

**KESKI-IKÄISTEN JA IKÄÄNTYNEIDEN NAISTEN JA MIESTEN
6 KUUKAUDEN INTENSIIVISEN VOIMAHARJOITTELUN
VAIKUTUKSET ALARAAJOJEN OJENTAJALIHASTEN EMG-
AKTIIVISUUTEEN JA KONSENTRISEEN MAKSIMIVOIMAAN
SEKÄ KÄVELYNOPEUTEEN**

Helka Lassila

Fysioterapian
pro gradu- tutkielma
Jyväskylän yliopisto
Terveystieteen laitos
Syksy 1997

TIIVISTELMÄ

KESKI-ikäisten ja ikääntyneiden naisten ja miesten 6 kuukauden intensiivisen voimaharjoittelun vaikutukset alaraajojen ojentajalihasten EMG-aktiivisuuteen ja konsentriseen maksimivoimaan sekä kävelynopeuteen

Fysioterapian pro gradu- tutkielma
Helka Lassila
Terveystieteen laitos
Jyväskylän yliopisto
syksy 1997

Avainsanat: lihasvoimaharjoittelu, keski-ikäiset, ikääntyneet, lihasvoima, alaraajat, kävelynopeus

Alaraajojen lihasvoima ja kävelynopeus ovat yhteydessä ikääntyneiden itsenäiseen selviytymiseen päivittäisistä toiminnoista. Ikääntyessä alenee eniten alaraajojen lihasvoima, jota voidaan parantaa intensiivisellä lihasvoimaharjoittelulla. Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää 6 kuukauden progressiivisen lihasvoimaharjoittelun vaikutusta keski-ikäisten ja ikääntyneiden naisten ja miesten alaraajojen ojentajalihasten EMG-aktiivisuuteen ja konsentriseen maksimivoimaan sekä kävelynopeuteen. Tutkimus on osa laajempaa tutkimusprojektia.

Koehenkilöitä oli 42, joista keski-ikäisiä naisia oli 11 (35-44v.) ja miehiä 10 (39-44v.) sekä ikääntyneitä naisia 10 (62-71v.) ja miehiä 11 (69-78v.). Koehenkilöt olivat vapaaehtoisia terveitä ja aktiivisesti liikkuvia. Koehenkilöt tekivät kaksi kertaa viikossa ohjattua lihasvoimaharjoittelua pääasiassa alaraajojen ojentajalihaksiin muuttuvan vastuksen periaatteella toimivilla harjoittelulaitteilla. Harjoitteluohjelmaa muutettiin kuukauden välein ja kokonaisuormitusta lisättiin progressiivisesti.

Konsentrinen polven ojentajalihasten unilateraalinen ja bilateraalinen sekä lonkan ojentajalihasten yhden toiston maksimivoima (1 RM) mitattiin kahdeksan viikon välein David 200- reisipenkillä ja David 210- jalkaprässillä. Samanaikaisesti suoritettiin polven ojentajalihasten sähköisen aktiivisuuden (EMG) rekisteröinti. Alkumittaukset suoritettiin kaksi kertaa ennen voimaharjoittelujakson aloittamista, jolloin koehenkilöt toimivat itsensä kontrolleina. Muuta fyysistä kuormitusta seurattiin MET- yksiköiden avulla kuukauden välein tehtävällä kyselylomakkeella. Valokennojen avulla mitattiin 10 metrin kävelynopeus. Koehenkilöiltä mitattiin pituus, paino, rasvaprosentti ja nivelliikkuvuudet ennen ja jälkeen 6 kuukauden harjoittelujakson.

Progressiivinen usean kuukauden lihasvoimaharjoittelu lisäsi ikääntyneiden ja keski-ikäisten naisten ja miesten alaraajojen ojentajalihasten yhden toiston maksimivoimaa (1 RM) tasaisesti. EMG-aktiivisuus lisääntyi kaikilla ryhmillä lukuunottamatta keski-ikäisten naisten oikeaa vastus medialis- lihasta. Ikääntyneiden naisten ja miesten kävely nopeutui kuuden kuukauden voimaharjoittelun aikana.

SISÄLLYS

1. JOHDANTO	1
2. VOIMAHARJOITTELUN VAIKUTUKSIA ALARAAJOJEN HERMOLIHASJÄRJESTELMÄN TOIMINTAAN JA FYYSSISEEN SUORITUSKYKYYN	2
2.1. Alaraajojen voimantuotto-ominaisuudet iän ja sukupuolen mukaan	2
2.2. Voimaharjoittelun vaikutuksia alaraajojen lihasten voimantuottoon iän ja sukupuolen mukaan	4
2.3. Voimaharjoittelun vaikutuksia lihasten EMG- aktiivisuuteen	9
2.4. Voimaharjoittelun vaikutuksia keski-ikäisten ja ikääntyneiden fyysiseen suorituskykyyn	10
3. TUTKIMUKSEN TARKOITUS	13
4. AINEISTO JA MENETELMÄT	14
5. TULOKSET	20
6. POHDINTA	25
LÄHTEET	30

LIITTEET

Liite 1. Kuormituskysely

Liite 2. Keski-ikäisten ja ikääntyneiden naisten ja miesten aktiiviset ja passiiviset
nivelliikkuvuudet asteina ennen ja jälkeen kuuden kuukauden lihasharjoittelun

Liite 3. Keski-ikäisten ja ikääntyneiden naisten ja miesten polven ojentajalihasten yhden
toiston maksimivoima kuuden kuukauden voimaharjoittelun aikana

Liite 4. Keski-ikäisten ja ikääntyneiden naisten ja miesten aktiiviajan energiankulutus
kuuden kuukauden voimaharjoittelun aikana

1. JOHDANTO

Ikääntyneiden osuus koko väestöstä on lisääntymässä. Eräs ikääntymisen muutoksista on lihasvoiman aleneminen, jolla on vaikutuksia ihmisen fyysiseen suorituskyykyyn ja sen myötä selviytymiseen päivittäisistä toiminnoista. Alentunut lihasvoima on yhteydessä ikääntyneiden kaatumistapaturmiin (Whipple ym. 1987). Päivittäisistä toiminnoista suoriutuminen edellyttää runsaasti dynaamista lihastyötä. Kuitenkin useat ikääntyneiden lihasvoimaa koskevat tutkimukset perustuvat isometrisiin mittauksiin (Mälkiä 1993). Useissa päivittäisissä toiminnoissa käytetään nimenomaan alaraajoja. Alentunut kävelynopeus ja heikentynyt lihasvoima polven ojentajalihaksissa on yhteydessä lisääntyneeseen ulkopuoliseen avustukseen liikkumiseen liittyvissä päivittäisissä toiminnoissa. (Sonn ym. 1995.)

Eri-ikäisten ihmisten lihasvoimaharjoittelun pitkäaikaisemmista vaikutuksista ja lihasvoiman ylläpitämisestä olisi saatava lisää tietoa, joka tukisi työikäisten työssä pysymistä sekä ikääntyvän väestön itsenäistä selviytymistä omassa kodissaan mahdollisimman pitkään. Lihasvoimaharjoittelun vaikutuksista keski-ikäisten ja ikääntyneiden alaraajojen lihasvoimaan on tehty useita tutkimuksia, mutta yleensä harjoittelu-aika on ollut kaksi tai kolme kuukautta. Tietoa pitkäaikaisemmän harjoittelun tuloksista on vähän. Tuloksia aikaansaava kuntoutus ja ikääntymisen vaikutusten ennaltaehkäisy vaatii yksilöllisten voimaharjoitteluohjelmien suunnittelua (Mälkiä 1993).

Tutkimus on osa suurempaa tutkimusprojektia. Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää, mitä vaikutuksia kuusi kuukautta kestäväällä voimaharjoittelujaksolla on keski-ikäisten ja ikääntyneiden kävelynopeuteen sekä alaraajojen ojentajalihasten EMG-aktiivisuuteen ja voimantuotto-ominaisuuksiin konsentrisessa suorituksessa.

2. VOIMAHARJOITTELUN VAIKUTUKSIA ALARAAJOJEN HERMO-LIHASJÄRJESTELMÄN TOIMINTAAN JA FYYSISEEN SUORITUSKYKYYN

2.1. Alaraajojen voimantuotto-ominaisuudet iän ja sukupuolen mukaan

Lihaksen supistumistavat voidaan jakaa konsentriseen, eksentriseen ja isometriseen supistumiseen. Lihaksen tuottama maksimaalinen voima on pienin konsentrisessa supistuksessa ja suurin eksentrisessä supistuksessa. Suurin voima saavutetaan lihaksen keskipituuksilla. (Häkkinen 1990.) Sekä dynaaminen että isometrinen lihasvoima on yhteydessä ikään ja sukupuoleen siten, että miesten voima on suurempi kuin naisten. (Mälkiä 1993).

Ikääntyessä sekä lihassolun koko että määrä pienenevät eli lihasmassa pienenee, minkä seurauksena maksimivoima heikkenee huomattavasti. 50- vuotiaana lihasatrofia alkaa kiihtyä. (Lexell 1993.) Lihasatrofian lisäksi ikääntyminen aiheuttaa mahdollisesti myös muita muutoksia hermo-lihasjärjestelmän toiminnassa. Esimerkiksi keskushermoston kyky aktivoida lihasten motoriset yksiköt maksimaalisesti heikkenee ikääntyessä, jolloin maksimivoiman heikkeneminen ei välttämättä ole suorassa yhteydessä lihasatrofian asteeseen (Häkkinen 1990). Myös fyysisen aktiivisuuden väheneminen ja hormonaaliset muutokset vaikuttavat lihasvoiman heikkenemiseen ikääntyessä (Häkkinen 1994).

Ikääntymisen vaikutukset maksimivoimaan ilmenevät naisilla ja miehillä melko samalla tavoin (Mälkiä 1993). Ikääntymisen tuoma maksimivoiman heikkeneminen on aluksi verraten pientä, mutta lisääntyy selvästi myöhemmällä iällä. Lihaskoivu on korkeimmillaan 20-30- ikävuosina, minkä jälkeen se pysyy lähes muuttumattomana seuraavan parinkymmenen vuoden aikana. 50 ikävuoden jälkeen maksimivoima alkaa selvästi laskea sekä miehillä että naisilla. (Larsson ym. 1979, Häkkinen & Häkkinen 1991, Häkkinen ym. 1995b.) Konsentrisen maksimivoima on 70- vuotiaalla keskimäärin 20-40 % pienempi kuin nuorilla aikuisilla. Pitkittäistutkimuksissa on kuitenkin löydetty pienempiä lihasvoiman laskuja kuin olisi ollut odotettavissa. (Porter ym. 1995).

Lihassoiman vähenemisen määrä ikääntyessä riippuu muun muassa lihaksesta ja lihastyötavasta. (Mälkiä 1993.) Lihassoiman lasku voi olla eri lihassyhmissä eriasteista. Alaraajojen lihassoiman onkin havaittu laskevan enemmän kuin yläraajojen, mikä voi olla seurausta alaraajojen vähäisemmästä käytöstä. (Frontera ym. 1991). Lihassoiman lasku ikääntyessä on suurinta alaraajojen proksimaalisissa lihaksissa (Mälkiä 1993).

Fronteran ym. (1991) tutki isokineettisellä laitteella polven ojennusvoimaa eri kulmanopeuksilla, jolloin ikääntyneillä oli merkitsevästi pienempi polven ojentajalihaksen absoluuttinen voima kuin keski-ikäisillä. Kaikissa ikäryhmissä miehet olivat merkitsevästi voimakkaampia kaikilla suoritusnopeuksilla. Polven ojentajalihasten konsentrisen yhden toiston maksimivoima (1 RM) oli 50- vuotiailla suurempi kuin 70- vuotiailla. Bilateraalinen 1 RM oli suurempi kuin oikean ja vasemman polven yhteenlaskettu yhden toiston maksimivoima eri-ikäisillä miehillä ja naisilla. (Häkkinen ym. 1996a.) Polven ojennuksessa konsentrisen vääntövoima laski ikääntyessä enemmän kuin eksentrisen vääntövoima (Porter ym. 1995).

Yhteenlaskettu oikean ja vasemman polven isometrinen maksimivoima ei eronnut bilateraalista maksimivoimasta 30-, 50- ja 70- vuotiailla miehillä (Häkkinen ym. 1995b). Maksimaalinen isometrinen bilateraalinen polven ojentajalihasten voima ei myöskään eronnut 50- ja 70- vuotiailla naisilla yhteenlasketusta unilateraalista voimasta (Häkkinen ym. 1996c).

Arvioitaessa eroja lihassoimassa sukupuolten välillä on iän lisäksi huomioitava mittausmenetelmä ja mitattava lihassyhmä (Mälkiä 1993). Lihaksen poikkipinta-ala on melko suorassa yhteydessä lihaksen tuottamaan maksimaaliseen isometriseen voimaan. Koska 20-30- vuotiaiden miesten lihasten poikkipinta-ala on selvästi suurempi kuin samanikäisten naisten, on miesten maksimaalinen absoluuttinen voimakin selvästi suurempi kuin naisilla. Lihaksen poikkipinta-alaan suhteutettu maksimaalinen voima pienentää naisten ja miesten voimien välistä eroa. (Häkkinen 1990.) Miesten maksimaalinen lihassoima on eri tutkimusten mukaan 36-97% suurempi kuin naisten sekä dynaamisissa että staattisissa lihassoimamittauksissa (Mälkiä 1993). Tämä ero vaihtelee kuitenkin lihassyhmittäin siten, että suurin ero naisten ja miesten välillä ilmenee käsien ja hartialihasten absoluuttisissa maksimivoimissa. Pienimmät erot miesten ja

naisten maksimivoimissa on alaraajalihaksissa. Naisilla oli alle 60% pienempi alaraajojen lihasvoima kuin miehillä sekä pienillä että suurilla nopeuksilla mitattuna, mutta kehon massa suhteutettuna ero oli vähäinen. (Frontera ym. 1991). Voima-nopeus- käyrän muoto konsentrisessa lihastyössä naisilla ja miehillä on samanlainen. (Häkkinen 1990.) Ikääntyneiden miesten ja naisten välillä ei ollut merkitsevää eroa maksimaalisessa polven ojennuksen nopeudessa isokineettisellä laitteella mitattaessa (Aniansson ym. 1980).

Miehet pystyvät tuottamaan tietyn absoluuttisen voimatason nopeammin kuin naiset. Naisten ja miesten väliset erot voimantuottonopeudessa johtuvat keskushermoston kyvystä lihaksen nopeaan aktivointiin ja mahdollisista eroista lihassolujakaumassa. Naisten alhaisempi seerumin testosteronipitoisuus voi olla yhtenä syynä siihen, että lihasten aktivointinopeus ja -määrä on alhaisempi kuin miesten. (Häkkinen 1990.)

Ikääntymisen myötä tapahtuu heikkenemistä maksimivoiman lisäksi nopeusvoimassa. Räjähtävän voiman on todettu laskevan ikääntyessä enemmän kuin maksimivoiman, mikä johtuu muun muassa nopeiden lihassolujen koon pienenemisestä (Bosco & Komi 1980, Häkkinen & Häkkinen 1991, Larsson ym. 1979, Bosco ym. 1981). Lihaksen supistusnopeus hidastuu ikääntyessä ja näin ollen lihaksen räjähtävä voimantuotto alenee, millä on vaikutuksia ihmisen liikkumiskykyyn (Basse ym. 1992).

2.2. Voimaharjoittelun vaikutuksia alaraajojen lihasten voimantuottoon iän ja sukupuolen mukaan

Lihassoimaharjoittelu voidaan jakaa maksimivoimaharjoitteluun ja nopeusvoimaharjoitteluun (Häkkinen 1994). Aikaisemmin harjoittelemattoman terveen henkilön maksimaalinen lihasvoima lisääntyy melko helposti ensimmäisten harjoitteluviikkojen aikana kunhan harjoituskuorma ylittää harjoitettavan lihaksen päivittäisen kuormituksen (Kannus ym. 1992). Lihassoiman nousu voi olla jopa kaksinkertainen kuuden kuukauden harjoittelun aikana sellaisella henkilöllä, jonka lihasvoima voimaharjoittelun alkaessa on matala verrattuna urheilijoihin. (Häkkinen

1994.) Harjoittelun alkuvaiheessa tapahtuva voimantuoton lisääntyminen voidaan osittain selittää myös psykologisilla tekijöillä (Kannus ym. 1992).

Hermostollinen muutos johtuu oppimisen lisäksi voimaharjoittelun aiheuttamasta todellisesta kehityksestä, jolloin hermostolla on kyky aktivoida harjoitettuja lihaksia aikaisempaa enemmän. Tällöin lihasvoima kasvaa ilman suuria hypertrofisia muutoksia ensimmäisten harjoitusviikkojen aikana. (Häkkinen 1994.) Voimaharjoittelun tulisi kestää muutamia viikkoja ennen kuin lihaksissa tapahtuu pysyviä muutoksia, mikä olisi huomioitava muun muassa potilaiden kuntoutuksessa voimaharjoittelujakson pituutta määriteltäessä. Voimaharjoittelun jälkeen vaaditaan tietyn voimatason saavuttamiseen vähemmän hermostollista aktiivisuutta. Tällöin lihastyön taloudellisuus lisääntyy, kun tietyn lihasjännitystason saavuttamiseksi ei tarvitse enää rekrytoida niin montaa motorista yksikköä kuin ennen harjoittelua. (Häkkinen 1990.)

Harjoittelun edetessä voiman lisääntyminen selittyy hypertrofialla eli olemassaolevien lihassolujen koon kasvulla ja lihassolujen määrän lisääntymisellä. Hypertrofiaa tapahtuu molemmissa lihassoluissa, mutta enemmän nopeissa lihassoluissa. (Kannus ym. 1992.) Lihassmassan kasvu johtuu lihassolun koon lisääntymisen lisäksi myös lihassolujen välissä olevan sidekudoksen lisääntymisestä (Häkkinen 1994). Lihaksen hypertrofiaa saavutetaan submaksimaalisella kuormalla, jolloin vaaditaan 6-12 toistoa kuorman ollessa 60-80% yhden toiston maksimivoimasta. Kuorman on progressiivisesti lisäännyttävä, jolloin harjoitettava lihas ylikuormittuu. Maksimivoiman kasvu on ollut suurinta silloin, kun kuormat ovat suuria ja toistot vähäisiä eli alle 10 toistoa. Harjoitusmäärän lisääminen ei kompensoi kevyiden kuormien tehottomuutta. (Häkkinen 1990.) Voimaharjoitteluohjelmaa suunniteltaessa on huomioitava intensiteetin lisäksi harjoittelun vaihtelevuus (toistojen ja sarjojen määrä), harjoittelukerrat viikossa, ohjelman kesto ja harjoitettavat lihakset (Porter ym. 1995). Intensiivinen voimaharjoittelu olisi hyvä jakaa useampaan erilliseen osaan, jotta harjoitettavan lihaksen hermostollisen aktivaation kasvu olisi mahdollisimman optimaalinen (Häkkinen 1994). Harjoittelumenetelmällä ja testaustavalla on merkitystä saavutettaviin tuloksiin (Porter ym. 1995), esimerkiksi isokineettisellä laitteella saatuja tuloksia on vaikea verrata eri laitteilla saatujen tulosten kanssa (Mälkiä 1993). Lihastyön ollessa sama sekä mitattaessa että harjoiteltaessa saadaan paras voimantuoton kehittyminen (Frontera ym. 1988).

Pitkäaikaisessa voimaharjoittelussa testosteronitasolla on mahdollisesti tärkeä merkitys lihassolun koon suurenemisessa ja voiman kehittämisessä. (Kannus ym. 1992.) Naisilla on alhaisempi testosteronitaso kuin miehillä ja toisaalta suuremmat yksilölliset erot kuin miehillä, joten naisilla voi olla suuriakin yksilöllisiä eroja voiman lisääntymisessä voimaharjoittelujakson aikana. Hypertrofian tason ja hermostollisen muutoksen määrän on todettu olevan lähes samanlaista muutaman kuukauden voimaharjoittelun aikana naisilla ja miehillä, joten lihasvoiman lisääntyminenkin on samansuuntaista molemmilla sukupuolilla. Kuukausia ja vuosia kestävässä voimaharjoittelussa voi testosteronierojen vuoksi naisten lihashypertofia ja voiman kehittyminen jäädä kuitenkin pienemmäksi kuin miesten. (Häkkinen 1994.)

Konsentrisessa suorituksessa pystytään kuormaa liikuttamaan sitä nopeammin, mitä kevyempi kuorma on. Voima-nopeus- käyrän muoto on yleensä riippumaton henkilön voimatasosta. (Häkkinen 1990). Tyypillinen voimaharjoittelu johtaa maksimivoiman lisääntymiseen voima-nopeus- käyrän korkeimman kuormatason kohdalla (Häkkinen 1994). Päivittäin toteutettu kestävyysarjoittelu johti ikääntyneiden nopeusvoimaominaisuuksien heikkenemiseen. Muuttuvan vastuksen periaatteella toimivalla laitteella vastus on konsentrisen maksimaalisen suorituksen aikana maksimaalinen joka asennossa, mikä mahdollistaa lihasten korkean aktivaatiotason säilymisen ja lihasten tehokkaan kuormittamisen nivelen koko liikeradalla. (Häkkinen 1990).

Nopeusvoimaharjoittelussa kuormat ovat matalia (noin 30-60% 1 RM:sta), mutta liikenopeus on suurempi kuin tyypillisessä voimaharjoittelussa. Suoritusnopeus on yleensä maksimaalinen, joten lihasten supistumisaika suorituksen aikana on melko lyhyt. Lihasten aktivaatioajan jäädessä matalaksi jää hypertrofinen vaikutus myös pieneksi. Nopeusvoimaharjoittelu lisää hermo-lihasjärjestelmän motoristen yksiköiden maksimaalista aktivointia varsinkin nopeassa ja lyhytaikaisessa suorituksessa. Nopeusvoimaharjoittelun aiheuttamat hermostolliset muutokset ilmenevät yleensä pääasiassa harjoitusjakson alkuvaiheessa kun taas pitkäaikaisen nopeusvoimaharjoittelun loppupuolella on havaittu jopa hermostovaikutusten heikkenemistä. Harjoittelujakson aikana hermoston kyky lihasten nopeaan aktivointiin kehittyy, mikä on yhteydessä parantuneisiin nopeus-voima-ominaisuuksiin. Nopeusvoimatyypinen harjoittelu johtaa voima-nopeus- käyrän kehittymiseen koko käyrällä. (Häkkinen 1994.)

Ikääntyneet harjoittelemattomat henkilöt saavuttavat nopeammin tuloksia voimaharjoittelussa kuin nuoret harjoittelemattomat henkilöt. (Mälkiä 1993.) Ikääntyneillä intensiteetiltään matala harjoittelu on johtanut alle 20%:n lihasvoiman kasvuun, kun intensiivinen harjoittelu on lisännyt voimaa jopa yli kaksinkertaisesti yhden toiston maksimivoimasta (1 RM). Porterin ym. (1995) tutkimuksessa harjoittelu kesti 26 viikkoa, jolloin lihasvoima kasvoi vain 9-18 %. Tosin ensimmäiset 13 viikkoa ohjelmasta harjoittelu oli kevyttä ja sarjoja oli yksi.

50- ja 70- vuotiailla miehillä ja naisilla alaraajojen ojentajien isometrinen maksimivoima lisääntyi merkitsevästi 12 viikon voimaharjoittelun aikana. Millään ryhmällä maksimivoima ei noussut viimeisen neljän harjoitteluviikon aikana. (Häkkinen & Häkkinen 1995a.)

Polven ojennusvoima (1 RM) nousi 12 viikon voimaharjoittelun aikana 60-72- vuotiailla miehillä 107 % harjoituskuorman ollessa 80% yhden toiston maksimivoimasta (Frontera ym. 1988). Keski-ikäisillä ja ikääntyneillä naisilla ja miehillä maksimivoima lisääntyi merkitsevästi kolmen kuukauden intensiivisen voimaharjoittelun aikana. Neljän viimeisen viikon aikana maksimivoima kuitenkin laski merkitsevästi kaikilla muilla paitsi keski-ikäisillä miehillä. (Häkkinen & Häkkinen 1995.) Polven ojentajalihasten bilateraalin yhden toiston maksimivoima lisääntyi merkitsevästi 50- ja 70- vuotiailla miehillä ja naisilla 12 viikon lihasvoimaharjoittelun aikana. Bilateraalisesti harjoitella bilateraalin voima lisääntyi enemmän kuin unilateraalisia harjoitteita suorittaneilla. Oikean polven yhden toiston maksimivoima lisääntyi myös merkitsevästi; enemmän unilateraalisesti harjoitella ryhmällä kuin bilateraalilla ryhmällä. Vasemman polven maksimaalinen ojennusvoima (1 RM) ei lisääntynyt merkitsevästi ikääntyneillä naisilla. (Häkkinen ym. 1996b.) 18 viikon voimaharjoittelu lisäsi ikääntyneiden naisten polven ojentajalihasten vääntövoimaa (Sipilä 1996). Morgantin ym. (1995) tutkimuksessa progressiivinen vuoden kestävä voimaharjoittelu lisäsi postmenopausaalisilla naisilla polven ojentajien yhden toiston maksimivoimaa 74 % ja lonkan ojentajien voimaa 35%. Puolet voiman lisääntymisestä tapahtui kolmen ensimmäisen kuukauden aikana. (Taulukko 1.)

TAULUKKO 1. Lihaskoimaharjoittelun vaikutus alaraajojen konsentriseen lihasvoimaan postmenopausaalisilla naisilla ja ikääntyneillä.

Tutkimus	Suku- puoli	Ikä	Suoritus	Sarjat/ toistot	Harj. aika	Muutos %
Frontera ym. (1988)	M n=12	60-72	knee ext oik vasen	3/8	12 vko 3x/vko	+ 117 + 107
Hagberg ym. (1989)	M+N n=23	70-79	leg ext	1/8-12	26 vko	+9
Charette ym. (1991)	N n=27	64-86	knee ext leg ext	3/6	12 vko 3x/vko	+93 +28
Fiatarone ym. (1994)	M+N n=100	72-98	knee ext hip ext	13/8	10 vko	+113
Morganti ym. (1995)	N n=19	ka. 57	knee ext leg ext	3/8	52 vko	+74 +35
Häkkinen ym. (1996b)	M+N n=24	59-75	knee ext bilat. unilateraalinen	3-6/3-12	12 vko 2krt/vko	+13-19 +10-17

Fyysisellä aktiivisuudella on todettu olevan yhteyttä nivelliikkuvuuden kanssa (Lea & Gerhardt 1995). Lihaskoimaharjoittelun on kuitenkin todettu vähentävän nivelten liikkuvuutta. Naisten raajojen liikkuvuus on yleisesti ottaen parempi kuin miesten. Nivelliikkuvuuden mittauksessa on huomioitava, että anatomiset merkit tunnustetaan, kehon asento on stabiloitu, mittauslaite asetetaan oikein, mittaustekniikka on yhdenmukainen sekä tulokset ja mittaukseen vaikuttavat seikat kirjataan. Samassa asennossa mitattu liikkuvuus lisää testaajien välistä reliabiliteettia. (Lea ym. 1995.)

2.3. Voimaharjoittelun vaikutuksia lihasten EMG- aktiivisuuteen

Lihassolujen pinnalla leviävä aktiopotentiaali välittyy solua ympäröiviin kudoksiin iholle asti. Ihon pinnalta aktiopotentiaalit on mahdollista rekisteröidä elektrodeilla. Rekisteröity EMG- signaali kuvaa lihaksen toimivien motoristen yksiköiden aktiivisuutta, jolloin EMG- signaalia voidaan käyttää kuvaamaan kokonaisvaltaisesti mitattavan lihaksen aktivoitumistasoa ja/tai aktivoitumismäärää (integroitu EMG). (Häkkinen 1990.) Harjoittelun hermostollisia vaikutuksia voidaan mitata analysoimalla muutoksia harjoitetun lihaksen EMG- aktiivisuudessa maksimaalisen suorituksen aikana (Häkkinen 1994). Saatu tieto heijastaa voimaharjoittelun vaikutuksesta ilmeneviä lihasten hermostollisen aktivaation määrällisiä ja/tai laadullisia muutoksia (Häkkinen 1990).

Ikääntyessä toimivien motoristen yksiköiden määrä vähenee ja lihassolujen määrä yhdessä motorisessa yksikössä lisääntyy. Motorisen yksikön koko kasvaa useissa raajojen lihaksissa yli 60 vuotiailla. (Porter ym. 1995.) Toimivien motoristen yksiköiden väheneminen alkaa 50 vuoden iässä, jolloin pysyvästi denervoituneen lihassolujen paikalle muodostuu rasva- ja sidekudosta. (Lexell 1993). Maksimaalinen suhteellinen IEMG-aktiivisuus oli vastus lateralis-, vastus medialis- ja rectus femoris- lihaksissa sama sekä bilateraalisessa että unilateraalisessa polven isometrisessä maksimiojennuksessa eri-ikäisillä miehillä ja naisilla (Häkkinen ym. 1996c, Häkkinen ym. 1995b).

Voimaharjoittelun aikana tapahtuvat muutokset harjoitettavan lihaksen EMG:ssä ovat läheisessä yhteydessä lisääntyneeseen lihasvoimaan. 16 viikon lihasvoimaharjoittelun aikana maksimaalinen integroitu EMG (IEMG) nousi 8 ensimmäisen viikon aikana, mutta viimeisten viikkojen aikana se nousi vain vähän tai laski hieman. Naisilla lasku tapahtui vielä aikaisemmin kuin miehillä. Tämä osoittaa sitä, että aikaisemmin harjoittelemattomilla henkilöillä tapahtuva lihasvoiman lisääntyminen johtuu ensimmäisten viikkojen aikana hermostollisista tekijöistä, kun taas muutamien viikkojen harjoittelun jälkeen vaikuttavat hypertrofiset tekijät. (Häkkinen 1994.) Harjoitettavat lihakset mukautuvat lisääntyneeseen stimulaatioon rekrytoimalla enemmän motorisia yksiköitä tietyssä ajassa sekä oppimalla aktiivisten motoristen yksiköiden tehokkaampaa ja taloudellisempaa käyttöä (Kannus ym. 1992). EMG- aktiivisuuden pysyminen lähes

samana ensimmäisten viikkojen nousun jälkeen voi johtua hermoston liikarasittumisesta. Lisääntynyt IEMG voimaharjoittelun aikana on seurausta aktiivisten motoristen yksiköiden lisääntymisestä ja/tai motoristen yksiköiden syttymistiheyden lisääntymisestä. (Häkkinen 1994.)

Maksimaalinen keskimääräinen IEMG lisääntyi 12 viikon voimaharjoittelun aikana bilateraaliossa polven ojennuksessa (1 RM) sekä keski-ikäisillä että ikääntyneillä naisilla ja miehillä. Oikean polven IEMG lisääntyi unilateraaliossa harjoitelleilla 50- vuotiailla miehillä ja 70- vuotiailla naisilla. Vasemman polven maksimaalinen IEMG lisääntyi merkitsevästi pelkästään unilateraaliossa harjoitelleilla 50- vuotiailla miehillä. (Häkkinen ym. 1996b.) IEMG lisääntyi bilateraaliossa isometrisessä alaraajojen ojentajien maksimisuorituksessa 12 viikon voimaharjoittelussa ensimmäisen kahdeksan viikon aikana 50- ja 70- vuotiailla miehillä ja naisilla (Häkkinen & Häkkinen 1995b).

2.4. Voimaharjoittelun vaikutuksia keski-ikäisten ja ikääntyneiden fyysiseen suorituskyykyyn

Hyvä lihasvoima on yhteydessä hyvään liikkumiskykyyn ikääntyneillä naisilla ja miehillä. Liikkumiskyvyn ja maksimivoiman yhteys on voimakkaampi naisilla kuin miehillä. (Rantanen 1994.) Ikääntyneen lihasvoiman ylläpitäminen ja parantaminen korjaa kävelyn virheitä, parantaa liikkumiskykyä, helpottaa päivittäisistä toiminnoista suoriutumisessa ja lisää resursseja itsenäiseen elämään (Frontera ym. 1989.) Alaraajojen ojentajalihasten voimaa tarvitaan monissa jokapäiväisissä perustoiminnoissa, kuten kävelyssä ja tuoilta seisomaannousussa (Aniansson ym. 1980, Hyatt ym. 1990). Alaraajojen lihasvoimalla ja maksimaalisella kävelynopeudella on todettu olevan yhteyttä ikääntyneiden tasapainoon (Frändin ym. 1995) ja näin olleen ikääntyneiden kaatumistapaturmiin (Whipple ym. 1987).

Alentunut polven ojentajalihasten voima on yhteydessä koettuun väsymykseen ja riippuvuuteen ulkopuolisesta avusta (Avlund ym. 1994). Sonnin ym. (1995)

tutkimuksessa päivittäisiin toimintoihin avustusta tarvitsevilla ikääntyneillä oli pienempi alaraajojen lihasvoima ja kävelynopeus kuin niillä ikääntyneillä, jotka selviytyivät päivittäisistä toiminnoista itsenäisesti. Niillä 70- vuotiailla itsenäisesti päivittäisistä toiminnoista selviytyvillä ikääntyneillä, jotka tarvitsivat avustusta kuusi vuotta myöhemmin, oli 70- vuotiaana huonompi polven ojentajien lihasvoima kuin itsenäisyytensä säilyttäneillä.

Hyvän lihasvoimalla on todettu olevan yhteydessä ikääntyneiden liikunnan harrastamiseen ja koettuun terveyteen. Sukupuolella puolestaan on merkitystä lihasvoimaan ja koettuun terveyteen. (Rantanen 1994, Sipilä ym. 1991). Sekä miehillä että naisilla huonoksi koettu terveys on yhteydessä heikkoon lihasvoimaan (Rantanen 1994). Eran ym. (1995) mukaan hyväksi koettu terveys ja fyysinen aktiivisuus oli positiivisesti yhteydessä hyvään lihasvoimaan 30- ja 50- vuotiaiden ryhmässä, mutta ei 70- vuotiaiden ryhmässä. Vapaa-ajan fyysinen aktiivisuus ei ollut yhteydessä 70- vuotiaiden nykyiseen lihasvoimaan (Aniansson ym. 1980).

Kävelynopeus on positiivisesti yhteydessä ikääntyneiden maksimivoimaan (Rantanen 1994, Fiatarone ym. 1990, Rantanen ym. 1994). Terveiden 70- vuotiaiden normaali kävelynopeus on 1.1 m/s ja maksimaalinen kävelynopeus 1.4 m/s. Naisten kävelynopeus on noin 10 % pienempi kuin miesten. (Basse ym. 1992.) Bendallin ym. (1989) tutkimuksessa ikääntyneiden miesten kävelynopeus oli 1.3 m/s ja naisten 1.2 m/s. Kolmesta neljään kuukautta kestävä voimaharjoittelu on parantanut ikääntyneiden maksimaalista kävelynopeutta 11-18 % (Hunter ym. 1995, Judge ym. 1993, Porter ym. 1995).

MET- yksikköön (hapenkulutus istuma-asennossa lepotilanteessa = $3.5 \text{ mlkg}^{-1} \text{ min}^{-1}$) (Lea & Febiger 1980) perustuva fyysisen kuormituksen laskeminen on käyttökelpoinen arvioitaessa pitkän aikavälin fyysistä aktiivisuutta. MET- yksikköön perustuva fyysinen aktiivisuus on yhteydessä dynaamisiin vatsa- ja selkälihastesteihin sekä käden puristusvoimamittauksiin. (Mälkiä ym. 1994.)

Poikkileikkaustutkimuksissa korkea fyysinen kuormitus työssä on ollut yhteydessä korkeaan lihasvoimaan nuorissa ikäryhmissä, kun taas vanhemmissa ikäryhmissä se on

ollut yhteydessä matalaan lihasvoimaan. Kolmen ja puolen vuoden pituisessa pitkittäistutkimuksessa fyysisesti raskasta työtä tekevillä miehillä ja naisilla oli merkittävin lasku lihasvoimassa, joten raskas fyysinen työ ei välttämättä takaa hyvää lihasvoimaa. Istumatyötä (< 3.5 MET) tekevien, kohtuullisesti liikuntaa harrastavien (> 5 MET) miesten dynaaminen selän ojentajalihasten dynaaminen voima oli parempi kuin raskasta työtä (> 5 MET) tekevillä tai kevyttä käsillä tehtävää työtä (< 5 MET) tekevillä miehillä taikka ei lainkaan liikuntaa harrastavilla (< 2 MET) miehillä. (Mälkiä 1993.)

Suomalaisista yli 50 % on jollain lailla, joko säännöllisesti tai epäsäännöllisesti, fyysisesti aktiivisia vapaa-aikanaan. Suomalaisten fyysistä kuormitusta tutkittaessa ilmeni, että fyysinen aktiivisuus väheni iän lisääntyessä. Fyysinen aktiivisuus työssä oli korkein 45-54-vuotiailla. Säännöllisesti liikuntaa harrastavista ikääntyneet naiset ja miehet käyttivät kuitenkin enemmän aikaa liikuntaharrastuksiin kuin nuoret. Sekä työn että vapaa-ajan fyysisen aktiivisuuden intensiteetti ja määrä oli korkeampi miehillä kuin naisilla. (Mälkiä ym. 1994.) Vapaa-ajan aktiivisuus oli ikääntyneillä miehillä 14.6 h/vko ja naisilla 9.4 h/vko (Bendall ym. 1989).

3. TUTKIMUKSEN TARKOITUS

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää 6 kuukauden progressiivisen lihasvoimaharjoittelun vaikutusta keski-ikäisten ja ikääntyneiden naisten ja miesten alaraajojen ojentajalihasten voimantuotto-ominaisuuksiin ja EMG-aktiivisuuteen. Lisäksi tarkoituksena oli tarkastella voimaharjoittelun vaikutusta kävelynopeuteen iän ja sukupuolen mukaan.

1. Voimaharjoittelun vaikutukset alaraajojen ojentajalihasten bilateraaliseen ja/tai unilateraaliseen konsentriseen maksimivoimaan.
2. Voimaharjoittelun vaikutukset polven ojentajalihasten konsentriseen maksimaaliseen tahdonalaiseen aktivointikykyyn (EMG-aktiivisuuteen).
3. Voimaharjoittelun vaikutukset kävelynopeuteen.

4. AINEISTO JA MENETELMÄT

Tutkimukseen osallistui 42 koehenkilöä, joista keski-ikäisiä naisia oli 11 (N 40; 35-44 v.) ja miehiä 10 (M 40; 39-44 v.) sekä ikääntyneitä naisia 10 (N 70; 62-71 v.) ja miehiä 11 (M 70; 69-78 v.). Tutkimukseen ilmoittautui 44 vapaaehtoista ja tervettä henkilöä. Koehenkilöt eivät olleet aikaisemmin harrastaneet säännöllisesti voimaharjoittelua, mutta he olivat muuten liikunnallisesti aktiivisia. Yksi henkilöistä jäi tutkimuksesta pois lääkärintarkastuksen perusteella ja yksi ensimmäisten voimamittausten jälkeen polvikivun vuoksi.

Tutkimuksesta informoitiin erilaisten liikuntaryhmien yhteydessä, jonka jälkeen halukkaat täyttivät kyselylomakkeen taustatiedoistaan. Ilmoittautuneille pidettiin tiedotustilaisuus tutkimukseen liittyvistä asioista ja koehenkilöt allekirjoittivat vapaaehtoisen suostumuksen tutkimukseen osallistumisesta. Ikääntyneillä koehenkilöillä oli lääkärintarkastus ja heiltä otettiin lepo- EKG sekä verenpaine. Koehenkilöitä valitessa kiinnitettiin huomiota siihen, ettei heillä ollut liikunnan vasta-aiheita. Tämä tutkimus on osa laajempaa tutkimusta, jonka tutkimussuunnitelman eettisyyden hyväksyi Jyväskylän yliopiston eettinen toimikunta.

Koehenkilöt tekivät ohjattua lihasvoimaharjoittelua kuntosalilla pienryhmissä kaksi kertaa viikossa 24 viikon ajan. Ennen harjoittelun aloittamista koehenkilöt lämmittelivät noin viisi minuuttia kuntopyörällä. Alaraajojen ojennusharjoitus suoritettiin makuuasennossa tehtävällä jalkaprässillä, jossa polvikulma oli alle 90 astetta ojennuksen alkaessa. Polvien ojentajalihasten voimaharjoittelu toteutettiin David 200- reisipenkillä (Häkkinen ym. 1987), jolla mitattiin säännöllisesti yhden toiston maksimivoima harjoittelukuorman tarkistamiseksi. Alaraajojen lisäksi voimaharjoittelu kohdistui vartalon ja yläraajojen lihaksille. Harjoittelulaitteet toimivat muuttuvan vastuksen periaatteella.

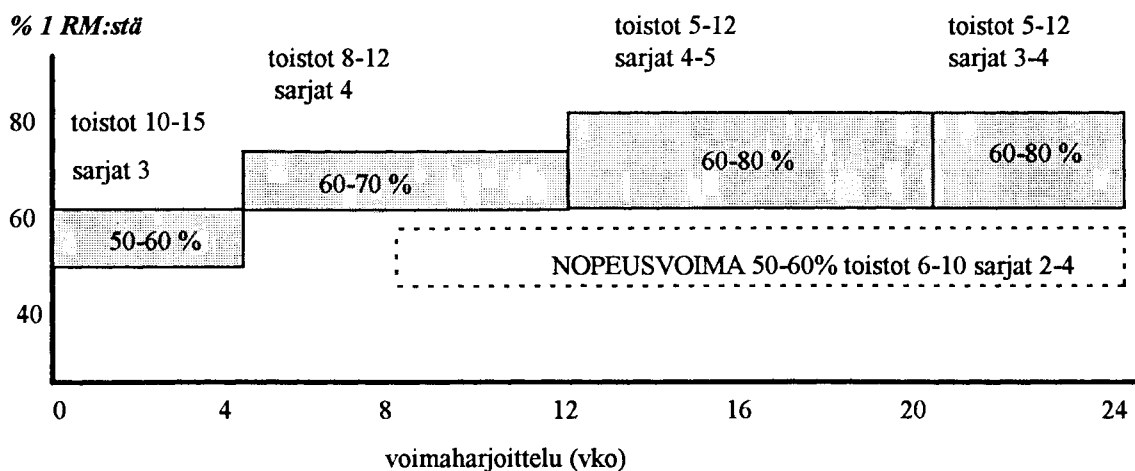
Harjoitteluohjelmaa muutettiin kuukauden välein vaihtelemalla jonkin verran harjoitteita, suorituskertoja ja sarjoja. Kokonaisuormitusta lisättiin progressiivisesti harjoitteiden ja/tai sarjojen määrää lisäämällä sekä intensiteettiä nostamalla. Kahden kuukauden

kuluttua harjoittelun aloittamisesta osaan harjoitteista (reisipenkki, jalkaprässi ja penkkipunnerrus) lisättiin nopeusvoimatyypistä harjoittelua. (Kuvio 1.) Koehenkilöt tekivät vähintään kaksi kertaa viikossa omatoimisesti lihasvenyttelyjä joko kotona tai kuntosalilla ohjelman mukaisesti.

Voimaharjoittelu oli pääosin ohjattua. Ikääntyneille voimaharjoittelu oli yleisestiottaen vieraampaa kuin keski-ikäisille, joten ikääntyneillä oli enemmän ohjattua harjoittelua. Harjoittelun toteuttamista selkeytti kirjalliset harjoitusohjelmat, joihin oli merkitty harjoitteiden sarjojen ja toistojen määrät sekä kuormitus ja suoritusnopeus. Koehenkilöt täyttivät koko harjoittelun ajan voimaharjoittelusta päiväkirjaa, josta oli mahdollista seurata kunkin koehenkilön harjoittelun toteutumista.

KUORMA

% 1 RM:stä



KUVIO 1. Lihasvoimaharjoittelun eteneminen 6 kuukauden aikana.

Koehenkilöiltä mitattiin pituus, paino, rasvaprosentti sekä nivelliikkuvuudet ennen ja jälkeen 24 viikon harjoittelujakson. Paino ja rasvaprosentti mitattiin lisäksi kahden kuukauden välein lihasvoimamittausten yhteydessä. Rasvaprosentti mitattiin ihopoimumenetelmällä neljästä kohdasta kehon oikealta puolelta (olkavarren etu- ja takaosa, lapaluun alakärki ja lantioluun harja). (Durnin & Womersley, 1967.)

Ihopoimumenetelmä on herkkä mittaajien väliselle luotettavuudelle. Mittaajan pysyminen samana eri mittauskerroilla lisää kuitenkin menetelmän luotettavuutta. Nivelten liikkuvuudet (lonkan ojennus ja koukistus sekä olkapään ja polven koukistus) mitattiin astemitalla vakioiduissa asennoissa oikeasta ja vasemmasta raajasta. Koehenkilö teki ensin rauhallisesti aktiivisen täyden liikkeen, minkä jälkeen suoritus uusittiin mittaamalla aktiivinen ja passiivinen liike. Lisäksi mitattiin reiden takaosien kireydet. Nivelten liikkuvuudet mitattiin koehenkilöltä samaan vuorokaudenaikaan. Nivelten liikkuvuusmittauksissa luotettavuutta lisättiin huomioimalla kehon asennon stabilointi sekä mittaustekniikan ja mittaajan säilyminen samana.

Koehenkilöt toimivat itsensä kontrolleina siten, että voimamittaukset suoritettiin kaksi kertaa ennen lihasvoimaharjoittelun aloittamista. Kontrollijakso toteutettiin niin, että ensimmäiset mittaukset suoritettiin 3-4 viikkoa ennen harjoittelun aloittamista (-1) ja toiset mittaukset (0) juuri ennen harjoittelun aloittamista. Näistä käytettiin jälkimmäisen mittauksen tuloksia, koska -1- ja 0- mittausten välillä ei ollut tilastollisia eroja. Poikkeuksena tästä on alaraajojen ojennuksen EMG- tulokset, joista analysoitiin -1- mittausten tulokset. Alkumittausten jälkeen mittaukset suoritettiin kahden (2), neljän (4) ja kuuden (6) kuukauden voimaharjoittelun jälkeen.

Ennen voimamittauksia koehenkilö käveli reippaasti noin 100 metriä ja suoritti kevyitä lihasvenyttelyjä alaraajojen pääliharyhmille. Lisäksi koehenkilö teki David 210- laitteella (David Fitness and Medical Ltd) (Häkkinen 1987) 2 x 5 toistoa kuorman ollessa 50 % yhden toiston maksimivoimasta.

Mittaustilanteessa pyrittiin mahdollisimman vähäisellä määrällä suorituksia saavuttamaan yhden toiston maksimivoima, jonka saavuttamiseksi vaadittiin 3-5 suoritusta. Koehenkilö aloitti suoritukset arvioidusta 90 % 1 RM:sta. Suorituksen aikana koehenkilöä kannustettiin sanallisesti. Polven ojentajalihasten konsentrinen yhden toiston maksimivoima mitattiin sekä bilateraalisesti että unilateraalisesti David 200- laitteella (Häkkinen, Komi & Kauhanen 1987). Lantio tuettiin vyöllä. Selkätuen ja nilkkatuen asento tarkistettiin ennen tutkimuksen aloittamista ja asento oli jokaisella mittauskerralla sama. Nilkkatuki asetettiin siten, että nilkan kulma oli noin 90 astetta. Polven koukistuskulma oli alkuasennossa 60-83 astetta koehenkilöstä riippuen. Lonkan

ojentajalihasten konsentrisen bilateraalin yhden toiston maksimivoima mitattiin David 210- laitteella. Laitteen selkätuki asetettiin siten, että polven koukistus oli alkuasennossa noin 70 astetta. Sekä David 200- että 210- laitteiden asetukset tarkistettiin yksilöllisesti jokaiselle koehenkilölle ja asetukset kirjattiin. Näin ollen alkuasento säilyi eri mittauskerroilla samana lisäten mittausten toistettavuutta.

Koehenkilöllä oli suoritusten välillä 90 sekunnin tauko ja laitteiden välillä kolmen minuutin tauko. Sekuntaattoria käytettiin apuna pitämään voimamittausten väliset palautusajat samoina sekä koehenkilöiden välillä että eri mittauskerroilla. Konsentriset 1 RM:t (kg) taltioitiin nauhurille ja tietokoneelle (486 DX-100), jonka jälkeen signaalit analysoitiin CODAS- tietokoneohjelmalla (Data Instruments, Inc.). Lisäksi kaksi mittaajaa kirjasi konsentriset maksimivoimat (1 RM), mikä mahdollisti tulosten tarkistamisen analysointivaiheessa. Polven maksimaalisen ojennusvoiman hyväksyminen tapahtui tietokoneen avulla varmistetun ojennuskulman avulla, mikä vähentää arvioinnin virhemahdollisuutta. Polven ojennuksen loppukulmien keskiarvot olivat eri mittauskerroilla polven maksimaalisessa konsentrisessa bilaterallisessa suorituksessa 164-168 astetta, oikean polven ojennuksessa 170-173 astetta ja vasemman polven ojennuksessa 171-177 astetta. Hyväksytyjen polven maksimaalisten konsentristen ojennusten loppukulmissa ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa eri mittauskertojen välillä.

Lihaksen sähköisen aktiivisuuden (EMG) rekisteröinti suoritettiin samanaikaisesti voimamittausten yhteydessä. Elektrodiin kohdat merkittiin ihonsisäisesti musteella (Häkkinen & Komi 1993) ennen ensimmäisiä mittauksia molempien alaraajojen musculus vastus lateraloksen, musculus vastus medialis ja musculus biceps femoriksen motorisiin pisteisiin pitkittäin lihaksen suuntaisesti. Ihonsisäisen musteen käyttö varmisti sen, että elektrodiin kohdat pysyivät samoina jokaisessa mittauksessa. Kohdat määritettiin DISA-sähköärsytyslaitteella. Elektrodeina käytettiin bipolaarisia pintaelektrodeja, joiden väli oli 20 mm. (Beckmanin minikokoiset ihoelektrodit 650437, Illinois, USA). EMG- signaalit nauhoitettiin telemetrisesti (Glonner, Biomes 2000). EMG integroitiin ja tulokset suhteutettiin aikaan tietokoneella (tasasuunnattu EMG) joka lihakselle erikseen. Lisäksi konsentrisen suorituksen koko liikeradan osalle laskettiin keskiarvo.

10 metrin maksimaalinen kävelynopeus mitattiin valokennoilla kuntosaliharjoittelun yhteydessä kahden kuukauden välein. Valokennojen käyttö 10 metrin pituisella kävelymatkalla takaa riittävän luotettavuuden verrattuna esimerkiksi sekuntaattoriin. Ennen lihasvoimaharjoittelun aloittamista suoritettiin kaksi kävelynopeusmittausta viikon välein. Kävelytestit suoritettiin koehenkilöille aina samaan vuorokaudenaikaan, jolloin vuorokaudenaikaiset vaihtelut ihmisen vireystilassa saatiin mahdollisimman pieneksi. Koehenkilö käveli matkan kolme kertaa, joista ensimmäinen oli harjoitus ja kaksi viimeistä kävelyä mitattiin. Kiihdytysmatka oli kolme metriä. Koehenkilölle annettiin ennen testiä ohjeet kävellä niin nopeasti kuin mahdollista. Suorituksen aikana ei kannustettu.

Koehenkilöt pyrkivät jatkamaan muuta kuntoliikuntaa kuten ennen tutkimusta, eikä liikunta saanut lisääntyä oleellisesti. Koehenkilöiden muuta liikuntaa ja työn kuormitusta seurattiin kuukauden välein kyselylomakkeella (Mälkiä 1983, modifioitu Mälkiä 1983). (Liite 1.) Liikuntaosiossa kysyttiin liikuntamuotoa sekä sen intensiteettiä, kestoja ja useutta. Työn kuormitusosiossa kysyttiin työn kuormittavuutta asteikolla nollassa seitsemään. Sekä liikunnan että työn kuormituksen aiheuttama energiankulutus laskettiin MET- yksiköitä käyttäen (hapenkulutus istuma-asennossa lepotilanteessa = $3.5 \text{ mlkg}^{-1} \text{ min}^{-1}$) (Lea & Febiger 1980). Koehenkilöiden muuta kuormitusta seurattiin kuukauden välein, mikä on riittävä erottelemaan vuodenaikojen vaikutuksesta tapahtuvat muutokset muussa kuormituksessa. Harjoitteluohjelmassa tapahtui muutoksia kuukauden välein, joten muun kuormituksen seuraaminen kuukausittain oli aiheellista.

Kehon massa ja rasvaprosentti ei muuttunut tilastollisesti merkitsevästi kuuden kuukauden lihasvoimaharjoittelun aikana. (Taulukko 2.)

TAULUKKO 2. Koehenkilöiden pituus, paino ja rasvaprosentti keskiarvoina ja keskihajontoina iän ja sukupuolen mukaan alkutilanteessa (0 kk) ja kuuden kuukauden (6 kk) harjoittelun jälkeen.

		N 40 (n=11)	M 40 (n=10)	N 70 (n=10)	M 70 (n=11)
Pituus (cm)	0 kk	162,9 (5,5)	178,3 (7,2)	158,7 (6,2)	172,4 (6,9)
Paino (kg)	0 kk	61,9 (8,1)	83,3 (14,7)	66,4 (7,1)	79,8 (9,8)
	6 kk	62,4 (7,4)	83,6 (15,5)	66,3 (6,8)	79,9 (10,5)
Rasva (%)	0 kk	26,3 (5,8)	19,3 (3,9)	34,4 (3,9)	23,8 (4,2)
	6 kk	25,8 (5,8)	19,1 (5,2)	34,0 (4,7)	23,3 (4,8)

(N 40 = keski-ikäiset naiset, M 40 = keski-ikäiset miehet, N 70 = ikääntyneet naiset, M 70 = ikääntyneet miehet) Ei tilastollisesti merkitseviä muutoksia.

Tulosten tilastollisessa analysoinnissa on käytetty keskiarvoja ja keskihajontaa. Lisäksi tilastollisen merkitsevyyden laskemisessa on käytetty parittaista t-testiä, riippuvien otosten t-testiä, 1- suuntaista varianssianalyysiä ja MANOVA:a. Tilastolliset analyysit on toteutettu ”SPSS for Windows”- ohjelmalla. Tilastollinen merkitsevyytaso on 0.05.

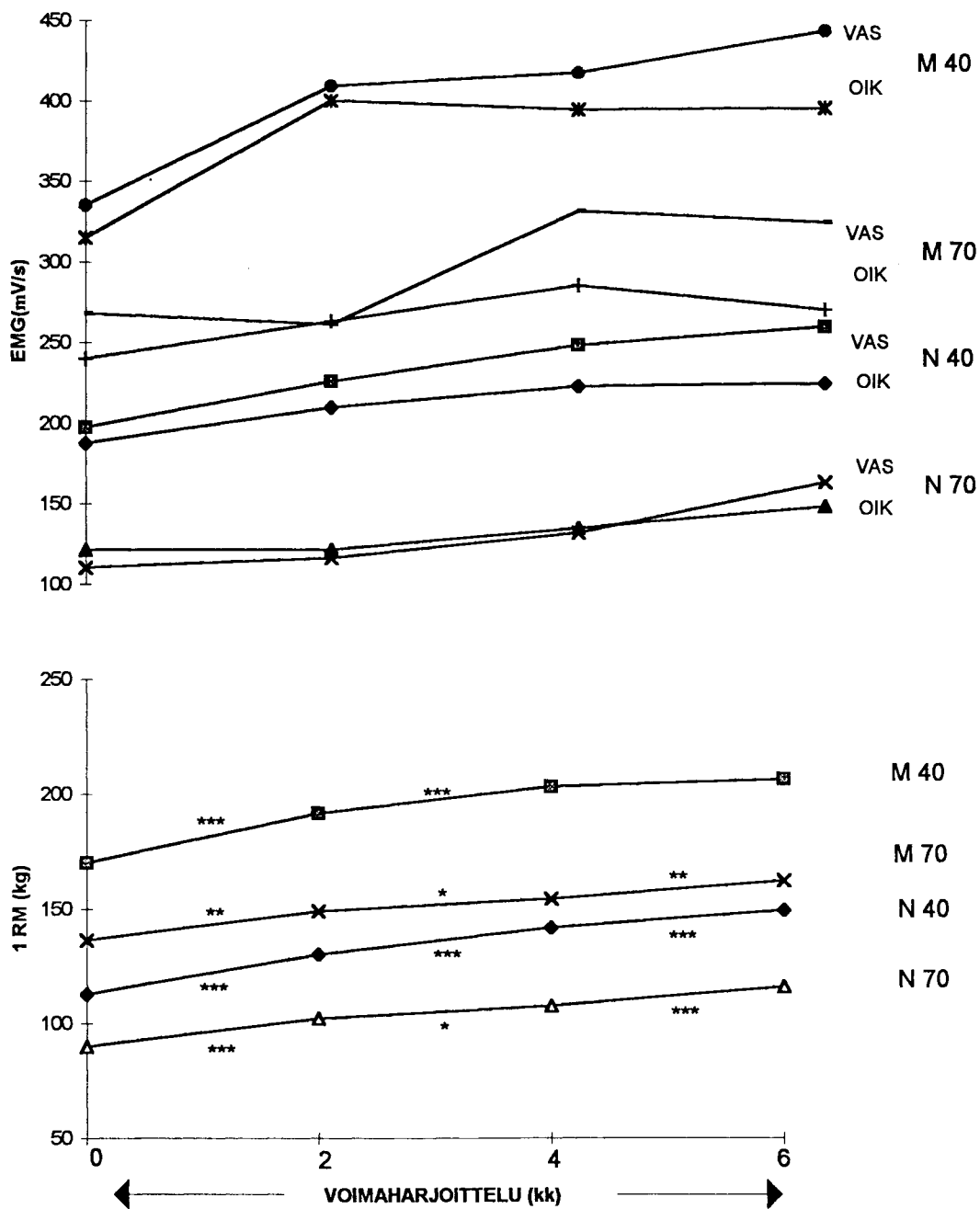
5. TULOKSET

Alkumittauksissa (Okk) kaikkien neljän ryhmän välillä oli tilastollisesti merkitsevä ero alaraajojen konsentrisessa ojennuksessa (1 RM). Kahden, neljän ja kuuden kuukauden kohdalla oli ero tilastollisesti merkitsevä kaikkien ryhmien välillä paitsi keski-ikäisten naisten ja ikääntyneiden miesten välillä.

Alaraajojen ojennusvoima (1 RM) lisääntyi kaikilla ryhmillä tilastollisesti erittäin merkitsevästi kuuden kuukauden voimaharjoittelun aikana ($p < 0.001$). Ikääntyneillä naisilla 1 RM lisääntyi 22% ja miehillä 16%. Keski-ikäisillä naisilla 1 RM lisääntyi 24% ja miehillä 17%. Prosentuaalinen muutos laskettiin kunkin ryhmän keskiarvon mukaan.

Keski-ikäisillä naisilla alaraajojen ojennuksen 1 RM lisääntyi erittäin merkitsevästi jokaisella mittauskerralla ($p < 0.001$). Keski-ikäisillä miehillä 1 RM lisääntyi neljän ensimmäisen harjoittelukuukauden aikana tilastollisesti erittäin merkitsevästi ($p < 0.001$). Viimeisen kahden kuukauden voimaharjoittelun aikana keski-ikäisten miesten alaraajojen 1 RM ei lisääntynyt tilastollisesti merkitsevästi. Ikääntyneiden naisten ja miesten alaraajojen ojennuksen 1RM lisääntyi jokaisen kahden kuukauden harjoittelujakson aikana tilastollisesti merkitsevästi. (Kuvio 2.)

Keski-ikäisillä naisilla ja miehillä lisääntyi oikean ja vasemman polven ojentajalihasten (m. vastus lateralis ja medialis) EMG- aktiivisuus tilastollisesti melkein merkitsevästi ($p < 0.05$) kuuden kuukauden voimaharjoittelun aikana. Ainoastaan naisten oikean m. vastus medialiksen EMG- aktiivisuus ei lisääntynyt tilastollisesti merkitsevästi. Ikääntyneillä naisilla ja miehillä EMG- aktiivisuus lisääntyi oikean ja vasemman polven ojentajalihaksissa myös tilastollisesti merkitsevästi kuuden kuukauden voimaharjoittelun aikana. (Kuvio 2.)



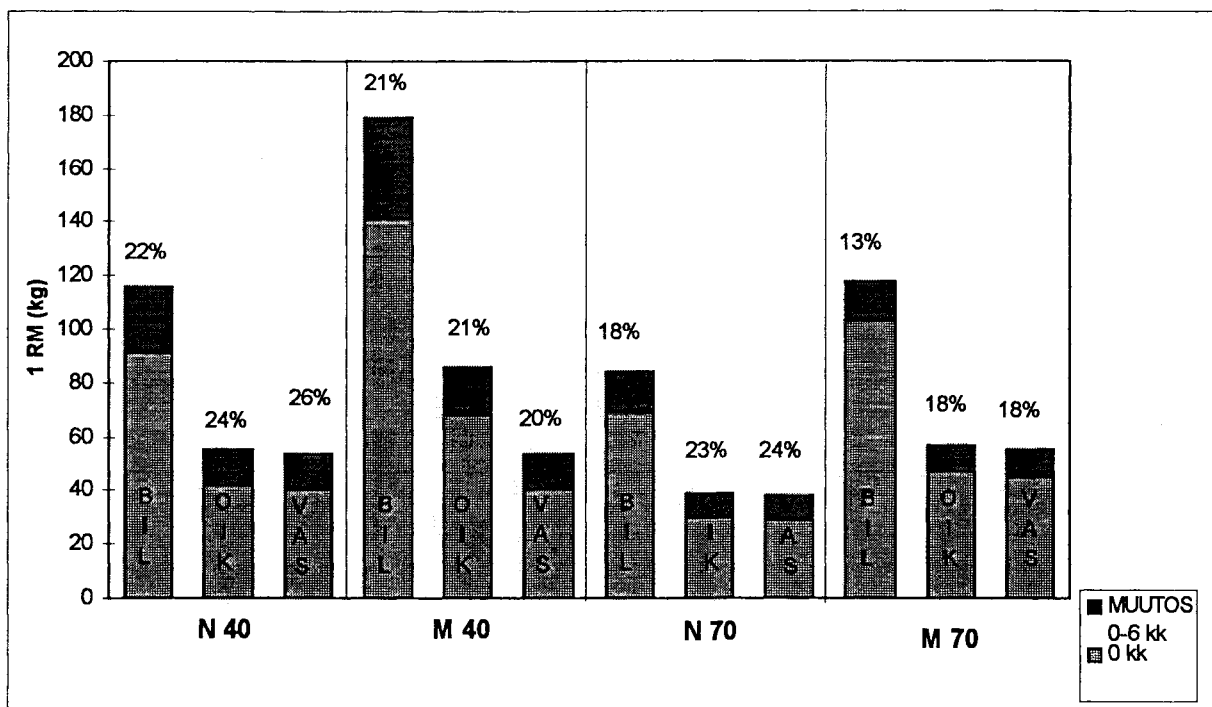
KUVIO 2. Keski-ikäisten ja ikääntyneiden naisten ja miesten alaraajojen maksimaalinen ojennusvoima (1 RM) sekä oikean ja vasemman polven ojentajalihasten EMG-aktiivisuus 6 kuukauden lihasvoimaharjoittelun aikana.

Polven ojentajalihasten bilateraalin yhden toiston maksimivoima (1 RM) lisääntyi kuuden kuukauden voimaharjoittelun aikana 13-22 %, oikean polven 1 RM lisääntyi 17-24 % ja vasemman polven 1 RM lisääntyi 18-26 %. (Kuvio 3.)

Polven ojentajalihasten bilateraalin 1 RM lisääntyi kaikilla ryhmillä tilastollisesti erittäin merkitsevästi ($p < 0.001$) kahden ensimmäisen harjoittelukuukauden aikana. Keski-ikäisillä naisilla ja miehillä sekä ikääntyneillä naisilla 1 RM lisääntyi tilastollisesti merkitsevästi viimeistenkin harjoittelukuukausien aikana. Ikääntyneillä miehillä 1 RM ei lisääntynyt enää tilastollisesti merkitsevästi kahden harjoittelukuukauden jälkeen. (Liite 3.)

Keski-ikäisillä naisilla oikean polven ojentajalihasten yhden toiston maksimivoima (1 RM) lisääntyi neljän ensimmäisen harjoittelukuukauden aikana tilastollisesti merkitsevästi. Viimeisen kahden harjoittelukuukauden aikana ei tapahtunut tilastollisesti merkitsevää muutosta. Keski-ikäisten miesten oikean polven 1 RM lisääntyi tilastollisesti merkitsevästi koko harjoittelun ajan. Ikääntyneillä naisilla ja miehillä oikean polven 1 RM lisääntyi tilastollisesti erittäin merkitsevästi ($p < 0.001$) kahden ensimmäisen harjoittelukuukauden aikana. Kahdesta neljään kuukauteen ikääntyneiden voimissa ei tapahtunut muutoksia, mutta polven 1 RM lisääntyi taas kahden viimeisen harjoittelukuukauden aikana. (Liite 3.)

Vasemman polven ojentajalihasten yhden toiston maksimivoima (1 RM) lisääntyi keski-ikäisillä naisilla ja miehillä tilastollisesti merkitsevästi neljän ensimmäisen harjoittelukuukauden, mutta ei enää kahden viimeisen kuukauden aikana. Ikääntyneiden naisten 1 RM lisääntyi tilastollisesti erittäin merkitsevästi ($p < 0.001$) kahden ensimmäisen harjoittelukuukauden aikana, mutta ei enää sen jälkeen. Ikääntyneiden miesten vasemman polven 1 RM lisääntyi tilastollisesti merkitsevästi kahden ensimmäisen ja viimeisen harjoittelukuukauden aikana. (Liite 3.) Oikean ja vasemman polven ojentajalihasten yhden toiston maksimivoimissa ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa millään ryhmällä missään vaiheessa.

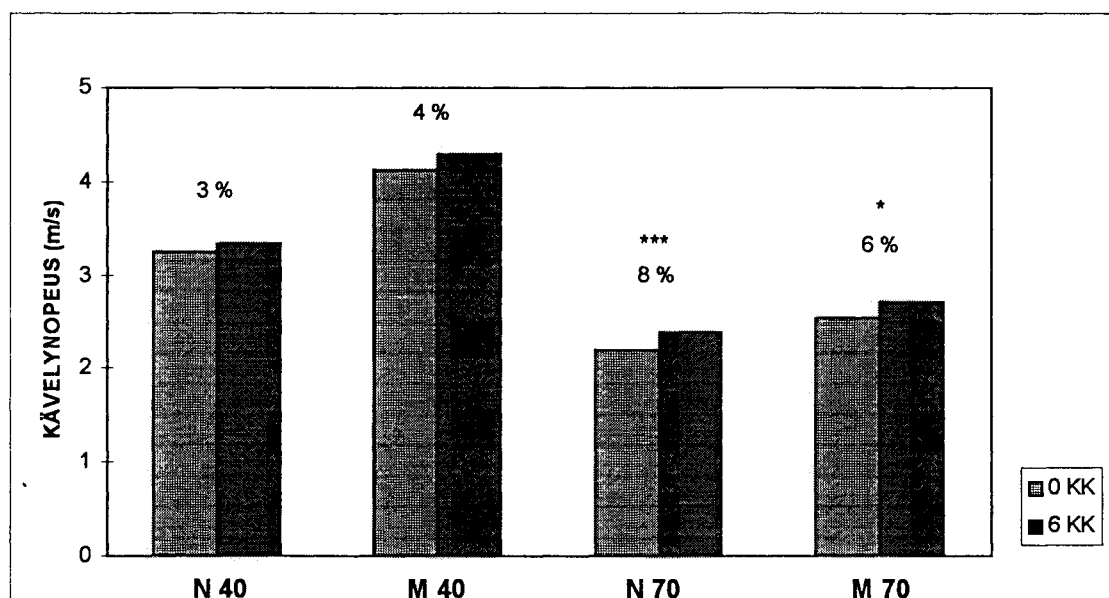


KUVIO 3. Keski-ikäisten ja ikääntyneiden naisten ja miesten polven ojentajien bilateraallinen (bil) ja unilateraalinen (oikea/vasen) yhden toiston maksimivoima (1 RM) kuuden kuukauden voimaharjoittelun aikana.

Keski-ikäisten aktiivijajan energiankulutus oli suurempi ($p < 0.001$) kuin ikääntyneiden koko kuuden kuukauden voimaharjoittelun ajan. Energiankulutuksessa ei tapahtunut tilastollisesti merkitseviä muutoksia voimaharjoittelun aikana. (Liite 4.)

Ikääntyneillä miehillä polven aktiivinen koukistus lisääntyi, mutta lonkan aktiivinen ojennus väheni erittäin merkitsevästi. Olkapään ja polven aktiivinen koukistus lisääntyi merkitsevästi kaikilla ryhmillä ainakin toisessa raajassa. Lonkan aktiivisessa koukistuksessa ja alaraajan nostossa ei tapahtunut tilastollisesti merkitsevää muutosta missään ryhmässä. (Liite 2.)

Maksimaalinen 10 metrin kävelynopeus lisääntyi keski-ikäisillä naisilla 3% ja miehillä 4% kuuden kuukauden voimaharjoittelun aikana, mutta muutos ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Ikääntyneiden naisten kävely nopeutui (8%) tilastollisesti erittäin merkitsevästi ($p < 0.001$) ja ikääntyneiden miesten (6%) tilastollisesti melkein merkitsevästi ($P < 0.05$). (Kuvio 4.) Ikääntyneiden naisten ja miesten välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa alku- ja loppumittauksissa. Muiden ryhmien välillä ero oli tilastollisesti merkitsevä.



KUVIO 4. Keski-ikäisten ja ikääntyneiden naisten ja miesten 10 metrin maksimaalinen kävelynopeus 6 kuukauden lihasvoimaharjoittelun aikana.
(* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$)

6. POHDINTA

Kuuden kuukauden lihasvoimaharjoittelu lisäsi sekä keski-ikäisten että ikääntyneiden naisten ja miesten alaraajojen ojentajalihasten konsentrista yhden toiston maksimivoimaa. Eniten lisääntyi nimenomaan naisten alaraajojen 1 RM. Polven ojentajalihasten bilateraalin konsentrisen yhden toiston maksimivoima lisääntyi myös kaikilla ryhmillä, eniten kuitenkin keski-ikäisillä. Oikean ja vasemman polven 1 RM lisääntyi kaikilla ryhmillä voimaharjoittelun aikana, mutta vähiten ikääntyneillä miehillä.

Polven ojentajalihasten EMG-aktiivisuus lisääntyi kuuden kuukauden voimaharjoittelun aikana kaikilla ryhmillä alaraajojen konsentrisessa ojennuksessa.

Maksimaalinen 10 metrin kävelynopeus lisääntyi jonkin verran keski-ikäisillä, mutta ikääntyneillä nopeuden lisääntyminen oli selkeämpää.

Alkumittauksissa kaikkien ryhmien välillä oli eroja alaraajojen maksimaalisessa konsentrisessa ojennuksessa (1 RM). Tutkimustulokset ovat aikaisempiin verrattuna samansuuntaisia siten, että yleensä miesten lihasvoima on suurempi kuin naisten (Mälkiä 1993). Kuuden kuukauden voimaharjoittelun aikana keski-ikäiset naiset olivat lähestyneet ikääntyneiden miesten alaraajojen maksimivoimaa, vaikkakin molemmilla ryhmillä voima lisääntyi tasaisesti koko harjoittelun ajan. Tulos on samansuuntainen aikaisempien tutkimustulosten kanssa, joissa pienemmän voimatason omaavalla henkilöllä on mahdollisuudet nopeampaan voiman lisäämiseen voimaharjoittelun avulla (Häkkinen 1994). Toisaalta ikääntyneet harjoittelemattomat henkilöt ovat saavuttaneet nopeammin tuloksia voimaharjoittelussa kuin nuoret harjoittelemattomat henkilöt (Mälkiä 1993). Lihasvoima laskee kuitenkin selvästi 50-ikävuoden jälkeen ja lihasvoiman väheneminen on ikääntyneillä suurinta nimenomaan alaraajojen proksimaalisissa lihaksissa (Mälkiä 1993), joten eron keski-ikäisten naisten ja ikääntyneiden miesten välillä voisi olettaa olevan pienempi jo ennen harjoittelun aloittamista. Lisäksi pienimmät erot lihasvoimassa naisten ja miesten välillä ovat alaraajojen lihaksissa (Frontera 1991). Naisten ja miesten välinen ero lihasvoimassa on ollut suhteellisen pieni, jos tulosten analysoinnissa on

huomioitu kehon massa (Frontera 1991). Tässä tutkimuksessa ei huomioitu kehon massaa tulosten analysointivaiheessa.

Keski-ikäisten miesten alaraajojen lihasvoima ei enää lisääntynyt selvästi neljän harjoittelukuukauden jälkeen, mikä olisi voitu mahdollisesti estää lisäämällä harjoittelun kokonaiskuormitusta viimeistenkin harjoittelukuukausien aikana. Toinen vaihtoehto olisi ollut harjoituskertojen lisääminen kahdesta kerrasta kolmeen kertaan viikossa. Harjoituskuorman on progressiivisesti lisääntytävä, jotta harjoitettava lihas ylikuormittuu (Häkkinen 1990.) Tässä tutkimuksessa kuitenkin kokonaiskuormitusta hieman kevennettiin loppuvaiheessa, jotta vältettäisiin liiallinen ylikuormittuminen. Kahden harjoittelukuukauden jälkeen harjoitteluun lisättiin nopeusvoimatyypistä harjoittelua, jolloin lihasten aktivaatioajan jäätyä matalaksi on myös hypertrofinen vaikutus voinut jäädä pieneksi. Tämä on jostain syystä voinut vaikuttaa nimenomaan keski-ikäisten miesten lihasvoiman kehittymiseen.

Ikääntyneiden alaraajojen lihasvoima on lisääntynyt voimaharjoittelun aikana aikaisempien tutkimusten mukaan 9-35 % (Hagberg ym. 1989, Charette ym. 1991, Morganti ym. 1995), joten tämän tutkimuksen tulokset ovat samansuuntaisia. Tässä tutkimuksessa voima lisääntyi ikääntyneillä naisilla ja miehillä nimenomaan kahden ensimmäisen harjoittelukuukauden aikana, mutta myös sen jälkeen tapahtui kehitystä, joskin jonkin verran vähäisemmin. Aikaisemmin harjoittelemattoman terveen henkilön lihasvoimahan lisääntyy suhteellisen helposti ensimmäisten harjoitteluviikkojen aikana (Kannus ym. 1992). Harjoittelun alkuvaiheessa tapahtuva voimantuoton lisääntyminen johtuu aikaisemmin harjoittelemattomalla henkilöllä paljolti hermostollisista tekijöistä, kun muutamien viikkojen harjoittelun jälkeen vaikuttavat hypertrofiset tekijät (Häkkinen 1994). Tähän opinnäytetyöhöni hypertrofiaa selvittäviä mittauksia ei liittynyt, joten ryhmien vertaaminen lihasmassan kasvun suhteen ei ollut mahdollista.

Kahden ensimmäisen kuukauden aikana kaikilla ryhmillä lisääntyi polven ojentajalihasten bilateraalin ja unilateraalinen yhden toiston maksimivoima. Tämän jälkeen voima lisääntyi vaihdellen eri ryhmillä suoritustavasta riippuen. Kuuden kuukauden harjoittelun aikana ikääntyneiden bilateraalin 1 RM lisääntyi saman verran tai jopa vähemmän kuin aikaisemmat tutkimukset osoittavat. Toisaalta unilateraaliset maksimivoimat lisääntyivät

ikäntyneillä enemmän kuin Häkkisen ym. (1996b) tutkimuksessa, jossa ikääntyneiden polven unilateraalinen 1 RM lisääntyi voimaharjoittelun aikana 10-17 %. Toisaalta Häkkisen tutkimuksessa voimaharjoittelujakso oli yli puolet lyhyempi tähän tutkimukseen verrattuna. Tässä tutkimuksessa unilateraalisia harjoitteita oli runsaasti bilateraalisten lisäksi, joten suoritustapa harjoitteiden yhteydessä oli samanlainen kuin mittauksissakin. Harjoitusvaste on siten mahdollisesti ollut parempi verrattuna siihen, että harjoittelu olisi sisältänyt pelkästään bilateraalisia harjoitteita.

Alaraajojen ja polven ojentajien yhden toiston maksimivoiman lisääntyminen oli ikääntyneillä samansuuntaista, mutta ikääntyneet saavuttivat polven ojentajalihaksissa nopeammin maksimivoimansa kuin alaraajojen ojentajalihaksissa. Testaustavat poikkesivat toisistaan siinä, että alaraajojen ojennusliikkeessä kuormitus kohdistui useampaan niveleen, kun taas polven ojennuksessa pelkästään yhteen niveleen. Näin ollen etenkin polven ojentajalihasten yhden toiston maksimivoiman testaukseen vaikuttavat mahdollisesti muutkin seikat kuin pelkkä lihaksissa tapahtunut voiman kehitys. Oma vaikutuksensa voi olla myös sillä, että alaraajojen ojennuksessa harjoituslaite poikkesi enemmän mittauslaitteesta kuin polven ojennuksessa käytetyt laitteet.

Polven ojentajalihasten EMG-aktiivisuus mitattiin alaraajojen yhden toiston maksimaalisen ojennuksen yhteydessä. EMG-aktiivisuus lisääntyi koko kuuden harjoittelukuukauden ajan kaikilla ryhmillä paitsi ei keski-ikäisillä naisilla oikean m. vastus medialiksen osalta. Kahden voimaharjoittelukuukauden jälkeen lisätty nopeusvoimatyypinen harjoittelu on voinut osaltaan vaikuttaa siihen, että EMG-aktiivisuuden lisääntyminen maksimivoimasuorituksessa ei ollut enää harjoitusjakson loppuvaiheessa kovin suurta. Pitkäaikaisen nopeusvoimaharjoittelun loppupuolellahan on todettu jopa hermostovaikutusten heikkenemistä (Häkkinen 1994).

Vaikka ikääntyneiden fyysiseen suorituskyykyyn vaikuttavat monet asiat, niin alaraajojen lihasvoiman osuutta voisi enemmänkin korostaa esimerkiksi ikääntyneiden kuntoutuksessa. Alaraajojen alentuneella lihasvoimalla on ollut yhteyttä muun muassa riippuvuuden ulkopuolisesta avusta (Avlund ym. 1994), joten asialla on paljolti yhteiskunnallisen merkityksen lisäksi vaikutuksia myös ikääntyneen elämän laatuun.

Subjektiiivisesti huonoksi koettu terveys onkin ollut yhteydessä alentuneeseen lihasvoimaan sekä miehillä että naisilla (Rantanen 1994).

Maksimivoiman ja hyvän liikkumiskyvyn yhteys on voimakkaampi nimenomaan ikääntyneillä naisilla (Rantanen 1994). Tässäkin tutkimuksessa naisten lihasvoima on selkeästi huonompi kuin miesten. Etenkin naisten lihasvoiman ylläpitämiseen olisi kiinnitettävä huomiota jo siinä vaiheessa, kun lihasvoiman heikkeneminen alkaa. Päivittäisistä toiminnoista selviytymisessä on huomioitava lihasvoima suhteessa kehon massaan kuten esimerkiksi istumasta seisomaannousussa ja portaissa kävelyssä. Jatkossa olisi tutkittava tarkemmin sitä kehon massaan suhteutettua alinta lihasvoimatasoa, jota tarvitaan kustakin päivittäisestä toiminnosta selviämiseen.

Keski-ikäisillä kävelyn nopeutumisen oli vähäistä kuuden kuukauden voimaharjoittelun aikana, mutta ikääntyneillä kävelynopeus lisääntyi selkeämmin. Ikääntyneiden kävelynopeus lisääntyi kuitenkin vähemmän kuin aikaisemmissa tutkimuksissa, joissa kävelynopeus on lisääntynyt 11-18 % (Hunter ym. 1995, Judge ym. 1993, Porter ym. 1995). Tässä tutkimuksessa ikääntyneiden kävelynopeus oli kuitenkin jo alkuvaiheessa suhteellisen suuri verrattuna aikaisempiin tutkimuksiin (Basse ym. 1992, Bendall ym. 1989), mikä voi selittää pienemmät muutokset kävelynopeudessa. Keski-ikäisten kävelynopeus lisääntyi vain vähän. Tulos ei ole sikäli yllättävä, että etukäteen ajateltuna olisi voinut olettaa voimaharjoittelulla olevan vain vähäisiä vaikutuksia keski-ikäisten kävelynopeuteen. Ikääntyneiden miesten alaraajojen lihasvoima oli yleisesti ottaen parempi kuin keski-ikäisten naisten, mutta kävelynopeus puolestaan oli heikompi. Tämän voisi ajatella osoittavan sitä, ettei alaraajojen lihasvoimalla ole vaikutusta maksimaaliseen kävelynopeuteen. Toisaalta lihasvoimaharjoittelu lisäsi kyllä ikääntyneiden miesten kävelynopeutta, mutta ei juurikaan keski-ikäisten naisten.

Ikääntyneiden kävelynopeuden lisääntyminen on merkittävä tulos, vaikka muutos olikin suhteellisen pieni. Ikääntyneiden alaraajojen lihasvoimatason ylläpitämisellä voimaharjoittelun avulla voitaisiin vaikuttaa myös kävelynopeuden ylläpitämiseen. Kävelynopeudellahan on merkitystä ikääntyneen henkilön itsenäiseen selviytymiseen päivittäisistä toiminnoista (Sonn y. 1995) kuten esimerkiksi tien ylittäminen vihreän valon aikana. Hyvällä kävelynopeudella on tutkimusten mukaan yhteyttä myös ikääntyneiden

tasapainoon ja tätä kautta ikääntyneiden kaatumistapaturmiin (Frändin ym. 1995, Whipple ym. 1987).

Nivelten liikkuvuudet pysyivät pääosin samoina tai lisääntyivät kuuden kuukauden voimaharjoittelun aikana. Ikääntyneillä miehillä polven aktiivinen koukistus suureni, mutta aktiivinen lonkan ojennus pieneni. Tuloksiin vaikuttaa mahdollisesti se, että harjoittelussa tuli runsaasti polveen kohdistuvia liikkeitä lonkan ollessa kuitenkin pääosin koukistuneena. Koehenkilöt tekivät vähintään kaksi kertaa viikossa lihasvenyttelyjä, jonka pitäisi riittää ylläpitämään lonkan liikkuvuutta. Näin ollen ikääntyneiden voimaharjoittelun suunnittelussa olisikin kiinnitettävä huomioita lonkan liikkuvuuden ylläpitämiseen.

Tutkimus osoittaa, että progressiivisella usean kuukauden kestäväällä lihasvoimaharjoittelulla voidaan parantaa sekä ikääntyneiden että keski-ikäisten naisten ja miesten alaraajojen konsentrista yhden toiston maksimivoimaa tasaisesti. Polven ojentajissa lihasvoima lisääntyy herkemmin harjoittelun alkuvaiheessa, kun taas alaraajojen ojentajalihasten voima lisääntyy tasaisesti koko harjoittelujakson ajan. Tämä maksimivoiman lisäys näytti olevan yhteydessä hermostossa tapahtuviin harjoitusvaikutuksiin, koska lihasten EMG-aktiivisuus lisääntyi varsinkin harjoitusjakson kahden- neljän kuukauden aikana.

Intensiivisellä lihasvoimaharjoittelulla voidaan lisätä etenkin ikääntyneiden naisten ja miesten maksimaalista kävelynopeutta. Muutokset näyttävät olevan luonnollisesti pienempiä kuin maksimivoiman muutos, mutta niillä on tärkeä merkitys ikääntyvän ihmisen toimintakyvyn ylläpitämiseen ja parantamiseen.

LÄHTEET

Aniansson, A., Grimby, G. & Rundgren, Å. 1980. Isometric and isokinetic quadriceps muscle strength in 70-year-old men and women. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine* 12, 161-168.

Avlund, K., Schroll, M, Davidsen, M. Lovborg, B. & Rantanen, T. 1994. Maximal isometric muscle strength and functional ability in daily activities among 75-year-old men and women. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*.

Bassey, J., Fiatarone, M., O'Neill, E., Kelly, M., Evans, W. & Lipsitz, L. 1992. Leg extensor power and functional performance in very old men and women. *Clinical Science* 82, 321-327.

Bendall, M., Bassey, E. & Pearson, M. 1989. Factors Affecting Walking Speed of Elderly People. *Age and Aging* 18, 327-332.

Bosco, C. & Komi, P. 1980. Influence of aging on the mechanical behavior of leg extensor muscles. *European Journal of Applied Physiology* 42, 209-219.

Charette, S., McEvoy, L., Pyka, G., Snow-Harter, C., Guido, D., Wiswell, R. & Marcus, R. 1991. Muscle hypertrophy response to resistance training in older women. *Journal of Applied Physiology* 70 (5), 1912-1916.

Durnin, J. & Womersley, J. 1967. Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: measurements on 481 men and women aged from 16-72 years. *British Journal of Nutrition* 32, 77-97.

Era, P., Lyyra, A.L., Viitasalo, J.T. & Heikkinen, E. 1992. Determinants of isometric muscle strength in men of different ages. *European Journal of Applied Physiology* 64, 84-91.

Fiatarone, M., Marks, E., Ryan, N., Meredith, C., Lipsitz, L. & Evans, W. 1990. High-Intensity Strength Training in Nonagenarians. *Journal of the American Medical Association* 22, 3029-3034.

Fiatarone, M., O'Neill, E., Ryan, N., Clements, K., Solares, G., Nelson, M., Roberts, S., Kehayias, J., Lipsitz, L. & Evans, W. 1994. Exercise training and nutritional supplementation for physical frailty in very elderly people. *The New England Journal of Medicine* 330, 1769-1775.

Frontera, W., Hughes, V., Lutz, K. & Evans W. 1991. A cross-sectional study of muscle strength and mass in 45- to 78-year-old men and women. *Journal of Applied Physiology* 71, 644-650.

Frontera, W. & Meredith, C. 1989. *Strength training in the elderly*. Teoksessa Harris, R. *Physical activity, aging and sports in the elderly*, I, 319-331. Albany, New York.

Frontera, W., Meredith, C., O'Reilly, K., Knuttgen, H. & Evans, W. 1988. Strength conditioning in older men: skeletal muscle hypertrophy and improved function. *Journal of Applied Physiology* 64, 1038-1044.

Frändin, K., Sonn, U., Svantesson, U. & Grimby, G. 1995. Functional Balance Test in 76-year-olds in relation to Performance, Activities of Daily living and Platform Tests. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine* 27, 231-241.

Hagberg, J., Graves, J. & Limacher, M. 1989. Cardiovascular responses of 70 to 79-year-old men and women to exercise training. *Journal of Applied Physiology* 66, 2589-2594.

Hunter, G., Treuth, M., Weinsier, R., Kekes-Szabo, T., Kell, S., Roth, D. & Nicholson, C. 1995. The Effects of Strength Conditioning on older Women's Ability to Perform Daily tasks. *The American Geriatrics Society* 43, 756-760.

Hyatt, R., Whitelaw, M., Bhat, A., Scott, S. & Maxwell, J. 1990. Association of Muscle Strength with Functional Status of Elderly People. *Age and Aging* 19, 330-336.

Häkkinen, K., Kraemer, W. & Newton, R. 1996a. Muscle activation and force production during bilateral and unilateral concentric and isometric contractions of the knee extensors in men and women at different ages. *Clinical Neurophysiology (painossa)*.

Häkkinen, K., Kallinen, M., Linnamo, V., Pastinen, U-M., Newton, R. & Kraemer, W. 1996b. Neuromuscular adaptations during bilateral versus unilateral strength training in middle-aged and elderly men and women. *Acta Physiologica Scandinavica (painossa)*.

Häkkinen, K., Kraemer, W., Kallinen, M., Linnamo, V. Pastinen, U-M. & Newton, R. 1996c. Bilateral and unilateral neuromuscular function and muscle cross-sectional area in middle-aged and elderly men and women. *Journal of Gerontology*.

Häkkinen, K. & Häkkinen, A. 1995a. Neuromuscular adaptations during intensive strength training in middle-aged and elderly males and females. *Electromyographic clinical Neurophysiology* 35, 137-147.

Häkkinen, K., Pastinen, U-M., Karsikas, R. & Linnamo, V 1995b. Neuromuscular performance in voluntary bilateral and unilateral contraction and during electrical stimulation in men at different ages. *European Journal of Applied Physiology* 70, 518-527.

Häkkinen, K. 1994a. Neuromuscular Adaptation during Strength training, Aging, and Immobilization. *Critical Reviews in Physical and Rehabilitation Medicine*, 6 (3), 161-198.

Häkkinen, K., Pastinen, U-M., Karsikas, R. & Linnamo V. 1994b. Neuromuscular performance in voluntary bilateral and unilateral contraction and during electrical stimulation in men at different ages. *European Journal of Applied Physiology* 70, 518-527.

Häkkinen, K. & Häkkinen, A. 1991. Muscle cross-sectional area, force production and relaxation characteristics in women in different ages. *European Journal of applied Physiology* 62, 410-414.

Häkkinen, K. 1990. Voimaharjoittelun perusteet, 56-57, 119-120. Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä.

Häkkinen, K., Komi, P. & Kauhanen, H. 1987. Scientific evaluation of specific loading of the knee extensors with variable resistance, isokinetic and barbell exercises. *Medicine of Sport Science*, 26, 224-237.

Häkkinen, K., Alén, M. & Komi, P. 1985. Changes in isometric force and relaxation time, electromyographic and muscle fiber characteristics of human skeletal muscle during strength training and detraining. *Acta Physiologica Scandinavica* 125, 573-585.

Judge, J., Underwood, M. & Gennosa, T. 1993. Exercise to Improve Gait Velocity in Older Persons. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 74, 400-406.

Kannus, P., Jozsa, L., Renström, P., Järvinen, M., Kvist, M., Lehto, M., Oja, P. & Vuori, I. 1992. The effects of training, immobilization and remobilization on musculoskeletal tissue; Training and immobilization. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports* 3, 100-113.

Larsson, L., Grimby, G. & Karlsson, J. 1979. Muscle strength and speed of movement in relation to age and muscle morphology. *Journal of Applied Physiology* 46 (3), 451-456.

Lea, R. & Gerhardt, J. 1995. Current Concepts Review: Range-of-Motion Measurements. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, 784-798.

Lea, R. & Febiger, J. 1980. Guidelines for graded exercise testing and exercise prescription. American College of Sports Medicine, Philadelphia.

Lexell, J. 1993. Aging and Human Muscle: Observations From Sweden. *Canadian Journal of Applied Physiology* 18:1, 2-18.

Morganti, C., Nelson, M., Fiatarone, M., Dallal, G., Economos, C., Crawford, B. & Evans, W. 1995. Strength improvements with 1 year of progressive resistance training in older women. *Medicine and Science in Sports and Exercise*.

Mälkiä, E. 1996. MET based questionnaire for the study of physical activity. Teoksessa *Assessment of function and movement; Third Nordic Symposium of Physiotherapy* 29.9.-1.10. 1994, 93-103. Jyväskylä, Finland.

Mälkiä, E., Impivaara, O., Heliövaara, M. & Maatela, J. 1994. The physical activity of healthy and chronically ill adults in Finland at work, at leisure and during commuting. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports* 4, 82-87.

Mälkiä, E. 1993. Strength and aging: patterns of change and implications for training. Teoksessa Harms-Ringdahl, K. *Muscle Strength, International perspectives in physical therapy* 8, 141-166. Edinburgh; Churchill Livingstone.

Mälkiä, E. 1983. Eräät lihasten suorituskykymittaukset fyysisen toimintakykyisyyden kuvaajana suomalaisessa aikuisväestössä. Turku; Kansaneläkelaitoksen julkaisuja AL:23.

Porter, M., Vandervoort, A. & Lexell, J. 1995. Aging of human muscle: structure, function and adaptability. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports* 5, 129-142.

Porter, M., Myint, A., Kramer, J. & Vandervoort A. 1995. Concentric and Eccentric Knee Extension Strength in Older and Younger Men and Women. *Canadian Journal of Applied Physiology*.

Rantanen, T. 1994. Maximal Isometric Strength in Older Adults. University of Jyväskylä: Jyväskylän yliopistopaino ja Sisäsuomi Oy.

Rantanen, T., Era, P. & Heikkinen, E. 1994. Maximal Isometric Strength and Mobility among 75- year- old Men and Women. *Age and Aging* 23, 132-137.

Sipilä, S. 1996. Physical Training and Skeletal Muscle in Elderly Women. A Study of Muscle Mass, Composition, Fiber Characteristics and Isometric Strength. *Studies in Sport, Physical Education and Health* 42. University of Jyväskylä.

Sonn, U., Frändin, K. & Grimby, G. 1995. Instrumental activities of daily living related to impairments and functional limitations in 70- year-olds and changes between 70 and 76 years of age. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine* 27, 119-128.

Whipple, R., Wolfson, L. & Amerman, P. 1987. The relationship of knee and ankle weakness to falls in nursing home residents: an isokinetic study. *Journal of American Geriatric Society* 35, 13-20.

KUORMITUSKYSELY 5/96

Vastaisitko ystävällisesti tässä lomakkeessa esitettyihin kysymyksiin.

Nimi: _____ Pvm: _____ / _____ 1996

OLETKO HARRASTANUT LIIKUNTAA VIIMEISEN KUUKAUDEN AIKANA KUNTOSALIHARJOITTELUN LISÄKSI?
EN _____ KYLLÄ _____ (jos vastasit kyllä, vastaa myös seuraaviin kysymyksiin)

A) MITÄ LIIKUNTALAJEJA OLET HARRASTANUT SÄÄNNÖLLISESTI
VIIMEISEN KUUKAUDEN AIKANA KUNTOSALIHARJOITTELUN LISÄKSI?
(vähintään 1x/vko)

	Krt/vko	Aika/kerta	min.	En hengästy	Hengästyn	En hikoile	Hikoilen jnkv	Hikoilen runsaasti
1.	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
2.	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
3.	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
4.	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
5.	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____

B) MITÄ LIIKUNTALAJEJA OLET HARRASTANUT EPÄSÄÄNNÖLLISESTI
VIIMEISEN KUUKAUDEN AIKANA? (harvemmin kuin 1x/viikko)

	Krt/kk	Aika/kerta	min.	En hengästy	Hengästyn	En hikoile	Hikoilen jnkv	Hikoilen runsaasti
6.	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
7.	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
8.	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
9.	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____

TYÖN TAI VASTAAVIEN TOIMINTOJEN KUVAUS

- A. Seuraavassa pyrimme saamaan kuvan siitä, kuinka paljon liikutte työssänne tai vastaavana aikana ja kuinka ruumiillisesti rasittavaa työnne tai vastaavat toimenne ovat. Verratkaa omaa tavanomaista päätyötänne tai toimintojanne alla esitettyihin kuvauksiin ja merkitkää rasti ruutuun sen ryhmän kohdalle, mikä parhaiten vastaa Teidän viimeisen kuukauden aikana tekemäänne työtä. Lukekaa koko kuvaus ennen vastaamista! Ympyröikää vain yksi kohta.

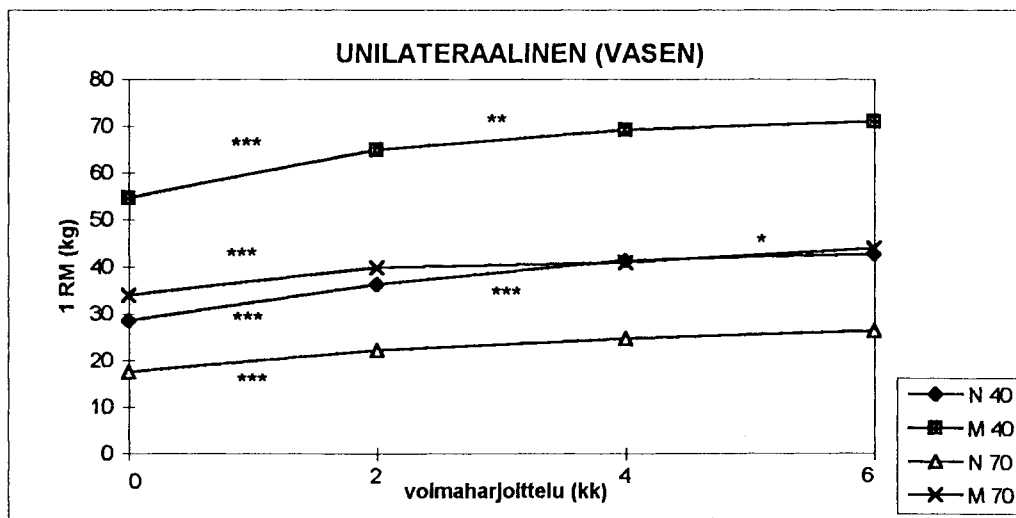
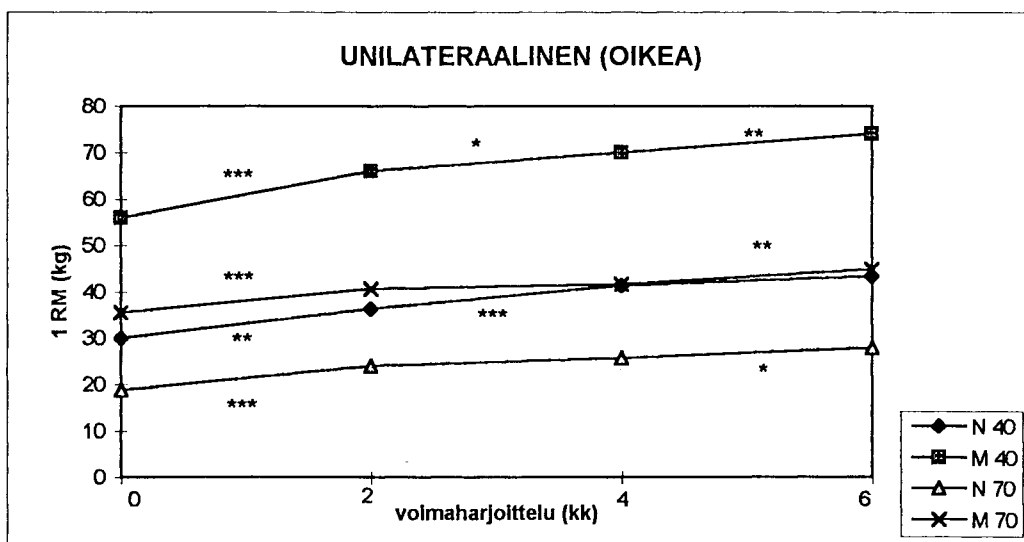
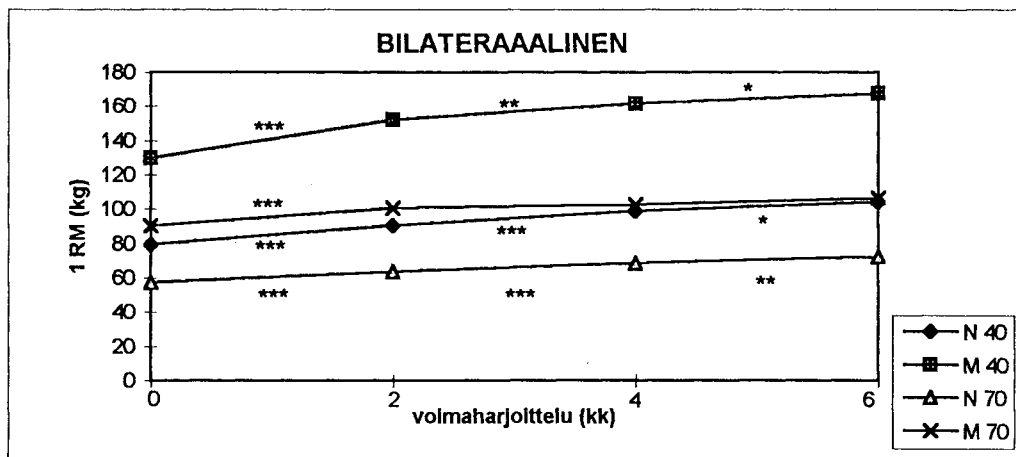
Kotona työskentelevät tai muuten kotona olevat arvioivat työnsä/toimensa kuormittavuuden jäljempänä olevien kuvausten perusteella

- 1 En ole tehnyt työtä, koska olen ollut eläkkeellä tai muusta syystä tekemättä työtä ja päiväsaikaan en tee mitään aktiivista tai rasittavaa.
 - 2 Kevyt istumatyö tai toiminnot. Työ ja toimet ovat pääasiassa istumista pöydän, koneen, ohjauslaitteiden tms. ääressä, missä tehdään vain kevyttä työtä käsillä (esim. ns. henkinen työ, opiskelu, istuen tehtävä toimistotyö, keveiden esineiden käsittely).
 - 3 Muu istumatyö tai rasittavampia toimintoja istuallaan. Työ tai toimet ovat pääasiassa istumista, mutta tässä joudutaan käsittelemään kohtalaisen raskaita esineitä (esim. teollisuustyö liukuhihnan ääressä).
 - 4 Ruumiillisesti kevyt seisomatyö tai kevyet liikkuvat toimet. Työ ja toimet on pääasiassa seisomista ilman raskaita työliikkeitä tai työn liikkumista paikasta toiseen ilman raskaita kantamuksia (esim. kauppa-apulaisen työ, nosturinkuljettajan työ, laboratoriotyö, liikkuva toimistotyö, liikkumista edellyttävä opetustyö).
 - 5 Ruumiillisesti kevyehkö tai keskiraskas liikkuva työ. Työ on pääasiassa liikkuvaa työtä, missä joudutaan kumartelemaan ja kantamaan suhteellisen paljon, mutta ei raskaita esineitä. Tähän ryhmään kuuluu myös työ, missä joudutaan kävelemään paljon portaita tai liikkumaan kohtalaisen nopeasti melko pitkiä matkoja (esim. kevyehkö teollisuustyö, metsän mittaus, lähetin työ).
 - 6 Raskas ruumiillinen työ. Työ on pääasiassa seisomatyötä, mihin kuuluu jatkuvaa keveiden esineiden nostamista, kampien tms. kääntämistä tai työssä nostetaan ja kannatetaan raskaita esineitä, kairataan, kaivetaan, moukaroidaan tms., mutta välillä myös istutaan tai seisotaan (esim. raskaat metalliteollisuuden työt, rakennustyöt, raskaitten työkalujen, tavaroiden tai osien käsittely tai kokoaminen, konein tehtävä maataloustyö).
 - 7 Erittäin raskas ruumiillinen työ. Työ on pääasiassa jatkuvaa tai melko jatkuvaa raskaiden työliikkeiden suorittamista, mitä tehdään usein pitkään yhteen menoon (esim. huonekalujen kantaminen, metsänhakkuu, raskas maataloustyö ilman koneita, kalastus raskain välinein, raskas rakennustyö, kaivamistyö ilman koneita).
- B. Kuinka pitkä on työpäivänne tai edellä kuvaamanne ajanjakso yleensä? _____ t/vko

Keski-ikäisten ja ikääntyneiden naisten ja miesten aktiiviset ja passiiviset nivelliikkuvuudet astena ennen (0 kk) ja jälkeen kuuden kuukauden (6 kk) lihasvoimaharjoittelun (* = tilastollisesti melkein merkitsevä p < 0.05, ** = merkitsevä p < 0.01, *** = erittäin merkitsevä p < 0.001)

	N 40		M 40		N 70		M 70	
	(n=11)	(n=10)	(n=10)	(n=10)	(n=10)	(n=11)	(n=11)	
	Oikea	Vasen	Oikea	Vasen	Oikea	Vasen	Oikea	Vasen
	0 kk / 6 kk	0 kk / 6 kk	0 kk / 6 kk	0 kk / 6 kk	0 kk / 6 kk	0 kk / 6 kk	0 kk / 6 kk	0 kk / 6 kk
Olkapään	189 / 192*	189 / 191	186 / 189	184 / 187*	181 / 186**	183 / 184	177 / 181**	178 / 181*
koukistus	199 / 202	199 / 199	196 / 198	194 / 195	187 / 194***	189 / 193*	182 / 188***	184 / 188***
Aktiivinen	136 / 136	139 / 138	135 / 133	138 / 137	132 / 132	133 / 136	129 / 126	129 / 128
Passiivinen	151 / 149	152 / 149	148 / 147	150 / 149	142 / 146	144 / 147	141 / 139	140 / 140
Lonkan	1 / -6***	2 / -4**	-2 / -4	1 / -3*	0 / -3**	3 / -3***	-3 / -9***	-2 / -7***
ojuennus	9 / 10	11 / 11	4 / 7	6 / 8	10 / 12	7 / 10*	2 / 5*	3 / 1
Polven	131 / 132	131 / 136*	130 / 133	127 / 132***	124 / 129**	126 / 132**	121 / 129***	119 / 130***
koukistus	144 / 146	143 / 149**	140 / 140	139 / 142*	134 / 140**	135 / 144***	129 / 137***	127 / 141***
Alaraajan	95 / 95	97 / 97	91 / 91	95 / 91	96 / 95	97 / 97	84 / 82	84 / 85
nosto								

KUVIO 4. Keski-ikäisten ja ikääntyneiden naisten ja miesten polven ojentajalihasten yhden toiston maksimivoima (1 RM) 6 kuukauden voimaharjoittelun aikana (* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$)



KUVIO 5. Keski-ikäisten ja ikääntyneiden naisten ja miesten aktiiviajan energiankulutus kuuden kuukauden voimaharjoittelun aikana (* p < 0.05)

