

**KASVIKSIIN POHJAUTUVAN RUOKAVALION VAIKUTUS
ELIMISTÖN PROTEIINIAINEENVAIHDUNTAAN
KUNTOILIJOILLA**

Riikka Lamminen

Liikuntafysiologia
Pro Gradu -tutkielma
Kevät 2014
Liikuntabiologian laitos
Jyväskylän yliopisto
Ohjaajat: Antti Mero,
Enni-Maria Hietavala ja
Johanna Stenholm

TIIVISTELMÄ

Riikka Lamminen (2014). Kasviksiin pohjautuvan ruokavalion vaikutus elimistön proteiiniaineenvaihduntaan kuntoilijoilla. Liikuntabiologian laitos, Jyväskylän yliopisto, liikuntafysiologian Pro Gradu -tutkielma, 116 s.

Nykyään moni valitsee kasvisruokavalion terveydellisin ja ekologisin perustein. Erityisesti punaisen lihan mahdolliset haittavaikutukset ovat saaneet monet jättämään punaisen lihan pois ruokavaliostaan ja lisäämään kasvien syöntiä. Tällöin voidaan puhua kasvispainotteisesta tai semivegetaarista ruokavaliosta, koska ruokavalio sisältää satunnaisesti vaaleaa lihaa sekä kalaa. Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, miten kasviksiin pohjautuva ruokavalio vaikuttaa elimistön proteiiniaineenvaihduntaan. Tavoitteena oli, että tulosten perusteella voitaisiin arvioida erityisesti sitä, onko kasviksiin pohjautuvasta ruokavaliosta saadulla proteiinilla erilaisia vaikutuksia elimistön proteiinimetaboliaan kuin runsaalla eläinproteiinilla saannilla.

Tutkimuksen suoritti loppuun 88 kuntoliikuntaa harrastavaa miestä ja naista. Koehenkilöt jaettiin iän perusteella kolmeen ryhmään: 12–15-vuotiaat (n=22), 25–35-vuotiaat (n=33) ja 65–75-vuotiaat (n=33). Koehenkilöt kävivät läpi kaksi eri ruokavalioviikkoa (2 x 7 vrk), joiden aikana he nauttivat joko normaaliproteiinista, runsaasti kasviksia ja hieman vaaleaa lihaa sisältänyttä ruokavaliota (KASVIS) tai runsaasti lihaa sisältänyttä, runsasproteiinista ruokavaliota, joka ei sisältänyt juurikaan kasviksia (LIHA). Ruokavaliot oli ohjeistettu etukäteen, ja jaksojen aikana koehenkilöt täyttivät ruokapäiväkirjaa. Ravintojaksojen alussa koehenkilöt keräsivät 12 tunnin virtsanäytteen sekä antoivat paastoverinäytteen. Ravinto- viikkojen päätteeksi samat mittaukset toistettiin. Muutama viikko ensimmäisen ravintojakson jälkeen koehenkilöt kävivät läpi ravintojakson sekä veri- ja virtsamittaukset uudestaan toista ruokavaliota noudattaen. Verinäytteistä analysoitiin seerumin proteiinit, albumiini, kreatiniini, urea sekä keskiryhmältä (25–35 v) IGF-1. Virtsanäytteistä analysoitiin urea sekä kreatiniini. Ruokapäiväkirjat analysoitiin Nutri-Flow-ravintolaskelmaohjelmistolla. Tilastolliset analyysit tehtiin SPSS 20.0 for Windows- ja Microsoft Excel 2011 -ohjelmilla.

Kasvien saannissa oli merkitsevä ero ($p < 0,001$) ravintojaksojen välillä kaikissa ryhmissä. KASVIS-ravintojaksolla kasvien saanti oli myös merkitsevästi suurempaa ($p < 0,001$) kuin koehenkilöiden tavanomainen kulutus. Proteiinin saanti (g/kg/vrk) oli kaikissa ryhmissä merkitsevästi suurempaa ($p < 0,001$) LIHA-ravintojaksolla kuin KASVIS-ravintojaksolla. Kaikilla ryhmillä proteiinia saatiin KASVIS-ruokavalionkin aikana suositusten mukaan. KASVIS-ravintojakson aikana virtsan urea-arvot laskivat merkitsevästi ($p < 0,001$). LIHA-ravintojakson aikana arvot taas nousivat merkitsevästi ($p < 0,001$) lapsia lukuun ottamatta. Virtsan kreatiniini laski KASVIS-ravintojakson aikana merkitsevästi ($p < 0,001$) kaikissa muissa paitsi lasten ryhmässä. LIHA-ravintojakson aikana millään ryhmällä ei tapahtunut merkitseviä muutoksia virtsan kreatiniinissa. Seerumin proteiinit kasvoivat merkitsevästi ($p < 0,001$) LIHA-ravintojakson aikana kaikissa muissa paitsi keskiryhmässä. KASVIS-ravintojakso ei aiheuttanut merkitseviä muutoksia alkutilanteeseen nähden missään ryhmässä. Myös seerumin albumiini kasvoi merkitsevästi ($p < 0,001$) LIHA-ravintojakson aikana kaikissa muissa paitsi keskiryhmässä. KASVIS-ravintojakson aikana seerumin albumiiniarvot kasvoivat merkitsevästi ($p < 0,001$) kaikissa muissa paitsi lasten ryhmässä. Seerumin kreatiniini kasvoi merkitsevästi ($p < 0,05$) KASVIS-ravintojakson aikana keskiryhmällä sekä silloin kun koehenkilöitä tarkasteltiin yhtenä ryhmänä ($p < 0,01$). Seerumin urea-arvot laskivat merkitsevästi ($p < 0,001$) KASVIS-ravintojakson aikana ja nousivat merkitsevästi ($p < 0,001$) LIHA-ravintojakson aikana. Seerumin IGF-1 mitattiin vain keskimmaiselta ikäryhmältä. KASVIS-ravintojakson seurauksena IGF-1-arvot laskivat merkitsevästi ($p < 0,001$), ja LIHA-ravintojakson aikana ne nousivat merkitsevästi ($p < 0,001$).

Tutkimuksen johtopäätöksenä oli, että kasvispainotteisella normaaliproteiinilla ruokavaliolla, joka ei sisällä punaista lihaa, on erilaisia vaikutuksia virtsasta ja verestä mitattuihin proteiiniaineenvaihdunnan muuttujiin verrattuna runsaasti eläinproteiinia sisältävään ruokavalioon. Tulosten perusteella on kuitenkin mahdollista, että erilaiset vaikutukset johtuvat pikemminkin nautitun proteiinin määrästä kuin sen lähteestä.

Kiitokset: Tätä tutkimusta ovat tukeneet TEKES, Honkatarhat Oy, Honkajoki Kyröntarhat Oy, Honkajoki Mykora Oy, Honkajoki Lihajaloste Korpela Oy, Huittinen Laihian Mallas Oy sekä Laihia KKK-Vihannes Oy / Lykobene, Honkajoki.

Avainsanat: kasvisruokavalio, semivegetaarinen, kasviproteiini, eläinproteiini, proteiiniaineenvaihdunta.

SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ	2
1 JOHDANTO	4
2 PROTEIINIT ELIMISTÖSSÄ.....	7
2.1 Proteiinien tehtävät.....	7
2.2 Proteiinien rakenne.....	7
2.3 Proteiinimetabolia	9
2.3.1 Proteiinisynteesi	10
2.3.2 Proteiinien hajoaminen.....	10
2.4 Välttämättömät ja ei-välttämättömät aminohapot.....	11
3 PROTEIINI RUOKAVALIOSSA	12
3.1 Proteiinin tarve	12
3.2 Proteiinin saanti	13
3.2.1 Proteiinin puute ja vaje	14
3.2.2 Proteiinin liiallinen saanti	15
3.2.3 Ruoansulatus	16
3.3 Proteiinien laatu.....	16
3.3.1 Kasvi- ja eläinproteiinit.....	17
3.3.2 Kasvi- ja eläinproteiinien vaikutus proteiinimetaboliaan	18
4 SOMAATTISEN PROTEIINITILAN ARVIOIMINEN	21
4.1 Kreatiniini.....	21
4.1.1 Kreatiniini ja lihassmassa	21
4.1.2 Ruokavalion vaikutus kreatiniiniin	23
4.1.3 Muita kreatiniiniin vaikuttavia tekijöitä.....	25
4.1.4 Ongelmia kreatiniini–lihassmassatutkimuksissa	27
4.2 Muita tapoja arvioida somaattisen proteiinin määrää.....	28
4.2.1 3-metyylihistidiini	28
4.1.2 Fysikaaliset ja toiminnalliset mittaukset	29
5 VISKERAALISEN PROTEIINITILAN ARVIOIMINEN.....	30
5.1 Seerumin kokonaisproteiinit ja albumiini	30
5.1.1 Albumiini ravitsemuksellisen tilan markerina	31
5.1.2 Albumiini ja lihassmassa	32
5.2 Insuliinin kaltainen kasvutekijä 1	33

5.3 Muita seerumin proteiineja.....	35
5.3.1 Transferrini.....	35
5.3.2 Retinolia sitova proteiini.....	35
5.3.3 Prealbumiini.....	36
5.4 Muita proteiinitilan markkereita veressä.....	36
6 ELIMISTÖN TYPPIMETABOLIA.....	37
6.1 Urea.....	38
6.2 Urean typpi.....	39
7 KASVISRUOKAVALIOIDEN ERITYISPIIRTEITÄ.....	41
7.1 Eri kasvisruokavaliot.....	41
7.1.1 Kasvisruokavaliot ja energian saanti.....	43
7.1.2 Kasvisruokavaliot ja proteiinin saanti.....	43
7.2 Kasvisruokavalioiden vaikutus kehon koostumukseen.....	44
7.3 Kasvisruokavaliot ja kreatiini.....	45
7.4 Kasvisruokavaliot ja albumiini.....	46
7.5 Kasvisruokavaliot ja IGF-I.....	48
7.6 Kasvisruokavaliot ja typpimetabolia.....	49
7.7 Muita kasvisruokavalioiden vaikutuksia.....	51
7.8 Punaisen lihan haittavaikutuksia.....	52
7.9 Lihan kulutus ja happo-emästasapaino.....	53
8 TUTKIMUSONGELMAT JA -HYPOTEESIT.....	56
9 TUTKIMUSMENETELMÄT.....	60
9.1 Koehenkilöt.....	60
9.2 Koeasetelma.....	60
9.3 Ravintojaksojen ruokavaliot.....	62
9.4 Aineiston keräys ja analysointi.....	63
10 TULOKSET.....	66
10.1 Ravinto.....	66
10.2 Ravinnon vaikutus virtsamuuttujiin.....	68
10.2 Ravinnon vaikutus verimuuttujiin.....	71
10.4 Mitattujen muuttujien välisiä korrelaatiokertoimia.....	76
11 POHDINTA.....	80
12 LÄHTEET.....	94
LIITE 1: RUOKAVALIOT RAVINTOJAKSOJEN AIKANA.....	116

1 JOHDANTO

Viime vuosikymmeninä erilaiset kasvisruokavaliot ovat herättäneet yhä enemmän kiinnostusta länsimaissa. Osa valitsee kasvissyönnin uskonnollisin perustein, mutta yhä useammin valinta pohjautuu terveydellisiin ja ekologisiin perusteisiin. (Waldmann ym. 2003; Forestell ym. 2011.) Kasvisruokavalioidella on havaittu olevan useita erilaisia terveyshyötyjä kuten pienempi sydänkohtauksen, korkean verenpaineen, toisen asteen diabeteksen, ylipainon sekä joidenkin syöpäsairauksien riski (Gorinstein ym. 2004; Singh ym. 2003; Pellegrini ym. 2003; Zhang ym. 2003; Rissanen ym. 2003; Robinson ym. 2002; Richter ym. 1999).

Kasvisruokavaliot perustuvat vihanneksiin, hedelmiin, viljoihin, palkokasveihin, pähkinöihin ja siemeniin. Kasvisruokavalioiden on useita erilaisia, joista kaksi päätyyppiä ovat lakto-ovovegetaarinen sekä vegaaninen. Nämä eivät sisällä lainkaan lihaa. (Venderley & Campbell 2006.) Kasvisruokavalioiden terveyshyötyjen lisäksi erityisesti punaisella lihalla on havaittu useita terveydelle haitallisia vaikutuksia. Punaisen lihan – ja etenkin prosessoitujen lihavalmisteen – on havaittu lisäävän muun muassa sydän- ja verisuonitautien, toisen asteen diabeteksen, aivoinfarktien sekä erilaisten syöpien riskiä (Micha ym. 2010; Micha ym. 2012; Chan ym. 2011; Wang & Jiang 2012; Larsson & Wolk 2012). Terveysriskien perusteella monet jättävätkin nykyään punaisen lihan pois ruokavaliostaan ja lisäävät kasvisten käyttöä. Tällöin puhutaan kasvispainotteisesta ruokavaliosta tai semivegetarismista, sillä nämä ihmiset syövät satunnaisesti vaaleaa siipikarjan lihaa sekä kalaa. (Venderley & Campbell 2006.) Suomen uudet kansalliset ravitsemussuosituksetkin suosittelevat punaisen lihan ja lihavalmisteen käytön vähentämistä sekä vähärasvaisen, vaalean (siipikarjan) lihan suosimista (Valtion ravitsemusneuvottelukunta 2014). Semivegetaarisen ruokavaliion kannalta Bernstein ym. ovat julkaisseet kaksi mielenkiintoista tutkimusta (2010 ja 2012), joissa he havaitsivat, että punaisen lihan runsas saanti lisäsi aivoinfarktin ja sepelvaltimotaudin riskiä, kun taas siipikarjan lihan kohdalla riskit olivat huomattavasti alhaisempia.

Kasviksiin pohjautuvat ruokavaliot sisältävät usein sekaruokavalioiden vähemmän energiaa (Messina & Messina 1996: 124–135, 354–367; Kennedy ym. 2001), ja suurin osa päivittäisestä energiasta tulee hiilihydraateista (Rauma & Mykkänen 2000; Me

sina & Messina 1996: 124–135, 354–367). Proteiinin saanti on kasvissyöjillä usein vähäisempää kuin sekasyöjillä (Barr & Broughton 2000; Janelle & Barr 1995; Ball & Mann 1994; Larsson & Johansson 2002), mutta täyttää kuitenkin yleensä päivittäiset suositukset, kunhan ruokavalioon kiinnitetään huomiota (Barr & Rideout 2004). Myös proteiinien laatuun täytyy kiinnittää huomiota, sillä kasviproteiineista puuttuu aina yksi tai useampi välttämätön aminohappo. Lisäksi kasvikunnan tuotteet eivät sula ruoansulatuskanavassa yhtä hyvin kuin eläinkunnan tuotteet (Briony & Bishop 2007, 157–162), mikä tulee ottaa huomioon proteiinin päivittäisissä saantisuosituksissa.

Sekä riittävä energian, proteiinin että välttämättömien aminohappojen saanti on olennaista elimistön proteiinitasapainon kannalta (Briony & Bishop 2007, 157–162). Mikäli välttämättömiä aminohappoja ei ole saatavilla oikeassa suhteessa, kehon kyky valmistaa proteiineja heikentyy, vaikka ravinnosta saataisiinkin tarpeeksi energiaa ja proteiineja (Bender 2012, 93). Eri lähteistä olevilla proteiineilla on erilaisia aminohappokoostumuksia ja sitä kautta erilaisia fysiologisia vaikutuksia (Millward ym. 2008).

Kasvi- ja eläinproteiinin vaikutuksia proteiiniaineenvaihduntaan on tutkittu vielä melko rajallisesti, mutta Campbell ym. (1999) tutkivat kasvis- ja sekaruokavalioiden vaikutusta kehon koostumukseen ja lihasmassaan, ja osoittivat, että lakto-ovovegetaariseen ruokavalioon verrattuna sekaruokavalio lisäsi enemmän voimaharjoittelun aikaansaamaa lihasmassan, rasvattoman massan sekä tyyppin II lihassolujen pinta-alan kasvua iäkkäillä miehillä. On kuitenkin huomioitava, että kasvisruokavaliolla energian- ja proteiinin saanti oli toista ryhmää vähäisempää, vaikkakin suositusten mukaista. Samankaltaisessa tutkimuksessa Haub ym. (2002 ja 2005) eivät huomanneet eroja lihasvoimassa tai lihasmassassa 12 viikon tutkimusjakson aikana miehillä, joista toiset noudattivat sekaruokavaliota ja toiset lakto-ovovegetaarista ruokavaliota. Näiden tutkimusten perusteella voidaan olettaa, että kehon koostumuksen ja lihasmassan kannalta ratkaisevampaa on kokonaisproteiinin saanti kuin proteiinin lähde (Venderley & Campbell 2006). Aubertin-Leheudre & Adlercreutz (2009) kuitenkin havaitsivat, että lihasmassa on vahvasti yhteydessä eläinproteiinin saantiin mutta ei kasviproteiinin tai kokonaisproteiinin saantiin. Tutkimuksessa kasvissyöjät saattoivat syödä riittämättömästi eri kasviproteiineja, jotta olisivat saaneet tarpeeksi välttämättömiä aminohappoja. Kokonaisproteiinin määrä (g/kg/vrk) oli kaikissa koehenkilöryhmissä yli suositusten, ja kasvissyöjät söivät saman verran proteiinia kuin sekasyöjien ryhmä. Kasviproteiinit kuitenkin imeytyvät huo-

nommin kuin eläinproteiinit (Young ym. 1975), mikä saattaa osaltaan selittää lihasmassan eroa kasvis- ja sekasyöjien välillä.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, miten kasvispainotteinen ruokavalio vaikuttaa elimistön proteiiniaineenvaihduntaan tutkimukseen valittujen virtsa- ja verimuuttujien perusteella. Kasvispainotteinen ruokavalio suunniteltiin niin, että se sisältää riittävästi sekä energiaa, proteiinia että välttämättömiä aminohappoja. Kasviksiin pohjautuvan semivegetaarisen ruokavalion vaikutuksia proteiinimetaboliaan verrattiin täysin kasviksettomaan, runsaasti eläinproteiinia sisältävään ruokavalioon. Tavoitteena oli, että tulosten perusteella voitaisiin arvioida erityisesti sitä, onko kasviksiin pohjautuvasta ruokavaliosta saadulla proteiinilla erilaisia vaikutuksia elimistön proteiiniaineenvaihduntaan kuin runsaalla eläinproteiinin saannilla.

2 PROTEIINIT ELIMISTÖSSÄ

2.1 Proteiinien tehtävät

Proteiinit ovat tärkeitä elimistön rakenteen ja toiminnan kannalta (Manore ym. 2009, 109–110). Normaalikokoisessa ihmisessä on noin 10–12 kiloa (noin 16 %) proteiinia; suurin osa siitä (noin 43 %) on luurankolihasissa (McArdle ym. 2001, 32–36). Luurankolihasien proteiineja kutsutaan somaattiseksi proteiiniksi. Viskeraalista proteiinia on puolestaan sisäelimissä ja veressä. Rakenteelliset proteiinit sijaitsevat solujen ulkoisissa sidekudoksissa eli rustoissa, jänteissä ja luustossa. Kehon somaattisessa ja viskeraalisessa proteiinissa voi tapahtua muutoksia esimerkiksi ruokavalion tai sairauksien seurauksena, mutta rakenteelliset proteiinit säilyvät yleensä muuttumattomina. (Gibson 2005, 403.)

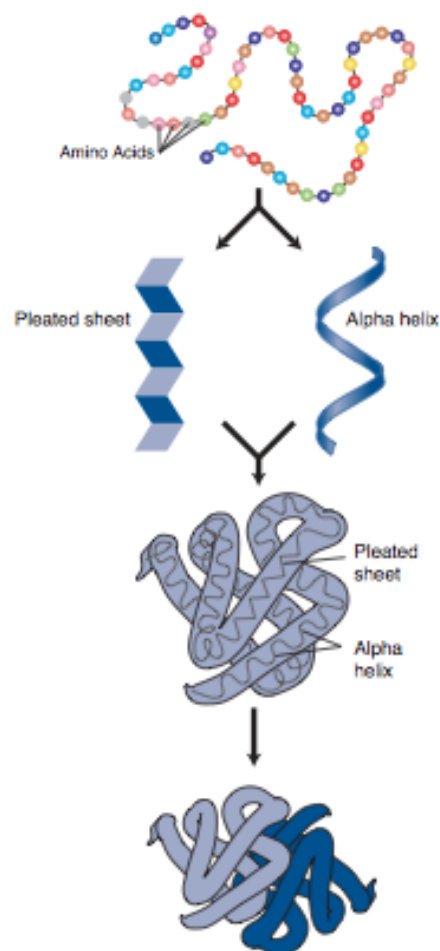
Proteiineilla on elimistössä monta eri tehtävää. Kunkin proteiinin ominaisuudet ja toiminta määräytyvät sen aminohappojärjestyksen ja rakenteen mukaan. Proteiinit ovat lihasten, luiden, jänteiden, sidekudosten ja elinten rakennusainetta sekä toimivat entsyymeinä ja hormoneina. Lisäksi proteiineilla on tärkeä rooli muun muassa neste-, elektrolyytti- ja happo-emästasapainon ylläpitämisessä. Kuljettajaproteiinit puolestaan kuljettavat soluihin useita eri aineita, kuten hivenaineita, happea ja ravinteita. Proteiinit voivat myös toimia energianlähteenä erityisesti silloin, kun elimistön hiilihydraatti- ja energiavarastot ovat vähissä. (Manore ym. 2009, 109–110; Briony & Bishop 2007, 157–162.) Elimistössä ei ole varsinaista proteiinivarastoa, vaan kaikki kehon proteiinit ovat kehon kudoksissa tai aineenvaihdunnan, kuljetus- tai hormonitoiminnan yhdisteissä. Vapaita aminohappoja on kehossa vain noin 210 grammaa. (McArdle ym. 2001, 32–36.)

2.2 Proteiinien rakenne

Rakenteellisesti proteiinit muistuttavat hiilihydraatteja ja rasvoja, koska niissä kaikissa on hiiltä, happea ja vetyä. Proteiinit ovat kuitenkin ainoita, jotka sisältävät typpeä ja rikkiä sekä joskus myös fosforia, kobolttia ja rautaa. (McArdle ym. 2001, 32.) Typpeä

proteiinista on noin 16 %, joten 1 gramma tyyppiä vastaa noin 6,25 grammaa proteiinia (Briony & Bishop 2007, 75).

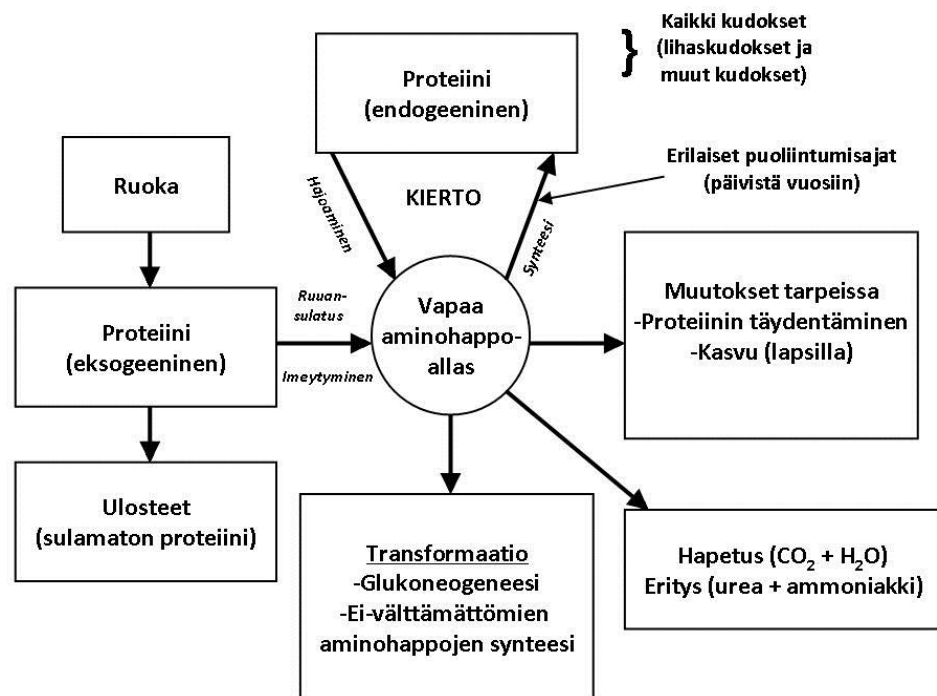
Sekä kehon että ravinnon proteiinit muodostuvat lukuisista aminohapoista, joista jokainen sisältää vähintään yhden typpiryhmän (Manore ym. 2009, 109–110). Jokaisella aminohapolla on siis positiivisesti varautunut aminoryhmä ($-\text{NH}_2$) ja negatiivisesti varautunut karboksyylihapporyhmä ($-\text{COOH}$). Aminohapon jäljelle jäävää osaa kutsutaan sivuketjuksi. Aminohapot ovat liittyneet yhteen peptidisidoksilla. Ihminen voi syntetisoida yli 80 000 erilaista proteiinia, ja yksittäinen solukin sisältää tuhansia erilaisia proteiineja. Osa proteiineista on lineaarisia, kun taas osa on kerrostunut monimutkaisiksi kolmiulotteisiksi rakennelmiksi (kuva 1). Jokaisen proteiinin ominaisuudet määräytyvät sen aminohappojärjestyksen mukaan. (McArdle ym. 2001, 32.)



KUVA 1. Proteiinin primaarinen rakenne tarkoittaa toisiinsa peptidisidoksilla liittyneiden aminohappojen järjestystä. Sekundäärirakenne on polypeptidiketjun kolmiulotteinen rakenne, jossa ketju on joko kiertynyt α -kierteeksi tai poimuttunut. Vetysidokset pitävät yllä sekundäärirakennetta. Tertiaarirakenne on koko ketjun pakkautumisrakenne, jota pitää yhdessä vetysidosten lisäksi mm. rikkisillat ja ionivetovoimat. Kvaternaarisessa rakenteessa kaksi tai useampia polypeptidiketjua on sitoutunut yhteen erilaisin sidoksin. (National Human Genome Research Institute 2013.)

2.3 Proteiinimetabolia

Kehon proteiinit eivät ole stabiileja, vaan ne uusiutuvat jatkuvasti. Yksittäisen proteiinin puoliintumisaika voi vaihdella muutamasta tunnista jopa vuosiin. Yksinkertaistettuna proteiinien kiertoon elimistössä vaikuttaa niiden synteesi ja hajoaminen. Käytännössä proteiinimetabolia on kuitenkin monimutkainen prosessi, joka riippuu monesta tekijästä (kuva 2). Tavallisesti proteiinisynteesiä tapahtuu samassa suhteessa proteiinin hajoamiseen ja aminohappojen oksidaatioon nähden, jolloin kehon proteiinimäärä pysyy lähes muuttumattomana. Mikäli uusia proteiineja muodostuu enemmän kuin niitä hajoaa, keho on anabolisessa tilassa (esimerkiksi lapsuudessa, raskauden tai voimaharjoittelun aikana). Mikäli taas proteiineja hajoaa enemmän kuin niitä syntetisoidaan, on keho katabolisessa tilassa (esimerkiksi sairauden tai nälkiintymisen yhteydessä). (Schutz 2011.) Proteiiniaineenvaihduntaan vaikuttaa monet tekijät, kuten ravinto, hormonit, sairaudet ja fyysinen aktiivisuus (Rasmussen & Phillips 2003).



KUVA 2. Elimistön vapaiden aminohappojen allas on pieni mutta dynaaminen (Schutz 2011, suomennettu).

2.3.1 Proteiinisynteesi

Proteiinisynteesissä aminohapoista valmistetaan proteiineja tuman DNA:ssa sijaitsevan geeni-informaation perusteella. Tumassa tapahtuvassa transkriptiossa DNA:sta kopioidaan lähetti-RNA-molekyylit, jotka siirtyvät solulimaan. Soluliman ribosomeilla tapahtuu translaatio, jossa aminohapoista rakennetaan polypeptidimolekyylit lähetti-RNA:n sisältämän koodin mukaisesti siirtäjä-RNA-molekyylien avustuksella. Aminohapot liitetään toisiinsa peptidisidoksin, ja lopulta valmis polypeptidiketju laskostuu kolmiulotteiseen muotoonsa. Translaation jälkeisen muokkauksen jälkeen proteiini on valmis. (Houston 2001, 35.) Proteiinisynteesiä säädelään sekä transkription ja translaation aikana että translaation jälkeen (Virus & Virus 2001, 15).

Päivittäisen proteiinisynteesin määrä on aikuisilla kolmin- tai nelinkertainen verrattuna proteiiniin saantiin (lapsilla viisin- tai kuusinkertainen). Tämä on mahdollista, koska elimistö kierrättää proteiinien hajotessa vapautuneet aminohapot tehokkaasti uudelleen käytettäväksi. (Schutz 2011; Bender 2012, 83.) Tietyn proteiinin synteesiin vaaditaan aina juuri tiettyjä aminohappoja. Mikäli tarvittavia ei-välttämättömiä aminohappoja ei ole suoraan saatavilla, elimistö valmistaa niitä transaminaation avulla. (Briony & Bishop 2007, 157–162.) Transaminaatio mahdollistaa aminohappojen muodostumisen ei-tyyppä sisältävistä orgaanisista yhdisteistä. Siinä entsyymit edesauttavat tyyppiryhmän poistumista tietystä aminohaposta ja ohjaavat tyyppiryhmän edelleen toiselle yhdisteelle. Tällä tavoin tyyppiryhmän vastaanottaneesta yhdisteestä syntyy uusi aminohappo. (McArdle ym. 2001, 36–37.)

2.3.2 Proteiinien hajoaminen

Proteiinia ja aminohappoja hajoaa kehossa jatkuvasti kolmesta eri syystä. Ensimmäinen ne proteiinien uusiutuessa vapautuneet aminohapot, joita ei heti käytetä uusien proteiinien synteesiin, hajotetaan energiaksi. Myös ravinnosta saatu ylimääräinen proteiini hajotetaan joko energiaksi tai muutetaan rasvakudokseksi. Lisäksi muun muassa nälkiintyminen, laihduttaminen ja pitkäkestoiset kuormitukset lisäävät proteiinien kataboliaa, etenkin silloin kun hiilihydraatteja ei ole saatavilla. (McArdle ym. 2001, 36.)

Proteiinien hajoaminen tapahtuu pääasiassa kahta eri reittiä: ubikitiini-proteasomi-reittiä tai lysosomaalisen proteolyysin kautta. Hajotessa vapautuneet aminohapot kulkeutuvat maksaan, jossa tapahtuu deaminaatio. (Bender 2012, 78.) Deaminaatiossa typpiryhmä poistetaan aminohapolta, ja jäljelle jäävä hiilirunko muuttuu joko hiilihydraatiksi tai rasvaksi tai se käytetään suoraan energia-aineenvaihdunnassa. Irrotettu aminoryhmä puolestaan muodostaa maksassa ureaa, joka poistuu munuaisten kautta. (McArdle ym. 2001, 36–37; Manore ym. 2009, 109–110.)

2.4 Välttämättömät ja ei-välttämättömät aminohapot

Ihmiskeho tarvitsee 20 erilaista aminohappoa, joista se ei voi itse syntetisoida kahdeksaa (lapsilla ja joillain aikuisilla yhdeksää), joten näitä välttämättömiä aminohappoja on saatava ravinnosta. (Manore ym. 2009, 109–110; McArdle ym. 2001, 32; Gibson 2005, 404; Bender 2012, 86.) Lisäksi kahden aminohapon, kysteiinin ja tyrosiinin, synteesi rajoittuu, mikäli ravinnosta saadaan liian vähän niiden prekursoreita metioniinia ja fenyyialaniinia. Tällöin myös näitä kahta aminohappoa on saatava ravinnosta. (Manore ym. 2009, 109–110; McArdle ym. 2001, 32; Bender 2012, 86.) Lisäksi lapsilla on rajoittunut kyky syntetisoida arginiinia, eivätkä vauvat voi syntetisoida histidiiniä. Loppuja, ei-välttämättömiä aminohappoja keho syntetisoi itse. (McArdle ym. 2001, 32.)

Välttämättömien aminohappojen saanti on yksi tärkeä tekijä proteiinisynteesin säätelyssä. Tutkimuksissa on havaittu välttämättömiä aminohappoja sisältävän seoksen infuusion lisäävän proteiinisynteesiä lineaarisesti annokseen nähden. Mikäli samassa yhteydessä annetaan myös hiilihydraattia, proteiinisynteesi lisääntyy entisestään johtuen insuliinin proteiinisynteesiä stimuloivasta vaikutuksesta. (Bender 2012, 91.) Vaikka lisääntynyt proteiininsaanti lyhyellä aikavälillä lisääkin elimistön proteiinimäärää, pitkällä aikavälillä se lisää myös aminohappojen oksidaatiota, jotta typpitasapaino säilytetään (Bender 2012, 91).

3 PROTEIINI RUOKAVALIOSSA

3.1 Proteiinin tarve

Elimistön proteiinin tarve määräytyy pääasiassa välttämättömien aminohappojen katabolian perusteella, koska aterioinnin jälkeen ylimääräiset aminohapot (ne, joita ei heti tarvita proteiinisynteesiin) eivät varastoidu, vaan ne hajotetaan. Näiden aminohappojen oksidaationopeus määräytyy ihmisen tavanomaisen proteiinin saannin mukaan, joka muuttuu suhteellisen hitaasti suhteessa proteiinisaannin muutoksiin. (Bender 2012, 83.)

Suomalaisten ravitsemussuositusten mukaan proteiinin osuus päivittäisestä energiansaannista tulisi olla 10–20 % (aikuiset ja yli 2-vuotiaat). Ikääntyneille (≥ 65 -vuotiaille) suositus on 15–20 % ja energian saannin vähetessä proteiinien osuuden tulisi vastaavasti nousta. Painokiloa kohden proteiinien saantisuositus on 1,1–1,3 g/kg/vrk 18–64-vuotiaille ja 1,2–1,4 g/kg/vrk 65 vuotta täyttäneille. (Valtion ravitsemusneuvottelukunta 2014.) Tämä Valtion ravitsemusneuvottelukunnan tuore suositus on korkeampi kuin yleisesti käytetty 0,8 g/kg/vrk, jota esimerkiksi yhdysvaltalainen Institute of Medicine (IOM) suosittelee (RDA, recommended dietary allowance) istumatyötä tekeväälle aikuiselle. RDA tarkoittaa keskimääräistä päivittäistä suositeltua saantia, jonka pitäisi kattaa lähes kaikkien (97–98 %) aikuisten tarpeet. Istumatyötä tekevien aikuisten arvioitu keskimääräinen päivittäinen tarve (EAR, estimated average requirement) sen sijaan on tätä alhaisempi: 0,66 g/kg proteiinia päivässä. Tämän arvioidaan täyttävän noin 50 % aikuisten ihmisten tarpeesta. (Ottens ym. 2006.) Rand ym. (2003) koostama tyypitasapainotutkimusten meta-analyysi päätyi hyvin samankaltaisiin tuloksiin: 0,65 g/kg/vrk (EAR) ja 0,83 g/kg/vrk (RDA).

Lapsilla ja raskaana olevilla sekä imettävillä naisilla välttämättömien aminohappojen tarve kasvaa. Myös stressi, sairaudet ja loukkaantumiset voivat kasvattaa proteiinin tarvetta. (McArdle ym. 2001, 35.) Myös urheilijoilla ja kovaa fyysistä työtä tekevillä ihmisillä proteiinin tarve voi olla hieman suurempi, vaikkakin tutkimustulokset ovat asiasta ristiriitaisia. Vuonna 2009 tehdyn katsauksen perusteella ideaalinen proteiinimäärä urheilijoille on 1,4–2,0 g/kg/vrk (Kreider & Campbell 2009). Suuri osa urheilijoista syö

kuitenkin suosituksia enemmän proteiinia. Lemonin (1995 ja 2000) tekemien selvitysten mukaan urheilijat sekä kuntoilijat saattava syödä jopa 150–400 grammaa proteiinia vuorokaudessa.

3.2 Proteiinin saanti

Proteiinia saadaan joko ravinnosta tai sitä syntetisoidaan kehossa. Ravinnon tuomasta energiasta ihmiset nauttivat tyypillisesti noin 10–20 % proteiineina. (McArdle ym. 2001, 32–33.) Länsimaissa proteiinien osuus on noin 14–15 % päivän energiansaannista, kun taas kehitysmaissa proteiinien osuus on noin 11–12 %, mikä on juuri ja juuri riittävästi. Näissä maissa suurin ongelma ei varsinaisesti ole proteiinin puute vaan yleinen ruoan puute ja energian saanti. (Bender 2012, 69.) Finravinnon tutkimuksen mukaan (2012) suomalaiset työikäiset miehet saavat kokonaisenergiasta 18 % ja naiset 17 % proteiinista. Tällä tasolla välttämättömien aminohappojenkin saanti on runsasta, etenkin koska suomalaiset saavat proteiinia eniten eläinperäisistä elintarvikkeista, lähinnä lihasta ja maidosta. (Valtion ravitsemusneuvottelukunta 2014.)

Varakkaissa maissa suurin osa ravinnon proteiinista saadaankin eläinperäisistä lähteistä kuten lihasta ja maitotuotteista. Köyhemmissä maissa taas jopa yli puolet ravinnon proteiineista saadaan viljoista. (Gibson 2005, 405–406.) EPICin (European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition) vuonna 2009 teettämän tutkimuksen mukaan kymmenessä Euroopan maassa syödyistä proteiinista 55–73 % oli eläinproteiinia (Slimani & Margetts 2009). Vaikka eläinkunnan tuotteet sisältävät enemmän välttämättömiä aminohappoja, tarkoittaa eläinperäisen proteiinin runsas saanti samalla myös runsaampaa kolesterolin ja tyydyttyneiden rasvahappojen saantia (Gibson 2005, 405–406).

Eri yhteiskunnissa ihmiset kuluttavat siis hyvin eri määrät proteiinia, ja ihminen voikin sopeutua hyvin erilaisiin proteiinin saantimääriin, edellyttäen että energiaa ja muita tärkeitä ravintoaineita saadaan riittävästi. (Briony & Bishop 2007, 157–162.) Mikäli proteiinin saanti on vähäistä, on aminohappojen kierrätys proteiinien resynteesin yhteydessä tehokkaampaa. Mikäli taas ravinnosta saadaan paljon proteiinia, aminohappojen katabolia ja ureasynteesi lisääntyvät, jotta kudoksiin ei kerry liikaa vapaita aminohappoja. Sopeutuminen uuteen saantimäärään ei tapahdu hetkessä, vaan voi viedä viikkojakin.

(Briony & Bishop 2007, 157–162.) Koska ihmisellä ei ole varsinaisia aminohappovaras-
toja, ne ravinnosta saadut aminohapot, joita ei käytetä proteiinien tai muiden yhdistei-
den synteesiin, toimivat glukoneogeneesiin lähtöaineina tai muuntuvat triglyserideiksi,
jotka varastoidaan rasvakudoksessa (McArdle ym. 2001, 32–33).

3.2.1 Proteiinin puute ja vaje

Proteiinin puute tarkoittaa riittämätöntä proteiinin saantia. Proteiinvaje taas tarkoittaa
sitä, että kehossa ei ole tarpeeksi proteiinia. Mikäli proteiinia ei saada tarpeeksi, elimistö
alkaa hajottaa sitä kudoksista deaminaation avulla. Proteiinvaje ei kuitenkaan aina joh-
du siitä, etteikö ravinnossa olisi tarpeeksi proteiinia. Proteiinin tehokas hyötykäyttö vaa-
tii riittävästi sekä energiaa että muita ravintoaineita, kuten sinkkiä ja B-vitamiineja. Pro-
teiinvaje voi siis syntyä silloinkin, kun näitä ei saada ravinnosta tarpeeksi. (Briony &
Bishop 2007, 157–162.)

Proteiini-energia-aliravitsemus on suuri ongelma kehitysmaissa, joissa se muun muassa
hidastaa lasten kasvua ja vähentää heidän lihas- ja rasvakudostaan. Proteiini-energia-
aliravitsemuksesta voivat kärsiä myös esimerkiksi AIDS-, tuberkuloosi- ja anoreksiapo-
tilaat. Lievempi proteiini-energia-aliravitsemus voi ilmetä muun muassa leikkauspoti-
lailla. (Briony & Bishop 2007, 157–162; Gibson 2005, 405.) Varsinaista proteiinin puu-
tetta esiintyy länsimaissa harvoin – Suomessa yleensä ainoastaan pitkäaikaissairailta tai
huonosti syöville vanhuksilla (Valtion ravitsemusneuvottelukunta 2005). Kehitysmaissa
kuitenkin myös tätä aliravitsemuksen (kwashiorkor) muotoa esiintyy erityisesti lapsilla.
Toisin kuin proteiini-energia-aliravitsemus, kwashiorkor ei johda luustolihas-
tenukseen, vaan siinä menetetään huomattavasti viskeraalista proteiinia, mistä seuraa tur-
votusta (ödeema). Aliravitut ihmiset voivat kärsiä proteiini-energia-aliravitsemuksesta
ja kwashiorkorista myös samanaikaisesti. (Gibson 2005, 405.)

Ravinnosta saadun proteiinin lyhytaikaiset muutokset heijastuvat aluksi viskeraaliseen
proteiinin määrään, kun maksa ja muut sisäelimet menettävät jopa 40 % kokonaisprotei-
inistaan (Briony & Bishop 2007, 157–162). Tämä kuitenkin hidastuu ja lopulta kroo-
nisten puutosten aikana suurimmat menetykset tapahtuvat luurankolihas-
proteiineis-
sa. (Hansen ym. 2000; Gibson 2005, 405; Briony & Bishop 2007, 157–162.) Esimerkik-
si nälkiintymisen tai sairauksien seurauksena ihminen voi menettää useita kiloja solu-

proteiinia lihaksista ja sisäelimestä. Rakenteellisissa proteiineissa (jätteet, sidekudos ja luu) ei tapahdu muutoksia. (Gibson 2005, 405.)

3.2.2 Proteiinin liiallinen saanti

Monissa kulttuureissa proteiinia saadaan huomattavasti suosituksia enemmän. Erityisesti urheilijat suosivat korkeaproteiinisia ruokavalioita (McArdle ym. 2001, 34; Bilborough & Mann 2006.) Myös painonhallinnassa ja laihtuksessa suosittujen vähähiilihydraattisten ruokavalioiden proteiini- ja rasvapitoisuus on usein korkea. Aminohappojen saannille ei ole vielä osattu määrittää ylärajaa, eikä huomattavasti suosituksia korkeamman proteiinin saannin turvallisuudesta ole vielä pitkän ajan tutkimustodisteita. (Bilborough & Mann 2006.) Vähähiilihydraattiset ruokavaliot pudottavat painoa pääasiassa sen takia, että runsas proteiinipitoisuus aiheuttaa kylläisyyden tunteen (Briony & Bishop 2007, 157–162).

Tutkimustieto runsaan proteiinin saannin vaikutuksista on vielä puutteellista, mutta liiallinen proteiinin saanti (yli 35 % päivittäisestä energiansaannista) saattaa lisätä hyperaminoasidemian (liikaa aminohappoja veressä), hyperammonemian (liikaa ammoniakkia veressä ja hyperinsulemian (liikaa insuliinia veressä) riskiä ja sitä kautta aiheuttaa muun muassa pahoinvointia ja ripulia. Olennaista runsaan proteiinin saannin kannalta on se, miten nopeasti suolisto kykenee ottamaan talteen aminohappoja ravinnon sisältämästä proteiinista (1,3–10 g/h) sekä maksan deaminaatio- ja ureantuottokapasiteetti. Korkeaproteiiniset ruokavaliot saattavat joskus sisältää jopa 5 g/kg/vrk proteiinia, mikä saattaa olla liikaa maksan ureantuottokapasiteetille. (Bilborough & Mann 2006.)

Metgesin ja Barthin (2000) yhteenvedon perusteella on olemassa jonkinasteista näyttöä siitä, että runsas proteiinin saanti voi altistaa esimerkiksi diabetekselle (Kitagawa ym. 1998; Wolever ym. 1997), munuaissolusyövälle (Chow ym. 1999) ja eturauhassyövälle (Vlajinac ym. 1997). Myös haittavaikutuksista luun terveydelle, immunitetille ja kehon proteiinisynteesille on esitetty todisteita, mutta ne ovat edelleen hyvin kiistanalaisia (Gibson 2005, 406). Liiallinen proteiinin saanti saattaa myös lisätä elimistön happamuutta, mikä taas voi aiheuttaa muun muassa luiden demineralisaatiota. Tätä voidaan kuitenkin ehkäistä tasapainottamalla ruokavaliota eli syömällä runsaasti emäksisiä he-

delmiä ja vihanneksia. (Briony & Bishop 2007, 157–163.) Happo-emäs-tasapainoa käsitellään lisää myöhemmin tämän tutkimuksen osiossa 6.8.1.

Fyysisesti aktiiviset ihmiset voivat turvallisesti kuluttaa yli 1,8 grammaa proteiinia painokiloa kohden päivittäin (Briony & Bishop 2007, 157–162), mutta huolimatta monien valmentajien ja urheilijoiden uskomuksista ylimääräisestä proteiinin (yli 2 g/kg/vrk) saannista ei ole juurikaan hyötyä terveydelle tai suoritukselle (Fuhrman & Ferreri 2010; Bender 2012, 92). Myöskään proteiini- ja aminohappolisien tarpeellisuutta ei ole aukottomasti todistettu (Briony & Bishop 2007, 157–162; Bender 2012, 92). Millwardin (2004) mukaan urheilijoiden lihasmassan kehitys ja ylläpito vaatii vain hieman keskiarvomäärää enemmän proteiinia ravinnosta. On myös hyvä tiedostaa, että lihasmassa ei kasva pelkästään proteiinia syömällä, vaan ravinnosta saatu ylimääräinen proteiini katabolisoidaan joko energiaksi tai se kierrätetään muiden yhdisteiden – kuten rasvakudoksen – rakennusaineeksi (McArdle ym. 2001, 34).

3.2.3 Ruoansulatus

Ruoansulatuskanavassa ravinnon proteiinit hydrolysoituvat proteolyyttisten entsyymien toimesta aminohapoiksi ja pieniksi peptideiksi. Nämä imeytyvät ohutsuolesta energiaa kuluttavassa prosessissa, johon osallistuu useita limakalvon kantajaproteiineja. Myös pieniä määriä kokonaisia proteiineja imeytyy limakalvon läpi ja kulkeutuu verenkiertoon. (Gibson 2005, 404.) Verenkierrosta vapaat aminohapot kulkeutuvat maksaan ja muihin sisäelimiin, minkä jälkeen ne joko 1) käytetään kudospoteiinien rakentamiseen, 2) hajotetaan transaminaation tai deaminaation avulla tai 3) ne muodostavat uuden tyyppä sisältävän yhdisteen kuten kreatiinin, adrenaliinin tai jonkun ei-välttämättömän aminohapon. (Gibson 2005, 404.)

3.3 Proteiinien laatu

Ravinnollisesti laadukkaimpia proteiineja ovat ne, jotka sisältävät kaikkia välttämättömiä aminohappoja. Eläinproteiinit (munat, maitotuotteet, liha ja kala) ovat näin ollen laadukkaampia kuin kasvikunnan proteiinit, koska kasviproteiineista puuttuu aina yksi tai useampi välttämätön aminohappo. (McArdle ym. 2001, 33.) Mikäli välttämättömiä

aminohappoja ei ole saatavilla oikeassa suhteessa, kehon kyky valmistaa proteiineja heikentyy. Tällöin ihminen voi kärsiä laadullisesta aliravitsemuksesta, vaikka sinällään saisikin tarpeeksi energiaa ja proteiineja. Proteiinisynteesin kannalta rajoittava tekijä on se välttämätön aminohappo, jota on vähiten tarpeeseen nähden. (Bender 2012, 93.)

Proteiinin laatuun vaikuttaa myös sen sulavuus ruoansulatuskanavassa. Eläinperäisten proteiinien kohdalla tämä ei yleensä tuota ongelmaa, mutta jotkut kasvikunnan tuotteet sulavat heikommin, mikä samalla rajoittaa niiden sisältämän proteiinin hyödynnettävyyttä. (Briony & Bishop 2007, 157–162.) Proteiinien sulavuuteen vaikuttaa niiden aminohappokoostumus: se, miten hyvin aminohapot imeytyvät ruoansulatuskanavassa sellaisessa muodossa, että ne voidaan edelleen hyödyntää proteiinisynteesissä. Sulamatomat proteiinit sekä imeytymättömät peptidit ja aminohapot poistuvat ulosteiden mukana, joten ulostenäytteitä tutkimalla on saatu selville, että eri aminohappojen imeytyvyydessä on huomattavia eroja. (Bender 2012, 75.)

3.3.1 Kasvi- ja eläinproteiinit

Kasvi- ja eläinproteiinit eroavat erityisesti aminohappokoostumukseltaan sikäli, että kasviproteiineista puuttuu aina yksi tai useampi välttämätön aminohappo. Erityisesti lysiinin, mutta myös treoniinin, tryptofaanin ja rikkiä sisältävien aminohappojen (kysteiinin ja metioniinin), määrä voi olla rajallinen. Toisaalta esimerkiksi pavut ja palkokasvit sisältävät paljon lysiiniä, joten mikäli näitä syödään runsaasti, lysiiniäkin saadaan riittävästi. (Barr & Rideout 2004.) Monipuolisesti eri proteiinin lähteitä syömällä kasvisruokavalioistakin on siis mahdollista saada riittävästi kaikkia välttämättömiä aminohappoja.

Eri lähteistä olevilla proteiineilla on erilaisia aminohappokoostumuksia ja sitä kautta erilaisia fysiologisia vaikutuksia (Millward ym. 2008). Kasvi- ja eläinproteiinit ovat myös aina osa jotain tiettyä ruoka-ainetta, joten niiden kulutuksella on vaikutusta muun muassa tyydyttyneiden rasvahappojen (Tsai ym. 2004), kolesterolin ja kuidun (Elliot ym. 2006) sekä useiden kivennäisaineiden saantiin (Elliot ym. 2006; Alonso ym. 2006). Kasvi- ja eläinproteiinin vaikutuksia itsessään on vielä tutkittu melko rajallisesti, sillä suurin osa tutkimuksista on käsitellyt tiettyjen ruoka-aineiden ja ravinto-aineiden yhteyttä (esimerkiksi maitotuotteet ja kalsiumin saanti tai lihansyönti ja kolesteroli).

Camillerin ym. (2013) tuoreessa tutkimuksessa tutkittiin kasvi- ja eläinproteiinien vaikutusta ruokavalioiden yleiseen terveellisyteen eri ravintoaineiden saanteihin pohjautuen. Tutkimus osoitti, että kasviproteiinilla on vahva yhteys terveelliseen ruokavalioon (ravintoaineiden saantiin suhteutettuna). Eläinproteiinin kohdalla huomattavaa vaikutusta on myös sillä, mikä proteiinin lähde on kyseessä. Esimerkiksi maidosta ja kalasta saadulla proteiinilla on enemmän yhteyksiä terveelliseen ruokavalioon, kun taas prosessoidusta lihasta, juustosta tai kananmunista peräisin olevilla proteiineilla on yhteyksiä heikompaan ravintoaineiden saantiin. Tutkijat havaitsivat, että kasvi- ja eläinproteiinien vaikutus ruokavaliion terveellisyteen ei johtunut niinkään yksittäisistä ravintoaineista vaan eri ravintoaineiden kokonaisuudesta. Näin ollen proteiinien saannissa olisikin syytä kiinnittää huomiota paitsi proteiinin laatuun (välttämättömien aminohappojen määrään) myös niiden mukana saataviin muihin ravintoaineisiin. (Camilleri ym. 2013.)

3.3.2 Kasvi- ja eläinproteiinien vaikutus proteiinimetaboliaan

Eri proteiinilähteiden vaikutusta proteiinimetaboliaan on tutkittu useimmiten iäkkäillä koehenkilöillä, koska iän myötä proteiinikatabolia lisääntyy, mikä puolestaan johtaa haitalliseen sarkopeniaan eli lihaskatoon (Campbell ym. 1999). Pannemans ym. (1998) tutkivat proteiinin lähteen ja määrän vaikutusta proteiinimetaboliaan iäkkäillä naisilla. Koehenkilöt söivät kolmea eri ruokavaliota, jotka kaikki sisälsivät sekä eläin- että kasviproteiinia, mutta poikkesivat toisistaan määrien ja suhteiden osalta. Kutakin ruokavaliota syötiin kaksi viikkoa, minkä jälkeen oli kahden viikon tauko ennen seuraavaa testi-ruokavaliota. Tutkimuksessa havaittiin, että runsaasti kasviproteiinia sisältänyt ruokavalio ei vähentänyt proteiinin hajoamista aterian jälkeen yhtä paljon kuin runsaasti eläinproteiinia sisältänyt ruokavaliota. Proteiinin nettosynteesi oli siis vähäisempää runsaasti kasviproteiinia sisältäneen ruokavaliion aikana. (Pannemans ym. 1998.) Proteiiniaineenvaihdunnan erilaisille vasteille runsaasti eläin- ja kasviproteiinia sisältäneisiin ruokavaliioihin ei löydetty yhtä selkeää selitystä, mutta yksi selittävä tekijä voi olla ruokavalioiden erilainen aminohappokoostumus. Toinen syy saattaa löytyä ravinnon mukana saadun tyypin erilaisesta molekyyli muodosta. Kolmas selitys voi löytyä ruokavalioiden energiasisällöistä, jotka Pannemansin ym. tutkimuksessa kuitenkin poikkesivat toisistaan vain hieman. (Haub ym. 2002.)

Eri proteiinilähteiden vaikutuksia on tutkittu myös kuormitus- ja voimaharjoittelututkimuksissa. Haub ym. (2002) selvittivät eri proteiinilähteiden vaikutusta voimaharjoittelun aiheuttamiin muutoksiin kehonkoostumuksessa ja lihasten koossa iäkkäillä koehenkilöillä. Miespuoliset koehenkilöt söivät ensin kaksi viikkoa lakto-ovovegetaarista ruokavaliota, minkä jälkeen heidät jaettiin satunnaisesti kahteen eri ryhmään. Toinen ryhmä jatkoi lakto-ovovegetaarilla ruokavaliolla, toisessa ryhmässä koehenkilöt söivät myös punaista lihaa. Lakto-ovovegetaarinen ruokavalio sisälsi 0,6 g/kg/vrk kasviproteiinia (soijaa) päivässä, toisessa ruokavaliossa koehenkilöt saivat saman verran proteiinia punaisesta lihasta. Yhteensä koehenkilöiden proteiinin saanti oli välillä 1,03–1,17 g/kg/vrk. Molemmat ryhmät osallistuivat 12 viikon ajan voimaharjoitteluun. Molemmissa ryhmissä maksimaalinen dynaaminen voima parantui, mutta ryhmien välillä ei ollut eroa. Myös lihasten pinta-ala kasvoi molemmissa ryhmissä (ei merkitsevää eroa). Kehon koostumuksessa, perusaineenvaihdunnassa tai lihasten kreatiinipitoisuudessa ei tapahtunut muutoksia. (Haub ym. 2002.)

Haubin ym. (2002) tutkimuksen perusteella proteiinin lähteelle ei siis ole vaikutusta lihasten voiman tai koon muutoksiin. Campbell ym. (1999) kuitenkin osoittivat, että lakto-ovovegetaariseen ruokavaliioon verrattuna sekaruokavalio lisäsi enemmän voimaharjoittelun aikaansaamaa lihasmassan, rasvattoman massan sekä tyyppin II lihassolujen pinta-alan kasvua iäkkäillä miehillä. Voiman kasvuun ruokavaliolla ei ollut vaikutusta. Campbell ym. tutkimus on siis osittain ristiriidassa Haub ym. (2002) tutkimuksen kanssa, mutta Campbellin ym. tutkimuksessa lihan laatua ei ollut määritelty tarkemmin. Myös proteiinin saanti oli Campbellin ym. tutkimuksessa vähäisempää, ja juuri proteiinin määrällä on suuri merkitys lihasmassan kasvuun voimaharjoittelun yhteydessä (Haub ym. 2002). Campbell ym. olivat tosin saaneet omaa myöhempää tutkimustaan tukevia havaintoja jo aiemmissa tutkimuksissaan (Campbell ym. 1994; Campbell ym. 1995), joissa lihashypertrofia lisääntyi voimaharjoittelun seurauksena iäkkäillä koehenkilöillä, jotka söivät tavanomaista (luultavasti lihaa sisältänyttä) ruokavaliotaan, mutta ei lakto-ovovegetaarista ruokavaliota noudattaneilla koehenkilöillä.

Jo vuonna 1976 Ingwallin tutkimuksessa havaittiin, että kreatiinin nauttiminen saattaa lisätä proteiinisynteesiä, koska lisääntynyt kreatiinin ja fosfokreatiinin saanti saattavat mahdollistaa suuremman liikunnan määrän, mikä ajan myötä lisää lihashypertrofiaa. Tätä kautta kreatiinipitoisen lihan syöminen voisi siis lisätä proteiinisynteesiä ja lihasten

hypertrofiaa. Myös Shomrat ym. (2000) epäilivät, että vegetaristit eivät välttämättä pysty suoriutumaan optimaalisesti korkeaintensiteettisistä suorituksista, koska heidän lihaaton ruokavalionsa sisältää niin vähän kreatiinia. Campbellin ym. (1999) tutkimuksessa tosin lihasten fosfokreatiini- ja kokonaiskreatiinipitoisuudet kasvoivat lakto-ovovegetaarisen ruokavalioon aikana ja laskivat sekaruokavalion aikana. Tutkijat selittivät hypoteesien vastaista havaintoa sillä, että munuaisten kreatiinisynteesissä saattaa tapahtua glysiini-aminotransferaasientsyymien säätelemiä muutoksia, ja että tämä entsyymi aktivoituisi erityisesti kreatiinitoman kasvisruokavalion aikana. Mahdollisia muita selityksiä, miksi lakto-ovovegetaarisen ruokavalion aikana lihashypertrofia olisi pienempää, ovat muun muassa erilainen hormonitasapaino sekä proteiiniaineenvaihdunnan spesifit vasteet eri ruokavalioille. (Campbell ym. 1999.)

Myös Wilkinson ym. (2007) vertaili eri proteiini lähteiden vaikutuksia lihasten proteiinimetaboliaan kuormituksen jälkeen. Tutkimuksessa havaittiin, että rasvatonta maitoa nauttineilla koehenkilöillä lihasten proteiinisynteesi kuormituksen jälkeen oli suurempaa kuin koehenkilöillä, jotka olivat nauttineet isonitrogeenistä, isoenergeettistä ja ravintoaineiltaan vastaavaa soijaproteiini valmistetta. Tutkijat epäilivät, että ero johtui luultavasti juomien sisältämien proteiinien erilaisesta imeytyvyydestä. Lisäksi on havaittu, että eri proteiinit vaikuttavat eri tavoin eri osissa elimistöä: esimerkiksi soijaproteiini lisää enemmän sisäelinten proteiinisynteesiä ja tuottaa enemmän ureaa kuin maidon proteiinit, jotka taas lisäävät enemmän lihasten proteiinisynteesiä. Vielä julkaisemattomassa tutkimuksessaan Phillips ym. puolestaan havaitsivat, että pihvin syöminen lisäsi enemmän lihasproteiinisynteesiä kuin käytännössä saman proteiini määrän sisältänyt soija. Pihvi sisältää kuitenkin soijaa enemmän myös monia hivenaineita (esim. rautaa, sinkkiä ja B¹²-vitamiineja), joten on vaikea sanoa, johtuiko ero juuri proteiineista. (Phillips 2012.)

4 SOMAATTISEN PROTEIINITILAN ARVIOIMINEN

Elimistön proteiinitilaa (protein status) voidaan arvioida hyödyntämällä antropometristä, kliinistä ja biokemiallista dataa sekä ravitsemuksellisia tietoja. Proteiinitilan arvioimisessa hyödynnetään muun muassa plasman hormonien vasteita proteiinin saantiin, plasman proteiini- ja aminohappotasoja, virtsaan erittyneitä aminohappoja ja muita tyypillisiä yhdisteitä, antropometrisiä ja fysikaalisia lihasmassan mittauksia sekä lihasvoiman toiminnallisia testejä. Kaikilla näillä menetelmillä on omat vahvuutensa ja rajoituksensa, eikä yksikään menetelmä tai menetelmien kombinaatio ole ylitse muiden. (Young ym. 1990.)

Lihaksista noin 80 % on vettä ja noin 20 % proteiinia. 70-kiloisessa miehessä lihasta on noin 28 kiloa. Lihasmassan mittaaminen ja arvioiminen ovat tärkeässä roolissa, kun halutaan tutkia elimistön proteiiniaineenvaihduntaa. Valitettavasti lihasmassan mittaaminen on haastavaa, koska sen mittaaminen suoraan elävältä ihmiseltä ei ole mahdollista. Lihasmassan arvioimiseen on kehitetty useita eri metodeita, mutta näistäkään yksikään ei ole ylivoimainen muihin verrattuna. (Heymsfield ym. 1983.)

4.1 Kreatiiniini

Kreatiiniini on kahden tyypillisen orgaanisen yhdisteen, kreatiinin ja fosfokreatiinin (eli kreatiinifosfaatin) hajoamistuote, joita molempia löytyy pääasiassa luurankolihasista (Venderley & Campbell 2006). Kreatiinin ja fosfokreatiinin tärkein tehtävä on toimia energia-aineenvaihdunnan käänteisessä reaktiossa, missä fosfokreatiinista ja ADP:sta muodostuu kreatiinia ja ATP:tä. Lisäksi lihasten kreatiini säätelee glykolyysia, lisää solun sisäistä kaliumin ja fosforin virtausta sekä on mukana lihasten kasvuprosessissa. (Heymsfield ym. 1983.)

4.1.1 Kreatiiniini ja lihasmassa

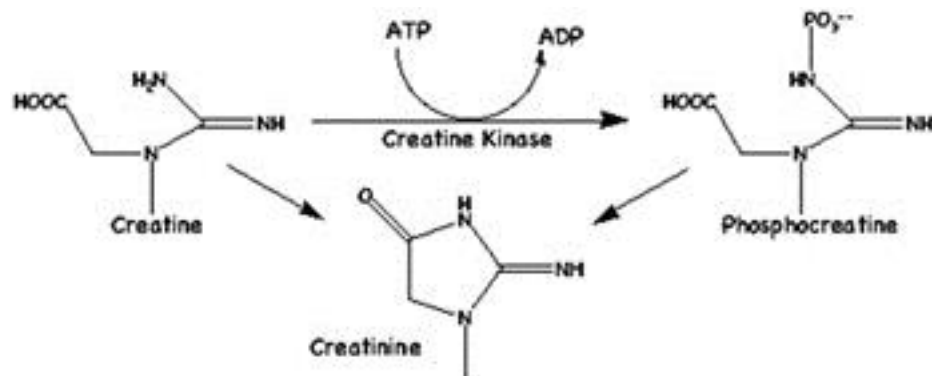
Virtsan kreatiiniinimäärän mittaaminen on usein käytetty keino elimistön lihasmassan arvioimisessa (Heymsfield ym. 1983). Myers ja Fine (1913) olivat ensimmäiset, jotka osoittivat, että virtsan kreatiiniinimäärä on suorassa suhteessa elimistön kokonaiskrea-

tiinipitoisuuteen. Bürger (1919) puolestaan ehdotti, että virtsan sisältämä kreatiini riippuu kehon lihasmassasta ja esitti niin sanotun kreatiiniiekvivalenssin: lihasmassa (kg)/virtsan kreatiini (g). Kreatiiniiekvivalenssi sisältää neljä olettamusta: 1) elimistön kreatiini on lähes kokonaan luurankolihasissa ja sileissä lihaksissa, 2) kreatiinitommalla ruokavaliolla elimistön kokonaiskreatiinimäärä ja lihasten kreatiinipitoisuus ovat vakioita, 3) kreatiini muuttuu kreatiiniksi tasaisella vuorokausinopeudella ilman entsyymejä ja peruuttamattomasti ja 4) muodostunut kreatiini poistuu munuaisten kautta virtsaan tasaisella nopeudella. (Heymsfield ym. 1983.)

Noin 98 % koko kehon kreatiinista (aikuisella 70-kiloisella miehellä noin 120 g) on lihaksissa kreatiinina (n. 1/3) ja fosfokreatiinina (n. 2/3). Tämä varasto uusiutuu hitaasti, noin 1,5–2 % vuorokausivauhdilla, eli elimistö syntetisoi kreatiinia sen prekursori-aminohapoista reilun gramman vuorokaudessa. (Venderley & Campbell 2006.) Lihakseen kreatiinipitoisuus vaihtelee eri lihasten välillä, mutta keskimääräinen pitoisuus on 3–5 g/kg (lihasten rasvaton märkäpaino). Elimistön muut kudokset sekä nesteet sisältävät myös hieman kreatiinia. Näissä kudoksissa kreatiinia on kuitenkin vain pieni osuus koko kehon kreatiinimäärästä (< 2 %), joten niiden vaikutus kreatiinikiertoon on vähäinen. (Heymsfield ym. 1983.)

Kreatiinin biosynteesi. Kreatiini on typpipitoinen orgaaninen yhdiste, joka muodostuu kolmesta aminohaposta: arginiinista, glysiinistä ja metioniinista (Bloch ja Schoenheimer 1941). Kreatiinin biosynteesin ensimmäisessä vaiheessa guanidoasetaatti muodostuu glysiinistä ja arginiinista. Reaktio tapahtuu pääasiassa ihmisen munuaisissa transamidinaasi-entsyymin katalysoimana. Synteesin nopeuttaa säätelee tarkasti feedback-mekanismi, siten että esimerkiksi kreatiinitoman kasvisruokavalioiden seurauksena transamidinaasi-entsyymi aktivoituu ja guanidoasetaattia syntetisoidaan nopeasti prekursori-aminohapoista. Ravinnosta lihan mukana saatu kreatiini puolestaan hillitsee entsyymin toimintaa. (Heymsfield ym. 1983.) Synteesin toisessa vaiheessa muodostuu kreatiinia, kun metyyliiryhmä siirtyy metioniinilta guanidoasetaatille. Päinvastoin kuin edellinen reaktio, tämä reaktio on peruuttamaton ja tapahtuu pääasiassa maksassa. Syntynyt kreatiini vapautuu verenkiertoon, josta se otetaan aktiivisesti talteen lihaksiin ja muihin kudoksiin. (Heymsfield ym. 1983.)

Kreatiinin dehydraatio kreatiniiniksi. Lihaksissa kreatiini esiintyy kahdessa muodossa: kreatiinina sekä fosfokreatiinina (Saks ym. 1978). Kreatiini dehydroituu kreatiniiniksi 1,1 % vuorokausivauhdilla, kun taas fosfokreatiinin dehydroitumisnopeus on 2,64 % vuorokaudessa (kuva 3). Koska virtsan kreatiniini on peräisin näistä kahdesta eri lähteestä on kreatiinin kiertonopeus (turnover rate) välillä 1,1 – 2,64 % /vrk. (Walser 1987.) Yksi selitys yksilölliselle vaihtelulle kreatiinin kiertonopeudessa ovat luonnolliset erot elimistöjen kreatiini–fosfokreatiini-suhteessa (Heymsfield ym. 1983).



KUVA 3. Kreatiinkinaasi-entsyymi katalysoi kreatiinin ja adenosinitrifosfaatin reaktiota fosfokreatiiniksi ja adenosinidifosfaatiksi. Kreatiniinia syntyy sekä kreatiinista että fosfokreatiinista.

Kreatiinin kiertonopeuden vaihtelu heikentää lihassmassan arvioinnin tarkkuutta vuorokausivirtsan kreatiniinin määrän perusteella. Koska elimistön kreatiniiniallas on suuri, johtavat pienetkin muutokset kiertonopeudessa suuriin muutoksiin virtsan kreatiniinin määrässä. (Heymsfield ym. 1983.) Suurin osa kreatiniinista poistuu munuaisten kautta virtsaan, mutta kreatiniinia poistuu myös ulosteiden mukana (noin 0,2 mg/g ulostetta) (Wixom ym. 1979). Hieman kreatiniinia luultavasti myös hajoaa suolistossa (Huang ym. 1982).

4.1.2 Ruokavalion vaikutus kreatiniiniin

Virtsan kreatiniinin määrään vaikuttaa kolme ravinnon ainesosaa: proteiini, kreatiini ja kreatiniini. Näistä ravinnon proteiini on kreatiinin prekursoriaminohappojen pääasiallinen lähde (Heymsfield ym. 1983). Näitä aminohappoja on erityisesti lihassa ja kalassa (Lukaszuk ym. 2002).

Proteiinin määrällä sinänsä näyttää olevan vähäinen vaikutus virtsan kreatiniinin eritykseen (Lykken ym. 1980). Bleiler ja Schedl (1972) tutkivat kuutta miestä, jotka söivät tavallista ruokaa, joka sisälsi 120 g proteiinia. Ateria sisälsi myös normaalin määrän kreatiinia. Miehet jaettiin myöhemmin kolmeen ryhmään, joissa kaikissa ruokavalio oli kreatiiniton, mutta sisälsi eri määrät proteiinia: 140 g, 70 g ja 20 g. 8–11 viikon kuluttua virtsan kreatiniinin määrä laski jokaisessa ryhmässä vastaavasti: 26 %, 31 % ja 40 %. Tämän jälkeen kaikki ryhmät vaihtoivat kreatiinittomalle ruokavaliolle, joka sisälsi 120 g proteiinia. Tällöin kreatiniinin määrä kasvoi kolmessa viikossa kolmella ryhmällä vastaavasti vain 7,7 %, 10 % ja 13 %. Lopulta miehet vaihtoivat takaisin normaaliin ruokavalioonsa (sisälsi kreatiinia), jolloin kreatiniinin erityks lisääntyi äkillisesti. Ne miehet, jotka söivät vain 20 g proteiinia, olivat luultavasti negatiivisessa typpitasapainossa ja menettivät jonkin verran lihasmassaa. Tällä saattaa olla vaikutusta kreatiniinin määrän suureen laskuun. (Heymsfield ym. 1983.)

Kreatiinin prekursoriaminohappojen (arginiinin, glysiinin ja metioniinin) syöminen lisää kreatiinin biosynteesin ensimmäisen entsyymin, transamidinaasin, aktiivisuutta ja guanidoasetaatin eritystä virtsaan. Transamidinaasin aktivaatio lisää näin kreatiinin tuottoa, joka taas suurentaa elimistön kreatiinialtaan kokoa riippumatta lihasmassan muutoksista. (Heymsfield ym. 1983.) Crim ym. (1975 ja 1976) syöttivät koehenkilöille kreatiinitonta ruokaa 71 päivän ajan, lisäten viimeisen 10 päivän aikana isonitrogeenisu määrän (4 g typpeä/vrk) joko ekvimolaarista arginiini-glysiiniseosta tai alaniinia. Virtsan kreatiniinin määrä kasvoi vähän mutta merkitsevästi kahdella neljästä koehenkilöstä, jotka saivat arginiini-glysiiniseosta. Alaniinia saanneilla koehenkilöillä ei tapahtunut merkittäviä muutoksia. (Heymsfield ym. 1983.)

Myös ravinnon sisältämä kreatiinin ja kreatiniinin määrät vaikuttavat suoraan elimistön kreatiinialtaan kokoon, mikä taas on suhteessa virtsaan erittyvän kreatiniinin määrään. Suomessa kulutettiin lihaa vuonna 2012 noin 77,7 kiloa henkeä kohden (punainen liha, siipikarja, riista ja sisäelimet) (Lihatiedotusyhdistys 2013). Tämä tarkoittaa reilua 200 grammaa päivässä, mikä sisältää noin 700 mg kreatiinia ja 37 mg kreatiniinia (Macy ym. 1970). Lihan kuumentaminen 77°C asteeseen vähentää kreatiinin pitoisuuden 570 mg:aan ja lisää kreatiniinin määrän 160 mg:aan. Näin ollen keskimääräinen päivittäinen kreatiinin ja kreatiniinin saanti korvaa 30–50 % päivittäisestä kreatiniinin menetyksestä. (Heymsfield ym. 1983.)

Ruokavalion sisältämän kreatiinin vaikutusta virtsan kreatiniinin määrään on tutkittu lukuisissa tutkimuksissa. Bleiler ja Schedl (1972) vaihtoivat normaalin ruokavalion lihattomaan proteiininlähteeseen (kaseiiniin) ja huomasivat, että virtsan kreatiniini laski kuuden viikon aikana 1,9 g:stä 1,5 g:n vuorokaudessa eli laskua oli 21 %. Myöhemmin tutkijat huomasivat myös, että virtsan kreatiniinin määrä nousee nopeasti, kun koehenkilöt vaihtoivat kreatiinittomasta ruokavaliosta (120 g proteiinia /vrk) takaisin normaaliin ruokavalioonsa. Crim ym. tutkimuksessa (1975) koehenkilöt vaihtoivat yhdeksän päivän matalakreatiinisesta (0,23 g/vrk) ruokavaliokauden jälkeen ruokavalioon, joka sisälsi kreatiinia 10 g/vrk. Tällöin virtsan kreatiniinin määrä kasvoi 10–30 %. Tämän jälkeen koehenkilöt söivät kreatiinitonta ravintoa ja kreatiinin erityksen väheni. Typpi- ja kaliumtasapainot säilyivät kuitenkin positiivisina, mikä kertoo kreatiniinin erityksen riippumattomuudesta kehon lihasmassaan. (Heymsfield ym. 1983.) Koska kreatiniinin puoliintumisaika on erittäin lyhyt (noin 4 h), runsas lihan syöminen näkyy välittömästi virtsaan erittyvän kreatiniinin määrän kasvuna. Elimistön kreatiinaltaan puoliintumisaika taas on noin 43 päivää, joten lihan jättäminen pois ruokavaliosta pienentää elimistön kreatiinaltaan kokoa hitaasti ja näin ollen kreatiniinin erityksen vähenee hitaasti. (Walser 1987.)

4.1.3 Muita kreatiniiniin vaikuttavia tekijöitä

Folinin lain (Folin 1904) mukaan kreatiinittomalla ruokavaliolla olevan henkilön kreatiniinin erityksen on vakio päivästä toiseen. Jonkinasteista vaihtelua on kuitenkin havaittu.

Normaali päivittäinen vaihtelu. Virtsan kreatiniinin määrä vaihtelee hieman päivittäin, mutta tarkkaa syytä tähän ei tiedetä. Tutkimusten avulla on saatu selville, että kreatiniinin erityksen päivittäinen vaihtelu, jota ei voida selittää vaihteluilla fyysisessä aktiivisuudessa tai ruokavaliossa, on 4–8 %. (Heymsfield ym. 1983.) Suurempiakin vaihteluita (8,7–34,4 %) on havaittu ylipainoisilla ihmisillä (Webster & Garrow 1985).

Liikunta. Äärimmäisen raskas kuormitus voi nostaa virtsan kreatiniinin määrää 5–10 %. Mekanismeja ei tiedetä. (Heymsfield ym. 1983.)

Emotiaalinen stressi. Kreatiniinin eritystä on tutkittu monissa erilaisissa stressaavissa tilanteissa ja psykiatrisissa sairauksissa. Scrimshaw ym. (1966) huomasivat, että kreati-

niinin erityksen vaihtelu (ei absoluuttinen määrä) stressin aikana lisääntyy, mutta syitä tähän ei tiedetä. (Heymsfield ym. 1983.)

Kuukautiskierto. Smith (1942) todisti kreatiinin ja kreatiniinin erityksen nousevan ja laskevan kuukautiskierron aikana, mutta muutokset eivät ilmeisesti olleet suhteessa estrogeenitasoihin. Hän osoitti useissa tutkimuksissa, että kreatiniinin erityks lisääntyi 5–10 % kierron myöhäisemmällä puoliskolla ja laski muutama päivä ennen vuotoa ja sen aikana. (Heymsfield ym. 1983.)

Ikääntyminen. Aikuisilla rasvaton kehon massa laskee iän myötä ja suurin osa tästä johtuu luustolihasen surkastumisesta. Myös kreatiniinin erityks laskee iän myötä, mikä luultavasti heijastelee lihasmassan vähentymistä. (Tomlinson ym. 1969.) Muita mahdollisia selityksiä ovat lihasen kreatiinipitoisuuden lasku iän myötä tai lihasmassan osuuden väheneminen kehon rasvattomasta massasta.

Kehon rasvaprosentti kasvaa iän myötä noin 2 % vuosikymmenessä, niin että rasvattoman massan osuus kokonaispainosta laskee samassa suhteessa tai noin 10 % ikävuosien 20–70 välillä. Mikäli rasvaprosentin kasvu iän myötä johtuu rasvan määrän lisääntymisestä, ilman muutosta rasvattomassa massassa, ei kreatiniinin erityks laske. Mikäli se taas johtuu rasvattoman massan vähenemisestä, ilman muutosta rasvan määrässä, kreatiniinin erityks laskee huomattavasti. (Walser 1987.) Forbes ja Bruining (1976) huomasivat, että kreatiniinin erityks (mg) rasvatonta painokiloa kohden oli hieman alhaisempi yli 60-vuotiailla koehenkilöillä. Tämä voi selittyä sillä, että ikääntyneillä lihasen kreatiinipitoisuus olisi alhaisempi tai että lihasmassan osuus kehon rasvattomasta massasta on pienempi. Jälkimmäinen vaihtoehto vaikuttaa järkevältä, mutta tutkimustulokset ovat ristiriitaisia (Safiq ym. 1978; Turner & Cohn 1975; Cohn ym. 1980). Walserin (1987) laajan katsauksen mukaan on mahdollista, että lihasmassan osuus rasvattomasta massasta laskee erityisesti miehillä.

Infektiot, traumat ja sairaudet. Erilaisten tulehdusten ja elimistön stressitilojen seurauksena kreatiniinin erityks lisääntyy. Kroonisessa munuaissairaudessa kreatiniinin erityks puolestaan vähenee. (Heymsfield ym. 1983.)

4.1.4 Ongelmia kreatiniini–lihassmassatutkimuksissa

Useat rottatutkimukset todistavat, että laboratorio-olosuhteissa tehdyissä tutkimuksissa virtsan kreatiniinin määrä on lähes yhtenevä lihassmassan suhteen (Heymsfield ym. 1983). Ihmisillä tehdyissä tutkimuksissa ongelmia tuottaa usein yksilöllinen biologinen ja ravitsemuksellisen vaihtelu. Suurin ongelma on kuitenkin se, ettei lihassmassan mittaamiseen ole olemassa täysin pätevää, ei-invasiivista menetelmää. Näin ollen myös kreatiniini-lihassmassa-metodin validiteettia ja variabiliteettia on hankala arvioida. Myös lihassmassan määrittelyssä on eroja. Useimmissa tutkimuksissa ei myöskään huomioida lihasten ulkopuolisia kreatiinimääriä, koska niiden vaikutus kreatiniinin eritykseen on vähäinen. Tämä aiheuttaa kuitenkin pienen vääristymän johtuen kreatiniinista, joka on lähtöisin muualta kuin luurankolihasista. Tutkimusten välillä on eroa myös ruokavalioidissa, joita kuvaillaan usein kreatiinittomiksi, matalakreatiiniseksi tai normaaleiksi ruokavalioksi. (Heymsfield ym. 1983.)

Bürgerin (1919) laskeman kreatiniiniekvivalenssi (22,9 g kreatiniinia/kg lihasten kokonaismärkäpaino) on jälkikäteen todettu sisältävän aritmeettisen virheen (Hunter 1928). Myöhemmin Talbot (1938) laski, että 1 gramma virtsan kreatiniinia/vrk vastaa (yleisellä ruokavaliolla) lapsille 17,8 kg lihasta ja miehille 17,9 kg (kokonaismärkäpaino). Myöhemmin Graystone (1968) muokkasi arvot vielä muotoon, jossa 1 gramma kreatiniinia vastaa 20 kg lihasten rasvatonta märkäpainoa.

Picou ym. (1976) hyödynsi isotooppilaimennusta proteiini-energia-aliravitsemuksesta toipuville lapsille ja huomasi, että lihasten kokonaismärkäpaino vaihteli välillä 15–37 % kehon painosta (keskiarvo 28 %). Näin ollen 1 gramma virtsan kreatiniinia lihasten kokonaismärkäpainoa kohden vaihteli laajasti välillä 13,8–31,9 kg (lihaton ruokavalio). Kreisbergin ym. (1970) tutkimuksessa lihasten kokonaismärkäpaino arvioitiin neljältä aikuiselta (normaali ruokavalio) C-kreatiinin isotooppilaimennuksen avulla. Laskettu kreatiniiniekvivalenssi oli 16,2 g virtsan kreatiniinia / lihasten märkäpaino (kg). Greatrex ym. (1972) kritisoi isotooppimetodia, koska kreatiinipitoisuus vaihtelee lihasten välillä, eikä yksittäinen biopsia huomioi tarpeeksi tätä vaihtelua. (Heymsfield ym. 1983.)

Useat tutkimukset osoittavat, että myös anatomisesti mitattuna lihasmassa korreloi voimakkaasti virtsan kreatiniinin määrän kanssa. Heymsfieldin ym. (1982) tutkimuksessa selvisi, että käsivarren lihasten pinta-ala korreloi voimakkaasti ($r=0,94$, $p<0,001$) virtsan kreatiniinimäärän kanssa. Samankaltaisia havaintoja ovat tehneet myös Keys ym. (1950) sekä Standard ym. (1959). Myös Welle ym. (1996) osoittivat, että kreatiniinin erityis korreloi vahvasti käsivarren ($r=0,85$), reiden ($r=0,88$) ja koko kehon rasvattoman massan ($r=0,96$) poikkipinta-alan kanssa. Havaittu variabiliteetti antropometrinen ja biokemiallisten lihasmassamittausten välillä saattaa osittain johtua solunulkoisen nesteen ja säikeiden välisen rasvan sisältymisestä antropometriin mittaustuloksiin (Heymsfield ym. 1979 ja 1982) sekä yksilöiden välisistä eroista ruokavaliassa ja kreatiinin kiertonopeudessa. (Heymsfield ym. 1983.)

4.2 Muita tapoja arvioida somaattisen proteiinin määrää

4.2.1 3-metyylihistidiini

Luurankolihasproteiinimassan määrää ja erityisesti sen kataboliaa voidaan arvioida myös mittaamalla 3-metyylihistidiiniin (3-MH) määrä virtsassa. 3-MH on aminohappo, joka muodostuu histidiinin jäänteistä aktiinin ja myosiinin synteysin jälkeen. (Gibson 2005, 409.)

3-MH-lihasmassa-metodi perustuu useisiin oletuksiin: 1) lihasproteiinien histidiinijäänteet metyloituvat ja suurin osa 3-MH:sta tuotetaan aktiinissa ja myosiinissa, 2) kun aktiini ja myosiini hajoavat, 3-MH vapautuu eikä sitä käytetä uudelleen aineenvaihdunnassa, 3) lihasproteiinien synteesi ja katabolia ovat tasapainossa terveillä aikuisilla ja näin ollen 3-MH:n tuotto on tasaista ja 4) tuotettu 3-MH poistuu kokonaan virtsan mukana. Mikäli nämä oletukset täytetään, 3-MH:n määrä vuorokausivirtsassa voi olla hyödyllinen koko kehon lihasmassan markkeri lihattomalla ruokavaliolla. (Lukaski ym. 1981). Myös Wang ym. (1998) osoittivat, että 3-MH:n määrä vuorokausivirtsassa korreloi voimakkaasti tietokonetomografian avulla mitatun lihasmassan kanssa miehillä, jotka noudattivat lihatonta ruokavaliota.

Mittaamalla virtsan 3-MH:n määrä saattaa siis olla mahdollista saada tietoa lihaskatabolian määrästä suhteessa elimistön kokonaisproteiinikataboliaan (typpitasapainoon) (Elia

ym. 1981). Vaikka 3-MH määrä virtsassa heijastaa yleisesti lihaskataboliaa, ei näiden muuttujien suhdetta ole saatu määritettyä tarkasti. 3-MH:n erityksen määrä ei kerro mitään esimerkiksi sarkoplasmisista proteiineista, koska se on peräisin aktiini- ja myosiinisäikeistä. Muualta kuin lihaksista peräisin olevan virtsan 3-MH:n vaikutuksia ei vielä tunneta tarpeeksi. (Elia ym. 1981.) 3-MH:n eritykseen vaikuttaa lihasmassan lisäksi myös ikä (Young & Munro 1978), kataboliset tilat sekä erilaiset sairaudet (Gibson 2005, 410).

4.2.2 Fysikaaliset ja toiminnalliset mittaukset

Kehon proteiinitilaa voidaan tarkkailla epäsuorasti myös fysikaalisten mittausten avulla. Niiden perusteella voidaan arvioida muutoksia luurankolihasissa, joissa suurin osa kehon proteiineista sijaitsee. Kehon luurankolihasien massaa voidaan arvioida esimerkiksi antropometristen mittausten, bioimpedanssin (BIA), tietokonetomografian (TT), magneettikuvauksen tai kaksiennergisen röntgensäteiden (DXA) avulla (Gibson 2005, 406). Proteiinitilaa on pyritty arvioimaan myös lihasten toiminnan kautta esimerkiksi käden puristusvoiman tai luurankolihasien elektrisen stimulaation avulla (Young ym. 1990).

5 VISKERAALISEN PROTEIINITILAN ARVIOIMINEN

Elimistön viskeraalisen proteiinin määrää arvioidaan yleensä yhden tai useamman seerumiproteiinin avulla. Näistä suurin osa muodostuu maksassa, jonka toimintaan proteiinin vähäinen saanti vaikuttaa: plasmaproteiinien synteesi vähenee, mikä taas näkyy seerumin proteiinipitoisuuksien laskuna. Kuitenkin myös monet ei-ravitsemukselliset tekijät, kuten sairaudet, lääkkeet, raskaus tai rankka kuormitus, vaikuttavat huomattavasti seerumiproteiinien pitoisuuksiin. (Gibson 2005, 410; Briony & Bishop 2007, 66.)

Hyödyllisimpiä proteiinitilan lyhytaikaisten muutosten tarkkailussa ovat ne seerumiproteiinit, joiden synteesi on nopeaa ja puoliintumisaika lyhyt. Lisäksi niiden pitäisi reagoida erityisesti proteiinin ja energian puutteeseen, eikä niitä saisi olla kovin paljoa vapaana elimistössä (proteiinialtaassa), vaan suurimman osan tulisi olla verenkierrossa. (Gibson 2005, 410.) Nämä ominaisuudet eivät kuitenkaan toteudu seerumiproteiinien kohdalla kovin hyvin, joten joidenkin tutkimusten perusteella seerumiproteiinitasojen ja ravitsemuksellisen tilan välinen korrelaatio on melko heikko. (Banh 2006.)

5.1 Seerumin kokonaisproteiinit ja albumiini

Seerumin kokonaisproteiinipitoisuus on helppo mitata, mutta se ei ole kovin herkkä mittari proteiinitilan muutoksille. Seerumin kokonaisproteiinipitoisuus pysyttelee pääasiassa normaalien rajojen sisällä, vaikka proteiinin saantia rajoitettaisiin. Se laskee ainoastaan silloin, kun proteiinipuutoksesta alkaa näkyä kliinisiä seuraamuksia. Havaittu lasku on pääasiassa seurausta seerumin albumiinipitoisuuksien laskusta, joka vastaa noin 50–60 % seerumin kokonaisproteiineista. (Gibson 2005, 411.)

Seerumin proteiineista suurin osa on albumiinia, jolla on useita tehtäviä. Se toimii lukuisten aineiden kuljettajaproteiinina, happo-emäs-puskurina, antioksidanttina ja lisäksi se pitää yllä veren osmoottista painetta ja tilavuutta. (Birn & Christensen 2006.) Seerumin albumiinipitoisuus riippuu maksassa tapahtuvasta albumiinisynteesistä, albumiinin hajoamisesta kudoksissa sekä sen jakautumisesta verenkierron ja solunvälitilojen kesken (Baumgartner ym. 1996), sillä jopa yli puolet albumiinista on verenkierron ulko-

puolella. Seerumin albumiinipitoisuudet heijastavatkin ainoastaan muutoksia verenkierron – ei koko elimistön suhteellisen suuressa albumiinaltaassa (3–5 g/kg). (Gibson 2005, 411.)

Päivittäin maksassa syntetisoidaan noin 120–220 mg/kg albumiinia. Synteesi lisääntyy aterian jälkeen, kun aminohappoja on runsaammin tarjolla ja vähenee paaston aikana (Baumgartner ym. 1996.) Proteiinin saannin lisäksi seerumin albumiinipitoisuuteen vaikuttaa monet muutkin tekijät kuten nestetasapaino, tulehdustilat, erilaiset munuais- ja maksasairaudet sekä elimistön sinkkitasapaino (Briony & Bishop 2007, 66). Albumiinitasoa nostaa muun muassa insuliini, kilpirauhashormonit sekä dehydraatio. Tasoja laskee muun muassa tulehdustekijät, jotka vaikuttavat albumiinisynteesiin. (Fuhrman 2002.) Albumiinin puoliintumisaika on pitkä (noin 14–20 vrk), joten seerumin albumiinitasot eivät reagoi muutoksiin kovin nopeasti. Seerumin albumiinipitoisuudet laskevat iän myötä niin, että pitoisuudet nousevat toiseen tai kolmanteen vuosikymmeneen asti, minkä jälkeen ne alkavat laskea. (Gibson 2005, 411.)

5.1.1 Albumiini ravitsemuksellisen tilan markkerina

Albumiinia on pitkään pidetty heikon ravitsemuksellisen tilan mittarina (Barbosa-Silva 2008), koska on oletettu, että ravinnolla on suuri vaikutus albumiinipitoisuuksiin. Viimeaikaiset tutkimukset ovat kuitenkin esittäneet ristiriitaisia tuloksia johtuen siitä, että albumiini on herkkä myös muille tekijöille eikä se reagoi ravitsemuksellisiin muutoksiin kovin nopeasti. (Banh 2006; Bouillanne ym. 2011.) Proteiinin ja energian saannin pitäisi heijastua seerumin albumiinitasoihin niin, että mikäli energiansaanti on riittämätöntä, proteiinia hajotetaan energiaksi ja albumiinin määrä laskee – ja päinvastoin. (Banh 2006.) Tutkimuksissa, joissa terveiden koehenkilöiden energian ja proteiinin saantia rajoitettiin, ei kuitenkaan havaittu muutoksia seerumin proteiinitasoissa (Afolabi ym. 2004; Scalfi ym. 1990). Potterin ja Luxtonin (1999) tutkimuksen mukaan puolella proteiini-energia-aliravitsemuksesta kärsivillä ihmisillä seerumin albumiiniarvot olivat normaalit. Myöskään vanhemmilla naisilla, jotka söivät vähäproteiinista mutta normaalienergistä ruokavaliota, ei näkynyt muutoksia albumiiniarvoissa – huolimatta siitä, että heidän lihassmassansa ja -toimintansa heikkeni (Castaneda ym. 1995).

5.1.2 Albumiini ja lihasmassa

Hypoalbumenian suhteesta lihasmassan menetykseen ja lihasvoimaan tiedetään melko vähän. Mekanismista, jolla seerumin albumiini ja lihasmassa ovat yhteydessä toisiinsa, ei ole varmuutta (Baumgartner ym. 1996; Visser ym. 2005), mutta koska seerumin albumiini saattaa heijastaa elimistön proteiinitilaa, voivat alhaiset albumiiniarvot kertoa vähentyneistä proteiinivarastoista, jotka stimuloivat puolestaan lihasten kataboliaa (Visser ym. 2005). Kwon ym. (2007) löysivät yhteyden alhaisen seerumin albumiinin ja heikentyneen lihasvoiman välille iäkkäillä ihmisillä, joilla myös D-vitamiinitasot olivat alhaiset. Jo aiemmassa tutkimuksessaan Kwon ym. (2005) olivat löytäneet yhteyden iäkkäiden ihmisten fyysisen suorituskyvyn ja seerumin albumiinin välille. Baumgartner ym. (1996) tutkivat puolestaan seerumin albumiinin yhteyksiä ikään, proteiinin ja energian saantiin, fyysiseen aktiivisuuteen, sairasteluun sekä lihasmassaan suhteellisen terveillä, hyvin ravituilla iäkkäillä ihmisillä. Koehenkilöiden albumiiniarvot olivat pääasiassa normaaleiden viitearvojen sisällä, mutta laskivat iän myötä. Pitoisuuksilla ei ollut selvää yhteyttä proteiinin tai energian saantiin tai koehenkilöiden terveydentilaan. Tutkimuksen perustella todettiin, että iän myötä tapahtuvalla seerumin albumiinin laskulla on muista tekijöistä riippumaton yhteys lihasmassan menetykseen (sarkopenia).

Ei ole kuitenkaan selvää, vaikuttaako lihasmassan menetys sinänsä seerumin albumiini-pitoisuuksien laskuun. Mahdollisia selityksiä näiden muuttujien väliselle yhteydelle ovat joko muutokset albumiinin määrässä verenkierron ulkopuolella tai proteiinisynteesissä ja -kataboliassa. Baumgartner ym. (1996) mukaan seerumin albumiinin ja lihasmassan välille ei voida vetää selvää kausaalista yhteyttä, mutta voidaan olettaa, että seerumin albumiinin yhteys iäkkäiden toimintakyvyn heikkenemiseen johtuu sarkopeniasta. Myös Visser ym. (2005) tutkimuksessa tutkittiin seerumin albumiini-pitoisuuksien suhdetta lihasmassan muutokseen iäkkäillä ihmisillä viiden vuoden ajan ja löydettiin yhteys matalan albumiinitason ja lihasmassan menetyksen välille. Schalk ym. (2005) tutkimuksessakin selvitettiin seerumin alhaisten albumiini-pitoisuuksien yhteyttä lihasvoimaan ja sen laskuun iäkkäillä ihmisillä kuuden vuoden ajan. Tutkimuksen perusteella näytti, että seerumin alhaisilla albumiinitasoilla oli yhteys heikompaan lihasvoimaan ja sen laskuun myös silloin, kun huomioitiin iän, elintapojen ja terveydentilan vaikutukset. Tulehdusmarkkerit saattoivat selittää osan albumiinitasojen ja lihasmassan välisestä yhteydestä.

Snyderin ym. (2012) tutkimus on kuitenkin ristiriidassa edellä esitettyjen tutkimusten kanssa. Snyder ym. tutkivat seerumin albumiinin suhdetta lihasmassan, puristusvoiman ja jalkojen lihasvoiman muutoksiin yli 65-vuotiailla miehillä. Seerumin albumiinin muutosta seurattiin kahden vuoden ajan ja siinä havaittiin pieniä mutta epäjohdonmukaisia yhteyksiä lihasmassan ja -voiman laskuun, eikä seerumin albumiinia tutkijoiden mukaan voi käyttää lihasmassan ja -voiman menetyksen markkerina. Myös Bouillanne ym. (2011) päätyivät DXA-tutkimustensa perusteella siihen, ettei albumiinia voi iäkkäillä ihmisillä käyttää kehonkoostumuksen markkerina.

5.2 Insuliinin kaltainen kasvutekijä 1

Insuliinin kaltaiset kasvutekijät ovat seerumin kasvuhormoniriippuvaisia kasvutekijöitä, joita tuotetaan lähinnä maksassa. Niillä on proinsuliinin kaltainen rakenne ja runsaasti anabolisia ominaisuuksia. (Gibson 2005, 419.) Ne stimuloivat solujen lisääntymistä ja inhiboivat solukuolemaa. Tutkimuksissa IGF-1:n on havaittu lisäävän sekä normaalien että pahalaatuisten solujen kasvua, joten korkeilla IGF-1-pitoisuuksilla on huomattu olevan myös yhteyksiä syöpäsoluihin, erityisesti rintasyöpään. (Hankinson ym. 1998; Toniolo ym. 2000.) IGF-1 kiertää veressä kiinnittyneenä kantajaproteiineihin (IGFBP, IGF binding proteins). Suurin osa IGF-1:stä ja sen kantajaproteiineista tuotetaan maksassa. Sekä energian että proteiinin saanti ovat merkittäviä synteessin säätelijöitä. (Young ym. 2012.)

IGF-1-tasot laskevat iän myötä, mutta elämäntavoilla ja ruokavaliolla (erityisesti proteiinin ja mineraalien saanti) voidaan vaikuttaa tasoihin (Giovannucci ym. 2003). IGF-1:n puoliintumisaika on vain 12–15-tuntia, joten se voi olla herkempi muuttuja akuuteille proteiinitilan muutoksille kuin muut seerumin proteiinit. IGF-1-tasoissa ei myöskään tapahdu vuorokausivaihtelua, eivätkä niihin vaikuta stressi, uni tai fyysinen kuormitus. Monet sairaudet kuten kilpirauhasen vajaatoiminta, maksa-, munuais- tai autoimmuunisairaudet sen sijaan vaikuttavat IGF-1-tasoihin. IGF-1:n herkkyydestä ja sopivuudesta proteiinitilan biokemialliseksi markkeriksi tarvitaan kuitenkin vielä jatkotutkimuksia. (Gibson 2005, 419.)

Energian tai proteiinin vaje laskee seerumin IGF-1-pitoisuuksia (Thissen ym. 1994) ja lyhytaikaiset tutkimukset todistavat, että proteiinin vaikutus IGF-1-tasoihin on itsenäinen, kokonaisenergiansaannista riippumaton. Erityisesti välttämättömien aminohappojen puutos laskee huomattavasti IGF-1-tasoja (Harp ym. 1991; Miura ym. 1992). Runsaasti hiilihydraattia sisältävä ruokavalio puolestaan nostaa IGF-1-tasoja suhteessa runsaasti rasvaa sisältävään ruokavalioon (Thissen ym. 1994). Myös vähäinen mineraalien (kalsium, magnesium, kalium, sinkki ja fosfori) saanti vähentää huomattavasti IGF-1-tasoja (Giovannucci ym. 2003).

Young ym. (2012) laajan katsauksen perusteella ainakin eläinproteiinin, maitotuotteiden, kalsiumin ja seleenin saannilla on positiivinen yhteys IGF-1:n seerumipitoisuuksiin. Yhteys eläinproteiinin ja IGF-1:n välillä on uskottava, koska välttämättömät aminohapot lisäävät IGF-1:n geenien ilmentymistä (Thissen ym. 1994). Myös Giovannucci ym. (2003) tutkimuksessa havaittiin, että erityisesti kalan, siipikarjan ja maitotuotteiden runsas saanti nosti IGF-1-tasoja. Juuri nämä sisältävät runsaasti välttämättömiä aminohappoja. Toisaalta myös kasviproteiinin havaittiin lisäävän IGF-1-tasoja tässä tutkimuksessa. Youngin ym. (2012) katsauksessa havaittiin positiivinen yhteys kalsiumin saannin ja IGF-1:n välillä, mikä heijastanee kalsiumin ja maitotuotteiden välistä vahvaa korrelaatiota. Myös seleenin ja IGF-1:n välille löydettiin positiivinen yhteys, mikä saattaa heijastaa seleenin ja sinkin välistä positiivista korrelaatiota – mikä puolestaan heijastanee sinkin ja proteiinin välistä positiivista korrelaatiota. Yksittäisten mineraalien vaikutusta IGF-1-tasoihin on kuitenkin ollut hankala selvittää, koska niitä saadaan usein samoista lähteistä ja ne luultavasti vaikuttavat samoja reittejä pitkin. (Giovannucci ym. 2003.)

IGF-1-tasojen ja ravitsemuksen välisestä yhteydestä on myös ristiriitaisia tutkimuksia. Holmes ym. (2002) tutkimuksessa havaittiin, että kala ja maitotuotteet nostivat oletetusti IGF-1-tasoja, mutta punainen liha ei niinkään – mikä on yllättävää, koska punainen liha on merkittävä mineraalien ja välttämättömien aminohappojen lähde. Myös Allen ym. (2002) tutkimus on ristiriitainen, sillä he eivät havainneet yhteyttä kokonaisproteiinin tai energian saannin ja IGF-1-pitoisuuksien välillä. He eivät myöskään havainneet, että maitotuotteiden lisääntynyt saanti olisi yhteydessä IGF-1-tasojen nousuun lihaa syövillä tai vegetaristeilla.

5.3 Muita seerumin proteiineja

5.3.1 Transferrini

Transferrini on seerumin β -globuliiniproteiini, joka muodostuu pääasiassa maksassa, mutta – toisin kuin albumiini – lähes kaikki transferrini on verenkierrossa. Transferrini toimii raudan kuljettajaproteiinina. Jokainen transferrinimolekyyli sitoo kaksi rautamolekyyliä. Tavallisesti hyvin ravituilla ihmisillä noin 30–40 % transferrinista käytetään raudan kuljetukseen. (Gibson 2005, 413–414.)

Transferrinin puoliintumisaika on lyhyempi kuin albumiinilla (8–19 vrk), ja myös elimistön transferriniallas on huomattavasti albumiinin vastaavaa pienempi. Näin ollen transferrini reagoi nopeammin elimistön proteiinitilan muutoksiin. Seerumin transferrinipitoisuuksiinkin vaikuttaa kuitenkin monet eri tekijät, kuten monet eri sairaudet. Pitoisuudet putoavat myös silloin, kun raudan kuljetustarve vähenee raudan imeytymisen heikennyttyä. Raudan puute taas johtaa transferrinisynteesin lisääntymiseen, koska raudan imeytyminen lisääntyy. (Gibson 2005, 413–414.)

5.3.2 Retinolia sitova proteiini

Retinolia sitova proteiini (retinol binding protein, RBP) on retinolin kuljettajaproteiini, joka sitoo kerrallaan yhden retinolimolekyylin. Yhdessä retinolin kanssa RBP on seerumin pienin proteiini. Retinolin lisäksi RBP sitoo yleensä yhden molekyylin plasman transtyretiiniä muodostaen trimolekulaarisen kompleksin. Tällä tavoin RBP:n suodattuminen munuaisten hiussuonikeräsissä estetään. (Gibson 2005, 415.)

RBP:n puoliintumisaika on noin 12 tuntia, ja elimistön RBP-allas on suhteellisen pieni. Näin ollen seerumin RBP-pitoisuudet reagoivat melko nopeasti proteiini- ja energia-puutteeseen – ja myös vastaavat nopeasti ravitsemustilan kohentumiseen (Shetty ym. 1979). Esimerkiksi ylipainoisilla koehenkilöillä, jotka söivät vähäproteiinista ruokavaliota havaittiin alhaisia RBP-arvoja (Shetty ym. 1979). Myöskään RBP ei kuitenkaan ole spesifi vain proteiinitilan muutoksille. RBP-arvot reagoivat muun muassa sairauksiin sekä A-vitamiinin ja sinkin puutoksiin. (Gibson 2005, 416.)

5.3.3 Prealbumiini

Seerumin prealbumiini tunnetaan myös transtyretiinina tai tyroksiinia sitovana prealbumiinina. Se on tyroksiinin kuljettajaproteiini ja myös RBP:n kantajaproteiini. Prealbumiinin puoliintumisaika on pitempi (noin 2 vrk) kuin RBP:llä ja myös elimistön prealbumiiniallas on hieman RBP:n vastaavaa isompi. Kuitenkin näiden kahden seerumiproteiinin herkkyys proteiinin puutokselle on lähes samaa tasoa. (Gibson 2005, 417.)

A-vitamiinin, sinkin tai raudan puute ei vaikuta prealbumiiniarvoihin, toisin kuin RBP- ja transferriniarvoihin, mutta muun muassa monet maksa-, munuais- ja ruoansulatussairaudet sekä tulehdukset ja infektiot vaikuttavat prealbumiinin aineenvaihduntaan ja vähentävät sen herkkyyttä proteiinitilan markkerina. Myös seerumin prealbumiiniipitoisuuksien vastetta ravinnosta saatuun proteiiniin on tutkittu. Shetty ym. (1979) raportoivat, että prealbumiini ei reagoinut lyhytaikaiseen (10 vrk) proteiinin rajoittamiseen, mikäli kokonaisenergiansaanti ei muuttunut. Mikäli sekä kokonaisenergian- että proteiiniinsaantia rajoitettiin, prealbumiiniarvot laskivat huomattavasti. (Gibson 2005, 418.)

5.4 Muita proteiinitilan markkereita veressä

Myös plasman emäksistä ribonukleaasia on tutkittu proteiinitilan markkerina. Lapsilla entsyymien aktiivisuuden on havaittu kasvavan proteiini- ja ravitsemuksessa, mutta palautuvan normaalitasolle 2–4 viikossa hoidon alettua (Scott ym. 1984). Young ym. (1990) ehdottivat, että fibronectiinin pitoisuus voisi myös toimia mahdollisena proteiinitilan markkerina. Fibronectiini on glykoproteiini, joka – toisin kuin muut yllä esiteltyt seerumin proteiinit – ei syntetisoidu ainoastaan maksassa vaan myös endoteelisoluissa, vatsakalvon makrofageissa sekä fibroblasteissa. Sen puoliintumisaika on noin 15 tuntia. Fibronectiini toimii lukuisissa fysiologisissa toiminnoissa kuten solun ja soluväliaineen vuorovaikutuksessa. (Gibson 2005, 420.) Proteiini- ja ravitsemuksessa fibronectiinitasot laskevat, mutta palaavat normaalitasolle nopeasti hoidon aloittamisen jälkeen (Mattox ym. 1988). Kuten muihinkin seerumin proteiineihin, myös fibronectiiniipitoisuuteen vaikuttaa kuitenkin monet muutkin kuin ravitsemukselliset tekijät, esimerkiksi tulehdukset (Gibson 2005, 420).

6 ELIMISTÖN TYPPIMETABOLIA

Suurin osa elimistön typestä on proteiineissa. Koska proteiinien typpipitoisuus on noin 16 %, saadaan typen määrä selville jakamalla proteiinin määrä 6,25:llä:

$$\text{typpi (g)} = \text{proteiini (g)} / 6,25 \quad (\text{Bender 2012, 67.})$$

Elimistön tulee typpeä lähinnä ravinnon sisältämän proteiinin mukana (pieniä määriä myös muiden yhdisteiden mukana). Elimistöstä poistuu typpeä pääasiassa virtsan ja ulosteiden mukana, mutta myös niin sanotun dermaalisen poistuman (hiki, hiukset, kynnet, iho) mukana. (Bender 2012, 67.) Terveillä aikuisilla, jotka saavat ruoastaan tarpeeksi energiaa ja ravintoaineita, päivittäinen typen menetys riippuu lähinnä ravinnon välttämättömien aminohappojen määrästä ja suhteesta sekä typen kokonaissaannista. Kun typen saanti on riittävää korvaamaan typen menetyksen, ihmisen sanotaan olevan typpitasapainossa. (Gibson 2005, 422; McArdle ym. 2001, 37–38; Manore ym. 2009, 111–114.)

$$\text{typpitasapaino} = \text{ravinnosta saatu typpi} - \text{typen määrä virtsassa} - \text{typen määrä ulosteissa} - \text{typen dermaalinen poistuma} = 0. \quad (\text{McArdle ym. 2001, 37–38.})$$

Terve aikuinen ihminen tarvitsee keskimäärin 105 mg/kg typpeä vuorokaudessa (vastaa noin 0,65 g/kg proteiinia) pysyäkseen typpitasapainossa. 120 mg/kg typpeä (vastaa noin 0,85 g/kg proteiinia) vuorokaudessa – mikä onkin lähellä usein annettuja saantisuosituksia – kattaa tarpeen 97 % ihmisistä. (Bender 2012, 68.)

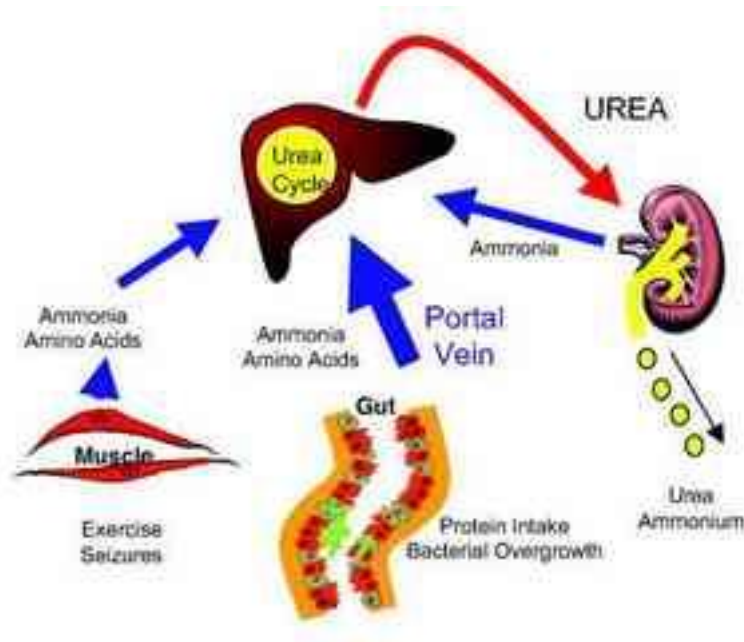
Positiivisessa typpitasapainossa typen saanti ylittää typen poistuman. Tämä on anabolinen tila, jolloin ylimääräinen proteiini käytetään uusien kudosten muodostamiseen. Ihminen on positiivisessa typpitasapainossa esimerkiksi lapsuudessa, raskauden aikana, sairaudesta toipuessaan tai tehokkaan voimaharjoittelun aikana. Vastaavasti silloin kun typpeä menetetään elimistöstä enemmän kuin sitä saadaan ravinnosta proteiinin mukana, ihminen on negatiivisessa typpitasapainossa. Tämä tarkoittaa katabolista tilaa, jolloin proteiinia käytetään hyväksi energia-aineenvaihdunnassa. Näin tapahtuu esimerkiksi laihdutuksen, nälkiintymisen tai sairauksien aikana. Yhden typpigramman menetys

päivässä tarkoittaa, että keho menettää 6,25 grammaa proteiinia. (McArdle ym. 2001, 37–38; Manore ym. 2009, 111–114; Gibson 2005, 423; Bender 2012, 67.) Elimistö voi olla negatiivisessa typpitasapainossa myös silloin, kun proteiinin saanti ylittää suositukset, mutta energiaa ei saada tarpeeksi muista lähteistä. Tällöin elimistö joutuu polttamaan proteiinia energiaksi. Ravinnon hiilihydraateilla ja rasvoilla onkin tärkeä proteiinia säästävä tehtävä erityisesti kudosten kasvaessa sekä raskaiden kuormitusten aikana, jolloin energiaa kuluu paljon. (McArdle ym. 2001, 37–38; Bender 2012, 69.) Toisaalta vaikka ihminen ei saisi yhtään proteiinia ravinnostaan, hän menettää hieman typpeä virtsan ja ulosteiden mukana. Tämän niin sanotun pakollisen menetyksen määrä vastaa aikuisella noin 35 g proteiinia/vrk. (Bender 2012, 68.)

Ehdottomasti suurin osa (noin 85 %) tyypestä poistuu virtsan mukana, loput 15 % poistuu sulamattomien proteiinien mukana ulosteissa (noin 12 %) sekä irronneiden hiusten, ihosolujen, kynsien, syljen tai hien mukana. (Bender 2012, 68.) Suurin osa virtsan tyypestä on ureassa, mutta myös virtsahappo, kreatiniini, ammoniakki ja muut vähäisemmät virtsan yhdisteet sisältävät typpeä (Manore ym. 2009, 111–114). Virtsan sekä ulosteiden mukana poistuvat typpi voidaan mitata suoraan Kjeldahlin menetelmällä. Siinä käytetään rikkihappoa aineksen hajottamiseen, vahvaa emästä typen ja ammoniakin erotteluun sekä titrausta typpipitoisuuden määrittelyyn. Menetelmä vaatii kuitenkin paljon aikaa ja vaivaa. Usein sen sijasta virtsan kokonaistyyppi pyritäänkin arviomaan virtsan urean sisältämän typen avulla. (Gibson 2005, 423; Bender 2012, 67.)

6.1 Urea

Urea on normaalin proteiiniaineenvaihdunnan lopputuote. Aminohappojen deaminaatiossa vapautunut elimistölle myrkyllinen ammoniakki poistetaan verenkierrosta muuntamalla se maksan soluissa tapahtuvassa ureakerrossa ureaksi. Reaktiossa yhdistyy kaksi ammoniakkimolekyyliä ja yksi hiilidioksidimolekyyli, jolloin muodostuu ureaa sekä vettä: $2 \text{NH}_3 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{OC}(\text{NH}_2)_2 + \text{H}_2\text{O}$. Muodostumisensa jälkeen urea diffusoituu ulos maksan soluista ja poistuu munuaisten kautta virtsaan, jolloin typpi poistuu elimistöstä. (Guyton & Hall 2000, 795). Noin yksi neljäsosa maksassa syntetisoidusta ureasta hajoaa taas suolistossa hiilidioksidiksi ja ammoniakiksi. Tämänkin ammoniakki kuitenkin palaa maksaan ja siitä tehdään uudelleen ureaa (kuva 4). (Schrier 2007, 310–11.)



KUVA 4. Suurin osa aminohappojen sisältämästä typestä poistuu elimistöstä urean mukana. Osa ammoniakista kuitenkin kierrätetään takaisin maksaan, missä siitä tehdään uudelleen ureaa. Tyypeä tulee elimistöön lähinnä proteiinipitoisen ravinnon mukana. Suolistosta aminohapot kulkeutuvat maksaan porttilaskimon kautta. Lihasten tuottaman ammoniakkin määrä lisääntyy kuormituksen aikana. (Hepato-neuro-tutkimusryhmä 2013.)

6.2 Urean tyyppi

Virtsan sisältämästä typestä noin 80–90 % on ureassa (UUN, urinary urea nitrogen). Loput ovat sitoutuneena kreatiniiniin, ammoniakkiin, virtsahappoon ja muihin typpipitoisiin yhdisteisiin. (Manore ym. 2009, 111–114.) Urean sisältämän typhen suhde virtsan kokonaistyyppimäärään ei ole aina vakio, vaan siihen vaikuttavat muun muassa stressi ja sairaudet (Konstantinides ym. 1991). Ympäristökijöistä esimerkiksi ilman lämpötila saattaa vaikuttaa typhen eritykseen lisäämällä hikoilua (Gibson 2005, 425).

Urean typpipitoisuus on noin 0,028 g/mmol. Koska 1 g tyypeä vastaa noin 6,25 g proteiinia ja 1 g proteiinia vastaa noin 5 grammaa lihaskudosta, voidaan arvioida, että 1 mmol urealisäys virtsassa (l) vastaa noin 0,67 gramman menetystä lihasmassassa. (Briony & Bishop 2007, 66.) Virtsan ja veren ureapitoisuutta lisäävät sekä runsasproteiininen ruokavalio että katabolinen aineenvaihdunta: mikäli ravinnosta saadaan ylimääräistä proteiinia, se hajotetaan ja poistetaan elimistöstä virtsan mukana, mutta myös mikäli elimistö ei saa tarpeeksi energiaa, se joutuu hajottamaan kudospoteiineja energiak-

si ja vapautunut typpi poistuu niin ikään virtsan mukana. (Gibson 2005, 424.) Alhainen proteiinin saanti taas johtaa virtsan typen erityksen vähentymiseen, jolloin myös ureatypen prosentuaalinen osuus virtsan kokonaistypestä laskee (noin 61–70 %) (Allison & Bird 1977). Myös ihon kautta tapahtuva typen menetys saattaa tällöin vähentyä. Callo-way ym. (1971) arvioivat, että ihon kautta menetetään typpeä 3 mg/kg/vrk silloin, kun ruokavaliosta ei saada proteiinia. Mikäli taas syödään normaalia sekaruokavaliota, ihon kautta menetetään noin 5 mg/kg/vrk. (Gibson 2005, 424.)

Paitsi nautitun proteiinin määrällä, myös sen laadulla on vaikutusta typen metaboliaan. Ravinnon proteiinin alhainen biologinen arvo (niukasti välttämättömiä aminohappoja) voi johtaa lisääntyneeseen ureasynteesiin tai lisääntyneeseen urean eritykseen. Lisäksi happo–emästasapainon muutokset vaikuttavat typen eritykseen siten, että asidoosi lisää typen eritystä virtsaan ja alkaloosi vähentää sitä. (Gibson 2005, 425.)

Elimistön urea-altaalla on 12 tunnin kiertoaika, joten voi kestää kaksikin päivää, jotta ureasynteesin muutokset havaitaan virtsassa. Typen erityks myös heijastaa paljolti totuttua proteiinin saantia, joten typpitasapainotutkimuksissa koehenkilöiden täytyy sopeutua kunnolla uusiin proteiinin saanteihin. Näistä syistä virtsan kokonaistypen mittaus on optimaalisempi menetelmä elimistön proteiinitilan arviointiin kuin urean typen mittaus, mutta se on teknisesti huomattavasti haastavampi. (Briony & Bishop 2007, 66.)

7 KASVISRUOKAVALIOIDEN ERITYISPIIRTEITÄ

Viime vuosikymmeninä kasvisruokavaliot ovat herättäneet yhä enemmän kiinnostusta länsimaissa. Osa valitsee kasvissyönnin sen terveellisyyden perusteella, toisille valinta pohjautuu uskonnollisiin tai ekologisiin perusteisiin. (Waldmann ym. 2003; Forestell ym. 2012.) Hyvin suunniteltuna kasvisruokavaliot ovat terveellisiä, täyttävät ravitsemukselliset tarpeet ja saattavat myös ehkäistä tiettyjä sairauksia. (Rauma & Mykkänen 2000; Huang ym. 1999.)

Kasvisruokavaliot sisältävät usein normaalia enemmän monimutkaisia hiilihydraatteja (polysakkarideja), omega-6-rasvahappoja, kuitua, karotenoideja, foolihappoa, C- ja E-vitamiinia sekä magnesiumia (Key ym. 2006). Tyydyttyneen rasvan ja kolesterolin määrä taas on usein sekaruokavalioita pienempi (Rauma & Mykkänen 2000; Huang ym. 1999). Myös omega-3-rasvahappojen, retinolin, B₁₂-vitamiinin ja sinkin saanti on kasvissyöjillä usein sekasyöjiä vähäisempää. Vegaaneilla myös kalsiumin saanti voi olla rajoittunutta. (Key ym. 2006.) Useissa tutkimuksissa kasvisruokavalioidella on havaittu olevan monenlaisia terveyshyötyjä, kuten pienempi sydän- ja verisuonitautien, kohonnut verenpaineen, toisen asteen diabeteksen, ylipainon sekä joidenkin syöpäsairauksien riski (Gorinstein ym. 2004; Singh ym. 2003; Pellegrini ym. 2003; Zhang ym. 2003; Rissanen ym. 2003; Robinson ym. 2002; Richter ym. 1999). Suomalaiset syövät kasviksia, hedelmiä ja marjoja nykyään neljä kertaa enemmän kuin vuonna 1950. Toisaalta myös lihaa syödään Suomessa nykyään yli kaksinkertainen määrä verrattuna 1950-luvun kulutukseen. (Valtion ravitsemusneuvottelukunta 2014.)

7.1 Eri kasvisruokavaliot

Kasvisruokavaliot perustuvat vihanneksiin, hedelmiin, viljoihin, palkokasveihin, pähkinöihin ja siemeniin. Kasvisruokavaliota on useita erilaisia, joista kaksi päätyyppiä ovat lakto-ovovegetaarinen sekä vegaaninen. (Venderley & Campbell 2006.) Lakto-ovovegetaarinen ruokavalio on kasvisruokavalioiden yleisin. Kasvien ja viljojen lisäksi se sisältää maitotuotteita ja munia. Maitotuotteet ovat hyviä proteiinin, kalsiumin, D-vitamiinin ja B₁₂-vitamiinin lähteitä. Maitotuotteet lisäävät usein myös lakto-ovovegetaarisen ruokavalioiden rasvan määrää verrattuna vegaaniseen ruokavalioon. Ve-

gaanista ruokavaliota noudattava ihminen välttää kaikkia eläinkunnan tuotteita (lihaa, siipikarjaa, kalaa, munia, maitotuotteita, liivatetta, hunajaa sekä eläinperäisiä lisäaineita). Mikäli ruokavaliota ei suunnitella huolella, vegaaneilla saattaa olla puutteita D- ja B₁₂-vitamiinin, kalsiumin sekä sinkin saannissa. (Messina & Messina 1996, 124–135, 354–367.)

Kasvisruokavalioiden mahdolliset hyödyt ovat saaneet yhä useammat vähentämään lihansyöntiä jättämällä ruokavaliostaan pois punaisen lihan, jolloin puhutaan semivegetaristisesta ruokavaliosta (Venderley & Campbell 2006). Pescovegetaristit puolestaan ovat jättäneet myös siipikarjan pois ruokavaliostaan, mutta syövät kalaa. Nykyään puhutaan myös fleksitaristeista, jotka syövät lihaa satunnaisesti, esimerkiksi kerran tai pari kuussa. He eivät kieltäydy mistään ruoka-aineesta kokonaan, mutta vähentävät lihan syöntiä huomattavasti esimerkiksi taloudellisista, terveydellisistä, painonhallinnallisista tai eettisistä syistä. (Forestell ym. 2012.)

Myös suomalaiset ravitsemussuositukset (Valtion ravitsemusneuvottelukunta 2014) painottavat yhä enemmän kasvikunnan tuotteiden määrää ruokavaliossa. Suositusten mukaan terveyttä edistävä ruokavalio sisältää runsaasti kasviksia, marjoja, hedelmiä, palkokasveja ja täysjyväviljaa. Se sisältää myös kalaa, kasviöljyä ja kasviöljypohjaisia levitteitä, pähkinöitä ja siemeniä sekä rasvattomia ja vähärasvaisia maitovalmisteita. Suosituksissa muistutetaan, että punaisen lihan lisäksi myös kala ja siipikarjan liha ovat hyviä proteiinin lähteitä. Kala on lisäksi hyvä monityydyttymättömien rasvojen ja D-vitamiinin lähde. Siipikarjan liha taas on vähärasvaista ja laadultaan parempaa kuin naudan tai lampaan lihan rasva. Ravitsemussuosituksissa todetaan myös, että ruokavalio, joka sisältää paljon lihavalmisteita ja punaista lihaa sekä elintarvikkeita, joissa on vähän vitamiineja, kivennäisaineita ja kuitua, mutta runsaasti lisättyä sokeria, tyydytynyttä rasvaa ja suolaa, lisää sairastavuutta. Lisäksi terveyttä edistävät valinnat, kuten kasvisruokavalio ja punaisen lihan kulutuksen rajoittaminen ovat ympäristön kannalta suositeltavia. (Valtion ravitsemusneuvottelukunta 2014.)

Yhä suosituimmista semivegetaristista ja muista ”vegetaristisesti orientoituneista” ruokavalioidista on vielä suhteellisen vähän tutkimuksia. Suurin osa kasvisruokavaliota käsittelevistä tutkimuksista käsittelee veganismia, vegetarismia tai lakto-ovovegetarismia. (Forestell ym. 2012.)

7.1.1 Kasvisruokavaliot ja energian saanti

Kasviruokavalioilla on mahdollista täyttää jopa huippu-urheilijoiden energiantarve, mutta ruoka-aineiden valintaan on kiinnitettävä huomiota, koska useat kasvisruokavalioiden perusraaka-aineista ovat vähäenergisiä (vähän rasvaa, paljon kuitua) (Venderley & Campbell 2006). Kasvissyöjillä energiansaanti onkin yleisesti sekasyöjiä vähäisempää (Messina & Messina 1996, 124–135, 354–367; Kennedy ym. 2001). Energiansaantia on mahdollista lisätä esimerkiksi lisäämällä aterioiden tai välipalojen määrää, sisällyttämällä ruokavalioon ”lihan korvikkeita” kuten tofua, sekä energiapitoisia raaka-aineita kuten pähkinöitä, kuivattuja hedelmiä ja avokadoa (Venderley & Campbell 2006).

Kasvissyöjillä, erityisesti vegaaneilla, suurin osa (50–65 %) päivittäisestä energiasta tulee hiilihydraateista (Rauma & Mykkänen 2000; Messina & Messina 1996, 124–135, 354–367). Proteiinia kasvisruokavaliot sen sijaan sisältävät usein sekaruokavalioita vähemmän (10–14 % päivittäisestä energiasta) (Messina & Messina 1996, 124–135, 354–367). Hyvin kuitupitoisissa kasvisruokavaliossa ravintoaineiden imeytyminen ja sitä kautta energian hyödyntäminen saattaa olla hieman tavallista heikompaa (Venderley & Campbell 2006).

7.1.2 Kasvisruokavaliot ja proteiinin saanti

Proteiinin saanti on kasvissyöjillä usein vähäisempää kuin sekasyöjillä (Barr & Broughton 2000; Janelle & Barr 1995; Alexander ym. 1994; Larsson & Johansson 2002), mutta yleensä saanti kuitenkin täyttää päivittäiset suositukset, eikä proteiinin määrä näin ollen useimmiten ole ongelma kasvissyöjille (Barr & Rideout 2004).

Proteiinien laatuun sen sijaan pitää kiinnittää huomiota, sillä kasviproteiineista puuttuu aina yksi tai useampi välttämätön aminohappo. Monipuolisessa kasvisruokavaliossa proteiinien laatuun ei kuitenkaan ole ongelma, koska erilaiset proteiinin lähteet täydentävät toisiaan (Fogelholm 2003; Hunt 2003), eikä sillä ole tietävästi lopulta merkitystä, onko välttämättömän aminohapon lähde eläin- vai kasviproteiini. (McArdle ym. 200, 33.) Kaikki kasvikunnan tuotteet eivät kuitenkaan sula ruoansulatuskanavassa yhtä

tehokkaasti kuin eläinkunnan tuotteet (Briony & Bishop 2007, 157–162), minkä takia kasvisyöjien olisikin hyvä syödä hieman suosituksia enemmän proteiinia (McArdle ym. 2001, 35).

7.2 Kasvisruokavalioiden vaikutus kehon koostumukseen

Kasvisruokavalioiden vaikutuksista kehon koostumukseen on vain vähän tutkimuksia, mutta Campbell ym. (1999) tutkivat kasvis- ja sekaruokavalioiden vaikutusta kehon koostumukseen ja lihasmassaan iäkkäillä miehillä 12 viikon ruokavaliotason aikana. Kasvisruokavalio sisälsi 100 % proteiinia ravitsemussuositukseen nähden, sekaruokavalio 125 %. Rasvaton massa ja lihasmassa kasvoivat sekaruokavaliolla ja laskivat kasvisruokavaliolla. Tyypin II lihasten pinta-ala (mitattu vastus lateraliksesta) kasvoi voimaharjoittelun seurauksena sekaruokavalioryhmässä enemmän kuin kasvisruokavaliota noudattavilla. Maksimivoiman kasvuun ruokavaliolla ei ollut vaikutusta. On kuitenkin huomioitava, että kasvisruokavaliolla energian- ja proteiininsaanti oli toista ryhmää vähäisempää, vaikkakin suositusten mukaista. Samankaltaisessa tutkimuksessa Haub ym. (2002 ja 2005) eivät huomanneet eroja lihasvoimassa tai -massassa 12 viikon tutkimusjakson aikana miehillä, joista toiset noudattivat sekaruokavaliota ja toiset lakto-ovovegetaarista ruokavaliota. Tässä tutkimuksessa molemmat ryhmät söivät vain 0,6 g/vrk proteiinia painokiloa kohden. Näiden tutkimusten perusteella voidaan olettaa, että kehon koostumuksen ja lihasmassan kannalta ratkaisevampaa on kokonaisproteiinin saanti kuin proteiinin lähde (Venderley & Campbell 2006).

Aubertin-Leheudren & Adlercreutzin (2009) tutkimus antoi kuitenkin toisenlaisia tuloksia: he havaitsivat, että lihasmassa (muscle mass index) on vahvasti yhteydessä eläinproteiinin saantiin mutta ei kasviproteiinin tai kokonaisproteiinin saantiin. Tutkimuksessa kasvisyöjät saattoivat syödä riittämättömästi eri kasviproteiineja, jotta olisivat saaneet tarpeeksi välttämättömiä aminohappoja. Joidenkin välttämättömien aminohappojen puute saattaa johtaa vähentyneeseen proteiinisynteesiin ja sitä kautta vähäisempään lihasmassaan (Fujita & Volpi 2006). Kokonaisproteiinin määrä (g/kg/vrk) oli kaikissa Aubertin-Leheudre & Adlercreutzin koehenkilöryhmissä yli suositusten ja kasvisyöjät söivät saman verran proteiinia kuin sekasyöjien ryhmä. Kasviproteiinit kuitenkin

imeytyvät huonommin kuin eläinproteiinit (Young ym. 1975), mikä saattaa osaltaan selittää lihasmassan eroa kasvis- ja sekasyöjien välillä.

7.3 Kasvisruokavaliot ja kreatiini

Kreatiinia saadaan ravinnosta lähinnä lihasta, kalasta ja siipikarjasta. Sekaruokavaliosta sitä saadaan keskimäärin noin 1 gramma vuorokaudessa. (Barr & Rideout 2004.) Raaka liha sisältää kreatiinia noin 30 mmol/kg (kuivapaino). Lihan kuumentaminen kuitenkin katalysoi kreatiinin muuntumista kreatiniiniksi. Näin ollen ravinnosta saatava kreatiinin määrä riippuu myös sen valmistustavasta. (Venderley & Campbell 2006.) Koska kasvisruokavaliot eivät sisällä kreatiinipitoista lihaa tai kalaa, on oletettavaa, että kasvissyöjillä lihasten kreatiinipitoisuus on sekasyöjiä alhaisempi (Barr & Rideout 2004).

Lukaszuk ym. (2002) huomasivat, että lihasten kokonais- ja vapaan kreatiinin pitoisuus laski miehillä, jotka noudattivat lakto-ovovegetaarista ruokavaliota kolmen viikon ajan. Ruokavalio sisälsi noin 1,5 grammaa proteiinia painokiloa kohden päivässä. Vertailuryhmässä olleet miehet söivät sekaruokavaliota, jossa proteiinin määrä oli sama. Heillä lihasten kreatiinipitoisuus ei laskenut. Tutkijat arvioivat, että lihasten kokonaiskreatiinipitoisuuden lasku kasvisruokavaliolla johtuu luultavasti vähäisestä kreatiinin prekursoriaminohappojen saannista. Tähän hypoteesiin pitää kuitenkin suhtautua varauksella, sillä kasvissyöjätkin saavat yleensä tarpeeksi välttämättömiä aminohappoja, ja kyseisessä Lukaszuk ym. (2002) tutkimuksessa koehenkilöt nauttivat proteiinia lähes kaksinkertaisen määrän suositukseen nähden. Ruokavalion aminohappokoostumusta ei ollut tutkimuksessa esitetty. Lisäksi tiedetään, että kreatiiniton kasvisruokavalio aktivoi ja lihan kulutus vähentää kreatiinisynteesiä katalysoivaa entsyymiä (Heymsfield ym. 1983).

Burken ym. (2003) tutkimuksessa havaittiin, että kasvisruokavaliota ja sekaruokavaliota noudattavien koehenkilöiden välillä ei ollut merkittävää eroa vapaan kreatiinin, fosfo-kreatiinin tai ATP:n pitoisuuksissa lihaksissa. Merkittävä eroa sen sijaan oli lihasten kokonaiskreatiinipitoisuudessa, joka oli kasvissyöjillä alhaisempi. Jo aiemmin Delanghe ym. (1989) ja Shomrat ym. (2000) olivat huomanneet, että kasvissyöjillä plasman kreatiinimäärä oli alhaisempi kuin sekasyöjillä. Plasman kreatiinipitoisuus on sekaruokava-

liota noudattavilla miehillä noin 30–70 μM . Kasvissyöjillä tehdyissä tutkimuksissa plasman kreatiinipitoisuudeksi mitattiin 9 μM (Delanghe ym. 1989) ja 11 μM (Shomrat ym. 2000). Burken ym. (2003) virtsa-analyysi tukee myös näkemystä siitä, että kasvisyöjät erittävät virtsaan merkittävästi vähemmän kreatiniinia kuin sekasyöjät, mikä on oletettua, koska heidän ruokavalionsa ei sisällä kreatiinipitoista lihaa.

Neljän kuukauden mittaisessa tutkimuksessa Brändle ym. (1996) huomasivat, että proteiinin määrän vaihtelu välillä 0,29 g/kg/vrk–2,6 g/kg/vrk osoitti positiivisen, ei-lineaarisen suhteen proteiinin saannin ja kreatiniinin poistuman välillä. Tämä suhde havaittiin sekä vegaanista, lakto-ovovegetaarista että sekaruokavaliota noudattavilla. Kreatiniinin poistuma saavutti tason 181/mL/min/1,73 m², joka vastaa noin 125 g proteiinin saantia/vrk, kun taas tätä suuremmilla saanneilla ei ollut enää vaikutusta kreatiniinin poistumaan.

Kreatiinilisäravinteiden on yhdessä voimaharjoittelun kanssa todettu lisäävän lihasten fosfokreatiinin ja kokonaiskreatiinin määrää, rasvatonta massaa sekä parantavan suoritusta kasvissyöjillä enemmän kuin sekasyöjillä (Burke ym. 2003). Useissa tutkimuksissa onkin todettu, että lihasten alkuperäinen kreatiinipitoisuus saattaa vaikuttaa kreatiinilisäravinteiden aiheuttamiin vasteisiin (Casey ym. 1996; Greenhaff ym. 1993; Harris ym. 1992). Onkin siis mahdollista, että kasvissyöjillä lihasten kreatiini- ja fosfokreatiinipitoisuudet nousevat kreatiinilisän myötä enemmän kuin lihaa syöville henkilöillä. Tämän takia kreatiinilisä saattaa myös parantaa suoritusta kasvissyöjillä suhteessa enemmän kuin muilla. (Harris ym. 1997.)

7.4 Kasvisruokavaliot ja albumiini

Monet tutkimukset ovat osoittaneet, että ravinnonsaanti vaikuttaa maksan albumiinisynteesiin ja ruokavalion sisältämällä proteiinilla on vaikutusta albumiinisynteesin säätelyssä (Gersovitz ym. 1980; Hoffenberg ym. 1966; James and Hay 1968; Kirsch ym. 1968; Pain ym. 1978). Caso ym. (2000) selvittivät, onko ravinnon proteiinin lähteellä (eläin- vai kasvipärisen) merkitystä proteiinimetaboliaan ja erityisesti albumiinisynteesiin. Terveillä miehillä, jotka söivät 10 päivän ajan ravintoa, joka sisälsi 63 % kasviproteiinia, albumiinisynteesin todettiin olevan vähäisempää verrattuna isonitrogeniseen ja

isokaloriseen ruokavalioon, jossa vain 26 % proteiinista oli kasvipäristä. Albumiinisynteesi mitattiin tässä tutkimuksessa leimattujen aminohappoisotoppien avulla. Cason ym. tulokset eivät kerro yksittäisen aterian vaikutusta, vaan heijastavat pitemmän aikavälin muutoksia albumiinisynteesissä ruokavalion vaikutuksesta.

Cason ym. (2000) tutkimuksen kaksi eri ruokavaliota olivat makroravintoainekoostumukseltaan samanlaisia, mutta erosivat toisistaan proteiinin laadussa, koska kasviproteiiniin pohjautuva ruokavalio sisälsi vähemmän välttämättömiä aminohappoja. Kasviproteiinin imeytyminen on myös heikompaa, minkä takia lopullinen proteiinin saanti kasviproteiiniin pohjautuvasta ruokavaliosta oli noin 19 % alhaisempi kuin eläinperäiseen proteiiniin pohjautuva ruokavalio. Kasvipäristeen proteiiniin pohjautuva albumiinisynteesin vähentyminen saattaa tutkijoiden mukaan heijastaa fysiologista hienosäätöä, joka tapahtuu ravinnon sisältämien aminohappojen perusteella. Tulokset saivat vahvistusta myös tutkimuksen jatko-osassa, jossa kasvipäristeen proteiiniin pohjautuvaan ruokavalioon lisättiin soijaproteiinia. Samalla ruokavalion sisältämä proteiininmäärä nousi sen verran, että lopulta elimistöön imeytyneen proteiinin määrä oli sama kuin eläinperäiseen proteiiniin pohjautuvassa ruokavaliossa. Soijan lisääminen nosti albumiinisynteesin lähelle eläinperäiseen proteiiniin pohjautuvan ruokavalion arvoja. Näin ollen pienelläkin muutoksella proteiinin nettosaannissa saattaa olla merkittävä vaikutus albumiinisynteesiin. Aminohappojen vähentynyt saanti, joka johtuu kasvisravinnon heikommasta imeytymisestä ja proteiinin laadusta sekä kasvisravinnon suuresta kuitupitoisuudesta, saattaa siis selittää albumiinisynteesin vähentymistä. (Cason ym. 2000.)

Huolimatta albumiinisynteesin vähentymisestä kasvipäristeen proteiiniin pohjautuva ruokavalio ei kuitenkaan vaikuttanut plasman albumiinipitoisuuksiin Cason ym. (2000) tutkimuksessa. Samankaltaisia tuloksia on saatu myös muissa tutkimuksissa (Gersowitz ym. 1980; Scalfi ym. 1990). Pitemmän aikajakson tutkimuksissa plasmankin albumiinitasot ovat kuitenkin muuttuneet ravinnon proteiinin vaikutuksesta (Hoffenberg ym. 1966; Kelman ym. 1972). Hidas vaikutus johtunee siitä, että suuren albumiinaltaan takia plasman albumiinipitoisuudet eivät reagoi hetkellisiin muutoksiin maksan albumiinisynteesissä.

Vaikka terveillä ihmisillä munuaiset eivät juurikaan vaikuta albumiinin poistumiseen elimistöstä, on huomattu, että pelkästään kasvipäristeen proteiiniin perustuvat ruokava-

liot vähentävät albumiinin jo ennestään pientä poistumaa munuaisten kautta verrattuna lihaa sisältäviin ruokavalioihin (Kontessis ym. 1990 ja 1995), mikä saattaa olla seurausta albumiinisynteesin laskusta ja osaltaan ehkäistä plasman albumiinipitoisuuksien laskua (Caso ym. 2000). Jibanin ym. (1991) kahdeksan viikon seurantatutkimuksessa tyyppin I diabetesta sairastavat henkilöt vaihtoivat eläin- ja kasviproteiinia sisältävän seka-ruokavalion (kasviproteiinia 0,3 g/kg) ruokavalioon, joka sisälsi enemmän kasviproteiinia (0,7 g/kg). Muutoksen jälkeen albumiinin määrä virtsassa laski puoleen. Kuitenkin myös kokonaisproteiinin määrä oli alhaisempi jälkimmäisen ruokavalion yhteydessä.

Haddad ym. (1999) tutkimus on ristiriidassa edellä esiteltyjen tulosten kanssa, koska Haddad ym. tutkimuksessa seerumin albumiinipitoisuus oli vegaaneilla huomattavasti korkeampi kuin sekasyöjillä. Tutkijoiden mukaan tämä saattaa kertoa ainakin siitä, että vegaaniruokavaliota noudattavat koehenkilöt saivat tarpeeksi proteiinia ravinnostaan, vaikka heidän virtsan tyypipitoisuutensa olikin alhaisempi kuin sekasyöjillä.

7.5 Kasvisruokavaliot ja IGF-I

Allen ym. (2000) havaitsivat, että vegaanimiehillä seerumin IGF-1-pitoisuudet olivat alhaisempia (9 %) verrattuna lihaa syöviin tai lakto-ovovegetaristeihin, mikä kertonee siitä, että kasviksiin perustuva ruokavalio vähentää IGF-1-tasoja. Pari vuotta myöhemmin Allen ym. (2002) vertailivat seerumin IGF-1-tasoja ja sen kantajaproteiinien pitoisuuksia lihaa syövien, vegetaristien ja vegaanien välillä. He havaitsivat, että IGF-1-tasot olivat vegaaneilla 13 % alhaisemmat kuin kahdessa muussa ryhmässä. Kantajaproteiiniin, IGFBP-1- ja IGFBP-2, pitoisuudet olivat vegaaneilla puolestaan 40 % korkeammat. IGFBP-1:n ja IGFBP-2:n pitoisuuksien kasvu saattaa johtaa lisääntyneeseen IGF-1:n sitomiseen – ja näin ollen vähentää IGF-1:n saatavuutta kudoksille. (Allen ym. 2002.) Erot eri ruokavalioryhmien välillä eivät johdu eroista kehon painoissa tai muista elämäntavallista tekijöistä. Allenin ym. (2002) mukaan on kuitenkin hankala määrittää, mitkä ravintoaineet ovat merkittävimpiä IGF-1-tasojen kannalta, koska ravintoaineiden saannin ja eri ryhmien välillä oli niin vahva korrelaatio.

Vegaaninen ruokavalio sisälsi vähän tyydyttyynyttä rasvaa sekä runsaasti polysakkarideja, ja myös kasviproteiinilla havaittiin yhteys mataliin IGF-1-tasoihin ja korkeisiin kan-

tajaproteiinipitoisuuksiin. On olemassa useita eri mekanismeja, joiden kautta vegaaniruokavalion sisältämät ravintoaineet voivat vähentää IGF-1:tä ja lisätä IGFBP-1:tä ja IGFBP-2:ta. Näistä olennaisin kuitenkin lienee välttämättömien aminohappojen vähäisempi määrä: vegaaniruokavalio sisältää vain vähän tiettyjä välttämättömiä aminohappoja, ja yhden tai useamman välttämättömän aminohapon vähäinen saanti vähentää IGF-1-tuottoa ja lisää sen kantajaproteiinien tuottoa (Clemmons ym. 1985; Smith ym. 1995). Allenin ym. (2002) mukaan IGF-1-pitoisuudet saattavat laskea ja IGFBP-1 ja IGFBP-2-tasot nousta, vaikka proteiinia saataisiin riittävästi, mutta välttämättömien aminohappojen saanti olisi vähäistä, kuten kasviksiin perustuvassa ruokavaliossa usein on.

7.6 Kasvisruokavaliot ja typpimetabolia

Kasvisruokavalion vaikutuksia elimistön typpimetaboliaan on tutkittu lähinnä munuaisten toiminnan kannalta ja munuaissairauksien yhteydessä. Rungas proteiinin saanti lisää munuaisten plasmavirtausta (renal plasma flow) sekä glomerulaarista filtraatiota, mutta proteiinin vaikutus munuaisten hemodynamiikkaan riippuu myös proteiinin lähteestä (Bresslau ym. 1988).

Bernsteinin ym. (2007) kirjallisuuskatsauksessa selvitettiin eläin- ja kasviproteiinivaikutuksia munuaisten toimintaan sekä munuaissairailta että terveillä henkilöillä. Mukana katsauksen tutkimuksissa on sekä normaaliproteiinisia että runsaasti proteiinia sisältäviä ruokavaliota. Munuaisten toimintaa kuvataan pääasiassa glomerulaarisen suodattumisnopeuden avulla. Selvityksessä todetaan, että useissa tutkimuksissa sekä munuaisten veren virtaus, glomerulaarinen suodattumisnopeus että proteinuria lisääntyvät huomattavasti runsaasti eläinproteiinia sisältävän kerta-annoksen seurauksena (Chan ym. 1988; Kontessis ym. 1990; Nakamura ym. 1989, 1991, 1993).

Myös lyhytaikaiset kliiniset kokeet ovat antaneet samankaltaisia tuloksia. Kontessisin ym. (1995) tutkimuksessa normaalin munuaistoiminnan omaavat koehenkilöt söivät neljän viikon ajan joko 1,1 g/kg/vrk runsaasti eläinproteiinia sisältävää ravintoa tai 0,95 g/kg/vrk runsaasti kasviproteiinia sisältävää ruokavaliota. Tutkimuksessa huomattiin, että eläinproteiiniruokavaliolla glomerulaarinen suodattumisnopeus oli korkeampi ja myös albumiinin määrä virtsassa oli suurempi verrattuna kasviproteiinia syöviin.

Kasviproteiinien ei ole havaittu saavan aikaan munuaisten vasodilaatiota tai glomerulaarista hyperfiltraatiota. Eräessä tutkimuksessa eläinproteiinin syöminen lisäsi terveillä ihmisillä munuaisten vasodilaatiota, plasmavirtausta sekä glomerulaarista filtraatiota. Kun samat koehenkilöt söivät tämän jälkeen kasviproteiinia, vaikutus oli päinvastainen ja muuttujien arvot laskivat. (Bresslau ym. 1988.) Erillisessä tutkimuksessa koehenkilöt söivät kolme viikkoa runsasproteiinista ruokavaliota (1 /kg/vrk), joka sisälsi joko soijaa, eläinproteiinia tai eläinproteiinia yhdessä kuitulisän kanssa. Tulosten mukaan eläinproteiinia syöville ihmisillä munuaisten veren virtaus, glomerulaarinen suodattumisnopeus ja albumiinin määrä virtsassa olivat huomattavasti suurempia verrattuna soijaa syövään ryhmään. Kuitulisä ei vaikuttanut merkittävästi tuloksiin. Tutkijat uskovat, että yksi selitys erilaisille munuaistoiminnoille on eläin- ja kasviproteiinien aikaansaamat erilaiset hormonivasteet. (Kontessis ym. 1990.)

Bernsteinin ym. (2007) katsauksessa esittelemien tutkimusten mukaan runsas punaisen lihan syöminen lisää glomerulaarista suodattumisnopeutta sekä proteiuriaa henkilöillä, joilla on normaali munuaistoiminta. Kalan, vaalean lihan tai kasvisproteiinin syöminen ei luultavasti aiheuta samaa muutosta munuaisten toiminnassa. Tutkimusdata on kuitenkin ristiriitaista siitä, onko näiden jälkimmäisten proteiinin määrälle olemassa kynnys, jonka jälkeen normaali munuaistoiminta mahdollisesti muuttuu. Jenkins ym. (2001) raportoivat kuukauden mittaisesta tutkimuksesta, jossa koehenkilöt söivät runsaasti kasviproteiinia (139 g gluteiinia/vrk). Näillä henkilöillä oli korkeampi urean määrä veressä kuin henkilöillä, jotka söivät vähemmän kasviproteiinia.

Tutkimusten perusteella on siis hankala sanoa, onko eläin- ja kasviproteiinin pitkäaikaisella saannilla erilaiset vaikutukset normaaliin munuaistoimintaan. Tämä johtuu tutkimusmetodien eroista muu muassa proteiinin lähteissä, määrässä sekä tutkimuksen kestossa. (Bernstein ym. 2007.) Eläin- ja kasviproteiinin koostumuksissa on useita eri tekijöitä, jotka saattavat selittää niiden erilaisia vaikutuksia munuaistoimintaan. Niiden erilainen aminohappokoostumus saattaa olla yksi tärkeä tekijä (Nakamura ym. 1989). Myös kolesterolilla, triglyserideillä sekä soijan sisältämällä isoflavoneilla ja vehnän sisältämällä fenoleilla on epäilty olevan vaikutusta munuaistoimintaan (Bernstein ym. 2007).

7.7 Muita kasvisruokavalioiden vaikutuksia

Kasvisruokavaliot sisältävät yleensä yhtä paljon rautaa kuin sekaruokavaliot (Messina & Messina 1996, 124–135, 354–367; Hunt 2003). Vegaaneilla raudan kokonaissaanti on usein jopa korkeampi kuin lakto-ovovegetaristeilla, koska maitotuotteet sisältävät vain vähän rautaa (Messina & Messina 1996, 124–135, 354–367). Määrän sijaan kasvissyöjillä raudan suhteen huolta saattaa tuottaa raudan imeytyvyys kasvisravinnosta (McCann ym. 2001; Berning 2000; Messina & Messina 1996, 124–135, 354–367).

Kasvikset sisältävät vain nonhemirautaa, joka imeytyy huomattavasti heikommin kuin eläinperäisestä ravinnosta saatava hemirauta. Raudan imeytymiseen vaikuttavat myös muut tekijät. Nonhemiraudan imeytymistä parantavat muun muassa kudosproteiinitekijät (eläinperäisessä proteiinissa), C-vitamiini ja karotenoidit. Sen imeytymistä taas haittaavat fytiinihappo (mm. palkokasveissa, kokojyväviljassa ja pähkinöissä), polyfenolit (mm. teessä, kahvissa ja joissakin vihanneksissa) sekä soijaproteiini ja kalsium. (Hallberg & Hulthen 2000.) Useimmissa kasvisruokavalioiden raudan imeytyvistä edistävien ruoka-aineiden määrä on vähäisempi kuin imeytyvistä inhiboivien aineiden määrä. Tutkimuksissa kasvissyöjillä onkin havaittu sekasyöjiä alhaisempia seerumin ferritiinipitoisuuksia (Haddad ym. 1999; Harman & Parnell 1998; Donovan & Gibson 1995; Hua ym. 2001). Näin ollen kasvissyöjille suositellaankin jopa 80 % suurempaa päivittäistä raudan saantia kuin sekasyöjille (Barr ym. 2004).

Sinkki on toinen ravintoaine, jonka saantiin kasvissyöjien on hyvä kiinnittää huomiota. Sinkin kokonaissaanti on kasvissyöjillä yleensä alhaisempi kuin sekasyöjillä, koska parhaita sinkin lähteitä ovat liha- ja maitotuotteet. Kasvissyöjät saavat sinkkiä muun muassa palkokasveista, kokojyväviljoista, pähkinöistä, siemenistä sekä soija- ja maitotuotteista. Myös sinkin imeytyvyys saattaa olla kasvisravinnosta heikompi kuin eläinkunnan tuotteista. (Berning 2000; Messina & Messina 1996, 124–135, 354–367; Hunt 2003.)

Myös D- ja B₁₂-vitamiinin, riboflaviinin sekä kalsiumin saanti saattaa olla kasvissyöjillä puutteellista, koska näiden ravinteiden pääasialliset lähteet ovat eläinkunnan tuotteita. Näitä kaikkia on kuitenkin myös kasviskunnan tuotteissa, joten huolellisessa ruokavalioiden suunnittelulla puutteita ei pitäisi ilmetä. (Venderley & Campbell 2006.) Kasvissyöjil-

lä, jotka eivät syö mitään eläinperäisiä tuotteita (kuten vegaanit), ei tosin ole ruokavaliossaan mitään luotettavaa B₁₂-vitamiinin lähdettä, mikäli he eivät käytä lisäravinteita (Barr ym. 2004). Kasvisruokavaliot sisältävät tyypillisesti suuria määriä ravinnon antioksidantteja, kuten E- ja C-vitamiinia sekä β-karoteenia, ja saattavat näin ollen suojata elimistöä haitallisilta hapettumisreaktioilta sekaruokavalioita tehokkaammin (Rauma & Mykkänen 2000; Barr ym. 2004).

7.8 Punaisen lihan haittavaikutuksia

Kasvi- ja eläinproteiinia käsitelleessä osiossa (2.2.1) esiteltiin tutkimuksia, joiden perusteella liha näyttää olevan hyödyllistä proteiinimetabolian kannalta. Punaisella lihalla on kuitenkin todettu olevan myös lukuisia terveydelle haitallisia vaikutuksia. Suomenkin kansalliset ravitsemussuositukset (Valtion ravitsemusneuvottelukunta 2014) suosittavat punaisen lihan ja lihavalmisteiden käytön vähentämistä ja vähärasvaisen, vaalean (siipikarjan) lihan suosimista. Suositukset perustuvat muun muassa ruokavalion rasvan laadun parantumiseen sekä energiatiheyden pienenemiseen. Proteiinipitoisten palkokasvien, pähkinöiden sekä kalan ja siipikarjan lihan käyttöä ravitsemussuositukset sen sijaan kehottavat lisäämään. Suositusten mukaan lihavalmisteita ja punaista lihaa ei tulisi käyttää enempää kuin 500 g viikossa. Määrä tarkoittaa kypsää lihaa ja vastaa raakapainoltaan 700–750 grammaa. Yksi annos lihaa painaa kypsänä noin 100–150 g. (Valtion ravitsemusneuvottelukunta 2014.)

Micha ym. tekivät vuonna 2010 laajan meta-analyysin punaisen lihan vaikutuksista sydän- ja verisuonitauteihin, diabetekseen sekä aivoinfarkteihin. He päivittivät meta-analyysinsä vuonna 2012. Katsausten perusteella he havaitsivat, että ”tuoreen” punaisen lihan ja prosessoidun lihan eli lihavalmisteiden vaikutuksissa on merkittäviä eroja. Prosessoidulla lihalla on selkeä yhteys sydän- ja verisuonitautien riskiin, kun taas prosessoimattoman lihan kohdalla riski on huomattavasti alhaisempi. Prosessoidun lihan sisältämä suola (yli 400 % suurempi kuin prosessoimattomassa) kattaa noin 2/3 riskistä. Michan ym. (2012) mukaan sekä prosessoimattomalla että prosessoidulla lihalla on yhteys toisen asteen diabetekseen, mutta riski on lihavalmisteiden kohdalla huomattavasti suurempi. Tämä saattaa osittain johtua hemiraudan ja kolesterolin pitoisuuksista. Sekä tuore punainen liha että prosessoitu liha lisäävät myös hieman aivoinfarktin riskiä, mut-

ta tässäkin tapauksessa prosessoidun lihan kohdalla riski on korkeampi (Kaluza ym. 2012).

Punaisen lihan yhteyttä eri syöpiin on myös tutkittu paljon, ja muun muassa Chan ym. (2011), Wang & Jiang (2012) ja Larsson & Wolk (2012) tuoreiden meta-analyysien perusteella prosessoidun ja punaisen lihan runsas käyttö on lisännyt paksusuolen, haiman ja virtsarakon syöpiä. Lisäksi punainen liha ja lihavalmistet lisäävät myös ruokatorven (Huang ym. 2013) ja mahalaukun syövän riskiä (Zhu ym. 2013). Eniten lihaa tai lihavalmisteita käytävillä on myös suurempi kuoleman riski kuin vähiten käytävillä (O’Sullivan ym. 2013).

Semivegetaarisen ruokavalion kannalta Bernstein ym. ovat julkaisseet kaksi mielenkiintoista tutkimusta (2010 ja 2012), joissa he ovat tutkineet eri proteiinilähteiden yhteyttä aivoinfarkteihin sekä sepelvaltimotautiin. Bernstein ym. (2012) huomasivat, että punaisen lihan runsas saanti lisäsi aivoinfarktin riskiä, kun taas siipikarjan lihan kohdalla riski oli huomattavasti alhaisempi. Pähkinöillä, kalalla, vähärasvaisilla sekä rasvaisilla maitotuotteilla riskit olivat vieläkin alhaisempia. Punaisen lihan kohonnut riski koski sekä prosessoitua että prosessoimatonta lihaa. Yhteys aivoinfarktin riskiin oli riippumaton muista proteiinin lähteistä, kasviksista, hedelmistä tai muista infarktin riskitekijöistä. Hyvin samansuuntaiset tulokset olivat myös sepelvaltimotautiriskin kohdalla: sekä prosessoimattoman että prosessoidun lihan, mutta myös rasvaisten maitotuotteiden, käyttö oli yhteydessä kohonneeseen riskiin. Siipikarjan lihalla, kalalla tai pähkinöillä riski oli alhainen. (Bernstein ym. 2010.)

7.9 Lihan kulutus ja happo-emästasapaino

Happo-emästasapainon säätely ja sen pysyminen optimaalisissa rajoissa on tärkeää elimistön toiminnan ja homeostaasin kannalta (Remer ym. 2003). Laskimo- ja valtimoveren sekä useimpien elimistön nesteiden pH vaihtelee tavallisesti välillä 7,35–7,45. Mikäli veren vetyionipitoisuus (H^+) pienenee, pH nousee yli arvon 7,4 ja elimistöön syntyy emäksinen alkaloositila. Hapan asidoosi puolestaan viittaa vetyionipitoisuuden kasvuun, jolloin veren pH laskee. (McArdle ym. 2001, 300.) Elimistön happo-emästasapaino on siis yhteydessä kehon nesteiden vetyionipitoisuuteen. Elimistöön tulee päivittäin ve-

tyioneja ravinnon mukana, ja lisäksi niitä syntyy aineenvaihdunnan eri reaktioissa. (Guyton & Hall 2000, 346.)

Ravinnon koostumuksen on jo pitkään tiedetty vaikuttavan elimistön happo-emästasapainoon (Remer ym. 2003). Lähes kaikki ruoka-aineet saavat aikaan joko hapon tai emäksen vapautumista verenkiertoon. Esimerkiksi liha, kala, siipikarja, munat, äyriäiset, juusto, maito ja viljatuotteet ovat happamuutta tuottavia ruokia, kun taas tuotteet hedelmät ja vihannekset tuottavat emäksisyyttä. (Cordain ym. 2005.) Kun arvioidaan eri ruoka-aineiden aiheuttamaa hapon tai emäksen muodostusta elimistössä, on huomioitava muun muassa niiden sisältämien mineraalien määrä, rikkiä sisältävien proteiinien imeytymisnopeudet sekä aineenvaihdunnassa syntyvän sulfaatin määrä. (Remer ym. 2003.)

Happoa tuottavista ruoka-aineista yksi merkittävimmistä on proteiini, sillä erityisesti rikkiä sisältävät aminohapot, metioniini ja kysteiniini, lisäävät happojen eritystä virtsaan. Näiden aminohappojen hajotessa syntyy rikkiä, joka hapettuu edelleen sulfaatiksi. Samalla vapautuu vetyioneja, jotka lisäävät elimistön happamuutta. (Alexy ym. 2007.) Metioniinia ja kysteiniiniä on runsaasti erityisesti eläinproteiinissa (Alexy ym. 2007), joka onkin merkittävin happoa tuottava ravintoaine (Arnett 2003). Eläinkunnan tuotteissa ja viljoissa on myös runsaasti fosfaatteja ja kloridia, jotka osaltaan lisäävät niiden aiheuttamaa happokuormaa (Adeva & Souto 2011).

Kasviproteiini sen sijaan tuottaa elimistössä pääsääntöisesti emästä, sillä se sisältää eläinproteiinia enemmän glutamaattia, joka kuluttaa vetyioneja aineenvaihdunnan yhteydessä (Adeva & Souto 2011). Kasvikset ja hedelmät sisältävät lisäksi huomattavan määrän emäksen esimuotoja kaliumia, magnesiumia ja kalsiumia. Kun nämä mineraalit metabolisoituvat, muodostuu emäksistä karbonaattia, joka pystyy tasapainottamaan elimistön happamuutta vähentämällä vetyionien määrää. (Sellmayer ym. 2001.) Lopulta elimistön happo-emäskuorma syntyy ravinnon sisältämien asidogeenisten ja alkalogeenisten ruoka-aineiden kombinaatiosta (Welch ym. 2012).

Länsimainen ruokavalio sisältää useimmiten liian vähän emäksisiä kasviksia ja liikaa happamoittavia eläinkunnan tuotteita ja suolaa. Ruokavalion aikaansaama suuri happokuorma voi lopulta johtaa metaboliseen asidoosiin, jolla tiedetään olevan lukuisia hait-

tavaikutuksia muun muassa luiden terveyteen (Hu ym. 1993), korkeaan verenpaineeseen, insuliiniresistenssiin sekä virtsatie- ja munuaiskiviin. (Adevo & Souto 2011).

Metabolisen asidoosin seurauksena ammoniumionien erittyminen virtsaan lisääntyy, koska ammoniumionien kanssa munuaiset poistavat vetyioneja ja lievittävät näin elimistön happamuutta (Adevo & Souto 2011).

Happo- ja emäskuormat vaikuttavat suuresti siihen, miten paljon ammoniumia eli tyyppiä virtsaan erittyy. Terveillä ihmisillä, joiden elimistö on happo-emästasapainossa, munuaisten tuottamasta ammoniumista noin puolet eritetään virtsaan ja toinen puoli vapautetaan verenkiertoon. Krooninen metabolinen asidoosi kuitenkin lisää sekä ammoniumin tuottoa että sen erittymistä virtsaan (Tizianello ym. 1982) ja myös eläinproteiinipitoisten ruokavalioiden on todettu lisäävän ammoniumin eritystä virtsaan verrattuna kasvisruokavalioihin (Bresslau ym.1988).

Ammoniogeneesin aktivaatio munuaisissa sekä ammoniumin erityksen kasvu vaatii aminohappojen kataboliaa ja lisää näin luurankolihasmenetyksiä (Frassetto ym. 2001). Metabolinen asidoosi onkin yhteydessä lihasten hajoamiseen (Dawson-Hughes ym. 2008). Asidoosin on myös havaittu inhiboivan proteiinisynteesiä (Wiederkehr & Krapf 2001). Emäksisen kaliumkarbonaatin on puolestaan todettu vähentävän ammoniumin eritystä virtsaan sekä virtsan tyyppiä ja vähentävän lihasproteiinin hajoamista ikääntyneillä naisilla (Frassetto ym. 1997). Kaliumin erittymisen virtsaan on myös havaittu korreloivan positiivisesti rasvattoman massan (%) kanssa terveillä ikääntyneillä naisilla (Dawson-Hughes ym. 2008). Welch ym. (2012) tutkimuksessa löytyi merkittävä positiivinen yhteys rasvattoman massan sekä alkalinogeenisen ruokavalion välillä eri-ikäisillä naisilla. Tutkijoiden mukaan proteiinin saanti on tärkeää lihasten säilymisen kannalta, mutta tärkeää on myös syödä hedelmiä ja kasviksia, joista saadaan alkalinogeenisiä mineraaleja.

8 TUTKIMUSONGELMAT JA -HYPOTEESEIT

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, miten semivegetaarinen ruokavalio vaikuttaa elimistön proteiiniaineenvaihduntaan tutkimukseen valittujen virtsa- ja verimuutustujen perusteella. Tavoitteena oli, että tulosten perusteella voitaisiin arvioida erityisesti sitä, onko kasviksiin pohjautuvasta ruokavaliosta saadulla proteiinilla erilaisia vaikutuksia elimistön proteiiniaineenvaihduntaan kuin runsaalla eläinproteiinin saannilla.

1. tutkimusongelma. Aiheuttaako kasvispainotteinen, semivegetaarinen ruokavalio muutoksia elimistön proteiiniaineenvaihdunnassa?

Semivegetaarinen ruokavalio sisältää vain vähän eläinproteiinia, ja eri lähteistä olevilla proteiineilla on erilaisia aminohappokoostumuksia ja sitä kautta erilaisia fysiologisia vaikutuksia (Millward ym. 2008). Haub ym. (2002) tutkimuksen perusteella proteiinin lähteellä ei kuitenkaan ole vaikutusta lihasten voiman tai koon muutokseen. Campbellin ym. (1999) tutkimuksessa eläinproteiinia sisältänyt ruokavalio sen sijaan lisäsi lihasmassan kasvua enemmän kasviksiin pohjautuvaan ruokavalioon verrattuna. Kasvisruokavaliolla energian- ja proteiininsaanti oli kuitenkin toista ryhmää vähäisempää, ja juuri proteiinin määrällä on suuri merkitys lihasmassan kasvussa. Proteiinin nettosynteesi on myös havaittu olevan vähäisempää runsaasti kasviproteiinia sisältäneen ruokavalioiden aikana, mutta selittävä tekijä on luultavasti ruokavalioiden erilainen aminohappokoostumus (Pannemans ym. 1998). Aubertin-Leheudre & Adlercreutz (2009) havaitsivat, että lihasmassa on vahvasti yhteydessä eläinproteiinin saantiin mutta ei kasviproteiinin tai kokonaisproteiinin saantiin, mutta tässä tapauksessa kasvissyöjät eivät välttämättä saaneet tarpeeksi välttämättömiä aminohappoja. Joidenkin välttämättömien aminohappojen puute saattaa johtaa vähentyneeseen proteiinisynteesiin (Fujita & Volpi 2006). Myös Wilkinson ym. (2007) havaitsivat, että maitoproteiini saa aikaan suurempaa lihasten proteiinisynteesiä kuormituksen jälkeen soijaproteiiniin verrattuna. Ero johtui luultavasti proteiinien erilaisesta imeytyvyydestä, sillä kasviproteiinit imeytyvät huonommin kuin eläinproteiinit (Young ym. 1975).

Hypoteesi 1. Semivegetaarinen ruokavalio ei aiheuta proteiinikataboliaa, kuntoilijoilla kunhan energiaa, proteiinia ja välttämättömiä aminohappoja saadaan riittävästi.

Hypoteesi 2. Semivegetaarinen ruokavalio aiheuttaa proteiinikataboliaa kuntoilijoilla huolimatta siitä, että energiaa, proteiinia ja välttämättömiä aminohappoja saadaan tarpeeksi.

2 tutkimusongelma: Johtaako semiveetaarinen ruokavalio elimistön proteiinikataboliaan ja sitä kautta urea-arvojen nousuun?

Mikäli elimistö ei saa tarpeeksi proteiinia, se alkaa hajottaa sitä kudoksista (Briony & Bishop 2007, 157–162). Proteiinin määrän lisäksi myös välttämättömien aminohappojen liian vähäinen saanti lisää urean eritystä, koska elimistö joutuu hajottamaan kudosproteiineja välttämättömien aminohappojen saamiseksi (Gibson 2005, 425). Kasviproteiineista puuttuu aina yksi tai useampi välttämätön aminohappo, joten kasviksiin pohjautuvien ruokavalioiden vaarana on, että kaikkia välttämättömiä aminohappoja ei saada tarpeeksi (Barr & Rideout 2004). Kasvissyöjillä myös energian ja proteiinin saanti on yleisesti sekasyöjiä vähäisempää (Messina & Messina 1996, 124–135, 354–367; Kennedy ym. 2001; Barr & Broughton 2000; Janelle & Barr 1995; Alexander ym. 1994; Larsson & Johansson 2002). Kasviruokavalioiden on kuitenkin mahdollista täyttää energian, proteiinin ja välttämättömien aminohappojen tarpeet, kunhan ruoka-aineiden valintaan kiinnitetään huomiota (Venderley & Campbell 2006; Barr & Rideout 2004; Fogelholm 2003; Hunt 2003).

Hypoteesi 1: Semiveetaarinen ruokavalio ei aiheuta proteiinikataboliaa, kunhan ruokavalio sisältää tarpeeksi energiaa, proteiinia ja välttämättömiä aminohappoja. Tällöin virtsan ja veren urea-arvot eivät nouse, vaan luultavasti jopa laskevat, koska ruokavalio sisältää vähemmän typpipitoista proteiinia.

Hypoteesi 0: Semiveetaarinen ruokavalio aiheuttaa proteiinikataboliaa, koska ruokavaliosta ei saada tarpeeksi energiaa, proteiinia tai välttämättömiä aminohappoja. Kaikkia näitä täytyy saada riittävästi, jotta elimistön proteiinitasapaino säilyy. Katabolia näkyy urea-arvojen nousuna.

3. tutkimusongelma: Laskeeko semiveetaarinen ruokavalio elimistön kreatiiniinipitoisuutta, koska ruokavalio sisältää vain vähän kreatiinia ja sen prekursoriaminohappoja?

Virtsan kreatiinin määrään vaikuttaa kolme ravinnon ainesosaa: proteiini, kreatiini ja kreatiiniini. Proteiinin vaikutus johtuu sen sisältämisestä kreatiinin prekursoriaminohaposta. (Heymsfield ym. 1983.) Näitä aminohappoja on erityisesti lihassa ja kalassa (Lukaszuk ym. 2002), ja niiden syöminen lisää kreatiinin tuottoa (Heymsfield ym. 1983). Myös kreatiinia saadaan ravinnosta lähinnä lihasta, kalasta ja siipikarjasta (Barr & Rideout 2004). Koska semivegetaarinen ruokavalio sisältää vain vähän kreatiinipitoista lihaa tai kalaa, on oletettavaa, että lihasten kreatiinipitoisuus on sekasyöjiä alhaisempi (Barr & Rideout 2004). Delanghe ym. (1989) ja Shomrat ym. (2000) ovat huomanneet, että kasvissyöjillä plasman kreatiinimäärä oli alhaisempi kuin sekasyöjillä. Myös Burken ym. (2003) virtsa-analyysi osoittaa, että kasvissyöjät erittävät virtsaan merkitsevästi vähemmän kreatiiniä kuin sekasyöjät. Toisaalta tiedetään, että kreatiiniton kasvisruokavalio aktivoi ja lihan kulutus vähentää kreatiinisynteesiä katalysoivaa entsyymiä (Heymsfield ym. 1983).

Hypoteesi 1: Virtsan ja veren kreatiinipitoisuudet laskevat, koska semivegetaarinen ruokavalio sisältää vain vähän kreatiinipitoista lihaa.

Hypoteesi 0: Virtsan ja veren kreatiinipitoisuudet eivät laske, koska elimistön kreatiinisynteesi lisääntyy semiveetaarisen ruokavalion seurauksena.

4. tutkimusongelma. Muuttaako semiveetaarinen ruokavaliojakso seerumin proteiini- ja/tai albumiinipitoisuuksia, mikä saattaisi kertoa viskeraalisen proteiinin kataboliasta?

Ravinnosta saadun proteiinin lyhytaikaiset muutokset heijastuvat aluksi viskeraaliseen proteiiniin (Briony & Bishop 2007, 157–162), jonka määrää arvioidaan yleensä yhden tai useamman seerumiproteiinin avulla. Proteiinin vähäinen saanti vähentää plasmaproteiinien synteesiä, mikä taas näkyy seerumin proteiinipitoisuuksien laskuna. (Gibson 2005, 410; Briony & Bishop 2007, 66.) Seerumin albumiini kattaa noin 50–60 % seerumin kokonaisproteiinimäärästä, joten suuri osa seerumin kokonaisproteiinipitoisuuden muutoksista johtuu albumiinipitoisuuksien muutoksista (Gibson 2005, 411). Albumiinin puoliintumisaika on melko pitkä ja elimistön albumiiniallas suuri, minkä takia se reagoi melko hitaasti ravitsemustilan muutoksiin. Muilla seerumin proteiineilla puoliintumisaajat ovat lyhyempiä, joten ne saattavat reagoida herkemmin ravitsemustilan muutoksiin.

(Gibson 2005, 413–417.) Kuitenkin myös monet ei-ravitsemukselliset tekijät vaikuttavat huomattavasti seerumiproteiinien pitoisuuksiin (Gibson 2005, 410; Briony & Bishop 2007, 66). Caso ym. (2000) tutkimuksen mukaan kasvisperäinen proteiini vähentää albumiinisynteesiä. Kasviksiin pohjautuva ruokavalio vaikuttaa veren albumiinipitoisuuksiin kuitenkin vasta pitkän ajan kuluttua (Hoffenberg ym. 1966; Kelman ym. 1972).

Hypoteesi 1. Seerumin albumiinipitoisuus ei muutu, koska viikko on liian lyhyt aika vaikuttaakseen elimistön albumiinipitoisuuksiin. Myöskään seerumin kokonaisproteiinipitoisuus ei muutu, koska siitä suurin osa on juuri albumiinia.

Hypoteesi 0. Seerumin albumiini- ja proteiinipitoisuus laskevat, koska semivegetaarinen ruokavalio aiheuttaa proteiinikataboliaa, joka näkyy ensimmäisenä viskeraalisissa proteiineissa eli muun muassa seerumin proteiineissa.

5. *tutkimusongelma.* Laskeeko semivegetaarinen ruokavalio seerumin IGF-1-pitoisuuksia?

Eläinproteiineilla on havaittu olevan positiivinen yhteys seerumin IGF-1-pitoisuuksiin (Young ym. 2012). Lisäksi on havaittu, että kasviksiin perustuva ruokavalio vähentää IGF-1-tasoja (Allen ym. 2000 ja 2002). Ravinnon vaikutuksesta IGF-1-pitoisuuksiin on kuitenkin ristiriitaisia tutkimustuloksia. Esimerkiksi Holmesin ym. (2002) tutkimuksessa punainen liha ei nostanut IGF-1-tasoja ja Giovannucci ym. (2003) tutkimuksessa etenkin kala, siipikarja ja maitotuotteet – mutta myös kasviproteiini – nostivat IGF-1-tasoja. Young ym. (2012) katsauksen perusteella ainakin eläinproteiinin, maitotuotteiden, kalsiumin ja seleenin saannilla on positiivinen yhteys IGF-1:n seerumipitoisuuksiin. Yhteys eläinproteiinin ja IGF-1:n välillä on uskottava, koska välttämättömät aminohapot lisäävät IGF-1:n geenien ilmentymistä (Thissen ym. 1994). Välttämättömien aminohappojen vähäinen saanti laskee IGF-1-tasoja (Harp ym. 1991; Miura ym. 1992).

Hypoteesi 1. Semivegetaarinen ruokavalio ei vaikuta seerumin IGF-1-pitoisuuksiin, kunhan välttämättömiä aminohappoja saadaan tarpeeksi.

Hypoteesi 2. Semivegetaarinen ruokavalio laskee seerumin IGF-1-pitoisuuksia, koska elimistö ei saa tarpeeksi välttämättömiä aminohappoja.

9 TUTKIMUSMENETELMÄT

9.1 Koehenkilöt

Tutkimuksen käynnistyessä koehenkilöinä oli 96 tervettä, 12–75-vuotiasta kuntoliikuntaa harrastavaa miestä ja naista. Koehenkilöt jaettiin iän perusteella kolmeen ryhmään: 12–15-vuotiaat (lasten ryhmä), 25–35-vuotiaat (keskiryhmä) sekä 65–75-vuotiaat (ikäntyneiden ryhmä). Jokaisessa ikäryhmässä oli sekä naisia että miehiä. Osa koehenkilöistä jätti tutkimuksen kesken, joten lopullinen koehenkilömäärä oli 88 (lapset 22, keskiryhmä 33 ja ikääntyneet 33) (taulukko 1).

TAULUKKO 1. Tutkimuksen koehenkilöt (keskiarvo \pm keskihajonta). 1 = alkumittaukset, 2 = KASVIS-ravintojaksoa edeltänyt mittaus, 3 = LIHA-ravintojaksoa edeltänyt mittaus.

	Lapset 12–15 v		Keskiryhmä 25–35 v		Ikääntyneet 60–75 v	
	Pojat	Tytöt	Miehet	Naiset	Miehet	Naiset
N	13	9	15	18	17	16
Ikä	13,4 \pm 1,4	13 \pm 1,2	29,1 \pm 2,7	27,6 \pm 3,4	67,1 \pm 3,7	65,4 \pm 3,6
Pituus	161,0 \pm 11,8	158,3 \pm 5,8	180 \pm 5,6	164,6 \pm 6,1	175,7 \pm 6,4	163,6 \pm 7,4
Paino 1	52,3 \pm 10,9	49,4 \pm 7,7	79,5 \pm 9,7	58,3 \pm 5,0	78,8 \pm 10,0	67,6 \pm 11,0
Paino 2	52,6 \pm 11,1	48,8 \pm 6,6	77,5 \pm 9,1	57,0 \pm 5,3	77,6 \pm 9,6	66,6 \pm 10,5
Paino 3	53,0 \pm 11,1	49,3 \pm 6,9	77,5 \pm 9,1	57,3 \pm 5,1	77,7 \pm 9,5	66,5 \pm 10,9

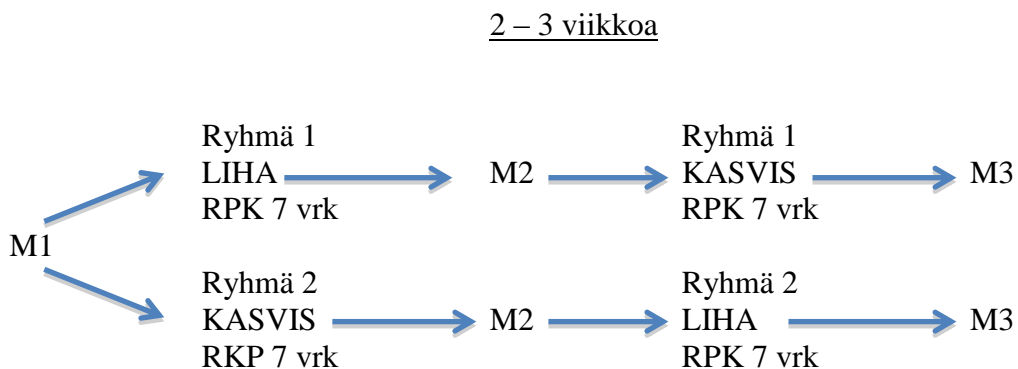
Koehenkilöt osallistuivat tutkimukseen vapaaehtoisesti. Ennen tutkimuksen käynnistymistä koehenkilöt saivat tarkat tiedot tutkimuksen kulusta ja tarkoituksesta, minkä jälkeen he antoivat kirjallisen suostumuksensa tutkimukseen osallistumisesta. Tutkimussuunnitelma sai puoltavan lausunnon Jyväskylän yliopiston eettisessä toimikunnassa.

9.2 Koeasetelma

Kaikki koehenkilöt kävivät läpi saman koeasetelman (kuva 5). Alkumittaus, M1, sisälsi koehenkilöiden antropometrian (pituus ja paino) mittauksen sekä koehenkilöiden

ohjeistuksen tutkimusta varten.

Kahdesta kolmeen viikon kuluttua M1-mittauksesta koehenkilöt aloittivat viikon kestäneen ravintojakson, jonka aikana he nauttivat joko normaaliproteiinista, runsaasti kasviksia sisältänyttä semivegetaarista ruokavaliota (KASVIS) tai runsaasti lihaa sisältänyttä, runsasproteiinista ruokavaliota, joka ei sisältänyt juuri lainkaan kasviksia (LIHA). Koehenkilöiden nauttimien ruokavalioiden järjestys oli satunnaistettu. Syödyt ruoka-aineet punnittiin talousvaa’alla, ja koehenkilöt merkitsivät annosmäärät ruokapäiväkirjaan, jota he pitivät ravintojaksojen ajan.



KUVA 5. Koeasetelma. RPK = ruokapäiväkirja. LIHA = lihatuotteita sisältävä runsasproteiininen dieetti ilman kasviksia. KASVIS = normaaliproteiininen semivegetaarinen kasvisdieetti. M1 = alkumittaukset. M2 ja M3 = ruokavalioiden jälkeiset mittaukset.

Ravintojakson käynnistymistä edeltävänä iltana koehenkilöt aloittivat 12 h virtsanäytteen keräämisen. Virtsan keräys loppui seuraavana aamuna, kun koehenkilöt saapuivat paastoverikokeisiin. Seitsemän vuorokauden mittaisen ravintojakson päätteeksi koehenkilöt keräsivät uudelleen 12 h virtsanäytteen ja saapuivat laboratoriolle paastoverikokeisiin (M2). Ensimmäisen ravintojakson päätyttyä koehenkilöt kävivät uudelleen läpi ravintojakson sekä veri- ja virtsamittaukset (M3) toista ruokavaliota noudattaen muutama viikon kuluttua ensimmäisestä ravintojaksosta. Ravintojaksojen aikana koehenkilöt täyttivät ruokapäiväkirjaa (7 vrk). Lisäksi he täyttivät ruokapäiväkirjaa neljän päivän ajan ennen molempia ravintojaksoja (yhteensä 8 vrk), jotta heidän tavanomainen ruokavaliionsa saatiin selville.

Ennen paastoverikokeita koehenkilöiden tuli välttää alkoholia, liikuntaa, tupakkaa, kahvia ja teetä 24 tunnin ajan. Testijakson aikana kahvia ja teetä sai juoda normaalisti, mutta alkoholin ja tupakan käyttö oli kiellettyä. Koehenkilöt saivat harrastaa liikuntaa tutkimuksen aikana normaalisti lukuun ottamatta testejä edeltäviä vuorokausia. Päivittäinen fyysinen aktiivisuus kirjattiin ylös ruokapäiväkirjan yhteyteen.

Tutkimus oli osa laajempaa väitöskirjatutkimusta, joten koeasetelma sisälsi myös kuormitus- ja kehonkoostumusmittauksia, joita ei tässä tutkimuksessa hyödynnetty.

9.3 Ravintojaksojen ruokavaliot

KASVIS-ravintojakson ruokavalio oli niin sanottu semivegetaarinen ruokavalio, joka sisälsi runsaasti kasviksia. Kerran päivässä koehenkilöt söivät myös vaaleaa (broilerin) lihaa sekä maitotuotteita (jogurttia). Proteiinia KASVIS-ruokavalio sisälsi ravitsemussuosituksen mukaisesti. Rasvan saanti turvattiin avokadon sekä öljypitoisen salaatikastikkeen avulla.

LIHA-ravintojaksolla haluttiin saada selkeä ero KASVIS-ruokavalioon, joten se sisälsi mahdollisimman vähän kasviksia. LIHA-ruokavalio sisälsi runsaasti (yli suositusten) eläinproteiinia (mm. kinkkua, jauhelihaa ja broileria) sekä tyydyttyynyttä rasvaa sisältäviä maitotuotteita (juusto) ja kananmunia. LIHA-ruokavalio sisälsi talkkunaa, jotta kuidun saanti oli turvattu. Myös KASVIS-ruokavalio sisälsi talkkunaa.

Molemmilla ruokavalioilla jokainen ravintojakson päivä oli ravinnoltaan keskenään samanlainen, ja koehenkilöt saivat tarkan rungon ruokavalioiden noudattamista varten. Esimerkit molemmista ruokavaliojaksoista on esitetty liitteessä 1. Ensimmäisen ravintojakson energiamäärien avulla laskettiin annoskoot toiselle ravintojaksolle, koska koehenkilöiden energiansaanti pyrittiin vakioimaan testiviikoilla. Koehenkilöitä ohjeistettiin syömään ensimmäisen ravintojakson aikana niin, että olo oli kylläinen, mutta energiantarpeen yliarviointia pyrittiin välttämään. Maitoa, kahvia ja teetä koehenkilöt saivat juoda tarpeen mukaan, lukuun ottamatta paastoverikoetta edeltäviä iltoja, jolloin kahvi ja tee olivat kiellettyjä. Lapset söivät molemmilla ruokavalioviikoilla lounaan koulussa, joten tämän aterian sisältöä ei pystytty kontrolloimaan.

9.4 Aineiston keräys ja analysointi

Mittaukset suoritettiin Jyväskylän yliopiston liikunta- ja terveystieteiden laboratoriossa kesien 2010 ja 2011 välillä.

Antropometria. Koehenkilöiden pituus mitattiin M1-mittauksen yhteydessä seinään kiinnitetyllä pituusmitalla ja samaa pituutta käytettiin läpi tutkimuksen. Pituus määritettiin millimetrin tarkkuudella koehenkilön seistessä seinää vasten ilman kenkiä. Mittanauhan tasainen pää asetettiin koehenkilön pään päälle, jolloin pituus oli luettavissa mittanauhasta. Paino mitattiin muihin tutkimuksiin sisältyneiden kehonkoostumusmittausten yhteydessä bioimpedanssilaitteella (In-Body720 body composition analyzer, Biospace Co. Ltd, Seoul, South Korea) M1-mittauksissa sekä molempien ravintojaksojen alkaessa.

Verinäytteet. Ennen ravintojakson aloittamista koehenkilöt kävivät verikokeessa (pre), jota oli edeltänyt 12 tunnin yöpaasto. Sekä M2- että M3-mittaukseen koehenkilöt tulivat niin ikään 12 tunnin paaston jälkeen aamulla, minkä jälkeen heiltä otettiin paastoverinäyte (post). Verinäytteet otettiin käsivarren laskimosta Jyväskylän yliopiston liikunta-biologian laitoksen laboratoriossa, jossa verinäytteet myös analysoitiin. Verinäytteistä analysoitiin tätä tutkimusta varten seerumin kreatiniini, urea, kokonaisproteiinit, albumiini sekä keskiryhmältä IGF-1.

Seerumin kreatiniini ja urea analysoitiin käyttäen KonelabTM 20 Xti entsyymattista, fotometristä menetelmää (KonelabTM Thermo Fisher Scientific Oy, Vantaa Finland). Menetelmän herkkyys on kreatiniinille 38 µmo/l ja toistettavuus (CV%) 6,4 %. Urealle herkkyys on 5,4 mmol/l ja toistettavuus 6,4 %. Seerumin proteiinit analysoitiin käyttäen KonelabTM 20 Xti fotometristä menetelmää (Total Protein KonelabTM Thermo Fisher Scientific Oy, Vantaa Finland). Menetelmän herkkyys on 63 g/l ja toistettavuus 2,0 %. Seerumin albumiini analysoitiin käyttäen KonelabTM 20 Xti fotometristä menetelmää (BCP KonelabTM Thermo Fisher Scientific Oy, Vantaa Finland). Menetelmän herkkyys on 40 g/l ja toistettavuus 2,3 %. Seerumin IGF-1 analysoitiin käyttäen Immulite 1000 kemiluminenssiin perustuvaa immunologista menetelmää (Immulite 1000, Siemens

Healthcare Diagnostics Products Ltd, Gwynedd, UK). Menetelmän herkkyys on 25,5 nmol/l ja toistettavuus 6,9 %.

Virtsanäytteet. Koehenkilöitä kerättiin 12 tunnin yöpaastovirtsaa ennen ravintojakson alkua sekä molempien ravintojaksojen viimeiseltä vuorokaudelta ennen M2- ja M3-mittauksia. Koehenkilöt oli ohjeistettu ottamaan talteen kaikki virtsa 12 tunnin ajalta ja säilyttämään keräysastia suljettuna viileässä ja valolta suojattuna. Näytteet toimitettiin laboratorioon mittauspäivän aamuna. Virtsanäytteistä analysoitiin tätä tutkimusta varten virtsan kreatiniini sekä urea.

Virtsan kreatiniini analysoitiin käyttäen Konelab™ 20 Xti entsyymaattista, fotometristä menetelmää (Konelab™ Thermo Fisher Scientific Oy, Vantaa Finland). Menetelmän herkkyys on 6,7 mmol/l ja toistettavuus (CV %) 3,5 %. Virtsan urea analysoitiin käyttäen Konelab™ 20 Xti fotometristä menetelmää (Konelab™ Thermo Fisher Scientific Oy, Vantaa Finland). Menetelmän herkkyys on 170,3 mmol/l ja toistettavuus 4,5 %.

Ruoka- ja liikuntapäiväkirjat. Koehenkilöt ohjeistettiin täyttämään testiviikoilla ruokapäiväkirjaan käytettyjen ruoka-aineiden määrät mahdollisimman tarkasti talousvaakaa apuna käyttäen. Jokainen ravintojakson päivä oli ravinnoltaan samanlainen, ja käytettävät ruoka-aineet oli merkitty ruokapäiväkirjaan valmiiksi. Ensimmäisen ravintojakson energiamäärien avulla laskettiin annoskoot toiselle ravintojaksolle, jotta koehenkilöiden energiansaanti saatiin vakioitua testiviikoilla. Koehenkilöitä ohjeistettiin syömään ensimmäisen ravintojakson aikana niin, että olo oli kylläinen, mutta energiantarpeen yliarviointia pyrittiin välttämään. Koehenkilöt täyttivät ruokapäiväkirjaa myös neljän vuorokauden ajan ennen ravintojaksojen alkua (yhteensä 8 vrk), jotta heidän tavanomainen ruokavalionsa saatiin selville.

Ruokapäiväkirjaan merkittiin myös päivittäinen fyysinen aktiivisuus testijakson aikana. Liikuntaa oli koehenkilöillä keskimäärin 3–4 kertaa viikossa, ja se oli luonteeltaan hyöty- ja terveysliikuntaa. Koehenkilöiden täyttämät ruokapäiväkirjat analysoitiin Nutri-Flow-ravintolaskelmaohjelmistolla (Flow-Team Oy, Oulu, Finland, 2012). Ruokapäiväkirjoista määritettiin kokonaisenergian ja energiaravintoaineiden saanti sekä hiilihydraattien, proteiinien ja rasvojen osuudet kokonaisenergiasta.

Tilastolliset menetelmät. Veri- ja virtsanäytteistä sekä ravintoanalyyseistä saadut tulokset analysoitiin SPSS 20.0 for Windows-ohjelmalla (SPSS, Inc, IL.) Ennen tilastoanalyysyä aineiston normaalijakautuneisuus tutkittiin. Tilastoanalyyseissa analysoitiin ryhmittäin keskiarvot ja keskihajonnat. Tilastollisissa analyyseissa käytettiin Studentin t-testiä sekä parillista t-testiä. Muuttujien väliset korrelaatiot testattiin käyttäen Pearsonin korrelaatiokerrointa. Kuvaajat piirrettiin Microsoft Excel 2011 -ohjelmalla. Tulossiossa kaikki tulokset on esitetty muodossa keskiarvo \pm keskihajonta. Tilastollisissa testeissä merkitsevyyden rajana oli $p < 0,05$.

10 TULOKSET

10.1 Ravinto

Taulukossa 2 on esitetty kokonaisenergian saanti (kcal/vrk) sekä eri energiaravintoaineiden (hiilihydraatit, proteiinit ja rasvat) saanti (g/kg/vrk) ja osuus kokonaisenergian saannista (%) KASVIS- ja LIHA-viikkojen ajalta sekä koehenkilöiden tavanomainen ruokavalio (OMA). Pieni osa kokonaisenergiasta tuli aikuisten ryhmällä alkoholista, vaikka alkoholin nauttiminen kiellettiin koehenkilöiltä ravintojaksojen aikana. Alkoholin osuus oli kuitenkin niin pieni, ettei sitä merkitty taulukkoon.

Kasvisten saannissa oli merkitsevä ero ravintojaksojen välillä kaikissa ryhmissä. KASVIS-ravintojaksolla kasvisten saanti oli myös merkitsevästi suurempaa kuin koehenkilöiden tavanomainen kulutus (OMA). Kaikissa ryhmissä kasvisten saanti oli KASVIS-ravintojaksolla moninkertaista tavanomaiseen kulutukseen nähden. LIHA-ravintojaksolla kasvisten kulutus oli puolestaan monta kertaa pienempää kuin koehenkilöiden tavanomainen kulutus.

Kaikissa muissa paitsi ikääntyneiden ryhmässä eri ravintojaksojen välillä oli merkitsevä ero kokonaisenergian saannissa niin, että energiansaanti KASVIS-ravintojaksolla oli merkitsevästi pienempää kuin LIHA-ravintojaksolla. Näissä ryhmissä KASVIS-ravintojakson energiansaanti oli myös merkitsevästi vähäisempää kuin koehenkilöiden tavanomainen saanti. Keskiryhmällä myös LIHA-ravintojakson energiansaanti oli merkitsevästi tavanomaista saantia vähäisempää. Ikääntyneillä energiansaanti oli LIHA-ravintojaksolla merkitsevästi suurempaa kuin heidän tavanomainen saantinsa.

Proteiinin saanti (g/kg/vrk) oli kaikissa ryhmissä merkitsevästi suurempaa LIHA-ravintojaksolla kuin KASVIS-ravintojaksolla. Lapsia lukuun ottamatta proteiinin saanti oli LIHA-ravintojaksolla myös merkitsevästi suurempaa kuin koehenkilöiden tavanomainen saanti. KASVIS-jaksolla proteiinin saanti oli merkitsevästi pienempää kuin tavanomainen saanti kaikissa muissa paitsi iäkkäiden ryhmässä.

TAULUKKO 2. Kokonaisenergian ja energiaravintoaineiden saanti testi viikkojen aikana sekä tavanomainen kulutus. * tilastollisesti merkitsevä ero KASVIS- ja LIHA-arvojen välillä ($p < 0,05$), ** tilastollisesti merkitsevä ero ($p < 0,01$) KASVIS- ja LIHA-arvojen välillä, *** tilastollisesti merkitsevä ero ($p < 0,001$) KASVIS- ja LIHA-arvojen välillä, ” tilastollisesti merkitsevä ero ($p < 0,05$) OMA-arvon kanssa, ”” tilastollisesti merkitsevä ero ($p < 0,01$) OMA-arvon kanssa, ””” tilastollisesti merkitsevä ero ($p < 0,001$) OMA-arvon kanssa.

	Lapset 12–15 v			Keski-ikäiset 25–35 v			Ikääntyneet 60–75 v			Kaikki koehenkilöt		
	OMA	KASVIS	LIHA	OMA	KASVIS	LIHA	OMA	KASVIS	LIHA	OMA	KASVIS	LIHA
Kasvikset (g/vrk)	149,2 ± 108,6	840,4 ± 533,3***””””	35,2 ± 17,8***””””	102,2 ± 33,4	1402,4 ± 390,2***””””	23,1 ± 9,7***””””	407,8 ± 158,9	1306,6 ± 336,7***””””	18,8 ± 7,5***””””	230,0 ± 180,4	1221,9 ± 468,0***””””	24,6 ± 13,3***””””
Energia (kcal/vrk)	2000,8 ± 595,1	1642,4 ± 482,7***””””	1860 ± 520,1**	2287,0 ± 552,5	1837,3 ± 469,7***””””	2025,5 ± 548,0***”	1769,2 ± 324,2	1811,2 ± 335,8	1892,8 ± 383,5”	2018,2 ± 535,2	1777,4 ± 429,4***””””	1933,6 ± 483,5***
Proteiini (g/kg/vrk) (%)	1,70 ± 0,55 (17,5 ± 4,9)	1,26 ± 0,33***””””” (14,6 ± 3,6)***”””””	1,83 ± 0,59*** (22,1 ± 4,0)***”””””	1,49 ± 0,51 (18,0 ± 4,2)	1,26 ± 0,26***”””” (17,9 ± 3,6)***”	0,46***””””” (28,6 ± 3,4)***”””””	1,08 ± 0,20 (17,6 ± 2,1)	1,06 ± 0,18*** (16,9 ± 2,3)***”	1,91 ± 0,42***””””” (28,9 ± 2,6)***”””””	1,39 ± 0,50 (17,8 ± 3,7)	1,18 ± 0,27***””””” (16,7 ± 3,2)***””	1,99 ± 0,50***””””” (27,1 ± 4,4)***”””””
Hiilihydraatti (g/kg/vrk) (%)	5,01 ± 1,45 (50,9 ± 7,5)	4,94 ± 1,46** (58,6 ± 5,7)***”””””	4,02 ± 1,72**” (46,0 ± 7,2)***””””	3,98 ± 1,28 (48,1 ± 6,9)	4,08 ± 0,98*** (56,8 ± 5,6)***”””””	3,11 ± 0,80***””””” (40,2 ± 3,9)***”””””	2,91 ± 0,89 (46,6 ± 5,3)	3,37 ± 0,86***””””” (52,9 ± 4,2)***”””””	2,74 ± 0,81*** (40,8 ± 3,9)***”””””	3,83 ± 1,44 (48,2 ± 6,6)	4,03 ± 1,24*** (55,7 ± 5,6)***”””””	3,20 ± 1,21***””””” (41,9 ± 5,4)***”””””
Rasva (g/kg/vrk) (%)	1,37 ± 0,50 (31,0 ± 5,7)	0,96 ± 0,37***””””” (25,4 ± 6,0)***”””””	1,27 ± 0,35*** (31,2 ± 4,2)***”	1,12 ± 0,36 (30,6 ± 5,4)	0,73 ± 0,24***””””” (22,8 ± 5,2)***”””””	1,00 ± 0,29***””””” (29,5 ± 4,9)***”	0,9 ± 0,21 (33,0 ± 5,3)	0,78 ± 0,22””” (27,5 ± 4,4)””””	0,85 ± 0,20 (28,9 ± 4,0)””””	1,10 ± 0,40 (31,6 ± 5,5)	0,81 ± 0,28***””””” (25,2 ± 5,5)***”””””	1,01 ± 0,32***””””” (29,7 ± 4,4)***””””

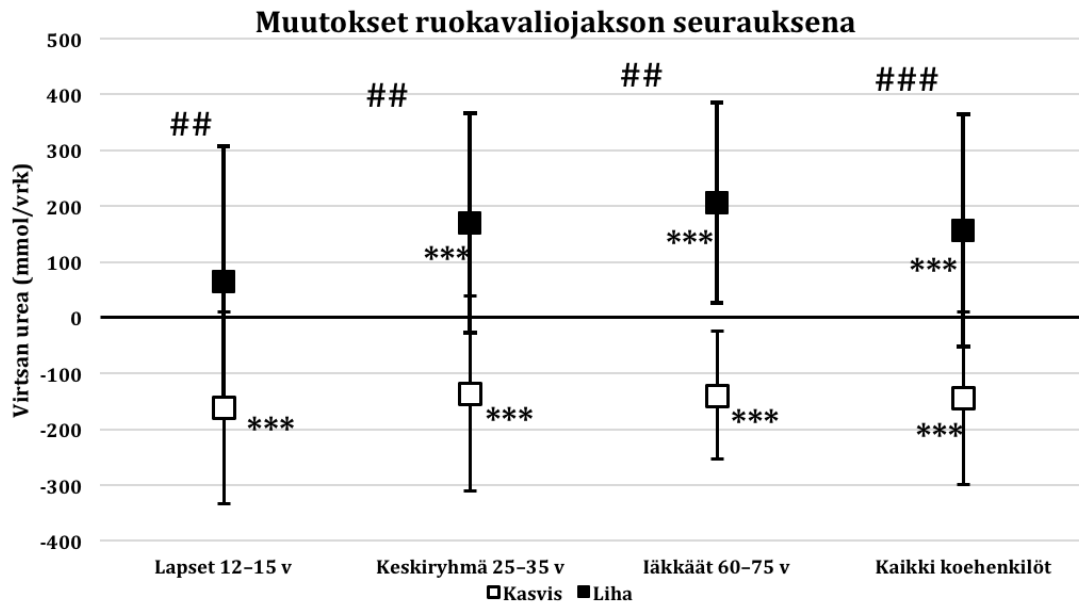
Prosentuaalisena osuutena kokonaisenergiansaannista proteiinin saanti erosi kaikissa ryhmissä merkittävästi KASVIS- ja LIHA-ravintojaksoilla. LIHA-jaksolla proteiinin osuus kokonaisenergiansaannista oli kaikissa ryhmissä merkitsevästi suurempaa kuin koehenkilöillä tavallisesti. KASVIS-ravintojaksolla proteiinin osuus oli lapsilla tavanomaista pienempi. Näin oli myös silloin, kun koehenkilöitä tarkasteltiin yhtenä joukkona.

Hiilihydraatin saanti (g/kg/vrk) oli kaikissa ryhmissä KASVIS-ravintojaksolla merkittävästi suurempaa kuin LIHA-ravintojaksolla. Iäkkäillä KASVIS-ravintojakson saanti oli myös merkitsevästi suurempaa kuin hiilihydraatin tavanomainen saanti. Muissa ikäryhmissä hiilihydraatin saanti LIHA-ravintojaksolla oli puolestaan merkitsevästi tavanomaista vähäisempää. Prosentuaalisena osuutena kokonaisenergiasta hiilihydraatin saannissa oli merkitsevä ero ravintojaksojen välillä kaikissa ryhmissä. Kaikissa ryhmissä KASVIS-ravintojakson hiilihydraatin prosentuaalinen saanti oli myös merkittävästi suurempaa ryhmien tavanomaiseen saantiin verrattuna. LIHA-jaksolla prosentuaalinen saanti oli puolestaan kaikissa ryhmissä merkitsevästi pienempää kuin koehenkilöiden tavanomainen saanti.

Muissa paitsi iäkkäiden ryhmässä rasvan saanti (g/kg/vrk) oli merkittävästi pienempää KASVIS-ravintojaksolla kuin LIHA-ravintojaksolla. Kaikissa ryhmissä rasvan saanti oli KASVIS-jaksolla myös merkittävästi tavanomaista saantia pienempää. Keskiryhmässä rasvan saanti oli merkittävästi tavanomaista pienempää myös LIHA-jaksolla. Rasvan prosentuaalinen osuus kokonaisenergiansaannista oli kaikissa ryhmissä KASVIS-jaksolla merkittävästi tavanomaista pienempi. Iäkkäillä näin oli myös LIHA-ravintojaksolla. Lapsilla ja keskiryhmällä rasvan prosentuaalinen osuus erosi merkittävästi ravintojaksojen välillä.

10.2 Ravinnon vaikutus virtsamuuttujiin

Taulukossa 3 on esitetty 12 h virtsanäytteistä määritetyt muuttujat, virtsan urea ja virtsan kreatiniini, KASVIS- ja LIHA-ravintojaksojen alussa (pre) ja jälkeen (post). Näiden muuttujien muutokset (post–pre) esitetään kuvissa 6 ja 7.



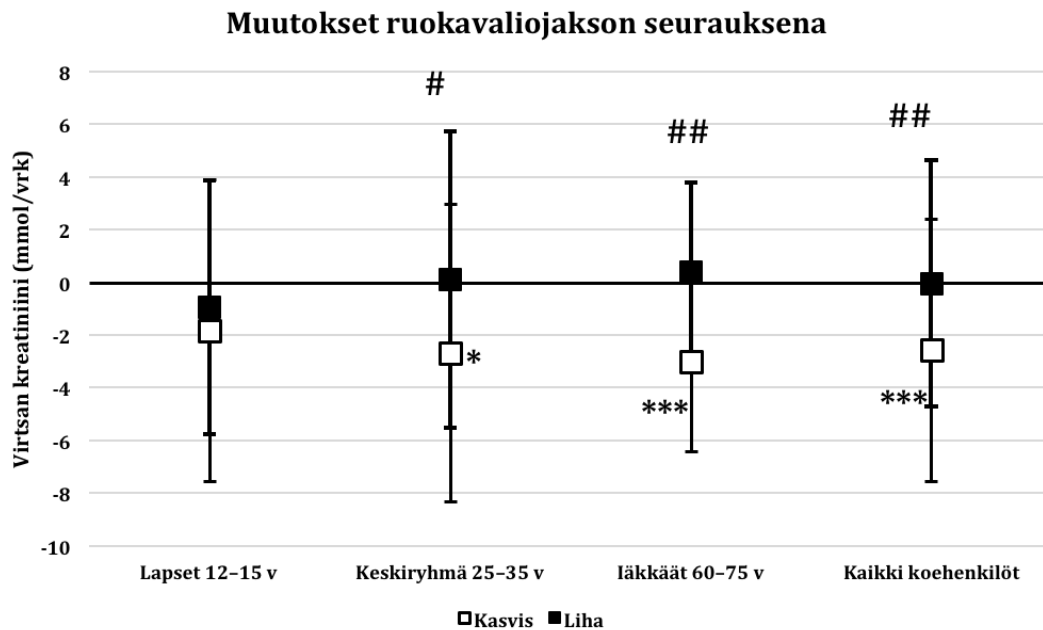
KUVA 6. Virtsan urean muutokset ravintoviikkojen aikana. * tilastollisesti merkitsevä ero ($p < 0,05$) verrattuna pre-arvoon (ennen ravintojakson alkua), ** tilastollisesti merkitsevä ero ($p < 0,01$), *** tilastollisesti merkitsevä ero ($p < 0,001$), # tilastollisesti merkitsevä ero ($p < 0,05$) ravintojaksojen välillä, ## tilastollisesti merkitsevä ero ($p < 0,01$) ravintojaksojen välillä, ### tilastollisesti merkitsevä ero ($p < 0,001$) ravintojaksojen välillä.

KASVIS-ravintojakson aikana virtsan urea-arvot laskivat merkitsevästi (kaikilla koehenkilöillä $-144,4 \pm 154,7$ mmol/vrk). LIHA-ravintojakson aikana taas arvot nousivat merkitsevästi (kaikilla koehenkilöillä $155,4 \pm 208,4$ mmol/vrk), lapsia lukuun ottamatta. Koska ravintojaksot vaikuttivat virtsan urea-arvoon juuri päivittäin, oli ravintojaksojen aiheuttamien muutosten välinen ero merkitsevä kaikissa ryhmissä.

TAULUKKO 3. 12 h virtsanäytteistä määritetyt muuttujat KASVIS- ja LIHA-ravintojaksojen alussa (pre) ja jälkeen (post).

	Lapset 12–15 v				Keskiryhmä 25–35 v				Iäkkäät 60–75 v				Kaikki koehenkilöt			
Ruokavaliojakso	KASVIS		LIHA		KASVIS		LIHA		KASVIS		LIHA		KASVIS		LIHA	
Mittausaika	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
Virtsan urea (mmol/vrk)	435,0 ± 193,6	273,1 ± 160,6	425,6 ± 165,3	489,4 ± 205,6	347,5 ± 174,3	211,2 ± 122,7	330,4 ± 141,1	499,3 ± 230,2	317,8 ± 143,3	184,3 ± 79,1	259,5 ± 82,9	465,6 ± 189,3	359,2 ± 173,5	217,3 ± 124,4	328,4 ± 144,0	484,2 ± 207,6
Virtsan kreatiiniini (mmol/vrk)	10,80 ± 3,29	8,95 ± 3,94	11,60 ± 4,42	10,66 ± 3,62	11,67 ± 7,07	8,98 ± 6,42	10,87 ± 6,74	10,99 ± 4,90	8,79 ± 4,23	6,1 ± 2,87	7,29 ± 2,78	7,74 ± 3,21	10,41 ± 5,42	7,93 ± 4,92	9,74 ± 5,30	9,69 ± 4,26

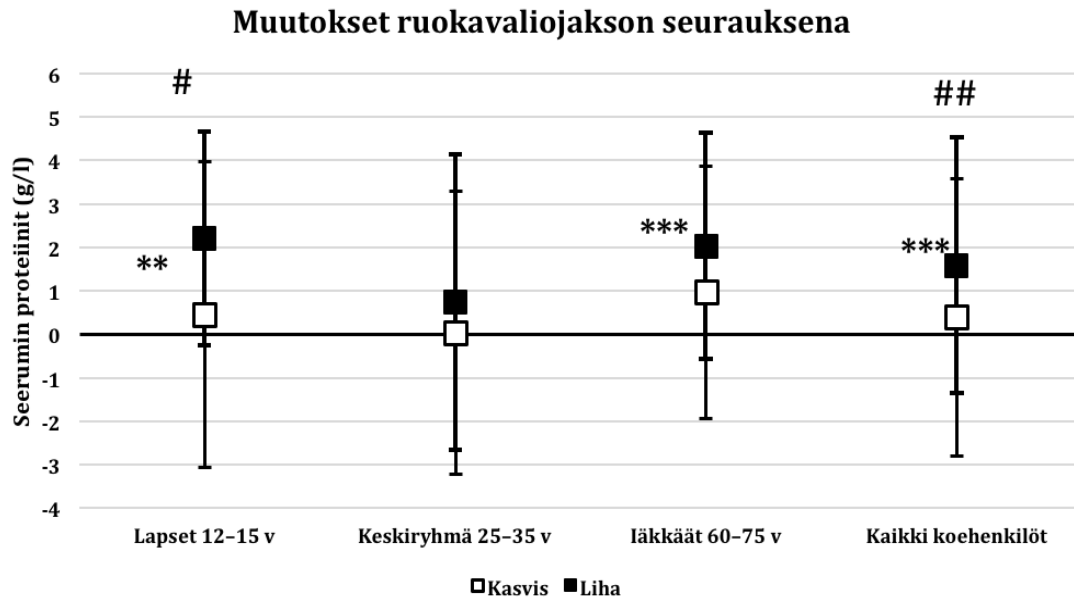
Virtsan kreatiniini (mmol/vrk) laski KASVIS-ravintojakson aikana merkitsevästi kaikissa muissa paitsi lasten ryhmässä (kaikilla koehenkilöillä $-2,57 \pm 4,99$ mmol/vrk). LIHA-ravintojakson aikana millään ryhmällä ei tapahtunut merkitseviä muutoksia virtsan kreatiniinissa. KASVIS-ravintojakson aiheuttaman muutoksen takia ravintojakson aiheuttamien muutosten välillä oli kuitenkin merkitsevä ero lasten ryhmää lukuun ottamatta.



KUVA 7. Virtsan kreatiniinin muutokset ravintoviikkojen aikana. * tilastollisesti merkitsevä ero ($p < 0,05$) verrattuna pre-arvoon (ennen ravintojakson alkua), ** tilastollisesti merkitsevä ero ($p < 0,01$), *** tilastollisesti merkitsevä ero ($p < 0,001$), # tilastollisesti merkitsevä ero ($p < 0,05$) ravintojaksojen välillä, ## tilastollisesti merkitsevä ero ($p < 0,01$) ravintojaksojen välillä, ### tilastollisesti merkitsevä ero ($p < 0,001$) ravintojaksojen välillä.

10.3 Ravinnon vaikutus verimuuttujiin

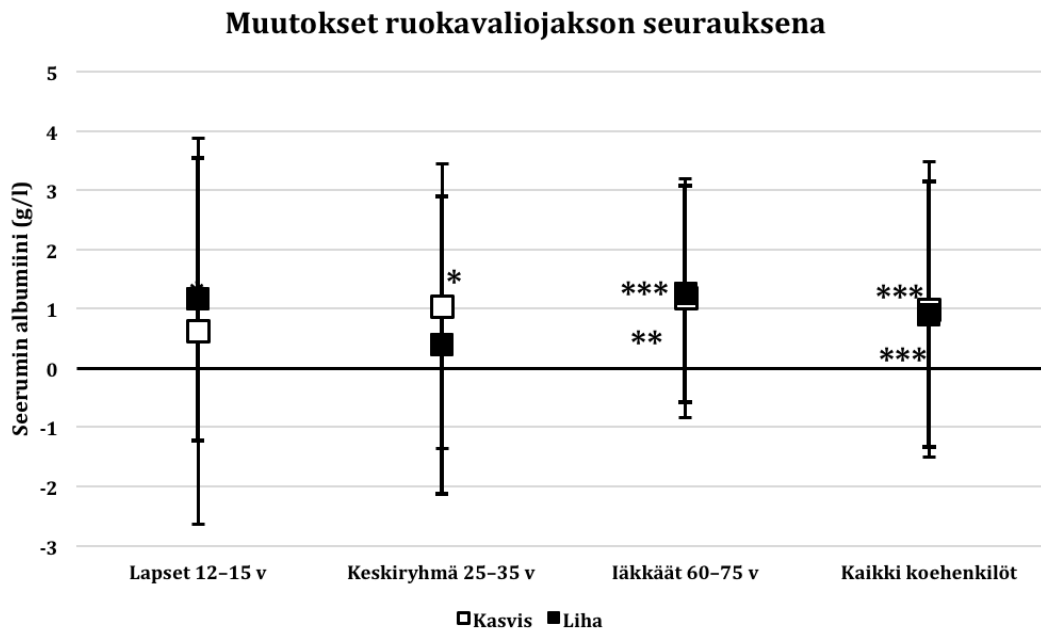
Taulukossa 4 on esitetty verinäytteistä määritetyt muuttujat, seerumin kokonaisproteiinit, albumiini, urea, kreatiniini sekä IGF-1, KASVIS- ja LIHA-ravintojaksojen alussa (pre) ja jälkeen (post). Näiden muuttujien muutokset (post–pre) esitetään kuvaajissa 8, 9, 10 ja 11.



KUVA 8. Seerumin proteiinien (g/l) muutokset ravintoviikkojen aikana. * tilastollisesti merkitsevä ero ($p < 0,05$) verrattuna pre-arvoon (ennen ravintojakson alkua), ** tilastollisesti merkitsevä ero ($p < 0,01$) verrattuna pre-arvoon, *** tilastollisesti merkitsevä ero ($p < 0,001$) verrattuna pre-arvoon, # tilastollisesti merkitsevä ero ($p < 0,05$) ravintojaksojen välillä, ## tilastollisesti merkitsevä ero ($p < 0,01$) ravintojaksojen välillä, ### tilastollisesti merkitsevä ero ($p < 0,001$) ravintojaksojen välillä.

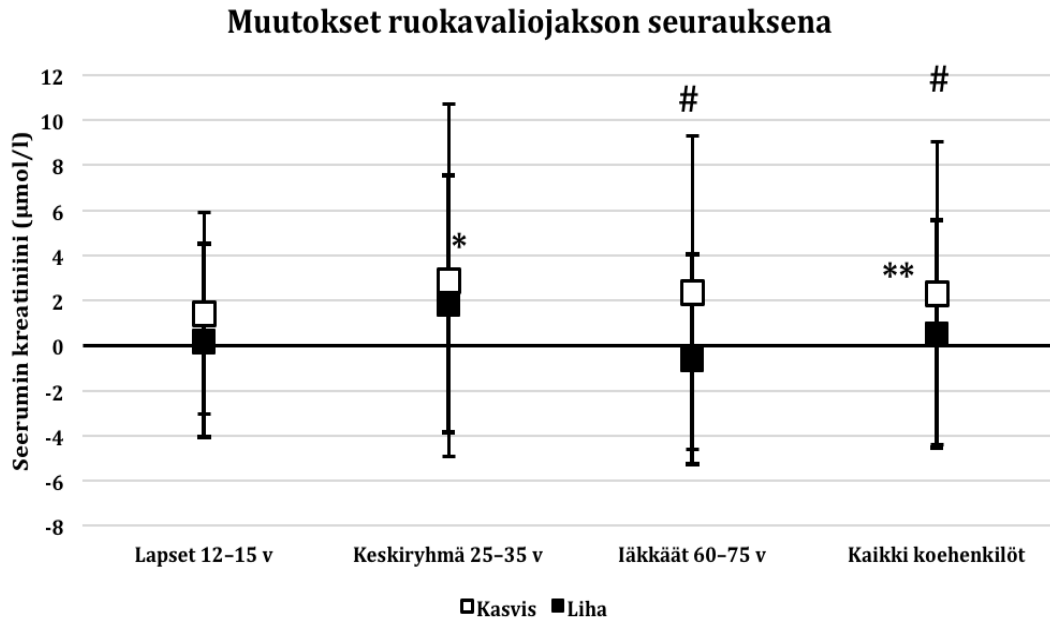
Seerumin proteiinit (g/l) kasvoivat merkitsevästi LIHA-ravintojakson aikana kaikissa muissa paitsi keskiryhmässä (kaikilla koehenkilöillä $1,59 \pm 2,94$ g/l). KASVIS-ravintojakso ei aiheuttanut merkitseviä muutoksia pre-tilanteeseen nähden missään ryhmässä. Lapsilla LIHA-ravintojakson aiheuttamalla muutoksella oli merkitsevä ero myös KASVIS-ravintojakson aiheuttamaan muutokseen verrattuna. Näin oli myös silloin, kun koehenkilöitä tarkasteltiin yhtenä ryhmänä.

Myös seerumin albumiini (g/l) kasvoi merkitsevästi LIHA-ravintojakson aikana kaikissa muissa paitsi keskiryhmässä (kaikilla koehenkilöillä $0,90 \pm 2,24$ g/l). KASVIS-ravintojakson aikana seerumin albumiiniarvot kasvoivat merkitsevästi kaikissa muissa paitsi lasten ryhmässä (kaikilla koehenkilöillä $0,99 \pm 2,50$ g/l). Ravintojaksojen aiheuttamien muutosten välillä ei ollut merkitseviä eroja missään ryhmässä.



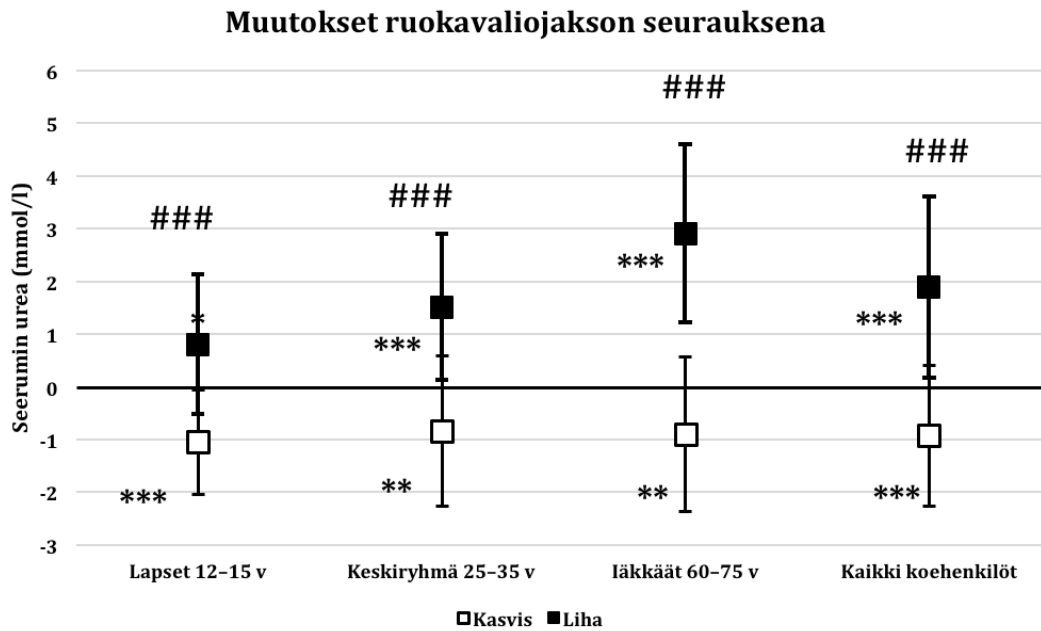
KUVA 9. Seerumin albumiinin (g/l) muutokset ravintoviikkojen aikana. * tilastollisesti merkitsevä ero ($p < 0,05$) verrattuna pre-arvoon (ennen ravintojakson alkua), ** tilastollisesti merkitsevä ero ($p < 0,01$) verrattuna pre-arvoon, *** tilastollisesti merkitsevä ero ($p < 0,001$) verrattuna pre-arvoon, # tilastollisesti merkitsevä ero ($p < 0,05$) ravintojaksojen välillä, ## tilastollisesti merkitsevä ero ($p < 0,01$) ravintojaksojen välillä, ### tilastollisesti merkitsevä ero ($p < 0,001$) ravintojaksojen välillä.

Seerumin kreatiniini ($\mu\text{mol/l}$) kasvoi merkitsevästi KASVIS-ravintojakson aikana keskiryhmällä sekä silloin kun koehenkilöitä tarkasteltiin yhtenä ryhmänä ($2,34 \pm 6,73 \mu\text{mol/l}$). Iäkkäiden ryhmässä kreatiniiniarvot laskivat (ei merkitsevästi) LIHA-ravintojakson aikana, minkä vuoksi ravintojaksojen aiheuttamien muutosten välillä oli iäkkäiden ryhmässä merkitsevä ero. Myös silloin kun koehenkilöitä tarkasteltiin yhtenä ryhmänä, oli ruokavalioiden aiheuttamien muutosten välillä merkitsevä ero.



KUVA 10. Seerumin kreatiniinin (g/l) muutokset ravintoviikkojen aikana. * tilastollisesti merkitsevä ero ($p < 0,05$) verrattuna pre-arvoon (ennen ravintojakson alkua), ** tilastollisesti merkitsevä ero ($p < 0,01$) verrattuna pre-arvoon, *** tilastollisesti merkitsevä ero ($p < 0,001$) verrattuna pre-arvoon, # tilastollisesti merkitsevä ero ($p < 0,05$) ravintojaksojen välillä, ## tilastollisesti merkitsevä ero ($p < 0,01$) ravintojaksojen välillä, ### tilastollisesti merkitsevä ero ($p < 0,001$) ravintojaksojen välillä.

Seerumin urea-arvot (mmol/l) muuttuivat kaikissa ryhmissä merkitsevästi molempien ravintojaksojen aikana. KASVIS-ravintojakson aikana urea-arvot laskivat (kaikilla koehenkilöillä $-0,92 \pm 1,34$ mmol/l), ja LIHA-ravintojakson aikana ne nousivat merkitsevästi (kaikilla koehenkilöillä $1,89 \pm 1,72$ mmol/l). Näin ollen myös ravintojaksojen aiheuttamien muutosten välillä oli kaikissa ryhmissä merkitsevä ero.



KUVA 11. Seerumin urean (g/l) muutokset ravintoviikkojen aikana. * tilastollisesti merkitsevä ero ($p < 0,05$) verrattuna pre-arvoon (ennen ravintojakson alkua), ** tilastollisesti merkitsevä ero ($p < 0,01$) verrattuna pre-arvoon, *** tilastollisesti merkitsevä ero ($p < 0,001$) verrattuna pre-arvoon, # tilastollisesti merkitsevä ero ($p < 0,05$) ravintojaksojen välillä, ## tilastollisesti merkitsevä ero ($p < 0,01$) ravintojaksojen välillä, ### tilastollisesti merkitsevä ero ($p < 0,001$) ravintojaksojen välillä.

Seerumin IGF-1 (nmol/l) mitattiin vain keskiryhmältä. KASVIS-ravintojakson seurauksena IGF-1-arvot laskivat merkitsevästi ($-1,82 \pm 3,28$ nmol/l, $p < 0,001$), ja LIHA-ravintojakson aikana ne nousivat merkitsevästi ($2,65 \pm 0,80$ nmol/l, $p < 0,001$). Myös ravintojaksojen aiheuttamien muutosten välillä oli siis merkitsevä ero.

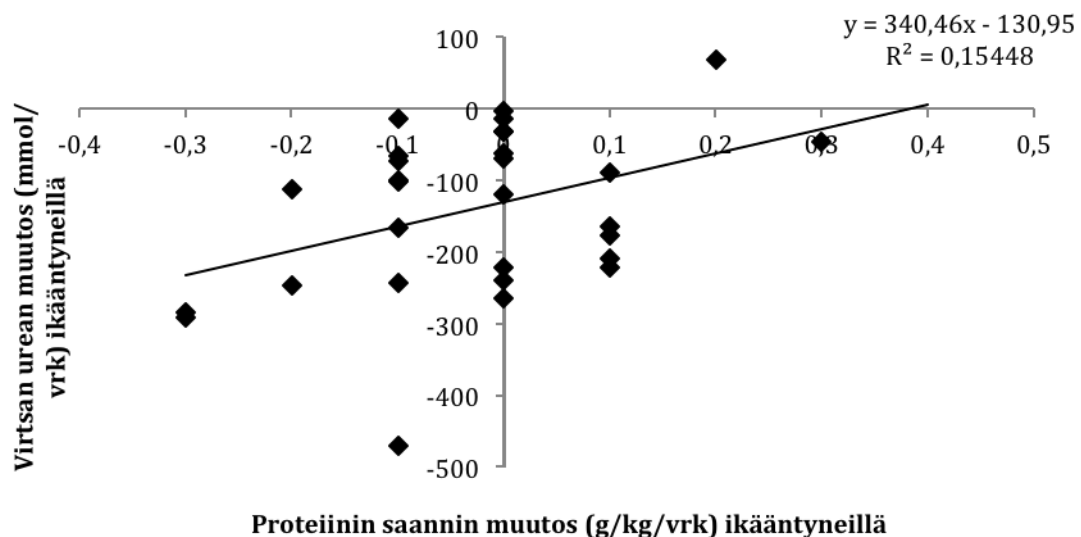
10.4 Mitattujen muuttujien välisiä korrelaatiokertoimia

Ravinnosta sekä virtsasta ja verestä mitattujen muuttujien välisiä riippuvuuksia testattiin lukuisia. Selvästi suurin osa korrelaatiokertoimista ei ollut merkitseviä, eikä muuttujien välillä näin ollen löytynyt lineaarista riippuvuutta. Merkitseviä korrelaatioita löytyi vain virtsasta tai seerumista mitattujen urea-arvojen ja ravintomuuttujien väliltä. Tässä tulososiossa esitetään vain nämä merkitsevät korrelaatiokertoimet.

KASVIS-ravintojakson aikana urean määrän muutos virtsassa (mmol/vrk) korreloi heikosti ($R=0,263$), mutta merkitsevästi ($p=0,017$) muuttuneen proteiinin saannin

kanssa (g/kg/vrk). Selityskerroin (R^2) on 0,069, mikä tarkoittaa, että proteiinin saannin muutos selittää kuitenkin vain noin 7 % virtsan urea-arvojen muutoksesta

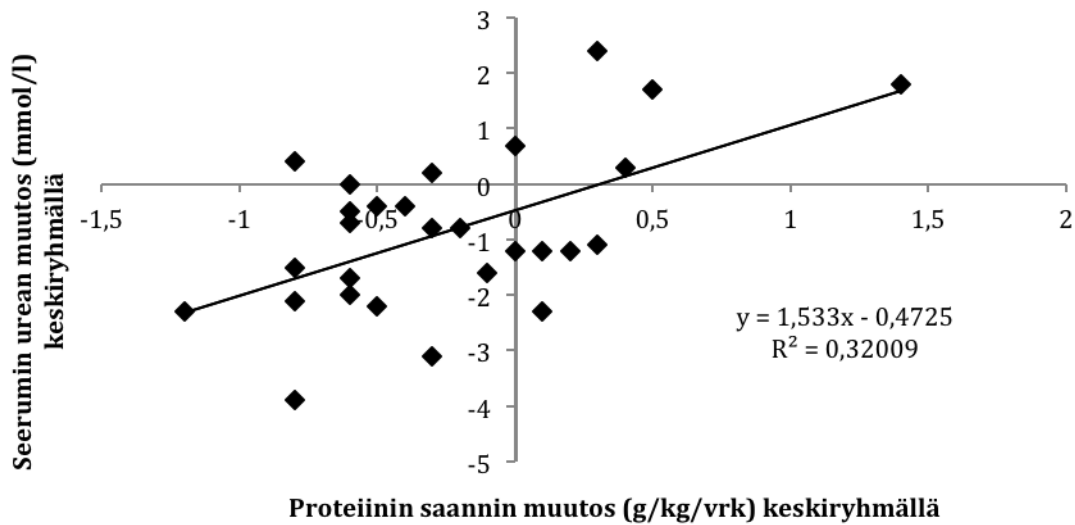
Pelkästään ikääntyneiden ryhmää tarkasteltaessa tämä korrelaatio on hieman vahvempi ($R=0,393$; $p=0,035$). Selityskerroin (R^2) on 0,15448 eli 15,4 %, mikä tarkoittaa että proteiinin saannin muutos selittää ikääntyneillä noin 15 % virtsan urea-arvojen muutoksesta (kuva 12). Tämä kertoo ikääntyneillä vielä hieman vahvemmin siitä, että mitä vähemmän proteiinia saatiin KASVIS-ravintojakson aikana verrattuna koehenkilöiden tavanomaiseen ruokavalioon, sitä vähemmän ureaa erittyi virtsaan.



KUVA 12. Syödyn proteiinin määrän muutoksen (g/kg/vrk) ja virtsasta mitatun urea-arvon (mmol/vrk) muutos ikääntyneiden koehenkilöiden ryhmässä KASVIS-ravintojakson aikana.

Myös seerumista mitattu urea-arvon muutos korreloi proteiinin saannin muutoksen kanssa KASVIS-jakson aikana. Muuttujien välinen korrelaatiokerroin (R) on 0,321 ($p=0,003$), joten proteiinin saannin muutos selittää noin 10 % ($R^2=0,103041$) seerumin urea-arvon muutoksesta.

Kun tarkasteltiin ainoastaan keskimmäistä koehenkilöiden ikäryhmää, tämä korrelaatio oli vahvempi ($R=0,566$; $p=0,002$) (kuva 13). Syödyn proteiinin määrän muutos selittää siis 32 % ($R^2=0,32009$) seerumin urean muutoksesta keskiryhmällä. Mitä vähemmän proteiinia syötiin, sitä pienempi oli urean määrä veressä.

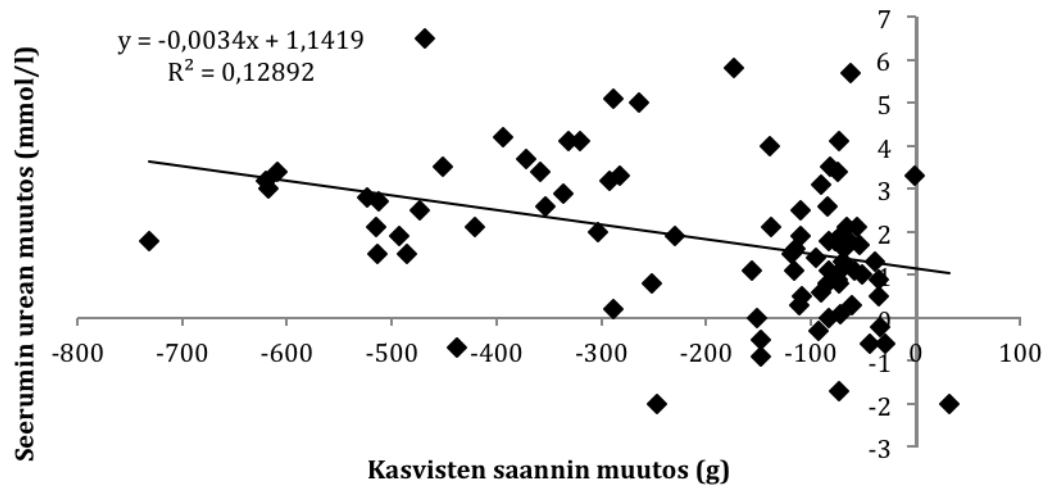


KUVA 13. Syödyn proteiinin muutos (g/kg/vrk) korrelaatio seerumista mitatun urea-arvon (mmol/l) muutoksen kanssa keskiryhmillä KASVIS-ravintojakson aikana.

Seerumin urea-arvon (mmol/l) muutos korreloi heikosti proteiinin kulutuksen muutoksen (g/kg/vrk) kanssa myös LIHA-ravintojakson aikana ($R=0,256$; $p=0,020$). Proteiinin saannin muutos selittää kuitenkin vain 6,5 % seerumin urea-arvojen muutoksesta, mutta antaa suuntaa siitä, että mitä enemmän proteiinia syötiin, sitä enemmän seerumin urea-arvot kasvoivat.

Seerumin urea-arvon muutos korreloi LIHA-ravintojakson aikana paitsi proteiinin saannin muutoksen kanssa, myös muuttuneen kasvisten saannin kanssa ($R= -0,359$; $p=0,001$) niin, että kun kasvisten saanti vähenee, seerumin urea-arvot kasvavat (kuva 14). Selityskerroin on 0,12892 eli 12,8 %.

Kasvisten saannin muutos korreloi LIHA-ravintojaksolla myös virtsasta mitatun urea-arvon muutoksen kanssa ($R= -0,279$, $p=0,010$). Kasvisten kulutuksen väheneminen selittää kuitenkin vain 7,7 % ($R^2=0,07763$) muuttuneesta urea-arvosta. Heikko lineaarinen riippuvuus kertoo kuitenkin siitä, että mitä vähemmän kasviksia LIHA-ravintojakson aikana syötiin, sitä suuremmaksi virtsan urea-arvo kasvoi.



KUVA 14. Kasvisten saannin muutoksen (g) korrelaatio seerumista mitatun urea-arvon muutoksen (mmol/l) kanssa LIHA-ravintojaksolla.

11 POHDINTA

Päätulokset. Tutkimuksessa mitatut virtsa- ja verimuuttujat reagoivat KASVIS- ja LIHA-ravintojaksihin suurimmaksi osaksi oletetusti. KASVIS-ravintojakson aikana sekä virtsasta että verestä mitatut urea-arvot oletetusti laskivat, mikä johtui vähentyneestä proteiinin saannista, jolloin proteiinia ei riittänyt niin paljoa poistettavaksi elimistöstä. Proteiinin saanti oli kuitenkin riittävää, sillä urea-arvot olisivat nousseet, mikäli elimistö olisi ollut katabolisessa tilassa ja joutunut hajottamaan elimistön omia proteiineja. Myös virtsan kreatiniini laski oletetusti KASVIS-ravintojakson aikana lasten ryhmää lukuun ottamatta. Tämä johtui siitä, että vain hieman lihaa sisältäneestä ravinnosta saatiin vähemmän kreatiinia ja sen prekursoriaminohappoja, jolloin ylimääräistä kreatiinia ei erittynyt virtsaan. Myös keskiryhmältä mitattu seerumin IGF-1-arvo laski KASVIS-ravintojakson aikana oletetusti. Tämä johtunee siitä, että KASVIS-ravintojakson aikana koehenkilöt saivat luultavasti tavallista vähemmän välttämättömiä aminohappoja. Saanti lienee kuitenkin ollut riittävää, sillä muun muassa urea-arvojen perusteella elimistö ei ollut katabolisessa tilassa.

Hieman hypoteesien vastaisesti seerumin kreatiniinipitoisuudet nousivat KASVIS-ravintojakson aikana. Tämä kuitenkin selittynee sillä, että vähäkreatiininen KASVIS-ruokavalio on aktivoinut kreatiinisynteesiä. Myös seerumin albumiini nousi KASVIS-ravintojakson aikana hypoteesien vastaisesti. Elimistön albumiiniallas on kuitenkin niin iso ja puoliintumisaika pitkä, että viikon mittaisen ravintojakson aikana, se ei ole kovin herkkä ravitsemustilan mittari. Koska seerumin kokonaisproteiinien määrä laski, on oletettavaa, että muiden seerumiproteiinien pitoisuudet laskivat KASVIS-ravintojakson aikana. Nämä seerumin proteiinit ovatkin herkempiä ravitsemuksen muutoksille.

Lasten ryhmää lukuun ottamatta sekä virtsan että veren urea-arvot nousivat oletetusti LIHA-ravintojakson aikana, koska ruokavalio sisälsi huomattavasti ylimääräistä proteiinia, joka poistettiin elimistöstä. Lapsilla ainakin osa ylimääräisestä proteiinista käytettiin luultavasti elimistön kasvuun, minkä takia typpeä ei poistunut virtsaan niin paljoa. Myös seerumin kokonaisproteiinit nousivat oletetusti runsasproteiinisen LIHA-ravintojakson aikana. Nousu johtui luultavasti suureksi osaksi albumiinipitoisuuden noususta. Myös keskiryhmältä mitatun seerumin IGF-1-pitoisuuksien nousu oli oletettu,

koska LIHA-ruokavalio sisälsi runsaasti välttämättömiä aminohappoja, joiden on todettu nostavan IGF-1-pitoisuuksia. Virtsan tai veren kreatiniinissa ei sen sijaan tapahtunut merkitseviä muutoksia LIHA-ravintojakson aikana, mikä oli hieman yllättävää, koska LIHA-ruokavalio sisälsi huomattavasti kreatiinipitoista eläinproteiinia.

Merkitseviä korrelaatioita ravinto- ja virtsa- ja verimuuttujien välillä löytyi vain muutamia. Tämä kertonee osaltaan siitä, että muutokset virtsa- ja verimuuttujissa johtuivat pikemminkin muutoksista proteiinin ja välttämättömien aminohappojen saanneissa – ei näiden lähteestä.

Ravinnosta. Koehenkilöitä ohjeistettiin tarkasti ennen KASVIS- ja LIHA-ravintojaksoja. Heille annettiin ohjeistukset sekä ruoka-aineista että annosmääristä. Ennalta määrättyjen ruokavalioiden noudattaminen ei kuitenkaan ollut täydellistä, minkä takia lopullinen ravintoaineiden kulutus poikkesi jonkin verran suunnitellusta. Aikuisten ryhmissä (keskiryhmä ja ikääntyneet) osa koehenkilöistä esimerkiksi nautti hieman alkoholia, vaikka se oli kiellettyä. Määrät olivat kuitenkin niin pieniä, ettei niillä luultavasti ollut merkitystä tutkimuksen kannalta.

Vaikka kasvien kulutus on vuosikymmenten myötä lisääntynyt, monen päivittäiseen ruokavalioon kasviksia kuuluu edelleen liian vähän. Suomalaisten ravitsemussuositusten mukaan juureksia, vihanneksia, marjoja, hedelmiä sekä sieniä tulisi nauttia vähintään 500 g päivässä (Valtion ravitsemusneuvottelukunta 2014), mutta koehenkilöidenkin tavanomainen kasvien saanti oli kaikissa ikäryhmissä tätä pienempää. KASVIS-ruokavalion aikana koehenkilöiden kasvien saanti oli kuitenkin selvästi ravitsemussuosituksiakin suurempaa, aikuisten ryhmissä jopa yli kaksinkertaista. KASVIS-ruokavalion aikana koehenkilöiden kasvien saanti siis lisääntyi huomattavasti tavanomaisesta kulutuksesta.

Tutkimuksen tarkoituksena oli luoda selkeä ero kasvien saannissa KASVIS- ja LIHA-ruokavalioiden välille, joten LIHA-ruokavalio ei ohjeistuksen mukaan sisältänyt lainkaan kasviksia. Ohjeistuksesta huolimatta koehenkilöt söivät hieman kasviksia myös LIHA-ruokavalion aikana. Saanti koostui lähinnä kastikkeisiin tai valmisruokiin sisältyneistä kasviksista ja oli etenkin aikuisryhmillä hyvin pientä. Lasten ryhmässä kasvien saanti LIHA-ravintojaksolla oli hieman suurempaa, sillä lapset saivat syödä ravinto-

jaksojen aikana normaalin koululounaansa, tosin ilman salaattia. Tärkeää oli kuitenkin se, että KASVIS- ja LIHA-ravintojaksojen välillä kasvisten kulutuksessa oli kaikissa ryhmissä merkitsevä ero ($p < 0,001$).

Koeasetelman tarkoituksena oli, että energian saanti olisi vakioitua eri ravintojaksojen välillä. Tämä pyrittiin takaamaan sillä, että ensimmäisen ravintojakson energiamäärät suunniteltiin koehenkilöiden tavanomaisten ruokavalioiden perusteella. Ensimmäisen ravintojakson energiamäärien avulla puolestaan laskettiin annoskoot toiselle ravintojaksolle. Annoskokojen ohjeistuksesta huolimatta ainoastaan ikääntyneiden ryhmässä eri ravintojaksojen välillä ei ollut merkitsevää eroa kokonaisenergian suhteen. Lapset ja keskiryhmä saivat KASVIS-ravintojaksolla merkitsevästi LIHA-ravintojaksoa vähemmän energiaa. Lapsilla energiansaanti oli KASVIS-ravintojaksolla myös vähäisempää kuin heidän tavanomainen saantinsa, jonka perustella ravintojaksojen annoskoot siis suunniteltiin. Keskiryhmän koehenkilöt saivat tavallista vähemmän energiaa molempien ohjeistettujen ravintojaksojen aikana. Tavallista pienemmät energiansaannit johtunevat ennalta määrätystä ohjeistuksesta, minkä takia koehenkilöt eivät napostelleet välipaloja tai syöneet herkkuja kuten tavallisesti. Ikääntyneiden ryhmässä energiansaanti LIHA-ravintojakson aikana oli puolestaan tavanomaista saantia suurempaa.

Hiljattain uusittujen suomalaisten ravitsemussuosituksen mukaan proteiinia tulisi saada päivittäin 1,1–1,3 g/kg. Ikääntyneillä (> 65 v) suositus on hieman korkeampi (1,2–1,4 g/kg/vrk) (Valtion ravitsemusneuvottelukunta 2014). Tämä suositus on korkeampi kuin kansainvälisestäikin yleisesti käytetty 0,8 g/kg/vrk (Otten ym. 2006). Länsimaiset ruokavaliot sisältävät tyypillisesti paljon proteiinia (McArdle ym. 2001, 34), ja myös tutkimuksen koehenkilöiden tavanomainen proteiinin saanti oli yli suositusten. Ainoastaan ikääntyneiden ryhmässä tavanomainen saanti (1,08 g/kg/vrk) oli pienempää kuin Valtion ravitsemusneuvottelukunnan tuoreissa suosituksissa. Myös KASVIS-ravintojakson aikana iäkkäiden proteiinin saanti (1,06 g/kg/vrk) jäi hieman näistä suosituksista. Muilla ryhmillä proteiinin saanti oli KASVIS-ravintojaksollakin suositusten mukaista. LIHA-ravintojaksolla kaikki koehenkilöt saivat suosituksia enemmän proteiinia. Saannit eivät kuitenkaan olleet lähelläkään mahdollisia proteiinin saannin ylärajoja (5 g/kg/vrk) (Bilsborough & Mann 2006).

Suomalaisten ravitsemussuosituksen mukaan proteiinin prosentuaalisen saannin tulisi olla 10–20 % päivittäisestä energiansaannista ja iäkkäillä (> 65 v) hieman enemmän

(15–20 %) (Valtion ravitsemusneuvottelukunta 2014). Tämä suositus täyttyi koehenkilöillä kaikissa ikäryhmissä sekä heidän tavanomaisessa ruokavaliossaan että KASVIS-ravintojaksolla. LIHA-ravintojaksolla proteiinin prosentuaalinen osuus päivittäisestä energiansaannista oli suosituksia suurempaa kaikissa ikäryhmissä. Tällöinkään saanti ei ollut kuitenkaan lähellä arvioituja ylärajoja ($> 35\%$) (Bilsborough & Mann 2006).

Runsaasta kasvisten määrästä johtuen hiilihydraatin saanti oli KASVIS-ravintojaksolla merkitsevästi suurempaa kuin LIHA-ravintojaksolla. Iäkkäillä koehenkilöillä hiilihydraatin saanti oli heidän tavanomaisella ruokavaliollaan melko vähäistä, minkä takia KASVIS-ravintojaksolla saanti oli merkitsevästi tätä suurempaa sekä absoluuttisesti että prosentuaalisesti. Myös lapsilla ja keskiryhmällä hiilihydraatin prosentuaalinen osuus kokonaisenergiasta oli KASVIS-ravintojaksolla merkitsevästi tavanomaista suurempaa, sillä näissä ryhmissä energiaa saatiin KASVIS-ravintojaksolla merkitsevästi tavallista vähemmän.

LIHA-ravintojaksolla hiilihydraatin saanti oli puolestaan tavanomaista vähäisempää lapsilla ja keskiryhmällä sekä absoluuttisesti että prosentuaalisesti. Iäkkäillä eroa tavanomaiseen kulutukseen oli vain hiilihydraatin prosentuaalisessa osuudessa, koska heidän tavanomaisessa ruokavaliossaan hiilihydraatin määrä oli suhteellisen pieni ja rasvan osuus vastaavasti hieman suurempi. Suomalaisissa ravitsemussuosituksissa hiilihydraatin kokonaismääräksi suositellaan 45–60 % päivittäisestä energiansaannista (Valtion ravitsemusneuvottelukunta 2014). Tämä jäi täyttymättä keskiryhmällä ja ikääntyneillä LIHA-ravintojakson aikana. Koska LIHA-ravintojakso ei sisältänyt kasviksia, varmistettiin koehenkilöiden riittävä kuidun saanti talkkunan avulla.

Suomalaisten ravitsemussuosittelujen mukaan rasvojen kokonaismääräksi suositellaan 25–40 % päivittäisestä energiansaannista (Valtion ravitsemusneuvottelukunta 2014). Tämä suositus täyttyi kaikissa ikäryhmissä sekä koehenkilöiden tavanomaisessa ruokavaliiossa että KASVIS- ja LIHA-ravintojaksojen aikana. Vaikka suositusten sisällä pyrittiinkin, oli rasvojen saanti KASVIS-ravintojakson aikana merkitsevästi pienempää sekä absoluuttisesti että prosentuaalisesti kuin koehenkilöiden tavanomainen saanti. Keskiryhmällä rasvojen saanti (g/kg/vrk) oli merkitsevästi tavanomaista pienempää myös LIHA-ravintojaksolla. Ikääntyneillä rasvojen prosentuaalinen osuus oli puolestaan LIHA-ravintojaksolla merkitsevästi tavanomaista saantia pienempi johtuen siitä, että

ikäntyneiden tavanomainen ruokavalio sisälsi suhteellisen paljon rasvaa ja vähän hiilihydraattia.

Kertatyydyttymättömiä ja monityydyttymättömiä rasvahappoja tulisi olla vähintään kaksi kolmasosaa kokonaisrasvahappojen saannista. Tyydyttyneiden rasvahappojen saanti taas tulisi rajoittaa alle 10 % kokonaisenergiansaannista. (Valtion ravitsemusneuvottelukunta 2014.) Tässä tutkimuksessa rasvojen laatua ei analysoitu erikseen, mutta koska tyydyttyneitä rasvoja on pääasiassa eläinkunnan tuotteissa (McArdle ym. 2001, 19), voidaan olettaa, että LIHA-ravintojaksolla suuri osa saadusta rasvasta oli tyydytynyttä. Kertatyydyttymättömiä rasvahappoja taas on esimerkiksi rypsi- ja oliiviöljyssä, pähkinöissä sekä avokadossa. Monityydyttymättömiä rasvahappoja on esimerkiksi pel-lava-, auringonkukka- ja soijaöljyssä. (McArdle ym. 2001, 19.) Koska KASVIS-ravintojaksolla syötiin ainoastaan pieni määrä vaaleaa lihaa (kanaa) sekä maitotuotteita ja ruokavalio sisälsi päivittäin avokadoa sekä kasviöljyjä, on oletettavaa, että suurin osa KASVIS-ravintojakson rasvoista oli moni- tai kertatyydyttymättömiä. Näin ollen ravitsemussuositukset täyttyivät rasvojen laadun osalta KASVIS-ravintojaksolla, mutta mitä luultavimmin eivät LIHA-ravintojaksolla.

Urea. KASVIS-ravintojakson aikana sekä virtsasta että verestä mitatut urea-arvot laskivat merkitsevästi kaikissa ikäryhmissä. LIHA-ravintojakson aikana nämä arvot puolestaan nousivat merkitsevästi lukuun ottamatta lasten ryhmää, jolla virtsasta mitatut urea-arvot eivät muuttuneet merkitsevästi. Seerumista mitattuna lastenkin urea-arvot nousivat merkitsevästi, mutta nousu oli muita ikäryhmiä pienempää.

Virtsan ja veren ureapitoisuutta lisäävät sekä runsasproteiininen ruokavalio että katabolinen aineenvaihdunta: mikäli ravinnosta saadaan ylimääräistä proteiinia, se hajotetaan ja poistetaan elimistöstä virtsan mukana, mutta myös mikäli elimistö ei saa tarpeeksi energiaa, se joutuu hajottamaan kudospoteiineja energiaksi ja vapautunut typpi poistetaan niin ikään virtsan mukana (Gibson 2005, 424). LIHA-ravintojaksojen aikana kaikissa ikäryhmissä energiaa saatiin riittävästi ja proteiinia reilusti yli suositusten, joten ureapitoisuuksien nousu johtuu varmasti ylimääräisestä proteiinin saannista. Koska etenkin keskiryhmän ja ikääntyneiden ryhmän koehenkilöiden kehot eivät käyttäneet ylimääräistä proteiinia anabolisiin prosesseihin, se poistettiin elimistöstä. Mikäli koe-

henkilöt olisivat LIHA-ravintojakson aikana suorittaneet runsaasti voimaharjoittelua, olisi luultavasti ainakin osa ylimääräisestä proteiinista käytetty lihasten synteisiin.

Lasten kohdalla urea-arvot eivät runsasproteiinisen LIHA-ravintojakson aikana nousseet yhtä selkeästi kuin muissa ikäryhmissä. Etenkään virtsaan eritetyn urean – eli elimistöstä poistettavan typen – määrä ei noussut merkittävästi, kuten muilla ikäryhmillä. Tämä selittyy sillä, että kasvuiässä olevilla lapsilla suuri osa proteiinista meni kehon kudosten kasvuun. Suuri osa saadusta typestä käytettiin siis uudelleen elimistön rakennusaineena. Samasta syystä ikääntyneillä ureaa poistui elimistöstä muita enemmän: yli 60-vuotiailla elimistö on pikemminkin katabolisessa kuin anabolisessa tilassa (Campbell ym. 1999).

Alhainen proteiinin saanti johtaa virtsan typen – ja sitä kautta urean – erityksen vähentymiseen (Allison & Bird 1977). KASVIS-ravintojaksolla proteiinin saanti olikin kaikilla pienempää kuin LIHA-ravintojaksolla. Se oli kaikissa ikäryhmissä myös pienempää kuin koehenkilöiden tavanomainen saanti. Joka tapauksessa proteiinia saatiin kaikissa ryhmissä yli arvioidun päivittäisen tarpeen (Bender 2012, 68), joten proteiinin puutteesta ei ollut koehenkilöiden kohdalla luultavasti kyse.

Paitsi nautitun proteiinin määrällä, myös sen laadulla – eli sen sisältämällä välttämättömillä aminohapoilla – on vaikutusta typen metaboliaan. Mikäli ravinnon proteiinit sisältävät niukasti välttämättömiä aminohappoja, urean erityks lisääntyy, koska elimistö joutuu hajottamaan kudosproteiineja välttämättömien aminohappojen puutteen takia. (Gibson 2005, 425.) Kasviproteiineista puuttuu aina yksi tai useampi välttämätön aminohappo, joten kasviksiin pohjautuvien ruokavalioiden vaarana on, että kaikkia välttämättömiä aminohappoja ei saada tarpeeksi (Barr & Rideout 2004). KASVIS-ravintojakson aikana urea-arvot kuitenkin laskivat eivätkä nousseet – kuten olisi käynyt, mikäli elimistö olisi katabolisessa tilassa. Tästä voidaan päätellä, että koehenkilöt saivat riittävästi välttämättömiä aminohappoja, eikä elimistö siis joutunut hajottamaan proteiinejaan.

Myös happo-emästasapainon muutokset vaikuttavat urea-arvoihin niin, että asidoosi lisää urean eritystä virtsaan ja alkaloosi vähentää sitä (Gibson 2005, 425). Eläinproteiini on merkittävin happoa tuottava ravintoaine (Arnett 2003), joten runsaasti eläinproteiinia muttei lainkaan emäksisöiviä kasviksia sisältänyt LIHA-ravintojakso on voinut johtaa elimistön pienen happamoitumiseen, joka on osaltaan lisännyt urean eritystä. Kas-

vikset taas ovat elimistöä emäksisöiviä (Sellmeyer ym. 2001), mikä sopii hyvin yhteen sen kanssa, että KASVIS-ravintojakson aikana urean erityys vähentyi. Emäksisen ruokavalion on todettu vähentävän lihasproteiinin hajoamista (Frassetto ym. 1997), mikä osaltaan lisää näkemystä siitä, että KASVIS-ravintojakson aikana koehenkilöiden elimistö ei ollut katabolisessa tilassa. Metabolinen asidoosi on yhteydessä lihasten hajoamiseen (Dawson-Hughes ym. 2008) ja proteiinisynteesin inhibointiin (Wiederkehr & Krapf 2001), joten on myös periaatteessa mahdollista, että urean määrän lisääntyminen LIHA-ravintojaksolla kertoisi lihasten hajoamisesta. Tämä ei kuitenkaan ole järin uskottavaa, etenkin näin lyhyen ravintojakson aikana.

KASVIS-ravintojakson aikana urean määrän muutos virtsassa korreloi heikosti ($R=0,263$) muuttuneen proteiinin saannin kanssa. Pelkästään ikääntyneiden ryhmää tarkasteltaessa tämä korrelaatio ($R=0,393$) on hieman vahvempi. Myös seerumista mitattu urea-arvon muutos korreloi proteiinin saannin muutoksen kanssa KASVIS-ravintojakson aikana ($R=0,321$). Keskimmaisella ikäryhmällä korrelaatio oli vahvempi ($R=0,566$) kuin koko koehenkilöryhmällä. Vaikka muuttujien väliset lineaariset riippuvuudet eivät olleet kovin vahvoja, ne olivat loogisia: mitä vähemmän proteiinia koehenkilöt saivat KASVIS-ravintojakson aikana verrattuna heidän tavanomaiseen ruokavalionsa, sitä vähemmän ureaa erittyi. Nämä korrelaatiot tukevat siis sitä, että vähentynyt proteiinin saanti vähentää typen (eli urean) eritystä – ja toisaalta myös sitä, että emäksinen kasvisruokavalio vähentää urean eritystä.

Myös LIHA-ravintojakson aikana seerumin urea-arvon muutos korreloi loogisesti proteiinin saannin muutoksen kanssa ($R=0,256$): mitä enemmän proteiinia syötiin, sitä enemmän seerumin urea-arvot kasvoivat, kun ylimääräinen proteiini poistettiin elimistöstä. LIHA-ravintojakson aikana myös kasvisten saannin muutos korreloi sekä virtsasta ($R= -0,279$) että verestä ($R= -0,359$) mitattujen urea-arvojen muutosten kanssa. Kun kasvisten saanti väheni, urean erityys lisääntyi. Tämä voi kertoa elimistön lievistä happamuudesta, koska urea-arvot kasvavat asidoosin aikana.

Kreatiniini. Virtsaista mitattu kreatiniini laski KASVIS-ravintojakson aikana merkitsevästi kaikissa muissa paitsi lasten ryhmässä. LIHA-ravintojakson aikana millään ryhmällä ei tapahtunut merkitseviä muutoksia virtsan kreatiniinissa.

Virtsan kreatiniinin määrään vaikuttaa kolme ravinnon ainesosaa: proteiini, kreatiini ja kreatiiniini. Sinänsä itse proteiini ei mitä luultavimmin vaikuta elimistön kreatiinin tuottoon – ja sitä kautta virtsan kreatiniiniin – vaan vaikutus johtuu proteiinin sisältämistä kreatiinin prekursoriaminohapoista. (Heymsfield ym. 1983.) Näitä aminohappoja (arginiinia, glysiinia ja metioniinia) on erityisesti lihassa ja kalassa (Lukaszuk ym. 2002) ja niiden syöminen siis lisää kreatiinin tuottoa (Heymsfield ym. 1983).

Koska KASVIS-ravintojakso sisälsi vain hieman vaaleaa broilerin lihaa, koehenkilöiden kreatiinin ja sen prekursoriaminohappojen saanti oli KASVIS-ravintojakson aikana vähäistä ja sen erittyminen virtsaan vähentyi. Lapsillakin kreatiniiniarvot laskivat KASVIS-ravintojakson aikana, mutta muutos ei ollut merkitsevä. Tämä saattoi johtua siitä, että KASVIS-jaksonkin aikana lapset söivät normaalin koululunaan, joka todennäköisesti sisälsi kreatiinipitoista eläinproteiinia. Burken ym. (2003) virtsanalyysi tukee näkemystä, että kasvissyöjät erittävät virtsaan merkitsevästi vähemmän kreatiniinia kuin sekasyöjät.

Virtsan kreatiniinimäärän mittaamista on usein käytetty myös elimistön lihasmassan arvioimisessa (Heymsfield ym. 1983): mitä suurempi lihasmassa, sitä enemmän kreatiniinia erittyy virtsaan. Tämän perusteella voisi ajatella, että KASVIS-ravintojakson aikana elimistön lihasmassa väheni, koska kreatiniinin arvot virtsassa laskivat. Tämä ei kuitenkaan ole todennäköistä, koska viikon mittaisella jaksolla lihaksissa ei ehdi tapahtua kovin suurta kataboliaa – semminkin, kun KASVIS-ravintojakson aikana koehenkilöiden proteiinin ja energian saanti oli riittävää eikä fyysisessä aktiivisuudessa tapahtunut merkittäviä muutoksia. Myös virtsan urea-arvojen lasku sekä KASVIS-ruokavalion emäksisyys puhuvat sen puolesta, etteivät koehenkilöt olleet katabolisessa tilassa.

Virtsan kreatiniinista poiketen seerumin kreatiiniini kasvoi merkitsevästi KASVIS-ravintojakson aikana keskiryhmällä. Muissakin ikäryhmissä seerumin kreatiniiniarvot kasvoivat, mutta muutokset eivät olleet merkitseviä. LIHA-ravintojakson aikana missään ryhmässä ei tapahtunut merkitseviä muutoksia myöskään seerumin kreatiniiniarvoissa.

Seerumin kreatiniinin vasteet KASVIS- ja LIHA-ravitsemusjaksoihin ovat osittain hypoteesien vastaisia, koska lihan syöminen lähtökohtaisesti nostaa veren kreatiniinipitoi-

suutta (Barr & Rideout 2004). On kuitenkin havaittu, että kreatiininon kasvisruokavalio aktivoi ja lihan kulutus vähentää kreatiinisynteesiä katalysoivaa entsyymiä (Heymsfield ym. 1983), mikä saattaa osaltaan selittää seerumin kreatiininin vasteita ravintojaksoihin. Mikäli vähäkreatiinin KASVIS-ruokavalio on aktivoinut kreatiinisynteesiä, on kreatiininin määrä veressä noussut tästä syystä. Toisaalta, koska KASVIS-ruokavalion aikana elimistöön ei tullut ravinnosta juurikaan kreatiinia, ei sitä myöskään ollut tarvetta poistaa virtsan mukana. LIHA-ravintojakson aikana kreatiinin saanti ei luultavasti poikennut kovin paljoa koehenkilöiden tavallisesta saannista, sillä kreatiiniarvot eivät muuttuneet merkittävästi seerumissa tai virtsassa. Lisäksi runsas eläinproteiini saanti luultavasti inhiboi kreatiinisynteesiä katalysoivaa entsyymiä ja näin kompensoi lisääntyntä ulkoista kreatiinin saantia.

On hankala sanoa varmasti, mitä lihasten kreatiinipitoisuudelle tapahtui KASVIS-ravintojakson aikana, koska sitä ei suoraan mitattu. Koska virtsaan eritetty kreatiini kuitenkin väheni ja seerumin kreatiini puolestaan nousi, on oletettavaa, ettei lihasten kreatiinipitoisuus vähentynyt ainakaan merkittävästi KASVIS-ravintojakson aikana.

Seerumin proteiinit ja albumiini. Seerumin proteiinien kokonaismäärä (g/l) kasvoi merkittävästi LIHA-ravintojakson aikana kaikissa muissa paitsi keskiryhmässä. Myös seerumin albumiini (g/l) kasvoi merkittävästi LIHA-ravintojakson aikana kaikissa muissa paitsi keskiryhmässä. Koska seerumin albumiini kattaa noin 50–60 % seerumin kokonaisproteiinimäärästä (Gibson 2005, 411), on oletettavaa, että seerumin kokonaisproteiinien nousu LIHA-ravintojakson aikana johtui juurikin albumiinipitoisuuden noususta.

Proteiinin ja energian saannin pitäisi heijastua seerumin albumiini- ja muihin proteiinitasoihin niin, että jos saanti on vähäistä, plasmaproteiinien synteesi vähenee ja laskee näin seerumin proteiinipitoisuuksia (Gibson 2005, 410; Briony & Bishop 2007, 66). Kun saanti on riittämätöntä, plasmaproteiineja hajotetaan myös energiaksi ja seerumin proteiinien määrä laskee – ja päinvastoin. Kun saanti on runsasta, seerumin proteiinien määrä nousee. (Banh 2006.) LIHA-ravintojaksolla energiaa saatiin riittävästi ja proteiinia huomattavasti yli suositusten, mikä varmasti selittää albumiini- ja proteiinipitoisuuden nousua.

KASVIS-ravintojakso ei sen sijaan aiheuttanut merkittäviä muutoksia seerumin kokonaisproteiineissa pre-tilanteeseen nähden missään ryhmässä. Kuitenkin seerumin albu-

miiniarvot kasvoivat merkitsevästi kaikissa muissa paitsi lasten ryhmässä. Tästä voidaan päätellä, että KASVIS-ravintojakson aikana muiden seerumin proteiinien (transferriini, retinolia sitova proteiini ja prealbumiini) pitoisuudet – tai ainakin osan niistä – jopa laskivat, koska albumiinin nousu ei nostanut kokonaisproteiinien pitoisuutta. Seerumin transferrinin ja retinolia sitovan proteiinin (RBP) puoliintumisajat ovat lyhyempiä kuin albumiinilla, ja myös elimistön transferrini- ja RBP-altaat ovat pienemmät kuin elimistön albumiiniallas. Prealbumiinin puoliintumisaika on pitempi kuin RBP:llä, ja myös elimistön prealbumiiniallas on hieman RBP:n vastaavaa isompi. Kuitenkin näiden kahden seerumiproteiinin herkkyys proteiinin puutokselle on lähes samaa tasoa. (Gibson 2005, 413–417.) Näin ollen nämä kaikki kolme seerumiproteiinia reagoivat albumiinia nopeammin elimistön proteiini- ja energiatilan muutoksiin. Koska elimistön proteiinin ja energian saanti laskivat KASVIS-ravintojakson aikana, on mahdollista, että näiden proteiinien pitoisuudet veressä laskivat. Katabolisessa tilassa vaikutukset näkyvät ensimmäisenä juuri viskeraalisissa proteiiniensa – eli muun muassa seerumin proteiineissa – joten on mahdollista, että koehenkilöiden elimistöissä oli pienoista kataboliaa. Toisaalta urea-arvojen lasku ei tue tätä ajatusta. Myös proteiinin ja energian saannit pysyivät suositusten rajoissa KASVIS-ravintojakson aikana, joten kyse ei luultavasti ollut proteiinin tai energian puutteesta.

Proteiinin ja energian saannin vaikutuksista seerumin proteiineihin on myös ristiriitaista näyttöä. Afolabin ym. (2004) ja Scalfi ym. (1990) tutkimuksissa terveiden koehenkilöiden energian ja proteiinin saantia rajoitettiin, eikä seerumin proteiinitasoissa havaittu muutoksia. Kuitenkin myös monet ei-ravitsemukselliset tekijät vaikuttavat huomattavasti seerumiproteiinien pitoisuuksiin (Gibson 2005, 410; Briony & Bishop 2007, 66), joten luultavasti joku muu tekijä selittää proteiinitasojen muuttumattomuutta näissä tutkimuksissa. Lisäksi on muistettava, että seerumin albumiinipitoisuudet heijastavat ainoastaan muutoksia verenkierrossa – ei elimistön koko albumiinialtaassa, joka on suhteellisen suuri (Gibson 2005, 411).

Johtuen juuri elimistön suurehkosta albumiinialtaasta sekä muita seerumiproteiineja pidemmästä puoliintumisajasta (14–20 vrk) (Gibson 2005, 411), olisi ollut jopa oletettavaa, että albumiinipitoisuus ei viikon mittaisen ravintojakson aikana olisi muuttunut lainkaan. KASVIS-ravintojakson aikana seerumin albumiinipitoisuus kuitenkin nousi. Tämä nousu on ristiriidassa myös Cason ym. (2000) tutkimuksen kanssa, jonka mukaan

kasvisperäinen proteiini vähentää albumiinisynteesiä. Toisaalta kasviksiin pohjautuva ruokavalio vaikuttaa veren albumiinipitoisuuksiin (Caso ym. 2000; Gersowitz ym. 1980; Scalfi ym. 1990) vasta pitkän ajan kuluttua, johtuen suuresta albumiinialtaasta (Hoffenberg ym. 1966; Kelman ym. 1972), joten viikossa laskua olisi tuskin kuitenkaan ehtinyt tapahtua. Haddad ym. (1999) tutkimuksessa sen sijaan seerumin albumiinipitoisuus oli vegaaneilla huomattavasti korkeampi kuin sekasyöjillä. Haddad ym. mukaan tämä saattaa kertoa ainakin siitä, että heidän tutkimuksessaan koehenkilöt saivat tarpeeksi proteiinia ravinnostaan – aivan kuten tässäkin tutkimuksessa.

Proteiinin- ja energiasaannin lisäksi albumiinitasoihin vaikuttaa kuitenkin monet muutkin tekijät. Albumiinipitoisuus nousee esimerkiksi nestehukan seurauksena (Briony & Bishop 2007, 66), joten – runsaasta kasvien syönnistä huolimatta – on mahdollista, että koehenkilöt eivät juoneet riittävästi KASVIS-ravintojakson aikana ja kärsivät lievästä nestehukasta. Terveillä ihmisillä munuaiset eivät juurikaan vaikuta albumiinin poistumiseen elimistöstä, mutta on kuitenkin huomattu, että pelkästään kasvisperäiseen proteiiniin perustuvat ruokavaliot vähentävät albumiinin jo ennestään pientä poistumaa munuaisten kautta verrattuna lihaa sisältäviin ruokavalioihin (Kontessis ym. 1990 ja 1995). Vaikka KASVIS-ravintojakso sisälsi hieman myös eläinproteiinia (kanaa ja maitotuotteita), on siis myös mahdollista, että albumiinin eritysvirtsan väheni, mikä osaltaan nosti seerumin albumiinipitoisuutta KASVIS-ravintojaksolla. Albumiinin määrää virtsassa ei mitattua tässä tutkimuksessa.

IGF-1. Seerumin IGF-1 (nmol/l) mitattiin vain keskiryhmältä. KASVIS-ravintojakson seurauksena IGF-1-arvot laskivat merkitsevästi, ja LIHA-ravintojakson aikana ne nousivat merkitsevästi. IGF-1 reagoi siis hypoteesien mukaisesti, koska eläinproteiinilla on havaittu olevan positiivinen yhteys seerumin IGF-1-pitoisuuksiin (Young ym. 2012). Lisäksi aiemmissa tutkimuksissa on havaittu, että kasviksiin perustuva ruokavalio vähentää IGF-1-tasoa (Allen ym. 2000 ja 2002).

Aiemmat tutkimukset IGF-1-pitoisuuksista ovat kuitenkin olleet ristiriitaisia. Esimerkiksi Holmesin ym. (2002) tutkimuksessa punainen liha ei nostanut IGF-1-tasoa, ja Giovannuccin ym. (2003) tutkimuksessa etenkin kalan, siipikarjan ja maitotuotteiden – mutta myös kasviproteiinin – havaittiin nostavan IGF-1-tasoa. Allenin ym. (2002) tutkimuksessa taas kasviproteiinilla havaittiin yhteys mataliin IGF-1-tasoihin, mutta tutki-

jat eivät havainneet yhteyttä kokonaisproteiinin tai energian saannin ja IGF-1-pitoisuuksien välillä. He eivät myöskään havainneet, että maitotuotteiden lisääntynyt saanti olisi yhteydessä IGF-1-tasojen nousuun lihaa syöville tai vegetaristeilla.

Young ym. (2012) tuore katsaus kokosi tutkimuksia yhteen, ja katsauksen perusteella ainakin eläinproteiinin, maitotuotteiden, kalsiumin (runsaasti maitotuotteissa) ja seleenin (runsaasti liha- maito- ja viljavalmisteissa sekä kananmunassa) saannilla on positiivinen yhteys IGF-1:n seerumipitoisuuksiin. Näin ollen LIHA-ravintojakson aiheuttama IGF-1-pitoisuuden nousu on looginen. Yhteys eläinproteiinin ja IGF-1:n välillä on sikäläkin uskottava, että välttämättömät aminohapot lisäävät IGF-1:n geenien ilmentymistä (Thissen ym. 1994). Erityisesti välttämättömien aminohappojen puutos laskee IGF-1-tasoja (Harp ym. 1991; Miura ym. 1992). Myös vähäinen mineraalien (kalsium, magnesium, kalium, sinkki ja fosfori) saanti vähentää huomattavasti IGF-1-tasoja (Giovannucci ym. 2003).

On ollut hankala määrittää, mitkä ravintoaineet eri ruokavalioissa ovat merkittävimpiä IGF-1-tasojen kannalta, koska on olemassa useita eri mekanismeja, joiden kautta ruokavalion sisältämät ravintoaineet voivat vaikuttaa IGF-1-pitoisuuksiin. Näistä olennaisin kuitenkin lienee juuri välttämättömien aminohappojen määrä (Allen ym. 2002). KASVIS-ravintojaksolla välttämättömien aminohappojen saanti saattoi olla heikompaa kuin koehenkilöiden tavanomaisessa ruokavaliossa tai LIHA-ravintojaksolla, johtuen eläinproteiinin selkeästä vähentymisestä. Varsinaista puutetta välttämättömistä aminohapoista tuskin kuitenkaan syntyi, sillä esimerkiksi urea-arvojen perusteella proteiinien kataboliaa ei tapahtunut. Toisaalta etenkin kaliumin ja magnesiumin saannit olivat KASVIS-ravintojaksolla luultavasti varsin runsaita, koska näitä mineraaleja on runsaasti kasviksissa. Kalsiumia, fosforia ja sinkkiä on erityisesti liha- ja maitotuotteissa (McArdle ym. 2001, 59), joten niiden saanti saattoi olla vähäisempää. Näitäkin mineraaleja on kuitenkin myös kasvikunnan tuotteissa. Mineraalien saannin vaikutusta IGF-1-tasoihin on hankala arvioida tarkasti, koska mineraalien saantia ei eritelty tässä tutkimuksessa.

Koska IGF-1:n puoliintumisaika on vain 12–15-tuntia, se voi olla herkempi muuttuja akuuteille proteiini- ja ravitsemustilan muutoksille kuin muut seerumin proteiinit – etenkin, koska IGF-1-tasoissa ei tapahdu vuorokausivaihtelua eivätkä niihin vaikuta stressi, uni tai fyysinen kuormitus (Gibson 2005, 419). Tutkimustulokset IGF-1-tasoihin

vaikuttavista ravintotekijöistä ovat kuitenkin vielä ristiriitaisia ja vaativat lisää tutkimusta.

Virhearviointi. Koehenkilöiden ruokavalioiden osalta tutkimuksessa onnistuttiin melko hyvin. Tutkimuksen heikkouksiin kuuluu kuitenkin se, että viime kädessä vastuu ruokavalioiden noudattamisesta oli koehenkilöillä itsellään. Koehenkilöiden motivaatio ruokavalioiden toteuttamiseen vaihteli siis yksilöittäin. Osa pysytteli annetuissa ohjeissa hyvinkin tarkasti, kun taas toisilla lipsumista ruokavaliosta tapahtui melko paljonkin. Koska koehenkilöt vastasivat itse syömisestään, johti se myös muihin virhemahdollisuuksiin. Erityisesti ruokapäiväkirjojen suhteen virheiden mahdollisuus on suuri. Varsinaista aliraportointia koehenkilöiden osalta ei välttämättä ole syytä epäillä, mutta syötyjen ruokien merkitsemisen tarkkuus sekä annoskokojen arviointi – vaakojen käytösä huolimatta – oli ajoittain puutteellista. Myös tutkimushenkilöstön osalta on suuri virheiden mahdollisuus sekä ruokapäiväkirjojen tulkinnassa että analyyseissa. Ravinto-ohjeistuksen heikkouteen kuuluu myös se, että lapsille annettiin inhimillisistä syistä lupa syödä koululounas ravintojaksojen aikana.

Ravintoanalyysin heikkous oli se, että tutkimuksessa ei eritelty esimerkiksi mineraalien ja aminohappojen saantia, joilla molemmilla on merkittävä vaikutus proteiinimetaboliaan. Tutkimuksen ravintojaksot olisivat voineet olla pitempiä, jolloin proteiinimetabolian muutoksia olisi havaittu varmemmin. Tarkasti säänneltyjen ruokavalioiden noudattaminen on kuitenkin koehenkilöille haastavaa, joten luultavasti pidemmät ravintojaksot olisivat lisänneet virheitä ruokavalioiden noudattamisessa. Ravintojaksojen ruokavalioidissa jouduttiin myös tekemään kompromisseja, koska tutkimus oli osa suurempaa tutkimuskokonaisuutta.

Virtsamuuttujien kohdalla suurin virheiden mahdollisuus oli virtsan keräämisessä, josta koehenkilöt vastasivat itse. On mahdollista, että koehenkilöt eivät ottaneet tai saaneet kaikkea 12 tunnin virtsaa talteen. Olisi ollut myös optimaalisempaa tutkimuksen kannalta kerätä virtsa talteen koko vuorokauden ajalta (24 h), mutta koehenkilöille tämä olisi tuottanut lisää hankaluuksia. Verinäytteiden suhteen tutkimusta olisi voitu parantaa mittaamalla albumiinin lisäksi myös muiden seerumiproteiinien pitoisuudet. Lisäksi IGF-1 olisi kannattanut mitata kaikilta koehenkilöiltä.

Johtopäätös. Tutkimuksen johtopäätöksenä oli, että kasvispainoitteisella normaaliproteiinisella ruokavaliolla, joka ei sisällä punaista lihaa, on erilaisia vaikutuksia virtsasta ja verestä mitattuihin proteiiniaineenvaihdunnan muuttujiin verrattuna runsaasti eläinproteiinia sisältäneeseen ruokavalioon. Näiden erilaisten vaikutusten fysiologinen merkitys jää tämän tutkimuksen perusteella vielä avoimeksi. Tulosten perusteella on kuitenkin mahdollista, että erilaiset vaikutukset johtuvat pikemminkin nautitun proteiinin määrästä kuin sen lähteestä.

12 LÄHTEET

Adeva, M. M. & Souto, G. 2011. Diet-induced metabolic acidosis. *Clin Nutr.* 30, 416–21.

Afolabi, P. R., Jahoor, F., Gibson, N. R. & Jackson, A. A. 2004. Response of hepatic proteins to the lowering of habitual dietary protein to the recommended safe level of intake. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* 287 (2), E327–30.

Alexander, D., Ball, M. J. & Mann, J. 1994. Nutrient intake and haematological status of vegetarians and age-sex matched omnivores. *Eur J Clin Nutr.* 48 (8), 538–46.

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 Nutr.* 11 (3), 300–6.

Allen, N. E., Appleby, P. N., Davey, G. K. & Key, T. J. 2000. Hormones and diet: low insulin-like growth factor-I but normal bioavailable androgens in vegan men. *Br J Cancer* 83 (1), 95–7.

Allen, N. E., Appleby, P. N., Davey, G. K., Kaaks, R., Rinaldi, S. & Key, T. J. 2002. The associations of diet with serum insulin-like growth factor I and its main binding proteins in 292 women meat-eaters, vegetarians and vegans. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev.* 11 (11), 1441–8.

Allison, J. B. & Bird, J. W. C. 1977. Elimination of nitrogen from the body. *Teoksessa: Munro, H. N. & Allison, J. B. Mammalian protein metabolism (1. painos). American Medical Association, Chicago, USA.*

Alonso, A., Beunza, J. J., Bes-Rastrollo, M., Pajares, R. M. & Martinez-Gonzalez, M. A. 2006. Vegetable protein and fiber from cereal are inversely associated with the risk of hypertension in a Spanish cohort. *Arch Med Res.* 37 (6), 778–86.

Arnett, T. 2003. Regulation of bone cell function by acid–base balance. *Proc Nutr Soc.* 62 (2), 511–20.

Aubertin-Leheudre, M. & Adlercreutz, H. 2009. Relationship between animal protein intake and muscle mass index in healthy women. *Br J Nutr.* 102 (12), 1803–10.

Banh, Le. 2006. Serum proteins as markers of nutrition: what are we treating? *Practical Gastroenterology*, October, 46–64.

Barbosa-Silva, M. C. 2008. Subjective and objective nutritional assessment methods: what do they really assess? *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 11 (3), 248–54.

Barr, S. I. & Broughton, T. M. 2000. Relative weight, weightloss efforts and nutrient intakes among health-conscious vegetarian, past vegetarian and nonvegetarian women ages 18 to 50. *J Am Coll Nutr.* 19 (6), 781–8.

Barr, S. I. & Rideout, C. A. 2004. Nutritional considerations for vegetarian athletes. *Nutrition* 20 (7–8), 696–703.

Baumgartner, R. N., Koehler, K. M., Romero, L. Garry, P. J. 1996. Serum albumin is associated with skeletal muscle in elderly men and women. *Am J Clin Nutr.* 64 (4), 552–8.

Bender, D. A. 2012. *Amino acid metabolism* (3. painos). Wiley & Blackwell, Oxford, USA.

Berning, J. 2000. *The vegetarian athlete*. Teoksessa: Maughan, R. J. *Nutrition in sport* (7. painos). Blackwell Science, Oxford, USA.

Bernstein, A. M., Treyzon, L. & Li, Z. 2007. Are high-protein, vegetable-based diets safe for kidney function? A review of the literature. *J Am Diet Assoc.* 107 (4), 644–50.

Bernstein, A. M., Sun, Q., Hu, F. B., Stampfer, M. J., Manson, J. E. & Willet, W. C. 2010. Major dietary protein sources and risk of coronary heart disease in women. *Circulation* 122 (9), 876–83.

Bernstein, A. M., Pan, A., Rexrode, K. M., Stampfer, M., Hu, F. B., Mozaffarian, D. & Willet, W. C. 2012. Dietary protein sources and the risk of stroke in men and women. *Stroke* 43 (3), 637–44.

Bilsborough, S. & Mann, N. 2006. A review of issues of dietary protein intake in humans. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 16 (2), 129–52.

Birn, H. & Christensen, E. I. 2006. Renal albumin absorption in physiology and pathology. *Kidney Int.* 69 (3), 440–9.

Bleiler, R. E. & Schedl, H. P. 1972. Creatinine excretion: variability and relationships to diet and body size. *J Lab Clin Med.* 59, 945–55.

Bloch, K. & Schoenheimer, R. 1941. The biological precursors of creatine. *J Biol Chem.* 138, 167–191.

Bouillanne, O., Hay, P., Liabaud, B., Duché, C., Cynober, L. & Aussel, C. 2011. Evidence that albumin is not a suitable marker of body composition-related nutritional status in elderly patients. *Nutrition* 27 (2), 165–9.

Brändle, E., Sieberth, H. G. & Hautmann, R. E. 1996. Effect of chronic dietary protein intake on the renal function in healthy subjects. *Eur J Clin Nutr* 50 (11), 734–40.

Bresslau, N. A., Brinkley, L., Hill, K. D. & Pak, C. Y. 1988. Relationship of animal protein-rich diet to kidney stone formation and calcium metabolism. *J Clin Endocrinol Metab.* 66 (1) 140–6.

Briony, T. & Bishop, J. 2007. *Manual of dietetic practise* (4. painos). Blackwell Publishing, Oxford, USA.

Burke, D. G., Chilibeck, P. D., Parise, G., Candow, D. G., Mahoney, D. & Tarnopolsky M. 2003. Effect of creatine and weight training on muscle creatine and performance in vegetarians. *Med Sci Sports Exerc.* 35 (11), 1946–55.

Bürger, M. Z. 1919. Beiträge zum Kreatinstoffwechsel: I. Die Bedeutung des Kreatininkoeffizienten für die Quantitative Bewertung der Muskulatur als Körpergewichtskomponente. II. Die Kreatin- und Kreatininausscheidung: die Störungen des Muskelstoffwechsels. *Zeitschrift für die Gesamte Experimentelle Medizin* 9, 361–99.

Calloway, D. H., Odell, A. C. & Margen, S. 1971. Sweat and miscellaneous nitrogen losses in human balance studies. *J Nutr.* 101 (6), 775–86.

Camilleri, G. M., Verger, E. O., Huneau, J. F., Carpentier, F., Dubuisson, C. & Mariotti, F. 2013. Plant and animal protein intakes are differently associated with nutrient adequacy of the diet of French adults. *J Nutr.* 143 (9), 1466–73.

Campbell, W. W., Crim, M. C., Young, V. R. & Evans, W. J. 1994. Increased energy requirements and changes in body composition with resistance training in older adults. *Am J Clin Nutr.* 60 (2), 167–75.

Campbell, W. W., Crim, M. C., Young, V. R., Joseph, L. J. & Evans, W. J. 1995. Effects of resistance training and dietary protein intake on protein metabolism in older adults. *Am J Physiol.* 268, E1143–53.

Campbell, W. W., Barton Jr, M. L., Cyr-Campbell, D., Davey, S. L., Beard, J. L., Parise, G. & Evans, W. J. 1999. Effects of an omnivorous diet compared with a lacto-ovo-vegetarian diet on resistance-training-induced changes in body composition and skeletal muscle in older men. *Am J Clin Nutr.* 70 (6), 1032–9.

Casey, A. D., Constantin-Teodosiu, D., Howell, S., Hultman, E. & Greehaff, P. L. 1996. Creatine ingestion favorably affects performance and muscle metabolism during maximal exercise in humans. *Am. J Physiol.* 271, E31–7.

Caso, G., Scalfi, L., Marra, M., Covino, A., Muscaritoli, M., McNurlan, M. A., Garlick, P. J. & Contaldo, F. 2000. Albumin synthesis is diminished in men consuming a predominantly vegetarian diet. *J Nutr.* 130 (3), 528–33.

Castaneda, C., Charnely, J. M., Evans, W. J. & Crim, M. C. 1995. Elderly women accommodate to a low-protein diet with losses of body cell mass, muscle function and immune response. *Am J Clin Nutr.* 62 (1), 30–39.

Chan, A. Y., Cheng, M. L., Keil, L. C. & Myers, B. D. 1988. Functional response of healthy and diseased glomeruli to a large protein-rich meal. *J Clin Invest.* 81 (1), 245–54.

Chan, D. S., Lau, R., Aune, D., Vieira, R., Greenwood, D. C., Kampman, E. & Norat, T. 2011. Red and processed meat and colorectal cancer incidence: meta-analysis of prospective studies. *Plos One* 6 (6), e20456.

Chow, W-H., Devesa, S. S., Warren, J. L. & Fraumeni, J. F. Jr. 1999. Rising incidence of renal cell cancer in the United States. *JAMA* 281 (17), 1628–31.

Clemmons, D. R., Seek, M. M. & Underwood, L. E. 1985. Supplemental essential amino acids augment the somatomedin-c/insulin-like growth factor I response to refeeding after fasting. *Metabolism* 34 (4), 391–5.

Cohn, S. H., Vartsky, D., Yasumura, S., Sawitsky, A., Zanzi, A., Vaswani, A. & Ellis, K. J. 1980. Compartmental body composition based on total-body nitrogen, potassium and calcium. *Am J Physiol.* 239 (6), E524–30.

Cordain, L., Eaton, S. B., Sebastian, A., Mann, N., Lindeberg, S., Watkins, B. A., O’Keefe, J. H. & Brand-Miller J. 2005. Origins and evolution of the Western diet: health implications for the 21st century. *Am. J Clin Nutr.* 81 (2), 341–54.

Crim, M. C., Calloway, D. H. & Margen, S. 1975. Creatine metabolism in men: urinary creatine and creatinine excretion with creatine feedings. *J Nutr.* 105, 428–38.

Crim, M. C., Calloway, D. H. & Margen, S. 1976. Creatine metabolism in men: creatine pool size and turnover in relation to creatine intake. *J Nutr.* 106, 371–81.

Delanghe, J., De Slypere, J-P., De Buyzere, M., Robbrecht, J., Wieme, R. & Vermeulen, A. 1989. Normal reference values for creatine, and creatinine and carnitine are lower in vegetarians. *Clin Chem.* 35 (8), 1802–3.

Dawson-Hughes, B., Harris, S. S. & Ceglia, L. 2008. Alkaline diets favor lean tissue mass in older adults. *Am J Clin Nutr.* 87 (3), 662–5.

Donovan, U. M. & Gibson, R. S. 1995. Iron and zinc status of young women aged 14 to 19 years consuming vegetarian and omnivorous diets. *J Am Coll Nutr.* 14 (5), 463–72.

Elia, M., Carter, A., Bacon, S., Winearls, C. G. & Smith, R. 1981. Clinical usefulness of urinary 3-methylhistidine excretion in indicating muscle protein breakdown. *Br Med J.* 282, 351–4.

Elliot, P., Stamler, J., Dyer, A. R., Appel, L., Dennis, B., Kesteloot, H., Ueshima, H., Okayama, A., Chan, Q., Garside, D. B. & Zhou, B. 2006. Association between protein intake and blood pressure: the intermap study. *Arch Int Med.* 66 (1), 79–87.

Fogelholm, M. 2003. Dairy products, meat and sports performance. *Sports Med.* 33 (8), 615–31.

Folin, O. H. 1904. Laws governing the chemical composition of urine. *Am J Physiol.* 13 (1), 66–115.

Forbes, G. B. & Bruining, G. J. 1976. Urinary creatinine excretion and lean body mass. *AMm J ClinNutr.* 29 (12), 1359–66.

Forestell, C. A., Spaeth, A. M. & Kane, S. A. 2012. To eat or not to eat red meat. A closer look at the relationship between restrained eating and vegetarianism in college females. *Appetite* 58 (1), 319–25.

Frassetto, L., Morris, R. C. Jr. & Sebastian, A. 1997. Potassium bicarbonate reduces urinary nitrogen excretion in postmenopausal women. *J Clin Endocrinol Metab.* 82 (1), 254–9.

Frassetto, L., Morris, R. C. Jr., Sellmeyer, D. E., Todd, K. & Sebastian, A. 2001. Diet, evolution and aging – the pathophysiologic effects of the post-agricultural inversion of the potassium-to-sodium and base-to-chloride ratios in the human diet. *Eur J Nutr.* 40 (5), 200–13.

Fuhrman, M. P. 2002. The albumin-nutrition connection: separating myth from fact. *Nutrition* 18 (2), 199–200.

Fuhrman, J. & Ferreri, D. M. 2010. Fueling the vegetarian (vegan) athlete. *Curr Sports Med Rep.* 9 (4), 233–41.

Fujita, S. & Volpi, E. 2006. Amino acids and muscle loss with aging. *J Nutr.* 136 (1), 277S–80S.

Gersovitz, M., Munro, H. N., Udall, J. & Young, V. R. 1980. Albumin synthesis in young and elderly subjects using a new stable isotope methodology: response to level of protein intake. *Metabolism* 29 (11), 1075–86.

Gibson, R. S. 2005. *Principles of nutritional assessment* (2. painos). Oxford University Press, New York, USA.

Giovannucci, E., Pollak, M., Liu, Y., Platz, E. A., Majeed, N., Rimm, E. B. & Willett, W. C. 2003. Nutritional predictors of insulin-like growth factor I and their relationships to cancer in men. *Cancer, Epidemiol Biomarkers Prev.* 12 (2), 84–9.

Gorinstein, S., Caspi, A., Libman, I., Katrich, E., Lerner, H. T. & Trakhtenberg S. 2004. Preventive effects of diets supplemented with sweetie fruits in hypercholesterolemic patients suffering from coronary artery disease. *Prev Med.* 38 (6), 841–7.

Graystone, J. E. 1968. Creatinine excretion during growth. Teoksessa: Cheek, D. B., Human growth: body composition, cell growth, energy and intelligence (1. Painos). Lea & Febiger, Philadelphia, USA.

Greatrex, G., Morgan, A. P. & Moore, F. D. 1972. Evaluation of muscle mass measurement by [¹⁴C] creatine dilution in the dog. *Metabolism* 21 (8), 757–60.

Greenhaff, P. L., Casey, A., Short, A. H., Harris, R. C., Söderlund, K. & Hultman, E. 1993. Influence of oral creatine supplementation on muscle torque during repeated bouts of maximal voluntary exercise in man. *Clin Sci.* 84 (5), 565–71.

Guyton, A. C. & Hall J. E. 2000. Textbook of medical physiology (10. painos). W. B. Saunders Company, Philadelphia, USA.

Haddad, E. H., Berk, L. S., Kettering, J. D., Hubbard, R. W. & Peters, W. R. 1999. Dietary intake and biochemical, hematologic, and immune status of vegans compared with nonvegans. *Am J Clin Nutr.* 70 (3), 586S–93S.

Hallberg, L. & Hulthén, L. 2000. Prediction of dietary iron absorption: an algorithm for calculating absorption and bioavailability of dietary iron. *Am J Clin Nutr.* 71 (5), 1147–60.

Hankinson, S. E., Willett, W. C., Colditz, G. A., Hunter, D. J., Michaud, D. S., Deroo, B., Rosner, B., Speizer, F. E. & Pollakk, M. 1998. Circulating concentrations of insulin-like growth factor I and risk of breast cancer. *Lancet* 351 (9113), 1393–6.

Hansen, R. D., Raja, C. & Allen, B. J. 2000. Total body protein in chronic diseases and in aging. *Ann N Y Acad Sci.* 904, 345–52.

Harman, S. K. & Parnell, W. R. 1998. The nutritional health of new zealand vegetarian and non-vegetarian Seventh-day Adventistis: selected vitamin, mineral and lipid levels. *N Z Med J.* 111 (1062), 91–4.

Harp, J. B., Goldstein, S. & Phillips, L. S. 1991. Nutrition and somatomedin. XXIII. Molecular regulation of IGF-I by amino acid availability in cultured hepatocytes. *Diabetes* 40 (1), 95–101.

Harris, R. C., Söderlund, K. & Hultman, E. 1992. Elevation of creatine in resting and exercised muscle of normal subjects by creatine supplementation. *Clin Sci.* 83 (3), 367–74.

Harris, R. C., Lowe, J. A., Warnes, K. & Orme, C. E. 1997. The concentration of creatine in meat, offal and commercial dog food. *Res Vet Sci.* 62 (1), 58–62.

Haub, M. D., Wells, A. M., Tarnopolsky, M. A. & Campbell, W. W. 2002. Effect of protein source on resistive-training-induced changes in body composition and muscle size in older men. *Am J Clin Nutr.* 76 (3), 511–7.

Haub, M. D., Wells, A. M. & Campbell, W. W. 2005. Beef and soy-based food supplements differentially affect serum lipoprotein-lipid profiles because of changes in carbohydrate intake and novel nutrient intake ratios in older men who resistive-train. *Metabolism* 54 (6), 769–74.

Heymsfield, S. B., Olafson, R. P., Kutner, M. H. & Nixon, D. W. 1979. A radiographic method of quantifying protein-energy undernutrition. *Am J Clin Nutr.* 32 (3), 693–702.

Heymsfield, S. B., Stevens, V., Noel, R., McManus, C., Smith, J. & Nixon, D. 1982. Biochemical composition of muscle in normal and protein-energy starved human subjects: relevance to anthropometric measurements. *Am J Clin Nutr.* 36 (1), 131–42.

Heymsfield, S. B., Arteaga, C., McManus, C., Smith, J. & Moffitt, S. 1983. Measurement of muscle mass in humans: validity of the 24-hour urinary creatinine method. *Am J Clin Nutr.* 37 (3), 478–94.

Hoffenberg, R., Black, E. & Brock, J. F. 1966. Albumin and γ -globulin tracer studies in protein depletion states. *J Clin Invest.* 45 (1), 143–52.

- Holmes, M. D., Pollak, M. N., Willett, W. C. & Hankinson, S. E. 2002. Dietary correlates of plasma insulin-like growth factor I and insulin-like growth factor binding protein 3 concentrations. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev.* 11 (9), 852–61.
- Houston, M. E. 2001. *Biochemistry primer for exercise science (2. painos)*. Human Kinetics, Champaign, USA.
- Hu, J. F., Zhao, X. H., Parpia, B. & Campbell, T. C. 1993. Dietary intakes and urinary excretion of calcium and acids: a cross-sectional study of women in China. *Am J Clin Nutr.* 58 (3), 396–406.
- Hua, N. W., Stoohs, R. A. & Facchini, F. S. 2001. Low iron status and enhanced insulin sensitivity in lacto-ovo-vegetarians. *Br J Nutr.* 86 (4): 515–9.
- Huang, Y. C., Huan, S. M. & Chiou, W. L. 1982. Creatinine X: potential nonrenal elimination of endogenous creatinine in humans and its clinical significance. *Int J Clin Pharmac Ther Toxicol.* 20 (8), 343–5.
- Huang, Y. C., Lin, W. J., Cheng, C. H. & Su, K. H. 1999. Nutrient intakes and iron status of healthy young vegetarians and nonvegetarians. *Nutr Res. (New York)* 19 (5), 663–74.
- Huang, W., Han, Y., Xu, J., Zhu, W. & Li, Z. 2013. Red and processed meat intake and risk of esophageal adenocarcinoma: a meta-analysis of observational studies. *Cancer Causes Control* 24 (1), 193–201
- Hunt, J. R. 2003. Bioavailability of iron, zinc, and other minerals from vegetarian diets. *Am J Clin Nutr.* 78 (3), 633S–9S.
- Ingwall, J. S. 1976. Creatine and the control of muscle-specific protein synthesis in cardiac and skeletal muscle. *Circ Res.* 38 (5), 1115–23.
- James, W. P. T. & Hay, A. M. 1968. Albumin metabolism: effect of the nutritional state and the dietary protein intake. *J Clin Invest.* 47 (9), 1958–72.

Janelle, K. C. & Barr, S. I. 1995. Nutrient intake and eating behavior scores of vegetarian and nonvegetarian women. *J Am Diet Assoc.* 95 (2), 180–6, 189.

Jenkins, D. J., Kendall, C. W., Vidgen, E., Augustin, L. S., van Erk, M., Geelen, A., Parker, T., Vuksan, V., Josse, R. G., Leiter, L. A. & Connelly, P. W. 2001. High protein diets in hyperlipidemia; effect of wheat gluten on serum lipids, uric acid, and renal function. *Am J Clin Nutr.* 74 (1), 57–63.

Jibani, M. M., Bloodworth, L. L., Foden, E., Griffiths, K. D. & Galpin, O. P. 1991. Predominantly vegetarian diet in patients with incipient and early clinical diabetic neuropathy: effects of albumin excretion rate and nutritional status. *Diabet Med.* 8 (10), 949–53.

Kaluza, J., Wolk, A. & Larsson, S.C. 2012. Red meat consumption and risk of stroke: a meta-analysis of prospective studies. *Stroke* 43 (10), 2556–60.

Kennedy, E. T., Bowman, S. A., Spence, J. T., Freedman, M. & King, J. 2001. Popular diets: correlation to health, nutrition, and obesity. *J Am Diet Assoc* 101 (4), 411–20.

Kelman, L., Saunders, S. J., Frith, L. Wicht, S. & Corrigan, A. 1972. Effects of dietary protein restriction on albumin synthesis, albumin catabolism, and the plasma amino-gram. *Am J Clin Nutr.* 25, 1174–8.

Key, T. J., Appleby, P. N. & Rosell, M. S. 2006. Health effects of vegetarian and vegan diets. *Proc Nutr Soc.* 65 (1), 35–41.

Keys, A. J., Brozak, A., Henschel, O., Michelson, O. & Taylor, H. L. 1950. *Teoksessa The biology of human starvation.* Minnesota Press, Minneapolis, USA.

Kirsch, R. E., Frith, L., Black, E. & Hoffenberg, R. 1968. Regulation of albumin synthesis and catabolism by alteration of dietary protein. *Nature* 217, 578–9.

Kitagawa, T., Owada, M., Urakami, T. & Yamauchi, K. 1998. Increased incidence of non-insulin dependent diabetes mellitus among Japanese schoolchildren correlates with an increased intake of animal protein and fat. *Clin Pediatr (Phila)*. 37 (2), 111–5.

Konstantinides, F. N., Kontantidines, N. N., Li, J. C., Myaya, M. E. & Cerra, F. B. 1991. Urinary urea nitrogen: too insensitive for calculating nitrogen balance studies in surgical clinical nutrition. *JPEN* 15 (2), 189–93.

Kontessis, P., Jones, S., Dodds, R., Trevisan, R., Nosadini, R., Fioretto, P., Borsato, M., Sacerdoti, D. & Viberti, G. 1990. Renal, metabolic and hormonal responses to ingestion of animal and vegetable proteins. *Kidney Int*. 38 (1), 136–44.

Kontessis, P., Bossinakou, I., Sarika, L., Iliopolou, E., Papantoniou, A., Trevisan, R., Roussi, D., Stipsanelli, K., Grigorakis, S. & Souvatzoglou, A. 1995. Renal, metabolic and hormonal responses to proteins of different origin in normotensive, nonproteinuric type I diabetic patients. *Diabetes Care* 18 (9), 1233–40.

Kreider, R. B. & Campbell, B. 2009. Protein for exercise and recovery. *Phys Sport-smed*. 37 (2), 13–21.

Kreisberg, R. A., Bowdoin, B. & Meador, C. K. 1970. Measurement of muscle mass in humans by isotopic dilution of [¹⁴C] creatine. *J Appl Physiol*. 28 (3), 264–7.

Kwon, J., Suzuki, T., Kim, H., Yoshida, H., Kumagai, S., Yoshida, Y., Furuna, T. & Sugiura, M. 2005. Health status and physical fitness of undernourished community-dwelling elderly people (teksi japaniksi, tiivistelmä englanniksi). *Jpn J Phys Fitness Sports Med*. 54, 99–106.

Kwon, J., Suzuki, T., Yoshida, H., Kim, H., Yoshida, Y. & Iwasa, H. 2007. Concomitant lower serum albumin and vitamin D levels are associated with decreased objective physical performance among Japanese community-dwelling elderly. *Gerontology* 53 (5), 322–8.

Larsson, C. L. & Johansson, G. K. 2002. Dietary intake and nutritional status of young vegans and omnivores in Sweden. *J Clin Nutr.* 76 (1), 100–6.

Larsson, S. C. & Wolk, A. 2012. Red and processed meat consumption and risk of pancreatic cancer: meta-analysis of prospective studies. *Br J Cancer* 106 (3), 603–7.

Lemon, P. W. 1995. Do athletes need more dietary protein and amino acids? *Int J Sports Nutr.* 5, S39–61.

Lemon, P. W. 2000. Beyond the zone: protein needs of active individuals. *J Am Coll Nutr.* 19 (5), 513S–21S.

Lukaski, H. C., Mendez, J., Buskirk, E. R. & Cohn, S. H. 1981. A comparison of methods of assessment of body composition including neutron activation analysis of total body nitrogen. *Metabolism* 30 (8), 777–82

Lukaszuk, J. M., Robertson, R. J., Arch, J. E., Moore, G. E., Yaw, K. M, Kelley, D. E., Rubin, J. T. & Moyna, N. M. 2002. Effect of creatine supplementation and lacto-ovo-vegetarian diet on muscle creatine concentration. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 12 (3), 336–48.

Lykken, G. I., Jacob, R. A., Munoz, J. M. & Sandstead, H. H. 1980. A mathematical model of creatine metabolism in normal males: comparison between theory and experiment. *Am J Clin Nutr.* 33 (12), 2674–85.

Macy, R. L. Jr., Naumann, H. D. & Bailey, M. E. 1970. Watersoluble flavor and odor precursors of meat. 5. influence of heating on acid-extractable nonnucleotide chemical constituents of beef, lamb and pork. *J Food Sci.* 35 (1), 85–7.

Manore, M., Meyer, N. L. & Thompson, J. 2009. Sport nutrition for health and performance (2. päivitetty painos). Human Kinetics, Champaign, USA.

Mattox, T. W., Brown, R. O., Buonpane, E. A., Boucher, B. A., Fabian, T. C. & Luther, R. W. 1988. Use of fibronectin and somatomedin-C as nutritional markers in the enteral

nutrition support in traumatized patients using a modified amino acid formul. *JPEN*. 12 (6), 592–6.

McArdle, W. D., Katch, F. I. & Katch, V. L. 2001. *Exercise physiology: energy, nutrition and human performance* (5. painos). Lippincott Williams & Wilkins, Baltimore, USA.

McCann, S. E., Moysich, K. B. & Mettlin, C. 2001. Intakes of selected nutrients and food groups and risk of ovarian cancer. *Nutr Cancer* 39 (1), 19–28.

Messina, M. & Messina, V. 1996. Nutritional implications of dietary phytochemicals. *Adv Exp Med Biol*. 401, 207–12.

Metges, C. C. & Barth, C. A. 2000. Metabolic consequences of a high dietary-protein intake in adulthood: assessment of the available evidence. *J Nutr*. 130 (4), 886–9.

Micha, R., Wallace, S. K. & Mozaffarian, D. 2010. Red and processed meat consumption and risk of incident coronary heart disease, stroke and diabetes mellitus – a systematic review and meta-analysis. *Circulation* 121 (21), 2271–83.

Micha, R., Michas, G. & Mozaffarian, D. 2012. Unprocessed red and processed meats and risk of coronary artery disease and type 2 diabetes – an updated review of the evidence. *Curr Atheroscler Rep*. 14 (6), 515–24.

Millward, D., J. 2004. Macronutrient intakes as determinants of dietary protein and amino acid adequacy. *J Nutr*. 134 (6), 1588S–96S.

Millward, D. J., Layman, D. K., Tomé, D. & Schaafsma, G. 2008. Protein quality assessment: impact of expanding understanding of protein and amino acids needs for optimal health. *Am J Clin Nutr*. 87 (5), 1576S–81S.

Miura, Y., Kato, H. & Noguchi, T. 1992. Effect of dietary proteins on insulin-like growth factor (IGF-I) messenger ribonucleic acid content in rat liver. *Br J Nutr*. 67 (2), 257–65.

Myers, V. C. & Fine, M. J. 1913. The creatine content of muscle under normal conditions: its relation to the urinary creatinine. *J Biol Chem.* 14, 9–26.

Nakamura, H., Takasawa M., Kashara, S., Tsuda, A., Momotsu, T., Ito, S. & Shibata, A. 1989. Effects of acute protein loads of different sources on renal function of patients with diabetic nephropathy. *Tohoku J Exp Med.* 159 (2), 153–162.

Nakamura, H., Yamazaki, M., Chiba, Y., Tani, N., Momotsu, T., Kamoi, K., Ito, S., Yamaji, T. & Shibata, A. 1991. Acute loading with proteins from different sources in healthy volunteers and diabetic patients. *J Diabet Complications* 5 (2–3), 140–2.

Nakamura, H., Ito, S., Ebe, N. & Shibata, A. 1993. Renal effects of different types of protein in healthy volunteer subjects and diabetic patients. *Diabetes Care* 16 (8), 1071–5.

O’Sullivan, T. A., Hafekost, K., Mitrou, F. & Lawrence, D. 2013. Food sources of saturated fat and the association with mortality: a meta-analysis. *Am J Public Health* 103 (9), e31–42.

Otten, J. J., Hellwig, J. P. & Meyers, L. D. 2006. Dietary reference intakes: the essential guide to nutrient requirements. National Academy of Sciences. The National Academic Press, Washington DC, USA.

Pain, V. M., Clemens, M. J. & Garlick, P. J. 1978. The effect of dietary protein deficiency on albumin synthesis and on the concentration of active albumin messenger ribonucleic acid in rat liver. *Biochem J.* 172 (1), 129–35.

Pannemans, D. L. E., Wagenmakers, A. J., Westerterp, K. R., Schaafsma, G. & Halliday, D. 1998. Effect of protein source and quantity on protein metabolism in elderly women. *Am J Clin Nutr.* 68 (6), 1228–35.

Pellegrini, N., Serafini, M., Colombi, B., Del Rio, D., Salvatore, S., Bianchi, M. & Brighenti, M. 2003. Total antioxidant capacity of plant foods, beverages and oils consumed in Italy assessed by three different in vitro assays. *J Nutr.* 133 (9), 2812–19.

Phillips, S. M. 2012. Nutrient-rich meat proteins in offsetting age-related muscle loss. *Meat Sci.* 92 (3), 174–8.

Picou, D., Reeds, P. J., Jackson, A. & Poulter, N. 1976. The measurement of muscle mass in children using [15N] creatine. *Pediatric Research* 10, 184–8.

Potter, M. A. & Luxton, G. 1999. Prealbumin measurements as a screening tool for protein calorie malnutrition in emergency hospital admissions: a pilot study. *Clin Invest Med* 22 (2), 44–52.

Rand, W. M., Pellett, P. L. & Young, V. R. 2003. Meta-analysis of nitrogen balance studies estimating protein requirements in healthy adults. *Am J Clin Nutr.* 77 (1), 109–27.

Rasmussen, B. B. & Phillips, S. M. 2003. Contractile and nutritional regulation of human muscle growth. *Exerc Sport Sci Rev.* 31 (3), 127–31.

Rauma, A. L. & Mykkänen, H. 2000. Antioxidant status in vegetarian versus omnivores. *Nutrition* 16 (2), 111–9.

Remer, T., Dimitriou, T. & Manz, F. 2003. Dietary potential renal acid load and renal net acid excretion in healthy, free-living children and adolescents. *Am J Clin Nutr.* 77 (5), 1255–60.

Richter, V., Purschwitz, K., Bohusch, A., Seim, H., Weisbrich, C., Reuter, W., Sorger, D. & Rassoul, F. 1999. Lipoproteins and other clinical-chemistry parameters under the conditions of lacto-ovo-vegetarian nutrition. *Nutr Res.* 19 (4), 545–54.

Rissanen, T. H., Voutilainen, S., Virtanen, J. K., Venho, B., Vanharanta, M., Mursu, J. & Salonen, J. T. 2003. Low intake of fruits, berries, and vegetables is associated with excess mortality in men: the Kuopio Ischaemic Heart Disease Risk Factor (KIHD) Study. *J Nutr.* 133 (1), 199–204.

Robinson, F., Hackett, A. F., Billington, D. & Stratton, G. 2002. Changing from a mixed to self-selected vegetarian diet: influence on blood lipids. *J Hum Nutr Diet* 15 (5), 323–9.

Safiq, S. A., Lewis, S. G., Dimino, L. C. & Schutta H. S. 1978. Electron microscopic study of skeletal muscle in elderly subjects. Teoksessa: Kaldor, G. & Battista, W. J. *Aging in muscle*, Raven Press, New York, USA.

Saks, V. A., Rosenshtraukh, L. V., Smirnov, V. N. & Chazov, E. I. 1978. Role of creatine phosphokinase in cellular function and metabolism. *Can J Physiol Pharmacol.* 56 (5), 691–706.

Scalfi, L., Laviano, A., Reed, L. A., Borrelli, R. & Contaldo, F. 1990. Albumin and labile-protein serum concentrations during very-low-calorie diets with different compositions. *Am J Clin Nutr.* 51 (3), 338–42.

Schalk, B. W., Deeg, D. J., Penninx, W. J. H., Bouter, L. M. & Visser, M. 2005. Serum albumin and muscle strength: a longitudinal study in older men and women. *J Am Geriatr Soc.* 53 (8), 1331–8.

Schutz, Y. 2011. Protein turnover, ureagenesis and gluconeogenesis. *Int J Vitam Nutr Res.* 81 (2–3), 101–7.

Scott, P. H., Berger, H. M., Wharton, B. A. 1984. A critical assessment of plasma alkaline ribonuclease as an indicator of protein nutritional status in infancy. *Ann Clin Biochem.* 21 (5), 357–62.

Schrier, R. W. 2007. *Diseases of the kidney and urinary tract* (8. painos). Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, USA.

Scrimshaw, N. S., Habicht, J. P., Piché, M. L., Cholakov, B. & Arroyave, G. 1966. Protein metabolism of young men during university examinations. *Am J Clin Nutr.* 18 (5), 321–4.

Sellmeyer, E., Stone, K., Sebastian, A. & Cummings, S. 2001. A high ratio of dietary animal to vegetable protein increases the rate of bone loss and the risk of fracture in postmenopausal women. Study of osteoporotic fractures research group. *Am J Clin Nutr.* 73 (1), 118–22.

Shetty, P. S., Jung, R. T., Watrasiewicz, K. E. & James, W. P. T. 1979. Rapid-turnover transport proteins: an index of subclinical protein-energy malnutrition. *Lancet* 2 (8136), 230–2.

Shomrat, A., Weinstein, Y. & Katz, A. 2000. Effect of creatine feeding on maximal exercise performance in vegetarians. *Eur J Appl Physiol.* 82 (4), 321–5.

Singh, P. N., Sabaté, J. & Fraser, G. E. 2003. Does low meat consumption increase life expectancy in humans? *Am J Clin Nutr.* 78 (3), 526S–32S.

Slimani, N. & Margetts, B. 2009. Nutrient intakes and patterns in the EPIC cohorts from ten European countries. *Eur J Clin Nutr* 63, S1–S274.

Smith, O. W. 1942. Creatinine excretion in women: data collected in the course of urinalysis for female sex hormones. *J Clin Endocrinol.* 2 (1), 1–12.

Smith, W. J., Underwood, L. E. & Clemmons, D. E. 1995. Effects of caloric or protein restriction on insulin-like growth factor I (IGF-I) and IGF-binding proteins in children and adults. *J Clin Endocrinol Metab.* 80 (2), 443–9.

Snyder, C. K., Lapidus, J. A., Cawthon, P. M., Dam, T-T. L., Sakai, L. Y. & Marshall, L. M. 2012. Serum albumin in relation to change in muscle mass, muscle strength, and muscle power in older men. *J Am Geriatr Soc.* 60 (9), 1663–72.

Standard, K. L., Willis, V. G. & Waterlow, J. C. 1959. Indirect indicators of muscle mass in malnourished infants. *Am J of Clin Nutr.* 7 (3), 271–9.

Talbot, N. B. 1938. Measurement of obesity by the creatinine coefficient. *Am J Disease Child.* 55, 42–50.

Thissen, J. P., Pucilowska, J. B. & Underwood, L. E. 1994. Differential regulation of insulin-like growth factor I (IGF-I) and IGF binding protein-1 messenger ribonucleic acids by amino acid availability and growth hormone in rat hepatocyte primary culture. *Endocrinology* 134 (3), 1570–6.

Tizianello, A., Deferrari, G., Garibotto, G., Robaudo, C., Acquarone, N. & Ghiggeri, G. M. 1982. Renal ammoniagenesis in an early stage of metabolic acidosis in man. *J Clin Invest.* 69 (1), 240–50.

Tomlinson, B. E., Walton, J. N. & Rebeiz, J. J. 1969. The effects of aging and of cachexia upon skeletal muscle – a histopathological study. *J Neurol Sci.* 9, 321–46.

Toniolo, P., Bruning, P. F., Akhmedkhanov, A., Bonfrer, J. M., Koenig, K. L., Lukanova, A., Shore, R. E. & Zeleniuch-Jacquotte, A. 2000. Serum insulin-like growth factor I and breast cancer. *Int J Cancer* 88 (5), 828–32.

Tsai, C. J., Leitzmann, M. F., Willett, W. C. & Giovannucci, E. L. 2004. Dietary protein and the risk of cholecystectomy in a cohort of US women: the Nurses' Health Study. *Am J Epidemiol.* 160 (1), 11–8.

Turner, W. J. 1975. Total body potassium and 24-hour creatinine excretion in healthy males. *Clin Pharmac Therapeut.* 18 (4), 405–12.

Valtion ravitsemusneuvottelukunta. 2005. Suomalaiset ravitsemussuositukset – ravinto ja liikunta tasapainoon. Edita Publishing, Helsinki, Suomi.

Valtion ravitsemusneuvottelukunta. 2014. Suomalaiset ravitsemussuositukset – Terveystä ruoasta. Juvenes, Helsinki, Suomi.

Venderley, A. M. & Campbell, W. W. 2006. Vegetarian diets: nutritional considerations for athletes. *Sports Med.* 36 (4), 293–305.

Viru, A. A. & Viru, M. 2001. Biochemical monitoring of sport training (1. painos). Human Kinetics, Champaign, USA.

Visser, M., Kritchevsky, S. B., Newman, A. B., Goodpaster, B. H., Tylavsky, F. A., Nevitt, M. C. & Harris, T. B. 2005. Lower serum albumin concentration and change in muscle mass: the health, aging and body composition study. *Am J Clin Nutr.* 82 (3), 531–7.

Vlajinac, H. D., Marinkovic, J. M., Ilic, M. D. & Kocev, N. I. 1997. Diet and prostate cancer: a case-control study. *Eur J Cancer* 33 (1), 101–7.

Waldmann, A., Koschizke, J. W., Leitzmann, C. & Hahn, A. 2003. Dietary intakes and lifestyle factors of a vegan population in Germany: results from the German vegan study. *Eur J Clin Nutr.* 57 (8), 947–55.

Walser, M. 1987. Creatinine excretion as a measure of protein nutrition in adults of varying age. *JPEN* 11, 73S–8S.

Wang, ZM., Deurenberg, P., Matthews, D. E. & Heymsfield, S. B. 1998. Urinary 3-methylhistidine excretion: association with total body skeletal muscle mass by computerized axial tomography. *JPEN* 22 (2), 82–6.

Wang, C. & Jiang, H. 2012. Meat intake and risk of bladder cancer: a meta-analysis. *Med Oncol.* 29 (2), 848–55.

Webster, J. & Garrow, J. S. 1985. Creatinine excretion over 24 hours as a measure of body composition or of completeness of urine collection. *Hum Nutr Clin Nutr.* 39 (2), 101–6.

Welch, A. A., MacGregor, A. J., Skinner, J., Spectpr, T. D., Moayyeri, A. & Cassidy A. 2012. A higher alkaline dietary load is associated with greater indexes of skeletal muscle mass in women. *Osteoporos Int* 24 (6), 1899–908.

Welle, S., Thornton, C., Totterman, S. & Forbes, G. 1996. Utility of creatinine excretion in body-composition studies of healthy men and women older than 60 y. *Am J Clin Nutr.* 63 (2), 151–6.

Wiederkehr, M. & Krapf, R. 2001. Metabolic and endocrine effects of metabolic acidosis in humans. *Swiss Med Wkly* 131 (9–10), 127–32.

Wilkinson, S. B., Tarnopolsky, M. A., MacDonald, M. J., MacDonald, J. R., Armstrong, D. & Phillips, S. M. 2007. Consumption of fluid skim milk promotes greater muscle protein accretion following resistance exercise than an isonitrogenous and isoenergetic soy-protein beverage. *Am J Clin Nutr.* 85 (4), 1031–40.

Wixom, R. L., Davis, G. E., Flynn, M. A. & Tsutakawa, R. T. & Hentges, D. J. 1979. Excretion of creatinine in feces of man. *Proceed Soc Exp Biol Med.* 161 (4), 452–7.

Wolever, T. M., Hamad, S., Gittelsohn, J., Gao, J., Hanley, A. J., Harris, S. B. & Zinman, B. 1997. Low dietary fiber and high protein intakes associated with newly diagnosed diabetes in a remote aboriginal community. *Am J Clin Nutr.* 66 (6), 1470–4.

Young, V. R., Fajaro, L., Murray, E., Rand, W. M. & Scrimshaw, N. S. 1975. Protein requirements of man: comparative nitrogen balance response within the submaintenance-to-maintenance range of intakes of wheat and beef proteins. *J Nutr* 105 (5), 534–42.

Young, V. R. & Munro, H. N. 1978. Ntau-methylhistidine (3-methylhistidine) and muscle protein turnover: an overview. *Fed Proc.* 37 (3), 2291–300.

Young, V. R., Margini J. S. & Cortiella J. 1990. Assessment of protein nutritional status. *J Nutr.* 120, 1496–502.

Young, N. J., Metcalfe, C., Gunnell, D., Rowlands, M-A., Lane, J. A., Gilbert, R., Avery, K. N. I., Davis, M., Neal, D. E., Hamdy, F. C., Donovan, J., Martin, R. M. & Holly, J. M. P. 2012. A cross-sectional analysis of the association between diet and insulin-like growth factor (IGF)-I, IGF-II, IGF-binding protein (IGFBP)-2, and IGFBP-3 in men in the United Kingdom. *Cancer Causes Control* 23 (6), 907–17.

Zhang, X., Shu, X. O., Gao, Y. T., Yang, G., Li, Q., Li, H., Jin, F. & Zheng, W. 2003. Soy food consumption is associated with lower risk of coronary heart disease in Chinese women. *J Nutr.* 133 (9), 2874–8.

Zhu, H., Yang, X., Zhang, C., Zhu, C., Tao, G., Zhao, L., Tang, S., Shu, Z., Cai, J., Dai, S., Qin, Q., Xu, L., Cheng, H. & Sun, X. 2013. Red and processed meat intake is associated with higher gastric cancer risk: a meta-analysis of epidemiological observational studies. *Plos One* 14; 8 (8), e70955.

Internet-lähteet

Hepato-neuro-tutkimusryhmän www-sivusto. Haettu 24.11.2013 osoitteesta http://hepato-neuro.ca/en/he/Advanced/ammonia_adv

Lihatiedotusyhdistyksen www-sivusto. Haettu 23.11.2013 osoitteesta http://www.lihatiedotus.fi/www/fi/tilastot/lihan_kulutus_suomessa.php

National Human Genome Research Institutun www-sivusto. Haettu 21.11.2013 osoitteesta <http://www.genome.gov/Glossary/index.cfm?p=viewimage&id=169>

LIITE 1: RUOKAVALIOT RAVINTOJAKSOJEN AIKANA

KASVIS

Aamupala: jogurtti (rasvaa 2 %), talkkunajauho, banaani, ruisleipä, margariini, tomaatti, kurkku, appelsiinimehu

Välipala: omena, mandariini

Lounas: broilerifilee, riisi, vihreä papu, salaatti, tomaatti, kurkku, salaatinkastike (öljy), herkkusieni (paistettu öljyssä)

Välipala: omena, mandariini

Päivällinen: porkkana-perunasosekeitto, salaatti, tomaatti, kurkku, avokado, salaatinkastike (öljy)

Iltapala: omena, mandariini, ananas, rusina

LIHA

Aamupala: jogurtti (rasvaa 2 %), talkkunajauho, kaurapaahtoleipä, margariini, juusto (rasvaa n. 24 %), kinkku (rasvaa n. 3 %), margariini, kananmuna

Välipala: ruisleipä, margariini, juusto (rasvaa n. 24 %), kinkku (rasvaa n. 3 %)

Lounas: jauhelihakastike (sika-nauta), spagetti, kaurapaahtoleipä, margariini, juusto (rasvaa n. 24 %), kinkku (rasvaa 3 %)

Välipala: maissihiutaleet, maito

Päivällinen: broilerifilee, riisi, raejuusto (rasvaa 2–5 %)

Iltapala: ruisleipä, margariini, juusto (rasvaa n. 24 %), kinkku (rasvaa n. 3 %)