

**IKÄÄNTYMISEN VAIKUTUS SEISOMAAN NOUSUN JA
ISTUUTUMISEN BIOMEKANIikkaAN**

Anu Valtonen

Pro gradu –tutkielma

Biomekaniikka

Syksy 2003

Liikuntabiologian laitos

Jyväskylän yliopisto

Työn ohjaaja Paavo V. Komi

TIIVISTELMÄ

Valtonen Anu.

Ikääntymisen vaikutus seisomaan nousun ja istuutumisen biomekaniikkaan.

Jyväskylän yliopisto.

Liikuntabiologian laitos.

Biomekaniikan pro gradu –tutkielma. 55 s.

Syksy 2003.

Avainsanat: seisomaan nousu, istuutuminen, biomekaniikka, reaktivoima, plantaarinen paine, lihasaktiivisuus

Tutkimuksen tarkoituksena oli mallintaa nuorten ja ikääntyneiden seisomaan nousun ja istuutumisen suoritukset sekä vertailla suoritusnopeuksia, nivelkulmamuuutoksia, alustan reaktivoimia, plantaarisia paineita ja alaraajojen lihasten aktiivisuusmalleja. Tutkimuksessa verrattiin nuorten ja ikääntyneiden seisomaan nousua ja istuutumista koehenkilöiden itse valitsemalla suoritusnopeudella sekä metronomin tahdissa standardikorkuiselta ja matalalta tuoilta. Pääpaino oli nuorten ja ikääntyneiden itse valitsemalla suoritusnopeudella suoritettun seisomaan nousun ja istuutumisen tarkastelulla.

Nuorten miesten isometrinen polven ojennus- ja koukistusvoima olivat suuremmat kuin ikääntyneillä miehillä. Nuorten naisten isometrinen polven ojennusvoima ei ollut merkitsevästi suurempi kuin ikääntyneillä naisilla. Isometrinen polven koukistusvoima oli nuorilla naisilla suurempi kuin ikääntyneillä naisilla.

Itse valitulla suoritusnopeudella suoritettu seisomaan nousu kesti ikääntyneillä 17.4 % ja istuutuminen 12.9 % kauemmin kuin nuorilla. Seisomaan nousun ja istuutumisen aikana ikääntyneet kallistivat vartaloa eteenpäin nuoria enemmän tuoden massakeskipisteen lähemmäs tukipinnan keskiosaa. Nuoret koehenkilöt näyttivät tuottavan ikääntyneitä enemmän sivuttaissuuntaista voimaa seisomaan nousun aikana. Mikään ero nuorten ja ikääntyneiden välisissä muuttujissa seisomaan nousun ja istuutumisen aikana ei osoittautunut tilastollisesti merkitseväksi.

Seisomaan nousun ja istuutumisen aikana suurimmat plantaariset paineet ilmenivät kantapään alueella. Kantapään alueen plantaarinen paine oli mediaalipuolella lateraalipuolen painetta suurempaa koko seisomaan nousun ja istuutumisen ajan. Kaikilla kolmella suoritustavalla lihasaktiivisuudet noudattivat samaa lihasaktiivisuusmallia. Nuorten lihasaktiivisuusmallit ja plantaariset paineet olivat dynaamisempia kuin ikääntyneillä nousten nopeasti huippuarvoonsa ja laskien voimakkaasti. Ikääntymisellä ei tämän tutkimuksen mukaan vaikuttanut olevan suurta merkitystä kykyyn nousta seisomaan ja istuutua, vaikka viitteitä aikaisempien tutkimusten osoittamista ikääntymisen aiheuttamista muutoksista oli havaittavissa.

SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ

1	JOHDANTO	5
2	SEISOMAAN NOUSUN JA ISTUUTUMISEN BIOMEKANIikkaA.....	6
2.1	Seisomaan nousun liikestrategia	6
2.1.1	Nivelkulmat ja kulmanopeudet	6
2.1.2	Massakeskipisteen siirtymä.....	8
2.2	Alustan reaktiovoimat.....	9
2.3	Plantaariset paineet.....	10
2.4	Alaraajojen lihasaktiivisuudet.....	11
3	IKÄÄNTYMISEN VAIKUTUS KYKYYN NOUSTA SEISOMAAN	13
4	TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA TUTKIMUSONGELMAT.....	16
4.1	Tutkimuksen tarkoitus.....	16
4.2	Tutkimusongelmat.....	16
5	TUTKIMUSASETELMA JA TIEDON KERÄYS	17
5.1	Tutkimusprotokolla.....	17
5.2	Koehenkilöt	17
5.3	Mittaukset.....	18
5.4	Analysointi.....	20
5.5	Tilastolliset analyysit.....	22
6	TULOKSET.....	23
6.1	Isometrinen maksimivoima.....	24
6.2	Ajalliset muuttujat.....	25
6.3	Nivelkulmamuuutokset	26
6.4	Massakeskipisteen siirtymä.....	28
6.5	Alustan reaktiovoimat.....	30

6.6	Plantaariset paineet.....	31
6.7	Lihasktiivisuusmallit	33
7	POHDINTA.....	35
8	LÄHTEET	42
9	LIITTEET	48

1 JOHDANTO

Seisomaan nousu ja istuutuminen kuuluvat ihmisen useimmin toteuttamien päivittäisten toimintojen joukkoon ja ovat näin edellytyksenä itsenäiselle kotona selviytymiselle. Nuorilla ja terveillä ihmisillä seisomaan nousu ja istuutuminen tapahtuvat sujuvasti, mutta ikääntymisen ja sairauksien myötä seisomaan nousu ja istuutuminen vaikeutuvat. Tutkimustulokset ovat osoittaneet, että normaali ikääntymisprosessi saa aikaan lihassolujen atrofiaa ja näin ollen heikentää tahdonalaista maksimaalista voimantuottokykyä (Vandervoort & McComas 1986, Häkkinen & Häkkinen 1991, Frontera ym. 2000). Kyky nousta seisomaan ja istuutua hallitusti liittyvät läheisesti maksimaalisen voimantuoton laskuun.

Seisomaan nousun biomekaniikkaa on tutkittu paljon eri suoritusnopeuksilla, erilaisilla alkuasunnoilla, eri liikestrategioilla, erilaisilta tuoleilta ja erilaisilla koehenkilöryhmillä esimerkiksi polviproteesileikkauksen jälkeen. Tämä tutkimus eroaa aikaisemmista tutkimuksista sillä tavoin, että tässä tutkitaan myös istuutumista, josta on löydettävissä vain muutamia aikaisempia tutkimuksia. Lisäksi nuorten ja ikääntyneiden seisomaan nousua ja etenkin istuutumista vertailevia tutkimuksia ei ole juurikaan löydettävissä. Aikaisemmissa tutkimuksissa ei myöskään ole tutkittu paineiden jakautumista jalkapohjan alueella seisomaan nousun ja istuutumisen aikana.

Tämä tutkimus on osa suurempaa tutkimusprojektia, jossa tutkitaan polven tekonivelleikkauksen vaikutusta kävelyyn, porraskävelyyn, seisomaan nousuun ja istuutumiseen. Tämän osatutkimuksen tarkoituksena oli koota referenssiaineisto terveiden nuorten ja ikääntyneiden ihmisten seisomaan nousun ja istuutumisen suorituksista. Tavoitteena oli mallintaa nuorten (keski-ikä 23 v.) ja ikääntyneiden (keski-ikä 67 v.) seisomaan nousun ja istuutumisen suoritukset sekä vertailla suoritusnopeuksia, nivelkulmamuuutoksia, alustan reaktivoimia, plantaarisia paineita ja alaraajojen lihasten aktiivisuusmalleja.

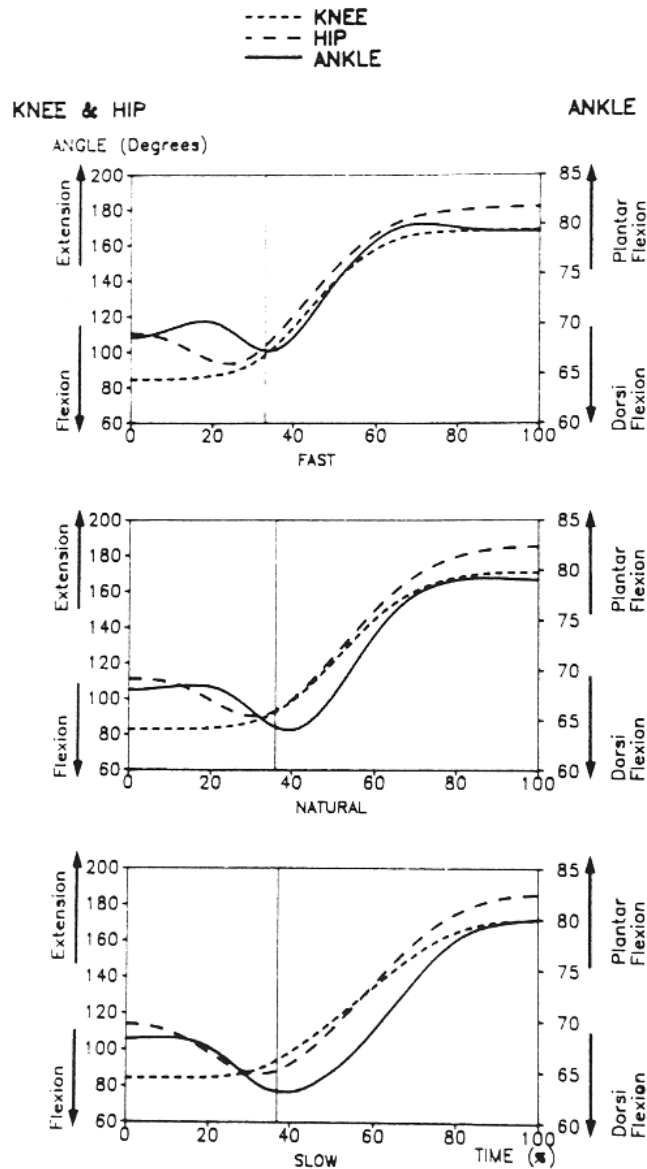
2 SEISOMAAN NOUSUN JA ISTUUTUMISEN BIOMEKANIikkaA

2.1 Seisomaan nousun liikestrategia

2.1.1 Nivelkulmat ja kulmanopeudet

Nivelkulmamuutokset nilkka-, polvi- ja lonkkanivelessä seisomaan nousun aikana esitetään kuvassa 1. Istumasta seisomaan nousu alkaa normaalista istuma-asennosta vartalon ollessa pystysuorassa asennossa. Ensin vartalo kallistuu eteen ja lonkkanivelessä tapahtuu fleksiosuuntaista liikettä. Lonkkanivel alkaa ojentua kun pakarat ovat irronneet penkistä, saavuttaen seisoma-asennossa pienen yliojennuksen. Polvinivel pysyy vartalon kallistuksen ajan alkukulmassaan. Pakaroiden irrotessa alustasta polvikulma alkaa kasvaa ja ojentuu täysin kun seisoma-asento saavutetaan. Nilkkanivel dorsifleksoituu kunnes pakarat irtoavat alustasta, minkä jälkeen nilkka plantaarifleksoituu seisoma-asentoon saakka. (Nuzik ym. 1986, Kotake ym. 1993, Doorenbosch ym. 1994, Roebroek ym. 1994, Crosbie ym. 1997.)

Seisomaan nousun aikana lonkan fleksiosuuntainen huippukulmanopeus ilmenee 22 % kohdalla seisomaan nousun alusta vartalon kallistuessa eteenpäin. Lonkan kulmanopeus saavuttaa ekstensiosuuntaisen huippunsa kun massakeskipisteen vertikaalinen liike 50 % kohdalla alkaa hidastua. Polven kulmanopeus saavuttaa huippunsa heti lonkan ekstensiosuuntaisen huipun jälkeen. Nilkan kulmanopeudet ovat koko seisomaan nousun ajan huomattavasti lonkan ja polven kulmanopeuksia pienemmät seuraten lonkan kulmanopeuden suuntia. Seisoma-asennossa kaikki kulmanopeudet putoavat nolnaan. (Roebroek ym. 1994.) Lonkka- ja polvinivelen huippukulmanopeudet pienenevät merkittävästi tuolin korkeuden lisääntyessä (Schenkman ym. 1996).



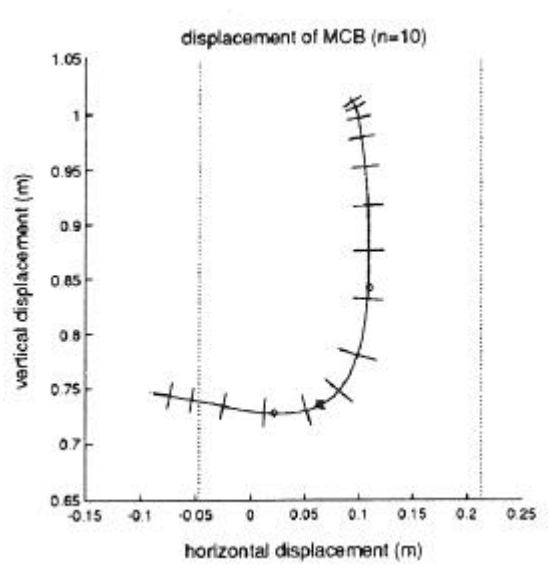
KUVA 1. Nivelkulmat nilkka-, polvi- ja lonkkanivelessä seisomaan nousun aikana nopealla, luonnollisella ja hitaalla liikenopeudella. Pystyviiva osoittaa pakaroiden irtoamista penkistä. (Pai & Rogers 1991b.)

Lonkan ja polven nivelkulmassa tapahtuvat muutokset eivät eroa toisistaan, kun seisomaan nousun suoritusnopeutta muutetaan. Nilkkanivelessä suorituksen alussa tapahtuva plantaarifleksio lisääntyy suoritusnopeuden kasvaessa. (Pai & Rogers 1991b, Vander Linden ym. 1994.) Kun seisomaan nousun aikana suoritetaan vartalon maksimaalinen eteentaivutus, lonkan nivelkulma pienenee merkitsevästi. Polven ja nilkan nivelkulmissa ei tapahdu muutosta normaaliin seisomaan nousuun verrattuna. (Doorenbosch ym. 1994.) Kun jalat asetetaan istuma-asennossa edemmäksi tai taaemmaksi nivelkulmissa

tapahuu muutoksia. Jalkojen ollessa normaalia alkuasentoa taaempaa lonkkanivel fleksoituu seisomaan nousun aikana normaalia suoritusta vähemmän. Jalkojen ollessa edempänä, lonkkanivel fleksoituu suorituksen aikana enemmän. (Fleckenstein ym. 1988, Shepherd ym. 1996, Khemlani ym. 1999.) Polvi- ja nilkkanivelen fleksio vähenee kun jalat ovat edempänä (Fleckenstein ym. 1988, Vander Linden ym. 1994).

2.1.2 Massakeskipisteen siirtymä

Kehon massakeskipisteen siirtymä seisomaan nousun aikana esitetään kuvassa 2. Kehon massakeskipiste siirtyy seisomaan nousun alussa horisontaalisesti (Kelley ym. 1976, Riley ym. 1991, Roebroek ym. 1994, Bahrami ym. 2000). Massakeskipisteen nopeus kiihtyy horisontaalisesti 28 % seisomaan nousun kokonaisajasta (Roebroek ym. 1994). Tämän jälkeen massakeskipiste alkaa siirtyä vertikaalisesti, joka jatkuu seisoma-asennon saavuttamiseen saakka (Kelley ym. 1976, Riley ym. 1991, Roebroek ym. 1994, Bahrami ym. 2000). 35 % kohdalla suorituksen alusta pakarat irtoavat tuolista. Liikkeen vertikaalinen kiihtyminen kestää 50 % saakka seisomaan nousun kokonaisajasta, jonka jälkeen vertikaalinen nopeus alkaa hidastua. (Roebroek ym. 1994.)

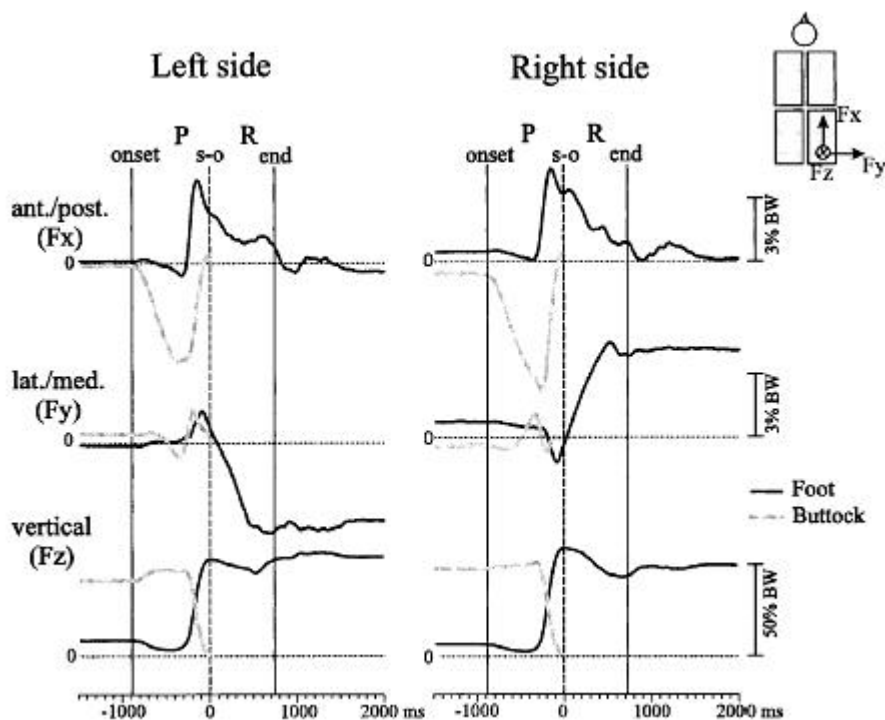


KUVA 2. Kehon massakeskipisteen siirtymä seisomaan nousun aikana (Roebroek ym. 1994).

Massakeskipisteen kokonaissiirtymä seisomaan nousun aikana pienenee liikenopeuden kasvaessa (Pai & Rogers 1990). Massakeskipisteen horisontaalinen momentti säilyy samana liikenopeuden muuttuessa, kun taas vertikaalinen momentti kasvaa ja jyrkkenee. Liikenopeuden hidastuessa massakeskipisteen horisontaalisen ja vertikaalisen siirtymän väliin jää viive. (Pai & Rogers 1990, Pai & Rogers 1991a, Pai & Rogers 1991b, Pai ym. 1994). Kun seisomaan nousu sisältää vartalon maksimaalisen fleksion ja liikkeen suoritusnopeus pysyy samana, massakeskipisteen horisontaalisen ja vertikaalisen siirtymän väliin jää pidempi viive kuin normaalilla liikestrategialla suoritettuna (Doorenbosch ym. 1994).

2.2 Alustan reaktivoimat

Seisomaan nousun ja istuutumisen aikana alustan ja jalan välillä ole törmäysvaihetta, joten suoritusten aikaiset alustan reaktivoimat jäävät kävelyä pienemmiksi (Rozema ym. 1996). Seisomaan nousu –liikkeen aikana suurin alustan reaktivoimista on vertikaalivoima (F_z). Pakaroiden irrotessa alustasta huippuvertikaalivoima nousee yhden jalan alla 52 % kehon painosta, joka kestää lähes seisoma-asennon vakiinnuttamiseen saakka. (Crosbie ym. 1997, Hirschfeld ym. 1999.) Bahrami ym. (2000) mukaan seisomaan nousun aikainen huippuvertikaalivoima (F_z) on molempien jalkojen alla yhteensä 113 % kehon painosta. Horisontaalisista voimista eteen – taakse suuntautuvassa voimassa (F_y) ilmenee pakaroiden alla taaksepäin ja jalkojen alla eteenpäin suuntautuvia muutoksia. Voimat saavuttavat huippunsa ennen pakaroiden irtoamista alustasta, yhden jalan alla huippuamplitudit ovat alle 5 % kehon painosta. (Crosbie ym. 1997, Hirschfeld ym. 1999.) Sivuttaissuuntainen voima (F_x) saa seistessä ulospäin suuntautuvia arvoja, jotka ovat yhden jalan alla alle 5 % kehon painosta (Hirschfeld ym. 1999). Seisomaan nousun aikaiset vertikaali- ja horisontaalivoimat esitetään kuvassa 3.



KUVA 3. Seisomaan nousun aikaiset vertikaali- ja horisontaalivoimat voimalevyanturilla mitattuna. Reaktiivoimat pakaroiden (harmaa viiva) ja jalkojen alla (musta viiva) on ilmaistu prosentteina kehon painosta. (Hirschfeld ym. 1999.)

2.3 Plantaariset paineet

Plantaaristen paineiden jakautumisesta ja huippukuormituksista seisomaan nousun ja istuutumisen aikana ei juurikaan ole tutkimustuloksia. Seisomaan nousun aikana jalkapohjan huippupaineet sijaitsevat kantapään ja isovarpaan alueella, kantapään huippupaineiden ollessa 1,5 kertaa isovarpaan paineita suuremmat. Istuutumisen aikana huippupaineita voidaan mitata kantapään alueelta, kantapään huippupaineiden ollessa 7 kertaa isovarpaan paineita suurempia. Nämä huippupaineet eivät kuitenkaan ole merkittävästi suurempia kuin paikallaan seisomisen aikaiset huippupaineet. Istuutumisen ja seisomaan nousun aikaisten huippupaineiden on todettu olevan koko jalkapohjan alueella merkittävästi pienempiä kuin normaalikävelyn aikana. (Rozema ym. 1996.)

Kävelyn aikana jalkapohjan huippupaineet tulevat kantapään, viidennen metatarsaaliin ja isovarpaan alueelle. Kantaiskun aikana suurimmat plantaariset paineet ilmenevät

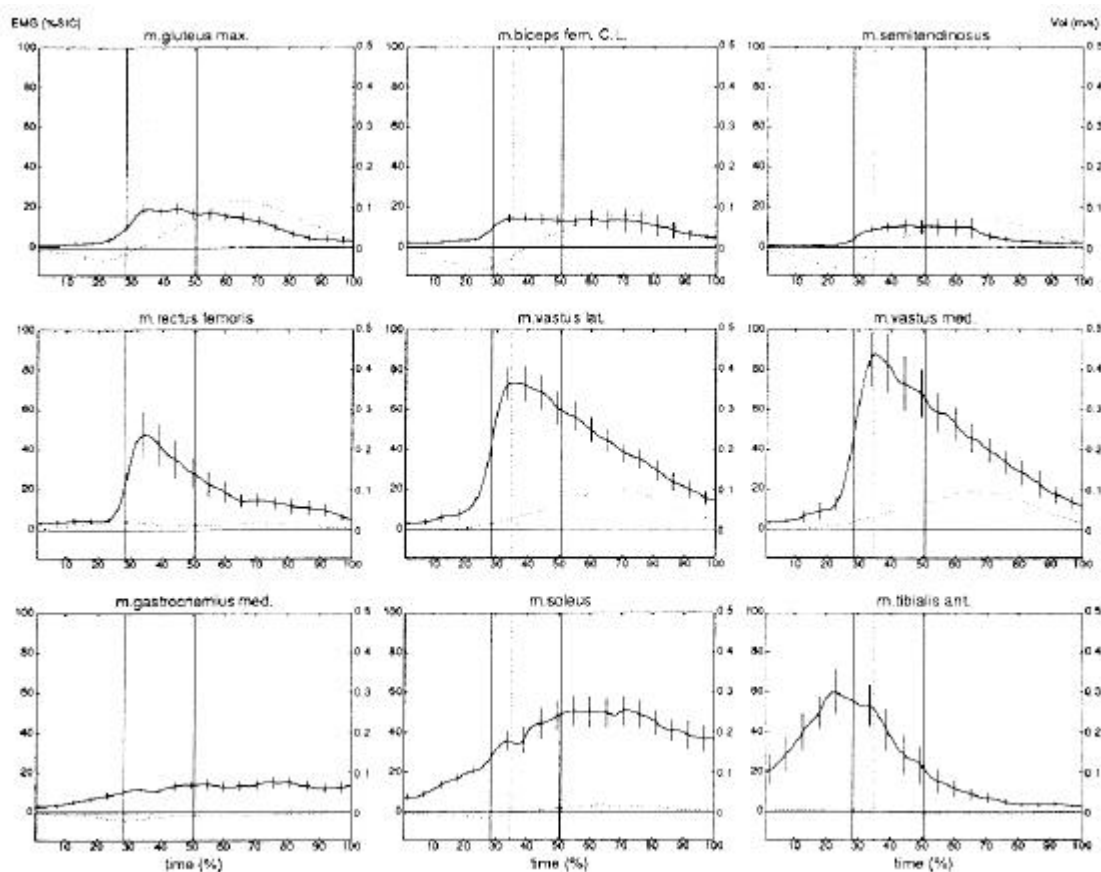
kantapään ja varvastyönön aikana viidennen metatarsaaliluun ja isovarpaan kohdalla. Huippukuormitusarvot kantapään, jalkaterän etu-mediaaliosan ja isovarpaan alueella kasvavat lineaarisesti kävelynopeuden lisääntyessä. Jalkaterän lateraaliseosan kuormitus vähenee kävelynopeuden kasvaessa. (Soames 1985, Shorten ym. 1989, Hughes ym. 1991, Rosenbaum ym. 1994, Perttunen & Komi 1995.)

2.4 Alaraajojen lihasaktiivisuudet

Alaraajojen lihasaktiivisuudet seisomaan nousun aikana esitetään kuvassa 4. Seisomaan nousun aikana lonkan ojentajana toimivan gluteus -lihasryhmän aktiivisuus alkaa vartalon horisontaalisen siirtymisen alkaessa jatkuen seisoma-asentoon saakka, huippuarvot saavutetaan pakaroiden irrotessa tuolista. (Roebroek ym. 1994, Asford & De Souza 2000.) Lonkan ojentajalihakset ovat aktiivisia koko istuutumisen ajan (Asford & De Souza 2000).

Seisomaan nousun aikana polven ojentajana toimivan quadriceps -lihasryhmän aktiivisuus alkaa vartalon horisontaalisen siirtymisen alkaessa, huippuarvot saavutetaan pakaroiden irrotessa tuolista (Millington ym. 1992, Roebroek ym. 1994, Asford & De Souza 2000). Polven koukistajana toimivan hamstring -lihasryhmän aktiivisuus on suurimmillaan pakaroiden irrotessa tuolista (Millington ym. 1992, Roebroek ym. 1994). Istuutumisen aikana hamstring -lihasryhmän aktiivisuus alkaa ylävartalon fleksion aikana ja jatkuu kunnes pakarat koskettavat tuolia (Asford & De Souza 2000).

Nilkan plantaarifleksorina toimivan triceps surae -lihasryhmän aktiivisuus alkaa seisomaan nousun alussa, huippuaktiivisuus saavutetaan seisoma-asennossa (Roebroek ym. 1994, Asford & De Souza 2000). Nilkan dorsifleksorina toimiva tibialis anterior -lihas saavuttaa seisomaan nousun aikana maksimiarvonsa kun vartaloa kallistetaan eteen. Aktiivisuus alkaa laskea ennen kuin horisontaalinopeus saavuttaa huippuarvonsa. (Roebroek ym. 1994, Asford & De Souza 2000.) Istuutumisen aikana nilkan dorsifleksorit saavuttavat aktiivisuushuipun massakeskipisteen vertikaalisen laskeutumisen aikana (Asford & De Souza 2000).



KUVA 4. Alaraajojen lihasten aktivoituminen seisomaan nousun aikana prosentteina isometrisen maksimivoiman aikaisesta lihasaktiivisuudesta (mitattu lonkan, polven ja nilkan ojennus- ja koukistussuoritusten aikana). Katkoviiva (35 % suorituksen alusta) osoittaa pakaroiden irtoamisen tuulista. (Roebroek ym. 1994.)

Lihaskäyttöä tapahtuu muutoksia kun seisomaan nousun alkuasentoa muunnellaan. Jalkojen ollessa normaalia alkuasentoa edempänä nilkan dorsiflexori- ja polven ojentajalihasaktiivisuudet alkavat myöhemmin. Soleus- ja hamstring-lihasaktiivisuudet kasvavat ja tibialis anteriorin aktiivisuus laskee normaaliin suorituksen verrattuna. (Vander Linden ym. 1994, Goulart & Valls-Solé 1999, Khemlani ym. 1999.) Kun seisomaan nousun aikana suoritetaan vartalon maksimaalinen fleksio nilkan dorsiflexorilihasaktiivisuus alkaa normaalia seisomaan nousua myöhemmin ja on kestoaltaan lyhyempää. Myös muiden alaraajan lihasten aktivaation kesto on normaalia lyhyempää. (Goulart & Valls-Solé 1999, Khemlani ym. 1999.) Vartalon maksimaalinen fleksio saa aikaan tibialis anterior- ja hamstring-lihasaktiivisuuden laskua sekä soleus- ja rectus femoris-lihasaktiivisuuden kasvua (Doorenbosch ym. 1994, Goulart & Valls-Solé 1999).

3 IKÄÄNTYMISEN VAIKUTUS KYKYYN NOUSTA SEISOMAAN

Ikääntymisen myötä tahdonalainen maksimaalinen lihasvoima laskee (Aniansson ym. 1986, Vandervoort & McComas 1986, Frontera ym. 1991, Häkkinen & Häkkinen 1991, De Serres & Enoka 1998, Frontera ym. 2000). Lihasvoima on huipussaan 30 ikävuoden paikkeilla ja alkaa voimakkaammin laskea 50 ikävuoden paikkeilla (Vandervoort & McComas 1986). 70 ja 80 ikävuoden välillä maksimivoima laskee jopa 25 - 35 % (Aniansson ym. 1986). Ikääntymisen myötä maksimaalinen tahdonalainen voimantuotto- ja relaksaationopeus laskevat (Vandervoort & McComas 1986, Häkkinen & Pakarinen 1993, Hunter ym. 1998).

Ikääntymisen aiheuttama maksimivoiman lasku ei johdu lihassolujen maksimaalisen aktivaation laskusta, vaan ikääntyneet pystyvät tahdonalaisesti aktivoimaan lihaksensa samalla tavalla kuten nuoremmat (De Serres & Enoka 1998). Maksimivoiman lasku johtuu pääasiassa luurankoli hasten poikkipinta-alan pienenemisestä, joka alkaa kiihtyä 50 ikävuoden jälkeen (Borkan ym. 1983, Vandervoort & McComas 1986, Lexell ym. 1988, Häkkinen & Häkkinen 1991, Frontera ym. 2000). Ikääntyminen saa aikaan atrofiaa kaikissa lihassoluissa, mutta II tyypin nopeat lihassolut ovat I tyypin hitaita lihassoluja herkempiä ikääntymisen aiheuttamille muutoksille (Aniansson ym. 1986, Lexell ym. 1988, Frontera ym. 2000). Ikääntymisen aiheuttama lihasatrofia lisää lihaksen sisäisen rasvan ja sidekudoksen suhteellista määrää (Borkan ym. 1983, Lexell ym. 1988). Ikääntyessä havaittu lihaksen poikkipinta-alan pieneneminen johtuu myös lihassolujen kokonaismäärän laskusta, jota tapahtuu 20 ja 80 ikävuoden välillä jopa 39 % (Lexell ym. 1988).

Ikääntymisen aiheuttama maksimivoiman lasku heikentää kykyä tuottaa suuria vääntömomentteja (Schultz ym. 1992, Hughes ym. 1996). Seisomaan nousun aikaisia vääntömomentteja vertailtaessa voidaan havaita eroja erikuntoisilla ihmisillä tehtyjen tutkimusten välillä. Ikeda ym. (1991) ja Schultz ym. (1992) eivät löytäneet eroa nuorten ja ikääntyneiden välillä lonkan, polven ja nilkan vääntömomenteissa seisomaan nousun aikana. Hughes ym. (1996) puolestaan totesivat maksimimomenttiin suhteutettujen polven vääntömomenttien olevan seisomaan nousun aikana huonokuntoisilla ikääntyneillä merkitsevästi nuoria suurempia. Wheeler ym. (1985) havaitsivat ikääntyneiden seisoma-

maan nousun aikaisen maksimiaktiivisuuden suhteutetun vastus lateralis –lihaksen lihasaktiivisuuden olevan nuoria suurempaa. Lihaskäytävien ajallisissa muuttujissa ei ollut eroa ryhmien välillä.

Ikääntyneet näyttävät käyttävän seisomaan nousuun pidemmän kokonaisajan kuin nuoret ihmiset (Wheeler ym. 1985, Ikeda ym. 1991, Pai ym. 1994, Kerr ym. 1997). Tämän ajan pitenemisen aiheuttaa seisomaan nousun alkuvaiheessa tapahtuvan vartalon eteen kallistukseen käytetyn ajan piteneminen (Kerr ym. 1997). Ikääntyneet ihmiset kallistavat vartaloa eteenpäin nuoria enemmän (Wheeler ym. 1985, Ikeda ym. 1991, Kerr ym. 1997, Papa ym. 2000). Ikääntyneet ihmiset siirtävät massakeskipisteen vartalon kallistuksen avulla tukipinnan päälle saavuttaakseen seisoma-asentoon vaadittavan tasapainon. Tämän jälkeen massakeskipisteen vertikaalisen siirtymän aikana tapahtuu ensin polven, lonkan ja viimeisenä vartalon ojennus. Nuorilla näiden nivelkulmien ojennus ja massakeskipisteen vertikaalinen siirtymä tapahtuvat osittain yhtäaikaaisesti tehden liikesuoritukselta sujuvampaa. (Schenkman ym. 1996, Papa ym. 2000.)

Hermo-lihasjärjestelmän väsymisessä ei ole juurikaan havaittu tapahtuvan muutoksia iän myötä. Ikääntyneet pystyvät ylläpitämään tiettyä voimatasoa tai tehoa samalla tavalla kuten nuoretkin. (Lindström ym. 1997.) Ikääntyneillä ihmisillä on havaittu olevan nuoria pidempi reaktioaika äkilliseen ärsykkeeseen reagoitaessa. Reaktion kestossa ja amplitudissa ei ole havaittavissa eroja nuorten ja ikääntyneiden välillä, joten ikääntyneillä havaittava reaktion hidastuminen johtuu sensorisen informaation prosessoinnin hidastumisesta. (Warabi ym. 1986, Carter ym. 2001.)

Seisomaan nousun aikaiset vääntömomentit alaraajoissa muuttuvat tuolin korkeuden vaihdellessa. Nuorten ja ikääntyneiden polvinivelten momentit kasvavat seisomaan nousun aikana samalla tavalla merkittävästi tuolin korkeuden madaltuessa. Ikääntyneiden ihmisten seisomaan nousun aikaiset maksimimomenttiin suhteutetut vääntömomentit ovat merkittävästi nuorten momentteja suurempia. (Hughes ym. 1996, Hahn ym. 1998, Su ym. 1998.) Matalalta tuolilta noustessa ikääntyneet käyttävät jopa 97 % maksimivoimasta seisoma-asennon saavuttamiseksi, kun vastaavassa tilanteessa nuoret käyttävät vain 39 % maksimivoimasta (Hughes ym. 1996).

Papa ym. (2000) vertasivat ikääntyneiden ja nuorten ihmisten seisomaan nousun strategioita. Ikääntyneet asettavat jalkansa kauemmas eteen kuin nuoret ihmiset, joka tutkijoiden mukaan saattaa johtua nivelrikon aiheuttamasta liikeratojen pienenemisestä. Ikääntyneet eivät välttämättä pysty muokkaamaan liikestrategiaansa vastaamaan muuttuneita vaatimuksia. Kun taas Ikeda ym. (1991) tutkivat metronomin tahdissa suoritettua seisomaan nousua ja totesivat, että ikääntyneet pystyivät suorittamaan tahdistetun seisomaan nousun samalla tavalla kuten nuoretkin. Vander Linden ym. (1994) tutkivat ikääntyneiden seisomaan nousu –kykyä erilaisista alkuasunnoista ja totesivat että, ikääntyneet pystyvät muokkaamaan seisomaan nousussa käyttämäänsä liikestrategiaa vastaamaan muuttuneita vaatimuksia.

4 TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA TUTKIMUSONGELMAT

4.1 Tutkimuksen tarkoitus

Tämä tutkimus on osa suurempaa Jyväskylän yliopiston liikuntabiologian laitoksella meneillään olevaa projektia, jossa tutkitaan polven tekonivelleikkauksen vaikutusta kävelyyn, porraskävelyyn, seisomaan nousuun ja istuutumiseen. Tämän osatutkimuksen tarkoituksena oli koota referenssiaineisto terveiden nuorten ja ikääntyneiden ihmisten seisomaan nousun ja istuutumisen suorituksista. Normaali ikääntymisprosessi saa aikaan tahdonalaisen maksimivoiman vähenemistä ja näin ollen vaikeuttaa tuoilta seisomaan nousua ja hallittua istuutumista (Vandervoort & McComas 1986, Häkkinen & Häkkinen 1991, Frontera ym. 2000). Tämän tutkimuksen tavoitteena oli verrata nuorten ja ikääntyneiden seisomaan nousua ja istuutumista standardikorkuiselta tuoilta itse valitulla suoritusnopeudella ja metronomin tahdissa sekä matalalta tuoilta metronomin tahdissa. Pääpaino oli itse valitulla suoritusnopeudella suoritettun seisomaan nousun ja istuutumisen vertailulla.

4.2 Tutkimusongelmat

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli mallintaa nuorten ja ikääntyneiden seisomaan nousun ja istuutumisen suoritus ja selvittää:

- Eroavatko polven isometriset maksimaaliset ojennus- ja koukistusvoimat nuorten ja ikääntyneiden välillä?
- Eroavatko seisomaan nousun ja istuutumisen suoritusnopeudet nuorten ja ikääntyneiden välillä?
- Millaiset ovat nivelkulmamuutokset ja massakeskipisteen siirtymät nuorilla ja ikääntyneillä seisomaan nousun ja istuutumisen aikana?
- Millaiset ovat alaraajojen lihasaktiivisuusmallit nuorilla ja ikääntyneillä seisomaan nousun ja istuutumisen aikana?
- Millaiset ovat alustan reaktivoimat ja plantaariset paineet nuorilla ja ikääntyneillä seisomaan nousun ja istuutumisen aikana?

5 TUTKIMUSASETELMA JA TIEDON KERÄYS

5.1 Tutkimusprotokolla

Tutkittavana liikkeenä oli seisomaan nousu ja istuutuminen standardikorkuiselta tuolilta koehenkilöiden itse valitsemallaan suoritusnopeudella ja metronomin tahdissa sekä matalalta tuolilta metronomin tahdissa. Tämän lisäksi mitattiin polven isometriset maksimaaliset ojennus- ja koukistusvoimat. Koehenkilöt saivat harjoitella seisomaan nousua ja istuutumista kaikilla kolmella suoritustavalla ennen varsinaista mittausta. Mittaukset suoritettiin Jyväskylän yliopiston liikuntabiologian tutkimuslaboratorion tiloissa. Koehenkilön kaikki mittaukset suoritettiin yhdellä mittaukskerralla.

5.2 Koehenkilöt

Tutkimukseen osallistui 18 ikääntynyttä koehenkilöä, 9 miestä ja 9 naista. Tämän lisäksi tutkimukseen osallistui 6 nuorta koehenkilöä, 3 miestä ja 3 naista. Tutkimuksesta poisulkevana kriteerinä oli polven todettu nivelrikko, polvien kiputilat tai polvioperaatio. Koehenkilöiden kuvailu esitetään taulukossa 1.

TAULUKKO 1. Koehenkilöiden iän, pituuden ja painon keskiarvot (SD) ryhmiteltyinä iän ja sukupuolen mukaan.

Koehenkilöt	Ikä	Pituus	Paino
	(v)	(cm)	(kg)
Ikääntyneet miehet n = 9	67.2 (2.95)	179.6 (7.21)	85.1 (12.57)
Ikääntyneet naiset n = 9	66.8 (4.63)	160.2 (3.67)	65.7 (9.93)
Nuoret miehet n = 3	24.7 (3.21)	175.7 (7.20)	75.5 (3.16)
Nuoret naiset n = 3	22.7 (2.89)	167.2 (9.28)	59.5 (10.36)

Koehenkilöt osallistuivat tutkimukseen vapaaehtoisesti ja allekirjoittivat asiasta kirjallisen suostumuksen. Heillä oli mahdollisuus peruuttaa suostumuksensa missä vaiheessa tutkimusta tahansa. Osa koehenkilöistä jouduttiin jättämään pois tutkimusaineistosta analyysivaiheessa mittalaitteista johtuvien ongelmien vuoksi. Analysoinnissa käytettyjen koehenkilöiden lukumäärä on ilmaistu erikseen jokaisen muuttujan kohdalla.

5.3 Mittaukset

Suoritustavat

Istuutuminen ja seisomaan nousu suoritettiin kolmella eri suoritustavalla. Istuutuminen ja seisomaan nousu suoritettiin ensin standardikorkuiselta tuolilta (istuinkorkeus 44 cm edestä ja 43 cm takaa) koehenkilöiden itse valitsemalla nopeudella. Tämän jälkeen istuutuminen ja seisomaan nousu suoritettiin standardikorkuiselta tuolilta metronomin tahdissa (lyöntinopeus 88 lyöntiä /min). Istuutuminen ja seisomaan nousu suoritettiin yhteensä 8 metronomin lyönnin aikana suorituksen kokonaiskeston ollessa 5,45 s. Tämän jälkeen istuutuminen ja seisomaan nousu suoritettiin matalalta tuolilta (istuinkorkeus 39 cm edestä ja 37 cm takaa) metronomin tahdissa samalla suoritusnopeudella. Koehenkilöt ohjattiin nousemaan tuolilta seisomaan ja istuutumaan takaisin tuolille pitäen kädet koko liikesuorituksen ajan lanteilla. Seisomaan nousu ja istuutuminen suoritettiin jatkuvalla syklillä 5 kertaa. Rekisteröintiaika oli kaikissa suorituksissa 20 sekuntia, jonka aikana koehenkilöt ehtivät suorittaa 3 – 5 istuutumisen ja seisomaan nousun toistoa.

Nivelten kinematiikka

Liikeanalyysiä varten koehenkilön nivelten liikekeskipisteisiin kiinnitettiin heijastavat markkerit (5. metatarsaali, nilkka, polvi, lonkka, olkapää). Istuutuminen ja seisomaan nousu kuvattiin kahdella videokameralla (Peak Performance) 200 Hz taajuudella. Kamerrat sijaitsivat 90° kulmassa tuolin etu- ja takaviistossa.

Alustan reaktivoimat

Tuoli sijoitettiin voimalevyanturiparien (Raute, Lahti, Finland 10 x 1,2 m) päälle niin, että se sijaitsi eri voimalevyparin päällä kuin koehenkilön alaraajat. Koehenkilön ala-

raajat olivat suorituksen aikana eri voimalevyjen päällä, jotta koehenkilön alaraajojen voimat voitiin rekisteröidä erillisinä. Jalan paikka standardoitiin olemaan voimalevyjen muodostaman keskiviivan ja tuolin jalan väliin. Jalat eivät saaneet mennä tuolin alla olevan voimalevyn päälle. Jalat eivät saaneet suoritusten aikana liikkua alustalla. Istuutumisen ja seisomaan nousun aiheuttamat alustan reaktivoimat tallennettiin 1000 Hz keräystaajuudella Peak Motus –järjestelmään.

Lihasktiivisuus ja plantaarinen paine

Pintaelektromyografia –signaalit (EMG) mitattiin seisomaan nousun ja istuutumisen aikana neljästä lihaksesta molemmista alaraajoista (m. gastrocnemius medialis, m. vastus medialis, m. vastus lateralis ja m. biceps femoris) kertakäyttöisillä EKG –elektrodeilla (Ag / AgCl 1,5 x 1,5 cm, Niko, Denmark). Koehenkilöiden iho valmisteltiin ja elektrodit aseteltiin bipolaarisesti SENIAM -suositusten mukaisesti (SENIAM 1999). Maaelektrodi aseteltiin fibulan proksimaalipään kohdalle.

Plantaariset paineet mitattiin liikuntabiologian laitoksen urheilutossuihin sijoitettavien paineanturipohjallisten avulla, joissa on 24 mikrosensoria. Elektrodit ja paineanturipohjalliset yhdistettiin tietoa keräävään Data Loggeriin (ParoMed-System, GmgH, Germany; kokonaispaino 1.9 kg), joka kiinnitettiin vyön avulla koehenkilön selkäpuolelle. Tämän jälkeen varmistettiin, ettei mikään kaapeli estänyt koehenkilön normaalia liikkumista. EMG –signaalit tallennettiin 800 Hz ja paineanturipohjallisista saatu tieto 200 Hz keräystaajuudella Data Loggeriin. EMG –signaalien, plantaaristen paineiden ja voimasignaalien keräys käynnistettiin aina valokennojen avulla (Digitest, Finland). Paineanturipohjallisista ja EMG:sta saatu tieto tallennettiin Data Loggerissa muistikortille (SPRAM-PCMCIA type I, 4 MHz). Kortilta tieto siirrettiin tietokoneelle (Silicon Graphics, Inc, CA, USA) käsittelyä, analysointia ja visualisointia varten.

Isometrinen maksimivoima

Koehenkilöiden isometriset maksimaaliset polven ojennus- ja koukistusvoimat mitattiin koehenkilön istuessa reisipenkissä (David 200, David Fitness and Medical, Finland). Molempien alaraajojen isometriset maksimivoimat mitattiin polvikulman ollessa 105°. Isometrinen maksimivoima näkyi oskilloskoopilla, jotta koehenkilöt saivat visuaalisen palautteen suorituksesta. Voimadata rekisteröitiin Peak Motus –järjestelmälle 1000 Hz keräystaajuudella. Isometrisen maksimivoiman kanssa samanaikaisesti mitattiin alaraa-

jojen lihasten maksimaalinen tahdonalainen aktiivisuus vastus medialis-, vastus lateralis- ja biceps femoris lihaksista. EMG -signaalit tallennettiin Data Loggerille 800 Hz keräystaajuudella.

5.4 Analysointi

Nivelten kinematiikka

Suoritusten aikainen videokuva kaapattiin Peak Motus –liiketoimintajärjestelmään. Koehenkilöstä digitoitiin vasemmalta puolelta 5 nivelpistettä (5 metatarsaali, malleoli, polvi, lonkka, korva) ja tulokset suodatettiin (Butterworth cut off frekv. 4 Hz). Nivelpisteiden avulla määriteltiin seisomaan nousun ja istuutumisen ajalta vasemman alaraajan nivelkulmat (nilkka-, polvi- ja lonkkakulmat). Lonkka- ja polvikulma määriteltiin olemaan 180 ° kulmien ollessa suorana. Kulmadatan avulla määriteltiin seisomaan nousun suorituksen alkavan kun lonkkakulma alkoi pienentyä. Seisomaan nousu päättyi, kun lonkkakulma ja polvikulma olivat saavuttaneet suurimman arvon. Seisoma-asento jätettiin analysoinnista pois, koska se oli koehenkilöillä hyvin eripituinen. Istuutumisen suorituksen määriteltiin alkavan kun lonkka- ja polvikulma alkoivat pienentyä. Istuminen päättyi, kun polvikulma oli saavuttanut minimiarvonsa ja lonkkakulma ei enää suurentunut. Nivelkulmadatasta laskettiin koehenkilön suoritusten keskiarvot ja keskihajonnat, minimi- ja maksimi-arvot. Seisomaan nousun ajalta määriteltiin lonkan alkukulman ja minimiarvon välinen fleksiosiiirtymä ja istuutumisen ajalta minimikulman ja loppukulman välinen ekstensiosiiirtymä. Kulmadatasta laskettiin koehenkilöryhmien (nuoret ja ikääntyneet) ja suoritustapojen (itse valittu nopeus, standardikorkuinen ja matala tuoli metronomin tahdissa) nivelkulmien ajanormalisoidut keskiarvot ja keskihajonnat.

Dempsterin massaparametrien (Winter 1990) avulla laskettiin massakeskipisteen sijainti seisomaan nousun ja istuutumisen suorituksen aikana. Datasta laskettiin koehenkilöryhmien (nuoret ja ikääntyneet) ja suoritustapojen (itse valittu nopeus, standardikorkuinen ja matala tuoli metronomin tahdissa) massakeskipisteen siirtymän ajanormalisoidut keskiarvot ja keskihajonnat. Massakeskipisteen sijainnin perusteella määriteltiin massakeskipisteen etäisyys tukipinnan keskeltä seisomaan nousun aikana pakaroiden irrotessa tuolista ja istuutuessa pakaroiden osuessa tuoliin.

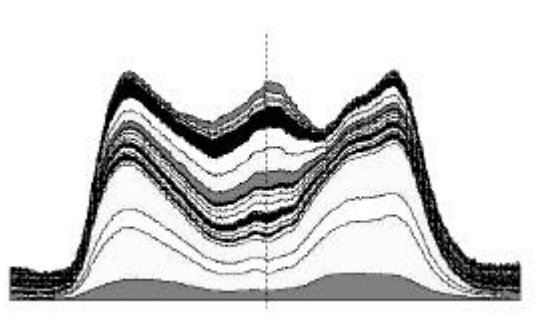
Alustan reaktivoimat

Alustaan kohdistuvista reaktivoimista määriteltiin vertakaaliset ja horisontaaliset voimat (F_z , F_y , F_x) molempien alaraajojen alta erikseen. Alustan reaktivoimat suhteutettiin koehenkilöiden kehon painoon. Reaktivoimista laskettiin koehenkilön seisomaan nousun ja istuutumisen suoritusten keskiarvot ja keskihajonnat sekä minimi- ja maksimi-arvot. Tämän lisäksi laskettiin koehenkilöryhmien (nuoret ja ikääntyneet) ja suoritustapojen (itse valittu nopeus, standardikorkuinen ja matala tuoli metronomin tahdissa) aikanormalisoidut keskiarvot ja keskihajonnat.

Lihasktiivisuus ja plantaarinen paine

Seisomaan nousu ja istuutuminen suoritettiin tahdonalaisesti hitaalla liikenopeudella ja niissä käytettiin pieniä lihasaktiivisuustasoja. Näin ollen tasasuunnattu EMG –data suhteutettiin isometrisen maksimivoiman aikaiseen lihasaktiivisuuteen. Nilkan ojennusvoimasta ei mitattu maksimivoimaa tai maksimaalista aktivaatiota, näin ollen gastrocnemius medialis –lihaksen aktiivisuutta ei ole suhteutettu. EMG –aktiivisuuksista laskettiin seisomaan nousun ja istuutumisen ajalta nuorten ja ikääntyneiden sekä eri suoritustapojen (itse valittu nopeus, standardikorkuinen ja matala tuoli metronomin tahdissa) aikanormalisoidut keskiarvot ja keskihajonnat.

Paineanalyysit tehtiin ainostaan vasemmalle alaraajalle, koska oikean jalan pohjallisessa oli suuri määrä rikkoutuneita sensoreita. Painedatasta laskettiin koehenkilön seisomaan nousun ja istuutumisen suoritusten keskiarvot yksittäisille sensoreille. Tämän jälkeen laskettiin koehenkilöryhmien (nuoret ja ikääntyneet) ja suoritustapojen (itse valittu nopeus, standardikorkuinen ja matala tuoli metronomin tahdissa) aikanormalisoidut keskiarvot ja keskihajonnat. Kuvassa 5 esitetään yhden koehenkilön kaikkien sensoreiden summakäyrä. Kantapään alueen (4 kpl) ja päkiän alueen sensoreiden (8 kpl) paineista laskettiin keskiarvopaineet ja keskihajonnat sekä kantapään ja päkiän lateraali- ja mediaaliosien keskiarvot ja keskihajonnat.



KUVA 5. Yhden nuoren koehenkilön vasemman jalkapohjan alueen kaikkien sensoreiden summakäyrä seisomaan nousun ja istuutumisen ajalta. Seisoma-asento on merkitty pystysuoralla viivalla.

Isometrinen maksimivoima

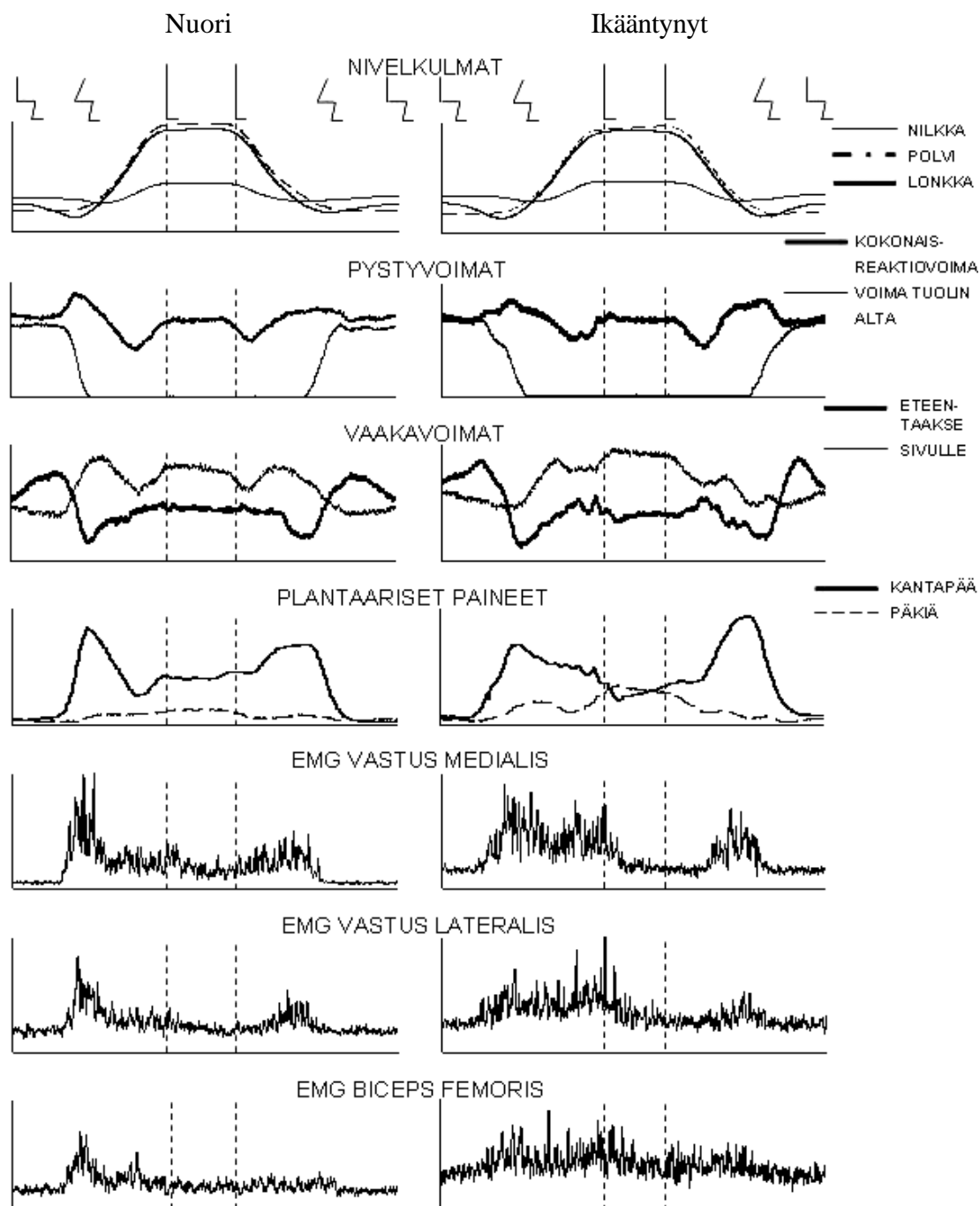
Koehenkilöiltä laskettiin isometrisen maksimivoiman ja maksimivoiman aikaisen lihasaktiivisuuden keskiarvot ja keskihajonnat koehenkilöryhmille (nuoret miehet, nuoret naiset, ikääntyneet miehet, ikääntyneet naiset) molempiin liikesuuntiin ja molemmille alaraajoille erikseen. Lisäksi määriteltiin ojentaja- ja koukistajalihasten voima- ja lihasaktiivisuussuhteiden keskiarvot ja keskihajonnat nuorille ja ikääntyneille jakamalla biceps femoris –lihaksen aktiivisuusarvo vastus medialis- ja vastus lateralis – lihasten aktiivisuuden keskiarvolla.

5.5 Tilastolliset analyysit

Kaikista muuttujista laskettiin keskiarvot ja keskihajonnat. Aineistojen normaalijakautuneisuus testattiin Shapiro Wilks'n testillä, jonka jälkeen ryhmien keskiarvojen välisiä eroja testattiin epäparametrisella Mann Whitneyin U –testillä, joka sopii hyvin pienille aineistoille. Tilastollinen merkitsevyystaso määriteltiin olemaan $p = .05$. Nuorten ja ikääntyneiden keskiarvojen välisille eroille laskettiin 95 % luottamusvälit, jotka kuvastavat ryhmien välisen eron ympärillä olevaa vaihteluväliä, pienintä ja suurinta arvoa.

6 TULOKSET

Kuvassa 6 on esimerkki tutkimuksessa käytetyistä muuttujista yhden nuoren ja yhden ikääntyneen koehenkilön seisomaan nousun ja istuutumisen aikana.

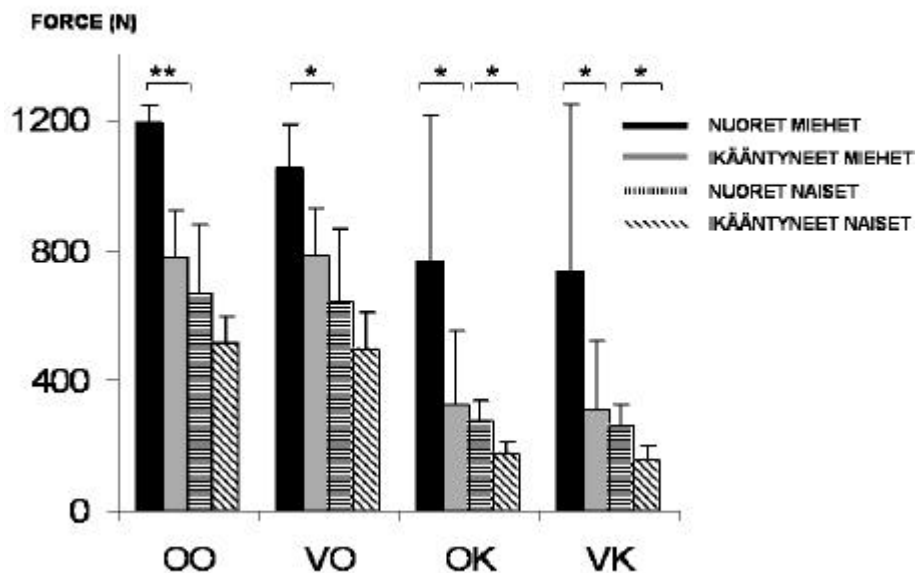


KUVA 6. Yhden nuoren ja yhden ikääntyneen koehenkilön nivelkulmamuutokset, alustan reaktiovoimat, plantaariset paineet ja lihasaktiivisuudet vasemmasta alaraajasta seisomaan nousun ja istuutumisen aikana.

6.1 Isometrinen maksimivoima

Kuvassa 7 esitetään nuorten miesten ja naisten sekä ikääntyneiden miesten ja naisten isometrinen maksimaalinen polven ojennus- ja koukistusvoima. Nuorten miesten isometrinen polven ojennusvoima oli oikeassa alaraajassa 414 N suurempi ($p = .009$ LV 213, 614) ja vasemmassa 274 N suurempi ($p = .018$ LV 64, 485) kuin ikääntyneillä miehillä. Isometrinen polven koukistusvoima oli nuorilla miehillä oikeassa alaraajassa 441 N suurempi ($p = .036$ LV 20, 862) ja vasemmassa 424 N suurempi ($p = .036$ LV -14, 862) kuin ikääntyneillä miehillä.

Nuorten naisten isometrinen polven ojennusvoima ei ollut oikeassa alaraajassa (149 N $p = .376$ LV -40, 338) ja vasemmassa (147 N $p = .376$ LV -74, 367) merkitsevästi suurempi kuin ikääntyneillä naisilla. Isometrinen polven koukistusvoima oli nuorilla naisilla oikeassa alaraajassa 100 N suurempi ($p = .048$ LV 27, 174) ja vasemmassa 108 N suurempi ($p = .024$ LV 35, 182) kuin ikääntyneillä naisilla.



KUVA 7. Isometriset absoluuttiset maksimaaliset polven ojennus- ja koukistusvoimat ryhmiteltyinä iän ja sukupuolen mukaan. Nuoret miehet $n = 3$, ikääntyneet miehet $n = 9$, nuoret naiset $n = 3$, ikääntyneet naiset $n = 9$. OK on oikean polven koukistusvoima ja VK vasemman, OO on oikean polven ojennusvoima ja VO vasemman. * $p = .05$, ** $p = .01$.

Taulukossa 2 esitetään nuorten ja ikääntyneiden polven ojentaja- ja koukistajalihasten isometrisen maksimivoiman ja maksimaalisen tahdonalaisen aktivaation suhde. Nuorten polven koukistaja- ja ojentajalihasten isometrinen voimasuhde oli oikeassa ja vasemmassa alaraajassa ikääntyneiden voimasuhdetta merkitsevästi suurempi. Nuorten ja ikääntyneiden polven koukistaja- ja ojentajalihasten maksimaalisen aktivaation suhteet eivät eronneet merkitsevästi.

TAULUKKO 2. Polven koukistaja- ja ojentajalihasten isometrisen maksimivoiman ja maksimaalisen tahdonalaisen aktivaation suhde nuorilla ja ikääntyneillä koehenkilöillä.

Fleksori-ekstensori					
-suhde		Nuoret	Ikääntyneet	p -arvo	Luottamusväli
Isometrinen voima	Oikea	0.502 (0.19)	0.374 (0.16)	.03	-0.04, 0.29
	Vasen	0.507 (0.19)	0.359 (0.15)	.01	-0.01, 0.31
EMG	Oikea	0.854 (0.12)	0.681 (0.22)	.12	-0.03, 0.37
	Vasen	0.807 (0.09)	0.737 (0.18)	.34	-0.09, 0.25

6.2 Ajalliset muuttujat

Seisomaan nousun ja istuutumisen ajalliset muuttujat esitetään taulukossa 3. Itse valitulla suoritusnopeudella ikääntyneiden seisomaan nousun ja istuutumisen sykli oli kokonaisuudessaan 14.7 % pidempi kuin nuorten sykli. Seisomaan nousu kesti ikääntyneillä 17.4 % ja istuutuminen 12.9 % kauemmin kuin nuorilla. Erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Metronomin tahdissa standardikorkuiselta ja matalalta tuolilta suoritun seisomaan nousun ja istuutumisen ajallisissa muuttujissa ei ollut eroa nuorten ja ikääntyneiden välillä (liite 1).

TAULUKKO 3. Seisomaan nousun ja istuutumisen sykliin käytetyt ajat koehenkilöiden itse valitsemalla nopeudella (ikäntyneet $n = 11$, nuoret $n = 5$).

	Ikääntyneet	Nuoret	p-arvo	Luottamusväli
Kokonaisaika (s)	4.07 (0.85)	3.47 (0.25)	.18	-1.4, 0.3
Seisomaan nousu (s)	2.01 (0.43)	1.66 (0.17)	.075	-0.8, 0.1
Istuutuminen (s)	2.06 (0.44)	1.80 (0.08)	.31	-0.7, 0.2

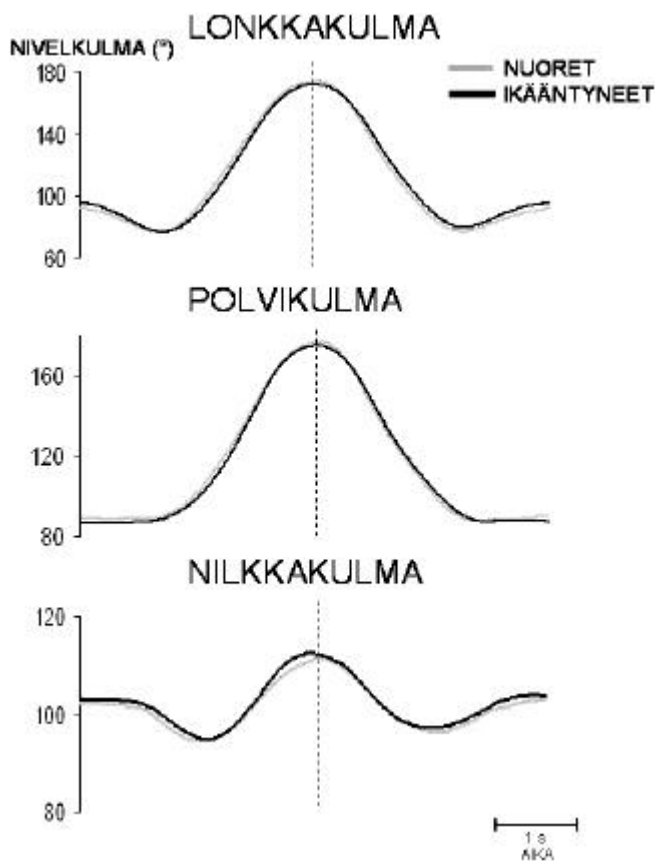
6.3 Nivelkulmamuutokset

Kuvassa 8 esitetään tikku-ukkomallin avulla esimerkki seisomaan noususta ja istuutumisesta kahdelta nuorelta ja kahdelta ikääntyneeltä koehenkilöltä.



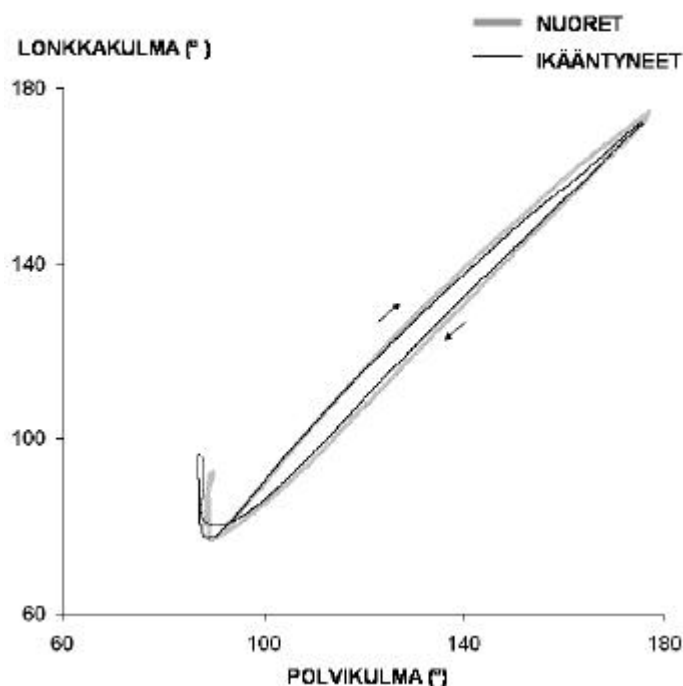
KUVA 8. Tikku-ukkomalli seisomaan noususta ja istuutumisesta kahdelta nuorelta (vasemmalla) ja kahdelta ikääntyneeltä (oikealla) koehenkilöltä. Piste osoittaa massakeskipisteen sijainnin suorituksen aikana.

Keskiarvoiset nivelkulmamuutokset nilkka-, polvi- ja lonkkanivelessä itse valitulla suoritusnopeudella seisomaan nousun ja istuutumisen aikana esitetään kuvassa 9. Istumasta seisomaan nousu alkoi vartalon kallistuessa eteen, polvikulma alkoi suurentua ennen kuin lonkkakulma saavutti minimiarvonsa. Lonkkakulman fleksiosiiirtymä alkuasennosta minimiarvoon oli nuorilla $16.0 \pm 4.3^\circ$ ja ikääntyneillä $20.8 \pm 6.0^\circ$ ($p = .115$ LV $-11.2, 1.6$). Nilkkakulma saavutti minimiarvonsa noin 100° polvikulman kohdalla. Itse valitulla suoritusnopeudella nivelkulmien absoluuttisissa arvoissa ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa (liite 2).



KUVA 9. Keskiarvoiset nivelkulmamuutokset nilkka-, polvi- ja lonkkanivelessä nuorilla ($n = 5$) ja ikääntyneillä ($n = 11$) koehenkilöillä itse valitulla suoritusnopeudella seisomaan nousun ja istuutumisen aikana. Nuorten tulos on merkitty harmaalla ja ikääntyneiden mustalla viivalla. Pystyviiva osoittaa seisoma-asentoa.

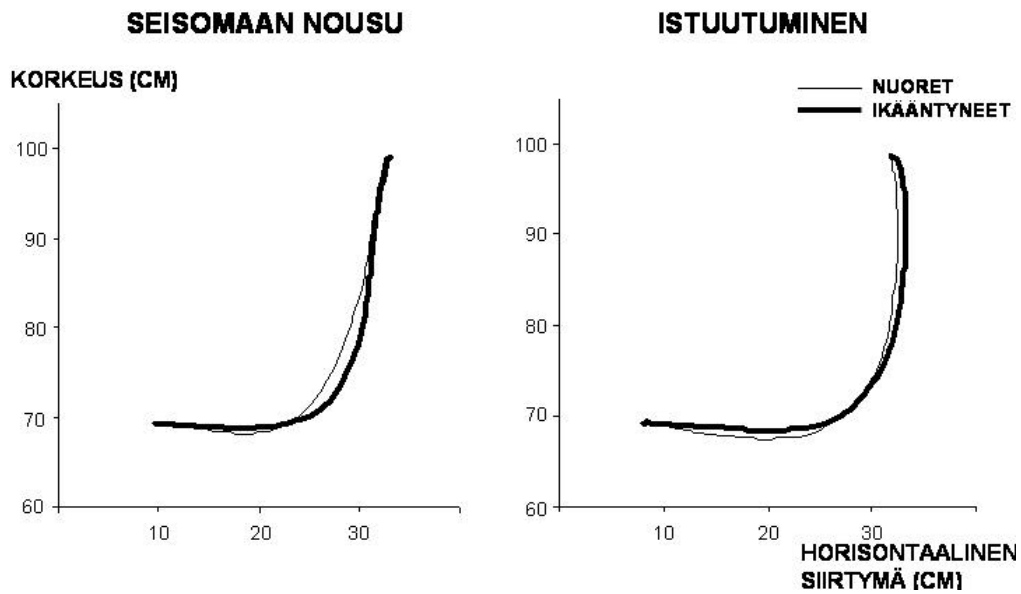
Nuorten ja ikääntyneiden seisomaan nousun ja istuutumisen lonkka- ja polvikulman välinen yhteys seisomaan nousun ja istuutumisen aikana esitetään kuvassa 10. Istuutuksessa nivelkulmat alkoivat pienentyä, nilkkakulma saavutti minimiarvonsa noin 100° polvikulmalla. Nilkkakulman minimiarvo jäi seisomaan nousun aikaista minimiarvoa suuremmaksi. Lonkkakulman minimiarvo jäi ikääntyneillä seisomaan nousun aikaista arvoa suuremmaksi, lonkkakulma kasvoi vartalon siirtyessä pystysuoraan asentoon. Ekstensiosiiirtymä lonkkakulman minimiarvosta loppukulmaan istuessa oli nuorilla $15.2 \pm 6.1^\circ$ ja ikääntyneillä $17.0 \pm 6.5^\circ$ ($p = .51$ LV $-9.2, 5.6$). Nivelkulmamuutokset metronomin tahdissa standardikorkuiselta ja matalalta tuoilta suoritetun seisomaan nousun ja istuutumisen ajalta esitetään liitteessä 3. Fleksio- ja ekstensiosiiirtymät eivät eronneet merkitsevästi nuorten ja ikääntyneiden välillä kun seisomaan nousu ja istuutuminen suoritettiin metronomin tahdissa standardikorkuiselta ja matalalta tuoilta (liite 4).



KUVA 10. Seisomaan nousun ja istuutumisen lonkka- ja polvikulman välinen yhteys nuorilla ($n = 5$) ja ikääntyneillä ($n = 11$) koehenkilöillä itse valitulla suoritusnopeudella. Nuorten tulos on merkitty harmaalla ja ikääntyneiden mustalla ohuella viivalla. Nuolet osoittavat liikkeen suuntaa istumasta seisoma-asentoon ja takaisin istuma-asentoon.

6.4 Massakeskipisteen siirtymä

Kuvassa 11 esitetään massakeskipisteen siirtymä seisomaan nousun ja istuutumisen aikana itse valitulla suoritusnopeudella. Massakeskipisteen siirtymä metronomin tahdissa standardikorkuiselta ja matalalta tuolilta esitetään liitteessä 5. Massakeskipiste siirtyi seisomaan nousun aikana ensin horisontaalisesti. Pakaroiden irrotessa tuolista massakeskipisteen siirtymä muuttui vertikaaliseksi saavuttaen maksimiarvonsa seisoma-asennossa. Istuutumisen aikana massakeskipiste siirtyi ensin vertikaalisesti. Kun pakarot osuivat tuoliin massakeskipisteen siirtymä muuttui horisontaaliseksi.



KUVA 11. Massakeskipisteen siirtymä nuorilla (n = 5) ja ikääntyneillä (n = 11) koehenkilöillä seisomaan nousun ja istuutumisen aikana itse valitulla suoritusnopeudella. Nuorten tulos on merkitty ohuella ja ikääntyneiden paksulla viivalla.

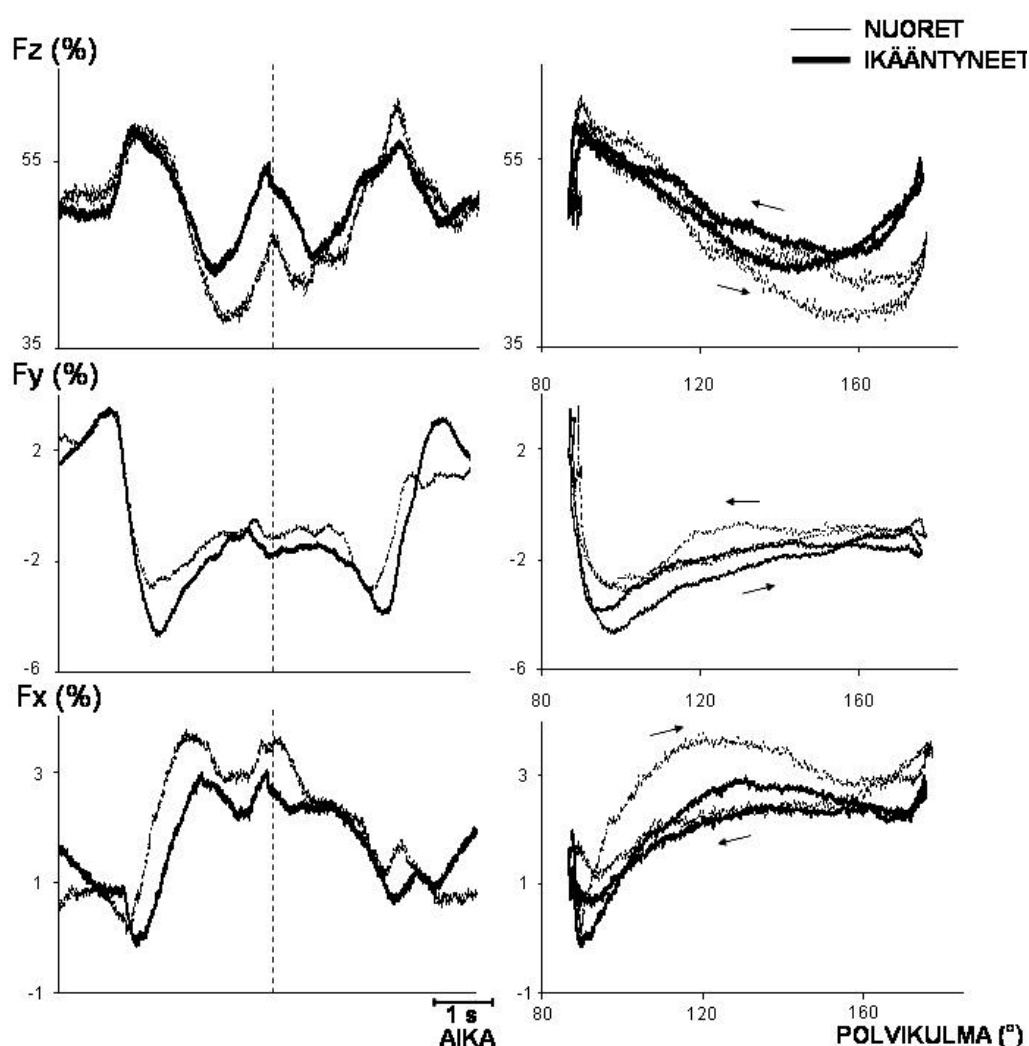
Seisomaan nousun aikana pakaroiden irrotessa tuolista massakeskipiste oli ikääntyneillä 16 % lähempänä tukipinnan keskipistettä kuin nuorilla. Istuutumisen aikana pakaroiden osuessa tuoliin massakeskipiste oli ikääntyneillä 7 % lähempänä tukipinnan keskipistettä kuin nuorilla. Erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä (taulukko 4). Massakeskipisteen etäisyydet tukipinnasta eivät eronneet nuorten ja ikääntyneiden välillä kun seisomaan nousu ja istuutuminen suoritettiin metronomin tahdissa standardikorkuiselta ja matalalta tuolilta.

TAULUKKO 4. Massakeskipisteen etäisyys tukipinnan keskeltä seisomaan nousun (pakaroiden irrotessa tuolista) ja istuutumisen aikana (pakaroiden osuessa tuoliin) koehenkilöiden itse valitsemalla nopeudella (ikäntyneet n = 11, nuoret n = 5).

	Nuoret (cm)	Ikääntyneet (cm)	Ero (cm)	p -arvo	Luottamusväli
Seisomaan nousu	13.6 ± 2.6	11.4 ± 5.1	2.2	.17	-3.0, 7.5
Istuutuminen	15.1 ± 6.5	14.0 ± 4.3	1.1	.23	-4.6, 6.9

6.5 Alustan reaktiivoimat

Kuvassa 12 esitetään ajan ja polvikulman avulla vasemman alaraajan keskiarvoiset pystyvoimat (F_z) ja vaakavoimat (F_y , F_x) seisomaan nousun ja istuutumisen aikana itse valitulla suoritusnopeudella. Vasemman ja oikean alaraajan pysty- ja vaakavoimissa ei ollut eroa. Seisomaan nousun ja istuutumisen aikaisissa pysty- (F_z) ja vaakavoimien (F_y , F_x) absoluuttisissa minimi- ja maksimiarvoissa ei ollut merkitsevää eroa nuorten ja ikääntyneiden välillä (liite 6).

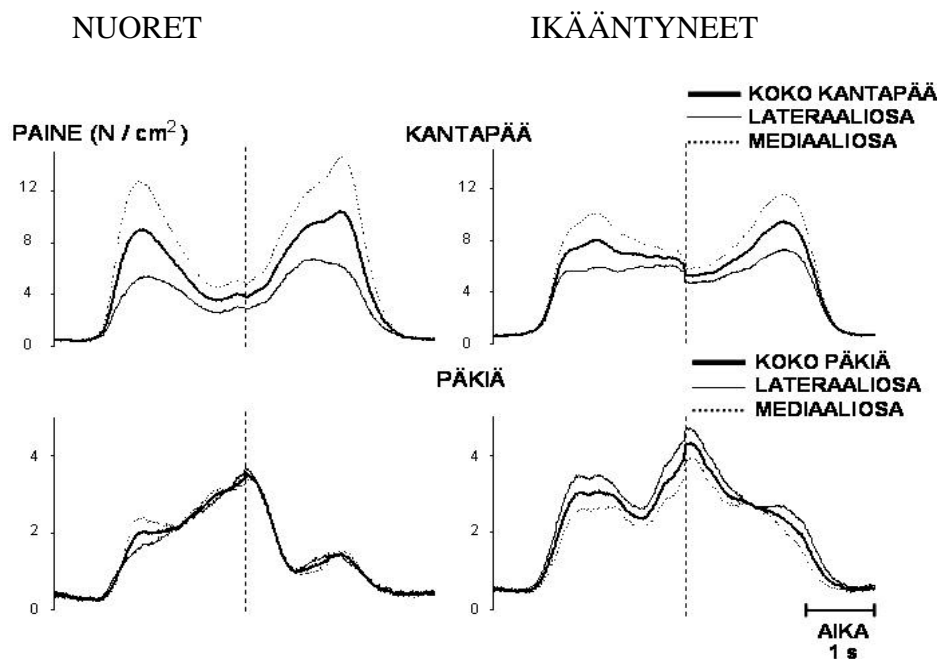


KUVA 12. Seisomaan nousun ja istuutumisen aikaiset vasemman alaraajan keskiarvoiset pysty- (F_z) ja vaakavoimat (F_y , F_x) ilmaistuna prosentteina kehon painosta esitettynä ajan (vasemmalla) ja polvikulman avulla (oikealla) nuorilla ($n = 4$) ja ikääntyneillä ($n = 9$) koehenkilöillä. Nuorten tulos on merkitty ohuella ja ikääntyneiden paksulla viivalla. Nuolet osoittavat liikkeen suuntaa istumasta seisoma-asentoon ja takaisin istuma-asentoon.

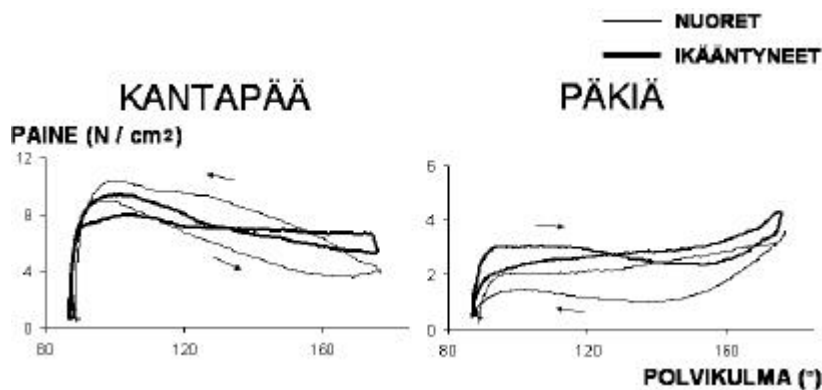
Seisomaan nousun alussa vartalon eteenpäin kallistuksen aikana pystyvoima suureni saavuttaen molemmilla ryhmillä huippuarvonsa samanaikaisesti kun lonkkakulma oli pienimmillään. Pystyvoima pieneni seisomaan nousun edetessä saavuttaen seisoma-asennon arvonsa. Istuutumisen aikana pystyvoima pieneni ja lonkkakulman ollessa pienimmillään saavutti istuutumisen aikaisen huippuarvon. Seisomaan nousun alussa vaakavoima (F_y) suuntautui vartalon kallistuksen alussa eteenpäin. Pakaroiden irrotessa penkistä voiman suunta vaihtui taaksepäin saavuttaen minimiarvonsa kun lonkka- ja polvikulma olivat alkaneet suurentua. Istuutumisen aikana vaakavoima (F_y) suuntautui taaksepäin ja saavutti minimiarvonsa ennen kuin lonkka- ja polvikulma olivat pienimmillään. Istuma-asennossa vartalon ojentuessa vaakavoima suuntautui eteenpäin. Seisomaan nousun alussa sivuttaissuuntainen vaakavoima (F_x) oli vartalon kallistuksen ajan vähäistä. Pakaroiden irrotessa penkistä sivuttaissuuntainen voima suuntautui ulospäin kestäen koko seisoma-asennon ajan. Istuutumisen ajan sivuttaissuuntainen voima (F_x) pienenei seisoma-asennon aikaisesta arvostaan. Alustan reaktivoimat eivät eronneet nuorten ja ikääntyneiden välillä kun seisomaan nousu ja istuutuminen suoritettiin metronomin tahdissa standardikorkuiselta ja matalalta tuolilta (liite 7).

6.6 Plantaariset paineet

Seisomaan nousun ja istuutumisen aikaiset vasemman jalkapohjan alueen keskiarvoistetut plantaariset paineet kantapään ja päkiän alueella itse valitulla suoritusnopeudella esitetään ajan suhteen kuvassa 13 ja polvikulman avulla kuvassa 14. Seisomaan nousun aikana suurimmat plantaariset paineet ilmenivät kantapään alueella. Ne saavuttivat huippunsa kun polvi- ja lonkkakulma alkoivat suurentua. Päkiän alueen paine oli koko seisomaan nousun ja istuutumisen syklin ajan kantapään painetta pienempää saavuttaen huippuarvonsa seisoma-asennossa. Istuutumisen aikana kantapään alueen huippupaine oli seisomaan nousun huippuarvoa suurempi ja ilmeni noin 110° polvikulmalla. Päkiä alueen paine pieneni istuma-asentoa kohti. Kantapään alueen plantaarinen paine oli mediaalipuolella lateraalipuolen painetta suurempaa koko seisomaan nousun ja istuutumisen ajan. Plantaaristen paineiden trendit eivät eronneet nuorten ja ikääntyneiden välillä kun seisomaan nousu ja istuutuminen suoritettiin metronomin tahdissa standardikorkuiselta ja matalalta tuolilta (liite 8).



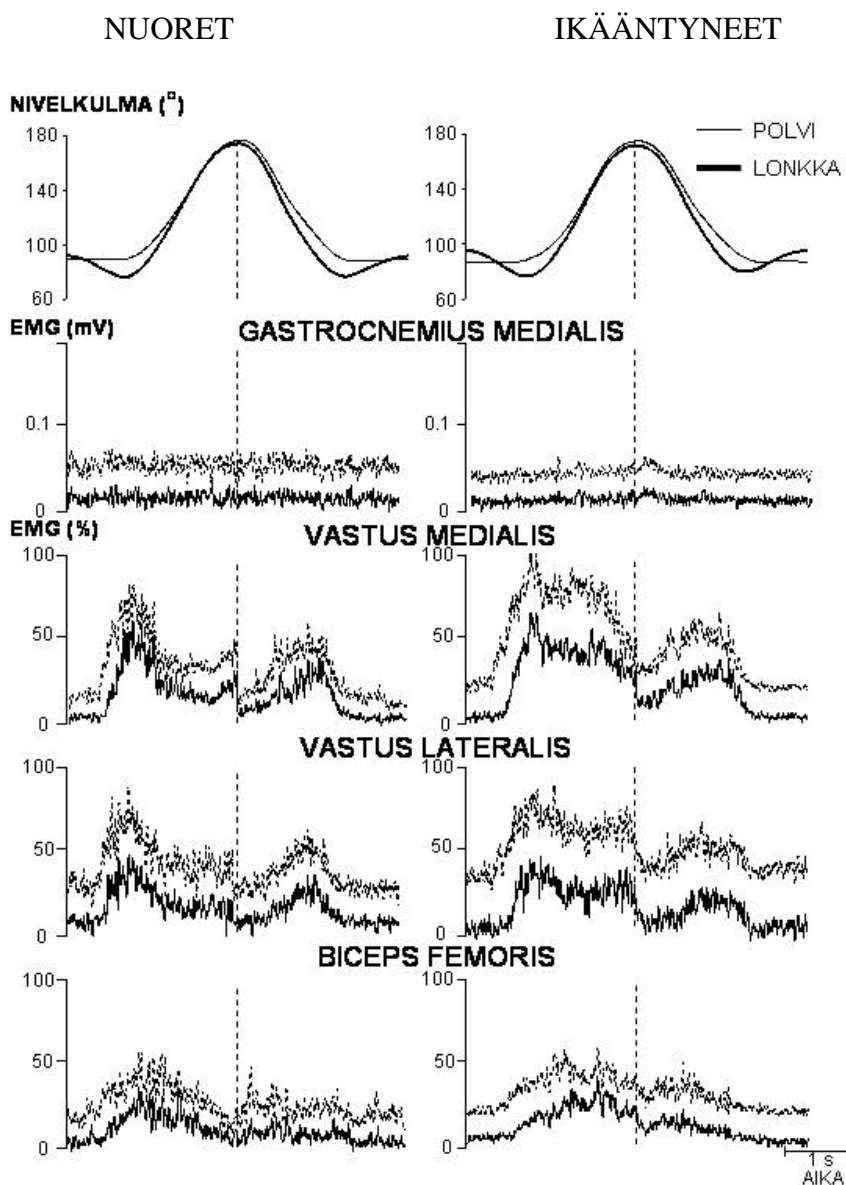
KUVA 13. Itse valitulla suoritusnopeudella nuorten ($n = 5$) ja ikääntyneiden ($n = 11$) seisomaan nousun ja istuutumisen aikaiset keskiarvoiset plantaariset paineet kantapään ja päkiän alueella. Kantapään ja päkiän paineet on jaettu lateraali- (ohut viiva) ja mediaaliosien (katkoviiva) paineiksi. Pystyviiva osoittaa seisoma-asentoa.



KUVA 14. Itse valitulla suoritusnopeudella nuorten ($n = 5$) ja ikääntyneiden ($n = 11$) seisomaan nousun ja istuutumisen aikaiset keskiarvoiset plantaariset paineet kantapään ja päkiän alueella polvikulman avulla esitettynä. Nuorten tulos on merkitty ohuella ja ikääntyneiden paksulla viivalla. Nuoret osoittavat liikkeen suuntaa istumasta seisomaan ja takaisin istuma-asentoon.

6.7 Lihaskäyttömallit

Kuvassa 15 esitetään itse valitulla suoritusnopeudella vasemman alaraajan lihasaktiivisuuksien keskiarvot seisomaan nousun ja istuutumisen aikana, ilmaistuna prosentteina isometrisen maksimivoiman aikaisesta lihasaktiivisuudesta.



KUVA 15. Itse valitulla suoritusnopeudella nuorten ($n = 5$) ja ikääntyneiden ($n = 11$) seisomaan nousun ja istuutumisen aikaisten vasemman alaraajan lihasaktiivisuuksien tasasuunnatut keskiarvot (paksu viiva) ja keskihajonnat (ohut viiva). Gastrocnemius medialis -lihaksen aktiivisuus ilmoitetaan absoluuttisena arvona, muut lihasaktiivisuusarvot on ilmaistuna prosentteina isometrisen maksimivoiman aikaisesta lihasaktiivisuudesta. Pystyviiva osoittaa seisoma-asentoa.

Vartalon kallistuksen aikana lihasaktiivisuus vastus medialis, vastus lateralis ja biceps femoris –lihaksissa lisääntyi saavuttaen huippunsa, kun lonkka- ja polvikulma alkoivat kasvaa. Lihasaktiivisuus jäi seisoma-asennossa istumisen aikaista lähtötasoa korkeammaksi. Vastus medialis – ja vastus lateralis lihaksen lihasaktiivisuudessa oli havaittavissa myös istuutumisen aikana nouseva trendi, joka saavutti huippunsa ennen kuin lonkka- ja polvikulma saavuttivat pienimmän arvonsa. Biceps femoris –lihaksessa istuutumisen aikainen lihasaktiivisuuden nousu oli pienempää. Istuma-asennossa lihasaktiivisuudet palasivat lähelle lähtötasoaan. Gastrocnemius medialis –lihaksen aktiivisuus pysyi samalla tasolla koko seisomaan nousun ja istuutumisen syklin ajan. Oikean ja vasemman alaraajan lihasaktiivisuudet eivät eronneet toisistaan. Kaikilla kolmella suoritustavalla (itse valitulla suoritusnopeudella, metronomin tahdissa standardikorkuiselta ja matalalta tuolilta) lihasaktiivisuudet noudattivat samaa lihasaktiivisuusmallia.

7 POHDINTA

Seisomaan nousua on tutkittu paljon koehenkilöiden itse valitsemilla suoritusnopeuksilla (Pai & Rogers 1991b, Pai ym. 1994, Kerr ym. 1997), metronomin tahdissa (Doorenbosch ym. 1994, Roebroek ym. 1994, Crosbie ym. 1997), erilaisilla alkuasennoilla (Vander Linden ym. 1994, Shepherd ym. 1996, Khemlani ym. 1999), eri liikestrategioilla (Doorenbosch ym. 1994, Goulart & Valls-Solé 1999), erilaisilta tuoleilta (Wheeler ym. 1985, Ikeda ym 1991, Schenkman ym 1996) ja erilaisilla koehenkilöjoukoilla (Hughes ym.1996, Bahrami ym. 2000, Papa & Cappozzo 2000). Istuutumisesta on puolestaan löydettävissä erittäin vähän aikaisempia tutkimuksia (Kerr ym. 1997, Ashford & De Souza 2000). Tässä tutkimuksessa pääpaino oli nuorten ja ikääntyneiden itse valitsemalla suoritusnopeudella suoritettaman seisomaan nousun ja istuutumisen vertailulla. Tarkoituksena oli saada kuva koehenkilöiden mahdollisimman luonnollisista suorituksista. Nuorten ja ikääntyneiden seisomaan nousuun ja istuutumiseen käyttämät ajat ja vartalon kallistus suoritusten aikana eivät eronneet merkitsevästi. Lihasten sähköistä aktiivisuutta ja plantaarisia paineita tarkasteltaessa nuorten seisomaan nousun ja istuutumisen suoritukset vaikuttavat olleen ikääntyneiden suorituksia dynaamisempia, muuttujat nousivat nopeasti huippuarvoonsa ja laskivat voimakkaasti.

Nuorten ja ikääntyneiden koehenkilöiden ryhmät eivät eronneet merkitsevästi sukupuolen, pituuden tai kehon painon suhteen. Kuitenkin nuorten miesten isometrinen maksimaalinen polven ojennus- ja koukistusvoima olivat ikääntyneiden miesten tuloksia merkitsevästi suuremmat. Nuorten naisten maksimaalinen koukistusvoima oli ikääntyneiden voimaa merkitsevästi suurempi. Nämä tulokset ovat yhteneviä aiempien tutkimustulosten kanssa, joiden mukaan ikääntyminen saa aikaan maksimaalisen voimantuottokyvyn laskua (Aniansson ym. 1986, Vandervoort & McComas 1986, Frontera ym. 1991, Häkkinen & Häkkinen 1991, De Serres & Enoka 1998, Frontera ym. 2000). Ikääntymisen aiheuttama maksimivoiman lasku ei johdu lihassolujen maksimaalisen aktivaation laskusta (De Serres & Enoka 1998) vaan luurankolihasien poikkipinta-alan pienenemisestä (Häkkinen & Häkkinen 1991, Frontera ym. 2000). Aikaisemmista tutkimuksista eroten nuorten naisten polven maksimaalinen ojennusvoima, joka oli 22 % ikääntyneiden naisten voimaa suurempi, ei tässä tutkimuksessa osoittautunut merkitsevästi ikääntyneiden naisten voimaa suuremmaksi. Tämän yllättävän tutkimustuloksen

syynä näyttäisi olevan nuorten naisten pienen ryhmän suuri hajonta, jonka vuoksi tulokset eivät ole tilastollisesti merkitseviä, vaikka prosentuaalisen eron perusteella eroja näyttäisi olevan.

Ikääntyneiden koehenkilöiden polven koukistajalihakset (36 %) olivat heikommalla suhteella ojentajalihaksiin kuin nuorten koukistajalihakset (50 %). Tulos ei anna täysin oikeaa kuvaa lihasten maksimivoimien suhteesta, koska voimat on mitattu 105 ° polvikulmalla, jolloin ojentaja- ja koukistajalihakset toimivat eri lihaspituuksilla. Nuorten polven koukistajalihasten maksimaalinen aktivaatio oli keskimäärin 83 % ojentajalihasten aktivaatiosta, kun ikääntyneiden koukistajalihasten aktivaatio oli keskimäärin 70 % ojentajien aktivaatiosta. Tulos ei välttämättä anna täysin oikeaa kuvaa lihasaktiivisuuksien suhteesta, koska rectus femoris –lihaksen aktiivisuutta polven ojennuksen aikana ei ole otettu suhteutuksessa huomioon.

Ajalliset muuttujat ja nivelkulmamuuutokset

Koehenkilöiden itse valitsemalla suoritusnopeudella seisomaan nousu kesti ikääntyneillä 17 % ja istuutuminen 10 % nuoria pidemmän ajan. Erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Tutkimustulos on yhtenevä suuntainen aikaisempien tutkimustulosten kanssa, joissa ikääntyneiden voidaan havaita käyttävän seisomaan nousuun (Wheeler ym. 1985, Ikeda ym. 1991, Pai ym. 1994, Kerr ym. 1997) ja istuutumiseen (Kerr ym. 1997) nuoria pidemmän ajan. Myöskään aikaisemmissä tutkimuksissa seisomaan nousuun ja istuutumiseen käytettyjen aikojen ero ei ole osoittanut tilastollista merkitsevyyttä. Tutkimustulokset ovat yhteneviä aikaisempien tutkimusten kanssa myös keskijajonnan osalta. Ikääntyneiden ihmisten seisomaan nousuun ja istuutumiseen käyttämässä ajassa on havaittavissa selvästi nuorten aikoja suurempaa hajontaa. Metronomin tahdissa tehtyjen suoritusten nuorten ja ikääntyneiden seisomaan nousun ja istuutumisen sykliin käyttämät ajat eivät eronneet toisistaan (liite 1). Näin ollen molemmat ryhmät pystyivät suorittamaan seisomaan nousun ja istuutumisen kokonaissyklin ohjatun suoritusnopeuden mukaan hitaalla liikenopeudella.

Vartalon eteenpäin kallistus seisomaan nousun aikana oli ikääntyneillä ihmisillä 23 % nuorten kallistusta suurempi. Vaikka ero seisomaan nousun aikana ei osoittanut tilastollista merkitsevyyttä, on se yhtenevä suuntainen aikaisempien tutkimustulosten kanssa. Wheeler ym. (1985), Kerr ym. (1997) ja Papa & Capozzo (2000) totesivat tutkimuksis-

saan, että seisomaan nousun alkuvaiheessa ikääntyneet kallistavat vartaloaan eteenpäin nuoria enemmän. Istuutumisen aikainen vartalon eteenkallistus oli ikääntyneillä koehenkilöillä 11 % nuorten kallistusta suurempi. Tulos ei ollut tilastollisesti merkitsevä ja sitä voidaan pitää yhtenevänä Kerrin ym. (1997) tutkimuksen kanssa, jonka mukaan vartalon kallistuksessa istuutumisen aikana ei ole eroa nuorten ja ikääntyneiden välillä. Tämä saattaa johtua mm. siitä, etteivät ikääntyneet ole suorittaneet istuutumista hallitusti.

Pai ym. (1991) totesivat ettei seisomaan nousun suoritusnopeudella ole merkitsevää vaikutusta nivelkulmamuutosten yleiseen profiiliin. Suoritusnopeuden hidastuminen sai kuitenkin aikaan nivelkulmamuutosten hidastumista ja vartalon kallistumista enemmän eteenpäin. Ikääntyneiden ihmisten hitaampi seisomaan nousun suoritusnopeus saattaa selittää vartalon kallistuksen suuruutta. Vartalon kallistus noudatti metronomin tahdissa tehdyillä suorituksilla (liite 4) samaa trendiä kuin itse valitulla suoritusnopeudella. Ikääntyneet kallistivat vartaloaan eteenpäin seisomaan nousun ja istuutumisen aikana nuoria enemmän, tulokset eivät kuitenkaan olleet tilastollisesti merkitseviä. Eri suoritustapoja vertailtaessa havaitaan vartalon kallistuksen lisääntyvän seisomaan nousun ja istuutumisen aikana metronomin tahdissa tehdyillä suorituksilla. Tämän muutoksen saanee aikaan metronomin aiheuttama hidas suoritusnopeus.

Massakeskipisteen siirtymiä tarkasteltaessa havaitaan ikääntyneiden massakeskipisteen siirtyvän enemmän horisontaalisesti seisomaan nousun aikana. Seisomaan nousun ja istuutumisen aikana pakaroiden irrotessa tuolista ikääntyneiden massakeskipiste oli lähempänä tukipinnan keskikohtaa kuin nuorilla koehenkilöillä. Tulos ei ollut tilastollisesti merkitsevä, mutta se tukee tutkimuksessa havaittua trendiä ikääntyneiden suuremmasta vartalon kallistuksesta seisomaan nousun ja istuutumisen aikana. Ikääntyneet tuovat massakeskipisteen tukipinnan päälle suorituksen aikaisessa vaiheessa, jolloin seisoma-asennon saavuttamiseen tarvittavan lihastyön määrä pienenee. Metronomilla tahdistettujen seisomaan nousun ja istuutumisen suoritusten aikana on havaittavissa samansuuntainen eroavaisuus nuorten ja ikääntyneiden välillä, ikääntyneiden massakeskipiste siirtyy nuorten massakeskipistettä enemmän horisontaalisesti.

Lonkan ja polven välistä yhteyttä kuvaavaa looppia on käytetty mm. juoksun tai kävelyn aikana kuvaamaan lonkka- ja polvinivelen yhteistoimintaa. Seisomaan nousua ja

istuutumisesta tarkasteltaessa (Kuva 8) havaitaan, että pakaroiden penkistä irtoamisen jälkeen lonkka ja polvinivel toimivat samansuuntaisesti ja lähes samansuuruisesti. Tässä tutkimuksessa ei lonkka- ja polvinivelen välisissä yhteyksissä nuorten ja ikääntyneiden välillä ole havaittavissa eroavaisuuksia seisomaan nousun ja istuutumisen aikana. Tämä tutkimustulos ei ole yhtenevä aikaisempien tutkimustulosten kanssa (Pai ym. 1994, Schenkman ym. 1996, Kerr ym. 1997, Papa ym. 2000), joiden mukaan seisomaan nousun aikana ikääntyneiden polvikulma alkaa kasvaa ennen lonkkakulman kasvua ja vartalon vertikaalista siirtymää. Nuoret puolestaan aloittavat vertikaalisen siirtymän jo vartalon kallistuksen aikana.

Metronomin tahdissa standardikorkuiselta ja matalalta tuolilta nuorten ja ikääntyneiden välisissä lonkan ja polven nivelkulmamuutoksissa on havaittavissa selvä eroavaisuus (liite 2). Nuorten lonkka- ja polvikulmien kasvu tapahtuu seisomaan nousun aikana ikääntyneiden kulmien kasvua selvästi hitaammin. Seisomaan nousun ja istuutumisen syklin suorittamiseen annettiin ohjeistus, jonka mukaan suorituksen tuli jatkua yhtäjaksoisesti istumasta seisomaan ja takaisin istumaan niin kauan kunnes koehenkilölle annettiin lupa lopettaa suoritus. Koehenkilöt seisoivat eri mittaisen ajan, joten seisomista ei analysoitu. Näihin tekijöihin liittyen nuorten ja ikääntyneiden kulmamuutosten nopeudessa havaittava ero johtunee siitä, että kaikki ikääntyneet eivät ohjeistuksesta ja harjoittelusta huolimatta toteuttaneet suoritusta metronomin tahdissa niin, että liike olisi jatkunut koko suoritusajan.

Lihasktiivisuusmallit

Gastrocnemius medialis-, vastus medialis-, vastus lateralis- ja biceps femoris –lihasten aktiivisuus seisomaan nousun aikana noudattaa yhteneviä aktiivisuusmalleja aikaisempien tutkimustulosten kanssa (Doorenbosch ym. 1994, Roebroek ym. 1994). Vastus medialis- ja vastus lateralis –lihaksen toimivat seisomaan nousun aikana polven ojentajina, niiden lihasaktiivisuus oli suurimmillaan kun pakarat irtosivat tuolista. Biceps femoris –lihaksen, joka toimii seisomaan nousun aikana lonkan ojentajana ja polven stabiloijana, aktiivisuus alkoi polven ojentajien kanssa samaan aikaan kestäen koko seisoma-asennon ajan. Gastrocnemius medialis –lihaksen lihasaktiivisuus ei muuttunut seisomaan nousun ja istuutumisen aikana, joka johtunee siitä, että nilkassa ei tapahdu plantaarifleksiota suoritusten aikana. Istuutumisen aikaisista lihasaktiivisuusmalleista ei ole löydettävissä aikaisempia tutkimustuloksia. Vastus medialis- ja vastus lateralis –lihaksissa, jotka toimivat istuutumisen aikana liikettä jarruttaen, oli havaittavissa saman-

ksissa, jotka toimivat istuutumisen aikana liikettä jarruttaen, oli havaittavissa samanmuotoinen, amplitudiltaan pienempi lihasaktiivisuuden nousu kuin seisomaan nousun aikana. Lihasaktiivisuus oli suurimmillaan juuri ennen pakaroiden osumista tuoliin. Biceps femoris –lihas toimi koko istuutumisen ajan polvinivelen stabiloijana pienellä aktiivisuustasolla.

Nuorten ja ikääntyneiden lihasaktiivisuuksien vertailua seisomaan nousun ja istuutumisen ajalta ei ole aikaisemmin raportoitu. Lihasaktiivisuusmalleja tarkasteltaessa havaitaan vastus medialis-, vastus lateralis- ja biceps femoris –lihasten lihasaktiivisuuksien alkavan nuorilla ja ikääntyneillä samassa vaiheessa seisomaan nousua ja istuutumista. Pakaroiden irrotessa tuolista nuorten polven ojentaja- ja koukistajalihakset saavuttivat huippuarvonsa. Agonisti- ja antagonistilihasten yhteistoiminnalla voidaan lisätä nivelen stabiiliteettia ja näin ollen seisomaan nousu on mahdollista suorittaa pienemmällä vartalon kallistuksella. Ikääntyneet kallistivat vartaloaan nuoria enemmän eteenpäin seisomaan nousun alkuvaiheessa. Näin ollen ikääntyneet saattoivat optimoida agonistilihasten voimantuottoa seisomaan nousun aikana. Ikääntyneiden biceps femoris –lihas saavutti maksimiarvonsa seisomaan nousun aikana nuorten maksimiarvoa myöhemmin seisomaan nousun loppuvaiheessa, jolloin lihasaktiivisuutta vaikuttaisi tarvittavan seisoma-asennon stabiloimiseen. Nuorten lihasaktiivisuusmallit olivat luonteeltaan ikääntyneiden aktiivisuusmalleja dynaamisempia. Tämä ilmeni siten, että nuorten lihasaktiivisuudet nousivat huippuarvoonsa ja laskivat ikääntyneiden lihasaktiivisuuksia nopeammin. Ikääntyneiden lihasaktiivisuuksien kesto näyttää seisomaan nousun ja istuutumisen ajan olevan nuorten aktiivisuutta pidempää vastus medialis-, vastus lateralis- ja biceps femoris –lihaksissa.

Lihasaktiivisuusmallit metronomin tahdissa tehtyjen suoritusten aikana eivät eronneet itse valitun suoritusnopeuden aikaisista lihasaktiivisuusmalleista. Tämä tutkimustulos on yhtenevän suuntainen Goulartin ja Valls-Solén (1999) tutkimuksen kanssa jossa todettiin, ettei erilaisten seisomaan nousu –tekniikoiden aikaisten polven ojentaja- ja koukistajalihasten aktivoitumisjärjestyksessä ole eroja. Doorenbosch ym. (1994) mukaan hamstring –lihasten aktivaatio on merkitsevästi suurempaa ja quadriceps –lihasryhmän aktivaatio pienempää kun seisomaan nousun alussa suoritetaan suuri vartalon fleksio.

Alustan reaktiivoimat ja plantaariset paineet

Seisomaan nousun aikaiset alustan pysty- ja vaakavoimat noudattivat yhteneviä trendejä aikaisempien tutkimusten kanssa (Crosbie ym. 1997, Hirschfield ym. 1999). Istuutumisen ajalta ei alustan reaktiivoimista ole löydettävissä aikaisempia tutkimustuloksia. Alustan pystyvoimien ja eteen-taakse suuntautuvien reaktiivoimien trendeissä ei ole havaittavissa eroja nuorten ja ikääntyneiden koehenkilöiden välillä seisomaan nousun ja istuutumisen aikana. Pystyvoima näytti olevan metronomin tahdissa suoritettuna nousun ja istuutumisen aikana pienempää kuin itse valitun suoritusnopeuden aikana. Tämä johtunee metronomin tahdin aiheuttamasta hitaammasta suoritusnopeudesta. Tämä tulos on yhtenevä suuntainen Vander Lindenin ym. (1994) tutkimustuloksen kanssa, jonka mukaan hitaampi suoritusnopeus sai aikaan pienemmän seisomaan nousun aikaisen pystyvoiman huippuarvon.

Nuorten sivuttaissuuntainen reaktiivoima näyttää suuntautuvan ikääntyneiden voimaa enemmän lateraalisesti. Löydöstä tukevat nuorten plantaarisissa paineissa kantapään mediaalipuolen sensoreiden ikääntyneiden sensoreita suuremmat paine-arvot. Lateraalisuuntainen voima oli nuorilla koehenkilöillä ikääntyneitä suurempaa myös kun seisomaan nousu suoritettiin metronomin tahdissa (liite 5). Vaikkei sivuttaissuuntaisen reaktiivoiman ero nuorten ja ikääntyneiden välillä osoittautunut tilastollisesti merkitseväksi, on se erittäin mielenkiintoinen. Sivuttaissuuntaisen reaktiivoiman suuruutta ei voi havaita polvien yhteen painumisena liikeanalyysin videokuvaa katsellessa. Tässä tutkimuksessa ei mitattu lonkan loitontajalihasten aktiivisuutta, jonka avulla olisi mahdollisesti pystytty selittämään ilmiötä. Nuoret koehenkilöt saattoivat stabiloida seisomaan nousua ja seisoma-asentoa lonkan loitontajalihasten aktivoinnilla aiheuttaen näin enemmän lateraalisuuntaista voimaa suorituksen aikana.

Painopisteen rata jalkapohjan alueella säilyi jalan keskiosalla molemmilla ryhmillä koko suorituksen ajan. Seisomaan nousun ja istuutumisen aikana huippupaineet sijaitsivat tässä tutkimuksessa kantapään alueella, mikä on yhtenevä Rozeman ym. (1996) tutkimustuloksen kanssa. Rozema ym. (1996) totesivat huippupaineiden sijaitsevan kantapään lisäksi isovarpaan alueella seisomaan nousun ja istuutumisen aikana. Tässä tutkimuksessa isovarpaan alueen painearvot jäivät pieniksi. Kantapään lisäksi seisomaan nousun ja istuutumisen aikana kuormittui pääasiassa päkiän alue. Plantaarisissa paineis-

sa voidaan havaita selvä ero nuorten ja ikääntyneiden koehenkilöiden välillä itse valitulla suoritusnopeudella suoritettua nousua ja istuutumisen aikana. Nuorten kantapään paine nousi nopeasti maksimiarvoonsa ja tasaantui seisoma-asennossa kantapään ja päkiän alueelle. Tämä tutkimustulos on samansuuntainen nuorten lihasaktiivisuudessa näkyvän dynaamisuuden kanssa. Ikääntyneiden lihasaktiivisuus ja plantaarinen paine saavuttivat huippuarvonsa nuorten arvoja hitaammin. Ikääntyneillä oli suurin osa paineesta kantapäällä seisoma-asennon saavuttamiseen saakka, jolloin nousu ei välttämättä ollut tasapainoinen ja he joutuivat mahdollisesti käyttämään enemmän lihastyötä seisoma-asennon stabiloimiseen. Istuutumisen aikana samaa ilmiötä ei ryhmien välillä ollut havaittavissa.

Seisomaan nousun aikainen kantapään alueen painehuippu muuttui metronomin tahdissa tehtyjen suoritusten aikana itse valittua nopeutta terävämmäksi (liite 7). Sama ilmiö on havaittavissa pystyvoimassa etenkin matalalta tuoilta suoritettua nousua aikana. Lihasaktiivisuuden huippuamplitudi saattaisi korreloida painepiikin huippuarvon kanssa. Istuutumisen aikainen kantapään alueen paineen huippuarvon kesto pitenee metronomin tahdissa tehdyillä suorituksilla. Kun istuutuminen suoritetaan hitaalla liikenopeudella painopiste pyrkii todennäköisesti siirtymään taaksepäin ja suurin paine pysyy kantapään alueella koko istuutumisen ajan. Ilmiö ei ollut havaittavissa alustan reaktiivisuudessa tai lihasaktiivisuudella.

Nuorten ja ikääntyneiden nousu ja istuutuminen eivät eronneet toisistaan merkittävästi. Kuitenkin useissa muuttujissa oli havaittavissa samansuuntaisia muutoksia aikaisempien tutkimustulosten kanssa, joiden mukaan kyky nousta seisomaan ja istuutua hallitusti heikkenevät ikääntymisen myötä. Ikääntymisen aiheuttamien muutosten on todettu olevan suurempia 70 ja 80 ikävuoden paikkeilla (Aniansson ym. 1986), joten tämän tutkimuksen ikääntyneet koehenkilöt (67 v.) eivät välttämättä olleet riittävän ikääntyneitä kuvaamaan ikääntymisen aiheuttamia todellisia muutoksia nousussa ja istuutumisessa. Jatkotutkimuksissa koehenkilöiden määrää tulisi lisätä, ikäeroa kasvattaa ja liikunnan harrastaminen kontrolloida. Näiden tekijöiden avulla tutkimus antaisi edustavamman kuvaa nuorten ja ikääntyneiden ihmisten mahdollisista eroista nousuun ja istuutumisen aikana.

8 LÄHTEET

Aniansson, A., Hedberg, M., Henning, G-B. & Grimby, G. 1986. Muscle morphology, enzymatic activity and muscle strength in elderly men: A follow-up study. *Muscle Nerve* 9, 585 – 591.

Ashford, S. & De Souza, L. 2000. A comparison of the timing of muscle activity during sitting down compared to standing up. *Physiother Res Int* 5, 111 – 128.

Bahrami, F., Riener, R., Jabedar-Marlani, P. & Schmidt, G. 2000. Biomechanical analysis of sit-to-stand transfer in healthy and paraplegic subjects. *Clin Biom* 15, 123 – 133.

Borkan, G.A., Hults, D.E., Gerzof, S.G., Robbins, A.H. & Silbert, C.K. 1983. Age changes in body composition revealed by computed tomography. *J Gerontol* 38, 673 – 677.

Carter, N.D., Kannus, P. & Khan, K.M. 2001. Exercise in the prevention of falls in older people. A systematic literature review examining the rationale and the evidence. *Sports Med* 31, 427 – 438.

Crosbie, J., Herbert, R.D. & Bridson, J.T. 1997. Intersegmental dynamics of standing from sitting. *Clin Biom* 12, 227 – 235.

De Serres, S.J. & Enoka, R.M. 1998. Older adults can maximally activate the biceps brachii muscle by voluntary command. *J Appl Physiol* 84, 284 – 291.

Doorenbosch, C.A.M., Harlaar, J., Roebroek, M.E. & Lankhorst, G.J. 1994. Two strategies of transferring from sit-to-stand, the activation of monoarticular and biarticular muscles. *J Biom* 27, 1299 – 1307.

- Fleckenstein, S.J., Kirby, R.L. & MacLeod, D.A. 1988. Effect of limited knee-flexion range on peak hip moments of force while transferring from sitting to standing. *J Biomech* 21, 915 – 918.
- Frontera, W.R., Hughes, V. A., Lutz, K.J. & Evans, W.J. 1991. A cross-sectional study of muscle strength and mass in 45- to 78-yr-old men and women. *J Appl Physiol* 71, 644 – 650.
- Frontera, W.R., Hughes, V.A., Fielding, R.A., Fiatarone, M.A., Evans, W.J. & Roubenoff, R. 2000. Aging of skeletal muscle: a 12-yr longitudinal study. *J Appl Physiol* 88, 1321 – 1326.
- Goulart, F.R-P. & Valls-Solé, J. 1999. Patterned electromyographic activity in the sit-to-stand movement. *Clin Neurophys* 110, 1634 – 1640.
- Hahn, M.E., McLean, S.P., Derrick, T.R. & Allyn, D.A. 1998. Effect of bench height on resultant joint moments in older adults performing a sit-to-stand task. The Third North American congress on biomechanics. Waterloo, Canada.
- Hirschfeld, H., Thorsteinsdottir, M. & Olsson, E. 1999. Coordinated ground forces exerted by buttocks and feet are adequately programmed for weight transfer during sit-to-stand. 82, 3021 – 3029.
- Hughes, J., Myers, B.S. & Schenkman, M.L. 1996. The role of strength in rising from a chair in the functionally impaired elderly. *J Biom* 29, 1509 – 1513.
- Hughes, J., Pratt, L., Linge, K., Clark, P. & Klenerman, L. 1991. Reliability of pressure measurements: The EMED F system. *Clin Biomech* 6, 14 – 18.
- Hunter, S., White, M. & Thompson, M. 1998. Techniques to evaluate human muscle function: A physiological basis. *J Gerontol* 53A, B204 – B216.

- Häkkinen, K. & Häkkinen, A. 1991. Muscle cross-sectional area, force production and relaxation characteristics in women at different ages. *Eur J Appl Physiol* 62, 410 – 414.
- Häkkinen, K. & Pakarinen, A. 1993. Muscle strength and serum testosterone, cortisol and SHBG concentrations in middle-aged and elderly men and women. *Acta Phys Scand* 148, 199 –207.
- Ikeda, E.R., Schenkman, M.L., O'Riley, P. & Hodge, W.A. 1991. Influence of age on dynamics of rising from a chair. *Phys Ther* 71, 473 – 481.
- Kelley, D.L., Dainis, A. & Wood, G.K. 1976. Mechanics and muscular dynamics of rising from a seated position. Teoksessa Komi PV (toim.) *Biomechanics V-B. International congress of biomechanics 5th*, Jyväskylä. University park press; Baltimore. 127 – 134.
- Kerr, K.M., White, J.A., Barr, D.A. & Mollan, R.A.B. 1997. Analysis of the sit – stand – sit movement cycle in normal subjects. *Clin Biom* 12, 236 – 245.
- Khemplani, M.M., Carr, J.H. & Crosbie, W.J. 1999. Muscle synergies and joint linkages in sit-to-stand under two initial foot positions. *Clin Biom* 14, 236 – 246.
- Kotake, T., Dohi, N., Kajiwara, T., Sumi, N., Koyama, Y. & Miura, T. 1993. An analysis of sit-to-stand movements. *Arch Phys Med Rehab* 74, 1095 – 1099.
- Lexell, J., Taylor, C.C. & Sjöström, M. 1988. What is the cause of 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 Neurol Sci* 84, 275 – 294.
- Lindstöm, B., Lexell, J., Gerdle, B. & Downham, D. 1997. Skeletal muscle fatigue and endurance in young and old men and women. *J Gerontol* 52A, B59 – B66.
- Millington, P.J., Myklebust, B.M. & Shambes, G.M. 1992. Biomechanical analysis of the sit-to-stand motion in elderly persons. *Arch Phys Med Rehab* 73, 609 – 617.

- Nuzik, S., Lamb, R., VanSant, A. & Hirt, S. 1986. Sit-to-stand movement pattern. *Phys Ther* 66, 1708 – 1713.
- Pai, Y-C. & Rogers, M.W. 1990. Control of body mass transfer as a function of speed of ascent in sit-to-stand. *Med Sci Sport Exerc* 22, 378 – 384.
- Pai, Y-C. & Rogers, M.W. 1991a. Segmental contributions to total body momentum in sit-to-stand. *Med Sci Sport Exerc* 23, 225 – 230.
- Pai, Y-C. & Rogers, M.W. 1991b. Speed variation and resultant joint torques during sit-to-stand. *Arch Phys Med Rehab* 72, 881 – 885.
- Pai, Y-C., Naughton, B.J., Chang, R.W. & Rogers, M.W. 1994. Control of body center of mass momentum during sit-to-stand among young and elderly adults. *Gait Posture* 2, 109 – 116.
- Papa, E. & Cappozzo, A. 2000. Sit-to-stand motor strategies investigated in able-bodied young and elderly subjects. *J Biom* 33, 1113 – 1122.
- Perttunen, J. & Komi, P. 1995. Foot pressure distribution patterns during gait. Teoksessa Häkkinen, K., Keskinen, K. L., Komi, P. V. & Mero, A. (toim.) *International Society of Biomechanics*. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.
- Riley, P.O., Schenkman, M.L., Mann, R.W. & Hodge, W.A. 1991. Mechanics of a constrained chair-rise. *J Biomech* 24, 77 – 85.
- Roebroeck, M.E., Doorenbosch, C.A.M., Harlaar, J., Jacobs, R. & Lankhorst, G.J. 1994. Biomechanics and muscular activity during sit-to-stand transfer. *Clin Biom* 9, 235 – 244.
- Rosenbaum, D., Hautmann, S., Gold, M. & Claes, L. 1994. Effects of walking speed on plantar pressure patterns and hindfoot angular motion. *Gait Posture* 2, 191 – 197.

- Rozema, A., Ulbrecht, J.S., Pammer, S.E. & Cavanagh, P.R. 1996. In-shoe plantar pressures during activities of daily living. Implications for therapeutic footwear design. *Foot Ankle* 17, 352 – 359.
- Schenkman, M., Riley, P. & Pieper, C. 1996. Sit to stand from progressively lower seat heights – alterations in angular velocity. *Clin Biom* 11, 153 – 158.
- Schultz, A.B., Alexander, N.B. & Aston-Miller, J.A. 1992. Biomechanical analyses of rising from chair. *J Biomech* 25, 1383 – 1391.
- SENIAM. European recommendations for surface electromyography. Results of the Seniam project. Hermens, H.J., Freriks, B., Merletti, R., Stegeman, D., Blok, J., Rau, G., Disselhorst-Klug, C. & Hägg, G. 1999. Roessingh Research and Development b.v. Enschede.
- Shepherd, R.B. & Koh, H.P. 1996. Some biomechanical consequences of varying foot placement in sit-to-stand in young women. *Scand J Rehab Med* 28, 79 – 88.
- Shorten, M., Beekman Eden, K. & Himmelsbach, J.A. 1989. Plantar pressure during during barefoot walking. Teoksessa Gragor, R.J., Zernicke, R.F. & Whiting, W.C. (toim.) *Biomechanics XI*. Los Angeles, USA. UCLA Abstack 121.
- Soames, R.W. 1985. Foot pressure patterns during gait. *J Biom Eng* 7, 120 – 126.
- Su, F.C., Lai, K.A. & Hong, W.H. 1998. Rising from chair after total knee arthroplasty. *Clin Biom* 13, 176 – 181.
- Vander Linden, D.W., Brunt, D. & McCulloch, M.U. 1994. Variant and in variant characteristics of the sit-to-stand task in healthy elderly adults. *Arch Phys Med Rehab* 75, 653 – 660.
- Vandervoort, A.A & McComas, A.J. 1986. Contractile changes in opposing muscles of the human ankle joint with aging. *J Appl Physiol* 61, 361 – 367.

Warabi, T., Noda, H. & Kato, T. 1986. Effect of aging on sensorimotor functions on eye and hand movements. *Exp Neurol* 92, 686 – 697.

Wheeler, J., Woodward, C., Urowich, R.L., Perry, J. & Walker, J.M. 1985. Rising from a chair. *Phys Ther* 65, 22 – 26.

Winter, D.A. 1990. *Biomechanics and Motor Control of Human Movement*. 2nd edition. John Wiley Inc: Toronto.

9 LIITTEET

LIITE 1: Metronomin tahdissa standardikorkuiselta ja matalalta tuolilta suoritettun seisomaan nousun ja istuutumisen ajalliset muuttujat.

		Kokonaisaika (s)	Seisomaan nousu (s)	Istuutuminen (s)
Tahdissa	Ikääntyneet	6.02 (0.19)	2.96 (0.19)	3.05 (0.20)
	Nuoret	5.85 (0.10)	2.81 (0.12)	3.05 (0.10)
Matala tuoli tahdissa	Ikääntyneet	5.95 (0.17)	2.88 (0.13)	3.07 (0.14)
	Nuoret	5.94 (0.14)	2.76 (0.13)	3.18 (0.08)

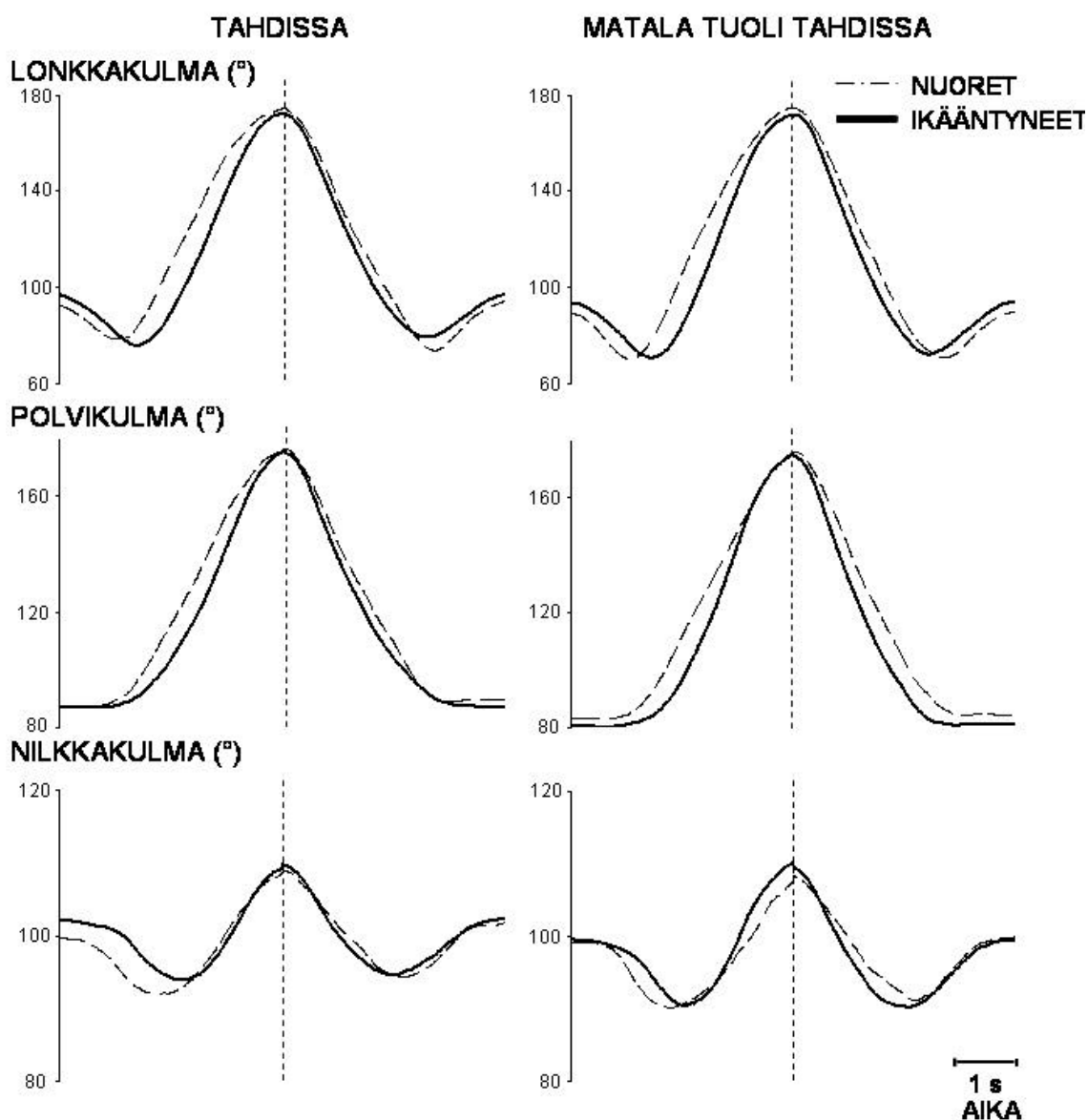
Nuorten ja ikääntyneiden seisomaan nousun ja istuutumisen suorituksiin käytettyjen aikojen keskiarvot (keskihajonnat) metronomin tahdissa standardikorkuiselta (nuoret $n = 5$, ikääntyneet $n = 14$) ja matalalta tuolilta (nuoret $n = 5$, ikääntyneet $n = 11$).

LIITE 2: Itse valitulla suoritusnopeudella suoritettujen seisomaan nousun ja istuutumisen nivelten alkukulmat, kulmien minimi- ja maksimiarvot sekä loppukulmat.

Seisomaan nousu		Lonkka (°)	Polvi (°)	Nilkka (°)
Alkukulma	Nuoret	92.2 (2.2)	89.3 (4.6)	102.4 (3.6)
	Ikääntyneet	96.2 (5.1)	87.0 (6.0)	103.3 (6.2)
Minimi	Nuoret	76.8 (6.0)		94.6 (4.4)
	Ikääntyneet	77.1 (12.6)		94.9 (8.9)
Seisoma-asento				
	Nuoret	174.2 (6.1)	176.5 (6.5)	111.1 (5.0)
	Ikääntyneet	171.9 (5.7)	175.8 (5.8)	112.6 (5.5)
Istuutuminen				
Minimi	Nuoret	77.3 (6.4)		96.4 (5.4)
	Ikääntyneet	80.2 (6.5)		97.3 (6.0)
Loppukulma	Nuoret	96.2 (5.1)	89.9 (4.7)	103.1 (4.2)
	Ikääntyneet	95.8 (6.3)	87.6 (6.0)	103.9 (6.5)

Seisomaan nousun ja istuutumisen ajalta nivelten alkukulmien, kulmien minimi- ja maksimiarvojen sekä loppukulmien absoluuttiset keskiarvot (keskihajonnat) nuorilla (n = 5) ja ikääntyneillä (n = 11) koehenkilöillä itse valitulla suoritusnopeudella.

LIITE 3: Nilkan, polven ja lonkan nivelkulmat metronomin tahdissa standardikorkuiselta ja matalalta tuoilta suoritetun seisomaan nousun ja istuutumisen aikana.



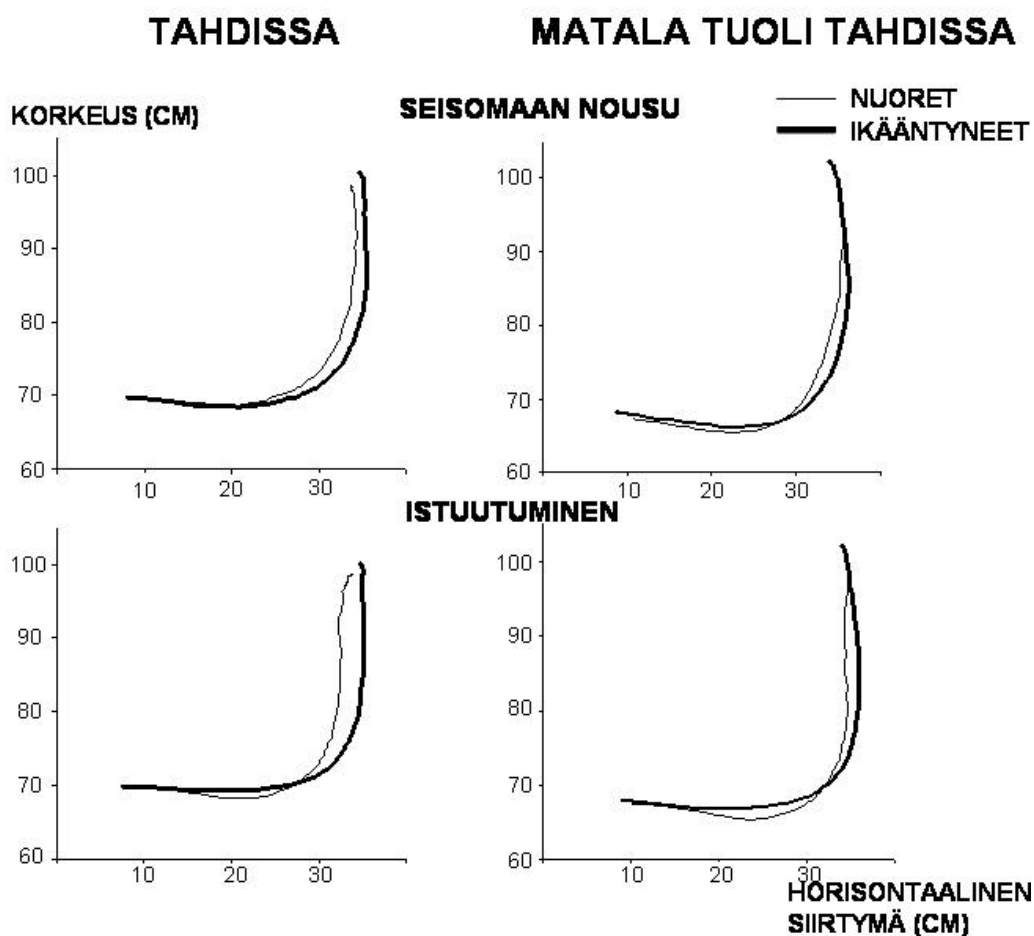
Nuorten ja ikääntyneiden seisomaan nousun ja istuutumisen aikaiset keskiarvoiset nivelkulmamuuotokset nilkka-, polvi- ja lonkkanivelissä metronomin tahdissa standardikorkuiselta (nuoret $n = 5$, ikääntyneet $n = 14$) ja matalalta tuoilta (nuoret $n = 5$, ikääntyneet $n = 11$) suoritettuna. Nuorten tulos on merkitty katkonaisella ja ikääntyneiden yhtenäisellä viivalla. Pystyviiva osoittaa seisoma-asentoa.

LIITE 4: Lonkan fleksiosiiirtymä seisomaan nousun ja ekstensiosiiirtymä istuutumisen aikana itse valitulla suoritusnopeudella, metronomin tahdissa standardikorkuiselta ja matalalta tuolilta suoritettuna.

	Nuoret	Ikääntyneet
Tahdissa		
Seisomaan nousu	17.5 (3.25)	25.2 (9.15)
Istuutuminen	20.6 (8.06)	21.1 (7.73)
Matala tahdissa		
Seisomaan nousu	20.9 (5.65)	27.5 (9.43)
Istuutuminen	22.0 (7.72)	25.2 (9.31)

Lonkan fleksiosiiirtymän seisomaan nousun ja ekstensiosiiirtymän keskiarvot (keskiha-jonnat) istuutumisen aikana itse valitulla suoritusnopeudella (nuoret n = 5, ikääntyneet n = 11), metronomin tahdissa standardikorkuiselta (nuoret n = 5, ikääntyneet n = 14) ja matalalta tuolilta (nuoret n = 5, ikääntyneet n = 11).

LIITE 5: Massakeskipisteen siirtymä metronomin tahdissa standardikorkuiselta ja matalalta tuolilta suoritetun seisomaan nousun ja istuutumisen aikana.



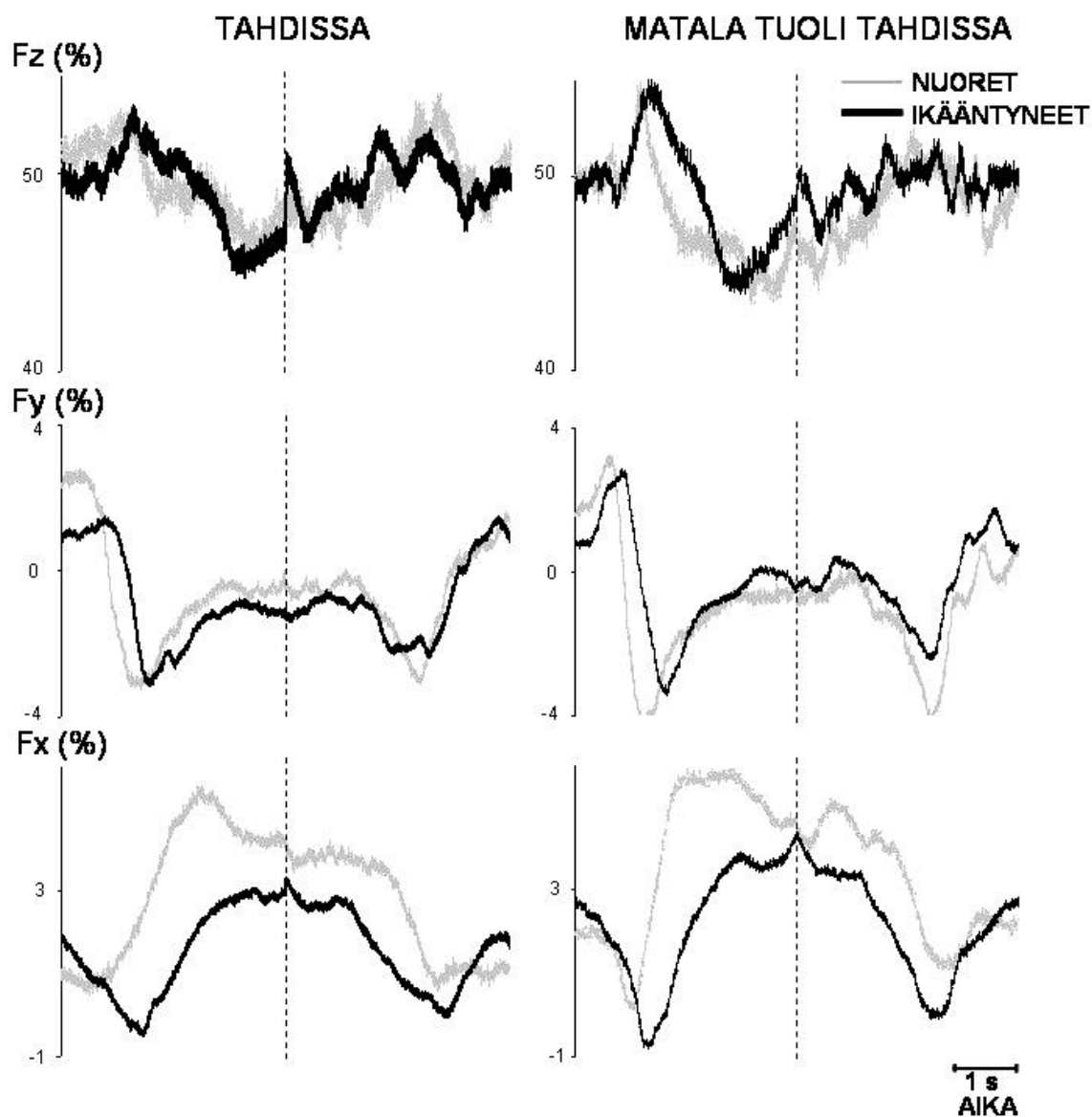
Nuorten ja ikääntyneiden seisomaan nousun ja istuutumisen aikaiset keskiarvoiset massakeskipisteen siirtymät metronomin tahdissa standardikorkuiselta (nuoret $n = 5$, ikääntyneet $n = 14$) ja matalalta tuolilta (nuoret $n = 5$, ikääntyneet $n = 11$) suoritettuna. Nuorten tulos on merkitty ohuella ja ikääntyneiden paksulla viivalla.

LIITE 6: Alustan reaktiivoimien minimi ja maksimiarvot itse valitulla suoritusnopeudella suoritettun seisomaan nousun ja istuutumisen aikana.

			Nuoret	Ikääntyneet
Fz (%)	seisomaan nousu	maksimi	63.0 (1.2)	63.4 (4.2)
		minimi	35.2 (4.8)	39.0 (4.2)
	istuutuminen	minimi	34.8 (3.8)	39.0 (4.5)
		maksimi	64.1 (7.5)	62.4 (4.2)
Fy (%)	seisomaan nousu	eteen	4.7 (2.5)	5.0 (2.4)
		taakse	-5.1 (3.2)	-5.8 (1.8)
	istuutuminen	taakse	-4.3 (2.5)	-4.7 (1.5)
		eteen	3.8 (2.2)	4.4 (1.4)
Fx (%)	seisomaan nousu	lateraalinen	4.4 (3.1)	4.1 (1.4)
		mediaalinen	-1.0 (1.1)	-1.3 (1.2)
	istuutuminen	mediaalinen	-0.9 (0.6)	-0.5 (1.8)
		lateraalinen	4.2 (3.0)	3.9 (1.5)

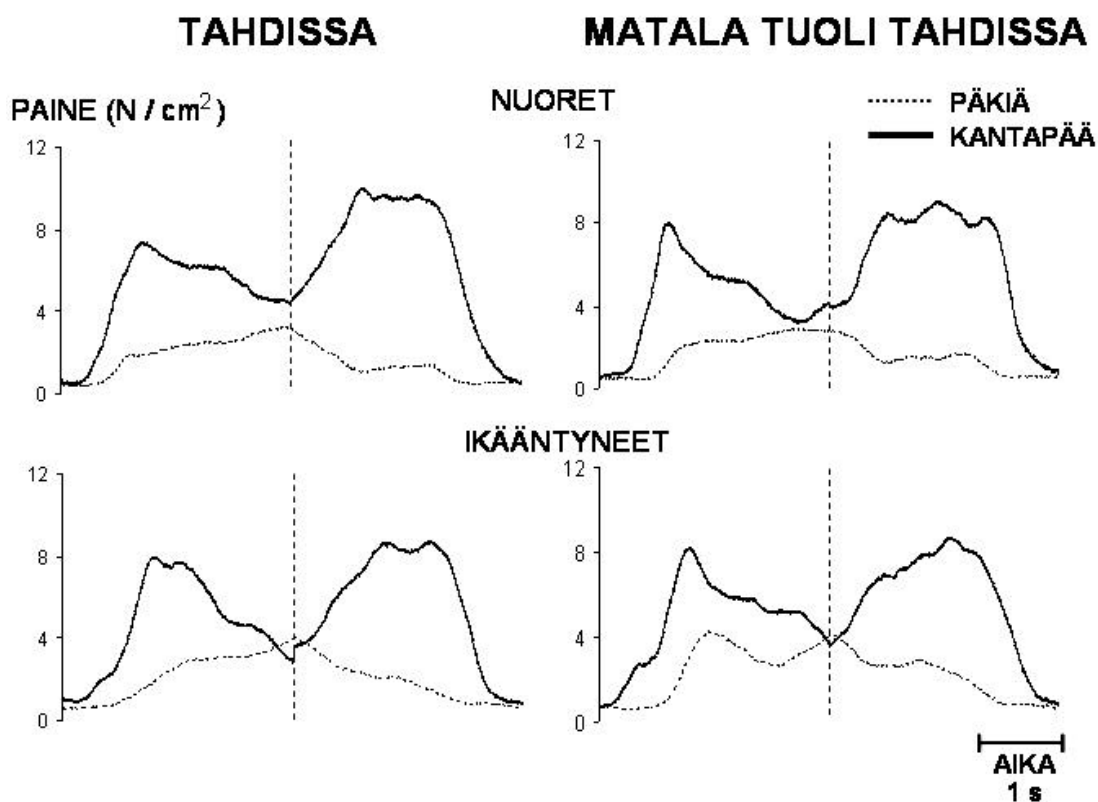
Itse valitulla suoritusnopeudella suoritettun seisomaan nousun ja istuutumisen aikaiset vasemman alaraajan pysty- (Fz) ja vaakavoimien (Fy, Fx) absoluuttiset, kehon massaan suhteutetut minimi ja maksimiarvot (keskiarvot ja -hajonnat) nuorilla (n = 4) ja ikääntyneillä (n = 9) koehenkilöillä.

LIITE 7. Alustan reaktiivoimat standardikorkuiselta ja matalalta tuolilta metronomin tahdissa suoritetun seisomaan nousun ja istuutumisen aikana.



Nuorten ja ikääntyneiden seisomaan nousun ja istuutumisen aikaiset vasemman alaraajan keskiarvoiset pysty- (F_z) ja vaakavoimat (F_y , F_x) metronomin tahdissa standardikorkuiselta (nuoret $n = 5$, ikääntyneet $n = 14$) ja matalalta tuolilta (nuoret $n = 5$, ikääntyneet $n = 11$). Nuorten tulos on merkitty harmaalla ja ikääntyneiden mustalla viivalla. Pystyviiva osoittaa seisoma-asentoa.

LIITE 8: Plantaarinen paine standardikorkuiselta ja matalalta tuolilta metronomin tahdissa suoritetun seisomaan nousun ja istuutumisen aikana.



Nuorten ja ikääntyneiden seisomaan nousun ja istuutumisen aikaiset keskiarvoiset kantapään ja päkiän alueen plantaariset paineet metronomin tahdissa standardikorkuiselta (nuoret $n = 5$, ikääntyneet $n = 14$) ja matalalta tuolilta (nuoret $n = 5$, ikääntyneet $n = 11$). Kantapään paine on merkitty yhtenäisellä ja päkiän katkoviivalla. Pystyviiva osoittaa seisoma-asentoa.