

RAVINNON VAIKUTUS KEHON HAPPO- EMÄSTASAPAINOON

Tuomo Alasalmi

Seminaarityö

Kevät 2006

Liikuntabiologian laitos

Jyväskylän yliopisto

TIIVISTELMÄ

Alasalmi, Tuomo 2006. Ravinnon vaikutus kehon happo-emästasapainoon. Liikuntabiologian laitos, Jyväskylän yliopisto, 10s.

On tiedetty jo pitkään, että ravinto vaikuttaa kehon happo-emästasapainoon. Ravinnon aiheuttamaa happokuorman suuruutta voidaan myös arvioida luotettavasti. Länsimainen ruokavalio saa kehossa aikaan metabolisen asidoosin, mutta on viitteitä siitä että ihmiselle optimaalinen happo-emästila olisi alkaloosi eli emäskuorma. Asidoosissa veren pH on normaalia alhaisempi ja puskurina toimivan bikarbonaatin määrä alentunut, alkaloosissa tilanne on päinvastainen. Lievää asidoosia on pidetty täysin normaalina ja tila pahenee iän myötä. Metabolinen asidoosi vaikuttaa kalsiumin aineenvaihduntaan ja sillä on yhteys osteoporoosin syntyyn. Asidoosi lisää typen eritystä virtsaan, proteiinien hajotusta ja aminohappojen oksidaatiota sekä hidastaa proteiinien synteesiä. Tällä tavoin se vaikuttaa iän mukana tapahtuvaan lihas- ja luukudoksen määrän vähenemiseen. On olemassa myös näyttöä happo-emäs tasapainon vaikutuksesta korkeatehoiseen urheilusuoritukseen.

Avainsanat: happo-emästasapaino, ravinto, osteoporoosi, typpitasapaino.

SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ

1	ASIDOOSI.....	4
1.1	Mitä asidoosi on?.....	4
1.2	Mikä ravinnossa aiheuttaa asidoosia?.....	4
2	ASIDOOSIN VAIKUTUKSIA.....	5
2.1	Vaikutukset luustoon.....	5
2.2	Muut vaikutukset.....	5
3	KEHON NORMAALI HAPPO-EMÄS TASAPAINO.....	8
4	RAVINNON HAPPOKUORMAN ARVIOINTI.....	9
5	LÄHTEET.....	10

1 ASIDOOSI

1.1 Mitä asidoosi on?

Asidoosi on häiriötila kehon happo-emäs tasapainossa ja veren pH on normaalia alhaisempi eli H^+ -ionien määrä on normaalia korkeampi. Puskurina toimivan bikarbonaatin pitoisuus sen sijaan on tavallista alhaisempi. (Sebastian ym. 2002.) Asidoosissa virtsaan eritettyjen, kehossa muokkautumattomien anionien määrä ylittää mineraalikationien määrän ja kehon täytyy erittää happoa. Tätä erotusta kutsutaan nimellä NAE (net acid excretion) ja se voidaan analyttisesti määrittää virtsasta. NAE on mahdollista arvioida luotettavasti ruoan koostumuksen perusteella terveillä henkilöillä. Happokuorman seurauksena (esimerkiksi lisääntynyt proteiinin saanti) munuaiset kasvattavat NAE:ta, jolloin bikarbonaatin määrä virtsassa laskee samalla kun NH_4 ja titrattavan hapon määrä kasvaa. Tietyllä NAE arvoilla kyky erittää happoa NH_4 :n avulla paranee proteiinin saannin kasvaessa, koska glutamiinista saadaan NH_3 :a, joka voi vastaanottaa H^+ -ionin. Tällä tavoin munuaiset voivat erittää suuremman määrän happoa. (Remer 2001.)

1.2 Mikä ravinnossa aiheuttaa asidoosia?

Suolistolla on tärkeä rooli ravinnon aiheuttaman asidoosin synnyssä. Ravinnon koostumus vaikuttaa siihen, kuinka paljon haiman erittämästä natriumbikarbonaatista voidaan ottaa takaisin kehon käyttöön. Esimerkiksi jos ruoka sisältää $MgCl_2$:a, vain 32 % Mg^{2+} -ioneista ja toisaalta jopa 95 % Cl^- -ioneista imeytyy ja tällöin imeytymättömät Mg^{2+} -ionit täytyy puskuroida bikarbonaatilla, mikä vähentää sen takaisinimeytymistä vereen ja siis pienentää kehon bikarbonaattivarastoa. Samalla ylimäärin imeytyneet Cl^- -ionit täytyy puskuroida Na^+ -ioneilla. Tästä johtuva natriumbikarbonaatin määrän väheneminen veressä vähentää veren puskurointikykyä ja tätä kutsutaan happokuormaksi. (Remer 2001.) Ravinnon sisältämät fosfoproteiinit lisäävät myös happokuormaa. Tässä tapauksessa happokuorman synty ei johdu kationien ja anionien imeytymisen eroista vaan hapon vapautumisesta fosfoproteiinien pilkkoutuessa. Rikkipitoisten aminohappojen metabolia tuottaa hiilidioksidia, vettä ja rikkihappoa. Toisaalta orgaanisten happojen emäksiset suolat tuottavat bikarbonaattia lisäten veren bikarbonaattivarastoja. (Remer 2001.)

2 ASIDOOSIN VAIKUTUKSIA

2.1 Vaikutukset luustoon

Metabolisella asidoosilla on selvä vaikutus luustoon. Koska emäksen nauttiminen vähentää luukudoksen haurastumista ja kalsiumin eritystä virtsaan, oletetaan että näiden oireiden aiheuttaja on ravinnon happokuorma (Maurer ym. 2003). Kalsiumvarastona toimimisen ohella luut ovat vahvasti mukana säätelemässä veren ja ekstrasellulaarinnesteen happo-emästasapainoa. Luukudos puskuroi happokuormaa vapauttamalla hydroksidi- ja fosfaattianioneja sekä kalsiumkationeja. Lieväkin asidoosi lisää huomattavasti osteoklastien aktiivisuutta ja vähentää osteoblastien aktiivisuutta eli luukudoksen hajotus nopeutuu synteesin hidastuessa. Lievä asidoosi vähentää myös kalsiumin takaisinimeytymistä alkuvirtsasta. (Bucklin ym. 2001.) Asidoosin vaikutuksesta kalsiumitasapaino onkin negatiivinen (Wiederkehr & Krapf 2001; Maurer ym. 2003). Alkaloosilla vaikutus on päinvastainen ja bikarbonaatin nauttimisella on todettu olevan kalsiumtasapainoa parantava vaikutus. Myös kaliumin on todettu vähentävän kalsiumin eritystä virtsaan kun taas natriumilla ja kloorilla taas on päinvastainen vaikutus. (Bucklin ym. 2001.)

Metabolinen asidoosi on yhtenä tekijänä osteoporoosin ja osteomalasian eli luunpehmenystaudin synnyssä (Wiederkehr & Krapf 2001). Kroonisella metabolisella asidoosilla on katabolinen vaikutus luukudokseen (Maurer ym. 2003). Muutkin ovat havainneet asidoosilla olevan vaikutusta luukudoksen heikkenemisessä (esim. Sebastian ym. 2002; Bucklin ym. 2001; Maurer ym. 2003). Pitkäaikainen happamuustilan neutralointi vähentää kalsiumin ja fosfaatin eritystä virtsaan, vähentää luun hajotuksen merkkejä sekä lisää merkkejä luun muodostuksesta. Luun mineraalitiheyden pieneneminen on vähäisempää, mikäli ruokavaliossa on runsaasti emäskuormaa aiheuttavia kasviksia ja hedelmiä. (Maurer ym. 2003.)

2.2 Muut vaikutukset

Metabolisen asidoosin ensisijainen vaikutus on kehon bikarbonaattivarastojen pieneneminen. Se aiheuttaa kehossa lisäksi useita endokriinisia ja aineenvaihdunnan muutoksia.

(Wiederkehr & Krapf 2001.) Kehossa on useita homeostaattisia mekanismeja, joilla happo-emäs epätasapainoa pyritään korjaamaan. Kuitenkin veren happamuus on koholla ja bikarbonaattitasot alhaalla suorassa suhteessa päivittäisen happokuorman suuruuteen. (Sebastian ym. 2002.)

Typpitasapaino. Asidoosilla on selvä vaikutus typpitasapainoon (Wiederkehr & Krapf 2001) ja se aiheuttaa typen erityksen lisääntymisen virtsaan (esim. Remer 2001; Wiederkehr & Krapf 2001; Frassetto ym. 1997). Asidoosi vaikuttaa proteiiniaineenvaihduntaan sekä vähentämällä proteiinien synteesiä että nopeuttamalla niiden hajotusta ja aminohappojen oksidaatiota (Wiederkehr & Krapf 2001). Korjaamalla asidoositila voitaisiin ehkäistä ikääntyvien lihasmassan vähenemistä (Frassetto ym. 1997; Sebastian ym. 2002). Asidoosin aiheuttama negatiivinen typpitasapaino voidaan korjata nauttimalla emästä (bikarbonaatti), mutta se ei korjaa asidoosin syytä (Frassetto ym. 1997). Selittävänä tekijänä voisi olla glukokortikoidiaktiivisuuden lisääntyminen kroonisessa asidoosissa ja ehkä lisäksi kasvuhormonin, IGF-1:n ja kilpirauhshormonin muutokset (Wiederkehr & Krapf 2001; Maurer ym. 2003). Koska munuaiset eivät kykyne erittämään virtsaa, jonka pH on alle 4.4, voidaan vain pieniä määriä happoa erittää sellaisenaan ja joudutaan käyttämään puskurointia, jossa tärkein H^+ vastaanottaja on NH_3 (Remer 2001). Munuaiset reagoivat lisäämällä aminohappojen, erityisesti glutamiinin, eritystä virtsaan (Frassetto ym. 1997).

Munuaiskivet. Munuaiskivitauti on yksi yleisistä urologisista taudeista ja munuaisten suuri vetyionien erityks on riskitekijä useimmissa virtsakivisairauksissa (Remer & Manz 1995). Länsimainen ruokavalio voidaan yhdistää munuaiskivitautiin (Maurer ym. 2003). Asidoosissa munuaiset pyrkivät vähentämään sitraatin poistumista virtsan mukana, koska sitraatin hapetuksessa syntyy bikarbonaattia ja se taas lisää munuaiskivien riskiä. (Wiederkehr & Krapf 2001.)

Muita vaikutuksia. Metabolisen asidoosin muita vaikutuksia ovat alentuneet IGF-1-tasot johtuen kudosten herkkyuden vähenemisestä kasvuhormonille, lievä kilpirauhasen vajaatoiminta, kohonneet glukokortikoiditasot, fosfaattitasojen lasku, 1,25-(OH)₂-D-vitamiinin tasojen nousu (fosfaattitasojen laskemisen seurauksena) ja tämän seurauksena lisäkilpirauhashormonin tasojen lasku (Wiederkehr & Krapf 2001). Myös muut tutkijat ovat liittäneet asidoosin useisiin erilaisiin oireisiin, joita ovat luustoon ja proteiinimetaboliaan liittyvien lisäksi ainakin munuaisvauriot (Sebastian ym. 2002). Happo-emästasapainolla

näyttäisi olevan vaikutusta myös suuritehoiseen fyysiseen suoritukseen (Remer 2001).

Lieväkin asidoosi, kuten ruokavalion sisältäessä runsaasti eläinproteiinia, aiheuttaa osan luetelluista vaikutuksista (Wiederkehr & Krapf 2001). Kuitenkin kivikautisten esi-isiemme ruokavalio sisälsi todennäköisesti länsimaista ruokavaliota huomattavasti enemmän eläinproteiinia ja oli siitä huolimatta emäskuormaa aiheuttava, koska se sisälsi runsaasti kasviksia, juuria, juureksia, hedelmiä ja pähkinöitä (Sebastian ym 2002).

3 KEHON NORMAALI HAPPO-EMÄS TASAPAINO

Länsimainen ruokavalio on happokuormaa lisäävä (Wiederkehr & Krapf 2001) ja ruoka onkin tärkein happokuormaa ja siten luun hajotusta aiheuttava tekijä muuten terveillä henkilöillä (Bucklin ym. 2001). Tällaista ruokavalion aiheuttamaa lievää kroonista asidoositilaa ei edes normien mukaan asidoosiksi diagnosoitaisi (Maurer ym. 2003). Tila myös pahenee iän myötä ja perinteisesti lievää asidoositilaa on pidetty normaalina (Frassetto ym. 1997). Kuitenkin on todettu, että ravinnon aiheuttama metabolinen alkaloosi on ihmisen luonnollinen ja optimaalinen happo-emäs tila. Nykyihmisen ravitsemusvaatimukset ovat muokkautuneet luonnonvalinnan kautta miljoonien vuosien aikana. Tänä aikana hominidi esi-isämme, mukaanlukien muut *Homo* lajit, käyttivät ravintonaan ainoastaan villieläimiä ja viljelemätöntä kasviravintoa. Ihmisen ruokavalio muuttui radikaalisti noin 10 000 vuotta sitten, jolloin siirtyminen metsästäjä-keräilijän ruokavaliosta maanviljelyyn perustuvaan ruokavalioon sai aikaan siirtymisen emäskuormasta happokuormaan. Muutos tapahtui vähentyneenä endogeenisenä bikarbonaatin tuotantona. Sekä rikkihapon että orgaanisten happojen tuotto on vähäisempää kuin aiemmin, mutta bikarbonaatin tuoton lasku on vielä tätäkin suurempi, mikä johtuu emäskuormaa aiheuttavien ruokien (juuret, juurekset, vihreät lehdet, kasvishedelmät, hedelmät) korvautumisesta viljakasveilla ja pitkälle jalostetuilla tuotteilla (sokerit, erotetut rasvat), joista kummatkaan eivät ole emäskuormaa aiheuttavia. (Sebastian ym. 2002.) Kuitenkin asidoosi liitetään yleensä korkeaan eläinproteiinin määrään ruokavaliossa (esim. Wiederkehr & Krapf 2001; Frassetto ym. 1997). Länsimaisen ruokavalion perusta viljakasvit ovat kuitenkin happokuormaa lisääviä ja aiheuttavat 38% nykyruokavalion happokuormasta. Vaihtamalla viljakasvit muihin esi-maanviljelysajan kasvikunnan tuotteisiin muuttuu ruokavalio happokuormaa aiheuttavasta emäskuormaa aiheuttavaksi. (Sebastian ym. 2002.)

Mikäli nettona emäskuormaa aiheuttava ruokavalio on hallinnut ihmisen evoluutiota, voidaan olettaa, että ihmisen elimistö on tottunut näihin olosuhteisiin. Niinpä koko elämän ajan emäskuormaa aiheuttavaa ravintoa käyttävän voidaan arvioida välttävän asidoosin aiheuttamilta ongelmilta, mutta tämä voisi vaikuttaa myös muuten positiivisesti. Mahdollisia positiivisia vaikutuksia ovat NaCl:lle herkän korkean verenpaineen hoito, suorituskyvyn parantuminen, lapsettomuuden hoito ja munuaisten toimintakyvyn heikkenemisen hidastuminen. (Sebastian ym. 2002.)

4 RAVINNON HAPPOKUORMAN ARVIOINTI

Ravinnon aiheuttama happokuorma voidaan arvioida luotettavasti (Remer 2001). Remer esittää laskentamallin ruokien aiheuttamalle potentiaaliselle munuaisten happokuormalle. Negatiivisia arvoja (emäskuorma) löytyi lähes ainoastaan kasviksille ja hedelmille. Korkeimmat arvot taas tulivat juustoille, lihalle, kalalle ja viljatuotteille. (Remer & Manz 1995.) Potentiaaliset happokuormat (PRAL, potential renal acid load) joillekin ruoka-aineille on esitetty taulukossa 1.

TAULUKKO 1. Joidenkin ruoka-aineiden PRAL arvoja 100g syötävää osaa kohden. Mukaillen Remer & Manz 1995.

Ruoka	PRAL
Parmesaanijuusto	34,2
Riisi, ruskea	12,5
Kananliha	8,7
Kananmuna	8,2
Naudanliha, vähärasvainen	7,8
Spaghetti, täysjyvä	7,3
Turska	7,1
Ruisleipä	4,1
Omena kuorineen keskiarvo	-2,2
Tomaatti	-3,1
Peruna, vanha	-4,0
Porkkana, uusi	-4,9
Banaani	-5,5
Pinaatti	-14,0

5 LÄHTEET

- Buclin, T., Cosma, M., Appenzeller, M., Jacquet, A.-F., Décosterd, L. A., Biollaz, J. & Burckhardt, P. 2001. Diet Acids and Alkalis Influence Calcium Retention in Bone. *Osteoporosis International* 12, 493 – 499.
- Frassetto, L., Curtis Morris, R., Sebastian, Jr. & A. 1997. Potassium Bicarbonate Reduces Urinary Nitrogen Excretion in Postmenopausal Women. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism* 1, 254 – 259.
- Maurer, M., Riesen, W., Muser, J., Hulter, H. N. & Krapf, R. 2003. Neutralization of Western diet inhibits bone resorption independently of K intake and reduces cortisol secretion in humans. *American Journal of Renal Physiology* 284, F32 – F40.
- Remer, T. 2001. Influence of nutrition on acid-base balance – metabolic aspects. *European Journal of Nutrition* 40, 214 – 220.
- Remer, T. & Manz, F. 1995. Potential renal acid load of foods and its influence on urine pH. *Journal of American Dietetic Association* 95, 791 – 797.
- Sebastian, A., Frassetto, L. A., Sellmeyer, D. E., Merriam, R. L. & Curtis Morris, Jr R. 2002. Estimation of the net acid load of the diet of ancestral preagricultural *Homo sapiens* and their hominid ancestors. *American Journal of Clinical Nutrition* 76, 1308 – 1316.
- Wiederkehr, M. & Krapf, R. 2001. Metabolic and endocrine effects of metabolic acidosis in humans. *Swiss Medicine Weekly* 131, 127 – 132.