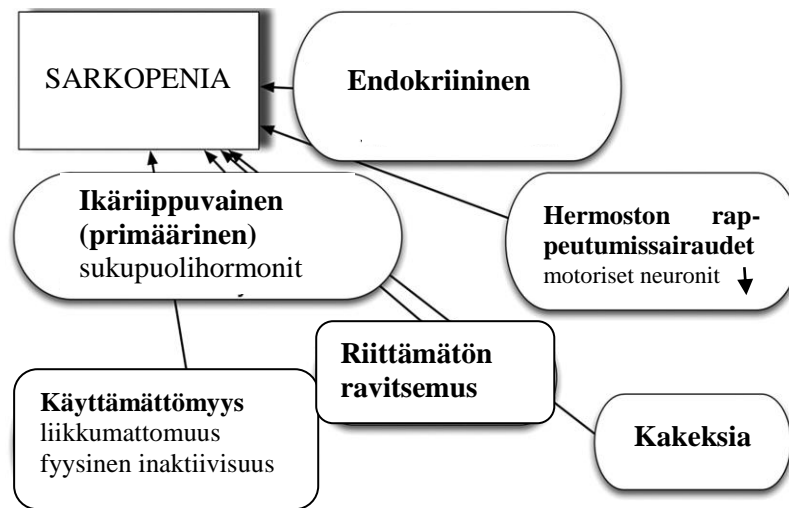


KUVA 1. Keskiarvonopeudet tuolilta nousussa eri ikäisillä ikääntyvillä miehillä (M) ja naisilla (N) koulutustason mukaan (mukailtu Jancova-Vseteckova ym. 2015).

English & Paddon-Jones (2010) totesivat review:saan, että ikääntyvillä vuodelepo vähentää proteiinisynteesiä ja kiihdyttää lihasmassan, voiman, tehon sekä toiminnallisen kapasiteetin heikentymistä. Lisäksi se pahentaa olemassa olevaa sarkopeniaa. Näiden muutosten vuoksi tutkijat suosittelivat eri lähestymistapoja, joilla pyritään vähentämään lihasmassan laskua ja toiminnan vähentymistä ikääntyvillä: 1) joka aterialla tulee nauttia kohtuullinen määrä korkealaatuista proteiinia (25–30 g), 2) proteiinipitoiset ateriat tulee sisällyttää normaalin liikunnan läheisyyteen sekä 3) lihasmassan ja toiminnan menetyksen ehkäisemiseksi tulee reagoida nopeasti akuutin katabolisen ”kriisin” sekä heikentyneen fyysisen aktiivisuuden aikana. (English & Paddon-Jones 2010.)

2.3 Sarkopenia

Tarkastellessaan terveyttä ja ravintoa iäkkäillä henkilöillä Rosenberg huomasi rasvattoman kehon massan laskua, mille hän antoi nimeksi sarkopenia. Sarkopenia-sana tuli kreikan kielen sanoista sarx (liha) ja pania (menetyks). Siitä lähtien sarkopenia-termiä on käytetty kuvastamaan lihaksen massan ja toiminnan vähentymistä ikääntymisen myötä. (Rosenberg, 1997.) Useiden eurooppalaisten organisaatioiden perustama sarkopenia-työryhmä (European Working Group on Sarcopenia in Older People, EWGSOP) kehitti käytännöllisen kliinisen määritelmän ja konsensuksen diagnosoidakseen ikään liittyvää sarkopeniaa. EWGSOP:n raportissa on määritelty kolme sarkopenian diagnosointiperustetta. Siinä diagnosointi perustuu kriteeriin 1 (alhainen lihasmassa) sekä kriteeriin 2 (alhainen lihasvoima) tai kriteeriin 3 (alhainen fyysinen suorituskky). On olemassa monia eri mekanismeja (kuva 2), jotka voivat olla osallisena sarkopenian puhkeamisessa ja etenemisessä. Näihin mekanismeihin kuuluu muun muassa proteiinisynteesi, proteolyysi, neuromuskulaarinen eheys ja lihaksen rasvapitoisuus. Ihmisellä, jolla on sarkopenia, voi esiintyä useampiakin mekanismeja. Vaikka sarkopeniaa pääsääntöisesti havaitaan iäkkäillä ihmisillä, voi se kehittyä myös nuoremmilla aikuisilla. Sarkopenia voidaan jakaa primääriseen (ikään liittyvään) tai sekundääriseen (muut syyt ilmeisiä kuten liikkumiseen, sairauteen tai ravitsemukseen liittyvään) sarkopeniaan. EWGSOP listasi sarkopenian käsitteelliset vaiheet. Presarkopeniassa lihasmassa laskee, mutta lihaksen voimassa eikä yleisessä suorituskvyssä tapahdu muutosta. Sarkopeniassa lihaksen massa laskee ja lihaksen voima tai yleinen suorituskky laskee ja vaikeassa sarkopeniassa laskee nämä kaikki kolme edellä mainittua asiaa. (Cruz-Jentoft ym. 2010.)



KUVA 2. Sarkopenian mekanismit (mukailtu Cruz-Jentoft ym. 2010).

Gouveia ym. (2016) havaitsivat koko kehon luurankoli hasten (total body skeletal muscle, TB-SM) ja ALST:n (appendicular lean soft tissue) olevan korkeammat tutkimuksen nuoremmassa ikäryhmässä (60–64 v.), kun verrattiin heitä vanhimpaan ikäryhmään (75–79 v.) niin naisilla kuin miehillä. Ravinnon yhteyttä tarkastellessa on huomattu ruokavalion proteiini saannin olevan yhteydessä rasvattoman massan (lean mass, LM) muutoksiin. Kolmen vuoden tutkimuksen aikana enemmän proteiinia nauttineet vanhuksat menettivät noin 40 % vähemmän LM:ää kuin ne, jotka olivat saaneet tutkimuksen aikana vähiten proteiinia. Lisäksi heistä, jotka menettivät painoaan kolmen vuoden aikana, alempi proteiinien saanti liittyi suurempaan LM:n menetykseen. Näin ollen tutkijat epäilivät tuloksia tarkastellessa matalan proteiinin saannin olevan riskitekijä sarkopenialle vanhempien ihmisten keskuudessa. (Houston ym. 2008.) Yli 65-vuotiailla miehillä ja naisilla, jotka kuuluivat sarkopenia-ryhmään, hoidon tarve oli suurempaa, heidän painonsa oli alhaisempi sekä ravitsemuksellinen arviointi (Mini Nutritional Assessment-Short Form, MNA-SF) ja BMI olivat merkittävästi alhaisemmat kuin ei-sarkopenia-ryhmässä. Lisäksi sarkopenia-ryhmän päivittäiset aktiviteettitasot (activities of daily living, ADL) olivat merkittävästi alhaisemmat. Tämän vuoksi on tärkeää sisällyttää ravinto ja päivittäinen liikunta sarkopenian arvioinnissa ja hoidossa. (Shiozu ym. 2015.)

2.4 Muutokset luurankolihasessa

Lihaskudosta on aikuisen ihmisen painosta noin 45 % (Ostrovidov ym. 2014). Yhteensä ihmisellä on yli 660 luurankolihasta, jotka osallistuvat liikkumiseen ja voimantuottoon liikkeissä. Luurankolihasesta 70 % on vettä, 20 % proteiineja sekä loput epäorgaanisia suoloja, entsyymejä, rasvoja, hiilihydraatteja ja pigmenttejä. (Avela ym. 2016.) Lihaskudos voidaan jakaa kolmeen eri lajiin, joita ovat poikkijuovainen lihas, sileä lihas ja sydänlihas. Tässä työssä lihaksesta puhuttaessa tarkoitetaan poikkijuovaista lihasta, jotka ovat jänteiden avulla kiinnittyneet luihin ja näin näitä lihaksia nimitetään myös luurankolihasiksi. Lihas muodostuu 5–50 mm pitkistä ja 10–100 µm paksuista lihassyistä, joita on sekä nopeita että hitaita. (Nienstedt ym. 2006, 76.)

12 vuoden seurantajaksolla havaittiin muutoksia luurankolihasen koossa ja toiminnassa. Alkutestit (keski-ikä: 65.4 ± 4.2 v.) tehtiin ennen voimaharjoittelua, jota kukaan tutkittava ei kuitenkaan jatkanut alun jälkeen. Poikkipinta-alassa (cross-sectional area, CSA) iäkkäillä havaittiin merkittävää alenemista (12.5–16.1 %) kaikissa reiden lihaksissa 12 vuoden aikana. (Frontera ym. 2000.) Voimaharjoittelulla kuitenkin pystytään kasvattamaan lihaksen poikkipinta-alaa (Häkkinen ym. 2002; Reeves ym. 2004a; Ozaki ym. 2017.) Poikkipinta-alan lisäksi eri fiibereiden prosenttiosuiksissa havaittiin muutosta. Tyypin I fiibereiden prosenttiosuus laski merkittävästi ja näin ollen tyypin II fiibereiden osuus kasvoi. Kuitenkaan fiibereiden pinta-alassa ei havaittu muutosta kummassakaan lihastyypissä. (Frontera ym. 2000). Toisaalta tyypin II fiibereiden koon havaittiin pienentyvän ikääntymisen myötä (Grimby ym. 1982; Hortobágyi ym. 1995). Lisäksi poikkipinta-alan on huomattu laskevan tyypin I fiibereissä merkittävästi iäkkäämmillä (D'Antona ym. 2003). 12 vuoden jälkeen myös lihasten kapillaarien tiheys (kapillaari-fiiberi suhde) väheni merkittävästi ($p < 0.05$) (Frontera ym. 2000). Ikääntyminen saa aikaan monia muutoksia luurankolihasessa niin voimaominaisuuksien suhteen kuin rakenteellisestikin.

2.4.1 Muutokset lihaksen rakenteessa

Lihasmassan on huomattu muuttuvan iän myötä. Goodpasterin ym. (2006) tutkimuksessa lihasmassan vähentyminen liittyi alentuneeseen voimaan vanhemmilla aikuisilla (70–79 v.).

Kuitenkin voiman lasku tapahtui nopeammin kuin lihasmassan väheneminen, mikä viittaa alentuneeseen lihasten laatuun. Tutkimuksessa havaittiin lisäksi, että lihasmassan ylläpitäminen tai jopa sen lisääntyminen ei estä ikään liittyvää lihaksen voiman alentumista. Voiman lasku jaloissa olikin melkein kolme kertaa suurempi kuin jalkojen lihasmassan lasku, joka oli noin 1 % per vuosi. (Goodpaster ym. 2006.) Lihasmassan yhteys fyysiseen suorituskykyyn ei ole aina samanlainen. Esimerkiksi lihasmassan ei ole havaittu liittyvän fyysiseen suorituskykyyn heikoilla iäkkäämmillä aikuisilla (65–97 v.). Näin ollen kliinisissä käytännöissä heikkojen iäkkäiden tulisi keskittyä lihasvoimaan mieluummin kuin lihasmassaan. (Kim ym. 2012.)

Harjoittelulla taas saadaan aikaan vastakkaisia muutoksia lihasten rakenteessa. Vielä kuuden viikon voimaharjoittelulla ei saatu merkittäviä muutoksia aikaan fasikkelien pituudessa (Scanlon ym. 2014). 14 viikon voimaharjoittelun on kuitenkin jo havaittu kasvattavan fasikkelien lepopituutta 8–10 % eri polvikulmilla ($p < 0.01$) iäkkäämmillä henkilöillä (Reeves ym. 2004b). Maksimaalisen supistuksen aikana vastus lateralis -lihaksen fasikkelien pituus kasvoi 11 % ($p < 0.01$). Lisäksi pennaatiokulma kasvoi 13 % ($p < 0.01$) harjoittelun vaikutuksesta. (Reeves ym. 2004a.) Ikääntymisen on taas havaittu pienentävän suhteellisen vastus lateralis -lihaksen paksuutta sekä pennaatiokulmaa merkittävästi iän myötä (Kubo ym. 2003a; Kubo ym. 2003b).

2.4.2 Muutokset voimantuotossa

Vanhemmilla aikuisilla on havaittu lihasvoiman vähentymistä iän myötä (Frontera ym 2000; Goodpaster ym. 2006; Nienstedt ym. 2006, 597). Lihastrofia alkaa noin 50-vuotiaana, mikä johtaa lihasmassan ja voiman menetykseen noin 10–15 % per kymmenen vuotta (Rosenbloom 2014). 12 vuoden seurantajakson aikana iäkkäillä henkilöillä havaittiin merkittävää ($p < 0.05$) lihasvoiman heikkenemistä polven koukistuksessa ja ojennuksessa isokineettisellä dynamometrillä kahdella testatulla kulmanopeudella (60 °/s ja 240 °/s). Suurin lasku polven ojennuksessa (-29.8 ± 22.9 %) ja koukistuksessa (-29.4 ± 35.4 %) huomattiin 240 °/s kulmanopeuksilla. Kaiken kaikkiaan lihasvoiman heikkeneminen oli 2.0 % per vuosi polven ojennuksessa ja 2.5 % polven koukistuksessa. (Frontera ym. 2000.) Goodpasteri ym. (2006) huomasivat hieinan suurempaa heikkenemistä isokineettisessä polven ojennuksessa. He tutkivat kolmen vuoden muutoksia naisilla ja miehillä (70–79 v.). Näillä suhteellisesti terveillä iäkkäämmillä ai-

kuisilla voiman heikkeneminen oli vuositasolla naisilla 2.8 % ja miehillä 3.6 %. Nienstedt ym. (2006, 597) kertovat kirjassaan lihasten voiman heikkenevän kolmenkymmenen ikävuo-
den jälkeen noin yhden prosentin vuodessa. Myös nuorempia ja vanhempia vertaillen huomataan polven ojennusvoiman olevan 35 % alhaisempi iäkkäämmillä (McPhee ym. 2013).

Vuodelevon on huomattu vaikuttavan jo kymmenessä päivässä terveisiin ikääntyviin aikuisiin (67 ± 5 v.). Merkittävää laskua tapahtui kaikissa alaraajojen maksimaalisissa unilateraalisissa polven ojennusvoimissa: isotoninen ($p = 0.004$), isometrinen ($p = 0.02$) ja isokineettinen ($p = 0.01$). Samalla tavalla unilateraalinen polven koukistus laski isometrisesti ($p = 0.003$). Lisäksi laskua tapahtui porrastuksen tehossa ($p = 0.01$) ja maksimaalisessa aerobisessa kapasiteetissa 12 prosenttia. (Kortebein ym. 2008.)

Alaraajojen voimien lisäksi kyynärpään ojennuksessa ja koukistuksessa havaittiin yhtäläisesti merkittävää lihasvoiman alenemista. Näin ollen voidaan huomata lihaksen voimantuoton laskevan iän myötä niin nopealla kuin hitaallakin kulmanopeudella. (Frontera ym. 2000.) Iäkkäämmillä henkilöillä on kuitenkin havaittu harjoittelun vaikuttavan lihasten voimatasoihin (Alexander ym. 2001; Rosenbloom 2014). Progressiivisen voimaharjoittelun on havaittu parantavan alaraajojen lihasvoimaa ja tehoa (Edgren ym. 2012).

3 LIIKUNNAN VAIKUTUKSET IKÄÄNTYMISEEN

Liikunnalla on todettu olevan monia hyötyjä. Se ei kuitenkaan estä vanhenemista, mutta liikunnan avulla pystytään hidastamaan lihasvoiman vähentymistä säilyttämällä sitä tai jopa parantamalla (Valtion liikuntaneuvosto 2013). Lisäksi ikääntyvillä urheilijoilla on parantunut kyky ylläpitää lihasten toimintaa (Rosenbloom 2014). Liikunta ylläpitää liikkuvuutta, notkeutta, tasapainoa ja nivelten hyvinvointia. Riittävä päivittäinen liikunta myös tukee merkittävästi pitkäaikaissairauksien ehkäisyä, hoitoa sekä kuntoutusta. Samalla myös parantaa hengitys- ja verenkiertoelimistön kuntoa. (Valtion liikuntaneuvosto 2013.) Erityisesti aerobinen harjoittelu on todettu hyväksi, koska se suojelee sydän- ja verenkiertoelimistöä ja näin sydän- ja verisuonitautien riski on alhaisempi (Rosenbloom 2014). Hyvä kestävyyskunto auttaa myös jaksamaan arjessa (UKK-instituutti 2014). Harjoittelu parantaa ikääntyvillä myös voimaominaisuuksia (Cadore ym 2013). Liikunta myös vahvistaa luustoa (Valtion liikuntaneuvosto 2013). Liikkuvilla ikääntyvillä on parempi luiden rakenne ja massa. Harjoittelu jo nuorena ehkäisee luumassan menetystä vanhempana, joka erityisesti naisilla alkaa 10 vuotta aikaisemmin kuin miehillä. (Rosenbloom 2014.) Liikunta parantaa unen laatua sekä vahvistaa mielen hyvinvointia ja muistia. (Valtion liikuntaneuvosto 2013.) Lisäksi liikkuvilla aivojen toiminta on parempaa (Rosenbloom 2014).

Iäkkäiden ihmisten kansanterveys-suositukset korostavat tarvetta harjoittaa kaikkia seuraavia aktiviteettejä; kestävyyttä, lihasvoimaa, notkeutta ja tasapainoa (Dafna ym. 2012). Eläkeläisistä kuitenkin vain muutama prosentti liikkuu sekä kestävyys- että lihaskuntosuositusten mukaisesti. Myös tasapainoharjoittelua tehdään liian vähän. (Valtion liikuntaneuvosto 2013.) Lihasvoima, tasapaino sekä notkeus ovat tärkeitä ylläpitämään toimintakykyä (UKK-instituutti 2014). Perssonin & Whilen (2011) tutkimuksessa 60-vuotiaista ja siitä vanhemmista vain 20.8 % täytti suositellut liikuntatasot, jos raskaita kotitöitä ja puutarhatöitä ei laskettu mukaan. Muuten luku oli 48 %. Näin ollen voidaan huomata, että liikuntaa tulisi lisätä iäkkäimmilläänkin, koska liikuntasuosituksista jäädyään selvästi. Iäkkäimmillä liikuntaerot ovat kuitenkin suuret, sillä aktiiviset ikäihmiset liikkuvat entistä enemmän, kun taas passiivisemmat vähemmän (Valtion liikuntaneuvosto 2013). Terveysliikunnan suositukset on muokattu liikuntapiirakaksi UKK-instituutissa 65 vuotta täyttäneiden osalta (kuva 3). Nämä perustuvat Yhdysvaltain terveysministeriön julkaisemiin liikuntasuosituksiin. Liikuntapiirakka korostaa ikäänty-

ville lihasvoiman tärkeyttä sekä pienetkin liikuntasuoritukset ovat tärkeitä, kunhan niitä on riittävästi viikossa ja säännöllisesti. (UKK-instituutti 2014.)



KUVA 3. Liikuntapiirakka yli 65-vuotiaille (UKK-instituutti 2014).

Harjoittelulla on huomattu yleisesti olevan positiivisia vaikutuksia elimistöön. Lihaksen työkyvyn on huomattu parantuvan harjoittelun avulla. Tähän ovat syynä muun muassa lihaksen verenkierron parantuminen, lihassolujen ja näin ollen koko lihaksen paksuuntuminen, mitokondrioiden lisääntyminen sekä lihaksen glykogeenivarastojen kasvaminen. (Nienstedt ym. 2006, 88.) Ikääntyneillä pitkäaikaisen harjoittelun on huomattu saavan positiivisia vaikutuksia

aikaan. Hayes ym. (2013) tutkimuksen urheilijaryhmä koostui pääosin kestävyysurheilijoista, mutta heidän harjoitteluunsa kuului voimaharjoittelua. Heillä huomattiin merkittävästi korkeampi VO_{2max} ja huipputeho ($p < 0.05$) sekä merkittävästi alhaisemmat ($p < 0.01$) diastolinen ja systolinen verenpaine sekä kehon rasvaprosentti. Kuitenkaan rasvattomassa massassa ja koko kehon massassa ei ollut merkittäviä eroja ryhmien välillä. Tuloksista huomataan, kuinka selkeästi harjoittelu vaikuttaa eri ominaisuuksiin. (Hayes ym. 2013.) Ikääntyvillä urheilijoilla/harrastajilla on todettu olevan myös alhaisempi lihavuuden sekä diabeteksen riski (Rosenbloom 2014).

3.1 Voimaharjoittelun aiheuttamat muutokset ikääntymiseen

Voimaharjoittelu voidaan jakaa kolmeen eri osa-alueeseen. Näitä ovat kestovoima-, nopeusvoima- sekä maksimivoimaharjoittelu. Kestovoimaharjoittelu nimensäkin mukaan on pitkäkestoista, joko aerobista tai anaerobista, jossa kuorma vaihtelee 0–60 prosentin välillä ja toistoja on viidestätoista ylöspäin. Nopeusvoimaharjoittelulla tarkoitetaan hermolihasjärjestelmän kykyä tuottaa voimaa mahdollisimman nopeasti (kuorma: 30–80 %, 1–10 toistoa). Sen voimakkuuteen vaikuttaa muun muassa hermoston kyky aktivoida lihasten motoristen yksiköiden toimintaa, jota voidaan testata muun muassa hyppytestien avulla. Hypertrofiseen (60–85 %, 6–12 toistoa) ja hermostolliseen (85–100 %, 1–6 toistoa) voimaharjoitteluun jakautuneessa maksimaalisessa voimaharjoittelussa on kyse suurimmasta mahdollisesta voimatasosta, joka pystytään tuottamaan tahdonalaisen lihassupistuksen aikana. Maksimaaliseen voimaan vaikuttavat muun muassa ikä sekä lihaksen poikkipinta-ala. (Häkkinen & Ahtiainen 2016.)

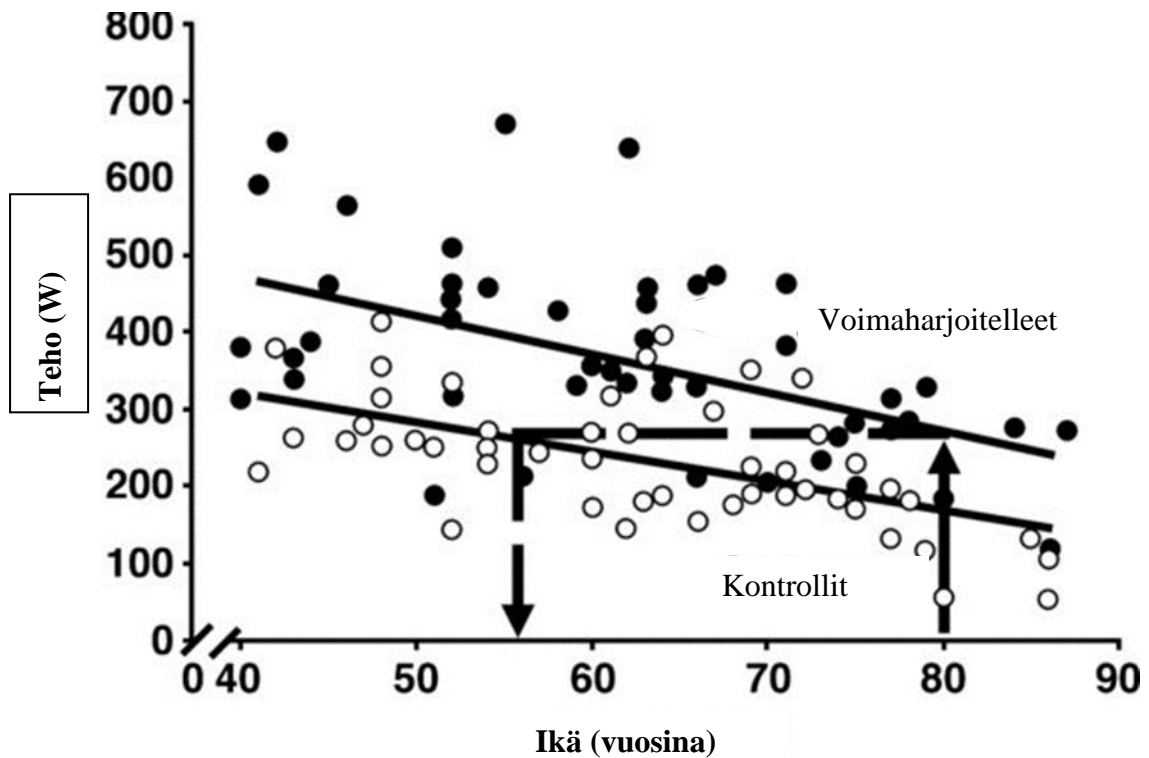
Kuntosaliharjoittelu on lisännyt suosiotaan suomalaisilla ikäihmisillä (Valtion liikuntaneuvosto 2013). 6 viikon progressiivinen voimaharjoittelu paransi merkittävästi lihaksen voimaa ja laatua sekä lihaksen morfologiaa iäkkäämmillä (> 60 v.) miehillä ja naisilla. Vastus lateralis (VL) -lihaksen poikkipinta-ala kasvoi 7.4 % ($p \leq 0.05$), mutta rectus femoris -lihaksessa ei havaittu merkittäviä muutoksia. (Scanlon ym. 2014.) Myös 14 viikon voimaharjoittelun on havaittu kasvattavan vastus lateralis -lihaksen anatomista poikkipinta-alaa (anatomical cross-sectional area, ACSA) kaikissa mitatuissa mittauskohdissa (10 kpl) 3–10 %, josta kuudessa kohdassa tulos oli merkitsevää (Reeves ym. 2004a). Lihaksen paksuus on myös kasvanut merkittävästi useissa muissa tutkimuksissa VL:ssa (Ahtiainen ym. 2010; Cadore ym. 2013) ja

nelipäisessä reisilihaksessa (Ahtiainen ym. 2003; Ahtiainen ym. 2005). Kuitenkaan 16 viikon progressiivisella suurilla nopeuksilla tehdyssä voimaharjoittelussa ei havaittu merkittäviä muutoksia, vaikka reisilihaksessa tapahtuikin kasvua matalilla voimilla suoritettussa harjoittelussa 1.6 % ja korkeilla voimilla 2.1 % (Reid ym. 2015). Kuuden viikon harjoittelussa kuitenkin keskimääräinen lihaksen paksuus, fasikkeliien pituus ja pennaatiokulma eivät muuttuneet merkittävästi kummassakaan lihaksessa (Scanlon ym. 2014). Toisaalta kuuden kuukauden harjoittelu ei kuitenkaan kasvattanut merkittävästi 70-vuotiaiden miesten jalkojen ojentajien poikkipinta-alaa, vaikka pientä kasvua kuitenkin havaittiin (Häkkinen ym. 1998).

Fyysisesti aktiiviset naiset ja miehet, jotka eivät olleet tehneet aiemmin voimaharjoittelua, jaettiin kontrolliryhmään (67.1 ± 2 v.) ja harjoitteluryhmään (74.3 ± 3.5 v.), joka harjoitteli kolmesti viikossa 14 viikon ajan voimaharjoitteluun tarkoitetuilla laitteilla. Harjoittelun jälkeen 5 RM tulos jalkojen ojennuksessa kasvoi 14 % ($p < 0.01$) sekä 5 RM jalkaprässi tulos kasvoi 23 % ($p < 0.01$). (Reeves ym. 2004a; Reeves ym. 2004b.) 65–93 -vuotiailla 16 viikon progressiivinen voimaharjoittelu paransi merkittävästi ylävartalon voimaa kuten hauiskääntöä sekä alaraajojen voimaa kuten tuolilta nousua verrattuna kontrolliryhmään (Fahlman ym. 2011). Voimaharjoittelun on myös havaittu parantavan voimatasoja ikääntyvillä useissa muissa tutkimuksissa (Leenders ym. 2013; Candow ym. 2015; Flack ym. 2016; Turpela ym. 2017). Esimerkiksi polven ojennusvoima, 1 RM, kasvoi kuuden viikon harjoittelun myötä 31.9 % (Scanlon ym. 2014) sekä maksimaalinen isometrinen jalkojen ojennusvoima ja polven koukistusvoima kasvoivat merkittävästi 70-vuotiailla miehillä (Häkkinen ym. 1998). On myös havaittu, että voimaharjoittelun jälkeen ikääntyvillä polven ojennuksen tahdonalainen aktivaatiokapasiteetti nousee 3–6 % ($p < 0.05$) eri polvikulmilla. Harjoittelulla tuotettu lisääntynyt vääntömomentti johtui pääasiassa lisääntyneestä agonistin aktivaatiosta. (Reeves ym. 2004b.)

Scanlon ym. tutkimuksessa (2014) myös lihasten laadun suhteellinen vahvuus (muscle quality as relative strength, MQ) ja REI (muscle quality as strength relative to echo intensity) kasvoivat myös merkittävästi voimaharjoitelleilla. Lisäksi lihaksen laadun indeksin (muscle quality index, MQI) on havaittu parantuvan kuuden viikon harjoittelulla (203.4 ± 64.31 W \rightarrow 244.3 ± 82.92 W) (Fragala ym. 2014). Maksimaalinen isometrisen polven ojennuksen vääntömomentti kasvoi harjoittelun vaikutuksesta 9–31 % eri polvikulmilla ($p < 0.05$) iäkkäämmillä henkilöillä (Reeves ym. 2004b).

Voimatasojen lisääntymisen myötä on havaittu myös jalkojen ojennustehon kasvua staattista hyppyä tarkastellessa. Staattisen hypyn hyppykorkeuden on havaittu kasvavan merkittävästi ikääntyneillä (Häkkinen ym. 1998). Tehon muutoksia ikääntymisen ja voimaharjoittelun myötä voidaan tarkastella kuvasta 4.



KUVA 4. Voimaharjoittelijoiden ja kontrolli henkilöiden vertailua iän myötä. Voimaharjoittelua tehneillä teho oli suurempi kuin saman ikäisillä harjoittelemattomilla. 80 vuoden iässä voimaharjoitelleilla tehot olivat yhtä suuret kuin 56-vuotiailla kontrolleilla (vaakasuora viiva). Voimaharjoitelleet on kuvattu mustilla ympyröillä ja kontrollit valkoisilla ympyröillä. (Mukailtu Booth ym. 2012.)

12 viikon voimaharjoittelun havaittiin parantavan merkittävästi ≥ 65 -vuotiaiden (keski-ikä: 82 v.) aikuisten sängyltä nousua sekä tuolilta nousua. Harjoittelu oli tehtävä spesifistä, jonka havaittiin olevan hyvä muoto harjoittaa ikääntyvillä päivittäisistä aktiviteeteista suoriutumista. Harjoitteluvaikutuksia havaittiin lisäksi tuki- ja liikuntaelinten kapasiteetissa sekä erityisesti vartalon liikkeissä, voimantuotossa ja tasapainossa. (Alexander ym. 2001.) Kuuden viikon progressiivisen voimaharjoittelun on myös havaittu parantavan ennestään harjoittelemattomil-

la ikääntyvillä aikuisilla tasapainoa (Gonzalez ym. 2014). 12 viikon harjoittelulla on lisäksi havaittu saavan aikaan positiivisia vaikutuksia ikääntyvien (82.7 ± 2.4 v.) toimintakyvyssä. Kuitenkaan tässä tutkimuksessa toimintakyvyn paranemisen ei havaittu korreloivan lihasvoiman, kehon painon tai rasvan määrän kanssa, vaikka lihasvoiman paranemista myös havaittiin. (Carmeli ym. 2000.) Kolmen kuukauden harjoittelun (3 krt/vk, 60 min) jälkeen aerobinen kunto parani tilastollisesti merkitsevästi ja lisäksi kehonkoostumus parani, mutta tulos ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Tämän kestoisen harjoittelujakson huomattiin lisäävän tutkittavien fyysistä kuntoa. (Castillo-Rodríguez & Chinchilla-Minguet 2014.)

Voimaharjoittelun on havaittu vaikuttavan lonkkamurtumapotilaille päivittäisiin toimintoihin. 60–85-vuotiaat harjoittelivat lonkkamurtuman parantumisen jälkeen kolme kuukautta harjoittelun painottuen alaraajojen lihaksiin. Harjoittelu oli progressiivista ja se suoritettiin pienryhmissä. Voimaharjoittelun havaittiin vähentävän itse raportoitua vaikeustasoa ADL:ssä. Lisäksi se paransi molempien alaraajojen lihasvoimaa ja -tehoa, erityisesti heikomman jalan osalta. Osalla tutkittavista oli myös ollut vaikeuksia joissakin päivittäisissä toiminnoissa ennen harjoittelua, mutta harjoittelun jälkeen vaikeuksia ei enää ollut. Selvin muutos havaittiin sänkyyn siirtymisessä ja sängyltä nousemisessa, sillä harjoittelun myötä kenelläkään voimaharjoitteleista ei ollut enää vaikeuksia tämän asian kanssa loppumittauksissa. (Edgren ym. 2012.) Ikäämmillä sairaalapotilaille alaraajoille kohdistuneen progressiivisen voimaharjoittelun huomattiin parantavan merkittävästi 10 metrin kävelytestiä ($p < 0.01$) (Tibaek ym. 2014). Reid ym. (2015) 16 viikon tutkimuksessa päälöydöksenä huomattiin nopeusspesifisen (matalat voimat) sekä voimaspesifisen (korkeat voimat) harjoittelun saavan aikaan merkittäviä parannuksia alaraajojen lihasten tehossa ja liikkuvuuskyvyssä. Myöskin liikkuvuusrajoitteisilla vanhuksilla parannukset olivat samanlaisia molemmissa harjoittelumuodoissa, mikä on tärkeää huomioida, kun pyritään optimoimaan sopivinta liikuntaa liikkuvuusrajoitteisille ikääntyville.

Voimaharjoittelun on havaittu parantavan kehonkoostumusta, lihasvoimaa ja fyysistä toimintakykyä myös ylipainoisilla ikääntyvillä. Kuitenkin he, jotka olivat lihavampia tutkimuksen alkaessa, paransivat vähemmän kyseisiä ominaisuuksia. Ylipainoisilla miehillä ja naisilla (65–79 v.) havaittiin kolme kertaa viikossa tapahtuvan kohtuullisen voimakkaan voimaharjoittelun kasvattavan merkittävästi polven ojennusvoimaa ja tehoa sekä polven ojentajalihaksen laatua

niin painonpudotusryhmässä kuin ilman painonpudotusta tapahtuvassa voimaharjoittelussa. Painonpudotusryhmässä kasvu oli 13.0 % (voima), 36.3 % (teho) ja 13.6 % (lihaksen laatu) sekä pelkässä voimaharjoittelussa 15.3 % (voima), 45.9 % (teho) ja 12.1 % (lihaksen laatu). Lisäksi molemmat ryhmät paransivat viiden toiston tuoilta nousuaikaa 10.4 % (voimaharjoittelu) ja 15.7 % (voimaharjoittelu + painon pudotus). Painonpudotusryhmässä kehon massa laski merkittävästi ($p < 0.0001$) ruokavalion vastatessa kohtuullista 5–10 % painon pudotusta. (Nicklas ym. 2015.)

Erilasilla harjoittelurytmyksillä saadaan eroja aikaan voimatasoissa. Ikääntyvillä miehillä alaraajojen voimatasot kasvoivat suuremmiksi, kun voimaharjoittelu suoritettiin ennen kestävyysharjoittelua (V-K) verrattuna henkilöihin, jotka tekivät kestävyysharjoittelua ennen voimaharjoittelua (K-V). Tutkijat pohtivat V-K harjoittelun suurempien voimien liittyvän neuronaaliseen adaptaatioon, koska V-K harjoittelu paransi rectus femoriksen neuromuskulaarista taloutta. Tulokset osoittaisivat V-K harjoittelun olevan paras optimoimaan ikääntyvien voimaparannuksia. (Cadore ym. 2013.) Erilaisen harjoittelun lisäksi harjoittelun määrällä on vaikutusta. Chin ym. (2005) tekivät havainnon, että vähemmän kuin kahdesti viikossa harjoittelu ei ole tarpeeksi toiminnallisten ominaisuuksien parantumiseen. Iäkkäillä oli kuitenkin vaikeuksia harjoitella vähintään kahdesti viikossa, mikä hankaloitti kehittymistä.

4 TESTOSTERONI JA IKÄÄNTYMINEN

Steroidiksi luokiteltavia mieshormoneja eli androgeeneja valmistuu kiveksissä ja lisämunuaisten kuorikerroksessa (Nienstedt ym. 2006, 436; Hall 2011, 979–980). Näistä tärkein hormoni on testosteroni, jota kivesten välisolut, Leydigin solut, pääosin valmistavat. Testosteronia erittyy myös hieman lisämunuaisten kuorikerroksesta. (Nienstedt ym. 2006, 436.) Testosteronin erityös alkaa jo sikiökaudella, jolloin se vaikuttaa jo monin eri tavoin. Sitä erittyy melko runsaasti 2–3 kuukauden ikäisellä sikiöllä, jolloin sen erityöstä säätelee istukan tuottama koriongonadotropiini. Testosteronin erityös vähenee sikiökauden lopulla, mutta se taas nousee ensimmäisiksi muutamaksi kuukaudeksi syntymän jälkeen. Tämän jälkeen testosteronin erityös on hyvin pientä, kunnes se nousee puberteetin jälkeen sukukypsyysikässä, jolloin se vaikuttaa muun muassa siittiöiden muodostumiseen. (Nienstedt ym. 2006, 436–437; Hall 2011, 980.) Testosteronin tuotto pysyy samana koko aikuisuuden, kunnes se alkaa vähentyä nopeasti yli 50-vuotiaana laskien 20–50 prosenttiin huippuarvosta 80-vuotiaana (Hall 2011, 980).

Yli 95 % kiertävästä testosteronista sitoutuu tiukasti sukupuolihormoneja sitovaan globuliiniin (sex hormone-binding globulin, SHBG) ja pieni prosenttiosuus sitoutuu heikosti albumiiniin. Vain noin 0.5–3 % kiertävästä testosteronista on sitoutumatonta, joka on niin kutsuttua vapaata testosteronia. (Bao & Johansen 2015.) Testosteroni kiertää SHBG:hen sitoutuneena veressä 30 minuutista useisiin tunteihin. Tällä aikaa testosteroni joko siirretään kudoksiin tai hajotetaan inaktiiviseen muotoon. (Hall 2011, 980.)

4.1 Testosteronin yhteys liikuntaan

Testosteronille tunnusomaista on kehon maskuliiniset ominaisuudet. Testosteroni vaikuttaakin moneen eri tekijään, kuten ääneen, ihon paksuuteen ja kehon karvoitukseen. Yksi tärkeimmistä miesten ominaisuuksista on lisääntynyt lihaksiston kehitys puberteetin jälkeen. Tämä on keskimäärin noin puolet suurempaa kuin naisilla. Lisääntynyt lihaksiston kehitys liittyy lisääntyneeseen proteiiniin määrään muissa kehon osissa kuin lihaksissa. Muutokset johtuvat muun muassa iholla tapahtuvasta proteiinien kertymisestä iholle. Testosteronin toiminnasta johtuva proteiinien anabolia on suurena tekijänä tässä lihasten kehityksessä. Koska testosteronilla ja muilla androgeeneilla on hyviä vaikutuksia kehon lihaksistoon, jotkin urheilijat käyt-

tävät synteettisiä androgeeneja parantaakseen heidän lihasten suorituskykyä. Lisäksi testosteronin lisätessä luiden kokoa ja voimakkuutta, on sitä joskus käytetty myös ikääntyvillä miehillä osteoporoosin hoitoon. (Hall 2011, 979–982.)

Testosteronin merkitystä arvioineessa tutkimuksessa iäkkäät koehenkilöt jaettiin itse raportoidun harjoitusajan (> 150 min/vk) perusteella urheilijoihin (60.4 ± 4.7 v.) ja kontrolli ryhmään (62.5 ± 5.3 v.). Lisäksi urheilijoilla oli takanaan vähintään kymmenen vuoden jatkuva harjoittelu ja he olivat pääasiassa kestävyysurheilijoita, mutta heidän rutiineihinsa sisältyi jonkin verran voimaharjoittelua. Urheilijaryhmällä havaittiin merkittävästi korkeampi keskimääräinen testosteronipitoisuus ($p < 0.05$). Testosteronipitoisuus myös korreloi positiivisesti VO^2_{max} -arvon kanssa ja käänteisesti kehon rasvaprosenttiin sekä kehon massaan. Tulokset osoittavat selkeitä eroja harjoittelevien sekä kontrollimiesten välillä. Pitkäaikaisen harjoittelun on huomattu heikentävän ikään liittyvää testosteronin laskua ja parantavat muita ominaisuuksia kuten antropometriaa. Lisäksi miehillä korkeampi vapaa testosteroni on liitetty parempaan luun mineraalitiheyteen ja on kääntäen verrannollinen rasvamassaan. Tutkimuksessa huomattiin, että liikunta lisää testosteronipitoisuutta vanhemmilla aikuisilla ja testosteronilla näyttää olevan tärkeä rooli elämänlaadussa. (Hayes ym. 2013.) Sato ym. (2014) tutkimuksen alkutilanteessa lihasten vapaa testosteronitaso oli merkittävästi alhaisempi vanhemmilla ihmisillä verrattuna nuorempiin, mutta vapaan testosteronin pitoisuudet kasvoivat merkittävästi 12 viikon harjoittelun jälkeen ikääntyvillä. Myös noin 30-vuotiailla miehillä hypertrofisen harjoittelun myötä testosteronikonsentraatiot kasvoivat merkittävästi harjoittelun myötä (Ahtiainen ym. 2005).

Yli 40-vuotiaita miehiä tutkittaessa tulokset osoittivat merkittäviä ikään liittyviä muutoksia kaikissa testosteronin mittauksissa ($p < 0.05$). Kun ikään liittyvää alentumista bioavailablessä ja vapaassa testosteronissa tarkasteltiin, niin havaittiin merkittävä yhteys rasvattomaan massaan ja käden puristusvoimaan ($p < 0.05$). Testosteronitasot liittyvät ikääntymisen muutoksiin kuten luun terveydentilaan, lihakseen ja kehon koostumukseen. Muutokset ikääntymisessä, rasvamassassa, kehon rasvaprosentissa ja käsien puristusvoimassa ovat merkittävästi yhteydessä testosteronipitoisuuksien vaihteluun. Bioavailablen ja vapaan testosteronin tarkastelu on paras tapa ennustaa rasvattoman massan ja käsien puristusvoimaa. Sen sijaan kehon rasvaprosenttia on parasta ennustaa kokonaistestosteronilla. (Chin ym. 2012.)

4.2 Testosteronin ja sukupuolihormoneja sitovan globuliinin (SHBG) välinen yhteys

SHBG (sex hormone-binding globulin) on steroidihormoneja kuten testosteronia sitova proteiini, minkä synteesi tapahtuu maksassa. Miehillä on merkittävästi alhaisempi seerumin SHBG-konsentraatio kuin naisilla, koska SHBG sitoo testosteronia enemmän kuin estradiolia. Miehillä 60 % testosteronin ja 20 % estradiolin kokonaismäärästä on sidottu SHBG:hen. SHBG:n pitoisuus on yhteydessä siis vapaan steroidihormonin määrään. Mitä suurempi biologisesti aktiivisen vapaan steroidihormonin määrä on, sitä pienempi SHBG-pitoisuus on. Viitearvot yli 50-vuotiailla miehillä ovat 22–113 nmol/l. (Synlab 2018.)

12 viikon voimaharjoittelun on havaittu kasvattavan SHBG-tasoa ($p = 0.005$) ylipainoisilla nuorilla miehillä (Roberts ym. 2013). Vanhemmilla miehillä (≥ 40 v.) SHBG (sex hormone binding globulin) tasot muuttuivat merkittävästi iän myötä ($p < 0.05$) (Chin ym. 2012). Miehillä on havaittu SHBG:n konsentraation kasvavan iän myötä (Synlab 2018). Cooper ym. (2015) havaitsivat tutkimuksessaan ikääntymisen olevan positiivisesti yhteydessä SHBG:n konsentraatioon, kun taas lineaarinen regressioanalyysi osoitti BMI:n liittyvän negatiivisesti SHBG:n konsentraatioon. BMI:n noustessa SHBG laski. Jokaisella ikävuoden nousulla SHBG nousi 0.46 nmol/l ($p < 0.001$).

5 TUTKIMUSONGELMAT JA HYPOTEESEIT

Ikääntyvillä suorituskyky laskee ja päivittäisistä aktiviteeteista selviytyminen tulee haastavammaksi iän myötä. Voimaharjoittelun on havaittu parantavan suorituskykyä ja yleistä kuntoa ja näin arjen askareet on helpompi suorittaa. Harjoittelun myötä myös loukkaantumisten määrä vähenee, koska lihakset voimistuvat. Näin ollen tapaturmista koituvat kustannukset pienenevät ja iäkkäät pystyisivät asumaan kauemmin kotona. Tutkimuksessa tarkastellaan kymmenen vuoden aikana tapahtuvia muutoksia kehon koostumuksessa, lihasten voimatasoissa sekä suorituskykymuuttujissa ikääntyvillä miehillä. Lisäksi tarkastellaan testosteronitasojen muutoksia ikääntymisen myötä sekä sen vaikutuksia voimatasoihin. Tutkimuksessa myös tarkastellaan fyysisen aktiivisuustasojen muutoksia voimaharjoitelleilla sekä harjoittelemattomilla ikääntyvillä. Tutkimuksessa pyritään lisäksi havaitsemaan, voidaanko säännöllisen voimaharjoittelun avulla ehkäistä ikääntymisen tuomia muutoksia.

Tutkimuskysymys 1: Millä tavoin useamman vuoden voimaharjoittelu vaikuttaa a) kehon koostumukseen, b) voimantasoihin ja c) toimintakykyyn ikääntyvillä?

Hypoteesi 1: Voimaharjoittelu vähentää ikääntymisen muutoksia. Se vähentää ikääntymisen tuomaa lihaskatoa sekä lisääntyvää rasvamassaa. Voimaharjoittelu ylläpitää voimatasoja, mutta voi myös lisätä sitä. Voimaharjoittelu parantaa toimintakykyä ja arjessa selviytymistä.

Perustelu 1: a) Vastus lateralis -lihaksen poikkipinta-ala on havaittu kasvavan kuuden viikon voimaharjoittelun avulla (Scanlon ym. 2014) ja 16 viikon voimaharjoittelulla (Reeves ym. 2004a). Pitkäaikaisen harjoittelun on huomattu parantavan antropometriaa (Hayes ym. 2013). Iän myötä on havaittu merkittäviä muutoksia kehon rasvaprosentissa sekä rasvattomassa massassa (Chin ym. 2012). Rasvamassa ja rasvaprosentti vähenivät ylipainoisilla viiden kuukauden voimaharjoittelulla (Nicklas ym. 2015). b) Kuuden viikon voimaharjoittelun on huomattu parantavan merkittävästi lihaksen voimantuottoa ikääntyvillä (Fragala ym. 2014; Scanlon ym. 2014). c) Kuuden viikon progressiivisen voimaharjoittelun on havaittu parantavan ennestään harjoittelemattomilla ikääntyvillä aikuisilla tasapainoa (Gonzalez ym. 2014). Myös 12 viikon harjoittelun on havaittu parantavan tasapainoa (Alexander ym. 2001). 12 viikon harjoittelu saa aikaan positiivisia vaikutuksia ikääntyvien (82.7 ± 2.4 v.) toimintakyvyssä (Carmeli ym. 2000).

Tutkimuskysymys 2: Miten testosteronitasot muuttuvat ikääntymisen myötä ja onko tällä muutoksella yhteyttä ikääntymisen muutoksiin.

Hypoteesi 2: Testosteronitasot laskevat ikääntyvillä.

Perustelu 2: Aikuisuudessa testosteronin tuotto pysyy lähes samana, mutta sen tuotto alkaa vähentyä nopeasti yli 50-vuotiaana laskien 20–50 prosenttiin huippuarvosta 80-vuotiaana (Hall 2011, 980). Chin ym. (2012) tutkimuksessa testosteronipitoisuuksissa havaittiin ikään liittyvää pitoisuuksien laskua yli 40-vuotiaita miehiä tarkastellessa. Samalla sen huomattiin liittyvän ikääntymisen muutoksiin.

Tutkimuskysymys 3: Onko testosteronitasojen sekä voimaharjoittelun välillä yhteys?

Hypoteesi 3: Voimaharjoittelu kasvattaa testosteronitasoja, mutta pitkällä aikavälillä testosteronitasojen laskiessa iän myötä myös voimatasot laskevat, sillä testosteroni vaikuttaa voimantuottoon.

Perustelu 3: Testosteronille on tunnusomaista lisääntynyt lihasten kasvu (Hall 2011, 982). Pitkäaikaisen harjoittelun on huomattu heikentävän ikään liittyvää testosteronin laskua. Iäkkäämmillä urheilijaryhmään kuuluvilla havaittiin merkittävästi korkeampia ($p < 0.05$) testosteronipitoisuuksia. (Hayes ym. 2013.) Myös nuorilla on havaittu hypertrofisen voimaharjoittelun kasvattavan testosteronipitoisuuksia (Ahtiainen ym. 2005). Ikään liittyvä testosteronin alentuminen oli merkitsevästi ($p < 0.05$) yhteydessä käsien puristusvoimaan (Chin ym. 2012).

6 MENETELMÄT

6.1 Tutkimusasetelma

Koko tutkimus alkoi vuonna 2007, jolloin tutkimuksen nimeksi annettiin ”SARCOPENIA”-tutkimus. Tällöin yhteensä 32 ikääntyvää vapaaehtoista miestä osallistui mittauksiin. Tutkittaville on tehty mittauksia vuoden 2007 lisäksi vuosina 2008, 2009, 2011, 2014 sekä tähän tutkimukseen tehdyt viimeiset mittaukset 2017. Mittaukset on joka vuosi toteutettu samalla tavalla. Mittausprotokollat ja -menetelmät sekä -laitteistot ovat olleet samanlaiset joka vuosi. Mittaukset on tehty niin ikään samoilla asetuksilla aina niin, että tulokset ovat vertailukelpoisia keskenään. Tutkittavia kannustettiin suoritusten aikana. Tässä tutkimuksessa otettiin huomioon kaikkina aikaisempina vuosina mitattuja tuloksia sekä vertailtiin, mitä muutoksia tutkittaville on tapahtunut voima- sekä kehonkoostumusominaisuuksien osalta kymmenen vuoden aikana. Tutkimus on suoritettu Jyväskylän yliopistossa liikuntabiologian laboratoriossa ja tutkimukselle myönteisen lausunnon antoi Jyväskylän yliopiston eettinen toimikunta.

6.1.1 Tutkittavat

Vuonna 2017 tutkimukseen osallistui 76–83 -vuotiaita miehiä. Tutkittavat rekrytoitiin viimeisiin mittauksiin soittamalla tutkittaville, jotka olivat olleet tutkimuksessa aikaisempinakin vuosina mukana. Näihin kymmenvuotismittauksiin saatiin mukaan 24 tutkittavaa. Aluksi (vuonna 2007) tutkittavilla oli valintakriteerinä 65–80 vuoden ikä. Heidän tuli olla miehiä sekä heidän tuli selviytyä päivittäisistä toiminnoistaan itsenäisesti. Lisäksi he eivät saaneet edelliseen kahteen vuoteen harjoittaa voima- tai kestävyys- ja keuhko- ja sydänharjoittelua. Ennen vuoden 2017 mittauksia tutkittaville suoritettiin EKG- ja verenpainemittaukset, jotka lääkäri analysoi ja näin antoi luvan tutkittaville osallistua mittauksiin. Kaikki tutkittavat läpäisivät nämä mittaukset. Osa tutkittavista ei pystynyt suorittamaan kaikkia testejä terveydellisistä syistä, mutta ne testit tehtiin, mihin tutkittavat olivat kykeneviä.

6.2 Koeasetelma

Tutkimuksen aloitusvuonna (2007) osa tutkittavista jaettiin satunnaisesti voimaharjoitteluryhmään (23) ja osa kontrolliryhmään (9). Voimaharjoitteluryhmään kuuluvat osallistuivat kymmenen vuotta sitten vuoden kestävään ohjattuun voimaharjoitteluun. Harjoittelu suoritettiin Jyväskylän yliopiston kuntosalilla. Harjoittelu koostui vapailla painoilla sekä voimalaitteilla suoritetuista liikkeistä. Liikkeet olivat suurimmaksi osaksi alaraajapainotteisia ja harjoittelun jaksotus oli progressiivista. Ensimmäiset kuusi kuukautta (1-6 kk) harjoituksia oli kahdesti viikossa ja seuraavat kuusi kuukautta (7-12 kk) kolmesti viikossa. Harjoitusten kestot vaihtelivat 45 minuutista 75 minuuttiin. Käytetyimpiä liikkeitä olivat jalkaprässi, kyykky levytangon kanssa, askelkyykky, polven ojennus ja koukistus, penkkipunnerrus, hauiskääntö, ojentajapunnerrus sekä selkä- ja vatsalihasliikkeet. Voimaharjoitteluohjelma ensimmäiseltä kuudelta kuukaudelta on esitetty taulukossa 1. Ensimmäisen vuoden jälkeen osa tutkittavista jatkoi voimaharjoituksia säännöllisesti koko seurantajakson ajan. Osa taas on fyysisesti aktiivisia, mutta he eivät ole tehneet voimaharjoittelua ja loput ovat olleet kokonaan harjoittelemattomia.

TAULUKKO 1. Ohjattu voimaharjoitteluohjelma 1–6 kuukauden osalta.

Viikko	Sarja 1	Sarja 2	Sarja 3	Sarja 4
1–4	10–15 x kevyt	10–15 x kevyt	10–15 x kevyt	
5–8	15–20 x 40 % 1 RM	12–15 x 50 % 1 RM	15–20 x 40 % 1 RM	
9–11	10–12 x 60 % 1RM	10–12 x 60 % 1 RM	10–12 x 60 % 1 RM	10–12 x 60 % 1 RM
12	12–15 x 50 % 1 RM	10–12 x 60 % 1 RM	8–10 x 70 % 1 RM	8–10 x 70 % 1 RM
13–16	10–12 x 60 % 1 RM	8–10 x 70 % 1 RM	8–10 x 70 % 1 RM	10–12 x 60 % 1 RM
17–19	8–10 x 70 % 1RM	8–10 x 70 % 1 RM	8–10 x 50 % 1 RM	8–10 x 50 % 1 RM
20	12–15 x 50 % 1RM	10–12 x 60 % 1 RM	8–10 x 70 % 1 RM	8–10 x 70 % 1 RM
21–24	10–12 x 60 % 1RM	8–10 x 70 % 1 RM	5–8 x 80 % 1 RM	5–8 x 80 % 1 RM

1 RM = yhden toiston maksimi

Vuoden 2017 tutkimuksen mittaukset koostuivat kolmesta käyntikerrasta. Ensimmäisellä käynnillä arvioitiin tutkittavien soveltuvuutta varsinaisiin mittauksiin. Toisella käynnillä, aamumittauksissa, tutkittavien kehonkoostumus mitattiin sekä otettiin verinäytteitä sekä viime-

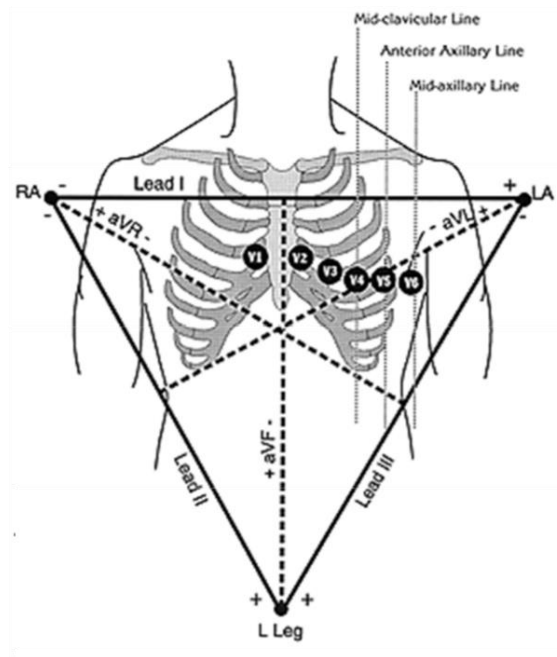
sellä mittauksella tehtiin suorituskykytestit. Suorituskykytestit koostuivat maksimaalisista voimatesteistä ja erilaisista suorituskykytuottajista.

6.3 Mittaukset

Ennen mittauksia tutkittavat täyttivät kirjallisen suostumuslomakkeen tutkimukseen osallistumisesta. Tutkittaville annettiin myös palautetta suorituksen jälkeen sekä lopulliset analysoidut tulokset lähetettiin postitse tutkimuksen päätyttyä. Seuraavassa on esitetty tutkittaville tehdyt mittaukset. Terveystarkastuksessa tarkasteltiin tutkittavien terveydentilaa ennen varsinaisia testejä. Näin pystyttiin varmistamaan tutkittavien kunto, että heille voitiin suorittaa maksimaaliset voimatestit. Suorituskykytestit sekä kehonkoostumusmittaukset suoritettiin, kun terveystarkastuksessa saadut muuttujat olivat analysoitu.

6.3.1 Terveystarkastus

EKG eli elektrokardiografia (sydänsähkökäyrä) mittaa sydämen sähköisen tilan muutoksia (Laine 2014). EKG-laite vahvistaa sydämen sähköisiä impulsseja ja näin saadaan aikaan EKG-käyrä, josta nähdään sydämen perusrhythmi sekä mahdolliset rytmihäiriöt. Terveystarkastuksen yhteydessä tutkittavat aluksi täydensivät esitettyä lomakkeen, josta selvisi mahdolliset sairaudet sekä lääkitykset. Tämän jälkeen suoritettiin lepo-EKG-mittaus. Tutkittavat menivät makuulle hoitopöydälle ilman paitaa ja kengät sekä sukat olivat myös riisuttu pois. Ylimääräinen karvoitus poistettiin jalan sisäsäärestä sekä rinnan päältä, mikäli sitä oli. EKG-mittaukseen tarvittavat elektrodit (10 kpl) kiinnitettiin molempiin jalkoihin, ranteisiin sekä rinnan päälle. Jalkoihin elektrodit kiinnitettiin säären sisäreunaan ja käsiin ranteiden sisäpuolelle. Loput 6 elektrodia kiinnitettiin rinnan päälle kuvan 5 mukaisesti. Tämän jälkeen elektrodien kiinnitettiin piuhat, jotta saatiin EKG-käyrä näkymään tietokoneen CardioSoft-ohjelmalla (GE CardioSoft V6.73). EKG-käyrästä tarkasteltiin impulssien säännöllisyyttä sekä tarkasteltiin, että mitään suurempaa poikkeamaa ei löydy impulssien välillä. Normaalisessa EKG-käyrässä havaitaan selvästi P-aalto, QRS-kompleksi sekä T-aalto.



KUVA 5. EKG-kytkennän rintakytkenät V1-V6. V1 tulee neljänteen kylkiluuväliin rintalastan oikealle puolelle ja V2 samalle kohdalle, mutta vasemmalle puolelle. V3 tulee elektrodien V1 ja V2 väliin. V4 kiinnitetään viidenteen kylkiluuväliin vasemmalle puolelle keskisolisluihin, V6 vasemmalle keskikainalolinjan viidenteen kylkiluuväliin ja V5 näiden väliin.

Tämän jälkeen mitattiin vielä lepoverenpainetta automaattimittarilla (Omron M6W -verenpainemittari). Tutkittavat istuivat paikallaan pöydän ääressä ja automaattimittari kiinnitettiin olkavarteen, joka oli paljaana. Mittarin mansetti asetettiin niin, että mansetista lähtevä letku oli kyynärtaipeen kohdalla muutama senttimetri kyynärtaipeesta ylöspäin. Mansetti kiinnitettiin suhteellisen tiukalle niin, että sormi mahtuisi mansetin ja ihon väliin. Käden annettiin mittaustilanteen ajan olla rennosti pöydällä ja tutkittavan tuli olla rentona sekä hiljaa mittauksen aikana. Mittaus suoritettiin vähintään kaksi kertaa. Verenpaine on normaali, kun se on alle 130/85 mmHg, tyydyttävä välillä 130–139/85–89 mmHg ja koholla, jos se on 140/90 mmHg tai enemmän (Duodecim 2017a). Tulokset vietiin SARCOPENIA-tutkimuksen vastuulliselle lääkärille Kai Nymanille Keski-Suomen keskussairaalaan tarkasteltavaksi, jotta pystyttäisiin paremmin arvioimaan tutkittavien soveltuvuutta tuleviin maksimaalisiin testeihin. Jokainen 24 tutkittavasta pystyi osallistumaan suorituskykytesteihin terveystensä puolesta.

Lisäksi tutkittaville pidettiin lyhyt haastattelu aamupalan yhteydessä ja he täyttivät erilaisia lomakkeita (3 kpl). Kyselylomakkeita ja haastattelua käytettiin muun muassa tämän hetken fyysisen aktiivisuustason määrittämiseen sekä liikunnan ja terveydentilan kymmenen vuoden aikana tapahtuneisiin muutoksiin. Kevään aikana he myös täyttivät ruokapäiväkirjaa kolmelta peräkkäiseltä päivältä. Ruokapäiväkirjoja analysoitiin Nutriflow-ohjelmalla.

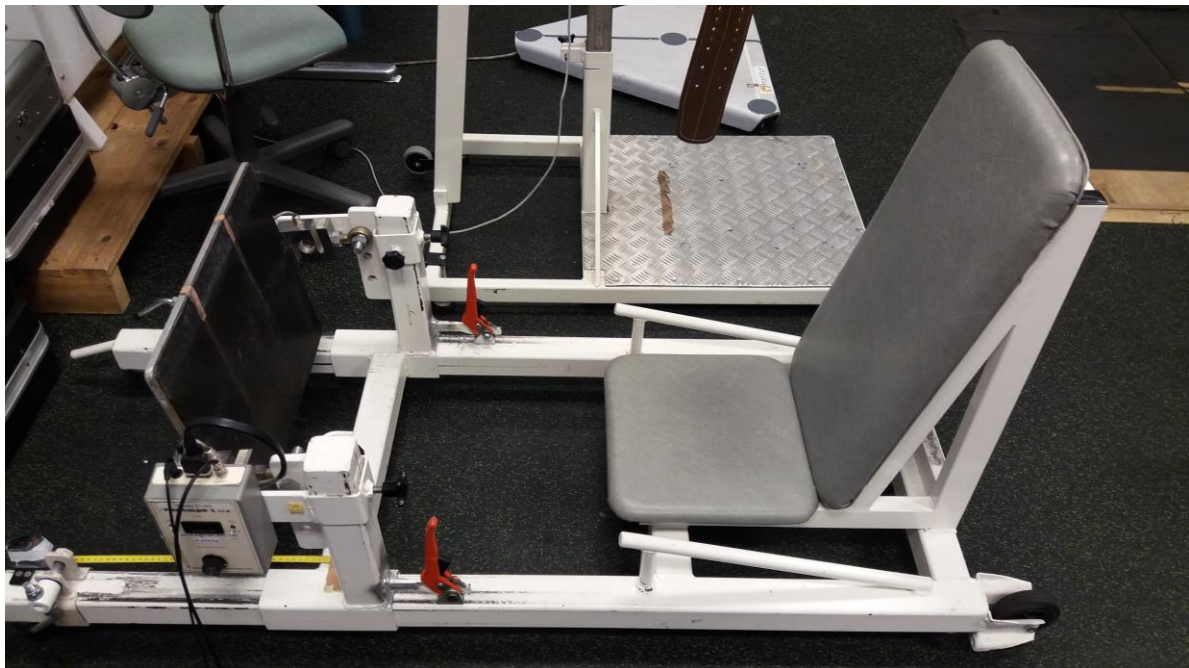
6.3.2 Suorituskykymittaukset

Porrasjuoksu. Porrasjuoksussa oli kymmenen porrasta, jossa portaiden korkeus oli 16.5 cm ja syvyys 30.3 cm. Lähtö tapahtui portaiden alapäästä oikealla jalalla. Portaat juostiin mahdollisimman nopeasti niin, että jokaiselle portaalle tuli astua. Valokennot (Digitest oy, Muurame, Finland) mittasivat aikaa suorituksesta. Tutkittavat ohjeistettiin lähtemään valokennojen takaa ja menemään rappusten yläpäässä reilusti toisen valokennon ohitse, ettei vauhti hidastuisi matkan aikana. Ensin portaat juostiin kolme kertaa ilman lisäpainoja. Tämän jälkeen molempiin käsiin otettiin viiden kilogramman lisäpainot ja suoritus tehtiin kaksi kertaa. Lopuksi vielä tehtiin sama kymmenen kilogramman lisäpainoilla kahdesti. Suoritusten välissä oli riittävän pitkä tauko, jotta testattava oli palautunut hyvin edellisestä suorituksesta. Paras suoritus kirjattiin tulokseksi kussakin suorituksessa.

Tuolilta nousu. Tutkittava lähti suoritukseen seisaaltaan penkin edestä, josta hän kävi penkillä istumassa. Aina penkille istuessa selän tuli osua penkin selkänojaan, jonka jälkeen tutkittava nousi ylös penkiltä. Tämä suoritettiin viisi kertaa peräkkäin mahdollisimman nopeasti. Kädet tuli pitää rentoina sivuilla ja tuolista tai jaloista ei saanut ottaa tukea suorituksen aikana. Testaaja oli tuolin takana tukemassa tuolia, jotta tuoli ei kaatunut suorituksessa. Suoritus kelloitettiin sekuntikellolla. Suoritus tehtiin kaksi-kolme kertaa ja paras tulos kirjattiin tulokseksi. Hardy ym. (2010) ovat tutkineet, että voidaanko tuolilta nousun suorituskykyä pitää jalkojen voiman ennustajana. He huomasivat, että parempi jalan ojennusteho (leg extensor power, LEP) liittyi parempaan tuolilta nousun suorituskykyyn heillä, jotka suorittivat 10 tuolilta nousua ≥ 15 s. Lisäksi vain miehillä havaittiin paremman tasapainon seistessä liittyvän parempaan tuolilta nousun suorituskykyyn. Myös Mong ym. (2010) viiden toiston istumaan nousutestissä havaittiin merkittävä yhteys lihasvoimaan, erityisesti polven koukistajien lihasvoimaan henkilöillä, joilla oli halvaus (stroke). Näin ollen merkittävä negatiivinen korrelaatio

alaraajojen lihasten voimassa osoittaa, että viiden toiston istumaan nousutestiä voitaisiin käyttää funktionaalisen lihaskuon arviointityökaluna ihmisillä, joilla on halvaus. Viiden toiston istumaan nousutestiä on myös luotettavana mittausmenetelmänä. Sillä on myös havaittu olevan hyvä reliabiliteetti. (Mong ym. 2010.)

Isometrinen jalkojen ojennus. Voimapankissa (kuva 6) tehtiin isometrinen jalkojen ojennus 107 asteen polvikulmalla. Voimapankki ei ollut sama kuin edellisissä mittauksissa ja näin aikaisempia mittausasetuksia ei voitu käyttää hyväksi. Näin ollen polvikulma mitattiin goniometrin avulla. Suorituksen aikana tutkittavan oli tarkoitus työntää molemmilla jaloilla levyä mahdollisimman nopeasti ja pyrkiä ojentamaan jalkoja maksimaalisesti. Suorituksen tuli kestää noin kolme sekuntia. Pakaroiden ja selän tuli pysyä koko suorituksen ajan kiinni pankissa. Kätet pitivät sivuilla olevista käsikahvoista kiinni koko suorituksen ajan. Tutkittavalle annettiin merkki, koska suorituksen sai aloittaa. Hänellä oli kymmenen sekuntia aikaa suorittaa maksimaalinen jalkojen ojennus. Ennen suoritusta tutkittava otti keuhkot täyteen happea ja teki suorituksen. Tutkittava teki kolme maksimaalista suoritusta, joista kirjattiin maksimivoima ylös.



KUVA 6. Isometrinen jalkojen ojennuslaite. Mustalle levyllä asetettiin jalat niin, että koko jalkapohja oli levyn päällä.

Isometrinen polven ojennus ja koukistus sekä penkkipunnerrus. Polven ojennus suoritettiin isometrisessä laitteessa (DAVID 200, David Finland) (kuva 7). Tutkittava meni istumaan laitteeseen, johon oli laitettu vanhat mittaussäädöt valmiiksi. Ojennus suoritettiin oikealla jalalla niin, että vasen jalka oli samaan aikaan levossa viereisen tuolin päällä. Tutkittavan ojensi polvea isometrisesti noin kolme sekuntia yhteensä kolme kertaa pienillä tauoilla. Maksimaalista voimaa mitattiin. Samalla laitteella suoritettiin myös polven isometrinen koukistus oikeasta jalasta sekä penkkipunnerrus. Suoritukset tehtiin myös maksimaalisesti kolme kertaa. Penkkipunnerruksessa katsottiin käsien oikea asento. Käsien paikat oli vakioitu niin, että kyynärniveli oli 90 asteen kulmassa, kun suoritus tehtiin. Tutkittavaa ohjeistettiin työntämään käsiä eteenpäin yläviistoon niin, että suoritustekniikka pysyi koossa (penkillä istuessa asento hieman takakenossa). Suoritus tehtiin kolmesti ja jokaisen suorituksen tuli kestää noin kolme sekuntia. Maksimaaliset voimat saatiin voimamuuntajan kautta tietokoneelle, josta tulokset pystyttiin lukemaan.



KUVA 7. DAVID 200-laite, jolla suoritettiin isometrinen polven ojennus, polven koukistus sekä penkkipunnerrus.

Staattinen hyppy. Maksimaalista jalkojen ojennustehoa mitattiin staattisella hyppytestillä. Staattisessa hypyssä jalat olivat hartioiden leveydellä, kädet koko suorituksen ajan lanteilla ja selkä suorana. Alkuasennossa tutkittava meni kyykkyyntä polvinivelen ollessa noin 90 astetta tai mihin asentoon tutkittava kykeni menemään. Alkuasentoon mentiin rauhallisesti ja pysähtyttiin muutamaksi sekunniksi paikalleen ennen kuin lähdettiin hyppäämään. Hypyn tuli suuntautua suoraan ylöspäin mahdollisimman korkealle. Koska hyppy lähtee päkiöiltä, tulee tutkittavat myös laskeutua alastulossa päkiöille jalat mahdollisimman suorina, muttei kuitenkaan polvet lukittuina. Valokennojen avulla saatiin staattisen hypyn lentoaika, joka analysoinnin yhteydessä muutettiin lentokorkeudeksi. Tähän käytettiin nousu-/hyppykorkeuden laskentakaavaa: $h = \frac{g \cdot t^2}{8}$, jossa h = hyppykorkeus (m), g = putoamiskiihtyvyys (9.81 m/s²) ja t = hyppyyn käytetty aika (s) (Kyröläinen 2007).

Käsien puristusvoima. Käsien puristusvoiman on havaittu olevan progressiivisesti alempi iän myötä 50-vuotiaasta eteenpäin niin naisilla kuin miehillä. 70 ikävuoden jälkeen puristusvoiman on myös havaittu liittyvän kyynärvarren lihasmassan menetykseen. (Abe ym. 2016.) Lisäksi ikään liittyvän käden puristusvoiman laskun on todettu olevan vahva ennuste tulevasta vammasta (Giampaoli ym. 1999; Rantanen ym. 1999) ja kuolleisuudesta (Ruiz ym. 2008; Koopman ym. 2015). Puristusvoimaa käsistä mitattiin käden puristusvoimaa mittaavalla käsi-dynamometri-laitteella. Suoritus tehtiin penkillä istuen hyvässä ryhdissä. Polvikulma sekä kyynärniveli olivat 90 asteen kulmassa. Käden tuli olla suorituksen aikana irti vartalosta eikä tukea saanut ottaa penkistä. Vartalon ja hartioiden tuli pysyä suorituksen aikana liikkumattomina. Maksimaaliset suoritukset tehtiin molemmilla käsillä vuorotellen kolmesti. Tulokset saatiin kilogrammoina voimamuuntimesta.

Dynaaminen jalkaprässi. Dynaamisessa jalkaprässissä tarkasteltiin jalkojen ojennusvoimaa dynaamisessa liikkeessä DAVID 210-laitteella (DAVID 210, vertical leg press, David Finland) (kuva 8). Jalkojen maksimaalista voimaa tarkasteltiin dynaamisesti yhden toiston maksimilla (1 RM). Tutkittavalle lisättiin painoja vähitellen niin kauan ennen kuin löydettiin maksimaalinen tulos. Muutaman tutkittavan kanssa lopetettiin kuormaan, jonka tutkittava koki maksimaaliseksi. Samalla laitteella suoritettiin myös kymmenen toiston maksimitesti, 10 RM -testi. Kymmenen vuotta sitten määritettiin painot, joilla tutkittava pystyi tekemään juuri kymmenen toistoa. Näissä mittauksissa tehtiin samalla painomäärällä kuin kymmenen vuotta

sitten toistoja niin paljon kuin mahdollista. Tutkittavat ohjeistettiin ojentamaan jalat suoriksi ja tuomaan jalat takaisin koukkuun riittävän rauhallisesti. Liikkeen tuli olla jatkuvaa ja jokaisen suorituksen tuli mennä alas asti, vajaita suorituksia ei laskettu. Jokainen tutkittava ei suorittanut kymmenen toiston maksimitestiä, sillä muutama ei ollut tehnyt sitä ollenkaan vuosien varrella ja näin ollen heille ei ollut kg-lukemaa, jolla toistot olisi kuulunut tehdä. Muutamalla oli myös lonkkavaivoja, jotka estivät testin suorittamisen.



KUVA 8. Dynaaminen jalkojen ojennuslaite, DAVID 210.

Lopuksi tehtiin vielä polven maksimaaliset ojennukset ja koukistukset 90 asteen kulmilla. Eli huomattavasti pienemmällä kuormilla kuin aikaisemmat suoritukset. Muuten suoritukset tehtiin samalla tavalla kuin aiemmat polven ojennukset ja koukistukset. Näitä mittauksia ei oltu tehty aikaisempina vuosina. Vuoden 2017 mittauksissa ne lisättiin mittausten loppuun, etteivät ne vaikuta varsinaisiin suorituskykymuuttujiin. Näitä tuloksia ei myöskään käytetty tässä tutkimuksessa, koska vertailuarvoja ei ollut saatavilla. Nämä mittaukset tehtiin myös toista tutkimusta varten.

6.3.3 Kehonkoostumusmittaukset

DXA. Kehonkoostumusta mitattiin DXA-laitteella (dual-energy X-ray absorptiometry, GE Lunar Prodigy Advance, sarjanumero 303022 - Lunar, Madison WI, USA) (kuva 9). Tutkittavan tuli olla syömättä ja juomatta vähintään 12 tuntia ennen mittauksia ja heidän tuli välttää rasittavaa liikuntaa kaksi päivää ennen mittauksia. Tutkittava riisui ensin alusvaatteisilleen ja otti kaikki metallia sisältävät korut pois ennen, kuin hän meni laitteeseen selinmakuulle. Tutkittava aseteltiin laitteen keskelle ja heille laitettiin tuet käsien ja jalkojen väliin, jotta ne erotuvat paremmin mittauksen aikana. Tutkittavalta katsottiin myös, että lonkka ja selkäranka ovat mahdollisimman suorassa asennossa, koska lihas- ja rasvakudoksen määrittämisen lisäksi tutkittavalta mitattiin selkärangan ja lonkan luita. Mittaus kesti noin 10-15 minuuttia, jonka aikana laitteen päällä oleva osa liikkui hitaasti pitkittäissuunnassa.



KUVA 9. DXA-laite vasemmalla, johon tutkittava menee selinmakuulle mittauksen ajaksi. Oikealla on tietokoneelle siirtyneet tiedot kehonkoostumuksesta.

Ultraääni. Aloka-laitteella (model SSD-a10, Aloka, Tokio, Japani) tutkittavan reidestä mitattiin vastus lateralis -lihaksen poikkipinta-alaa ultraäänen avulla. Tutkittavat menivät tutkimuspöydälle makaamaan shortseissa, ja heidän polvien alle laitettiin styroksi-tuet. Nilkkojen väliin laitettiin styroksipala ja nilkat kiinnitettiin leveällä tarranauhalla kiinni toisiinsa. Tutkit-

tavilla oli reiteen tatuoitu pisteet alkumittauksissa vuonna 2007, minkä mukaan mittaus suoritettiin. Näin ollen saatiin vuosien mittaan reisilihaksen paksuutta tarkasteltua samasta kohdasta. Tatuoidut pisteet yhdistettiin viivalla, jota pitkin mittaus suoritettiin. Toinen viiva tehtiin proksimaalisesti kahden senttimetrin päähän ensimmäisestä viivasta. Yhdelle tutkittavalle toinen viiva tehtiin distaalisesti, koska se oli aiemminkin tehty niin. Mittaukset suoritettiin näistä molemmista viivoista kolmesti. Tulokset tallennettiin ja myöhemmin saaduista kuvista (kuva 10) analysoitiin lihaksen poikkipinta-ala ImageJ-ohjelmalla (versio 1.44p; National Institutes of Health, Bethesda, MD). Analysoinnissa kuvasta erotettiin vastus lateralis -lihas piirtämällä ääri viivat lihaksen ympärille ja näin saatiin lihaksen poikkipinta-ala selville. Ultraäänilaitteella mittauksen on osoitettu olevan toistettavampi menetelmä poikkipinta-alan määrittämiseen, kun sitä verrattiin magneettikuvaukseen (magnetic resonance imaging, MRI). Sen sijaan MRI:stä saatiin absoluuttisesti suurempia poikkipinta-alan tuloksia. Harjoittelun vaikutuksia tarkastellessa ultraäänilaitteen muutokset poikkipinta-alassa olivat samansuuntaisia MRI:n muutosten kanssa. (Ahtiainen ym. 2010.)



KUVA 10. Ultraäänilaitteella saatu kuva vastus lateralis -lihaksesta (VL), josta määritettiin lihaksen poikkipinta-ala.

Bioimpedanssi (BIA). Tutkittavat riisuivat alusvaatteisilleen ja ottivat korut ja muut metalliesineet pois ennen mittauksia. He putsasivat desinfiointiaineella kämmenet sekä jalkapohjat. Tämän jälkeen he menivät seisomaan inbody-laitteeseen (InBody 720, Biospace Co., Soul, Korea) jalat määrättyille paikoille. Tutkittavat ottivat käsillä kiinni käsikahvoista niin, että kädet olivat hieman irti vartalosta mittauksen aikana (kuva 11). Mittauksen aikana tutkittavan tuli seistä mahdollisimman paikallaan ja hiljaa noin yhden minuutin ajan. Mittaus suoritettiin paastossa. Heti mittauksen jälkeen tietokoneelta pystyttiin tulostamaan arviot kehonkoostumuksesta tutkittavalle. Sillanpää ym. (2014) havaitsivat BIA:n antavan korkeamman arvion LM:stä (lean mass) ja alhaisemmat arviot FM:stä (fat mass) sekä FAT%:sta (percentage of fat) kuin DXA niin naisilla kuin miehillä alle 70-vuotiailla. Kuitenkin yli 70 vuotiailla miehillä BIA sekä DXA menetelmät olivat vertailukelpoisia keskenään kehon koostumusanalyysissä.



KUVA 11. InBody 720-laite, johon jalat laitetaan niille merkityille paikoille ja käsillä otetaan käsikahvoista kiinni.

Ihopoimumittaukset. Ihopoimumittauksessa pihdeillä (kuva 12) mitattiin ihonalaisen rasvakerroksen paksuutta neljästä kohdasta. Mittauskohdat olivat biceps brachii, triceps brachii, subscapularis, suprailiaca. Ihopoimuja mitattaessa otettiin sormilla kiinni ihosta ja pihdeillä mitattiin ihopoimun paksuus koko ajan pitäen sormilla ihosta kiinni. Ihopoimut mitattiin oikealta puolelta kolme kertaa jokaisesta kohdasta aina kierros kerrallaan tutkittavan seistessä paikallaan. Tuloksista laskettiin keskiarvo jokaisen mittauspisteen osalta ja neljän poimun summat laskettiin yhteen. Arvioitu rasvaprosentti saatiin eri ikäisille miehille suunnatusta Durnin ja Womersleyn (1974) taulukosta.



KUVA 12. Ihopoimumittauksissa käytetyt pihdit, jossa mittaristoon tulee lukema ihopoimun paksuudesta.

Vartalon ympäryys. Vartalon ympäryys mitattiin ilman paitaa. Mittaus tapahtui lonkkaluun ja kylkiluiden puolelta välistä mittanauhalla mittaamalla. Tutkittava seiso rennosti suorassa kädet sivuilla. Mittaus suoritettiin yhden senttimetrin tarkkuudella. Vyötärön ympärysmittan ollessa miehillä yli 100 cm on kyseessä vyötärölihavuus, jossa ylipaino on kertynyt tavallista enemmän keskivartaloon (Duodecim 2017b). Mitattua vyötärön ympärystä käytetään kuvaamaan keskivartalolle kertyvää rasvaa. Tavoitearvo miehille olisi < 94 cm ja merkittävänä vyötärölihavuuden arvona pidetään 102 cm, joka alkaa olla jo merkittävä terveyshaitta (Käypä hoito 2010.)

Pituus ja paino. Tutkittavilta mitattiin pituus seinään kiinnitetyllä mittanauhalla (Jyväskylän yliopisto, tarkkuus 0.5 cm) ja pituus digitaalivaa'alla (Jyväskylän yliopisto, tarkkuus 0.1 kg).

Pituuden ja painon avulla saatiin tutkittaville laskettua myös painoindeksi eli BMI kaavasta:

$$\text{BMI} = \frac{\text{paino (kg)}}{\text{pituus}^2 \text{ (m)}}.$$
 Normaalipaino voidaan määrittää kehon painoindeksin avulla, jolloin normaalipainon arvona voidaan pitää 18.5–25 kg/m² (Fogelholm & Kaukua 2005).

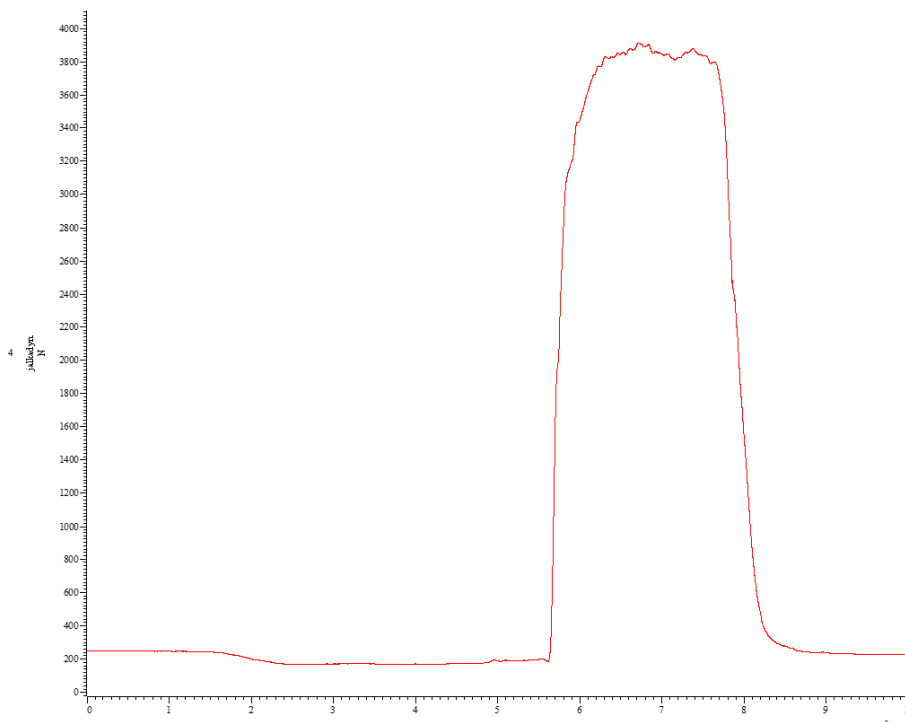
6.3.4 Verinäytteet

Laskimoverinäytteet otettiin tutkittavilta 12 tunnin paaston jälkeen heti aamusta Jyväskylän yliopiston liikuntabiologian laboratoriossa Viveca-rakennuksessa. Verinäytteistä analysoitiin perusverenkuva, glukoosi sekä testosteroni ja SHBG. Perusverenkuva varten otettiin yksi 3 ml:n VACUETTE EDTA -putki (Greiner-Bio-One GmbH, Kremsmünster, Austria), glukosia varten yksi 5/2 ml:n Terumon VenoSaf FC -putki ja testosteronia sekä SHBG:tä varten yksi 7 ml:n Terumon VenoSaf seerumiputki. Kynärvarren laskimon verinäytteistä mitatut muuttajat on mitattu seerumista. Seerumi saatiin kerättyä niin, että verta laitettiin kahteen 9 millilitran seerumiputkeen, jossa oli pohjalla geeliä auttamassa veren hyytymistä sekä seerumin erottelua. Näytteenoton jälkeen verta seisotettiin putkessa 10 minuuttia, jonka jälkeen putki laitettiin sentrifugiin ja sentrifugointiin 10 minuutin ajan kierrosnopeudella 3600 RPM. Erottunut seerumi jaettiin pienempiin 400 µl:n putkiin ja ne pakastettiin -80 °C:een myöhempiä analysointia varten. Perusverenkuva analysoitiin heti näytteenoton jälkeen Sysmex XP 300, verenkuva-analysointilaitteella (SysmexCo., Kobe, Japani). Glukoosi analysoitiin Konelab 20 XTi -analysointilaitteella (Thermo Fisher Scientific Oy, Vantaa, Suomi). Laite on automatisoitu ja sen analysointi perustuu entsyymaattiseen fotometriseen 2-reagenssin menetelmään. Testosteroni ja SHBG analysoitiin Immulite 2000 XP -laitteella (Siemens Healthcare Diagnostics Products Ltd., Llanberries, UK). Niiden menetelmä perustuu kemiluminometrinen immunologinen analyysimenetelmään. Testosteronin mittaustulos on 0.7–55 nmol/l ja analyttinen herkkyys 0.5 nmol/l. SHBG:n mittaustulos on 0.2–180 nmol/l ja analyttinen herkkyys 0.2 nmol/l.

6.4 Aineiston analysointi

Ultraäänikuvien analysoinnin suoritti tutkija, joka oli tehnyt aikaisempinakin vuosina analysoinnit. Kuvien analysoinnissa ja pisteyttämisessä voi olla tutkijakohtaisia eroja, jonka vuoksi analysoinnissa oli hyvä pitää koko ajan sama mittausaika, koska muutokset eivät lihaksen pinta-

alan suhteen ole muutenkaan kovin isoja. Myös DXA-materiaalin käsitteli sama laboratorio-päällikkö kuin aikaisempina vuosina, koska DXA-ohjelmisto on päivittynyt vuosien varrella ja että selän nikamat saatiin säädettyä oikeille kohdilleen. Isometriset maksimivoimamittaukseen käytetyt laitteet oli yhdistetty signaalivahvistimeen, josta signaali kulki A/D muuntimen kautta tietokoneelle. Tietokoneen Signal-ohjelmalla saatiin analysoitua isometriset maksimaaliset voimat. Pääasiassa analysoinnissa käytettiin automaattista analysointia, mutta osa tuloksista jouduttiin analysoimaan manuaalisesti, koska automaattinen analyysi ei antanut oikeita tuloksia. Voimien lisäksi tuloksia tarkasteltiin tietokoneelle piirtyvistä voimakuvajista (kuva 13) oikeiden voimatulosten varmistamiseksi.



KUVA 13. Tietokoneen Signal-ohjelmalla saatu voimakuvaja jalkojen isometrisestä ojenuksesta (N).

6.5 Tilastollinen analysointi

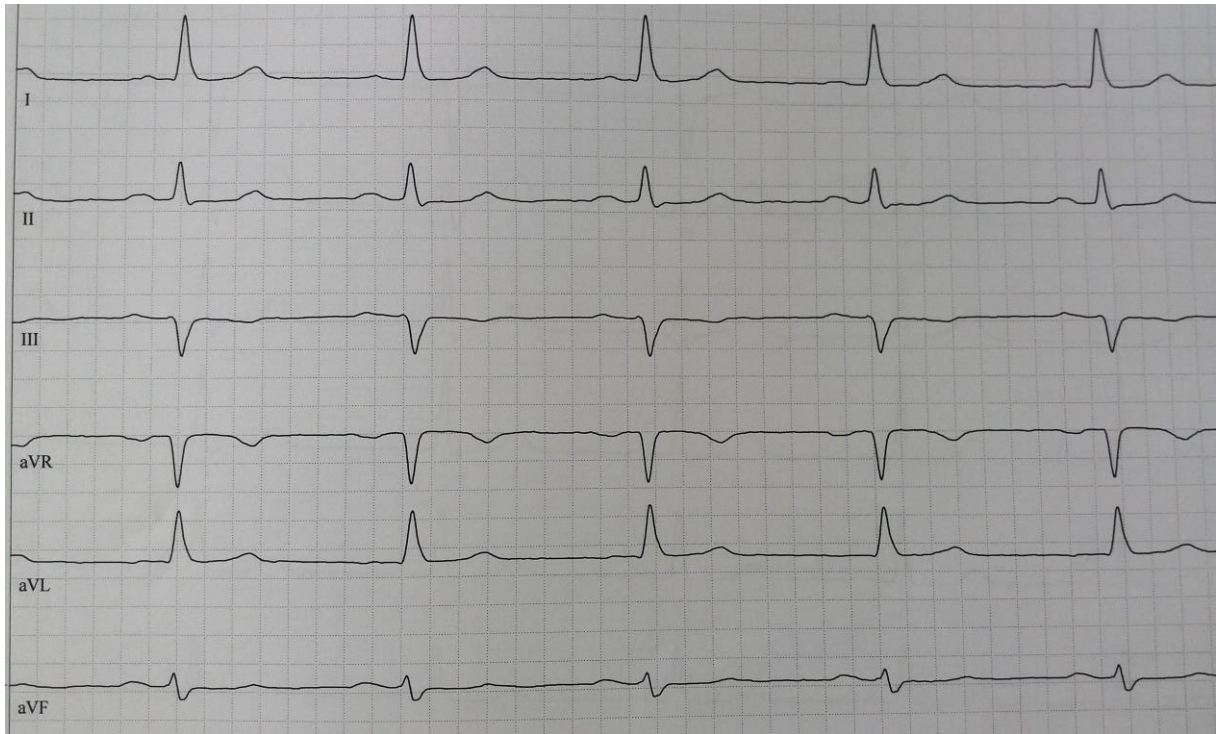
Aineisto analysoitiin tilastollisesti käyttäen IBM SPSS Statistics 22.0 -ohjelmaa (IBM Corp. Armonk, NY, USA) ja Microsoft Office Excel 2016 -ohjelmaa (Microsoft Corp. Redmond,

USA). Muuttujien normalisuus tarkistettiin vinouden ja huipukkuuden avulla. Aineistosta laskettiin keskiarvot ja keskihajonnat. Muuttujien arvoja eri vuosien osalta sekä näiden muutostarvoja tarkasteltiin kahden riippuvan otoksen t-testillä. Korrelaatiota tarkasteltiin eri muuttujien välillä käyttäen Pearsonin korrelaatiokerrointa. Tilastollisen merkitsevyyden rajaksi määriteltiin $p < 0.05$.

7 TULOKSET

Tutkittavat olivat keskimäärin 78.75 ± 2.11 -vuotiaita ikääntyviä miehiä. Heidän keskipainonsa oli alkumittauksissa (2007) 83.5 ± 11.3 kg, ohjatun voimaharjoittelun jälkeen (2008) 82.7 ± 10.0 kg ja viimeisissä mittauksissa (2017) 82.0 ± 11.5 kg. Painon muutos näyttää olevan suhteellisen pientä vuosien varrella. Heidän keskipituutensa oli alussa 176 ± 6 cm ja loppumittauksiin se oli laskenut 174.5 ± 6 senttimetriin. Ikääntymisen myötä huomataan pituuden pientyvän, ihmisen elimistön mennessä hieman kasaan. Tutkittavien BMI oli pysynyt samana vuosien varrella (27 ± 3 kg/m²), koska pituus ja paino olivat molemmat hieman laskeneet. Kuvaajissa mittausvuodet on korvattu kuukausilla; 2007 (0 kk), 2008 (12 kk), 2009 (24 kk), 2011 (48 kk), 2014 (84 kk) ja 2017 (120 kk).

Osalla tutkittavista oli korkea verenpaine, mutta heidän lääkärinsä olivat tietoisia siitä tai heillä oli käytössään verenpainelääkitys. Moni tutkittavista myös mittaa verenpainettaan säännöllisesti kotona. Vaihteluväli verenpainemittauksissa oli suurta (123–188/72–99), koska muutamalle tutkittavalle saatiin todella suuret arvot. Tutkittavien kanssa keskusteltiin näistä ja lääkärin kanssa keskusteltua yhdelle tutkittavalle oli annettu ohjeeksi seurata verenpainettaan (seurantajaksolla tulokset selvästi alhaisemmat). Lääkäri ei ollut huolestunut verenpaineista eikä EKG-tuloksista, vaan sanoi niiden olevan normaaleja ikääntymiseen liittyviä muutoksia. EKG-käyrästä tarkasteltiin impulssien säännöllisyyttä sekä tarkasteltiin, ettei mitään suurempaa poikkeamaa löydy impulssien välillä. Mittauksissa saatu EKG-käyrä on kuvattu kuvassa 14.



KUVA 14. EKG-käyrä, josta havaitaan P-aalto (eteisten supistuminen), QRS-kompleksi (kammioiden supistuminen) sekä T-aalto (kammioiden rentoutuminen). Näiden impulssi-
piikkien välistä aikaa myös tarkastellaan sydämen toimintakyvyn seurannassa.

7.1 Suorituskykymittaukset

Yleisesti ottaen suorituskykyominaisuuksia tarkastellessa vuoden voimaharjoittelujakso paransi suorituskykyominaisuuksia, mutta sen jälkeen tulokset hieman heikkenivät iän myötä, vaikka suurin osa tutkittavista jatkoikin voimaharjoittelua omatoimisesti. Tutkittavat kokivat, että suoritusten nivelkulmat olisivat pienentyneet, mikä johtuu liikkuvuuden pienentymisestä. Erityisesti he, jotka eivät olleet tehneet voimaharjoittelua, kokivat kuntonsa huonontuneen ja heistä tulokset tuntuivat jopa huonoilta, koska vertasivat niitä siihen, millaisia liikkujia he olivat nuoruudessaan olleet.

Tarkemmin tuloksia analysoitaessa huomattiin seuraavanlaisia muutoksia. Ohjatun harjoittelujakson myötä porrasjuoksu sekä tuolilta nousu nopeutuivat ja sen jälkeen omatoimisella jaksolla niiden suoritusajat kasvoivat. Voimaominaisuuksien osalta taas vuoden voimaharjoi-

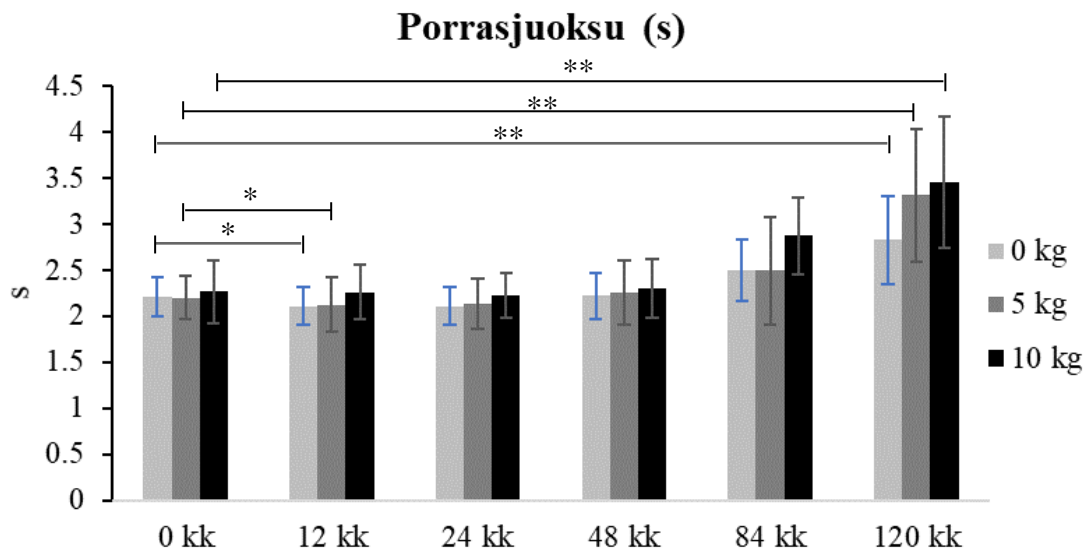
telu paransi niin dynaamisia kuin isometrisiäkin voimatuloksia, mutta tämän jälkeen tulokset laskivat. Kuitenkin koko tutkimusaikaa tarkastellessa isometriset voimatasot ovat kasvaneet jalkojen ojennuksen ja penkkipunnerruksen osalta, mutta laskeneet polven ojennuksen ja koukistuksen osalta. Tuloksia voidaan tarkemmin tarkastella taulukosta 2. Kunkin vuoden keskiarvot porrasjuoksun osalta on esitetty kuvassa 15. Pitää kuitenkin huomata, että keskiarvojen välisiä muutoksia ei voida suoraan vertailla keskenään, sillä kaikilta tutkittavilta ei vuosien varrella ole saatu kaikkia tuloksia. Tällöin on pitänyt vertailla tutkittavien muutoksien keskiarvoa ja näin osa tutkittavista on jäänyt osasta datasta pois.

TAULUKKO 2. Harjoittelujaksolla, omatoimisella jaksolla sekä koko tutkimusjaksolla tapahtuvien muutosten vertailu suorituskykymuuttujien osalta. Huom! Osan tutkittavien arvoja poistettu laskuista, sillä muutoksia laskettaessa ei pystytty huomioimaan tutkittavia, joilla ei ollut kaikkia arvoja saatavilla.

Muuttuja	Harjoittelujakso (ka ± SD)	Omatoiminenjakso (ka ± SD)	Koko aika (ka ± SD)	P-arvo (harjoittelu- omatoiminen)
Porras, 0 kg (s)	-0.091 ± 0.145	0.719 ± 0.440	0.631 ± 0.435	< 0.001
Porras, 5 kg (s)	-0.082 ± 0.176	1.206 ± 0.699	1.122 ± 0.643	< 0.001
Porras, 10 kg (s)	-0.013 ± 0.180	1.224 ± 0.598	1.197 ± 0.625	< 0.001
Tuolilta nousu (s)	-0.79 ± 0.50	0,90 ± 1.02	0.12 ± 0.82	< 0.001
Puristusvoima (kg)	5.58 ± 4.71	-3.81 ± 4.37	1.98 ± 5.09	< 0.001
1 RM (kg)	16.52 ± 17.33	-16.70 ± 13.28	-0.98 ± 19.58	< 0.001
Jalkojen ojennus (isom. / N)	345 ± 389	-133 ± 643	192 ± 558	0.019
Polven ojennus (isom. / N)	58 ± 92	-106 ± 98	-48 ± 115	< 0.001
Polven koukistus (isom. / N)	10 ± 37	-121 ± 51	-109 ± 44	< 0.001
Penkkipunnerrus (isom. / N)	220 ± 81	-55 ± 93	165 ± 128	< 0.001

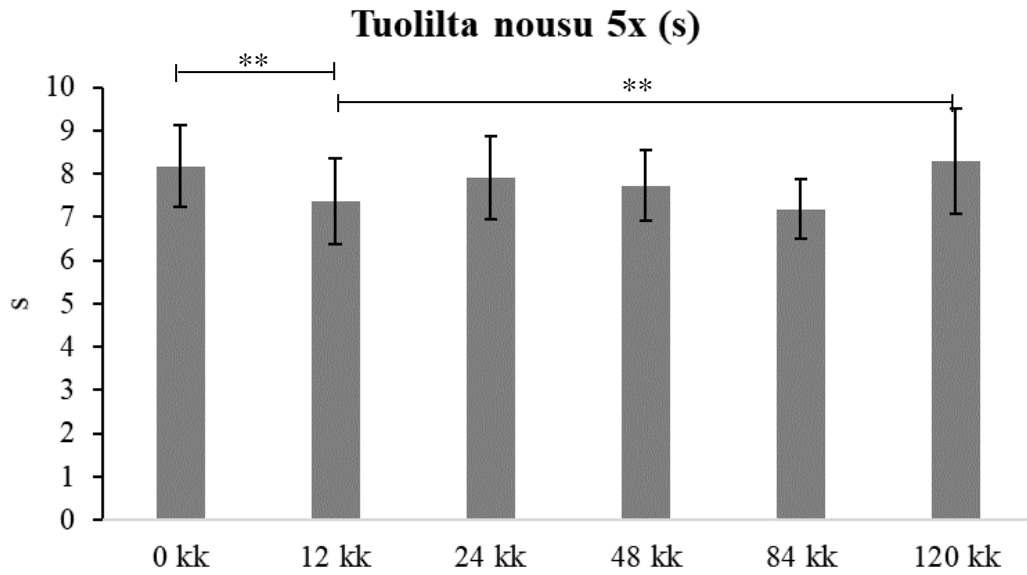
ka = keskiarvo; SD = keskihajonta

Ohjatun voimaharjoittelun myötä suoritus aika nopeutui ilman lisäpainoja sekä viiden kilogramman lisäpainoilla suoritettussa porrassuoksussa tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0.05$). Kuitenkaan tilastollisesti merkitsevää eroa ei löydetty kymmenen kilogramman lisäpainoilla suoritettussa porrassuoksussa, vaikka siinäkin tapahtui pientä suoritusajan nopeutumista. Ensimmäisen vuoden harjoittelun jälkeisellä omatoimisella jaksolla ja koko tutkimusajalla porrassuoksun suoritus aika kasvoi tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0.001$).

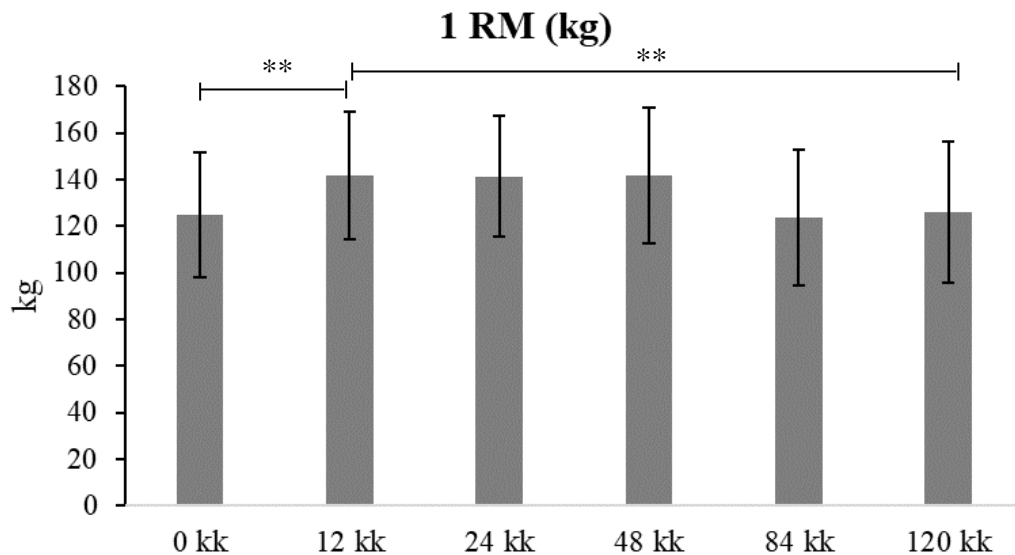


Kuva 15. Porrassuoksun (s) keskiarvot ja keskihajonnat kultakin vuodelta ilman lisäpainoja sekä 5 kg:n ja 10 kg:n lisäpainoilla. Tilastollisesti erittäin merkitsevä ero huomattiin alku- ja lopputestien välillä ** $p < 0.001$ sekä tilastollisesti merkitsevä ero ohjatun voimaharjoittelun myötä * $p < 0.05$.

Tuolilta nousuaikojen keskiarvot vaihtelivat 8.3–7.2 sekunnin välillä. Alun ja lopun välillä ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja, sillä alun jälkeen voimaharjoittelun myötä suoritus aika nopeutui tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0.001$). Kuitenkin tämän jälkeen suoritus aika hidastui ($p < 0.001$). Suoritus aika hidastui suunnilleen samoihin lukemiin kuin alussa, ja näin ollen muutosta alun ja lopun välillä ei havaittu. Tulokset havainnollistettu kuvassa 16. Samalla tavalla muutos tapahtui myös jalkojen ojennuksen 1RM suorituksessa (kuva 17).



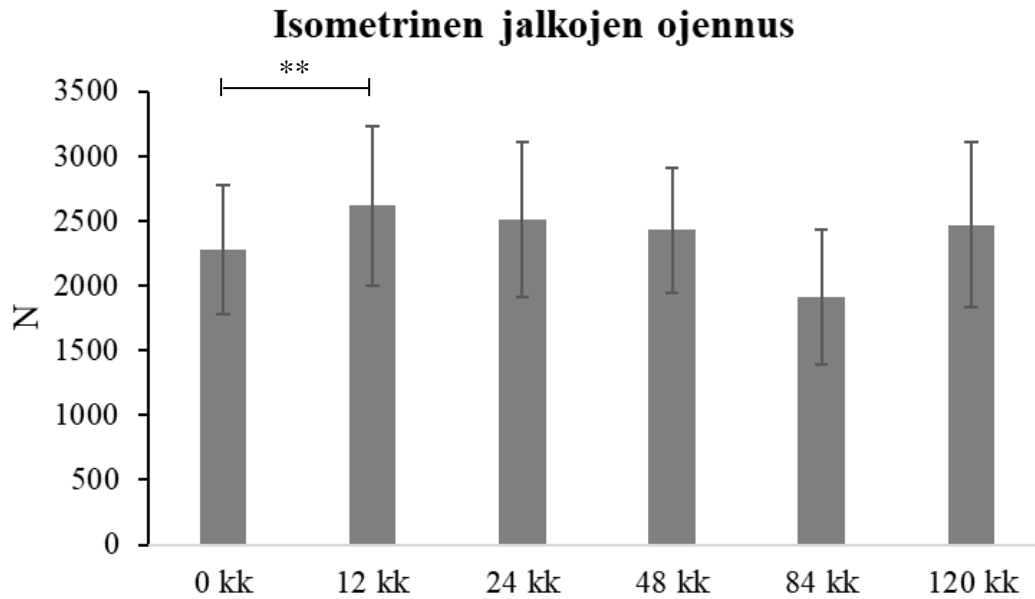
Kuva 16. Tuolilta nousu -testin (s) keskiarvot ja -hajonnat eri vuosina tehdyissä mittauksissa. Tilastollisesti erittäin merkitsevä ero havaittiin ensimmäisen vuoden aikana sekä 12 kuukauden ja loppumittausten välillä ** $p < 0.001$.



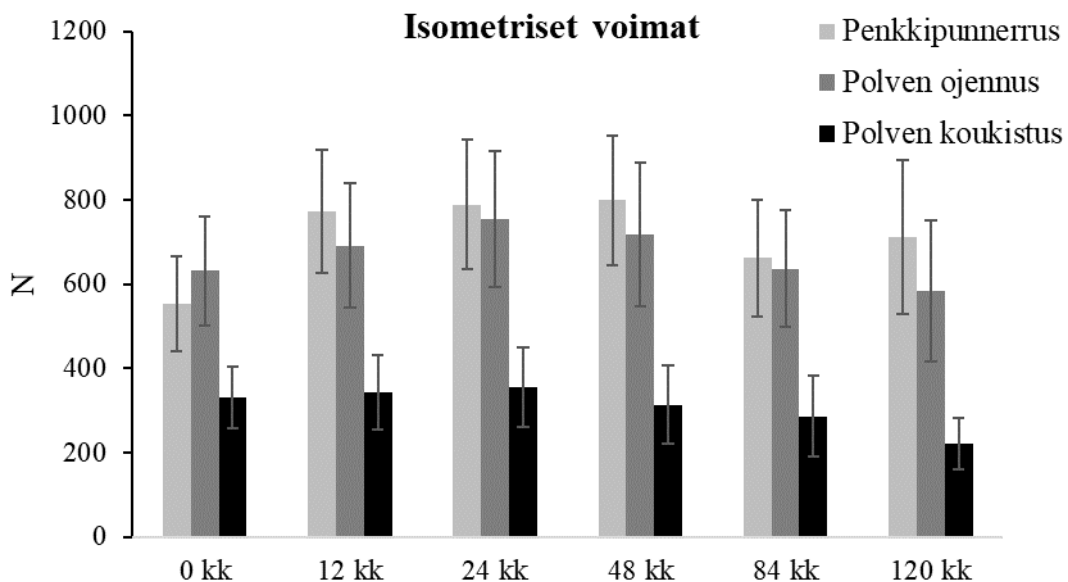
Kuva 17. Jalkojen ojennuksen 1 RM keskiarvot ja -hajonnat eri vuosina tehdyissä mittauksissa. Tilastollisesti erittäin merkitsevä ero havaittiin ensimmäisen vuoden aikana sekä 12 kuukauden ja loppumittausten välillä ** $p < 0.001$.

Kymmenen toiston maksimitestissä (10 RM) kg-lukemat vaihtelivat 70–160 kg: välillä riip-puen tutkittavasta. Osa tutkittavista ei pystynyt tekemään loppumittauksissa 10 RM -testiä ja heidän tulokseksi kirjattiin 0. Silti keskiarvotulos oli loppumittauksissa noin 6 toistoa suu-rempi kuin alussa. Jos näitä tutkittavia ei olisi otettu huomioon, olisi ero ollut vieläkin suu-rempi. Myös muutama tutkittava lopetti suorituksen kesken, kun oli saanut jo vähintään 50 tai 60 toistoa, koska he olivat siihen tyytyväisiä sekä olivat tehneet samalla tavalla aikaisempina-kin vuosina. Ohjatun voimaharjoittelun jälkeisinä vuosina 2008 ja 2009 tulokset olivat suu-rimmat, noin kolme kertaa suuremmat kuin ennen ohjattua voimaharjoittelua. Samansuuntai-sia tuloksia havaittiin myös käden puristusvoiman sekä staattisen hypyn osalta. Käden puris-tusvoiman keskiarvotulos alussa oli 44 kg, 12 kuukauden jälkeen 50 kg, 24 kuukauden jäl-keen 50 kg sekä 120 kuukauden jälkeen 46 kg (48 kk ja 84 kk mittauksissa ei suoritettu käden puristusvoimatestiä). Staattisessa hypyssä alkutesteissä tulos oli keskimäärin 18.2 ± 3.1 cm ja lopputesteissä 13.2 ± 4.9 cm.

Maksimaalisissa isometrisissä voimatesteissä havaittiin alkumittausten ja loppumittausten välillä tapahtuvan voiman kasvua jalkojen ojennuksen (2280 ± 500 N, 2470 ± 640 N) (kuva 18) sekä penkkipunnerruksen (550 ± 110 N, 710 ± 180 N) osalta. Vain isometrisen penkki-punnerruksen osalta tämä oli tilastollisesti merkitsevää ($p < 0.001$). Kuitenkin ohjatun voima-harjoittelun tuoma vaikutus oli molemmissa merkitsevä ($p < 0.001$). Isometrinen polven ojen-nus kasvoi harjoittelun vaikutuksesta tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0.05$), mutta laski myös sen jälkeen merkittävästi ($p < 0.001$). Isometrinen polven koukistus taas ei noussut voimahar-joittelun vaikutuksesta merkittävästi ($p > 0.05$), kun tarkastellaan koko tutkimusjoukkoa. Kymmenen vuoden aikana muutos polven ojennusvoimien laskussa oli tilastollisesti erittäin merkitsevää ($p < 0.001$). Muut isometriset voimat kuin isometrinen jalkojen ojennusvoima on esitetty kuvassa 19.



KUVA 18. Maksimaalisen isometrisen jalkojen ojennus voimien (N) keskiarvot ja -hajonnat kymmenen vuoden mittauksen ajalta. Tilastollisesti erittäin merkitsevä ero havaittiin ensimmäisen vuoden aikana **** p < 0.001**.



Kuva 19. Isometrisen voimatulokset penkkipunnerruksessa, polven ojennuksessa sekä polven koukistuksessa.

Lihaksen pinta-alaa tarkasteltiin myös suhteessa voimatuloksiin. Vastus lateralis -lihaksen poikkipinta-alan suhde isometriseen jalkojen ojennusvoimaan ei ollut muuttunut yhden vuoden harjoittelun aikana tilastollisesti merkitsevästi. Samaa huomattiin myös poikkipinta-alan suhteesta 1 RM tuloksiin (0-12 kk). Kuitenkin omatoimisella jaksolla (2008-2017) tapahtuvaa muutosta tarkastellessa, huomattiin tilastollisesti merkitsevä lasku ($p < 0.001$) molemmissa edellä mainituissa muuttujissa.

7.2 Kehonkoostumusmittaukset

Vuoden 2017 mittauksissa vyötärönympäryys oli keskimäärin 99 ± 9 cm. Keskiarvotulos vyötärönympäryksestä on juuri ja juuri alle vyötärölihavuuden arvon, 100 cm. Hieman alle puolella tutkittavista (10) kuitenkin vyötärölihavuuden raja ylittyi. Ihopoimiumittauksessa rasvaprosentiksi saatiin 25.3 ± 4.5 %. DXA:lla kudoksen rasvaprosentiksi saatiin 29 ± 6.5 %. Rasvan määrä kilogrammoina oli 23.3 ± 8.1 kg ja rasvaton massa (LM) 55.3 ± 5.5 kg. Alkumittauksissa nämä tulokset olivat 28 ± 7 % (rasvaprosentti), 23.0 ± 8.2 kg (rasvan määrä) ja 57.2 ± 5.4 kg (rasvaton massa). Näin ollen rasvaprosentti on kasvanut yhden prosentin kymmenen vuoden aikana, kehon rasvan määrä on pysynyt melkein samana sekä rasvaton massa on hieman laskenut. Näistä kymmenessä vuodessa vain kehon rasvattoman massan muutos on tilastollisesti merkitsevä ($p < 0.001$). Ultraäänellä kuvatun vastus lateralis -lihaksen poikkipinta-alan huomattiin kasvavan ensimmäisen vuoden aikana (19.0 ± 4.5 cm² -> 22.1 ± 4.0 cm²), mutta kymmenen vuoden aikana se laski arvoon 17.0 ± 4.8 cm². Kasvu sekä lasku olivat molemmat tilastollisesti merkitseviä ($p < 0.001$).

7.3 Verinäytteet

Taulukon 3 tulokset näyttävät, että testosteronipitoisuudet nousisivat hieman kymmenessä vuodessa. Kuitenkaan tämä nousu ei ole tilastollisesti merkitsevää. Kyseisen taulukon arvot ovat kaikki analysoitu samassa erässä vuonna 2017. Kuitenkin kahdeksalta tutkittavalta saatiin testosteroniarvot vuonna 2007 määritetyistä näytteistä, jolloin näiden keskiarvo oli 16.36 ± 3.9 nmol/l ja näiden kahdeksan keskiarvo vuonna 2017 oli 13.17 ± 2.1 nmol/l. Näiden osalta testosteronipitoisuus näyttää kuitenkin laskevan iän myötä. Tämä lasku on myös tilastollisesti merkitsevä ($p < 0.01$). SHBG-arvot nousivat niin harjoittelun kuin ikääntymisenkin myötä.

TAULUKKO 3. Testosteronin ja SHBG:n pitoisuuksien keskiarvot vuonna 2007, 2008 ja 2017.

Muuttuja	2007 (ka ± SD)	2008 (ka ± SD)	2017 (ka ± SD)	P-arvo (2007-2017)
Testosteroni (nmol/l)	12.84 ± 2.91	12.86 ± 3.64	13.47 ± 3.28	0.173
SHBG (nmol/l)	46.2 ± 12.07	51.1 ± 14.69	55.15 ± 15.55	< 0.001

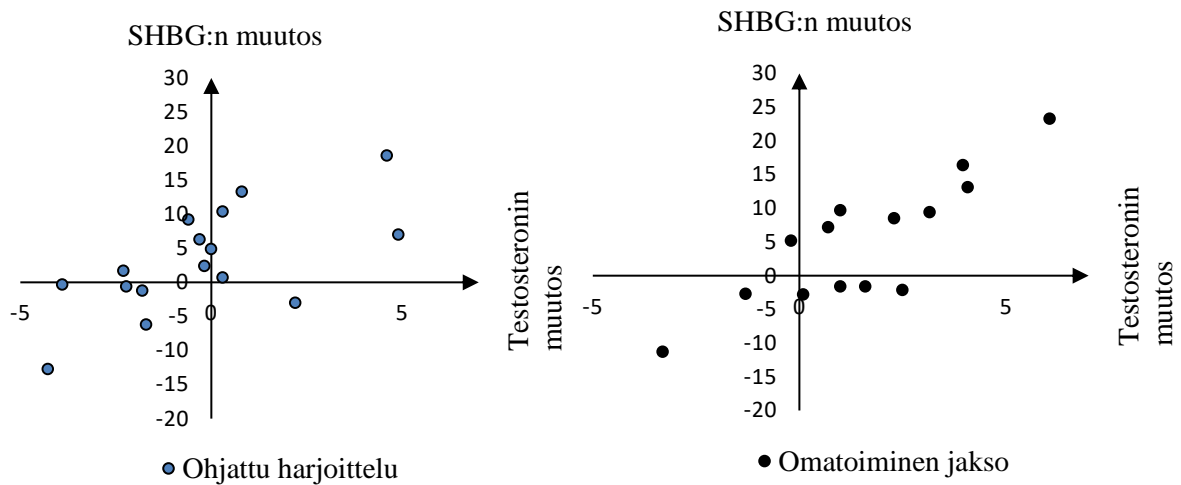
ka = keskiarvo; SD = keskihajonta

7.4 Korrelaatiot

Voimaominaisuuksien välillä huomattiin korrelaatioita ohjatulla harjoitusjaksolla eniten. Muun muassa isometrinen jalkojen ojennus -tulokset korreloivat 1 RM tulosten kanssa ($r = 0.607$, $p = 0.002$). Korrelaatiot olivat aivan samankaltaisia, kun tarkasteltiin vain ohjatulla harjoitusjaksolla treenanneita tutkittavia ($r = 0.614$, $P = 0.005$). Korrelaatiot eivät kasvaneet suuremmiksi, vaikka harjoittelemattomilla tutkittavilla korrelaatioita ei havaittu, koska koko joukosta ensimmäisen vuoden harjoitteli vain 4 henkilöä. Vastus lateralis -lihaksen poikkipinta-ala/isometrinen jalkojen ojennusvoima -suhteen muutos ohjatun harjoittelujakson aikana (2007-2008) korreloi voimakkaasti vastus lateralis -lihaksen poikkipinta-ala/1 RM -suhteen muutokseen ($r = 0.900$, $p < 0.001$). Myös harjoituskauden jälkeen tapahtuva muutos (2008-2017) korreloi vahvasti keskenään ($r = 0.710$, $p < 0.001$).

Testosteronin muutokset harjoitusjaksolla korreloivat kohtalaisesti SHBG:n muutosten kanssa ($r = 0.665$, $p = 0.005$), vaikka testosteronipitoisuudet pysyivät melkein samoina harjoittelujakson aikana vuonna 2007 ja 2008. Omatoimisella jaksolla näiden välinen muutos korreloi vahvasti keskenään ($r = 0.831$, $p < 0.001$) (kuva 20).

SHBG:n ja testosteronin muutosten korrelaatiot



KUVA 20. Korrelaatiokuvat SHBG:n ja testosteronin muutosten osalta. Ohjatun harjoittelun osalta korrelaatio on kohtalaista ($p = 0.005$) ja omatoimisella jaksolla muutokset korreloivat vahvasti keskenään ($p < 0.001$).

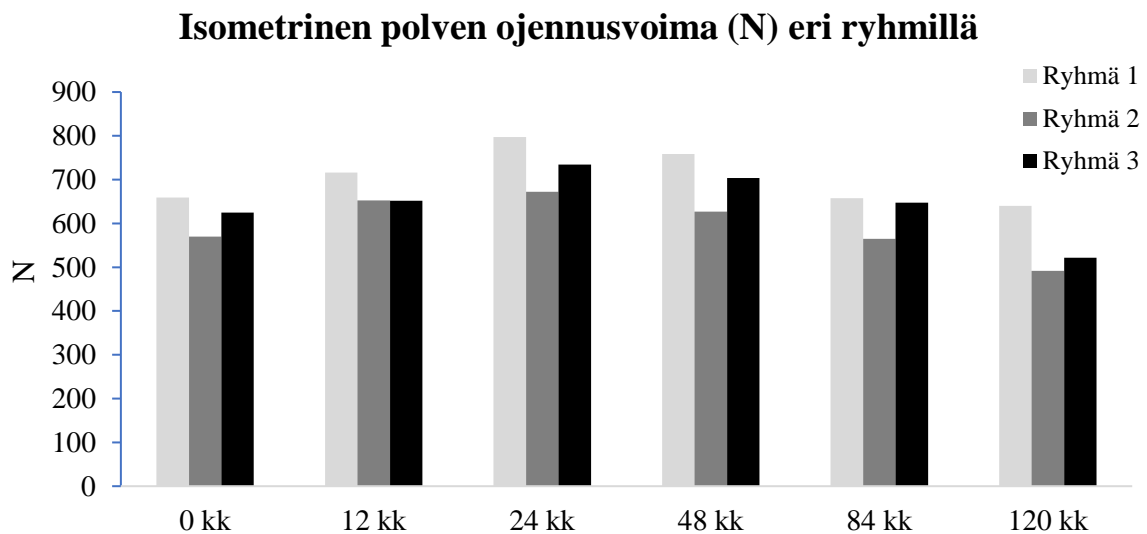
7.5 Voimaharjoitteluiden ja harjoittelemattomien tutkittavien muutokset

Voimaharjoitteluryhmällä voimaominaisuudet paranivat vuoden voimaharjoittelulla enemmän kuin aiemmin kuvatuissa tuloksissa ja tuloksien välillä havaittiin vahvempi tilastollinen merkitsevyys. Kuitenkaan erot eivät olleet kovin suuria tarkasteltaessa koko tutkimusjoukkoa tai vain harjoitelleita, koska vain 4 tutkittavaa kuului ensimmäisen harjoitteluvuoden aikana harjoittelemattomien ryhmään. Harjoittelemattomilla ei tapahtunut erityisiä muutoksia.

Vuonna 2007 harjoitteluryhmään kuuluvat paransivat merkittävästi porrasjuoksua ilman lisäpainoja ($p = 0.001$) sekä viiden kg:n lisäpainoilla ($p < 0.05$). Tuolilta nousu, käsien puristusvoima, jalkojen 1 RM, 10 RM, isometrinen jalkojen ojennus sekä penkkipunnerrus paranivat tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0.001$). Isometrinen polven ojennus kasvoi ($p < 0.01$) ja vastus lateralis -lihaksen poikkipinta-ala parani ($p < 0.001$). Harjoittelemattomilla voima- ja suorituskyykyominaisuudet eivät parantuneet merkitsevästi, pois lukien isometrisessä penkkipunnerruksessa tapahtuvaa parannusta ($p < 0.05$).

Omatoimisella jaksolla eli vuosina 2008-2017 tutkittavat jaettiin kolmeen eri ryhmään. Ryhmät olivat 1) voimaharjoittelua jatkaneet tutkittavat, 2) voimaharjoittelua ei jatkaneet tai selvästi liikuntaa vähentäneet tutkittavat sekä 3) harjoittelemattomat. Näistä ryhmä 1 ja 2 olivat ensimmäisen vuoden aikana voimaharjoitelleita, mutta kaikki eivät terveydellisistä syistä joutuen pystyneet koko kymmentä vuotta harjoittelemaan ja näin he kuuluvat ryhmään 2.

Isometrisiä voimia tarkastellessa huomattiin ryhmällä 2 tippuvan absoluuttiset arvot enemmän kuin muilla ryhmillä. Esimerkiksi isometrinen polven ojennus voima oli laskenut alhaisemmalle tasolle kuin ei-harjoitelleilla. Koko kymmenen vuotta harjoitelleilla tutkittavilla taas lasku oli pienempää kuin ei-harjoitelleilla ja absoluuttiset arvotkin olivat suurempia myös kymmenen vuoden tutkimusjakson lopussa. Esimerkiksi isometrisessä polven ojennuksessa harjoitelleilla keskiarvo oli 716 N (2008) ja ei-harjoitelleilla 652 N. Yhdeksän vuoden aikana harjoitelleilla absoluuttiset arvot tippuivat 76 N ja ei-harjoitelleiden arvot 130 N ja näin vuoden 2017 keskiarvo tulokset olivat harjoitelleilla 640 N ja ei-harjoitelleilla 522 N. Kuitenkin tilastollisesti merkitsevä muutos havaittiin vain harjoitelleilla ($p < 0.01$).



KUVA 21. Maksimaalisen isometrisen polven ojennusvoiman (N) keskiarvot kymmenen vuoden ajalta. Ryhmä 1 = voimaharjoittelua koko ajan tehneet; ryhmä 2 = voimaharjoittelun lopettaneet; ryhmä 3 = harjoittelemattomat tutkittavat.

Jalkaprässin 1 RM tuloksissa suurinta laskua absoluuttisia arvoja tarkastellessa havaittiin ryhmällä 3 ($p < 0.01$). Puristusvoimassa lasku oli suunnilleen yhtä suurta harjoitelleilla sekä harjoittelemattomilla tutkittavilla. Suorituskykyominaisuuksissa kuten porrasjuoksussa ja tuolilta nousussa voimaharjoitelleet tekivät nopeammin suoritukset koko omatoimisen jakson aikana verrattuna voimaharjoitelleisiin. Vaikka voimaharjoitelleilla keskiarvojen absoluuttinen lasku oli hieman suurempaa (porrasjuoksut $p < 0.001$ ja tuolilta nousu $p = 0.01$), olivat silti heidän aikansa kymmenen vuoden jälkeenkin vielä nopeampia kuin harjoittelemattomilla. Testosteronin ja SHBG:n osalta ei ole tapahtunut merkitseviä muutoksia omatoimisella harjoittelujaksolla minkään kolmen eri ryhmän osalta.

8 POHDINTA

Päälöydös tässä tutkimuksessa oli, että vuoden ohjattu voimaharjoittelu vaikutti suorituskykyymuuttujiin sekä voimaominaisuuksiin positiivisesti. Kuitenkin ikääntymisen myötä tulokset heikkenivät. Koko kymmenen vuoden ajan harjoitelleilla isometrisissä voimissa lasku oli pienempää kuin harjoittelemattomilla, mutta muiden suorituskykyymuuttujien osalta lasku oli samankaltaista kuin harjoittelemattomilla. Harjoitelleilla absoluuttiset arvot olivat harjoittelemattomia parempia. Suurin lasku voima- ja suorituskykyymuuttujissa tapahtui heillä, jotka olivat aikaisemmin harjoitelleet, mutta sairauden tai muun terveydellisen syyn vuoksi joutuivat keskeyttämään voimaharjoittelun tai vähentämään sitä huomattavasti.

Tämän pro gradu -tutkimuksen tarkoituksena oli tarkastella kymmenen vuoden aikana tapahtuneita muutoksia kehon koostumuksessa, lihasten voimatasoissa sekä suorituskykyymuuttujissa ikääntyvillä miehillä. Lisäksi tarkasteltiin testosteronitasojen muutoksia ikääntymisen seurauksena sekä niiden vaikutuksia voimatasoihin. Tutkimuksessa tarkasteltiin myös fyysisten aktiivisuustasojen muutoksia voimaharjoitelleilla sekä harjoittelemattomilla ikääntyvillä. Lisäksi tutkimuksessa pyrittiin havaitsemaan, että voidaanko säännöllisen voimaharjoittelun avulla ehkäistä ikääntymisen tuomia muutoksia. Aikaisempien tutkimusten mukaan on havaittu fyysisen aktiivisuuden laskevan iän myötä (Hawkins ym. 2009; Shaw ym. 2010; Persson & While 2011; Fan ym. 2013). Lisäksi on havaittu lihasmassan ja -voiman laskua (Goodpaster ym. 2006) sekä lihaksen poikkipinta-alan laskua ikääntyvillä henkilöillä (Frontera ym. 2000).

Voimaharjoittelun ja ikääntymisen vaikutukset mitattuihin muuttujiin

Ohjatun voimaharjoittelun myötä porrasjuoksussa tulokset kehittivät sekä ilman lisäpainoja että viiden kilogramman lisäpainoilla suoritettuna. Kaikki kolme eri porrasjuoksua kuitenkin hidastuivat merkittävästi kymmenen vuoden aikana. Suurinta hidastuminen oli henkilöillä, jotka olivat ennen harjoitelleet, mutta joutuneet jättämään voimaharjoittelun tai vähentämään sitä merkittävästi terveydellisten syiden takia. Erityisesti lonkkavaivat ja kävelyn vaikeutuminen vaikuttivat porrasjuoksun tuloksiin. Myös Kortebein ym. (2008) havaitsivat jo kahden viikon vuodelevon vaikuttavan kielteisesti ikääntyvien porrasjuoksuun tehoon. Näin ollen porrasjuoksuun voidaan katsoa heikentyvän liikkumattomuuden ja ikääntymisen tuoman hidastu-

misen seurauksena. Porrastuoksumen yhteydessä myös havaittiin, että vanhemmilla henkilöillä tasapaino heikentyy iän myötä. Yksi tutkittava joutuikin osittain ottamaan tukea kaiteesta, koska pelkäsi kaatuvansa. Tarttuminen kaiteeseen oli kuitenkin sellainen, ettei se vaikuttanut itse suorituksen tekemiseen, jolloin hänen tulokset otettiin huomioon.

Tuolilta nousun sekä jalkojen ojennusvoiman on havaittu olevan yhteydessä toisiinsa. Hardy ym. (2010) totesivat tutkimuksessaan paremman jalkojen ojennusvoiman/-tehon vaikuttavan tuolilta nousun suorituskykyyn. Tämän kaltaisia yhtäläisyyksiä havaittiin myös tässä tutkimuksessa. Voimaharjoittelun vaikutuksesta havaittiin tuolilta nousun ja jalkojen isometrisen voiman parantuneen. Jalkojen ojennus ja tuolilta nousu ovat näin yhteydessä toisiinsa. Parannus oli merkittävää, koska voimaharjoittelu oli alaraajapainotteista ja näin jalkojen ojennukseen ja tuolilta nousuun tarvittavat lihakset, kuten etureiden lihakset, voimistuivat.

Myös omatoimista harjoittelujaksoa (2008-2017) tarkasteltaessa huomataan, että sekä jalkojen ojennus että tuolilta nousu heikkenivät ikääntymisen seurauksena. Sen sijaan koko tutkimusajalla isometrinen jalkojen ojennuksen tulos ei laskenut, koska voimaharjoitelleet tutkittavat pystyivät omalla harjoittelullaan pitämään voimatasot suhteellisen samalla tasolla kuin vuoden ohjatun harjoittelun jälkeen. Maksimaalista jalkojen ojennustehoa mitattaessa staattisella hyppytestillä havaittiin ikääntymisen laskevan hyppykorkeutta. Nopeaa ja räjähtävää voimaa vaativassa suorituksessa huomataan hyvin ikääntymisen tuoman hitauden heikentävän suoritusta. Kiinnostavaa oli myös se, että tuolilta nousu koettiin suorituksena sitä haastavammaksi mitä ikääntyneempiä tutkittavat olivat. Osa tutkittavista koki tuolin liian matalaksi erityisesti viimeisellä tutkimuskerralla, vaikka tuoli oli sama, jolla oli tehty aiemmat mittaukset.

Isometrisissä voimatesteissä niiden tutkittavien absoluuttiset voima-arvot tippuivat eniten, jotka olivat aiemmin harjoitelleet, mutta seurantajakson aikana joko lopettaneet harjoittelun tai vähentäneet sitä merkittävästi. Tulosten heikentyminen oli seurausta siitä, että nämä tutkittavat olivat tehneet voimaharjoittelua aiemmin ja näin kasvattaneet voimantuottokykyään. Kuitenkin sairastumisen tai muun terveydellisen syyn vuoksi he olivat joutuneet jättämään liikunnan vähiin tai kokonaan pois, jolloin voimatasot olivat heikentyneet selvästi. Myös sairaudet vaikuttivat lihasten voimantuottokyvyn heikkenemiseen ja näin voimatasojen lasku oli heillä niin merkittävää. Jalkaprässin 1 RM tuloksien merkittävä lasku harjoittelun kesken jät-

täneillä johtui muun muassa lonkkavaivoista. Monella tässä ryhmässä olleella olikin lonkka-vaivoja ja osalla lonkat oli leikattu ja näin suorituksen tekeminen ei tuntunut yhtä hyvältä kuin tutkimuksen alussa. Kaikki tutkittavat saivat kuitenkin suoritukset tehtyä, mutta lonkkavaivojen vuoksi kaikkien kohdalla suorituksia ei pystytty kokeilemaan niillä painoilla, joilla nämä tutkittavat suorittivat mittaukset aikaisempina vuosina.

Antropometria

Pituus ja paino otettiin DXA-laitteen avulla. Näin pystyttiin vakioimaan muuttujat parhaiten. Pituuden mittaamisessa muutamalla tutkittavalla oli vaikeuksia seistä aivan suorassa ja näin todellinen pituus oli vaikea mitata. Myös painon suhteen pystyttiin vakioimaan tulos parhaiten, kun DXA:n painot olivat paastossa mitattuja painoja. Muutama tutkittava oli ehtinyt syödä hieman aamupalaa ennen bioimpedanssin ja painon mittaamista ohjeistuksesta huolimatta, joten näiden laitteiden ilmoittamaa painoa ei tästä syystä käytetty analyyseissä. Bioimpedanssin tuloksia ei tässä tutkielmassa ole huomioitu, koska kehonkoostumusmittareita oli niin paljon käytössä, ja rasvanmassan sekä rasvattoman massan analysoinneissa käytettiin niin ikään luotettavammaksi todettua DXA-laitetta.

Tutkimuskysymys 1 osalta huomattiin voimaharjoittelun vaikuttavan lihaksen poikkipinta-alaan. Vastus lateralis -lihaksen poikkipinta-ala kasvoi merkitsevästi ohjatun voimaharjoittelun aikana. Voimaharjoittelun aikaansaamaa poikkipinta-alan kasvua ovat havainneet myös Scanlon ym. (2014) sekä Reeves ym. (2004a). Ikääntymisen myötä vastus lateralis -lihaksen poikkipinta-ala kuitenkin pieneni merkitsevästi. Ikääntymisen havaittiin myös kasvattavan hieman rasvaprosenttia. Rasvan määrässä ei kuitenkaan tapahtunut muutosta, sillä rasvaton massa oli hieman laskenut. Rasvattoman massan eli lihasmassan vähentymistä on havainnut myös Goodpaster ym. (2006). Yleensä myös elimistön rasvan määrä lisääntyy ikääntymisen myötä, mutta tässä tutkimuksessa ei kuitenkaan havaittu tämän osalta lisääntymistä. Painon pienen laskun myötä kuitenkin rasvaprosentti oli noussut. Kuitenkaan BMI ($27 \pm 3 \text{ kg/m}^2$) ei ollut muuttunut kymmenen vuoden aikana, koska tutkittavien pituudet olivat hieman laskeneet. BMI oli normaaliarvoa ($18.5\text{--}25 \text{ kg/m}^2$) hieman korkeampi. Myös vyötärölihavuuden raja (100 cm) ylittyi kymmenellä tutkittavalla, mikä ei terveyden kannalta ole hyvä asia.

Testosteronitasojen muuttuminen iän myötä

Tutkimuskysymys 2 osalta tarkasteltiin testosteronitasojen muuttumista iän myötä. Hall (2011, 980) ja Chin ym. (2012) ovat havainneet testosteronipitoisuuksien ikään liittyvää laskua. Tässä tutkimuksessa tämän osalta tutkimustulokset vaihtelivat eri analysointikertojen välillä. Verinäytteistä otetut testosteronitasot olivat muuttuneet eri vuosien analysointikerroilla. Kun tarkasteltiin vuoden 2007 näytteitä oli tuolloin analysoidut testosteronipitoisuudet korkeammat kuin samoista näytteistä tehdyt uudet analysoinnit vuonna 2017. Verinäytteitä oli pidetty kymmenen vuotta pakkasessa ja näytteet analysoitiin vuonna 2017 uudelleen samanaikaisesti samalla reagenssilla muiden vuosien näytteiden kanssa, jotta tulokset olisivat vertailukelpoisia keskenään. Samalla tuloksissa kuitenkin huomattiin eroja eri analysointikertojen väliltä koskien kymmenen vuoden takaisia näytteitä. Tämä ero voi johtua siitä, että vuonna 2007 analysoinnit tehtiin eri reagenssilla kuin uudessa vuonna 2017 tehdyssä analysoinnissa, vaikka analysointitavat olivatkin samat. Toisaalta voidaan myös pohtia, voiko kymmenen vuoden verinäytteiden säilöntä hieman laskea veren testosteronipitoisuutta ja näin ollen uudet analysoinnit vanhoista näytteistä antavat pienempiä arvoja.

Testosteronipitoisuuksien analysointivaiheen virhemarginaali vaikuttaa myös siihen, millaisena tulokset näyttäytyvät. Jos tarkastellaan vuonna 2007 analysoituja näytteitä ja verrataan niitä vuonna 2017 saatuihin näytteisiin, huomataan, että kymmenen vuoden aikana testosteronipitoisuudet laskivat ikääntymisen seurauksena. Sen sijaan, kun tarkastellaan vuonna 2017 analysoituja arvoja vuoden 2007 osalta ja verrataan niitä vuoden 2017 arvoihin, huomataan päinvastaisia tuloksia. Tällöin suurimmalla osalla tutkittavista testosteronipitoisuudet nousivat kymmenen vuoden seurantajaksolla. Tässä kohdin on syytä kuitenkin huomata, että tässä on tarkasteltu vain niitä kahdeksaa henkilöä, joiden aiempien tulosten analysoinnit saatiin selville. Tutkimusjoukko on niin pieni, että on vaikea sanoa, olisiko tuo lasku ollut koko joukkoa tarkasteltaessa tilastollisesti merkitsevää.

Testosteronin vaikutukset voimaominaisuuksiin

Testosteronin ja SHBG:n korreloidessa positiivisesti toisiaan syntyy käsitys, että toisen pitoisuuksien noustessa myös toisen pitoisuudet nousevat. Kuitenkin Synlabin (2018) mukaan,

mitä suurempi vapaan testosteronin määrä on, sitä pienempi SHBG-pitoisuus on. Nämä siis korreloivat keskenään, mutta korrelaation tulisi olla negatiivista eli toisen noustessa toinen laskisi. Iän myötä, kun testosteroni laskee, niin SHBG-pitoisuuksien tulisi nousta. Tässä tutkimuksessa havaittiinkin SHBG-pitoisuuksien nousua, mutta testosteronipitoisuudet uusilla analysoinneilla laskivat. Myös Cooper ym. (2015) havaitsivat ikääntymisen kasvaessa SHBG-pitoisuuksien kasvavan. Cooper ym. (2015) tutkimuksessa SHBG nousi 0.46 nmol/l. Tässä tutkimuksessa havaittiin vielä suurempaa SHBG-pitoisuuden nousua, 0.80 nmol/l.

Harjoittelujakson aikana testosteronitasot pysyivät aika lailla samoina, joten voiman kasvun ei havaittu korreloivan testosteronin kasvun kanssa. Nuoremmilla miehillä hypertrofisen voimaharjoittelun on kuitenkin aiemmin havaittu kasvattavan testosteronitasoja (Ahtiainen ym. 2005). Ero aiemman ja tämän tutkimuksen välillä voi johtua siitä, että aiemmassa tutkimuksessa kyseessä olivat noin 30-vuotiaat miehet ja tässä tutkimuksessa miehet olivat selvästi iäkkäämpiä. Tai ero voi johtua harjoittelun intensiteetistä tai määrästä. Tässä tutkimuksessa ei siis havaittu tutkimuskysymys 3 osalta sellaisia muutoksia, että testosteronitasoilla ja voimaharjoittelulla olisi ollut yhteys. Testosteronitasojen muutokset olivat pieniä.

Tutkimuksen vahvuudet ja heikkoudet

Tutkittavat olivat motivoituneita harjoitteluun ja erityisesti voimaharjoittelua tehneet olisivat jopa halunneet edelleen jatkaa tutkimusta kymmenen vuoden jakson jälkeen. Tutkittavat olivat myös ikäisekseen liikunnallisempia kuin useimmat muut saman ikäiset henkilöt. Tämä on toisaalta myös ristiriitainen asia, sillä harjoittelemattomien määrä oli suhteellisen pieni ja näin koko aineistoa tarkasteltaessa heidän tulokset eivät kovin merkittävästi muuttaneet koko joukon tuloksia. Tutkittavat olivat mittaustilanteessa motivoituneita ja pyrkivät aina parantamaan aiempia tuloksiaan. Hyvänä puolena tutkimuksessa oli myös se, että kaikki testit olivat samanlaiset ja tehtiin samassa järjestyksessä. Myös tutkimuslaitteet ja näin ollen laitteiden säädöt olivat samat, muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta. Vaikka testit tehtiin vanhojen ohjeistusten mukaan, mittaajina olivat kuitenkin joka vuosi eri henkilöt. Myös osa mittauksista jouduttiin tekemään eri laitteistolla kuin aiemmin, mutta säädöt kuitenkin pyrittiin laittamaan mahdollisimman tarkasti samoiksi.

Jalkojen ojennus jouduttiin tekemään eri laitteella kuin alkumittauksissa, koska aiemmin käytetty laite ei ollut enää käytettävissä. Näin ollen pientä mittausvirhettä on voinut tapahtua polvikulman mittaamisessa, koska eri henkilöt ovat mitanneet sen. Kuitenkin muissa maksimaalisissa voimatesteissä, polven ojennuksessa ja koukistuksessa sekä penkkipunnerruksessa, laite oli sama kuin aikaisemminkin sekä säädöt saatiin laitettua valmiiksi laitteeseen. Näin ollen tutkittavat tekivät tismalleen samoilla säädöillä kaikkina vuosina nämä mittaukset.

Ultraäänilaitteella mitattaessa mittausten jälkeen kävi selväksi, että vastus lateralis -lihaksen poikkipinta-alaa oli kymmenen vuotta sitten tehdyissä mittauksissa mitattu toisin päin kuin näissä mittauksissa. Eli äänipää, jolla mittaus tehtiin, kulki aiemmissa mittauksissa reittä pitkin alhaalta ylös, kun 2017 vuoden mittauksissa mitattiin ylhäältä alaspäin. Pinta-alaan ei kuitenkaan pitäisi tulla muutosta oli mittaus sitten tehty ylhäältä-alas tai alhaalta-ylös. Tämä tarkistettiin ylimääräisellä pilottimittauksella. Pilotille tehtiin kolme mittausta samasta kohdasta ylhäältä alaspäin ja kolme mittausta toisin päin. Varmuudeksi sama mittaus tehtiin vielä toisesta kohtaa reittä. Tuloksia analysoitaessa huomattiin, että keskiarvot mittauksista olivat lähes samansuuruiset ja prosentuaalisestikin ero oli vain 0.2 %. Näin ollen aiempia ja nykyisiä poikkipinta-alan tuloksia voidaan pitää yhtä luotettavina ja vertailla näitä arvoja keskenään.

Johtopäätökset ja jatkotutkimukset

Voimaharjoittelua ja ikääntymistä on tutkittu aiemmin, mutta pitkäkestoisia tutkimuksia voimaharjoittelun vaikutuksista ikääntymiseen ei ole tehty. Ikääntyneiden useiden vuosien voimaharjoittelusta löytyykin niukasti tietoa. Tarvittaisiinkin siis lisää tutkimuksia, joissa voimaharjoittelua olisi tehty kymmenen vuotta tai pidempään. Näin saataisiin paremmin selville, kuinka tehokkaasti voimaharjoittelu vaikuttaa ikääntymiseen. Tämän tutkimuksen osallistujat olivat myös hyväkuntoisia ikäänsä nähden ja liikkuiivat keskimääräistä enemmän. Jatkossa tarvitaankin lisää tutkimusta, jossa tutkittavien määrä olisi suurempi ja toisaalta tutkimusjoukko heterogeenisempi. Näin saataisiin vielä paremmin vertailtua voimaharjoittelun hyötyjä ikääntymisen tuomiin muutoksiin.

LÄHTEET

- Abe, T., Thiebaud, R. S. & Loenneke, J. P. 2016. Age-related change in handgrip strength in men and women: is muscle quality a contributing factor? *Age (Dordr.)* 38 (1):28. doi: 10.1007/s11357-016-9891-4.
- Ahtiainen, J. P., Hoffren, M., Hulmi, J. J., Pietikäinen, M., Mero, A. A., Avela, J. & Häkkinen, K. 2010. Panoramic ultrasonography is a valid method to measure changes in skeletal muscle cross-sectional area. *European Journal of Applied Physiology* 108 (2), 273–279.
- Ahtiainen, J. P., Pakarinen, A., Alen, M., Kraemer, W. J. & Häkkinen, K. 2003. Muscle hypertrophy, hormonal adaptations and strength development during strength training in strength-trained and untrained men. *European Journal of Applied Physiology* 89 (6), 555–563.
- Ahtiainen, J. P., Pakarinen, A., Alen, M., Kraemer, W. J. & Häkkinen, K. 2005. Short vs. long rest period between the sets in hypertrophic resistance training: influence on muscle strength, size, and hormonal adaptations in trained men. *Journal of Strength and Conditioning Research* 19 (3), 572–582.
- Ahtiainen, J. P., Walker, S., Peltonen, H., Holviala, J., Sillanpää, E., Karavirta, L., Sallinen, J., Mikkola, J., Valkeinen, H., Mero, A., Hulmi, J. J. & Häkkinen, K. 2016. Heterogeneity in resistance training-induced muscle strength and mass responses in men and women of different ages. *AGE* 38 (1), 10. doi: 10.1007/s11357-015-9870-1.
- Alexander, N. B., Galecki, A. T., Grenier, M. L., Nyquist, L. V., Hofmeyer, M. R., Grunawalt, J. C., Medell, J. L. & Fry-Welch, D. 2001. Task-specific resistance training to improve the ability of activities of daily living-impaired older adults to rise from a bed and from a chair. *Journal of the American Geriatrics Society* 49 (11), 1418–1427.
- Autenrieth, C. S., Kirchberger, I., Heier, M., Zimmermann, A. K., Peters, A., Döring, A. & Thorand, B. 2013. Physical activity is inversely associated with multimorbidity in elderly men: results from the KORA-Age Augsburg Study. *Preventive Medicine* 57 (1), 17–19.
- Avela, J., Mero, A. & Kyröläinen, H. 2016. Hermo-lihasjärjestelmän rakenne ja toiminta. Teoksessa A. Mero, A. Nummela, S. Kalaja & K. Häkkinen (toim.) *Huippu-*

- urheiluvallmennus – teoria ja käytäntö päivittäisvalmennuksessa. Lahti: VK-kustannus, 92.
- Bao, Y. & Johansen, K. L. 2015. Diagnosis and treatment of low testosterone among patients with end-stage renal disease. *Seminars in Dialysis* 28 (3), 259–265.
- Bennie, J. A., Chau, J. Y., van der Ploeg, H. P., Stamatakis, E., Do, A. & Bauman, A. 2013. The prevalence and correlates of sitting in European adults – a comparison of 32 Eurobarometer-participating countries. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* 11 (10), 107.
- Beyer, A-K., Wolff, J. K., Warner, L. M., Schüz, B. & Wurm, S. 2015. The role of physical activity in the relationship between self-perceptions of ageing and self-rated health in older adults. *Psychology & Health* 30 (6), 671–685.
- Booth, F. W., Roberts, C. K. & Laye, M. J. 2012. Lack of exercise is a major cause of chronic diseases. *Comprehensive Physiology* 2 (2), 1143–1211.
- Cadore, E. L., Izquierdo, M., Pinto, S. S., Alberton, C. L., Pinto, R. S., Baroni, B. M., Vaz, M. A., Lanferdiini, F. J., Radaelli, R., González-Izal, M., Bottaro, M. & Kruegel L. F. A. 2013. Neuromuscular adaptations to concurrent training in the elderly: effects of intrasession exercise sequence. *AGE* 35, 891–903.
- Candow, D. G., Vogt, E., Johannsmeyer, S., Forbes, S. C. & Farthing, J. P. 2015. Strategic creatine supplementation and resistance training in healthy older adults. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism* 40 (7), 689–694.
- Carmeli, E., Reznick, A. Z., Coleman, R. & Carmeli, V. 2000. Muscle strength and mass of lower extremities in relation to functional abilities in elderly adults. *Gerontology* 46 (5), 249–257.
- Castillo-Rodríguez, A. & Chinchilla-Minguet, J. L. 2014. Cardiovascular program to improve physical fitness in those over 60 years old – pilot study. *Clinical Interventions in Aging* 13 (9), 1269–1275.
- Castro, K. V. B., Alves, C. H. L., Sauaia, B. A., Furtado, A. E. A., Almeida, F. J. F., Novais, T. M. G., Pulcherio, J. O. B., Oliveira, P. L. L., Chaves, L. F. C., Mostarda, C. T., Rodrigues, B., Gambassi, B. B. 2016. Effects of low intensity resistance training on the risk of falls and functional autonomy in the elderly. *Journal of Exercise Physiology Online* 19 (1), 33–38.

- Chin, K-Y., Soelaiman, I-N., Naina Mohamed, I., Shahar, S., Tenq, N. I., Suhana Mohd Ramli, E., Ahmad, F., Aminuddin, A. & Zurinah Wan Nqah, W. 2012. Testosterone is associated with age-related changes in bone health status, muscle strength and body composition in men. *The Aging Male* 15 (4), 240–245.
- Chin A Paw, M. J., van Poppel, M. N., Twisk, J. W. & van Mechelen, W. 2006. Once a week not enough, twice a week not feasible? A randomised controlled exercise trial in long-term facilities. *Patient Education and Counselling* 63 (1–2), 205–214.
- Cooper, L. A., Page, S. T., Amory, J. K., Anawalt, B. D., Matsumoto, A. M. 2015. The association of obesity with sex hormone-binding globulin is stronger than the association with ageing – implications for the interpretation of total testosterone measurements. *Clinical Endocrinology*, 83 (6), 828–833.
- Cruz-Jentoft, A. J., Baeyens, J. P., Bauer, J. M., Boirie, Y., Cederholm, T., Landi, F., Martin, F. C., Michel, J-P., Rolland, Y., Schneider, S. M., Topinková, E., Vandewoude, M. & Zamboni, M. 2010. Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis: Report of the European Working Group on Sarcopenia in Older People. *Age and Ageing*, 39, 412–423.
- Dafna, M., Carmen, C., Kamalesh, V. & Adrian, B. 2012. How diverse was the leisure time physical activity of older Australians over the past decade? *Journal of Science and Medicine in Sport* 15 (3), 213–219.
- D'Antona, G., Pellegrino, M. A., Adami, R., Rossi, R., Carlizzi, C. N., Canepari, M., Saltin, B. & Bottinelli, R. 2003. The effect of ageing and immobilization on structure and function of human skeletal muscle fibres. *The Journal of Physiology* 15; 552 (Pt 2), 499–511.
- Duodecim. 2017a. Kohonnut verenpaine (verenpainetauti): http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=dlk00034#s7. Viitattu 19.8.2017.
- Duodecim. 2017b. Vyötärölihavuus (keskivartaloliavuus, omenalihavuus): https://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=dlk00890. Viitattu 19.8.2017.
- Durnin, J. V. G. A. & Womersley, J. 1974. Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. *British Journal of Nutrition* 32, 77–97.

- Edgren, J., Rantanen, T., Heinonen, A., Portegijs, E., Alén, M., Kiviranta, I., Kallinen, M. & Sipilä, S. 2012. Effects of progressive resistance training on physical disability among older community-dwelling people with history of hip fracture. *Aging Clinical and Experimental Research* 24 (2), 171–175.
- English, K. J. & Paddon-Jones, D. 2010. Protecting muscle mass and function in older adults during bed rest. *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care* 13 (1), 34–39.
- Fahlman, M. M., McNevin, N., Boardley, D., Morgan, A. & Topp, R. 2011. Effects of resistance training on functional ability in elderly individuals. *American Journal of Health Promotion* 25 (4), 237–243.
- Fan, J. X., Kowaleski-Jones, L. & Wen, M. 2013. Walking or dancing: Patterns of physical activity by cross-sectional age among U.S. women. *Journal of Ageing and Health* 25 (7), 1182–1203.
- Flack, K. D., Davy, B. M., DeBerardinis, M., Boutagy, N. E., McMillan, R. P., Hulver, M. W., Frisard, M. I., Anderson, A. S., Savla, J. & Davy, K. P. 2016. Resistance exercise training and in vitro skeletal muscle oxidative capacity in older adults. *Physiological Reports* 4 (13). doi: 10.14814/phy2.12849.
- Fleg, J. L., Morrell, C. H., Bos, A. G., Brant, L. J., Talbot, L. A., Wright, J. G. & Lakatta, E. G. 2005. Accelerated longitudinal decline of aerobic capacity in healthy older adults. *Circulation* 112 (5), 674–682.
- Fogelholm, M. & Kaukua, J. 2005. Lihavuus. Teoksessa I. Vuori, S. Taimela & U. Kujala (toim.) *Liikuntalääketiede*. 3. uudistettu painos. Helsinki: Duodecim, 424.
- Fragala, M. S., Fukuda, D. H., Stout, J. R., Townsend, J. R., Emerson, N. S., Boone, C. H., Beyer, K. S., Oliveira, L. P. & Hoffman, J. R. 2014. Muscle quality index improves with resistance exercise training in older adults. *Experimental Gerontology* 53:1–6. doi: 10.1016/j.exger.2014.01.027.
- Frontera, W. R., Hughes, V. A., Fielding, R. A., Fiatarone, M. A., Evans, W. J. & Roubenoff, R. 2000. Aging of skeletal muscle: a 12-yr longitudinal study. *Journal of Applied Physiology* 88 (4), 1321–1326.
- Giampaoli, S., Ferrucci, L., Cecchi, F., Lo Noce, C., Poce, A., Dima, F., Santaquilani, A., Vescio, M. F. & Menotti, A. 1999. Hand-grip strength predicts incident disability in non-disabled older men. *Age Ageing* 28 (3), 283–288.

- Gonzalez, A. M., Mangine, G. T., Fragala, M. S., Stout, J. R., Beyer, K. S., Bohner, J. D., Emerson, N. S. & Hoffman, J. R. 2014. Resistance training improves single leg stance performance in older adults. *Aging Clinical and Experimental Research* 26 (1), 89–92.
- Goodpaster, B. H., Park, S. W., Harris, T. B., Kritchevsky, S. B., Nevitt, M., Schwartz, A. V., Simonsick, E. M., Tylavsky, F. A., Visser, M. & Newman, A. B. 2006. The Loss of skeletal muscle strength, mass, and quality in older adults: The health, aging and body composition study. *Journal of Gerontology, Series A: Biological Sciences and Medical Sciences* 61 (10), 1059–1064.
- Gouveia, E. R., Gouveia, B. R., Maia, J. A., Blimkie, C. J. & Freitas, D. L. 2016. Skeletal muscle and physical activity in Portuguese community-dwelling older adults. *Journal of Aging and Physical Activity* 24 (4), 567–574.
- Grimby, G., Danneskiold-Samsøe, B., Hvid, K. & Saltin, B. 1982. Morphology and enzymatic capacity in arm and leg muscles in 78–81 year old men and women. *Acta physiologica Scandinavica* 115 (1), 125–134.
- Hall, J. E. 2011. *Guyton and Hall textbook of medical physiology*. 12. painos. Philadelphia, USA: Saunders Elsevier.
- Hardy, R., Cooper, R., Shah, I., Harridge, S., Guralnik, J. & Kuh, D. 2010. Is chair rise performance a useful measure of leg power? *Aging Clinical and Experimental Research* 22, 412–418.
- Hayes, L. D., Grace, F. M., Sculthorpe, N., Herbert, P., Kilduff, L. P. & Baker, J. S. 2013. Does chronic exercise attenuate age-related physiological decline in males? *Research in Sport Medicine* 21 (4), 343–354.
- Hawkins, M. S., Storti, K. L., Richardson, C. R., King, W. C., Strath, S. J., Holleman, R. G. & Kriska, A. M. 2009. Objectively measured physical activity of USA adults by sex, age, and racial/ethnic groups: a cross-sectional study. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 3, 6: 31.
- Helldán, A. & Helakorpi, S. 2014. Eläkeikäisen väestön terveystyytyminen ja terveys keväällä 2013 ja niiden muutokset 1993–2013. *Terveyden ja hyvinvoinnin laitos, raportti 15/2014*.
- Hortobágyi, T., Zheng, D., Weidner, M., Lambert, N. J., Westbrook, S. & Houmard, J. A. 1995. The influence of aging on muscle strength and muscle fiber characteristics

- with special reference to eccentric strength. *The Journals of Gerontology, Series A: Biological Sciences and Medical Sciences* 50 (6), B399–406.
- Houston, D. K., Nicklas, B. J., Ding, J., Harris, T. B., Tylavsky, F. A., Newman, A. B., Lee, J. S., Sahyoun, N. R., Visser, M. & Kritchevsky, S. B. 2008. Dietary protein intake is associated with lean mass change in older, community-dwelling adults: the Health, Aging, and Body Composition (Health ABC) Study. *The American Journal of Clinical Nutrition* 87, 150–155.
- Häkkinen, K. & Ahtiainen, J. 2016. Maksimivoimaharjoittelu. Teoksessa A. Mero, A. Nummela, S. Kalaja & K. Häkkinen (toim.) *Huippu-urheiluvalmennus – teoria ja käytäntö päivittäisvalmennuksessa*. Lahti: VK-Kustannus, 250–252.
- Häkkinen, K., Kallinen, M., Izquierdo, M., Jokelainen, K., Lassila, H., Mälkiä, E., Kraemer, W. J., Newton, R. U. & Alen, M. 1998. Changes in agonist-antagonist EMG, muscle CSA, and force during strength training in middle-aged and older people. *Journal of Applied Physiology* 84 (4), 1341–1349.
- Häkkinen, K., Pakarinen, A., Hannonen, P., Häkkinen, A., Airaksinen, O., Valkeinen, H. & Alen, M. 2002. Effects of strength training on muscle strength, cross-sectional area, maximal electromyographic activity, and serum hormones in premenopausal women with fibromyalgia. *The Journal of Rheumatology* 29 (6), 1287–1295.
- Ilander, O. 2014. Ruuan merkitys kuntoilijoille ja urheilijoille. Teoksessa O. Ilander (toim.) *Liikuntaravitsemus–tehoa, tuloksia ja terveyttä ruuasta*. Lahti: VK-Kustannus, 19.
- Jackson, A. S., Sui, Z., Hébert, J. R., Church, T. S. & Blair, S. N. 2009. Role of lifestyle and aging on the longitudinal change in cardiorespiratory fitness. *Archives of Internal Medicine* 26, 169 (19), 1781–1787.
- Jancova-Vseteckova, J., Bobak, M., Kubinova, R., Capkova, N., Peasey, A., Marmot, M. G. & Pikhart, H. 2015. Social Patterning in Grip Strength, Chair Rise, and Walk Speed in an Aging Population: The Czech HAPIEE Study. *Journal of Aging and Physical Activity* 23 (2), 264–271.
- Kerr, J., Sallis, J. F., Saelens, B. E., Cain, K. L., Conway, T. L., Frank, L. D. & King, A. C. 2012. Outdoor physical activity and self rated health in older adults living in two regions of the U.S. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* 9. doi: 10.1186/1479–5868–9–89.

- Kim, K-E., Jang, S-N., Lim, S., Park, Y. J., Paik, N-J., Kim, K. W., Jang, H. C. & Lim, J-Y. 2012. Relationship between muscle mass and physical performance: is it the same in older adults with weak muscle strength? *Age and Ageing* 41 (6), 799–803.
- Koopman, J. J., van Bodegom, D., van Heemst, D. & Westendorp, R. G. 2015. Handgrip strength, ageing and mortality in rural Africa. *Age Ageing*. 44 (3), 465–470.
- Kortebein, P., Symons, T. B., Ferrando, A., Paddon-Jones, D., Ronsen, O., Protas, E., Conger, S., Lombeida, J., Wolfe, R. & Evans, W. J. 2008. Functional impact of 10 days of bed rest in healthy older adults. *The Journal of Gerontology, Series A: Biological Sciences and Medical Sciences* 63 (10), 1076–1081.
- Krivickas, L. S., Suh, D., Wilkins, J., Hughes, V. A., Roubenoff, R. & Frontera, W. R. 2001. Age- and gender-related differences in maximum shortening velocity of skeletal muscle fibers. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation* 80 (6), 447–455.
- Kubo, K., Kanehisa, H., Azuma, K., Ishizu, M., Kuno, S. Y., Okada, M. & Fukunaga, T. 2003a. Muscle architectural characteristics in women aged 20–79 years. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 35 (1), 39–44.
- Kubo, K., Kanehisa, H., Azuma, K., Ishizu, M., Kuno, S. Y., Okada, M. & Fukunaga, T. 2003b. Muscle architectural characteristics in young and elderly men and women. *International Journal of Sports Medicine* 24 (2), 125–130.
- Kyröläinen, H. 2007. Nopeusvoima. Teoksessa K. L. Keskinen, K. Häkkinen & M. Kallinen. *Kuntotestauksen käsikirja. 2. uudistettu painos. Liikuntatieteellinen seura ry, Tampere: Tammerprint Oy, 153.*
- Käypä hoito. 2010. Painoindeksi ja vyötärön ympäryys: <http://www.kaypahoito.fi/web/kh/suosituksset/suositus?id=nix00163>. Viitattu 19.8.2017.
- Laine, M. 2014. Sydänfilmi eli EKG: http://www.ebm-guidelines.com/dtk/syd/avaa?p_artikkeli=syd00195. Viitattu 5.1.2018.
- Leenders, M., Verdijk, L. B., Van der Hoeven, L., Van Kranenburg, J., Nilwik, R., Wodzig, W. K., Senden, J. M., Keizer, H. A. & Van Loon, L. J. 2013. Protein supplementation during resistance-type exercise training in the elderly. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 45 (3), 542–552.

- McPhee, J., Hogrel, J-Y., Maier, A. B., Seppet, E., Seynnes, O. R., Sipilä, S., Bottinelli, R., Barnouin, Y., Bijlsma, A. Y., Gapeyeva, H., Maden-Wilkinson, T. M., Meskers, C. G., Pääsuke, M., Sillanpää, E., Stenroth, L., Butler-Browne, G., Narici, M. V. & Jones, D. A. 2013. Physiological and functional evaluation of healthy young and older men and women: design of the European Myo Age study. *Biogerontology* 14, 325–337.
- Mero, A. A., Hulmi, J. J., Salmijärvi, H., Katajavuori, M., Haverinen, M., Holviala, J., Ridanpää, T., Häkkinen, K., Kovanen, V., Ahtiainen, J. P. & Selänne, H. 2013. Resistance training induced increase in muscle fiber size in young and older men. *European Journal of Applied Physiology* 133, 641–650.
- Mong, Y., Teo, T. W. & Ng, S. S. 2010. 5-Repetition sit-to-stand test in subjects with chronic stroke: reliability and validity. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 91 (3), 407–413.
- Nicklas, B. J., Chmelo, E., Delbono, O., Carr, J. J., Lyles, M. F. & Marsh, A. P. 2015. Effects of resistance training with and without caloric restriction on physical function and mobility in overweight and obese older adults: a randomized controlled trial. *The American Journal of Clinical Nutrition* 101 (5), 991–999.
- Nienstedt, W., Hänninen, O., Arstila, A. & Björkqvist, S-E. 2006. Ihmisen fysiologia ja anatomia. 15.–16. painos. Helsinki: WSOY.
- Ostrovidov, S., Hosseini, V., Ahadian, S., Fujie, T., Parthiban, S. P., Ramalingam, M., Bae, H., Kaji, H. & Khademhosseini, A. 2014. Skeletal muscle tissue engineering: methods to form skeletal myotubes and their applications. *Tissue Engineering Part B: Reviews* 20 (5), 403–436.
- Ozaki, H., Kubota, A., Natsume, T., Loenneke, J. P., Abe, T., Machida, S. & Naito, H. 2017. Effects of drop sets with resistance training on increases in muscle CSA, strength, and endurance: a pilot study. *Journal of Sports Sciences* 22, 1–6.
- Persson, A. & While, A. 2011. Physical activity among older people and related factors. *Health Education Journal* 71 (2), 144–153.
- Quail, J. M., Addona, V., Wolfson, C., Podoba, J. E., Lévesque, L. Y. & Dupuis, J. 2007. Association of unmet need with self-rated health in a community dwelling cohort of disabled seniors 75 years of age and over. *European Journal of Ageing* 4 (1), 45–55.

- Rantanen, T., Guralnik, J. M., Foley, D., Masaki, K., Leveille, S., Gurb, J. D. & White, L. 1999. Midlife hand grip strength as a predictor of old age disability. *Journal of the American Medical Association* 10, 281 (6), 558–560.
- Reeves, N. D., Narici, M. V. & Maganaris, C. N. 2004a. Effect of resistance training on skeletal muscle-specific force in elderly humans. *Journal of Applied Physiology*. 96 (3), 885–892.
- Reeves, N. D., Narici, M. V. & Maganaris, C. N. 2004b. In vivo human muscle structure and function: adaptations to resistance training in old age. *Experimental Physiology* 89 (6), 675–689.
- Reid, K. F., Martin, K. I., Doros, G., Clark, D. J., Hau, C., Patten, C., Phillips, E. M., Fronterra, W. R. & Fielding, R. A. 2015. Comparative effects of light or heavy resistance power training for improving lower extremity power and physical performance in mobility-limited older adults. *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences* 70 (3), 374–380.
- Roberts, C. K., Croymans, D. M., Aziz, N., Butch, A. W. & Lee, C. C. 2013. Resistance training increases SHBG in overweight/obese, young men. *Metabolism*, 62 (5), 725–733.
- Rosenberg, I. H. 1997. Sarcopenia: origins and clinical relevance. *Journal of Nutrition* 127, 990S–991S.
- Rosenbloom, C. A. 2014. The aging athlete. Teoksessa R. J. Maughan (toim.) *Sports nutrition*. 2. painos. UK. Wiley Blackwell, 371–379.
- Ruiz, J. R., Sui, X., Lobelo, F., Morrow, J. R. Jr., Jackson, A. W., Sjöström, M. & Blair, S. N. 2008. Association between muscular strength and mortality in men: prospective cohort study. *British Medical Journal* 1;337:a439. doi: 10.1136/bmj.a439.
- Sato, K., Iemitsu, M., Matsutani, K., Kurihara, T., Hamaoka, T. & Fujita, S. 2014. Resistance training restores muscle sex steroid hormone steroidogenesis in older men. *The FASEB Journal*, 28 (4), 1891–1897.
- Scanlon, T. C., Fragala, M. S., Stout, J. R., Emerson, N. S., Beyer, K. S., Oliveira, L. P. & Hoffman, J. R. 2014. Muscle architecture and strength: adaptations to short-term resistance training in older adults. *Muscle & Nerve* 49 (4), 584–592.
- Shaw, B. A., Liang, J., Krause, N., Gallant, M. & McGeever, K. 2010. Age differences and social stratification in the long-term trajectories of leisure-time physical activity.

- Journal of Gerontology. Series B: Psychological Sciences and Social Science 65 (6), 756–766.
- Shiozu, H., Higashijima, M., Koga, T. 2015. Association of sarcopenia with swallowing problems, related to nutrition and activities of daily living of elderly individuals. *Journal of Physical Therapy Science*, 27, 393–396.
- Sillanpää, E., Cheng, S., Häkkinen, K., Finni T., Walker, S., Pesola, A., Ahtiainen, J., Stenroth, L., Selänne, H. & Sipilä, S. 2014. Body composition in 18- to 88-year-old adults—comparison of multifrequency bioimpedance and dual-energy X-ray absorptiometry. *Obesity* 22 (1), 101–109.
- Synlab. 2018. Sukupuolihormoneja sitova globuliini (2737 S -SHBG): <https://www.synlab.fi/laboratoriokasikirja/tutkimuskuvaukset/sukupuolihormonejasitova/>. Viitattu 2.1.2018.
- THL, Terveyden ja Hyvinvoinnin Laitos. 2016. Iäkkäiden toimintakyky: <https://www.thl.fi/fi/web/toimintakyky/vaeston-toimintakyky/iakkaiden-toimintakyky>. Viitattu 22.8.2017.
- THL, Terveyden ja Hyvinvoinnin Laitos. 2017. Toimintakyvyn ylläpitäminen: <https://www.thl.fi/fi/web/ikaantyminen/hyvinvointia-vanhuuteen/toimintakyvyn-yllapitaminen#Kayta%20kykyjasi>. Viitattu 22.8.2017.
- Tibaek, S., Andersen, C. W., Pedersen, S. F. & Rudolf, K. S. 2014. Does progressive resistance strength training as additional training have any measured affect on functional outcomes in older hospitalized patients? A single-blinded randomized controlled trial. *Clinical Rehabilitation* 28 (4), 319–328.
- Turpela, M., Häkkinen, K., Haff, G. G. & Walker, S. 2017. Effects of different strength training frequencies on maximum strength, body composition and functional capacity in healthy older individuals. *Experimental Gerontology* 98, 13–21.
- UKK-instituutti. 2014. Viikoittainen liikuntapiirakka yli 65-vuotiaille: http://www.ukkinstituutti.fi/liikuntapiirakka/liikuntapiirakka_yli_65-vuotiaille. Viitattu 10.8.2017.
- Valtion liikuntaneuvosto. 2013. Liikunta ja ikääntyminen – liikkeellä voimaa vuosiin. Valtion liikuntaneuvoston julkaisuja 2013:5, 2. uudistettu painos.
- WHO, World Health Organization. 2017. The Global strategy and action plan on ageing and health: <http://www.who.int/ageing/global-strategy/en/>. Viitattu 22.8.2017.

Wicherts, I. S., van Schoor, N. M., Boeke, A. J., Visser, M., Deeg, D. J., Smit, J., Knol, D. L. & Lips, P. 2007. Vitamin D status predicts physical performance and its decline in older persons. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism* 92 (6), 2058–2065.