

**FYYSISEN AKTIIVISUUDEN JA KEHONKOOSTUMUKSEN YHTEYS
ALARAAJOJEN TEHOON VAIHDEVUOSI-IKÄISILLÄ NAISILLA**

Susanna Rekiranta

Fysioterapian pro gradu -tutkielma
Terveystieteiden laitos laitos
Jyväskylän yliopisto
Syksy 2020

TIIVISTELMÄ

Rekiranta, S. 2020. Fyysisen aktiivisuuden ja kehonkoostumuksen yhteys alaraajojen tehoon vaihdevuosi-ikäisillä naisilla. Liikuntatieteellinen tiedekunta, Jyväskylän yliopisto, Fysioterapian pro gradu -tutkielma, 76 sivua.

Vaihdevuosien aikana kehonkoostumuksessa on nähtävissä epäedullisia muutoksia, jotka heikentävät fyysistä suorituskykyä. Erityisesti alaraajojen teho näyttää olevan merkittävä tekijä päivittäisistä toimista selviytymisessä myöhemmällä iällä. Fyysisen aktiivisuuden merkitystä vaihdevuosien aikana ei täysin vielä ymmärretä, mutta liikkumaton elämäntyyli voi nopeuttaa tuki- ja liikuntaelimestön heikkenemistä ikääntyessä. Tämän pro gradu -tutkielman tavoitteena oli selvittää terveiden vaihdevuosi-ikäisten naisten fyysisen aktiivisuuden ja kehonkoostumuksen yhteyttä alaraajojen tehoon sekä fyysisen aktiivisuuden suhdetta kehonkoostumukseen.

Aineisto koostui Estrogeeni, vaihdevuodet ja toimintakyky (ERMA) -tutkimuksen alkumittauksiin vuosina 2015–2016 osallistuneista naisista. Tutkittavista (n = 743) oli premenopausaalisia 187 (25 %), perimenopausaalisia 293 (39 %) ja postmenopausaalisia 263 (35 %) keski-ikänsä ollessa 52 vuotta (pituus 166 cm, paino 70 kg ja painoindeksi ollessa 25 kg/m²). Alaraajojen voimantuottotehoa tarkasteltiin kevennyshyppyn avulla mitaten vertikaalista hyppykorkeutta. Fyysinen aktiivisuus mitattiin objektiivisesti GT3X+ ja wGT3X+ kiihtyvyyssanturein. Kehonkoostumuksen analysointiin käytettiin Inbody -bioimpedanssianalyysiä. Aineiston tilastollinen analyysi suoritettiin SPSS-ohjelmalla.

Suurempi alaraajojen teho oli yhteydessä kiihtyvyyssanturilla arvioituun raskaaseen ja kohtalaiseen fyysiseen aktiivisuuteen sekä rasvattomaan kehonpainoon ja alhaisempaan rasvamassaan. Lineaarisen regressioanalyysin perusteella kevennyshyppykorkeutta selittivät rasvamassa ($\beta = -0.6$, $p < .001$, luottamusväli (LV) $-0.359; -0.291$), rasvaton kehonmassa ($\beta = 0.27$, $p < 0.001$, LV $0.173; 0.275$), raskas fyysinen aktiivisuus ($\beta = 0.09$, $p = 0.002$, LV $0.017; 0.077$) ja ikä ($\beta = -0.13$, $p < 0.001$, LV $-0.410; -0.154$). Edellä mainitut muuttujat selittivät alaraajojen tehoa yhteensä 39 %. Kehon rasvamassa korreloi positiivisesti liikkumattomanajan kanssa ($r = 0.104$, $p = 0.005$), ja negatiivisesti kaiken fyysisen aktiivisuuden kanssa (kevyt $r = -0.147$, $p < .001$, kohtalainen $r = -0.093$, $p = 0.011$, raskas $r = -0.231$, $p < .001$). Rasvaton kehonpaino ei ollut yhteydessä fyysiseen aktiivisuuteen, kohtalaisen kuormittavaa liikuntaa lukuun ottamatta ($r = 0.090$, $p = 0.014$).

Tämä tutkielma osoitti korkean rasvamassan olevan yhteydessä alaraajojen tehoon vaihdevuosi-ikäisillä naisilla. Vastaavasti rasvattoman kehonpainon merkitys on heikko. Fyysisen aktiivisuuden merkitys on kehonkoostumusta vähäisempi, ja näyttäisi painottuvan raskaaseen, kuormittavampaan fyysiseen aktiivisuuteen. Liikunnan määrällä on kytkös rasvamassaan, mutta yhteys rasvattomaan kehonpainoon on epäselvä.

Avainsanat: vaihdevuodet, fyysinen aktiivisuus, kehonkoostumus, teho

ABSTRACT

Rekiranta, S. 2020. Effects of physical activity and body composition on leg extensor power in menopausal women. Faculty of sport and health sciences, University of Jyväskylä, Physiotherapy master's thesis, 76 pages.

During menopause adverse changes in body composition can impair physical performance. In particular, lower limb power seems to be a significant factor in coping with daily activities at a later age. The importance of physical activity during menopause is still somewhat unclear, but a sedentary lifestyle can accelerate the decline of musculoskeletal system with aging. The aim of this master's thesis was to examine the connection of physical activity, body composition on lower-body muscle power and also the association between physical activity and body composition in healthy menopausal women.

The study population consisted of women who participated in the Estrogen Regulation of Muscle Apoptosis (ERMA) -study in years 2015-2016. From the participants (n = 743) premenopausal were 187 (25 %), perimenopausal 293 (39 %) and postmenopausal 263 (35 %), with a mean age of 52 years (height 166 cm, weight 70 kg and ja body mass index (BMI) of 25 kg/m²). Lower-body muscle power was assessed using vertical jump height assessed from counter movement jump. Physical activity was measured objectively with an GT3X+ ja wGT3X+ accelerometer. Total body fat mass and fat free mass were analyzed with the use of Inbody bioelectrical impedance. Statistical analysis was performed with SPSS Statistics software.

Higher lower limb power was associated with fat free mass and low fat mass but also with quantity of moderate to vigorous intensity physical activity. Linear regression modeling revealed that fat mass (Beta (β) = -.6, p < .001, Confidence Interval (CI) -0.359; -0.291), fat free mass (β = -.27, p < .001, 0.173;0.275), vigorous activity (β = .09, p = .002, 0.017;0.077), and age (β = -.13, p < .001, CI -0.410; -0.154) were associated with jump height. The variables in question accounted for 39 % of the variability in counter movement jump height. Fat mass correlated positively with inactivity (r = 0.104, p = 0.005), and negatively with all physical activity (light r = -0.147, p < .001, moderate r = -0.093, p = 0.011, vigorous r = -0.231, p < .001). Physical activity was not associated with fat free mass with the small exception of moderate exercise (r = 0.090, p = 0.014).

This study showed total body fat mass is associated with lower muscle power of legs in menopausal women. Correspondingly, the importance of lean body weight is low. The role of physical activity on power is less than that the body composition and tends to be emphasized by heavy exercise. The amount of physical activity is related to fat mass but the connection to fat free mass is unclear.

Key words: menopause, physical activity, body composition, power

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

1 JOHDANTO.....	1
2 KEVENNYSHYPPY	3
2.1 Tehon ja hyppysuorituksen yhteys	3
2.2 Kevennyshyppy suorituksena	4
2.3 Hyppäämiseen vaikuttavia hermo-lihasjärjestelmän tekijöitä.....	7
2.3.1 Mekaaniset tekijät.....	7
2.3.2 Morfologiset tekijät	9
2.3.3 Hermostolliset tekijät.....	10
2.4 Fyysisen aktiivisuuden yhteys hyppysuoritukseen.....	12
3 VAIHDEVUODET	14
3.1 Vaihdevuosien määritelmä	14
3.2 Premenopausaalinen kierto ja sen hormonaalinen toiminta	15
3.3 Peri- ja postmenopausin merkittävin hormonaalinen toiminta	19
3.4 Vaihdevuosien vaikutus kehonkoostumukseen.....	22
3.5 Vaihdevuosien merkitys luurankolihasvoimaan.....	23
3.6 Fyysinen aktiivisuus ja vaihdevuodet.....	25
4 IKÄMUUTOKSET LUURANKOLIHAKSISSA.....	30
4.1 Ikääntyvien lihasten haaste.....	30
4.2 Hermolihasjärjestelmän muutokset ihmisen ikääntyessä	32
4.2.1 Lihasmassa	32
4.2.2 Lihaksen rakenne.....	33
4.2.3 Lihasvoima ja proteiinisynteesi	34

4.2.4	Hormonaaliset ja tulehdukselliset tekijät.....	35
4.2.5	Mitokondrio	36
4.2.6	Hermo-lihastoiminta ja lihaksen uusiutumiskyky (satelliittisolut).....	37
4.3	Fyysinen aktiivisuus ja ikääntyvät lihakset	38
5	VAIHDEVUOSI-IKÄISTEN NAISTEN VOIMANTUOTTOTEHO, FYYSINEN AKTIIVISUUS JA KEHONKOOSTUMUS	39
6	TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA TUTKIMUSKYSYMYKSET	40
7	MENETELMÄT.....	41
6.1	Tutkimusasetelma ja tutkittavat.....	41
6.2	Muuttujat ja mittausmenetelmät	43
6.3	Tilastolliset analyysimenetelmät	44
8	TUTKIMUSTULOKSET.....	45
9	POHDINTA.....	48
8.1	Päätulokset ja niiden suhde aiempaan tutkimustietoon	48
8.2	Tutkimusmenetelmien luotettavuus.....	54
8.3	Merkitys terveystieteellisen tutkimuksen ja kliinisen fysioterapian näkökulmista.....	56
10	JOHTOPÄÄTÖKSET	60
11	LÄHTEET	61

1 JOHDANTO

Vaihdevuodet ovat ihmiselle erityinen piirre, sillä sitä ei esiinny muualla eläinkunnassa. Osalla nisäkkäistä näyttää kuitenkin tapahtuvan hedelmällisyyden asteittaista laskua (Jones & Lopez 2013, 119). Vuosikymmenten aikana vaihdevuosien ajoitus ei ole muuttunut (Edwards & Li 2000), kun taas eliniänodote länsimaissa on jatkuvasti kasvanut (Nussey & Whitehead 2001). Tämä merkitsee sitä, että nykypäivän nainen elää suuren osan elämästään postmenopausaalista, hedelmätöntä, aikaa (Al-Azzawi & Palacios 2009; Jones & Lopez 2013, 119). Pitenevä, estrogeenipuutteinen, postmenopausaalinen tila onkin merkittävä kliininen haaste (Edwards & Li 2000). Lisäksi premenopausi, menopausi ja postmenopausi ovat biologisesta ja endokriinisesta näkökulmasta täysin erilaisia tiloja, jotka luovat laaja-alaisia haasteita (Kase 2003 B).

Postmenopausaalisten naisten liikuntatottumuksissa on nähtävissä selkeitä muutoksia (Sims ym. 2013). Iän karttuessa liikuntaa harrastamattomien ja riittämättömästi liikkuvien naisten määrä näyttää kasvavan (Mäkinen ym. 2012). Fyysinen aktiivisuus ja suorituskyky ovat vahvoja merkkejä lihasvoimasta ja koetusta terveydestä postmenopausaalisilla naisilla (Sirola & Rikkonen 2005). Vaihdevuosina on nähtävissä painonnousua, joka oletettavasti on yhteydessä niin normaaliin ikääntymiseen kuin estrogeenin ja fyysisen aktiivisuuden laskuunkin (Dubnov ym. 2003). Vertailtaessa toisiinsa pre- ja postmenopausaalisten naisten kehonkoostumusta, sekä kehon rasvamassa että rasvaprosentti näyttävät kasvavan postmenopausaalisilla naisilla (Heymsfield ym. 1994; Sipilä 2003). Sowers ym. (2007) seurasivat vaihdevuosi-ikäisten kehonkoostumuksen muutoksi kuuden vuoden ajan. Tuona aikana paino nousi selkeästi, ja siihen liittyi huomattava 10 prosentin rasvamassan kasvu (Sowers ym. 2007). Rasvamassan määrä on usein merkki toiminnanrajoitteista, joka saattaa myöhemmällä iällä lisätä ikään liittyvän lihasmassan laskua (Lebrun ym. 2006). Esimerkiksi lihavilla postmenopausaalisilla naisilla nelipäisen reisilihaksen maksimaalinen voima näyttäisi olevan alentunut (Paolillo ym. 2012). Tämän lisäksi ylipainoisilla ja lihavilla postmenopausaalisilla naisilla lihasvoima ja maksimaalinen hapenottokyky vaikuttavat olevan yhteydessä psykososiaalisiin tekijöihin (Karelis ym. 2008).

Suuret variaatiot samanikäisten yksilöiden fysiologisissa ominaisuuksissa voivat viitata myös siihen, että käyttämättömyys on ikää merkittävämpi tekijä luustolihasen toiminnan kannalta (Fragala ym. 2015). Etenkin alaraajojen voimantuotto on vahvasti yhteydessä fyysiseen suorituskyykyyn (Pisciottano ym. 2014). Lihasmassa vaikuttaa merkittävästi lihasvoiman taustalla, mutta yhä useammin näyttää siltä, että erityisesti lihasvoima ja -teho ovat vahvemmin linkittyneitä liikkuvuuteen, toimintakykyyn ja kuolleisuuteen iäkkäillä (Fragala ym. 2015). Lihasvoiman, ei niinkään lihasmassan, tulisi olla tärkeämpi mittari tarkasteltaessa fyysistä suorituskyykyä (Pisciottano ym. 2014). Lisäksi alaraajojen lihaksen voimantuottoteho näyttää olevan lihasvoimaakin tärkeämpi tarkasteltaessa muun muassa päivittäisistä toiminnoista selviytymistä tai lonkkamurtumariskiä (Fragala ym. 2015). Milte & Crotty (2014) toteavatkin liikunnan puutteen olevankin keskeinen tekijä iäkkäiden sarkopenian synnyssä toimien monien oireiden taustalla vaikuttaen fysiologiaan ja immunologiaan. Sarkopenia, joka on perinteisesti yhdistetty alhaiseen painoindeksiin, näyttäytyy yhä enenevässä määrin esiintyvän myös lihavilla yksilöillä. Tämä johtuu oletettavasti liikkumattomuudesta ja lihasten käytön puutteesta (Milde & Crotty 2014).

Tutkimuksen päätarkoituksena oli selvittää, onko fyysisellä aktiivisuudella ja/tai kehonkoostumuksella yhteyttä vaihdevuosi-ikäisten naisten alaraajojen tehoon kevennyshyppykorkeudella mitattuna. Tutkimuksessa on tarkasteltu myös fyysisen aktiivisuuden suhdetta kehonkoostumukseen.

2 KEVENNYSHYPPY

2.1 Tehon ja hyppysuorituksen yhteys

Tehon määritelmä on tehdyn työn määrä tietyssä ajassa ($P = W/t$) tai voiman ja nopeuden tulo ($P = F \times v$). (Markovic ym. 2014; Dal Pupo ym. 2012). Työn ja tehon suhde merkitsee, että hypättäessä suurempi ojennusnopeusvoima johtaa suurempaan työhön, mikä johtaa edelleen suurempaan koko kehon kineettiseen energiaan sekä massakeskipisteen pystysuoraan nopeuteen (McErlain-Naylor ym. 2014). Newtonin toisen lain mukaisesti suurempi voima samassa ajassa johtaa suurempaan kiihtyvyyteen. Saavuttaakseen suuren nopeuden ja tehon sekä hyppykorkeuden tarvitaan siis myös suurta voimaa (Kraska ym. 2009). Työn ollessa voima kerrottuna matkalla, ja matka jaettuna ajalla on nopeus, niin teho voidaan ilmaista myös voima kertaa nopeus ($P = F \times v$) (Dal Pupo ym. 2012). Näin ollen kevennyshyppysuorituksen voidaan katsoa olevan vahvemmin yhteydessä alaraajojen tehoon kuin maksimaaliseen voimaan (McErlain-Naylor ym. 2014). Knudson (2009) haluaa kuitenkin huomauttaa, että hermolihas-järjestelmään liittyvä tehon määritelmä eroaa tehon todellisesta määritelmästä. Tämä johtuu siitä, että lihasten huipputeho vaihtelee liikkeen ja olosuhteiden perusteella, ja näin ollen on mahdoton määritellä yksittäistä arvoa, joka esiintyisi kaikissa tilanteissa (Knudson 2009).

Ballistiset liikkeet voidaan määritellä maksimaaliseksi liikkeiksi, jotka pyrkivät nopeuttamaan liikkuvaa massaa, korkeimman mahdollisen nopeuden saavuttamiseksi lyhyessä ajassa (Samozino ym. 2012). Ballistisissa tehtävissä, kuten vertikaalisessa hypyssä, maksimaalista saavutettavan suorituskyvyn säättävät tuki- ja liikuntaelimistö (Bobbert & van Soest 1994). Vertikaalinen hyppykorkeus onkin paljon käytetty testi voiman ja suorituskyvyn seurannassa, sillä se arvioi suhteellisen hyvin alaraajojen lihasten nopeusvoimaa eli tehoa (Umberger 1998). Vastaavasti maksimaalista lihasvoimaa ja tehoa pidetään hyppäämiskyvyn selkeinä ennustajina (Markovic ym. 2014). Alaraajojen kyky tuottaa tehoa näyttäisi olevan merkittävin vertikaalisen hyppytulokseen vaikuttava tekijä (Temfemo ym. 2009; Panoutsakopoulos ym. 2014).

2.2 Kevennyshyppy suorituksena

Ballistiset liikkeet, joihin hyppääminenkin kuuluu, voidaan biomekaanisesti jakaa kolmeen vaiheeseen: valmistelevaan vaiheeseen (kevennys), aktivaatiovaiheeseen (työntö) ja palautusvaiheeseen (lento ja laskeutuminen) (Bartlett 2007, 23). Hyppy aloitetaan aina kehon tasapainotilasta, mutta tarkoituksena on pyrkiä lisäämään massan keskipisteen pystysuoraa liikenopeutta antamalla sille vertikaalista kiihtyvyyttä (Bobbert & van Soest 1994). Massan keskipiste merkitsee kohtaa, jonka kautta kehon kokonaispaino toimii (Bobbert & van Ingen Schenau 1988). Hypyn alussa hyppääjä seisoo suorassa paikoillaan ja massan keskipisteen kiihtyvyys on tällöin nolla (Linthorne 2001), johtuen vertikaalisten voimien, kehon massan sekä maan reaktivoimien tasapainosta (Enoka 2015, 146).

Kevennyshypyssä valmisteleva vaiheen tehtävänä on asettaa keho parempaan asemaan suhteessa toimintavaiheeseen sekä varastoida elastista energiaa venytyksen aikana (Bartlett 2007, 23). Kevennysvaihe on yleensä ponnistusvaihetta hitaampi (Harrison ym. 2007). Kyykistyessä hyppääjä rentouttaa jalkojen lihaksia, mahdollistaen polvien ja lonkan fleksion painovoiman toimiessa ajavana voimana (Umberger 1998; Linthorne 2001). Massan keskipiste liikkuu ja kiihtyy alaspäin (Linthorne 2001). Toisin sanoen polvien ja lonkan fleksio sekä nilkan dorsifleksio saavutetaan, kun lantion ja polvien ekstensorit sekä nilkan plantaariflektorit supistuvat eksentrisesti (Bartlett 2007, 25). Tärkeää eksentrisessä liikkeessä on venytys-lyhenemissyklin mahdollistaminen, toisin sanoen hypyn agonistilihasten elastiset rakenteet venyvät kevennettäessä ja elastinen energia kerääntyy hyödynnettäväksi konsentrisessa vaiheessa (Dal Pupo ym. 2012). Näyttäisi siltä, että erityisesti etummaisen säärilihaksen rooli on merkittävä liikkeen valmistelussa suhteessa kaksoiskantalihaksen työntövoimalle (Charoenpanich ym. 2013). Kevennyshypyn aikana lihasten konsentrisen aktivaatio on aluksi hyvin pientä (Pandy ym. 1990). Linthornen (2001) mukaan jalkojen lihasten aktivaation alkaessa massan keskipiste on edelleen liikkeessä alaspäin. Kevennyksen syvimmässä vaiheessa massan keskipiste pysähtyy hetkellisesti ja nopeus pysyy nollassa. Tällöin lihasten aktivaatio on suurin ja maan reaktivoimat lähellä maksimia (Linthorne 2001).

Ponnistusvaiheessa massakeskipisteen kiihtyvyys muuttuu positiiviseksi (Linthorne 2001). Hyppäämisen aikana se kasvaa niin nopeasti, että irtaudumme ennen kuin kehon osat saavuttavat pystysuoran tasapainotilan (Bobbert & van Soest 1994). Ponnistusvaiheessa ojentajalihasten aktivaatio saavuttaa maksiminsa (Mackala ym. 2013), ja juuri ennen irrottautumista ylöspäin suuntautuva kiihtyvyys on suurin (Enoka 2015, 146). Ponnistuksen aikana lihakset tuottavat työtä segmentteittäin proksimaalis-distaalisessa järjestyksessä (Bobbert & van Soest 1994; Umberger 1998), nivelten ojentuessa kuitenkin hyvin samanaikaisesti (Bartlett 2007, 23). Sekvenssiaktivoitumisen tarkoituksena on siirtää energiaa isoimmista proksimaalisista lihaksista pienempiin distaalsiin (Umberger 1998). Bobbert ja van Soest (1994) toteavat tämän tuki- ja liikuntaelinjärjestelmän järjestyksen olevan hyödyllinen kolmessa mielessä. Se auttaa hillitsemään proksimaalisten osien kulmanopeuksia ja niiden negatiivista vaikutusta vertikaaliseen kiihtyvyyteen. Lisäksi se estää irtautumisasennon, jossa lihakset eivät ole kyenneet toimimaan koko lyhenemispituudella. Sekä varmistaa segmenttien tasapainoisen pystysuorat nopeudet, jotta mikään lihaksista ei lyhene suhteettomilla nopeuksilla (Bobbert & van Soest 1994).

Aktivaatiovaiheessa lantio, polvet ja nilkat ojentuvat alaraajojen lihasten konsentrisen supistuvaiheen ansiosta (Bartlett 2007, 25). Pystysuoran hyppyliikkeen voimantuotosta vastaavat etenkin suuret polven- ja lantion alueen lihakset (MacKenzie ym. 2014). Korkeammalle hyppäävillä näyttäisi olevan suurempi tehon ja työn taso niin nilkoissa, polvissa kuin lantionkin seudulla (Vanezis & Lees 2005). Nelipäinen reisilihas on vastuussa noin puolesta työntövoimasta vertikaalisen hypyn aikana (Hubley & Wells 1983), vaikka todellisuudessa Vanezisen & Leesin (2005) mukaan on haastava määrittää kuinka suuren osan työstä mikäkin lihasegmentti saa aikaiseksi. Kuitenkin myös Boscon ym. (1982) perusteella voidaan todeta niin kyykkyhypyn kuin kevennyshypynkin korreloivan maksimaalisen reiden isometrisen ojennusvoiman kanssa. Erityisesti sisemmän reisilihaksen ja suoran reisilihaksen vahvuuden katsotaan olevan selkeä hyppykorkeutta ennakoiva tekijä (Charoenpanich ym. 2013). Lisäksi on huomattava, että keskivartalon lihasten voima näyttää lisäävän hypyen suorituskykyä (Bobbert & Van Soest 1994). Charoenpanich ym. (2013) mukaan keskivartalon ekstensorit ovat painovoiman vastaisia lihaksia, minkä vuoksi niiden aktivaatio voi irtautumisen aikana edistää kehon nousua suhteessa painovoimaan. Lisäksi selän

ojentajalihakset luovat puristavan voiman lannenikamia vasten, parantaen rangan stabiliteettia (Charoenpanich ym. 2013).

Palautusvaihe sisältää niin lento- kuin laskeutumisvaiheen (Bartlett 2007, 23). Lentovaiheessa kokonaisenergia pysyy samana, sillä lisää voimaa maasta ei voida enää saada. Vertikaalinen kineettinen energia muuttuu kuitenkin painovoiman ansiosta potentiaalienergiaksi (Bobbert & van Soest 1994). Irrottautumisen jälkeen massan keskipiste liikkuu edelleen ylöspäin, mutta on hidastunut maan vetovoiman ansiosta (Linthorne 2001). Painovoima toimii näin ainoana vertikaalivoimana (Enoka 2015, 146), sillä maan reaktiivoimat muuttuvat nolnaan (Linthorne 2001). Korkeimmassa kohdassa massan keskipisteen liike on hetkellisesti paikoillaan ja kiihtyvyys on nollassa (Enoka 2015, 146–147), kunnes alaspäin suuntautuva nopeus kasvaa laskeutumisen alkaessa (Linthorne 2001). Laskeutuessa maan reaktiivoimissa piikki, jotka kuitenkin tasoittuvat kehon painon mukaisiksi (Linthorne 2001; Enoka 2015, 146–147). Laskeutumisessa liikettä jarrutetaan eksentrisellä lihastyöllä (Bartlett 2007, 23).

Voi olla, että hyppykorkeus itsessään näyttäisi olevan vähemmän yhteydessä isometriseen polven ojennusvoimaan (Anderson ym. 1991) tai isometrisiin moninivelliikkeisiin (Nuzzo ym. 2008). Kuitenkin dynaamisten moninivelliikkeiden voima-arvojen korreloidessa hyvin kevennyshyppysuorituksen kanssa (Carlock ym. 2004; Nuzzo ym. 2008). Toimintakyvyn näkökulmasta kevennyshyppy saattaa toimia isometrisiä lihasvoimatestejä parempana mittarina siksi, että isometriset voimatestit muistuttavat vain vähän päivittäisi dynaamisia fyysisiä suorituksia (Wilson & Murphy 1996). Päivittäisistä toimista selviytymisen kannalta kyky nopeaan voimantuottoon näyttäisi olevan perinteistä lihasvoimaa tärkeämpi (Fragala ym. 2015). Larsenin ym. (2009) mukaan kevennyshyppy, erityisesti nilkan ja polven tehontuottokyky, on yhteydessä iäkkäiden porraskävelykykyyn, ja näin ollen oletettavasti myös muuhun suorituskykyyn. Alaraajojen teho on, etenkin iäkkäillä naisilla, yhteydessä muun muassa tuoilta ylösnousuun ja kävelynopeuteen (Basse ym. 1992). Hypyn ollessa hyvin yhteydessä fyysiseen suorituskykyyn, saattaa se toimia sarkopeniaa ennustavana tekijänä (Siglinsky ym. 2015). Myös tehon lihasvoimaa voimakkaampi lasku ikääntyessä (Bosco & Komi 1980; Drey 2011) tekee kevennyshypystä esimerkiksi polven ojennusvoimaa mielekkäämmän mittarin.

2.3 Hyppäämiseen vaikuttavia hermo-lihasjärjestelmän tekijöitä

2.3.1 Mekaaniset tekijät

Neuromuskulaarisen järjestelmän toimintaan vaikuttavat mekaaniset ominaisuudet, kuten voima-nopeussuhde, pituus-jännityssuhde, voimantuoton nopeus ja morfologiset tekijät, kuten lihaksen poikkipinta-ala, fasikkelipituus, pennaatiokulma, jänteiden ominaisuudet sekä hermostolliset tekijät, kuten motoristen yksiköiden rekrytointi, aktivaatiofrekvenssi, motoristen yksiköiden synkronisaatio, lihasten välinen koordinaatio (Cormie ym. 2011; Samozino ym. 2012).

Voima-nopeussuhde

Nopeus, jolla lihas lyhenee konsentrisen supistuksen aikana, on käänteisesti riippuvainen ulkoisesta voimasta (Bartlett 2007, 252). Ballistinen hyppysuoritus on näin ollen riippuvainen niin maksimaalisesta tehosta, mutta myös voima-nopeussuhteesta (Samozino ym. 2012).

Voiman suurempi kasvu johtaa kasvaneeseen lihaspituuteen lihaksen supistuessa eksentrisesti ja pituuden kasvunopeus kasvaa ulkoisen voiman kasvaessa (Bartlett 2007, 252).

Optimaalinen voima-nopeussuhde on taas vahvasti tehtävästä riippuvainen, joissa erityisesti inertia ja painovoima taustavaikuttavat (Samozino ym. 2012). Bartlettin (2007, 77) mukaan inertian minimointi on tärkeää niin kestävyyttä kuin nopeuttakin vaativissa toiminnoissa.

Nivelliike on tällöin aloitettava niin, että distaalisten nivelten asento vähentää hitausmomenttia, maksimoiden näin ollen kiihtyvyyttä (Bartlett 2007, 77).

Venytyks-lyhenemisykli

Lihaskompleksi voidaan jakaa supistuvaan osaan, sarjassa olevaan elastiseen osaan ja paralleeliseen elastiseen osaan (Bobbert & van Ingen Schenau 1988). Venytys-lyhenemisykli on osa normaalia lihastoimintaa, jossa esiaktivoitunut lihas-jänne-kompleksi pidentyy eksentrisen vaiheen aikana ja tämän jälkeen lyhenee konsentrisessä vaiheessa (Taube ym. 2012). Hyppäämisen kannalta alaraajojen ekstensoreiden esivenytys, kevennyksen kautta, vaikuttaa suuresti hyppykorkeuteen ja -suoritukseen (Davis ym. 2003; Vanezis and Lees, 2005). Kevennyksen syvyydellä on positiivinen yhteys hyppytulokseen (Samozino ym. 2012; Markovic ym. 2014; McErlain-Naylor ym. 2014). Eksentrisen vaiheen seurauksena

aktivoitujen lihasten toimintakapasiteetti kasvaa (Toumi ym. 2004 B.), johtuen lisääntyneestä kiihtyvyyssmatkasta (Bartlett 2007, 76), venytysrefleksin aktivoitumisesta (Bartlett 2007, 76; Taube ym. 2012), varastoituneesta elastisesta energiasta (Bosco & Komi 1979; Bartlett 2007, 76; Kopper ym. 2014) sekä lihaksen venytyksestä optimaaliseen pituuteen, jotta voimakas supistuminen voi tapahtua (Bobbert & van Soest 2001; Davis ym. 2003; Bartlett 2007, 76; Dal Pupo ym. 2012). Kopperin ym. (2014) mukaan kevennyshypyn aikainen nivelen liikelaaajuus on usein suhteellisen pieni, jolloin elastisten komponenttien toimintakyky korostuu (Kopper ym. 2014).

Jäykkyys

Suorituksen kannalta jonkinasteinen kudosjäykkyys on tärkeää optimaalisen venymis-lyhentymis -syklin saavuttamiseksi, liian suuren kuitenkin lisätessä vammariskiä (Dal Pupo ym. 2012). Näin ollen venytys-lyhenemis -syklin hermostollisen kontrollin on oltava suhteellisen monimutkainen, sillä sekä esiohjelmointi- että refleksipalautemekanismit mukautuvat varmistamaan järjestelmän tasapainotilaa, jolla voidaan saavuttaa maksimaalinen suoritusteho suhteessa kudosten vaurioitumisriskiin (Taube ym. 2012).

Jännitys

Stimulaation alaisen lihassyyn jännitys on riippuvainen sen pituudesta. Maksimaalinen jännitys esiintyy lihassolun lepopituudessa, sillä tällöin aktiini- ja myosiinifilamenttien on mahdollista limittyä toisiinsa koko lihassyyn pituudella (Bartlett 2007, 251). Toisin sanoen poikkisiltojen määrä on tällöin suurimmillaan. Kevennyshyppy itsessään mahdollistaa suuremman poikkisiltojen määrän suhteessa esimerkiksi kyykkyhyppyyn, johtuen lyhenemispituudesta, ja voi näin tuottaa myös enemmän työtä (Toumi ym. 2004 A.). Suuri pituus-jännitys -suhde on nähtävissä erityisesti kaksinivelisissä lihaksissa, kuten polven koukistajissa (Bartlett 2007, 251).

Potentoituminen

Eksentrisen ja konsentrisen vaiheen välinen aika on yhteydessä energian potentoitumiseen ja näin ollen tehon tuottoon (Cormie ym. 2011). Aktiini-myosiinisiltojen potentoitumisen ajatellaan vahvistavan tehon tuottoa venytys-lyhenemissyklin kautta (Cavagna ym. 1968). Laajat ja nopeat venytykset saavuttavat suuremman voiman yksittäistä poikkisiltaa kohti,

siltojen määrästä riippumatta (Cavagna ym. 1985). Näyttäisi siltä, että lyhyempi viive eksentrisen ja konsentrisen vaiheen välissä mahdollistaa myös paremman elastisen energian potentioitumisen (Bosco ym. 1981; Bosco ym. 1982).

2.3.2 Morfologiset tekijät

Lihaksen arkkitehtuuri

Tehon yhteys lyhenemisnopeuteen merkitsee sitä, että myös lihassolun pituus on yhteydessä maksimaaliseen tehontuottoon, pidemmän supistuessa nopeammin (Cormie ym. 2011). Myös lihaksen poikkipinta-ala on yhteydessä lihasvoimaan (Kawakami et al. 1993; Moss ym. 1997) ja -tehoon (Tachibana ym. 2007; Cormie 2011) niin, että sen kasvaessa myös maksimaalinen voimantuotto kasvavaa (Widrick ym. 2002). Lisäksi lihaksen pennaatiokulma, toisin sanoen lihaksen kiinnittymiskulma suhteessa liikesuuntaan, vaikuttaa vahvasti voima- nopeussuhteeseen ja maksimaaliseen voimaan (Narici ym. 1999; Kubo ym. 2007). Vinoittainen pennaatiokulma mahdollistaa suuremman fysiologisen poikkipinta-alan (sarkomeerien määrä rinnakkain), ja näin ollen voimantuotto on suurempi itse lihasmassaan nähden. Vastaavasti pennaatiolihasien sarkomeerien määrä sarjassa on pienempi, jolloin lihaksen aiheuttama liike on pienempi ja voimantuotto hitaampaa (McArdle ym. 2007, 370–371.)

Lihassolutyypit

II tyypin lihassolut kykenevät tuottamaan I tyypin lihassoluja suuremman tehon suhteessa lihaksen poikkipinta-alaan, johtuen muun muassa myosiiniraskasketjujen rakenteesta ja korkeammasta ATPaasin aktiivisuudesta (Cormie ym. 2011). Lihaksen koostumus voi vaikuttaa elastisen energian hyödyntämiseen (Davis ym. 2003), sillä elastisen energian hyödyntäminen näyttäisi olevan yhteydessä II tyypin lihassolujen määrään (Bosco ym. 1986). Voidaan todeta, että vertikaalisen hypyn lentoonlähtö on selvästi riippuvainen myös lihassolujakaumasta (Bosco & Komi 1979; Temfemo ym. 2009; Cormie ym. 2011). Yksinkertaisesti enemmän nopeampia lihassoluja omaavat yksilöt voivat tuottaa voimaa nopeammin (Bosco & Komi 1979).

Yleinen kehonkoostumus

Antropometrisillä ominaisuuksilla, erityisesti lihaksilla, on selkeä yhteys hyppäämisen suorituskyykyyn ja tehoon (Temfemo ym. 2009). Itse liikkeen suorittaminen ei välttämättä ole yhteydessä kehon kokoon, mutta maksimaalinen teho usein kasvaa jossain määrin kehon koon kasvaessa (Markovic ym. 2014). Naisilla etenkin rasvaton kehonpaino näyttäisi olevan yhteydessä ainakin kyykkyhyppytulokseen (Panoutsakopoulos ym. 2014), mutta myös rasvaprosentti näyttäisi kykenevän määrittelemään hyppykorkeutta negatiivisesti (Davis ym. 2003; Abidin & Adam 2013). Massan kasvaessa yksilö tarvitsee suuremman työn (tehon) saavuttaakseen saman hyppykorkeuden (Reiser ym. 2006).

2.3.3 Hermostolliset tekijät

Motoristen yksiköiden aktivoituminen ja syttymistiheys

Motorista yksikköä pidetään neuromuskulaarisen toiminnan perusyksikkönä. Motorinen yksikkö sisältää yhden motoneuroniin ja kaikki sen hermottamat lihassolut. Motoristen yksiköiden rekrytointi ja stimulaation määrä säätelee koko lihaksen aktivaatiota (Bartlett 2007, 243). Hennemanin kokoperiaatteen (Henneman ym. 1974) mukaisesti motoriset yksiköt omaavat erilaisen herkyyden ja aktivoituvat selkeässä järjestyksessä. Pienet ja hitaat motoriset yksiköt rekrytoidaan ensin, kun taas suuremmat ja nopeammat aktivoituvat vasta tason noustessa tarpeeksi suureksi (Bartlett 2007, 243; Cormie ym. 2011). Voimantuotto voi olla räjähtävä tai hidas, mutta periaate pysyy samana (Desmedt & Godaux 1978).

Voimantuoton kannalta merkittävää on etenkin rekrytoitujen motoristen yksiköiden määrä (Cormie ym. 2011). Maksimaalisessa tehon tuotannossa tarvitaankin erityisesti korkeamman kynnyksen hermo-lihastoiminnan syttymistä, mahdollisimman suuren ja nopean voimantuoton saavuttamiseksi (Enoka & Fuglevand 2001). Kehon osien tulee lisäksi aktivoitua oikeaan aikaan, jotta peräkkäisten lihasaktivaatioiden sisäiset voimat voivat summautua kineettisessä ketjussa. Bartlettin (2007, 77) mukaan tämä on erityisen merkityksellistä tehtävissä, jotka vaativat suurta nopeutta tai voimaa. Liikkeet suoritetaan etenkin suurilla lihasryhmillä, jotka tuottavat voimaa inertian voittamiseksi, kun taas raajojen nopeat lihakset avustavat liikelaajudessa, nopeudessa ja tarkkuudessa (Bartlett 2007, 77).

Koordinaatio ja synkronisaatio

Lihavoimaparametrien lisäksi maksimaaliseen hyppykorkeuteen vaikuttaa vahvasti myös motorinen kontrolli (Bobbert & Van Soest 1994). Koordinaatio voidaan ajatella olevan liikettä luova lihasten yhteistoiminta, jota määrittävät erityisesti lihasaktivaatioiden ajoitus, järjestys ja laajuus (Bobbert & van Ingen Schenau 1988). Koordinaatio on kehon ja raajan liikettä suhteessa ympäristön objekteihin ja tehtävään (Harrison ym. 2007). Intersegmentaalisella synkronisaatiolla on oma merkityksensä hyppysuorituksessa (Vanezis & Lees 2005), sillä heikko yhteistoiminta oletettavasti heikentää kykyä hyödyntää voimaa (Toumi ym. 2004 A.; McErlain-Naylor ym. 2014) ja näin ollen huonontaa hyppysuoritusta. Keskushermoston tulee muun muassa kontrolloida tarpeettomia vapausasteita, jotta tuotetut voimat kyetään kohdistamaan paremmin haluttuun liikesuuntaan (Bartlett 2007, 77). Näyttää siis siltä, että hyppytekniikka määrittää ne rajat, joissa määrin lihasvoimaa voidaan käyttää kevennyshyppyn aikana (McErlain-Naylor ym. 2014).

Hyppääminen on dynaaminen liike, joka vaatii monien lihasten toiminnan ja useiden lähteiden sensorinen tiedon yhdistymistä (Taube ym. 2012). Sisältäessään useamman kuin yhden nivelen liikkeen, voidaan se vapausasteiden perusteella suorittaa usealla eri tavalla (Bobbert & van Ingen Schenau 1988). Keskushermoston tehtävänä onkin hallita kokonaisuutta yhdistäen paikalliset biomekaaniset tekijät tehtäväspesifisti ja yhtenäisesti (St-Onge & Feldman 2004). Hyppysuorituksessa useat keskushermoston osat toimivat hierarkkisesti varmistaakseen asiaankuuluvan lihasaktivaation (Taube ym. 2012). Jokaista lihassolua hermottavat aivohermot tai selkäydinhermot ja ne ovat näin ollen tahdonalaisen kontrollin alaisia (Bartlett 2007, 243). Suorituksessa tieto aktivaatiosta siirtyy hermoratoja pitkin useisiin lihaksiin, joiden voimantuotto kasvaa vasteena näille impulsseille (Bobbert & van Ingen Schenau 1988). Aivokuoren, aivokuoren alaisten sekä selkärangan eri tasojen tiivis yhteistyö esimerkiksi koordinoi ja säätää odotettua sekä palauteohjattua lihashermoaktiivisuutta sopivan lihas-jänne -jäykkyyden saavuttamiseksi (Taube ym. 2012). Le Pellecin ja Matonin (2002) mukaan ennakoivat posturaaliset säädöt ovat dynaamisissa liikkeissä tärkeitä. Keskushermosto arvioi ennalta eri osien geometrisia muutoksia ja mekaanisia vaikutuksia liikkeen dynamiikkaan, kuten vaikutuksia kehon orientaatioon ja posturaaliseen tasapainoon (Le Pellec & Maton 2002). Hyppysuorituksessa esiaktivaatio, refleksin säätely, ja näin ollen jäykkyys ovat esiohjelmoituja (Taube ym. 2012).

Luhtasen ja Komin (1978) mukaan harjoittelu voi parantaa mekaanisen energian hyödyntämistä kevennyshypyssä, ja optimaalisen koordinaation kautta vieläkin enemmän. Kokeneet hyppääjät eivät kuitenkaan näyttäisi käyttävän samanlaista tekniikka hypättäessä, vaan hyppääjät hyödyntävät vaihtelevasti lonkka- ja polvinivelten ominaisuuksia (Vanezis & Lees 2005). McErlain-Naylor kumppaneineen (2014) toteaaakin, ettei tekniikka välttämättä ole itsenäinen tekijä, vaan vaikuttaa siihen missä määrin lihasten maksimaalisia ominaisuuksia voidaan hyödyntää.

2.4 Fyysisen aktiivisuuden yhteys hyppysuoritukseen

Yksilön harjoittelutausta vaikuttaa maksimaalisen hyppykorkeuden lisäksi selkeästi kevennyshypytehoon, -voimaan ja -nopeus-aika-käyrään (Cormie ym. 2009). Harjoittelun kautta yksilöt kykenevät oppimaan optimaalisen suoritusmallin keskushermostotasolla (Bobbert & van Soest 1994), jolloin kyetään muun muassa vähentämään hyppysuoritusten variaatiota (Harrison ym. 2007). Harjoitelleet hyppääjät kykenevät tuottamaan suuremman tehon samassa ajassa lisäämällä teho-aika -käyrän kaltevuutta, ja näin ollen kasvattamaan voimantuotonopeutta (Cormie ym. 2009). Näyttää siltä, että korkeammalle hyppäävät tuottavat enemmän tehoa polven seudulla (Vanezis & Lees 2005). Harrison ym. (2007) havaitsivat, että paremman vertikaalisen hyppysuorituksen omaavat käyttävät enemmän polven ja vähemmän lantion fleksiota hypyn aikana (Harrison ym. 2007). Kun taas Vanezis ja Lees (2005) totesivat strategiaeron esiintyvän erityisesti nilkkanivelessä. Hyppääjät näyttäisivät kuitenkin käyttävän vaihtelevia tyyliä niin, että osa hyödyntää enemmän polven ja osa nilkan liikettä (Vanezis & Lees 2005).

Urheilutaustalla voidaan siis sanoa olevan vaikutusta hyppysuoritukseen (Eloranta 2003), erityisesti yleisurheilijoiden pärjätessä parhaiten (Panoutsakopoulos ym. 2014). Laffayan ym. (2014) mukaan näyttää siltä, että ulkoilmaurheilijoiden hyppysuoritus on parempi suhteessa sisäurheilijoihin. He spekuloiivat eron johtuvan räjähtävän voimantuoton erilaisesta luonteesta. Jalkapallossa ja baseballissa hyppääminen ei ole lajin kannalta suuressa roolissa, mutta räjähtävää voimaa tarvitsevat lyhyet kiihdytykset, muun muassa lyhyet sprintit, edellyttävät

suurta voimantuottonopeutta (Laffaya ym. 2014). Voima- ja juoksuharjoittelun yhdistelmällä voidaan parantaa hyppykorkeutta (Kotzamanidis ym. 2005), ja vastaavasti plyometrisen hyppyharjoittelulla on todettu olevan positiivinen yhteys sprinttisuoritukseen (Markovic 2007; de Villarreal ym. 2008; de Villarreal ym. 2012). Tämä voi tarkoittaa sitä, että voimantuotto on riippuvainen lihas-jänne -järjestelmän ominaisuuksista riippumatta maan reaktivoimien suunnasta (Laffaya ym. 2014). On huomattava, että hyppykorkeutta lisäävällä plyometrisellä harjoittelulla on positiivinen siirtovaikutus myös muuhun urheilulliseen suorituskyykyyn, kuten pyöräilyyn ja pitkään juoksusuoritukseen (Markovic 2007).

On selvää, että plyometrisen harjoittelu parantaa vertikaalista hyppykorkeutta (Markovic 2007; de Villarreal ym. 2008; de Villarreal ym. 2009). Myös voimaharjoitteluun yhdistettynä hyppyharjoittelulla voidaan parantaa lihasten tehontuotto-ominaisuuksia (Häkkinen ym. 2001; Toumi ym. 2004 A.; de Villarreal ym. 2011; Harries ym. 2012). Vain kahdesti viikossa toteutettu raskas voimaharjoittelu yhdistettynä räjähtäviin harjoituksiin voi parantaa maksimaalisen voiman lisäksi myös alaraajojen tehontuottoa keski-ikäisillä ja ikääntyneillä naisilla (Häkkinen ym. 2001). Voimaharjoittelun lisähyöty on kuitenkin ristiriitainen, sillä muiden harjoitteiden lisääminen hyppyharjoitteluun ei välttämättä paranna hyppysuorituksia (de Villarreal ym. 2009; de Villarreal ym. 2011). Lisäksi pelkkä voimaharjoittelu ei ehkä paranna vertikaalista hyppykorkeutta (Toumi ym. 2004 A.; Kotzamanidis ym. 2005), mutta tästäkin on eroavia tuloksia (Harries ym. 2012; de Villarreal ym. 2011). Esimerkiksi Tricoli ym. (2005) mukaan pelkkä painonnosto paransi 10-metrin sprinttinopeutta, maksimaalista puolikykytulosta, kyykky- ja kevennyshyppyä, kun taas vastaavasti hyppyharjoittelu paransi vain maksimaalista puolikykytulosta ja kevennyshyppyä. Näyttää siltä, että harjoittelutauolla olisi suurempi negatiivinen vaikutus tehoa vaativiin suorituksiin (sprintti ja hyppy) kuin maksimivoimaan aiemmasta harjoittelumäärästä riippumatta (de Villarreal ym. 2008).

3 VAIHDEVUODET

3.1 Vaihdevuosien määritelmä

Kuukautisvuoto on ulkoinen merkki naisen kierron syklisyydestä esiintyessään luteaalivaiheen lopussa ja follikulaarivaiheen alussa (Mihma ym. 2011). Menopausi todetaan tapahtuneeksi silloin, kun naisella ei ole esiintynyt kuukautisia viimeisen 12 kuukauden aikana (Edwards & Li 2000; Jones & Lopez 2013, 119; Norman & Henry 2014), ja tämä muutos ei ole yhteydessä muihin fysiologisiin tai patologisiin tekijöihin (Edwards & Li 2000). Puhtaasti endokriinisesta näkökulmasta menopausi on munasarjojen follikkelien peruuttamaton toiminnanlasku, joka johtaa estradiolin erityksen menetykseen ja kuukautiskierron loppumiseen (Kase 2003B). Onneksi vaihdevuosien diagnosointi on nykypäivänä helppoa, ja yksilöllinen hormonikorvaushoito mahdollista (Al-Azzawi & Palacios 2009).

Munasarjojen vanheneminen on asteittaista ja alkaa noin 35 ikävuodesta, saavuttaen huippunsa noin 51-vuotiailla naisilla niin kansainvälisesti (Al-Azzawi & Palacios 2009; Hale ym. 2014; Norman & Henry 2014) kuin Suomessakin (Vihko 2004, 19). Toiminnallisesti munasarjojen heikentyminen näyttäytyy hedelmällisyyden ja lisääntymiskyvyn heikkenemisenä, spontaaneina keskenmenoina ja kuukautiskierron epäsäännöllisyytenä (Al-Azzawi & Palacios 2009). Jonesin ja Lopezin (2013, 120) mukaan vaihdevuosi-ikä voi vaihdella 45–55 ikävuoden välillä. Joillakin naisilla menopausi voi esiintyä ennenaikaisesti, jolloin se tapahtuu jo ennen neljänkymmenen vuoden ikää (Nussey & Whitehead 2001). Todellista syytä sille ikävaihtelulle ei tiedetä, mutta jotkin tekijät, kuten tupakointi, synnytysten määrä, aikuisiän paino ja hormonaaliset ehkäisymenetelmät näyttäisivät vaikuttavat vaihdevuosien ajoitukseen (Jones & Lopez 2013, 120). Esimerkiksi tupakointi vaikuttaisi aikaistavan menopausia keskimäärin 1,5 vuodella (Edwards & Li 2000). Alkamisikä näyttäisi olevan sama äidillä ja tyttärillä sekä kaksosilla (Kase 2003B).

Selkeät muutokset munasarjoissa ovat havaittavissa joitakin vuosia ennen vaihdevuosia (Al-Azzawi & Palacios 2009). Todellista menopausia edeltävää aikaa kutsutaankin

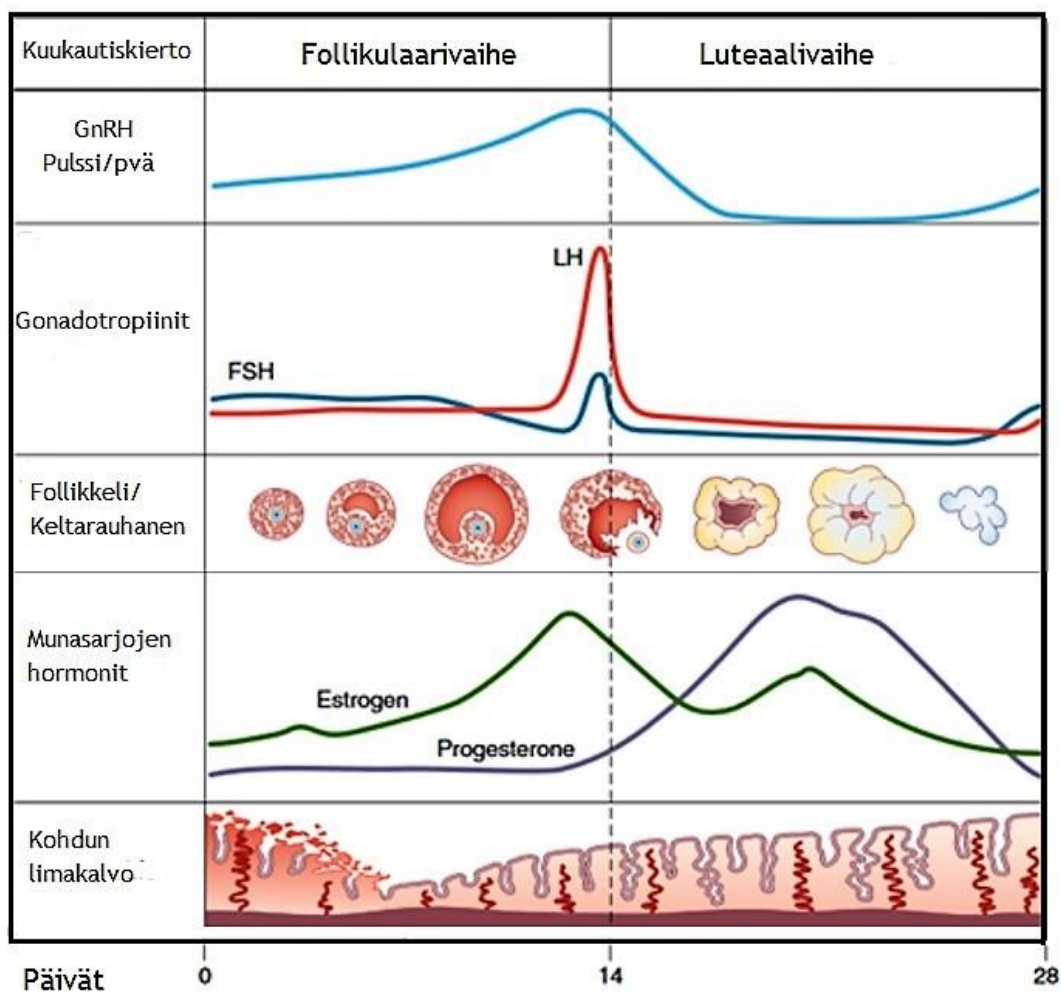
perimenopausiksi, sen kestäessä keskimäärin neljästä (Jones & Lopez 2013, 120) viiteen vuotta (Mihma ym. 2011). Usein ensimmäinen ulkoinen merkki perimenopausista ovat muutokset kuukautiskierrossa (Jones & Lopez 2013, 120). Perimenopausin alkupuoliskolla ovulaation ajoitus muuttuu epäsäännölliseksi ja kuukautisvuodon määrä yleensä kasvaa (Hale ym. 2014). Lyhyt ja viallinen follikulaarinen vaihe myötävaikuttaa kuukautisten frekvenssiin (Taffe & Dennerstein 2002) ja vuodon määrään (Al-Azzawi & Palacios 2009; Mihma ym. 2011; Jones & Lopez 2013, 120). Virheellinen follikulaarivaihe voi johtaa myös pienempään määrään granuloosoluja, ja näin ollen tehottomampaan estradiolin synteisiin munasolua kohden (Al-Azzawi & Palacios 2009). Menopausia lähestyttäessä munasolun irtoamishäiriöt yleistyvät (Hale ym. 2014) ja kuukautiskierron pituus kasvaa (Mihma ym. 2011) vuotovälin vaihdellessa 14–50 päivän välillä (Hale ym. 2014). Ovulaatiota esiintyy vielä, vaikka raskaaksi tulon todennäköisyys onkin alentunut (Jones & Lopez 2013, 120). Erityisesti yli 35 päivää kestävät kierrot näyttäisivät lisääntyvän, ja jos vuotopäivien väli ylittää 42 päivää (6 viikkoa), on se selvä merkki siitä, ettei sykli enää ole säännöllinen ja menopausi on lähellä (Taffe & Dennerstein 2002).

3.2 Premenopausaalinen kierto ja sen hormonaalinen toiminta

Naisen lisääntymiskyky on riippuvainen hormonaalisten ja neuraalisten signaalien vuorovaikutuksesta, keskushermoston, aivolisäkkeen ja munasarjojen välillä (Norman & Henry 2014). Murrosikä merkitsee siirtymistä lisääntymiskyvyttömästä lisääntymiskyvylliseksi (Nussey & Whitehead 2001). Naisen fenotyypin kehittymisestä ja ylläpidosta vastaavat gonadotropiinia vapauttava hormoni (GnRH), lutenisoiva hormoni (LH) ja follikkelia stimuloiva hormoni (FSH) sekä naissteroidihormonit estrogeenit ja progestiinit (Norman & Henry 2014). Nusseyn ja Whiteheadin (2001) mukaan murrosiässä tapahtuu kaksi merkittävää asiaa, androgeenien lisääntynyt erittyminen lisämunuaisen kuorikerroksesta ja sukupuolielinten sukupuolihormonien tuotannon aktivoituminen. Munasarjat, toisin kuin kivekset, toimivat jaksoittaisesti, hormonierityksen vaihdellessa kuukautiskierron mukaisesti (Nussey & Whitehead 2001). Normaalin kuukautiskierron aikana aivolisäke erittää follikkelia stimuloivaa hormonia ja lutenisoivaa hormonia syklisesti hypotalamuksen gonadotropiineja vapauttavaa hormonin vaikutuksesta (Burger 2006). Myös munasarjojen steroidit toimivat vastaavasti gonadotropiinien erityksen säätelijöinä palautejärjestelmän kautta (Nussey &

Whitehead 2001). Näyttäisi kuitenkin siltä, että erityisesti FSH-tasot voivat yksilöittäin erota paljonkin keskimääräisestä, oletetusta vaihtelusta (Ecochard ym. 2014).

Munasarjat vastaavat munasolun tuotannosta ja vapauttamisesta sekä estrogeenin ja progesteronin erityksestä (Norman & Henry 2014). Burgerin (1996) mukaan munasarjojen pääasialliset hormonit voidaan kuitenkin jakaa tarkemmin kahteen luokkaan: steroideihin, estradioliin ja progesteroniin sekä peptideihin inhibiineihin ja aktiiviineihin. Estradiolin ja peptidihormonien erityksestä vastaavat munasolun granuloosasolut, kun taas progesteronia tuottaa keltarauhanen (Burger 1996). Aikaisessa follikulaarisessa vaiheessa estradiolin ja progesteronin taso on alhaalla (Nussey & Whitehead 2001; Santoro 2005) ja follikkelia stimuloivan hormonin taso nousee (Ben-Rafael ym. 1998; Nussey & Whitehead 2001; Santoro 2005; Ecochard ym. 2014). FSH:n tehtävänä on auttaa munarakkuloiden rekrytoinnissa ja kasvussa sekä hallitsevan follikkelin valinnassa (Ben-Rafael ym. 1998; Ecochard ym. 2014). FSH näyttäisi olevan tässä vaiheessa suhteellisen epävakaa, sillä päivittäinen vaihtelu on suurta (Ecochard ym. 2014). LH stimuloi theca-soluja tuottamaan progesteronia sekä androgeeneja, jotka sittemmin muuntautuvat FSH:n vaikutuksesta estrogeeneiksi, pääasiassa estradioliksi (Nussey & Whitehead 2001). Follikkelia stimuloivan hormonin ylittäessä kynnyksensä plasmassa, munarakkula siirtyy lopulliseen kasvuvaiheeseen, ja herkimmästä follikkelista tulee dominoiva follikkeli (Ben-Rafael ym. 1998).



KUVA 1. Kuukautiskierron tapahtumat vaiheittain (Mukaiitu Norman & Henry 2014).

Puolivälissä follikulaarivaihetta vastena FSH:n tuotannolle granuloosasolut lisäävät estradiolin eritystä (Vihko 1996; Ben-Rafael ym. 1998; Santoro 2005; Burger 2006). Jotta riittävä määrä estrogeenia voidaan tuottaa follikkelin kypsymiseen ja ovulaatioon sekä granuloosasolujen että theca-solujen on oltava toiminnallisia ja gonadotropiinia tulee erittyä sopivia määriä (Norman & Henry 2014). Tällöin myös inhibiini-B:n tuotanto kasvaa (Ben-Rafael ym. 1998; Kase 2003A; Santoro 2005). Estradioli ja inhibiini laskevat FSH:n vapautumista aivolisäkkeestä (Santoro 2005), mikä estää näin ollen muiden munarakkuloiden kasvun (Ben-Rafael ym. 1998). Myöhäisessä follikulaarisessa vaiheessa estradiolitasot ovat korkeimmillaan, mikä puolestaan pohjustaa lutenisoivan hormonin vapautumista (Santoro 2005; Burger 2006). Korkea estradiolitaso vaikuttaa gonadotropiinien erityksen negatiivisen palautteen muuntumisen positiiviseksi (Nussey & Whitehead 2001). Normanin ja Henryn

(2014) mukaan sekä estradioli että progesteroni käyttävät negatiivista palautejärjestelmää inhiboiden GnRH eritystä hypotalamuksesta sekä suoraan inhiboimalla gonadotropiinien eritystä aivolisäkkeestä. Estrogeenin on vallitseva follikulaarisen vaiheen aikana, kun taas progesteroni hallitsee luteaalivaihetta. Kierron puolivälissä estradiolilla on positiivinen vaikutus GnRH:n ja LH:n eritykseen (Norman & Henry 2014).

FSH:n erityks on välttämätön follikkelin kasvulle aina ovulaatioon saakka (Norman & Henry 2014). Tämän jälkeen follikkelia stimuloivan hormonin taso laskee kuitenkin suhteellisen alas, johtuen oletettavasti vasteesta follikulaariselle valinnalle (Ecochard ym. 2014).

Ovulaation aikaan LH:n rinnalla myös FSH:n erityksessä on tilapäinen kasvu (Burger 2006). Follikkelia stimuloivan hormonin huippu kuvataan yhdessä lutenisoivan hormonin huipun kanssa, vaikka näiden kahden välillä ei näyttäisi olevan ajallista suhdetta (Ecochard ym. 2014). Ovulaatio tapahtuu 9–12 tunnin kuluttua LH:n huipusta (Nussey & Whitehead 2001). LH vaikuttaa munasolun lopulliseen kypsymiseen, sen irtoamiseen follikulaarisesta seinästä, preovulatorisen follikkelin hajoamiseen ja keltarauhasen muodostumiseen (Devoto ym. 2009). GnRH:n ja gonadotropiinien vuorokausirytmii ei ihmisellä näytä vaikuttavan yhtä suuresti kuin muilla nisäkäslajeilla, mutta erityisesti unella näyttäisi olevan suora vaikutus LH:n synteesiin (Norman & Henry 2014).

Postovulatorisessa vaiheessa dominantti follikkeli lutenisoituu ja muodostaa keltarauhasen, joka puolestaan toimii progesteronin lähteenä (Nussey & Whitehead 2001; Burger 2006). Ovulaation jälkeen tärkein keltarauhasen tuottama steroidi on progesteroni, vaikka myös estrogeenia syntetisoidaan ja eritetään edelleen (Norman & Henry 2014). Luteaalivaiheessa sekä follikkelia stimuloivan että lutenisoivan hormonin tasot ovat suhteellisen alhaiset (Santoro 2005; Burger 2006) johtuen estradiolin, progesteronin ja inhibiinin estävästä vaikutuksesta (Santoro 2005). Pieniä määriä LH:ta, tarvitaan kuitenkin keltarauhasen ylläpitoon, ja luteaalivaiheessa nähdäänkin usein pieniä LH-pulsseja (Nussey & Whitehead 2001). Jos munasolu ei hedelmöity, keltarauhanen surkastuu menettäen toimintakykynsä ja progesteronin pitoisuus elimistössä vähenee (Devoto ym. 2009; Norman & Henry 2014). Keltarauhasen luteolyysi myös vapauttaa follikkelia stimuloivan hormonin tuotannon ja uusi kierto voi alkaa (Nussey & Whitehead 2001; Santoro 2005). Kuukautisvuoto kestää

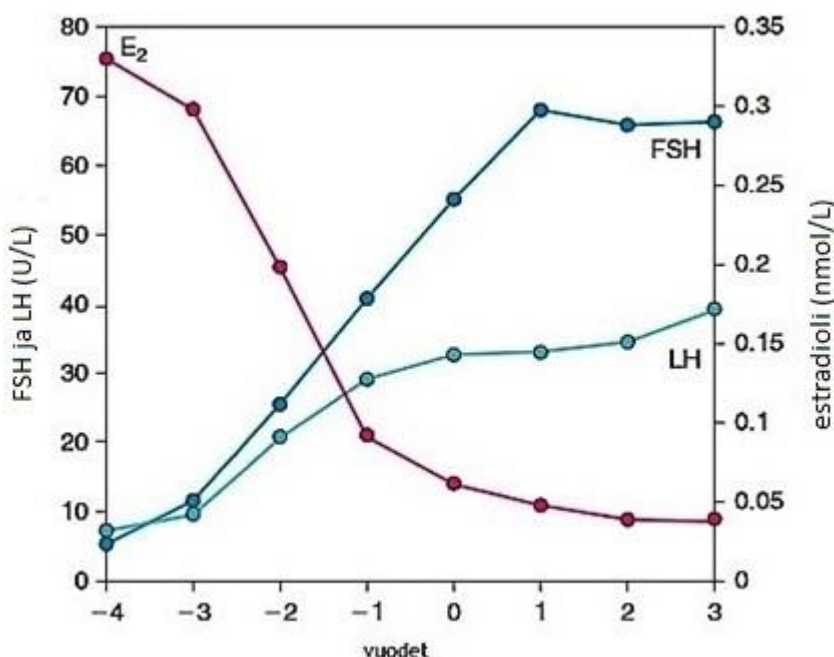
keskimäärin kolmesta viiteen päivää, mutta kestot yhden ja kahdeksan välillä luetaan normaaleiksi (Fehring ym. 2006).

3.3 Peri- ja postmenopausin merkittävin hormonaalinen toiminta

Vaikuttaisi siltä, että 50–51 ikävuoteen mennessä munarakkulareservi on lähes loppu (Hale ym. 2014). Todellisia tekijöitä, jotka antavat alkusysäyksen munarakkuloiden toiminnan pysähtymiselle ei tarkalleen tunneta, mutta jotkin geneettiset ja ei-geneettiset tekijät näyttäisivät olevan keskeisiä tämän prosessin ymmärtämisessä (Kase 2003B). Munasarjojen estrogeenituotannon asteittainen väheneminen ennen menopaussia johtuu pitkälti jäljellä olevien munarakkuloiden vähäisyydestä ja heikosta rekrytointimahdollisuudesta (Al-Azzawi & Palacios 2009). Kun elinkelpoiset munarakkulat on käytetty, munasarjojen estradiolisynteesi vähenee ja lopulta lakkaa (Norman & Henry 2014). Kuukautisten loppuessa estradiolipitoisuus on pudonnut noin puoleen hedelmällisen iän follikulaarivaiheen tasoista (Burger 2006). Normanin ja Henryn (2014) mukaan myös inhibiineissä tapahtuu jyrkkä lasku 2–4 vuotta ennen viimeisiä kuukautisia. Kuukautiskierron loppuessa ja menopausiin siirryttäessä munasarjat lakkaavat vastaamasta FSH- ja LH-tasoihin. Alhaisten estradiolin myötä estrogeenipalaute gonadotrooppisille hormoneille puuttuu ja niiden erittyminen lisääntyy entisestään (Jones & Lopez 2013, 121). FSH nousee jyrkästi estradioli- ja inhibiinitasojen laskiessa, kun taas lutenisoiva hormoni nousee vähemmän, heijastaen ainoastaan estradiolitasoja (Norman & Henry 2014). FSH-tasojen nousu toimiikin hyvänä markkerina munasarjojen toiminnan heikkenemisestä (Lawson ym. 2003).

Estradioli jatkaa laskuaan menopausin jälkeen, ja lopulta munasarja lakkaa tuottamasta estradiolia vereen (Burger 2006; Al-Azzawi & Palacios 2009). Matalimmat arvot saavutetaan noin 2–3 vuotta myöhemmin viimeisistä kuukautisista (Burger 2006). Estradiolitasot ovatkin noin kymmenkertaiset premenopausaalisilla verrattuna postmenopausaalsiin naisiin (Rothman ym. 2011). FSH ja LH pysyvät koholla koko jäljellä olevan eliniän ajan. Follikkelia stimuloivan hormonin määrä on noin kymmenkertainen ja lutenisoivan hormonin pitoisuus kolminkertainen menopaussia edeltävään tasoon nähden (Burger 1996; Vihko 1996; Edwards & Li 2000; Norman & Henry 2014). Gonadotropiinien korkein taso saavutetaan muutaman

vuoden kuluttua menopaussista (Edwards & Li 2000), minkä jälkeen gonadotropiinien määrä alkaa laskea asteittain (Burger 1996).



KUVA 2. Vaihdevuosien hormonaaliset muutokset. (muunneltu Norman & Henry 2014). FSH, Follikkelia stimuloiva hormoni. LH, Lutenisoiva hormoni. E₂, Estradioli.

Kun vaihdevuosien viimeisten kuukautisten aikaan plasman estradioli merkittävästi laskee (Al-Azzawi & Palacios 2009), tulee estronista vallitseva estrogeeni (Sherman ym. 1976; Norman & Henry 2014). Estroni on yksi estrogeeneistä, joka syntyy androgeeneistä perifeerisessä rasvakudoksessa (Ricci ym. 2001). Osa estronista voidaan muuntaa kuitenkin edelleen estradioliksi, jolloin estradiolia on saatavilla vaihdevuosien jälkeenkin, vaikka pitoisuudet ovat aiempaa selvästi alhaisemmat (Nussey & Whitehead 2001; Al-Azzawi & Palacios 2009; Norman & Henry 2014). Perifeerisen aromisaatiota tapahtuessa rasvakudoksessa selittää se lihaviin naisten korkeammat estrogeenitasot (Nelson & Bulun 2001; Burger 2006; Norman & Henry 2014). Suuri aromitaasin ilmeneminen rasva- ja ihokudoksessa voi pitkään jatkuneena olla yhteydessä postmenopausaaliseen kohdun verenvuotoon, kohdun limakalvon liikakasvuun ja jopa syöpään (Nelson & Bulun 2001). Tämä voi myös toisaalta selittää miksi lihavilla naisilla on kasvanut riski sairastua estrogeenin liittyviin syöpäsairauksiin (Burger 2006). Aromitaasin paikallinen ilmentyminen myös muissa kudoksissa, kuten aivoissa ja luissa, saattaa kasvaa ja olla fysiologisesti merkittävää

(Nelson & Bulun 2001). Vaikuttaisi siltä, että myös immuunipuolustus adaptoituu hormonaalisiin muutoksiin (Akyol ym. 2011). Postmenopausaalisilla naisilla korkea LH/FSH-suhde näyttäisi korreloivan lihavuuden, insuliiniresistenssin, aineenvaihdunnan häiriöiden ja kroonisen tulehdustilan kanssa (Beydoun ym. 2012). Hormonaaliset muutokset yhdessä immuunipuolustuksen muutosten kanssa voivat myötävaikuttaa autoimmuunisairauksien kehittymiseen (Akyol ym. 2011).

Androgeenien muutokset vaihdevuosien aikaan näyttäisivät olevan monimutkaisemmat kuin estrogeenin ja FSH/LH muutokset (Burger ym. 2000). Testosteronitasot eivät juuri muutu menopausin aikana, mutta laskevat hitaasti iän myötä (Burger 2002; Yasui ym. 2012; Jones & Lopez 2013, 121). Itse asiassa kaikki androgeenit näyttäisivät laskevan iän myötä koko elämänsä ajan: kokonaistestosteronin, vapaan testosteronin (Davidson ym. 2005), DHEAS:n (dehydroepiandrosteroni sulfaatti) ja androsteenidionin määrä pienenevät vanhetessa (Davidson ym. 2005; Mesch ym. 2008). Vaihdevuosiin saavuttaessa androgeenit ovatkin laskeneet merkittävästi edeltävien vuosikymmenten aikana (Sarrel 2002). Muutokset androgeeneissa itse vaihdevuosien aikaan ovat kuitenkin kiistanalaiset. Osa syynä tähän on se, että naisten seerumin androgeenitasojen mittaaminen on ollut haasteellista menetelmätarkkuuden, herkkyuden ja alhaisten hormonitasojen vuoksi (Rothman ym. 2011). Testosteronin määrä näyttäisi olevan merkittävästi korkeampi 41–50-vuotiailla kuin 51–60-vuotiaisiin verrattuna, jonka perusteella on usein päätelty, että tasojen laskevan vaihdevuosien aikaan (Burger 2000). Vastaavasti Lasleyn ym. (2011) ja Yasuin ym. (2012) mukaan androgeenien määrä kasvaa vaihdevuosien aikana suurimmalla osalla naisista. Toisaalta Mesch ym. (2008) toteavat etteivät kokonaistestosteroni, androsteenidioni ja DHEAS-tasot muutu merkittävästi vaihdevuosien aikana. Davidson ym. (2005) taas huomauttaa, että verrattaessa samanikäisiä pre- ja postmenopausaalisia naisia vaihdevuosilla ei näyttäisi olevan merkitystä.

Selvää kuitenkin on, että testosteronin ja estradiolin suhde kasvaa erityisesti menopausin loppupuolella (Sarrel 2002; Yasui ym. 2012). Testosteronista 66 prosenttia on sitoutuneena steroidihormoneja sitovaan proteiiniin (SHBG), joten tähän vaikuttavat tekijät vaikuttavat myös testosteronitasoihin (Davidson & Davis 2003). Menopausaalinen estradiolin lasku vaikuttaa alentavasti SHBG tasoon, mikä vaikuttaa vapaan androgeenimäärään nostavasti

(Burger 2002; Sarrel 2002; Al-Azzawi & Palacios 2009; Jones & Lopez 2013, 121). Tämä yhdessä vähäisen estrogeenimäärän kanssa oletettavasti johtaa joihinkin menopausaalioreisiin, kuten äänen madaltumiseen, kasvojen karvoituksen lisääntymiseen ja klitoriksen kasvuun. (Jones & Lopez 2013, 121). Vapaata androgeeni-indeksiä (testosteronin ja SHBG:n suhdetta) onkin ehdotettu käytettävissä olevan testosteronin laskemiseksi naisilla (Davidson & Davis 2003). Estrogeenituotannon ehtyminen ei muuta sitä, että vaihdevuosien jälkeenkin munasarjat tuottavat siis edelleen androgeeneja (Chakravarti ym. 1976; Vihko 1996; Burger 2002; Hausbrandt & Tavi 2007, 114). Toisaalta taas ainakin testosteronin taso laskee menopausin jälkeen ja jatkaa laskuaan iän myötä (Yasui ym. 2012).

3.4 Vaihdevuosien vaikutus kehonkoostumukseen

Kehonkoostumuksessa on nähtävissä selkeitä muutoksia vaihdevuosien aikana (Heymsfield ym. 1994; Sipilä 2003; Messier ym. 2011). Menopausi näyttää olevan yhteydessä etenkin vatsanalueen rasvakudoksen kertymiseen (Ley ym. 1992; Sipilä 2003; Sowers ym. 2007; Ho ym. 2010), mikä on keskeistä keskivartalolihavuuden näkökulmasta (Ho ym. 2010). Vaihdevuosissa keskivartalon rasvan kasvussa esiintyy selektiivisenä vatsan sisäisen rasvan kasvua iästä ja kokonaisrasvamassasta riippumatta (Toth ym. 2000. A.). Mielenkiintoista on, että vaikka jalkojen rasvamassa on kokonaisuudessaan suurempi postmenopausaalisilla naisilla, sen suhteellinen kertyminen reisiin ja lantiolle on premenopausaalisia naisia pienempi (Ley ym. 1992). Näin ollen vyötärön ympäröivän rasvan kasvu saattaa olla kokonaisrasvamassan kasvua herkempi munasarjojen ikääntymisen merkki (Sowers ym. 2007).

Luustolihasmassan kiihtynyt lasku on sukupuolityypillinen (Messier ym. 2011), ja näyttää alkavan vaihdevuosien aikaan (Heymsfield ym. 1994; Sipilä 2003; Sowers ym. 2007; Messier ym. 2011). Premenopausaaliin naisiin verrattuna, postmenopausaalisilla on vähemmän lihasmassaa niin koko vartalossa kuin keskivartalossa ja alaraajoissa (Sipilä 2003).

Lihasmassan määrä on yhteydessä korkeampaan lihasvoimaan, joka edelleen vaikuttaa fyysiseen suorituskyykyyn ja selviytymiseen päivittäisistä toiminnoista (Lebrun ym. 2006). Yhdessä muutokset kehonkoostumuksessa ja suorituskyykyssä saattavat lisätä kroonisten sairauksien riskiä, toiminnanvajauksia ja haurautta (Sipilä 2003). Esimerkiksi vartalon lihasmassassa suhteessa pituuteen on havaittu kynnsarvo, joka lisää riskiä

insuliiniresistenssiin (Barsalani ym. 2013). Messierin ym. (2011) mukaan estrogeenitasojen lasku vaihdevuosien voi olla syy naisten lihasmassan vähenemiselle. Lihasmassaan vaikuttavat kuitenkin useat iästä riippuvat tekijät, joten on vaikea määrittää vaihdevuosien suhteellista osuutta iän myötä esiintyvälle luustoli hasten laskulle (Messier ym. 2011). Douchin ym. (2002) mukaan saattaa olla myös niin, että vaihdevuodet vaikuttavat etenkin rasvattoman kehonmassan laskuun, kun taas muutokset rasvamassan määrässä ja sen jakautumisessa liittyvät vahvemmin ikääntymiseen (Douchi ym. 2002).

Maltaisin ym. (2009) mukaan postmenopausaaliset naiset säilyttävät kykynsä varastoida rasvaa, mutta kyky sen oksidaatioon heikkenee. Tämä lisää rasvan varastomuodon kertymistä lihaksen sisään (Maltais ym. 2009). Pöllänen ym. (2011) mukaan suuri lihaksen sisäinen rasva näyttäisi olevan yhteydessä korkeampiin estradioli- ja testosteronipitoisuuksiin. Lihaksen sisäiset hormonipitoisuudet eivät laske samassa suhteessa systeemisten hormonien kanssa (Pöllänen ym. 2011).

3.5 Vaihdevuosien merkitys luurankoli hasten voimaan

Voimme olettaa, että hermo-lihastoimintojen kiihtynyt heikkeneminen vaihdevuosien aikaan johtuu hormonaalisista muutoksista (Sipilä ym. 2015). Lihasten suorituskyky on kuitenkin tärkeää ikääntyneiden toimintakyvyn, tasapainon ja elämänlaadun kannalta (Sirola & Rikkonen 2005). Lihasvoiman lasku voi aiheuttaa suurta haittaa fyysiselle toimintakyvylle, ja johtaa ongelmiin tuolilta ylös nousussa, kävelynopeudessa, porraskävelyssä ja tasapainon säilyttämisessä (Maltais ym. 2009). Lihasvoiman on todettu korreloivan tasapainon, ja näin ollen kaatumisten kanssa postmenopausaalisilla naisilla (Sirola & Rikkonen 2005). Peri- ja postmenopausaalisilla tasapaino näyttäisi olevan premenopausaalisia huonompi (Cheng ym. 2009). Myös fyysisellä aktiivisuudella on oletettavasti oma roolinsa kaatumisriskin ja murtumien vähentämisessä (Sirola & Rikkonen 2005).

Premenopausaaliset ovat postmenopausaalisia naisia vahvempia ja lihaksikkaampia (Pöllänen ym. 2015). Ikään liittyvät muutokset peukalon lähentäjälihakseen (m. adductor pollicis) maksimaalisessa tahdonalaisessa voimantuotossa ja poikkipinta-alassa ovat erilaiset miehillä ja naisilla (Phillips ym. 1993). Käden puristusvoima on vahvasti yhteydessä ikään,

lihasvoiman kasvaessa aina 40 ikävuoteen asti, jonka jälkeen se laskee progressiivisesti (Cipriani ym. 2012). Phillipsin ym. (1993) mukaan naisilla vaihdevuosien aikaan voimassa on selkeä pudotus, joka myöhemmin hidastuu, kun taas miehillä hiljattainen lasku alkaa vasta myöhemmin. Sukupuolilla on 53–68 ikävuoden välillä selkeä ero, joka kuitenkin tasoittuu 75-vuoden jälkeen (Phillips ym. 1993). Peri- ja postmenopausaalisilla naisilla käden puristusvoima on premenopausaalisia huonompi (Cheng ym. 2009). Tämä maksimaalisen tahdonalainen puristusvoiman ero pre- ja postmenopausaalisilla on iästä riippumaton (Cipriani ym. 2012). Yläraajojen voima ja lihaksen laatu (lihasvoiman ja -massan suhde) on yhteydessä vaihdevuosien oireiden vakavuuteen (Lee & Lee 2013). Voima yläraajoissa on vahvasti yhteydessä myös luun laadullisiin ja määrällisiin ominaisuuksiin, muun muassa värttinäluun mineraalitiheyteen (Cipriani ym. 2012). Käden puristusvoiman lisäksi polven ojennusvoima näyttää laskevan 55 ikävuoden paikkeilla (Samson ym. 2000; Sipilä 2003). Myös elämäntapatekijöiden kuten työ- ja koulutushistorian, tiedetään vaikuttavan lihasten suorituskykyyn postmenopausaalisilla naisilla (Sirola & Rikkinen 2005). Korkeampi koulutustausta vaikuttaa olevan yhteydessä 50–60-vuotiaiden naisten lihasvoimaan (Rantanen ym. 1992). Alempi koulutustaso näyttäisi myös lisäävän psyykkisten ja fyysisten vaihdevuositiloihin esiintymistä (Chedraui ym. 2007).

Luurankolihasvoiman lasku on ikääntymisen ei-toivottu seuraus (Lowe ym. 2010). Noin 15 prosentin lihasvoiman lasku vaihdevuosina (Meeuwssen ym. 2000) viittaa siihen, että estrogeenivajeella on oma merkityksensä tässä menetyksessä (Meeuwssen ym. 2000; Maltais ym. 2009). Taustalla olevia mekanismeja ei kuitenkaan tarkalleen tunneta (Maltais ym. 2009), ja estrogeenin merkitys on edelleen epäselvä (Meeuwssen ym. 2000). Hormonikorvaushoitoa pidetään mahdollisena suojaavana strategiana lihasten voiman ja tehon laskussa, mutta tulokset ristiriitaisia (Maltais ym. 2009). Lähes yhtä monessa tutkimuksessa suositetaan hormonikorvaushoidon vaikutusta lihasten voimaan kuin joissa vaikutusta ei ole (Meeuwssen ym. 2000).

Niin ihmis- kuin rottatutkimukset ovat jossain määrin kyenneet osoittamaan estradiolin olevan hyödyllinen lihasvoimalle (Lowe ym. 2010). Eläintutkimusten mukaan estrogeenillä saattaa olla vaikutusta ainakin lihaksen kalvon stabiliteettiin (Enns & Tiidus 2010) ja supistuvien elementtien toimintakykyyn (Maltais ym. 2009; Enns & Tiidus 2010). Tämä saattaa tapahtua

molekyylitasolla, aktiinin ja myosiinin sitoutumisessa toisiinsa (Lowe ym. 2010). Esimerkiksi vapautuvan kalsiumin määrän lasku sarkoplasmakalvostosta voi selittää voimakapasiteetin laskua alentuneella aktiini-myosiini -poikkisiltojen määrällä (Maltais ym. 2009). Lisäksi estrogeeni näyttäisi vaikuttavan vamman jälkeiseen leukosyyttien infiltraatioon sekä edistävän korjausprosesseja satelliittisolujen aktivaatiolla ja proliferaatiolla, rajoittaen näin harjoittelusta johtuvaa lihaskudosvauriota (Enns & Tiidus 2010). On myös ehdotettu, että estrogeenilla olisi anabolinen vaikutus lihasstimulaatioon IGF-1 reseptorien kautta (Maltais ym. 2009). Yksi estrogeenin vaikutusmekanismi lihaksen toimintaan on estrogeenireseptorien kautta (Lowe ym. 2010). Estrogeenireseptorien määrä näyttäisikin olevan suurempi miehillä, nuorilla naisilla ja lapsilla postmenopausaalisiiin naisiin verrattuna (Wiik ym. 2009). Vaikutus lihakseen saattaa tapahtua myös keskushermoston kautta, koska sillä on rooli motorisissa taidoissa ja koordinaatiossa (Maltais ym. 2009).

3.6 Fyysinen aktiivisuus ja vaihdevuodet

Fyysisen aktiivisuuden lasku

Vain puolet 50–64-vuotiaista naisista näyttäisi harrastavan säännöllistä liikuntaa, ja alle neljäsosa yltävän terveys-suositukseen (McTiernan ym. 1998). Terveyden ja hyvinvoinnin laitoksen raportin mukaan suomalaisista vaihdevuosi-ikäisistä naisista lähes kolmasosa ei harrasta liikuntaa vapaa-ajallaan ollenkaan, ja vain noin 12 prosenttia harrastaa riittävästi liikunta suositusten näkökulmasta (Mäkinen ym. 2012). Fonsecan ym. (2012) mukaan rotilla munasarjojen poistaminen vähensi merkittävästi vapaaehtoista liikuntaa juoksupyörässä. Lihasmassan lasku ei ollutkaan yhteydessä munasarjahormonien menetykseen vaan fyysiseen aktiivisuuteen (Fonseca ym. 2012). Fyysisellä aktiivisuudella näyttää kuitenkin olevan suuri merkitys, sillä se on yhteydessä painoon ja lantiovyötärösuhteeseen, mikä näyttää kasvavan postmenopausiin siirryttäessä (Gudmundsdottir ym. 2013). Korkeampi fyysisen aktiivisuuden määrä on yhteydessä vähäisempään rasvamassaan (Guo ym. 2015) ja painoindeksin laskuun postmenopausaalisilla naisilla (Sims ym. 2013). Fyysisen aktiivisuuden väheneminen johtaa alentuneeseen energiankulutukseen sekä keskivartalolihavuuden kasvuun (Dubnov ym. 2003). Näin ollen myös aineenvaihdunnallisten sairauksien sekä sydän- ja verisuonitautien riski kasvaa vaihdevuosien aikana (Gudmundsdottir ym. 2013). Pelkkä fyysisen aktiivisuuden lisääminen ja painonpudotus

parantavat ylipainoisten naisten fyysistä suorituskykyä huomattavasti (Gabriel ym. 2011). Keski-ikäisillä fyysinen aktiivisuus näyttäisi myös vaikuttavan nuorempia naisia enemmän luun mineraalitiheyteen (Hinriksdóttir ym. 2013). Kaiken kaikkiaan näyttää siltä, että säännöllisellä liikunnalla voidaan estää monien kroonisten sairauksien riskien kasvua (Daley ym. 2009).

Kestävyysharjoittelu

Postmenopausaalisilla naisilla kestävyysharjoittelu parantaa aerobista kapasiteettia annosvaste -mukaisesti, mutta parannuksia on nähtävissä jo suhteellisen pienillä intensiteeteillä ja lyhyillä kymmenen minuutin kestoilla (Asikainen ym. 2004). Lisäksi vaihdevuosi-ikäisillä aerobinen harjoittelu näyttäisi vaikuttavan positiivisesti vaihdevuosisoireisiin (Daley ym. 2009; Zhang ym. 2014), kuten myös koettuun elämänlaatuun (Mansikkamäki ym. 2015). Asikainen ym. (2004) toteavat postmenopausaalisten naisten liikuntaa tarkastelevassa kirjallisuuskatsauksessaan, että harvoissa tutkimuksissa oli nähtävissä parantuneita lipidi- ja glukoosi-arvoja. Kuitenkin yhdistettynä oikeanlaiseen ruokavalioon fyysisellä aktiivisuudella voidaan parantaa lipoproteiiniprofilia (Dubnov ym. 2003). Pelkän liikunnan heikommät tutkimustulokset saattavat johtua tutkimusten keston lyhykäisyydestä (Asikainen ym. 2004). Esimerkiksi King ym. (1995) mukaan iäkkäämmät saattavat tarvita pidemmän harjoitteluajanjakson lipidiprofiilin parantumiseen. Tutkimuksessaan he huomasivat merkittävän HDL-kolesteroli kasvun vasta kahden vuoden liikuntaharjoittelun jälkeen (King ym. 1995). Arsenault ym. (2009) mukaan lipoproteiiniprofiilin lisäksi kestävyystyyppinen puolen vuoden liikuntaharjoittelu ei myöskään näyttäisi parantavan ylipainoisten postmenopausaalisten naisten verenpainetta tai tulehdustekijöitä. Harjoittelu ei näyttäisi vaikuttavan kardiometabolisiin riskitekijöihin, vaikka maksimaalinen hapenottokyky paranisikin (Arsenault ym. 2009). Merkittävää on, että perimenopausaalisilla naisilla pelkkä 12 viikon kävelyharjoittelu näyttäisi kuitenkin auttavan laskemaan triglyseridejä ja kokonaiskolesterolia (Zhang ym. 2014). Kestävyysharjoittelun vaste maksimaaliseen hapenottokykyyn näyttäisi kuitenkin olevan samanlainen pre- ja postmenopausaalisilla naisilla (Blumenthal ym. 1991). Sipilän ja Poutamon (2003) mukaan fyysisesti aktiivisilla postmenonaisilla on alempi estradioli ja estroni määrä verrattuna vähemmän aktiivisempiin. Alhainen estronin määrä ikääntyneillä naisilla on yhteydessä kestävyysliikuntaan ja vähäiseen rasvamassaan (Sipilä & Poutamo 2003).

Lihassoimiharjoittelu

Ikääntyväkin lihas adaptoituu hyvin lihasvoimiharjoitteluun (Galvão ym. 2005). Yli 50-vuotiailla vastusharjoittelulla voidaan saavuttaa noin kilon verran rasvattoman kehon massan kasvua viiden kuukauden aikana (Peterson ym. 2011). Lihassäikeiden poikkipinta-ala kasvaa, ja erityisesti miehillä solutason adaptaatio näyttäisi olevan naisia parempi (Galvão ym. 2005). Suurempi voimiharjoittelun sarjamäärä yhden harjoituskerran aikana näyttäisi johtavan suurempaan lihasmassan kasvuun (Peterson ym. 2011). Verensokerin, rasvaprosentin ja lihasvoiman paranemiseen riittää vähäisempi kolmen sarjan määrä voimiharjoittelua. Sen sijaan suurempia kuuden sarjan pituuksia tarvitaan lantiovyötärösuhteen, vyötärön ympäryksen, LDL-kolesterolin ja kokonaiskolesteroli laskuun postmenopausaalisilla naisilla. (Nunes 2016.) Petersonin ym. (2011) mukaan pelkästään kuorman kasvatus ei välttämättä takaa jatkuvaa lihasmassan kasvua, vaan tarvitaan progressiivista annoksen lisäämistä. Nousujohtaisen adaptaation saavuttamiseen tarvitaan järjestelmällistä määrän, ja mahdollisesti myös intensiteetin, muokkausta (Peterson ym. 2011).

Fyysisesti aktiivisempien naisten sekä isometrinen että dynaaminen voima on vähemmän aktiivisempia parempi (Rantanen ym. 1992). Lihassoimaa voidaan kuitenkin edelleen parantaa vastusharjoittelulla keski-ikäisillä naisilla (Asikainen ym. 2004; Kak ym. 2013; Nunes 2016). Pelkästään 12 viikon kuminauhaharjoittelulla voidaan parantaa lihasvoimaa ja -kestävyyttä sekä toimintakykyä postmenopausaalisilla naisilla (Delshad ym. 2013). Tosun ym. (2015) tarkastelivat lantionpohjanlihasten harjoitettavuutta niin pre-, peri- kuin postmenopausaalisilla naisilla, ja huomasivat menopausaalivaiheen vaikuttavan hitaampaan voiman kasvuun. Kaikissa tarkasteltavissa ryhmissä voima kasvoi harjoittelun seurauksena, mutta myöhäisessä perimenopausaalisessa vaiheessa ja aikaisessa postmenopausissa harjoittelu ei ole yhtä vaikuttavaa premenopausiin verrattuna (Tosun ym. 2015). Voimiharjoittelulla voidaan siis kasvattaa lihasten suorituskykyä ja pinta-alaa, mutta se ei näyttäisi vaikuttavan merkittävästi androgeeneihin iäkkäämmillä naisilla (Sipilä & Poutamo 2003). Galvåon ym. (2005) kuitenkin toteavat, että vastusharjoittelun lihaksen anabolinen vaste näyttäisi olevan suhteellisen samanlainen nuoremmilla ja vanhemmilla yksilöillä (Galvão ym. 2005).

näyttäisikin olevan vahvemmin yhteydessä lihas- kuin rasvakudoksen määrään (Hinriksdóttir ym. 2013).

Fyysisen aktiivisuuden merkitys vaihdevuosina

Yhä enenevässä määrin on löydetty todisteita hormonihoidon positiivisista vaikutuksista lihasmassaan ja -voimaan. Hormonihoito tuskin kuitenkaan yksinään ratkaisee kaikkea, joten tarvitaan myös muiden keinojen tarkastelua ikääntyneiden lihasheikkouksien tutkinnassa (Lowe ym. 2010). Elintapatekijät, erityisesti fyysinen aktiivisuus, tulee vastaavasti huomioida tarkasteltaessa hormonikorvaushoidon vaikutuksia lihaksistoon (Dittmar 2001).

Postmenopausaalisilla naisilla on nähtävissä säännöllisen liikunnan puute, joka voi olla merkittävä tekijä lihasten terveyden ylläpidossa (Tiidus ym. 2013).

Liikkumaton elämäntyyli voi nopeuttaa tuki- ja liikuntaelimestön toissijaista ikääntymistä, vähentäen laadukkaita elinvuosia ja laskien eliniänodotetta (Booth ym. 2011). Garberin ym. (2011) mukaan fyysinen aktiivisuus alentaa sydän- ja verisuonitautien, tuki- ja liikuntaelinsairauksien, metabolisten sairauksien ja joidenkin syöpien riskiä. Lisäksi se edistää kognitiivisia toimintoja ja niiden laskua sekä parantaa koettua elämänlaatua (Garber ym. 2011). Kolu ym. (2015) tarkastelivat vaihdevuosi-ikäisten naisten fyysisen aktiivisuuden interventioita kustannustehokkuuden näkökulmasta. Heidän mukaansa säännöllisellä liikunnalla, jolla voidaan parantaa verenkiertoelimestön kuntoa ja lihasvoimaa, voidaan myös vähentää kustannuksia ja lisätä laadukkaita elinvuosia (Kolu ym. 2015). Asikaisen ym. (2004) sekä Sirolan ja Rikkosen (2005) mukaan paras harjoittelumuoto postmenopausaalisilla naisilla näyttäisi koostuvan niin kestävyys- kuin vastusharjoittelusta. Hormonikorvaushoito, etenkin yhdistettynä liikuntaa, saattaa ennaltaehkäistä vaihdevuosiin liittyvää lihasten heikkenemistä (Sirola & Rikkonen 2005).

4 IKÄMUUTOKSET LUURANKOLIHAKSISSA

4.1 Ikääntyvien lihasten haaste

Syntyvyyden vähentyessä ja eliniänodotteen kasvaessa ikäihmisten suhteellinen määrä nousee (Yhdistyneet kansakunnat 2015). Seuraavan kymmenen vuoden aikana yli 65-vuotiaiden määrän ennustetaan kasvavan nelinkertaisesti nuoriin ikäluokkiin nähden (Novotny ym. 2015). Tilastokeskuksen (2020) mukaan vuoden 2018 lopussa yli 65-vuotiaita on lähes neljännes väestöstä. Yhdistyneiden kansakuntien maailmanlaajuisen ennusteen mukaan keskimääräisen eliniän odotetaan nousevan 77 ikävuoteen 2045–2050 vuosiin mennessä ja edelleen 83-ikävuoteen 2095–2100 mennessä (Yhdistyneet kansakunnat 2015). WHO:n (2013) mukaan keski-ikä nouseessa Euroopan väestössä suurempi määrä ihmisistä kärsii kroonisista sairauksista ja toiminnanvajauksista syöpien, sydän- ja verisuonitautien, murtumien, dementian ja muiden sairauksien takia. Lisäksi yhä suuremmalla määrällä ihmisistä on useampi sairaus samanaikaisesti (WHO 2013; Milte & Crotty 2014).

Ikääntyminen tuo mukanaan etenkin monia tuki- ja liikuntaelinongelmia, kuten osteoporoosin, nivelrikon ja sarkopenian (Perrini ym. 2010). Alun perin sarkopenialla on tarkoitettu vain raajoihin liittyvää lihaskatoa, mutta sittemmin määritelmä on monimutkaistunut ja laajentunut (Cao & Morley 2016), mikä on lisännyt sarkopeniasta kärsivien määrää. Sarkopenia on kuulunut kansainväliseen tautiluokitukseen vasta syksystä 2016 lähtien (Cao & Morley 2016). Sarkopenia voidaan määritellä ikääntymiseen liittyvänä lihasmassan ja -voiman menetyksenä, johon kytkeytyy progressiivisesti etenevä atrofia, jossa lihassolujen määrä ja lihaksen toimintakapasiteetti pienenevät (Perrini ym. 2010). Tämä edelleen vaikuttaa toimintakykyyn laskevasti ja johtaa toiminnanvajauksiin (Milde & Crotty 2014). Ikääntyminen luo siis haasteita niin yksilön terveyden ylläpidon kuin yhteiskunnan terveydenhuollon järjestämisen kannalta. Kustannustehokkuuden merkitys korostuu, sillä työikäisen suhteellisen väestön pienenemisestä huolimatta näiden nettomaksajien on ylläpidettävä sosiaali- ja terveydenhuoltoalaa (WHO 2013). Ongelmien tunnistaminen on tärkeää tehokkaan ja resursseja säästävän hoidon (Milde & Crotty 2014), mutta myös iäkkään yksilön terveyden ja liikkumiskyvyn näkökulmasta (Crescenzo ym. 2015). Tarvitaan tietoa hermolihasjärjestelmän

toiminnasta ja mahdollisuuksista ennaltaehkäistä ja vähentää ikääntymiseen liittyviä luustolihas-ongelmia, jotta muun muassa lääkärit ja fysioterapeutit voivat paremmin suunnitella tehokkaita interventiota (Lexell 1995).

On selvää, että ikääntymisen myötä niin lihasmassa kuin -voima laskevat (Lexell 1995; Kamel ym. 2002; Rolland ym. 2008; Drey 2011; Milte & Crotty 2014; Sousa-Victor ym. 2015). On toki olemassa monia erilaisia tiloja ja sairauksia, jotka vaikuttavat nopeasti lihasmassan alenemiseen, mutta ikääntymiseen liittyvä sarkopenia kehittyy vuosien aikana (Ciciliot ym. 2013). Toisin kuin esimerkiksi osteoporoosi, joka säilyy oireettomana aina yksittäiseen ongelman syntyyn saakka, sarkopenia aiheuttaa asteittaista liikkuvuuden ja toimintakyvyn laskua (Fragala ym. 2015). Rosenberg (1989) määritteli ensimmäisenä sarkopenian ikään liittyväksi luustolihasmassan laskuksi, mutta sittemmin sen kansainväliseen määritelmään on lisätty myös fyysisen toimintakyvyn menetyksen ja toiminnanrajoitteiden ulottuvuus (Rosenberg 2011; Fragala ym. 2015). Sarkopenia voi lisäksi johtaa lihasvoiman ja -kestävyyden laskuun (Rolland ym. 2008), jonka vuoksi lisänä on alettu käyttää myös toista termiä, dynapenia, joka merkitsee ikään liittyvää lihasvoiman laskua (Fragala ym. 2015). Ottaen huomioon ennusteen väestön ikääntymisestä, sarkopenialla on suuri yhteiskunnallinen merkitys (Rolland ym. 2008; Churchward-Venne ym. 2014; Novotny ym. 2015).

Sarkopenia johtaa edelleen muun muassa heikentyneeseen suorituskykyyn fyysisissä tehtävissä (Rolland ym. 2008; Churchward-Venne ym. 2014), liikkuvuuden heikentymiseen (Lexell 1995), kasvaneeseen kaatumisriskiin (Lexell 1995; Churchward-Venne ym. 2014) ja avun tarpeeseen päivittäisissä toiminnoissa (Lexell 1995). Toiminnalliset rajoitukset päivittäisissä toiminnoissa voivat johtaa aina suurenevaan fyysiseen inaktiivisuuteen ja lihasmassan laskuun (Ikoze ym. 2011). Sarkopenia on riippumaton tekijä ennustamaan niin fyysisiä toiminnanrajoitteita, liikkumisongelmia kuin luuntiheyden alenemista (Milde & Crotty 2014). Moninaiset oireet voivat merkittävästi vaikuttaa negatiivisesti elämänlaatuun (Kamel ym. 2002; Churchward-Venne ym. 2014) ja kasvattaa kuolemanriskiä (Churchward-Venne ym. 2014).

Sarkopenia on myös avainasemassa muun muassa gerastenian (vanhalta nimeltään hauraus-raihnaus-oireyhtymätymän) synnyssä (Drey 2011; Milte & Crotty 2014; Crescenzo ym.

2015), joka edelleen vaikuttaa kaatumis- ja murtumariskiin (Crescenzo ym. 2015, Milte & Crotty 2014). Murtumariskin takia ikääntyneiden kaatumisia pidetään yhtenä suurimmista ja kalliimmista kansanterveydellisistä ongelmista, sillä se vaikuttaa suoraan sairastavuuteen ja kuolleisuuteen lisäten terveys- ja sosiaalialan kustannuksia (Ishigaki ym. 2014). Yhdessä ikääntyneiden määrän kasvun kanssa, myös itse sarkopenia ja gera (hauraus) vaativat lisää terveydenhuollon varoja pitkäaikaisen laitoshoidon takia (Drey 2011). Erityisesti gera-oireet näyttävät hyvin ennustavan hoitovastetta ja haitallisten komplikaatioiden todennäköisyyttä (Milde & Crotty 2014). Hoidollisesta näkökulmasta onkin tärkeää ymmärtää sarkopenian taustalla olevia syitä, sitä missä määrin luustolihasten ikääntymistä voidaan hidastaa sekä niiden toimintaa ja massaa kyetä palauttamaan (Rosenberg 2011).

4.2 Hermolihasjärjestelmän muutokset ihmisen ikääntyessä

4.2.1 Lihasmassa

Yksi selkeimmin huomattavista ikääntymisen muutoksista on lihasmassan ja lihaksen poikkipinta-alan väheneminen (Lexell 1995). Suhteellinen lihasmassa laskee kolmannelta vuosikymmenestä alkaen, mutta selkeä muutos absoluuttisessa lihasmassassa on nähtävissä vasta viidennen vuosikymmenen aikana (Janssen ym. 2000). Luustolihasmassa laskee 30 ikävuoden jälkeen keskimäärin kolmesta kahdeksaan prosenttia vuosikymmenen aikana (Fragala ym. 2015) ja arviolta noin 1–2 prosentin vuosivauhtia 50 ikävuoden jälkeen (Rolland ym. 2008; Lightfoot ym. 2014). Lihasten surkastuminen näyttää olevan suurempaa ala- kuin yläraajoissa (Janssen ym. 2000; Ikozoe ym. 2011; Kubo ym. 2013). Ikozoe ym. (2011) huomasivat myös alaraajoja tarkastellessaan ikääntymiseen liittyvien lihasten surkastuminen olevan pienintä leveässä kantalihaksessa, jonka paksuus ei eronnut tilastollisesti merkittävästi nuorilla ja vanhoilla koehenkilöillä. Kubo ym. (2013) tulokset ovat samansuuntaiset, sillä uloimman reisilihaksen paksuus väheni selkeästi mediaalista kaksoiskantalihasta enemmän. Tämä viittaa siihen, että plantaarifleksorit kärsivät vähemmän iän tuomista muutoksista (Kubo ym. 2013). Suhteellisen pieni surkastuminen saattaa johtua plantaarifleksoreiden, etenkin leveän kantalihaksen, merkityksestä posturaalisessa toiminnassa ja näiden lihasten lihassolutyypin liittyvistä ominaisuuksista (Ikozoe ym. 2011). Vakavammissa

ikäntymiseen liittyvässä atrofiassa näyttäisi kuitenkin siltä, että lihaksen histokemia muuttuu niin paljon, että nopeiden lihassyiden lisäksi myös hitaat surkastuvat (Purves-Smith ym. 2014).

Iän myötä lihasmassaa häviää progressiivisesti, korvautuen osittain rasvalla ja sidekudoksella (Lexell 1995; Perrini ym. 2010). Lexell ym. (1988) mukaan 20-vuotiailla miehillä 70 prosenttia uloimmasta reisilihaksesta koostui lihassoluista, kun taas 80-vuotiailla enää vain puolet oli lihassoluja. Fragalan ym. (2015) mukaan lihaksen rasvoittuminen heikentää lihasvoimaa ja fyysistä suorituskykyä poikkipinta-alasta riippumatta. Se myös heikentää lihaksen supistumis- ja toimintakykyä iäkkäillä (Fragala ym. 2015).

4.2.2 Lihaksen rakenne

Ikään liittyy lihassolujen määrän lasku, joka vaikuttaa erityisesti nopeisiin tyypin II lihassoluihin (Kamel ym. 2002; Drey 2011; Fragala ym. 2015). Lihassolujen väheneminen alkaa 25 ikävuoden jälkeen ja kiihtyy edetessään (Lexell 1995). Esimerkiksi uloimman reisilihaksen mediaaliosassa on nähtävissä 25 prosenttia vähemmän lihassyitä 72-vuotiaana 30-vuotiaaseen verrattuna (Fragala ym. 2015). Myös lihassolujen koko, etenkin nopeiden solujen osalta, laskee (Lexell 1995; Roos ym. 1997; Kamel ym. 2002; Snijders ym. 2009; Nilwik ym. 2013; Fragala ym. 2015). Iän myötä tapahtuva tyypin II lihassolujen poikkipinta-alan laskua on nähtävissä niin ala- kuin ylävartalossa (Roos ym. 1997). Esimerkiksi nelipäisen reisilihaksen poikkipinta-ala on iäkkäillä noin 14 prosenttia pienempi, mutta tyypin II lihassolun koko samassa lihaksessa on kooltaan 29 prosenttia pienempi nuoriin verrattuna (Nilwik ym. 2013). Selviytyneet lihassolut kykenevät osittain kompensoimaan menetettyä kapasiteettia (Frontera ym. 2008). Lihassyiden kokonaismäärän väheneminen ja tyypin II solujen suhteellisen osuuden lasku johtaa fenotyypiltään hitaampaa lihakseen, jonka maksimaalinen voimantuotto ja voimantuoton nopeus on alentunut (Lightfoot ym. 2014). Näyttää siltä, että tyypin II solujen poikkipinta-alan lasku vaikuttaa erityisesti lihaksen tehon laskuun (Roos ym. 1997). Seurauksena lihasten teho heikkenee lihasvoimaa nopeammin ikääntyessä (Drey 2011). Drey (2011) mukaan tämä on kliinisesti merkittävää, sillä juuri lihaksen tehon on osoitettu olevan voimaa tärkeämpi tekijä fyysisen suorituskyvyn kannalta. Erityisesti tyypin II solujen surkastumisen ennaltaehkäisy ja hoito tulisivatkin olla

ensisijaisena tavoitteena suunniteltaessa tehokkaita sarkopeniaan kohdistuvia interventioita (Nilwik ym. 2013).

Luurankoli hasten lihassolujen jaottelu perustuu kolmeen niiden sisältämiin myosiinin raskasketjujen proteiini-isoformeihin (MHC I, IIA ja IIX) (Smerdu ym. 1994; Schiaffino & Reggiani 1996; Andersen & Aagaard 2000). Lihassoluissa on myös nähtävissä näiden isoformien erilaisia sekoituksia (Schiaffino & Reggiani 1996; Andersen ym. 1999; Andersen & Aagaard 2000; Andersen 2003). Andersenin (2003) mukaan yhdistelmien määrä näyttäisi kasvavan ikääntyessä, erityisesti MHC I:n ja IIA:n sekatyypin osalta. Vanhempien yksidiöiden lihassolutyypit eivät siis välttämättä ole puhtaasti tyyppin I tai II soluja vaan pikemminkin niiden sekamuotoja (Andersen 2003). Myös vuodelepo näyttäisi kasvattavan ikääntymisen tavoin MHC-sekalaatuisten lihassolujen määrää (Andersen ym. 1999).

Lihaksen paksuuden ja pennaatiokulman välillä näyttäisi olevan selkeä yhteys (Kawakami ym. 1993). Ikääntyessä lihaksen paksuus ja pennaatiokulma laskevat merkittävästi uloimmassa reisilihaksessa, ja jonkin verran mediaalisessa kaksoiskantali haksessa (Kubo ym. 2013). Lihashypertrofisella harjoittelu voidaan kuitenkin vaikuttaa lihaksen koon ja voiman lisäksi sen arkkitehtuurin muutoksiin, kuten pennaatiokulmaan (Kawakami ym. 1995).

4.2.3 Lihassoima ja proteiinisynteesi

Iän myötä myös terveiden ja aktiivisten yksilöiden lihasvoima sekä fyysinen suorituskyky laskevat (Pisciottano ym. 2014). Toimiva voimantuotto on kuitenkin olennainen osa tervettä lihaksen toimintaa (Hughes ym. 2015). Viidenkymmenen ikävuoden jälkeen voiman lasku on noin puolitoista prosenttia vuosittain kiihtyen 60 ikävuodesta eteenpäin kolmeen prosenttiin vuodessa (Rolland ym. 2008). 70–80-vuotiaiden miesten ja naisten lihasvoimat osoittavat keskimäärin 20–40 prosentin maksimaalisen isometrisen voiman alenemista nuoriin aikuisiin verrattuna (Roos ym. 1997). Lihassoima on lihassmassaa merkittävämpi mittari tulisi olla iäkkäiden fyysistä suorituskyvyn kannalta, sillä lihasvoima ja -teho ovat massaa vahvemmin yhteydessä ikääntyneiden fyysiseen suorituskykyyn (Pisciottano ym. 2014).

Sarkopeniaan liittyy muutos, jossa lihasproteiinin hajoaminen nousee lihasproteiinisynteesiä suuremmaksi (Churchward-Venne ym. 2014). Heikentynyt proteiinisynteesi vaikuttaa lihaksen supistumiskykyyn, voimaan ja proteiinien laatuun (Fragala ym. 2015). Proteiinisynteesi alenee iäkkäillä (Kamel ym. 2002; Rolland ym. 2008; Fragala ym. 2015), mutta on kiistanalaista missä määrin tämä voi johtua ravitsemuksesta ja liikunnan puutteesta (Rolland ym. 2008; Rosenberg 2011).

4.2.4 Hormonaaliset ja tulehdukselliset tekijät

Rollandin ym. (2008) mukaan ikään liittyy usein hormonaalisia muutoksia, jotka voivat vaikuttaa lihasmassaan ja -voimaan. Insuliini, estrogeenit, androgeenit, kasvuhormoni, prolaktiini, kilpirauhashormonit, katekoliamiinit ja kortikosteroidit voivat olla mukana sarkopenian taustalla, mutta niiden tarkkaa mekanismia tai vaikutuksen suuruutta luurankolihasiin aikuisiällä tai vanhuudessa ei tarkkaan tunneta (Rolland ym. 2008). Ikääntyessä anabolisten hormonien määrä laskee ja katabolisten kasvaa (Drey 2011). Kasvuhormoni (growth hormone, GH) säätelee useita tärkeitä prosesseja, kuten somaattista kasvua ja kehitystä sekä hiilihydraatti- ja rasva-aineenvaihduntaa suoraan tai epäsuorasti insuliinin kaltaisen kasvutekijä 1 (insulin-like growth factor 1, IGF-1) kautta (Perrini ym. 2010). Pitkäaikaisissa kasvuhormonikorvaushoito tutkimuksissa onkin todettu, sen suojaavan normaaliin ikääntymiseen liittyvältä lihasvoiman, neuromuskulaarisen toiminnan ja luumassan laskulta, vaikka hoidon teho laskee selkeästi yli 60-vuotiailla (Perrini ym. 2010). GH:n ja IGF-1:n signaalintireitit ovat tärkeitä niin lihas- kuin luusolujenkin selviytymisen ja toiminnan kannalta (Perrini ym. 2010). Ikääntymiseen näyttäisi liittyvän GH:n ja IGF-1:n tuotannon lasku, joka edelleen voi myötä vaikuttaa sarkopeniaan (Kamel ym. 2002). Sarkopeniaan liittyy usein alentunut sukupuolihormonien taso (Drey 2011), jotka liittyvät usein kehonkoostumuksellisiin muutoksiin, mutta myös lihasvoiman muutoksiin (Kamel ym. 2002). On oletettavaa, että myös lihaksen kyky vastata hormonaaliseen stimulukseen laskee (Volpi ym. 2004).

Lihaskudoksen reagoi myös soluvälittäjäaineisiin eli sytokiineihin, joiden tuotannon taso muuttuu ikääntyessä (Drey 2011). Ikääntymisen aikana nisäkkäillä on nähtävissä krooninen, matalatehoinen systeeminen inflammaatio, jolle on ominaista useiden verenkierron pro-

inflammatoristen sytokiinien kasvu (Rolland ym. 2008; Lightfoot ym. 2014). Samalla anti-inflammatorisissa tekijöissä, kuten interleukiini-10:ssä (IL-10) näyttäisi tapahtuvan laskua (Lightfoot ym. 2014). Niin lisääntynyt rasvamassa kuin alentuneet verenkierrölliset sukupuolihormonit myötävaikuttavat ikääntymisen tulehdusreaktiota (Rolland ym. 2008). Näyttäisi siltä, että proinflammatoriset sytokiinit vaikuttavat ainakin lihasproteiinin kokonaismäärän laskuun, lisäten kataboliaa ja atrofiaa sekä laskien satelliittisoluvälitteistä hypertrofiaa (Lightfoot ym. 2014). Säännöllisellä liikunnalla voidaan kuitenkin positiivisesti vaikuttaa tulehdusarvoihin (Drey 2011).

4.2.5 Mitokondrio

Mitokondrion rooli ikääntyessä on kiistanalainen (Rolland ym. 2008). Johnson ym. (2013) mukaan tarkkaa tietoa siitä, miten ikääntyminen vaikuttaa mitokondrioon ja miten ikääntynyt mitokondrio vaikuttaa luustolihasen toimintaan, ei tiedetä. Lihaskudosnäytteiden perusteella näyttäisi kuitenkin siltä, että osa mitokondrion sisällöstä vähenee ikääntyessä (Johnson ym. 2013). Iän myötä mitokondriaalinen DNA-pitoisuus (Volpi ym. 2004; Drey 2011) ja proteiinisynteesi alenevat johtaen mitokondrion tuottamien proteiinien laskuun (Volpi ym. 2004; Drey 2011; Johnson ym. 2013). Tämän lisäksi tuotettujen proteiinien aktiivisuus näyttäisi olevan heikentynyt (Drey 2011). Redox-signaaloinnissa tapahtuu selkeitä muutoksia ikääntymisen aikana (Lightfoot ym. 2014), ja luustolihasta suojaavien “stressiproteiinien” vaste näyttäisi heikkenevän. Sarkopeninen lihas vaikuttaisi olevan alttiimpi stressireaktioille, erityisesti reaktiivisille happiradikaaleille (Johnson ym. 2013). Mitokondrioiden toimintakapasiteetin ollessa suurempi, se kykenee paremmin vastaamaan oksidatiiviseen stressiin (Crescenzo ym. 2015). Mitokondriaalisen DNA-pitoisuuden lasku, heikentynyt proteiinisynteesi ja proteiinien aktiivisuus voivat näin ollen olla yhteydessä vapaiden radikaalien kasvuun ja oksidatiivisiin DNA-vaurioihin (Drey 2011). Hiirillä oksidatiivisia vaurioita on todettu ainakin DNA:ssa, lipideissä ja proteiineissa (Lightfoot ym. 2014).

Ikä saattaa kuitenkin olla toissijaista suhteessa liikunnan vähäisyyteen, sillä mitokondrion entsyymien toiminta ja määrällinen proteomiikka laskevat erityisesti inaktiivisilla ikääntyvillä henkilöillä (Johnson ym. 2013). Venturelli ym. (2014) toteavat, että luustolihasen vapaiden radikaalien kasvu ei näyttäisi olevan seurausta vanhenemisestä, vaan todennäköisemmin

lihasten käyttämättömyydestä. Heidän tutkimustuloksensa osoitti, että ylä- ja alaraajojen luurankoliikahasten telomeerit, kromosomien päissä toistuvat DNA-jaksot, lyhenevät eri nopeudella. Tämä viittaisi siihen, että telomeerien lyheneminen on vahvemmin yhteydessä inaktiivisuuteen kuin kronologiseen ikään (Venturelli ym. 2014). Fyysisen aktiivisuuden ja telomeerien pituus on kuitenkin ristiriitainen, sillä Jantunen kumppaneineen (2019) havaitsivat iäkkäillä naisilla käänteisen suhteen fyysisen aktiivisuuden ja telomeerien pituuden välillä. Mitä korkeampi lähtötason aktiivisuus oli, sitä suurempaa oli telomeerien lyheneminen seurannan aikana. (Jantunen ym. 2019.)

4.2.6 Hermo-lihastoiminta ja lihaksen uusiutumiskyky (satelliittisolut)

Myös hermolihaskäytännön toiminnalla saattaa olla merkitystä sarkopenian synnyssä (Drey 2011). Alfamotoneuronien eli luustoliikahaksia hermottavien hermosolujen (Rolland ym. 2008; Rosenberg 2011) ja toimivien motoristen yksiköiden määrä laskee iän myötä (Roos ym. 1997; Volpi ym. 2004; Drey 2011). Motoneuronien määrä laskee yhdessä suurien ja keskikokoisten etujuuren neuronien kanssa (Kamel ym. 2002). Muutokset selkäytimen etusarvessa sekä perifeerisissä aksoneissa voivat merkittävästi vaikuttaa lihaksen surkastumiseen (Drey 2011). Rollandin ym. (2008) mukaan alentunut hermoston johtumisnopeus, liittyen suurimpien ratojen vähentymiseen, vaikuttaa segmentaaliseen demyelinisaatioon. Demyelinisaation rooli sarkopeniassa näyttäisi kuitenkin olevan vähäinen (Rolland ym. 2008). Ciciliot ym. (2013) mukaan myös hermolihaskäytännön tapahtuvien muutosten voivan vaikuttavaa lihaksen surkastumiseen.

Sarkopenia korreloi myös kudoksen uusiutumiskyvyn kanssa (Sousa-Victor ym. 2015). Luurankoliikahaksen luontaisesta ylläpidosta ja korjauksesta vastaavat luurankoliikahasten sisäiset kantasolut, satelliittisolut (Lightfoot ym. 2014). Luustoliikahaksen satelliittisoluilla näyttäisikin olevan osansa sarkopeniaprosessissa (Snijders ym. 2009). Uudistumisnopeus heikkenemisen onkin oletettu johtuvan juuri satelliittisolujen määrän ja aktiivisuuden laskusta (Volpi ym. 2004; Lightfoot ym. 2014). Vähäkalorinen ruokavalio ja liikunta voivat parantaa kantasolujen, kuten lihaksen satelliittisolujen, aktiivisuutta (Sousa-Victor ym. 2015). Snijders ym. (2009) mukaan näyttäisi siltä, että sekä voima- että kestävyysharjoittelu vaikuttaa positiivisesti

luustolihashen satelliittisolujen määrään, erityisesti tyypin II lihassoluissa. Lisäksi satelliittisolujen aktivaatio ja proliferaatiotekijät kasvavat (Snijders ym. 2009).

4.3 Fyysinen aktiivisuus ja ikääntyvät lihakset

Nuoriin aikuisiin verrattuna iäkkäillä, erityisesti inaktiivisilla ja tuki- ja liikuntaelinsairauksista kärsivillä, on nähtävissä suurempaa tahdonalaisen lihastyön aktivaation laskua (Stevens ym. 2003). Inaktiivisuus itsessään toimii myös tärkeänä sarkopenian edistäjänä (Volpi ym. 2004). Liikunta näyttäisi olevan ensisijainen elämäntapatekijä rasvattoman kehonpainon kasvattamiseen ja lihastoimintojen parantamiseen iäkkäillä (Churchward-Venne ym. 2014). Liikunnan puutteen merkitystä sarkopenian kokonaiskehittymiseen on kuitenkin vaikeampi arvioida, mutta lyhyellä aikavälillä liikkumattomuuden tiedetään vähentävän lihasmassaa ja -voimaa (Volpi ym. 2004).

Rollandin ym. (2008) mukaan sarkopenian suhde lihasmassaan ja -voimaan on lineaarinen, mutta fyysiseen suorituskyykyyn kaareva. Näyttäisi siis siltä, että on olemassa lihasmassaa määrittävä kynnyks, jonka alapuolella oleminen merkitsee huonoa fyysistä suorituskyykyä ja fyysistä toiminnanvajautta (Rolland ym. 2008). Lightfoot ym. (2014) mukaan vastusharjoittelu kasvattaa lihasmassaa ja voimantuottoa sekä vähentää tulehdusta lihasten ikääntyessä. Lisäksi liikunnan voidaan ajatella olevan anti-inflammatorista, sillä akuutti korkea intensiteettinen liikunta kasvattaa keskeisiä anti-inflammatorisia markkereita, ilman tulehdusta edistäviä tekijöitä (Lightfoot ym. 2014). Kuitenkin sekä voima- että kestävyysliikunta voivat olla hyödyllisiä sarkopenian torjunnassa (Volpi ym. 2004). Esimerkiksi kaatumisten kannalta näyttäisi siltä, että tasapainoharjoittelu ja alaraajojen lihasvoima ovat tehokkaimmat menetelmät ehkäisyn näkökulmasta (Ishigaki ym. 2014). Rollandin ym. (2008) mukaan terveillä lihasmassan ja -voiman kasvulla voi olla vaihtelevasti vaikutusta suoritettavaan fyysiseen tehtävään, mutta sarkopeniasta kärsivillä vaikutus on usein suurempi. Esimerkiksi lihasmassan kasvu ei välttämättä vaikuta kävelyskliin terveillä iäkkäillä, mutta se muuttaa merkittävästi hyvin hauraiden kävelyn biomekaniikkaa (Rolland ym. 2008). On kuitenkin huomioitava, että ikääntymiseen liittyy niin anabolisen vasteen heikentyminen kuin vähentynyt proteiinisynteesi voima- ja kestävyysliikunnan seurauksena (Churchward-Venne ym. 2014).

5 VAIHDEVUOSI-IKÄISTEN NAISTEN TEHO, FYYSINEN AKTIIVISUUS JA KEHONKOOSTUMUS

Vaihevuodet alkavat yleensä 46–52 vuoden iässä (Schoenaker ym. 2014) munarakkulareservin kuluessa loppuun 50–51 ikävuoteen mennessä (Hale ym. 2014). Tällöin munasarjojen estradiolisynteesi vähenee ja lopulta lakkaa (Norman & Henry 2014). Kuukautisten loppuessa estradiolipitoisuus on pudonnut noin puoleen, mutta matalimmat arvot saavutetaan vasta muutaman vuotta myöhemmin (Burger 2006). Tämä hedelmällisen iän loppuminen aiheuttaa kuitenkin samanaikaisesti useita niin fyysisiä kuin psyykkisiäkin muutoksia (Edwards & Li 2000).

Kehonkoostumuksen muutokset (lisääntynyt rasvan määrä, vähentynyt rasvaton kehonpaino) näyttävät olevan yhteydessä sekä vaihdevuosiin että normaaliin ikääntymiseen (Sternfeld & Dugan 2011). Vaihdevuosien aikana etenkin keskivartaloon kertyy rasvakudosta ja luustolihasmassan määrän lasku kiihtyy (Sipilä 2003; Sowers ym. 2007). Vastaavasti ikääntyessä lihasmassa häviää progressiivisesti, korvautuen osittain rasvalla ja sidekudoksella (Lexell 1995; Perrini ym. 2010). Tämän kautta myös terveiden ja aktiivisten yksilöiden lihasvoima sekä fyysinen suorituskyky laskevat (Pisciottano ym. 2014). Erityisesti nopeiden lihassolujen määrä laskee iän myötä, minkä seurauksena lihasten teho heikkenee lihasvoimaa nopeammin (Drey 2011). Lihasten teho on lihasvoimaa merkittävämpi toiminnallisen suorituskyvyn ennustaja ikääntyneillä (Reid & Fielding 2012).

Jonkin asteinen kehonkoostumuksen muutos on väistämätöntä vaihdevuosien aikana, mutta fyysillä aktiivisuudella voidaan vaikuttaa positiivisesti niin iän kuin vaihdevuosienkin tuomiin haitallisiin tapahtumiin (Sternfeld & Dugan 2011). Fyysinen aktiivisuus on ikääntyessä ensisijainen elämäntapatekijä rasvattoman kehonpainon kasvattamiseen ja lihastoimintojen parantamiseen (Churchward-Venne ym. 2014). Harjoittelun avulla ennaltaehkäistä lihastehon vähenemistä ja parantaa toiminnallista suorituskykyä (Caserotti ym. 2008). Vastaavasti fyysinen inaktiivisuus voi nopeuttaa tuki- ja liikuntaelimistön heikentymistä, vähentäen laadukkaita elinvuosia ja laskien eliniänodotetta (Booth ym. 2011).

6 TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA TUTKIMUSKYSYMYKSET

Tutkimuksen tarkoituksena oli tarkastella, onko fyysisellä aktiivisuudella ja kehonkoostumuksella yhteyttä vaihdevuosi-ikäisten naisten alaraajojen tehoon. Toissijaisena tavoitteena oli tutkia fyysisen aktiivisuuden ja kehonkoostumuksen välistä yhteyttä.

Ensisijaiset tutkimuskysymykset:

Tutkimuskysymys 1.

Onko fyysinen aktiivisuus yhteydessä vaihdevuosi-ikäisten naisten alaraajojen tehoon?

Tutkimuskysymys 2.

Ovatko kehonkoostumus yhteydessä vaihdevuosi-ikäisten naisten alaraajojen tehoon?

Toissijainen tutkimuskysymys:

Tutkimuskysymys 3.

Esiintyykö fyysisen aktiivisuuden ja kehonkoostumuksen välillä yhteyttä?

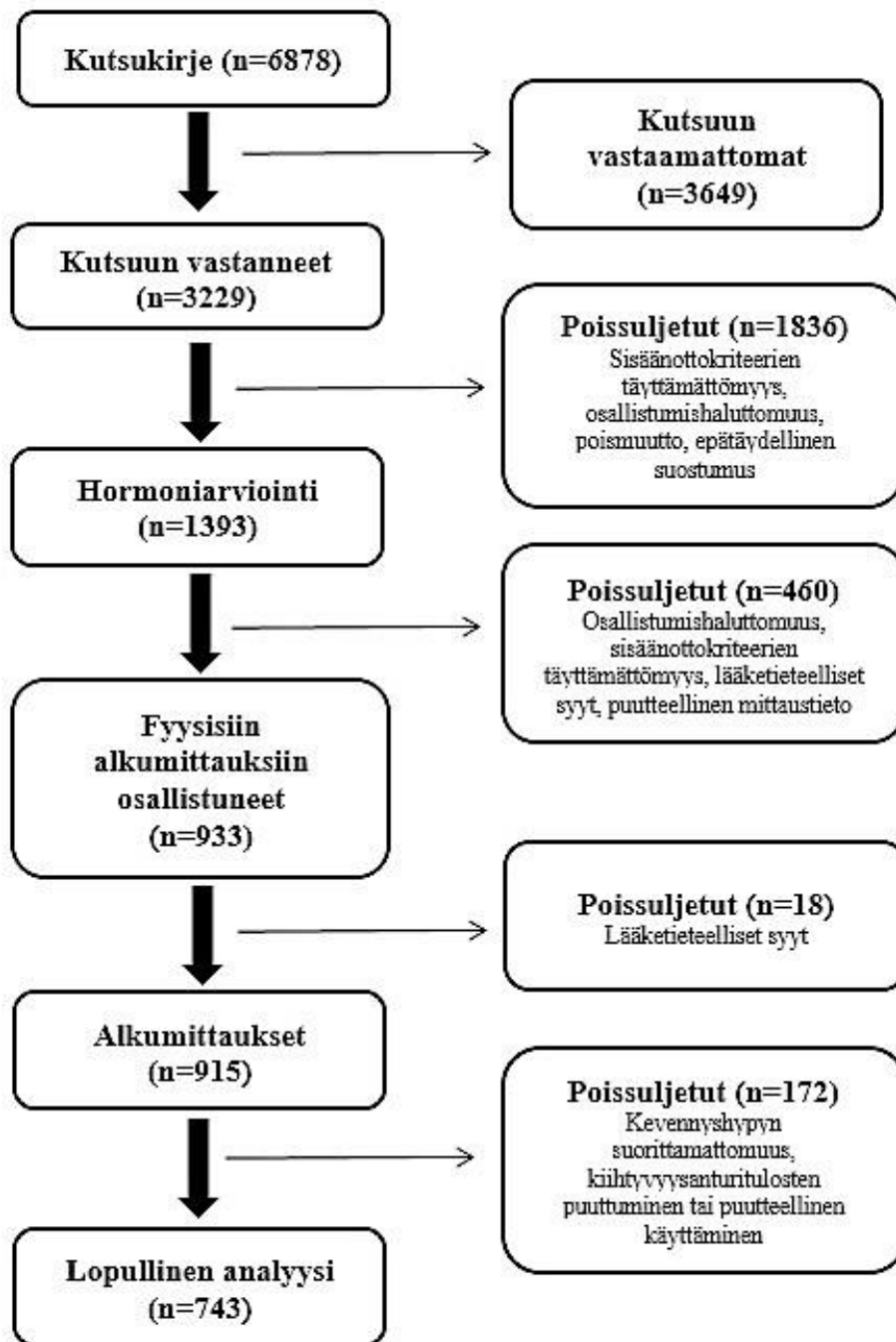
7 MENETELMÄT

6.1 Tutkimusasetelma ja tutkittavat

Tämä tutkimus on poikkileikkaustutkimus pohjautuen Jyväskylän yliopiston ja Gerontologian tutkimuskeskuksen Estrogeeni, vaihdevuodet ja toimintakyky, ERMA-tutkimukseen (ERMA, 2014–2018). ERMA on väestöpohjainen kohorttitutkimus, jonka pääasiallisena tarkoituksena on selvittää miten vaihdevuosiin liittyvät muutokset estrogeenin määrässä ovat yhteydessä naisten kehonkoostumukseen, lihasten suorituskykyyn ja psyykkiseen hyvinvointiin. Tutkijat allekirjoittivat kirjallisen suostumuksen tutkimuksen osallistumisesta, ja he saattoivat halutessaan voineet keskeyttää osallistumisensa tai kieltäytyä mittauksista. Tutkimusprotokolla noudattaa hyvää kliinistä ja tieteellistä käytäntöä sekä Helsingin julistusta. Tutkimus on myös saanut Keski-Suomen sairaanhoitopiirin eettisen komitean puoltavan lausunnon (K-SSHP Dnro 8U/2014).

Tämän tutkimusaineiston muodostavat Jyväskylässä tai lähikunnissa asuvat 47–55-vuotiaat naiset, jotka osallistuivat ERMA-tutkimuksen alkumittauksiin vuosina 2015–2016. ERMA:n osallistujat on poimittu väestökisteristä satunnaisotannalla, ja tavoitettu tutkimuskutsukirjeen avulla (n = 6878). Esitietolomakkeen tietojen perusteella sisäänottokriteerit täyttäneet naiset kutsuttiin laboratorioon tutkimuskäynnille. Poissulkukriteereinä olivat raskaus/imetyks, munasarjojen monirakkulaoireyhtymä tai muu vastaava munasarjojen toimintahäiriö, munasarjojen poisto, estrogeenilääkitys, lihastoimintoihin vakavasti vaikuttava krooninen sairaus tai lääkitys sekä itseraportoitu BMI > 35 kg/m². Sisäänottokriteerit täyttäneet ja osallistumishalukkaat kutsuttiin edelleen fyysisiin alkumittauksiin (n = 933). Tässä aineistossa alkumittauksiin osallistuneista henkilöstä poissuljettiin vielä ne, jotka eivät suorittaneet kevennyshyppyä ja/tai osallistuneet aktiivisuusmittarin käyttöön. Loppullinen analyysi suoritettiin 743 tutkimuksen osallistujalle, jotka olivat käyneet kehonkoostumusmittauksissa, hyväksytysti suorittaneet kevennyshyppytestin sekä osallistuneet kiihtyvyyssanturin käyttöön. Tutkittavat jaoteltiin kuukautispäiväkirjan ja hormonikonsentraation perusteella vaihdevuosistatuksen mukaisiin

ryhmiin premenopausaaliset (n = 187), perimenopausaaliset (n = 293) ja postmenopausaaliset (n = 263). Tarkempi rekrytoinnin vuokaavio on nähtävissä kuvassa 3.



KUVA 3. Rekrytoinnin vuokaavio.

6.2 Muuttujat ja mittaamenetelmät

Antropometria

Pituus (cm) laskettiin seinäpituusmitalla. Kehon paino (kg), rasvamassa (FM, kg) ja rasvaton kehonpaino (FFM, kg) mitattiin bioimpedanssilla (InBody 720, Biospace, Soul, Korea). Painoindeksi (body mass index, BMI) laskettiin bioimpedanssin antaman painon ja käsin mitatun pituuden perusteella kaavalla $\text{paino (kg)} / \text{pituus (m)}^2$. Antropometrinen mittaus suoritettiin aamulla 12-tunnin paaston jälkeen, paljas jaloin ja kevyessä vaateuksessa. Pyöristäminen tapahtui painossa 100 gramman, pituudessa 0,5 senttimetrin ja painoindeksi yhden desimaalin tarkkuudella.

Kevennyshyppy

Kevennyshyppy suoritettiin kontaktimaton ja siihen kiinnitetyn digitaalisen ajanottokellon avulla. Hypyn aikana käsien tuli pysyä lantiolla ja jalkojen suorassa. Tutkittavia ohjeistettiin tekemään pieni niaus, jonka jälkeen hyppäämään niin korkealle kuin mahdollista. Hyppykomentona toimi ”3–2–1-hyppää”. Testi suoritettiin vähintään kolme kertaa tai kunnes suoritus ei enää parantunut, enintään kahdeksan kertaa. Suoritusten välissä pidettiin 30 sekunnin tauko. Paras suoritus valittiin, ja sen lentoajasta analysoitiin hyppykorkeus. Nousukorkeuden laskemiseen käytettiin kaavaa (Bosco ym. 1983):
 $H (\text{hyppykorkeus}) = gt^2 / 8$, jossa g = painovoiman kiihtyvyys (9.81 m/s^2), t = lentoaika (s).

Fyysinen aktiivisuus

Fyysistä aktiivisuutta tarkasteltiin lantiolle pehmeällä vyöllä kiinnitettävän GT3X+ ja wGT3X+ -kiihtyvyysantureiden avulla (Pensacola, Florida, USA). Jokainen tutkittava ohjeistettiin käyttämään kiihtyvyysanturia päiväsaikaan lantion oikealla puolella, seitsemän peräkkäisen päivän ajan. Mittari tuli kuitenkin poistaa suihkun tai muun vesiaktiiviteetin ajaksi. Lisäksi tutkittavat pitivät päiväkirjaa, johon merkittiin hereillä olo- ja työaika sekä mahdolliset yli 30 minuutin aktiivisuusmittarin irrotukset. Onnistuneeksi mittausajaksi katsottiin vähintään 600 min/päivässä, vähintään neljänä mittauspäivänä. Kiihtyvyysanturi mittasi kiihtyvyyttä kolmen ortogonaalisen tason, vertikaalisen, anterior-posterior ja mediolateraalisen, kautta. Näiden kolmen tason yhteensovitettujen tasojen leikkauspisteiden avulla määriteltiin naisten liikkumaton aika sekä kevyen, keskiraskaan ja raskaan liikunnan

minuuttimäärä (counts per minute, cpm). Päivittäisen fyysisen aktiivisuuden intensiteettien raja-arvoina käytettiin liikkumaton aika (≤ 450 cpm), kevyt (450- 2690 cpm), keskiraskas (2690-6166) ja raskas (>6166) fyysinen aktiivisuus (Sasaki ym. 2011; Laakkonen 2017). Tämän perusteella tutkittavat voitiin jakaa myös maailman terveysjärjestön (WHO 2010) terveysliikuntasuosituksen mukaisesti aktiivisiin (vähintään kaksi ja puoli tuntia viikossa, 10 minuutin jaksoissa liikkuviin) sekä inaktiivisiin (alle kaksi ja puoli tuntia viikossa liikkuviin).

6.3 Tilastolliset analyysimenetelmät

Tilastoanalyysiä varten käytettiin Windows-käyttöjärjestelmälle soveltuvaa IBM SPSS Statistics versio 24-ohjelmaa. Muuttujien normaalijakautuneisuutta testattiin Kolmogorov–Smirnov-testillä. Lisäksi kunkin normaalijakautuneisuuden toteamisessa hyödynnettiin vinouman ja huipukkuuden arvoja sekä jakauman kuvaajia (histogrammia ja Q-Q Plot -kuvaajaa). Muuttujien kuvailussa käytettiin keskiarvoa ja -hajontaa, luottamus- ja vaihteluväliä ja sekä frekvenssejä. Jatkuvien muuttujien yhteyksien tarkasteluun käytettiin Pearsonin korrelaatiokerrointa. Lineaarinen regressioanalyysi suoritettiin, jotta voitiin arvioida miten fyysinen aktiivisuus ja kehonkoostumus kykenivät ennustamaan hyppykorkeutta. Malliin valittiin muuttujat tutkimuskysymysten ja suoritettujen korrelaatioiden perusteella. Malliin sisällytettyjen ennustemuuttujien multikollineaarisuus testattiin VIF (variance inflation factor) -kertoimen avulla sekä residuaalien autokorrelaatiota Durbin-Watsonin avulla. Korkeampi ikä oli yhteydessä matalampaan hyppykorkeuteen, joten ikää on käytetty lineaarisissa regressioanalyysimalleissa kontrollimuuttujana.

Korrelaatiokertoimien r -arvot ovat välillä $-1 \leq r \leq 1$. Korrelaatioarvot arvioitiin asteikolla heikko yhteys ($r = 0-0.3$), kohtalainen yhteys ($r = 0.3-0.6$), huomattava yhteys ($r = 0.6-0.8$) ja voimakas yhteys ($r = 0.8-1$). Bonferroni-korjausta on käytetty vertailujen yhteydessä. Tilastollisen merkitsevyyden luottamuksena käytettiin 95 %. Tulokset esitetään koko aineiston osalta, koska puuttuvien havaintojen poistaminen ei muuttanut regressioanalyysien tuloksia.

8 TUTKIMUSTULOKSET

Vaihdevuosi-ikäisten naisten fyysiset ominaisuudet

Taulukossa 1. on esitetty tutkittavien tausta- ja tutkimusmuuttujat. Yhteensä 743 tutkimushenkilöstä perimenopausaalisia oli eniten (40 %), postmenopausaalisia kolmannes (35 %) premenopausaalisia vain neljäsosa (25 %). Myös ikäjakauma painottui enemmän yli viisikymmppiin, sillä tutkittavista 40,5 prosenttia (301) oli 47–50-vuotiaita ja 59,5 prosenttia (442) 51–55-vuotiaita.

Vähintään kaksi ja puoli tuntia viikossa (10 minuutin jaksoissa) liikkuvien määrä oli kiihtyvyyssanturin perusteella 39 % (287), kun taas inaktiivisia oli 61 % (456).

Vapaapäivien lukumäärä ei ollut yhteydessä fyysiseen aktiivisuuteen määrään. Ainoastaan paikallaanoloaika laski hieman, mitä enemmän vapaapäiviä tutkittavat viettivät $r = -0,102$ ($p=0.005$). Iällä tai vaihdevuosivaiheella ei ollut yhteyttä liikunta-aktiivisuuteen.

TAULUKKO 1. Tutkittavien ($n=743$) ikä, pituus, paino sekä hyppykorkeus, kehonkoostumus ja fyysinen aktiivisuus mittaushetkellä.

Tutkittava ominaisuus	Keskiarvo	Luottamusväli (95 %)	Vaihteluväli (minimi;maksimi)
Ikä (v)	51.7	51.6-51.9	47.8 ; 55.6
Pituus (cm)	165.5	165.1-165.9	148.0 ; 182.5
Paino (kg) ^α	69.6	68.8-70.4	42.1 ; 103.7
Hyppykorkeus (cm)	19.2	18.8-19.5	7.9 ; 34.3
Kehonkoostumus			
Painoindeksi (kg/m ²) ^α	25.4	25.1-25.6	17.1 ; 37.0
Rasvamassa (kg) ^α	21.7	21.1-22.2	5.3 ; 46.3
Rasvaton kehonpaino ^α	47.9	47.5-48.3	34.4 ; 66.3
Fyysinen aktiivisuus			
Liikkumaton aika (min) ^β	571.7	564.7-578.8	209.8 ; 945.3
Kevyt aktiivisuus	294.9	289.4-300.4	62.0 ; 570.8
Kohtalainen aktiivisuus	45.1	43.5-46.8	2.0 ; 205.9
Kova aktiivisuus	5.2	4.6-5.8	0.0 ; 65.1

^αPuuttuvia $n=5$. ^β Valveillaoloajasta, ei sisällä uniaikaa.

Fyysinen aktiivisuuden ja kehonkoostumuksen yhteys alaraajojen tehoon

Kehonkoostumuksen ja fyysisen aktiivisuuden sekä jatkuvien taustamuuttujien yhteys hyppysuoritukseen on esitetty taulukossa 2. Liikunta-aktiivisuuden osalta ainoastaan raskas fyysinen aktiivisuus korreloi heikosti alaraajojen tehon tuottoon ($r = 0.242$, $p < 0.001$). Ero inaktiivisten ja vähän liikkuvien välillä ei ylittänyt tilastollisen merkitsevyyden rajaa ($p = 0.370$). Kehonkoostumuksen osalta rasvan määrä korreloi negatiivisesti alaraajojen tehoon ($r = -0.535$, $p < 0.001$) ja painoindeksiin ($r = -0.393$, $p < 0.001$).

TAULUKKO 2. Kehonkoostumuksen ja fyysisen aktiivisuuden sekä iän, pituuden ja painon korrelaatiot (Pearson) suhteessa kevennyshyppykorkeuteen.

	Hyppykorkeus	
	r	p
Ikä	-0.169	<0.001
Pituus	0.031	0.402
Paino	-0.348	<0.001
Fyysinen aktiivisuus		
Liikkumaton aika	0.017	0.643
Kevyt aktiivisuus	0.016	0.655
Kohtalainen aktiivisuus	0.100	0.007
Raskas aktiivisuus	0.242	<0.001
Kehonkoostumus		
Painoindeksi	-0.393	<0.001
Rasvamassa	-0.535	<0.001
Rasvaton kehonpaino	0.094	0.011

Ikä, raskas fyysinen aktiivisuus ja kehonkoostumus yhdessä selittivät 39 prosenttia alaraajojen tehosta (taulukko 3). Vahvin itsenäinen selittäjä oli rasvamassa ($\beta = -0.6$, $p < 0.001$, LV - 0.359; -0.291), jonka suurempi määrä ennusti alempaa hyppykorkeutta. Fyysisen aktiivisuuden merkitys oli selkeästi vähäisempi. Regressioanalyysin malli näyttäisi soveltuvan tilastollisesti hyvin aineistoon.

TAULUKKO 3. Ikä, fyysinen aktiivisuus ja kehonkoostumus vaihdevuosi-ikäisten naisten hyppykorkeutta selittävinä tekijöinä regressiomallina esitettynä.

Lineaarinen regressio			
Selittävänä muuttujana hyppykorkeus			
	Malli A	Malli B	Malli C
Ikä	-0.17 (< 0.001)	-0.17 (< 0.001)	-0.13 (< 0.001)
Kohtalainen aktiivisuus		0.05 (0.9)	-0.004 (0.9)
Raskas aktiivisuus		0.24 (< 0.001)	0.09 (0.002)
Rasvamassa			-0.60 (< 0.001)
Rasvaton kehonpaino			-0.27 (< 0.001)
Mallin sopivuus			
Korjattu R ²	0.03	0.09	0.39
F-testi	20.54 (< 0.001)	24.03 (< 0.001)	93.18 (< 0.001)
F muutos		25.10 (< 0.001)	179.40 (< 0.001)

Taulukossa esitetty standardoituja regressiokertoimia. Suluissa merkitsevyyden p-arvo.

Kehonkoostumus suhteessa fyysiseen aktiivisuuteen

Kehonkoostumuksen yhteys kiihtyvyyssanturin antamaan liikunta-aktiivisuuteen on esitelty taulukossa 4. Fyysinen aktiivisuus korreloi rasvan määrän, painoindexin ja painon kanssa. Erityisesti raskas liikunta-aktiivisuus näyttäisi olevan yhteydessä alhaisempaan kehon rasvamassaan ($r = -0.231$, $p < 0.001$). Rasvaton kehonpaino korreloi ainoastaan kohtalaisen aktiivisuuden kanssa, yhteyden ollessa kuitenkin hyvin heikko ($r = 0.090$, $p = 0.014$).

TAULUKKO 4. Kehonkoostumuksen ja fyysiseen aktiivisuuteen yhteydet Pearsonin korrelaatiokertoimina.

	Rasvamassa		Rasvaton kehonmassa	
	r	p	r	p
Inaktiivisuus	0.104	0.005	-0.010	0.769
Kevyt aktiivisuus	-0.147	< 0.001	-0.007	0.848
Kohtalainen aktiivisuus	-0.093	0.011	0.090	0.014
Raskas aktiivisuus	-0.231	< 0.001	0.054	0.142

9 POHDINTA

8.1 Päätulokset ja niiden suhde aiempaan tutkimustietoon

Tämän pro gradu -tutkielman tavoitteena oli ensisijaisesti saada selville miten vaihdevuosi-ikäisten naisten fyysinen aktiivisuus ja kehonkoostumus ovat yhteydessä alaraajojen tehoon. Näin ollen tarkasteltiin kevennyshyppykorkeuden suhdetta kiihtyvyyksanturilla mitattuun fyysiseen aktiivisuuteen sekä bioimpedanssilla mitattuihin kehonkoostumusarvoihin. Tutkimuksen toissijaisina tavoitteina oli arvioida liikunta-aktiivisuuden suhdetta rasvamassaan ja rasvattomaan kehonpainoon.

Tässä aineistossa merkittävin vaihdevuosi-ikäisten naisten alaraajojen tehoa selittävä tekijä oli rasvamassa, jonka suurempi määrä oli yhteydessä heikompaan hyppysuoritukseen. Siten myös suurempi paino ja painoindeksi kytkeytyvät heikompaan alaraajojen tehontuottoon hyppysuorituksessa. Vastaavasti rasvattoman kehonpainon merkitys oli vähäinen. Fyysisen aktiivisuuden merkitys oli kehonkoostumusta vähäisempi, ja näyttäisi painottuvan raskaampaan, kuormittavaan liikuntaan. Raskaan fyysisen aktiivisuuden määrä oli yhteydessä parempaan alaraajojen tehoon. Loppujen lopuksi yhteyttä hyppykorkeuteen paikallaanoloajalla tai kevyellä liikunnalla ei havaittu.

Tässä tutkimuksessa on huomattava, että fyysinen aktiivisuus ja kehonkoostumus sekä rasvamassa ja rasvaton kehonpaino korreloivat keskenään. (Regressiomallissa ei kuitenkaan havaittu multikollineaarisuus ongelmaa VIF-arvon jäädessä alle 2,5 ja Durbin-Watsonin osoittaessa riittävän riippumattomia residuaaleja.) Erityisesti korkea intensiteettinen liikunnan määrä näyttäisi olevan yhteydessä rasvamassaan ja painoindeksiin, kun taas yhteyttä rasvattomaan kehonpainoon ei havaittu. Sekä rasvamassan että rasvattoman kehonpainon sisällyttäminen samaan regressiomalliin vaikeuttaa kehonkoostumuksen yhteyden tulkintaa. Kehonkoostumuksen yhteyden tehon selittäjänä onkin suhtauduttava varauksella.

Fyysinen aktiivisuuden ja kehonkoostumuksen yhteys kevennyshyppyyn

Keski-ikäisten naisten kevennyshypyn korkeus oli samaa tasoa aiempien tutkimusten kanssa (Sipilä ym. 2001; Pääsuke ym. 2003; Pöllänen ym. 2015; Mora-Custodio ym. 2016), joskin hieman keskimääräistä korkeampi. Tässä on kuitenkin huomioitava, että vaihtelu yksilöiden välillä oli suurta. Hyppääjien voidaan myös ajatella olleen suhteellisen terveitä, valikoituneita, johtuen kokonaisuudessaan ERMA-tutkimuksen sisäänottokriteereistä, mutta myös kevennyshypyn poissulusta itse mittauspäivänä. Terveystieteiden tai tutkittavan päätökseen jättää hyppytesti tekemättä johtuivat useimmiten jonkinasteisesta tuki- ja liikuntaelin vammasta. Osassa tilanteista testisuoritus oli keskeytetty kivun vuoksi tai johtuen hyppääjän kykenemättömyydestä suorittaa kevennyshyppy.

Otoksen suhteellisen hyvän terveydentilan vuoksi suuria esteitä fyysisen aktiivisuuden harrastuneisuudelle ei aineistossa pitäisi olla. Kun tarkastellaan objektiivisesti mitatun kohtuu-kovakuormitteen fyysisen aktiivisuuden summaa, vähintään 10 minuutin jaksoissa, oli tässä tutkimuksessa liikunnan määrä muutamia minuutteja pienempi kuin Barreiran ym. (2016) keski-ikäisiä naisia tarkastelevassa tutkimuksessa. Myös tarkasteltaessa päivittäistä prosentuaalista paikallaanoloaika, oli sedentaarinen aika suurempaa kuin esimerkiksi Husun ym. (2016) Terveys 2011 -aineistossa.

Tässä tutkimuksessa fyysisellä aktiivisuudella oli merkitsevä yhteys alaraajojen tehon tuottoon, mikä on yhdensuuntainen aiempien tutkimuksien kanssa. Esimerkiksi lapsilla ja nuorilla fyysisen aktiivisuuden määrä ja liikuntatausta näyttäisi olevan yhteydessä kevennyshyppykorkeuteen (Richter ym. 2012; Focke ym. 2013). Myös aikuisten alaraajojen tehon on todettu olevan suurempi aktiivisilla kuin inaktiivisilla yksilöillä (Ferretti ym. 1994). Lihasteho on merkittävä toiminnallisia rajoituksia ennustava tekijä iäkkäillä (Reid & Fielding 2012). Nopeusvoimaharjoittelun avulla voidaan parantaa lihasten toimintakykyä (Pereira ym. 2012) ja ennaltaehkäistä ikääntyvien lihasten fyysisen toimintakyvyn heikkenemistä (Fielding ym. 2002).

Objektiivisen kiihtyvyyssanturin perusteella mitatun liikunta-aktiivisuuden voimakkain yhteys kevennyshyppyyn näyttäisi olevan suuremmalla aktiivisuusmäärällä ja/tai -intensiteetillä. Liikkumaton aika ja kevyt aktiivisuus eivät tässä tutkimuksessa olleet yhteydessä

kevennyshyppyyn. Aiemmissä tutkimuksissa on kuitenkin osoitettu fyysisen aktiivisuuden ja päivittäisten askelten määrän olevan yhteydessä alaraajojen tehoon postmenopausaalisilla naisilla (Straight ym. 2015). Saattaa olla, että kevennyshyppysuoritus vaatii raskasta kuormittavaa aktiivisuutta ja/tai spesifiä harjoittelua. Liikunta-aktiivisuuden aiheuttamat suotuisat lihas-jänne -muutokset eivät välttämättä välity ilman tehokasta kuormitusta. Kevennyshyppysuoritus näyttää parantuvan erityisesti plyometrisen harjoittelun avulla (Holcomb ym. 1996; Markovic 2007; Markovic ym. 2009), ja nopeusvoimaharjoittelu näyttää kasvattavan tehoa perinteistä voimaharjoittelua paremmin iäkkäillä (Henwood ym. 2008). Kevennyshyppy itsessään on spesifi suorite, joka mahdollisesti vaatii aiempaa nopeusvoimaharjoittelua paremman hyppykorkeuden saavuttamiseksi. Tästä kertoo esimerkiksi se, että voimaharjoittelu itsessään (Toumi ym. 2004 A.; Kotzamanidis ym. 2005) ei välttämättä paranna hyppykorkeutta, ja sen lisähyöty plyometriseen liikuntaan on kiistanalainen (de Villarreal ym. 2009; de Villarreal ym. 2011). Voimaharjoittelussa lihastehoa voidaan kuitenkin jossain määrin parantaa niin kevyillä kuin raskaillakin vastuksilla (de Vos ym. 2005). On huomioitava, että maksimaalisen voiman suhde alaraajojen räjähtävässä voimaan on eritoten riippuvainen kehon massasta (Nuzzo ym. 2008).

Tutkimuksessa käytetty fyysisen aktiivisuuden mittari ei kykene arvioimaan mahdollista hyppyharjoittelun määrää. Hyppyharjoittelun kautta yksilöt myös kykenevät oppimaan itselleen optimaalisen suoritusmallin keskushermostotasolla (Bobbert & van Soest 1994). Harjoittelu voi parantaa mekaanisen energian hyödyntämistä ja optimaalista koordinaatiota kevennyshypyssä (Luhtanen & Komi 1978), mutta kokeneidenkin hyppääjien tekniikka eroaa toisistaan (Vanezis & Lees 2005). Hyppytekniikka määrittääkin sen, missä määrin lihasvoimaa hyödynnetään kevennyshypyn aikana (McErlain-Naylor ym. 2014). On huomattava, että kaikki liikunta ei välttämättä suoraan paranna lihastoimintoja, mutta liikunnan määrä voi vaikuttaa positiivisesti kehonpainoon ja näin ollen kevennyshyppyyn. Tutkittavien liikuntatyypeistä tietämättä on vaikea sanoa, minkä tyyppinen fyysinen aktiivisuus olisi voinut vahvemmin korreloida alaraajojen tehon kanssa. Myöskään kevennyshyppykorkeuden paranemista ja suoritusten määrää ei tässä tutkimuksessa tarkasteltu, joten oppimiskokemuksen merkityksestä ei ole tietoa. Kuitenkin Markovic ym. (2004) huomauttaa, että pystysuorat hypyt vaativat aina mitattavalta koordinaatiokykyä, mikä saattaa kokemattomalla hyppääjällä kasvattaa tulosten vaihtelevuutta. Yli 80 prosentilla tulokset eivät kuitenkaan parantuneet enää kolmannen hypyn jälkeen. Tähän

saattaa henkilökohtaisen variaation lisäksi kuitenkin vaikuttaa kokemattoman hyppääjän hermo-lihastoimintojen väsyminen tauotuksesta huolimatta. Tulokset olisivat voineet olla hyvin erilaiset, jos tarkastelussa olisi käytetty parhaan suorituksen sijaan suoritusten keskiarvoa.

Tämän tutkimuksen kehonkoostumusarvot olivat vaihdevuosi-ikäisille naisille tyypillisiä (Svendsen ym. 1995; Toth ym. 2000. B.; Sipilä ym. 2001; Pääsuke ym. 2003; Pöllänen ym. 2015). Rasvamassan negatiivinen yhteys kevennyshyppykorkeuteen oli oletettua suurempi muttei yllättävä. Sillä myös aiemman tutkimustiedon perusteella kehon massalla on suuri merkitys hyppysuoritusten tehontuotossa (Carlock ym. 2004; Sipilä ym. 2004; Markovic ym. 2014). Tämä negatiivinen yhteys rasvan määrän ja hyppysuoritusten välillä on havaittu niin urheilijoilla (Abidin & Adam 2013; Acar & Eler 2019) kuin ikääntyneilläkin (Moore ym. 2020). Rasvamassan tiedetään olevan yhteydessä ainakin lihasten heikentyneeseen lyhenemiskykyyn (Rahemi ym. 2015) ja huonontuneeseen kalsiumin toimintaan lihaksissa (Tallis ym. 2018). Puhtaasti fysiologisten ja biomekaanisten vaikutusten lisäksi rasvalla on itsenäinen negatiivinen suhde hyppytestien suoritukseen (Moore ym. 2020). Tässä tutkimuksessa myös paino, painoindeksi ja rasvaprosentti olivat negatiivisesti yhteydessä kevennyshyppykorkeuteen, mikä on yhteneväinen aiemman tutkimustiedon kanssa (esim. Nikolaidis 2013). Myös kehonkoostumuksen fyysistä aktiivisuutta merkittävämpi yhteys on ollut nähtävissä jo aiemmin, sillä ainakin nuoremmilla naisilla ylipaino näyttäisi liikkumattomuutta enemmän laskevan kevennyshyppykorkeutta (Sööt ym. 2005).

Yllättävää olikin aiempiin tutkimuksiin verrattuna, että perimenopausaaliset olivat naisista painavimpia sekä omasivat pre- ja postmenopausaalisia naisia enemmän rasvamassaa. Tämä eroaa aiemmasta tiedosta, jossa rasvamassan määrä on ollut suurempi postmenopausaalisilla naisilla (Trémollières 1996; Toth 2000. B.). Esimerkiksi Toth ym. (2000. B.) mukaan postmenopausaaliset ovat perimenopausaalisia naisia painavampia, ja heillä on korkeampi painoindeksi ja rasvan suhteellinen osuus. Tässä aineistossa postmenopausaaliset olivat keskimäärin kevyempiä kuin pre- tai perimenopausaaliset. Ikä ei korreloinut rasvamassan kanssa, mikä kuitenkin saattaa johtua kapeasta ikäjakaumasta. Tässä tutkimuksessa rasvattomassa kehonmassassa oli kuitenkin nähtävissä tyypillistä vaihdevuosivaiheitaista laskua (Heymsfield ym. 1994; Sipilä 2003; Sowers ym. 2007; Messier ym. 2011).

Postmenopausaalisilla on premenopausaalsiin verrattuna vähemmän lihasmassaa koko kehossa (Sipilä 2003). Vaikka korrelaatiota iän kanssa ei tässä tutkimuksessa löytynyt, on ikääntyminen yhteydessä kehonkoostumuksen muutoksiin, niin lihasmassan vähenemiseen kuin rasvamassan kasvuunkin (Deschenes 2004; Sowers ym. 2007). Lihasmassan laskuun kuitenkin vaikuttaa vahvasti myös esimerkiksi lihasvoimapainotteisen fyysisen aktiivisuuden määrä, jota aineistosta on vaikea arvioida. Lisäksi ikäjakauma tutkimuksessa oli suhteellisen pieni, eikä välttämättä riitä iän ja rasvattoman kehonpainon yhteyksien tarkasteluun.

Kehonkoostumus suhteessa fyysiseen aktiivisuuteen

Kehonkoostumuksella ja fyysisellä aktiivisuudella näyttäisi tässä tutkimuksessa olevan heikko yhteys. Suurempi liikunnan määrä näyttäisi olevan yhteydessä erityisesti rasvamassan laskuun, ja inaktiivisuus sen kasvuun. Erityisesti raskas kuormitteinen fyysinen aktiivisuus myös suhteutuu alhaisempaan painoindeksiin. Samansuuntaisia tuloksia on havaittu aiemmissakin tutkimuksissa, joissa suurempi liikunnan määrä on ollut yhteydessä alhaisempaan rasvamassaan (Guo ym. 1999; Sternfeld & Dugan 2011). Fyysisen aktiivisuuden avulla voidaankin ennaltaehkäistä vaihdevuosien haitallista kehonkoostumusta ja painon nousua (Sternfeld ym. 2005). Sternfeldin ja Duganin (2011) mukaan kiihtyvyyssanturilla mitatulla fyysisellä aktiivisuudella näyttäisi olevan selkeä annos-vaste -suhde rasvan määrään.

Säännöllinen liikunta vähentää myös lihasmassan laskua ikääntyessä (Sanada ym. 2009). Siksi onkin yllättävää, että kiihtyvyyssmittauksesta vain kohtalainen aktiivisuus näytti korreloivan rasvattoman kehonpainon kanssa, ja sekin erittäin heikosti. Voidaankin todeta, ettei tässä aineistossa fyysisen aktiivisuuden tasolla ollut merkitystä rasvattomaan kehonmassaan. Tämä on ristiriidassa Guon ym. (1999) tutkimusten kanssa, jossa fyysinen aktiivisuuden määrä vaikutti korkeampaan rasvattomaan kehonpainoon, mikä saattaa kuitenkin johtua mittareiden erilaisuudesta. Myös inaktiivisuus näyttää aiemman perusteella olevan yhteydessä alhaiseen rasvattomaan kehonpainoon (Kyle ym. 2004), vaikkei sitä tässä tutkimuksessa havaittu. Lasku voi olla osa normaalia ikääntymistä, ja esiintyä fyysisestä aktiivisuudesta riippumatta (Kyle ym. 2001). Ongelma tässä tutkimuksessa muodostuu siitä, ettei mittaamistapa kykene erottelemaan liikuntatyyppejä ja todellista lihasvoimaharjoittelun määrää. On huomioitava, että suurempi fyysinen aktiivisuus ei välttämättä tarkoita suurempaa

lihaskunto- tai voimaharjoittelun määrää, eikä näin ollen välttämättä kasvata lihasmassan määrää.

Iän merkityksestä kevennyshypyssä

Tämän tutkimuksen mukaan myös iällä on merkitystä alaraajojen tehoon, mikä näkyy selvästi myös aiemmissa tutkimuksissa. Alaraajojen tehon tuotto laskee ikääntyessä (Ferretti ym. 1994; Lanza ym. 2003; Pääsuke ym. 2003 Deschenes 2004; Runge ym. 2004; Drey 2011; Pöllänen ym. 2015), jonka lisäksi tehontuoton vaihtelu on suurempaa (Kent-Braun ym. 2014). Ikä heikentää hyppysuoritusta merkittävästi (Bosco & Komi, 1980), ja ainakin yli 50-vuotiailla naisilla ikä näyttäisi olevan erityisen merkittävä hyppysuoritukseen vaikuttava tekijä (De Vito ym. 1998). Yhteys vaihdevuosi-ikä ja tehon välillä siis on, mutta mahdotonta on sanoa, mikä osuus johtuu vaihdevuosista ja mikä ikääntymisprosessista.

On myös huomioitava, että iän merkitys alaraajojen tehoon kehonkoostumuksen kautta. Tässä tutkimuksessa ikä oli yhteydessä rasvattomaan kehonpainoon, muttei rasvamassaan. Ikääntymisen ollessa yhteydessä rasvan määrän suhteelliseen kasvuun sekä lihasmassan laskuun (Rogers & Evans 1993; Heymsfield ym. 1994). Rasvattomalla kehonpainolla näyttäisi olevan selkeä ikään liittymätön yhteys myös suhteessa vaihdevuosiin (Wang ym. 1994; Douchi ym. 2002). Lisäksi vaihdevuodet saattavat lisätä iän ja liikkumattomuuden vaikutuksia kehonkoostumuksen osalta (Douchi ym. 2002). Rasvattoman kehonpainon merkitys hyppysuorituksen näkökulmasta oli kuitenkin pieni. Alaraajojen teho voi kuitenkin laskea myös lihaksen poikkipinta-alasta riippumatta (Runge ym. 2004). Pääsuken ym. (2003) ja Runge ym. (2004) mukaan iän ja hyppysuoritukseen väliseen suhteeseen vaikuttaa merkittävästi kehonpaino. Paino korreloikin negatiivisesti tässä tutkimuksessa hyppykorkeuden kanssa, mitä selittää se, että sillä painavemmalta hyppääjältä vaaditaan suurempaa tehoa saman hyppykorkeuden saavuttamiseksi (Reiser ym. 2006). Loppujen lopuksi iän merkitys alaraajojen nopeusvoimaan olisi voinut olla korkeampi laajemmalla ikäjakaumalla. Tällöin todennäköisesti myös lihasmassan merkitys olisi voinut nousta korkeammaksi.

8.2 Tutkimusmenetelmien luotettavuus

Kevennyshyppy

Kevennyshyppy on toimiva menetelmä alaraajojen räjähtävän voiman arvioinnissa (Moir ym. 2004). Sen toistettavuus, ainakin fyysisesti aktiivisilla, on hyvä (Markovic ym. 2004; Moir ym. 2004; Rittweger ym. 2004), eikä suurempaa oppimista toistojen välillä näyttäisi tapahtuvan (Moir ym. 2004; Rittweger ym. 2004). Lentoaikaan perustuvassa määrittelyssä otetaan huomioon irtoamisen ja alastulokontaktin välinen aika, jolloin kehon painopisteen oletetaan olevan sama molemmissa vaiheissa (Linthorne 2001). Ainakin voimalevyyden verrattuna kontaktimatolla mitattu hyppykorkeus näyttäisi jonkin verran aliarvioivan tulosta, mikä oletettavasti johtuu juuri sen kyvyttömyydestä laskea massakeskipisteen muutosta ennen matosta irtautumista (Buckthorpe ym. 2012).

Knudsonin (2009) mukaan alaraajojen tehon arviointi hyppykorkeudesta on epätarkkaa, johtuen etenkin sen liikkeen impulsiivisesta luonteesta, kehon koon vaihteluista, heikosta hyppykorkeuden ja ulkoisesti mitatun tehon yhteydestä sekä tekniikka- ja lihasaktivaatioeroista. Vaikka suoritustekniikka olikin jollain tavoin hallittu ja silminnähtävin samankaltainen, voivat segmenttien pienetkin muutokset vaikuttaa lopputulokseen. Lisäksi maksimaalisen tehon näkökulmasta liikuntaelimestön monimutkaisuus vaikeuttaa hyppäämisen voiman lähteiden ja siirtymisen tarkempaa arviointia erityisesti ilman elektromyografista tarkastelua. Päivittäisistä toimista selviytymisen kannalta kyky nopeaan voimantuottoon näyttäisi olevan perinteistä lihasvoimaa tärkeämpi (Fragala ym. 2015). Toimintakyvyn näkökulmasta kevennyshyppy saattaa kuitenkin toimia isometrisiä lihasvoimatestejä parempana mittarina siksi, että isometriset voimatestit muistuttavat vain vähän päivittäisi dynaamisia fyysisiä suorituksia (Wilson & Murphy 1996).

Fyysinen aktiivisuus

Strathin ym. (2013) mukaan kiihtyvyyssanturin tarkoituksena on antaa tietoa kehon kiihtyvyyksistä liikkeiden aikana, tällöin fyysisen liikkeen useus, kesto ja voimakkuus voidaan tarkalleen ajoittaa. Kiihtyvyys voidaan mitata joko yhdestä, kahdesta tai kolmesta tasosta (Strath ym. 2013). Tässä tutkimuksessa on käytetty kolmisuuntaista kiihtyvyyttä eli vertikaalista, mediolateraalista sekä etu-takasuuntaista. Fyysinen aktiivisuus arvioitiin

aktiivisuuden kokonaismäärän ja intensiteetin mukaisesti. Näin ollen tutkimus ei huomioi liikunta-aktiivisuuden tyyppiä, eikä esimerkiksi merkitystä kestävyys- ja voimaharjoittelun näkökulmasta voida antaa. Suurin heikkous kiihtyvyyssanturin käytössä onkin sen kykenemättömyys havaita monia staattisia liikuntatyyppisiä (Bouten ym. 1997) ja hyödyttömyys esimerkiksi vesiliikunnassa. Kiihtyvyyssanturin yhdistäminen esimerkiksi sykkeenseurantalaitteeseen voikin antaa tarkemman arvion todellisesta energiankulutuksesta (Ward ym. 2005) ja parantaa MET-arviota (Ellis ym. 2014). Nykyisillä, uudemmilla data-analyyseillä voidaan kuitenkin erilaisten kiihtyvyyssantureitten tietoja mittarista, sen sijoituspaikasta tai taajuudesta riippumatta (Vähä-Ypyä ym. 2015).

Lantiolla käytettävää aktiivisuusmittaria on myös aiemmin hyödynnetty suomalaisten liikunta-aktiivisuuden tarkasteluun (Husu ym. 2016). Kiihtyvyyssanturi on itseraportointia parempi fyysisen aktiivisuuden mittari (Ward ym. 2005). Lisäksi Strath ym. (2005) mukaan useamman aktiivisuusmittarin yhtäaikainen käyttö voi parantaa energiankulutuksen arviointia. Kiihtyvyyssanturin hyödyntämisessä on kuitenkin omat haasteensa, kuten sijainti ja käytön aktiivinen noudattaminen (Ward ym. 2005). Valitettavan usein objektiiviset menetelmät ovat lisäksi aikaa vieviä ja kustannuksiltaan suurempia sekä vaativat laajempaa käyttökoulutusta (Prince ym. 2008). Actigraph on kuitenkin validi menetelmä fyysisen aktiivisuuden tarkastelussa, sillä se näyttäisi suhteellisen hyvin arvioivan normaalia liikkumattomuutta ja aktiivisuutta (Lee ym. 2015).

Aikuisten tavanomaisen liikunnan luotettava arviointi näyttää vaativan kolmesta viiteen päivään (Trost ym. 2005), Matthews ym. (2002) mukaan jopa seitsemän päivän mukaista seuranta. On kuitenkin huomioitava, että viikkokin on suhteellisen lyhyt mittausaika, eikä välttämättä kerro todellista kuvaa aktiivisuudesta pidemmällä aikavälillä. Kiihtyvyyssanturin luotettavuutta tässä tutkimuksissa laskee myös se, ettei sen arvoja ole jaoteltu vähintään kymmenen minuutin jaksoihin. Tämä eroaa aiemmista tutkimuksista (Atienza ym. 2011; Barreira ym. 2016) ja terveysliikuntatavoista (Haskell ym. 2007; Strath ym. 2013), yliarvioiden fyysisen aktiivisuuden määrää. Lyhyemmissä osissa näytetty aktiivisuus kykenee kuitenkin mahdollisesti vahvemmin havaitsemaan lyhyet ja voimakkaat aktiivisuudet, jotka erityisesti voivat vaikuttaa kevennyshyppysuoritukseen. Erot Actigraphin käytössä suhteessa

aiempiin tutkimuksiin tekevät tutkimusten välisestä vertailusta vaikeaa heikentäen tämän tutkielman luotettavuutta.

Kehonkoostumus

Painoindeksillä on selkeä yhteys rasvaprosenttiin, mutta sen heikko yhteys terveystekijöihin kertoo sen mahdollisesta kykenemättömyydestä tarkkaan kehonkoostumuksen arviointiin (Blew ym. 2002). Sen sijaan bioelektroninen impedanssianalyysi (BIA) on laajasti käytössä oleva kehonkoostumuksen arviointimenetelmä, sillä sen suorittaminen on suhteellisen helppoa, nopeaa ja ei-invasiivista (Bioimpedanssi 1996). Toisin sanoen, vaikka DXA (dual-energy X-ray absorptiometry) -mittausta pidetään erittäin tarkkana (Jensky-Squires ym. 2008), on bioimpedanssin toteuttaminen yksinkertaisempaa ja halvempaa eikä se sisällä ionisoivaa säteilyä. Bioimpedanssi on kuitenkin yhteydessä DXA-tuloksiin (Bracco ym. 1996; Jensky-Squires ym. 2008), mutta saattaa yli- tai aliarvioida kehon rasvan suhteellista määrää (Sun ym. 2005). Laskukaavoihin perustuva bioimpedanssi on myös melko herkkä nesteen määrän vaihtelulle, ruumiin asennolle ja symmetrialle (Thurlow ym. 2018), joten mittaus tulisikin suorittaa yöllisen paaston jälkeen ja erityisesti nesteen määrä tulisi ottaa huomioon seurantamittauksissa.

Bioimpedanssitekniikka määrittelee kudosten sähköisen impedanssin, mikä antaa arvion kehon nestemäärästä johtaen laskukaavoihin perustuviin arvioihin rasvattomasta ja rasvallisesta massasta (Bioimpedanssi 1996). Inbodyn kehonkoostumusten tuloksien luotettavuutta tässä tutkimuksessa parantaa siis se, että mittaussuoritettiin paastotilassa. Laskennalliset yhtälöt ovat laiteriippuvaisia, mutta niihin vaikuttavat myös pituus, paino, ikä ja sukupuoli (Bioimpedanssi 1996). Bioimpedanssin on kuitenkin todettu toimivan niin terveillä koehenkilöillä kuin monien kroonisten sairauksienkin yhteydessä (Kyle ym. 2004). Sitä voidaan hyvin käyttää myös lihavien kehonkoostumuksen arvioinnissa (Faria ym. 2014).

8.3 Merkitys terveystieteellisen tutkimuksen ja kliinisen fysioterapian näkökulmista

Tämän tutkimus antaa uutta tietoa vaihdevuosi-ikäisten naisten fyysisen aktiivisuuden ja kehonkoostumuksen yhteydestä alaraajojen tehoon sekä lisää ymmärrystä liikunta-aktiivisuuden suhteesta rasvamassaan ja rasvattomaan kehonpainoon. Tämän tutkielman

merkitys on erityisesti siinä, ettei objektiivisesti mitatun fyysisen aktiivisuuden suhdetta terveystekijöihin ole Suomessa juurikaan tutkittu eikä aiempaa tietoa fyysisen aktiivisuuden määrän ja hyppysuorituksen yhteydestä oikeastaan ole. Kevennyshypyn ja liikunnan väliset tutkimukset ovat usein liittyneet plyometrisiin liikuntainterventioihin (Häkkinen ym. 2001; Toumi ym. 2004 A.; Markovic 2007; de Villarreal ym. 2008; de Villarreal ym. 2009; de Villarreal ym. 2011; Harries ym. 2012) ja urheilijoiden tarkasteluun (Panoutsakopoulos ym. 2014; Laffayan ym. 2014). Vaikka hyppyteho on vahvasti yhteydessä painonnostokykyyn (Carlock ym. 2004) ja toimii sprinttimatkanopeuden ennustaja (Markström & Olsson 2013), näyttäisi sillä olevan merkitystä myös ikääntyneiden terveyden kannalta (Basse ym. 1992; Larsen ym. 2009; Fragala ym. 2015). Vaihdevuosien aikainen tutkimustieto lihastoiminnoista on erityisen tärkeää juuri siksi, että sillä näyttää olevan yhteys sairastavuuteen myöhemmällä iällä (Sirola & Rikkonen 2005).

Tämän tutkimuksen perusteella alaraajojen tehoa kevennyshypyllä mitattuna selittivät rasvamassa, ja jossain määrin myös rasvaton kehonmassa. Tämä on yhteneväinen aiempien kehonkoostumuksen yhteyttä alaraajojen tehoon tarkastelevien tutkimusten kanssa (Carlock ym. 2004; Sipilä ym. 2004; Sööt ym. 2005; Nikolaidis 2013; Markovic ym. 2014). Tämä tutkimus kuitenkin lisää ymmärrystä siitä, että kehonkoostumuksen näkökulmasta erityisesti rasvamassalla saattaa olla merkittävä yhteys alaraajojen tehoon, ja näin ollen epäsuora yhteys vaihdevuosien aikaiseen terveyteen ja toimintakykyyn. Merkittävää on, että alaraajojen tehon tuotto on vain heikosti yhteydessä rasvattomaan kehonpainoon. Voi olla, että alaraajojen teho laskee myös lihaksen poikkipinta-alasta riippumatta (Runge ym. 2004) eikä lihastehon lasku ikääntyessä välttämättä tapahdu samalla tavalla kaikissa lihaksissa (Lanza ym. 2003). Tulevaisuuden tutkimusten pitäisikin painottua lihaksen sisäisten ominaisuuksien tarkasteluun lihasmassan sijaan. Kuten Sipilä ja kumppanit (2004) toteavat lihaksen laadulliset ominaisuudet, kuten reiden lihastiheys sekä tyypin IIax- ja IIX-lihassolujen määrä ovat yhteydessä kevennyshyppysuoritukseen. Tämän takia ikääntymisen suorituskyvyn muutokset eivät välttämättä liity sarkopeniaan (lihasmassan ja -voiman heikkenemiseen), vaan taustalla toimivat lihastoimintojen, -arkkitehtuurin, jänneominaisuuksien ja muun kehonkoostumuksen muutokset (Runge ym. 2004). Saattaa olla, että keski-ikäisten ja ikääntyneiden fysioterapiassa tulisi huomioida hypertrofisen lihasvoiman harjoittelun lisäksi myös nopeusvoimaharjoittelu, maksimaalisen harjoitteluvasteen saavuttamiseksi toimintakyvyn näkökulmasta.

Fyysisen aktiivisuuden merkitys alaraajojen voimantuottotehon selittäjänä näyttäisi painottuvan raskaampaan, kuormittavaan liikuntaan. Yhteyttä hyppykorkeudella suhteessa paikallaanoloaikaan tai kevyeseen liikuntaan ei havaittu. Vaikuttaa kuitenkin siltä, että pitkäaikainen korkea aktiivisuustaso kykenee hidastamaan niin motoristen yksiköiden vähenemistä kuin neuromuskulaarisen toiminnan heikkenemistä (Power ym. 2013). Fyysisen aktiivisuuden ja hyppysuorituksen yhteyksien tarkastelussa tarvitaankin pitkittäissuuntautunutta tutkimusta todellisten yhteyksien ja kausaalisuuden havaitsemiseksi.

Fyysisen aktiivisuuden ja kehonkoostumuksen yhteyden voimakkuus, tilastollisesta merkitsevyydestä huolimatta, ei voida sanoa olleen kovin korkea. Guo ym. (1999) toteavatkin, että fyysisen aktiivisuuden merkitys kehonkoostumukseen saattaa olla merkittävämpi vaihdevuosien jälkeen kuin niiden aikana. Lisäksi tutkimuksen poikkileikkausmuodon takia fyysisen aktiivisuuden ja kehonkoostumuksen välisestä yhteydestä ei voida päätellä syy-seuraus -suhdetta. Nimittäin saattaa olla, että korkeammat aktiivisuustasot ovat yhteydessä pienempään rasvamassaan, mutta toisaalta myös suuremmat rasva-arvot voivat johtaa vähäisempään liikunta-aktiivisuuteen. Tästä riippumatta on tärkeää todeta, että hyppysuorituksesta huolimatta säännöllisellä liikunnalla on aina merkittävä rooli lihavuuden ja sen metabolisten häiriöiden ennaltaehkäisyssä ja hallinnassa (Bouchard ym. 1993).

Tutkimuksen hyvänä puolena voidaan pitää sitä, että tutkimusjoukko oli suuri, vaikka koko otoksesta putosikin osa pois kevennyshypyn suorittamattomuuden tai kiihtyvyyssanturin käyttämättömyyden vuoksi. Toisaalta on merkittävää huomioida, että suuri otoskoko helpottaa myös tilastollisen merkitsevyyden rajan ylittämistä. Todellisuudessa erot yksilöiden välillä olivat hyvin pieniä, esimerkiksi kevennyshypyssä sentin luokkaa. Otoksen suuruuden ja luonteen vuoksi sekoittavia tekijöitä on runsaasti, joten tuloksissa ei voida yleistää sitä, että kehonkoostumuksen ja fyysinen aktiivisuus olisivat ainoita vaikuttavia tekijöitä. Selityksasteen jäädessä suhteellisen pieneksi varaa myös muille vaikuttajille on. Lisäksi sekä rasvattoman kehonpainon että rasvamassan mukaan otto regressioon vaikeuttaa osaltaan tarkemman yhteyden saavuttamista kehonkoostumuksen osalta. Otoksen suhteellisen hyvän terveydentilan vuoksi havaittuja yhteyksiä ei myöskään voida yleistää koko vaihdevuosi-ikäisten naisten väestöön. Poikkileikkauksesta johtuen merkittävää syy-seuraus -suhteita on

mahdotonta antaa, ja tulokset on nähtävä hetkellisinä yhteyksinä. ERMA-tutkimus on kuitenkin osaltaan myös pitkittäistutkimus. Vaihdevuosien aikaisia pitkittäismuutoksia voidaan ehkä vielä tulevaisuudessa päästäkin tarkastelemaan samojen mittareiden puitteissa.

10 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämä tutkimus osoitti, että vaihdevuosi-ikäisten naisten alaraajojen tehoa kevennyshypyillä mitattuna selittää eniten rasvamassa. Näin ollen myös painolla on yhteys hyppykorkeuteen. Vastaavasti rasvattoman kehonpainon merkitys on heikko. Fyysisen aktiivisuuden merkitys alaraajojen tehoon jää kehonkoostumusta pienemmäksi, ja näyttää painottuvan raskaaseen liikunta-aktiivisuuteen. Raskas fyysisen aktiivisuuden määrä on yhteydessä parempaan alaraajojen tehoon. Yhteyttä hyppykorkeuteen paikallaanoloajalla tai kevyellä liikunnalla ei tässä tutkimuksessa havaittu.

Tutkimus myös osoittaa, että fyysinen aktiivisuus korreloi rasvan määrän, painoindeksin ja painon kanssa. Eritoten intensiteetiltään raskas fyysisen aktiivisuuden määrä on yhteydessä rasvamassaan ja painoindeksiin. Selkeää yhteyttä rasvattoman kehonpainon ja fyysisen aktiivisuuden välillä ei kuitenkaan ollut havaittavissa.

11 LÄHTEET

- Abidin, N. Z. & Adam, M. B. 2013. Prediction of vertical jump height from anthropometric factors in male and female martial arts athletes. *The Malaysian journal of medical sciences*, 20 (1): 39-45.
- Acar, H. & Eler, N. 2019. The Relationship between Body Composition and Jumping Performance of Volleyball Players. *Journal of Education and Training Studies* 7 (3): 192-196.
- Akyol, S., Cinar, S. A., Purisa, S. & Aydinli, K. 2011. Relationship between Lymphocytes, IL2 and the Hormones E2, LH, PRG and FSH in Menopausal and Postmenopausal Women. *American Journal of Reproductive Immunology*, 66 (4): 304-309.
- Al-Azzawi, F. & Palacios, S. 2009. Hormonal changes during menopause. *Maturitas*, 63 (2): 135-137.
- Andersen, J. L., Gruschy-Knudsen, T., Sandri, C., Larsson, L. & Schiaffino, S. 1999. Bed rest increases the amount of mismatched fibers in human skeletal muscle. *Journal of applied physiology*, 86 (2): 455-460.
- Andersen, J. L. & Aagaard, P. 2000. Myosin heavy chain IIX overshoot in human skeletal muscle. *Muscle & nerve*, 23 (7): 1095-1104.
- Andersen, J. L. 2003. Muscle fibre type adaptation in the elderly human muscle. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 13 (1): 40-47.
- Anderson, M. A., Gieck, J. H., Perrin, D. H., Weltman, A., Rutt, R. A. & Denegar, C. R. 1991. The Relationships among Isometric, Isotonic, and Isokinetic Concentric and Eccentric Quadriceps and Hamstring Force and Three Components of Athletic Performance. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*, 14 (3): 114-120.
- Arsenault, B. J., Côté, M., Cartier, A., Lemieux, I., Després, J. P., Ross, R., Earnest, C. P., Blair, S. N. & Church, T. S. 2009. Effect of exercise training on cardiometabolic risk markers among sedentary, but metabolically healthy overweight or obese post-menopausal women with elevated blood pressure. *Atherosclerosis*, 207 (2): 530-533.
- Asikainen, T-M., Kukkonen-Harjula, K. & Miilunpalo, S. 2004. Exercise for health for early postmenopausal women: a systematic review of randomised controlled trials. *Sports medicine*, 34: 753-778.
- Atienza, A. A., Moser, R. P., Perna, F., Dodd, K., Ballard-Barbash, R., Troiano, R. P. & Berrigan, D. 2011. Self-reported and objectively measured activity related to biomarkers using NHANES. *Medicine and science in sports and exercise* 43 (5): 815-821.
- Barreira, T. V., Hamilton, M. T., Craft, L. L., Gapstur, S. M., Siddique, J. & Zderic, T. W. 2016. Intra-individual and inter-individual variability in daily sitting time and MVPA. *Journal of science and medicine in sport* 19 (6): 476-481.
- Barsalani, R., Brochu, M. & Dionne, I. J. 2013. Is there a skeletal muscle mass threshold associated with the deterioration of insulin sensitivity in sedentary lean to obese postmenopausal women? *Diabetes research and clinical practice*, 102 (2): 123-128.
- Bartlett, R. 2007. *Introduction to Sports Biomechanics: Analysing Human Movement Patterns*. 2. painos. UK: Routledge.
- Bassey, E. J., Fiatarone, M. A., O'Neill, E. F., Kelly, M., Evans, W. J. & Lipsitz, L. A. 1992. Leg extensor power and functional performance in very old men and women. *Clinical science* 82 (3): 321-327.
- Ben-Rafael, Z., Levy, T. & Schoemaker, J. 1998. Pharmacokinetics of Follicle-Stimulating Hormone: Clinical Significance. *Fertility and Sterility*, 69 (3): 40S-49S.

- Beydoun, H. A., Beydoun, M. A., Wiggins, N. & Stadtmauer, L. 2012. Relationship of obesity-related disturbances with LH/FSH ratio among post-menopausal women in the United States. *Maturitas*, 71 (1): 55-61.
- Bioimpedanssi. 1996. Bioelectrical impedance analysis in body composition measurement: National Institutes of Health Technology Assessment Conference Statement. *The American journal of clinical nutrition* 64 (3): 524S-532S.
- Blew, R. M., Sardinha, L. B., Milliken, L. A., Teixeira, P. J., Going, S. B., Ferreira, D. L., Harris, M. M., Houtkooper, L. B. & Lohman, T. G. 2002. Assessing the validity of body mass index standards in early postmenopausal women. *Obesity research* 10 (8): 799-808.
- Blumenthal, J. A., Matthews, K., Fredrikson, M., Rifai, N., Schniebolk, S., German, D., Steege, J. & Rodin, J. 1991. Effects of exercise training on cardiovascular function and plasma lipid, lipoprotein, and apolipoprotein concentrations in premenopausal and postmenopausal women. *Arteriosclerosis and thrombosis: a journal of vascular biology*, 11(4): 912-917.
- Bobbert, M. F. & van Ingen Schenau, G. J. 1988. Coordination in vertical jumping. *Journal of biomechanics*, 21 (3): 249-262.
- Bobbert, M. F. & van Soest, A. J. 1994. Effects of Muscle Strengthening on Vertical Jump: A Simulation Study. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 26 (8): 1012–1020.
- Bobbert, M. F. & van Soest, A. J. 2001. Why do people jump the way they do? *Exercise and sport sciences reviews*, 29 (3): 95-102.
- Booth, F. W., Laye, M. J. & Roberts, M. D. 2011. Lifetime sedentary living accelerates some aspects of secondary aging. *Journal of applied physiology*, 111: 1497–1504.
- Bouchard, C., Deprés, J-P. & Tremblay, A. 1993. Exercise and Obesity. *Obesity research* 1 (2): 133-147.
- Bosco, C. & Komi, P. V. 1979. Mechanical characteristics and fiber composition of human leg extensor muscles. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 41: 275-284.
- Bosco, C. & Komi, P. V. 1980. Influence of aging on mechanical behaviour of leg extensor muscles. *European journal of applied physiology and occupational physiology* 45 (2-3): 209-219.
- Bosco, C., Komi, P. V. & Ito, A. 1981. Prestretch potentiation of human skeletal muscle during ballistic movement. *Acta physiologica Scandinavica*, 111 (2): 135-140.
- Bosco, C., Viitasalo, J. T., Komi, P. V. & Luhtanen, P. 1982. Combined effect of elastic energy and myoelectrical potentiation during stretch-shortening cycle exercise. *Acta physiologica Scandinavica*, 114 (4): 557-565.
- Bosco, C., Luhtanen, P. and Komi, P. 1983. A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *Eur. J. Appl. Physiol.* 50, 273–282.
- Bosco, C., Tihanyi, J., Latteri, F., Fekete, G., Apor, P. & Rusko, H. 1986. The effect of fatigue on store and re-use of elastic energy in slow and fast types of human skeletal muscle. *Acta physiologica Scandinavica* 128 (1): 109-117.
- Bouten, C. V., Koekkoek, K. T., Verduin, M., Kodde, R. & Janssen, J. D. 1997. A triaxial accelerometer and portable data processing unit for the assessment of daily physical activity. *IEEE transactions on bio-medical engineering* 44 (3): 136-147.
- Bracco, D., Thiébaud, D., Chiolóro, R. L., Landry, M., Burckhardt, P. & Schutz, Y. 1996. Segmental body composition assessed by bioelectrical impedance analysis and DEXA in humans. *Journal of applied physiology* 81 (6): 2580-2587.
- Buckthorpe, M., Morris, J. & Folland, J. P. 2012. Validity of vertical jump measurement devices. *Journal of Sports Sciences*, 30 (1): 63–69.
- Burger, H. G. 1996. The endocrinology of the menopause. *Maturitas*, 23 (2): 129–136.

- Burger, H. G., Dudley, E. M., Cui, J., Dennerstein, L. & Hopper, J. L. 2000. A Prospective Longitudinal Study of Serum Testosterone, Dehydroepiandrosterone Sulfate, and Sex Hormone-Binding Globulin Levels through the Menopause Transition. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, Vol. 85, 2832- 2838.
- Burger, H. G. 2002. Androgen production in women. *Fertility and Sterility*, 77: 3 – 5.
- Burger, H. G. 2006. Physiology and endocrinology of the menopause. *Medicine*, 34 (1): 27-30.
- Cao, I. & Morley, J. E. 2016. Sarcopenia Is Recognized as an Independent Condition by an International Classification of Disease, Tenth Revision, Clinical Modification (ICD-10-CM) Code. *The Journal of the American Medical Directors Association* 17 (8): 675-677.
- Carlock, J. M., Smith, S. L., Hartman, M. J., Morris, R. T., Ciroslan, D. A., Pierce, K. C., Newton, R. U., Harman, E. A., Sands, W. A. & Stone, M. H. 2004. The relationship between vertical jump power estimates and weightlifting ability: a field-test approach. *Journal of strength and conditioning research*, 18 (3): 534-539.
- Cavagna, G. A., Dusman, B. & Margaria, R. 1968. Positive work done by a previously stretched muscle. *Journal of applied physiology*, 1: 21–32.
- Cavagna, G. A., Mazzanti, M., Heglund, N. C. & Citterio, G. 1985. Storage and release of mechanical energy by active muscle: a non-elastic mechanism? *The Journal of experimental biology*, 115: 79-87.
- Chakravarti, S., Collins, W. P., Forecast, J. D., Newton, J. R., Oram, D. H. & Studd, J. W. W. 1976. Hormonal profiles after the menopause. *British medical journal*, 2: 784-787.
- Chahal, J., Lee, R., Luo, J. 2014. Loading dose of physical activity is related to muscle strength and bone density in middle-aged women. *Bone*, 67: 41-45.
- Charoenpanich, N., Boonsinsukh, R., Sirisup, S. & Saengsirisuwan, V. 2013. Principal component analysis identifies major muscles recruited during elite vertical jump. *ScienceAsia*, 39: 257–264.
- Chedraui, P., Aguirre, W., Hidalgo, L. & Fayad, L. 2007. Assessing menopausal symptoms among healthy middle aged women with the Menopause Rating Scale. *Maturitas*, 57: 271–278.
- Cheng, M.H., Wang, S. J., Yang, F. Y., Wang, P. H. & Fuh, J. L. 2009. Menopause and physical performance - a community-based cross-sectional study. *Menopause*, 16 (5): 892-896.
- Churchward-Venne, T. A., Breen, L. & Phillips, S. M. 2014. Alterations in human muscle protein metabolism with aging: Protein and exercise as countermeasures to offset sarcopenia. *International Union of Biochemistry and Molecular Biology*, 40: 199–205.
- Ciciliot, S., Rossi, A. C., Dyar, K. A., Blaauw, B. & Schiaffino, S. 2013. Muscle type and fiber type specificity in muscle wasting. *The international journal of biochemistry & cell biology*, 45: 2181-2199.
- Cipriani, C., Romagnoli, E., Carnevale, V., Raso, I., Scarpiello, A., Angelozzi, M., Tancredi, A., Russo, S., De Lucia, F., Pepe, J. & Minisola, S. 2012. Muscle strength and bone in healthy women: effect of age and gonadal status. *Hormones*, 11 (3): 325-332.
- Cormie, P., McBride, J. M. & McCaulley, G. O. 2009. Power-time, force-time, and velocity-time curve analysis of the CMJ: impact of training. *Journal of strength and conditioning research* 23 (1): 177-186.
- Cormie, P., McGuigan, M. & Newton, R. 2011. Developing maximal power. Part 1 – biological basis of maximal power production. *Sports Medicine*, 41 (1): 17–38.
- Crescenzo, R., Bianco, F., Mazzoli, A., Giacco, A., Liverini, G. & Iossa, S. 2015. Skeletal muscle mitochondrial energetic efficiency and aging. *International journal of molecular sciences*, 16: 10674-10685.
- Daley, A. J., Stokes-Lampard, H. J. & Macarthur, C. 2009. Exercise to reduce vasomotor and other menopausal symptoms: a review. *Maturitas*, 63 (3): 176-180.

- Dal Pupo, J., Detanico, D., & Santos, S. G. 2012. Kinetic parameters as determinants of vertical jump performance. *Brazilian Journal of Kinanthropometry and Human Performance*, 14: 41-51.
- Davidson, S. L., Bell, R., Donath, S., Montalto, J. G. & Davis, S. R. 2005. Androgen Levels in Adult Females: Changes with Age, Menopause, and Oophorectomy. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism* 90: 3847–3853.
- Davidson, S. L. & Davis, S. R. Androgens in women. 2003. *The Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology*, 85: 363–366.
- Davis, S. R., Davison, S. L., Donath, S. & Bell, R. J. 2005. Circulating androgen levels and self-reported Sexual Function in Women. *JAMA*, 294: 91-96.
- Delshad, M., Ghanbarian, A., Mehrabi, Y., Sarvghadi, F. & Ebrahim, K. 2013. Effect of Strength Training and Short-term Detraining on Muscle Mass in Women Aged Over 50 Years Old. *International Journal of Preventive Medicine*, 4 (12): 1386-1394.
- Deschenes, M. R. 2004. Effects of aging on muscle fibre type and size. *Sports medicine* 34 (12): 809-824.
- Desmedt, J. E. & Godaux, E. 1978. Ballistic contractions in fast or slow human muscles: discharge patterns of single motor units. *The Journal of physiology* 285: 185–196.
- De Villarreal, E. S., Gonzalez-Badillo, J. J. & Izquierdo, M. 2008. Low and moderate plyometric training frequency produce greater jumping and sprinting gains compared with high frequency. *Journal of Strength and Conditioning Research* 22: 715–725.
- De Villarreal, E., Kellis, E., Kraemer, W. J., & Izquierdo, M. 2009. Determining variables of plyometric training for improving vertical jump height performance: A meta-analysis. *Journal of Strength and Conditioning Research* 23: 495–506.
- De Villarreal, E. S., Izquierdo, M., & Gonzalez-Badillo, J. J. 2011. Enhancing jump performance after combined vs. maximal power, heavy-resistance, and plyometric training alone. *Journal of Strength and Conditioning Research* 25 (12): 3274-3281.
- De Villarreal, E. S., Requena, B. & Cronin, J. 2012. The effects of plyometric training on sprint performance: A meta-analysis. *Journal of strength and conditioning research* 26: 575–584.
- De Vito, G., Bernardi, M., Forte, R., Pulejo, C., Macaluso, A. & Figura, F. 1998. Determinants of maximal instantaneous muscle power in women aged 50-75 years. *European journal of applied physiology and occupational physiology* 78 (1): 59-64.
- De Vos, N. J., Singh, N. A., Ross, D. A., Stavrinou, T. M., Orr, R. & Fiatarone Singh, M. A. 2005. Optimal load for increasing muscle power during explosive resistance training in older adults. *The journals of gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences* 60 (5): 638-647.
- Devoto, L., Kohen, P., Muñoz, A. & Strauss, J. F. 2009. Human corpus luteum physiology and the luteal-phase dysfunction associated with ovarian stimulation. *Reproductive BioMedicine Online*, 18 (2): S19-S24.
- Dittmar, M. 2001. Comparison of soft tissue body composition in postmenopausal women with or without hormone replacement therapy considering the influence of reproductive history and lifestyle. *Annals of Human Biology*, 28: 207-221.
- Douchi, T., Yamamoto, S., Yoshimitsu, N., Andoh, T., Matsuo, T. & Nagata, Y. 2002. Relative contribution of aging and menopause to changes in lean and fat mass in segmental regions. *Maturitas*, 42 (4): 301-306.
- Drey, M. 2011. Sarcopenia - pathophysiology and clinical relevance. *Wiener medizinische Wochenschrift*, 161: 402-408.
- Dubnov, G., Brzezinski, A. & Berry, E. M. 2003. Weight control and the management of obesity after menopause: the role of physical activity. *Maturitas*, 44 (2): 89–101.

- Ecochard, R., Guillerm, A., Leiva, R., Bouchard, T., Direito, A. & Boehringer, H. 2014. Characterization of follicle stimulating hormone profiles in normal ovulating women. *Fertility & Sterility*, 102 (1): 237-243.
- Edwards, B. J. & Li, J. 2000. Endocrinology of menopause. *Periodontology*, 61 (1): 177-194.
- Ellis, K., Kerr, J., Godbole, S., Lanckriet, G., Wing, D. & Marshall, S. 2014. A random forest classifier for the prediction of energy expenditure and type of physical activity from wrist and hip accelerometers. *Physiological measurement* 35 (11): 2191-2203.
- Eloranta, V. 2003. Influence of sports background on leg muscle coordination in vertical jumps. *Electromyography and clinical neurophysiology*, 43: 141-156.
- Enns, D. L. & Tiidus, P. M. 2010. The influence of estrogen on skeletal muscle: sex matters. *Sports medicine*, 40 (1): 41-58.
- Enoka, R. M. & Fuglevand, A. J. 2001. Motor unit physiology: some unresolved issues. *Muscle Nerve* 24: 4-17.
- Enoka, R. M. 2015. *Neuromechanics of human movement*. 5. painos. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Faria, S. L., Faria, O. P., Cardeal, M. D. & Ito, M. K. 2014. Validation study of multi-frequency bioelectrical impedance with dual-energy X-ray absorptiometry among obese patients. *Obesity surgery* 24 (9): 1476-1480.
- Fehring, R. J., Schneider, M. & Raviele, K. 2006. Variability in the Phases of the Menstrual Cycle. *Journal of Obstetric, Gynecologic, & Neonatal Nursing*, 35: 376-384.
- Ferretti, G., Narici, M. V., Binzoni, T., Gariod, L., Le Bas, J. F., Reutenauer, H. & Cerretelli, P. 1994. Determinants of peak muscle power: effects of age and physical conditioning. *European journal of applied physiology and occupational physiology* 68 (2): 111-115.
- Fielding, R. A., LeBasseur, N. K., Cuoco, A., Bean, J., Mizer, K. & Fiatarone Singh, M. A. 2002. High-velocity resistance training increases skeletal muscle peak power in older women. *Journal of the American Geriatrics Society* 50(4):655-662.
- Figueroa, A., Going, S. B., Milliken, L. A., Blew, R. M., Sharp, S., Teixeira, P. J. & Lohman, T. G. 2003. Effects of exercise training and hormone replacement therapy on lean and fat mass in postmenopausal women. *The journals of gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences*, 58A: 266-270.
- Focke, A., Strutzenberger, G., Jekauc, D., Worth, A., Woll, A. & Schwameder, H. 2013. Effects of age, sex and activity level on counter-movement jump performance in children and adolescents. *European journal of sport science* 13 (5): 518-526.
- Fonseca, H., Powers, S. K., Gonçalves, D., Santos, A., Mota, M. P. & Duarte, J. A. 2012. Physical inactivity is a major contributor to ovariectomy-induced sarcopenia. *International journal of sports medicine*, 33: 268-278.
- Fragala, M. S. Kenny, A. M. & Kuchel, G. A. 2015. Muscle Quality in Aging: a Multi-Dimensional Approach to Muscle Functioning with Applications for Treatment. *Sports Medicine*, 45: 641-658.
- Frontera, W. R., Reid, K. F., Phillips, E. M., Krivickas, L. S., Hughes, V. A., Roubenoff, R. & Fielding, R. A. 2008. Muscle fiber size and function in elderly humans: a longitudinal study. *Journal of applied physiology*, 105: 637-642.
- Gabriel, K. K., Conroy, M. B., Schmid, K. K., Storti, K. L., High, R. R., Underwood, D. A., Kriska, A. M. & Kuller, L. H. 2011. The impact of weight and fat mass loss and increased physical activity on physical function in overweight, postmenopausal women: results from the Women on the Move Through Activity and Nutrition study. *Menopause*, 18 (7): 759-765.
- Galvão, D. A., Newton, R. U. & Taaffe, D. R. 2005. Anabolic responses to resistance training in older men and women: a brief review. *Journal of aging and physical activity*, 13 (3): 343-358.

- Garber, C. E., Blissmer, B., Deschenes, M. R., Franklin, B. A., Lamonte, M. J., Lee, I. M., Nieman, D. C. & Swain, D. P. 2011. American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Medicine and science in sports and exercise*, 43 (7): 1334-1359.
- Gudmundsdottir, S. L., Flanders, W. D. & Augestad, L. B. 2013. Physical activity and cardiovascular risk factors at menopause: the Nord-Trøndelag health study. *Climacteric*, 16 (4): 438-446.
- Guo, S. S., Zeller, C., Chumlea, W. C. & Siervogel, R. M. 1999. Aging, body composition, and lifestyle: the Fels Longitudinal Study. *The American journal of clinical nutrition* 70 (3): 405-411.
- Guo, W., Bradbury, K. E., Reeves, G. K. & Key, T. J. 2015. Physical activity in relation to body size and composition in women in UK Biobank. *Annals of epidemiology*, 25 (6): 406-413.
- Hale, G. E., Robertson, D. M., Burger, H. G. 2014. The perimenopausal woman: endocrinology and management. *The Journal of steroid biochemistry and molecular biology*, 142: 121-131.
- Harries, S. K., Lubans, D. R. & Callister, R. 2012. Resistance training to improve power and sports performance in adolescent athletes: A systematic review and meta-analysis. *Journal of science and medicine in sport* 15: 532–540.
- Harrison, A. J., Ryan, W. & Hayes, K. 2007. Functional data analysis of joint coordination in the development of vertical jump performance. *Sports biomechanics*, 6: 199-214.
- Haskell, W. L., Lee, I. M., Pate, R. R., Powell, K. E., Blair, S. N., Franklin, B. A., Macera, C. A., Heath, G. W., Thompson, P. D. & Bauman, A. 2007. Physical activity and public health: updated recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 39 (8): 1423-1434.
- Hausbrandt, L. & Tavi, V. 2007. *Nainen parasta vuosikertaa*. Helsinki: Teos.
- He, H., Yang, F., Liu, X., Zeng, X., Hu, Q., Zhu, Q. & Tu, B. 2007. Sex hormone ratio changes in men and postmenopausal women with coronary artery disease. *Menopause*, 14: 385-390.
- Heymsfield, S. B., Gallagher, D., Poehlman, E. T., Wolper, C., Nonas, K., Nelson, D. & Wang, Z. M. 1994. Menopausal changes in body composition and energy expenditure. *Experimental gerontology*, 29 (3-4): 377-389.
- Hinriksdóttir, G., Arngrímsson, S. Á., Misic, M. M. & Evans, E. M. 2013. Lean soft tissue contributes more to bone health than fat mass independent of physical activity in women across the lifespan. *Maturitas*, 74 (3): 264-269.
- Ho, S. C., Wu, S., Chan, S. G. & Sham, A. 2010. Menopausal transition and changes of body composition: a prospective study in Chinese perimenopausal women. *International journal of obesity*, 34 (8): 1265-1274.
- Hughes, D. C., Wallace, M. A. & Baar, K. 2015. Effects of aging, exercise, and disease on force transfer in skeletal muscle. *American Journal of Physiology - Endocrinology and Metabolism*, 309: E1–E10.
- Husu, P., Suni, J., Vähä-Ypyä, H., Sievänen, H., Tokola, K., Valkeinen, H., Mäki-Opas, T. & Vasankari, T. 2016. Objectively measured sedentary behavior and physical activity in a sample of Finnish adults: a cross-sectional study. *BMC Public Health* 16: 920.
- Häkkinen, K., Kraemer, W. J., Newton, R. U. & Alen, M. 2001. Changes in electromyographic activity, muscle fibre and force production characteristics during heavy resistance/power strength training in middle-aged and older men and women. *Acta Physiologica* 171 (1): 51–62.

- Ikozoe, T. Mori, N., Nakamura, M. Ichihashi, N. 2011. Age-related muscle atrophy in the lower extremities and daily physical activity in elderly women. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 53: e153–e157.
- Ishigaki, E. Y., Ramos, L. G., Carvalho, E. S. & Lunardi, A. C. 2014. Effectiveness of muscle strengthening and description of protocols for preventing falls in the elderly: a systematic review. *Brazilian journal of physical therapy*, 18: 111-118.
- Janssen, I., Heymsfield, B. S., Wang, Z. & Ross, R. 2000. Skeletal muscle mass and distribution in 468 men and women aged 18–88 yr. *Journal of Applied Physiology*, 89: 81–88.
- Jantunen, H., Wasenius, N., Salonen, M. K., Kautiainen, H., von Bonsdorff, M. B., Kajantie, E., Eriksson, J. G. Change in physical activity and health-related quality of life in old age – a 10-year follow-up study. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 29 (11): 1797-1804.
- Jensky-Squires, N. E., Dieli-Conwright, C. M., Rossuello, A., Erceg, D. N., McCauley, S. & Schroeder, E. T. 2008. Validity and reliability of body composition analysers in children and adults. *The British journal of nutrition* 100 (4): 859-865.
- Johnson, M. L., Robinson, M. M. & Nair, K. S. 2013. Skeletal muscle aging and the mitochondrion. *Trends in endocrinology and metabolism*, 24: 247-256.
- Jones, R. E. & Lopez, K. H. 2013. *Human Reproductive Biology*. 4. painos. Burlington, MA, USA. Elsevier Academic Press.
- Kamel, H. K., Maas, D., Duthie, E. H. Jr. 2002. Role of hormones in the pathogenesis and management of sarcopenia. *Drugs & aging*, 19: 865-877.
- Karelis, A. D., Fontaine, J., Messier, V., Messier, L., Blanchard, C., Rabasa-Lhoret, R. & Strychar, I. 2008. Psychosocial correlates of cardiorespiratory fitness and muscle strength in overweight and obese post-menopausal women: a MONET study. *Journal of Sports Sciences*, 26 (9): 935–940.
- Kase, N. G. 2003A. The normal human ovary part I: Reproductive and endocrine functions. Teoksessa Altchek, A., Deligdisch, L. & Kase, N. G. *Diagnosis and Management of Ovarian Disorders*. 2. painos. Elsevier Academic Press. 11-32.
- Kase, N. G. 2003B. Menopause. Teoksessa Altchek, A., Deligdisch, L. & Kase, N. G. *Diagnosis and Management of Ovarian Disorders*. 2. painos. Elsevier Academic Press. 387-414.
- Kawakami, Y., Abe, T. & Fukunaga, T. 1993. Muscle-fiber pennation angles are greater in hypertrophied than in normal muscles. *Journal of Applied Physiology*, 74: 2740–2744.
- Kawakami, Y., Abe, T., Kuno, S. & Fukunaga, T. 1995. Training-induced changes in muscle architecture and specific tension. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 72: 37–43.
- Kemmler, W., von Stengel, S., Engelke, K., Häberle, L., Mayhew, J. L. & Kalender, W. A. 2010. Exercise, body composition, and functional ability: a randomized controlled trial. *American journal of preventive medicine*, 38(3): 279-287.
- Kent-Braun, J. A., Callahan, D. M., Fay, J. L., Foulis, S. A. & Buonaccorsi, J. P. 2014. Muscle weakness, fatigue, and torque variability: effects of age and mobility status. *Muscle & nerve* 49 (2): 209-217.
- King, A. C., Haskell, W. L., Young, D. R., Oka, R. K. & Stefanick, M. L. 1995. Long-term effects of varying intensities and formats of physical activity on participation rates, fitness, and lipoproteins in men and women aged 50 to 65 Years. *Circulation*, 91 (10): 2596-2604.
- Knudson, D. V. 2009. Correcting the use of the term “power” in the strength and conditioning literature. *Journal of strength and conditioning research*, 23: 1902-1908.

- Kolu, P., Raitanen, J., Nygård, C.-H., Tomás, E., & Luoto, R. 2015. Cost-Effectiveness of Physical Activity among Women with Menopause Symptoms: Findings from a Randomised Controlled Trial. *PLoS ONE*, 10(8), e0135099.
- Kopper, B., Csende, Z., Trzaskoma, L. & Tihanyi, J. 2014. Stretch-shortening cycle characteristics during vertical jumps carried out with small and large range of motion. *Journal of electromyography and kinesiology*, 24 (2): 233-239.
- Kotzamanidis, C., Chatzopoulos, D., Michailidis, C., Papaiakevou, G. & Patikas, D. 2005. The effect of a combined high-intensity strength and speed training program on the running and jumping ability of soccer players. *Journal of strength and conditioning research* 19 (2): 369-375.
- Kraska, J. M., Ramsey, M. W., Haff, G. G., Fethke, N., Sands, W. A., Stone, M. E. & Stone, M. H. 2009. Relationship Between Strength Characteristics and Unweighted and Weighted Vertical Jump Height. *International journal of sports physiology and performance* 4 (4): 461-473.
- Kubo, K., Morimoto, M. & Komuro, T. 2007. Effects of plyometric and weight training on muscle-tendon complex and jump performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 39 (10): 1801-1810.
- Kubo, K., Kanehisa, H., Azuma, K., Ishizu, M., Kuno, S., Okada, M., Fukunaga, T. 2013. Muscle Architectural Characteristics in Women Aged 20 –79 Years. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 24: 125-130.
- Kyle, U. G., Genton, L., Hans, D., Karsegard, L., Slosman, D. O. & Pichard, C. 2001. Age-related differences in fat-free mass, skeletal muscle, body cell mass and fat mass between 18 and 94 years. *European journal of clinical nutrition* 55 (8): 663-672.
- Kyle, U. G., Bosaeus, I., De Lorenzo, A. D., Deurenberg, P., Elia, M., Manuel Gómez, J., Lilienthal Heitmann, B., Kent-Smith, L., Melchior, J. C., Pirlich, M., Scharfetter, H., Schols, A. & Pichard C. ESPEN. 2004. Bioelectrical impedance analysis-part II: utilization in clinical practice. *Clinical nutrition* 23 (6): 1430–1453.
- Laakkonen, E. K., Kulmala, J., Aukee, P., Hakonen, H., Kujala, U. M., Lowe, D. A., Kovanen, V., Tammelin, T. & Sipilä, S. 2017. Female reproductive factors are associated with objectively measured physical activity in middle-aged women. *PLoS ONE* 12 (2): e0172054.
- Laffaya, G., Wagner, P. P. & Tombleson, T. I. L. 2014. Countermovement Jump Height: Gender and Sport-Specific Differences in the Force-Time Variables. *Journal of Strength and Conditioning Research* 28 (4): 1096–1105.
- Lanza, I. R., Towse, T. F., Caldwell, G. E., Wigmore, D. M. & Kent-Braun, J. A. 2003. Effects of age on human muscle torque, velocity, and power in two muscle groups. *Journal of applied physiology* 95 (6): 2361-2369.
- Larsen, A. H., Sørensen, H., Puggaard, L. & Aagaard, P. 2009. Biomechanical determinants of maximal stair climbing capacity in healthy elderly women. *Scandinavian journal of medicine & science in sports* 19 (5): 678-686.
- Lasley, B. L., Crawford, S. & McConnell, D. S. 2011. Adrenal Androgens and the Menopausal Transition. *Obstetrics and Gynecology Clinics of North America*, 38: 467–475.
- Lawson, R., El-Toukhy, T., Kassab, A., Taylor, A., Braude, P., Parsons, J. & Seed, P. 2003. Poor response to ovulation induction is a stronger predictor of early menopause than elevated basal FSH: a life table analysis. *Human Reproduction*, 18 (3): 527-533.
- Lebrun, C. E., van der Schouw, Y. T., de Jong, F. H., Grobbee, D. E. & Lamberts, S. W. 2006. Fat mass rather than muscle strength is the major determinant of physical function and disability in postmenopausal women younger than 75 years of age. *Menopause*, 13 (3): 474-481.
- Lee, J-Y. & Lee, D-C. 2013. Muscle strength and quality are associated with severity of menopausal symptoms in peri- and post-menopausal women. *Maturitas*, 76: 88–94.

- Lee, J. A., Williams, S. M., Brown, D. D. & Laurson, K. R. 2015. Concurrent validation of the Actigraph gt3x+, Polar Active accelerometer, Omron HJ-720 and Yamax Digiwalker SW-701 pedometer step counts in lab-based and free-living settings. *Journal of sports sciences* 33 (10): 991-1000.
- Le Pellec, A. & Maton, B. 2002. Initiation of a vertical jump: the human body's upward propulsion depends on control of forward equilibrium. *Neuroscience letters*, 323 (3): 183–186.
- Ley, C. J., Lees, B. & Stevenson, J. C. 1992. Sex- and menopause-associated changes in body-fat distribution. *The American journal of clinical nutrition*, 55 (5): 950-954.
- Lexell, J., Taylor, C. C. & Sjöström, M. 1988. What is the cause of the aging atrophy? Total number, size and proportion of different fiber types studied in whole vastus lateralis muscle from 15- to 83-year-old men. *Journal of the neurological sciences*, 84: 275–294.
- Lexell, J. 1995. Human aging, muscle mass, and fiber type composition. *The Journals of Gerontology, Series A*. 50A (Special Issue): 11-16.
- Lightfoot, A. P., McCormick, R., Nye, G. A. & McArdle, A. 2014. Mechanisms of skeletal muscle ageing; avenues for therapeutic intervention. *Current Opinion in Pharmacology*, 16: 116–121.
- Linthorne, P. N. 2001. Analysis of Standing Vertical Jumps Using a Force Platform. *American Journal of Physics* 69 (11): 1198–1204.
- Lowe, D. A., Baltgalvis, K. A. & Greising, S. M. 2010. Mechanisms behind estrogen's beneficial effect on muscle strength in females. *Exercise and sport sciences reviews*, 38 (2): 61-67.
- Luhtanen, P. & Komi, P. V. 1987. Segmental contribution to forces in vertical jump. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* 38: 181–188.
- Mackala, K., Stodółka, J., Siemiński, A. & Coh, M. 2013. Biomechanical analysis of squat jump and countermovement jump from varying starting positions. *Journal of strength and conditioning research*, 27 (10): 2650-2661.
- MacKenzie, J. S., Lavers, R.J. & Wallace, B. B. 2014. A biomechanical comparison of the vertical jump, power clean, and jump squat. *Journal of Sports Sciences*. Published online.
- Maltais, M. L., Desroches, J. & Dionne, I. J. 2009. Changes in muscle mass and strength after menopause. *Journal of musculoskeletal & neuronal interactions*, 9: 186-197.
- Mansikkamäki, K., Raitanen, J., Nygård, C.-H., Tomás, E., Rutanen, R., & Luoto, R. 2015. Long-term effect of physical activity on health-related quality of life among menopausal women: a 4-year follow-up study to a randomised controlled trial. *BMJ Open*, 5 (9): e008232.
- Markovic, G., Dizdar, D., Jukic, I. & Cardinale, M. 2004. Reliability and factorial validity of squat and countermovement jump tests. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18 (3): 551–555.
- Markovic, G. 2007. Does plyometric training improve vertical jump height? A meta-analytical review. *British Journal of Sports Medicine* 41: 349-355.
- Markovic, S., Dragan, M., Nedeljkovic, A., & Jaric, S. 2014. Body size and countermovement depth confound relationship between muscle power output and jumping performance. *Human Movement Science* 33: 203–210.
- Markström, J. L. & Olsson, C.-J. 2013. Countermovement Jump Peak Force Relative to Body Weight and Jump Height as Predictors for Sprint Running Performances: (In)homogeneity of Track and Field Athletes? *Journal of strength and conditioning research* 27 (4): 944–953.
- Matthews, C. E., Ainsworth, B. E., Thompson, R. W. & Bassett, D. R. Jr. 2002. Sources of variance in daily physical activity levels as measured by an accelerometer. *Medicine and science in sports and exercise* 34 (8): 1376-1381.
- McArdle, W. D., Katch, F. I. & Katch, V. L. 2007. *Exercise physiology: energy, nutrition, and human performance*. 6. painos. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins cop.

- McErlain-Naylor, S., King, M. & Pain, M. T. 2014. Determinants of countermovement jump performance: a kinetic and kinematic analysis. *Journal of sports sciences*, 32 (19): 1805-1812.
- McTiernan, A., Stanford, J. L., Daling, J. R. & Voigt, L. F. 1998. Prevalence and correlates of recreational physical activity in women aged 50-64 years. *Menopause*, 5 (2): 95-101.
- Meeuwssen, I. B., Samson, M. M. & Verhaar, H. J. 2000. Evaluation of the applicability of HRT as a preservative of muscle strength in women. *Maturitas*, 36 (1): 49–61.
- Mesch, V. R., Siseles, N. O. Maidana, P. N., Boero, L. E., Sayegh, F., Prada, M., Royer, M., Schreier, L., Benencia, H. J. & Berg, G. A. 2008. Androgens in relationship to cardiovascular risk factors in the menopausal transition. *Climateric*, 11: 509-517.
- Messier, V., Rabasa-Lhoret, R., Barbat-Artigas, S., Elisha, B., Karelis, A. D. & Aubertin-Leheudre, M. 2011. Menopause and sarcopenia: A potential role for sex hormones. *Maturitas*, 68 (4): 331-336.
- Mihma, M., Gangooly, S. & Muttukrishna, S. 2011. The normal menstrual cycle in women. *Animal Animal Reproduction Science*, Volume 124 (3-4): 229–236.
- Milte, R. & Crotty, M. 2014. Musculoskeletal health, frailty and functional decline. *Best practice & research: Clinical rheumatology*, 28 (3): 395-410.
- Moir, G., Button, C., Glaister, M., & Stone, M. H. 2004. Influence of familiarization on the reliability of vertical jump and acceleration sprinting performance in physically active men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18 (2): 276-280.
- Moore, B. A., Bembem, D. A., Lein, D. H., Bembem, M. G. & Singh, H. 2020. Fat Mass Is Negatively Associated with Muscle Strength and Jump Test Performance. *The Journal of frailty & aging* 9 (4): 214-218.
- Mora-Custodio, R., Rodríguez-Rosell, D., Pareja-Blanco, F., Yañez-García, J. M., González-Badillo, J. J. 2016. Effect of Low- vs. Moderate-Load Squat Training on Strength, Jump and Sprint Performance in Physically Active Women. *International journal of sports medicine* 37 (6): 476-482.
- Moss, B. M., Refsnes, P. E., Abildgaard, A., Nocolaysen, K. & Jensen, J. 1997. Effects of maximal effort strength training with different loads on dynamic strength, cross-sectional area, load-power and load-velocity relationships. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 75 (3): 193-199.
- Mäkinen, T., Valkeinen, H., Borodulin, K. & Vasankari, T. 2012. *Fyysinen aktiivisuus. Teoksessa Koskinen, S., Lundqvist, A. & Ristiluoma, N. (toim.) Terveys, toimintakyky ja hyvinvointi Suomessa 2011. Terveysten ja hyvinvoinnin laitos (THL), Raportti 68/2012. Tampere: Juvenes Print – Suomen Yliopistopaino Oy. 55-58.*
- Narici, M.V. 1999. Human skeletal muscle architecture studied in vivo by non-invasive imaging techniques: functional significance and applications. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 9: 97-103.
- Nelson, L. R. & Bulun, S. E. 2001. Estrogen production and action. *Journal of the american academy of dermatology*, 45: S116–S124.
- Nikolaidis, P. T. 2013. Body mass index and body fat percentage are associated with decreased physical fitness in adolescent and adult female volleyball players. *Journal of research in medical sciences* 18 (1): 22-26.
- Nilwik, R., Snijders, T., Leenders, M., Groen, B. B., van Kranenburg, J., Verdijk, L.B. & van Loon, L. J. 2013. The decline in skeletal muscle mass with aging is mainly attributed to a reduction in type II muscle fiber size. *Experimental Gerontology*, 48: 492-498.
- Norman, A. W. & Henry, H. L. 2014. Estrogens and Progestins. *Teoksessa Norman, A. W. & Henry, H. L. 2014. Academic Press, Elsevier. 275–296.*

- Nunes, P. R., Barcelos, L. C., Oliveira, A. A., Furlanetto, Júnior R., Martins, F. M., Orsatti, C. L., Resende, E. A. & Orsatti, F. L. 2016. Effect of resistance training on muscular strength and indicators of abdominal adiposity, metabolic risk, and inflammation in postmenopausal women: controlled and randomized clinical trial of efficacy of training volume. *Age*, 38 (2): 40.
- Nussey, S. & Whitehead, S. 2001. *Endocrinology: An Integrated Approach*. Oxford: BIOS Scientific Publishers. Viitattu 7.8.2016. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK22/>.
- Nuzzo, J. L., McBride, J. M., Cormie, P. & McCaulley, G. O. 2008. Relationship between countermovement jump performance and multijoint isometric and dynamic tests of strength. *Journal of strength and conditioning research*, 22 (3): 699-707.
- Novotny, S. A., Warren, L. G. & Hamrick, M. W. 2015. Aging and the Muscle-Bone Relationship. *Physiology*, 30: 8-16.
- Pandy, M. G., Zajac, F. E., Sims, E. & Levine, W. S. 1990. An optimal control model for maximum-height human jumping. *Journal of biomechanics*, 23 (12): 1185-1198.
- Panoutsakopoulos, V., Papachatzis, N. & Kollias, I. A. 2014. Sport specificity background affects the principal component structure of vertical squat jump performance of young adult female athletes. *Journal of Sport and Health Science*, 3: 239-247.
- Paolillo, F. R., Milan, J. C., de Godoy Bueno, P., Paolillo A. R., Borghi-Silva, A., Parizotto, N. A., Arena, R., Kurachi, C. & Bagnato, V. S. 2012. Effects of excess body mass on strength and fatigability of quadriceps in postmenopausal women. *Menopause*, 19 (5): 556-561.
- Pereira, A., Izquierdo, M., Silva, A. J., Costa, A. M., González-Badillo, J. J. & Marques, M. C. 2012. Muscle performance and functional capacity retention in older women after high-speed power training cessation. *Experimental gerontology* 47 (8): 620-624.
- Perrini, S., Laviola, L., Carreira, M. C., Cignarelli, A., Natalichio, A. & Giorgino, F. 2010. The GH/IGF1 axis and signaling pathways in the muscle and bone: mechanisms underlying age-related skeletal muscle wasting and osteoporosis. *Journal of Endocrinology*, 205: 201–210.
- Peterson, M. D., Sen, A. & Gordon, P. M. 2011. Influence of resistance exercise on lean body mass in aging adults: a meta-analysis. *Medicine and science in sports and exercise*, 43 (2): 249-258.
- Phillips, S. K., Rook, K. M., Siddle, N. C., Bruce, S. A. & Woledge, R. C. 1993. Muscle weakness in women occurs at an earlier age than in men, but strength is preserved by hormone replacement therapy. *Clinical Science*, 84: 95-98.
- Pisciottano, M. V. C., Pinto S. S., Szejnfeld, V. L. & Castro, C. H. M. 2014. The relationship between lean mass, muscle strength and physical ability in independent healthy elderly women from the community. *The Journal of Nutrition, Health & Aging*, 18: 554-558.
- Power, G. A., Dalton, B. H. & Rice, C. L. 2013. Human neuromuscular structure and function in old age: A brief review. *Journal of sport and health science* 2 (4): 215-226.
- Prince, S. A., Adamo, K. B., Hamel, M. E., Hardt, J., Gorber, S. C., & Tremblay, M. 2008. A comparison of direct versus self-report measures for assessing physical activity in adults: a systematic review. *The International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 5, 56.
- Purves-Smith, F. M., Sgarioto, N. & Hepple, R. T. 2014. Fiber Typing in Aging Muscle. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 42: 45-52.
- Pääsuke, M., Ereline, J. & Gapeyeva, H. 2003. Age-related differences in knee extension rate of isometric force development and vertical jumping performance in women. *The Journal of sports medicine and physical fitness* 43 (4): 453–458.
- Pöllänen, E., Sipilä, S., Alen, M., Ronkainen, P. H. A., Ankarberg-Lindgren, C., Puolakka, J., Suominen, H., Hämäläinen, E., Turpeinen, U., Konttinen, Y. & Kovanen, V. 2011.

- Differential influence of peripheral and systemic sex steroids on skeletal muscle quality in pre- and postmenopausal women. *Aging Cell* 10 (4), 650–660.
- Pöllänen, E., Kangas, R., Horttanainen, M., Niskala, P., Kaprio, J., Butler-Browne, G., Mouly, V., Sipilä, S. & Kovanen, V. 2015. Intramuscular sex steroid hormones are associated with skeletal muscle strength and power in women with different hormonal status. *Aging Cell*, 14: 236-248.
- Rantanen, T., Parkatti, T. & Heikkinen, E. 1992. Muscle strength according to level of physical exercise and educational background in middle-aged women in Finland. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 65: 507–512.
- Reid, K. F. & Fielding, R. A. 2012. Skeletal Muscle Power: A Critical Determinant of Physical Functioning In Older Adults. *Exercise and sport sciences reviews* 40 (1) 4-12.
- Reiser, R., F., Rocheford, E., C. & Armstrong, C., J. 2006. Building a Better Understanding of Basic Mechanical Principles Through Analysis of the Vertical Jump. *National Strength and Conditioning Association* 8 (4): 70-80.
- Ricci, T. A., Heymsfield, S. B., Pierson, R. N. Jr., Stahl, T., Chowdhury, H. A. & Shapses, S. A. 2001. Moderate energy restriction increases bone resorption in obese postmenopausal women. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 73 (2): 347 -352.
- Richter, A., Räßle, S., Kurz, G. & Schwameder, H. 2012. Countermovement jump in performance diagnostics: Use of the correct jumping technique. *European Journal of Sport Science* 12 (3): 231-237.
- Rittweger, J., Schiessl, H., Felsenberg, D. & Runge, M. 2004. Reproducibility of the Jumping Mechanography As a Test of Mechanical Power Output in Physically Competent Adult and Elderly Subjects. *Journal of the American Geriatrics Society*, 52: 128–131.
- Rogers, M. A. & Evans, W. J. 1993. Changes in skeletal muscle with aging: effects of exercise training. *Exercise and sport sciences reviews* 21: 65-102.
- Rolland, Y., Czerwinski, S., Abellan Van Kan, G., Morley, J. E., Cesari, M., Onder, G., Woo, J., Baumgartner, R., Pillard, F., Boirie, Y., Chumlea, W. M. & Vellas, B. 2008. Sarcopenia: its assessment, etiology, pathogenesis, consequences and future perspectives. *The Journal of Nutrition, Health & Aging*, 12: 433-450.
- Roos, M. R., Rice, C. L. & Vandervoort, A. A. 1997. Age-related changes in motor unit function. *Muscle & Nerve*, 20: 679-690.
- Rosenberg, I.H. 2011. Sarcopenia: origins and clinical relevance. *Clinics in Geriatric Medicine*, 27: 337–339.
- Rothman, M. S., Carlson, N. E., Xu, M., Wang, C., Swerdloff, R., Lee, P., Goh, V. H. H., Ridgeway, E. C. & Wierman, M. E. 2011. Reexamination of Testosterone, Dihydrotestosterone, Estradiol and Estrone Levels across the Menstrual Cycle and in Postmenopausal Women Measured by Liquid Chromatography Tandem Mass Spectrometry. *Steroids*, 76: 177–182.
- Runge, M., Rittweger, J., Russo, C. R., Schiessl, H. & Felsenberg, D. 2004. Is muscle power output a key factor in the age-related decline in physical performance? A comparison of muscle cross section, chair-rising test and jumping power. *Clinical physiology and functional imaging* 24 (6): 335-340.
- Samozino, P., Rejc, E., Di Prampero, P. E., Belli, A., & Morin, J. B. 2012. Optimal force–velocity profile in ballistic movements—Altius: Citius or Fortius? *Medicine and Science in Sports and Exercise* 44 (2): 313–322.
- Samson, M. M., Meeuwsen, I. B., Crowe, A., Dessens, J. A., Duursma, S. A. & Verhaar, H. J. 2000. Relationships between physical performance measures, age, height and body weight in healthy adults. *Age and ageing*, 29: 235-242.

- Sanada, K., Miyachi, M., Tabata, I., Suzuki, K., Yamamoto, K., Kawano, H., Usui, C. & Higuchi, M. 2009. Differences in body composition and risk of lifestyle-related diseases between young and older male rowers and sedentary controls. *Journal of sports sciences* 27 (10): 1027-1034.
- Santoro, N. 2005. The menopausal transition. *The American Journal of Medicine*, 118 (12B): 8S–13S.
- Sarrel, P. M. 2002. Androgen deficiency: menopause and estrogen-related factors. *Fertility and Sterility*, 77: 63-67.
- Schiaffino, S. & Reggiani, C. 1996. Molecular diversity of myofibrillar proteins: gene regulation and functional significance. *Physiological reviews*, 76 (2): 371-423.
- Schoenaker, D. A., Jackson, C. A., Rowlands, J. V. & Mishra, G. D. 2014. Socioeconomic position, lifestyle factors and age at natural menopause: a systematic review and meta-analyses of studies across six continents. *International Journal of Epidemiology* 43 (5): 1542–1562.
- Sherman, B. M., West, J. H. & Korenman, S. G. 1976. The menopausal transition: analysis of LH, FSH, estradiol, and progesterone concentrations during menstrual cycles of older women. *The Journal of clinical endocrinology and metabolism*, 42 (4): 629-636.
- Siglinsky, E., Krueger, D., Ward, R. E., Caserotti, P., Strotmeyer, E. S., Harris, T. B., Binkley, N. & Buehring, B. 2015. Effect of age and sex on jumping mechanography and other measures of muscle mass and function. *Journal of musculoskeletal & neuronal interactions*, 15 (4): 301-308.
- Sims, S. T., Kubo, J., Desai, M., Bea, J., Beasley, J. M., Manson, J. E., Allison, M., Seguin, R. A., Chen, Z., Michael, Y. L., Sullivan, S. D., Beresford, S. & Stefanick, M. L. 2013. Changes in physical activity and body composition in postmenopausal women over time. *Medicine and science in sports and exercise*, 45 (8): 1486-1492.
- Sipilä, S., Taaffe, D. R., Cheng, S., Puolakka, J., Toivanen, J. & Suominen, H. 2001. Effects of hormone replacement therapy and high-impact physical exercise on skeletal muscle in postmenopausal women: a randomized placebo-controlled study. *Clinical Science*, 101: 147–157.
- Sipilä, S. 2003. Body composition and muscle performance during menopause and hormone replacement therapy. *Journal of endocrinological investigation*, 26: 893-901.
- Sipilä, S. & Poutamo, J. 2003. Muscle performance, sex hormones and training in peri-menopausal and post-menopausal women. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 13(1): 19-25.
- Sipilä, S., Koskinen, S. O., Taaffe, D. R., Takala, T. E., Cheng, S., Rantanen, T., Toivanen, J. & Suominen, H. 2004. Determinants of lower-body muscle power in early postmenopausal women. *Journal of the American Geriatrics Society* 52 (6): 939-944.
- Sipilä, S., Finni, T. & Kovanen, V. 2015. Estrogen influences on neuromuscular function in postmenopausal women. *Calcified tissue international*, 96: 222–233.
- Sirola, J. & Rikkonen, T. 2005. Muscle performance after the menopause. *The journal of the British Menopause Society*, 11 (2): 45-50.
- Smerdu, V., Karsch-Mizrachi, I., Campione, M., Leinwand, L. & Schiaffino, S. 1994. Type IIx myosin heavy chain transcripts are expressed in type IIb fibers of human skeletal muscle. *The American journal of physiology*, 267 (6 Pt 1): C1723-C1728.
- Smith, R. L., Flaws, J. A. & Gallicchio, L. 2015. Does quitting smoking decrease the risk of midlife hot flashes? A longitudinal analysis. *Maturitas*, 82: 123–127.
- Snijders, T., Verdijk, L. B. & van Loon L. J. C. 2009. The impact of sarcopenia and exercise training on skeletal muscle satellite cells. *Ageing Research Reviews*, 8: 328-338.

- Sousa-Victor, P., García-Prat, L., Serrano, A. L., Perdiguero, E. & Muñoz-Cánoves, P. 2015. Muscle stem cell aging: regulation and rejuvenation. *Trends in endocrinology and metabolism*, 26: 287-296.
- Sowers, M., Zheng, H., Tomey, K., Karvonen-Gutierrez, C., Jannausch, M., Li, X., Yosef, M., & Symons, J. 2007. Changes in Body Composition in Women Over Six Years at Midlife: Ovarian and Chronological Aging. *The Journal of clinical endocrinology and metabolism*, 92 (3): 895–901.
- Sternfeld, B., Bhat, A. K., Wang, H., Sharp, T. & Quesenberry, C. P. Jr. 2005. Menopause, physical activity, and body composition/fat distribution in midlife women. *Medicine and science in sports and exercise* 37 (7): 1195-1202.
- Sternfeld, B., & Dugan, S. 2011. Physical Activity and Health During the Menopausal Transition. *Obstetrics and Gynecology Clinics of North America* 38 (3): 537–566.
- Stevens, J. E., Stackhouse, S. K., Binder-Macleod, S. A. & Snyder-Mackler, L. 2003. Are voluntary muscle activation deficits in older adults meaningful? *Muscle & Nerve* 27 (1): 99-101.
- Straight, C. R., Ward-Ritacco, C. L. & Evans, E.M. 2015. Association between accelerometer-measured physical activity and muscle capacity in middle-aged postmenopausal women. *Menopause* 22 (11): 1204-1211.
- Strath, S. J., Kaminsky, L. A., Ainsworth, B. E., Ekelund, U., Freedson, P. S., Gary, R. A., Richardson, C. R., Smith, D. T. & Swartz, A. M. 2013. Guide to the assessment of physical activity: clinical and research applications. *Circulation* 128. <https://doi.org/10.1161/01.cir.0000435708.67487.da>.
- Sun, G., French, C. R., Martin, G. R., Younghusband, B., Green, R. C., Xie, Y. G., Mathews, M., Barron, J. R., Fitzpatrick, D. G., Gulliver, W. & Zhang, H. 2005. Comparison of multifrequency bioelectrical impedance analysis with dual-energy X-ray absorptiometry for assessment of percentage body fat in a large, healthy population. *The American journal of clinical nutrition* 81 (1): 74-78.
- Svendsen, O., L., Hassager, C. & Christiansen, C. 1995. Age- and menopause-associated variations in body composition and fat distribution in healthy women as measured by dual-energy x-ray absorptiometry. *Metabolism* 44 (3): 369–373.
- Sööt, T., Jürimäe, T., Jürimäe, J., Gapeyeva, H. & Pääsuke, M. 2005. Relationship between leg bone mineral values and muscle strength in women with different physical activity. *Journal of bone and mineral metabolism* 23 (5): 401-406.
- Tachibana, K., Yashiro, K., Miyazaki, J., Ikegami, Y. & Higuchi, M. 2007. Muscle cross-sectional areas and performance power of limbs and trunk in the rowing motion. *Sports biomechanics*, 6 (1): 44-58.
- Taffe, J. R. & Dennerstein, L. 2002. Menstrual patterns leading to the final menstrual period. *Menopause: The Journal of The North American Menopause Society*, 9: 32–40.
- Taube, W., Leukel, C. & Gollhofer, A. 2012. How Neurons Make Us Jump: The Neural Control of Stretch-Shortening Cycle Movements. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 40 (2): 106–115.
- Teixeira, P. J., Going, S. B., Houtkooper, L. B., Metcalfe, L. L., Blew, R. M., Flint-Wagner, H. G, Cussler, E. C., Sardinha, L. B. & Lohman, T. G. 2003. Resistance training in postmenopausal women with and without hormone therapy. *Medicine and science in sports and exercise*, 35 (4): 555-562.
- Temfemo, A., Hugues, J., Chardon, K., Mandengue, S. H. & Ahmaidi, S. 2009. Relationship between vertical jumping performance and anthropometric characteristics during growth in boys and girls. *European journal of pediatrics*, 168 (4): 457-464.

- Thurlow, S., Taylor-Covill, G., Sahota, P., Oldroyd, B. & Hind, K. 2018. Effects of procedure, upright equilibrium time, sex and BMI on the precision of body fluid measurements using bioelectrical impedance analysis. *European journal of clinical nutrition* 72 (1): 148-153.
- Tiidus, P. M., Lowe, D. A. & Brown, M. 2013. Estrogen replacement and skeletal muscle: mechanisms and population health. *Journal of applied physiology*, 115: 569–578.
- Tilastokeskus. 2020. Väestö. Päivitetty 6.3.2020. Luettu 25.3.2020. https://www.tilastokeskus.fi/tup/suoluk/suoluk_vaesto.html.
- Tosun, Ö.Ç., Mutlu, E. K., Tosun, G., Ergenoğlu, A. M., Yenieli, A. Ö., Malkoç, M., Aşkar, N. & İtil İ. M. 2015. Do stages of menopause affect the outcomes of pelvic floor muscle training? *Menopause*, 22: 175-184.
- Toth, M. J., Tchernof, A., Sites, C. K. & Poehlman, E. T. 2000. A. Menopause-related changes in body fat distribution. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 904: 502-506.
- Toth, M. J., Tchernof, A., Sites, C. K. & Poehlman, E. T. 2000. B. Effect of menopausal status on body composition and abdominal fat distribution. *International journal of obesity and related metabolic disorders* 24 (2): 226-231.
- Toumi, H., Best, T. M., Martin, A. & Poumarat, G. 2004. A. Muscle plasticity after weight and combined (weight + jump) training. *Medicine and science in sports and exercise* 36 (9): 1580-1588.
- Toumi, H., Best, T. M., Martin, A., F'Guyer, S. & Poumarat, G. 2004. B. Effects of eccentric phase velocity of plyometric training on the vertical jump. *International journal of sports medicine* 25 (5): 391-398.
- Trémollières, F. A., Pouilles, J-M. & Ribot, C. A. 1996. Relative influence of age and menopause on total and regional body composition changes in postmenopausal women. *American journal of obstetrics and gynecology* 175 (6): 1594–1600.
- Tricoli, V., Lamas, L., Carnevale, R. & Ugrinowitsch, C. 2005. Short-term effects on lower-body functional power development: weightlifting vs. vertical jump training programs. *Journal of strength and conditioning research* 19 (2): 433-437.
- Trost, S. G., McIver, K. L. & Pate, R. R. 2005. Conducting accelerometer-based activity assessments in field-based research. *Medicine and science in sports and exercise* 37 (11 Suppl): S531-S543.
- Umberger, B. R. 1998. Mechanics of the vertical jump and two-joint muscles: implications for training. *Strength and Conditioning*, 20: 70-74.
- Vanezis, A. & Lees, A. 2005. A biomechanical analysis of good and poor performers of the vertical jump. *Ergonomics*, 48 (11-14): 1594-1603.
- Venturelli, M., Morgan, G. R., Donato, A. J., Reese, V., Bottura, R., Tarperi, C., Milanese, C., Schena, F., Reggiani, C., Naro, F., Cawthon, R. M. & Richardson, R. S. 2014. Cellular aging of skeletal muscle: telomeric and free radical evidence that physical inactivity is responsible and not age. *Clinical Science*, 127: 415–421.
- Vihko, K. K. 1996. Gonadotropins and ovarian gonadotropin receptors during the perimenopausal transition period. *Maturitas*, 23: S19-S22.
- Vihko, K. 2004. Hormoneja vai ei? Kysymyksiä ja vastauksia vaihdevuosisista. Helsinki: Tammi.
- Volpi, E., Nazemi, R. & Fujita, S. 2004. Muscle tissue changes with aging. *Current opinion in clinical nutrition and metabolic care*, 7: 405-410.
- Vähä-Ypyä, H., Vasankari, T., Husu, P., Suni, J. & Sievänen, H. 2015. A universal, accurate intensity-based classification of different physical activities using raw data of accelerometer. *Clinical physiology and functional imaging* 35 (1): 64-70.

- Wang, Q., Hassager, C., Ravn, P., Wang, S. & Christiansen, C. 1994. Total and regional body-composition changes in early postmenopausal women: age-related or menopause-related? *The American journal of clinical nutrition* 60 (6): 843-848.
- Ward, D. S., Evenson, K. R., Vaughn, A., Rodgers, A. B. & Troiano, R. P. 2005. Accelerometer use in physical activity: best practices and research recommendations. *Medicine and science in sports and exercise* 37 (11 Suppl): S582-S588.
- WHO. 2013. *The world health report 2013: research for universal health coverage*. WHO Press: Luxembourg.
- WHO. 2010. *Global recommendations on physical activity for health*. WHO Press: Geneva.
- Widrick, J., Stelzer, J. & Shoepe, T. 2002. Functional properties of human muscle fibers after short-term resistance exercise training. *American Journal of Physiology - Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 283 (2): 408-416.
- Wiik, A., Ekman, M., Johansson, O., Jansson, E. & Esbjörnsson, M. 2009. Expression of both oestrogen receptor alpha and beta in human skeletal muscle tissue. *Histochemistry and Cell Biology* 131 (2), 181–189.
- Wilson, G. J. & Murphy, A. J. 1996. The use of isometric tests of muscular function in athletic assessment. *Sports medicine* 22 (1): 19–37.
- Yasui, T., Matsui, S., Tani, A., Kunimi, K., Yamamoto, S. & Irahara, M. 2012. Androgen in postmenopausal women. *The journal of medical investigation*, 59: 12-27.
- Yhdistyneet kansakunnat. 2015. *World Population Prospects: The 2015 Revision, Key Findings and Advance Tables*. Department of Economic and Social Affairs, Population Division.
- Zhang, J., Chen, G., Lu, W., Yan, X., Zhu, S., Dai, Y., Xi, S., Yao, C. & Bai, W. 2014. Effects of physical exercise on health-related quality of life and blood lipids in perimenopausal women: a randomized placebo-controlled trial. *Menopause*, 21 (12): 1269-1276.
- Zhou, Z., Zheng, L., Wei, D., Ye, M. & Li, X. 2013. Muscular strength measurements indicate bone mineral density loss in postmenopausal women. *Clinical Interventions in Aging*, 8: 1451-1459.