



Kansanterveyslaitos
Folkhälsoinstitutet
National Public Health Institute

Kansanterveyslaitoksen julkaisuja

B19/ 2004

Publications of the National Public Health Institute

Tero Hirvonen, Heli Tapanainen, Liisa Valsta,

Mikko Virtanen, Antti Aro, Pirjo Pietinen

ELINTARVIKKEIDEN TÄYDENTÄMINEN D-VITAMIINILLA JA KALSIUMILLA

Riskinarviointi työikäisessä väestössä

Kansanterveyslaitos

Epidemiologian ja terveyden edistämisen osasto

Ravitsemusyksikkö

KTL-National Public Health Institute, Finland

Department of Epidemiology and Health Promotion

Nutrition Unit

**Publications of the National Public Health Institute
KTL B19/2004**

Copyright National Public Health Institute

**Julkaisija-Utgivare-Publisher
Kansanterveyslaitos (KTL)**
Mannerheimintie 166
00300 Helsinki
Puh. vaihde (09) 474 41, telefax (09) 4744 8408

Folkhälsoinstitutet
Mannerheimvägen 166
00300 Helsingfors
Tel. växel (09) 474 41, telefax (09) 4744 8408

National Public Health Institute
Mannerheimintie 166
00300 Helsinki
Telephone +358 9 474 41, telefax +358 9 4744 8408

ISSN 0359-3576
ISBN 951-740-484-0 (pdf)
http://www.ktl.fi/portal/suomi/julkaisut/julkaisusarjat/kansanterveyslaitoksen_julkaisuja_b/

Tero Hirvonen, Heli Tapanainen, Liisa Valsta, Mikko Virtanen, Antti Aro, Pirjo Pietinen: Elintarvikkeiden täydentäminen D-vitamiinilla ja kalsiumilla - riskinarviointi työikäisessä väestössä.

Kansanterveyslaitoksen julkaisuja, B19/2004, 54 sivua

ISBN 951-740-484-0 (pdf-versio)

ISSN 0359-3576

http://www.ktl.fi/portal/suomi/julkaisut/julkaisusarjat/kansanterveyslaitoksen_julkaisuja_b/

TIIVISTELMÄ

D-vitamiinin saanti sekä ravinnosta että auringonvalon aiheuttaman ihosynteesin kautta on Suomessa niukkaa. Tämän takia margariineja on täydennetty D-vitamiinilla vuodesta 1955 ja maitoa vuodesta 2003. Sen sijaan kalsiumin saanti on keskimäärin riittävää, vaikka osa väestöstä saa niukasti kalsiumia lähinnä vähäisen maitotuotteiden käytön takia. Viime vuosina markkinoille onkin tullut runsaasti täydennettyjä elintarvikkeita, joilla voi olla merkittävä vaikutus näiden ravintoaineiden saantiin. Liikasaannin riski on mahdollinen täydennettyjä elintarvikkeita käytettäessä, sillä riittävän ja turvallisen saannin alue on melko kapea sekä D-vitamiinilla (7,5-50 µg/pv) että kalsiumilla (800-2500 mg/pv). Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää kalsiumilla ja D-vitamiinilla täydennettyjen elintarvikkeiden hyöty ja turvallisuus.

Tutkimuksen aineistona on käytetty vuonna 2002 kerättyä Finravinto-aineistoa, jossa 48 tunnin ruoankäyttöhaastattelua käyttäen on selvitetty 2007 työikäisen miehen ja naisen (25-64 v.) tavanomaista ruoankäyttöä. Lisäksi heiltä on kerätty kyselylomakkeella tietoa ravintolisien käytöstä. Osa (n=247) tutkittavista on täyttänyt kaksi kertaa kolmen päivän ruokapäiväkirjan. Näistä aineistoista on laskettu tutkittavien kalsiumin ja D-vitamiinin saanti. Näiden lisäksi analyyseissä on käytetty tietoja Elintarvikevirastolle internetkyselyllä tehdystä kyselystä, jossa on tiedusteltu täydennettyjen elintarvikkeiden ja ravintolisien käyttöä.

Tilastollisessa analyysissä on käytetty kahta mallinnustapaa: 1) malli, jossa kaikkien kyseessä olevien elintarvikkeiden on oletettu olevan täydennettyjä sekä 2) todennäköisyyspohjainen mallintaminen, jossa on simuloitu aineisto ottaen huomioon tavanomaisten elintarvikkeiden, täydennettyjen elintarvikkeiden ja ravintolisien kuluttajajosuudet ja käyttöjakaumat sekä näiden väliset yhteydet.

Tutkimuksessa havaittiin, että täydentäminen on pääosin turvallista ja vähentää merkittävästi niukasti kalsiumia ja varsinkin D-vitamiinia saavien osuutta. Kuitenkin tilanteessa, jossa kaikki maidot, jogurtit, täysmehut ja leivät olisivat täydennettyjä, kalsiumin liikasaannin riski olisi merkittävä, etenkin miehillä. Täydennetyt elintarvikkeet

olivat kuitenkin selvästi pienempi D-vitamiinin ja kalsiumin lähde kuin tavanomainen ruoka tai ravintolisät. Lisäksi havaittiin, että täysmehu olisi hyvä kantajaelintarvike kalsiumille. Sen sijaan D-vitamiinille ei löydetty hyvää kantajaelintarviketta.

Avainsanat: täydentäminen; kalsium; D-vitamiini; riskinarviointi

Tero Hirvonen, Heli Tapanainen, Liisa Valsta, Mikko Virtanen, Antti Aro, Pirjo Pietinen: Berikning av livsmedel med D vitamin och kalcium – riskvärdering hos befolkningen i arbetsför ålder.

Folkhälsoinstitutets publikationer, B19/2004, 54 sidor

ISBN 951-740-484-0 (pdf-version)

ISSN 0359-0359-3576

http://www.ktl.fi/portal/suomi/julkaisut/julkaisusarjat/kansanterveyslaitoksen_julkaisuja_b/

SAMMANFATTNING

Intaget av vitamin D är lågt i Finland – både av kost och av hudsyntes framkallad av solens UVB-strålning. Som följd av detta har margariner berikats fr.o.m. år 1955 och mjölk fr.o.m. 2003. Däremot är intaget av kalcium i genomsnitt tillräckligt, fastän för en del av befolkningen är intaget av kalcium lågt på grund av låg konsumtion av mjölkprodukter. Under de senaste åren har en massa nya berikade produkter strömmat in på livsmedelsmarknaden. Detta kan ha en betydande effekt på intaget av kalcium och D vitamin. Risken av överkonsumtionen är möjlig vid användning av berikade livsmedel, eftersom marginalen för tillräckligt och tryggt intag är smal både för vitamin D (7,5-50 µg/dag) och för kalcium (800-2500 mg/dag). Målet av denna undersökning är att utreda nytta och trygghet av livsmedlens berikning med D vitamin och kalcium.

Forskningsmaterialet byggde på FINRAVINTO 2002 enkäten, där man med hjälp av en 48-timmars intervju undersökte den regelmässiga kosten bland de 2007 män och kvinnor i arbetsför ålder. Dessutom samlades uppgifter om användning av kosttillskott med ett frågeformulär. En del (n=247) av de tillfrågade fyllde två gånger tre dagars kostdagbok. Utgående från dessa uppgifter beräknades intaget av D vitamin och kalcium. Dessutom användes uppgifter från en internet-baserad enkät anordnat av Livsmedelsverket där användning av berikade livsmedel och kosttillskott förfrågades.

Den statistiska analysen utfördes på två sätt: 1) modell där man antog att alla produkter i en livsmedelskategori var berikade och 2) sannolikhets-baserad modell där materialet simulerades med beaktande av användning av vanliga livsmedel, berikade livsmedel och kosttillskott och deras samband.

Huvudslutsatsen var att berikning av livsmedel med D vitamin och kalcium är trygg och minskar betydligt proportionen av de finländare vars intag av D vitamin är mindre än rekommenderad. I ett sådant fall att alla sorters mjölk, yoghurt, safter och bröd skulle vara berikade med calcium, skulle risken för överdosering vara betydande, i synnerhet hos män. Berikade livsmedlen var en avsevärt mindre källa för D vitamin och kalcium än de oberikade livsmedlet eller kosttillskott. Dessutom kunde man se att

saften skulle vara ett bra bärarlivsmedel för kalcium. Däremot hittade man inte något bra bärarlivsmedel för D vitamin.

Nyckelord: berikning; kalcium; vitamin D; riskvärdering

Tero Hirvonen, Heli Tapanainen, Liisa Valsta, Mikko Virtanen, Antti Aro, Pirjo Pietinen: Food fortification with vitamin D and calcium – risk assessment in adult population.

Publications of the National Public Health Institute, B19/2004, 54 Pages

ISBN 951-740-484-0 (pdf-version)

ISSN 0359-0359-3576

http://www.ktl.fi/portal/suomi/julkaisut/julkaisusarjat/kansanterveyslaitoksen_julkaisuja_b/

ABSTRACT

Intake of vitamin D in Finland is relatively low and because of low UVB exposure the synthesis in the skin is also low. Therefore, margarines have been fortified with vitamin D since 1955. Unlike vitamin D, calcium intake on average is quite high due to high consumption of milk products, but still there are groups of people (e.g. lactose intolerants) whose calcium intake is below the recommended daily intake. The food industry is also interested in food fortification as part of marketing targeted for health conscious consumers. The ranges of safe vitamin D (7,5-50 µg/day) and calcium (800-2500 mg/day) intake are narrow and the risk of overdose from fortified foods is possible, especially as it is known that those who consume fortified foods, also tend to take supplements more often than others.

This study used the Findiet 2002 study for modeling vitamin D and calcium intakes in various fortification scenarios. Food consumption data were collected using the 48-h recall from 2007 men and women, aged 25-64 years. In addition, a subsample of subjects (n=247) filled in 2x3 day food records. Also their use of dietary supplements was inquired in a separate questionnaire. Data on the consumption of fortified foods and use of dietary supplements were obtained from a survey made for the National Food Agency by an internet based questionnaire. Total vitamin D intake was calculated using Fineli food composition data base. Modeling was done in two scenarios: 1) all potentially foods in question were fortified 2) probabilistic modelling which took account that only part of food brands were fortified and associations between food use, use of fortified foods and use of dietary supplements.

It was observed that foods potentially fortified with vitamin D and calcium were mainly safe and that food fortification reduced the proportion of those with intakes below the recommended daily intake. However, when all foods were fortified with cal-

cium, the intake of calcium exceeded the upper level for calcium (2500 mg). It was also observed that fruit juice would be a good carrier for calcium, since those whose calcium intake was low drank fruit juice more than others.

Keywords: Food, fortified; risk assessment; vitamin D; calcium

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

SAMMANFATTNING

ABSTRACT

1	JOHDANTO	1
2	D-VITAMIINI.....	2
2.1	D-vitamiinin imeytyminen, metabolia, lähteet ja biologiset vaikutukset.....	2
2.2	Vaaran tunnistaminen.....	4
2.2.1	Vähäisen saannin aiheuttamat terveyshaitat	4
2.2.2	Runsaan saannin aiheuttamat terveyshaitat	4
2.3	Vaaran kuvaaminen.....	5
2.3.1	Vähäinen saanti	5
2.3.2	Runsas saanti.....	6
2.4	Altistuksen arvioiminen.....	6
2.4.1	Aineisto ja menetelmät	6
2.4.2	D-vitamiinin saanti	8
2.4.3	Mahdollisten kantajaelintarvikkeiden käyttö	18
2.5	Riskin kuvaaminen.....	19
3	KALSIUM	20
3.1	Kalsiumin lähteet, imeytyminen, metabolia, ja biologiset vaikutukset.....	20
3.2	Vaaran tunnistaminen.....	21
3.2.1	Vähäisen saannin aiheuttamat terveyshaitat	21
3.2.2	Liiallisen saannin aiheuttamat terveyshaitat	22
3.3	Vaaran kuvaaminen.....	23
3.3.1	Vähäinen saanti	23
3.3.2	Runsas saanti.....	24
3.4	Altistuksen arvioiminen.....	24
3.4.1	Aineisto ja menetelmät	24
3.4.2	Kalsiumin saanti.....	27
3.4.3	Kantajaelintarvikkeiden käyttö	35
3.5	Riskin kuvaaminen.....	36
4	POHDINTA	37
5	JOHTOPÄÄTÖKSET	39

6	VIITTEET.....	40
---	---------------	----

1 JOHDANTO

Ruoan täydentämisellä on Suomessa pitkä historia (Suojanen 2003). 1940-luvulla aloitetun suolan joditäydennyksen jälkeen ollaan päästy käytännössä kokonaan eroon jodin puutteesta johtuvasta struumasta. Vehnäjauhoja täydennettiin raudalla ja tiamiinilla 70-luvulta alkaen, mutta se lopetettiin 1993, kun joissakin tutkimuksissa havaittiin hyvän rautastatuksen olevan yhteydessä sydän- ja verisuonitautiriskiin. Rauta- ja tiamiinitäydennyksen vaikutuksista Suomessa ei ole kuitenkaan tietoa, sillä aiheesta ei ole tehty seuranta tutkimusta. Margariineja on keskeytyksettä täydennetty vuodesta 1955 alkaen D- ja A-vitamiineilla, ja D-vitamiinin puutteesta johtuva riisitauti saatiinkin pääosin estettyä 60-luvun puoliväliin mennessä. Maidon D-vitaminointi aloitettiin vuonna 2003.

Aiemmin elintarvikkeiden täydentäminen perustui lähinnä kansanterveydellisiin perusteisiin tehtyihin viranomaispäätöksiin – tosin hyvässä yhteistyössä elintarviketeollisuuden kanssa. Liittyminen EU:iin vähensi kansallista sääntelyä huomattavasti. Samalla Suomen markkinoille alkoi virrata yhä enemmän elintarvikkeita muualta EU:n alueelta. Nykyään täydentämistä säädellään lähes yksinomaan turvallisuusnäkökohdista lähtien. Se, onko täydentäminen ravitsemuksellisessa mielessä tarpeellista, on jäänyt vähemmälle huomiolle. Elintarvikkeiden täydentämisestä on tullut osa tuotteiden imagoa ja markkinointia, jolla houkutellessa terveystietoisia kuluttajia. Tässä tilanteessa ravitsemuksellisen riskinarviointi on noussut keskeiseksi keinoksi varmistaa täydennettyjen elintarvikkeiden turvallisuus.

Viime vuosina markkinoille on tullut runsaasti kalsiumilla täydennettyjä elintarvikkeita ja myös D-vitaminointi kiinnostaa etenkin elintarviketeollisuutta. Liikasaannin riski on kuitenkin mahdollinen täydennettyjä elintarvikkeita käytettäessä, sillä riittävän ja turvallisen saannin alue on melko kapea sekä D-vitamiinilla (7,5-50 µg/pv) että kalsiumilla (800-2500 mg/pv). Tässä raportissa tutkitaan täydentämisen mahdollista hyödyllisyyttä ja haitallisuutta jo markkinoilla olevien ja markkinoille pyrkivien elintarvikkeiden osalta.

2 D-VITAMIINI

2.1 D-vitamiinin imeytyminen, metabolia, lähteet ja biologiset vaikutukset

D-vitamiinin esiastetta syntetisoituu ihossa auringon ultraviolettisäteilyn (UVB) vaikutuksesta 7-dehydrokolesterolista (Modern nutrition 1994). D-vitamiini onkin itse asiassa pikemminkin hormoni kuin välttämätön ravintoaine, sillä D-vitamiinin saanti ruoasta ei ole välttämätöntä mikäli UVB-säteilyaltistus on riittävää. Suomessa riittävän D-vitamiinin saanti iholla tapahtuvan synteessin kautta on kuitenkin mahdollista vain kesäkuukausina, joten talviaikana D-vitamiinia tulisi saada ruoasta. Vanhuksilla D-vitamiinia syntetisoituu ihossa nuorempia vähemmän ihon ohenemisen seurauksena. Aurinkosuoja-voiteet, joiden suojakerroin on vähintään 8, estävät D-vitamiinin synteessin ihossa 95-prosenttisesti (Holick 1995).

D-vitamiinia on vain eläinperäisessä ruoassa. Poikkeuksena tästä on eräissä sienissä esiintyvä ergokalsiferoli (D_2). Tärkein D-vitamiinin lähde Suomessa ovat kalaruuat, joista saadaan lähes puolet D-vitamiinista Finravinto 2002 –tutkimus 2003). Myös kananmunissa ja siipikarjan lihassa on merkittäviä määriä D-vitamiinia (Taulukko 1).

Ravinnon D-vitamiini imeytyy rasvaliukoisena ohutsuolessa olevista rasvahappomiselleistä porttilaskimoon ja edelleen verenkiertoon. Sekä ravinnosta peräisin oleva että ihossa muodostunut D-vitamiini (D_3) hydroksyloidaan maksassa 25-OH- D_3 :ksi ja edelleen munuaisissa 1,25- D_3 :ksi (kalsitrioli). Munuaisissa tapahtuvaa hydroksylaatiota säädelään tarkasti. Hydroksylaatiota lisäävät mm. seerumin alhainen kalsium- ja fosfaattipitoisuus ja suuri parathormonin (PTH) pitoisuus. Sen sijaan maksan hydroksylaatiota ei juuri säädelään, joten lähes kaikki D_3 muuttuu 25-OH- D_3 :ksi. Seerumin 25-OH-D onkin hyvä D-vitamiinin saannin biomarkkeri. D-vitamiinin erityy tapahtuu pääosin D-24-hydroksylaasin avulla, joka hapettaa 1,25-OH- D_3 :n kalsitrionihapoksi (calcitric acid, 1,25-(OH) $_2$ - D_3), joka on biologisesti inertti. D-24-hydroksylaasi on varsin aktiivinen D-vitamiinin kohdekudoksissa ja indusoituu korkeista 1,25OH $_3$ D-pitoisuuksista. Siten D-24-hydroksylaasikin osallistuu D-vitamiinimetabolian säätelyyn.

Taulukko 1. Taulukko 1. Eräiden elintarvikkeiden keskimääräisiä D-vitamiinipitoisuuksia ($\mu\text{g}/100\text{g}$) (Lähde: Fineli[®] (Kansanterveyslaitos, 2004). Täydennyksiä ei ole huomioitu.

Kalat		Muut	
Siika	22,1	Kantarelli	12,8
Silakka	17,0	Margariini	7,5
Silli	15,4	Herkkutatti	2,9
Lohi	12,5	Kananmuna	2,2
Muikku	13,0	Sianmaksa	1,1
Ahven	8,0	Naudanmaksa	0,7
Kuha	8,0	Broileri	0,5
Tonnikala	7,2	Maito	0,09
Turska	7,0		
Hauki	3,0		
Taimen	2,1		
Seiti	1,5		
Made	0,5		

Vaikka 25(OH)-D:lä ei olekaan juuri D-vitamiiniaktiivisuutta, sillä kuitenkin on merkitystä kalsitriolin metaboliassa (Välimäki et al. 2000). Jos nimittäin 25(OH)-D:a on seerumissa runsaasti, se syrjäyttää kalsitriolin D-vitamiinia sitovasta proteiinista. Tällöin veressä on enemmän vapaata kalsitriolia ja sen vaikutus voimistuu.

D-vitamiinin vaikutukset välittyvät pääosin tumassa sijaitsevan reseptorin (VDR) kautta (Brown et al. 1999). D-vitamiinin sitoutuminen tumareseptoriin aiheuttaa hormonispesifisen lähetti-RNA:n transkription, joka koodittaa useiden proteiinien synteesiä. D-vitamiinin genomien kautta tapahtuva reitti on hidas, sillä se vaatii proteiinisynteesin käynnistymisen. D-vitamiinilla on myös vaikutuksia, jotka eivät välity tumareseptorin kautta ja ovat siten nopeampia. Näihin kuuluvat fosfoinositidien synteesi, solunsisäisen kalsiumtason nousu ja proteiinikinaasi C:n aktivaatio (Brown et al. 1999).

D-vitamiinin pääasiallinen tehtävä on ylläpitää seerumin kalsium- ja fosforipitoisuutta. Tämä tapahtuu lisäämällä kalsiumin ja fosforin imeytymistä ohutsuoletta ja va-

pauttamalla tarvittaessa kalsiumia ja fosforia luustosta (Brown et al. 1999). D-vitamiini lisää kalsiumin sisäänottoa enterosyyttiin, sen siirtoa sytoplasman läpi ja edelleen tyvikalvon läpi verenkiertoon. Luustossa D-vitamiini saa aikaan luun muodostumisen indusoimalla luun matriksin proteiinien synteesin. On kuitenkin osoitettu, ettei D-vitamiini ole välttämätön luun muodostumiselle (Brown et al. 1999). Luun muodostuksessa D-vitamiinin tärkein tehtävä on huolehtia kalsiumin ja fosfaatin saatavuudesta ylläpitämällä näiden riittäviä seerumipitoisuuksia.

Viime vuosina on havaittu, että D-vitamiinilla on muitakin kuin mineraaliaineenvaihduntaan liittyviä tehtäviä. D-vitamiinireseptoreita on löydetty mm. ihosta, lihaksista, sukupuolielimistä, luuytimeistä sekä hermostosta (Brown et al. 1999). D-vitamiinilla on tärkeä merkitys solujen erilaistumisessa ja insuliinin erityksessä sekä lihasten ja hermojen yhteistoiminnassa.

2.2 Vaaran tunnistaminen

2.2.1 Vähäisen saannin aiheuttamat terveyshaitat

D-vitamiinin puutos aiheuttaa osteomalasiaa, joka lapsuudessa ilmenee riisitautina (Modern nutrition 1994). Osteomalasiassa luun mineralisaatio on häiriintynyt. Luun orgaaninen aine on tallella, mutta sen päältä puuttuu lujuutta antava mineraali (Välimäki et al. 2002). D-vitamiinin puutteen lisäksi osteomalasian taustalla voi olla fosfaatin puutos.

D-vitamiinin niukan saannin (mutta ei suoranaisen puutteen) vaikutuksista ei ole tarkkaa tietoa. Epidemiologisissa tutkimuksissa vähäinen D-vitamiinin saanti on ollut yhteydessä suureen luunmurtumariskiin (Prentice 2004) ja suurentuneeseen riskiin sairastua eturauhas- (Chen & Holick 2003) ja paksusuolisyöpään (Martinez & Willet 1998). Syöpien osalta on kuitenkin todettu, että näyttö on vielä riittämätöntä (Key 2004). Ilmeisesti niukka D-vitamiinin saanti lisää myös kaatumisriskiä vanhuksilla, sillä D-vitamiinin on todettu kliinisiissä kokeissa vähentävän kaatumisriskiä (Bischoff-Ferrari et al. 2004).

2.2.2 Runsaan saannin aiheuttamat terveyshaitat

Vakavin D-vitamiinin liikasaannin aiheuttama seuraus on hyperkalsemia (Välimäki et al. 2002). Hyperkalsemiassa seerumin kalsiumpitoisuus on yli 2,75 mmol/l tai seerumin

ionisoitunut kalsium yli 1,35 mmol/l. Hyperkalsemia ilmenee pahoinvointina, oksenteluna ja runsaana virtsaamisena (polyuria). Nämä puolestaan voivat johtaa dehydraatioon, josta seuraa kalsiumin munuaisten kautta tapahtuvan erittymisen heikkeneminen ja hyperkalsemian paheneminen.

Ihmisen on todettu sietävän hyvinkin suuria D-vitamiinin kerta-annoksia. Suomalaisessa tutkimuksessa vanhuksille annettiin lihakseen injektiona 7 500 µg D₂-vitamiinia kerran vuodessa neljän vuoden ajan ilman haittavaikutuksia (Heikinheimo et al. 1991 ja 1992). Tosin seerumin kalsiumpitoisuus oli hieman koholla 2-3 kuukautta injektion jälkeen.

2.3 Vaaran kuvaaminen

2.3.1 Vähäinen saanti

On vaikeaa määrittää minkä saantitason alapuolella on seurauksena D-vitamiinin puute, sillä altistuminen auringonvalon UVB-säteilylle aiheuttaa suurta vaihtelua D-vitamiinistatuksessa (Dietary reference intakes 1997). Lähes kaikilla aikuisilla D-vitamiinistatus on Suomessa riittävää kesäkuukausina. Sen sijaan lokakuusta maaliskuuhun Suomessa on niin vähän UVB-valoa, että D-vitamiinia ei käytännössä syntetisoidu iholla lainkaan (Webb et al. 1988).

Alin D-vitamiinin saantitaso, joka ehkäisee tai parantaa osteomalasian on 2,5 µg päivässä (Morgan et al. 1965, Dent & Smith 1969, Fourman & Morgan 1969, Smith & Dent 1969). Tämä saantitaso ei kuitenkaan vielä vaikuta seerumin 25-OH-D-tasoon auringonvalolle altistumattomilla henkilöillä (Fraser 1983). Vasta saantitaso 3-4 µg päivässä D₂-vitamiinia (Newton et al. 1985) tai 4-5 µg/päivä D₃-vitamiinia (Bates et al. 2003) nostaa 25-OH-D:n tason tyydyttävälle tasolle vanhuksilla. Tuoreessa yhdysvaltalaisstudiumuksessa havaittiin, että tarvittiin 12,5 µg D-vitamiinia päivässä pitämään seerumin 25-OH-D vakaana läpi talven (Heaney et al. 2003). Uusimmissa pohjoismaisissa suosituksissa D-vitamiinin saantisuositus on 7,5 µg päivässä alle 60-vuotiaille aikuisille. Yli 60-vuotiaille suositus on 10 µg päivässä.

2.3.2 Runsas saanti

Hyperkalsemian ja hyperkalsiurian riski alkanee suurentua aikuisilla, kun D-vitamiinin saanti ylittää 100 µg/päivä. Tutkimuksessa, jossa koehenkilöille annettiin D-vitamiinia 50 µg/päivä kuuden kuukauden ajan seerumin kalsiumpitoisuus ei noussut (Johnson 1980). Toisessa tutkimuksessa koehenkilöille annettiin kuuden viikon ajan 250 µg/päivä D-vitamiinia ilman että seerumin tai virtsan kalsiumpitoisuuksissa havaittiin merkittävää muutosta (Berlin et al. 1986). Sen sijaan tutkimuksessa, jossa hedelmällisessä iässä oleville naisille annettiin 100 µg/päivä D-vitamiinia 8 viikkoa, seerumin kalsiumpitoisuus nousi tilastollisesti merkitsevästi (0,05 mmol/l)(Tjellesen et al. 1986). Myös virtsan kalsiumpitoisuus nousi hieman, mutta pysyi kuitenkin viitealueella. Viimeisimmässä supplementaatiotutkimuksessa tutkittaville annettiin D-vitamiinia 25 tai 100 µg/päivä 1-5 kuukautta seerumin eikä virtsan kalsiumpitoisuuksissa havaittu merkittävää muutosta (Vieth et al. 2001). Tutkimuksissa, joissa D-vitamiinia annettiin 1250 µg/päivä tai enemmän seerumin kalsiumpitoisuus nousi hyperkalsemiaksi määritellylle tasolle (2,82-4,00 mmol/l)(Schwartzman & Frank 1987, Davies & Adams 1978, Selby et al. 1995, Rizzoli et al. 1994, Pettifor et al. 1995).

2.4 Altistuksen arvioiminen

2.4.1 Aineisto ja menetelmät

Tässä tutkimuksessa käytettiin ruoankäytön ja ravinnonsaannin selvittämiseen pääosin FINRAVINTO 2002 –aineistoa, joka on kerätty vuonna 2002 Helsingin ja Vantaan, Turku-Loimaan, Pohjois-Karjalan, Kuopion ja Oulun läänin alueilta (Finravinto 2002 – tutkimus 2003). Menetelmänä oli 48-tuntin ruoankäyttöhaastattelu. Tutkimukseen kutsuttiin 3181 henkilöä, joista hyväksytyt ravintohaastattelu tehtiin 2007 henkilölle (63%). Lisäksi osa tutkittavista (n=247) täytti kaksi kertaa (kevällä ja syksyllä) kolmen päivän ruokapäiväkirjan. Aineistosta laskettiin ravinnonsaanti käyttäen Fineli[®]-tietokantaa (Kansanterveyslaitos, 2004).

Tiedot ravintoainevalmisteiden käytöstä kerättiin FINRISKI 2002 peruslomakkeella, jossa tiedusteltiin edellisen 6 kuukauden aikaista ravintolisien käyttöä. Käyttäjiltä kysyttiin valmisteen nimeä, annosta ja käyttötiheyttä. Näiden tietojen pohjalta laskettiin

ravintoaineiden saanti ravintoainevalmisteista käyttäen ravintoainevalmistetietokantaa, jossa on tiedot niiden ravintosisällöstä.

Tietoa täydennettyjen elintarvikkeiden käytöstä saatiin Suomen Gallupin Elintarvikevirastolle keräämästä kyselystä (Raulio 2003). Tiedonkeruumenetelmänä oli Gallup-Kanavaksi kutsuttu kysely, jossa yksi tai useampi henkilö taloudesta vastaa tutkimuksen kysymyksiin kotiin asennetun Internet-tv:n välityksellä. Tutkimuksen aineisto koostui 1537:n yli 15-vuotiaan henkilön vastauksista. Kyselyssä kysyttiin mm. mitä etukäteen määriteltäviä (esim. täysmehuja, joihin lisätty C-vitamiinia) täydennettyjä elintarvikkeita käyttää joko säännöllisesti tai satunnaisesti; minkä nimisiä tuotteita käyttää ja miksi. Kyselyssä tiedusteltiin myös ravintolisien käyttöä.

D-vitamiinin saantia mallinnettiin kahdella tavalla. Ensin käytettiin mallia, jossa oletettiin, että kaikki kyseessä olevan tuoteryhmän (esim. täysmehut) tuotteet olisivat täydennettyjä. Täydentämättömän D-vitamiinin saannin jakauma estimoitiin Finravinto 2002 -aineistosta käyttäen Nusserin ym. (1996) menetelmää, jossa otetaan huomioon päivien välinen korrelaatio ja taustamuuttujat (vakiointi). Laskelmat toteutettiin SAS:n SIDE-ohjelmalla. Toisessa mallissa käytetään Imanin ja Conoverin (1982) simulaatiomenetelmää, koska mallinnuksessa tarvittava aineisto tulee useasta eri lähteestä eikä niiden yhdistäminen muuten ole mahdollista. Mallissa otetaan huomioon tavanomaisten elintarvikkeiden, täydennettyjen elintarvikkeiden ja ravintolisien kuluttajaosuudet ja käyttöjakaumat sekä näiden väliset yhteydet (korrelaatiot). Tavanomaisten elintarvikkeiden käyttäjäosuus laskettiin Finnravinto 2002 aineiston niiltä henkilöiltä, joilla oli 48-h haastattelun lisäksi käytettävissä 2x3 vrk ruokapäiväkirjat (n=247). Täydennettyjen elintarvikkeiden käyttäjäosuuksien estimoinnissa käytettiin Gallupkanavan aineistoa. Simulointiin käytettiin @Risk-ohjelmistoa (Palisade Corporation, Yhdysvallat). Malleissa käytettiin empiirisiä kumulatiivisia jakaumia.

Täydennetyiksi elintarvikkeiksi tai elintarvikeryhmiksi malleihin valittiin ne elintarvikkeet tai elintarvikeryhmät, joita jo nykyään täydennetään asetuksen 917/2002 mukaisesti (ns. yleinen lupa, koskee maitoa (0,5 µg/100 g), piimää (0,5 µg/100 g) ja margariinia (10 µg/100 g)) tai Elintarvikeviraston myöntämällä luvalla (kivennäisvesi) tai ne elintarvikkeet, joihin on haettu täydennyslupa (täysmehu)(Taulukko 2). Deterministisissä malleissa elintarvikkeet lisättiin malliin siinä järjestyksessä, jossa niiden oletetaan tulevan markkinoille: 1) margariini (vuoden 2002 ylittävä taso) 2) maito ja piimä 3) kivennäisvesi 4) täysmehu. Malleihin ei otettu mukaan ns. korvaavia elintarvikkeita, joiden D-vitamiinipitoisuus on tavanomaisen elintarvikkeen tasolla (esim. soijajuoma, joka on täydennetty samalle tasolle kuin täydennetty maito).

Raja-arvona D-vitamiinin suositeltavalle saannille on käytetty pohjoismaisia ravitsemussuosittelujen 7,5 µg:a päivässä (Nordic Nutrition Recommendations 2004) ja tur-

vallisen saannin ylärajana SCF:n (Scientific Committee on Food) 50 µg:a päivässä (Opinion of the Scientific Committee on Food on the Tolerable Upper Intake Level of Vitamin D, 2002).

Taulukko 2. Malleissa käytettyjen täydennettyjen ja täydentämättömien elintarvikkeiden D-vitamiinipitoisuus (µg/100 g). Muuttuneet pitoisuudet verrattuna edelliseen malliin on merkitty lihavoivilla.

	Finnravinto 2002	Täydennys I	Täydennys II	Täydennys III
Maito ja piimä	0,09	0,5	1,0	1,0
Margariini	7-10	10	10	10
Täysmehu	0	0,5	0,5	1,0
Kivennäisvesi	0	0,1	0,1	0,1

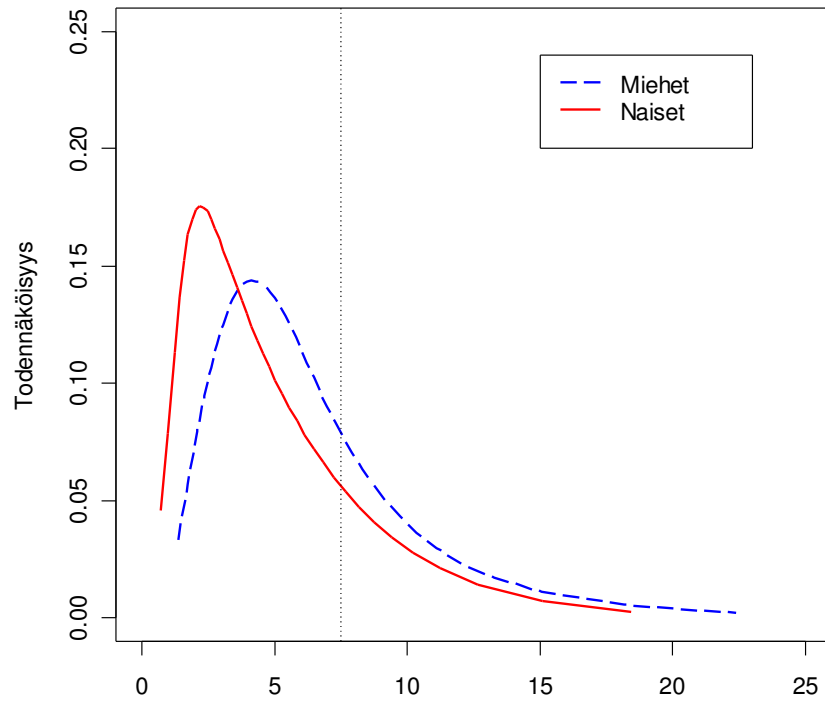
2.4.2 D-vitamiinin saanti

Kalaruoat ja –valmisteet ovat ylivoimaisesti tärkein D-vitamiini lähde sekä naisilla, että miehillä (Taulukko 3). D-vitamiinin saanti luonnollisista lähteistä on niukkaa sekä miehillä, että naisilla (Kuvio 1.). Miehillä saanti on jonkin verran suurempaa kuin naisilla, mutta suurin osa sekä miehistä että naisista jää suositeltavan saannin alapuolelle. Sen sijaan D-vitamiinin saanti ravintolisistä on naisilla suurempaa kuin miehillä (Kuvio 2.). D-vitamiinin kokonaissaannissa suurin osa miehistä ja naisista jää suosituksen alapuolelle (Kuvio 3.). Tarkasteltaessa tilannetta jossa oletetaan, että D-vitamiinitäydennys on tehty 100 %:sti (kaikki ko. elintarvikeryhmän tuotteet täydennetty, kuvio 3.), margariinin lisätäydennys ei juuri nosta D-vitamiinin saantia. Sen sijaan maidon täydennyksellä on merkittävä vaikutus D-vitamiinin saantiin. Myös mehun täydentäminen nostaisi D-vitamiinin saantia jossain määrin verrattuna vuoden 2002 tilanteeseen verrattuna. Sen sijaan kivennäisveden täydentämisellä on hyvin vähäinen vaikutus D-vitamiinin saantiin, vaikka kaikki myynnissä olevat kivennäisvedet olisivat täydennettyjä.

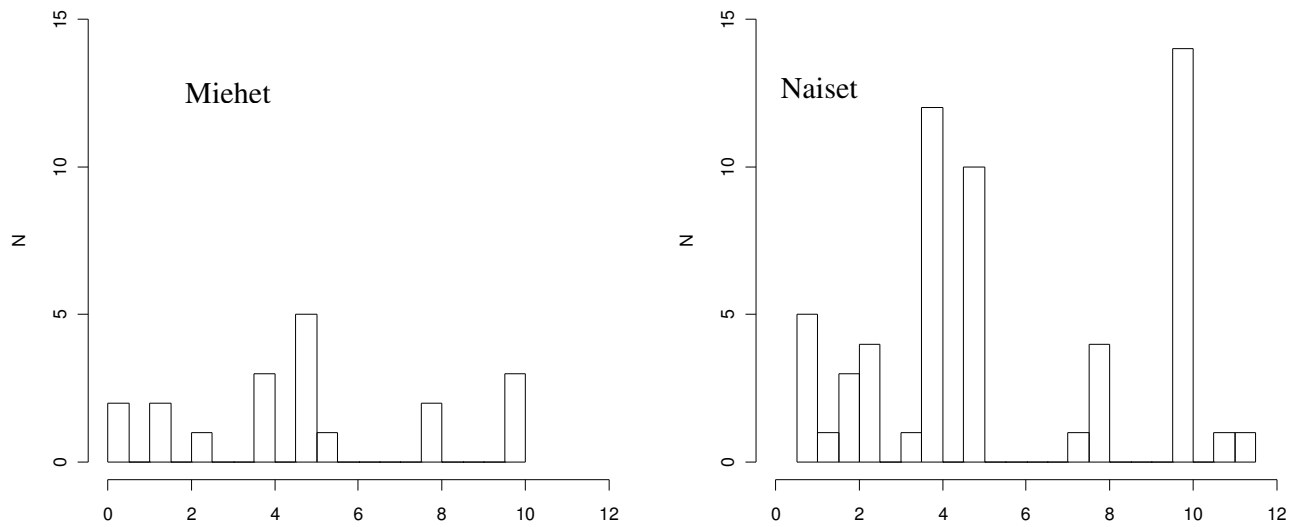
Taulukko 3. D-vitamiinin tärkeimmät lähteet ruoasta.

Elintarvike	µg/päivä		% kokonaissaannista	
	Miehet	Naiset	Miehet	Naiset
Kalaruoat ja -valmisteet	2,57	1,65	44,5	44,1
Leipärasva	1,35	0,73	23,4	19,5
Leipä ja leivonnaiset	0,76	0,31	13,1	8,3
Liharuoat ja -valmisteet	0,49	0,27	8,5	7,2
Kananmunaruoat	0,24	0,12	4,2	3,2
Maito ja piimä	0,22	0,16	3,8	4,3
Kanaruoat	0,12	0,10	2,1	2,7

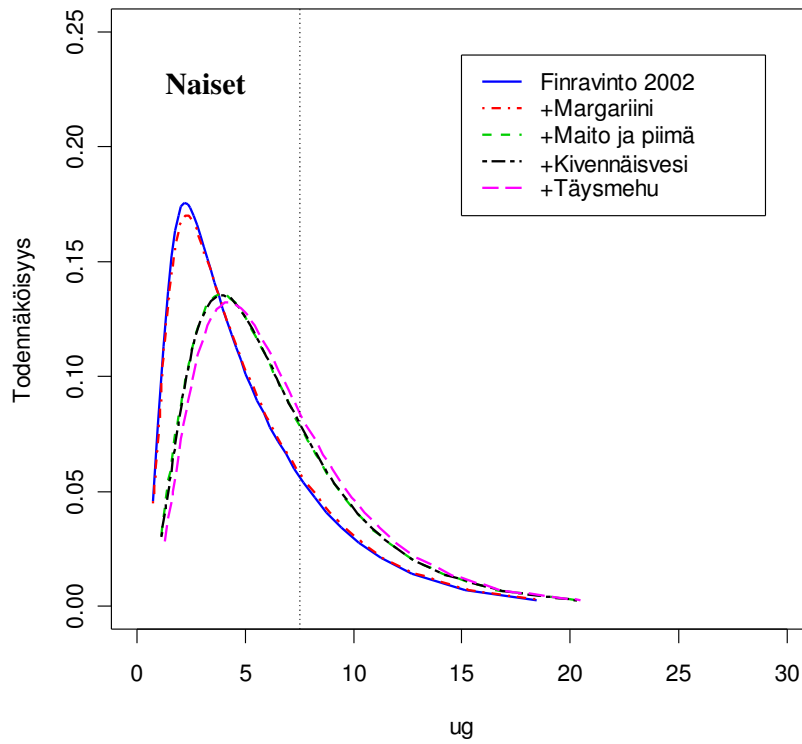
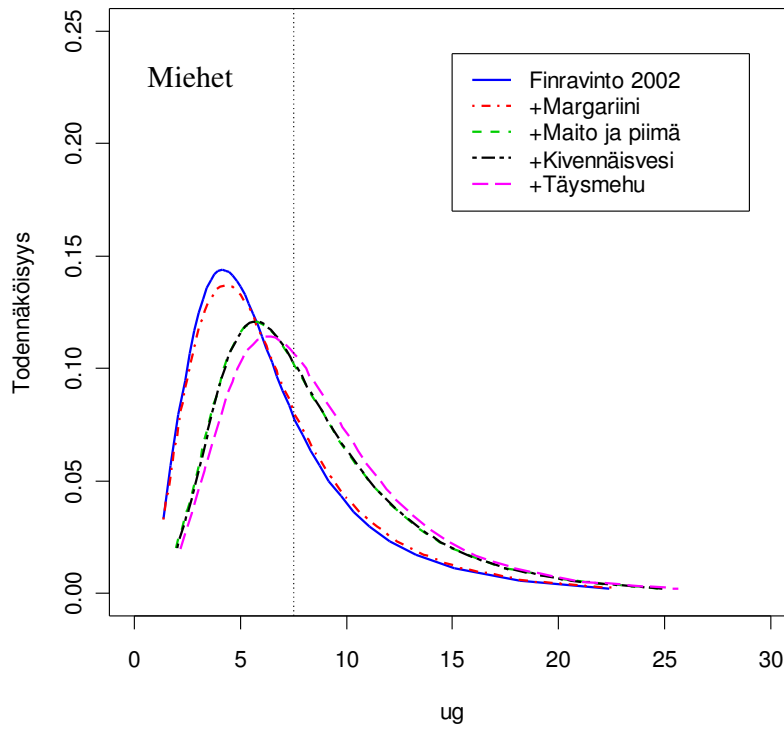
Todennäköisyyspohjaisissa malleissa tulokset olivat samankaltaisia kuin tavanomaisissa simulointimalleissa (Kuviot 4.-9.). Naisilla missään mallissa jakaumat eivät ylittäneet turvallisen saannin ylärajaa ja miehilläkin ylittäneiden osuus oli selvästi alle prosentin (Taulukot 4 ja 5). Sekä naisilla että miehillä niiden osuus, jotka jäivät saantisuosituksen alapuolelle oli huomattavasti pienempi mallissa, jossa sekä maitoa ja piimää, että mehua oli täydennetty D-vitamiinilla 1 µg/100 ml verrattuna perustäydennysmalliin (0,5 µg/100 ml, kuviot 5. ja 8.). Näissä malleissa maidon ja piimän merkitys D-vitamiinin lähteenä nousi huomattavasti, kun se perustäydennysmallissa oli kaikilla täydennetyillä elintarvikkeilla melko pieni. Miehillä saanti luonnollisista lähteistä oli merkittävin D-vitamiinin saantiin vaikuttava tekijä (kuviot 4. ja 5.), kun taas naisilla merkittävin saantilähde olivat ravintolisät (kuviot 7. ja 8.). Malleissa, joissa ei ollut mukana ravintolisää, D-vitamiinin kokonaissaanti oli muihin malleihin verrattuna huomattavasti pienempi, etenkin naisilla (kuviot 6. ja 9.).



Kuvio 1. D-vitamiinin saanti luonnollisista lähteistä. Pystykatkoviiva kuvaa suositeltavaa saantia (7,5 µg/pv). Turvallisen saannin yläraja on 50 µg/pv.

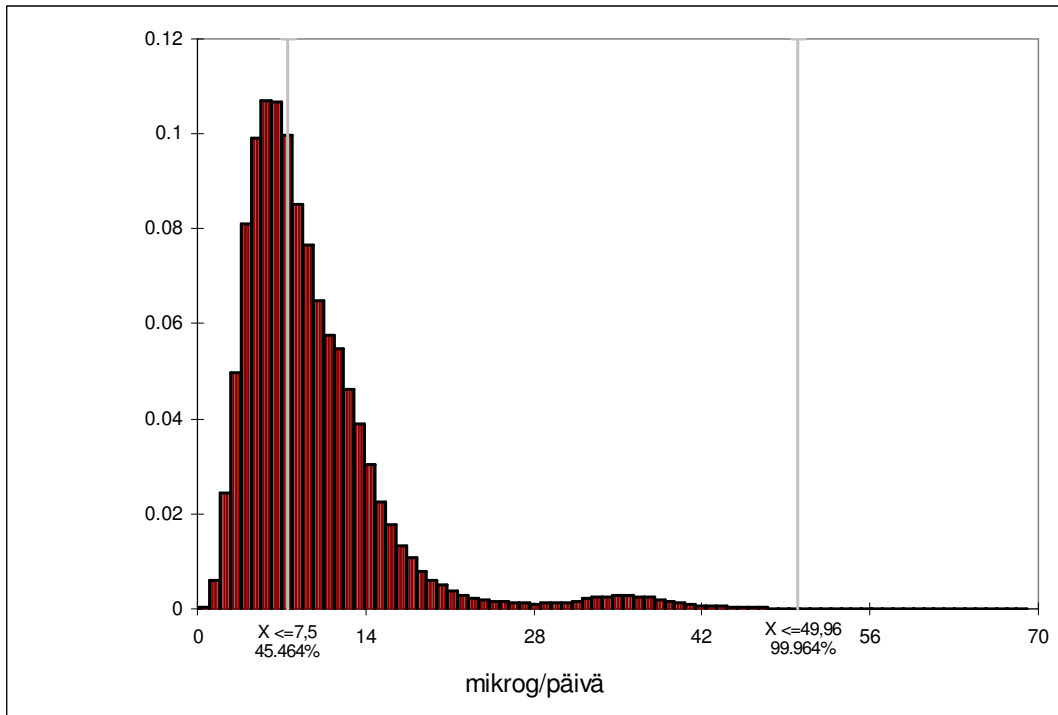


Kuvio 2. D-vitamiinin päivittäinen saanti ravintolisistä. Pystyakselilla tutkittavien määrä (N).

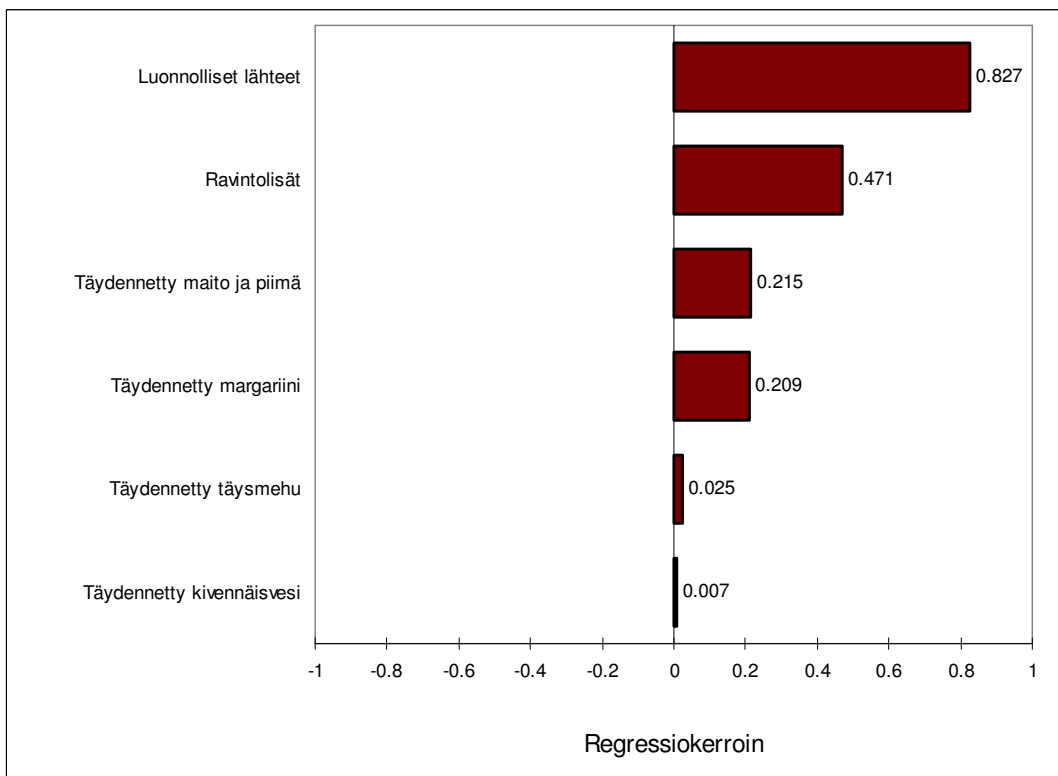


Kuvio 3. D-vitamiinin kokonaisuanti vuoden 2002 Finravintotutkimuksessa ja erilaisissa täydennyskenaariossa (elintarvikkeet lisätty yksittellen edelliseen malliin). Pystykatkoviiva kuvaa suositeltavaa saantia (7,5 $\mu\text{g}/\text{pv}$).

A

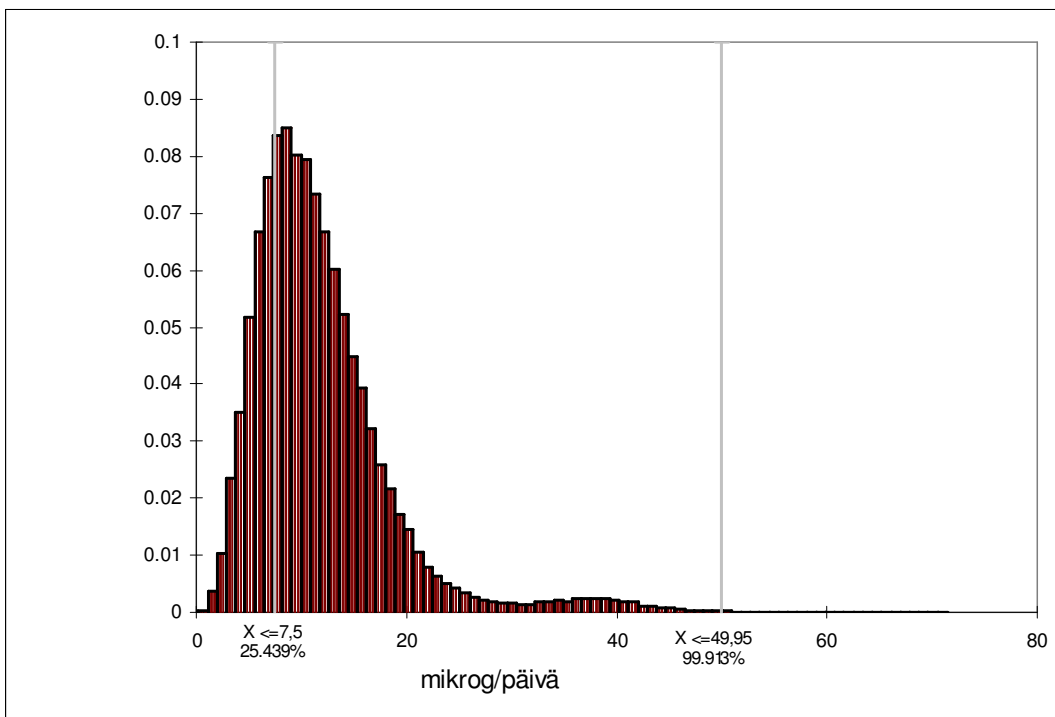


B

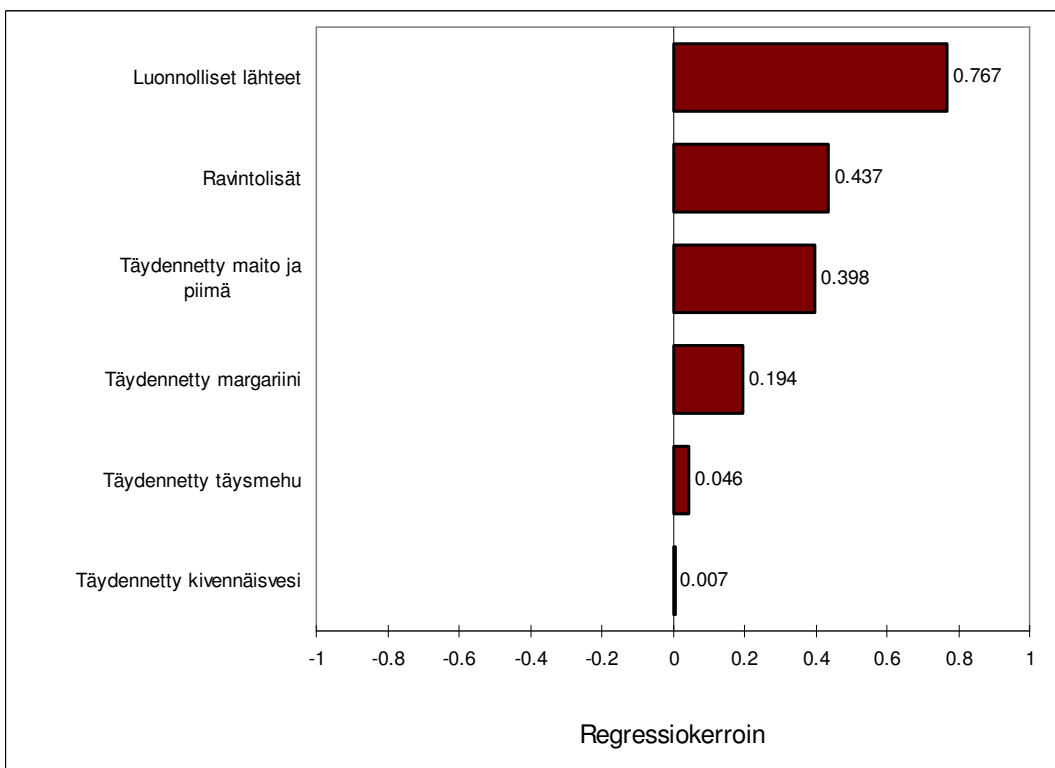


Kuvio 4. D-vitamiinin kokonaissaannin ($\mu\text{g}/\text{päivä}$) jakauma **miehillä** todennäköisyyspohjaisessa perusmallissa (A) ja eri lähteiden vaikutus saantiin (B).

A

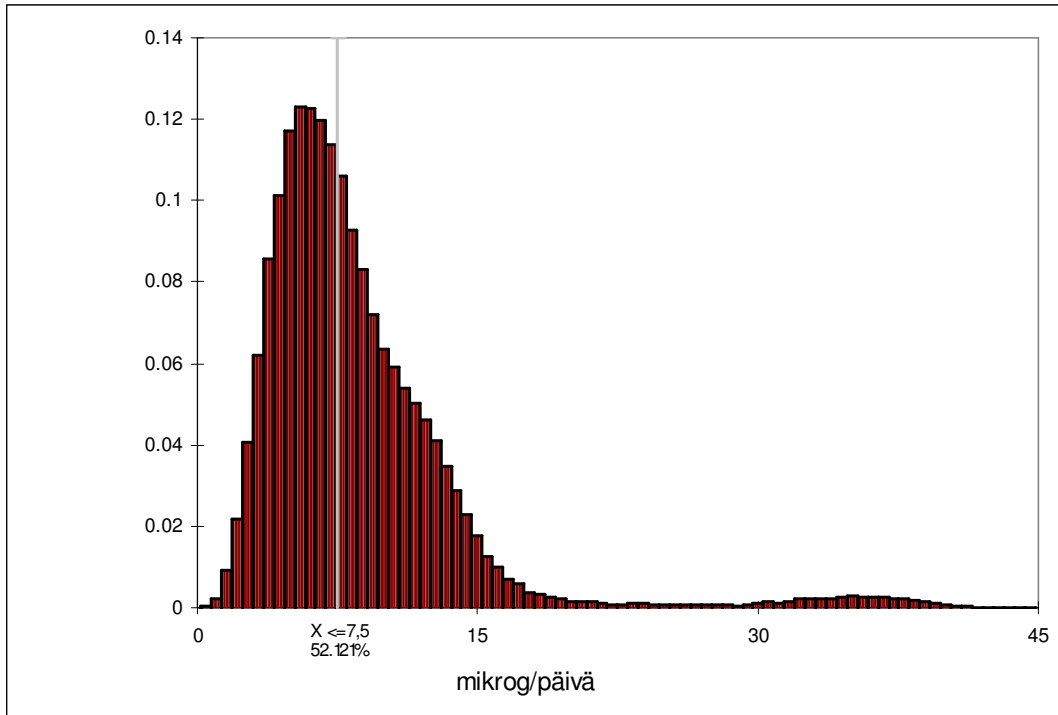


B

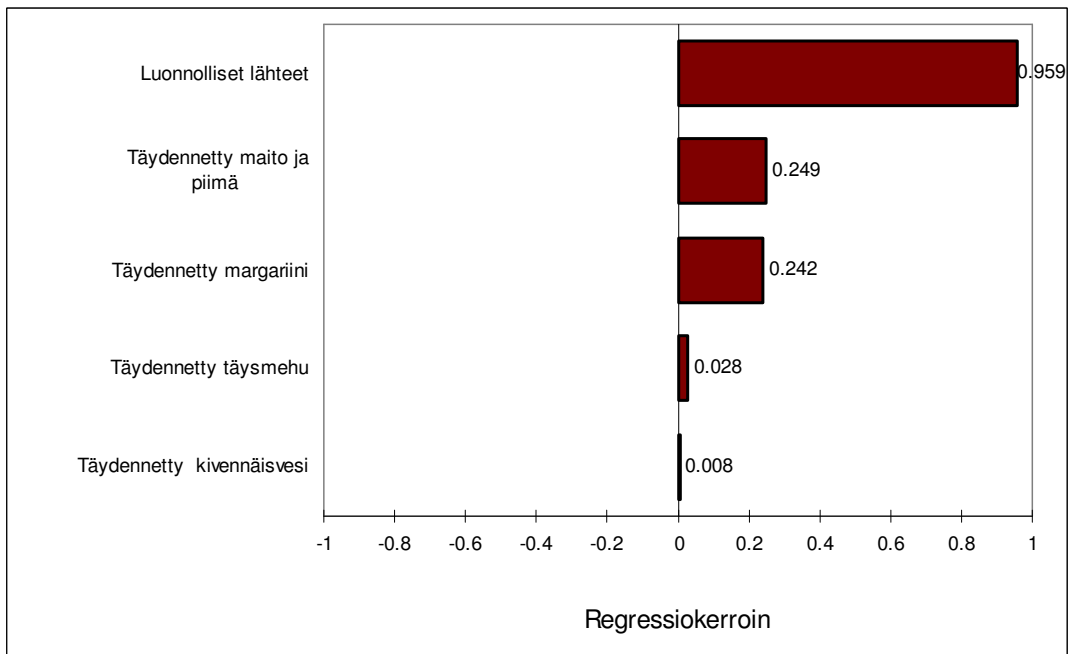


Kuvio 5. D-vitamiinin kokonaissaannin ($\mu\text{g}/\text{päivä}$) jakauma **miehillä** todennäköisyyspohjaisessa mallissa (A), jossa **sekä mehuun että maitoon on lisätty $1 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ D-vitamiinia** (muuten sama kuin perusmalli) ja eri lähteiden vaikutus saantiin (B).

A

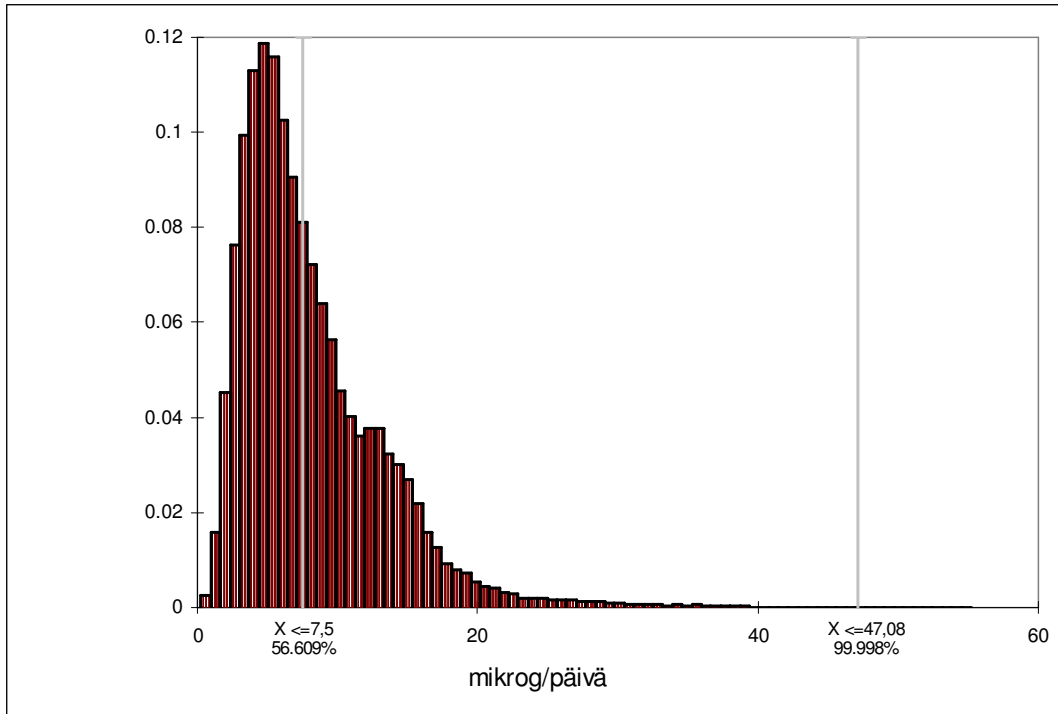


B

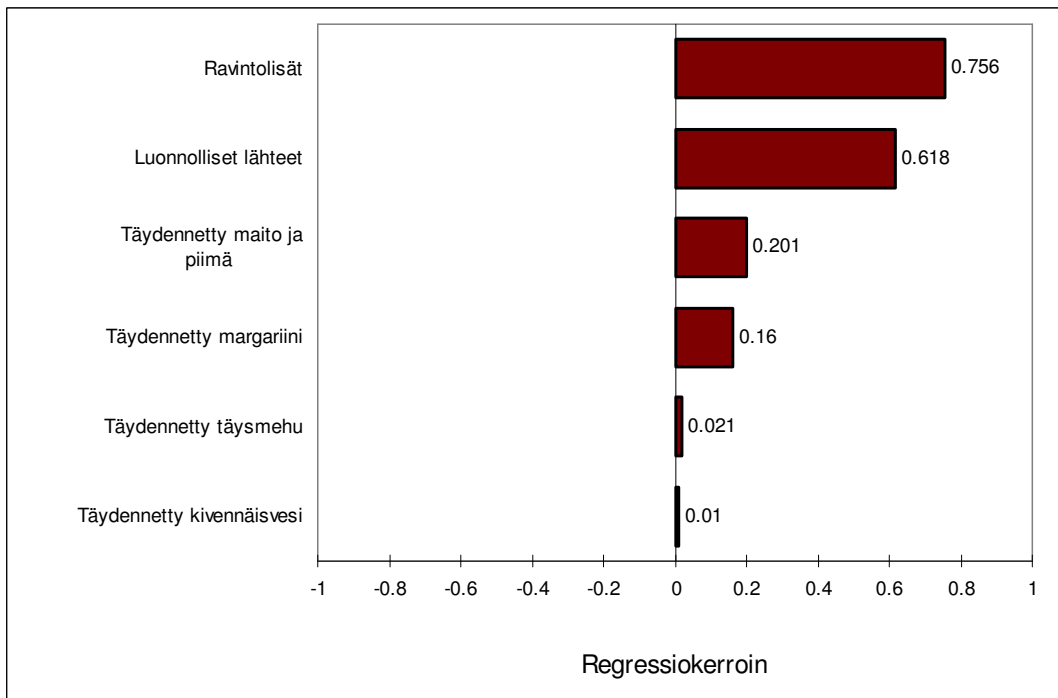


Kuvio 6. D-vitamiinin kokonaissaannin ($\mu\text{g}/\text{päivä}$) jakauma todennäköisyyspohjaisessa mallissa **miehillä**, jossa **ei ole ravintolisiä** (A) ja eri lähteiden vaikutus saantiin (B).

A

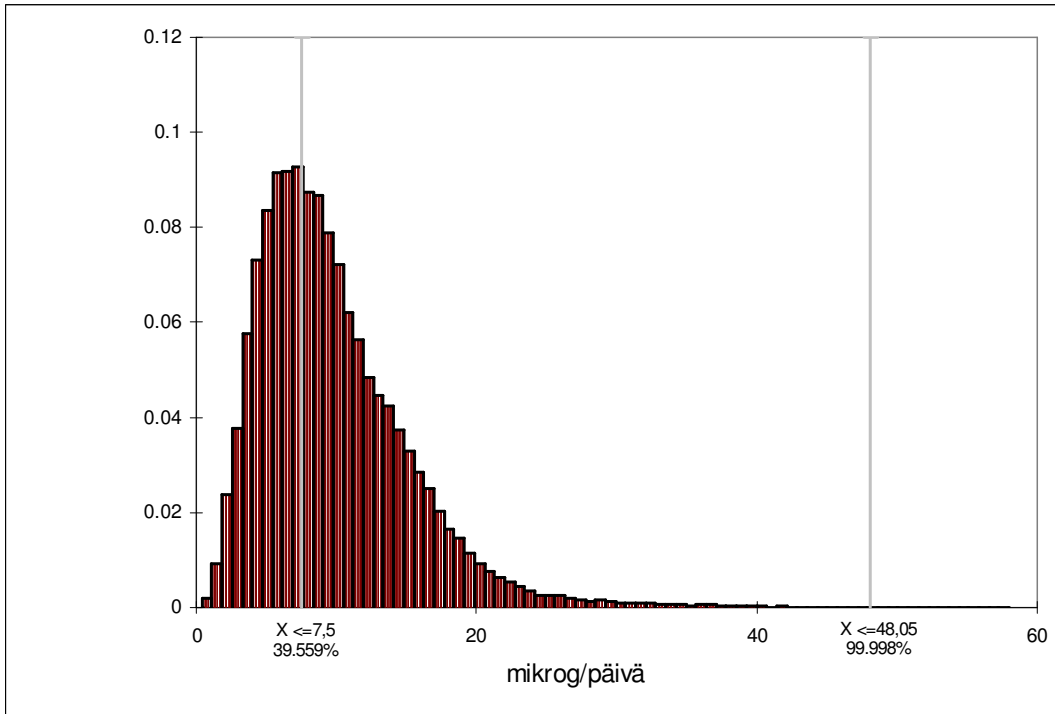


B

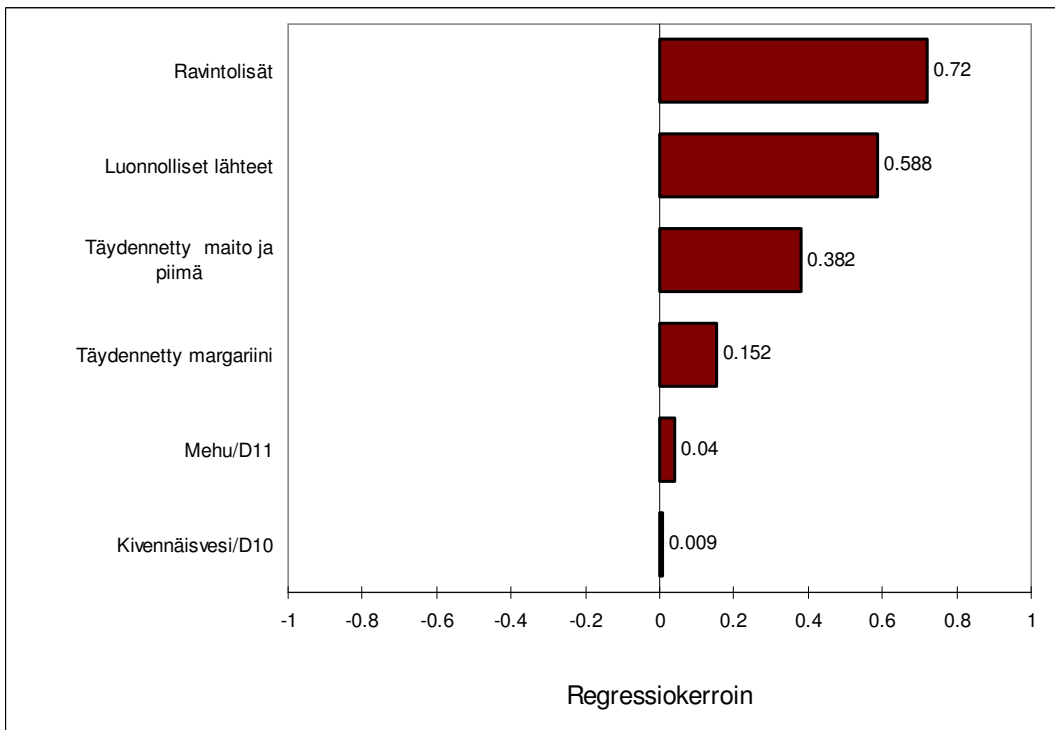


Kuvio 7. D-vitamiinin kokonaissaannin ($\mu\text{g}/\text{päivä}$)jakuma **naisilla** todennäköisyyspohjaisessa mallissa (A) ja eri lähteiden vaikutus saantiin (B).

A

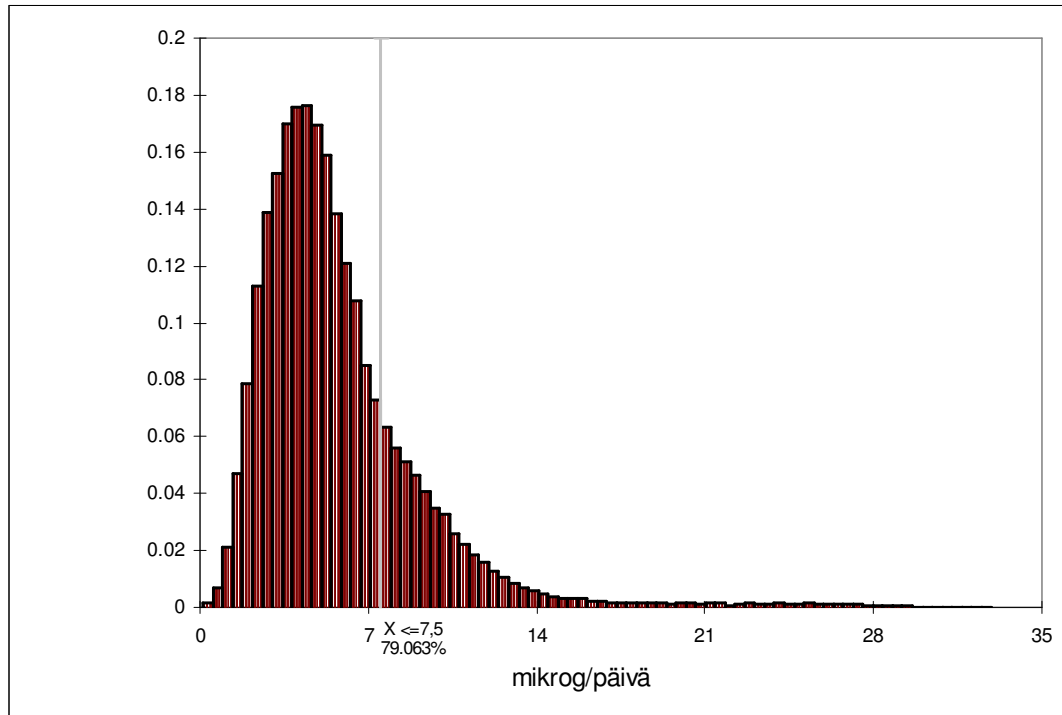


B

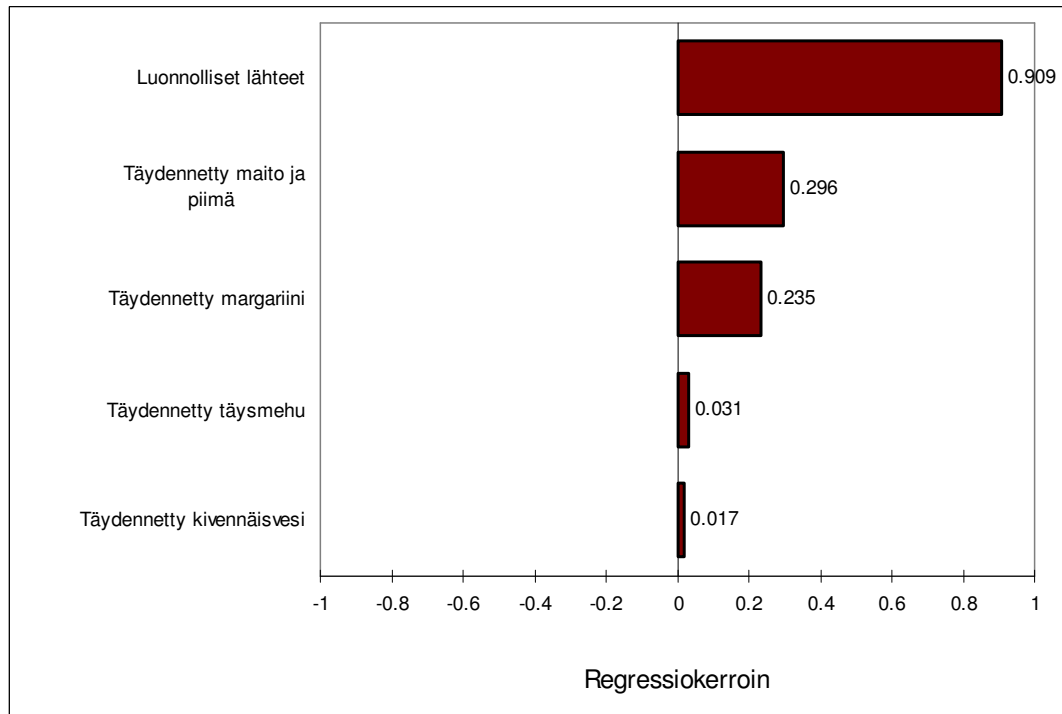


Kuvio 8. D-vitamiinin kokonaissaannin ($\mu\text{g}/\text{päivä}$) jakuma **naisilla** todennäköisyypohjaisessa mallissa, jossa **sekä mehuun että maitoon on lisätty $1 \mu/100 \text{ ml}$ D-vitamiinia** (A, muuten sama kuin perusmalli) ja eri lähteiden vaikutus saantiin (B).

A



B



Kuvio 9. D-vitamiinin kokonaissaannin ($\mu\text{g}/\text{päivä}$) jakuma todennäköisyyspohjaisessa mallissa **naisilla**, jossa **ei ole ravintolisiä** (A) ja eri lähteiden vaikutus saantiin (B).

Taulukko 4. D-vitamiinin saannin ($\mu\text{g/päivä}$) tunnusluvut miehillä todennäköisyypohjaisissa malleissa.

Malli	Keski-arvo	25. persentiili	50. persentiili (mediaani)	75. persentiili	95. persentiili	Saanti $<7,5\mu\text{g/pv}$ %	Saanti $>50\mu\text{g/pv}$ %
Saanti luonnollisista lähteistä ja ravintolisistä	6,07	2,19	4,22	8,03	15,69	72,6	0,04
+ täydennys I ¹	9,45	5,56	7,98	11,54	19,45	45,5	0,04
+ täydennykset I, ei ravintolisiä	8,48	5,23	7,31	10,29	15,71	52,1	0
+täydennys II ²	11,66	7,36	10,35	14,17	22,85	26,3	0,08
+ täydennys III ³	11,78	7,48	10,52	14,36	23,08	25,4	0,09

¹ Maito ja piimä 0,5 $\mu\text{g}/100\text{ g}$, margariini 10 $\mu\text{g}/100\text{ g}$, täysmehu 0,5 $\mu\text{g}/100\text{ g}$, kivennäisvesi 0,1 $\mu\text{g}/100\text{ g}$

² **Maito ja piimä 1,0 $\mu\text{g}/100\text{ g}$** , margariini 10 $\mu\text{g}/100\text{ g}$, täysmehu 0,5 $\mu\text{g}/100\text{ g}$, kivennäisvesi 0,1 $\mu\text{g}/100\text{ g}$

³ Maito ja piimä 1,0 $\mu\text{g}/100\text{ g}$, margariini 10 $\mu\text{g}/100\text{ g}$, **täysmehu 1,0 $\mu\text{g}/100\text{ g}$** , kivennäisvesi 0,1 $\mu\text{g}/100\text{ g}$

Taulukko 5. D-vitamiinin saannin ($\mu\text{g/päivä}$) tunnusluvut naisilla todennäköisyypohjaisissa malleissa.

Malli	Keski-arvo	25. persentiili	50. persentiili (mediaani)	75. persentiili	95. persentiili	Saanti $<7,5\mu\text{g/pv}$ %	Saanti $>50\mu\text{g/pv}$ %
Saanti luonnollisista lähteistä ja ravintolisistä	5,75	2,13	4,12	8,02	14,47	73,05	0
+ täydennys I ¹	8,06	4,48	6,75	10,49	17,14	56,4	0
+ täydennykset I, ei ravintolisiä	5,73	3,55	4,99	6,96	11,53	79,0	0
+täydennys II ²	9,65	5,86	8,62	12,36	19,19	40,1	0
+ täydennys III ³	9,76	5,97	8,73	12,48	19,30	39,1	0

¹ Maito ja piimä 0,5 $\mu\text{g}/100\text{ g}$, margariini 10 $\mu\text{g}/100\text{ g}$, täysmehu 0,5 $\mu\text{g}/100\text{ g}$, kivennäisvesi 0,1 $\mu\text{g}/100\text{ g}$

² **Maito ja piimä 1,0 $\mu\text{g}/100\text{ g}$** , margariini 10 $\mu\text{g}/100\text{ g}$, täysmehu 0,5 $\mu\text{g}/100\text{ g}$, kivennäisvesi 0,1 $\mu\text{g}/100\text{ g}$

³ Maito ja piimä 1,0 $\mu\text{g}/100\text{ g}$, margariini 10 $\mu\text{g}/100\text{ g}$, **täysmehu 1,0 $\mu\text{g}/100\text{ g}$** , kivennäisvesi 0,1 $\mu\text{g}/100\text{ g}$

2.4.3 Mahdollisten kantajaelintarvikkeiden käyttö

Taulukossa 6 ja 7 on esitetty mahdollisten kantajaelintarvikkeiden käyttö D-vitamiinin saannin kvartiileissa. Minkään elintarvikkeen käyttö ei ollut selvästi suurempaa alem-

missa kvartileissa kuin ylemmissä, joten mikään näistä elintarvikkeista ei ole yksinään hyvä kantajaelintarvike.

Taulukko 6. Potentiaalisten kantajaelintarvikkeiden keskimääräinen käyttö (g/päivä) D-vitamiinin päivittäisen saannin kvartileissa miehillä.

	<3,75 µg	3,75-5,77 µg	5,78-9,33 µg	> 9,33 µg
Leipä	129	148	159	152
Murot	2,66	1,63	4,28	2,81
Margariini	8,11	13,6	13,7	12,3
Maito ja piimä	350	484	490	426
Kivennäisvesi	78,6	1,30	21,1	10,3
Mehu	73,0	48,5	56,5	80,8

Taulukko 7. Potentiaalisten kantajaelintarvikkeiden keskimääräinen käyttö (g/päivä) D-vitamiinin päivittäisen saannin kvartileissa naisilla.

	<3,19 µg	3,19-5,00 µg	5,01-8,75 µg	>8,75 µg
Leipä	86,9	107	104	113
Murot	2,88	3,80	2,54	2,34
Margariini	3,21	8,59	9,32	7,16
Maito ja piimä	313	323	310	316
Kivennäisvesi	15,8	64,1	15,9	17,3
Mehu	57,8	51,9	57,9	62,4

2.5 Riskin kuvaaminen

D-vitamiinin liikasaanti näyttää epätodennäköiseltä, mutta ei kuitenkaan voida pois sulkea sitä mahdollisuutta, että pieni osa väestöstä voi saada ajoittain liikaa D-vitamiinia. Tämä on todennäköisintä kesällä, jolloin iholla muodostuu runsaasti D-vitamiinia. Vaikka iholla ei voikaan muodostua toksisia määriä D-vitamiinia, on mahdollista, että yhdessä muiden lähteiden kanssa liikasaannin vaara on olemassa. Tämä koskee erityisesti täydennettyjä mehuja, joita kesällä voidaan juoda huomattavia määriä. Seurauksena olisi tällöin hyperkalsemia, hyperkalsiuria ja edelleen virtsakivitauti. Koska D-vitamiinin akuutin toksisuuden raja-arvo on erittäin korkea, ajoittainen D-vitamiinin liikasaanti tuskin johtaa haittavaikutuksiin. Joka tapauksessa haittavaikutukset koskenevat vain pientä osaa väestöstä, sillä D-vitamiinin saanti on kuitenkin Suomessa keskimäärin niukkaa.

Sen sijaan D-vitamiinin vähäinen saanti aiheuttanee täydentämisestä huolimatta ongelmia. Haitat liittyvät lähinnä luumetaboliaan – yhdessä väestön ikääntymisen kanssa osteoporootiset luunmurtumat tulevat mitä todennäköisimmin lisääntymään. Tätä trendiä voi vahvistaa väestön lihominen, sillä rasvakudoksen lisääntyessä myös D-vitamiinin tarve lisääntyy (Bell et al. 1985, Arunabh et al. 2003, Parikh et al. 2004). Toisaalta korkea painoindeksi suojaa luunmurtumilta (Wardlaw 1996).

3 KALSIUM

3.1 Kalsiumin lähteet, imeytyminen, metabolia ja biologiset vaikutukset

Ehdottomasti tärkein kalsiumin lähde Suomessa ovat maitotuotteet, joista saadaan noin kaksi kolmasosaa kalsiumin kokonaissaannista (Finravinto 2002 –tutkimus 2003). Runsaasti kalsiumia sisältävät myös mm. eräät lehtikasvikset, pähkinät ja palkokasvit (Taulukko 8.). Tosin kalsiumin imeytyminen kasvikunnan tuotteista voi olla heikkoa, sillä kasvikunnan tuotteissa kalsium on usein vaikealiukoisessa muodossa (esim. oksalaattina).

Kalsiumin imeytyminen edellyttää ruoassa olevan kalsiumin liukenemista ionimuotoon (Modern nutrition 1994). Tätä edesauttaa mahahapon erittyminen, jota ateria lisää. Kalsiumin imeytyminen supplementeista onkin tehokkaampaa, mikäli ne otetaan aterian yhteydessä. Ruoassa olevan kalsiumin imeytymiseen mahahapolla on kuitenkin vain vähän vaikutusta. Kalsium voi imeytyä joko aktiivisesti tai passiivisesti. Aktiivinen imeytyminen on homeostaattista ja sitä lisää kalsitrioli (D-vitamiini). Mitä vähäisempi kalsiumin saanti on, sitä enemmän kalsitrioli lisää kalsiumin eritystä. Aktiivinen imeytyminen tapahtuu pohjukaissuolessa ja proksimaalisessa jejunumissa. Passiivinen kalsiumin imeytyminen tapahtuu ileumissa saturoitumattoman diffuusion avulla. Passiivinen imeytyminen ei koskaan yksin riitä tyydyttämään kalsiumin tarvetta.

Taulukko 8. Eräiden elintarvikkeiden kalsiumpitoisuus (mg/100g, Lähde: Fineli® (Kansanterveyslaitos, 2004).

Maitotuotteet		Muut	
Puolikova juusto, 15-18% rasvaa	1050	Seesaminsien	640
Emmentaljuusto, 27-30% rasvaa	939	Nokkonen	594
Leipäjuusto	848	Sardiini	430
Sulatejuusto, 9-12% rasvaa	600	Manteli	276
Fetajuusto	356	Soijajauho	240
Rasvaton jogurtti	156	Hasselpähkinä	138
Jogurtti, 2% rasvaa	140	Kirjolohifile	130
Maito, piimä, viili	120	Tofu	128
		Lehtisalaatti	56

Kalsiumia eritetään virtsan, ulosteiden ja hien mukana (Modern nutrition 1994). Suurin osa kalsiumista eritetään munuaisten kautta. Glomerulussuodokseen erittyy päivässä 8-10 g kalsiumia, mutta tästä n. 98% imeytyy takaisin tubuluksissa – pääosin passiivisesti. Aikuiset erittävät kalsiumia virtsan mukana 150-200 mg päivässä. Kalsiumin eritystä virtsaan lisää runsas suolan ja kofeiinin saanti. Myös runsas proteiinin saanti lisää kalsiumin eritystä, mutta tämän vaikutuksen estää runsas fosforin saanti (Walker & Linkswiler 1972, Mahalko et al. 1983, Guégen & Pointillart 2000).

Kalsiumilla on tärkeä rooli luuston ja hampaiden rakenteessa. Luuston kalsium toimii myös kalsiumvarastona, josta tarvittaessa mobilisoidaan kalsiumia verenkiertoon. Monet entsyymit - esimerkiksi veren hyytymiseen osallistuvat - ovat kalsiumista riippuvaisia. Lisäksi kalsium säätelee mm. sähköisten impulssien välittymistä hermostossa ja lihasten supistumista.

3.2 Vaaran tunnistaminen

3.2.1 Vähäisen saannin aiheuttamat terveyshaitat

Jos kalsiumia saadaan ruokavaliosta vähemmän kuin sitä eritetään, luustosta vapautuu kalsiumia ylläpitämään plasman kalsiumpitoisuutta. Siten pitkäaikaisella negatiivisella kalsiumtasapainolla voi olla huomattava vaikutus luun tiheyteen. Eläinkokeista on saatu viitteitä myös siitä, että erittäin niukka kalsiumin saanti voi aiheuttaa sekundaarista D-

vitamiinin puutetta (Clements et al. 1987). Myös ihmisillä on havaittu, että runsaskuituinen ruokavalio, joka sitoo kalsiumia, vähensi seerumin 25(OH)D:n puoliintumisaikaa 27:stä 19 päivään (O'Brien et al. 1993).

Kalsiumilla on havaittu olevan myös verenpainetta alentava vaikutus. Meta-analyysissä kontrolloiduista kliinisistä kokeista havaittiin, että kalsiumlisä alensi merkittävästi systolista verenpainetta sekä korkean verenpaineen omaavilla että koko aineistossa (Allender et al. 1996). Vaikutus oli kuitenkin niin pieni, ettei sillä voida perustella korkean verenpaineen ehkäisyä tai hoitoa. Havainnointitutkimuksia koskevassa meta-analyysissä havaittiin, että kalsiumin saannilla oli käänteinen suhde verenpaineeseen, mutta meta-analyysissä havaittiin heterogeenisyyttä tutkimusten välillä ja myös mahdollista julkaisuharhaa (Cappuccio et al. 1995).

3.2.2 Liiallisen saannin aiheuttamat terveystilat

Vakavin liiallisesta kalsiumin saannista johtuva seuraus on ns. maito-alkali-oireyhtymä (Orwoll et al. 1982). Se on saanut nimensä aiemmin käytetystä mahahaavan hoidosta, joka koostui maidosta ja imeytyvistä antasideista (lähinnä natriumbikarbonaatti tai kalsiumkarbonaatti). Alkuperäiseen hoitoon sisältyi 20 g kalsiumia, mutta raportoitujen maito-alkalisyndroomatapauksen kalsiumin saanti on vaihdellut välillä 0,4-23 g/päivä. Oireyhtymän oireita ovat ruokahaluttomuus, painon lasku, pahoinvointi, ummetus, polyuria, polydipsia, sekavuus ja kooma. Sen seurauksena voi olla metabolinen alkaloosi, hyperkalsemia, munuaisten vajaatoiminta, nefrokalsinoosi, dehydraatio ja virtsakiviä. Oireyhtymä voi alkaa vähitellen tai äkillisesti - muutamien päivien tai viikkojen kuluessa maito-alkalihoidon aloittamisesta. Maito-alkali-oireyhtymä voi olla tappava (Orwoll 1982, Abreo 1993). Maito-alkalihoidon käyttö on viime vuosina vähentynyt voimakkaasti uusien mahahapon eritystä vähentävien lääkkeiden tullessa markkinoille.

Runsas kalsiumin saannin on myös epäilty aiheuttavan virtsakiviä – suurin osa virtsakivistä koostuu kalsiumoksaalasta. Epidemiologisissa tutkimuksissa runsas kalsiumin saanti on kuitenkin pikemminkin vähentänyt kuin lisännyt virtsakivitaudin riskiä (Curhan et al. 1993, Curhan et al. 1997, Hirvonen et al. 1999). Syynä tähän voi olla se, että kalsium sitoo ruoassa olevan oksalaatin imeytymättömään muotoon, jolloin oksalaatin erittyminen virtsaan vähenee (Borghi et al. 2002).

Äskettäin ilmestyneessä meta-analyysissä todetaan suuren kalsiumin saannin mahdollisesti suurentavan riskiä sairastua eturauhassyöpään (Dagnelie et al. 2004). Tosin

vaikutus tuli esille vasta hyvin suurilla saantitasoilla ja perustuu vain kahteen kohortti-tutkimukseen.

Koska kalsium esiintyy imeytyessään kahdenarvoisena (Ca^{2+}) ionina, se kilpailee imeytymisestä muiden kahdenarvoisten ionien kanssa, kuten sinkin, magnesiumin, raudan ja fosforin. Siten runsas kalsiumin saanti voi heikentää muiden mineraalien imeytymistä. Kalsiumlisien ei kuitenkaan ole havaittu heikentävän rautastatusta imeväisillä, imettävillä naisilla, murrosikäisillä tytöillä tai aikuisilla naisilla tai miehillä (Lynch 2000). Eri väestöryhmissä tehdyissä poikkileikkaustutkimuksissa on kuitenkin havaittu negatiivinen korrelaatio maitotuotteiden käytön ja rautastatuksen välillä, ei kuitenkaan muiden kalsiuminlähteiden ja rautastatuksen välillä (van de Vrijver et al. 1999). Tuoreessa tanskalaistutkimuksessa kalsiumtäydennyksellä ei havaittu olevan vaikutusta raudan imeytymiseen neljän päivän koejakson aikana (Grinder-Pedersen et al. 2004).

Myöskään magnesiumin imeytymiseen lapsilla (9-14 v.) (Abrams et al. 1997), magnesiumin metaboliaan miehillä (Raschke & Jahreis 2002) tai imettävien naisten magnesiumstatukseen (Yan et al. 1996) kalsiumlisillä ei ole ollut vaikutusta. Sen sijaan kalsiumlisillä voisi olla vaikutusta sinkkistatukseen tai sinkin imeytymiseen: vaikutus havaittiin neljässä tutkimuksessa (Spencer et al. 1984, McKenna et al. 1997, Wood & Zheng 1997, Raschke & Jahreis 2002), mutta yhdessä tutkimuksessa kalsiumlisillä ei ollut vaikutusta (Yan et al. 1996). Kalsiumin vaikutus fosforin imeytymiseen on ilmeinen – suuria kalsiumlisiä (2 g) käytetään yleisesti munuaisten vajaatoimintapotilaille vähentämään fosfaatin imeytymistä. Koska fosforin saanti väestössä on yleensä runsasta, kalsiumin fosforin imeytymistä heikentävällä vaikutuksella on tuskin suurtakaan merkitystä (Whiting & Wood 1997).

3.3 Vaaran kuvaaminen

3.3.1 Vähäinen saanti

On arvioitu, että 400-500 mg kalsiumia päivässä riittää aikuisilla korvaamaan virtsan ja ulosteen kautta eritetyn kalsiumin (FAO, 1962). Perulaisessa tutkimuksessa vain 300-400 mg kalsiumia päivässä riitti positiiviseen kalsiumtaseeseen (Hegsted et al. 1952). On huomattava, että tässä väestössä kalsiumin saanti on yleensä niukkaa. Tutkimuksessa, jossa kohteena olivat korkeaan kalsiumin saantitasoon tottuneet miehet (940 mg/päivä), kaikki koehenkilöt yhtä lukuun ottamatta sopeutuivat 460 mg päivittäiseen kalsiuminsaantiin (Malm 1958). Suomalaisissa ravitsemussuosituksissa pienin kalsiumin tarve onkin 400 mg/päivä aikuisväestölle (Valtion ravitsemusneuvottelukunta

1998). Pohjoismaisissa ravitsemussuosituksissa (Nordiska ministerrådet, 1996) on katsottu, että näyttö prospektiivisista epidemiologisista tutkimuksista (Matkovic et al., Cooper et al. 1988, Holbrook et al. 1988) ja kalsiumlisillä tehdyillä kliinisillä kokeilla (Horowitz et al. 1994) viittaavat siihen, että kalsiumia riittää 800 mg/päivä pitämään yllä luunmurtumilta suojaavaa luuntiheyttä valtaosalla väestöstä.

3.3.2 Runsas saanti

Maito-alkalioireyhtymä tulee esille hyvin korkeilla kaliuminsaantitasoilla. Ns. Sippyn ruokavaliossa kalsiumin saanti maidosta ja kalsiumkarbonaatista on 20 g/päivä, mutta oireyhtymää on tavattu huomattavasti alemmillakin kalsiuminsaantitasoilla (Whiting et al. 1997). Tarkkaa kalsiumin saantitasoa, millä maito-alkalioireyhtymää esiintyy ei voida sanoa, sillä yksittäisistä tapauselostuksista ei voi yleensä laskea kalsiumin kokonaisuutta. Myöskään tarkkaa raja-arvoa muille haittavaikutuksille (kivennäisaineiden imeytymisen heikentyminen, virtsakitauti) ei voida tarkaan sanoa. Riski sairastua eturauhassyöpään näyttää olevan kohonnut, jos kalsiumin saanti on yli 2000 mg/päivä. EU:n Scientific Committee on Food on tullut siihen lopputulokseen että, päivittäinen 2500 mg kalsiuminsaanti (ruoka+ravintolisät) on hyvin siedetty ja siten turvallinen (Opinion of the Scientific Committee on Food on the Tolerable Upper Intake Level of Calcium, 2003).

3.4 Altistuksen arvioiminen

3.4.1 Aineisto ja menetelmät

Aineistot ja niiden esikäsitteily tehtiin samoin kuin D-vitamiinin kohdalla (s. 16). Myös mallinnus tehtiin samoilla menetelmillä kuin D-vitamiinin kohdalla. Täydennysmalleihin valittiin sellaisia ruoka-aineita tai ruoka-aineryhmiä, jotka oli täydennetty ns. yleisen luvan nojalla (täysmehu), Elintarvikeviraston myöntämällä luvalla (margariini, jogurtti, puuroaines, kivennäisvesi, maito ja piimä) tai joihin oli jätetty Elintarvikevirastolle täydennysshakemus (murot, leipä). Elintarvikkeita, jotka on täydennetty vastaavan täydentämättömän elintarvikkeen kalsiumpitoisuustasolle (esim. soijamaito täydennetty sisältämään saman määrän kalsiumia kuin maito) ei otettu mukaan malleihin. Todennäköisyyspohjaisissa malleissa GallupKanavan perusteella estimoidun 6% täydennettyjen

tuotteiden käyttäjäosuuden lisäksi 25%:n käyttäjäosuutta, sillä käyttäjäosuuden estimoinnissa on epävarmuutta: GallupKanavan kyselyssä ei tiedusteltu kaikkien tässä tutkimuksessa huomioitujen kalsiumilla täydennettyjen elintarvikkeiden käyttöä. Toisaalta täydennettyjen elintarvikkeiden käyttäjäosuudet voivat muuttua paljonkin elintarvikkeiden markkinatilanteen muutosten mukana (esim. markkinoille tulee uusia täydennettyjä tuotteita tai entisiä poistuu).

Koska malliin ei voitu ottaa mukaan kaikkia kymmentä ruokaryhmää, päätettiin jättää pois ne elintarvikkeet, joiden kalsiumtäydennyksellä ei ole juuri merkitystä kokonaiskalsiumin saantiin (puuro, kivennäisvesi, aamiaisviljavalmisteen, keksit ja makeiset, taulukko 9). Puuron poisjättämistä puoltaa myös se, että kalsiumtäydennys vastaa samaa eroa kalsiumpitoisuudessa kuin veteen ja maitoon keitetyn puuron kalsiumpitoisuusero. Siten tavallinen puuro vastaa kalsiumsisällöltään kyseistä puuroa, jos se on tehty maitoon eikä veteen. Taulukossa 10 on esitetty malleissa käytetyt elintarvikkeiden kalsiumpitoisuudet. Deterministisissä malleissa elintarvikkeet lisättiin malliin siinä järjestyksessä, jossa niiden oletetaan tulevan markkinoille: 1) täysmehu 2) maito ja piimä 3) margariini 4) jogurtti, rahka tms. 5) leipä.

Raja-arvona kalsiumin suositeltavalle saannille on käytetty pohjoismaisten ravitsemussuosittelujen 800 mg päivässä (Nordic Nutrition Recommendations 2004) ja turvallisen saannin ylärajana SCF:n (Scientific Committee on Food) 2500 mg päivässä (Opinion of the Scientific Committee on Food on the Tolerable Upper Intake Level of Calcium, 2003).

Taulukko 9. Kalsiumilla täydentämisen vaikutus keskimääräisiin saanteihin verrattuna keskimääräiseen täydentämättömään saantiin (keskiarvo 1068, 95% luottamusväli 1047-1090).

Elintarvikeryhmä	Täydennetty saanti - täydentämätön saanti (mg/pv) (95% luottamusväli)
Leivät	180 (157-204)
Maito ja piimä	161 (134-187)
Täysmehu	83 (60-106)
Margariini	67 (44-89)
Jogurtti, rahka tms.	61 (38-84)
Puuroaines	33 (11-55)
Kivennäisvesi	17 (-5-39)
Murot	15 (-7-37)
Keksit	8 (-14-29)
Makeiset	6 (-16-27)

Taulukko 10. Malleissa käytettyjen täydennettyjen ja täydentämättömien elintarvikkeiden kalsiumpitoisuus (mg/100 g).

	Täydentämätön	Täydennetty
Täysmehu	10	50-130
Maito ja piimä	121	180
Margariini	28	620
Jogurtti, rahka tms.	108	639
Leipä	16	140-150

3.4.2 Kalsiumin saanti

Tärkeimmät kalsiumin lähteet olivat maitotuotteet, joista tuli yhteensä 59,5% kalsiumin kokonaissaannista miehillä ja 54,5% naisilla. Suurimmalla osalla sekä naisista että miehistä saanti luonnollisista lähteistä riitti kattamaan kalsiumin suositeltavan saannin (kuvio 10). Miehillä kalsiumin saanti luonnollisista lähteistä oli hieman suurempi kuin naisilla. Sen sijaan kalsiumin saanti ravintolisistä oli naisilla huomattavasti suurempaa kuin miehillä (kuvio 11). Kalsiumin saanti täydentämättömästä ruokavaliosta oli pääosin riittävää vuoden 2002 aineistossa. Kalsiumin saannin jakauma ei ylittänyt turvallisen saannin ylärajaa.

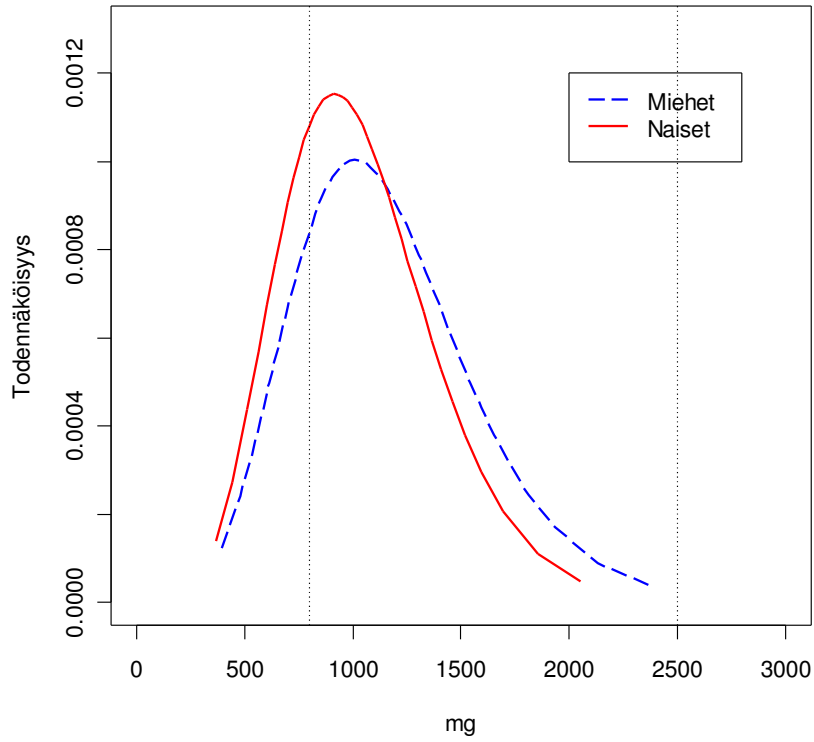
Taulukko 11. Kalsiumin tärkeimmät lähteet ruoasta.

	mg/pv		% kokonaissaannista	
	Miehet	Naiset	Miehet	Naiset
Maito ja piimä	394	269	33,2	27,7
Juusto	287	229	24,2	23,6
Leipä ja leivonnaiset	128	101	10,8	10,4
Liharuoat ja -valmisteet	76	41	6,4	4,2
Kalaruoat ja -valmisteet	38	31	3,2	3,2
Muut maitovalmisteet	25	40	2,1	4,1

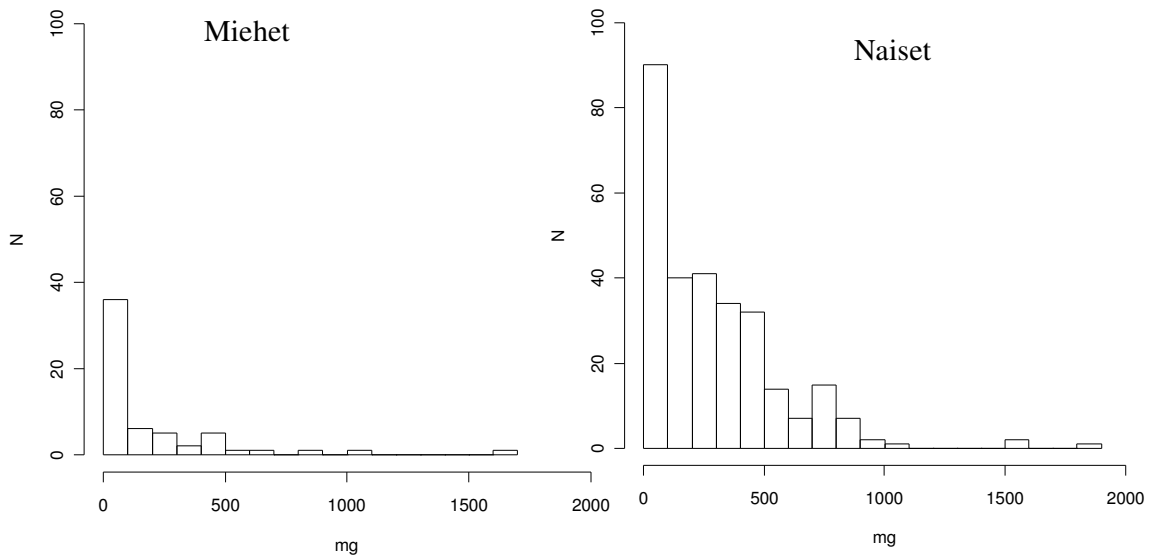
Tarkasteltaessa malleja, joissa täydentäminen oletettiin tehdyksi kaikkiin elintarvikeryhmän tuotteisiin, niukasti saavien osuus laski jonkin verran sekä naisilla että miehillä vuoden 2002 perustilanteeseen verrattuna (Kuvio 12.). Eniten kalsiumin saantia lisäsi leivän täydentäminen, jolloin myös niiden osuus, jotka olivat turvallisen saannin ylära-

jan yläpuolella oli merkittävä (12,7% miehistä ja 3,8% naisista). Tosin myös niukasti saavien osuus oli tällöin pienin.

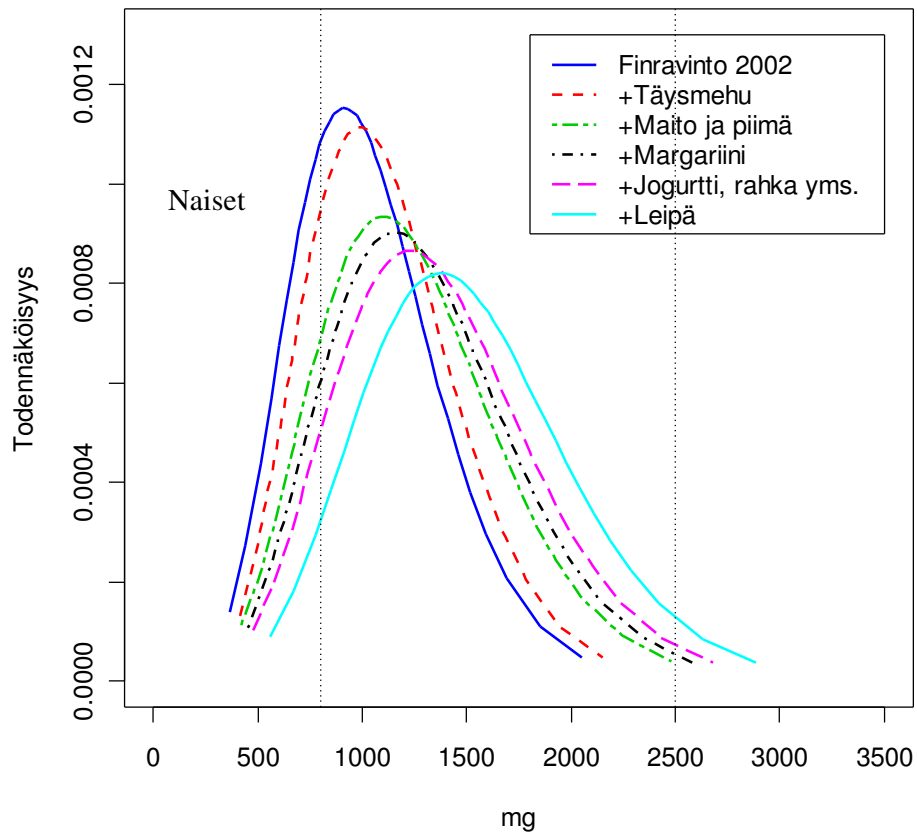
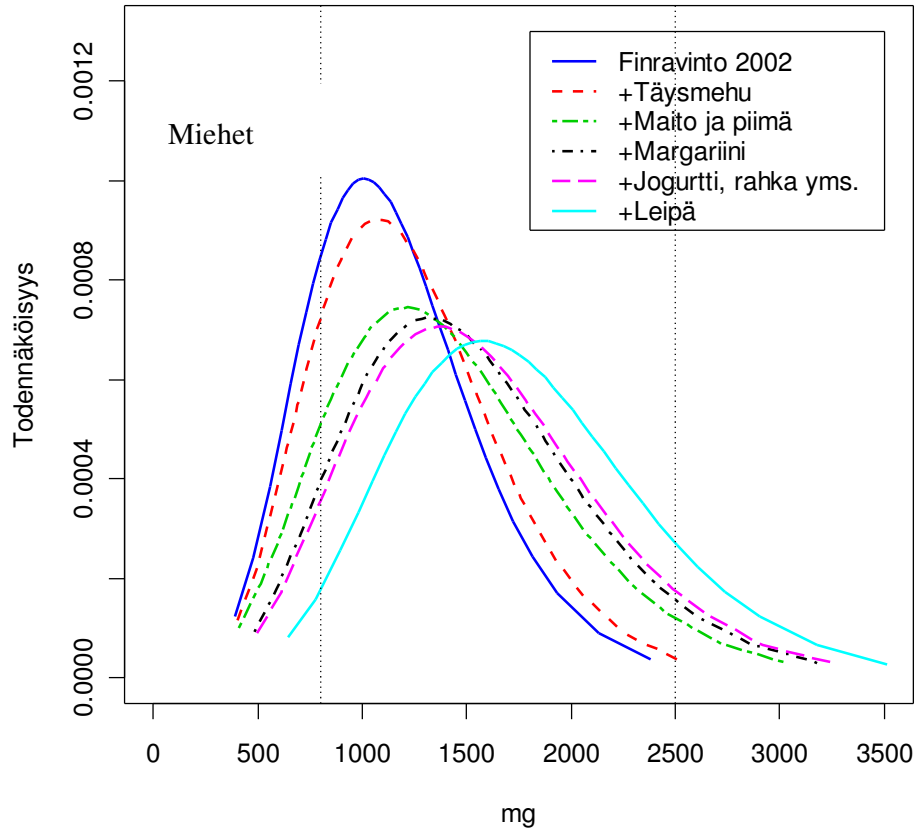
Todennäköisyyspohjaisissa malleissa kalsiumin saannin jakaumat muuttuivat vain vähän sekä miehillä että naisilla, jos oletettiin, että 11 % elintarvikeryhmän tuotteista oli täydennetty (kuviot 13. ja 15., taulukot 12 ja 15). Tällöin myös täydennettyjen elintarvikkeiden merkitys kalsiumin lähteenä oli selvästi vähäisempi kuin luonnollisten lähteiden tai ravintolisien. Sen sijaan mallissa, jossa oletettiin, että 25% kunkin elintarvikeryhmän tuotteista oli täydennetty, kalsiumin saanti nousi jonkin verran, varsinkin miehillä (kuviot 14. ja 16.). Miehillä niukasti kalsiumia saavien osuus laski lähes puoleen täydentämättömään malliin verrattuna. Samalla tosin myös turvallisen saannin enimmäisrajan ylittävien osuus nousi huomattavasti. Naisilla tässä mallissa kalsiumin saanti kasvoi jonkin verran vähemmän (Taulukko 13.).



Kuvio 10. Kalsiumin saanti luonnollisista lähteistä. Suositeltava saanti (800 mg) ja turvallisen saannin yläraja (2500 mg) on merkitty pystykatkoviivoilla.

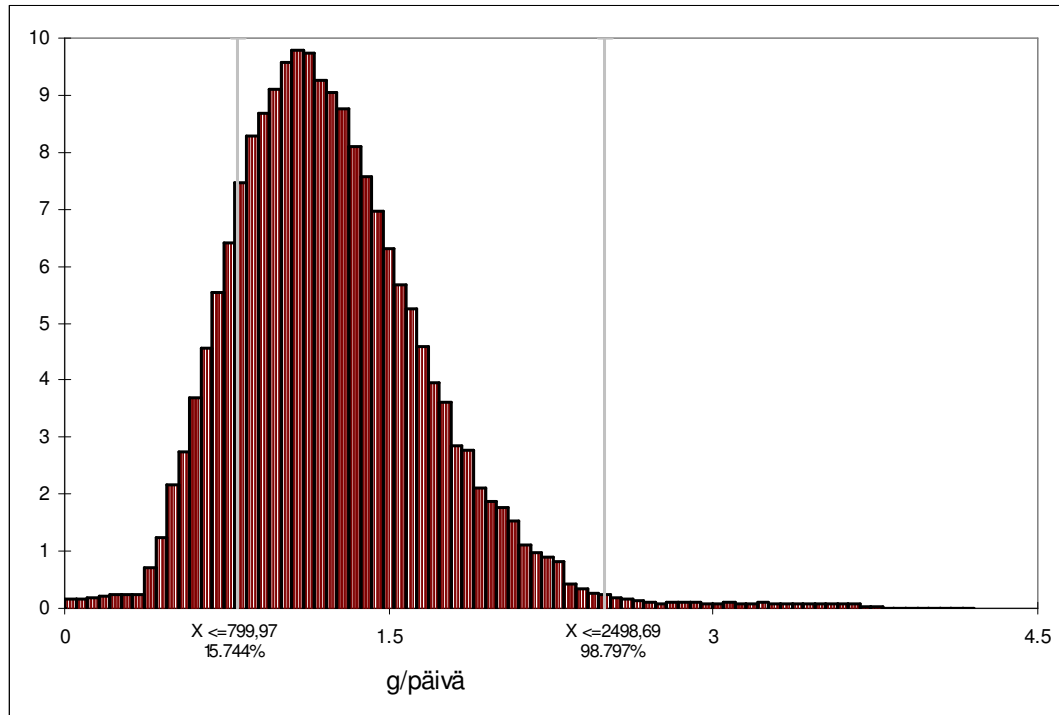


Kuvio 11. Kalsiumin saanti ravintolisistä.

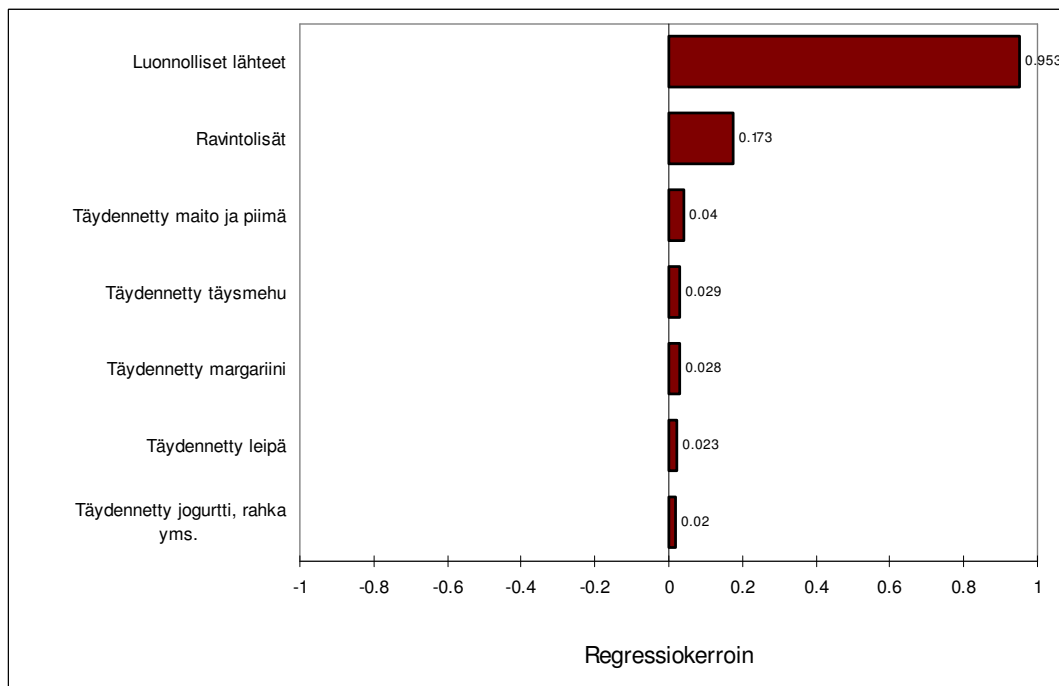


Kuvio 12. kalsiumin kokonaissaanti, suositeltava saanti (800 mg/pv) ja turvallisen saannin yläraja on merkitty pystykatkoviivoilla

A

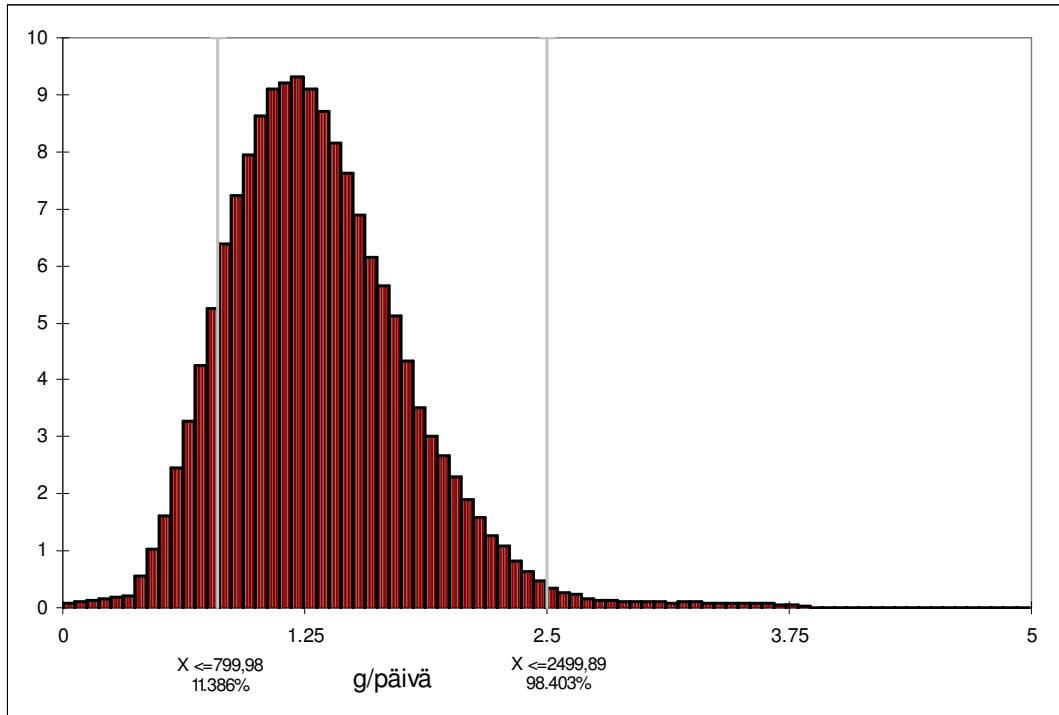


B

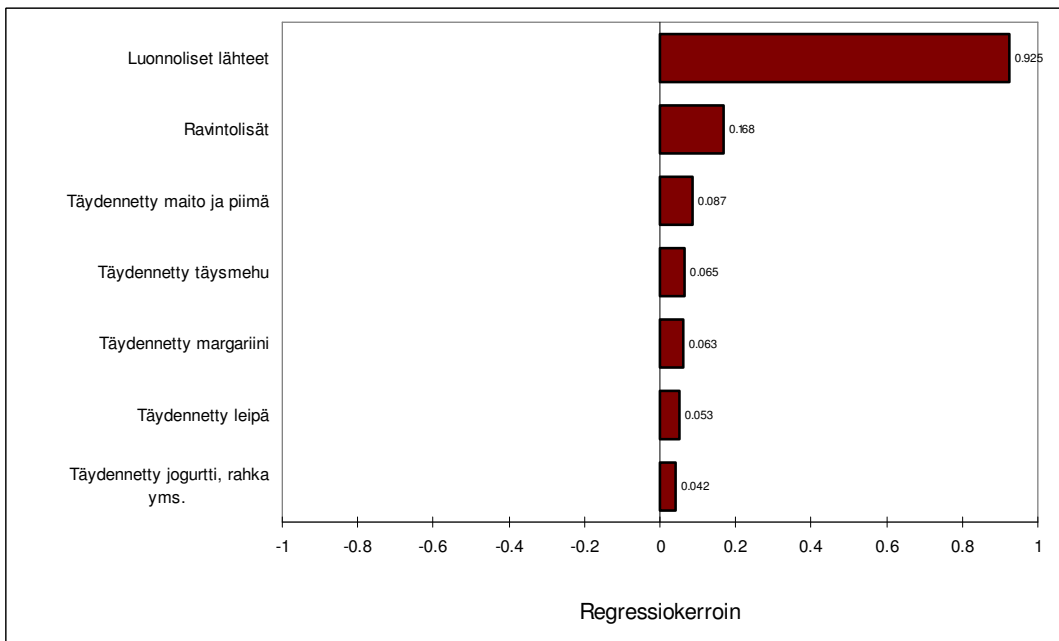


Kuvio 13. Kalsiumin kokonaissaannin jakauma **miehillä** todennäköisyypohjaisessa mallissa, jossa **11% elintarvikkeen tuotteista täydennetty** (A) ja eri lähteiden vaikutus saantiin (B).

A

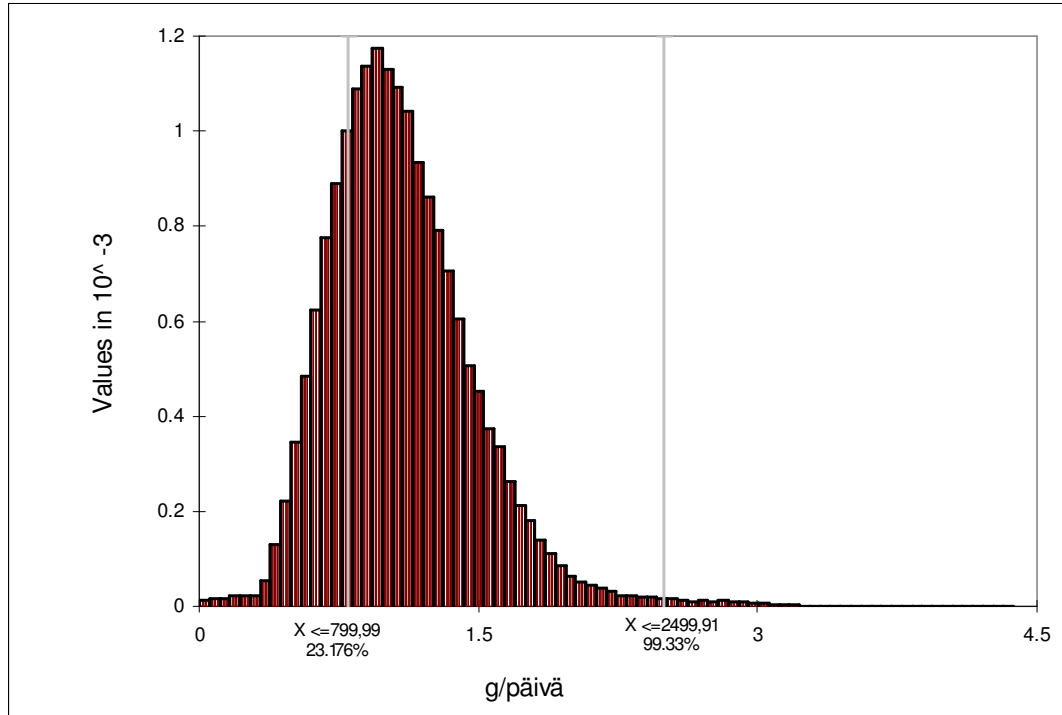


B

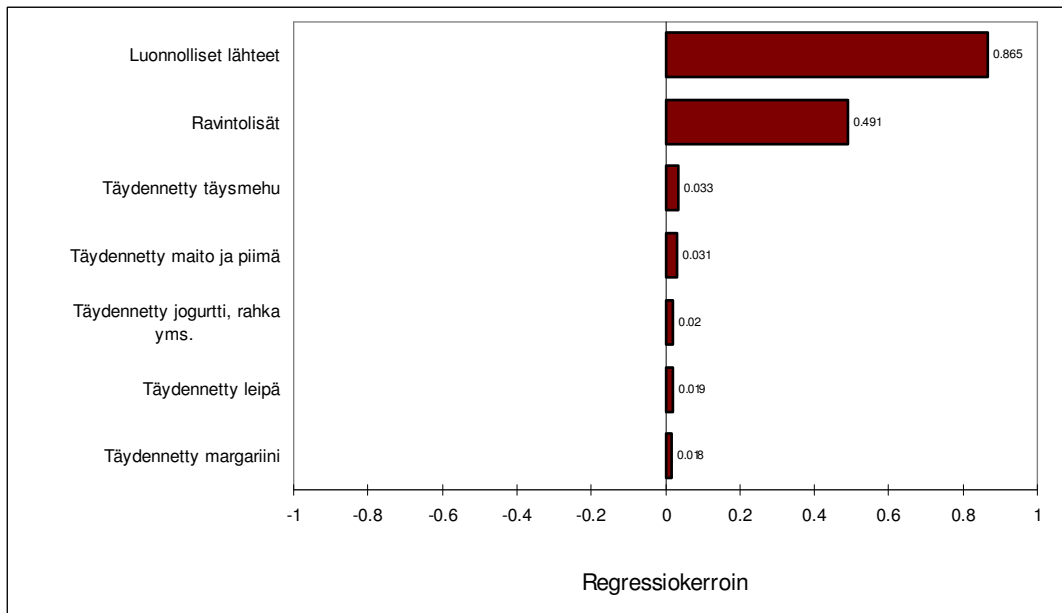


Kuvio 14. Kalsiumin kokonaissaannin (mg/päivä) jakauma **miehillä** todennäköisyyspohjaisessa mallissa, jossa **25% elintarvikkeen tuotteista täydennetty** (A) ja eri lähteiden vaikutus saantiin (B).

A

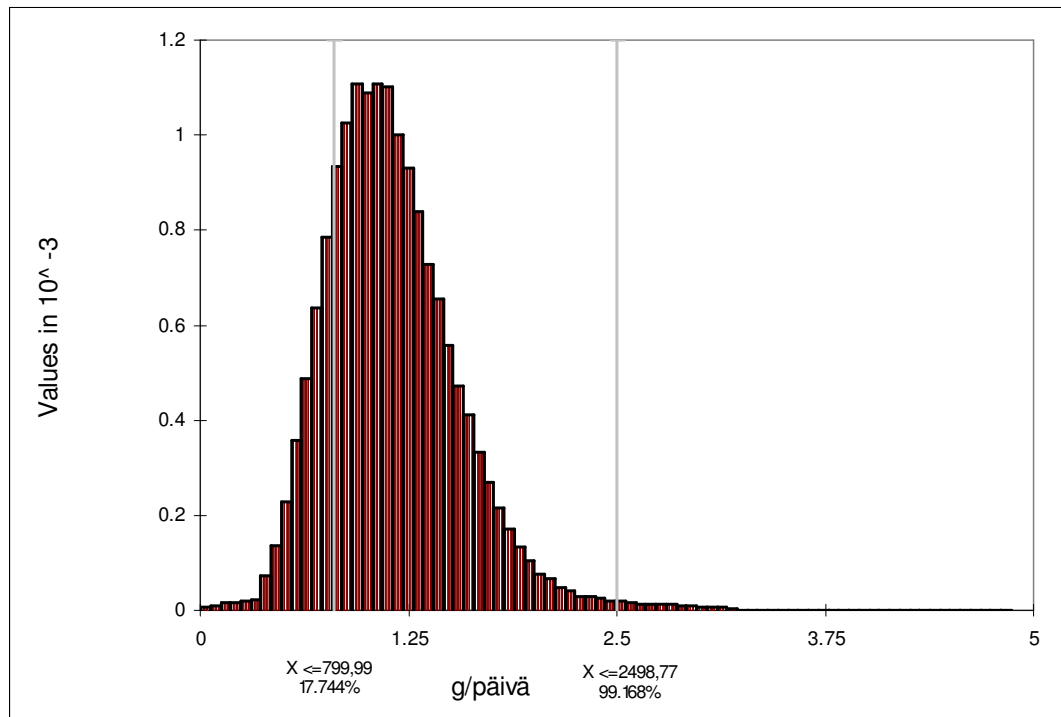


B

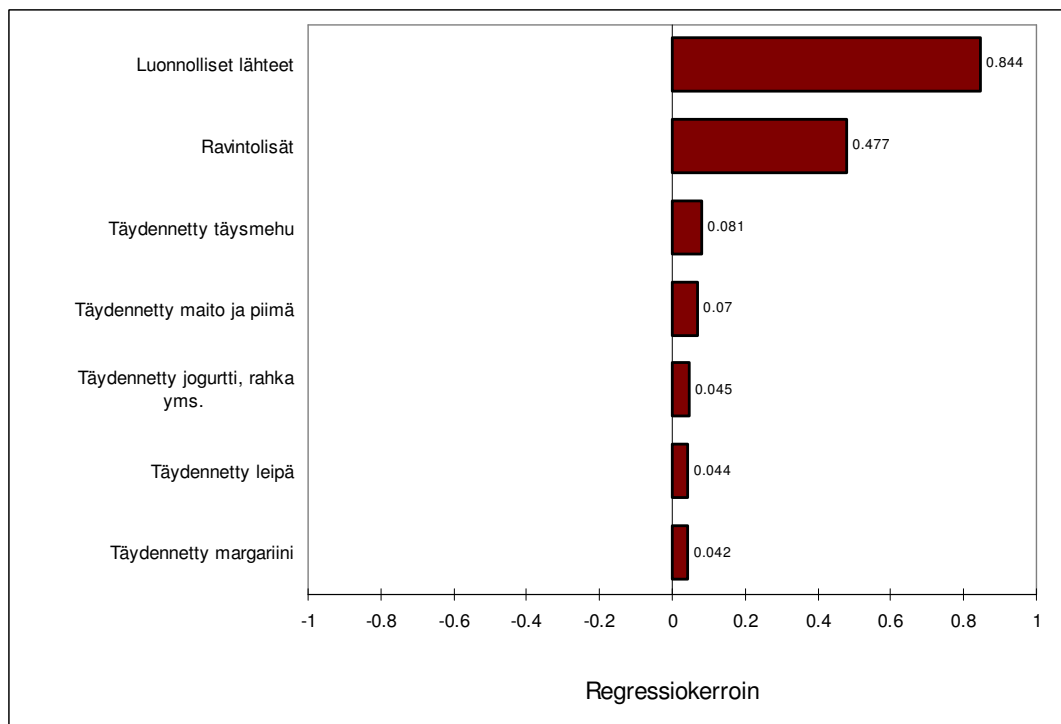


Kuvio 15. Kalsiumin kokonaissaannin (mg/päivä) jakauma **naisilla** todennäköisyyspohjaisessa mallissa, jossa **11% elintarvikkeen tuotteista täydennetty** (A) ja eri lähteiden vaikutus saantiin (B).

A



B



Kuvio 16. Kalsiumin kokonaissaannin (mg/päivä) jakauma **naisilla** todennäköisyyspohjaisessa mallissa, jossa **25%** elintarvikkeen tuotteista **täydennetty** (A) ja eri lähteiden vaikutus saantiin (B).

Taulukko 9. Kalsiumin saannin (mg/päivä) tunnusluvut miehillä todennäköisyyspohjaisissa malleissa.

Malli	Keski-arvo	25. persentiili	50. persentiili (mediaani)	75. persentiili	95. persentiili	Saanti <800 mg/pv %	Saanti >2500 mg/pv %
Saanti luonnollisista lähteistä ja ravintolisistä	1164	857	1110	1410	1931	20	0,97
+ täydennykset, käyttöjääosuus 11 %	1232	914	1180	1488	2021	16	1,20
+ täydennykset, käyttöjääosuus 25%	1318	992	1268	1586	2134	11	1,60
+ täydennykset (11%), ei ravintolisää	1220	906	1171	1473	2003	16,3	1,07

Taulukko 10. Kalsiumin saannin (mg/päivä) tunnusluvut naisilla todennäköisyyspohjaisissa malleissa.

Malli	Keski-arvo	25. persentiili	50. persentiili (mediaani)	75. persentiili	95. persentiili	Saanti <800 mg/pv %	Saanti >2500 mg/pv %
Saanti luonnollisista lähteistä ja ravintolisistä	1036	774	989	1243	1697	28	0,57
+ täydennykset, käyttöjääosuus 11%	1086	818	1038	1301	1762	23	0,67
+ täydennykset, käyttöjääosuus 25%	1150	875	1104	1371	1842	18	0,83
+ täydennykset (11%), ei ravintolisää	1009	772	974	1205	1597	28,3	0,46

3.4.3 Kantajaelintarvikkeiden käyttö

Taulukossa 14 ja 15 on mahdollisten kantajaelintarvikkeiden käyttö kalsiumkvartiileittain. Ainoastaan mehun käyttö on suurinta alemmissä kvartiileissa kuin ylemmissä sekä miehillä, että naisilla, joten mehun täydentäminen kalsiumilla voisi lisätä kalsiumin saantia vähäisen saannin ryhmissä.

Taulukko 14. Potentiaalisten kantajaelintarvikkeiden keskimääräinen käyttö (g/päivä) kalsiumin päivittäisen saannin kvartileissa miehillä.

	< 874 mg	874-1074 mg	1075-1395 mg	>1395 mg
Jogurtti	36	71	59	69
Leipä	112	150	160	166
Maito	141	247	348	533
Mehu	71	66	69	45
Margariini	12	16	14	15

Taulukko 15. Potentiaalisten kantajaelintarvikkeiden keskimääräinen käyttö (g/päivä) kalsiumin päivittäisen saannin kvartileissa naisilla.

	<727 mg	727-967 mg	968-1242 mg	>1242
Jogurtti	63	75	102	82
Leipä	83	95	115	117
Maito	54	136	258	325
Mehu	56	60	66	44
Margariini	5	7	8	13

3.5 Riskin kuvaaminen

Kalsiumin liikasaannin riski näyttää melko pieneltä. Tähän vaikuttaa kuitenkin voimakkaasti se kuinka suuri osuus kunkin elintarvikeryhmän tuotteista on täydennetty. Jos esimerkiksi kaikki leivät olisivat kalsiumilla täydennettyjä, kalsiumin liikasaannin riski olisi varsinkin miehillä huomattava. On myös huomattava, että aliraportoinnin vuoksi kalsiumin saantiarvio on jonkin verran pienempi kuin todellinen saanti. Siten myös liikasaannin riski lienee todellisuudessa arvioitua suurempi.

Kalsiumia alle suositusten saavien osuus on kuitenkin selvästi suurempi kuin turvallisen saannin ylärajan ylittävien osuus. Täydentäminen näytti selvästi pienentävän niukasti kalsiumia saavien osuutta, mutta vaikutus oli merkittävä vain mikäli täydennettyjen tuotteiden osuus olisi melko suuri (n. 25%). Aliraportoinnin vuoksi tässä tutkimuksessa lienee jonkin verran yliarvioitu niukasti kalsiumia saavien osuutta.

4 POHDINTA

Tämä tutkimus osoittaa, että kalsiumilla ja D-vitamiinilla täydennetyt elintarvikkeet ovat turvallisia ja että täydentämisen vaikutus D-vitamiinin ja kalsiumin kokonaissaantiin on melko vähäistä. Kuitenkin täydentäminen voi merkittävästi pienentää niukasti D-vitamiinia tai kalsiumia saavien osuutta, jos täydentäminen kohdistetaan oikein ja riittävän suurina pitoisuuksina.

Jos täydennettyjen elintarvikkeiden valikoima laajenee huomattavasti nykyisestä, on olemassa liikasaannin vaara – etenkin kalsiumin kohdalla. Vaara on erityisen suuri sellaisten henkilöiden kohdalla, jotka pyrkivät valitsemaan mahdollisimman usein täydennetyt elintarvikkeet täydentämättömän sijaan kuvitellen siten maksimoivansa terveyshyödyn. Toisaalta liikasaannin riski kasvaa myös jos yksittäisen elintarvikkeen kohdalla täydennettyjen tuotteiden markkinaosuus kasvaa suureksi, mikäli kyseisen elintarvikkeen käyttö on yleistä. Esimerkiksi kalsiumin liikasaannin vaara olisi huomattava jos kaikki ruisleivät olisi täydennetty kalsiumilla.

Liikasaannin vaaraa todennäköisempi riski on se, että mielikuva terveellisestä ruokavaliosta hämärtyy. Osa ihmisistä kuvittelee korjaavansa yksipuolisen ruokavalion ongelmat nauttimalla yhtä tai muutamaa täydennettyä elintarviketta. Tällöin saattaa syntyä mielikuva, että täydennetyt elintarvikkeet ovat terveellisempiä kuin esim. täydentämättömät kasvikset ja hedelmät. Tavanomaiset liikasaannin ongelmat (suola, kova rasva) saattavat myös jäädä vähemmälle huomiolle.

Tämän tutkimuksen tuloksia tulkitessa on otettava huomioon sen rajoitukset ja puutteet. Eräs suurimpia ongelmia ruoankäytön- ja ravinnonsaannin ongelmia on aliraportointi. Tässäkin aineistossa energian saanti oli miehillä 19% ja naisilla 14% laskennallista vähimmäisenergiankulutusta alempi. Ongelmaa on vaikea ratkaista millään tilastollisella korjauksella (esim. energiakorjauksella tai vakioinnilla), sillä aliraportointi ei jakaudu tasaisesti elintarvikeryhmien kesken – terveellisinä pidettyjä elintarvikkeita aliraportoidaan vähemmän kuin epäterveellisinä pidettyjä (Hirvonen et al. 1997). Todellisuudessa siis kalsiumin liikasaannin riski lienee havaittua suurempi ja niukan D-vitamiinin ja kalsiumin saannin riski on havaittua pienempi.

Myös simulointimenetelmässä on epävarmuustekijöitä. Täydennettyjen elintarvikkeiden kuluttajaosuus on estimoitu pääosin Elintarvikevirastolle kerätystä internetkyselystä. Siinä ei kuitenkaan ole tiedusteltu kaikkien niiden täydennettyjen elintarvikkeiden käyttöä, jotka olivat mukana tämän tutkimuksen analyyseissä. Lisäksi kävi ilmi,

että vastaajille ei ole täysin selvää mitkä tuotteet ovat täydennettyjä: kysyttäessä mitä täydennettyjä elintarvikkeita he käyttävät, vastauksissa oli runsaasti täydentämättömiä elintarvikkeita. Toisaalta osa täydennetyistä elintarvikkeista on voinut jäädä kirjaamatta. Jatkossa tulisikin pyrkiä saamaan tietoa merkkikohtaisesta elintarvikkeiden kulutuksesta (esim. kulutustutkimuksista), eikä luottaa siihen, että tutkittavat erottavat täydennetyt elintarvikkeet terveysvaikutteisista elintarvikkeista ja muuten terveelliseksi mielletyistä elintarvikkeista.

Ravintolisillä on tämän tutkimuksen mukaan huomattava vaikutus varsinkin D-vitamiinin saantiin. Ravintolisät olivat naisilla tärkein D-vitamiinin lähde ja miehilläkin niiden osuus D-vitamiinin saannista oli huomattava. Ravintolisät olivat huomattavasti tärkeämpi D-vitamiinin ja kalsiumin lähde kuin täydennetyt elintarvikkeet. Ilman ravintolisää niukasti D-vitamiinia saavien osuus olisi merkittävästi korkeampi kuin nykyään.

Tehokas kantajaelintarvike kalsiumille näyttäisi olevan täysmehu, sillä vähän kalsiumia luonnollisista lähteistä saavat juovat muita enemmän täysmehuja. Siten täysmeuhujen täydentäminen kalsiumilla näyttäisi kohdistuvan oikein. Sen sijaan D-vitamiinille ei löytynyt hyvää yhtä kantajaelintarviketta. Tosin täysmehun D-vitamiinointia voidaan perustella sillä, että sen voidaan katsoa olevan ikään kuin maitoa korvaava elintarvike (tarkoitettu niille, jotka eivät juo maitoa) – etenkin, jos sama mehu on täydennetty myös kalsiumilla. Jotta voitaisiin saavuttaa ideaalinen ravintoaineen jakauma (mahdollisimman suuri osa väestöstä suositeltavan saannin yläpuolella ja turvallisen saannin alapuolella), tarvitaan kullekin ravintoaineelle useita kantajaelintarvikkeita eri pitoisuuksilla. Tämä vaatii simulointi- ja optimointiperusteisten menetelmien kehittämistä.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Maidon, piimän, margariinin, mehujen ja kivennäisveden täydentäminen D-vitamiinilla näyttäisi olevan turvallista työikäisessä väestössä ja vähentäisi merkittävästi niiden osuutta, jotka saavat D-vitamiinia alle suositeltavan saannin. Täydennyksestä huolimatta D-vitamiinin saanti olisi niukkaa huomattavalla osalla väestöstä, varsinkin naisilla. Maidon ja mehujen täydentäminen 1 µg/100 ml D-vitamiinia voisi edelleen pienentää alle suositeltavan saannin jäävien osuutta. Ravintolisät ovat tärkeitä D-vitamiinin lähteitä, varsinkin naisilla.

Maidon, piimän, margariinin, jogurtin, jälkiruokarahkojen ja leivän täydentäminen kalsiumilla on turvallista, mikäli yksittäisen täydennetyt tuotteen markkinaosuus ei nouse kovin korkeaksi. Tämä koskee etenkin leipää. Elintarvikkeiden täydentäminen kalsiumilla voi vähentää tehokkaasti niukasti kalsiumia saavien osuutta. Täysmehu näyttää olevan hyvä kantajaelintarvike, jos halutaan vähentää niukasti kalsiumia saavien osuutta.

6 VIITTEET

Abrams SA, Grusak MA, Stuff J, O'Brien KO. Calcium and magnesium balance in 9-14-y-old children. *Am J Clin Nutr* 1997;66:1172-1177.

Abreo K, Adlakha A, Kilpatrick S, Flanagan R, Webb R, Shakamuri S. The milk-alkali syndrome. A reversible form of acute renal failure. *Arch Intern Med* 1993;153:1005-1010.

Allender PS, Cutler JA, Follmann D, Cappuccio FP, Pryer J, Elliott P. Dietary calcium and blood pressure: A meta-analysis of randomized clinical trials. *Ann Intern Med* 1996;124:825-831.

Arunabh S, Pollack S, Yeh J, Aloia JF. Body fat content and 25-hydroxyvitamin D levels in healthy women. *J Clin Endocrinol Metab* 2003;88:157-161.

Bates CJ, Carter GD, Mishra GD, O'Shea D, Jones J, Prentice A. In a population study, can parathyroid hormone aid the definition of adequate vitamin d status? A study of people aged 65 years and over from the British national diet and nutrition survey. *Osteoporos Int* 2003;14:152-159.

Bell NH, Epstein S, Greene A, Shary J, Oexmann MJ, Shaw S. Evidence for alteration of the vitamin D - endocrine system in obese subjects. *J Clin Invest.* 1985;76:370-373.

Berlin T, Emtestam L, Bjorkhem I. Studies on the relationship between vitamin D3 status and urinary excretion of calcium in healthy subjects: Effects of increased levels of 25-hydroxyvitamin D3. *Scand J Clin Lab Invest* 1986;46:723-729.

Borghi L, Schianchi T, Meschi T, Guerra A, Allegri F, Maggiore U, Novarini A. Comparison of two diets for the prevention of recurrent stones in idiopathic hypercalciuria. *N Engl J Med* 2002;346:77-84.

Brown AJ, Dusso A, Slatopolsky E. Vitamin D. *Am J Physiol* 1999;277:157-175.

Cappuccio FP, Elliott P, Allender PS, Pryer J, Follman DA, Cutler JA. Epidemiologic association between dietary calcium intake and blood pressure: A meta-analysis of published data. *Am J Epidemiol* 1995;142:935-945.

Chen TC, Holick MF. Vitamin D and prostate cancer prevention and treatment. *Trends Endocrinol Metab* 2003;14:423-430.

Clements MR, Johnson L, Fraser DR. A new mechanism for induced vitamin D deficiency in calcium deprivation. *Nature* 1987;325:62-65.

Curhan GC, Willett WC, Rimm EB, Stampfer MJ. A prospective study of dietary calcium and other nutrients and the risk of symptomatic kidney stones. *N Engl J Med* 1993;328:833-838.

Curhan GC, Willett WC, Speizer FE, Spiegelman D, Stampfer MJ. Comparison of dietary calcium with supplemental calcium and other nutrients as factors affecting the risk for kidney stones in women. *Ann Intern Me.* 1997;126:497-504.

Dagnelie PC, Schuurman AG, Goldbohm RA, Van den Brandt PA. Diet, anthropometric measures and prostate cancer risk: A review of prospective cohort and intervention studies. *BJU Int* 2004;93:1139-1150.

Davies M, Adams PH. The continuing risk of vitamin-D intoxication. *Lancet* 1978;2:621-623.

Dent CE, Smith R. Nutritional osteomalacia. *Q J Med* 1969;38:195-209.

Dietary reference intakes. Standing committee on the scientific evaluation of the dietary reference intakes. National Academic Press, Washington, 1997.

FAO. Calcium requirements. Report of an FAO/WHO expert group. FAO Nutrition meetings report series;30. FAO, Rome, 1962.

Finravinto 2002 – tutkimus. Männistö S, Ovaskainen ML, Valsta L (toim.). Kansanterveyslaitoksen julkaisu B3/2003. Kansanterveyslaitos, 2003, Helsinki.

Fourman P, Morgan DB. Effects of vitamin D in the human. *Bibl Nutr Dieta* 1969;13:30-43.

Fraser DR. The physiological economy of vitamin D. *Lancet* 1983;1:969-972.

Grinder-Pedersen L, Bukhave K, Jensen M, Hojgaard L, Hansen M. Calcium from milk or calcium-fortified foods does not inhibit nonheme-iron absorption from a whole diet consumed over a 4-d period. *Am J Clin Nutr* 2004;80:404-409.

Gueguen L, Pointillart A. The bioavailability of dietary calcium. *J Am Coll Nutr* 2000;19:119S-136S.

Heaney RP, Davies KM, Chen TC, Holick MF, Barger-Lux MJ. Human serum 25-hydroxycholecalciferol response to extended oral dosing with cholecalciferol. *Am J Clin Nutr* 2003;77:204-210.

Hegsted JM, Moscoso I, Collazos CH. A study of the minimum calcium requirements of adult men. *J Nutr* 1952;46:181-201.

Hirvonen T, Männistö S, Roos E, Pietinen P. Increasing prevalence of underreporting does not necessarily distort dietary surveys. *Eur J Clin Nutr* 1997;51:297-301.

Hirvonen T, Pietinen P, Virtanen M, Albanes D, Virtamo J. Nutrient intake and use of beverages and the risk of kidney stones among male smokers. *Am J Epidemiol* 1999;150:187-194.

Holick MF. Environmental factors that influence the cutaneous production of vitamin D. *Am J Clin Nutr.* 1995;61:638S-645S.

Iman RL, Conover WJ. A Distribution-Free Approach to Including Rank Correlation Among Input Variables. *Communications in Statistics: Simulations and Computations.* 1982;11: 311-334.

Johnson KR, Jobber J, Stonawski BJ. Prophylactic vitamin D in the elderly. *Age Ageing* 1980;9:121-127.

Kansanterveyslaitos, ravitsemusyksikkö. Fineli. Elintarvikkeiden koostumustietokanta. Versio 4. Helsinki 2004. <http://www.fineli.fi>

Key TJ, Schatzkin A, Willett WC, Allen NE, Spencer EA, Travis RC. Diet, nutrition and the prevention of cancer. *Public Health Nutr* 2004;7:187-200.

Lynch SR. The effect of calcium on iron absorption. *Nurt Res Rev* 2000;13:141-58.

Mahalko JR, Sandstead HH, Johnson LK, Milne DB. Effect of a moderate increase in dietary protein on the retention and excretion of Ca, Cu, Fe, Mg, P, and Zn by adult males. *Am J Clin Nutr* 1983;37:8-14.

Malm OJ. Calcium requirements and adaptation in adult men. Oslo, Universitetsforlaget, 1958.

Martinez ME, Willett WC. Calcium, vitamin d, and colorectal cancer: A review of the epidemiologic evidence. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 1998;7:163-168.

Matkovic V, Kostial K, Simonovic I, Buzina R, Brodarec A, Nordin BE. Bone status and fracture rates in two regions of Yugoslavia. *Am J Clin Nutr* 1979;32:540-9.

Modern nutrition in health and disease. Shills ME, Olson JA, Shike M (toim.). 8. painos. Lea & Febiger, 1994, Philadelphia, Yhdysvallat.

Morgan DB, Paterson CR, Woods CG, Pulvertaft CN, Fourman P. Osteomalacia after gastrectomy. A response to very small doses of vitamin d. *Lancet* 1965;2:1089-1091.

Newton HM, Sheltawy M, Hay AW, Morgan B. The relations between vitamin D2 and d3 in the diet and plasma 25ohd2 and 25ohd3 in elderly women in Great Britain. *Am J Clin Nutr* 1985;41:760-764.

Nordic Nutrition Recommendations NNR 2004 - integrating nutrition and physical activity. Nord 2004:013.

Nusser SM, Carriquiry KW, Dodd KW, Fuller WA. A Semiparametric Transformation Approach to Estimating Usual Daily Intake Distribution. *Journal of the American Statistical Association*. 1996; 91: 1440-1449.

O'Brien KO, Allen LH, Quatromoni P, Siu-Caldera ML, Vieira NE, Perez A, Holick MF, Yergey AL. High fiber diets slow bone turnover in young men but have no effect on efficiency of intestinal calcium absorption. *J Nutr* 1993;123:2122-2128.

Opinion of the Scientific Committee on Food on the Tolerable Upper Intake Level of Calcium. Scientific Committee on Food. European Commission:Brussels, 2003.

Opinion of the Scientific Committee on Food on the Tolerable Upper Intake Level of Vitamin D. Scientific Committee on Food. European Commission:Brussels, 2002.

Orwoll ES. The milk-alkali syndrome: Current concepts. *Ann Intern Med* 1982;97:242-248.

Parikh SJ, Edelman M, Uwaifo GI, Freedman RJ, Semega-Janneh M, Reynolds J, Yanovski JA. The relationship between obesity and serum 1,25-dihydroxy vitamin D concentrations in healthy adults. *J Clin Endocrinol Metab* 2004;89:1196-1199.

Pettifor JM, Bikle DD, Cavaleros M, Zachen D, Kamdar MC, Ross FP. Serum levels of free 1,25-dihydroxyvitamin D in vitamin d toxicity. *Ann Intern Med* 1995;122:511-513.

Raschke M, Jahreis G. Der einfluss von Calciumsupplementen auf den Stoffwechsel von Calcium und weiteren Mineralstoffen. *Ernährung in Fokus* 2/05:110-13.

Raulio s. Ravitsemuksellisesti täydennettyjen elintarvikkeiden käyttö ja sen taustateijät suomalaisilla aikuisilla. *Suom Lääkaril* 2003;58:1685-1688.

Rizzoli R, Stoermann C, Ammann P, Bonjour JP. Hypercalcemia and hyperosteolysis in vitamin D intoxication: Effects of clodronate therapy. *Bone* 1994;15:193-198.

Schwartzman MS, Franck WA. Vitamin D toxicity complicating the treatment of senile, postmenopausal, and glucocorticoid-induced osteoporosis. Four case reports and a critical commentary on the use of vitamin D in these disorders. *Am J Med* 1987;82:224-230.

Selby PL, Davies M, Marks JS, Mawer EB. Vitamin D intoxication causes hypercalcaemia by increased bone resorption which responds to pamidronate. *Clin Endocrinol (Oxf)* 1995;43:531-536.

Smith R, Dent CE. Vitamin d requirements in adults. Clinical and metabolic studies on seven patients with nutritional osteomalacia. *Bibl Nutr Dieta* 1969;13:44-45.

Spencer H, Kramer L, Norris C, Osis D. Effect of calcium and phosphorus on zinc metabolism in man. *Am J Clin Nutr* 1984;40:1213-1218.

Suojanen A. Suomalaista ravitsemuspolitiikkaa vuosina 1939-1999. Väitöskirja. Helsingin yliopisto. Bidrag till kännedom av Finalnds natur och folk;157. Suomen tiedeseura, Helsinki, 2003.

Tjellesen L, Hummer L, Christiansen C, Rodbro P. Serum concentration of vitamin D metabolites during treatment with vitamin d2 and d3 in normal premenopausal women. *Bone Miner* 1986;1:407-413.

A User's Guide to Side. Software for Intake Distribution Estimation, Version 1.0. Iowa State University Statistical Laboratory. 1996.

Walker RM, Linkswiler HM. Calcium retention in the adult human male as affected by protein intake. *J Nutr* 1972;102:1297-1302.

Valtion ravitsemusneuvottelukunta. Suomalaiset ravitsemussuosituksset. *KomM* 1998;7.

van de Vijver LP, Kardinaal AF, Charzewska J, Rotily M, Charles P, Maggiolini M, Ando S, Vaananen K, Wajszczyk B, Heikkinen J, Deloraine A, Schaafsma G. Calcium intake is weakly but consistently negatively associated with iron status in girls and women in six european countries. *J Nutr* 1999;129:963-968.

Wardlaw GM. Putting body weight and osteoporosis into perspective. *Am J Clin Nutr* 1996;63:433S-436S.

Whiting SJ, Wood RJ. Adverse effects of high-calcium diets in humans. *Nutr Rev* 1997;55:1-9.

Vieth R, Chan PC, MacFarlane GD. Efficacy and safety of vitamin D3 intake exceeding the lowest observed adverse effect level. *Am J Clin Nutr* 2001;73:288-294.

Wood RJ, Zheng JJ. High dietary calcium intakes reduce zinc absorption and balance in humans. *Am J Clin Nutr* 1997;65:1803-1809.

Välimäki M. Luusto ja mineraaliaineenvaihdunta. Kirjassa: Endokrinologia. Välimäki M, Sane T, Dunkel L (toim.). Kustannus Oy Duodecim, Helsinki, 2000.

Yan L, Prentice A, Dibba B, Jarjou LM, Stirling DM, Fairweather-Tait S. The effect of long-term calcium supplementation on indices of iron, zinc and magnesium status in lactating gambian women. *Br J Nutr* 1996;76:821-831.