

**YHDISTETYN KESTÄVYYS- JA VOIMAHARJOITTELUN
HORMONAALISET VAIKUTUKSET HAPPAMUUTTA JA
EMÄKSISYYTTÄ TUOTTAVALLA RAVINNOLLA 12 VIIKON
AIKANA**

Henri Rovamaa

Liikuntafysiologia

Kandidaatintutkielma

LFYA005

Kevät 2013

Liikuntabiologian laitos

Jyväskylän yliopisto

Työn ohjaajat: Antti Mero ja

Enni-Maria Hietavala

TIIVISTELMÄ

Rovamaa, Henri 2013. Yhdistetyn kestävyys- ja voimaharjoittelun hormonaaliset vaikutukset emäksisyyttä ja happamuutta tuottavalla ravinnolla 12 viikon aikana. Liikuntabiologian laitos, Liikuntafysiologian kandidaatintutkielma, Jyväskylän yliopisto 51 s.

Johdanto. Riittävä energian- ja proteiininsaanti ovat avainasemassa, kun fyysisellä harjoittelulla halutaan saavuttaa tuloksia. Yhdessä harjoittelu ja ravinto aiheuttavat muutoksia elimistön hormonitoimintaan ja tämän tutkimuksen tarkoituksena olikin tarkastella kestävyys- ja voimaharjoittelun ja kahden erilaisen ruokavalion vaikutuksia veren testosteroni-, kortisoli- ja SHBG- pitoisuuksiin sekä muutoksiin virtsan pH:ssa.

Menetelmät. Tutkimukseen osallistui yhteensä 49 kuntoliikuntaa harrastavaa naista ja miestä, jotka jaettiin kahteen ruokavalioryhmään (EMÄS / HAPAN). EMÄS -ryhmän ruokavalio oli arvioitu PRAL (potential renal acid load = potentiaalinen munuaisten happokuorma) -menetelmän avulla elimistön emäksisyyttä lisääväksi, kun taas HAPAN -ryhmä noudatti lähes normaalia ruokavaliota, jossa kuitenkin kasvisten ja hedelmien saantia oli rajoitettu. Kahdentoista viikon tutkimusjakson ajan koehenkilöt suorittivat yhdistettyä kestävyys- ja voimaharjoittelua kaikille yhtenäisen ohjelman mukaisesti kaksi kertaa viikossa yhteensä 90 – 120 minuuttia yhdellä harjoituskerralla. Kestävyysosio suoritettiin aina ensin ja 10 minuutin palautuksen jälkeen toteutettiin voimaosio. Koehenkilöille suoritettiin laajat alku- ja loppumittaukset, joista tässä työssä käsitellään hormonipitoisuuksia ja virtsan pH:ta. Tilastolliset analyysit suoritettiin SPSS 19.0-tilastolaskentaohjelmalla.

Tulokset. Ravinto. EMÄS -ryhmän miesten kasvisten ja hedelmien saanti oli tilastollisesti merkitsevästi HAPAN -ryhmän miehiä suurempi tutkimusjakson puolivälissä (898 ± 302 g vs. 247 ± 243 g, $p < 0,001$) sekä sen lopussa (803 ± 380 g vs. 226 ± 96 g, $p < 0,01$). Naisilla samansuuntainen ryhmien välinen pieni ero havaittiin jo ennen tutkimusjaksoa (396 ± 203 g vs. 249 ± 75 g, $p < 0,05$) ja suuri ero tutkimusjakson puolivälissä (927 ± 307 g vs. 209 ± 159 g, $p < 0,001$) sekä sen lopussa (1066 ± 634 g vs. 264 ± 273 g, $p < 0,001$). Miesten EMÄS -ryhmällä kehonpainoon suhteutettu rasvojen ($0,8 \pm 0,3$ g/kg vs. $1,2 \pm 0,4$ g/kg, $p < 0,05$) ja proteiinien ($1,0 \pm 0,3$ g/kg vs. $1,4 \pm 0,5$ g/kg, $p < 0,05$) saanti oli tutkimusjakson puolivälissä pienempää kuin vastaavasti HAPAN -ryhmän miehillä.

Virtsan pH. Virtsan pH oli EMÄS -ryhmän naisilla 15,9 % HAPAN -ryhmän naisia korkeampi tutkimusjakson puolivälissä ($6,42 \pm 0,82$ vs. $5,54 \pm 0,80$, $p = 0,009$) ja 14,2 % korkeampi tutkimusjakson lopussa ($6,35 \pm 0,98$ vs. $5,56 \pm 0,72$, $p = 0,02$).

Hormonipitoisuudet. Miesten testosteroniarvot pysyivät muuttumattomina (EMÄS: $11,8 \pm 2,7$ vs. $14,1 \pm 5,5$ nmol/l, HAPAN: $11,0 \pm 4,6$ vs. $11,5 \pm 2,7$ nmol/l), eikä naisillakaan havaittu muutoksia (EMÄS: $0,6 \pm 0,4$ vs. $0,6 \pm 0,4$ nmol/l, HAPAN: $0,6 \pm 0,8$ vs. $0,3 \pm 0,1$ nmol/l). Kortisolipitoisuudet pysyivät niin ikään ennallaan sekä miehillä että naisilla (miehet EMÄS: 433 ± 129 vs. 363 ± 135 nmol/l, miehet HAPAN: 369 ± 133 vs. 393 ± 119 nmol/l, naiset EMÄS: 299 ± 172 vs. 357 ± 145 nmol/l, naiset HAPAN: 406 ± 149 vs. 375 ± 170 nmol/l). Myöskään SHBG -pitoisuuksissa ei havaittu merkitseviä muutoksia (miehet EMÄS: $27,7 \pm 9,8$ vs. $30,5 \pm 11,5$ nmol/l, miehet HAPAN: $30,6 \pm 8,7$ vs. $34,1 \pm 11,3$ nmol/l, naiset EMÄS: $147,0 \pm 227,0$ vs. $107,3 \pm 70,0$ nmol/l, naiset HAPAN: $134,1 \pm 93,4$ vs. $152,6 \pm 100,6$ nmol/l). Hormonipitoisuuksien ja virtsan pH:n välillä ei löytynyt merkitseviä korrelaatioita.

Johtopäätös. Tämän tutkimuksen perusteella kasvis- ja hedelmäpainotteinen (noin 800–1000 g kasviksia ja hedelmiä vuorokaudessa) ja normaalin määrän proteiinia sisältävä emäsruovalio ei vaikuta hormonipitoisuuksiin 12 viikon kestävyys- ja voimaharjoittelujakson aikana, mutta nostaa naisilla virtsan pH:ta. Nämä tulokset vahvistavat näkemystä siitä, että ravinnolla voidaan vaikuttaa virtsan pH:hon.

Avainsanat: Hormonitoiminta, testosteroni, kortisoli, SHBG, virtsan pH, yhdistetty kestävyys- ja voimaharjoittelu

Tätä tutkimusta ovat tukeneet:

TEKES

Honkatarhat Oy, Honkajoki

Kyröntarhat Oy, Honkajoki

Mykora Oy, Honkajoki

Lihajaloste Korpela Oy, Huittinen

Laihian Mallas Oy, Laihia

KKK-Vihannes Oy / Lykobene, Honkajoki

SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ

1 JOHDANTO	5
2 KIRJALLISUUSKATSAUS	8
2.1 Elimistön hormonaalinen toiminta.....	8
2.1.1 Testosteronin erityys ja vaikutukset.....	10
2.1.2 Kortisolin erityys ja vaikutukset	11
2.1.3 Testosteroni/kortisoli-suhde.....	13
2.1.4 SHBG (Sex Hormone Binding Globuline)	14
2.2 Fyysisen kuormituksen fysiologiset vasteet.....	14
2.2.1 Kuormituksen lyhytaikaiset vaikutukset testosteronin ja kortisolin pitoisuuksiin	16
2.2.2 Kuormituksen pitkäaikaiset vaikutukset testosteronin ja kortisolin pitoisuuksiin	17
2.3 Elimistön happo-emästatapaino.....	17
2.3.1 Ravinnon vaikutus happo-emästatapainoon	18
2.3.2 Elimistön kemialliset ja fysiologiset puskurointimenetelmät	19
3 TUTKIMUSONGELMAT JA HYPOTEEESIT	21
4 MENETELMÄT	22
4.1 Koehenkilöt.....	22
4.2 Koeasetelma	23
4.3 Aineiston keräys ja analysointi	29
4.4 Tilastolliset menetelmät	29
5 TULOKSET	30
6 POHDINTA	40
7 LIITTEET	47

1 JOHDANTO

Yhdistetty kestävyys- ja voimaharjoittelu on suosittu harjoittelumuoto ja sitä käyttävät niin kuntoilijat kuin huippu-urheilijatkin. Nimensä mukaisesti yhdistelmäharjoittelun tarkoituksena on kehittää sekä voima- että kestävyysominaisuuksia samanaikaisesti. Tämä ei kuitenkaan ole täysin ongelmaton, sillä kestävyys- ja voimaharjoittelun adaptaatiot elimistössä ovat osittain päinvastaiset. Monissa tutkimuksissa on havaittu, että yhdistetty kestävyys- ja voimaharjoittelu ei kehitä maksimivoimaa niin paljon, kuin pelkkä voimaharjoittelu (Hickson 1980; Dudle & Djamil 1985). Muun muassa harjoittelun intensiteetti ja volyyymi vaikuttavat elimistön vasteisiin ja näin ollen oikeanlaisen harjoitusohjelman löytäminen on onnistuneen harjoittelun kannalta ensiarvoisen tärkeässä asemassa. Myös harjoittelijan ikä, harjoitustausta ja lukuisat muutkin tekijät voivat vaikuttaa lopputulokseen.

Elimistön hormonaaliset vasteet ovat keskeisessä asemassa etenkin voimaharjoittelussa. Elimistö reagoi yksittäiseen voimaharjoituskertaan lisäämällä anabolisten hormonien eritystä, mikä mahdollistaa lihaskudoksen kasvun. Vaikutukseltaan anabolisia hormoneja ovat mm. testosteroni ja kasvuhormoni, kun taas esimerkiksi kortisoli on vaikutukseltaan päinvastainen, katabolinen. Harjoitusohjelman onnistumisen kannalta näiden hormonien välinen suhde onkin merkittävässä asemassa.

Elimistön happo-emästasapaino vaikuttaa moniin aineenvaihdunnallisiin reaktioihin ja ta-sapainon säätely onkin täten tärkeää. Ruokavaliolla on keskeinen asema happo-emästasapainon säätelyn kannalta. Useat tutkimukset osoittavat, että kasvis- ja hedelmäpaineinen ruokavalio muuttaa elimistön pH:ta emäksiseen suuntaan, kun taas proteiinia, vehnää ja rasvaa sisältävä ruokavalio happamoittaa elimistöä (Alexy ym. 2007; Reddy ym. 2002).

Tämän tutkimuksen tarkoitus oli selvittää, millainen vaikutus 12 viikon tutkimusjakson aikana suoritettulla yhdistetyllä kestävyys- ja voimaharjoittelulla yhdessä happamuutta tai emäksisyyttä tuottavan ruokavalion kanssa on elimistön hormonaaliseen toimintaan ja virtsan pH:hon.

2 KIRJALLISUUSKATSAUS

2.1 Elimistön hormonaalinen toiminta

Hormonit ovat elimistön muodostamia orgaanisia yhdisteitä, jotka toimivat eräänlaisina viestinviejinä. Pääasiallisesti hormonien erityksestä vastaavat endokriiniset rauhaset eli umpirauhaset, mutta hormoneja erittyy runsaasti myös ns. ”sivutoimisissa” umpirauhasissa kuten munuaisissa, hermostossa, mahalaukussa sekä sydämessä. (Nienstedt ym. 2009, 369.) Vaikka hormonit leviävät veren välityksellä ympäri kehoa, kullekin hormonille on olemassa tietyt kohdesolut, joihin hormonin vaikutus kohdistuu. Joidenkin hormonien vaikutus voi kuitenkin näkyä melkein kaikissa elimistön soluissa, kun taas toisten hormonien vaikutus on hyvin spesifi. Niinpä esimerkiksi aivolisäkkeen takalohkon erittämän antidiureettisen hormonin (ADH) vaikutus on havaittavissa vain distaalisessa tubuluksessa ja kokoojaputkessa, sillä ADH:n kohdesoluja sijaitsee ainoastaan munuaisissa. Aivolohkon etulisäkkeen erittämä kasvuhormoni taas on esimerkki hormonista, jonka vaikutus koskee suurinta osaa elimistön soluista. (Nienstedt ym. 2009, 368.)

Hormonien erityks jaetaan vaikutustavan mukaan kolmeen: parakriininen erityks, endokriininen erityks sekä autokriininen erityks. Kun hormoninen erityks tapahtuu jonkun solun toimesta ja sen vaikutus kohdistuu toisiin soluihin, on kyseessä parakriininen erityks. Autokriinistä erityksstä on solun tuottaman hormonin vaikutus solun omaan toimintaan. Kun taas hormonin on jonkin rauhasen kuten haiman tai maksan erittämä ja se kulkee verenkierron mukana kohdesoluun, puhutaan endokriinisestä erityksestä. (Fleck & Kraemer 2004, 96.)

Hormonit jaetaan rakenteellisesti kolmeen ryhmään: 1) proteiinit ja polypeptidit eli peptidihormonit, 2) steroidihormonit sekä 3) aminohappotyrosiinin johdannaiset eli amiinihormonit. Seuraavassa on eriteltyä kunkin ryhmän pääpiirteet.

Proteiinit ja polypeptidit. Valtaosa elimistön hormoneista kuuluu tähän ryhmään. Hormonien koko voi vaihdella kolmesta aminohaposta aina 200:een. Nämä hormonit muodostuvat

endokriinisten solujen solulimakalvostolla, josta ne muokkauksen jälkeen siirtyvät biologisesti inaktiivisina Golgin laitteeseen. Golgin laitteessa hormonit pakataan vesikkeleihin, joiden entsyymit muokkaavat hormonit lopulliseen muotoonsa tehden niistä aktiivisia. (Guyton & Hall 2000, 836–837.) Valmiita hormoneja sisältävät vesikkelit säilötään solulimassa, kunnes kyseiselle hormonille ilmaantuu tarvetta. Hormonien vapautus solukalvon läpi verenkiertoon tapahtuu eksosytoosin avulla. Eksosytoosi on solun toiminto, jolla se siirtää esim. kuona-aineita tai hormoneita ulos solusta. Peptidihormonit ovat vesiliukoisia ja siirtyvät näin ollen helposti verenkiertoon, jossa ne kuljetetaan kohdesolujen käyttöön. Esimerkkejä polypeptidihormoneista ovat antidiureettinen hormoni, insuliini, gastriini ja sekretiini. (Guyton & Hall 2000, 836–837.)

Steroidit: Toisin kuin peptidihormonit, steroidit ovat rasvaliukoisia, eikä niitä elimistössä juurikaan säilötä. Steroidit muistuttavat kemialliselta rakenteeltaan suuresti kolesterolia, josta ne useimmiten syntetisoidaan. Solulimaan suurina määrinä varastoitu kolesterolies-teri varmistaa sen, että steroideja pystytään tarvittaessa muodostamaan, vaikka varsinaisia steroidivarastoja ei peptidihormonien tapaan olekaan. Rasvaliukoisina yhdisteinä steroidihormonit läpäisevät solukalvon helposti ja siirtyvät kudoksen kautta verenkiertoon. Esimerkkejä steroidihormoneista ovat testosteroni, estrogeeni ja kortisoli. (Guyton & Hall 2000, 837–838.)

Amiinit: Amiinihormonit ovat tyrosiinijohdannaisia ja ne jaetaan kilpirauhas- ja lisämunuaisydyinhormoneihin. Kilpirauhashormonit syntetisoidaan ja säilötään nimensä mukaisesti kilpirauhasessa. Valmiit hormonit pakataan proteiiniin nimeltä tyroglobuliini josta ne vapautetaan tarvittaessa Verenkierrossa kilpirauhashormonit sitoutuvat spesifeihin plasman kuljettajaproteiineihin, jotka vapauttavat hormonit kohdekudoksiin. (Guyton & Hall 2000, 838.) Lisämunuaisytimen valmistamia hormoneja ovat adrenaliini ja noradrenaliini. Näitä kutsutaan yhteisnimellä katekoliamiinit ja niitä varastoidaan proteiinihormonien lailla vesikkeleihin, jotka vapautetaan verenkiertoon eksosytoosin avulla. Verenkierrossa katekoliamiinit voivat liikkua vapaina tai kuljettajaproteiiniin sitoutuneena. (Guyton & Hall 2000, 837.)

2.1.1 Testosteronin erityys ja vaikutukset

Kuten edellä kävi ilmi, kuuluu testosteroni steroidihormoneihin. Testosteroni kuuluu edelleen mieshormoneihin eli androgeeneihin, joita ovat myös dihydrotestosteroni ja andostenedioni. Edellä mainituista testosteroni on kuitenkin ylivoimaisesti merkityksellisin ja tästä syystä muut androgeenit jäävät usein vähemmälle huomiolle. (Guyton & Hall 2000, 922-926).

Testosteronin valmistus tapahtuu Leydigin soluissa kiveksissä. Leydigin solujen lukumäärä vaihtelee suuresti miehen elinkaaren aikana. Testosteronia erittyy runsaasti jo 2-3 kuukauden ikäisen sikiön kiveksistä, jolloin sen eritystä säätelee istukan koriongonadotropiini. Tämän saa aikaan sukupuolikromosomi Y, kun taas sukupuolikromosomi X aikaansaa estrogeenin erityksen. Eläinkokeissa on havaittu, että sikiöön ruiskutettu suuri määrä androgeenejä saa aikaan miessukupuolielinten kehityksen, vaikka kyseessä olisi naispuolinen sikiö. Toisaalta kivesten poisto sikiöltä aiheuttaa sukupuolielinten kehittymisen toiseen suuntaan. (Guyton & Hall 2000, 922–923.) Myös vastasyntyneellä poikavauvalla soluja on runsaasti, mutta lapsuusvuosien aikana solujen lukumäärä on lähes olematon. Murrosiässä Leydigin solujen lukumäärä nousee taas dramaattisesti ollen suurimmillaan noin 20 ikävuoden kohdalla. (Guyton & Hall 2000, 923.)

Kun Leydigin solut ovat erittäneet testosteronia verenkiertoon, 97 % siitä sitoutuu joko SHBG:hen (sex hormone-binding globulin) tai plasman albumiiniin. Testosteroni kulkee verenkierrossa puolesta tunnista aina useisiin tunteihin, kunnes se on siirretty kohdesoluihin tai hajotettu inaktiivisiin osiin. Kudoksiin siirtynyt testosteroni muunnetaan etenkin eturauhasessa ja ulkoisissa sukupuolielimissä dihydrotestosteroniksi. Se osa testosterooneista, joka ei siirry kudoksiin, muunnetaan pikaisesti maksan toimesta androsteroniksi, joka eritetään joko sapen mukana mahaan tai munuaisten kautta ureaan. (Guyton & Hall 2000, 922–923.)

Testosteronin tehtävä elimistössä on yleisesti ottaen muokata miessukupuolelle tyypillisiä piirteitä. Näin ollen testosteroni vaikuttaa suuresti mm. karvoitukseen, kasvopiirteisiin ja

moniin muihin sekundaarisiin sukupuolitunnusmerkkeihin. (Nienstedt ym. 2009, 605.) Testosteroni vaikuttaa myös äänen tuottamiseen suurentamalla kurkunpäättä, mistä seuraa äänen madaltuminen. Perusaineenvaihdunta kasvaa myös merkittävästi testosteronin vaikutuksesta. Kivesten normaalisti tuottama testosteronimäärä nuorilla aikuisilla lisää perusaineenvaihduntaa 5–10 % siitä, mitä se olisi ilman testosteronin vaikutusta. Tutkimuksissa on kuitenkin havaittu jopa 15 % lisäys perusaineenvaihdunnassa, kun testosteronia on lisätty huomattava pitoisuus injektion avulla. (Guyton & Hall 2000, 924.)

Lähes kaikki testosteronin vaikutukset perustuvat testosteronin proteiinisynteesiä kiihdyttävään vaikutukseen kohdesolussa. Tätä ilmiötä on tutkittu erityisesti eturauhasessa, jossa testosteronin vaikutus on kaikkein huomattavin kaikista elimistön kudoksista. Noin muutamana minuutina kuluttua testosteronin alkuperäisestä erityksestä verenkiertoon se on jo siirtynyt eturauhasen soluihin. Kohdesoluissa se sitoutuu sytoplasman reseptoriproteiineihin ja siirtyy tumaan. Tumassa testosteroni kiihdyttää DNA-RNA -transkriptiota, mistä seuraa lopulta kiihtynyt proteiinien tuotanto. Muutaman päivän kuluttua sekä eturauhasolujen DNA:n määrä että itse eturauhasolujen lukumäärä ovat lisääntyneet. Samalla mekanismilla testosteroni toimii kaikkialla elimistössä, mutta vaikutukset ovat selkeimpiä niissä elimissä ja kudoksissa, jotka vaikuttavat primaaristen ja sekundaaristen sukupuolitunnusmerkkien kehitykseen. (Guyton & Hall 2000, 924.)

2.1.2 Kortisolin erityys ja vaikutukset

Kortisoli eli hydrokortisoni on lisämunuaisen kuorikerroksen erittämä hormoni ja on elimistön tärkein glukokortikoidi. Glukokortikoidit ovat hormoneja, jotka osallistuvat elimistön hiilihydraattien aineenvaihdunnan säätelyyn. Kortisolia kutsutaan usein myös stressihormoniksi, sillä sekä psyykinen että fyysinen stressi lisäävät huomattavasti sen eritystä. Hiilihydraattimetabolian säätelyn lisäksi kortisoli vaikuttaa myös proteiinien ja rasvojen metaboliaan sekä immuunipuolustuksen toimintaan. Seuraavassa on eriteltyä kortisolin tärkeimpiä vaikutuksia elimistössä. (Guyton & Hall 2000, 875.)

Aivolisäkkeen etulohkon erittämä kortikotropiini (ACTH) säätelee kortisolin muodostumista. Hypotalamus taas säätelee ACTH:n eritystä vapauttamalla CRF:ää (corticotropin-releasing factor), joten on pohjimmiltaan hypotalamuksen aktivaatiosta kiinni, kuinka paljon aivolisäke vapauttaa ACTH:ta. Kuten aiemmin kävi ilmi, mikä tahansa henkinen tai fyysinen stressitilanne johtaa kortisolin muodostukseen. Ennen kuin itse kortisolia alkaa muodostua, täytyy hypotalamuksen reagoida ensin ja lähettää CRF:n avulla käsky aivolisäkkeen etulohkoon, jossa alkaa muodostua ACTH:ta. Aivolisäkkeestä ACTH kulkeutuu verenkierron mukana lisämunaisten kuorikerrokselle, jossa varsinainen kortisolin syntetisointi tapahtuu. (Guyton & Hall 2000, 877.)

Hiilihydraattimetabolia. Parhaiten tunnettu kortisolin aineenvaihdunnallinen vaikutus on glukoneogeenin stimulaatio. Glukoneogeneesi tarkoittaa hiilihydraatin muodostamista maksassa proteiineista ja muutamista muista lähtöaineista. Elimistön lisääntynyt glukoneogeneesi perustuu kortisolin kykyyn lisätä tiettyjen entsyymien tuotantoa maksasoluissa. Näiden entsyymien avulla maksa kykenee muuttamaan aminohappoja glukoosiksi. Kortisoli myös lisää vapaiden aminohappojen määrää veressä vapauttamalla niitä lihaskudoksesta. Näiden vaikutusten ansiosta maksan glykogeenivarastot kasvavat ja glukoosia on käytössä runsaammin, kun elimistö sitä tarvitsee. Kortisolin vaikutuksesta myös solujen glukoosinkäyttö hieman hidastuu. Tämä seikka yhdistettynä lisääntyneeseen glukoneogeneesiin saavat aikaan veren glukoosipitoisuuden nousun. (Guyton & Hall 2000, 875.)

Proteiini- ja rasvametabolia. Kortisolin pääasiallisen vaikutus elimistön proteiinimetaboliiaan on proteiinivarastojen väheneminen käytännössä kaikissa soluissa pois lukien maksasolut. Tämä on seurausta sekä vähentyneestä proteiinisynteesistä että valmiiden proteiinivarastojen pilkkomisesta. Liiallinen kortisolipitoisuus voikin johtaa huomattavaan lihasten heikkenemiseen. Kortisoli lisää aminohappojen pitoisuutta veressä ja edistää niiden siirtymistä maksasoluihin. Vastaavasti aminohappojen siirtyminen esimerkiksi lihassoluihin hidastuu huomattavasti kortisolin vaikutuksesta. Kortisolin vaikutukset rasva-aineiden metaboliiaan ovat hyvin samankaltaiset kuin proteiinimetaboliiaan. Näin ollen kortisoli vapauttaa rasvahappoja rasvakudoksesta lisäten plasman vapaiden rasvahappojen konsentraatiota.

Lisääntynyt rasvahappojen määrä veressä on eduksi etenkin pitkään jatkuneessa aliravitsemustilassa, jolloin elimistö voi glukoosin sijasta siirtyä käyttämään tehokkaammin rasvoja energianlähteenään. (Guyton & Hall 2000, 875-876.)

Anti-inflammatoriset ja stressivaikutukset. Lähes kaikäntyyppiset stressitilanteet lisäävät ACTH-hormonin eritystä, mikä puolestaan stimuloi hyvinkin nopealla vasteella kortisolin eritystä. Esimerkiksi erilaiset tulehdukset, äärimmäinen kylmyys tai kuumuus sekä adrenaaliin tai muun sympaattista hermostoa kiihdyttävän aineen injektio lisäävät kortisolin muodostumista. Syitä tälle ilmiölle ei täysin tunneta, mutta yksi selitys lienee kortisolin kyky vapauttaa aminohappoja ja rasvahappoja elimistön varastoista nopeaa energiantuotantoa varten. (Guyton & Hall 2000, 876–877.) Kun elimistön jokin kudos vaurioituu, se usein reagoi tulehduksella. Kortisolilla on kyky estää tulehduksen eteneminen tai ainakin hillitä tulehdusta useilla eri keinoilla. Yksi tärkeimmistä kortisolin tulehdusta hillitsevistä vaikutuksista on estää tulehdussolujen lysosomeja vapauttamasta sisältöään tulehduspesäkkeeseen. Kortisoli myös heikentää hiussuonten läpäisevyyttä estäen plasman siirtymistä kudoksiin. Myös lymfosyyttien muodostuminen vähenee kortisolin vaikutuksesta, mikä vähentää kudoksen tulehdusreaktiota. (Guyton & Hall 2000, 877.)

2.1.3 Testosteroni/kortisoli-suhde

Testosteronin ja kortisolin pitoisuuksien välistä suhdetta käytetään kuvaamaan elimistön anabolia-katabolia -tasapainoa (Bloomer ym. 2010.) Alentunut testosteroni/kortisoli -suhde saattaa viitata myös ylikuntoon sekä ylimääräiseen lihasproteiinien pilkkomiseen (vrt. katabolia) (Obminski & Stupmcki 1997.) Sekä pitkäaikaisen sairauden että ikääntymisen seurauksena testosteronipitoisuudet madaltuvat ja kortisolipitoisuudet nousevat. Tämä johtaa testosteroni-kortisoli-suhdeluvun pienenemiseen, mikä viittaa vahvasti kataboliseen tilaan elimistössä. Toisaalta voimaharjoittelu sekä tiettyjen lääkeaineiden ja steroidien käyttö siirtää tasapainoa anaboliseen suuntaan. Tätä mm. kehonrakentajat käyttävät hyväkseen, sillä siinä missä normaali kilpailuja edeltävä dieetti lisää kortisolin tuottoa, voidaan tietyillä lääkeaineilla kumota kyseistä vaikutusta. (Bloomer ym. 2010.)

2.1.4 SHBG (Sex Hormone Binding Globuline)

SHBG eli englanniksi sex hormone binding globuline nimensä mukaisesti sitoo elimistön sukupuolihormoneja eli androgeeneja ja estrogeeneja, itseensä. Toisin sanoen vain hyvin pieni osa testosteronista kulkee vapaana verenkierrossa, sillä valtaosa siitä on sitoutunut SHBG-molekyyleihin. (Becker ym. 2001.) SHBG-molekyyliin sitoutunut testosteroni ei ole biologisesti aktiivinen ja näin ollen SHBG:n määrä verenkierrossa määrittelee pitkälti sen, kuinka tehokkaasti seksihormonit elimistössä vaikuttavat. Valtaosa SHBG:n syntetisoinnista tapahtuu maksassa ja sen erityksen säätely tapahtuu herkästi reagoivien estävien ja kiihdyttävien mekanismien avulla. Muun muassa insuliinin ja kasvuhormonin korkeat pitoisuudet vähentävät SHBG:n eritystä kun taas estrogeenin ja tyroksiinin korkeat pitoisuudet lisäävät eritystä. (Becker ym. 2001.)

2.2 Fyysisen kuormituksen fysiologiset vasteet

Fyysisellä harjoittelulla on lukemattomia vaikutuksia muun muassa elimistön hormonaaliseen toimintaan, hermostoon sekä lihasten ominaisuuksiin. Usein harjoittelu on tarkoituksenmukaista ja silloin täytyy ottaa huomioon, että fyysisen harjoittelun vasteet ovat usein hyvin spesifejä. Voimaharjoittelu ei kehitä kestävyysominaisuuksia, eikä anaerobisella harjoittelulla voida parantaa aerobista suorituskykyä. Harjoittelu on usein myös tasapainoilua oikean määrän ja intensiteetin löytämiseksi. Liian vähäinen harjoittelu johtaa saavutettujen hyötyjen menettämiseen ja liiallinen harjoittelu voi taas aiheuttaa ylikunnon. Voimaharjoittelun seurauksena lihaksen poikkipinta-ala kasvaa (hypertrofia), kun taas kestävyysharjoittelu vaikuttaa solujen biokemiallisiin ominaisuuksiin (entsyymiaktivaatio) ja lihasten verisuonitukseen. (Maughan ym. 1997, 177.)

Yhdistetyn kestävyys- ja voimaharjoittelun tarkoituksena on nimensä mukaisesti kehittää molempia mainittuja ominaisuuksia samanaikaisesti. Voimaharjoittelun ja kestävyysharjoittelun osittain päinvastaisista vaikutuksista johtuen yhdistetyn harjoituksen onnistuminen ei ole täysin mutkatonta (Kraemer ym. 1995). Kestävyysharjoittelun on huomattu siirtävän

elimistön hormonaalista tasapainoa voimaharjoittelun kannalta epäedulliseen suuntaan muun muassa madaltamalla testosteronipitoisuuksia (Hackney ym. 2003).

Ensimmäisiä yhdistettyä kestävyys- ja voimaharjoitusta käsitteleviä tutkimuksia oli Hicksonin (1980) tekemä tutkimus, jossa koehenkilöt suorittivat viikossa 5 voimaharjoitusta ja 6 kestävyysharjoitusta 10 viikon ajan. Kontrolliryhmän koehenkilöt suorittivat joko pelkästään voima- tai kestävyysharjoittelua. Tutkimuksessa havaittiin, että yhdistettyä harjoitusohjelmaa noudattaneiden koehenkilöiden VO₂max-arvo kehittyi yhtä paljon kuin pelkkää kestävyysohjelmaa noudattaneiden, mutta voimaominaisuuksien kehityksen kannalta yhdistetty harjoitus ei ollut yhtä tehokas kuin pelkkä voimaharjoitus. Samansuuntaisia tuloksia ovat tutkimuksissaan havainneet myös Dudley ja Djamil (1985), Kraemer ym. (1995) sekä Bell ym. (2000). Yksi selitys voimaominaisuuksien vähäiselle kehitykselle ovat juuri kestävyysharjoittelun ja voimaharjoittelun osittain päinvastaiset adaptaatiot. Toisen teorian mukaan alkuun suoritettu kestävyysharjoitus vaikuttaisi negatiivisesti voimaharjoitukseen mm. kuluttamalla elimistön glykogeenivarastoja ja vaurioittamalla lihaksia sekä muodostamalla laktaattia ja muita aineenvaihduntatuotteita lihaksistoon (Leveritt ym. 1999).

Yhdistettyä kestävyys- ja voimaharjoittelua tutkineissa tutkimuksissa on kauttaaltaan saatu melko ristiriitaisia tuloksia. Ronnestad ym. (2011) käytti tutkimuksissaan koehenkilöinä kilpatason kestävyysurheilijoita ja havaitsi, että heidän voimatasojensa kehitys ei yltänyt pelkkää voimaharjoitusta tehneiden koehenkilöiden tasolle. Toisaalta Salen ym. (1990) ja McCarthyn ym. (1995) mukaan yhdistetty harjoitus ei välttämättä haittaa kummankaan ominaisuuden kehittymistä. Kilpatason kestävyysurheilijoilla taas on havaittu voimaharjoittelun positiivinen siirtovaikutus kestävyysuoritukseen lähinnä taloudellisuuden kohentamisella (Storen ym. 2008; Sunden ym. 2010.) Suuret ristiriidat tutkimustuloksissa saattavat ainakin osin selittyä koehenkilöiden erilaisilla harjoittelutaustoilla, harjoitusohjelman kestolla ja intensiteetillä. Vaikutusta voi myös olla sillä, suoritetaanko voimaharjoitus ja kestävyysharjoitus saman vuorokauden vai eri vuorokausien aikana. Salen ym. (1990) havaitsi tutkimuksessaan, että saman vuorokauden aikana harjoitukset suorittaneilla koehenkilöillä voimatasot kasvoivat vähemmän, kuin koehenkilöillä, jotka suorittivat voimaharjoituksen ja kestävyysharjoituksen eri vuorokausina.

2.2.1 Kuormituksen lyhytaikaiset vaikutukset testosteronin ja kortisolin pitoisuuksiin

Fyysinen kuormitus saa aikaan lukuisia muutoksia elimistön toiminnoissa ja sillä on myös suuri vaikutus elimistön endokriiniseen toimintaan. Harjoittelu vaikuttaa hormonipitoisuuksiin sekä harjoittelun aikana että akuutisti harjoittelun jälkeen. Tämän lisäksi fyysisellä kuormituksella voi olla vaikutusta hormonien lepopitoisuuksiin sekä pitkäaikaismuutoksia harjoituksen akuuteissa vasteissa (Kraemer & Ratamess, 2003.) Hormonaaliset vasteet ovatkin tärkeässä roolissa elimistön adaptaatiossa erilaisiin ärsykkeisiin (McArdle ym. 2007). Riippuen fyysisen kuormituksen luonteesta myös hormonaaliset vasteet saattavat vaihdella. Esimerkiksi voimaharjoittelun ja kestävyysharjoittelun aiheuttamat muutokset hormonitoiminnassa saattavat olla hyvinkin erilaisia. (Kraemer & Mazzetti 2003.) Tutkimuksissa on havaittu, että intensiteettinen voimaharjoittelu siirtää elimistön tilaa anaboliseen suuntaan, kun taas kestävyysharjoittelulla on todennäköisesti päinvastainen vaikutus (Bell ym. 1997).

Voimaharjoittelulla on osoitettu olevan useita vaikutuksia elimistön hormonitoimintaan. Etenkin testosteronin ja kortisolin pitoisuudet muuttuvat ja näiden hormonien muodostama suhde onkin tärkeässä asemassa, kun halutaan saavuttaa elimistöön anabolinen tila. Edellä mainittujen hormonien pitoisuuksien kasvu voimaharjoittelun yhteydessä ei kuitenkaan ole itsestäänselvyys. Esimerkiksi harjoituksen intensiteetti, volyyymi, lepoajat sekä harjoittelijan ikä ja kokemus saattavat vaikuttaa siihen, kuinka suuria hormonaalisia vasteita elimistössä syntyy. (Fry & Lohnes 2010.) Myös hormonasot ennen harjoitusta sekä lihastyön tyyppi ja harjoitetut lihasryhmät vaikuttavat akuutteihin vasteisiin (Kraemer & Ratamess 2003). Tottuminen kovaan harjoitteluun saattaa vaikuttaa myös hormonaalisten vasteiden suuruuteen. Etenkin kestävyysharjoittelua käsittelevissä tutkimuksissa on havaittu, että paljon harjoitelleiden henkilöiden hormonaaliset vasteet ovat pienempiä kuin vähän harjoitelleilla. Tämä saattaa ainakin osin johtua kudosten lisääntyneellä hormonisensitiivisyydellä. (McArdle ym. 2007, 446-447.) Yksittäisen voimaharjoittelukerran on osoitettu aiheut-

tavan lyhytaikaista nousua testosteronin pitoisuudessa ja kortisolin pitoisuudessa. Yhtä aikaa testosteronin erityksen kanssa lisääntynyt kasvuhormonin erityks saavat elimistöön aikaan lihasten kasvun kannalta suosiollisen anabolisen ympäristön. Naisilla vastaavia muutoksia ei tutkimuksissa havaittu. (McArdle ym. 2010, 438-439.) Myös Häkkinen & Pakarinen (1995) sekä Kraemer ym. (1997) ovat tutkimuksissaan havainneet selkeän kokonaistestosteronin lyhytaikaisen nousun yksittäisen voimaharjoituksen seurauksena.

2.2.2 Kuormituksen pitkäaikaiset vaikutukset testosteronin ja kortisolin pitoisuuksiin

Useiden tutkimusten valossa näyttää siltä, että fyysisellä kuormituksella on hyvin vähän vaikutusta hormonien lepopitoisuuksiin. Toisin sanoen pitkäaikaisvaikutuksia on havaittu hyvin vähän. Harjoitteluvasteen ja kudosten kasvun ja kehityksen kannalta lyhytaikaisilla hormonaalisilla muutoksilla onkin huomattavasti merkittävämpi rooli. (Kraemer & Ratamess, 2005.) Joitakin muutoksia hormonien lepopitoisuuksissa on kuitenkin havaittu. Esimerkiksi intensiivisen kestävyysharjoittelun on miehillä huomattu madaltavan testosteronipitoisuuksia (Hackney ym. 2003). Tutkimuksissa on myös havaittu, että kortisolipitoisuudet saattavat jäädä harjoittelun seurauksena myös lepotilassa koholle, mikä saattaa viitata ylikuntoon (Obminski & Stupmcki 1997.)

2.3 Elimistön happo-emästatapaino

Elimistössä vallitsee normaalisti tasapainotila happojen ja emästen välillä. Kemiallisesti ajatellen happo on aine, joka vesiliuoksessa luovuttaa vetyionin. Hyvänä esimerkkinä toimii ihmiselimistöstäkin tuttu hiilihappo (H_2CO_3), joka vesiliuoksessa luovutettuaan vedyn muuttuu bikarbonaatti-ioniksi (HCO_3^-) ja vetyioniksi. Emäs taas on aine, joka pystyy vastaanottamaan vesiliuoksessa hapolta irronneen vetyionin eli protonin. Liuoksen happamuuden määrää siinä vapaana olevien protonien määrä ja se lasketaan kaavalla: $\text{pH} = \log 1/[\text{H}^+] = -\log [\text{H}^+]$. Neutraalin liuoksen pH on seitsemän. Happamaksi tulkitaan liuos, jonka pH on alle seitsemän ja emäksiseksi liuos, jonka pH arvo ylittää seitsemän. (Guyton & Hall 2000, 346.)

Elimistön valtimoveren normaali pH on 7,4, kun taas laskimoveren ja kudosten pH on 7,35 johtuen kudosten vapauttamasta hiilidioksidista. Elimistön happamuuden säätelyyn saattaa myös liittyä häiriöitä. Henkilön, jonka valtimoveren pH-arvo laskee alle 7,4:n, sanotaan kärsivän asidoosista. Alkaloosista taas on kyse silloin, kun pH-arvo ylittää 7,4:n. Suuria heittoja pH-arvoissa ei kuitenkaan saa tulla, sillä alle 6,8:n tai vastaavasti yli 8,0:n suuriset pH-arvot ovat kuolemaan johtavia. (Guyton & Hall 2000, 346-347.)

2.3.1 Ravinnon vaikutus happo-emästasapainoon

Tutkimustieto osoittaa, että ravinnolla on huomattava vaikutus elimistön happo-emästasapainoon. Ruokavaliosta ja sen sisältämistä energiaravintoaineista riippuen suolisto säätelee haiman erittämien alkaalien määrää. Tällä tavoin suolisto vaikuttaa veren bikarboonaatti-ionipitoisuuteen vaikkei se itsessään tuotakaan happoja tai emäksiä. (Remer 2001.) Tavallinen sekaravinto ja erityisesti runsaasti proteiinia sisältävä ravinto tuottavat runsaasti happamia kuona-aineita, kun taas kasvispainotteinen ruokavalio siirtää painopistettä emäksisempään suuntaan. (Alexy ym. 2007.) Seuraavassa on eriteltynä energiaravintoaineiden pääpiirteittäiset vaikutukset happo-emästasapainoon.

Proteiini. Proteiinit muodostuvat peptidisidoksin toisissaan kiinni olevista aminohapoista. Proteiinien pilkkomisesta vastaa kolme entsyymiä: pepsini, kymotrypsiini ja trypsiini. Yhdessä nämä entsyymit hajottavat aminohappojen väliset sidokset, joista vapautuu vetyioneja sekä hydroksyyli-ioneja. Lopulta ruuansulatuskanavasta verenkiertoon imeytyy tripeptidejä, dipeptidejä sekä yksittäisiä aminohappoja. (Guyton & Hall 2000, 756.) Veressä aminohapot kulkevat yleensä ionisoituneessa muodossa. Happojen muodostumiseen vaikuttaa erityisesti aminohappojen sisältämä rikki, jonka metaboliassa syntyy runsaasti kloridia, fosforia ja sulfaattia. Nämä aineet lisäävät happojen muodostumista ja vaikuttavat virtsan pH:hon. (Remer 2001.)

2.3.2 Elimistön kemialliset ja fysiologiset puskurointimenetelmät

Elimistön puskurointimenetelmät voidaan jakaa kemiallisiin ja fysiologisiin. Kemiallista puskurointia on kehon nesteiden happo-emäspuskureiden toiminta ja fysiologista hengityskeskusten ja munuaisten toiminta. Näistä kolmesta säätelyjärjestelmästä nopeimmin pH:n muutoksiin reagoi happo-emäspuskurit. Tulee kuitenkin muistaa, että puskurit eivät sinänsä poista vetyioneja elimistöstä, vaan joko sitovat tai vapauttavat niitä. (Guyton & Hall 2006, 384.)

Kuten aiemmin on käynyt ilmi, vetyionien konsentraation pitäminen tietyissä rajoissa on ensiarvoisen tärkeää, sillä pH vaikuttaa lähes kaikkien elimistön entsyymien toimintaan. Kemialliset puskurit tasapainottavat happo-emästasapainoa vuoroin sitomalla ja vuoroin vapauttamalla vetyioneja. Puskureiden toiminta voidaankin yksinkertaistaa seuraavanlaisesti: $\text{puskuri} + \text{H}^+ \leftrightarrow \text{HPuskuri}$. Kyseisen reaktioyhtälön mukaisesti vapaa vetyioni sitoutuu puskuriin muodostaen heikon hapon. Kun vetyionikonsentraatio kasvaa, reaktioyhtälön painopiste siirtyy tuotteiden puolelle. Kun vetyionien määrä vastaavasti vähenee, painopiste siirtyy lähtöaineiden puolelle ja vetyioneja vapautuu. Tällä tavoin vetyionikonsentraation muutokset pyritään pitämään minimaalisina. (Guyton & Hall 2000, 347.)

Elimistön merkittävimmät kemialliset puskurit voidaan jakaa bikarbonaatti-, fosfaatti- ja proteiinipuskureihin. Seuraavassa on eriteltyinä pääpiirteet kustakin puskurointimenetelmästä.

Bikarbonaatti. Bikarbonaatti puskurointi vesiliuoksessa perustuu heikon hapon (hiilihapon) ja bikarbonaattisuolan (usein natriumbikarbonaatti) toimintaan. Hiilihappoa muodostuu vedestä ja hiilidioksidista karboanhydraasientsyymien avustuksella. Tätä entsyymiä on erityisen runsaasti keuhkoalveoleissa. Muodostunut hiilihappo kuitenkin ionisoituu muodostaen jonkin verran bikarbonaatti- ja vetyioneja. Tämän jälkeen bikarbonaatti-ioni liittyy natriumiin, jolloin saadaan bikarbonaattisuolaa. (Guyton & Hall 2000, 348.)

Fosfaatti. Fosfaattipuskurit eivät ole kovinkaan merkittävässä asemassa solunulkoisen nesteen puskuroinnissa, mutta solunsisäisessä nesteessä ja munuaisten tiehyissä sen rooli on hyvin merkittävä. Fosfaattipuskurit toimivat tehokkaimmillaan pH:n ollessa n. 6,8. Munuaistiehyissä pH on usein huomattavasti alempi kuin solunulkoisessa nesteessä (7,4) ja tästä syystä fosfaattipuskurien merkitys munuaisissa korostuu. Toisaalta myös solunsisäisen nesteen pH on arvoltaan hieman matalampi kuin solunulkoisen ja tästä syystä fosfaattipuskurit ovat tärkeitä myös solunsisäisessä puskuroinnissa. (Guyton & Hall 2000, 350.)

Proteiini. Kuten fosfaattipuskurit, myös proteiinipuskurit toimivat lähinnä solujen sisällä. Kun kudoksissa on runsaasti hiilidioksidia, osa siitä siirtyy solujen sisälle, sillä hiilidioksidi läpäisee soluseinän hyvin helposti. Solujen sisällä proteiinipuskurit osallistuvat hiilidioksidin puskurointiin ja näin ollen helpottavat myös solunulkoisen happo-emästasapainon säätelyä. Tärkein proteiinipuskureista lienee veren hemoglobiini, joka pystyy sitomaan itseensä vapaita vetyioneja. (Guyton & Hall 2000, 351.)

Kemiallisen puskuroinnin lisäksi elimistöllä on myös fysiologisia puskureita. Kuten sanottua, kemialliset puskurit eivät poista vetyioneja elimistöstä, vaan pelkästään sitovat niitä itseensä. Vetyionien lopulliseksi poistamiseksi tarvitaan keuhkojen ja munuaisten toimintaa. Fysiologisiksi puskureiksi lasketaan respiratorinen ja renaalinen puskurointijärjestelmä.

Respiratorinen. Respiratorinen puskurointi tapahtuu keuhkoissa ja se liittyy puskurointiin muutamia minuutteja kemiallisten puskureiden jälkeen. Säätelämällä ventilaatiota elimistö pystyy vaikuttamaan hiilidioksidin osapaineeseen ($p\text{CO}_2$), joka on yhdessä bikarbonaattipuskurin kanssa sidoksissa pH:n säätelyyn. Ventilaation lisäys laskee $p\text{CO}_2$:ta, mikä taas pienentää vetyionikonsentraatiota. Vastaavasti ventilaation vähentäminen johtaa kasvaneeseen hiilidioksidiosapaineeseen ja lisääntyneeseen vetyionien määrään. Hiilidioksidia syntyy jatkuvasti solujen aineenvaihdunnan sivutuotteena ja riippuen hiilidioksidin tuotosta ventilaatiota joko lisätään tai vähennetään. Respiratorisen puskuroinnin merkitys voi suurimmillaan olla kaksinkertainen kemialliseen puskurointiin verrattuna. (Guyton & Hall 2000, 351)

Renaalinen. Munuaiset osallistuvat emäs- ja happotasapainon säätelyyn erittämällä joko hapanta tai emäksistä virtsaa kulloisestakin tilanteesta riippuen. Yksinkertaistettuna munuaisten kyky säädellä pH:ta perustuu siihen, että munuaistiehyisiin eritetään jatkuvasti sekä bikarbonaatti-ioneja että vetyioneja. Toisaalta munuaiset voivat ottaa myös talteen tiehyisiin eritettyjä aineita ja virtsan lopullinen koostumus voikin vaihdella hyvin paljon. Normaalisti 90 % alkuvirtsan bikarbonaatti-ioneista imeytyy takaisin elimistön käyttöön. Tätä vastoin vetyioneja imeytyy normaalisti hyvin vähän takaisin alkuvirtsasta. Erilaiset elimistön häiriötilat kuten asidoosi tai alkaloosi muuttavat kuitenkin aineiden takaisinimeytymistä. Munuaisten merkitys pitkäaikaisessa happo-emästasapainon säätelyssä korostuu, kun aiemmin käsitellyt mekanismit toimivat tehokkaimmin lähinnä lyhytaikaisessa säätelyssä. (Guyton & Hall 2000, 352.)

3 TUTKIMUSONGELMAT JA HYPOTEESEIT

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli tutkia 12 viikon yhdistetyn kestävyys- ja voimaharjoittelujakson vaikutusta hormonaalisiin vasteisiin yhdessä kahden erilaisen ruokavalion kanssa.

Tutkimustietoa elimistön pH:n vaikutuksesta endokriiniseen toimintaan ei ole juurikaan saatavilla. Tutkimuksessa kaksi ryhmää noudatti samaa harjoitteluohjelmaa 12 viikon ajan sillä erotuksella, että toisen ryhmän ruokavalio koostui pitkälti emäksisyyttä tuottavista ruoka-aineista, kun taas toinen ryhmä noudatti elimistöä hieman happamoittavaa ruokavaliota.

Tutkimusongelma 1: Miten 12 viikon yhdistetty kestävyys- ja voimaharjoittelujakso sekä elimistön pH vaikuttavat testosteronin, kortisolin ja SHBG:n lepopitoisuuksiin?

Hypoteesi 1: Emäksisyyttä tuottavalla ruokavaliolla ei ole vaikutusta hormonien lepopitoisuuksien kannalta.

Emäksisyyden vaikutuksesta hormoneihin oli hyvin vähän aiempaa tutkimustietoa saatavilla, joten tältä osin hypoteesin asettaminen on hyvin epävarmaa.

Hypoteesi 2: Harjoittelujakson jälkeen HAPAN -ryhmän testosteronipitoisuudet ovat korkeammalla lähtötasoon verrattuna.

Hypoteesi 3: Harjoitusjakson jälkeen HAPAN -ryhmän kortisolipitoisuudet ovat laskeneet lähtötasoon verrattuna.

Muun muassa Kraemer ym. (2009) havaitsivat tutkimuksessaan pitempikestoisen (12 viikkoa) harjoittelujakson nostavan testosteronitasoja ja pitävän kortisolitasot ennallaan tai hieman laskevan niitä, kun koeryhmä nautti harjoittelun yhteydessä proteiinilisää. Tutkimuksissa on havaittu hyvin vähän pysyviä muutoksia hormonien lepopitoisuuksissa pitkienkin harjoittelujaksojen jälkeen. Merkittävimmät muutokset hormonien pitoisuuksissa havaitaan usein akuutisti harjoituksen jälkeen. (Kraemer & Ratamess, 2005.)

Tutkimusongelma 2: Voidaanko ruokavaliolla (EMÄS vs. HAPAN) vaikuttaa virtsan pH-arvoon lepotilassa.

Hypoteesi 4: Kahden ryhmän nauttimilla erilaisilla ruokavalioidella saadaan näkyviin merkitseviä eroja koehenkilöiden virtsan happo-emästasapainossa.

Esimerkiksi Alexy ym. (2007) ovat tutkimuksessaan havainneet sekaravinnon ja erityisesti runsaasti proteiinia sisältävän ravinnon happamoittavan virtsaa, kun taas kasvispainotteinen ruokavalio siirtää virtsan happo-emästasapainoa emäksisempään suuntaan.

4 MENETELMÄT

4.1 Koehenkilöt

Koehenkilöinä toimi yhteensä 49 miestä ja naista, joiden fyysinen aktiivisuus ennen tutkimusta oli ollut kohtuullista. Kyseessä ei siis ollut erityisemmin harjoitelleita, muttei toisaalta täysin passiivisiakaan henkilöitä. Koehenkilöiden ikä vaihteli välillä 18–40 vuotta (EMÄS-naiset: 23–44 vuotta, EMÄS-miehet: 23–48 vuotta, HAPAN-naiset: 20–39 vuotta ja HAPAN-miehet: 23–40 vuotta). Kaikkia koehenkilöitä informoitiin tutkimuksen yksityiskohdista ja kulusta ennen varsinaisen tutkimuksen alkua. Heille tehtiin myös terveyden ja fyysisen aktiivisuuden kysely (muunneltu PAR-Q-kysely). Tämän lisäksi kaikilta koehenkilöiltä mitattiin lepo-EKG 12 elektrodin kytkennällä, millä haluttiin sulkea mahdolliset häiriöt sydämen toiminnassa. Kaikki tässä tutkimuksessa käytetyt menetelmät ovat Jyväskylän yliopiston eettisen toimikunnan hyväksymiä ja niitä on aiemminkin käytetty laitoksen tutkimuksissa.

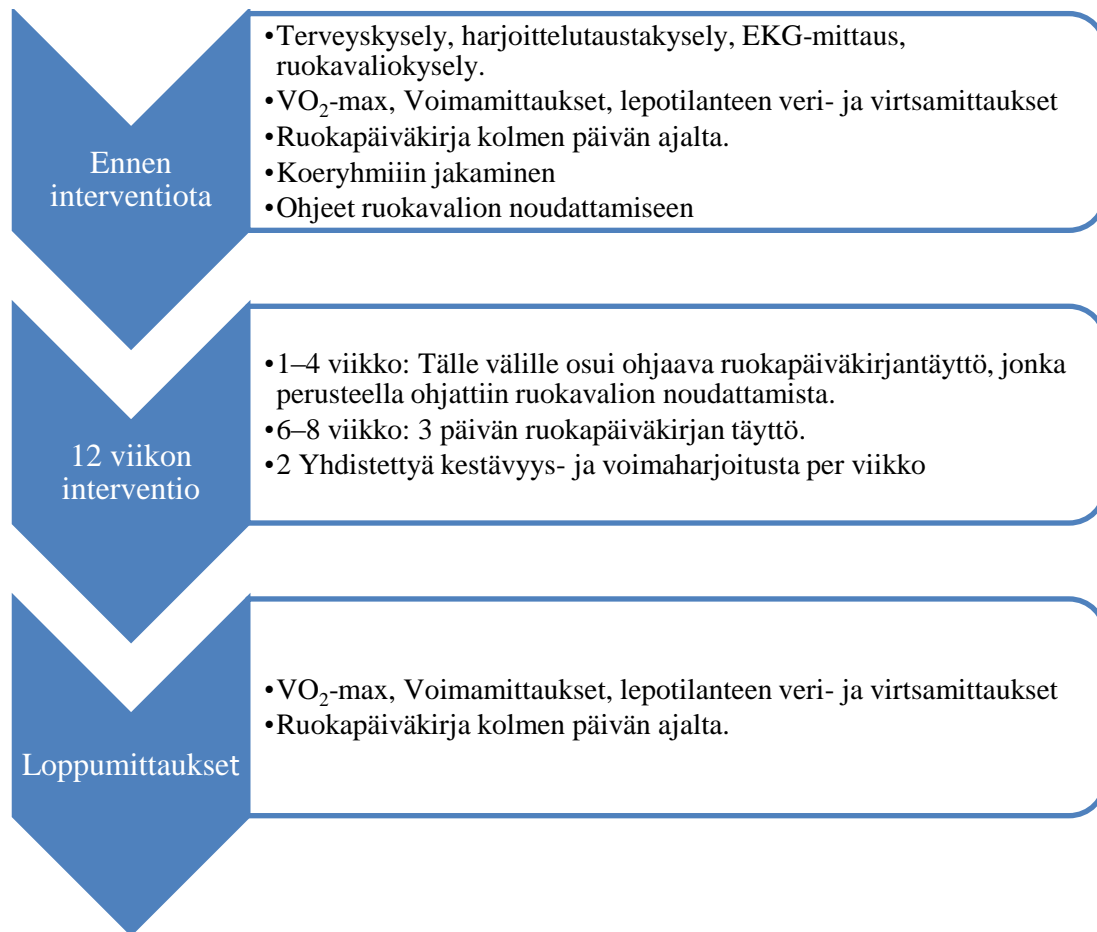
TAULUKKO 1. Koehenkilöiden ikä, pituus (m), paino (kg) ja BMI ennen interventiota. Taulukossa esitetyt arvot ovat keskiarvoja \pm keskihajontoja.

		N	Ikä	Paino (kg)	Pituus (m)	BMI
Hapan	Mies	13	30,31 \pm 5,63	78,63 \pm 9,9	1,763 \pm 0,055	25,22 \pm 2,37
	Nainen	12	30,50 \pm 6,06	65,32 \pm 10,94	1,66 \pm 0,061	25,58 \pm 3,36
Emäs	Mies	11	30,0 \pm 8,18	85,80 \pm 9,95	1,79 \pm 0,06	26,79 \pm 3,38
	Nainen	13	32,62 \pm 7,12	64,21 \pm 7,48	1,67 \pm 0,071	23,02 \pm 3,54

4.2 Koeasetelma

Koeasetelma on esitetty kuviossa 1. Ennen tutkimuksen alkua koehenkilöille suoritettiin kyselyt ruokavaliosta, harjoittelutaustasta ja terveydestä. Lisäksi koehenkilöille tehtiin EKG-mittaus ennen tutkimuksen alkua. Tämän jälkeen oli yhden viikon mittainen totuteluviikko, jonka aikana tehtiin yksi yhdistetty kestävyys- ja voimaharjoitus. Varsinaiset kestävyys- ja voimamittaukset tehtiin ennen ja jälkeen 12 viikon tutkimusinterventiota ja sen jälkeen. Intervention aikana koehenkilöt tekivät kaksi yhdistettyä kestävyys- ja voimaharjoitusta viikossa (45 min + 45 min). Koehenkilöt jaettiin intervention ajaksi kontrolli- (HA-

PAN) ja koeryhmään (EMÄS). Kontrolliryhmä noudatti ruokavaliota, joka ei sisältänyt juuri ollenkaan kasviksia ja hedelmiä. Koeryhmän ruokavalio sisälsi puolestaan erittäin runsaasti kasviksia ja hedelmiä. Koehenkilöille tehtiin maksimaalisen hapenottokyvyn testi polkupyöräergometrillä, jonka perusteella määritettiin maksimaalinen hapenottokyky, veren maksimaalinen laktaattipitoisuus, maksimaalinen pyöriäyteho sekä aerobinen ja anaerobinen kynnyksen. Mittausten perusteella suunniteltiin koehenkilöiden harjoittelua. Koehenkilöitä mitattiin myös isometrinen maksimivoima jalkaprässissä ja istuen tehdyssä pystypunnersuksessa sekä yhden toiston maksimi dynaamisessa jalkaprässissä. Voimamittausten tulosten perusteella ohjelmoitiin voimaharjoittelua. Verestä mitattiin lepotilanteessa pH ja bikarbonaattipitoisuus ennen tutkimusinterventiota ja sen jälkeen. Koehenkilöt pitivät ruokapäiväkirjaa yhteensä kolme kertaa kolmen vuorokauden ajan. Ruokapäiväkirjan täyttöajankohdat olivat ennen tutkimusjaksoa, jakson puolivälissä ja tutkimusjakson lopulla. Lisäksi koehenkilöt keräsivät virtsaa ennen ja jälkeen tutkimusjaksoa (12 h paaston ajalta). Keräystä virtsasta määritettiin pH.



KUVIO 1. Tutkimusasetelma

Ravinto. Koeryhmän ruokavalio (EMÄS-ruokavalio) oli ravitsemussuosituksen mukainen, mutta sisälsi erittäin runsaasti kasviksia ja hedelmiä ja koostui suurelta osin ruoka-aineista, jotka oli arvioitu PRAL -menetelmän avulla elimistön emästen tuottoa lisääviksi. Kontrolliryhmän ruokavalio oli myös muutoin ravitsemussuosituksen mukainen, mutta heidän kasvien saantinsa oli rajoitettua. Tämän ruokavalion arvioitiin tuottavan runsaasti happamuutta (HAPAN-ruokavalio) verrattuna koeryhmän ruokavalioon.

Ennen ravintojakson alkamista kaikkia koehenkilöitä ohjeistettiin terveellisen ja ravitsemussuosituksen mukaisen ruokavalion muodostamiseen. Koehenkilöt pitivät kolmen vuorokauden ajan normaalista ruokavaliostaan ruokapäiväkirjaa, joka analysoitiin ennen tutkimusjakson alkua ja jonka mukaan koehenkilölle annettiin henkilökohtaista palautetta ravitsemussuosituksiin pohjautuen. Ruokapäiväkirjaa pidettiin myös tutkimusjakson alussa,

puolivälissä ja lopussa kolmen vuorokauden ajan. Ensimmäisen ohjaavan ruokapäiväkirjajakson ajankohta vaihteli ollen tutkimusviikoilla 1–4. Ruokapäiväkirjoja ei analysoitu ravintolaskentaohjelmalla, mutta niiden avulla tarkistettiin, että ruokavaliota oli alettu noudattaa oikein. Tarvittaessa koehenkilöille annettiin vielä palautetta ja ohjeita ruokavalion muuttamiseksi vastaamaan paremmin tavoiteltua tutkimusruokavaliota. Toinen tutkimusjakson aikainen ruokapäiväkirja täytettiin tutkimusviikoilla 6–8. Ruokapäiväkirjajakso alkoi välittömästi välimittausten verikokeen ja virtsanäytteen jälkeen. Kolmas ruokapäiväkirja ajoittui tutkimusjakson loppuun, 12 harjoitusviikon jälkeen suoritetun mittausjakson kolmelle ensimmäiselle päivälle. Edellisenä yönä ennen ruokapäiväkirjan täytön aloittamista ja seuraavana yönä täytön jälkeen kerättiin paastovirtsanäytteet (12 h). Ruokapäiväkirjoihin merkittiin kaikki kolmen päivän aikana syödyt ja juodut ruoat ja juomat mahdollisimman tarkasti. Kaksi tutkimusjakson jälkimmäistä ruokapäiväkirjaa analysoitiin NutriFlow- ravintolaskentaohjelmalla. (Flow- Team Oy, Oulu, Finland, 2012). Ruokapäiväkirjoista analysoitiin kokonaisenergian, proteiinien, hiilihydraattien, rasvan, fosforin, kaliumin, magnesiumin sekä kalsiumin saantia. Näitä saatuja arvoja käyttämällä laskettiin PRAL -arvo seuraavasti: $PRAL \text{ (mEq/d)} = \text{fosfori (mg/d)} \times 0,0366 + \text{proteiini (g/d)} \times 0,4888 - \text{kalium (mg/d)} \times 0,0205 + \text{kalsium (mg/d)} \times 0,0125 + \text{magnesium (mg/d)} \times 0,0263$. (Alexy ym. 2007.)

Koehenkilöitä pyydettiin myös arvioimaan koko tutkimusjakson ajan viikoittain, miten hyvin kunkin viikon aikana toteutunut ruokavalio vastasi suosituksia. Arviointi tehtiin merkittävällä kyselylomakkeeseen parhaiten toteutunutta ruokavaliota vastaava vaihtoehto (toivotun tutkimusruokavalion mukainen, melko hyvin ruokavaliota noudattava, ei tutkimuksen kannalta toivotunlainen ruokavalio).

Koehenkilöitä ohjeistettiin syömään energiantarpeen ja nälän mukaan, mutta kuitenkin säännöllisesti 2–4 tunnin välein. Suositeltavampaa oli syödä pienempiä annoksia useasti (4–6 kertaa) päivässä kuin isompia harvemmin. Molemmat koehenkilöryhmät saivat esimerkkilistan ruokavalion aikana nautittavista aterioista, joista he saivat valita haluamansa. Aterioita sai muokata kummallekin ruokavaliolle asetettujen raamien puitteissa. Myös suositelluista ruoka-aineista annettiin lista, ja molempiin ruokavalioihin kuului myös ruoka-

aineita, joita tuli välttää kokonaan. Vettä, maitoa, kahvia ja teetä sai juoda tarpeen mukaan (paitsi ei kahvia tai teetä 12 h ennen verikoetta). Monivitamiini- ja kivennäisainevalmisteiden käyttö oli sallittua tutkimuksen aikana. Harjoitusten jälkeen oli suosituksena nauttia proteiinipitoinen ateria tunnin sisällä harjoituksen päättymisestä.

HAPAN -ryhmän ruokavalio pyrittiin pitämään ravitsemussuosituksen mukaisena, mutta kasvien, hedelmien ja marjojen päivittäinen saanti ohjeistettiin 100–120 grammaan päivässä. EMÄS -ryhmän ruokavalio koostui suureksi osaksi kasviksista, hedelmistä ja marjoista. Koehenkilöitä ohjeistettiin syömään niitä päivän aikana vähintään 1000 g, mutta tavoitesaanti oli 1500 g päivässä. Jokaisella pääateriaalla tuli syödä salaattia tai vihanneksia jossain muodossa (esim. tuoreena, keitettynä, soseena, keittona). Välipaloiksi suositeltiin hedelmiä ja niitä kehoitettiin syömään useita vuorokauden aikana. Leivän päällä neuvottiin käyttämään salaattia ja muita vihanneksia. Lihan saanti oli ruokavaliojakson aikana rajoitettua. Vuorokausiannoksen yläraja määritettiin siten, että koehenkilön paino kerrottiin kahdella ja lukema muutettiin grammoiksi (esim. paino 65 kg*2=130 → lihaa enintään 130 g päivässä). Salaatin kanssa neuvottiin käyttämään öljypohjaista salaatinkastiketta ja avokadoa kehoitettiin suosimaan riittävän rasvan ja erityisesti hyvien ja välttämättömien rasvahappojen saannin turvaamiseksi. Leivän päällä pyydettiin käyttämään margariinia, jossa oli rasvaa vähintään 60 %. Maitoa ja jogurtta kehoitettiin käyttämään useampi annos päivässä riittävän kalsiumin saannin turvaamiseksi. Ne olivat myös hyviä proteiininlähteitä kasvijakson aikana. Työpaikka- ja opiskelijaruokaloissa tuli suosia kasvisvaihtoehtoja (paitsi silloin, kun ne sisälsivät runsaasti juustoa). Suositeltava leipä oli ruisleipä ja vaaleita, etenkin vehnäpohjaisia leipiä ja leivonnaisia tuli välttää. Puuron, murojen ja myslien määrä tuli pitää kohtuullisena eikä niitä tullut nauttia useita kertoja päivässä. Koehenkilöitä pyydettiin huomioimaan, että hedelmiä ja kasviksia joutui syömään määrällisesti enemmän kuin esimerkiksi lihaa tai leipää, joten oli suositeltavaa pitää aina jotain välipalaa mukana.

Harjoittelu. Harjoittelujakso kesti 12 viikkoa. Harjoituksia oli viikoittain kaksi kertaa, jolloin harjoituskertoja kertyi yhteensä 24. Jokainen harjoituskerta sisälsi kestävyys- ja voimaharjoituksen (K+V). Harjoitus alkoi aina kestävyysosioilla ja jatkui voimaosioilla. Harjoitusosien välissä oli 10 minuutin tauko, minkä aikana koehenkilö nautti 0,5 l vettä ja 10 g

glukoosipastilleja (Oriola Oy). Yhden harjoituksen kokonaiskesto vaihteli 90:stä 120 minuuttiin. Harjoitusten välipäivinä koehenkilöt saivat harrastaa kevyttä virkistysliikuntaa oman mielenkiintonsa mukaan.

Harjoittelu ohjelmoitiin nousujohteiseksi. Koko 12 viikon harjoittelujakso oli jaettu viiteen 1–4 viikon jaksoon, joiden aikana harjoitusohjelma vaihtui. Taulukossa 2 on esitetty ohjelmoinnin yleisrakenne. Ennen varsinaista harjoittelujaksoa oli ns. perehdyttämiskausi, jolloin opeteltiin eri harjoitteiden tekeminen ja suoritettiin alkutestit.

Kaikki harjoitukset tehtiin sykeohjatusti eri intensiteeteillä aiemmin maksimaalisessa hapenottokyvyn testin perusteella määritettyjen kynnyssykkeiden mukaisesti. Sykettä mitattiin sykemittarilla (Polar 610i tai tutkittavan henkilökohtainen) ja lukema kirjattiin ylös harjoitustehon vaihtuessa tai 10 min välein. Voimaharjoitusten kuormat perustuivat aiemmin perehdytysjaksolla määritettyihin ykköstoistomaksimeihin. Myös harjoituksen voimaosiossa käytetyt kuormat ja suoritettavat toistot kirjattiin ylös jokaisesta sarjasta. Kaikki harjoitukset olivat ohjattuja ja kontrolloituja.

Taulukko 2. Harjoittelun yleisrakenne. PK= Peruskestävyys, VK= Vauhtikestävyys, MK= Maksimikestävyys

Viikot	Kestävyysharjoitus		Voimaharjoitus		
	Kesto (min)	Intensiteetti	Kesto (min)	Harjoitteet (lkm)	Intensiteetti %
1	30	PK	50	7 lihaskest.	40–60
2–4	30	PK	50	7 lihaskest.	40–60
5–8	30	PK	60	7 hypertrofia	70–85
9–10	30–45	PK, VK, MK	70	7 hypertrofia, maksimivoim.	75–90
11–12	45–50	PK, VK, MK	50	6 maksimivoima	90–95

Viimeiset kaksi harjoitusta ennen lopputestejä olivat intensiteetiltään kevennettyjä

4.3 Aineiston keräys ja analysointi

Koehenkilöiden seerumin hormonipitoisuudet mitattiin laboratoriotyöntekijöiden ottamista laskimoverinäytteistä. Näytteiden analysointiin käytettiin Immulite 1000-analysaattoria (Siemens MedicalSolutionsDiagnostics, LA, USA), jonka toiminta perustuu kemiluminesenssiin. Laitteen erottelukyky kortisolille on 5 nmol/l ja variaatiokerroin (CV) on 7,4%. Vastaavat lukemat testosteronin osalta ovat 0,5 nmol/l ja 5,7 %. Laskimoverinäytteiden jatkokäsittely oli Liikuntabiologian laitoksen laboratorionhoitajien vastuulla.

Koehenkilöiden ruokapäiväkirjojen analysointiin käytettiin internet-pohjaista NutriFlow-ohjelmaa. Kunkin koehenkilön nauttimat ravintoaineet kirjattiin NutriFlow:hun, joka analysoi tulokset ja määrittä tarkat kivennäisaine-, hivenaine- ja vitamiinipitoisuudet yhdessä tarkkojen ravintoaineanalyysien kanssa.

4.4 Tilastolliset menetelmät

Tulosten tilastolliset analyysit ja kuvaajien tekeminen suoritettiin Microsoft Excel 2007- (Microsoft Corporation, USA) ja SPSS 19.0 (Statistical Package for the Social Sciences) (SPSS Inc., USA) -tietokoneohjelmilla. Ryhmien välisissä vertailuissa käytettiin riippumattomien ryhmien t-testiä, kun taas ryhmän sisällä tapahtunut vertailu suoritettiin parillisen t-testin avulla. Hormonipitoisuuksien muutoksien yhteyksiä tarkasteltaessa käytettiin Pearsonin korrelaatioanalyysia, jossa merkitsevyyden raja oli $p < 0,05$.

5 TULOKSET

Miesten HAPAN- ja EMÄS -ryhmien täyttämistä ruokapäiväkirjoista lasketut makroravintoaineiden (proteiini, hiilihydraatti, rasva), energian sekä kasviksien ja hedelmien saanti on esitetty taulukossa 3. Massaan suhteutettu proteiinin saanti oli merkitsevästi suurempaa HAPAN -ryhmällä harjoittelujakson puolivälissä kuin EMÄS -ryhmällä. ($1,4\pm 0,5$ vs. $1,0\pm 0,3$, $p<0.05$.) Myös rasvan saanti oli tilastollisesti merkitsevästi suurempaa HAPAN -ryhmällä samassa vaiheessa verrattuna EMÄS -ryhmään suhteutettuna painoon ($1,2\pm 0,4$ vs. $0,8\pm 0,3$, $p<0.05$). Kasviksien ja hedelmien saanti oli EMÄS -ryhmässä tilastollisesti merkitsevästi suurempaa sekä harjoittelujakson puolivälissä että harjoittelujakson lopussa niin absoluuttisesti kuin kehon painoon suhteutettuna: puoliväli 247 ± 250 vs. 898 ± 302 , $p<0.001$; $3,5\pm 3,4$ vs $10,6\pm 4,1$, $p<0.001$ ja loppu: 226 ± 96 vs. 803 ± 380 , $p<0.01$; $2,8\pm 1,1$ vs $10,5\pm 5,1$, $p<0.05$)

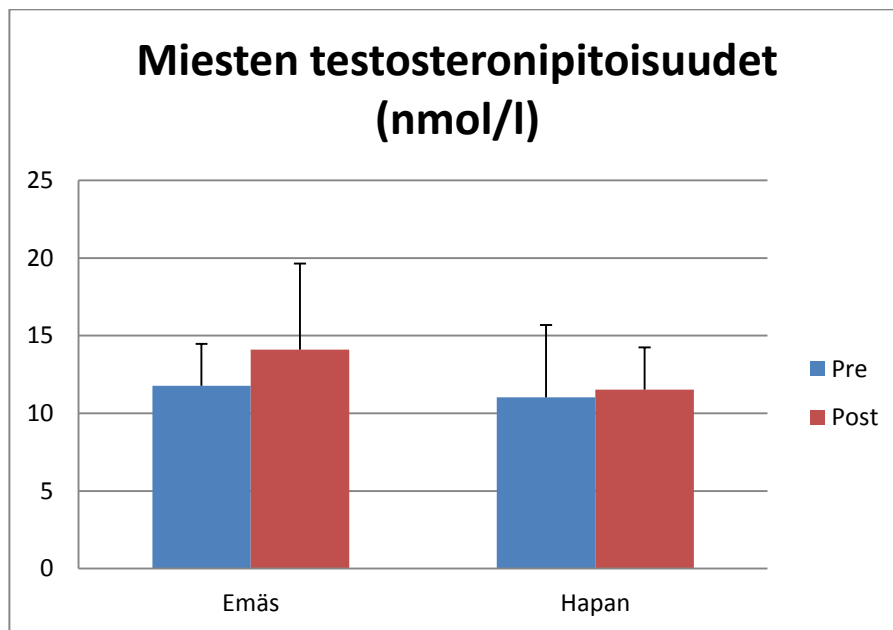
TAULUKKO 3. Miesten ruokapäiväkirjoista lasketut keskiarvot ja keskihajonnat. Täyttöajat 1=ennen interventiota, 2= intervention puolivälissä, 3= intervention lopussa. Tilastollisesti merkitsevä ero HAPAN- ja EMÄS -ryhmän välillä samassa ruokapäiväkirjan täyttöpisteessä, * p<0.05, ** p<0.01, *** p<0,001

Mies	HAPAN	HAPAN	HAPAN	EMÄS	EMÄS	EMÄS
	1	2	3	1	2	3
Energia						
(kcal)	2223±60	2207±64	2184±68	2724±84	1930±571	1930±520
(kcal/kg)	3	7	6	0	23,1±8,7	24,6±7,4
	28,8±8,0	29,8±8,5	27,8±8,4	32,1±11,0		
Hiihi-						
draatti (g)	227±67	237±72	246±80	286±107	190±80	208±124
(g/kg)	2,9±0,9	3,2±0,9	3,1±0,9	3,4±1,5	2,2±1,0	2,5±1,7
Proteiini						
(g)	102±35	107±35	110±30	131±62	82±25	91±15
(g/kg)	1,3±0,5	1,4±0,5	1,4±0,4	1,5±0,7	1,0±0,3*	1,1±0,2
Rasva						
(g)	92±31	87±33	73±30	104±32	66±21	60±20
(g/kg)	1,2±0,4	1,2±0,4	0,9±0,4	1,2±0,4	0,8±0,3*	0,8±0,3
Kasvikset ja						
hedelmät (g)	287±243	247±250	226±96	280±144	898±302**	803±380*
(g/kg)	3,9±3,4	3,5±3,4	2,8±1,1	3,3±1,8	*	*
					10,6±4,1**	10,5±5,1*
					*	

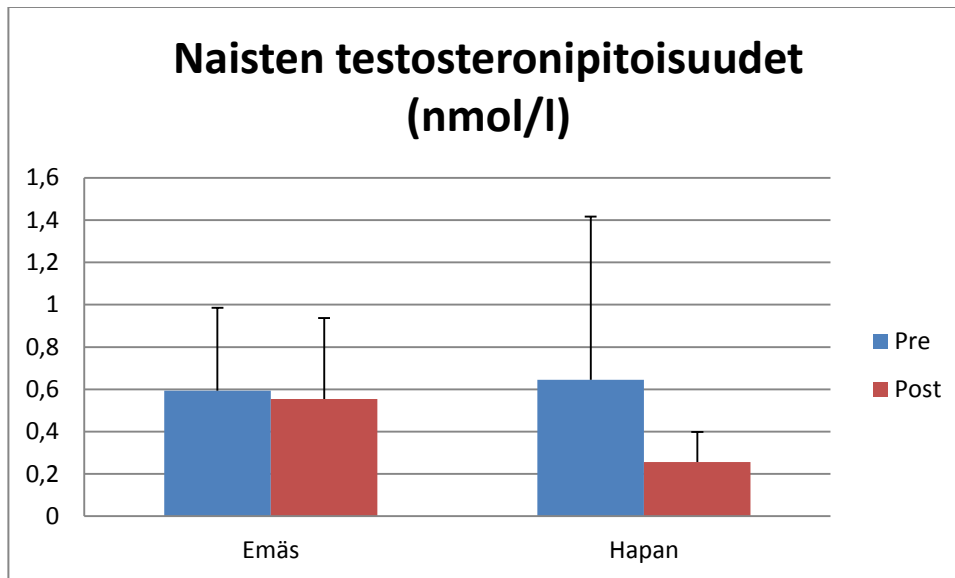
TAULUKKO 4. Naisten ruokapäiväkirjoista lasketut keskiarvot ja keskihajonnat. Täyttöajat 1=ennen interventiota, 2=intervention puolivälissä, 3=intervention lopussa. Tilastollisesti merkitsevä ero HAPAN- ja EMÄS -ryhmän välillä samassa ruokapäiväkirjan täyttöpisteessä, * p<0.05, *** p<0.001.

Nainen	HAPAN	HAPAN	HAPAN	EMÄS	EMÄS	EMÄS
	1	2	3	1	2	3
Energia						
(kcal)	1905±29	1959±61	1870±34	2007±37	1880±365	1856±500
(kcal/kg)	7	0	2	8	29,4±7,1	29,6±10,1
	30,0±5,9	31,9±12,3	27,6±5,8	32,1±6,7		
Hiilihy-						
draatti (g)	233±44	233±79	215±48	223±56	230±41	238±67
(g/kg)	3,6±0,7	3,8±1,6	3,2±0,8	3,6±0,9	3,6±0,8	3,8±1,3
Proteiini (g)						
	74±12	84±25	78±16	83±27	70±11	69±11
(g/kg)	1,2±0,2	1,4±0,5	1,1±0,2	1,3±0,5	1,1±0,2	1,1±0,3
Rasva (g)						
	68±20	72±28	70±23	80±19	71±26	66±46
(g/kg)	1,1±0,4	1,2±0,5	1,0±0,4	1,3±0,3	1,1±0,4	1,0±0,8
Kasvikset ja						
hedelmät (g)	249±75	209±159	264±273	396±203	927±307**	1066±634**
(g/kg)	4,1±1,4	3,1±2,5	4,2±4,4	*	*	*
				6,5±3,6*	14,6±5,3**	18,0±10,8**
					*	*

Testosteroni. Testosteronipitoisuuksissa ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja emäs- ja hapanryhmien sisällä. Myöskään ryhmien välillä ei havaittu merkitseviä eroja alku- ja loppumittausten välillä (kuvat 1 ja 2). Emäsryhmän miesten testosteronipitoisuudet alkumittauksissa olivat $11,77 \pm 2,69$ nmol/l ja loppumittauksissa vastaavat arvot olivat $14,10 \pm 5,54$ nmol/l. Miesten hapanryhmän alkumittauksissa testosteronipitoisuudet olivat $11,04 \pm 4,64$ nmol/l ja loppumittauksissa $11,52 \pm 2,72$ nmol/l. Naisten vastaavat lukemat olivat 1) emäs pre: $0,594 \pm 0,392$ nmol/l ja post: $0,554 \pm 0,383$ nmol/l ja 2) hapan pre: $0,645 \pm 0,771$ nmol/l ja post: $0,256 \pm 0,143$ nmol/l.

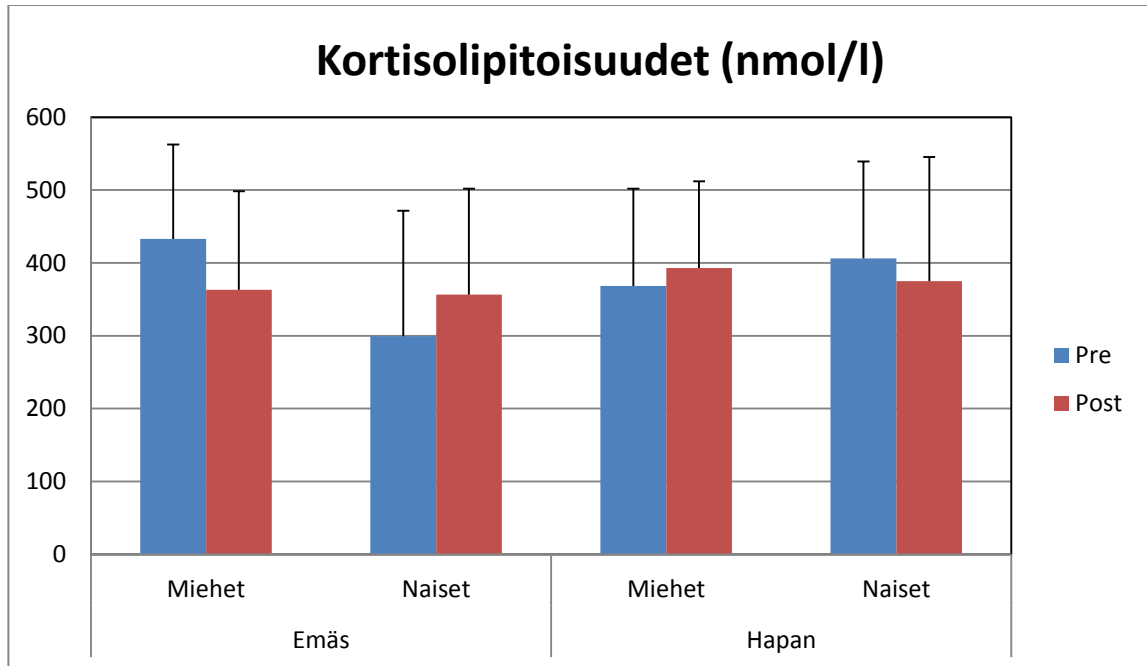


KUVA 1. Miesten veren absoluuttiset testosteronipitoisuudet alku- ja loppumittauksissa.



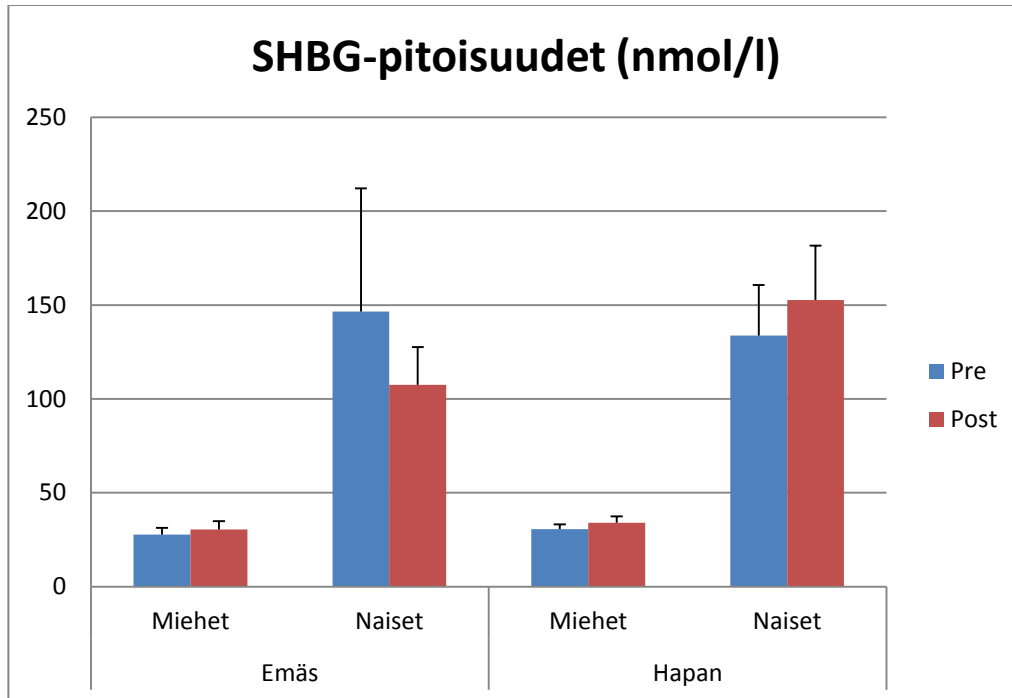
KUVA 2. Naisten veren absoluuttiset testosteronipitoisuudet alku- ja loppumittauksissa.

Kortisoli. Emäs- ja hapanryhmän välillä ei ollut havaittavissa tilastollisesti merkitseviä muutoksia veren kortisolipitoisuuksissa alku- ja loppumittausten välillä (kuva 3). Emäsryhmän miesten veren kortisolipitoisuus alkumittauksissa oli $433,14 \pm 129,3$ nmol/l ja loppumittauksissa $363,14 \pm 135,1$ nmol/l. Emäsryhmän naisilla kortisolitaso oli noussut arvosta $299,33 \pm 172,2$ nmol/l arvoon $356,50 \pm 145,31$ nmol/l, mutta nousu ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Hapanryhmässä miehillä oli tapahtunut hienoista nousua alkumittauksista ($368,55 \pm 133,28$ nmol/l) loppumittauksiin ($392,82 \pm 119,33$ nmol/l) kun taas naisilla alkumittauksissa ($406,08 \pm 149,48$ nmol/l) kortisolitasot olivat korkeammalla kuin loppumittauksissa ($375,00 \pm 170,28$).



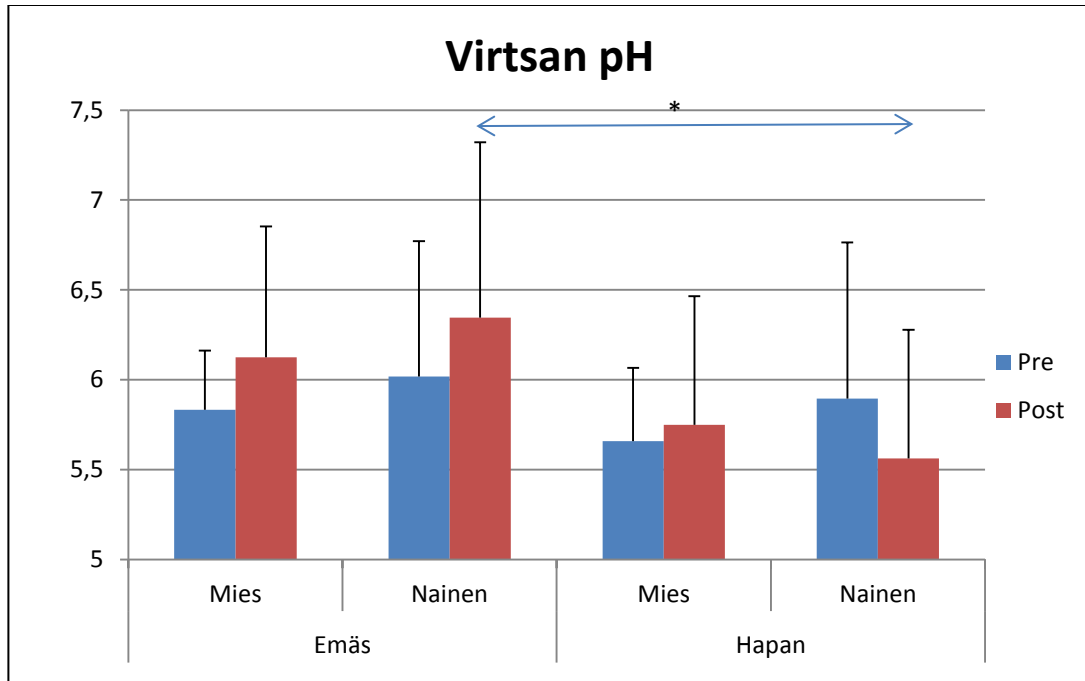
KUVA 3. Naisten ja miesten veren absoluuttiset kortisolipitoisuudet.

SHBG. Tilanne *SHBG*: n osalta oli täysin sama kuin kahden edellisenkin hormonin kohdalla eli merkitseviä muutoksia ei havaittu (kuva 4). Kasvisryhmän miehillä *SHBG*-tasot olivat nousseet aavistuksen verran alkumittauksista loppumittauksiin ($27,70 \pm 9,809$ nmol/l \rightarrow $30,50 \pm 11,45$ nmol/l) kun taas naisilla tasot olivat laskeneet ($146,54 \pm 227,24$ nmol/l \rightarrow $107,48 \pm 69,98$ nmol/l). Kontrolliryhmässä sekä miesten että naisten veren absoluuttiset *SHBG*-tasot olivat nousseet, joskaan eivät merkitsevästi. Miehillä alkumittausten arvot olivat $30,58 \pm 8,71$ nmol/l ja jälkimittausten arvot $34,10 \pm 11,27$ nmol/l. Naisten vastaavat arvot olivat pre: $133,66 \pm 93,27$ nmol/l ja post: $152,61 \pm 100,62$ nmol/l.



KUVA 4. Naisten ja miesten veren absoluuttiset SHBG- pitoisuudet.

Virtsan pH. Elimistön happo-emästasapainoa ilmaisevassa pH-arvossa oli tapahtunut merkitsevä muutos naiskoehenkilöillä siten, että kasvisryhmän post-arvo oli muuttunut merkitsevästi kontrolliryhmän post-arvoon verrattuna (kasvis pre:6,019 vs. post: 6,346 ja kontrolli pre: 5,895 vs. post: 5,562). Mieskoehenkilöillä ei ollut tapahtunut merkitseviä muutoksia.



KUVA 5. Koehenkilöiden virtsan pH. Tähdellä (*) merkattu merkitsevyys.

Virtsan pH:n ja hormonien muutosten korrelaatiot. Taulukoissa 5, 6 ja 7 on esitetty virtsan pH:ssa ja hormonipitoisuuksissa tapahtuneiden muutosten merkitsevyydet ja korrelaatiot. Korrelaatioissa ei havaittu merkitseviä muutoksia, kun merkitsevyyden raja oli $p < 0,05$.

TAULUKKO 5. Korrelaatiot koehenkilöryhmittäin

Kontrolli		Testosteronin pre-post- muutos	Kortisolin pre-post- muutos	SHBG:n prepost- muutos	Test-kort. suhteen prepost- muutos
pH:n pre- post. muutos	Sig. (2tailed)	0,491	0,608	0,932	0,662
	Korrelaatio	0,155	-0,116	-0,019	0,099
	N	22	22	22	22
Kasvis					
pH:n prepost muutos	Sig. (2-tailed)	0,897	0,448	0,322	0,791
	Korrelaatio	-0,030	-0,175	0,154	-0,061
	N	21	21	21	21

TAULUKKO 6. Korrelaatiot sukupuolen mukaan.

Mies		Testosteronin pre-post- muutos	Kortisolin pre-post- muutos	SHBG:n pre- post- muutos	Test-kort. suhteen prepost- muutos
pH:n pre- post- muutos	Sig. (2tailed)	0,539	0,999	0,515	0,712
	Korrelaatio	0,146	0,000	0,155	0,088
	N	20	20	20	20
Nainen					
pH:n pre- post- muutos	Sig. (2-tailed)	0,571	0,451	0,992	0,673
	Korrelaatio	0,125	-0,165	0,002	0,093
	N	23	23	23	23

TAULUKKO 7. Korrelaatiot koeryhmän ja sukupuolen mukaan.

Mies/kontrolli		Testosteronin pre-post- muutos	Kortisolin pre-post- muutos	SHBG:n prepost- muutos	Test-kort. suhteen pre-post- muutos
pH:n pre-post- muutos	Sig. (2tailed)	0,245	0,402	0,480	0,611
	Korrelaatio	0,383	0,281	0,238	0,173
	N	11	11	11	11
Mies/kasvis					
pH:n pre-post- muutos	Sig. (2- tailed)	0,664	0,948	0,696	0,983
	Korrelaatio	-0,169	0,025	0,152	-0,008
	N	9	9	9	9
Nainen/kontrolli					
pH:n pre-post- muutos	Sig. (2- tailed)	0,692	0,682	0,451	0,892
	Korrelaatio	-0,135	-0,140	-0,254	0,047
	N	11	11	11	11
Nainen/kasvis					
pH:n pre-post- muutos	Sig. (2- tailed)	0,587	0,912	0,269	0,947
	Korrelaatio	0,175	0,036	0,285	0,021
	N	12	12	12	12

6 POHDINTA

Päätulokset. Tämän tutkimuksen päätuloksena oli, että normaaliproteiinisella eikä emäksisyyttä tuottavalla ruokavaliolla ei saatu aikaan merkitseviä muutoksia elimistön hormonaalisessa toiminnassa 12 viikon yhdistetyn kestävyys- ja voimaharjoittelujakson aikana.

Muuttujina tässä tutkimuksessa on kolme eri hormonia; testosteroni, kortisoli sekä sex hormone binding globuline (SHBG). Virstan pH sen sijaan muuttui merkitsevästi emäsryhmän naisilla verrattuna hapanryhmän naisiin.

Ravinto. Ravinnon osalta merkitseviä eroja havaittiin ryhmien välillä kasvien ja hedelmien saannissa. Sekä miehillä että naisilla emäsryhmän ruokavalio sisälsi merkitsevästi enemmän kasviksia kuin hapanryhmän ruokavalio (n. 800–1000 g/vrk vs. 200–300 g/vrk). Näillä eroavaisuuksilla on todennäköisesti selitettävissä emäsryhmän naisten virtsan korkeampi pH verrattuna hapanryhmään. Toisaalta emäsryhmän kasvien ja hedelmien saanti jäi ohjeistuksia vähemmäksi, kun taas hapanryhmä nautti niitä suosituksia runsaammin. Tästä seuraa, että mikäli ruokavaliota olisi noudatettu tarkemmin, olisivat muutokset happo-emästasapainossa saattaneet olla merkittävämpiä. Muutoksilla olisi myös saattanut olla vaikutusta hormonipitoisuuksiin.

Testosteroni. Kuten jo kirjallisuuskatsauksessa mainittiin, on kuormituksella havaittu olevan hyvin vähän vaikutusta testosteronin lepopitoisuuksiin. Tämän tiedon valossa ei olekaan yllättävää, että koehenkilöillä ei havaittu merkitseviä eroja alku- ja loppumittausten välillä. Harjoitteluvasteen saavuttamiseksi hormonipitoisuuksien lyhytaikaisella nousulla onkin huomattavasti lepopitoisuuksien kasvua merkittävämpi rooli. Mikäli tässä tutkimuksessa olisi tutkittu testosteronin akuutteja vasteita yhteen harjoituskertaan, olisi merkitseviä muutoksia suhteessa alkumittauksiin saattanut muodostua. Muun muassa Häkkinen & Parkarinen (1995) sekä Kraemer ym. (1997) ovat havainneet kokonaistestosteronin nousun akuutisti voimaharjoituskerran jälkeen. Toisaalta on myös huomioitava se seikka, että monessa tutkimuksessa (esim. Sharp & Pearson (2010) ja Kraemer ym. (2009)), jossa testosteronin nousua on havaittu, on harjoitusohjelmana käytetty fyysisesti hyvin kuormittavaa voimaharjoitusta. Tässä tutkimuksessa sen sijaan harjoittelumuoto oli luonteeltaan yhdistelmäharjoittelua, eikä voimapuoleltaan läheskään niin kuormittava kuin edellä mainituissa

tutkimuksissa. Huomionarvoista on se, että naistenkaan testosteronipitoisuuksissa ei havaittu merkitseviä muutoksia. Tämä on mielenkiintoista siksi, että naisten testosteronipitoisuudet ovat lähtökohtaisesti niin matalia, että pienetkin muutokset näissä pitoisuuksissa ovat tilastollisesti merkitseviä. Naisten kontrolliryhmän testosteronipitoisuuksissa havaittiin melko suurta laskua, mutta suuren keskihajonnan vuoksi muutos ei ollut kuitenkaan tilastollisesti merkitsevä. Miesten kohdalla tilanne on täysin päinvastainen: korkeiden testosteronipitoisuuksien myötä myös muutosten tulisi olla suuria, jotta muutos voitaisiin tulkita merkitseväksi. Aikaisemman tutkimustiedon puutteessa oli hankalaa ennustaa pH:n vaikutusta testosteronin eritykseen. Nyt kun kummassakaan ryhmässä ei havaittu merkitseviä muutoksia testosteronipitoisuuksissa, voidaan todeta, että pH:lla ei tässä tutkimuksessa ollut vaikutusta.

Kortisoli. Tilanne kortisolin osalta on hyvin samanlainen kuin testosteronilla. Ryhmien sisällä eikä toisaalta ryhmien välilläkään havaittu merkitseviä muutoksia alku- ja loppumittausten välillä. Aiemman tutkimustiedon perusteella tämäkään ei ole yllättävää, sillä kortisolin lepopitoisuuksien muutoksesta harjoittelun tai ruokavalion myötä on hyvin vähän tutkimusnäyttöä. Kortisolin, kuten testosteronin, erityksessä on kuitenkin tutkimuksissa havaittu nousua akuutisti yhden harjoituskerran jälkeen (McArdle ym. 2010, 438–439). Proteiinilisien vaikutusta kortisolin eritykseen on tutkittu ja proteiinilisän pitkäaikaisen käytön on havaittu hieman laskevan kortisolipitoisuuksia harjoittelun yhteydessä (Kraemer ym. 2009). Tämän tiedon valossa olisi voinut aavistella kontrolliryhmän noudattaman lihapitoisen ruokavalion saaneen aikaan samankaltaisen vasteen kuin edellä mainitussa tutkimuksessa. Ilmeisesti on kuitenkin ollut niin, että kontrolliryhmän ruokavalio ei ole proteiinipitoisuudessaan ylittänyt Kraemerin (2009) tutkimuksessa käytetyn, lisäravinteilla saavutetun ruokavalion proteiinipitoisuuteen. Näin ollen samankaltaista vastettaakaan ei ole havaittu. Kortisolin erityksen on havaittu lisääntyvän intensiivisen kestävyysharjoituksen tai pitkäkestoisen kilpailun aikana (Hill ym. 2008). Koeryhmämme suorittama kestävyyskuormitus ei ollut erityisen rasittava eikä riittävän pitkä, jotta näitä muutoksia olisi saatu aikaan.

SHBG. Elimistössä SHBG sitoo testosteronin, jolloin testosteroni on inaktiivista, eikä saa aikaan normaaleja vaikutuksiaan. Koska vapaan testosteronin pitoisuuksissa ei tapahtunut muutoksia, niin on hyvin loogista, että myös SHBG-pitoisuudet pysyivät muuttumattomina. Miesten kohdalla alku- ja loppumittausten arvot olivat lähes identtiset keskivirheidenkin ollessa todella pieniä. Naisilla muutosta tapahtui hieman enemmän, mutta merkitsevyyksiä ei sielläkään havaittu. Naisilla myös mittausten keskivirhe oli huomattavasti miehiä suurempi.

Virtsan pH. Kahden naiskoehenkilöryhmän välillä oli havaittavissa merkitsevä muutos virtsan pH-arvossa. Alexy ym. (2007) ovat havainneet, että kasvispainotteinen ruokavalio saa aikaan elimistön happo-emästasapainon siirtymisen emäksisempään suuntaan. Tämä vaikutus siis havaittiin naisilla, mutta ei miehillä. Huomionarvoinen seikka on se, että miesten emäsryhmän virtsa oli happamoitunut alkumittauksesta loppumittaukseen, mikä voi johtua esimerkiksi ruokavalion noudattamatta jättämisestä.

Tarkasteltaessa etenkin miesten osalta kahden eri ryhmän proteiininisaantia voidaan todeta, että erot eivät ole järin suuria (hapan: 107 ± 35 g vs. emäs: 82 ± 25 g). Nämä luvut ovat intervention keskivaiheilta ja mielestäni kielivät siitä, että ohjeistetusta ruokavaliosta on saatettu joidenkin koehenkilöiden kohdalla lipsua. Etenkin kohtuullisen suuret keskihajonnat, jotka naisten osalta olivat itse asiassa vielä suurempia (84 ± 25 g vs. 70 ± 11 g), paljastavat sen, että ryhmien sisällä on ollut suurta hajontaa ruokavalioiden noudattamisessa. Tämä kaikki taas saattaa selittää sitä, miksei miesten kahden ryhmän välillä havaittu merkitseviä eroavaisuuksia, vaikka monet tutkimukset yksiselitteisesti osoittavat sen, että ruokavalio vaikuttaa elimistön happo-emästasapainoon ja etenkin virtsan happamuuteen (Remer 2001; Alexy ym. 2007).

Virtsan pH:n ja hormonien korrelaatiot. Kuten aiemmin työssäni olen maininnut, on tutkimustietoa elimistön happo-emästasapainosta ja sen vaikutuksesta hormonaaliseen toimintaan hyvin vähän saatavilla. Tästä johtuen oli erityisen mielenkiintoista paneutua pH:ta ja hormonipitoisuuksia käsitelleisiin korrelaatioanalyysiin.

Aiemman tutkimustiedon puutteessa en osannut asettaa hypoteesia liittyen elimistön happo-emästasapainossa tapahtuvien muutosten vaikutuksesta hormonitoimintaan. Kuten tuloksista käy ilmi, ei korrelaatioissa löytynyt merkitsevyyksiä riippumatta siitä, verrattiinko koehenkilöryhmiä, sukupuoliä tai molempia keskenään. Toisaalta tämä on ymmärrettävää, sillä ainoastaan yhdellä ryhmällä oli tapahtunut merkitsevä muutos virtsan pH:ssa (naisten emäsryhmän post.arvo vs. naisten hapanryhmän post.näyte). Näin ollen uskoisin, että mikäli hormoneissa ja/tai virtsan pH:ssa olisi tapahtunut enemmän merkitseviä muutoksia, myös kyseisten muuttujien väliset korrelaatiot olisivat saattaneet olla merkitseviä.

Johtopäätökset. Tässä tutkimuksessa saatujen tulosten perusteella voidaan vetää seuraavat johtopäätökset:

1. 12 viikon yhdistetty kestävyys- ja voimaharjoittelujakso yhdistettynä kahteen erilaiseen ruokavalioon ei aikaansaa muutoksia testosteronin, kortisolin tai SHBG:n erityksessä.
2. Emäsryhmän ruokavalio oli yleisesti ottaen emäksisyyttä lisäävää, mikä voidaan todeta emäsryhmän naiskoehenkilöiden kohonneella virtsan pH-arvolla.
3. Tilastollisessa tarkastelussa ei havaittu yhteyttä virtsan pH:n ja hormonipitoisuuksien välillä.

LÄHTEET

- Alexy, U., Kersting, M. & Remer, T. 2007. Potential renal acid load in the diet of children and adolescents: impact of food groups, age and time trends. *Public Health Nutrition*: 11(3), 300 – 306.
- Becker, K. L. 2001. *Principles and Practice of Endocrinology and Metabolism*. Lippincott Williams and Wilkins, Philadelphia, USA.
- Bell, G. J., Syrotuik, D., Socha, T., Maclean, I. & Quinney, H. A. 1997. Effect of strength training and concurrent strength and endurance training on strength, testosterone, and cortisol. *Journal strength and conditioning research* 11(1), 57-64.
- Bloomer, R. J., Sforzo G. A. & Keller B. A. 2010. Effects of meal form and composition on plasma testosterone, cortisol and insulin following resistance exercise. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*.
- Dudley, G. A. & Djamil, R. 1985. Incompatibility of endurance- and strength- training modes of exercise. *Journal of applied physiology* 59(5): 1446-1451.
- Fry A. C. & Lohnes C. A. 2010. Acute testosterone and cortisol responses to high power resistance training. *Human physiology* 2010, vol. 36, No. 4, 457-461.
- Fleck, S. J. & Kraemer, W. J. 2004. *Designing resistance training programs*. 3rd ed. Human kinetics.
- Guyton, A.C. & Hall, J.E. 2000. *Textbook of Medical Physiology*. W.B. Saunders Company, Philadelphia, USA.
- Hackney, A. C., Szczepanowska, E. & Viru, A. M. 2003. Basal testicular testosterone production in endurance-trained men is suppressed. *European journal of applied physiology* 89: 198-201.
- Hickson, C. S. 1980. Interference of strength development by simultaneously training for strength and endurance. *European journal of applied physiology* 45: 255-263.
- Hill, E.E. ym. 2008. Exercise and Circulating Cortisol Levels: The Intensity Threshold Effect. *Journal of Endocrinological Investigation* 31: 587-591.
- Häkkinen, K. & Pakarinen, A. 1995. Acute hormonal responses to heavy resistance exercise in men and women at different ages. *International journal of sports medicine* 16(8): 507-513.

- Kellum, J.A. 2000. Determinants of blood pH in health and disease. *Critical Care*, 4, 6–14.
- Kraemer, W. J. & Ratamess, N. A. 2003. Endocrine responses and adaptations to strength and power training. Teoksessa Komi, P. V. (toim.) *Strength and power in sport*. 2nd ed. Blackwell science. 361-386.
- Kraemer, W., Hatfield, D., Volek, J., Fragala, M., Vingren, J., Anderson, J., Spiering, B., Thomas, G., Ho, J., Quann, E., Izquierdo, M., Häkkinen, K. & Maresh, C. 2009. Effects of amino acids supplement on physiological adaptations to resistance training. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 41, 1111–1121.
- Leveritt, M., Abernethy, P. J., Barry, B. K. & Logan, P. A. 1999. Concurrent strength and endurance training. *Sports Medicine* 28(6): 413-427.
- McArdle, W. D., Katch, F. I. & Katch, V. L. 2007. *Exercise physiology*. 6th ed. Lippincott Williams & Wilkins.
- McCarthy, J. P., Agre, J. C., Graf, B. K., Pozniak, M. A. & Vailas, A. C. 1995. Compatibility of adaptive responses with combining strength and endurance training. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 27(3): 429-436.
- Obminski Z & Stupmcki R. J 1997. Comparison of the testosterone-to-cortisol ratio values obtained from hormonal assays in saliva and serum. *Sports med phys fitness* 1997; 31(1):50-5
- Remer, T. 2001. Influence of nutrition on acid-base balance – metabolic aspects. *Europé an Journal of Nutrition*, 40, 214–220.
- Rønnestad, B. R., Albin Hansen, E. & Raastad, T. 2011. High volume of endurance training impairs adaptations to 12 weeks of strength training in well-trained endurance athletes. *European journal of applied physiology*, Aug 11.
- Sale, D. G., Jacobs, I. & Macdougall, J. D. 1990. Comparison of two regimens of concurrent strength and endurance training. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 22: 348-356.
- Sharp, C. & Pearson, D. 2010. Amino acid supplements and recovery from high-intensity resistance training. *The Journal of Strength & Conditioning Research* 24, 1125–1130.

- Storen, O., Helgerud, J., Stoa, E. M. & Hoff, J. 2008. Maximal strength training improves running economy in distance runners. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 40(6): 1087-1092.
- Sunde, A., Storen, O., Bjerkaas, M., Larsen, M. H., Hoff, J. & Helgerud, J. 2010. Maximal strength training improves cycling economy in competitive cyclists. *Journal of strength and conditioning*, Aug, 24, 8.

7 LIITTEET

LIITE 1.

Ohjeita ruokavaliojaksolle (emäspainotteinen)

- Ruokavalio sisältää runsaasti kasviksia, hedelmiä ja marjoja. Pyri syömään vähintään pari hedelmää päivässä. Syö jokaisella pääaterialla salaattia tai vihanneksia jossain muussa muodossa (esim. keittona tai keitettyinä). Käytä leivän päällä aina salaattia ja muita vihanneksia.
- Lihan kerta/vuorokausi-annos (g) $\approx 2 \times$ kehonpaino (kg), esim. painosi 65 kg \rightarrow lihaa max. 130 g päivässä.
- Ohessa saat esimerkkejä mahdollisista aterioista. Voit kuitenkin soveltaa niitä mielesi mukaan, huomioiden kuitenkin edellisen kohdan ja alla olevan listan suositelluista/rajoitettavista ruoka-aineista.
- Suosi työpakka- / opiskelijaruokalassa kasvisvaihtoehtoa (paitsi mikäli se sisältää runsaasti esim. juustoa, kuten gratiinit ja lasagnet ym.)
- Pyri käyttämään salaatin kanssa öljypohjaista salaatinkastiketta ja suosi avokadoa riittävän hyvien ja välttämättömien rasvahappojen saannin turvaamiseksi.
- Käytä jokaisen leivän päällä margariinia, rasvaa väh. 60 %.
- Pyri käyttämään joka päivä useampi annos maitoa/jogurttia riittävän kalsiumin saannin turvaamiseksi. Maidossa on myös hyviä proteiineja sekä D-vitamiinia ja se toimii erinomaisena palautusjuomana.
- Suosi leipänä ruisleipää ja vältä vaaleita, etenkin vehnäpohjaisia leipiä (ja pullia, kakkuja ja leivonnaisia).
- Pidä puuron, murojen ja myslien määrä korkeintaan kohtuullisena.
- Vettä, maitoa ja mehua sekä kahvia ja teetä saa juoda tarpeen mukaan (paitsi ei kahvia/teetä viimeisenä iltana ennen verikoetta).
- Pyri syömään energiantarpeesi mukaan. Syö säännöllisesti 2-4 tunnin välein ja mieluummin useamman (4-6) kerran päivässä pienempiä annoksia, kuin muutaman kerran isoja annoksia.

- Huomioi, että hedelmiä ja kasviksia joudut syömään määrällisesti enemmän kuin esimerkiksi leipää tai lihaa. Kannattaa pitää aina jotain evästä mukana.
- Merkitse joka päivä rasti ruokapäiväkirjaan sille kohdalle, joka parhaiten kuvaa päivän aikana noudattamaasi ruokavaliota (toivotun tutkimusruokavalion kaltainen, melko hyvin ruokavaliota noudattava, ei tutkimuksen kannalta toivotunlainen ruokavaliio). Ole rehellinen! Virheet ja satunnainen lipsuminen on inhimillistä, mutta on tärkeää, että kerrot siitä meille.
- Pidä ruokavaliopakson alussa , puolivälissä ja lopussa ruokapäiväkirjaa syömisistäsi (3 neljän vuorokauden jaksoa, tarkat ohjeet annetaan erikseen)
- Muistathan 10 h paaston jälkeen paastoverikoeaamua ja pyörätestiä.

Käyttämiesi ruoka-aineiden nimi ja rasvapitoisuus:

Leipärasva: Merkki _____ Ras-
va% _____

Ruoanvalmistusrasva: Merkki _____ Ras-
va% _____

Maito: Merkki _____ Rasva% _____

Jogurtti: Merkki _____ Ras-
va% _____

Suola: Merkki _____

Suositteluja ruoka-aineita:

- kasvikset, hedelmät, marjat
- mehut ja mehukeitot (marjakiisselit)
- kuivatut hedelmät ja rusinat
- soija, pavut, herneet, tofu
- sienet

Syö näitä vain kohtuudella:

- leipä, etenkin vaaleat

- puurot, myslit ja murot
- riisi ja pasta, suosi ruuan lisäkkeenä perunaa
- kala, liha

Vältä näitä ruoka-aineita kokonaan:

- juustot
- vehnäpohjaisia leipiä (ja pullia, kakkuja ja leivonnaisia)
- rahkat
- kananmuna
- makkarat ja leikkeleet
- pähkinät ja siemenet
- makeiset ja jäätelöt (tummasuklaa sopii parhaiten herkutteluun)

LIITE 2.

Ohjeita ruokavaliojaksolle (hapan painotteinen)

- Tutkimusjakson aikana sinun tulisi pyrkiä minimoimaan kasvisten, hedelmien ja mehujen käyttöä, enintään yksi hedelmä ja yksi salaattiannos päivässä.
- Ohessa saat esimerkkejä mahdollisista aterioista. Voit kuitenkin soveltaa niitä mielesi mukaan, huomioiden kuitenkin edellisen kohdan ja alla olevan listan suositelluista/rajoitettavista ruoka-aineista.
- Maitoa, vettä, kahvia ja teetä saat juoda tarpeen mukaan (paitsi ei kahvia/teetä viimeisenä iltana ennen verikoetta).
- Pyri syömään energiantarpeesi mukaan. Syö säännöllisesti 2-4 tunnin välein ja mieluummin useamman (4-6) kerran päivässä pienempiä annoksia, kuin muutaman kerran isoja annoksia.
- Pyri syömään leivän päällä aina juustoa ja/tai leikkelettä. Syö niitä ennemmin yhden leivän päällä enemmän ja vähennä leivän määrää, kuin että söisit useamman leivän ilman päällysteitä.
- Merkitse joka päivä rasti ruokapäiväkirjaan sille kohdalle, joka parhaiten kuvaa päivän aikana noudattamaasi ruokavaliota (toivotun tutkimusruokavalion kaltainen, melko hyvin ruokavaliota noudattava, ei tutkimuksen kannalta toivotunlainen ruokavalio). Ole rehellinen! Virheet ja satunnainen lipsuminen on inhimillistä, mutta on tärkeää, että kerrot siitä meille.
- Pidä ruokavaliojakson alussa, puolivälissä ja lopussa ruokapäiväkirjaa syömisistäsi (3 neljän vuorokauden jaksoa, tarkat ohjeet annetaan erikseen)
- Muistathan 10 h paaston ennen paastoverikoeaamua ja pyörätestiä.

Säännöllisesti käyttämiesi ruoka-aineiden nimi ja rasvapitoisuus:

Leipärasva:	Merkki _____	Ras-
va%	_____	
Ruoanvalmistusrasva:	Merkki _____	Ras-
va%	_____	
Juusto:	Merkki _____	Rasva% _____
Leikkele:	Merkki _____	Ras-
va%	_____	
Maito:	Merkki _____	Rasva% _____
Jogurtti:	Merkki _____	Ras-
va%	_____	
Raejuusto:	Merkki _____	Ras-
va%	_____	
Suola:	Merkki _____	

Suosituksia tutkimusjaksolle:

Suositteluvia:

- liha / kala / kana / linssit
- makkarat ja leikkeet
- juustot, raejuusto
- kananmuna
- rahka
- (vaalea) leipä (runsaskuituiset ja siemeniä sisältävät terveellisempiä)
- siemenet ja pähkinät
- puurot, murot, myslit
- myös herkut, kuten pullat, jäätelöt ja makeiset ovat sallittuja, mutta terveyden kannalta niitä suositellaan syötäväksi vai harvoin

Rajoita näiden käyttöä (tutkimusjakson aikana):

- kasvikset, hedelmät, marjat
- soija, pavut

LIITE 3.

PRAL < 0 ateriamallit (emäs)

Aamupala/Iltapala

- jogurttia /maitoa
- (ja myslä/leseitä)
- ruisleipä

- margariinia
- vihanneksia (kurkku, tomaatti, paprika, salaatti)
- hedelmä (omena/mandariini)

Lounas/Päivällinen

1. - perunoita
 - paistettu kala
 - pinaattikastike
 - vihannessalaattia
 - öljypohjainen salaattikastike
 - ruisleipä
 - margariinia
- 2.- riisi (täysjyvä)
 - broiler- kasviskastike
 - porkkanaraaste + appelsiini-/ananasaloja
- 3.- soija-kasviskastike
 - perunoita
4. - kasvisekeitto/pinaattikeitto/tomaattikeitto
 - ruisleipä
 - margariinia
 - kurkkua
5. - vihannes-papusalaatti
 - salaattikastike
 - ruisleipä
 - margariini
 - kurkkua ym. vihanneksia leivälle
6. - tofusalaatti
 - öljypohjainen salaattikastike
 - ruisleipä

Välipala

- peruna-/porkkanapiirakka

- pinaatti-/porkkanaohukaisia + puolukkahilloa
- hedelmiä (omena, banaani, mandariini, päärynä, avokado, kiivi)
- kuivattuja hedelmiä tai rusinoita
- mehukeitto tai kiisseli
- jogurttia
- maitoa

Ei ole tarkoitus, että syöt aamu- / ilta- / välipalalla kaikkia mainittuja ruokia kerralla, vaan kokoa näistä aineksista mieleisesi ateria nälkätilasi ja energiantarpeesi huomioiden. Pyri valitsemaan jokaiselle näistä aterioista jotain maitotuotetta (maito, piimä, jogurtti) kalsiumin ja proteiinin saannin varmistamiseksi.

LIITE 4.

PRAL > 0 ateriamallit (hapan)

Aamupala/ Iltapala

- puuroa
- leipää
- kinkkua
- juustoa
- kananmuna
- jogurttia

Lounas / Päivällinen

1.- lihamakaronilaatikkoa

- leipää

2.- broileria

- riisiä
- currykastiketta

- raejuustoa
- salaattia

3.- makaroni/riisipohjainen broiler tms. salaatti

- leipää
- margariinia

4.- liha- /kalakeitto

- leipää
- juustoa leivälle

5.- lohipasta

- leipä

Välipala

- riisipiirakka
- (veri)ohukaisia
- muroja
- mysliä ja jogurttia
- rahkaa (valmiiksi maustettua tai esim. ananasta tai mehukeittoa joukkoon sekoittaen)
- leipää kinkun ja juuston kera
- pähkinöitä ja siemeniä

Ei ole tarkoitus, että syöt aamu- / ilta- / välipalalla kaikkia mainittuja ruokia kerralla, vaan kokoa näistä aineksista mieleisesi aterian nälkätilasi ja energiantarpeesi huomioiden.