

<http://www.jyu.fi/library/tutkielmat/233/>

**KESTÄVYYS- JA VOIMAHARJOITTELUN VAIKUTUS 76-78-VUOTIAIDEN NAISTEN
SEERUMIN ESTRADIOLIN, TESTOSTERONIN JA SUKUPUOLIHORMONEJA
SITOVAN GLOBULIININ PITOISUUKSIIN.**

**Gerontologian ja
kansanterveyden
pro gradu-tutkielma**

**Brita Friman
Jyväskylän yliopisto
Terveystieteen laitos
Kevät 1997**

TIIVISTELMÄ

Brita Friman (1997). Kestävyys- ja voimaharjoittelun vaikutus 76 - 78-vuotiaiden naisten seerumin estradiolin, testosteronin ja sukupuolihormoneja sitovan globuliinin pitoisuuksiin.

Gerontologian ja kansanterveyden pro gradu -tutkielma

Jyväskylän yliopisto, Terveystieteen laitos, Kevät 1997, 51 sivua

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää missä määrin 18-viikkoa kestävä intensiivinen kestävyys- ja voimaharjoittelu vaikuttaa 76 - 78-vuotiaiden naisten seerumin estradioli-, testosteroni- ja SHBG:n pitoisuuksiin sekä tesosteroni/ SHBG suhteisiin. Tutkimusta varten valittiin satunnaisotannalla 240 vuonna 1915-1917 syntynyttä jyväskyläläistä naista. Alkukyselyn, lääkirintarkastuksen ja kliinisen kuormituskokeen jälkeen tutkimukseen valittiin 42 naista, joilla ei todettu vasta-aiheita intensiiviseen fyysiseen harjoitteluun. Koehenkilöt satunnaistettiin kestävyys- (n=15), voima- (n=16) ja kontrolliryhmään (n=11). Kestävyys- ja voimaryhmän naiset harjoittelivat ohjatusti kolme kertaa viikossa tunnin kerrallaan. Kestävyysryhmän harjoittelu sisälsi ratakävelyä kaksi kertaa ja step aerobic-voimistelua kerran viikossa. Voimaryhmän koehenkilöt harjoittelivat kuntosalilla paineilmalaitteilla. Voimaharjoittelu sisälsi kolmesta neljään liikesarjaa, joissa kussakin oli 8-10 toistoa.

Kaikki ryhmät mukaan lukien seerumin estradiolin pitoisuuden keskiarvot muuttuivat merkitsevästi ($p < 0.001$) 18 viikon aikana. Ryhmien sisällä kestävyysryhmässä estradiolin pitoisuus kohosi keskimäärin 23 % ($p = 0.088$) ja voimaryhmässä keskimäärin 26 % ($p = 0.063$) alkumittauksen ja 9 viikon välillä. Voimaryhmässä estradiolin pitoisuus aleni 9 ja 18 viikon välillä keskimäärin 12 % ($p = 0.079$) ja kontrolliryhmässä keskimäärin 13 % ($p = 0.086$). Koeryhmien muutokset eivät olleet kuitenkaan merkitsevästi suurempia kuin kontrolliryhmässä. Testosteronin pitoisuudessa ei havaittu tilastollisesti merkitseviä muutoksia. SHBG:n pitoisuuden keskiarvo nousi 7% ($p = 0.097$) tutkimusjakson aikana. Voimaryhmässä pitoisuus kohosi keskimäärin 6 % ($p = 0.080$), mutta muutos ei ollut merkitsevästi suurempi kuin kontrolliryhmässä. Testosteroni/SHBG -suhde ei muuttunut myöskään merkitsevästi.

Tulokset osoittavat, että muutamia kuukausia kestävä kestävyys- tai voimaharjoittelu ei muuta merkitsevästi iäkkäiden naisten sukuhormonien ja SHBG:n pitoisuuksia. Ryhmien sisällä havaitut yksittäiset muutokset antavat kuitenkin aihetta jatkotutkimuksille, joissa tulisi myös lisätä harjoittelun kestoa ja intensiteettiä sekä tutkittavien lukumäärää.

| | |
|--|----|
| 1. JOHDANTO | 1 |
| 2. SUKUHORMONIT JA SUKUPUOLIHORMONEJA SITOVA GLOBULIINI (SHBG) | 2 |
| 2.1. Sukuhormonit | 2 |
| 2.1.1. Estradioli | 3 |
| 2.1.2. Testosteroni | 4 |
| 2.2. Sukupuolihormoneja sitova globuliini (SHBG) ja testosteroni/SHBG -suhd ϵ | |
| 2.3. Naisen sukuhormonien s \ddot{a} ately ja toiminta | 6 |
| 2.3.1. I \ddot{a} n vaikutus munasarjojen hormonitoimintaan | 6 |
| 2.3.2. Postmenopausaalinen ajanjakso | 9 |
| 2.4. Lis \ddot{a} munuaisten androgeeniset hormonit | 10 |
| 3. FYYSISEN HARJOITTELUN VAIKUTUKSET ESTRADIOLIN, TESTOSTERONIN JA SUKUPUOLIHORMONEJA SITOVAN GLOBULIININ (SHBG) PITOISUUKSIIN. | 12 |
| 3.1. Liikunnan akuutit vaikutukset | 13 |
| 3.2. Pitk \ddot{a} kestoisen fyysisen harjoittelun vaikutukset | 16 |
| 3.2.1. Estradioli | 16 |
| 3.2.2. Testosteroni | 19 |
| 3.2.3. SHBG | 21 |
| 3.2.4. Testosteroni/SHBG -suhde | 22 |
| 3.3. Yhteenveto | 23 |
| 4. TUTKIMUKSEN TARKOITUS | 25 |
| 5. AINEISTO JA TUTKIMUSMENETELM \ddot{A} T | 25 |
| 5.1. Koehenkil \ddot{o} t | 25 |
| 5.2. Fyysinen harjoittelu | 26 |
| 5.3. Antropometriset mittaukset | 28 |
| 5.4. Estradiolin, testosteronin ja SHBG:n pitoisuuksien mittaukset | 28 |
| 5.5. Tilastolliset analyysit | 29 |

| | |
|---------------------------------------|----|
| 6. TULOKSET | 30 |
| 6.1. Antropometriset mittaukset | 30 |
| 6.2. Estradioli | 32 |
| 6.3. Testosteroni | 34 |
| 6.4. SHBG | 34 |
| 6.5. Testosteroni/SHBG -suhde | 35 |
| | |
| 7. POHDINTA | 37 |
| 7.1. Estradioli | 39 |
| 7.2. Testosteroni | 40 |
| 7.3. SHBG | 42 |
| 7.4. Testosteroni/SHBG -suhde | 43 |
| 7.5. Yhteenveto | 44 |
| | |
| 8. LÄHTEET | 46 |

1. JOHDANTO

Ihmisen ikääntyessä tapahtuu hänen elimistössään rakenteellisia ja toiminnallisia muutoksia, joiden ajankohta ja aste vaihtelevat yksilöittäin. Esimerkiksi hermolihasjärjestelmän muutokset liittyvät iäkkään henkilön elimistön hormonaaliseen tilaan sekä liikunnan vähentymiseen päivittäisiä askareita suoritettaessa. Useiden tutkimuksien mukaan liikunnan avulla voidaan lieventää monia vanhenemisilmiöitä. (Suominen 1978, Heikkinen ym.1984, Fiatarone 1992).

Tiedetään, että ihmisen elimistössä vallitsee monimutkainen hormonaalinen tasapainotila anabolisten ja katabolisten hormonien välillä. Ihmiskehon itsensä tuottamilla hormoneilla on havaittu olevan tärkeä merkitys elimistössä vallitsevalle tasapainotilalle. Naisilla ilmenee ennen vaihdevuotia ja muutamana vuonna sen jälkeen merkittäviä muutoksia sukuhormonien pitoisuuksissa. Iäkkäillä naisilla seerumin estradiolin pitoisuudet ovat alentuneet enemmän kuin testosteronin pitoisuudet sekä ihmisen ikääntyessä kohoaa seerumin sukupuolihormoneja sitovan globuliinin (SHBG) pitoisuus.

Liikunta sisältää sekä lyhyt- että pitkäkestoisia vaikutuksia veressä kiertäviin sukuhormonien pitoisuuksiin. Kirjallisuudesta löytyy runsaasti tutkimuksia miesurheilijoiden (miehiltä) fyysisen harjoittelun vaikutuksista sukuhormonien ja sukupuolihormoneja sitovan globuliinin (SHBG) pitoisuuksiin. Myös vastaavia tutkimuksia naisurheilijoilta ja naisilta on alettu tehdä enemmän 1980-luvulta lähtien. Sitä vastoin postmenopausaalisilta naisilta hormoneja on tutkittu lääketieteellisissä tutkimuksissa paljon, mutta koeasetelmiin ei ole juurikaan sisällytetty fyysisen harjoittelun vaikutusten selvittämistä. Yleensä tutkimuksia fyysisen harjoittelun vaikutuksista iäkkäiden naisten seerumin estradiolin, testosteronin ja SHBG:n pitoisuuksiin löytyi kirjallisuudesta vähän, minkä vuoksi näin sen mielenkiintoisena ja tärkeänä tutkimuksen kohteena.

Tutkimukseni aiheeni on, missä määrin 76 - 78-vuotiaiden naisten 18 viikkoa kestävä intensiivinen kestävyys- ja voimaharjoittelu vaikutti seerumin estradiolin, testosteronin ja sukupuolihormoneja sitovan globuliinin (SHBG) pitoisuuksiin sekä laskennallisesti saataviin testosteroni/SHBG -suhteisiin.

2. SUKUHORMONIT JA SUKUPUOLIHORMONEJA SITOVA GLOBULIINI (SHBG)

2.1. Sukuhormonit

Hermosto ja endokriininen (neuroendokriininen) järjestelmä ovat elimistössä kaksi suurta säätelyjärjestelmää, jotka ylläpitävät homeostaasia, tasapainotilaa soluissa, kudoksissa ja koko kehossa. Hormonit osallistuvat kasvun säätelyyn säätelemällä kehon sisäisiä tapahtumia, vaikuttamalla verenpaineeseen, sykkeeseen, kehon lämpötilaan ja happo-emästasapainoon sekä luun, lihasten ja rasvakudoksen määrään. (Kontula & Leinonen 1992).

Osa hormoneista vaikuttaa hormonaaliseen tasapainoon varastoja rakentavasti eli anabolisesti (muun muassa sukupuolihormonit, insuliini) ja osa varastoja pienentävästi eli katabolisesti (muun muassa kortisoli). Lasten elimistössä ilmenee voimakas anabolia. Katabolinen vaikutus puolestaan tulee esiin esimerkiksi sairauksissa (osteoporoosi) ja vanhuudessa. (Nienstedt ym. 1987). Kilpirauhashormoni on sekä anabolinen että katabolinen ja se vaikuttaa yleiseen aineenvaihduntaan (Nienstedt ym. 1987, Lamberg ym. 1992).

Sukuhormonit eli steroidihormonit erittyvät endokriinisistä rauhasista ja ovat suhteellisen pienikokoisia yhdisteitä, joilla on laaja vaikutusalue ja säätelijäosuus. Ne säätelevät muun muassa sukupuoliominaisuuksien syntyä (estrogeenit ja androgeenit), raskauden ylläpitoa (progesteroni), energia-aineenvaihduntaa ja elektrolyyttitasapainoa. Kaikkien sukuhormonien lähtöaineena voidaan pitää kolesterolia, josta synteetin avulla muodostuu muun muassa testosteronia ja estradiolia. Sukuhormonit ohjautuvat kohdesoluihin soluvälinesteeseen liuenneina. (Jänne 1987, Kontula & Leinonen 1992).

Hormonireseptorit nähdään välttämättöminä, mutta ne eivät ole sinänsä hormonien toiminnalle riittäviä komponentteja. Reseptoriproteiinit ovat spesifejä vastaaville steroideille (esimerkiksi

estradiolille ja testosteronille) ja steroidivaikutuksille. Sukuhormonit rasvaliukoisina yhdisteinä kulkeutuvat solukalvojen läpi ja sitoutuvat tumissa tai sytoplasmoissa sijaitseviin reseptoriproteiineihin. Syntyneet hormonireseptorikompleksit muuttavat spesifisti proteiinisynteesiä. (Jänne 1987, Kontula & Leinonen 1992).

2.1.1. Estradioli

Estradiolin voidaan sanoa syntetisoituvan kolesterolista (Seppälä & Laatikainen 1992). Sen on osoitettu olevan vaikutukseltaan tärkein estrogeeni, joita ovat myös estroni ja estrioli. Estradiolihormoni muodostuu sukukypsillä naisilla pääasiassa munasarjoissa kypsyvissä follikkeleissa ja keltarauhasessa, kun se miehillä muodostuu kiveksissä. Osa estrogeeneistä muodostuu miehillä ja naisilla lisämunaisten ja gonadien tuottamista androgeeneista maksassa ja rasvakudoksissa. Naisille munasarjojen ulkopuolisella estrogeenisynteesillä on merkitystä erityisesti menopaussin jälkeen. (Adlercreutz 1977, Brown & Cooper 1992).

Estradioli on sitoutunut veressä kuljettajaproteiineihin: sukupuolihormoneja sitovaan globuliiniin (SHBG) keskimäärin 37 %, albumiiniin keskimäärin 61 % (sitoutuminen usein löyhää) sekä muihin proteiineihin. Biologisesti aktiivista estradiolia on vapaa estradioli. (Kontula & Leinonen 1992). Estradiolin pitoisuus riippuu myös soluissa olevien spesifisten estradiolireseptorien tilasta ja toisten hormonien osuuksista (Bunt 1986). Sukukypsässä (fertiilissä) iässä olevien naisten estradiolin vaikuttavan pitoisuuden muovaa merkittävältä osuudelta progesteroni sekä munasarjojen toiset steroidihormonit, joilla voi olla monia "antiestrogeenisia" vaikutuksia (Jensen 1987).

Estrogeenien vaikutus ei rajoitu naisilla vain sukurauhasiin ja hypotalamus - hypofyysi-akselille. Estrogeenit vaikuttavat naiskeholle ominaiseen kasvuun ja kypsyymiseen sekä plasman lipoproteiineihin ja kalsiumin tasapainoon. (Harman & Blackman 1992). Estrogeeneillä on heikko anabolinen vaikutus ja ne vaikuttavat lihasvoimiin. Estradiolin metabolian toiminta parantaa fyysistä kestävyyttä lisäämällä lipidien saatavuutta ja hyväksikäyttöä sekä glukogeneesiä. (Nicklas

ym.1989, Constance ym. 1995). Naisilla estrogeenin pitoisuuden aleneminen aiheuttaa lihasvoimien heikkenemistä ja lisää kaatumistaipumusta sekä aiheuttaa joidenkin muiden hormonien kiertävien osuuksien muutoksia. (Morley ym. 1992).

2.1.2. Testosteroni

Testosteronin voidaan sanoa syntetisoituvan kolesterolista. Testosteroni on miesten tärkein androgeeni, joka muodostuu heillä lähinnä kivesten Leydigin soluissa. Fertiilissä iässä naisilla keskimäärin 40 % androsteenidionista ja 20 % testosteronista muodostuu munasarjoissa ja molempien pitoisuudet kohoavat ennen ovulaatiota. Postmenopausaalisilla naisilla munasarjojen testosteronin ja androsteenidionin erityis jatkuu. (Seppälä & Laatikainen 1984, Huhtaniemi ym. 1992). Naisilla keskimäärin 50 % verenkierrossa kiertävästä testosteronista muodostuu lisämunuaisissa (Deschenes ym. 1991) ja testosteronin vuorokausituotanto on vajaa kymmenesosa miesten vuorokausituotannosta. Naisilla yksilöiden väliset erot testosteronin pitoisuudessa ovat suhteellisesti huomattavasti suuremmat kuin miehillä. (Westerlind ym. 1987, Huhtaniemi ym. 1992).

Suurin osa testosteronista on sitoutunut kuljetusproteiineihin, lähinnä SHBG:in (sex hormone binding globulin) ja albumiiniin. Naisilla testosteroni sitoutuu SHBG:in noin 80-prosenttisesti, albumiiniin 19-prosenttisesti ja keskimäärin yksi prosentti (miehillä 2-3 prosenttia) on vapaassa muodossa. (Vihko ym. 1985). Testosteronilla on huomattava anabolinen vaikutus lihassoluksoon. Samoin sillä on yhteys fyysiseen suorituskyykyyn. Tämä tulee selvästi esiin esimerkiksi puberteetin aikana poikien parempina urheilusuorituksina samanikäisten tyttöjen suorituksiin verrattuna. (Lamb 1975, Deschenes ym. 1991). Naisilla absoluuttinen testosteronipitoisuus näyttäisi olevan läheisessä yhteydessä myös voiman harjoitettavuuteen (Häkkinen 1990). Biologisesti aktiivista testosteronia on vapaa testosteroni, jota on veressä keskimäärin kaksi prosenttia. (Huhtaniemi ym. 1992).

2.2. Sukupuolihormoneja sitova globuliini (SHBG) ja testosteroni/SHBG -suhde

Veressä kiertävä SHBG syntetisoidaan ilmeisesti maksassa; estrogeenit suurentavat ja androgeenit pienentävät sen pitoisuutta. Sukupuolihormoneista osa kiinnittyy SHBG:in, osa löyhemmin albumiineihin sekä pieni osa muihin proteiineihin. Kuljettajaproteiinien biologinen merkitys näyttäisi olevan toimia hormonivarastoina, joista elimistö voi ottaa sukuhormonit nopeasti käyttöön. (Kontula 1984, Kontula & Leinonen 1992).

Testosteronia sitoutuu SHBG:iin kolme kertaa enemmän kuin estradiolia. Naisilla SHBG:n pitoisuus on usein normaalia matalampi muun muassa liikalihavuudessa ja hypotyreoosissa. Sen pitoisuus suurenee 5 - 10-kertaiseksi raskauden aikana ja kohoaa estrogeenihoidon aikana. Aikuisilla miehillä SHBG:n pitoisuus on noin puolet naisten vastaavasta. Vapaan testosteronin ja vapaan estradiolin prosenttiosuuden kasvaessa SHBG:n pitoisuus alenee. Ikääntyessä SHBG:n pitoisuus kohoaa sekä miehillä että naisilla. (Dunn ym. 1981, Kontula 1984, Brown & Cooper 1992).

Postmenopausaalisilla naisilla on todettu negatiivinen suhde SHBG:n pitoisuuksien ja luun tiheyden välillä. SHBG havaittiin paremmaksi luun tiheyden ja luun vähenemisen indikaattoriksi kuin estradioli tai estroni. (Van Hemrt ym. 1989, Suominen & Rahkila 1991). Sekä pre- että postmenopausaalisilla naisilla alentunut SHBG:n pitoisuus näyttää liittyvän matalaan HDL-kolesteroliin ja korkeaan LDL-kolesteroliin (Masarei ym. 1980).

Vapaan testosteronin indeksi, testosteroni/SHBG- suhde, voidaan laskea kokonaistestosteroni- ja SHBG-arvoista. Tällöin saadaan kuva vapaan testosteronin tasosta. Iäkkäiden naisten testosteroni/SHBG -suhteet ovat erittäin merkitsevästi alempia kuin iäkkäiden miesten vastaavat suhteet. Erilaisten fyysisten kuormitusten ja harjoittelun yhteydessä on käytetty testosteroni/SHBG -suhdetta kuvaamaan elimistön anabolia - katabolia-tasapainotilaa (Kuoppasalmi 1981, Stenman 1992, Häkkinen & Pakarinen 1993).

2.3. Naisen sukuhormonien säätely ja toiminta

Hypotalamus yhdistää aivolisäkkeen välityksellä keskushermoston endokriiniseen järjestelmään. Hypotalamus ohjaa sukupuolelle ominaista kehitystä erittämällä hypofyysistä porttilaskimoon gonadotropiineja vapauttavaa hormonia (GnRH), joka erittyy naisilla sysäyksittäin. Munasarjojen hormonien tuotanto riippuu hypotalamuksen säätelemästä aivolisäkkeen gonadotropiinien erityksestä. Gonadotropiineja ovat follikkelia stimuloiva hormoni (FSH) ja luteinisoiva hormoni (LH). Fertiilissä iässä naisilla FSH stimuloi munarakkulan eli Graafin follikkelin ja siihen kuuluvan munasolun kasvua, kehitystä ja estradiolisynteesiä. Samalla LH mahdollistaa ovulaation. (Brown & Cooper 1992, Pelkonen 1992, Seppälä & Laatikainen 1992).

Ennen menopaussia GnRH:n erittyminen alkaa lisääntyä asteittain. Ensin kohoavat FSH-pitoisuudet ja sen jälkeen LH-pitoisuudet. Keskimäärin kolmen vuoden kuluttua menopaussista niiden pitoisuudet ovat nousseet huippuunsa. FSH:n ja LH:n pitoisuuksien kohoaminen johtuu munasarjojen steroidihormonien aiheuttaman GnRH-erityksen negatiivisen palautesäätelyn vähittäisestä heikkenemisestä. FSH:n ja LH:n erityks lisääntyy virtsaan, myöhemmin niiden veressä olevissa pitoisuuksissa ilmenee asteittaista, vähäistä alenemista. (Brown 1985, Brown & Cooper 1992).

2.3.1. Iän vaikutus munasarjojen hormonitoimintaan

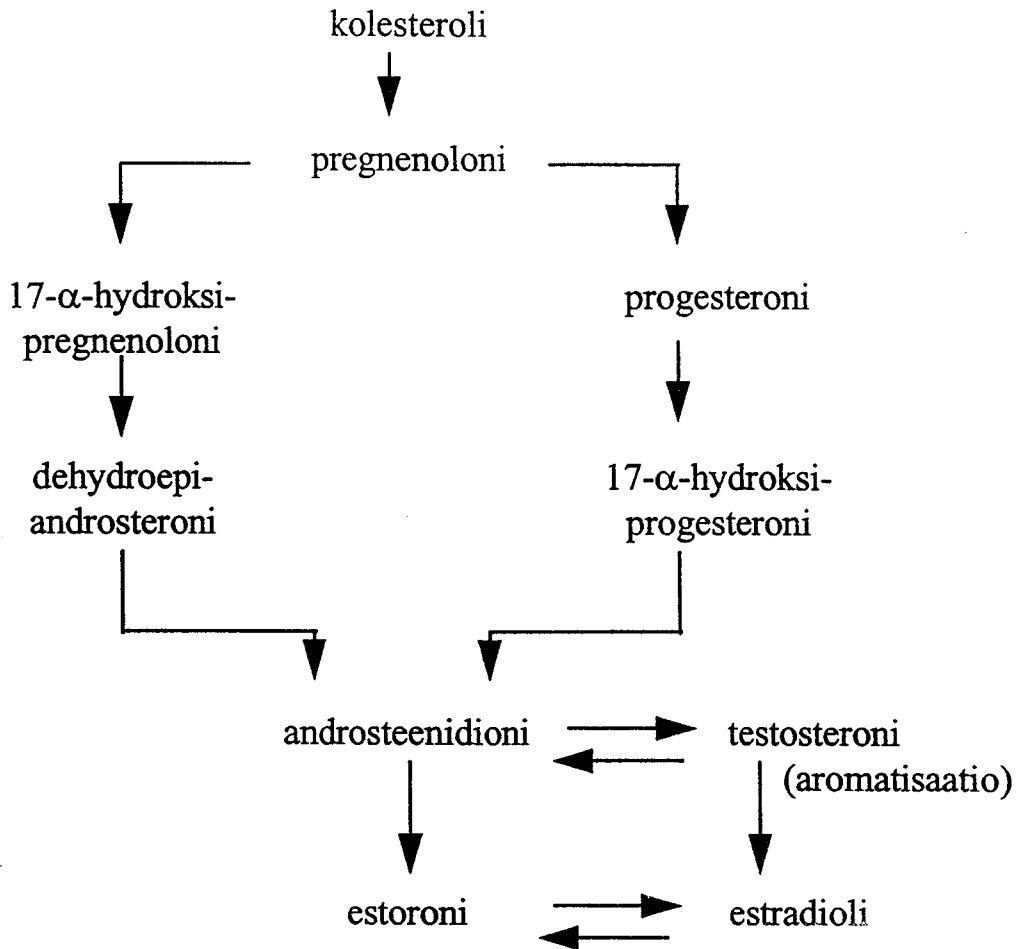
Sikiövaiheessa ja murrosiässä sukupuolihormonit ovat tärkeimmät sukupuolista kehittymistä säätelevät tekijät tytöillä. Tyttöjen munasarjat eivät ilmeisesti ole toiminnassa sikiökaudella ja leikki-iässä, jolloin verenkierrossa on vain pieniä määriä sukupuolihormoneja. Murrosiässä tytöillä munasarjojen hormonien erityks lisääntyy, ilmenee ensimmäinen kuukautisvuoto (menarke), tapahtuu kasvupyrahdyks, vartalon muoto muuttuu, naiselliset piirteet muodostuvat sekä saavutetaan sukukypsyys. (Nienstedt ym. 1987).

Fertiilissä iässä naisilla estradioli ja pieni määrä estronia muodostuu pääasiassa munasarjoissa kypsyvissä follikkeleissa ja keltarauhasissa (kuva 1). Sukuhormonien erityisvaihtelee kuukautisrytmin mukaan. Estradioli on niukimmillaan kuukautiskierron alussa, lisääntyy munarakkuloiden (follikkelien) kehittyessä ja saavuttaa huippupitoisuuden noin kahta vuorokautta ennen ovulaatiota. Estradiolihuippu saavuttaa aikaan hypotalamus-hypofyysiin positiivisen palautteen, jolloin LH-eritys nopeasti lisääntyy ja ovulaatio mahdollistuu. (Seppälä & Laatikainen 1984, Nienstedt ym. 1987).

Estrogeenin ja progesteronin yhteisvaikutuksena syntyy keskushermostoon negatiivinen palaute, jolloin GnRH:n erityisvaihtelee. Tällöin mahdollistuu uusi kuukautiskierto. (Seppälä & Laatikainen 1984). Munasarjoissa muodostuu androgeeneja (testosteroni ja androsteenidioni), jotka edistävät muun muassa sukupuolista kehittymistä ja libidoa (Harman & Blackman 1992, Nachhign 1996). Naisilla LH stimuloi munasarjoja erittämään testosteronia verenkiertoon (Deschenes ym. 1991). Myös androgeenien pitoisuus kohoaa ennen ovulaatiota (Seppälä & Laatikainen 1984).

Naisen kuukautiskiertoihin tulee usein häiriöitä 50. ikävuoden lähestyessä, jolloin esimerkiksi monen kierron aikana ei tapahdu ovulaatiota. Menopausin aikana munasarjojen estrogeenien muodostuminen loppuu, koska toimivat follikkelit loppuvat. Estradiolierityksen vähetessä estradiolin aivolisäkkeeseen kohdistuva negatiivinen palaute GnRH -eritykseen loppuu. Aivolisäkkeen stimulaatio lisääntyy sekä FSH:n ja LH:n pitoisuudet nousevat, jolloin hormonien erityksessä tapahtuu jyrkkä muutos. Androgeenien tuotanto jatkuu munasarjoissa (Brown & Cooper 1992, Huhtaniemi 1996).

Menopausin jälkeen muun muassa suvunjatkamiskyky häviää, suk rauhaset pienenevät ja limakalvot ohenevat. Estrogeenien vähenemisen aiheuttamia oireita ovat muun muassa kuumat aallot, hikoilupuuskat, unettomuus ja hermostuneisuus. (Nienstedt ym. 1987, Brown & Cooper 1992, Seppälä & Laatikainen 1992). Toisaalta menopausin aikana ilmenneiden psyykkisten oireiden leimaaminen ainoastaan hormonitaudiksi nähdään asenteelliseksi ja jäykäksi lähtökohdaksi (Huhtaniemi 1996).



Kuva 1. Steroidihormonien synteesi munasarjoissa.

Seppälä M. ja Laatikainen T. Gynekologinen endokrinologia, s. 418, kirjassa: Kliininen endokrinologia 1992 (toim. Lamberg B-A., Koivisto V., Pelkonen R.). Kaaviota on yksinkertaistettu tähän tutkielmaan.

2.3.2. Postmenopausaalinen ajanjakso

Postmenopausi (tasannevuodet) alkaa menopausista, kun ikääntyneen naisen spontaania amenorreaa on jatkunut vuoden ajan (WHO 1981). Postmenopausaalisilla naisilla munasarjojen estrogeenieritys on loppunut, mutta tästä huolimatta estrogeenit eivät lopu elimistöstä. Estroni on pääasiallinen estrogeeni ikääntyneillä naisilla. Sen biologinen aktiivisuus on 1/10 estradioliin nähden ja estrogeeneista estriolilla näyttäisi olevan heikko rooli. Estradiolin pitoisuus on keskimäärin 13 pg/ml, joka on likimain 20 % fertiilin iän naisten pitoisuudesta. Estronin pitoisuus on keskimäärin 35 pg/ml (eri lähdekirjat antavat eri viitearvoja). Munasarjoissa sekä lisämunuaisissa androgeenien muodostuminen jatkuu, ja ne aromatisoituvat perifeerisessä rasvakudoksessa estroniksi ja estradioliksi (Brown & Cooper 1992, Harman & Blackman 1992).

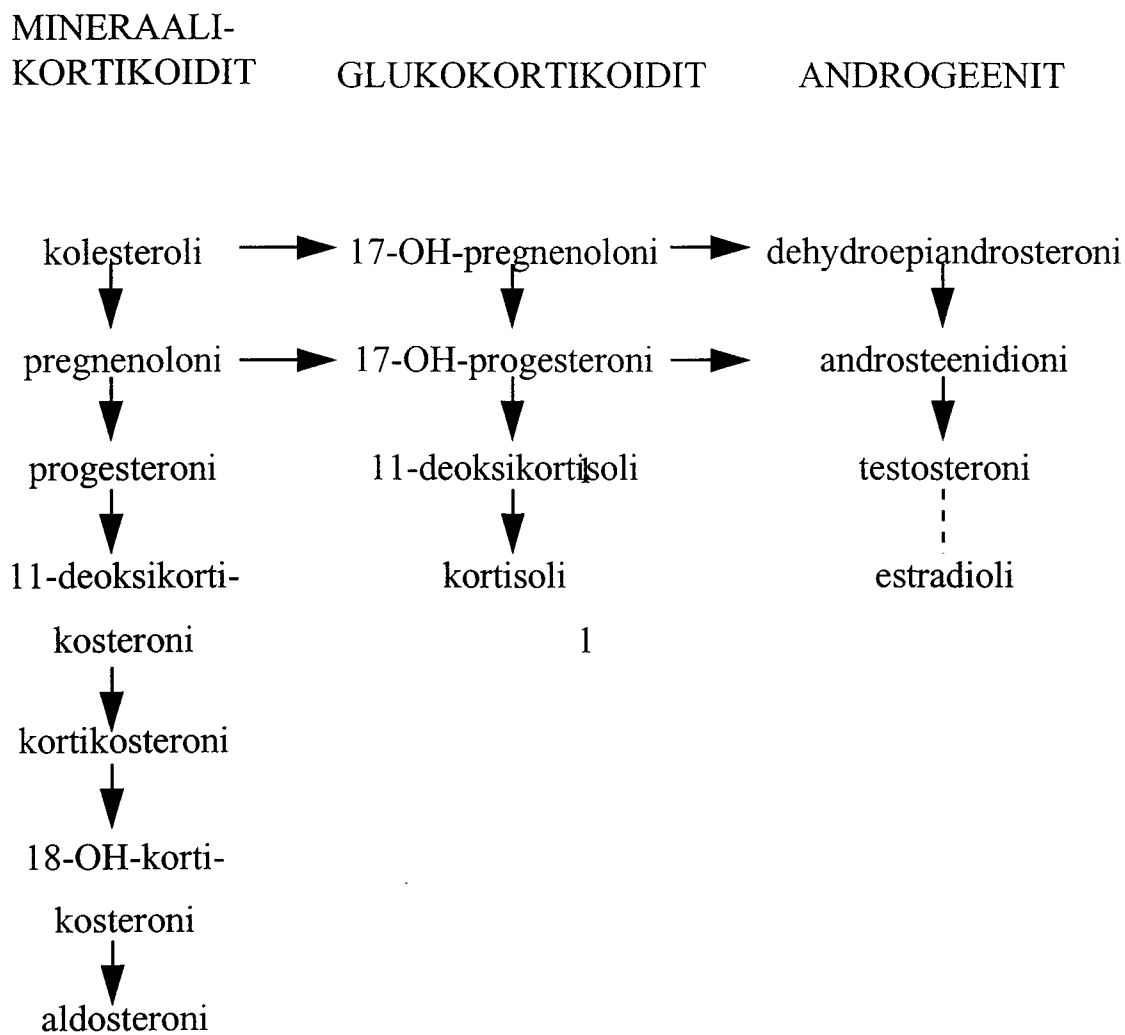
Ylipainoisilla postmenopausaalisilla naisilla estronin tuotanto saattaa olla 4 - 5-kertainen normaalipainoisiin verrattuna ja tällöin ylipainoisuuden aste on seerumin estroni- ja estradiolipitoisuuksien määräävin tekijä (Cauley ym. 1989). Suurempi lihasmassa voi myös vaikuttaa seerumin sukuhormonien pitoisuuksiin, sillä androsteenidionin aromatisoitumista estroniksi tapahtuu myös lihaskudoksessa (MacDonald ym. 1978).

Androgeenien pitoisuus laskee lievästi postmenopausaalisen ajanjakson kuluessa. Samoin androgeenien ja estrogeenien suhteen muutos tapahtuu siten, että edellisen osuus kasvaa jälkimmäisen osuuteen verrattaessa. (Brown & Cooper 1992, Harman & Blackman 1992). Ikääntyvien naisten estradiolipitoisuuksien aletessa ilmenee heillä enemmän esimerkiksi osteoporoosia. Lisäksi sydän- ja verisuonisairauksien riski kasvaa keskimäärin miesten tasolle. Eri tutkimuksissa iäkkäiden naisten sairastumisen osteoporoosiin ja ateroskleroosiin nähdään liittyvän myös ikääntymiseen. (Riggs & Melton 1986, Barrett-Connor & Bush 1991, Barrett-Connor & Langer 1992).

2.4. Lisämunuaisten androgeeniset hormonit

Lisämunuaisista erittyy erilaisia androgeenisia hormoneja, jotka ovat biologiselta teholtaan yleensä heikkoja. Kolesteroliesteri hydrolysoituu vapaaksi kolesteroliksi (kuva 2), joka pilkkoutuu steroidisynteesin avulla androsteenidioniksi, josta edelleen testosteroniksi, estroniksi ja myös estradioliksi. (Pelkonen 1984, Pelkonen 1992).

Androgeenien tuotanto alkaa lisääntyä yleensä 8-10 vuoden iässä. Lisämunuaisten androgeeneilla on tärkeä vaikutus murrosiän aikana eli puberteetissa. Tällöin tapahtuu elimistössä esimerkiksi pituuskasvua ja kainalokarvoitusta sekä esiintyy aknea. (Nienstedt ym. 1987). Naisilla muodostuu lisämunuaisissa androgeeneja, jotka sitten periferiassa aromatisoituvat muun muassa estroniksi ja estradioliksi yhdessä munasarjoista peräisin olevien androgeenien kanssa (Harman & Blackman 1992). Menopausin jälkeen lisämunuaiset ovat naisen tärkein androgeenilähde. ACTH-hormonin on todettu säätelevän lisämunuaisten androgeenieritystä, mutta myös prolaktiinin on esitetty osallistuvan säätelytoimintaan. (Laatikainen & Sane 1992). Ikääntyminen ei muuta androsteendiionin tai testosteronin osuuksia lisämunuaisissa (Morley ym. 1992).



Kuva 2. Steroidihormonien synteesi lisämunuaisissa.

Pelkonen R. Lisämunuaiset, s. 250, kirjassa Kliininen endokrinologia 1992 (toim. Lamberg B-A., Koivisto V., Pelkonen R.). Kaaviota on yksinkertaistettu tähän tutkielmaan.

3. FYYSISEN HARJOITTELUN VAIKUTUKSET ESTRADIOLIN, TESTOSTERONIN JA SUKUPUOLIHORMONEJA SITOVAN GLOBULIININ (SHBG) PITOISUUKSIIN

Iäkkäiden ihmisten lihaksissa ja luustossa sekä sydän- ja verenkiertoelimistössä tapahtuvia fysiologisia muutoksia ei ole vielä täysin selvitetty, mutta esimerkiksi hormonit ja liikunta liittyvät niihin. Myös neuroendokriinisen funktion heikkeneminen liittyy ikääntymiseen, jolloin homeostaattisen kapasiteetin sekä paineiden sietokyvyn nähdään alenevan (Suominen 1978, Heikkinen ym. 1984, Craig 1989, Fiatarone 1992). Siitä, miten iäkkäät henkilöt adaptoituvat akuutteihin stressitekijöihin sekä millä laajuudella liikunnan harrastaminen voisi parantaa neuroendokriinistä vastetta, tiedetään vähän (Silverman & Mazzeo 1996). Liikuntamuodoista iäkkäät ihmiset ovat voineet käyttää onnistuneesti hyödykseen muun muassa kävelyä, voimistelua ja progressiivista voimaharjoittelua (Brown ym. 1990, Fiatarone ym. 1990).

Naisten liikunnan vaikutuksia hormonien statukseen on tutkittu eniten naisurheilijoilta (Bunt 1990). Buntin (1990) mukaan monia liikuntainterventioita on arvioitu ilman kontrolloituja tuloksia ja tutkimuksen tulokset ovat sen tähden usein hyvinkin ristiriitaisia. Monien tutkimusten mukaan fyysinen harjoittelu voi vaikuttaa naisten steroidihormonien monimutkaisiin metaboolisiin tapahtumiin ja sitä kautta fyysinen harjoittelu voi muuttaa elimistössä monia eri komponentteja (Constance ym. 1995).

Postmenopausaalisilla naisilla alentuneet endogeenisten (sisäsyntyisten) estrogeenien pitoisuudet liittyvät osteoporoosiin sekä sydän- ja verenkiertosairauksiin (Barrett-Connor & Bush 1991, Rizzoli & Bonjour 1997). Toisaalta Barrett-Connor ja Langer (1992) pitävät hämmästyttävänä, että eri tutkimuksissa iäkkäiden naisten endogeenisten sukuhormonien pitoisuuksia ei ole verrattu sydänsairauden riskitekijöihin. Barrett-Connor ja Langerin mukaan ei ole vielä täysin selvitetty endogeenisten sukuhormonien yhteyttä postmenopausaalisten naisten sairauksien riskitekijöihin.

Nuorilla ja iäkkäillä naisilla absoluuttinen testosteronipitoisuus näyttäisi olevan läheisessä yhteydessä muun muassa voiman harjoitettavuuteen, mikä voi ilmetä suhteellisen lyhyessäkin liikunnallisessa jaksossa (Häkkinen 1990, Häkkinen & Pakarinen 1995). On myös mahdollista, että naisilla voi olla muita sisäsyntyisiä hormonimekanismeja, joilla voisi olla fysiologisessa adaptaatiossa tärkeää roolia (Kraemer W. ym 1991). Fyysisen harjoittelun on havaittu muuttavan veressä SHBG:n pitoisuuksia (Cumming ym. 1987).

3.1. Liikunnan akuutit vaikutukset

Akuutti liikunta on osa fysiologista stressiä, joka määrää hormonipitoisuuksien ja metabolian muutoksia sekä muuttuneissa tilanteissa vaikuttaa ihmisen homeostaattisen mekanismin adaptoitumiseen (Silverman & Mazzeo 1996). Erilaiset fyysiset aktiivisuuksien muodot ovat tärkeitä tutkittaessa hormonien vastetta liikuntaan. Esimerkiksi intensiivinen, lyhytkestoinen fyysinen kuormitus aiheuttaa hormonaalisessa säätelyjärjestelmässä akuutin stressivasteen, joka voidaan havaita verestä useiden hormonien pitoisuuksien muutoksina. (Kuoppasalmi ym. 1980, Keizer ym. 1987, Kraemer R. ym. 1995).

Naisilla fertiilissä iässä fyysisen liikunnan vaikutukset hormonien pitoisuuksiin voidaan mitata ja ajoittaa kuukautiskierron follikulaariseen tai luteaaliseen ajankohtaan (Jurkowski ym. 1981). Eniten estradiolipitoisuuksia on havainnointu kuukautiskierron aikoina oleviin erilaisiin progesteronin pitoisuuksiin (De Souza ym. 1990). Muutamissa tutkimuksissa estradiolipitoisuuksille ei ole raportoitu minkäänlaista yhteyttä kuukautiskierron eroihin (Bunt 1986). Naisilla postmenopausaalisella (tasannevuosina) ajanjaksolla sukuhormonien pitoisuudet eivät normaalisti muutu suuresti eri ajankohtina (Brown & Cooper 1992).

Fertiilissä iässä olevilla terveillä naisilla lyhytkestoisen, intensiivisen, väsymykseen saakka viedyn ergometripyörän polkemisen sekä juoksemisen on todettu lisänneen erittäin merkittävästi estradiolin pitoisuutta (Jurkowski ym. 1978, Webb ym. 1984, Bonen & Keizer 1987). Myös

amenorreaa sairastavilla (kuukautisten puuttuminen) naisjuoksijoilla on havaittu estradiolin pitoisuuden lisääntyneen tilastollisesti merkitsevästi 120 minuuttia kestäneen matalaintensiteettisen liikunnan jälkeen. Kokeelliseen liikuntatutkimukseen osallistuneilla naisjuoksijoilla oli takanaan erittäin korkea fyysinen harjoitteluhistoria sekä heidän estradiolipitoisuutensa olivat matalat. (Brown 1992).

Toisaalta Keizer ym. (1980) havaitsivat naisilla estradiolin vähenemistä ja vapaan estradiolipitoisuuden kohoamista (1987) akuutin liikunnan jälkeen. Pienellä ryhmällä naisopiskelijoita estradiolipitoisuus nousi akuutin matalaintensiteettisen liikuntaohjelman jälkeen luteaali- ja follikulaarisessa syklissä tilastollisesti merkitsevästi, mutta vaste oli suurempi luteaalisyklin aikana (Kraemer R.ym. 1995).

Brown (1992) havaitsi iäkkäillä naisilla matalia estradiolin pitoisuuksia, ja ergometripyörän polkeminen tai reipas kävely eivät muuttaneet estradiolipitoisuutta. Brown totesi iäkkäillä miehillä olevan korkeammat estradiolin pitoisuudet kuin saman ikäisillä naisilla. Lisäksi miesten estradiolipitoisuus kohosi ergometripyörän polkemisen aikana tilastollisesti merkitsevästi, mutta se ei kohonnut reippaan kävelyn aikana. Nuorten miesten estradiolipitoisuutta tutkiessaan Gray ym. (1993) totesivat intensiivisen intervalliharjoittelun nostavan tilastollisesti merkitsevästi estradiolin pitoisuutta, joka säilyi kohonneena 12 tunnin ajan. Tutkimukseen osallistuneet miehet olivat keskimäärin 32-vuotiaita.

Naisilla eri tutkimusten mukaan akuutti juokseminen kohottaa lineaarisesti testosteronin pitoisuuksia (Jurkowski ym. 1978, Webb ym. 1984). Bonen ja Keizer (1987) havaitsivat viidellä naisella maratonin aikana testosteronin pitoisuuden lisääntyvän lineaarisesti. Heti maratonin jälkeen heidän testosteroninsa pitoisuuksien todettiin kohonneen tilastollisesti erittäin merkitsevästi. Cumming ym. (1987) havaitsivat urheilvilla naisilla liikuntaohjelman alkumittauksessa seerumin vapaan sekä kokonaistestosteronin pitoisuudet tilastollisesti merkitsevästi korkeammiksi ja SHBG:n pitoisuuden merkitsevästi matalammaksi kuin kontrolliryhmällä. Cummingin ym. mukaan tulokset voivat osittain selittyä urheilvien naisten paljon aktiivisemalla fyysisellä harjoittelutaustalla. Akuutin liikunnan vaikutus tuli esille kokonais- ja vapaan testosteronin pitoisuuksien tilastollisesti merkitsevänä lisääntymisenä. Osassa

naisten tutkimuksia akuutin matala- ja voimakasintensiivisen liikunnan ei ole todettu muuttavan testosteronin pitoisuuksia kuukautiskierron kummassakaan jaksossa (Kraemer W. ym. 1991, Häkkinen & Pakarinen 1995, Kraemer R. ym. 1995).

Häkkinen ja Pakarinen (1995) eivät havainneet iäkkäällä naisryhmällä akuutin raskasvasteisen liikunnan muuttaneen testosteronin pitoisuutta. Sitä vastoin se kohosi keski-ikäisillä naisilla tilastollisesti merkitsevästi. Häkkinen ym. (1993) osoittivat voimavasteharjoituksissa iäkkään naisen seerumin vapaan- ja kokonaistestosteronin pitoisuuden korreloivan merkitsevästi voiman kehittymiseen ja lihasvoimaan.

Pojilla ja iäkkäillä miehillä heti uupumukseen saakka viedyn liikunnan jälkeen mitattiin tilastollisesti merkitsevä testosteronin pitoisuuden kohoaminen (Rahkila ym. 1989). Toisaalta Häkkinen ja Pakarinen (1995) havaitsivat akuutin, raskasvasteisen liikunnan aiheuttaneen merkitsevää testosteronin pitoisuuden kohoamista nuorilla ja keski-ikäisillä miehillä, mutta eivät havainneet sitä iäkkäillä miehillä. On myös tutkimuksia, joissa miestutkittavien iästä huolimatta akuutin, progressiivisen voimaharjoituksen on todettu stimuloivan testosteronin eritystä (Craig ym. 1989).

Naisilla akuutin liikunnan todettiin lisänneen SHBG:n pitoisuutta tilastollisesti merkitsevästi (Cumming ym. 1987). Miesurheilijoilla lyhytkestoinen juokseminen sitä vastoin ei muuttanut pitoisuuksia (Kuoppasalmi ym. 1980, Fry ym. 1991), mutta toisaalta Gray ym. (1993) havaitsivat miesten SHBG:n pitoisuuden kohonneen lyhytkestoisien intensiivisen fyysisen harjoittelun jälkeen. Samoin iäkkäillä miehillä ja murrosikäisillä pojilla akuutin, väsymykseen saakka viedyn intensiivisen liikunnan jälkeen SHBG:n pitoisuudet kohosivat tilastollisesti merkitsevästi (Rahkila ym. 1989). Tutkimuksessa ei havaittu mitään muutoksia testosteroni/SHBG -suhteissa. Iäkkäiden miesten ryhmässä SHBG:n pitoisuus oli tilastollisesti merkitsevästi korkeampi ja testosteroni/SHBG-suhde oli merkitsevästi matalampi ennen ja jälkeen liikuntaharjoittelun kuin murrosikäisillä pojilla.

3.2. Pitkäkestoisen fyysisen harjoittelun vaikutukset

Viime vuosina tutkijoiden mielenkiinto tutkia fertiilissä iässä olevien naisten pitkäkestoisen fyysisen harjoittelun vaikutuksia kiertävien sukuhormonien pitoisuuksiin on lisääntynyt. Yhtenä syynä on se, että naisten urheilun ja liikunnan harrastus ovat lisääntyneet viimeisen viidentoista vuoden aikana. Toisaalta tutkijoiden mielenkiinto on liittynyt myös urheilijoiden keskuuteen rajoittuvaan (esimerkiksi kemiallisten) steroidihormonivalmisteiden väärinkäyttöä koskevaan tutkimukseen sekä keskusteluun. (Alén 1986, Brown 1992, Fiatarone 1992).

Pitkäkestoisen fyysisen harjoittelun on havaittu muuttavan fertiileillä naisilla veressä kiertäviä estradioli- ja testosteroni- sekä SHBG-pitoisuuksia (Hale ym. 1983, Ronkainen ym. 1985). Samoin fyysisen harjoittelun on todettu vaikuttavan naisten gonadotropiinihormonin stimulaatioon, minkä takia sukuhormonien muutosten mekanismi näyttäisi olevan osaltaan tuntematon (Bonen ym. 1979). Estradiolin pitoisuudella on osoitettu olevan laajoja fysiologisia vaikutuksia naisiin ja sen takia estradiolihormoni on potentiaalisesti merkittävä tekijä monen sairauden kehittymisen tai sairauden ehkäisyn kannalta (Brown 1992, Fiatarone 1992).

3.2.1. Estradioli

Fertiilissä iässä olevilla naisilla normaalia matalammat estradiolin pitoisuudet voivat liittyä äärimmäiseen fyysiseen harjoitteluun ja/tai menstruaalisiin häiriöihin kuten esimerkiksi anovulaatioon ja amenorreaan sekä nikamaluun mineraalipitoisuuden pienenemiseen ja alttiuteen alaraajaluiden rasisurmurtumille (Cann ym. 1984, Drinkwater ym.1984, Kraemer W. ym. 1988). Useissa tutkimuksissa ei ole kuitenkaan havaittu liikunnan aiheuttaneen luun tiheyden pienenemistä (Baker & Demers 1988, Dalsky ym. 1988, Suominen & Rahkila 1991). Bunt (1990) on osoittanut aktiivisesti liikuntaa harjoitelleilla urheilijanaisilla, joilla on matala estradiolin pitoisuus, seerumin lipidiprofiilien parantuneen. Bunt näkee myös vaikeuksia selitettäessä matalia seerumin lepoestradiolin pitoisuuksia fysiologisilla variaabeleilla, esimerkiksi luun mineraalitiheydellä tai lipidien profiileilla.

Joillakin tutkijoilla on hypoteesi, missä naisurheilijoiden matalampi estradiolin pitoisuus kertoo lisääntyneestä liikunnan intensiteetistä ja määrästä (Bullen ym. 1984, Loucks & Horvath 1985, Ronkaisen ym. 1985). Samoin yksi uusista huomioista on urheilijanaisille mahdolliset kehittyneet häiriöt munasarjan funktiossa. Tutkimuksissa on myös arvioitu, että urheilijoilla aromatisaatio testosteronista estradioliin voisi olla suhteellisesti alentunut, mikä johtuisi heidän matalammasta kehon rasvapitoisuudestaan. (Buchanan ym. 1992).

Postmenopausaalisten naisten terveysongelmia selviteltäessä on myös tutkittu elimistön hormonaalista tasapainotilaa (Dalsky ym. 1988, Corti ym. 1996). Menopausin jälkeen tapahtunut naisten estrogeenihormonien pitoisuuksien aleneminen näyttäisi olevan yksi tärkeä risikitekijä iäkkäiden naisten osteoporoosin kehittymiselle (Rizzoli & Bonjour 1997) sekä sydänverisuonitaudin riskin kasvamiselle keskimäärin miesten tasolle (Corti ym. 1996). On myös tutkimuksia, joiden mukaan ei kiistatta voida erottaa iäkkäiden naisten sairastumista esimerkiksi ateroskleroosiin normaalista ikääntymisestä tai sitten menopausin jälkeen olevasta matalasta estradiolin pitoisuuden vaikutuksesta (Barrett-Connor & Bush 1991).

Osteoporoosin sekä sydän- ja verenkiertosairauksien ehkäisemiseen on annettu naisille ennen ja jälkeen menopausin preventiivisenä hoitomuotona estrogeenikorvaushoitoa. Esimerkiksi Luotola (1983) osoitti estrogeenihoidon (estradiol-17 B substitution) kohottavan postmenopausaalisten naisten (spontaania tai operatiivista menopausia kestänyt 1 - 5 vuotta) estrone- ja estradiolipitoisuutta erittäin merkitsevästi hoitojakson aikana. Koehenkilöt saivat ensimmäisessä jaksossa placebo-lääkitystä ja seuraavassa jaksossa päivittäin oraalisesti keskimäärin 2 - 4mg estradioli - 17 B substitution-lääkitystä. Placebo- ja estrogeeni-lääkitysjakso toistuivat vuorotellen. Toisaalta Cauley ym. (1994) havaitsivat estrogeenihoitojakson jälkeen 62 naisen ryhmällä (iältään 50 - 81-vuotta) olevan 0.006 nmol/l korkeamman estronipitoisuuden kuin 25 kontrolliryhmän (ei estrogeenihoitoa) naisella.

Sepelvaltimotaudin vaaraa kohottavat iän karttuminen, miessukupuoli, epäedullinen perimä, korkea kolesterolipitoisuus, tupakointi ja runsas alkoholin käyttö. Sepelvaltimotaudin synnyn ja ehkäisyn (primaaripreventio) kannalta ovat avainasemassa ravinto, liikunta, kolesterolipitoisuus

ja verenpaine. Tutkimusten mukaan naisten korkeamman estradiolin pitoisuuden on nähty vaikuttavan siten, että silloin myös seerumin HDL-kolesterolin pitoisuudet ovat korkeammat. Samoin säännöllisen liikunnan tiedetään kohottavan HDL-kolesterolin pitoisuutta. Eri tutkimuksissa on havaittu, että korkea HDL-kolesterolin pitoisuus ehkäisee sepelvaltimotaudin syntyä (Nikkilä 1984, Nienstedt ym. 1987, Lehtonen & Nikkilä 1989, Reunanen 1992).

Kestävyysharjoittelun on havaittu lisäävän fertiileillä naisilla estradiolin pitoisuutta tilastollisesti erittäin merkitsevästi luteaalisyklissä sekä tilastollisesti merkitsevästi follikulaarivaiheessa. Silloin kun naisilla fertiilissä iässä ilmenee useita menstruaalisia häiriöitä (muun muassa amenoreaa), voi kestävyysjuoksu alentaa seerumin estradiolipitoisuutta (Ronkainen ym. 1985, Keizer ym. 1987). Toisaalta osassa tutkimuksia kestävyysliikunta ja pitkäkestoinen voimaharjoitus eivät muuttaneet estradiolipitoisuutta terveillä naisilla (Bullen ym. 1984, Häkkinen ym. 1990).

Pitkäkestoisen liikuntaintervention vaikutuksia iäkkäiden naisten estradiolin pitoisuuksiin ei löytynyt kirjallisuudesta. Brown (1992) on todennut "läpi elämän" -estradiolitutkimusten yhteenvedossa, että ikkaiden miesten liikunta lisäsi seerumin estradiolipitoisuutta. Sitä vastoin naisilla menopaussin jälkeen estradiolipitoisuudet eivät lisääntyneet akuutin liikunnan vaikutuksesta. Brown on esittänyt yhteenvedossaan, että naisurheilijoiden kuukautis-statuksen epäsäännöllisyyksiä ja häiriöitä eikä urheilijoiden tai iäkkäiden naisten osteoporoosia voida selittää ainoastaan yhden hormonin (estradiolin) pitoisuuksien muutoksilla. Brown näkee sairauksien kehittymisen monifaktorisena.

Suomisen ym. julkaisemattomassa 66-85-vuotiaita naisia koskevassa poikkileikkaustutkimuksessa tutkittiin kahta eri urheilijanaisten ryhmää (kestävyys- ja muita lajeja harrastavat) jotka olivat harjoitelleet urheilulajiaan monien vuosien ajan. Urheilijanaisten ryhmiä verrattiin ikärakenteeltaan samanlaisiin (ikämatsattuun) kontrolliryhmän (normaalisti liikkuneisiin) naisiin. Tutkimuksessa ei todettu estradiolipitoisuuksien keskiarvoissa tilastollisesti merkitseviä eroja ryhmien välillä.

3.2.2. Testosteroni

Naisten veren androgeenipitoisuudet ovat keskimäärin kymmenesosa miesten vastaavista pitoisuuksista. Eri tutkimusten mukaan, jos androgeenihormonien pitoisuus lisääntyy kolminkertaiseksi, aktivoituneet geenit lisääntyvät ja aiheuttavat muutoksia metabolisissa (aineenvaihdunta) reaktioissa (muun muassa lihasten lisääntynyt kasvu). (Jänne 1987). Esimerkiksi pitkäkestoinen, intensiivinen liikuntaohjelma voi muuttaa androgeenien metaboliaa liikunnan aikana (Bonifazi ym. 1995). Samoin intensiivisen ja pitkäkestoisen aerobisen fyysisen harjoittelun on havaittu kohottavan testosteronin pitoisuuksia sekä miehillä että naisilla liikunnan aikana ja sen jälkeen (Deschenes ym. 1991).

Säännöllisesti, pitkäkestoisesti ja korkealla intensiteetillä harjoitelleita urheilijanaisia koskevat tutkimukset ovat antaneet ristiriitaisia tuloksia. Useissa eri tutkimuksissa heidän testosteronipitoisuutensa olivat alkutilanteessa tilastollisesti merkitsevästi korkeammat kuin normaalisti liikkuneilla naisilla (Dale ym. 1979, Keizer ym. 1987). Ronkainen ym. (1985) sitä vastoin totesivat heillä alentuneen testosteronipitoisuuden. Toisaalta menstruoivilla naisjuoksijoilla on havaittu matalammat testosteronin pitoisuudet kuin amenorreaa sairastavilla urheilijanaisilla (Baker ym. 1981). Schwartz ym. (1981) eivät löytäneet vastaavissa tapauksissa mitään muutoksia.

Monissa eri tutkimuksissa on havaittu pitkäkestoisen fyysisen harjoittelun lisäävän lineaarisesti naisten testosteronin pitoisuuksia. Samoin pitkäkestoisissa tutkimuksissa myös eri ryhmissä testosteronipitoisuuksien keskiarvot olivat kohonneet harjoittelujakson jälkeen tilastollisesti merkitsevästi (Dale ym. 1979, Ronkainen ym. 1985, Keizer ym. 1987). Säännöllinen painonnostoharjoitus nosti naisilla tilastollisesti merkitsevästi kokonaistestosteronin pitoisuutta. Samaan aikaan aleneminen havaittiin sidotun testosteronin pitoisuudessa. (Cumming ym. 1987). Sitä vastoin Häkkinen ym. (1990) eivät havainneet 16 viikkoa kestäneessä tutkimuksessa voimaharjoittelu-ohjelman muuttaneen naisten testosteronipitoisuuden keskiarvoa tilastollisesti merkitsevästi.

Iäkkäillä naisilla testosteronipitoisuudet ovat matalampia kuin nuorilla naisilla (Brown & Cooper 1992). Keskimäärin 70 - vuotiailla naisilla 12-viikkoisen voimaharjoittelun ei havaittu muuttavan testosteronin pitoisuuden keskiarvoa. Tutkimuksessa osoitettiin koehenkilön testosteronipitoisuuden ja maksimaalisen voiman muutoksen korreloivan merkitsevästi neljän viimeisen viikon aikana. Kyseisellä ajanjaksolla fyysisen harjoittelun intensiteetti oli voimakkaasti lisääntynyt. (Häkkinen & Pakarinen 1994). Suomisen ym. (julkaisematon aineisto) poikkileikkaustutkimuksessa olivat pitkän fyysisen harjoittelutaustan omaavilla kahdella eri urheilijanaaisyhmällä (66 - 85-vuotta) seerumin testosteronin keskiarvot tilastollisesti merkitsevästi matalammat kuin ikämatsatulla kontrolliryhmällä (normaalisti liikkuneet naiset).

Monissa eri tutkimuksissa on todettu useita päiviä kestävän, intensiivisen kestävyystyyppisen fyysisen kuormituksen laskevan miesten testosteronin pitoisuuksia. Ne alkoivat laskea tutkimusten alkupäivinä ja jo viikon kuluttua testosteronin pitoisuudet olivat laskeneet erittäin merkitsevästi. (Aakvaag ym. 1978, Kuoppasalmi 1981, Wheeler ym. 1984). Toisaalta miesurheilijoilla tai normaalisti liikkuvilla miehillä muutaman viikon nopeusvoimaharjoittelu ei muuttanut systemaattisesti hormonitasapainoa (Alén ym. 1988). Testosteronipitoisuuksien on havaittu alenevan liikunnan jälkeen vähemmän hyväkuntoisilla kuin huonompikuntoisilla miehillä (Bonifazi ym. 1995).

Testosteronipitoisuus kohosi merkitsevästi miesvoimanostajien systemaattisen, pitkäkestoisen voimanostoharjoittelun jälkeen (Häkkinen ym.1988), kun taas pitkäkestoinen voimaharjoittelu ei vaikuttanut testosteronipitoisuuksien keskiarvojen muutoksiin nuorten, keski-ikäisten ja iäkkäiden miesten ryhmissä (Craig ym. 1989, Häkkinen & Pakarinen 1994). Osassa tutkimuksista on raportoitu eri-ikäisten miesten testosteronin pitoisuuksien olevan korkeampia ennen fyysistä harjoittelua ja laskevan sitten nopeasti (Weiss ym. 1983, Craig ym. 1989).

Esimerkiksi Rance ja Max (1984) näkevät liikunnan vaikuttavan ihmisen testosteronipitoisuuksien muutoksiin veressä sekä mahdollistavan anabolisia vaikutuksia ja voiman kehittymistä lihaksissa. Toisaalta heidän mukaansa esimerkiksi voimaharjoittelu voi aiheuttaa muutoksia steroidihormonien reseptoreiden pitoisuuksissa, vaikka veren androgeenipitoisuudet jäisivät muuttumatta.

3.2.3. SHBG

Sukupuolihormoneista osa kiinnittyy ja näyttäisi varastoituvan sukupuolihormoneja sitoviin globuliineihin (SHBG), minkä pitoisuus kohoaa ikääntyessä sekä miehillä että naisilla. (Kontula 1984, Brown & Cooper 1992). Eri tutkimukset antavat erilaisia tuloksia naisten fyysisen harjoittelun vaikutuksista SHBG:n muutoksiin. Osassa tutkimuksia pitkäkestoinen liikunta ei aiheuttanut muutoksia niiden pitoisuuksissa (Baker ym. 1981, Ronkainen ym. 1985, Häkkinen ym. 1990). Esimerkiksi naisten kestävyysjuoksun nähtiin voivan alentaa SHBG:n pitoisuuksia, jos samanaikaisesti esiintyi usein menstruaalisia häiriöitä (Ronkainen ym. 1985). Toisaalta Cumming ym. (1987) totesivat säännöllisen painonnostoharjoituksen kohottaneen tilastollisesti merkitsevästi naisten SHBG:n pitoisuuden keskiarvoa.

Iäkkäitä naisia koskevassa tutkimuksessa 12-viikkoinen voimaharjoittelu ei muuttanut SHBG:n pitoisuuksia (Häkkinen & Pakarinen 1994). Toisaalta poikkileikkaustutkimuksessa kahdella eri 66 - 85-vuotiailla pitkään harjoitelleilla urheilijanaisten ryhmällä olivat SHBG:n pitoisuudet tilastollisesti merkitsevästi korkeammat kuin ikämatsatulla, normaalisti liikkuneilla kontrolliryhmän naisilla (Suominen ym. julkaisematon aineisto). On myös tutkimuksia, joissa postmenopausaalisten naisten SHBG:n pitoisuutta on verrattu muun muassa luun tiheyteen ja kolesterolin pitoisuuteen ja havaittu sen olevan niiden hyvä indikaattori (Masarei ym. 1980, Van Hemrt ym. 1989).

Kahdeksalla suomalaisella miespainonnostajalla viikon pituinen, erittäin intensiivinen painonnostoharjoittelu nosti SHBG:n pitoisuuden keskiarvoa tilastollisesti merkitsevästi (Häkkinen ym. 1988). Aamulla suoritettu tunnin kestävä juoksu alensi miesurheilijoilla SHBG:n pitoisuutta merkitsevästi. Sitä vastoin toisella urheilijaryhmällä iltapäivällä suoritettu vastaava juoksu lisäsi SHBG:n pitoisuutta. Tutkimuksessa löytyi positiivinen korrelaatio kokonaistestosteronin ja SHBG:n välillä. 4 kuukauden jälkeen juoksijoiden pitoisuudet eivät olleet kumminkaan lisääntyneet tilastollisesti merkitsevästi. (Bonifazi & Lupo 1996). Toisaalta on todettu pitkäkestoisen uimaharjoittelun jälkeen miesten kehonpainon alenemisen voivan liittyä SHBG:n pitoisuuden kohoamiseen. Samoin SHBG:n kiertävään pitoisuuden tasoon on nähty liittyvän myös ihmisen aineenvaihdunnan ja ravinnon. (Bonifazi ym. 1995).

Poikkileikkaustutkimuksessa verrattiin 70 - 81-vuotiaiden miesten kestävyys-, voima- ja nopeusryhmän sekä kontrolliryhmän luun mineraalipitoisuuksia (BMD). Kestävyysryhmässä kokonaistestosteroni ei korreloinut BMD:n kanssa, mutta testosteronilla ja SHBG:llä oli negatiivinen korrelaatio BMD:n kanssa. Kestävyysryhmällä oli testosteroni/SHBG:n ja BMD:n välillä positiivinen korrelaatio. (Suominen & Rahkila 1991). Sitä vastoin keski-ikäisillä ja ikääntyneillä miehillä 12-viikkoinen voimaharjoittelu ei tuonut muutoksia SHBG:n pitoisuuksiin (Häkkinen ja Pakarinen 1994).

3.2.4. Testosteroni/SHBG -suhde

Vapaan testosteronin indeksi, testosteroni/SHBG -suhde, kuvaa vapaan testosteronin tasoa. Eriolaisten fyysisten kuormitusten ja harjoittelun yhteydessä on käytetty myös edellä mainittua indeksiä kuvaamaan anabolia/katabolia-tasapainotilaa. (Stenman 1992, Häkkinen & Pakarinen 1993). Toisaalta osassa tutkimuksia on havaittu testosteroni/SHBG -suhteen korreloivan huonosti vapaaseen testosteroniin, koska sen on nähty reagoivan liian herkästi SHBG:n muutoksille (Gray ym. 1993). Bonifazi ym. (1995) havaitsivat merkittävän variaation testosteroni/SHBG -suhteissa, mikä heidän tutkimuksessaan johtui enemmänkin testosteronin pitoisuuksien muutoksista. Bonifazi ym. eivät pitäneet indeksiä erityisen informatiivisena mitattaessa fyysisen harjoittelun aiheuttamaa stressivastetta.

Naisten harjoittelutuloksia tarkasteltaessa on hyvä muistaa, että heidän testosteroni/SHBG -suhteet ovat moninkertaisesti matalammat samanikäisiin miehiin verrattuna. Naisilla pitkäkestoinen voimaharjoittelu ja soutuharjoitus eivät muuttaneet tilastollisesti merkitsevästi testosteroni/SHBG -suhteita (Urhausen ym. 1987, Häkkinen ym.1990). Urhausen ym. (1987) havaitsivat kolmella naissoutajalla testosteroni/SHBG - suhteen alenevan lineaarisesti koko seitsemän viikkoa kestäväen tutkimusjakson ajan.

Kahdeksalla voimanostourheilijalla systemaattinen, pitkäkestoinen voimanostoharjoittelu kohotti seerumin testosteroni/SHBG:n suhdetta tilastollisesti merkitsevästi. Voimanostoharjoittelun

ollessa suurimmillaan havaittiin miehillä tilastollisesti merkitsevä lasku testosteroni/SHBG -suhteessa. Matalammat harjoittelutulokset olivat läheisessä yhteydessä matalampiin testosteroni/SHBG -suhteisiin. (Häkkinen ym. 1987). Pitkäkestoisen uimaharjoitteluohjelman aikana ja sen jälkeen kahdeksalla "huippu"-miesuimarilla kohosi merkitsevästi testosteroni/SHBG:n suhde ja se näytti alenevan palautumisjakson aikana (Bonifazi ym. 1985).

Häkkinen ja Pakarinen (1993) havaitsivat tutkimuksessaan yksityisten keski-ikäisten ja iäkkäiden naistutkittavien seerumin testosteroni/SHBG -suhteen korreloivan merkitsevästi heidän maksimivoimiensa yksityisiin arvoihin. Samoin vuoden 1994-tutkimuksessaan he totesivat, että keski-ikäisten ja iäkkäitten miesten sekä naisten voimaharjoittelu (12 viikkoa) ei tuonut esiin tilastollisesti merkitseviä muutoksia testosteronin/SHBG:n suhteeseen. Poikkeuksena havaittiin 12 viikon jälkeen iäkkäillä naisilla vapaan testosteronin keskiarvon pitoisuudessa tilastollisesti merkitsevä aleneminen. (Häkkinen & Pakarinen 1994).

3.3. Yhteenveto

Alan kirjallisuudessa esiintyvien eri ikäisten naisten ja miesten tutkimusten tuloksista voidaan päätellä, että liikunta sisältää sekä lyhyt- että pitkäkestoisia vaikutuksia veressä kiertäviin sukihormonien ja SHBG:n pitoisuuksiin. Ennenkaikkea erilaisten liikunnan intensiteettien sekä eri liikuntamuotojen ja liikunnan keston on osoitettu tuovan esiin erilaisia hormonivasteita, esimerkiksi kestävyysliikunnassa vs. voimaharjoittelussa (Kuoppasalmi 1981, Ronkainen ym. 1985, Kraemer W. ym. 1991).

Henkilöiden erilaisilla liikunnallisilla harjoittelutaustoilla on myös vaikutusta fyysisistä harjoitteluista aiheutuviin hormonaalisiin muutoksiin (Schmid ym. 1982). Liikunnan määrällä on myös nähty olevan raja, jonka jälkeen liikunnan hyödyllisyys voi kääntyä haitalliseksi (Remes 1990). Liikunnan riskit ovat sekä nuoruudessa että vanhuudessa samanlaisia, mutta sairaudet ja fysiologiset muutokset homeostaattisissa mekanismeissa altistavat enemmän iäkkäitä ihmisiä (Heikkinen ym. 1990, Fiatarone 1992).

Fyysisen pitkäkestoisen harjoittelujakson aikana elimistöön kohdistuu toistuvasti akuutti ja krooninen kuormitus (Suominen 1978). Pitempiaikaisessa fyysisessä harjoittelussa korostuu hormonaalisen tasapainotilan merkitys, jotta ihmisen elimistö ei pääsisi ylikuormittumaan (Kuoppasalmi ym. 1980, Häkkinen & Pakarinen 1994). Liikunnalla ja sukuhormoneilla näyttäisi olevan tärkeä yhteys muun muassa iäkkäiden henkilöiden luun tiheyteen, lihasvoimaan, lihaskoostumukseen sekä sairauksien ehkäisemiseen tai muodostumiseen (Shephard 1988, Fiatarone 1992, Lamberg-Allardt & Suominen 1996, Sipilä 1996).

Kirjallisuutta tutkiessani löysin hyvin harvoja tutkimuksia iäkkäiden naisten fyysisen harjoittelun vaikutuksista seerumin estradiolin, testosteronin ja SHBG:n pitoisuuksiin sekä testosteroni /SHBG:n suhteeseen. Näin ollen näyttäisi siltä, että kirjallisuuden perusteella vielä ei voi löytää riittäviä tietoja siitä, missä määrin iäkkäiden naisten fyysinen harjoittelu vaikuttaa edellä mainittujen hormonien pitoisuuksiin ja sitä kautta iäkkäiden naisten elimistön fysiologiaan.

4. TUTKIMUKSEN TARKOITUS

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää missä määrin 18-viikkoa kestävä intensiivinen kestävyys- ja voimaharjoittelu vaikuttaa 76-78-vuotiaiden naisten seerumin estradioli-, testosteroni- ja sukihormoneja sitovan globuliinin (SHBG) pitoisuuksiin sekä testosteroni / SHBG suhteisiin.

5. AINEISTO JA TUTKIMUSMENETELMÄT

5.1. Koehenkilöt

Tämä tutkimus on osa laajempaa Jyväskylän Yliopiston terveystieteen laitoksella vuonna 1993 toteutettua tutkimusprojektia fyysisen harjoittelun vaikutuksista vuosina 1915-1917 syntyneiden naisten terveyteen ja toimintakykyyn. Tutkimusohjelman pituus oli 18 viikkoa. Ensimmäisessä vaiheessa valittiin systemaattisella satunnaisotannalla 240 76-78-vuotiasta naista Jyväskylän kaupungin vuoden 1992 väestörekisteristä. Otannan 240 naiselle lähetettiin kyselylomake, jossa tiedusteltiin terveydentilaa, fyysistä aktiivisuutta, toimintakykyä ja lääkitystä. Kyselylomakkeen palautti 157 naista, joista 65 henkilöä ei raportoinut vakavista sairauksista tai toimintakyvyn vajauksista ja ilmoitti halukkuutensa osallistua tutkimukseen.

Tutkimukseen osallistui 54 naista, joille tämän jälkeen suoritettiin alkukysely, lääkärin tarkastus ja kliininen kuormituskoe. Kliinisen kuormituskokeen kontraindikaatiot noudattivat American College of Sports Medicine -ohjeistoa vuodelta 1986. Ennen kuormituskoea katsottiin kaikilta tutkittavilta verestä lasko, hemoglobiini ja verensokeri. Koehenkilöistä 42 oli kliinisesti terveitä lääkärin tutkimuksen ja tutkimusta edeltäneen kuormituskokeen perusteella, ja heillä oli keskimäärin samanlainen liikunnallinen tausta. Koehenkilöt satunnaistettiin tämän jälkeen

kolmeen eri ryhmään: kestävyys- (n=15), voima- (n=16) ja kontrolliryhmään (n=11). Koko tutkimusjakson suoritti loppuun 12 kestävyys-, 12 voima- ja 11 kontrolliryhmään kuuluvaa naista. Tutkimuksen keskeytti seitsemän koehenkilöä; kuusi koehenkilöä jäi pois tautien ja/tai sairauksien takia, yksi koehenkilö ei voinut jatkaa ajan puutteen vuoksi.

Koehenkilöiden lääkkeiden käytössä tuli esiin, että yksi kestävyysryhmään ja yksi voimaryhmään kuulunut nainen käytti tyroksiinilääkitystä hypotyreoosin hoitoon. Kaikilla koehenkilöllä todettiin tyroksiinin olevan normaaliarvojen rajoissa tutkimusohjelman aikana. Estrogeenihoitoa oli saanut yksi nainen kestävyys-, yksi nainen voima- ja kaksi naista kontrolliryhmästä keskimäärin 16 vuoden ajan (15-20 v.). Estrogeenihoito jatkui tutkimusohjelman aikana. Kroonisen keuhkoastman hoitoon sai kaksi naista voimaryhmässä oraalisesti prednisoloni-lääkitystä.

Eettisesti tämän tutkimusohjelman hyväksyivät Keski-Suomen keskussairaalan ja Jyväskylän Yliopiston eettiset toimikunnat. Kaikille koehenkilöille informoitiin tutkimusohjelman kulku ja tapahtumat, jotka toimenpiteet he hyväksyivät allekirjoittamalla suostumuslomakkeen ennen tutkimusten suorittamista. Koehenkilöt saivat selvityksen tutkimustuloksista.

5.2. Fyysinen harjoittelu

Kestävyys- ja voimaryhmä osallistuivat 18 viikkoa kestäviin harjoitusohjelmiinsa, joissa aluksi oli kaksi viikkoa kestänyt orientoitumisvaihe ja tämän jälkeen heidän omat harjoitusohjelmansa kestivät 16-viikkoa. Orientoitumisvaiheessa koehenkilöt harjoittelivat kahdesti ja harjoitteluvaiheessa kolmesti viikossa tunnin ajan. Kaikki harjoitukset tehtiin ohjatuksi; molemmilla ryhmillä oli ensin 10 minuuttia kestävä alkulämmittely sekä harjoitusten jälkeen eri lihasryhmien verryttely.

Kestävyysryhmässä harjoitteluohjelma sisälsi kahdesti viikossa ratakävelyä ja kerran viikossa step aerobic-voimistelua. Ratakävely suoritettiin sisähallissa 200 metrin radalla. Ensimmäisen kahden

viikon aikana kävely kesti 25 minuuttia/harjoituskerta ja seuraavien 16 viikon aikana 30 minuuttia/harjoituskerta. Ensimmäisten harjoituskertojen aikana koehenkilöiden keskimääräinen kävelymatka oli 1500 metriä (vaihteluväli 1200-2200 m) ja harjoittelujakson lopussa keskimääräinen kävelymatka oli 2700 metriä (vaihteluväli 2400-3300 m). Step aerobic-harjoittelu kesti 40 minuuttia/harjoittelukerta, jonka aikana koehenkilöt askelsivat 0.10 metriä korkealle lankulle tauotta musiikin tahdissa. Ensimmäisten viiden viikon aikana harjoitusintensiteetti oli 50 % tasolla ja viimeisen neljän viikon ajaksi se nostettiin 80%:iin alkuperäisestä maksimaalisesta sykereservistä. Sydämen sykettä seurattiin sykemittarin avulla.

Voimaryhmän koehenkilöt harjoittelivat kuntosalilla variokineettisillä ilmakompressioilla aikaansaaduilla paineilmalaitteilla (HUR Ltd, Kokkola, Finland). Harjoitusvastukset säädettiin yksilöllisesti ja perustuivat kahden viikon välein suoritettuun maksimivoimatestiin. Ensimmäisen kolmen viikon aikana harjoitusintensiteetti oli 60%. Sitten rasitusta nostettiin vähitellen 75%:iin maksimista viimeisen neljän viikon ajaksi. Koehenkilöt suorittivat harjoituksissa kolmesta neljään sarjaa, joissa kussakin oli 8-10 toistoa, ja sarjojen välissä oli puolen minuutin tauko.

Kestävyysryhmäläisillä yksittäisten harjoituskertoihin osallistumistiaste oli 87 % ja voimaryhmäläisillä 81 %. Harjoituksista poisjäämisen syinä olivat yleisimmin sairaudet ja ulkomaan matkat. Kummassakaan harjoitusryhmässä ei tapahtunut tapaturmia. Kontrolliryhmän koehenkilöt jatkoivat päivittäisiä rutiinejaan ja heitä kehoitettiin välttämään tutkimuksen aikana liikuntatottumustensa muuttamista. Kaikkia tutkimukseen osallistuneita henkilöitä (n=42) pyydettiin kirjaamaan harjoitusten ulkopuolinen, päivittäiseen liikuntaan käytetty aika, liikkumismuoto sekä liikkumisen määrä. Koeryhmistä liikunnallisesti aktiivisin ryhmä oli voimailuryhmä ja kontrolliryhmä vähiten aktiivinen. Tosin harjoitetun liikunnanmäärien erot olivat ryhmien välillä hyvin pieniä.

5.3. Antropometriset mittaukset

Antropometrisistä taustamuuttujista mitattiin koehenkilöiden pituus ja paino, rasvaton kehon paino (LBM) ja kehon rasvaprosentti bioimpedanssilla (Spectrum II, RJL-Systems, Detroit, MI, USA) aamupäivällä, kello 10.00 - 10.30 välillä. Ennen tutkimuspäivää koehenkilöt nukkuivat yönsä hyvin ja eivät olleet sitä ennen nauttineet alkoholia vuorokauteen. Kahvinjuontia ja tupakointia kehoitettiin myös välttämään tutkimusaamuna. Muutoin koehenkilöt saivat syödä aamiaisensa normaalisti ja ottaa tavanomaiset lääkkeensä. Ennen antropometristä mittausta naiset eivät olleet syöneet 3-4 tuntiin ja välttivät myös sitä ennen ruumiillista ponnistusta 12 tunnin ajan. Mittaukset suoritettiin kestävyys-, voima- ja kontrolliryhmissä tutkimusjakson alussa (alkumittaus) sekä 9 viikon ja 18 viikon jälkeen. (ks. Sipilä & Suominen 1995).

5.4. Estradiolin, testosteronin ja SHBG:n pitoisuuksien mittaukset

Eri ryhmissä (kestävyys-, voima- ja kontrolliryhmä) kaikilta koehenkilöiltä verinäytteenotto tapahtui saman määrätyn ohjelman mukaan alkumittauksessa, 9 viikon ja 18 viikon jälkeen aloituksesta. Verinäytteet otettiin koehenkilöiltä välittömästi antropometristen mittausten jälkeen aamupäivällä klo 10.15-10.45 välisenä aikana. Ennen varsinaista verinäytteenottoa koehenkilöt lepäsivät pitkällään 15 minuutin ajan. Yhtenä päivänä oli tutkimuksissa mukana enintään kuusi koehenkilöä.

Verinäytteenotto suoritettiin käyttäen suljettua näytteenottojärjestelmää (Venoject). Hormoninäytteiden analysoimista varten otettiin kolme 10 ml:n Venojectputkea verta. Näyteputket siirrettiin välittömästi yhden tunnin ajaksi jäähauteeseen, jonka jälkeen verinäytteet sentrifugoitiin +4 C:ssa, kaksi kertaa 10 minuutin ajan. Sentrifugointien välillä irrotettiin varovasti muovisauvalla verihyytymät näyteputkien sisäseinämistä. Seerumit jaettiin 1 ml:n eriin 10:een eppendorf-putkeen ja säilytettiin -70 C pakasteessa analysointiin saakka.

Estradiolin, testosteronin ja SHBG:n pitoisuuksien mittaukset tehtiin aikaerotteiseen fluoresenssiin perustuvalla nk. Delfia-menetelmällä (Wallac Oy, Turku, Finland). Yhden koehenkilön alku-, 9 viikon ja 18 viikon mittausten aikana otetut estradioli-, testosteroni- ja SHBG-pitoisuudet määritettiin aina vastaavassa, samassa määrittelysarjassa.

Estradiolipitoisuuden mittauksessa oli matalin standardi pitoisuudeltaan 0.050 nmol/l. Tässä tutkimuksessa monella koehenkilöllä olivat seerumin estradiolipitoisuudet hieman alle 0.050 nmol/l. Kun laskettiin estradiolinäytteiden rinnakkaismäärittelysistä variaatiokerroin, saatiin tulokseksi keskimäärin 14 %. Tutkimuksesta poistettiin yhden kontrolliryhmän naisen estradiolitulos, koska pitoisuus lisääntyi tutkimusjakson aikana poikkeuksellisesti nelinkertaisesti. Muutokselle ei löytynyt selitystä esimerkiksi estrogeenihoidosta. Testosteronin pitoisuuden mittauksessa oli matalin standardi pitoisuudeltaan 0.500 nmol/l. Jos Delfia-menetelmällä ei saatu mitatuksi testosteronin pitoisuutta, jätettiin kyseisten koehenkilöiden tulokset pois lopullisesta raportista (kaksi kestävyys-, yksi voima - ja yksi kontrolliryhmässä). Testosteroninäytteiden rinnakkaismäärittelysistä laskettu variaatiokerroin oli keskimäärin 10 %. SHBG:n näytteiden mittaamisessa oli matalin standardi 6.25 nmol/l. SHBG:n näytteiden rinnakkaismäärittelysistä laskettu variaatiokertoin oli keskimäärin 1.5 %.

5.5. Tilastolliset analyysit

Tilastolliset analyysit tehtiin tarkastelemalla ensin otosten keskiarvoja, keskihajontoja ja vaihteluvälejä. Alkumittauksissa kolmen eri ryhmän välisiä eroja tarkasteltiin yksisuuntaisen varianssianalyysin avulla. Antropometrisissä- ja hormonimittauksissa käytettiin ryhmien ja kolmen aikapisteen toistomittauksien välisissä vertailuissa monimuuttujaista varianssianalyysia (MANOVA). Yhdysvaikutuksen merkitsevyyden ollessa $p < 0.10$ muutokset on paikallistettu ryhmien välisillä kontrasteilla.

Ryhmien sisällä tapahtuneita muutoksia tarkasteltiin lisäksi t-testillä.

Tilastolliset analyysit suoritettiin SPSS-ohjelmalla (MS WINDOWS Release 6.1).

6. TULOKSET

6.1. Antropometriset mittaukset

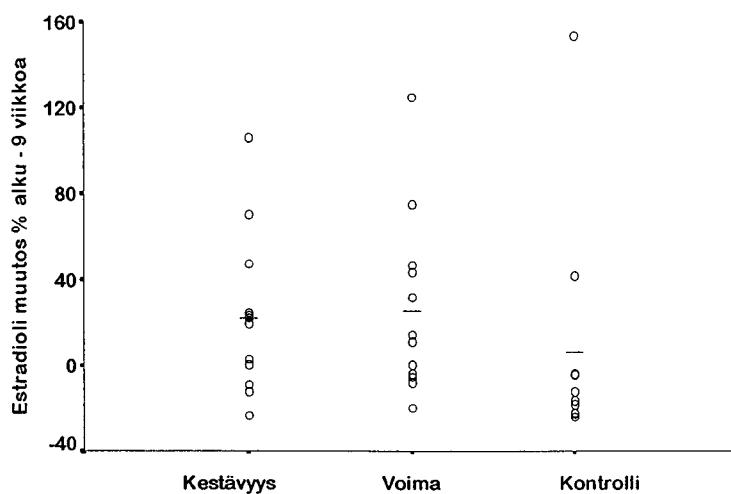
Alkumittauksissa tutkittavien ryhmien välillä ei ollut antropometrisissä taustamuuttujissa tilastollisesti merkitseviä eroja. Kaikki ryhmät mukaan lukien kehon pituus lisääntyi ja kehon paino sekä kehon rasvapitoisuus alenivat merkitsevästi 18 viikon aikana. Kehon rasvapitoisuudessa havaittiin myös ryhmän ja ajan yhdysvaikutus. Voimaryhmässä kehon rasvapitoisuus aleni harjoittelun aikana tilastollisesti merkitsevästi verrattuna kontrolliryhmään. Muutos oli jonkin verran suurempi myös kestävyysryhmään verrattuna. (taulukko 1).

Taulukko 1. 18 viikon kestävyys- ja voimaharjoittelun vaikutus 76-78 -vuotiaiden naisten antropometriin ominaisuuksiin ja kehon koostumukseen (keskiarvo, keskihajonta).

| Ryhmä | Mittaus- ajankohta | Pituus (cm) | Kehon paino (kg) | Rasvaton kehon paino (kg) | Kehon ras- vapitoisuus (%) |
|----------------------------------|-----------------------|----------------|------------------------|------------------------------------|---|
| Kestäv. ryhmä n=11-12 | alkumittaus | 156.7 (5.5) | 67.3 (9.6) | 44.4 (2.6) | 34.4 (6.2) |
| | 9 viikkoa | 156.6 (5.2) | 66.6 (9.2) | 44.6 (2.6) | 33.7 (5.9) |
| | 18 viikkoa | 156.9 (5.4) | 65.9 (9.1) | 44.2 (2.8) | 32.9 (5.6) |
| Voimaryhmä n=12 | alkumittaus | 159.5 (3.4) | 66.9 (9.4) | 45.3 (3.8) | 31.9 (6.4) |
| | 9 viikkoa | 159.6 (3.6) | 66.5 (9.2) | 46.1 (2.9) | 29.9 (7.0) |
| | 18 viikkoa | 159.9 (3.3) | 65.3 (9.4) | 45.8 (3.1) | 29.2 (7.8) |
| Kontrolli- ryhmä n=11 | alkumittaus | 158.7 (5.6) | 67.6 (12.8) | 45.0 (5.0) | 32.2 (8.0) |
| | 9 viikkoa | 158.7 (5.5) | 66.9 (13.0) | 44.5 (5.1) | 32.4 (7.9) |
| | 18 viikkoa | 159.1 (5.6) | 66.7 (13.3) | 45.0 (5.1) | 31.4 (7.9) |
| MANOVA (p) | | | | | |
| ryhmä | | 0.329 | 0.982 | 0.686 | 0.526 |
| aika | | <0.001 | <0.001 | 0.797 | <0.001 |
| yhdysvaikutus | | 0.918 | 0.337 | 0.117 | 0.094 |
| kontrastit | | | | | Vo-Ko 0.007 Ke-Ko 0.521 Vo-Ke 0.097 |

6.2. Estradioli

Alkumittauksessa ryhmien välillä ei ollut estradiolin pitoisuuden keskiarvoissa tilastollisesti merkitseviä eroja. Kun kaikki ryhmät otettiin mukaan, estradiolipitoisuuden keskiarvot muuttuivat merkitsevästi ajan mukana ($p < 0.001$). Estradiolin pitoisuudessa ei kuitenkaan todettu ryhmän ja ajan yhdysvaikutusta (taulukko 2). Alkumittauksen ja 9 viikon harjoittelun välillä kestävyysryhmän estradiolipitoisuus kohosi keskimäärin 23 % ($p = 0.088$) ja voimaryhmän naisilla keskimäärin 26 % ($p = 0.063$) (kuva 3).



Kuva 3. Seerumin estradiolin pitoisuuden prosentuaaliset, yksilölliset muutokset 9 viikon intensiivisen harjoittelun jälkeen. Poikkiviiva kuvaa kussakin ryhmässä kaikkien yksittäisten koehenkilöiden prosentuaalisten muutosten keskiarvoa.

Taulukko 2. 18 viikon kestävyys- ja voimaharjoittelun vaikutus 76-78 -vuotiaiden naisten seerumin hormonien ja SHBG:n pitoisuuksiin (keskiarvo, keskihajonta).

| Ryhmä | Mittaus- ajankohta | Estradiol (nmol/l) | Testosteroni (nmol/l) | SHBG (nmol/l) | Testosteroni/ (SHBG) |
|-------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|--------------------------|---------------------------------|
| Kestävyys- ryhmä n=10-12 | alkumittaus | 0.042 (0.017) | 1.25 (0.78) | 55.3 (22.7) | 0.0291 (0.0257) |
| | 9 viikkoa | 0.048 (0.017) | 1.29 (1.05) | 58.2 (22.7) | 0.0268 (0.0251) |
| | 18 viikkoa | 0.046 (0.016) | 1.24 (0.95) | 60.1 (25.2) | 0.0266 (0.0239) |
| Voimaryhmä n=11-12 | alkumittaus | 0.038 (0.014) | 1.06 (0.67) | 67.1 (20.2) | 0.0177 (0.0129) |
| | 9 viikkoa | 0.045 (0.015) | 1.03 (0.86) | 69.3 (19.2) | 0.0172 (0.0167) |
| | 18 viikkoa | 0.040 (0.018) | 1.08 (0.84) | 71.5 (24.7) | 0.0177 (0.0170) |
| Kontrolliryh- mä n=10-11 | alkumittaus | 0.042 (0.013) | 1.68 (0.79) | 57.4 (18.6) | 0.0301 (0.0150) |
| | 9 viikkoa | 0.041 (0.012) | 1.55 (0.65) | 60.7 (21.2) | 0.260 (0.0110) |
| | 18 viikkoa | 0.037 (0.017) | 1.55 (0.65) | 60.9 (19.8) | 0.0281 (0.0180) |
| MANOVA (p) | | | | | |
| ryhmä | | 0.404 | 0.636 | 0.985 | 0.651 |
| aika | | <0.001 | 0.708 | 0.097 | 0.131 |
| yhdysvaikutus | | 0.609 | 0.309 | 0.373 | 0.349 |

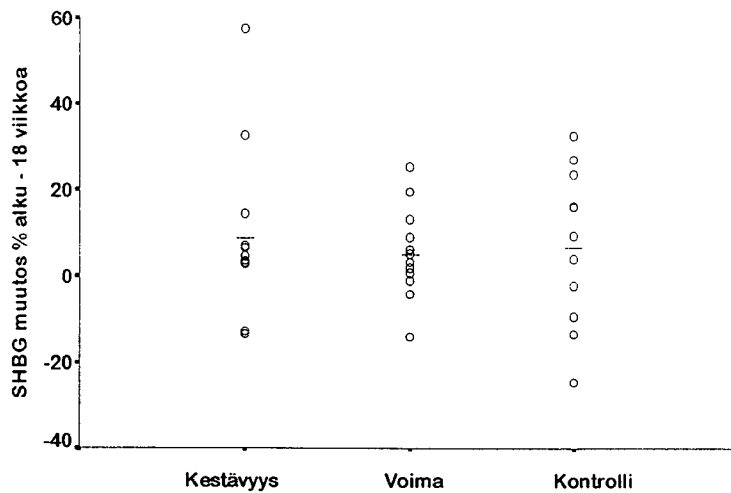
Voimaryhmällä aleni estradiolipitoisuus keskimäärin 12 % ($p=0.079$) 9 ja 18 viikon välisenä aikana. Samoin kontrolliryhmällä havaittiin estradiolipitoisuuden alenneen 9 ja 18 viikon välisenä aikana keskimäärin 13 % ($p=0.086$). Koeryhmissä havaitut muutokset eivät olleet merkitsevästi suurempia kuin kontrolliryhmässä.

6.3. Testosteroni

Alkumittauksessa ryhmien välillä ei ollut testosteronin pitoisuuksien keskiarvoissa tilastollisesti merkitseviä eroja. Testosteronipitoisuus ei myöskään muuttunut 18 viikon aikana eikä siinä todettu ryhmän ja ajan yhdysvaikutusta (taulukko 2). Samoin ryhmien sisällä ei todettu tilastollisesti merkitseviä muutoksia.

6.4. SHBG

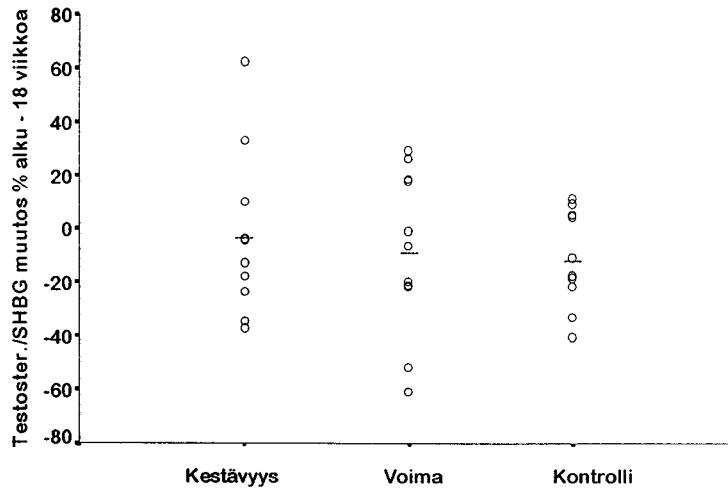
Alkumittauksessa ryhmien välillä ei ollut SHBG:n pitoisuuden keskiarvoissa tilastollisesti merkitseviä eroja. Kaikki ryhmät mukaan lukien, koko tutkimuksen aikana SHBG:n pitoisuus nousi keskimäärin 7 % ($p=0.097$). SHBG:n pitoisuudessa ei kuitenkaan havaittu ryhmän ja ajan yhdysvaikutusta (taulukko 2). Voimaryhmän SHBG:n pitoisuus kohosi keskimäärin 6 % ($p=0.080$) 18 viikon harjoittelujakson aikana (kuva 4).



Kuva 4. Seerumin SHBG:n pitoisuuden prosentuaaliset, yksilölliset muutokset 18 viikon intensiivisen fyysisenharjoittelun jälkeen. Poikkiviiva kuvaa kussakin ryhmässä kaikkien yksittäisten koehenkilöiden prosentuaalisten muutosten keskiarvoa.

6.5. Testosteroni/SHBG -suhde

Alkumittauksessa ei todettu ryhmien välillä testosteroni/SHBG -suhteiden keskiarvoissa tilastollisesti merkitseviä eroja. Testosteroni/SHBG -suhteet eivät muuttuneet merkitsevästi tutkimusjakson aikana. Testosteroni/SHBG -suhteessa ei havaittu myöskään ryhmän ja ajan yhdysvaikutusta (taulukko 2). Kontrolliryhmässä todettiin keskimäärin 10 % ($p=0.060$) aleneminen testosteroni/SHBG -suhteessa 9 viikon kohdalla. Toisaalta voimaryhmän testosteroni/SHBG -suhde aleni keskimäärin 17 % samassa ajassa, mutta aleneminen ei ollut tilastollisesti merkitsevä ($p=0.778$). Koehenkilöiden testosteroni /SHBG -suhteet olivat kaikissa ryhmissä erittäin matalia. Kontrolliryhmässä testosteroni/SHBG -suhteiden muutosten hajonta alkumittauksen ja 18-viikon välillä oli vähäisempi kuin kestävyys- ja voimaryhmässä (kuva 5).



Kuva 5. Seerumin testosteroni/SHBG -suhteen prosentuaaliset, yksilölliset muutokset 18 viikon intensiivisen harjoittelun jälkeen. Poikkiviiva kuvaa kussakin ryhmässä kaikkien yksittäisten koehenkilöiden prosentuaalisten muutosten keskiarvoa.

7. POHDINTA

Tässä tutkimuksessa 76 - 78-vuotiailla naisilla kestävyys- ja voimaryhmässä, intensiivinen 18 viikkoa kestänyt fyysinen harjoittelu ei aiheuttanut systemaattisia, tilastollisesti merkitseviä muutoksia estradiolin, testosteronin ja SHBG:n pitoisuuksien, eikä testosteroni/SHBG -suhteiden keskiarvoihin.

Kaikki ryhmät mukaan lukien tapahtui estradiolipitoisuuden keskiarvoissa merkitsevä muutos 18 viikon tutkimusjakson aikana. Kestävyys- ja voimaryhmässä estradiolin pitoisuus kohosi lievästi alkumittauksen ja 9 viikon välillä. Sitä vastoin 9 ja 18 viikon välisellä ajanjaksolla estradiolin pitoisuus aleni lievästi kestävyysryhmällä ja voimaryhmällä palautui lähes entiselleen. Kontrolliryhmän estradiolipitoisuus aleni lievästi 18 viikon tutkimusjakson aikana, hieman enemmän 9 viikon jälkeen. Testosteronin pitoisuudessa ei havaittu tilastollisesti merkitseviä muutoksia. Kaikki ryhmät mukaan lukien SHBG:n pitoisuuden keskiarvoissa tapahtui lievää kohoamista 18 viikon aikana. Voimailuryhmässä SHBG:n pitoisuus kohosi lievästi alku- ja 18 viikon mittauksen välillä. Kontrolliryhmässä testosteroni/SHBG -suhde aleni lievästi 9 viikon kohdalla.

Koehenkilöiden kaikki näytteet analysoitiin Delfia-menetelmällä rinnakkaismäärityksineen aina samassa sarjassa. Koehenkilöiden estradiolipitoisuudet olivat matalia. Se oli ongelmallista, koska estradiolipitoisuuksia määritettäessä mittaus tapahtuu juuri Delfia-menetelmän epäherkässä kohdassa. Pienellä osalla koehenkilöitä testosteronipitoisuudet olivat yli 3,8 nmol/l, kun taas pienellä osalla koehenkilöitä testosteronipitoisuudet olivat hyvinkin matalia (alle matalimman standardin 0.500 nmol/l). Tutkimusten mukaan postmenopausaalisella ajanjaksolla sukuhormonien pitoisuuksien muutokset eivät ole normaalisti suuria ja pitoisuudet ovat matalampia kuin fertiilissä iässä (Brown & Cooper 1992).

Koehenkilöiden lukumäärä oli eri ryhmissä pienehkö, minkä vuoksi sukuhormonien ja SHBG:n pitoisuuksien muutoksien tilastollinen tarkastelu on hankalaa. Pienissä ryhmissä yhden koehenkilön muista koehenkilöistä poikkeavan tuloksen merkitys korostuu. Esimerkiksi tässä tutkimuksessa kontrolliryhmän yhden koehenkilön korkea estradiolipitoisuus nosti suhteellisen paljon 9 viikon kohdalla koko kontrolliryhmän estradiolipitoisuuden keskiarvoa (kuva 3). On myös todettavissa, että kontrolliryhmää ei ole aina sisällytetty naisille tehtyjen liikuntainterventiotutkimusten koeasetelmiin, mikä vaikeuttaa tutkimusten tulosten tulkintaa (Bunt 1990). Samoin eri liikuntatutkimukset ovat saaneet keskenään hyvinkin ristiriitaisia tuloksia fyysisen harjoittelun vaikutuksesta sukuhormoni- ja SHBG- pitoisuuksiin sekä testosteroni/ SHBG -suhteisiin (Bunt 1990, Bonifaci & Lupo 1996).

Fyysisen harjoittelun mallin, intensiteetin ja pituuden on todettu tuovan esiin erilaisia muutoksia edellä mainittuihin pitoisuuksiin (Cumming ym. 1987, Kraemer W. ym. 1991). Iäkkäiden naisten fyysisen harjoittelun intensiteetti, määrä ja pituus näyttäisi jäävän monesta eri syystä alhaisemmalle tasolle kuin esimerkiksi fertiilissä iässä olevien naisurheilijoiden. Toisaalta on monissa tutkimuksissa todettu, että esimerkiksi erilaisia ajanjaksoja kestänyt voimaharjoittelu ei muuta testosteronin pitoisuutta eri-ikäisillä miehillä ja naisilla (Westerlind ym. 1987, Häkkinen & Pakarinen 1994).

Tässä tutkimuksessa koehenkilöiden lääkkeiden käytössä ilmeni, että yksi kestävyys- ja yksi voimaryhmään kuuluva nainen sai tyroksiinilääkitystä hypotyreoosiin. Koko tutkimusjakson ajan kaikkien koehenkilöiden tyroksiinipitoisuudet olivat normaaliarvojen rajoissa. Yksi koehenkilö kestävyys- ja voimaryhmässä sekä kaksi koehenkilöä kontrolliryhmässä saivat estrogeenikorvaushoitoa. Estrogeenihoitoa saaneet koehenkilöt jakautuivat tasaisesti eri ryhmiin, eikä hoidon havaittu vaikuttaneen heidän kohdallaan poikkeavasti estradiolipitoisuuksiin.

Tiedetään, että Suomessa 1900-luvun alkupuolella syntyneet naiset eivät ole käyttäneet systemaattisesti e-pillereitä ehkäisyyn tai estrogeeniterapiaa ikääntyessään. Hormonikorvaushoitoa käyttää 70 - 74-vuotiaista naisista keskimäärin neljä prosenttia. (Erkkola 1993). Nyt olisi mielenkiintoista tutkia juuri tältä sukupolvelta fyysisen harjoittelun vaikutuksia myös endogeenisten sukuhormonien pitoisuuksiin. Kirjallisuudesta löytyy hyvin harvoja

Eri tutkimusten mukaan on todettu sukuhormonien reseptorit välttämättömiksi sukuhormonien spesifeille vaikutuksille. Reseptori-sukuhormonikompleksien määrä on riippuvainen sekä solun reseptoreiden että sukuhormonien pitoisuuksista (Jänne 1987). Mielestäni olisi mielenkiintoista tutkia, missä määrin iäkkäiden naisten fyysinen harjoittelu voisi vaikuttaa sukuhormonien reseptorien määrään, fysiologiaan, toimintaan.

7.1. Estradioli

Harjoittelu ei vaikuttanut estradiolipitoisuuden muutoksiin, mutta ajan suhteen havaittiin merkitsevä muutos. Esimerkiksi Ronkainen ym. (1985) ovat todenneet tutkimuksissaan, että fertiilissä iässä olevilla naisilla eri vuodenaikoina voidaan havaita estradiolipitoisuuksien muutoksia.

Monet eri tutkimukset ovat osoittaneet, että postmenopausaalisten naisten kehon rasvapitoisuus ja kehon paino liittyvät estradiolipitoisuuteen (Cauley ym. 1989, Cauley ym. 1994). Koko tutkimusjakson aikana kestävyys- ja voimaryhmällä kohosi lievästi estradiolin pitoisuus alkumittauksen ja 9 viikon välillä, sekä aleni lievästi 9 viikon jälkeen, mutta ei alle alkumittauksessa havaittujen pitoisuuksien. Samaan aikaan voimaryhmän kehon rasvapitoisuus aleni tilastollisesti merkitsevästi 18 viikon aikana verrattuna kontrolliryhmään. Kontrolliryhmällä havaittiin estradiolipitoisuuden lievää laskua koko tutkimuksen ajan. Kehon rasvapitoisuudessa ei kontrolliryhmällä havaittu tilastollisesti merkitseviä muutoksia.

Tämän tutkimuksen mukaan kestävyys- ja voimaryhmän tulokset tukevat ajatusta, että intensiivinen, 18 viikkoa kestävä fyysinen harjoittelu ei laske estradiolin pitoisuuden tasoa. Saman suuntainen tulos on löytynyt esimerkiksi Suomisen ym. poikkileikkaustutkimuksessa (julkaisematon aineisto). Sen mukaan monia vuosia kestänyt intensiivinen fyysinen harjoittelu ei ollut yhteydessä 68 - 85-vuotiaiden naisten estradiolipitoisuuden muutoksiin.

Joidenkin tutkimusten mukaan fertiilissä iässä olevilla terveillä naisilla lyhyt- ja pitkäkestoinen fyysinen rasitus on nostanut estradiolin pitoisuuksia (Keizer ym. 1987, Kraemer R. ym. 1995), mutta toisaalta osassa voimaharjoitustutkimuksia estradiolipitoisuudet ovat pysyneet muuttumattomina (Häkkinen ym. 1990). Urheilijanaisten aktiivisen, intensiivisen sekä pitkäkestoinen fyysisen harjoittelun on todettu voivan alentaa estradiolin pitoisuuksia ja sitä kautta aiheuttavan urheilijanaisten elimistössä fysiologisia muutoksia (Ronkainen ym. 1985, Bunt 1990). Postmenopausaalisilla naisilla matalat estradiolin pitoisuudet ovat liittyneet osteoporoosiin sekä sydän- ja verisuonisairauksiin (Reunanaen 1992, Rizzoi & Bonjour 1997).

7.2. Testosteroni

Kestävyys- ja voimaryhmän 18-viikon intensiivinen fyysinen harjoittelu ei muuttanut testosteronin pitoisuutta tilastollisesti merkitsevästi. Samansuuntaisia tuloksia ovat saaneet Häkkinen ja Pakarinen (1994) tutkiessaan iäkkäiden naisten 12-viikkoisen voimaharjoittelun vaikutuksia testosteronin pitoisuuksiin. Tässä tutkimuksessa eri ryhmissä olevien yksittäisten koehenkilöiden testosteronipitoisuudet ja niiden muutokset olivat erisuuruisia toisiinsa nähden alkumittauksen, 9- ja 18-viikon mittausajankohtien välillä.

Suomisen ym. (julkaisematon aineisto) poikkileikkaustutkimuksessa olivat kahdella eri 66 - 85-vuotiailla naisurheilijaryhmällä tilastollisesti merkitsevästi alhaisemmat testosteronipitoisuudet kuin normaalisti liikkuneilla kontrolliryhmän naisilla. Tällainen tulos tukisi ajatusta, että monia vuosia kestävä, intensiivinen fyysinen harjoittelu olisi alentanut iäkkäiden urheilijanaisten ryhmissä testosteronipitoisuuksia verrattuna ikämatsattuun normaalisti liikkuneeseen naisten ryhmään.

Testosteronipitoisuudet ovat iäkkäillä naisilla merkitsevästi matalammat kuin iäkkäillä miehillä (Brown & Cooper 1992). Iäkkäillä miehillä intensiivinen, uupumukseen saakka viety akuutti fyysinen rasitus kohotti testosteronin pitoisuutta tilastollisesti merkitsevästi (Rahkila ym. 1989),

mutta esimerkiksi akuutti raskasvasteinen harjoittelu ei muuttanut pitoisuuksia iäkkäillä miehillä tai naisilla (Häkkinen & Pakarinen 1995). Craig ym. (1989) ovat todenneet iäkkäillä miehillä korkeammat testosteronin pitoisuudet ennen fyysistä harjoittelua kuin sen jälkeen.

Bonifazi ym. (1995) ovat havainneet tutkimuksessaan, että ei-SHBG:n sitoutunut testosteroni voisi miesurheilijoilla merkitä herkempää indikaattoria androgeenien aktiivisuuden mittaamiselle kuin kokonaistestosteroni. Heidän mukaansa ei-SHBG:n sitoutunut testosteroni on biologisesti aktiivista.

Akuutin fyysisen harjoittelun havaittiin kohottaneen fertiilissä iässä olevilla naisilla testosteronin pitoisuuksia (Cumming ym. 1987), kun taas toisissa tutkimuksissa pitkäkestoinen voimavasteharjoittelu ei muuttanut testosteronipitoisuuksia tilastollisesti merkitsevästi (esimerkiksi Häkkinen ym. 1990). Säännöllisesti ja hyvin intensiivisesti harjoitelleilla naisurheilijoilla on todettu korkeammat testosteronin pitoisuudet alkumittauksessa kuin normaalin liikunnallisen taustan omaavilla naisilla. Myös pitkäkestoisen harjoittelujakson jälkeen testosteronin pitoisuudet ovat olleet urheilijanaisten ja normaalisti liikkuneitten naisten ryhmillä tilastollisesti merkitsevästi korkeampia (Cumming ym. 1987, Keizer ym. 1987).

Toisaalta Ronkainen ym. (1985) havaitsivat alkutilanteessa urheilijanaisilla tilastollisesti merkitsevästi matalammat testosteronin pitoisuudet kuin terveillä, normaalisti liikkuneilla naisilla. On myös esitetty, että amenorreaa sairastavien naisurheilijoiden testosteronin pitoisuudet ovat matalammat kuin menstruovilla naisjuoksijoilla (Baker ym. 1981). Tosin kaikissa tutkimuksissa ei ole havaittu vastaavanlaisia eroja (Schwartz ym. 1981).

Monissa tutkimuksissa on havaittu, että fertiilissä iässä naisten fyysisen liikunnan mallilla, määrällä, intensiteetillä ja pituudella on tärkeä merkitys sukuhormonien pitoisuuksien muutoksiin (Ronkainen ym. 1985, Cumming ym. 1987, Kraemer W. ym. 1991). Edellä mainittujen kaltaisia iäkkäitä naisia koskevia pitkäkestoisia tutkimuksia löytyi kirjallisuudesta hyvin vähän.

7.3. SHBG

Tutkittavien 76 - 78-vuotiaiden naisten 18- viikkoinen harjoittelu ei aiheuttanut SHBG:n pitoisuuksissa systemaattisia, tilastollisesti merkitseviä muutoksia. Samansuuntainen tulos todettiin Häkkisen ja Pakarisen (1994) 12-viikkoisessa voimaharjoittelussa, jossa iäkkäiden (keskimäärin 70 vuotta) naisten SHBG:n pitoisuudet eivät muuttuneet tilastollisesti merkitsevästi.

Tässä tutkimuksessa kaikki ryhmät mukaan lukien SHBG:n pitoisuus kohosi lievästi 18 viikon aikana. Voimailuryhmässä SHBG:n pitoisuus kohosi lievästi alkumittauksen ja 18 viikon harjoitusjakson välillä. Suomisen ym. pökkileikkaustutkimuksessa olivat 66 - 85-vuotiailla urheilijanaisten ryhmillä tilastollisesti merkitsevästi korkeammat SHBG:n pitoisuuden keskiarvot kuin samanikäisillä kontrolliryhmän naisilla. Tutkimuksen tulokset antaisivat viitteitä siitä, että fyysinen harjoittelu olisi kohottanut iäkkäiden urheilijanaisten SHBG:n pitoisuutta. (Suominen ym. julkaisematon aineisto).

Tutkimuksissa on löytynyt postmenopausaalisilla naisilla negatiivinen suhde SHBG:n pitoisuuksien ja luun tiheyden välillä. Eri tutkimuksissa SHBG:n on todettu olevan estradiolia tai estronia parempi luuntiheyden ja luun vähenemisen idikaattori. (Van Hemrt ym. 1989, Suominen & Rahkila 1991).

Iäkkäillä miehillä lyhytkestoisen, uupumukseen saakka viedyn liikuntasuorituksen havaittiin kohottavan SHBG:n pitoisuutta tilastollisesti merkitsevästi (Rahkila ym. 1989) mutta toisaalta pitkäkestoisen voimaharjoittelu ei muuttanut iäkkäiden miesten pitoisuuksia (Häkkinen & Pakarinen 1994). Tutkimuksissa on ilmennyt, että ihmisen ikääntymiseen liittyy seerumin SHBG:n pitoisuuden kohoaminen (Kontula 1984, Brown & Cooper 1992)

Nuoria naisia koskevissa tutkimuksissa SHBG:n pitoisuuksien muutokset liikuntasuoritusten ja pitkäkestoisen liikuntaohjelman jälkeen ovat vaihdelleet. Esimerkiksi Cumming ym. (1987) havaitsivat, että tutkittavilla urheilijanaisilla olivat korkeammat SHBG:n pitoisuudet ennen liikuntasuoritusta kuin kontrolliryhmällä (ei aktiivisia liikunnan harjoittajia) ja että liikunta nosti

molempien ryhmien pitoisuutta. Ronkaisen ym. (1985) ja Bakerin ym. (1981) tutkimuksissa naisten SHBG:n pitoisuudet jäivät muuttumatta, silloin kun ei ollut useita menstruaalisia häiriötekijöitä.

Miehillä osassa tutkimuksia akuutti fyysinen harjoittelu ei muuttunut SHBG:n pitoisuuksia (Kuoppasalmi ym. 1980, Fry ym. 1991), kun taas osassa tutkimuksia pitoisuudet kohosivat (Rahkila ym. 1989). Miespainonnostajilla systemaattinen, pitkäkestoinen painonnostoharjoitus nosti merkittävästi SHBG:n pitoisuutta. Sitä vastoin keski-ikäisillä ja iäkkäillä miehillä pitkäkestoinen voimaharjoittelu ei aiheuttanut muutoksia niiden pitoisuuksiin (Häkkinen ym. 1988, Häkkinen & Pakarinen 1994). Toisaalta pitkäkestoisien interventiotutkimusten aikana on nähty esimerkiksi miesurheilijoiden kehon painon alenemiseen voivan liittyä SHBG:n pitoisuuden kohoaminen (Bonifazi ym. 1995).

7.4. Testosteroni/SHBG -suhde

Tässä tutkimuksessa 18-viikkoinen harjoittelu ei vaikuttanut testosteroni/SHBG -suhteiden keskiarvojen muutoksiin tilastollisesti merkittävästi. Kestävyys- ja voimaryhmän tuloksia vastaavaa muutosta todettiin Häkkisen ja Pakarisen (1994) edellä mainitussa iäkkäitä (keskimäärin 70 vuotta) naisia koskevassa tutkimuksessa. Tässä 76 - 78-vuotiaiden naisten tutkimuksessa kontrolliryhmällä testosteroni/SHBG -suhde aleni lievästi alkumittauksen ja 9 viikon välillä. Toisaalta voimaryhmän testosteroni/SHBG -suhde laski prosentuaalisesti enemmän kuin kontrolliryhmällä samassa ajassa, mutta voimaryhmällä testosteroni/SHBG -suhteen aleneminen ei ollut tilastollisesti merkittävä.

Eri tutkimuksissa on osoitettu iäkkäillä naisilla olevan erittäin merkittävästi matalammat testosteroni/SHBG -suhteet kuin iäkkäillä miehillä. Samoin on osoitettu testosteroni/SHBG -suhteen korreloivan iäkkäiden naisten fyysisen voiman kehittymiseen. (Häkkinen & Pakarinen 1993). Poikkileikkaustutkimuksessa Suominen ja Rahkila (1991) havaitsivat useita vuosia

harjoitelleella miesten kestävyysryhmällä (70-81-vuotiaat) positiivisen korrelaation testosteroni/SHBG -suhteen ja BMD:n välillä.

Testosteroni/ SHBG -suhdetta on käytetty erilaisten fyysisten kuormitusten ja harjoittelun yhteydessä kuvaamaan elimistön anabolia/katabolia -tasapainotilaa. Tällöin on saatu myös kuva vapaan testosteronin tasosta. (Kuoppasalmi ym. 1981, Stenman 1992). Esimerkiksi voimanostourheilijoilla on seurattu fyysisen voiman kehittymistä testosteroni/ SHBG - suhteen avulla (Häkkinen ym. 1987, Häkkinen ym. 1988).

Osassa tutkimuksissa testosteroni/SHBG-suhteen ei ole havaittu olevan erityisen informatiivinen kuvaamaan fyysisen harjoittelun aiheuttamaa metabolista vastetta. Sen on nähty korreloivan huonosti vapaaseen testosteroniin, koska testosteroni/SHBG-suhde reagoi liian herkästi SHBG:n pitoisuuksien muutoksiin. Samoin testosteronipitoisuuksissa fyysisen harjoittelun aikana tapahtuvien muutoksien on nähty liittyvän testosteroni/SHBG - suhteiden variaatioon (Gray ym. 1993, Bonifazi ym. 1995).

7.5. Yhteenveto

Tässä tutkimuksessa intensiivinen 18 viikkoa kestänyt fyysinen harjoittelu terveillä 76 -78-vuotiailla naisilla kestävyys- ja voimaryhmässä ei aiheuttanut systemaattisia muutoksia estradiolin, testosteronin ja SHBG:n pitoisuuksien eikä testosteroni/SHBG -suhteiden keskiarvoihin. Tutkimuksen tulokset ovat samansuuntaisia kirjallisuudessa esiintyvien harvojen tutkimustulosten kanssa. Kokeellisen tutkimusjakson aikana yksittäisten koehenkilöiden sukihormonien ja SHBG:n pitoisuudet ja niiden muutokset olivat erisuuruisia toisiinsa nähden.

Kestävyys- ja voimaryhmässä estradiolipitoisuuksien keskiarvot kohosivat lievästi alkumittauksen ja 9 viikon mittauksen välillä. Samoin voimaryhmässä SHBG:n pitoisuus kohosi lievästi 18 viikon harjoitusjakson aikana. Edellä mainitut tulokset antavat viitteitä siitä, että

fyysinen harjoittelu voisi muuttaa ikääntyneiden naisten sukihormonien ja SHBG:n pitoisuuksia. Tulevissa tutkimuksissa tulisi tutkia iäkkäitä naisia ryhmissä, joissa koehenkilömäärät ovat suurempia. Tällöin fyysisen harjoittelun vaikutukset saataisiin paremmin esille, koska yksittäisten koehenkilöiden koko ryhmästä poikkeavat arvot eivät vaikuttaisi liian voimakkaasti tuloksiin.

8. LÄHTEET

- Aakvaag A., Sand T., Opstad P. & Fonnum F: Hormonal changes in serum in young men during prolonged physical strain. *Eur J Appl Physiol* 39:291-293, 1978
- Adlercreutz H: Sukupuolihormonien ja gonadotropiinien määritykset kliinisessä diagnostiikassa. *Duodecim* 93: 485-508, 1977
- Alén M: Anaboliset hormonit ja urheilu. Printaco, Jyväskylä 1986
- Alén M., Pakarinen A., Häkkinen K. & Komi P: Responses of serum androgenic-anabolic and catabolic hormones to prolonged strength training. *Int J Sports Med* 9: 229-233, 1988
- Baker E. & Demers L: Menstrual status in female athletes: correlation with reproductive hormones and bone density. *Obstet Gynecol* 72:638-687, 1988
- Baker E., Marthur R., Kirk R. & Williamson H: Female runners and secondary amenorrhea: correlation with age, parity, mileage, and plasma hormonal and sex-hormone-binding globulin concentrations. *Fertil Steril* 36: 183, 1981
- Barrett-Connor E. & Bush T: Estrogen and coronary heart disease in women. *JAMA* 265: 1861-1867, 1991
- Barrett-Connor E. & Langer R: Cardiovascular, events, estrogens, and the menopause. Kirjassa: *Endocrinology and metabolism in the elderly*, s. 336-352. Toim. Morley J. & Korenman S., Blackwell Scientific Publications, Vienna 1992
- Bonen A., Ling W., MacIntyre K. ym: Effects of exercise on serum concentrations of FSH, LH, progesterone and estradiol. *Eur J Appl Physiol* 42: 15-23, 1979
- Bonen A. & Keizer H: Pituitary, ovarion and adrenal hormone responses to marathon running. *Int J Sports Med* Vol 8, Suppl, pp 161-167, 1987
- Bonifazi M., Bela E., Carli G. ym. Influence of training on the response of androgen plasma concentrations to exercise in swimmers. *Eur J Appl Physiol* 70: 109-114, 1995
- Bonifazi M. & Lupo C: Differential effects of exercise on sex hormone-binding globulin and non-sex hormone-binding globulin-bound testosterone. *Eur J Appl Physiol* 72: 425-429, 1996
- Brown A: The genitourinary system - gynaegolocal disorders in the elderly. Kirjassa: *Textbook of geriatric medicine and gerontology*, third edition, s. 659-670. Toim. Brocklehurst J., New York 1985
- Brown A., McCartney N. & Sale D: Positive adaptations to weight-lifting training in the elderly. *J Appl Physiol* 69 (5): 1725-1733, 1990
- Brown A. & Cooper T: Gynaegological disorders in elderly - sexuality and aging. Kirjassa: *Textbook of geriatric medicine and gerontology*, fourth edition, s. 656-665. Toim. Brocklehurst J., Tallis R. & Fillit H., Tokio 1992
- Brown W: Oestradiol Response to Exercise 'Through the Ages'. *The Australian Journal of Science and Medicine in Sport* 24 (1):18-24, 1992

- Buchanan A., White S., Walters W., ym.: Teenage ballet dancers as a model of the female athlete: sensitivity of endocrine control of the menstrual cycle to exercise. *The Australian Journal of Science and Medicine in Sport* 24 (3):63-67, 1992
- Bullen B., Skinner G., Beitins I., ym.: Endurance training effects on plasma hormonal responsiveness and sex hormone extension. *J Appl Physiol*: 56: 1453-1463, 1984
- Bunt J: Hormonal alternations due to exercise. *Sports Med* 3:331-345, 1986
- Bunt J: Metabolic actions of estradiol: significance for acute and chronic exercise responses. *Med Sci Sports Exerc* 22: 286-290, 1990
- Cann C., Martin M. & Genent H: Decreased spinal mineral content in amenorrheic women. *JAMA* 251: 626-629, 1984
- Cauley J, Gutai J, Kuller L ym: The epidemiology of serum sex hormones in postmenopausal women. *Am J Epidemiol* 129: 1120-31, 1989
- Cauley J., Gutai J., Kuller L. ym: Black-White differences in serum sex hormones and bone mineral density. *Am J Epidemiol* 139: 1035-1046, 1994
- Constance M., McKenzie D. Prior J. & Taunton J: Effects of menstrual cycle phase on athletic performance. *Med Sci Sports Exerc* 27: pp. 437-444, 1995
- Corti M-C, Guralnik J. & Bilanto C: Coronary heart disease risk factors in older persons, *Aging Clin Exp Res* 8: 75-89, 1996
- Craig B., Brown R. & Everhart J: Effects of progressive resistance training on growth hormone and testosterone levels in young and elderly subjects. *Mech Ageing Dev* 49: 159-169, 1989
- Cumming D., Wall S., Galbraith M. & Belcastro A: Reproductive hormone responses to resistance exercise. *Med Sci Sports Exerc* 19, pp: 234-238, 1987
- Dale E., Getlach H. & Wilhite A: Menstrual dysfunction in women runners. *Obstet Gynecol* 54: 47-53, 1979
- Dalsky G., Stocke K., Ehsani A. ym: Weight-bearing exercise training and lumbar bone mineral content in postmenopausal women. *Ann Inter Med* 108: 824-828, 1988
- Deschenes M., Kraemer W., Maresh C. & Crivello J: Exercise-induced hormonal changes and their effects upon skeletal muscle tissue. *Sports Medicine* 12 (2): 80-93, 1991.
- De Souza M., Maresh C., Maguire M. ym: Menstrual status and plasma vasopressin, renin activity, and aldosterone exercise responses. *J Appl Physiol* 67: 736-743, 1990
- Drinkwater B., Nilson K. & Chestnut C: Bone mineral content of amenorrheic and eumenorrheic athletes. *New Eng J Med* 311:277-281, 1984
- Dunn J., Nisula B., Rodbard D: Transport of steroid hormones: binding of endogenous steroids to both globulin and corticosteroid-binding globulin in human plasma. *J Clin Endocrinol Metab* 53: 56-68, 1981
- Erkkola R: Synnytysten, vaihdevuosien ja sukuelinsairauksien sekä -leikkausten vaikutus sukupuolielämään. Kirjassa: Suomalainen seksi, s. 391-409. Toim. Kontula & Haavio-Mannila E., WSOY, Juva 1993
- Fiatarone M: Exercise. Kirjassa: Endocrinology and metabolism in the elderly. s. 482-499, Toim. Morley J. & Korenmann S., Blackwell Scientific Publications, Vienna 1992
- Fiatarone M., Marks E., Ryan N. ym: High-intensity strength training in nonagerians. *J Am Med Wom Assoc* 263: 3029-3034, 1990

- Fry R., Morton A., Garcia-Webb P. & Keast D: Monitoring exercise stress by changes in metabolic and hormonal responses over a 24-h period. *Eur J Appl Physiol* 63: 228-234, 1991
- Gray A., Telford R. & Weidemann M: Endocrine response to intense interval exercise. *Eur J Appl Physiol* 66: 366-371, 1993
- Hale R., Kosasa T., Krieger J. & Pepper S: A marathon: the immediate effect on female runners' luteinizing hormone, follicle stimulating hormone, prolactin, testosterone and cortisol levels. *Am J Obstet Gynecol* 146: 550-556, 1983
- Hammond G., Langley M., Robinson P: A liquid-phase immunoradiometric assay (IRMA) for human sex hormone binding globulin (SHBG). *J Steroid Biochem* 23:451, 1985
- Harman S. & Blackman M: The postmenopausal state. Kirjassa: *Oxford Textbook of Geriatric medicine*, s.149-159, Toim. Evans J. & Williams T., Oxford University Press, Tokyo 1992
- Heikkinen E., Arajarvi R-L., Era P. ym: Functional capacity of men born in 1906-1910, 1926-1930, 1946-1950. A basic report. *Scand J Soc Med* 33 (Suppl), 1-93, 1984
- Heikkinen E., Heikkinen R-L., Kauppinen M. ym: Iäkkäiden henkilöiden toimintakyky. Ikivihreät-projekti, Osa I, Sosiaalhallitus- ja terveystoimi, Suunnitteluosasto, Helsinki 1990
- Huhtaniemi I: Vaihdevuosien endokriiniset muutokset ja niiden fysiologiset seuraukset. *Duodecim* 112: 1043-1052, 1996
- Huhtaniemi I., Koskimies A. ja Pelkonen R: Kivekset. Kirjassa: *Kliininen Endokrinologia*, neljäs uudistettu painos, s. 458-478, Toim. Lamberg B-A., Koivisto V., Pelkonen R., Kustannus Oy Duodecim, Jyväskylä 1992
- Häkkinen K.: Voimaharjoittelun perusteet, Gummeruksen Kirjapaino Oy, Jyväskylä 1990
- Häkkinen K. & Pakarinen A: Acute Hormonal Responses to Heavy Resistance Exercise in Men and Women at Different Ages. *Int J Sports Med* 16 pp, 507-513, 1995
- Häkkinen K. & Pakarinen A: Muscle strength and serum testosterone, cortisol and SHBG concentrations in middle-aged and elderly men and women. *Acta Physiol Scand* 148: 199-207, 1993
- Häkkinen K. & Pakarinen A: Serum hormones and strength development during strength training in middle-aged and elderly males and females. *Acta Physiol Scand* 150: 211-219, 1994
- Häkkinen K., Pakarinen A., Alen M. ym: Relationships between training volume, physical performance capacity, and serum hormone concentrations during prolonged training in elite weight lifters. *Int J Sports Med* 8(Suppl 1-2): 61-65, 1987
- Häkkinen K., Pakarinen A., Alen M. ym: Daily hormonal and neuromuscular responses to intensive strength training in 1 week. *Int J Sports Med* 9: 422-428, 1988
- Häkkinen K., Pakarinen A., Kyröläinen A. ym: Neuromuscular adaptations and serum hormones in females during prolonged power training. *Int J Sports Med* 11: 91-98, 1990
- Jensen J., Riis B., Strom V. ym. Long-term effects of percutaneous estrogens and oral progesterone on serum lipoproteins in postmenopausal women. *Am J Obstet. Gynecol* 156: 66-71, 1987

- Jurkowski J., Jones N.& Walker E: Ovarion hormonal responses to exercise. *J Appl Physiol* 44: 109-114, 1978
- Jurkowski J.E., Jones N.L., Towes C.J.& Sutton J.R: Effects of menstrual cycle on blood lactate, O₂ delivery, and performance during exercise. *J Appl Physiol* 51: 1493-1499, 1981
- Jänne O.: Steroidihormonit geenien toiminnan säätelijöinä. *Duodecim* 103: 251-263, 1987
- Keizer H., Beckers E. de Haan J., ym. Exercise-induced changes in the percentage of free testosterone and estradiol in trained and untrained women. *Int J Sports Med* 8 (Suppl 3), pp, 151-153, 1987
- Keizer H., Kuipers H., de Haan J. ym: Effect of 3-month endurance training program on metabolic and multiple hormonal responses to exercise. *Int J Sports Med* 8 (Suppl.3),pp 154-160, 1987
- Kontula K: Hormoninmäärittysten periaatteet ja pulmat. Kirjassa: Kliininen endokrinologia, toinen, uudistettu painos, s.23-34, Toim. Lamberg B.-A., Nikkilä E., Pelkonen R., Kustannus Oy Duodecim, Forssa 1984.
- Kontula K. & Leinonen P: Endokriininen järjestelmä ja hormonien vaikutustavat. Kirjassa: Kliininen Endokrinologia ,neljäs uudistettu painos, s. 9-20, Toim. Lamberg B-A., Koivisto V., Pelkonen R., Kustannus Oy Duodecim, Jyväskylä 1992
- Kraemer R., Heleniak R., Tryniecki J.ym: Follicular and luteal phase hormonal responses to low-volume resistive exercise. *Med Sci Sports Exerc* 6 (27), pp, 809-817,1995.
- Kraemer W., Deschenes M.& Fleck S: Physiological adaptations to resistance exercise: Implications for athletic conditioning. *Sports Med.* 6, 246-256, 1988
- Kraemer W., Gordon S., Fleck S.,ym: Endogenous anabolic hormonal and growth factor responses to heavy resistance exercise in males and females. *Inter J Sports Med* 12: 228-235, 1991
- Kuoppasalmi K., Näveri H., Härkönen M., Aldercreutz H: Plasma cortisol, androstenedione, testosterone, and luteinizing hormone in running exercise of different intensities. *Scand J Clin Lab Invest* 40: 411-418, 1980.
- Kuoppasalmi K: Effects of exercise stress on human plasma hormone levels with special reference to steroid hormones. Doctoral dissertation, University of Helsinki,1981
- Laatiakinen T. & Sane T: Hirsutismi. Kirjassa: Kliininen endokrinologia, neljäs uudistettu painos, s. 448-457, Toim. Lamberg B-A., Nikkilä E., Pelkonen R. , Kustannus Oy Duodecim, Jyväskylä 1992
- Lamb D: Androgens and exercise. *Med Scien Sports* 7: 1-5, 1975
- Lamberg B-A., Välimäki M. & Mäenpää J: Kilpirauhanen. Kirjassa: Kliininen endokrinologia, neljäs uudistettu painos, s.104-198, Toim. Lamberg B-A., Välimäki M., Mäenpää J., Kustannus Oy Duodecim, Jyväskylä 1992
- Lamberg-Allardt C. & Suominen H: Ravinto, elämäntavat ja luusto. *Duodecim* 112: 2095-2105, 1996
- Lehtonen A. & Nikkilä M: Onko HDL-kolesterolin merkitystä sepelvaltimotautia ehkäisevänä tekijänä aliarvioitu? *Duodecim* 105, 1297-1299, 1989
- Loucks A. & Horvath S.: Athletic amenorrhea: a review. *Med Sci Sports Exerc* 17:56-72,1985
- MacDonald P, Edman C, Hemsell D.ym: Effect of obesity on conversion of plasma androstendione to estrone in postmenopausal women with and without endometrial cancer. *AM J Obstet Gynecol* 130:448-55, 1978

- Masarei M., Armstrong B., Skinner M. ym: HDL-colesterol and sex-hormone status. *Lancet* I: 208, 1980
- Morley J., Korenman S. & Kaiser F: The menopause. Kirjassa: *Endocrinology and metabolism in the elderly*, s. 322- 335, Toim. Morley J. & Korenman S., Blackwell Scientific Publications, Vienna 1992
- Nachhign L. Women and Testosterone. *Lehti: Rx Women Report*, Wednesday, January 24, New York 1996 (Internetin kautta)
- Nicklas B., Hackney A. & Sharp R: The menstrual cycle and exercise: performance, muscle glycogen and substrate responses. *Int J Sports Med* 10:264-269, 1989
- Nienstedt W., Hänninen O., Arstila A. & Björkqvist S: Ihmisen fysiologia ja anatomia, WSOY:n graafiset laitokset, viides painos, Porvoo 1987
- Nikkilä E: Hyperlipidemia. Kirjassa: *Kliininen endokrinologia*. 2. uudistettu painos, s. 638-663, Toim. Lamberg B-A., Nikkilä E., Pelkonen R., Kustannus Oy Duodecim, Forssa 1984.
- Pelkonen R. Lisämunaaiset. Kirjassa: *Kliininen endokrinologia*. 2. uudistettu painos, s. 270-324, Toim. Lamberg B.-A., Nikkilä E. & Pelkonen R., Kustannus Oy Duodecim, Forssa 1984.
- Pelkonen R. Lisämunaaiset. Kirjassa: *Kliininen endokrinologia*. 4. uudistettu painos, s. 248-304, Toim. Lamberg B-A., Koivisto V., Pelkonen R. , Kustannus Oy Duodecim, Jyväskylä 1992
- Rahkila P., Alen M., Kallinen M. & Suominen H: Response of serum testosterone to exhaustive exercise in adolescent boys and elderly men. *Proceedings of the international union of physiological XVII abstracts*, siv. 219, XXXI International congress of physiological sciences, Finland 9-14, Helsinki 1989.
- Rance N. & May S: Modulation of the cytosolic androgen receptor in striated muscle by sex steroids. *Endocrinol* 115, 862-866, 1984
- Remes K: Liikkuen luut lujiksi. *Suomen Lääkärilehti*, 2062-2065, 1990
- Reunanen A: Sukupuolihormonien vaikutukset sydän- ja verisuonisairauksiin. Teoksessa: *Osteoporoosin ehkäisy ja hoito. Konsensuskokous 30.3. - 1.4. 1992 Hanasaarella, Suomen Akatemia, Suomalainen Lääkärikeskus Duodecim, Sosiaali- ja terveysministeriö, Hakapaino, Helsinki 1992*
- Riggs B. & Melton : Involuntional osteoporosis, *New Eng J Med* 314: 1676-1686, 1986.
- Rizzoli R. & Bonjour J-P: Hormones and bones. *Lancet*, 349: s120-s123, 1997
- Ronkainen H, Pakarinen A, Kirkinen P. & Kauppila A: Physical exercise-induced changes and season-associated differences in the pituitary-ovarian function of runners and joggers. *J Clin Endocrinol Metab* 60: 416-422, 1985
- Schmid P., Pusch H., Wolf W. ym: Serum FSH, LH and testosterone in humans after physical exercise. *Int J Sports Med* 84-89, 1982
- Schwartz B., Cumming D., Riordan E. ym: Exercise-associated amenorrhea: a distinct entity. *Am J Obstet Gynecol* 141: 662, 1981
- Seppälä M. & Laatikainen T: Gynekologinen endokrinologia. Kirjassa: *Kliininen endokrinologia*, 2. uudistettu painos, s. 428-466, Toim. Lamberg B-A, Nikkilä E., Pelkonen R., Kustannus Oy Duodecim, Forssa 1984
- Seppälä M. & Laatikainen T: Gynekologinen endokrinologia. Kirjassa: *Kliininen endokrinologia*, 4. uudistettu painos, s.413-437, Toim. Lamberg B-A, Koivisto V., Pelkonen R. Kustannus Oy Duodecim, Jyväskylä 1992

- Shephard R.: Exercise for the elderly. Kirjassa: Physical Activity, Aging and Sports, Volume II, s.43, Toim. Harris S., Harris R., Harris W., Center for Study of Aging, Albany, New York, 1988
- Silverman H. & Mazzeo R: Hormonal responses to maximal and submaximal exercise in trained and untrained men of various ages. *Journal of Gerontology: Biological Sciences*, 1,(51A), B30-B37, 1996.
- Sipilä S: Physical training and skeletal muscle in elderly women. A study of muscle mass, composition, fiber characteristics and isometric strength, Jyväskylä University Printing House and Sisäsuomi Oy, Jyväskylä 1996
- Sipilä S. & Suominen H: Effects of strength and endurance training on thigh and leg muscle mass and composition in elderly women. *J Appl Physiol* 78: 334-340, 1995.
- Stenman U-H: Hormonien määrittämenetelmät, Kirjassa: Kliininen endokrinologia , 4. uudistettu painos, s.21-33, Toim. Lamberg B-A., Koivisto V., Pelkonen R., Kustannus Oy Duodecim, Jyväskylä 1992
- Suominen H: Effects of physical training in middle-aged and elderly people. University of Jyväskylä, Jyväskylä 1978
- Suominen H. & Rahkila P: Bone mineral density of the calcaneus in 70- to 81-yr-old male athletes and a population sample. *Med Sci Sports Exerc* 23, pp, 1227-1233, 1991
- Suominen H. & Rahkila P. Response of serum testosterone to exhaustive exercise in adolescent boys and elderly men. Abstracts Proceeding of international m of physiological sciences XVII siv. 219, XXXI International congress of physiological sciences, Finland, 9-14 July, Helsinki 1989
- Urhausen A., Kullmer T. & Kindermann W: A 7-week follow-up study of the behaviour of testosterone and cortisol during the competition period in rowers. *Eur J Appl Physiol* 56: 528-533, 1987
- Van Hemert A., Birkenhäger J., De Jong F. ym. Sex hormone binding globulin in postmenopausal women: a predictor of osteoporosis superior to endogenous oestrogens. *Clin Endocrinol* 31: 499-509, 1989
- Vihko R., Huhtaniemi I., Jänne O.A: Steroidiendokrinologia, Duodecim 101:302-309, 1985
- Webb M., Wallace J., Hamill C. ym: Serum testosterone concentrations during two hours of moderate intensity treadmill running in trained men and women. *Endocrinol Res* 10: 27-38, 1984
- Weiss L., Cureton K. & Thompson F: Comparison of serum testosterone and androstenedione responses to weight lifting in men and women. *Eur J Appl Physiol* 50: 413-419, 1983
- Westerlind K., Byrnes W. Freedson P. & Katch F: Exercise and serum androgens in women. *Physician Sports Med* 15: 87-94, 1987
- Wheeler G., Wall S., Belcastro A. & Cumming D: Reduced serum testosterone and prolactin levels in male distance runners. *JAMA* 252: 514-516, 1984
- WHO 1981, World Health Organization Scientific Group: Research on the menopause. WHO Tech Rep Ser 670, 1981