

Härästä haaraketjuisiin aminohappoihin: Urheiluravitsemus antiikin Kreikasta nykypäivään

Lihastyö kuluttaa energiaa ja tuottaa lämpöä, joka lisää neste-
hukkaa. Energiantarpeen suureneminen vaikuttaa etenkin
rasvan, proteiinien ja hiilihydraattien, mutta myös joidenkin
suojaravintoaineiden tarpeeseen. Näistä fysiologisista lähtö-
kohdista on helppo ymmärtää, että ruokavaliolla ja ravitsemus-
tilalla on oleellinen merkitys suorituskyvylle ja palautumiselle.

RAVITSEMUKSEN MERKITYSTÄ URHEILUSSA on tutkit-
tu eniten kestävyys- ja voimalajeissa. Molemmissa laji-
ryhmissä ravitsemuksella on jo perusfysiologisesti tär-
keä merkitys. Lisäksi etenkin kestävyysuoritus on ollut
kohtuullisen helppo mallintaa laboratorioasetelmissa ja
myös kenttätutkimuksissa. Kaikissa lajeissa kytkentä ra-
vitsemukseen ei ole yhtä ilmeinen ja merkittävä kuin esi-
merkiksi maratonjuoksussa tai painonnostossa. Lisäksi,
mitä enemmän jonkun lajin suoritus sisältää taidollisia ja
taktisia elementtejä, sitä hankalampaa on tutkia ravitse-
muksen yhteyttä suoritukseen.

Antiikin Kreikan olympialaisten urheilijoiden ruoka-
valioista ja -valinnoista on lähinnä anekdoottitietoja. On
luultavaa, että suurin osa urheilijoista söi jonkinlaista Vä-
limeren ruokavaliota, jossa on erilaisia kasviksia ja ka-
laa, mutta myös juustoa ja lihaa (Diets of Athletes at the
Ancient Olympics). Jossain vaiheessa urheilijoiden kes-
kuudessa levisi into syödä hyvin lihapitoisesti (Grivetti &
Applegate 1997). Väitetään, että kuuluisa painija **Milon**
saattoi joskus syödä kokonaisen härän. Vaikka härän syö-
minen lienee vahvasti liioiteltua perimätietoa, on tarina
toisaalta kiinnostava: se kertoo, että jo tuolloin oletettiin
ruoan olevan merkittävä asia urheilijan suorituskyvyn
kannalta. Lisäksi mahdollisesti uskottiin proteiinien suu-
ren saannin parantavan nimenomaan voimaa.

Jos antiikin Kreikassa pohdittiin urheilua ja ravitse-
musta, ei lähtökohdana ollut tieteellinen tieto sen enem-
pää fysiologiasta kuin ravitsemuksesta ylipäätensä. En-
simmäiset ravitsemustutkimukseen viittaavat kokeilut
toteutettiin merimiehillä 1700-luvun puolessavälissä (Car-
penter 2012). Usein pitkien merimatkojen aikana meri-
miehet sairastuivat vakavasti skorbukseen eli keripukkiin.
Aluksi havaintojen, mutta myöhemmin interventoiden
avulla opittiin, että sairastumista voitiin ehkäistä sitru-
hedelmillä. Asiaa ei osattu selittää, mutta esimerkiksi
sitruunoiden ja appelsiinien arveltiin sisältävän ”anti-
oskorbuuttista tekijää”. Myöhemmin tämä tunnistettiin ja
nimettiin askorbiinihapoksi eli C-vitamiiniksi.

Ravintoaineisiin ja nimenomaan energiankulutukseen
liittyvä fysiologinen tutkimus yleistyi 1800-luvun lopussa.
Yksi johtavia tutkijoita oli saksalainen professori **Justus
von Liebig**. Valitettavasti hän teki tutkimuksissaan vääriä
johtopäätöksiä, jotka vuosia johtivat muita tutkijoita har-
haan: von Liebigin mukaan tärkein energiaravintoaine oli
proteiini, ei siis hiilihydraatti tai rasva, kuten nykyisin tie-
detään (Sports Science History Makers - Liebig). 1900-luvun
alusta on kuitenkin jäänyt elämään paljon hienoja tutki-
muksia, mm. energiaravintoaineiden energiasisällös-
tä (ns. Atwaterin kertoimet) ja Harris-Benedictin kaavat
perusaineenvaihdunnan arvioimiseksi.

Hiilihydraatit ja suorituskyky

Toisen maailmansodan aikoihin tehtiin ensimmäisiä ke-
keellisiä tutkimuksia sokerin annon merkityksestä kes-
tävyysuorituskyvylle. Tulokset olivat myönteisiä, mutta
niiden fysiologinen selittäminen ei silloisen tiedon va-
lossa vielä onnistunut (Helge 2017). Ravitsemustiede otti
kuitenkin suuria harppauksia 1900-luvun puolessa välissä
ja heti sen jälkeen. Urheiluravitsemuksen kannalta yksi
menetelmä sai aikaan varsinaisen vallankumouksen.
Menetelmä oli lihasbiopsia, jonka avulla voitiin tutkia
mm. lihaksiin varastoituneen glukoosin eli glykokeenin
määrää.

Liikuntaan ja urheiluun liittyvän hiilihydraattiaineen-
vaihdunnan pioneerit olivat ruotsalaiset **Bengt Saltin**, **Eric
Hultman** ja **Lars Hermansen** (Bergström, Hermansen,
Hultman & Saltin 1967). He tutkivat nuoria miehiä, jotka
tekivät erittäin pitkiä, uupumukseen johtavia kestävyys-
suorituksia. Lihasbiopsiat osoittivat, että uupumus liittyi
hyvin vähäiseen lihasten glykokeenipitoisuuteen. Kun
miehet söivät runsaasti hiilihydraatteja muutaman päivän
ajan, lihasten glykokeenipitoisuus kohosi jopa lähtöarvo-
ja korkeammaksi. Verrattuna tavanomaiseen ja etenkin
tavallista matalampaan glykokeenipitoisuuteen, ”tanka-
tuilla” lihaksilla jaksettiin pidemmälle. Hiilihydraattitank-
kaus levisi etenkin maratonjuoksijoiden keskuuteen.



Kuva: Antero Aaltonen

Kestävyys suorituksessa hikoillaan ja suuren nestehukan tiedetään heikentävän suorituskykyä. 1970-luvulla alettiin kuitenkin tutkia myös hiilihydraattien annon merkitystä suorituksessa ja etenkin ihanteellisen urheilujuoman koostumusta. Vaikka tämä tutkimus jatkuu edelleen, suuret harppaukset otettiin viime vuosituhannen loppuun mennessä. Silloin ymmärrettiin, että juoman imeytymisen ja suorituksen aikaisen hiilihydraattien saannin kannalta juoman optimisokeripitoisuus on 5–8 prosenttia (Burke, Jeukendrup, Jones & Mooses 2019). Sokerit voivat olla mono- tai disakkarideja, tai pidempiketjuisia malto-dekstriineja. Oleellista on koostumus, jossa juoman osmoottinen paine ei nouse liian suureksi, jotta se hidastaisi imeytymistä.

Proteiinit ja voima

Usko voimaa ja lihasmassaa vaativien lajien urheilijoiden suureen proteiinitarpeeseen lienee pisimpään elänyt myytti. Entisessä Itä-Saksassa suositeltiin urheilijoille jopa 3–4 g/kg päivittäisiä tarpeita.

Proteiinien tarvetta tutkittiin aluksi ns. typpitasapainomenetelmällä. Tämä tarkoitti asetelmaa, jossa mitataan hyvin tarkasti proteiinin saanti rajattuna ajankohtana, ja samalta ajalta mm. virtsan ja hien avulla typen eritys. Koska proteiineissa on tyypeä sisältävä aminoryhmä, jota elimistö ei pysty käyttämään, kertoo typen eritys hyvin tarkasti proteiinien hajotuksesta. Vertaamalla saantia ja hajotusta voidaan päätellä proteiinien tarve. Uudempi, 1990-luvulla yleistynyt tekniikka hyödynsi ns. stabiileja eli pysyviä isotooppeja (Davies 2020). Kun tarve on vahvasti sidoksissa energian saantiin, saa urheilija tyydyttyä proteiinien lisätarpeen syömällä ravitsemussuositusten mukaista ruokaa. Proteiinilisän merkitys näyttää lähinnä kosmeettiselta.

Ehkä kiinnostavampi ja uudempi havainto koskee proteiinien tai aminohappojen saannin ajoittumisen yhteyttä proteiinisynteesiin: ilmeisesti harjoittelun aiheuttama proteiinkatabolia saadaan nopeimmin palautettua

anaboliseksi nauttimalla 20–25 grammaa välttämättömiä aminohappoja välittömästi harjoittelun jälkeen (Wilson & Wilson 2006). Kuinka paljon tämä oikeasti suurentaa lihasmassaa kovan voimaharjoittelun aikana, mitä tarkoittaa ”kova voimaharjoittelu” ja mikä merkitys on ruokavalioiden proteiinien saannilla tähän vasteeseen ovat kysymyksiä, joihin ei vielä ole selkeitä vastauksia.

Vitamiinit ja kivennäisaineet

Suojaravintoaineista on selvästi eniten urheiluun ja liikuntaan liittyen tutkittu rautaa. Tähän on ainakin hyvä fysiologinen perustelu, koska rauta hemoglobiinissa kuljettaa happea lihaksille ja se on näin energia-aineenvaihdunnan kannalta aivan keskeinen ravintoaine. Rautaa koskeva tutkimus sai uuden ulottuvuuden, kun veren hemoglobiinipitoisuuden rinnalla alettiin käyttää rautavarastojen suuruutta kuvaavaa seerumin ferritiiniä myös urheilijoita koskevissa tutkimuksissa, erityisesti 1980-luvulla. Vaikka yleisesti uskotaan, että urheilijoilla on verrokkiväestöä enemmän raudanpuutosta, tutkimustulokset ovat olleet varsin ristiriitaisia. Naisurheilijoilla rautatase on miesurheilijoita huonompi (Parks, Hetzel & Brooks 2017), mutta kuukautisten verenhukka lienee paljon merkittävämpi tekijä rautataseen kannalta kuin urheileminen sinänsä. Niinpä rautapillereiden käyttö vain varmuuden vuoksi ei ole perusteltua.

Muiden suojaravintoaineiden tasetta urheilijoilla ei ole kovin paljon tutkittu, todennäköisesti siksi, ettei sopivia osoittimia ole runsaasti. Omassa väitöskirjassani vuodelta 1992 tutkin raudan lisäksi sinkin, magnesiumin, C-vitamiinin, sekä B-1, B-2 ja B-6 vitamiinien tasetta urheilijoilla (Fogelholm, Himberg, Alopaeus, Gref, Laakso & Lehto et al. 1992). Näissä tutkimuksissa ei havaittu viitteitä siitä, että urheilijoilla olisi puutoksia sen yleisemmin kuin verrokkiväestöllä. Uudemmat tutkimukset eivät käytännössä ole muuttaneet tätä näkemystä. D-vitamiinin niukkuutta esiintyy urheilijoilla, mutta sekin lienee enemmän yleiseen liittyvä asia – samanlaisia tuloksia havaitaan myös

verrokkiväestöllä (Wiciński, Adamkiewicz, Śniegocki, Podhorecka, Szyhcta et al. 2019). Ei ole myöskään vahvaa näyttöä siitä, että lisää-D-vitamiini parantaisi suorituskykyä, ellei urheilijalla ole vakavaa D-vitamiinin puutosta.

Urheiluun liittyvää suojaravintoainetutkimusta on kuluneen puolen vuosisadan aikana tutkittu runsaasti satunnaistetuilla supplementaatioasetelmilla. Näissä on annettu mm. C-, D- ja erilaisia B-vitamiineja, sekä sinkkiä, magnesiumia ja kromia. Selvää näyttöä näiden suojaravintoainelisien merkityksestä suorituskyvyn parantajana ei ole saatu. On mahdollista, että 1–2 viikkoa poikkeuksellisen raskaan suorituksen jälkeen C-vitamiinilisä vähentää ylempien hengitysteiden infektioiden ilmaantuvuutta (Hemilä & Chalker 2013). Toisaalta on myös havaittu, että ylimääräinen C-vitamiini voi häiritä solutason sopeutumismekanismeja mm. mitokondrioiden tasolla (Ristow, Zarse, Oberbach, Klötting, Birringer & Kiehnopf et al. 2013).

Suorituskyvyn parantaminen ravintolisillä

Suorituskykyä ei ainakaan yleisesti voi parantaa antamalla ylimääräisiä annoksia vitamiineja tai kivennäisaineita. Tutkimuksia on kuitenkin myös tehty muista ravintolisistä ja osa tuloksista on mielenkiintoisia: mahdollisuuksia ainakin jonkin asteiseen suorituskyvyn parantumiseen on olemassa (taulukko 1). Tulokset ovat kuitenkin varsin lajispesifejä. Lisäksi on huomioitava, että useimmat tutkimukset on tehty kansallisen tason urheilijoilla tai opiskelijoilla, joten tulosten yleistäminen huippu-urheiluun on tehtävä varovaisesti.

Taulukko 1. Yhteenveto ravintolisien merkityksestä urheilussa

Ravintoaine	Kenelle, missä tilanteessa?
Hiilihydraattilisä	Pitkän kestävyysuorituksen aikana, palautuminen
Proteiini- tai aminohappolisä	Palautuminen voimaharjoittelusta
Vitamiinit ja kivennäisaineet	Puutostilojen korjaamiseen, harvoin merkitystä ennaltaehkäisyssä (ruokavalio yleensä riittää)
Kofeiini	Voi parantaa suorituskykyä useissa lajeissa, esim. kestävyyslajit ja palloilu. Akuutti käyttö. Henkilökohtaisia eroja vasteissa.
Kreatiini	Voi parantaa suorituskykyä, jos lyhyet rasitus- ja palautumisjaksot vuorottelevat. Pitkäaikainen käyttö.
Punajuurimehu	Voi parantaa suorituskykyä noin tunnin kestävässä maksimaalisessa suorituksessa. Akuutti käyttö.
Beeta-alaniini	Voi parantaa suorituskykyä anaerobisissa lajeissa. Pitkäaikainen käyttö.

Osin samat ruotsalaiset tutkijat, jotka 1960-luvulla ”keksivät” hiilihydraattitankkauksen, löysivät 1990-luvulla kreatiinilisästä suorituskykyä parantavia vaikutuksia (Hultman, Söderlund, Timmons, Cederblad & Greenhaff 1996). Fosfokreatiini on lihaksen välitön energianlähde, jota käytetään etenkin räjähtävissä suorituksissa ensimmäisten sekuntien aikana. Suorituksen jälkeen fosfokreatiinitaso lihaksissa palautuu vähitellen, mutta tätä voidaan tehos-

taa antamalla useiden päivien ajan kreatiinilisää. Tyypillisesti annostus on 5 päivän ajan 20–25 g/pv (5 g annoksina). Tämän jälkeen on ylläpito 5 g/pv annoksella. Tutkimusten perusteella etenkin jaksoittainen suorituskyky (esim. kuinka pitkään jaksaa kymmenen sekunnin maksimaalisia rasituksia saman mittaisella palautuksella) paranee. Havainnon käytännön merkitys on jonkin verran epäselvä, koska esimerkiksi sadan metrin juoksun erien ja finaalien väli on niin pitkä, että varastot todennäköisesti palautuvat ilman kreatiinilisää (Tarnopolsky 2010). Voimaharjoittelua kreatiinilisä ilmeisesti tehostaa, joskin osa havaitusta lihasmassan kasvusta selittyy sillä, että kreatiini sitoo itseensä vettä ja tätä kautta suurentaa rasvatonta kehonpainoa.

Kofeiini on toinen pidempään tutkimuksen kohteena ollut ravintolisä, jota on käytetty urheilu-uorituksen parantamiseen jo noin sadan vuoden ajan (Guest, VanDusseldorp, Nelson, Grgic, Schoenfeld & Jenkins et al. 2021). Alkujaan hypoteesina oli, että kofeiini vapauttaa vereen rasvahappoja, jotka syrjäyttävä osan lihasten muutoin käyttämästä glykogeenista. Näin kofeiinilisä voisi säästää pitkissä suorituksissa lihasglykogeenia käytettäväksi viimeisten kilometrien aikana. Tämä hypoteesi ei kuitenkaan saanut tukea mekanismitutkimuksista. Lisäksi on osoitettu, että kofeiini parantaa suorituskykyä kestävyyslajien lisäksi hyvin monen muun tyyppisissä suorituksissa (Tarnopolsky 2010; Guest, VanDusseldorp, Nelson, Grgic, Schoenfeld & Jenkins et al. 2021.)

Ilmeisesti kofeiinin merkitys liittyy vahvimmin keskushermoston stimulaatioon ja piristävään vaikutukseen. Kofeiini on nykyisin poistettu kiellettyjen aineiden listalta. Vaikuttava annos on 3–6 mg/kehon painokilo, yli 8 mg/kg annoksilla hyödyt saattavat jopa vähentyä. Yleensä kofeiinia otetaan kerta-annoksena noin tunti ennen kilpailun alkua, mutta on myös mahdollista käyttää pienempiä annoksia jatkuvasti pitkän suorituksen aikana. Eri ihmisten vasteet kofeiinille ovat kuitenkin hyvin erilaiset.

Beeta-alaniini on aminohappo, jolla on antioksidanttivaikutuksia ja se myös säätelee solutason happo-emästasapainoa. Beeta-alaniini on pääosin 2000-luvun alussa tehdyissä tutkimuksissa hypoteesien mukaisesti havaittu parantavan suoritusta nimenomaan lajeissa, joissa anaerobinen energiantuotanto on suurta ja joiden kesto on 1–4 minuuttia (Trexler, Smith-Ryan, Stout, Hoffman, Wilborn & Sale et al. 2015). Käytön ohjeistus on 4–6 grammaa päivittäin vähintään kahden viikon ajan.

Uudempi havainto liittyy punajuurimehuun ja kestävyysuoritukseen (Domínguez, Cuenca, Maté-Muñoz, García-Fernández, Serra-Paya & Estevan et al. 2017). Punajuuressa on nitraattia, jonka synnyttämä typpioksiidi (NO) laajentaa verisuonia. Tämä voi ainakin teoriassa parantaa hapen kulkeutumista solutasolle. Kriittisimmillään hapen kuljetus on suorituksissa, joiden teho on lähellä ns. anaerobista kynnystehoä eli noin tunnin suorituksissa. Punajuurimehuja käyttäneet tutkimukset ovat tuoneet tälle hypoteesille jonkin verran myönteistä näyttöä. Tutkimuksia ei kuitenkaan ole kovin runsaasti ja siksi tuloksia on vielä pidettävä alustavina. Esimerkiksi annos-vastesuhteesta tarvitaan enemmän tietoa.

Urheilijoiden painonhallinta ja syömishäiriöt

Eri lajit asettavat hyvin erilaisia vaatimuksia huippusuorituksen kannalta "ihanteellisille" kehon mitoille, kuten pituudelle, painolle ja näiden suhteelle. Vaikka mitään tarkkoja rajoja ei voida asettaa, että selvää, ettei 165-senttinen mies menesty koripalloilijana, 60-kiloinen urheilija ei tyynnä kuulaa 20 metriä eikä 120-kiloinen mies juokse maratonia lähelle kahta tuntia.

Norjassa professori **Jorunn Sundgot-Borgenin** johdolla alettiin tutkia urheilijoiden pyrkimyksiä vähentää kehon painoa ja siihen liittyviä syömishäiriöitä 1990-luvulla (Sundgot-Borgen 1993). Alhainen kehon paino (absoluuttisesti tai pituuteen suhteutettuna) on yksi suorituskykyyn liittyvistä tekijöistä kestävyyslajeissa, esteettisissä lajeissa (mm. voimistelu), hyppyissä ja painoluokkalajeissa. Jälkimmäisissä painorajat ovat ehdottomia, jotta urheilija voi osallistua kilpailuun. Naisurheilijoilla näissä lajeissa havaitut syömishäiriöt tai häiriintynyt syöminen (syömishäiriöiden lievempi muoto) esiintyvät usein hormonihäiriöiden ja heikentyneen luuston kanssa (Mountjoy, Sundgot-Borgen, Burke, Carter, Constantini & Lebrun et al. 2014).

Viime vuosina on tähän liittyen otettu käyttöön uusi käsite "suhteellinen energiavajaus" (relative energy deficiency in sports). Käsitteen avulla on haluttu korostaa, että kyse on omaan kulutukseen ja tarpeeseen nähden ainakin hetkittäin riittämättömästä energiansaannista, vaika

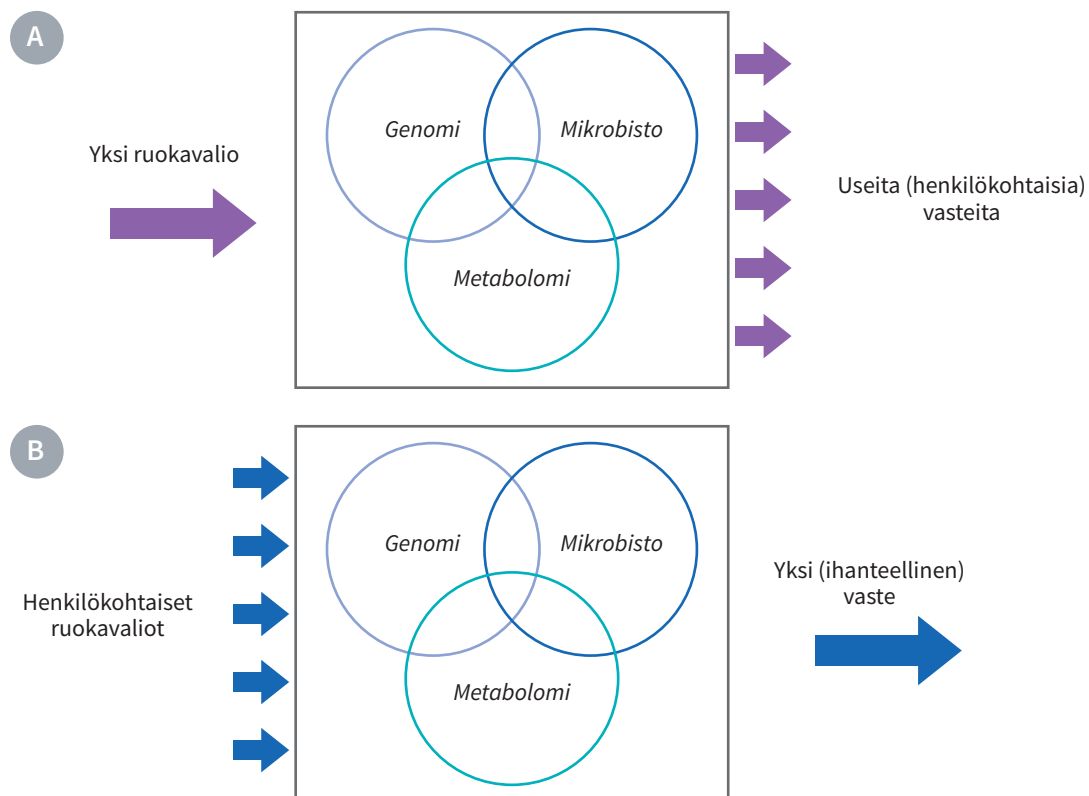
absoluuttinen saanti olisi liikuntaa harrastamattomalle täysin riittävä.

Urheilijoiden syömishäiriöt ovat tyypillisempiä naisilla, mutta niitä esiintyy myös miesurheilijoilla, varsinkin painon kannalta herkissä lajeissa (Mountjoy, Sundgot-Borgen, Burke, Carter, Constantini, & Lebrun et al.). Lievätkin syömishäiriöt voivat olla fyysisesti ja psyykkisesti vaarallisia, joten molemmilla sukupuolilla niiden ehkäisy on tärkeää. Alhaisen painon liiallinen korostaminen, kehonkoostumusmittausten tarkkuuden ja merkityksen liioittelu, sekä painoon ja kehon ulkomuotoon liittyvät viattomatkin huomautukset ovat riskitekijöitä, jotka pitäisi syömishäiriöille herkistä lajeista karsia kokonaan pois.

Urheilijoiden ravitsemustutkimuksen haasteet ja tulevaisuus

Urheilijoiden ravitsemustutkimuksessa on monia haasteita, joista luettelen mielestäni neljä keskeistä. On ensisikin varsin haastavaa saada tutkittaviksi kilpaurheilijoita, kansainvälisistä huippu-urheilijoista puhumattakaan. Niinpä tutkimuksia tehdään useammin harrastelijatason urheilijoilla tai opiskelijoilla. Tulosten merkitys huippu-urheilussa voi tämän takia olla kyseenalainen.

Toiseksi, tutkimukset ovat usein rasittavia ja jopa epämiellyttäviä, ja siksi on haasteellista saada monta osallistujaa. Niinpä tilastollinen voima saattaa olla riittämätön, etenkin kun huomioidaan, että urheilussa jo hyvin



Kuva 1. Henkilökohtaisen ravitsemuksen periaate. Osa A: ihmisen geenit, mikrobisto ja metabolomi (aineenvaihduntaprofiili) johtavat siihen, että sama ruokavalio aiheuttaa erilaisia vasteita. Osa B: Jos osaamme laatia näiden ominaisuuksien perusteella henkilökohtaisia ruokavaliota, yhden ihanteellisen vasteen saavuttaminen voi olla ainakin teoriassa mahdollista.

pienet erot tai parannukset omaan suorituskykyyn voivat ratkaista mitalien kohtalon. Kolmanneksi, monia urheilu- suorituksia on vaikeaa kuvata tutkimukseen soveltuville, toistettavilla testeillä. Kestävyyssla- jitt ovat tässä mielessä poikkeus ja ehkä osin tämän takia suurin osa urheilijoiden ravitsemustutkimuksista käyttää ke- stävyyteen perustuvia malleja ja menetelmiä mittaamaan suorituskykyä. Lisää tutkimusta tarvitaan siitä, miten pitäisi mitata ja mallintaa suorituskykyä esimerkiksi jääkiekossa, judo- sa tai tenniksessä.

Urheiluravitsemuksen tutkimukseen liittyy myös vah- voja kaupallisia intressejä ja odotuksia esimerkiksi val- mentajien ja urheilujohtajien taholta. Tutkijoilta odote- taan usein näkemyksiä ja neuvoja siitä, miten urheilijat voivat ravitsemuksella parantaa suorituskykyään. Jos tut- kija antaa konkreettisia neuvoja, häntä pidetään yleensä hyvänä asiantuntijana – riippumatta siitä, kuinka hy- vin neuvot perustuvat tieteelliseen näyttöön. Keskustelua myös vaikeuttaa se, että usein ravintoainelaisien valmista- jat sponsoroivat urheilijoita, jotka tietenkin kehuvat tuo- tetta ja sen vaikutuksia. Tämä voi aiheuttaa ristiriitaa suhte- ssa asiantuntijoiden näkemykseen.

Yksi kiinnostavimmista, mutta samalla haastavim- mista tutkimus- ja kehittämiskohteita liittyy henkilöko- htaiseen ravitsemukseen (personalized nutrition). Kyse on tästä: sama ruokavalio johtaa eri ihmisillä erilaisiin vasteisiin, joita voidaan mitata esimerkiksi veren kole- sterolipitoisuudella, painolla tai fyysisellä suorituskyvyllä. Tätä vaihtelua voidaan selittää geeneillä, suolistomi- krobiston koostumuksella ja aineenvaihdunnallisella profiililla eli metaboloilla (Sport Nutrigenomics 2020; Vandeputte 2020) (kuva 1). Tavoitteena on oppia ymmär- tämään näiden ominaisuuksien avulla, minkälainen on kullekin yksilölle ihanteellinen ruokavalio. Valitettavas- ti tämä on vaikeaa jo yksin geenien, mikrobien ja meta- boliittien sisältämän valtavan tietomäärän takia. Joitakin edistysaskeleita on jo saavutettu, mutta vielä tällä hetkel- lä ollaan varsin kaukana todellisesta henkilökohtaisesta ravitsemuksesta.

MIKAEL FOGELHOLM

ravitsemustieteen professori
Helsingin yliopisto
mikael.fogelholm@helsinki.fi

LÄHTEET

Bergström J, Hermansen L, Hultman E, Saltin B. 1967. Diet, muscle glycogen and physical performance. *Acta Physiol Scand*. 1967 Nov;71(2):140–50.

Burke LM, Jeukendrup AE, Jones AM, Mooses M. 2019. Contemporary Nutrition Strategies to Optimize Performance in Distance Runners and Race Walkers. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2019 Mar 1;29(2):117–29.

Carpenter KJ. 2012. The discovery of vitamin C. *Ann Nutr Metab*. 2012;61(3):259–64.

Davies PSW. 2020. Stable isotopes: their use and safety in human nutrition studies. *Eur J Clin Nutr*. 2020 Mar;74(3):362–5.

Diets of Athletes at the Ancient Olympics. <https://www.topendsports.com/nutrition/events/ancient-olympics.htm> (Luettu 4.8.2021).

Domínguez R, Cuenca E, Maté-Muñoz JL, García-Fernández P, Serra-Paya N, Estevan MCL, et al. 2017. Effects of Beetroot Juice Supplementation on Cardiorespiratory Endurance in Athletes. A Systematic Review. *Nutrients*. 2017 Jan 6;9(1):E43.

Fogelholm GM, Himberg JJ, Alopaeus K, Gref CG, Laakso JT, Lehto JJ, et al. 1992. Dietary and biochemical indices of nutritional status in male athletes and controls. *J Am Coll Nutr*. 1992 Apr;11(2):181–91.

Grivetti LE, Applegate EA. 1997. From Olympia to Atlanta: a cultural-historical perspective on diet and athletic training. *J Nutr*. 1997 May;127(5 Suppl):860S–868S.

Guest NS, Horne J, Vanderhout SM, El-Sohemy A. Guest NS, Horne J, Vanderhout SM, El-Sohemy A. 2019. Sport Nutrigenomics: Personalized Nutrition for Athletic Performance. *Front Nutr*. 2019;6:8.

Guest NS, VanDusseldorp TA, Nelson MT, Grgic J, Schoenfeld BJ, Jenkins NDM, et al. 2021. International society of sports nutrition position stand: caffeine and exercise performance. *J Int Soc Sports Nutr*. 2021 Jan 2;18(1):1.

Helge JW. 2017. A high carbohydrate diet remains the evidence based choice for elite athletes to optimise performance. *J Physiol*. 2017 May 1;595(9):2775.

Hemilä H, Chalker E. 2013. Vitamin C for preventing and treating the common cold. *Cochrane Database Syst Rev*. 2013 Jan 31;1:CD000980.

Hultman E, Söderlund K, Timmons JA, Cederblad G, Greenhaff PL. 1985/1996. Muscle creatine loading in men. *J Appl Physiol* (1985). 1996 Jul;81(1):232–7.

Karrer Y, Halioua R, Mötteli S, Iff S, Seifritz E, Jäger M, et al. 2020. Disordered eating and eating disorders in male elite athletes: a scoping review. *BMJ Open Sport Exerc Med*. 2020;6(1):e000801.

Mountjoy M, Sundgot-Borgen J, Burke L, Carter S, Constantini N, Lebrun C, et al. 2014. The IOC consensus statement: beyond the Female Athlete Triad—Relative Energy Deficiency in Sport (RED-S). *Br J Sports Med*. 2014 Apr;48(7):491–7.

Phillips SM. 2012. Dietary protein requirements and adaptive advantages in athletes. *Br J Nutr*. 2012 Aug;108 Suppl 2:S158–167.

Parks RB, Hetzel SJ, Brooks MA. 2017. Iron Deficiency and Anemia among Collegiate Athletes: A Retrospective Chart Review. *Med Sci Sports Exerc*. 2017 Aug;49(8):1711–5.

Ristow M, Zarse K, Oberbach A, Klötting N, Birringer M, Kiehntopf M, et al. 2017. Antioxidants prevent health promoting effects of physical exercise in humans. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2009 May 26;106(21):8665–70.

Sportscience History Makers - Liebig. <https://www.sportsci.org/news/history/liebig/liebig.html> (Luettu 4.8.2021)

Sundgot-Borgen J. 1993. Prevalence of eating disorders in elite female athletes. *Int J Sport Nutr*. 1993 Mar;3(1):29–40.

Tarnopolsky MA. 2010. Caffeine and creatine use in sport. *Ann Nutr Metab*. 2010;57 Suppl 2:1–8.

Trexler ET, Smith-Ryan AE, Stout JR, Hoffman JR, Wilborn CD, Sale C, et al. 2015. International society of sports nutrition position stand: Beta-Alanine. *J Int Soc Sports Nutr*. 2015;12:30.

Vandeputte D. 2020. Personalized Nutrition Through The Gut Microbiota: Current Insights And Future Perspectives. *Nutr Rev*. 2020 Dec 1;78(12 Suppl 2):66–74.

Wiciński M, Adamkiewicz D, Adamkiewicz M, Śniegocki M, Podhorecka M, Szychta P, et al. Impact of Vitamin D on Physical Efficiency and Exercise Performance—A Review. *Nutrients*. 2019 Nov 19;11(11):E2826.

Wilson J, Wilson GJ. 2006. Contemporary issues in protein requirements and consumption for resistance trained athletes. *J Int Soc Sports Nutr*. 2006 Jun 5;3:7–27.