

1697

**KAULARANGAN KOUKISTAJA- JA
OJENTAJALIHASTEN ISOMETRINEN VOIMA,
VOIMA-AIKA -KÄYRÄ JA LIHASKESTÄVYYS
TERVEILLÄ 18 - 55 -VUOTIAILLA
MIEHILLÄ JA NAISILLA**

Heli Valkeinen
Fysioterapian pro gradu -
tutkielma
Terveystieteiden laitos
Jyväskylän yliopisto
Kevät 1999

TIIVISTELMÄ

Heli Valkeinen: *Kaularangan koukistaja- ja ojentajalihasten isometrinen voima, voima-aika -käyrä ja lihaskestävyys terveillä 18 - 55 -vuotiailla miehillä ja naisilla*
Jyväskylän yliopisto, Liikunta- ja terveystieteiden tiedekunta, Terveystieteiden laitos.
Fysioterapian pro gradu -tutkielma, 58 s., 5 liitettä

Tutkimuksen tarkoituksena oli tarkastella 18 - 55 -vuotiaiden terveiden miesten ja naisten kaularangan koukistaja- ja ojentajalihasten isometristä voimaa, voimantuottonopeuksia ja lihaskestävyyttä. Koehenkilöt valittiin kolmeen ikäryhmään: ryhmä 1 (R1, n = 19) 18 - 26-, ryhmä 2 (R2, n = 20) 30-37- ja ryhmä 3 (R3, n = 20) 45-55 -vuotta. Isometrinen maksimaalinen voima mitattiin kaksi kertaa (-1- ja PRE -mittaus) kaularangan lihasten tutkimiseen suunnitellulla dynamometrillä. Lihaskestävyys mitattiin omasta maksimivoimasta lasketun isometrisen 60 %:n voimatason ylläpitämisenä uupumukseen asti, jonka jälkeen maksimivoimat mitattiin vielä kerran (POST-mittaus). Kaikki mittaukset tehtiin saman päivän aikana.

Mittaukset osoittautuivat luotettaviksi -1- ja PRE-mittausten perusteella. Naisten kaularangan koukistajalihasten maksimivoima (72-77 N) oli 50 % miesten koukistajien voimasta (146-154 N) ja naisten ojentajien voima (159-175 N) oli 61 % miesten ojentajien voimasta (267-291 N) ($p < 0.05$). Miesten voimantuottonopeus oli merkitsevästi suurempi kuin naisten. Naisten lihaskestävyys oli molemmissa lihasryhmissä parempi kuin miehillä, mutta vain ojennuksessa ero oli tilastollisesti merkitsevä ($p < 0.05$). Antropometrisista muuttujista niskan ympärysmitta korreloi parhaiten maksimivoiman kanssa. Iän ei todettu vaikuttavan merkitsevästi tutkittujen lihasryhmien maksimivoimaan. Ojentajalihasten nopeaa voimantuottoa kuvaavan voima-aika -käyrän alkuosassa R1 erosi merkitsevästi muista ikäryhmistä molemmilla sukupuolilla, mutta koukistuksessa ikäryhmien välillä ei ollut merkitseviä eroja.

Väsytyksen seurauksena kaularangan ojentajalihasten maksimivoima pieneni molemmilla sukupuolilla 11 % (naiset PRE 170 N, POST 152 N; miehet 2881 N, 250 N) ja koukistuksen naisilla 16 % (75 N, 63 N) ja miehillä 21 % (151 N, 117 N). Ko. lihasten voimantuottonopeus heikkeni sekä naisilla että miehillä enemmän kuin maksimivoima. Tutkittujen lihasryhmien voima-aika -käyrä osoitti nopean voimantuoton heikkenemistä vaihtelevasti väsytyksen jälkeen sekä miehillä että naisilla kaikissa ikäryhmissä.

Tämän tutkimuksen johtopäätöksenä voidaan todeta, että 18 - 55 -vuotiaiden miesten kaularangan koukistaja- ja ojentajalihasten isometrinen lihasvoima ja voimantuottonopeus ovat suuremmat kuin naisten. Naisilla on ko. lihasten isometrinen kestävyys parempi kuin miehillä. Väsytyks aiheuttaa molemmilla sukupuolilla maksimivoiman ja voimantuottonopeuden suuremman heikkenemisen kaularangan koukistajissa kuin ojentajissa. Tutkimuksen tulokset tukevat tietoa, että ikä ei välttämättä vaikuta merkitsevästi tutkittujen lihasten maksimivoiman eikä lihaskestävyyden heikkenemiseen ennen 50 - 60 -ikävuotta. Kaularangan ojentajalihasten nopean voimantuoton todettiin kuitenkin olevan herkin muuttuja ikääntymiselle.

Avainsanat: *kaularanka, lihakset, lihasvoima, voimantuotto, ikä, sukupuoli*

SISÄLLYS

1. JOHDANTO	1
2. KAULARANGAN RAKENNE, TOIMINTA JA LIHAKSET	3
3. LIHAKSISTON VOIMANTUOTTOON VAIKUTTAVIA TEKIJÖITÄ ...	6
4. SUKUPUOLEN YHTEYS LIHASTEN VOIMANTUOTTO-OMINAI- SUUKSIIN	11
4.1. Sukupuolen yhteys isometriseen maksimivoimaan.....	11
4.2. Sukupuolen yhteys voimantuottonopeuteen.....	13
4.3. Sukupuolen yhteys kestovoimaan.....	14
5. IÄN YHTEYS LIHASTEN VOIMANTUOTTO-OMINAISUUKSIIN	16
5.1. Iän yhteys isometriseen maksimivoimaan.....	16
5.2. Iän yhteys voimantuottonopeuteen.....	17
5.3. Iän yhteys kestovoimaan.....	18
6. SUKUPUOLEN JA IÄN YHTEYS KAULARANGAN KOUKISTAJA- JA OJENTAJA-LIHASTEN VOIMANTUOTTO-OMINAISUUKSIIN	19
6.1. Kaularangan koukistaja- ja ojentajalihasten voimantuotto- ominaisuuksien mittaaminen.....	19
6.2. Kaularangan koukistaja- ja ojentajalihasten isometrinen maksimivoima.....	21
6.3. Kaularangan koukistaja- ja ojentajalihasten kestovoima.....	23
7. TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA TUTKIMUSONGELMAT	26
8. TUTKIMUSASETELMA	27
8.1. Koehenkilöt.....	27
8.2. Mittausmenetelmät ja -laitteet.....	28
8.3. Mittausten eteneminen.....	31
8.4. Voimasuoritusten analysointi.....	33
8.5. Tilastolliset analyysit.....	34
9. TULOKSET	35
9.1. Mittausten reliabiliteetti.....	35
9.2. Antropometria.....	35
9.3. Sp:n ja iän yhteys kaularangan lihasten voimantuotto-ominai- suuksiin	36
9.3.1. Isometrinen maksimivoima.....	36
9.3.2. Isometrinen voima-aika -käyrä.....	36

9.4. Lihasväsymyksen vaikutus voimantuotto-ominaisuuksiin.....	39
9.4.1. Lihaskestävyys sukupuolen ja iän suhteen.....	39
9.4.2. Isometrisen maksimivoiman muutokset.....	39
9.4.3. Isometristen voima-aika -käyrien muutokset.....	41
9.5. Voimantuotto-ominaisuuksien yhteys antropometriaan.....	42
10. POHDINTA.....	44
LÄHTEET.....	52
LIITTEET	

1. JOHDANTO

Teollistuneissa maissa koettuja niskahartiaseudun (NHS) kipuja on todettu olevan 14 - 65 %:lla naisista ja 10 - 40 %:lla miehistä (Mäkelä ym. 1991; Levoska 1993; Bovim ym. 1994; Niemi ym. 1996). Vaikka NHS:n ongelmia on paljon, tutkimuksia niiden ratkaisemiseksi on tehty yllättävän vähän (Rodriquez ym. 1992; Porterfield ja DeRosa 1995, 47). Itse asiassa vasta 1990-luvulla on kiinnostus lisääntynyt NHS:n ongelmien selvittelyyn.

NHS:n kipujen yhdeksi syyksi on esitetty kaularangan lihasvoimien heikkoutta (mm. Rodriquez ym. 1992). Tosin ristiriitaisiakin näkemyksiä on olemassa, sillä on myös havaittu, että kevyttä työtä tekevien NHS:n oireilla ja heikolla isometrisella lihasvoimalla ei olisi yhteyttä (Kilbom 1988; Levoska 1993). Tutkimuksia ei ole olemassa lihaskestävyyden yhteydestä NHS:n oireisiin (Levoska 1993) ja lisäksi tutkittua tietoa puuttuu eri ikäisten miesten ja naisten normaalista lihaskestävyydestä ja voimantuottonopeudesta kaularangan lihasten alueelta. Syynä tähän saattaa olla se, että kaularangan monimutkaista rakennetta, ja useiden pienten lihasten hyvin erilaisista toimintarooleista koostuvaa kokonaisuutta, on vaikea tutkia.

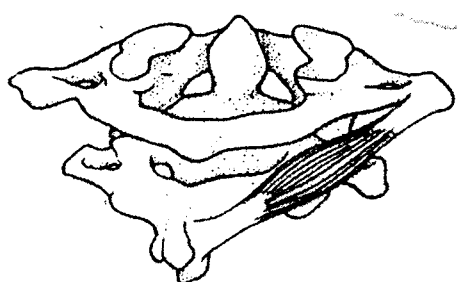
Fysioterapiassa on hoidettu ja hoidetaan jatkuvasti NHS:n oireista kärsiviä asiakkaita. Usein asiakkaita kehoitetaan aloittamaan voimaharjoittelu käsipainoilla ja/tai tekemään erilaisia liikkeitä voiman lisäämiseksi kaularangan lihaksiin. Millä perusteella fysioterapeutti voi sanoa, että asiakkaan kaularangan lihakset ovat heikot ja kaipaavat vahvistusta, jos ei tiedetä millaisia voimatasoja kaularangan lihaksilla voidaan tuottaa ja mikä on ns. normaali voimataso? Miten fysioterapeutti voi kertoa asiakkaalle ko. lihasten voimatasoista luotettavasti, jos voimatasojen mittaamiseen ja tutkimiseen ei ole olemassa luotettavia mittareita? Millä perusteella fysioterapeutti olettaa NHS:n kivuista kärsivällä asiakkaalla olevan heikot kaularanganlihakset ja ohjaa hänet vahvistamaan niitä, jos ei ole olemassa ns. viitearvoja eikä mittareita, joilla mitata kuntoutuksen vaikuttavuutta?

Kaularangan lihasten hoitomenetelmät tarvitsevat pohjakseen luotettavaa ja tutkittua tietoa. Sen vuoksi ko. lihasten erilaisia voimantuotto-ominaisuuksia on ensin tutkittava terveillä eri ikäisillä ja eri sukupuolta olevilla ihmisillä. Näin selvitetään ns. normaaleja voimatasoja ja -ominaisuuksia. Näitä tietoja voidaan hyödyntää myöhemmin niskakipuisten hoidon ja kuntoutuksen suunnittelussa, hoitomenetelmien tutkimuksessa ja vaikuttavuuden testaamisessa. Siten tämän tutkimuksen tarkoituksena on tutkia terveiden 18 - 55 - vuotiaiden miesten ja naisten maksimaalista isometristä lihasvoimaa, voimantuottonopeutta ja lihaskestävyyttä kaularangan koukistaja- ja ojentajalihaksista.

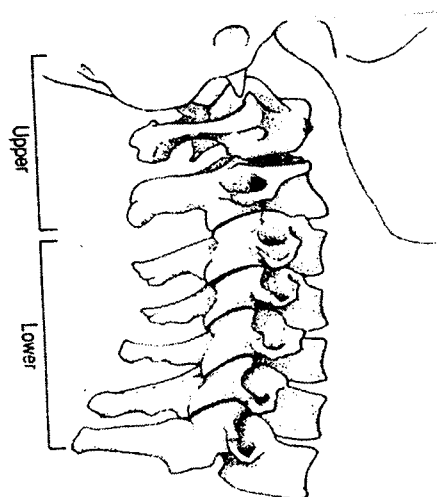
2. KAULARANGAN RAKENNE, TOIMINTA JA LIHAKSET

Kaularanka muodostuu seitsemästä nikamasta: C1 (atlas), C2 (axis) sekä C3-C7. Kaikissa nikamissa paitsi atlaksessa, on erotettavissa okahaarakkeet (processus spinosus), jotka osoittavat suoraan taaksepäin. Poikkihaarakkeet (processus transversus), joita on kaksi kussakin nikamassa, osoittavat suorassa kulmassa molemmille sivuille okahaarakkeista nähden. Haarakkeet toimivat lihasten kiinnityskohtina (Kuva 1). (Kahle ym. 1986, 36)

Anatomisesti ja fysiologisesti kaularanka voidaan jakaa kahteen osaan: yläkaularankaan, johon kuuluvat kallo sekä kaksi ensimmäistä nikamaa (atlas ja axis), ja alakaularankaan, johon kuuluvat nikamat C3-C7 (Kuva 2). Yläkaularangassa kallonpohja niveltyy atlaksen ylänivelpintoihin muodostaen atlanto-occipitaalinivelen. Toinen tärkeä yläkaularangan nivel on atlanto-axiaalinivel, joka on atlaksen ja axiksen välillä. Siinä niveltyvät axiksen uloke - dens - atlaksen kanssa sekä atlaksen alanivelpinnat axiksen ylänivelpintojen kanssa (Kuva 1). Alakaularangassa nikamat liittyvät toisiinsa useiden pikkunivelten ja välilevyjen välityksellä. Lisäksi niitä yhdistää, kuten yläkaularangankin nikamia, useat vahvat ligamentit ja lihakset. (Kapandji 1988)



Kuva 1. Kahden ylimmän nikaman niveltyminen toisiinsa sekä yhden suboccipitaalilihaksen kiinnityminen nikamien haarakkeisiin. (Porterfield ja DeRosa 1995, 95)



Kuva 2. Kaularanka kuvattuna sivulta. Kuvaan on merkitty ylä- ja alakaularanka. (Porterfield ja DeRosa 1995, 84)

Pään alueella sijaitsevat tärkeät aistit, näkö ja kuulo, on pystyttävä suuntaamaan nopeasti ja tarkasti ärsykettä kohti. Sen vuoksi kaularanka on erittäin liikkuva osa selkärankaa. Koska kaularangan alueen lihakset liikuttavat päätä kaikkiin liikesuuntiin ja samalla pitävät yllä pään pystyasentoa vastustaen painovoimaa, on kaularangan lihaksilla sekä staattinen että dynaaminen rooli (Mayoux-Benhamou ym. 1989; Jacobs ym. 1995).

Kaularangan alueella on yhteensä noin 25 eri lihasta (Taulukko 1), joista suurimmalla osalla on lisäksi ”peilikuvalihas” kaularangan toisella puolella. Siten eri lihaksia on yhteensä lähes 50 koko kaularangan alueella. Yksipuolisesti toimiessaan lihakset saavat aikaan liikkeen supistuksen puolelle, mutta kaularangan molempien puolien lihasten toimiessa yhtäaikaan liikkeet suuntautuvat joko koukistus- tai ojennussuuntiin. Lisäksi lihakset voivat supistua useilla eri tavoilla ja yhdistelmillä tältä väliltä. Useiden eri lihasten, niiden erilaisten toimintaroolien ja lukuisten pienten nivelten vuoksi kaularangan liikkuvuus on kaikkiin liikesuuntiin (koukistus, ojennus, sivutaivutukset, kierrot) erittäin suuri verrattuna muun selkärangan liikkuvuuteen.

Tässä työssä tutkitaan ainoastaan kaularangan koukistaja- ja ojentajalihaksien voimantuotto-ominaisuuksia. Koukistuksen pääsuorittajalihas on sternocleidomastoideus (SCM) (Kahle ym. 1986, 322) ja ojennuksen pääsuorittajia ovat splenius capitis sekä semispinalis capitis ja cervicis -lihakset (Porterfield ja DeRosa 1995, 63; Conley ym. 1997).

Taulukko 1. Kaularangan alueen lihakset ja niiden tehtävät. (Kahle ym. 1986; Porterfield ja DeRosa 1995)

Lihäs	Tehtävät
Sternocleidomastoideus	Kaularangan koukistus, kierto vastakkaiselle puolelle, yläniskan ojennus, hengityksen apulihäs
Longus colli ja capitis	Kaularangan koukistus
Rectus capitis anterior ja lateralis	Pään nyökkäysliike, pään ja niskan asennon ja liikkeiden säätely
Hyoidaalilihakset	Ks. ed.
Scalenuslihakset	Kaularangan sivutaivutus ja koukistus
Trapezius	Liittää hartiarenkaan selkärankaan olkapään, lapaluun ja solisluun avulla, tukee lapaluun ja olkapään aluetta
Splenius capitis ja cervicis	Kaularangan ojennus ja kierto lihassupistuksen puolelle
Semispinalis capitis ja cervicis	Kaularangan ojennus
Suboccipitaalilihakset (= niskarusetti)	Pään asennon säätely ja yläniskan liikuttaminen
Longissimus capitis ja cervicis	Kaularangan sivutaivutus ja stabilointi
Levator scapulae	Kaularangan sivutaivutus ja lapaluun nosto

3. LIHAKSISTON VOIMANTUOTTOON VAIKUTTAVIA TEKIJÖITÄ

Lihaksen voimantuotto-ominaisuuksiin vaikuttavat useat tekijät. Näitä tekijöitä ovat mm. lihassupistustapa, solusuhde, lihaspituus, nivelkulma ja tutkittavan ikä ja sukupuoli. (Viitasalo ym. 1985, 46; Levoska 1993) Lisäksi tutkittavan motivaatio ja kiputunteukset vaikuttavat voimantuottoon (Levoska 1993).

Lihassupistustapa

Lihaksistomme on rakentunut siten, että toiset lihakset saavat aikaan liikettä (faasiset lihakset) ja toiset lihakset pitävät yllä pystyasentoa (tooniset lihakset). Liikkeestä ja/tai asennosta riippuen eri lihakset supistuvat joko dynaamisesti, jolloin lihassupistuksen voima saa aikaan liikkeen tai isometrisesti, jolloin lihassupistuksen voima ei riitä voittamaan ulkoisen vastuksen painoa ja näkyvää liikettä ei tapahdu (McArdle ym. 1991, 460) Myös kaularangan lihasten supistustapa vaihtelee tilanteen mukaan joko stabiloiden pään ja kaularangan tiettyihin asentoihin tai liikuttaen päätä laajojen liikeratojen haluttuihin kohtiin aistien suuntaamiseksi ärsykyksiä kohti. (Mayoux-Benhamou ym. 1989; Jacobs ym. 1995; Porterfield ja DeRosa 1995, 50) Dynaaminen toiminta tarvitsee palautetta lihasten, ligamenttien, jänteiden ym. järjestelmien kinesteettisestä tunnosta toimiakseen mahdollisimman hyvin. Staattinen toiminta taas riippuu lähinnä lihasten voimasta ja kestävyyydestä. (Mayoux-Benhamou ym. 1989) Nykyään useissa työtehtävissä (esim. tietokonetta vaativat toimisto-, ohjelmointi- ja valvomotyöt) vaaditaan pitkäkestoista kaularangan stabilointia pieneen koukistusasentoon. (Mayoux - Benhamou ja Revel 1993; Hamilton 1996) Tämä asettaa kaularangan lihaksiston voima- ja kestävyysominaisuuksille suuria vaatimuksia ja samalla yksipuolinen rasitus johtaa helposti niska-hartiaseudun ongelmiin ja kipuihin.

Solusuhde

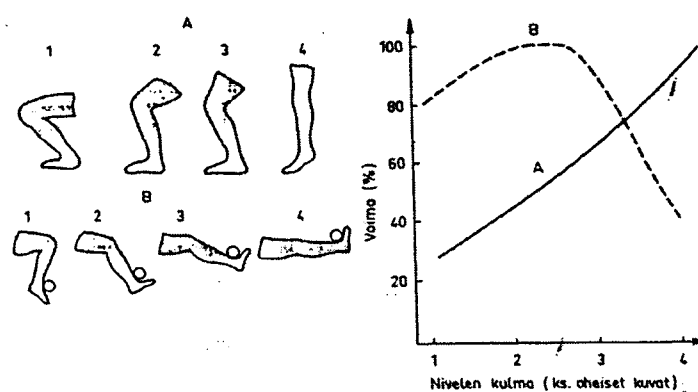
Ihmisen lihaksissa on vaihtelevia määriä hitaita (I-tyypin solut) ja nopeita (IIA/IIB-tyypin solut) motorisia yksiköitä. Asentoa ylläpitävissä lihaksissa on todettu olevan enemmän hitaita motorisia yksiköitä, kun taas liikettä aikaan saavissa lihaksissa on hieman enemmän nopeita motorisia yksiköitä. Suhteet vaihtelevat eri yksilöiden välillä

huomattavasti. (Stamford 1987; Häkkinen 1990, 13; McArdle ym. 1991, 375) Nopeat motoriset yksiköt tuottavat enemmän ja lyhyemmässä ajassa voimaa kuin hitaat, jotka sietävät kuitenkin väsymystä paremmin kuin nopeat. (Viitasalo ym. 1981; Guyton 1991, 945; McArdle ym. 1991, 375; MacIntosh ym. 1993)

Kaularangan alueen lihasten solujakaumista on saatavissa vain vähän tutkimuksia. Trapezius-lihaksen solusuhteeksi on todettu 54% hitaita soluja ja 46% nopeita soluja (Gogia ja Sabbahi 1991). Tämä tieto solusuhteesta vastaa Kahlea ym. (1986, 322), jotka määrittelevät trapezius-lihaksen päätehtävän staattiseksi, koska se tukee lapaluuta ja siten stabiloi koko hartian aluetta. Viitasalon ym. (1985, 38) esittämässä taulukossa todetaan SCM:n solusuhteeksi 35% hitaita soluja ja 65% nopeita soluja.

Lihaspituus ja nivelkulma

Lihaskuitu tuottaa eniten voimaa ns. lihaksen anatomisessa lepopituudessa, joka on yleensä sama kuin lihaksen keskikuitu. (Viitasalo ym. 1985, 50; Häkkinen 1990, 23; Guyton 1991, 73) Myös nivelen keskikulmat mahdollistavat parhaan voimantuoton, jos tarkastellaan vain yhtä niveltä (Viitasalo ym. 1985, 51; Häkkinen 1990, 24; Tsunoda ym. 1993). Usean nivelen kautta tapahtuvassa voimantuotossa suurimmat voimat voidaan saavuttaa myös muilla nivelkulmilla (Viitasalo ym. 1985, 52). (Kuva 3)



Kuva 3. Tuotetun lihasvoiman ja raajan asennon välinen riippuvuus jalkakäykyssä (A) ja polven ojennuksessa (B). (Viitasalo ym. 1985, 52)

Kaularangan alueella on useita pieniä niveliä ja lihaksia, jotka voivat liikuttaa yläkaularankaa (kallon pohja ja kaksi ylintä nikamaa) ja alakaularankaa (nikamat C3 - C7) toisistaan riippumatta (Porterfield ja DeRosa 1995, 83-115). Siten kaularangassa voidaan erottaa esim. koukistussuuntaan kaksi erilaista liikettä: pään pieni nyökkäysliike (nodding) kallonpohjan ja ylimmän nikaman välillä sekä koko kaularangan koukistus. Kun leukaa vedetään kohti rintalastaa ja samalla koukistetaan koko kaularankaa, kaikki koukistajalihakset toimivat maksimaalisesti (Nitz ym. 1995).

Harms - Ringdahl ja Schüldt (1989) tutkivat kaularangan ojentajalihasten isometrista lihasvoimaa istuma-asennossa ylä- ja alakaularangan ollessa eri asennoissa. He totesivat tutkimuksessaan, että eniten ojennusvoimaan vaikuttaa alakaularangan asento ja yläkaularangalla on vain vähäinen vaikutus ja sen vuoksi he ehdottavat, että kaularangan voimaa mitattaessa on erittäin tärkeää huomioida juuri alakaularangan asento. Erilaisissa työasennoissa olisi heidän mukaan suosittava kaularangan keskiasentoja kipujen välttämiseksi. Samaan tulokseen tulivat Mayoux - Benhamou ja Revel (1993) omassa tutkimuksessaan, jossa he tarkastelivat istuma-asennossa pään ja kaularangan kolmen eri asennon (kaularanka koukistuneena, keskiasennossa ja ojentuneena) vaikutusta ojentajalihasten voimaan. Tulokset osoittivat, että paras voimantuotto oli neutraaliasennossa, jolloin lihakset olivat keskipituuksilla.

Edellisiin tuloksiin verrattuna Leggett ym. (1991) ja Pollock ym. (1993) saivat täysin erilaiset tulokset. He mittasivat istuma-asennossa kaularangan ojennusvoimaa eri nivelkulmilla (0° = täysi ojennus, 18° , 36° , 54° , 72° , 90° , 108° ja 126° = täysi koukistus). Tulokset osoittivat, että ojennusvoima lisääntyi tasaisesti nivelkulman suurentuessa ja oli suurin tuotettuna 126° :een koukistusasennosta. Tämä tulos tukee edellä mainittua väitettä, että usean nivelen kautta tapahtuvassa voimantuotossa suurin voima voidaan saavuttaa myös muilla nivelkulmilla kuin vain keskikulmilla. Tutkijat eivät kuitenkaan yritä selittää, miksi suurin ojennusvoima tuotettiin täydessä kaularangan koukistusasennossa, jolloin taas ojentajalihakset ovat venyneimmillään.

Mittausasento

Kaularangan lihasten voimantuottoon on todettu vaikuttavan myös mittausasennon. Verrattaessa ojentajalihasten isometristä voimaa istuma- ja päinmakuuasennoissa, todettiin päinmakuulla voitavan tuottaa 82 % enemmän voimaa kuin istuma-asennossa. Selitykseksi tähän tutkijat antavat mm. sen, että eri asennoissa motoristen yksiköiden rekrytoiminen voi olla erilaista ja sen, että eri asennoissa lihasten pituudet voivat muuttua ja vaikuttaa siten voimantuottoon. (Gogia ja Sabbahi 1991) Parhaiten kaularangan ojentajalihasten toimintaa voidaan tutkia päinmakuulla, mutta istuma-asennon valintaa mittausasennoksi puoltaa se, että asento on yleisempi päivittäisissä toiminnoissa (Mayoux-Benhamou ja Revel 1993).

Lihaksen energiavarastot ja aktivaatiotaso

Maksimaalisen isometrisen voiman tuottamiseen nopeasti käytetään välittömiä energiavarastoja, joita ovat adenosiniinifosfaatti (ATP) ja kreatiinifosfaatti (CP). Niiden energia riittää n. 6 sekuntia. (McArdle ym. 1991, 123) Koska maksimaalisessa isometrisessä lihaskestävyysuorituksessa pyritään ylläpitämään tiettyä voimatasoa mahdollisimman kauan, suorituksessa käytetään sekä välittömiä että lyhytaikaisia energiavarastoja (Viitasalo ym. 1985, 122). Lyhytaikaisia energiavarastoja ovat glukoosi ja lihaksiin varastoitunut glykogeeni, joiden energia riittää n. 1 - 3 minuuttia, koska happea ei ole käytettävissä. Ilman happea tapahtuvassa energiantuotossa elimistöön muodostuu maitohappoa. (McArdle ym. 1991, 123)

“Isometrisissa suorituksissa tai isometrisia suoritusvaiheita sisältävissä suorituksissa vaikeuttaa lihaksen hidastunut tai kokonaan pysähtynyt verenkierto maitohapon poistumista lihaksesta” (Viitasalo ym. 1985,123). Jos esimerkiksi reisilihasta supistetaan 25 %:n voimatasolla tai yli sen maksimaalisesta voimasta, supistus tukkeuttaa lihaksen verenkierron, mutta 10 - 15 %:n supistus maksimaalisesta voimasta riittää vielä tyydyttämään hapen saannin (Völlestad ja Sejersted 1988). Sjögaard ym. (1988) ja Jörgensen ym. (1988) tulivat samansuuntaisiin tuloksiin eli alle 10 %:n voimatasolla maksimivoimasta verenkierto on riittävä ehkäisemään väsymystä, vaikka Sjögaardin ym. (1986) tutkimuksessa todetaan, että 5 %:n voimatasolla yhden tunnin

suorituksen jälkeen maksimivoima putosi 12 %. Sjögaard ym. (1988) ehdottavat, että matalilla isometrisillä voimatasoilla väsymyksen syynä voivat olla kalium-ionien puute lihassoluissa ja lihaksen turpoaminen.

Hermo-lihasjärjestelmässä tapahtuu pitkäaikaisen isometrisen lihasjännityksen aikana muutoksia sekä hermoston että lihasten toiminnassa (Jørgensen ym. 1988; Völlestad ja Sejersted 1988). Kuormituksen aikana EMG:ssa on huomattavissa hermojen johtumisnopeuden hidastumista sekä aktiivisten motoristen yksiköiden määrän laskua, mitkä johtuvat hermoston väsymismuutoksista. (Jørgensen ym. 1988; Häkkinen 1993)

Isometrinen lihassupistus aiheuttaa verenkierron heikkenemistä lihaksissa ja hapen saanti estyy. Tästä johtuu mm. maitohapon kerääntyminen lihaksiin. Verenkierron heikentymisen seurauksena myös lihastyön aiheuttama ylimääräinen lämpö on vaikea kuljettaa pois (Sjögaard ym. 1988). Muita biokemiallisia muutoksia ovat pH:n lasku ja kreatiini-, ATP- ja glykogeenivarastojen pieneneminen. Myös kalsium-, natrium- ja kalium-pitoisuuksissa tapahtuu muutoksia sekä solun sisä- että ulkopuolella ja lisäksi lihassoluihin kerääntyy nestettä. Näiden muutosten seurauksena lihaksen mekaaniset supistusominaisuudet heikkenevät ja voimantuotto vähenee ja lihas väsyä. (Völlestad ja Sejersted 1988)

4.SUKUPUOLEN YHTEYS LIHASTEN VOIMANTUOTTO-OMINAISUUKSIIN

4.1. Sukupuolen yhteys isometriseen maksimivoimaan

Absoluuttinen lihasvoima on miehillä suurempi kaikissa lihasryhmissä kuin naisilla (Laubach 1976; Ryushi ym. 1988; Kroll ym. 1990; McArdle ym. 1991, 457; Mälkiä 1993; Kumar ym. 1995). Naisten absoluuttisen lihasvoiman on todettu olevan yläraajoissa keskimäärin 56 % ja alaraajoissa keskimäärin 72 % (Laubach 1976; McArdle ym. 1991, 457) sekä vartalossa keskimäärin 64 % miesten vastaavista voimista (Laubach 1976). Vartalon lihasvoiman mittaustulokset ovat lähinnä vertailukelpoisia kaularangan lihasvoimien kanssa, sillä molemmissa voimantuotto tapahtuu useiden nivelten ja lihasten avulla. Taulukossa 2 mainittujen tutkimusten perusteella voidaan todeta, että naisten absoluuttinen lihasvoima on pienempi ylävartalossa kuin alavartalossa miesten vastaaviin voimiin nähden. Naisten tuottama voima suhteessa miehiin vaihtelee kuitenkin hyvin paljon lihasryhmästä, mittausmenetelmistä ja -laitteista sekä koehenkilöistä johtuen.

Taulukossa 2 on tarkasteltu tutkimusten antamaa kuvaa naisten isometrisen lihasvoiman suhteesta miesten lihasvoimaan. Mielenkiintoista on myös verrata raajoissa ja vartalossa koukistajien ja ojentajien voimasuhdetta. Krollin ym. (1990) tutkimuksen mukaan kyynärnivelen koukistajien isometrinen maksimivoima oli ojentajien vastaavasta voimasta naisilla 113 % ja miehillä 120 %. Olkavarren alueella koukistajalihakset ovat siten selvästi voimakkaammat kuin ojentajalihakset molemmilla sukupuolilla. Alaraajoissa koukistajien ja ojentajien voimasuhde on päinvastoin eli naisilla koukistajien voima oli ojentajista (eri ikäryhmien yhteinen keskiarvo) 60 % ja miehillä 56 % (Bäckman ym. 1995). Myös vartalossa ojentajat ovat vahvemmat kuin koukistajat. Nicolaisen ja Jørgensenin (1985) tutkimuksessa naisten vartalon koukistajien isometrinen lihasvoima oli 78 % ojentajien voimasta ja miehillä 87 %.

Miesten suurempi absoluuttinen lihasvoima johtuu siitä, että miesten lihaksiston poikkipinta-ala on suurempi kuin naisilla (Ryushi ym. 1988; Miller ym. 1993). Suhteutettaessa voima lihaksen poikkipinta-alaan (Ryushi ym. 1988; Sunnegårdh ym. 1988; Miller ym. 1993; Häkkinen ym. 1996), kehon painoon (Bell ja Jacobs 1986) tai

rasvattomaan kehon painoon, pienenevät erot miesten ja naisten välillä (Ryushi ym. 1988; McArdle ym. 1991, 458). Vaikka voima suhteutetaan rasvattomaan kehon painoon ja erot tasoittuvat, miehet ovat kuitenkin selvästi naisia vahvempia. Tämä ero painottuu erityisesti ylävartalossa. Syyksi tähän on ehdotettu rasvattoman kudoksen erilaista jakautumista miehillä ja naisilla eli naisilla olisi ylävartalossa

Taulukko 2. Eri tutkimuksista koottuja/laskettuja naisten ja miesten voiman prosentuaalisia eroja eri lihasryhmissä.

Tutkimus	miehet n/ naiset n	ikä	Lihastyötap	Lihasyhmä	Naisten voima %:a miesten voimasta
YLÄRAAJA					
Bell ja Jacobs 1986	46 / 40	19 - 46	isometrinen	kyynärnivelen koukistus	~49 - 52 %
Bäckman ym. 1995	65 / 63	17 - 70	isometrinen	kyynärnivelen koukistus puristusvoima olkanivelen loitontajat ranteen dorsiflexorit	58 % 65 % 63 % 74 %
Kroll ym. 1990	20 / 20	17 - 28	isometrinen	kyynärnivelen koukistus kyynärnivelen ojennus	54 % 58 %
Laubach 1976	review	~20 - 40	isometrinen	yläraaja	56 %
Miller ym. 1993	8 / 8	~ 25	isometrinen	kyynärnivelen koukistus	52 %
Mälkiä 1983	527 / 573	30 - 65	isometrinen	puristusvoima	50 - 60 %
West ym. 1995	7 / 7	~ 22	isometrinen	puristusvoima	67 %
ALARAAJA					
Bäckman ym. 1995	65 / 63	17 - 70	isometrinen	polven ojentajat polven koukistajat nilkan dorsiflexorit lonkan koukistajat lonkan loitontajat	70 % 74 % 78 % 69 % 78 %
Häkkinen ym. 1996	24 / 24	50 - 70	isometrinen	polven ojentajat	69 % (50-v.) 64 % (70-v.)
Laubach 1976	review	~20 - 40	isometrinen	alaraaja	72 %
Miller ym. 1993	8 / 8	~ 25	isometrinen	polven ojentajat	69 %
VARTALO					
Kumar ym. 1995	41 / 32	30 - 34	isometrinen	vartalon ojentajat vartalon koukistajat	76 % 68 %
Laubach 1976	review	~20 - 40	isometrinen	vartalo	64 %
Nicolaisen ja Jørgensen 1985	24 / 8	~40	isometrinen	vartalon ojentajat vartalon koukistajat	76 % 68 %

vähemmän lihaskudosta kuin miehillä. (Miller ym. 1993; Castro ym. 1995) Koska naiset ja miehet eivät eroa merkittävästi lihassolujen lukumäärän, motoristen yksiköiden määrän tai lihaksen poikkipinta-alaan suhteutetun voiman suhteen toisistaan, miesten suuremman lihasvoiman voidaan olettaa olevan seurausta pääosin suuremmista lihassoluista (Miller ym. 1993). Lisäksi miehillä on hieman parempi kyky aktivoida enemmän motorisia yksiköitä toimimaan ja/tai syttymään tiheämmin kuin naisilla ja siten voimaeroa selittää myös neuraaliset tekijät (Häkkinen 1990, 171). Voimaeroja selittävät osittain myös hormonaaliset tekijät (Häkkinen 1990, 171; Häkkinen ja Pakarinen 1993) ja miesten suurempi fyysinen aktiivisuus, minkä vaikutus korostuu etenkin ikääntyessä (Lexell ym. 1983; Bemben ym. 1991; Booth ym. 1994).

4.2. Sukupuolen yhteys voimantuottonopeuteen

Voimantuottonopeutta kuvataan tavallisesti voima-aika -käyrällä, joka kuvaa hermo-lihasjärjestelmän kykyä rekrytoida niin monta (nopeaa) motorista yksikköä kuin mahdollista toimimaan suurimmalla mahdollisella syttymistaajuudella kertasuorituksessa (Viitasalo ym. 1985, 61) Solusuhde vaikuttaa käyrän muotoon siten, että enemmän nopeita soluja omaavalla henkilöllä on jyrkempi käyrän muoto. Myös miesten voima-aika -käyrän muoto on jyrkempi eli miehet pystyvät tuottamaan voiman lyhyemmässä ajassa kuin naiset. (Ryushi ym. 1988; Häkkinen 1990, 171; Häkkinen ja Pakarinen 1993; Häkkinen ym. 1996) Miesten polven ojentajalihasten absoluuttisen isometrisen voimantuottonopeuden on todettu olevan lähes kaksi kertaa suurempi kuin naisten (Häkkinen ja Pakarinen 1993; Häkkinen ym. 1996). Kyynärnivelen koukistajien osalta on löydettävissä sama tulos, kun kehon painokiloa kohti tuotettu isometrinen voima on suhteutettu aikaan. Jos kuitenkin verrataan tietyn prosentuaalisen voimatason (25, 50, 75, 100 % MVC = maximum voluntary contraction) saavuttamista omasta maksimivoimasta, sukupuolten erot pienenevät. (Bell ja Jacobs 1986)

Naisten heikompaan kykyä tuottaa voima nopeasti voidaan selittää mm. sukupuolten välisellä lihasentsyymien aktiivisuudella, elastisen kudoksen rakenne-eroilla, neuraalisen aktivaation tuottonopeudella, naisten alhaisemmalla testosteronitasolla

(vaikuttaa "aggressiivisuuteen"), lihasten hitaiden ja nopeiden solujen prosenttijakaumalla tai/ja solutyypin pinta-alasuhteilla. (Ryushi ym. 1988; Häkkinen 1990, 171)

4.3. Sukupuolen yhteys kestovoimaan

Maksimivoiman suhteen miehet ovat selvästi naisia voimakkaampia, mutta kestovoiman osalta ero ei ole lainkaan yhtä selvä. Itse asiassa mittausmenetelmistä riippuen tulokset vaihtelevat huomattavasti. Kun mittausmenetelmänä on käytetty oman kehon tai kehon osan kannattelua tietyssä asennossa, miesten on todettu olevan naisia kestävämpiä (Nakao ym. 1989; Bäckman ym. 1995). Esimerkiksi Nakaon ym. (1989) tutkimuksessa koehenkilöiltä (n = 7412) mitattiin yhden jalan varpaillaseisonta - aika (nilkan plantaariflexoreiden kestovoima) ja selkä seinää vasten istuma-asennossa polven ojentajien kestovoima (ei tuolia, polvet ja lonkat 90°:een kulmassa). Tässä tutkimuksessa miehet olivat 10 - 40 % kestävämpiä kuin naiset eri ikäryhmissä ja eri mittauksissa. Bäckmanin ym. (1995) tutkimuksessa mittausmenetelminä olivat selinmakuulla dominoivan jalan kannattelu 30°:een kulmassa sekä istuma-asennossa yläraajojen kannattelu 90°:een kulmassa vartalon sivulla. Tässä tutkimuksessa miehet olivat eri ikäryhmissä noin 20 - 120 % kestävämpiä kuin naiset.

Kun mittaukset on toteutettu omaan maksimivoimaan suhteutettuna, miehet eivät olekaan naisia kestävämpiä vaan jopa päinvastoin. Esimerkiksi Maughanin ym. (1986) tutkimuksessa koehenkilöt (n = 50) suorittivat isometrisen polven ojentajien lihassupistuksen väsymykseen asti 20 %, 50 % ja 80 %:n voimatasoilla omasta maksimivoimasta. Tuloksista ilmenee, että naiset olivat 20 %:n voimatasolla merkitsevästi (40 %) miehiä kestävämpiä ja 50 %:n voimatasolla vielä 11 % kestävämpiä, vaikkakaan ei tilastollisesti merkitsevästi. Suurinta mitattua voimatasoa miehet kuitenkin jaksivat ylläpitää 17 % pidempään kuin naiset.

Myös puristusvoiman suhteen naisten on todettu olevan 10 %, 47 % ja 35 % kestävämpiä kuin miesten 30 %:n, 50 %:n ja 75 %:n tasoilla omasta maksimivoimasta

mitattuna (West ym. 1995). Vartalon isometrinen ojennuskestävyyttä on mitattu 60 %:n voimatasolla ja jälleen naiset olivat 48 % kestävämpiä kuin miehet. Tosin tulosta voi hieman vääristää se, että miehiä oli otoksessa 24, mutta naisia vain 8. (Nicolaisen ja Jørgensen 1985)

Naisten suurempaa kestävyyttä on pyritty selittämään mm. oksitosiinin määrällä, joka vaikuttaa verenvirtauksen lisääntymiseen; lihassolusuhteella siten, että naisilla olisi enemmän tyyppi I -soluja eli hitaita; sukupuolihormoneilla; intramuskulaarisella paineella sekä lihaksen verenkierron eroilla eri sukupuolten välillä. Intramuskulaarinen paine on erilainen sukupuolten välillä, koska se on yhteydessä absoluuttiseen voimaan. Siten esimerkiksi 60 %:n submaksimaalinen lihassupistus aiheuttaa erilaisen paineen naisille kuin miehille ja siten estää lihaksen verenkiertoa eritavalla miehillä kuin naisilla. Sen vuoksi miehet voivat saavuttaa anaerobisen tason ennen naisia. (Nicolaisen ja Jørgensen 1985)

5. IÄN YHTEYS LIHASTEN VOIMANTUOTTO-OMINAISUUKSIIN

5.1. Iän yhteys isometriseen maksimivoimaan

Maksimaalinen isometrinen lihasvoima on suurimmillaan 20-30 -vuotiaana sekä naisilla että miehillä (Asmussen ja Heebøll-Nielsen 1962; Larsson ym. 1979; Stålberg ym. 1989; Bemben ym. 1991; Mälkiä 1993) kaikissa lihasryhmissä. Isometrinen maksimivoima pysyy suhteellisen muuttumattomana noin 50 - 60 -ikävuoteen asti, jonka jälkeen voiman heikkeneminen kiihtyy selvästi (Asmussen ja Heebøll-Nielsen 1962; Larsson ym. 1979; Booth ym. 1994; Bäckman ym. 1995). Voiman heikkeneminen on suurinta 60 ± 5 -ikävuoden vaiheilla ja sen jälkeen, sillä lihasten kokonaisuudessa, poikkipinta-ala, lihassolujen lukumäärä, motoristen yksiköiden hermotus ja lukumäärä pienenevät iän myötä ja vaikuttavat samalla lihasvoiman heikkenemiseen (Booth ym. 1994). Kaikissa lihasryhmissä voiman heikkeneminen ei ole kuitenkaan yhtä suurta (Bäckman ym. 1995).

Bemben ym. (1991) tutkimuksessa tutkittiin 20 - 74 -vuotiaiden miesten isometrinen voimantuottoa mm. sormien koukistajista, peukalon loitontajista sekä kyynärnivelen ojentajista. Kyseisessä tutkimuksessa kyynärnivelen ojentajalihasvoimantuotto heikkeni 49 %, sormien koukistajien ja peukalon loitontajien voimantuotto 23 % 20- ja 74 -ikävuoden välillä. Peukalon ja sormien lihasvoimat pysyivät lähes muuttumattomina noin 50 -vuotiaaksi asti ja vasta sen jälkeen oli havaittavissa selvempää voiman heikkenemistä. Kyynärnivelen ojentajien osalta voiman heikkeneminen oli tasaisempaa iän mukaan. Myös Eran ym. (1992) epidemiologisessa tutkimuksessa ($n = 750$) 31 - 35 -vuotiaat miehet olivat vahvempia kyynärnivelen koukistajia mitattaessa kuin 51 - 55 - ja 71 - 75 -vuotiaat miehet, vaikka voima oli suhteutettu body mass -indeksiin. Samanlainen voiman heikkeneminen iän myötä on havaittavissa myös puristusvoimassa (Mälkiä 1983; Era ym. 1992; Bäckman ym. 1995; Smolander ym. 1998).

Nilkan alueen lihasten voimien on todettu heikkenevän 40 - 69 -vuotiailla noin 19 % 20 - 29 -vuotiaisiin koehenkilöihin verrattuna (Bemben ym. 1991). Yhden polven isometrinen maksimivoima oli Smolanderin ym. (1998) tutkimuksessa 21 % heikompi 57 -vuotiailla miehillä kuin 26 -vuotiailla ja Häkkisen ym. (1996) tutkimuksessa

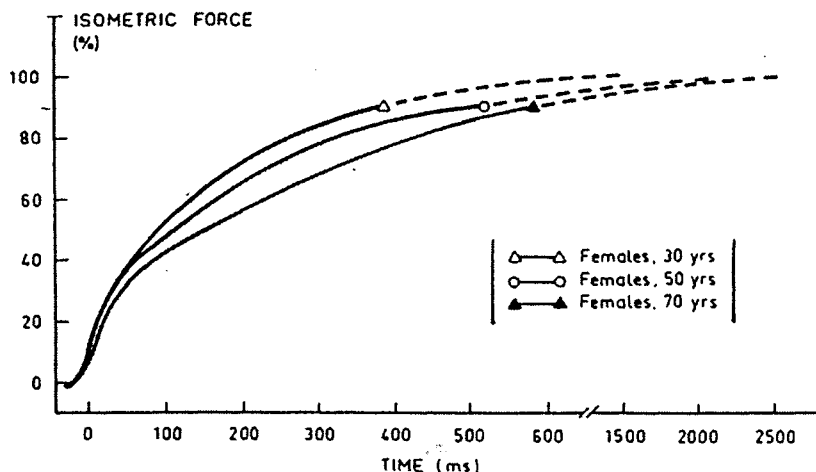
molempien polvien ojentajalihasen voima oli 19 % heikompi 70 -vuotiailla miehillä verrattuna 50 -vuotiaisiin miehiin ja 70 -vuotiailla naisilla 26 % heikompi kuin 50 -vuotiailla. Myös epidemiologisissa tutkimuksissa vartalon koukistajien ja ojentajien voimien on todettu heikkenevän iän myötä (Viljanen ym. 1991; Era ym. 1992). Lisäksi Viljasen ym. (1991) tutkimuksessa (n = 778) todetaan, että vartalon ojentajat olisivat herkempiä ikämuutoksille kuin koukistajat.

Voiman heikkenemiselle iän myötä on olemassa useita mahdollisia selityksiä. Iän lisääntyessä lihasten on todettu atrofioituvan. Lihasatrofian tärkeimpänä syynä pidetään lihassolujen määrän vähenemistä, erityisesti nopeiden lihassolujen (tyyppi II), iän myötä. Toinen tärkeä syy on lihassolujen koon pieneneminen iän lisääntyessä. Lihassolujen määrän ja koon pienenemiselle on esitetty mm. seuraavia selityksiä: 1) lihassolun ja hermon välinen yhteys katkeaa; 2) toimivien motoristen yksiköiden määrä vähenee; 3) motoristen neuronien määrä vähenee selkäydintasolla; 4) perifeerisissä hermoissa tapahtuu degeneratiivisia muutoksia sekä 5) lihassolujen mahdolliset vauriot. (Lexell ym. 1983; Lexell ym. 1988) Tutkijat esittävät myös, että iän lisääntyessä fyysinen aktiivisuus vähenee vaikuttaen lihassolujen toimintaan/atrofiaan (Lexell ym. 1983; Lexell ym. 1988; Laforest ym. 1990; Bemben ym. 1991; Era ym. 1992; Booth ym. 1994) Lisäksi ikääntymisen on todettu aiheuttavan muutoksia voimantuottoon vaikuttavien hormonien (mm. testosteroni, SHBG, kortisoli) tuotannossa ja siten johtavan anabolisten tekijöiden heikkenemiseen ja edelleen maksimaalisen tahdonalaisen neuromuskulaarisen voimantuoton heikkenemiseen iän myötä (Häkkinen ja Pakarinen 1993).

5.2. Iän yhteys voimantuottonopeuteen

Iän lisääntyessä voima-aika -käyrä loivenee (Häkkinen 1990, 35), koska iän lisääntyessä nopeiden lihassolujen on todettu vähenevän (Larsson ja Karlsson 1978). (Kuva 4) Reisilihasen voimantuottonopeuden on todettu olevan hitaamman vanhoilla (70 -vuotiaat) miehillä ja naisilla kuin keski-ikäisillä (50 -vuotiaat) miehillä ja naisilla (Häkkinen ja Pakarinen 1993). Voima-aika -käyrä loivenee myös väsymisen

seurauksena (Häkkinen 1990, 35; Häkkinen 1995), sillä nopeiden lihassolujen voimantuotto-ominaisuudet heikkenevät enemmän kuin hitaiden lihassolujen (Larsson ja Karlsson 1978; Viitasalo ja Komi 1981).



Kuva 4. Alaraajojen ojentajalihasten isometrinen voima-aika -käyrä eri ikäisillä naisilla. (Häkkinen ja Häkkinen 1991)

5.3. Iän yhteys kestovoimaan

Jos isometrinen kestovoima mitataan absoluuttisena, se heikkenee iän myötä. Suhteutettuna kestovoima iän mukaiseen maksimivoimaan kestävyys ei heikkene, vaan saattaa jopa hieman kasvaa (Larsson ja Karlsson 1978). Kun mitataan oman kehon kannattelun kestovoimaa, isometrinen kestovoimaominaisuuksien on todettu olevan parhaimmillaan 12-16 -vuotiaana sekä miehillä että naisilla ja noin 20- ikävuoden jälkeen kestovoima alkaa heiketä tasaisesti (Nakao ym. 1989). Bäckmanin ym. (1995) tutkimuksen tulos on täysin erilainen. He käyttivät myös mittausmenetelmänä oman kehon osan kannattelua ja saivat tulokseksi, että kestovoima ei heikkene iän suhteen.

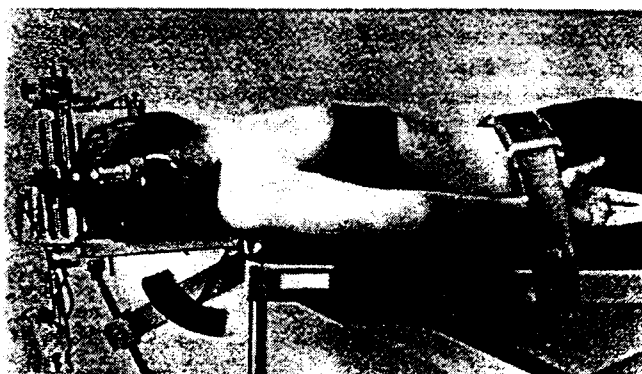
Omaan maksimivoimaan suhteutettu lihaskestävyys ei välttämättä heikkene iän myötä. Smolanderin ym. (1998) tutkimuksessa koehenkilöiltä testattiin puristusvoiman ja yhden polven ojentajien kestävyyttä 20, 40 ja 60 %:n voimatasoilla omasta maksimivoimasta. Puristusvoimassa 26 -vuotiaat miehet olivat näillä mainituilla voimatasoilla 20 %, 34 % ja 24 % sekä polven ojennuksessa 36 %, 21 % ja 33 % heikompia kuin 57 -vuotiaat miehet.

6. SUKUPUOLEN JA IÄN YHTEYS KAULARANGAN KOUKISTAJA- JA OJENTAJALIHASTEN VOIMANTUOTTO-OMINAISUUKSIIN

6.1. Kaularangan koukistaja- ja ojentajalihasten voimantuotto-ominaisuuksien mittaaminen

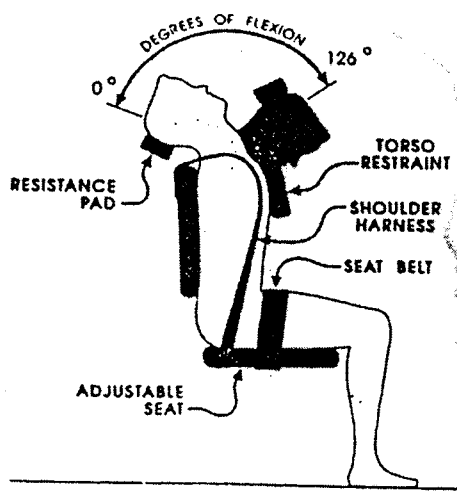
Leggetin ym. (1991) mukaan niskalihasten isometristä voimaa mittaavalta laitteelta vaaditaan seuraavia asioita: 1) vartalo tulee voida stabiloida hyvin vähentämään vartalon lihasten käyttöä, 2) mittausmahdollisuus tulee olla koko kaularangan liikeradalle, 3) korjausmahdollisuus maan vetovoiman vaikutukselle ja 4) testiasento ja -menetelmät on voitava standardoida. Näitä ehtoja täyttäviä kaularangan lihasvoimien mittauslaitteita on olemassa vähän.

Kaularangan lihasten voimantuotto-ominaisuuksia on mitattu pääasiassa istuma- ja makuuasennoissa. Kaularangan maksimaalisia isometrisia lihasvoimia (taakse-, eteen- ja sivutaivutus) on mitattu tutkimuspöydän päätukeen kiinnitetyllä dynamometrillä. Eteentaivutusmittaus tapahtuu koehenkilön ollessa selinmakuulla. Mittauksen aikana leuan alla on tuki, joka estää takaraivon irtoamisen alustalta. Taaksetaivutusmittaus tapahtuu päinmakuulla (Kuva 5) ja päätuki kallistetaan 5 astetta alaspäin ideaalisen vääntömomentin aikaansaamiseksi. Mittausten aikana vartalo on kiinnitetty pöytään kahdella vyöllä. (Levoska ym. 1992; Levoska 1993) Luotettavuusmittaukset (Pearsonin korrelaatiokerroin, r) osoittivat, että dynamometri on luotettava mittaamaan sivutaivutusvoimia (oikealle $r = 0.74$, vasemmalle $r = 0.80$) ja ojennusvoimia ($r = 0.73$). Koukistuksen aikana mittaus sallii pieniä pään ja niskan liikkeitä, minkä vuoksi luotettavuus jää heikommaksi ($r = 0.54$). (Levoska ym. 1992)



Kuva 5. Kaularangan ojentajalihasten lihasvoiman mittausasento. (Levoska ym. 1992)

Kaularangan ojennusvoimaa mittaavaa MedX-laitetta (Kuva 6) ovat tutkimuksissaan käyttäneet Legget ym. (1991), Highland ym. (1992) ja Pollock ym. (1993). Laitteessa koehenkilö istuu ja hänen vartalonsa on stabiloitu lantiosta, rintakehästä ja hartioista istuinta vasten vartalon liikkeiden estämiseksi. Vastustyyny (resistance pad) sijaitsee takaraivon kohdalla, jota vasten koehenkilö tuottaa isometrisen voiman. Laitteessa pään paino on vastapainotettu painovoiman vaikutuksen eliminoimiseksi. Laite osoittautui luotettavaksi mittaamaan isometristä kaularangan ojennusvoimaa. (Legget ym. 1991)



Kuva 6. Mittausasento kaularangan ojennusvoimaa mittaavassa MedX-laitteessa. (Pollock ym. 1993)

Berg ym. (1994) mittasivat dynaamisen harjoittelun vaikutusta kaularangan kipuun ja isometriseen voimaan laitteella, jolla myös harjoittelu suoritettiin. Laitteessa pää kiinnitetään kypärä-dynamometriin, koehenkilö istuu polvet ja lonkat 90 asteen kulmassa nojaten selkätukeen. Laitteen heikkous on jalka- ja käsitet, sillä niiden avulla koehenkilö voi tuottaa voimaa myös muista lihaksista kuin kaularangan alueelta.

Julin ja Virtapohja (1996) tutkivat REHAX -dynamometrillä ja Y-laitteella (Y-laite) luotettavuutta kaularangan isometrisen lihasvoiman mittaamiseen. REHAX mittasi ojennus- ja koukistussuunnat ja Y-laite lisäksi kierrot. Y-laitteessa (Kuva 8, s. 30) koehenkilö istui kasvot laitteeseen päin koukistusmittauksen aikana ja kasvot pois päin ojennusmittauksen aikana. Lonkat olivat 90 asteen kulmassa ja jalat rentoina suorina

edessä. Vartalo kiinnitettiin hartioiden ja lantion ympäriltä tarranauhoilla. Molemmat laitteet osoittautuivat luotettaviksi kaularangan lihasvoimien mittauksissa. Y-laitteella saman mittaajan saman päivän aikana toistettujen mittausten toistettavuus oli erinomainen kaularangan isometrisen koukistuksen ($r = .97 - .98$) ja ojennuksen ($r = .96 - .98$) osalta. (Ks. myös Ylinen ym. 1999) Laitteiden antamia tuloksia ei voi kuitenkaan suoraan verrata, sillä Y-laitteen tulokset ovat Newtonia ja REHAXin Newtonmetrejä.

6.2. Kaularangan koukistaja- ja ojentajalihasten isometrinen maksimivoima

Kaularangan lihasten isometrinen lihasvoimaa on mitattu hyvin erilaisilla laitteilla ja erilaisissa mittausasunnoissa. Tästä johtuen myös tulokset eroavat melko paljon toisistaan. Levoskan ym. (1992) kehittämällä dynamometrillä mitataan kaularangan ojennusvoimat vatsamakuulla. Taulukossa 3. on esitetty kyseessä olevalla dynamometrillä saatuja ojennusvoimatuloksia eri tutkimuksista.

Taulukko 3. Levoskan ym. (1992) kehittämällä dynamometrillä mitattuja kaularangan ojennusvoimia (Newton, N) eri tutkimuksista.

Tutkija	n	Sukupuoli (M/N)	Keski-ikä (v)	Ojennus- voima (N)
Levoska ym. (1992)	34	M	20	230-245
Hämäläinen ym. (1994)	41	M	23	246
Levoska ym. (1993)	44	N	40	116-139
Levoska (1993)	71	N (NHS-kipu)	40	123-134
	85	N (NHS-kipu)	40	126-138

Julinin ja Virtapohjan (1996) tutkimuksessa oli mukana 91 koehenkilöä, joilta mitattiin sekä ojennus- että koukistusvoimat istuma-asennossa kahdella laitteella. Koehenkilöt jaettiin harrastusten ja fyysisen aktiivisuuden mukaan eri ryhmiin. Jokaiselle ryhmälle laskettiin ns. MET-luku, joka on suhteellinen energiankulutuksen mittayksikkö (1 MET = 3.5 ml x kg x min) (Mälkiä ym. 1994). Ryhmät ja niiden koukistus- ja ojennusvoimien tulokset on esitetty taulukossa 4.

Taulukko 4. Miesten (M) ja naisten (N) kaularangan lihasten isometriset koukistus- ja ojennusvoimat Y-laitteella ja REHAXilla mitattuna. Tulokset ovat jokaisen ryhmän keskiarvot ensimmäiseltä mittaukselta. Y-laitteen tulokset Newtonneita (N) ja REHAXin Newtonmetrejä (Nm); koehenkilöiden lukumäärä n. (Mukaiillen Julin ja Virtapohja 1996)

Ryhmä	Sukupuoli M/N	Y-laitte koukistus (N)	n	Y-laitte ojennus (N)	n	Rehax koukistus (Nm)	n	Rehax ojennus (Nm)	n
MET I	M	136	16	262	16	27	2	42	2
MET II	M	154	8	306	6	39	6	62	6
Jääkiekko	M	209	8	315	8	39	8	69	8
Painonnosto	M	242	9	334	9	x	x	x	x
Paini	M	346	10	462	10	x	x	x	x
MET I	N	70	12	161	21	16	2	25	2
MET II	N	80	12	180	12	14	12	27	12
Pesäpallo	N	100	8	188	8	16	7	33	7

Isometrista kaularangan ojennusvoimaa on mitattu myös kädessä pidettävällä dynamometrillä, joka asetetaan takaraivon päälle koehenkilön ollessa päinmakuulla. Tutkimukseen osallistui kaikkiaan 272 tervettä 14 - 84 -vuotiasta miestä ja naista. Miehet tuottivat suurimman ojennusvoiman (173 N) 14 - 24 -vuotiaiden ryhmässä (n = 47) ja naiset (77 N) 25 - 34 -vuotiaiden ikäryhmässä (n = 27). Naisten ojennusvoima (77 N) oli 25 - 34 -vuotiaiden ikäryhmässä n. 45 % miesten (n = 27) ojennusvoimasta (170 N). Tämän ikäryhmän tuloksiin verrattuna 45 - 55 -vuotiaiden miesten kaularangan ojennusvoima oli 81 % ja naisten 94 %. 65 - 74 -vuotiaat naiset (n = 10) tuottivat 25 - 34 -vuotiaisiin naisiin verrattuna 75 % voimaa ja miehet (n = 2) 64 %. Ikä näyttäisi siten vaikuttavan vasta n. 65 -ikävuoden vaiheilla kaularangan ojennusvoimaan heikentävästi. (Staudte ja Duhr 1994)

Edellä esitettyjen tutkimusten tuloksista voidaan yhteenvetona todeta, että istuma-asennossa (Julin ja Virtapohja 1996) kaularangan lihakset tuottaisivat enemmän voimaa kuin vatsamakuulla (Levoska ym. 1992; Staudte ja Duhr 1994) mitattuna. Tämän oletuksen kumoaa kuitenkin Gogian ja Sabbahin (1991) tutkimus, jossa verrattiin vatsamakuulla ja istuma-asennossa tuotettua kaularangan ojennusvoimaa. Tulokset osoittivat, että vatsamakuulla pystyttiin tuottamaan 82 % enemmän isometrista ojennusvoimaa kuin istuma-asennossa. Parhaiten kaularangan ojentajalihasten toimintaa

voidaan tutkia päinmakuulla, mutta istuma-asennon valintaa puoltaa se, että asento on yleisempi päivittäisissä toiminnoissa (Mayoux - Benhamou ja Revel 1993).

Levoskan ym. (1992) kehittämällä dynamometrillä ei ole verrattu samassa tutkimuksessa eri sukupuolten tai eri ikäisten koehenkilöiden tuottamaa lihasvoimaa, mutta tarkasteltaessa eri tutkimuksia (Taulukko 3), joissa ko. dynamometriä on käytetty, voidaan havaita, että miehet ovat naisia vahvempia. Julinin ja Virtapohjan (1996) tutkimuksessa vähän liikuntaa harrastavien ryhmässä (MET I) naisten ojennusvoima oli 61 % miesten voimasta ja 51 % miesten koukistusvoimasta (Y -laitteen tulokset). Heidän tutkimuksessaan ei verrattu eri ikäisten koehenkilöiden kaularangan lihasvoimia.

Vartalon ja raajojen lihaksista on mitattu voimantuottonopeuksia (ks. kpl:t 4.2 ja 5.2). Voimantuottonopeuden kuvaajana käytetään tavallisesti voima-aika -käyrää. Voima-aika -käyriä ei ole kuitenkaan raportoitu kaularangan koukistaja- ja ojentajalihaksista.

6.3. Kaularangan koukistaja- ja ojentajalihasten kesto-voima

Kaularangan lihaskestävyydestä löytyi vain yksi tutkimus, jossa oli tutkittu eri voimatasoilla (25, 40, 55, 70 ja 90 % maksimivoimasta) kaularangan koukistus-, ojennus- ja sivutaiivutuslihasten isometrasta lihasvoimaa ja -kestävyyttä. Mieskoehenkilöt (n = 4) pitivät edellä mainittuja voimatasoja uupumukseen asti, kun pää oli keskiasennossa. Istuma-asennossa suoritettujen testien tulokset osoittavat, että kaularangan ojennusta 25 %:n voimatasolla koehenkilöt jaksoivat pitää 48 min, 55 %:n voimatasolla 13 min ja 90 %:n voimatasolla enää 3 min. Vastaavasti kaularangan koukistusta ylläpidettiin 11 min, 1 min ja 15 sekuntia. Tutkijat selittävät tuloksia solusuhteella siten, että dorsaaliossa lihasryhmässä on enemmän hitaita soluja; valtimoiden anatomisella järjestäytymisellä kaularangan alueella sekä lihaksen sisäisellä paineella, jolloin paksuissa lihaksissa on enemmän sisäistä painetta, joka voi vaikeuttaa verenkiertoa. (Petrofsky ja Phillips 1982)

Mini-Suomi -tutkimuksessa on mitattu kaularangan koukistajalihasten kestovoimaa suuremmalla koehenkilömäärällä (n=1100). Mittaus toteutettiin suorituskykytestinä siten, että selinmakuulla päätä kannateltiin 45 asteen kulmassa alustaan nähden. Testi merkittiin suoritetuksi kannattelun kestänyt miehillä 90 sekuntia ja naisilla 60 sekuntia. Vaikka tulosta on vaikea verrata suoraan isometriseen voimantuottoon, on mielenkiintoista tietää, että naisista 9.7 % ja miehistä 5.2 % ei jaksanut kannatella päätä vaadittua aikaa. (Mälkiä 1983)

Gogia ja Sabbahi (1994) vertasivat kaularangan osteoartriitista kärsivien potilaiden (n = 25) ja terveiden koehenkilöiden (n = 25) kaularangan ojentaja- ja koukistajalihasten lihasväsymystä. Koehenkilöiltä mitattiin istuma-asennossa ensin isometrinen lihasvoima molempiin liikesuuntiin ja tästä maksimaalisesta lihasvoimasta tutkijat laskivat 20, 50 ja 80 % tasot. Alimpia voimatasoja pidettiin 3 x 10 s ja 80 %:n voimatasoa 3 x 5 s. Kaikkien suoritusten aikana koehenkilöillä oli EMG-elektrodit trapezius-lihaksen päällä C3 - C6 nikamien välissä sekä SCM -lihasten keskikohdalla. Lihasväsymyksen muutoksia tarkasteltiin IMF- (initial median frequency) ja SMF -käyrän jyrkkyyden (slope of median frequency, SMF) muutoksilla. Tuloksissa todetaan, että osteoartriittipotilaiden anterioristen lihasten SMF-käyrä oli selvästi jyrkempi 50, 80 ja 100 %:n voimatasoilla ja posterioristen lihasten 80 ja 100 %:n voimatasoilla kuin terveillä. Siten myös lihasten väsyminen on nopeampaa osteoartriittipotilailla.

Työn aiheuttamaa rasitusta niskan ja hartioiden alueen lihaksissa on tavallisimmin mitattu trapezius-lihaksesta, koska se stabiloi lapaluuta ja rasittuu siten yläraajan aktiivisuuksien aikana (Aaråst ym. 1996). Tällaisia tutkimuksia, joissa yläraajaa kannatellaan erilaisissa asennoissa, ja joissa samalla mitataan trapeziuksen EMG -aktiivisuuksia sekä lihaksen väsymismuutoksia, ovat raportoineet mm. Hanson ym. (1992), Öberg ym. (1992), Jensen ym. (1993) ja Larsson ym. (1993).

Tutkimukset siis osoittavat, että kaularangan lihasten lihasvoimia on jonkin verran mitattu, mutta saadut tulokset vaihtelevat paljon johtuen erilaisista mittausasennoista, dynamometreistä sekä koehenkilöjoukosta. Tutkimuksissa ei ole verrattu eri

sukupuolten ja/tai eri ikäisten koehenkilöiden kaularangan voimia. Lisäksi lihaskestävyydestä ei ole kuin yksi tutkimus, jossa otos oli hyvin pieni. Jatkossa tulisikin kiinnittää huomiota kestovoiman, voimantuottonopeuksien ja lihasten EMG-aktiivisuuksien tutkimiseen siten, että tutkimuksissa olisi mukana molempia sukupuolia ja eri ikäisiä koehenkilöitä.

7. TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA TUTKIMUSONGELMAT

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli tarkastella 18 - 55 -vuotiaiden miesten ja naisten kaularangan koukistaja- ja ojentajalihasten isometrista maksimaalista lihasvoimaa, voimantuottonopeutta ja lihaskestävyyttä. Yleisen antropometrian (pituus, paino, rasvaprosentti) lisäksi kontrolloitiin myös tutkittavien lihasten voimantuottoon mahdollisesti yhteydessä olevat pään ja kaularangan alueen tärkeät antropometriset ominaisuudet (kaularangan ympärysmitta ja pituus sekä pään ympärysmitta ja paino).

Tutkimusongelmat:

1. Millainen on 18 - 55 -vuotiaiden miesten ja naisten kaularangan koukistaja- ja ojentajalihasten
 - a) maksimaalinen isometrinen lihasvoima?
 - b) voimantuottonopeus?
 - c) lihaskestävyys?
2. Miten isometrinen väsytyks vaikuttaa 18 - 55 -vuotiaiden miesten ja naisten kaularangan koukistaja- ja ojentajalihasten
 - a) maksimaaliseen isometriseen lihasvoimaan?
 - b) voimantuottonopeuteen?

8. TUTKIMUSASETELMA

Tutkimus on osa Jyväskylän yliopiston terveystieteen ja liikuntabiologian laitosten yhteistä ns. niskaprojektia. Projektin tarkoituksena on selvittää niska-hartialihaksiston toimintaa ja kuntoutusta. Tämä tutkimus alkoi syksyllä 1996 kirjallisuuden kokoamisella. Mittaukset toteutettiin kevään ja alkukesän 1997 aikana, kun Jyväskylän yliopiston eettinen lautakunta antoi suostumuksen tutkimuksen toteuttamiselle.

8.1. Koehenkilöt

Tutkimuksen koehenkilöitä oli 59, joista 29 miestä ja 30 naista. Tulosten analysointivaiheessa suljettiin pois kaksi naista mittausvirheiden vuoksi. Tutkitut olivat iältään 18 - 55 -vuotiaita siten, että heidät oli valittu kolmeen eri ikäryhmään: 18 - 26 -v. = Ryhmä 1 (R1), 30 - 37 -v. (R2) ja 45 - 55 -v. (R3) (Taulukko 5). Koehenkilöiden kohdejoukoksi valittiin kevyttä työtä tekevät työntekijät. Painopiste oli istumatyötä tekevissä toimisto- ja/tai päätetyöntekijöissä sekä opiskelijoissa, mutta myös muita kevyttä työtä tekeviä hyväksyttiin tutkimukseen mukaan. Koehenkilöt rekrytoitiin henkilökohtaisin pyynnöin ja ilmoitusten välityksellä yliopiston alueelta sekä eräistä jyvaskyläläisistä yrityksistä. Vapaaehtoiset koehenkilöt valittiin täytetyn ilmoittautumislomakkeen (Liite 1) mukaan. Koehenkilöiden tuli olla terveitä eikä heillä saanut olla mitään tuki- ja liikuntaelimestön pitkäaikaissairautta eikä sydän- ja/tai verisuonisairauksia. Koehenkilöillä ei myöskään saanut olla tutkimushetkellä niskahartiaseudun (= NHS:n) kipuja. Vaikeita työtä ja harrastuksia haittaavia NHS:n kipuja ei saanut olla viimeisen kuuden kuukauden aikana. Epäselvissä tapauksissa koehenkilöä haastateltiin tarkemmin ja tarvittaessa lääkäri tutki koehenkilön ja kaikki vanhimman ikäryhmän koehenkilöt kävivät ennen tutkimukseen hyväksymistä lääkärintarkastuksessa. "Tavallinen" jäykkyyden tunne sallittiin NHS:n lihaksistossa. Poissulkukriteereinä olivat sairaudet tai vammat NHS:ssa. Aikaisemmat hoidot NHS:uun eivät olleet esteenä tutkimukseen hyväksymiselle.

Taulukko 5. Miesten ja naisten antropometriset tulokset \bar{x} (SD).

	n	ikä (v)	Pituus (cm)	Paino (kg)	Rasva%
18-26-v. (R1)	17				
*miehet	9	23.1 (2.5)	181.9 (5.6)	82.7 (17.9)	17.6 (5.9)
*naiset	8	22.8 (2.1)	168.3 (6.2)	64.1 (5.4)	27.8 (3.7)
30-37-v. (R2)	20				
*miehet	10	32.9 (2.6)	183.1 (9.0)	81.4 (12.8)	21.0 (3.8)
*naiset	10	33.5 (2.8)	164.2 (4.8)	60.3 (3.7)	28.0 (3.8)
45-55-v. (R3)	20				
*miehet	10	48.0 (2.9)	177.6 (4.2)	85.4 (8.4)	24.5 (2.6)
*naiset	10	48.7 (2.4)	164.4 (4.3)	66.7 (11.5)	35.6 (4.0)
Yhteensä	57				
*miehet	29	35.1 (10.7)	180.8 (6.8)	83.2 (13.1)	21.1 (5.0)
*naiset	28	35.9 (10.9)	165.4 (5.2)	63.7 (8.0)	30.7 (5.2)

Koehenkilöt eivät saaneet harrastaa liikuntaa yli kolmea kertaa viikossa (kriteeri voimassa erityisesti NHS:a rasittavissa harrastuksissa esim. sulkapallo) - siten esim. kävelyä/pyöräilyä sai harrastaa useamminkin viikossa. Säännöllistä kuntosaliharjoittelua viimeisen kuuden kuukauden aikana toteuttaneet koehenkilöt suljettiin pois. Näillä kriteereillä haluttiin koehenkilöiksi valita sellaisia liikuntaa harrastavia henkilöitä, joiden liikuntaharrastus ei ollut säännöllistä tai johonkin tavoitteeseen tähtäävää harjoittelua (kilpaurheilu).

8.2. Mittausmenetelmät ja -laitteet

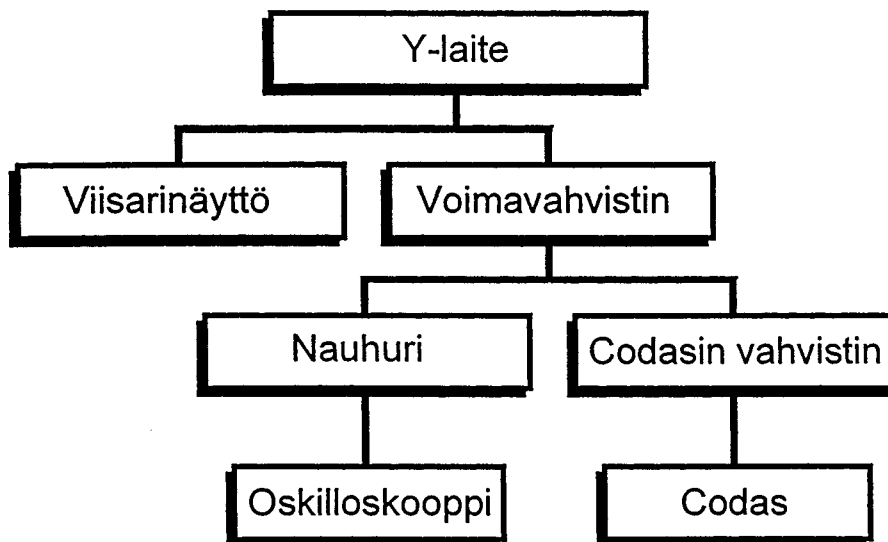
Antropometria

Koehenkilöiltä mitattiin seuraavat yleiset antropometriset ominaisuudet: rasvaprosentti rasvapihdeillä dominoivalta puolelta biceps brachii-, triceps brachii-, subscapularis- ja iliaca -ihopoimuista; pituus (cm) ja paino (kg). Pään paino (kg) mitattiin koehenkilön levätessä selinmakuulla hoitopöydällä siten, että koehenkilön C7 -nikama oli pöydän

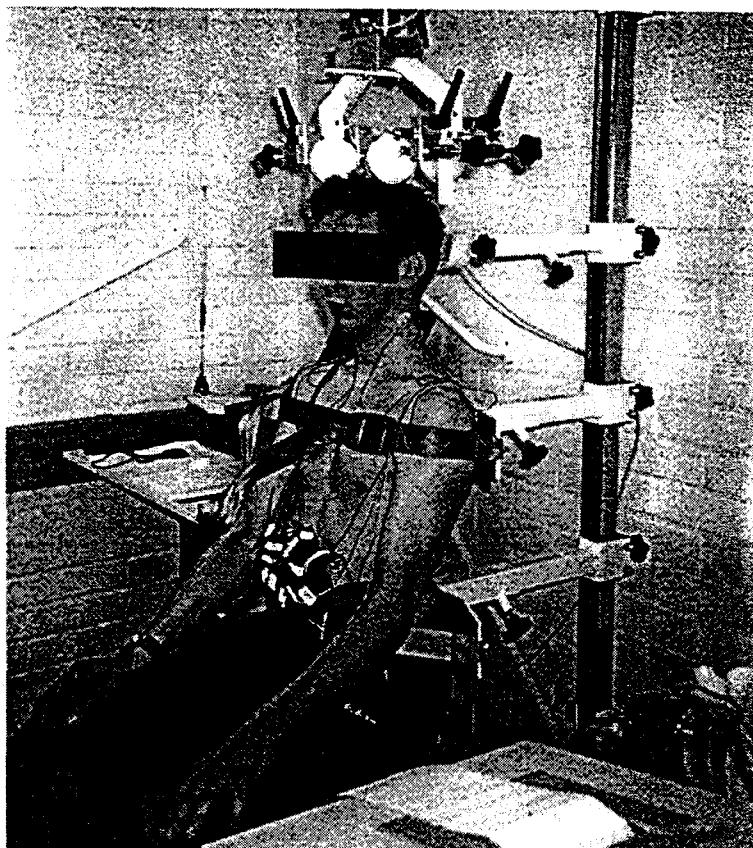
reunan tasalla ja pää pöydän ulkopuolella olevan tuolille asetetun tavallisen henkilövaakan päällä. Pään paino on kolmen mittauksen keskiarvo. Koehenkilön istuessa häneltä mitattiin mittanauhalla pään ympärysmitta (cm) kallon leveimmältä kohdalta kulmakarvojen yläpuolelta, kaularangan ympärysmitta (cm) C4 - C5 -nikamien tasolta ja kaularangan pituus (cm) C2 - C7 -nikamien välisenä etäisyytenä.

Isometrinen lihasvoima ja voimantuottonopeus

Mittauslaitteiston kokoonpano on esitetty kuvassa 7. Isometrinen lihasvoima ja voimantuottonopeus mitattiin koukistus- ja ojennussuuntiin voimadynamometrillä (Y-laite), joka on erityisesti suunniteltu kaularangan lihasvoimien mittaamiseen (Kuva 8). Koehenkilö istuu laitteessa, johon asento määritellään ohjeiden mukaan (Liite 2). Koukistajalihaksia mitattaessa koehenkilö painaa otsalla venymäliuska-anturia ja ojentajalihaksia mitattaessa takaraivolla. Tuotettu isometrinen voima näkyy kilopondeina laitteen vahvistimen näytössä, josta tiedot tallennetaan tietokoneen Codas -ohjelmalle ja nauhurille. Tallennetusta voima-aika -käyrästä voidaan laskea ja analysoida maksimivoima ja voimantuottonopeudet sekä muita mahdollisia muuttujia suorituksen halutuista kohdista.



Kuva 7. Mittauslaitteiston kokoonpano.



Kuva 8. Kaularangan lihasvoimien mittaamiseen suunniteltu dynamometri, ns. Y-laite

Lihaskestävyys

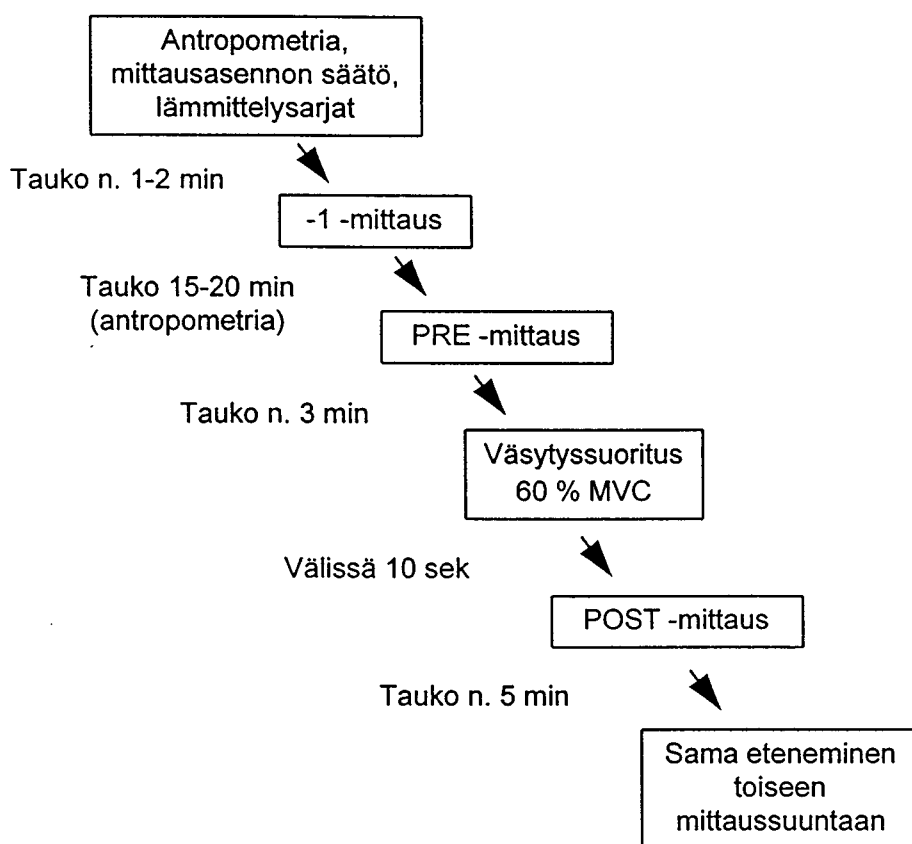
Isometrisen väsytyssuorituksen voimatasoksi valittiin 60 % koehenkilön omasta maksimivoimasta, koska tällä submaksimaalisella voimatasolla lihakset eivät saa energiankulutukseen nähden tarpeeksi happea lihasten vaikeutuneen verenkierron vuoksi. Lihaksiin alkaa kerääntyä maitohappoa, jolloin seurauksena on lihasten väsyminen muutamassa minuutissa. Väsytyssuoritus tapahtui molempiin liikesuuntiin siten, että samassa laitteessa istuen koehenkilö piti yllä parhaasta suorituksesta laskettua 60 %:n voimatasoa niin kauan kuin hän jaksoi. Tavoitevoimatason ylläpitämisen helpottamiseksi koehenkilön eteen asetettiin viisarinäyttö, jonka asteikolle merkittiin nuolella tavoitevoimataso. Mittaaja seurasi voimatason pysymistä laitteen vahvistimelta

numeronäyttönä siten, että 10 %:n vaihtelu sallittiin tavoitetason molemmin puolin. Jos koehenkilön suoritusasento muuttui tai jos voimataso oli alarajalla vähintään viisi sekuntia, mittaaja keskeytti suorituksen. Väsytyssuoritus tallennettiin vain nauhurille.

8.3. Mittausten eteneminen

Mittausten eteneminen on kuvattu kuvassa 9. Koehenkilön allekirjoitettua tutkimuslupakaavakkeen (Liite 3) häneltä mitattiin kaularangan pituus ja ympärysmitta sekä pään ympärysmitta. Pään paino, koehenkilön pituus ja paino mitattiin ensimmäisellä mittaustauolla. Antropometristen mittausten jälkeen koehenkilö suoritti hartioiden ja olkapäiden lämmittelyliikkeet ja tämän jälkeen hänet asetettiin laitteeseen istumaan. Koehenkilöiden numeron mukaan aloitussuunta satunnaistettiin siten, että parilliset numerot aloittivat ojennussuuntaan ja parittomat numerot koukistussuuntaan.

Kun oikea mittausasento oli löydetty laitteessa ja anturin sekä tukien korkeus ja syvyys olivat sopivat, koehenkilölle kerrottiin suoritusohjeet ja hän aloitti lämmittelyliikkeillä seuraavasti: omassa tahdissa koehenkilö sai tehdä ensin 5 kevyttä (n. 30 %) suoritusta mittaussuuntaan ja n. 30 sekunnin kuluttua 5 n. 50 %:n suoritusta maksimivoimasta ja vielä n. 30 sekunnin kuluttua yhden 80 %:n suorituksen. Näiden harjoittelusuoritusten jälkeen oli noin 1 - 2 minuuttia taukoa, jonka aikana tarkastettiin asetukset ja kerrattiin koehenkilölle suoritusohjeet. Lämmittelyt toistuivat aina samoin tauon jälkeen.



Kuva 9. Mittausten eteneminen.

Koehenkilöiden omat -1 -mittaukset toimivat kontrollimittauksina. Nämä -1 -mittaukset tehtiin ensimmäiseksi aloittavaan liikesuuntaan ja niitä oli vähintään kolme suoritusta n. 30 - 45 sekunnin välein riittävän palautumisen mahdollistamiseksi. Suoritukset olivat maksimaalisia (100 %) ja ne tallennettiin sekä tietokoneelle että nauhurille. Koehenkilöä kannustettiin suoritusten aikana suullisesti. -1 -mittausten jälkeen koehenkilö irroitettiin laitteesta ja seuranneen n. 15-20 minuutin tauon aikana mitattiin rasvaprosentti, pään paino, pituus ja paino. -1 -mittauksilla pyrittiin vähentämään mahdollista oppimisen vaikutusta (myös tämän vuoksi hieman pidempi tauko) ja testaamaan mittausten toistettavuutta.

Mittauksia (PRE-mittaus) jatkettiin samaan liikesuuntaan tauon ja lämmittelyliikkeiden jälkeen siten, että koehenkilö suoritti vähintään kolme maksimisuoritusta (100 %) 30 - 45 sekunnin välein. Maksimivoimasuorituksia mitattiin niin kauan kuin voima nousi vähintään 5 % edellisestä suorituksesta. Maksimivoimamittausten jälkeen seurasi mittausteknisistä syistä noin 3 minuutin tauko, jonka aikana laskettiin tavoitevoimataso (60 %) väsytyssuoritukselle ja 10 %:n ala- ja ylärajat, asetettiin viisarinäyttö koehenkilön eteen ja kerrottiin suoritusohjeet.

Väsytyssuorituksen aikana koehenkilölle annettiin väliaikoja 15 sekunnin välein ja häntä myös kannustettiin suullisesti tekemään mahdollisimman hyvä suoritus. Väsytyssuorituksen päättymisen jälkeen mitattiin maksimivoima (100 %) kaksi kertaa 10 sekunnin välein (POST-mittaus), koska haluttiin selvittää väsytyksen akuutteja vaikutuksia voimantuottoon. Jälleen mittausteknisistä syistä tauko oli tässä välissä noin 5 min, minkä aikana koehenkilö irroitettiin mittauslaitteistosta ja hänet asetettiin toiseen mittausasentoon ja mittaukset lähtivät etenemään vastaavalla tavalla toiseen suuntaan.

8.4. Voimasuoritusten analysointi

Jokaiselta koehenkilöltä valittiin aluksi maksimivoimaltaan paras suoritus tarkastelun kohteeksi. Jos tässä suorituksessa oli laitteista johtuvia teknisiä häiriöitä tai, jos voimantuotto oli jostakin syystä juuri tässä suorituksessa todella hidas, otettiin koehenkilön toiseksi paras suoritus maksimivoiman mukaan (vähintään 90 % parhaasta). Paras maksimivoimatulos kuitenkin säilyi aina, mutta muut voimamuuttujien arvot otettiin toiseksi parhaasta suorituksesta. Jos toiseksi paraskin suoritus oli alle 90 % parhaasta, suoritusta ei hyväksytty lainkaan. Suorituksista voitiin myös hylätä vain joitakin muuttujia mittaus- ja/tai suoritusvirheiden vuoksi. Tämän vuoksi eri muuttujissa voi olla koehenkilöiden lukumäärä erilainen.

8.5. Tilastolliset analyysit

Tutkimuksen tuloksia käsiteltiin Exel 5.0 - ja SPSS for Windows -ohjelmilla. -1- ja PRE -mittauksia verrattiin keskenään parittaisella t-testillä (Student), Pearsonin korrelaatiokertoimella (r), variaatiokertoimella (coefficient of variation, CV) sekä ICC:llä (intra-class correlation) mittausten reliabiliteetin testaamiseksi.

Variaatiokertoimen kaavana käytettiin seuraavaa:

$$CV = \frac{s}{x} \times 100 \% \quad \text{johon } s \text{ saadaan kaavasta: } s = \sqrt{\frac{\sum (x_1 - x_2)^2}{N}}$$

jossa x_1 on -1 -mittauksen muuttujan arvo jokaisella koehenkilöllä ja x_2 PRE-mittauksen muuttujan arvo; N on mittausparien lukumäärä -1- ja PRE -mittauksien välillä. CV:n kaavassa x tarkoittaa -1- ja PRE -mittausten saman muuttujan yhteenlasketun summan keskiarvoa.

Parittomalla t-testillä (Student) verrattiin eri sukupuolten ja ONEWAY ANOVA:lla eri ikäryhmien kaularangan lihasten voimantuotto-ominaisuuksia PRE -mittauksessa (maksimi-arvot). Tämän jälkeen verrattiin parittaisella t-testillä (Student) PRE- ja POST -mittausten tuloksia väsytyksen vaikutuksen selville saamiseksi. PRE- ja POST -mittausten tuloksista laskettiin muutosprosentit, jotta voitiin verrata ANOVA:lla ikävaikutuksia. Pearsonin korrelaatiokertoimen (r) avulla tarkasteltiin kestävyysajan ja maksimivoiman välistä yhteyttä sekä voimantuotto-ominaisuuksien ja pään ja kaularangan alueen antropometrian yhteyksiä. Tilastollisesti merkitseväksi eroksi hyväksyttiin $p < 0.05$.

9. TULOKSET

9.1. Mittausten reliabiliteetti

Mittausten reliabiliteettiä tarkasteltiin -1 - ja PRE -mittausten välisellä toistettavuudella. Parillisella t-testillä verrattuna -1 - ja PRE -mittaukset olivat erittäin luotettavat, sillä merkitseviä ($p < 0.05$) eroja mittausten välillä oli vain muutamassa muuttujassa ja nekin eri ikäryhmillä ja eri sukupuolilla. Kaikkien muuttujien mittausten väliset korrelaatiot olivat merkitseviä miesten ja naisten koko ryhmällä: miesten ojennuksen korrelaatiot vaihtelivat .45 - .87 ja koukistuksen .37 - .91 välillä sekä naisilla vastaavasti .41 - .87 ja .39 - .91 välillä. Parhaimmat korrelaatiot olivat maksimivoimassa, jossa miesten eri ikäryhmien korrelaatiot vaihtelivat .82 - .94 ja naisten .71 - .98 välillä. Muiden muuttujien korrelaatiot olivat heikompia ja vaihtelivat paljon eri ikäryhmillä ja sukupuolilla. Variaatiokerroin (CV) antoi pienimmän virheprosentin maksimivoimalle. Sen CV vaihteli eri ikäryhmissä naisilla 8 - 12 %:n ja miehillä 7 - 19 %:n välillä. Muiden muuttujien CV:t olivat selvästi suurempia ja vaihtelivat erittäin paljon eri ikäryhmissä. Myös ICC osoitti maksimivoiman toistettavimmaksi muuttujaksi: miesten eri ikäryhmillä se vaihteli .90 - .97 välillä ja naisilla .83 - .99 välillä. Muiden voimantuotto-ominaisuuksien ICC vaihteli erittäin paljon, vaikka olikin kokonaisuudessaan parempi kuin korrelaation antamat tulokset.

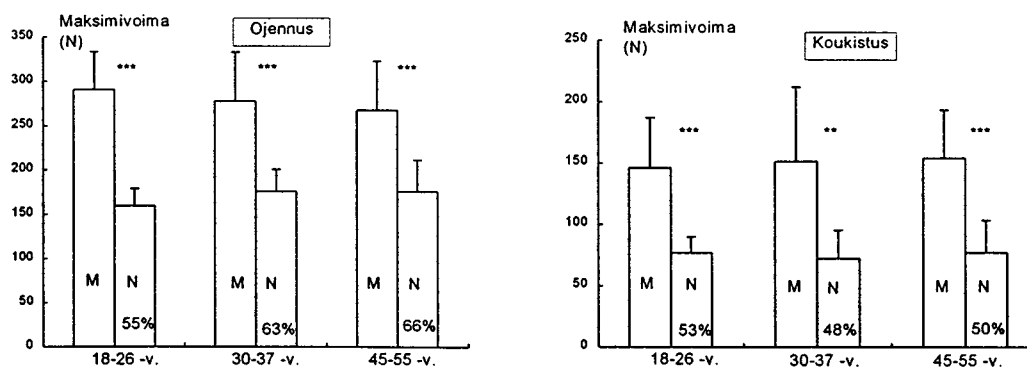
9.2. Antropometria

Koehenkilöiden antropometrian tulokset on esitetty taulukossa 5 (s. 28). PRE-mittauksen isometristen maksimivoimien ja kaularangan antropometristen muuttujien väliset Pearsonin korrelaatiokertoimet (r) on esitetty liitteen 4 taulukossa 1 ja naisilta taulukossa 2. Liitteen 4 taulukoista voidaan havaita, että niskan ympärysmitta korreloi selvimmin lihasvoiman kanssa (ks. myös Liitteen 5 kuvat 1 ja 2). Sekä koukistus- että ojennusvoimat korreloivat merkitsevästi miehillä niskan ympärysmittan kanssa, naisilla vain koukistusvoima korreloi merkitsevästi. Lisäksi miehillä korreloivat ojennusvoima pään painon ja pään ympärysmittan kanssa sekä koukistusvoima negatiivisesti niskan pituuden kanssa.

9.3. Sukupuolen ja iän yhteys kaularangan lihasten voimantuotto-ominaisuuksiin

9.3.1. Isometrinen maksimivoima

Kaularangan ojentaja- ja koukistajalihasten isometrinen maksimivoima analysoitiin PRE -mittauksen perusteella. Molempien lihasryhmien maksimivoima oli merkitsevästi suurempi miehillä kuin naisilla ($p < 0.05$). Naisten ojentajalihasten isometrinen maksimivoima oli (159 - 175 N) keskimäärin 61 % miesten ojennusvoimasta (267 - 291 N) ja koukistajalihasten maksimivoima (72 - 77 N) keskimäärin 50 % miesten koukistusvoimasta (146 - 154 N). Kun verrattiin ojentaja- ja koukistajalihasten voimasuhdetta, miehillä koukistajien voima oli keskimäärin 54 % ojentajista ja naisilla vastaavasti 44 %. Kun maksimivoimaa tarkasteltiin ikäryhmittäin, miehet olivat kaikissa ikäryhmissä ja molempien lihasryhmien osalta selvästi naisia vahvempia. Ikä ei vaikuttanut kummallakaan sukupuolella merkitsevästi ojentaja- eikä koukistajalihasten maksimivoimiin (Kuvat 10 ja 11).

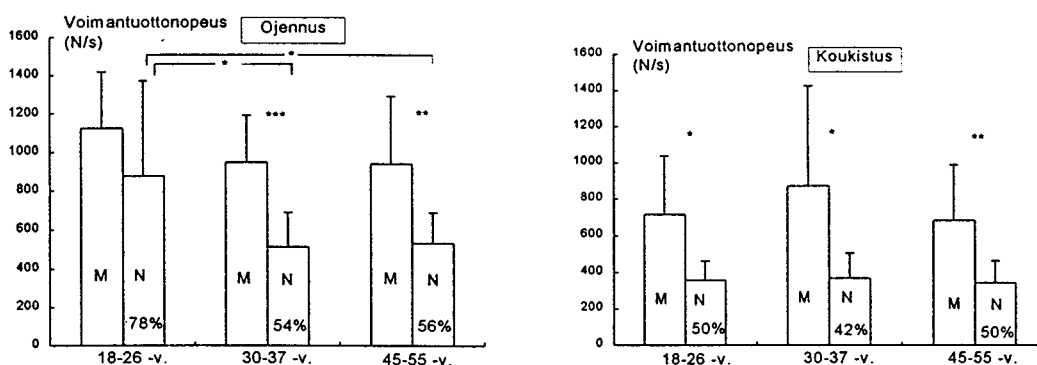


Kuvat 10 ja 11. Ojentaja- ja koukistajalihasten maksimivoimat (Newton) PRE-mittauksessa miehillä (M) ja naisilla (N) sekä naisten voima miesten voimasta (%).

9.3.2. Isometrinen voima-aika -käyrä

Kaikissa ikäryhmissä miesten voimantuottonopeus oli molempien lihasryhmien osalta merkitsevästi ($p < 0.05$) suurempi kuin naisten, paitsi nuorimman ikäryhmän ojennuksessa, jossa miesten ja naisten välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa. Ojennuksen voimantuottonopeudessa naiset saavuttivat keskimäärin 62 % miesten voimantuottonopeudesta, mutta koukistuksessa vain keskimäärin 47 %. Naisten

koukistajalihasten voimantuottonopeus oli 57 % ojentajalihasten tuottamasta nopeudesta, mutta miehillä sama suhde oli 76 %. Siten miehillä oli koukistaja- ja ojentajalihasten voimantuottonopeuden välinen ero pienempi kuin naisilla. Ikä vaikutti voimantuottonopeuteen ojennuksessa siten, että naisten nuorin ikäryhmä tuotti merkittävästi muita ikäryhmiä nopeammin voimaa. Muilla ryhmillä tulos oli samansuuntainen, mutta ei tilastollisesti merkitsevää. (Kuvat 12 ja 13)



Kuvat 12 ja 13. Ojennuksen ja koukistuksen voimantuottonopeus (N/s) PRE-mittauksessa miehillä (M) ja naisilla (N) sekä naisten voimantuottonopeus miehistä (%).

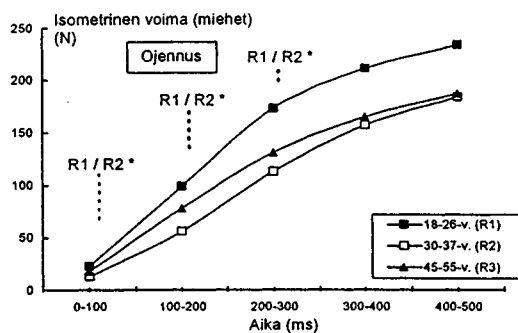
Absoluuttisia isometrisia voima-aika -käyriä tarkasteltiin ensimmäisen 500 ms:n ajalta. Kuvassa 14a on miesten ja kuvassa 14b naisten eri ikäryhmien ojennuksen voima-aika -käyrät. Kun kaikkia miehiä ja naisia verrattiin keskenään ojennuksen osalta, käyrän alussa (0-100 ms) sukupuolet eivät eronneet merkittävästi toisistaan, mutta käyrän muilla kohdilla erot olivat merkitseviä ($p < 0.05$). Ikäryhmittäin tarkasteltuna sukupuolet erosivat merkittävästi toisistaan: R1 200-300 ms:n, 300-400 ms:n ja 400-500 ms:n kohdalla sekä R2 300-400 ms:n ja 400-500 ms:n kohdalla. Vanhimmissa ryhmässä miehet tuottivat merkittävästi enemmän voimaa koko voima-aika -käyrän alueella.

Koukistuksessa miehet (Kuva 14c) tuottivat merkittävästi enemmän voimaa koko voima-aika -käyrän alueella kuin naiset (Kuva 14d). Ikäryhmittäin tarkasteltuna sukupuolet eroavat käyrän loppuosalla siten, että R1:ssä ja R3:ssa merkitsevät erot ovat 200-300 ms:n, 300-400 ms:n ja 400-500 ms:n kohdalla. R2:ssa sukupuolet eroavat myös 100-200 ms:n kohdalla.

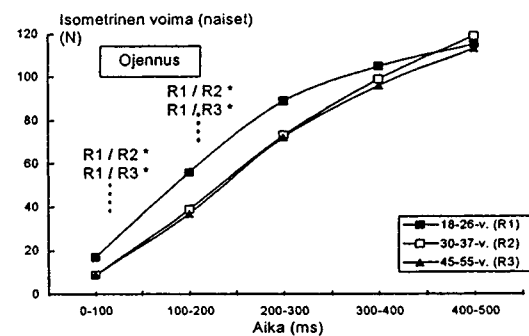
län todettiin vaikuttavan absoluuttisessa voimantuotossa siten, että ojennuksessa 0-100 ms:n, 100-200 ms:n ja 200-300 ms:n aikana miesten nuorin ikäryhmä tuotti eniten voimaa, mutta erosi tilastollisesti merkitsevästi ainoastaan R2:sta (Kuva 14a). Myös naisten nuorin ikäryhmä tuotti eniten voimaa samassa ajassa ja erosi tilastollisesti merkitsevästi kahdesta muusta ryhmästä (Kuva 14b). Koukistuksen voima-aika -käyrissä ei ollut havaittavissa iän vaikutusta (Kuvat 14c-d).

Lisäksi tarkasteltiin 30 %:n, 60 %:n, 90 %:n ja 100 %:n suhteellisten voimatasojen saavuttamiseen kulunutta aikaa. Suhteellisissa voimantuottoajoissa sukupuolet eivät eronneet toisistaan kummankaan lihasryhmän osalta yhdessäkään ikäryhmässä. Ikä vaikutti merkitsevästi ($p < 0.05$) naisilla ojennuksen 30 %:n ja 60 %:n voimantuottoaikoihin niin, että R1 saavutti 30%:n voimatason lyhyemmässä ajassa kuin R3 ja 60 %:n tason nopeammin kuin kaksi muuta ryhmää. Miehillä iän todettiin vaikuttavan ainoastaan koukistuksen 100 %:n voimatason saavuttamiseen niin, että R2 saavutti voimatason lyhyimmässä ajassa.

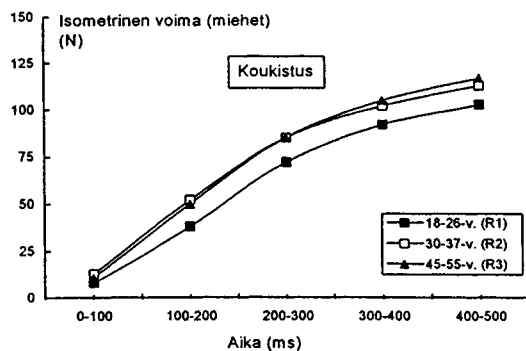
14a.



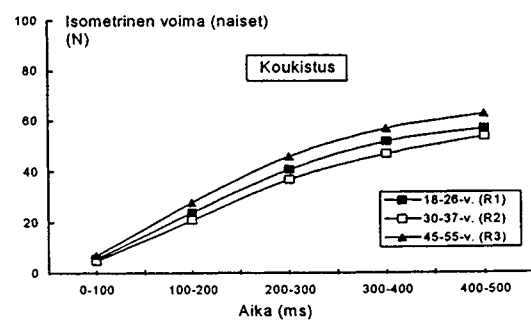
14b.



14c.



14d.

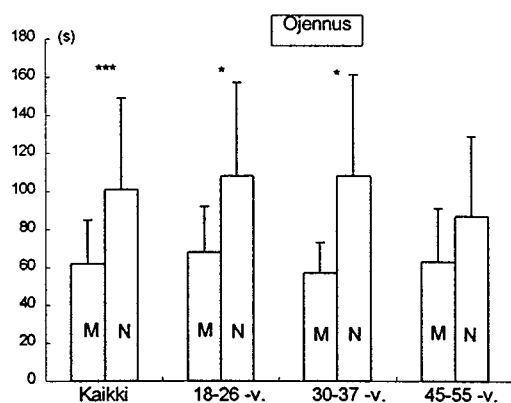


Kuvat 14a-d. Miesten ja naisten eri ikäryhmien koukistuksen ja ojennuksen isometrinen voima-aika -käyrä PRE -mittauksessa sekä eri ikäryhmien väliset tilastolliset merkitsevyydet.

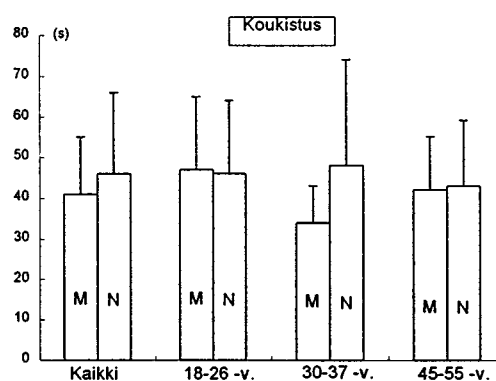
9.4. Lihasväsymyksen vaikutus voimantuotto-ominaisuuksiin

9.4.1. Lihaskestävyys sukupuolen ja iän suhteen

Naiset jaksoivat ylläpitää vaadittua isometrasta 60 %:n voimatasoa pidempään kuin miehet molempien lihasryhmien suhteen. Miesten ojennuksen aika oli 61 % naisten vastaavasta ajasta (miehet 62 s ja naiset 101 s) ja koukistuksessa 89 % (miehet 41 s ja naiset 46 s). Ojennuksen lihaskestävyysaikojen ero oli tilastollisesti merkitsevä miesten ja naisten välillä (Kuva 15), mutta ei koukistuksen (Kuva 16). Miesten koukistuksen lihaskestävyysaika oli 66 % ojennuksen kestävyysajasta, kun se naisilla oli vain 46 %. Ikäryhmittäin tarkasteltuna kestävyysajat eroavat R1:n ja R2:n sukupuolten välillä merkitsevästi ojennuksessa, mutta ei R3:n. Koukistuksen kestävyysajat eivät eronneet merkitsevästi sukupuolten välillä yhdessäkään ikäryhmässä. Iällä ei todettu olevan merkitsevää vaikutusta lihaskestävyyteen.



Kuva 15. Väsytestin kestoajat ojennuksessa eri ikäryhmillä (M=miehet, N=naiset).



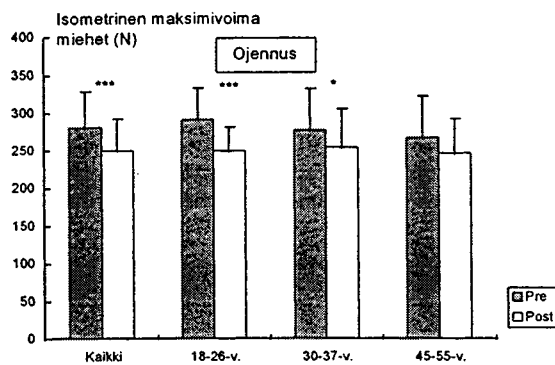
Kuva 16. Väsytestin kestoajat koukistuksessa eri ikä-ryhmillä (M=miehet, N=naiset).

9.4.2. Isometrisen maksimivoiman muutokset

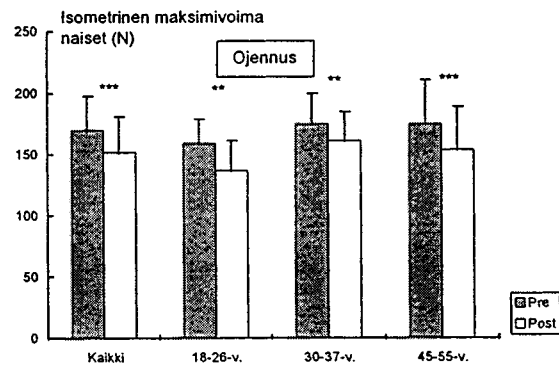
Miesten ja naisten ojennuksen maksimivoiman absoluuttiset arvot PRE - ja POST -mittauksissa on esitetty kuvissa 17a ja 17b sekä koukistuksen vastaavat arvot kuvissa 18a ja 18b. Niistä havaitaan, että molempien lihasryhmien maksimivoima pieneni merkitsevästi molemmilla sukupuolilla, lukuun ottamatta miesten R3:n ojennusta.

Väsytykseen jälkeen miesten ojennuksen maksimivoima pieneni keskimäärin 11 % (PRE 281 N, POST 250 N) ja koukistuksen 21 % (151 N, 117 N), naisilla vastaavasti keskimäärin 11 % (170 N, 152 N) ja 16 % (75 N, 63 N). Verrattaessa näitä prosentuaalisia muutoksia sukupuolten välillä, muutokset eivät eronneet tilastollisesti merkitsevästi. Myöskään eri ikäryhmissä sukupuolten maksimivoimien prosentuaaliset muutokset eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Iän ei todettu vaikuttavan maksimivoiman pienenemiseen väsytykseen seurauksena, kun ikäryhmien tuloksia verrattiin toisiinsa prosentuaalisen muutoksen suhteen.

17a.

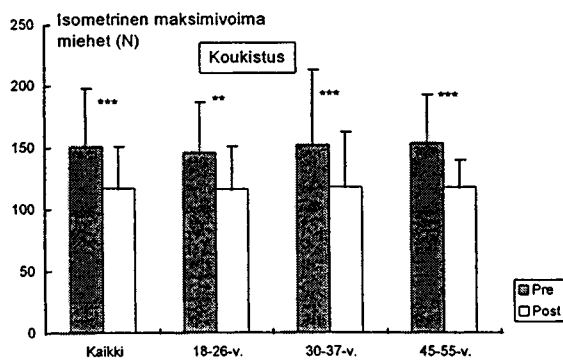


17b.

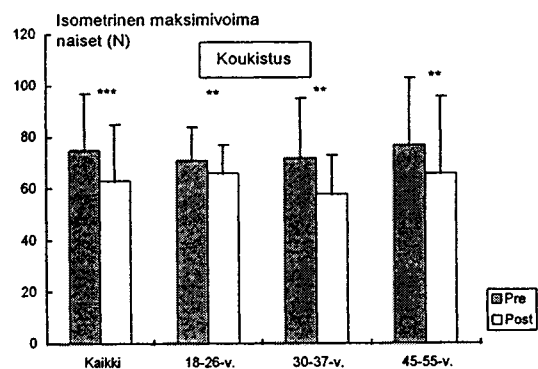


Kuvat 17a-b. Ojennuksen absoluuttinenmaksimivoima(N) miehillä ja naisilla PRE- ja POST -mittauksissa.

18a.



18b.

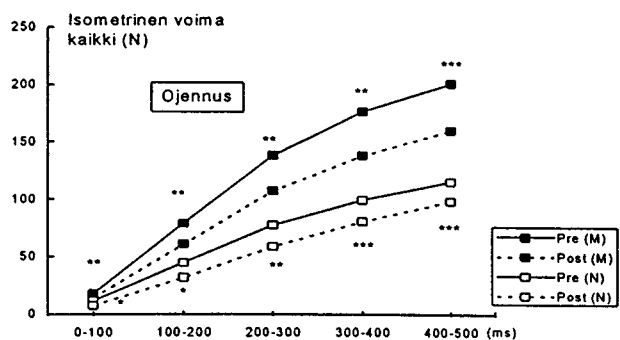


Kuvat 18a-b. Koukistuksen absoluuttinen maksimivoima (N) miehillä ja naisilla PRE- ja POST -mittauksessa.

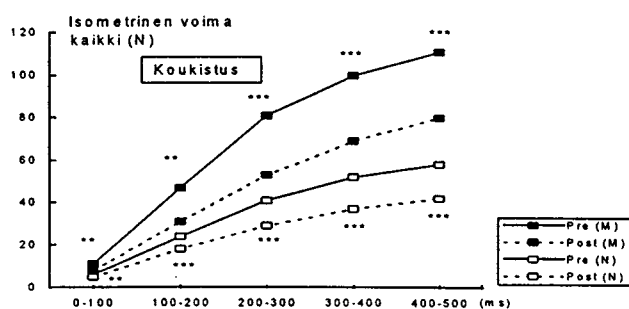
9.4.3. Isometristen voima-aika -käyrien muutokset

Voimantuottonopeuden pieneneminen oli merkitsevää miesten koko ryhmällä molemmissa lihasryhmissä, mutta naisilla vain koukistuksessa. Eri ikäryhmissä merkitsevää voimantuottonopeuden pienenemistä ei ollut havaittavissa ojennuksessa kummallakaan sukupuolella, kun taas koukistuksessa merkitsevä muutos tapahtui kaikissa miesten ryhmissä ja vain yhdessä naisten ryhmässä (R2). Voimantuottonopeus pieneni väsytykseen jälkeen miehillä ojennuksessa keskimäärin 13 % ja koukistuksessa 29 %, naisilla vastaavasti 4 % ja 22 %. Kun ikäryhmiä verrattiin toisiinsa prosentuaalisten muutoksien suhteen, ikä ei vaikuttanut voimantuottonopeuden heikkenemiseen merkitsevästi kummallakaan sukupuolella.

Kuvissa 19a ja 19b on esitetty ojennuksen ja koukistuksen absoluuttisten voima-aika -käyrien muutokset väsytyssuorituksen jälkeen sekä miehillä että naisilla ja viereisissä taulukoissa on prosentuaaliset muutokset. Molempien lihasryhmien voimantuotto heikkeni väsytyksen jälkeen merkitsevästi sekä miehillä että naisilla, kun sukupuolia tarkastellaan koko ryhmänä. Eri ikäryhmillä merkitseviä muutoksia ei ole yhteneväisesti vaan hyvin vaihtelevasti eri muuttujissa. Kun verrattiin absoluuttisen voimantuoton prosentuaalisia muutoksia havaittiin, että sukupuolet eivät eronneet merkitsevästi yhdenkään muuttujan kohdalla. Ikä vaikutti merkitsevästi ainoastaan miesten koukistuksessa, jossa voimantuotto pysyi samana (0-100 ms) ja heikkeni selvästi vähemmän (100-200 ms) R1:llä kuin kahdella muulla ryhmällä. Lisäksi miesten nuorimman ryhmän koukistuksen voimantuotto heikkeni merkitsevästi vähemmän kuin vanhimman ryhmän voimantuotto 200-300 ms:n kohdalla.



ms	Muutos% Miehet	Muutos% Naiset
0-100	-21	-19
100-200	-11	-23
200-300	-12	-26
300-400	-16	-26
400-500	-17	-22



ms	Muutos% Miehet	Muutos% Naiset
0-100	-21	-25
100-200	-24	-26
200-300	-28	-25
300-400	-27	-25
400-500	-24	-25

Kuva 19a-b. Ojennuksen ja koukistuksen isometriset voima-aika -käyrät ja prosentuaaliset muutokset miehillä (M) ja naisilla (N) PRE- ja POST-mittauksissa.

Suhteellisten voimatasojen saavuttamiseen kulunut aika hidastui väsytyksen jälkeen, mutta ojennuksessa muutos ei ollut merkitsevä kummallakaan sukupuolella yhdessäkään ikäryhmässä. Koukistuksessa tilastollisesti merkitsevät muutokset tapahtuivat tarkasteltaessa miehiä ja naisia koko ryhminä ja silloinkin ainoat muutokset olivat 30 %:n ja 60 %:n voimatasojen saavuttamiseen kuluneessa ajassa. Koukistuksessa eri ikäryhmissä merkitsevä muutos tapahtui vain naisten vanhimman ryhmän kohdalla 60 %:n voimatasolla. Prosentuaalisten muutosten mukaan suoritettu ikävertailu osoitti, että ikä vaikutti vain miesten koukistuksessa siten, että 30 %:n voimantuottoaika hidastui R3:llä merkitsevästi enemmän kuin R1:lla.

9.5. Voimantuotto-ominaisuuksien yhteys antropometriaan

Kun PRE-mittauksen koukistuksen ja ojennuksen maksimivoimat suhteutettiin koehenkilön painoon, miehet tuottivat merkitsevästi enemmän voimaa kuin naiset

($p < 0.05$). Koukistuksessa sukupuoli erosi merkittävästi toisistaan kaikissa ikäryhmissä. Ojennuksen maksimivoiman suhteen R1:ssä ja R2:ssa sukupuoli erosi merkittävästi toisistaan, mutta ei R3:ssa. Iän yhteyttä ei havaittu koukistuksen painoon suhteutetussa voimantuotossa ja ojennuksessa vain R1:n miehet tuottivat merkittävästi enemmän voimaa painoon suhteutettuna kuin R3. (Taulukko 6)

PRE-mittauksen isometrinen maksimivoima suhteutettiin myös niskan ympärysmittaan. Sukupuolten välinen ero oli merkittävä ($p < 0.05$) kaikissa ikäryhmissä ja molemmissa lihasryhmissä. Ikävaikutusta ei havaittu kummallakaan sukupuolella. (Taulukko 6)

Taulukko 6. *Miesten ja naisten koko ryhmien sekä eri ikäryhmien (R1, R2, R3) ojennuksen ja koukistuksen maksimivoima suhteutettuna koehenkilön painoon (N/kg) sekä kaularangan ympärysmittaan (N/cm).*

		Kaikki		R1		R2		R3	
		ojennus	koukistus	ojennus	koukistus	ojennus	koukistus	ojennus	koukistus
N/kg	miehet	3,35	1,80	3,57	1,77	3,41	1,84	3,12	1,80
	naiset	2,70	1,18	2,50	1,21	2,91	1,20	2,65	1,13
N/cm	miehet	7,09	3,79	7,56	3,75	7,08	3,84	6,53	3,78
	naiset	5,12	2,24	4,90	2,38	5,33	2,16	5,10	2,21

10. POHDINTA

Tämä tutkimus osoitti, että 18 - 55 -vuotiailla miehillä kaularangan koukistaja- ja ojentajalihasten isometrinen maksimivoima ja voimantuottonopeus olivat suuremmat kuin naisilla. Isometrinen lihaskestävyys (60 % MVC) oli sen sijaan parempi naisilla kuin miehillä. Molemmilla sukupuolilla isometrinen väsytyks aiheutti maksimivoiman ja voimantuottonopeuden akuutin heikkenemisen, joka oli suurempaa kaularangan koukistajissa kuin ojentajissa. Lisäksi tutkimustulokset osoittivat, että ko. ikäjakauman sisällä ikä vaikutti erittäin vähän kaularangan koukistaja- ja ojentajalihasten isometrisiin voimantuotto-ominaisuuksiin.

Tulosten reliabiliteetti

Tutkimuksen -1 -mittaus oli kontrollimittaus varsinaiselle PRE-mittaukselle. T-testin tulosten mukaan mittaukset olivat erittäin toistettavat. Korrelaatioiden mukaan suuremmalla koehenkilöjoukolla (kaikki miehet omana ryhmänään ja naiset omanaan) mittausten toistettavuus oli hyvä kaikkien muuttujien osalta, mutta pienillä n:llä (ikäryhmät sukupuolittain) mittausten toistettavuus heikkeni etenkin ojentajien suhteen. ICC (intra-class correlation) antoi korrelaatioiden kanssa samansuuntaisia tuloksia, mutta tasaisesti parempia.

Tämän aineiston osalta sekä CV (coefficient of variation) että ICC osoittivat parhaimman toistettavuuden olevan maksimivoimalla. Muiden muuttujien CV ja ICC vaihtelivat erittäin paljon, erityisesti voima-aika -käyrän muuttujien kohdalla. CV:ta ja ICC:tä olisi ehkä voitu parantaa useammilla alkumittauksilla. Näin koehenkilöillä olisi ollut mahdollisuus oppia suoritukset paremmin. Lisäksi kaularangan lihasten parempi lämmittely ennen maksimisuorituksia olisi voinut parantaa tuloksia, mutta toisaalta kaularangan pienten lihasten voimakas lämmittely voi myös nopeasti heikentää todellisia maksimituloksia. Myös mittausasennolla ja sen muutoksilla voi olla vaikutusta mittausten toistettavuuteen. Y-laitteen on todettu mittaavan luotettavasti ja toistettavasti kaularangan lihasten maksimivoimia (Julin ja Virtapohja 1996; Ylinen ym. 1999). Kyseisissä tutkimuksissa ei kuitenkaan tarkasteltu maksimivoiman lisäksi muita

voimantuotto-ominaisuuksia. Maksimivoiman on todettu olevan toistettavampi muuttuja kuin voima-aika- ja voimantuottonopeuden muuttujat myös isometrisessä jalkojen ojennuksessa (Viitasalo 1980). Siten kaularangan lihasten tulosten vaihtelua ei voida pitää erityisen poikkeavana, sillä jo suorituksena kaularangan maksimivoimien tuottaminen on huomattavasti hankalampaa kuin jalkojen ojennuksessa.

Sukupuoli ja maksimivoima

Kaularangan lihaksiston maksimivoiman ero on samanlainen sukupuolten välillä verrattuna muiden lihasten maksimivoimaan. Naisten kaularangan ojentajalihasten maksimivoima oli tässä tutkimuksessa 61 % miesten vastaavasta voimasta. Muihin tutkimuksiin verrattuna naiset näyttäisivät tuottavan yläraajoissa (Laubach 1976; Kroll ym. 1990; Miller ym. 1993) hieman vähemmän ja alaraajoissa (Miller ym. 1993; Bäckman ym. 1995; Häkkinen ym. 1996) taas hieman enemmän voimaa suhteessa miehiin kuin kaularangan ojentajissa. Vartalon ojentajien voiman prosentuaalinen ero (Nicolaisen ja Jørgensen 1985; Kumar ym. 1995) on lähinnä tämän tutkimuksen tulosta.

Tässä tutkimuksessa naisten kaularangan koukistajien maksimivoima oli 50 % miesten vastaavasta voimasta. Sukupuolten välistä voimantuottosuhdetta kaularangan koukistajien osalta voitaisiin parhaiten verrata kyynärnivelen ja puristusvoiman voimasuhdetuloksiin. Polven ja vartalon koukistajissa naiset näyttäisivät tuottavan selvästi enemmän voimaa kuin yläraajojen koukistajissa suhteessa miehiin. (Nicolaisen ja Jørgensen 1985; Bell ja Jacobs 1986; Kroll ym. 1990; Bäckman ym. 1995; Kumar ym. 1995; West ym. 1995)

Tässä tutkimuksessa naisten kaularangan koukistajalihasten voima oli 44 % ojentajalihasten voimasta, kun vastaava luku oli miehillä 54 %. Tulos osoittaa naisten kaulalihaksiston olevan selvästi niskalihaksistoa heikompi verrattuna miesten vastaavaan suhteeseen. Naisten kaula- ja niskalihasten ero (44%) voi suurelta osin johtua siitä, että koehenkilöt oli tietoisesti valittu kevyttä työtä tekevistä, vähän liikuntaa harrastavista ihmisistä. Naispesäpalloilijoilla kaulalihasten voiman on todettu olevan 53 % niskalihasten voimasta ja painia harrastavilla miehillä peräti 75 % (Julin ja Virtapohja

1996). Lihasten käytön on todettu vaikuttavan lihasten poikkipinta-aloihin (Rezasoltani ym. 1999) ja siten myös oletettavasti parantavan lihastasapainosuhdetta.

Selkätutkimuksissa on todettu, että selkä- ja vatsalihasten tulisi olla voimiltaan tasapainossa, jolloin koukistajalihasten voiman on suositeltavaa olla n. 80 % ojentajalihasten voimasta. Tätä oletusta tukee mm. Nicolaisen ja Jørgensenin (1985) tulos, jossa naisten vatsalihasten voima oli 78 % selkälihasten voimasta ja miehillä vastaava luku oli 87 %. Kaularangan alueen lihaksisto on vastaavanlainen kuin alaselän lihaksisto. Sen vuoksi samantapaisen suosituksen voisi asettaa myös kaularangan alueen lihaksistolle, mutta ensin tämän alueen lihaksiston voimantuottoa on tutkittava laajemmin, jotta ns. normaaliväestön lihasvoimatasot saadaan määritettyä.

Maksimivoima suhteutettiin myös koehenkilön painoon ja niskan ympärystään. Molempien lihasryhmien ja kaikkien ikäryhmien osalta, lukuunottamatta vanhinta ikäryhmää, miesten ja naisten välinen ero oli merkitsevä. Tutkimuksen tulos kaularangan lihasten osalta ei tue tietoa, että sukupuolten välinen ero lihasvoimassa pienenee tai jopa häviää kokonaan, kun voima suhteutetaan painoon tai lihaksen poikkipinta-alaan. Tosin lihasten poikkipinta-aloja ei tutkittu, vaan vastaavana mittauksena käytettiin niskan ympärystettä, joka on epätarkka ja sisältää lihasten lisäksi myös muut rakenteet.

Naisten koukistajalihasten pientä voimaa voi selittää se, että kaulan lihaksisto on pieni verrattuna niskan lihaksistoon ja naisten lihaksisto on selvästi miesten lihaksistoa pienempi. Tämä ei kuitenkaan selitä eroa kokonaan, sillä molemmilla sukupuolilla lihaksisto on suhteessa samanlainen molemmin puolin - myös miesten kaulalihaksisto on niskalihaksistoa pienempi. Petrofsky ja Phillips (1982) selittävät omassa tutkimuksessaan kaularangan lihaskestävyyden tuloksia mm. valtimoiden järjestäytymisellä eri tavoin eri puolilla kaularankaa sekä solusuhteella eli niskalihaksissa olisi enemmän hitaita soluja. Koukistajalihasten voiman suurta eroa miesten ja naisten välillä saattaisi siis osaltaan selittää se, että naisilla olisi enemmän hitaita lihassoluja kuin

miehillä. Lisäksi voimatason eroon vaikuttavat myös miesten suurempi motoristen yksiköiden aktivointikyky ja suurempi testosteronitaso kuin naisilla.

Sukupuoli ja voimantuottonopeus

Molempien lihasryhmien voimantuottonopeudet sekä voima - aika -käyrän muuttujat olivat miehillä merkitsevästi suuremmat kuin naisilla. Tulos oli muista lihasryhmistä raportoitujen voimantuottonopeuksien kanssa samansuuntainen (Ryushi ym. 1988 ja Häkkinen 1990, 171). Naisten voimantuottonopeus oli ojennussuunnassa 62 % miesten ojennussuunnan voimantuottonopeudesta ja 47 % koukistussuunnan voimantuottonopeudesta. Naisten jalkojen ojentajalihasten voimantuottonopeuden on todettu olevan 57 % miesten vastaavasta tuloksesta (Häkkinen ym. 1996). Tähän tulokseen verrattuna naisten niskalihasten voimantuottonopeus on lähes samansuuruinen, mutta kaulalihasten voimantuottonopeus on selvästi pienempi. Tätä tulosta on vaikea selittää, mutta voidaan olettaa, että naisilla saattaa olla hieman varovaisempi tapa tuottaa koukistajalihasten maksimivoimia kuin miehillä ja lisäksi mahdolliset erot solusuhteissa voivat vaikuttaa tuloksiin.

Sukupuoli ja lihaskestävyys

Tässä tutkimuksessa miehet pitivät 60 %:n voimatasoa yllä ojennukseen noin minuutin ja koukistukseen noin 30 sekuntia, kun Petrofskyn ja Phillipsin (1982) tutkimuksessa miehet pitivät 55 %:n voimatasoa ojennukseen peräti 13 minuuttia ja koukistukseen 1 minuutin. Tuloksissa on huomattava ero etenkin ojennukseen, vaikka voimatason ero on vain 5 %. Mahdollinen selitys tälle voi olla se, että Petrofskyn ja Phillipsin (1982) tutkimuksessa oli vain 4 koehenkilöä (keski-ikä 25.5 v), jotka olivat ammatiltaan lentäjiä. Siten heillä täytyy olla jo ammattinsa puolesta vahvat kaularangan lihakset.

Mielenkiintoinen ero väsytyssuorituksen kestossa oli se, että naiset olivat kestävämpiä kuin miehet molemmissa lihasryhmissä. Naisten ojennuksen tulos oli noin 40 % ja koukistuksen noin 10 % parempi kuin miehillä. Naisten on todettu olevan myös muissa lihasryhmissä miehiä kestävämpiä: polven ojentajien isometrisessä kestävyys-suorituksessa (50 %:n voimataso) naiset olivat 11 % kestävämpiä (Maughan

ym. 1986) ja selkälihasten osalta 48 % kestävämpiä (60 %:n voimataso) (Nicolaisen ja Jørgensen 1985). Kaularangan lihasten kestävyys noudattelee siten muiden lihasten kestävyksiä naisten ja miesten välillä.

Pään pystyasennon ylläpitoon miehillä on käytettävissä selvästi suurempi absoluuttinen voima kuin naisilla. Naisten kaularangan lihaskestävyys on parempi kuin miesten, kun sitä mitataan omaan maksimivoimaan suhteutettuna – kuten tässä tutkimuksessa tehtiin. Mitattaessa selinmakuulla oman pään kannattelua, naisten lihaskestävyys on selvästi miehiä heikompi (Mälkiä 1983). Nämä vastakkaiset tulokset ovat mielenkiintoisia, kun muistetaan, että molemmilla sukupuolilla pää painaa noin 4-5 kg ja, että naisilla on todettu olevan selvästi enemmän niska-hartiaseudun kipuja kuin miehillä. Siten sukupuolen, lihasvoiman ja –kestävyyden sekä pään painon ja niskakipujen yhteyksiä olisi syytä tutkia tarkemmin.

Nicolaisen ja Jørgensen (1985) ovat pyrkineet selittämään lihaskestävyyden eroja selkälihaksissa seuraavilla tavoilla: 1) oksitosiinin (oxytocin) verenvirtausta lisäävällä vaikutuksella supistuvissa lihaksissa; 2) nopeiden ja hitaiden solujen suhteella; 3) sukupuolihormonien vaikutuksella; 4) lihasten sisäisellä paineella ja 5) lihasten verenkierron eroilla. Tärkeimpinä he pitävät lihasten sisäistä painetta ja lihasten verenkiertoa, joiden he olettavat olevan naisilla ja miehillä erilaisen riippuen suhteellisen voiman tasosta. Nämä oletukset selittävät myös tämän tutkimuksen kestävyiden eroja naisten ja miesten välillä. Lisäksi naisten kestävämpää suoritusta erityisesti ojennussuuntaan voi selittää se, että naisten heikot kaulalihakset eivät tue kaularankaa edestäpäin riittävästi ja silloin niskalihakset joutuvat työskentelemään huomattavasti enemmän ja isometrisemmin pitääkseen pään asentoa yllä.

Ikä ja voimantuotto-ominaisuudet

Useissa aikaisemmissa lihasvoiman ja iän yhteyttä käsittelevissä tutkimuksissa on todettu, että lihasvoima laskee vain vähän 50 - 60 -vuotiaaksi asti, mutta alkaa heiketä sen jälkeen selvemmin (Asmussen ja Heebøll-Nielsen 1962; Larsson ym. 1979; Booth ym. 1994; Bäckman ym. 1995). Näiden tulosten perusteella voidaan todeta, että myös

kaularangan lihasten voima pysyy lähes muuttumattomana ainakin 55 -vuotiaaksi asti. Saatuja tuloksia ei kuitenkaan voida verrata muihin tutkimuksiin, sillä iän vaikutuksesta kaularangan lihasten voimantuottoon ei löydetty julkaistuja raportteja. Tulkintaa vaikeuttaa lisäksi se, että yli 55 -vuotiaiden henkilöiden kaularangan lihasten voimantuotto-ominaisuuksista ei ole raportoitu lainkaan tutkimustuloksia.

Tämän tutkimuksen koehenkilöiden kapea ikäjakauma selittää sen, että voimantuotto-ominaisuudet eivät heikentyneet kaularangan koukistaja- ja ojentajalihaksissa iän lisääntyessä. Iän ei myöskään todettu selvästi vaikuttavan painoon tai niskan ympärysmittaan suhteutettuun lihasvoimaan kummassakaan lihasryhmässä. Iän ei todettu lainkaan vaikuttavan kaularangan lihasten lihaskestävyyteen. Tämä tulos on samansuuntainen muiden tutkimusten kanssa, jotka ovat tutkineet lihaskestävyyden ja iän välistä suhdetta (Bäckman ym. 1995; Smolander ym. 1998).

Ikä vaikutti selvimmin ojennuksen nopeaan voimantuottoon: sekä miesten että naisten nuorin ikäryhmä tuotti voima-aika -käyrän alkuosassa selvästi enemmän voimaa verrattuna muihin ikäryhmiin. Tulos viittaisi siihen, että eri voimantuotto-ominaisuuksista juuri nopea voimantuotto on kaikkein herkin ikämuutoksille, erityisesti ojennuksen agonistit. Viljanen ja Kujala (1990) esittävät tutkimuksessaan samansuuntaisia ajatuksia. Heidän mukaansa iän vaikutus alkaisi näkyä ensin ojentajien maksimivoiman heikkenemisenä. Vaikka tämän tutkimuksen maksimivoimassa ei ole vielä havaittavissa voiman heikkenemistä, ojennuksen nopeaan voimantuottoon ikä on kuitenkin jo alkanut vaikuttaa. Erityisesti nopeiden motoristen yksiköiden aktivoituminen on saattanut hieman heikentyä ja se näkyy ensimmäisenä juuri voima-aika -käyrän alkuosalla. Voitaisiin myös olettaa, että ojennuksen aikana antagonistit aktivoituisivat vanhimmilla ikäryhmillä enemmän kuin nuorimmalla ja siten koaktivaatio estäisi nopeaa ojennusta, mutta koaktivaation vaikutusta ei ole kuitenkaan havaittu (Valkeinen ym. 1998).

Väsytyksen vaikutus voimantuotto-ominaisuuksiin

Väsytyssuoritus vaikutti kaikkiin voimantuotto-ominaisuuksiin heikentävästi sekä naisilla että miehillä. Voimantuottonopeuden muutokset viittaisivat siihen, että

molempien sukupuolten koukistajalihasten nopeat lihassolut ovat väsyneet enemmän kuin ojentajien nopeat solut. Lisäksi tulosten perusteella voitaisiin olettaa, että koehenkilöt ovat pitäneet koukistuksen vaadittua voimatasoa lähemmäs todellista uupumusta kuin ojennuksen voimatasoa. Toisaalta kaularangan koukistajalihaksilla ei juuri koskaan tarvitse tehdä jokapäiväisessä elämässä maksimaalista väsytyssuoritusta ja siten kaulan etuosan pienet lihakset eivät ole tottuneet näin suureen rasitukseen. Vaikka väsytyksen jälkeen kaikissa voimantuotto-ominaisuuksissa tapahtui heikkenemistä, ne eivät kuitenkaan olleet merkitseviä iän suhteen. Ainoastaan miesten nuorin ryhmä erosi koukistuksen voima-aika -käyrän alkuosassa muista ikäryhmistä. Iän vähäistä vaikutusta saattaa osaltaan selittää se, että koehenkilöiden ikäjakauma oli pieni.

Jatkotutkimusehdotuksia

Tämän tutkimuksen tuloksia 18 - 55 -vuotiaiden miesten ja naisten kaularangan koukistaja- ja ojentajalihasten isometrisista voimantuotto-ominaisuuksista ja lihaskestävyydestä ei voida kovin paljon yleistää, sillä otos oli pieni ja koehenkilöt oli valittu tiettyjen kriteerien perusteella. Lisäksi kaularangan lihasten voimantuotto-ominaisuuksia on tutkittu eri ikäisiltä ihmisiltä niin vähän, että tarvitaan lisää tutkimuksia tuloksien yleistämiseksi. Tulosten toistettavuuteen ja luotettavuuteen vaikuttaa myös käytetty dynamometri (Y-laite) ja mittausasento. Asennon voimakas stabilointi voi aiheuttaa muutoksia koehenkilön istuma-asentoon ja siten myös kaularangan asentoon eri mittauskerroilla. Tulosten luotettavuutta lisää kuitenkin se, että kaikki koehenkilöt mittasi sama mittaaja. Siten asetelut, koehenkilöiden ohjaus ja mittaukset on toteutettu samoin joka kerta.

Niskahartiaseudun (= NHS:n) kipujen vähentämiseksi ja/tai ehkäisemiseksi olisi löydettävä sopivia menetelmiä, mm. tutkittuun tietoon perustuvia hoito-, kuntoutus- ja kuntoilumuotoja. NHS:n kipuihin vaikuttaa kuitenkin useat eri tekijät ja sen vuoksi vain yhtä ratkaisukeinoa ei ole olemassa. Fysioterapiassa NHS:n kivuista kärsiville asiakkaille ohjataan punttijumppaa ja erilaisia kaularangan lihasten voimaa lisääviä liikkeitä. Näiden ohjeiden taustalla ei kuitenkaan ole riittävästi tieteellisesti tutkittua tietoa kaularangan lihasten voimatasoista terveiltä eikä myöskään NHS:n ongelmista

kärsiviltä. Fysioterapeuttien käytössä ei myöskään ole luotettavia ja tutkittuja mittareita eikä ns. viitearvoja lihasten voimatasoista kuntoutuksen vaikuttavuuden seuraamiseksi.

Fysioterapiassa käytettävien NHS:n harjoitus- ja hoitomenetelmien vaikutusten seuraamiseksi ja tutkimiseksi on jatkossa tehtävä lisätutkimuksia kaularangan lihasten voimantuotto-ominaisuuksista. Jatkotutkimuksissa tulisi ensin keskittyä terveiden eri ikäisten koehenkilöiden kaularangan lihasten voimantuoton ja lihaskestävyyden tutkimiseen sekä isometrisesti että dynaamisesti ja yksinkertaisten kenttätyöhön soveltuvien testien ja mittareiden kehittämiseen. Myös erilaisten harjoitusmenetelmien vaikutuksia ko. lihasten voimaominaisuuksien kehittämiseksi eri ikäisillä on tutkittava. Vasta näiden ns. perustutkimusten jälkeen voidaan lähteä tutkimaan NHS:n kipujen ehkäisemiseen tarkoitettujen menetelmien vaikutuksia ja kivuista kärsivien potilaiden voimatasoja ja voimatasojen kehittämistä.

Tämän tutkimuksen johtopäätöksenä voidaan todeta, että 18 - 55 -vuotiaiden kaularangan koukistaja- ja ojentajalihasten maksimaalinen isometrinen lihasvoima ja voimantuottonopeus ovat selvästi suuremmat miehillä kuin naisilla, mutta naisilla on kyseisten lihasten isometrinen lihaskestävyys (60 % MVC) parempi kuin miehillä. Isometrinen väsytyks aiheuttaa sekä miehillä että naisilla maksimivoiman ja voimantuottonopeuden suuremman heikkenemisen kaularangan koukistajissa kuin ojentajissa. Pään ja kaularangan antropometrisistä ominaisuuksista niskan ympärysmittalla on eniten ennustearvoa arvioitaessa koukistaja- ja ojentajalihasten maksimivoimaa.

Aikaisemmat tutkimukset muista lihasryhmistä osoittavat, että ikä ei vaikuta kovinkaan paljon maksimivoiman heikkenemiseen ennen 50 - 60 -ikävuotta. Tämä tutkimus osoitti, että sama näyttäisi pitävän paikkansa myös kaularangan lihasten osalta. Eri voimantuotto-ominaisuuksista voimantuottonopeuden todettiin olevan ikääntymisen herkin muuttuja. Ikä näyttäisi vaikuttavan erityisesti kaularangan ojentajalihasten nopean voimantuoton hidastumiseen aikaisemmin kuin koukistajien. Lisätutkimusten tarve suuremmilla ja ikäjakaumaltaan laajemmilla koehenkilöjoukoilla on kuitenkin ilmeinen.

LÄHTEET

Aaråst A, Veierød MB, Larsen S, Örtengren R, Ro O. 1996. Reproducibility and stability of normalized EMG measurements on musculus trapezius. *Ergonomics* 39:2, 171-185.

Asmussen E, Heebøll-Nielsen K. 1962. Isometric muscle strength in relation to age in men and women. *Ergonomics* 5:1, 167-169.

Bell DG, Jacobs I. 1986. Electro-mechanical response times and rate of force development in males and females. *Med Sci Sports Exerc* 18:1, 31-36.

Bemben MG, Massey BH, Bemben DA, Misner JE, Boileau RA. 1991. Isometric muscle force production as a function of age in healthy 20- to 74-yr-old men. *Med Sci Sports Exerc* 23:11, 1302-1310.

Berg HE, Berggren G, Tesch PA. 1994. Dynamic neck strength training effect on pain and function. *Arch Phys Med Rehabil* 75:6, 661-665.

Booth FW, Weeden SH, Tseng BS. 1994. Effect of aging on human skeletal muscle and motor function. *Med Sci Sports Exerc* 26:5, 556-560.

Bovim G, Schrader H, Sand T. 1994. Neck pain in the general population. *Spine* 19:12, 1307-1309.

Bäckman E, Johansson V, Häger B, Sjöblom P, Henriksson KG. 1995. Isometric muscle strength and muscular endurance in normal persons aged between 17 and 70 years. *Scand J Rehab Med* 27:2, 109-117.

Castro MJ, McCann DJ, Shaffrath JD, Adams WC. 1995. Peak torque per unit cross-sectional area differs between strength-trained and untrained young adults. *Med Sci Sports Exerc* 27:3, 397-403.

Conley MS, Stone MH, Nimmons M, Dudley GA. 1997. Specificity of resistance training in neck muscle size and strength. *Eur J Appl Physiol* 75:5, 443 - 448.

Era P, Lyyra AL, Viitasalo JT, Heikkinen E. 1992. Determinants of isometric muscle strength in men of different ages. *Eur J Appl Physiol* 64:1, 84-91.

Gogia PP, Sabbahi MA. 1991. Changes in fatigue characteristics of cervical paraspinal muscles with posture. *Spine* 16:10, 1135-1140.

Gogia PP, Sabbahi MA. 1994. Electromyographic analysis of neck muscle fatigue in patients with osteoarthritis of the cervical spine. *Spine* 19:5, 502-506.

Guyton AC. 1991. Textbook of medical physiology. 8. painos. W.B. Saunders Company, Philadelphia.

Hamilton N. 1996. Source document position as it affects head position and neck muscle tension. *Ergonomics* 39:4, 593-610.

Hansson G-Å, Strömberg U, Larsson B, Ohlsson K, Balogh I, Moritz U. 1992. Electromyographic fatigue in neck/shoulder muscles and endurance in women with repetitive work. *Ergonomics* 35:11, 1341-1352.

Harms - Ringdahl K, Schüldt K. 1989. Maximum neck extension strength and relative neck muscular load in different cervical spine positions. *Clinical Biomech* 4:1, 17-24.

Highland TR, Dreisinger TE, Vie LL, Russell GS. 1992. Changes in isometric strength and range of motion of the isolated cervical spine after eight weeks of clinical rehabilitation. *Spine, Suppl.* 17:6, S77-S82.

Häkkinen K. 1990. Voimaharjoittelun perusteet. Gummerus Kirjapaino Oy: Jyväskylä.

Häkkinen K. 1993. Neuromuscular fatigue and recovery in male and female athletes during heavy resistance exercise. *Int J Sports Med* 14:2, 53-59.

Häkkinen K. 1995. Neuromuscular fatigue and recovery in women at different ages during heavy resistance loading. *Electromyogr Clin Neurophysiol* 35:7, 403-413.

Häkkinen K, Häkkinen A. 1991. Muscle cross-sectional area, force production and relaxation characteristics in women at different ages. *Eur J Appl Physiol* 62:6, 410-414.

Häkkinen K, Kraemer WJ, Kallinen M, Linnamo V, Pastinen U-M, Newton RU. 1996. Bilateral and unilateral neuromuscular function and muscle cross-sectional area in middle-aged and elderly men and women. *J Gerontology: Biological Sciences* 51A:1, B21-B29.

Häkkinen K, Pakarinen A. 1993. Muscle strength and serum testosterone, cortisol and SHBG concentrations in middle-aged and elderly men and women. *Acta Physiol Scand* 148:2, 199-207.

Hämäläinen O, Vanharanta H, Bloigu R. 1994. +Gz-Related neck pain: a follow-up study. *Aviat Space Environm Med* 65:1, 16-18.

Jacobs K, Nichols J, Holmes B, Buono M. 1995. Isometric cervical extension strength of recreational and experienced cyclists. *Can J Appl Physiol* 20:2, 230-239.

Jensen BR, Schibye B, Sögaard K, Simonsen EB, Sjøgaard G. 1993. Shoulder muscle load and muscle fatigue among industrial sewing-machine operators. *Eur J Appl Physiol* 67:5, 467-475.

Julin M, Virtapohja H. 1996. Niskalihasten isometrinen maksimivoimamittausten toistettavuus kahdella eri dynamometrillä. Jyväskylän yliopisto. Fysioterapian pro gradu.

- Jørgensen K, Fallentin N, Krogh-Lund C, Jensen B.* 1988. Electromyography and fatigue during prolonged, low-level static contractions. *Eur J Appl Physiol* 57:3, 316-321.
- Kahle W, Leonhardt H, Platzer W.* 1986. Locomotor system. Color atlas/text of human anatomy, vol.1. 3. painos. Georg Thieme Verlag: Stuttgart.
- Kapandji IA.* 1988. The physiology of the joints. Volume 3: The trunk and the vertebral column. Churchill Livingstone: Edinburgh.
- Kilbom Å.* 1988. Isometric strength and occupational muscle disorders. *Eur J Appl Physiol* 57:3, 322-326.
- Kroll WP, Bultman LL, Kilmer WL, Boucher J.* 1990. Anthropometric predictors of isometric arm strength in males and females. *Clin Kinesiol* 44:1, 5-11.
- Kumar S, Dufresne RM, Van Schoor T.* 1995. Human trunk strength profile in flexion and extension. *Spine* 20:2, 160-168.
- Laforest S, St-Pierre DMM, Cyr J, Gayton D.* 1990. Effects of age and regular exercise on muscle strength and endurance. *Eur J Appl Physiol* 60:2, 104-111.
- Larsson L, Grimby G, Karlsson J.* 1979. Muscle strength and speed of movement in relation to age and muscle morphology. *J Appl Physiol: Respirat Environ Exerc Physiol* 46:3, 451-456.
- Larsson L, Karlsson J.* 1978. Isometric and dynamic endurance as a function of age and skeletal muscle characteristics. *Acta Physiol Scand* 104:2, 129-136.
- Larsson S-E, Cai H, Öberg PÅ.* 1993. Microcirculation in the upper trapezius muscle during varying levels of static contraction, fatigue and recovery in healthy women - a study using percutaneous laser-Doppler flowmetry and surface electromyography. *Eur J Appl Physiol* 66:6, 483-488.
- Laubach LL.* 1976. Comparative muscular strength of men and women: a review of the literature. *Aviat Space Environ Med* 47:5, 534-542.
- Leggett SH, Graves JE, Pollock ML, Shank M, Carpenter DM, Holmes B, Fulton M.* 1991. Quantitative assessment and training of isometric cervical extension strength. *Am J Sports Med* 19:6, 653-659.
- Levoska S.* 1993. Toimistotyötä tekevien naisten niska-hartiaoireet: esiintyvyys, oireisiin yhteydessä olevat tekijät ja kahden hoitomenetelmän vertailu. Väitöskirja. Oulun yliopisto.

Levoska S, Keinänen-Kiukaanniemi S. 1993. Active or passive physiotherapy for occupational cervicobrachial disorders? A comparison of two treatment methods with a 1-year follow-up. *Arch Phys Med Rehabil* 74:4, 425-430.

Levoska S, Keinänen-Kiukaanniemi S, Hämäläinen O, Jämsä T, Vanharanta H. 1992. Reliability of a simple method of measuring isometric neck muscle force. *Clinical Biomech* 7:1, 33-37.

Lexell J, Henriksson-Larsen K, Winblad B, Sjöström M. 1983. Distribution of different fiber types in human skeletal muscles: effects of aging studied in whole muscle cross sections. *Muscle & Nerve* 6:8, 588-595.

Lexell J, Taylor CC, Sjöström M. 1988. What is the cause of the ageing atrophy? Total number, size and proportion of different fiber types studied in whole vastus lateralis muscle from 15- to 83-year-old men. *J Neurolog Sci* 84, 275-294.

MacIntosh BR, Herzog W, Suter E, Wiley JP, Sokolosky J. 1993. Human skeletal muscle fibre types and force: velocity properties. *Eur J Appl Physiol* 67:6, 499-506.

Maughan RJ, Harmon M, Leiper JB, Sale D, Delman A. 1986. Endurance capacity of untrained males and females in isometric and dynamic muscular contractions. *Eur J Appl Physiol* 55:4, 395-400.

Mayoux - Benhamou MA, Wybier M, Revel M. 1989. Strength and cross-sectional area of the dorsal neck muscles. *Ergonomics* 32:5, 519-526.

Mayoux - Benhamou MA, Revel M. 1993. Influence of head position on dorsal neck muscle efficiency. *Electromyogr Clin Neurophysiol* 33:3, 161-166.

McArdle WD, Katch FI, Katch VL. 1991. Exercise physiology: energy, nutrition and human performance. 3. painos. Lea & Febiger: Philadelphia.

Miller AEJ, MacDougall JD, Tarnopolsky MA, Sale DG. 1993. Gender differences in strength and muscle fiber characteristics. *Eur J Appl Physiol* 66:3, 254-262.

Mäkelä M, Heliövaara M, Sievers K, Impivaara O, Knekt P, Aromaa A. 1991. Prevalence, determinants and consequences of chronic neck pain in Finland. *Am J Epidemiol* 134:11, 1356-1367.

Mälkiä E. 1983. Eräät lihasten suorituskykymittaukset fyysisen toimintakykyisyyden kuvaajana suomalaisessa aikuisväestössä. Kansaneläkelaitoksen julkaisuja AL:23. Vammalan Kirjapaino Oy, Vammala.

Mälkiä E. 1993. Strength and aging: patterns of change and implications for training. In Harms-Ringdahl K. (ed.), *Muscle strength*. Churchill Livingstone, Edinburgh.

- 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. *Scand J Med Sci Sports* 4:1, 82-87.
- Nakao M, Inoue, Murakami H.* 1989. Aging process of leg muscle endurance in males and females. *Eur J Appl Physiol* 59:3, 209-214.
- Nicolaisen T, Jørgensen K.* 1985. Trunk strength, back muscle endurance and low-back trouble. *Scand J Rehab Med* 17:3, 121-127.
- Niemi S, Levoska S, Kemilä J, Rekola K, Keinänen-Kiukaanniemi S.* 1996. Neck and shoulder symptoms and leisure time activities in high school students. *JOSPT* 24:1, 25-29.
- Nitz JC, Burns YR, Jackson RV.* 1995. Development of a reliable test of (neck) muscle strength and range in myotonic dystrophy subjects. *Physiotherapy Theory and Practice* 11:4, 239-244.
- Petrofsky JS, Phillips CA.* 1982. The strength-endurance relationship in skeletal muscle: its application to helmet design. *Aviat Space Environ Med* 53:4, 365-369.
- Pollock ML, Graves JE, Bamman MM, Leggett SH, Carpenter DM, Carr C, Cirulli J, Matkozich J, Fulton M.* 1993. Frequency and volume of resistance training: effect on cervical extension strength. *Arch Phys Med Rehabil* 74:10, 1080-1086.
- Porterfield, DeRosa C.* 1995. Mechanical neck pain. Perspectives in functional anatomy. W.B. Saunders company, Philadelphia.
- Rezasoltani A, Mälkiä E, Vihko V.* 1999. Neck muscle ultrasonography of male weightlifters, wrestlers and controls. *Scand J Med Sci Sports (painossa)*.
- Rodriguez AA, Bilkey WJ, Agre JC.* 1992. Therapeutic exercise in chronic neck and back pain. *Arch Phys Med Rehabil* 73:9, 870-5.
- Ryushi T, Häkkinen K, Kauhanen H, Komi PV.* 1988. Muscle fiber characteristics, muscle cross-sectional area and force production in strength athletes, physically active males and females. *Scand J Sports Sci* 10:1, 7-15.
- Sjøgaard G, Kiens B, Jørgensen K, Saltin B.* 1986. Intramuscular pressure, EMG and blood flow during low-level prolonged static contraction in man. *Acta Physiol Scand* 128:3, 475-484.
- Sjøgaard G, Savard G, Juel C.* 1988. Muscle blood flow during isometric activity and its relation to muscle fatigue. *Eur J Appl Physiol* 57:3, 327-335.

Smolander J, Aminoff T, Korhonen I, Tervo M, Shen N, Korhonen O, Louhevaara V. 1998. Heart rate and blood pressure responses to isometric exercise in young and older men. *Eur J Appl Physiol* 77:5, 439-444.

Stamford B. 1987. Fast-twitch and slow-twitch muscle fibers. *Physic Sportsmed* 15:5, 205.

Staudte HW, Duhr N. 1994. Age- and sex-dependent force-related function of the cervical spine. *Eur Spine J* 3, 155-161.

Stålberg E, Borges O, Ericsson M, Essen-Gustavsson B, Fawcett PRW, Nordesjö LO, Nordgren B, Uhlin R. 1989. The quadriceps femoris muscle in 20 - 70 -year-old subjects: relationship between knee extension torque, electrophysiological parameters, and muscle fiber characteristics. *Muscle & Nerve* 12;5, 382-389.

Sunnegårdh J, Bratteby L-E, Nordesjö L-O, Nordgren B. 1988. Isometric and isokinetic muscle strength, anthropometry and physical activity in 8 and 13 year old Swedish children. *Eur J Appl Physiol* 58:3, 291-297.

Tsunoda N, O'Hagan F, Sale DG, MacDougall JD. 1993. Elbow flexion strength curves in untrained men and women and male bodybuilders. *Eur J Appl Physiol* 66:3, 235-239.

Valkeinen H, Mälkiä E, Ylinen J, Alen M, Häkkinen K. 1998. Isometric force production characteristics and activation/co-activation of the neck muscles in extension and flexion actions in men and women at different ages. Abstract. In, Häkkinen K. (ed.), Conference Book of the International Conference on Weightlifting and Strength Training, November 10-12, 1998, Lahti, Finland, ss. 209-210. Gummerus Printing: Finland

Viitasalo J. 1980. Neuromuscular performance in voluntary and reflex contraction with special reference to muscle structure and fatigue. *Studies in sport, physical education and health* 12. University of Jyväskylä, Jyväskylä.

Viitasalo JT, Häkkinen K, Komi PV. 1981. Isometric and dynamic force production and fibre composition in man. *J Human Movem Stud* 7:1, 199-209.

Viitasalo JT, Komi PV. 1981. Effects of fatigue on isometric force- and relaxation-time characteristics in human muscle. *Acta Physiol Scand* 111:1, 87-95.

Viitasalo J, Raninen J, Liitsola S. 1985. Voimaharjoittelu - perusteet ja käytännön toteutus. Gummerus Oy: Jyväskylä.

Viljanen T, Kujala U. 1990. Isometric trunk extension and flexion strength of finnish urban women and men aged 25 - 55 years. In Telama R. (ed.), *Physical education and life-long physical activity: the proceedings of the Jyväskylä Sport Congress, June 17-22, 1989, at the University of Jyväskylä, Finland.* Foundation for Promotion of Physical Culture and Health. Refs:22, 550-559.

Viljanen T, Viitasalo JT, Kujala UM. 1991. Strength characteristics of a healthy urban adult population. *Eur J Appl Physiol* 63:1, 43-47.

Völlestad NK, Sejersted OM. 1988. Biochemical correlates of fatigue. A brief review. *Eur J Appl Physiol* 57:3, 336-347.

West W, Hicks A, Clements L, Dowling J. 1995. The relationship between voluntary electromyogram, endurance time and intensity of effort in isometric handgrip exercise. *Eur J Appl Physiol* 71:4, 301-305.

Ylinen JJ, Rezasoltani A, Julin MV, Virtapohja HA, Mälkiä EA. 1999. Reproducibility of isometric strength: measurement of neck muscles. *Clinical Biomechanics* 14:217-219.

Öberg T, Sandsjö L, Kadefors R, Larsson S-E. 1992. Electromyographic changes in work-related myalgia of the trapezius muscle. *Eur J Appl Physiol* 65:3, 251-257.

NISKA-HARTIASEUDUN JA OLKAPÄÄN OIREET

Kyllä, olen kiinnostunut tulemaan vapaaehtoiseksi koehenkilöksi kaula- ja niskalihasten voima- ja kestävyysmittauksiin.

Nimi _____

Sukupuoli 1 = mies 2 = nainen

Ikä 1 = 18 - 25 -vuotta
2 = 30 - 37 -vuotta
3 = 45 - 55 -vuotta

Osoite _____

Puhelinnumero: työ _____ koti _____

email: _____

**TÄYTÄ OHEINEN LOMAKE JA PALAUTA SE VIEREISEEN LAATIKKOON
VIIMEISTÄÄN 14.3.1997 KLO 12.00 MENNESSÄ. KIITOS!**

Jos haluat kysyä tutkimuksesta, voit soittaa numeroon xxx/Heli Valkeinen.

Jyväskylässä 3.3.1997

Heli Valkeinen

NISKA-HARTIASEUDUN JA OLKAPÄÄN OIREET

1) Minkälainen on terveydentilasi ikäisiisi verrattuna?

- 1 = erittäin hyvä
- 2 = melko hyvä
- 3 = keskinkertainen
- 4 = melko huono
- 5 = erittäin huono

Onko sinulla jokin seuraavista pitkäaikaisista sairauksista, joka edellyttää lääkärin hoitoa tai valvontaa?

	Ei	Kyllä
2. Sokeritauti	1	2
3. Nivelreuma	1	2
4. Verenpainetauti	1	2
5. Muu pitkäaikainen sairaus	1	2
Mikä? _____		

6) Onko Sinulla tällä hetkellä kipuja niska-hartia-alueella?

- 1 = ei 2 = kyllä

7) Onko Sinulla ollut viimeisen 6 kuukauden aikana työtä tai harrastuksia haittaavia kipuja niska-hartia-alueella?

- 1 = ei 2 = kyllä

8) Onko Sinulla ollut koskaan yli 1 viikon kestäneitä jatkuvia työtä tai harrastuksia haittaavia kipuja niska-hartiaseudussa tai olkapäässä?

- 1 = ei 2 = kyllä

9) Onko Sinulle sattunut vakavaa, lääkärin hoitoa vaatinutta niska-hartiaseutuun kohdistunutta tapaturmaa (esim. nikaman murtuma, vaikea venähdysvamma ym.)?

- 1 = ei 2 = kyllä, vuonna _____

10) Onko Sinut leikattu niska-hartiaseudun sairauden vuoksi?

- 1 = ei 2 = kyllä, vuonna _____
Mikä leikkaus? _____

MITTAUSASENTOJEN MÄÄRITTELY

1. KOUKISTUSSUUNTA

- mittaukset suoritetaan mitattavan istuessa pyörillä liikkuvalla tuolilla
- tuolin korkeus säädetään siten, että polvet ovat 90 asteen kulmassa (merkitään ylös sekä tuolin asteikolta korkeus että lattiasta mitattu korkeus)
- kh istuu tuolissa ryhti ojennettuna
- kh istuu kasvot mittariin päin
- rintatuen (ylätuki) yläreuna asetetaan kainalovaon etureunan korkeudelle ja kiinnitysremmi fiksoidaan (merkitään ylös korkeus ja syvyys)
- lantiotuen (alatuki) yläreuna asetetaan suoliluun etureunan korkeudelle ja kiinnitysremmi fiksoidaan (merkitään ylös korkeus ja syvyys)
- mittausanturin alareuna asetetaan mediaalisten silmäkulmien korkeudelle keskelle
- pään asento on luonnollinen ja yksilöllinen, mutta mahdollisimman suora (niin, että kh voi luontevasti painaa anturia eikä tunne asentoa epämiellyttäväksi)
- kädet pidetään mittauksen aikana rentoina reisien lähentäjälihasten päällä, reisistä ei saa pitää kiinni
- alaraajat pidetään mittauksen aikana rentoina eikä jaloilla saa ponnistaa
- vartalolihakset pidetään rentoina eikä hartioita saa pyrkiä nostamaan/käntämään

2. OJENNUSSUUNTA

- mitattava istuu mittarista poispäin
- mittausanturin ja tukien korkeuksien tulisi olla samat kuin koukistussuunnan suorituksessa, mutta jos muutoksia joudutaan tekemään ne merkitään ylös
- muutoin kaikki ovat samoin kuin kohdassa 1.

Arvoisa koehenkilö

Tämä tutkimus "Kaularangan koukistaja- ja ojentajalihasten isometrinen lihasvoima, lihaskestävyys, voimantuottonopeus ja lihasaktiivisuus 18-55 -vuotiailla miehillä ja naisilla" kuuluu yhtenä osana Jyväskylän yliopiston terveystieteen- ja liikuntabiologian laitosten niskaprojektiin. Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää kaularangan koukistaja- ja ojentajalihasten perusfysiologista toimintaa lihasvoiman ja -kestävyyden ja lihasten aktivoitumisten osalta. Tämä tutkimus on poikkileikkaustutkimus ja sen vuoksi tutkimuskertoja on pääsääntöisesti yksi (vanhimmalla ikäryhmällä ja epäselvissä NHS:n kiputapauksissa kaikkien koehenkilöiden osalta lääkärintarkastus on ensimmäinen käyntikerta).

Mittauksiin kuuluvat seuraavat mittaukset: pään ympärysmitta ja paino, kaularangan pituus ja ympärysmitta, rasvaprosentti, kaularangan liikkuvuudet, pituus, paino sekä maksimaalinen isometrinen lihasvoima, kestävyys ja lihasaktiivisuudet (EMG). Lihasaktiivisuudet mitataan ns. pintaelektrodeilla lihasten päältä kaularangan ja yläselän alueelta (6 lihasryhmää). Mitään elimistön sisäisiä toimintoja ei tutkita (esim. verinäytteitä). Kaularangan lihaksistoa tutkitaan, jotta saataisiin tärkeää lisätietoa näiden lihasten toiminnasta. Saatuja tietoja voidaan hyödyntää mm. tutkittaessa niskahartiaseudun lihaskipujen syitä sekä suunniteltaessa niskahartiaseudun kivuista kärsivien kuntoutusta ja harjoittelua.

Kuten liikuntaan yleensä, niin myös tämän tutkimuksen mittauksiin liittyy riskejä. Kuormituskokeissa samoin kuin kovassa liikunnassa yleensä on olemassa sydämen ja verenkiertoelimistön ylikuormittumisen vaara. Pahimmassa tapauksessa voi seurata sydämen hapenpuute, rytmihäiriö tai muu kohtalokas häiriö normaalissa toiminnassa (esim. kaularangan välilevyrepeämä, aivoissa mahdollisesti olevan valtimopullistuman puhkeaminen voimakkaaseen ponnistukseen liittyvän valtimopaineen nousun vuoksi). Lihaskestävyyssmittauksen aikana isometrinen lihassupistus vaikeuttaa verenvirtausta suorittavien lihasten alueella ja sen vuoksi alueella tuntuu mahdollisesti voimakastakin lihaskipua. Kipu ei kuitenkaan ole vaarallista ja se häviää heti kun koehenkilö itse lopettaa kestävyysuorituksen.

Uudet ja erilaiset liikuntasuoritukset aiheuttavat yleensä lihaskipuja. Siten myös maksimaalinen lihasvoimamittaus kuormittaa kaularangan lihaksia tavallista päivittäistä räsitystä enemmän ja voi sen vuoksi aiheuttaa useita päiviä kestäviä lihaskipuja ja arkuutta kaularangan lihaksiin. Lihaskivun vuoksi kaularangan liikkuttaminen voi vaikeutua ja päänsärkyä voi esiintyä. Mittauslaitteet voivat aiheuttaa pieniä hiertymiä. Lisäksi EMG-elektrodien laitossa ihosta puhdistetaan ihokarvat ja kuollut solukko partakoneella ja hiekkapaperilla, mikä aiheuttaa pieniä kosmeettisia haittoja (esim. ihon punoitusta, kirvelyä) sekä voi altistaa elimistön tulehduksille. Infektiovaaraa pienennetään käyttämällä kertakäyttöpartakonetta ja hiekkapaperia koehenkilökohtaisesti. Tutkimuksessa ei ole lääkäri paikalla, mutta mahdollisiin komplikaatioihin on varauduttu tutkimusryhmään kuuluvan (fysiatri Jari Ylinen) lääkärin antamien ohjeiden mukaisesti. Vanhimman ikäryhmän koehenkilöt käyvät lääkärintarkastuksessa ennen tutkimuksen alkua ja kaikki koehenkilöt ovat vakuutettuja tutkimuksen ajan mahdollisen loukkaantumisen varalta.

Tutkijaryhmän mittaustuloksista tehdään opinnäytetöitä ja tieteelliset tutkimusraportit. Näitä käytetään hyväksi ymmärtämään kaularangan alueen lihaksiston toimintaa sekä kehittämään kuntoilun ja kuntoutuksen (mm. fysioterapia) harjoitusmenetelmiä. Tutkimustuloksia käsitellään luottamuksellisesti eikä koehenkilöiden nimiä julkaista. Tutkijaryhmän puolesta Heli Valkeinen voi selvittää mittauksia, niiden riskejä ja niistä saatavaa hyötyä yksityiskohtaisemmin. Jokainen koehenkilö saa em. henkilön puhelinnumeron jo ilmoittautuessaan vapaaehtoiseksi koehenkilöksi. Osallistuminen on siis täysin vapaaehtoista ja tutkittava voi kieltäytyä mittauksista ja hän saa keskeyttää kokeen milloin tahansa hän haluaa.

Olen tutustunut suoritettaviin mittauksiin ja olen ymmärtänyt mittausten tarkoituksen ja niihin liittyvät riski- ja hyötynäkökohdat. Suostun osallistumaan mittauksiin annettujen ohjeiden mukaisesti. Voin kuitenkin halutessani keskeyttää kokeen tai kieltäytyä mittauksista missä tahansa tutkimuksen vaiheessa.

Olen terve, eikä minulla ole tällä hetkellä niska-hartiaseudun- tai olkapään kipuja eikä mitään pitkäaikaista sairautta.

Nimi _____

Paikka ja aika _____

Taulukko 1. Miesten (kaikki, ryhmä 1=R1, ryhmä 2=R2, ryhmä 3=R3) PRE-mittauksen isometrinen maksimivoimien korrelaatiot (r) kaularangan antropometrinen muuttujien kanssa ojennuksessa ja koukistuksessa.

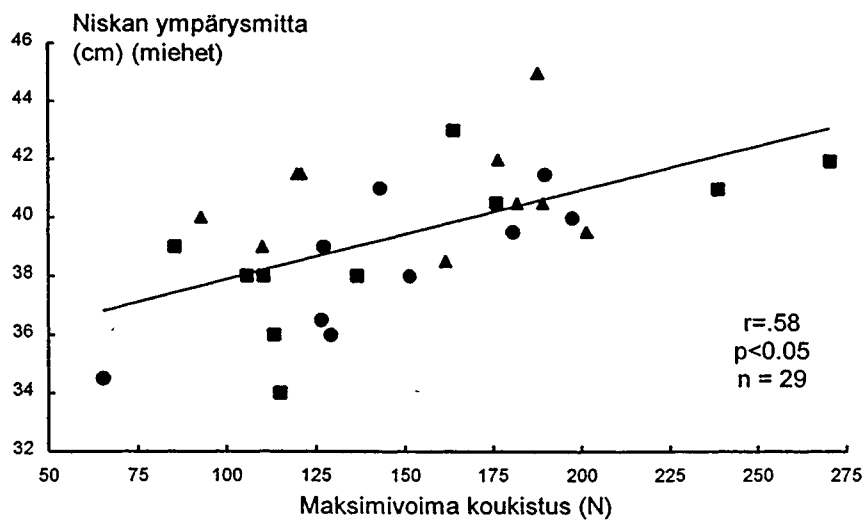
		Kaikki		R1		R2		R3	
		ojennus	koukistus	ojennus	koukistus	ojennus	koukistus	ojennus	koukistus
Pään									
ympärys (cm)	r	.52**	.17	.26	.17	.39	.19	.80**	.22
Pään									
paino (kg)	r	.56**	.03	.55	.32	.47	-.03	.64*	-.11
Niskan									
ympärys (cm)	r	.46*	.58**	.57	.81**	.76*	.67*	.43	.23
Niskan									
pituus (cm)	r	-.30	-.37*	-.63	-.47	-.49	-.37	-.14	-.29

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

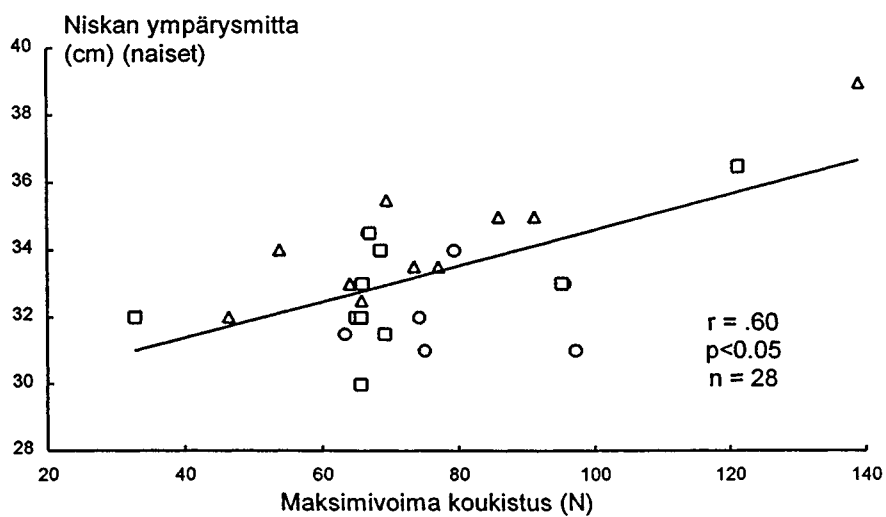
Taulukko 2. Naisten (kaikki, ryhmä 1=R1, ryhmä 2=R2, ryhmä 3=R3) PRE-mittauksen isometrinen maksimivoimien korrelaatiot (r) kaularangan antropometrinen muuttujien kanssa ojennuksessa ja koukistuksessa.

		Kaikki		R1		R2		R3	
		ojennus	koukistus	ojennus	koukistus	ojennus	koukistus	ojennus	koukistus
Pään									
ympärys (cm)	r	.15	.03	.05	-.11	.41	-.08	.18	.10
Pään									
paino (kg)	r	-.12	-.04	.06	-.36	-.14	-.04	-.05	-.03
Niskan									
ympärys (cm)	r	.29	.60**	.22	-.21	.03	.63*	.40	.90***
Niskan									
pituus (cm)	r	-.14	-.12	-.42	.08	-.00	.06	-.04	-.37

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$



Kuva 1. Miesten PRE-mittauksen isometrisen koukistuksen maksimivoiman (N) ja niskan ympärysmittan (cm) välinen korrelaatio (● = R1; ■ = R2; ▲ = R3).



Kuva 2. Naisten PRE-mittauksen isometrisen koukistuksen maksimivoiman (N) ja niskan ympärysmittan (cm) välinen korrelaatio (○ = R1; □ = R2; △ = R3).